

# Türkiye Demir Potansiyelinin Ortaya Çıkarılmasında Jeofizik Alanında Yapılan Çalışmalar

AHMET ACAR \*

Türkiye yeraltı zenginliklerinin meydana çıkarılmasında kendini ilgilendiren alanlarda daima yoğun faaliyetler gösteren M.T.A. Enstitüsü plânlı devrede, bilhassa demir, bakır, fosfat kömür, jeotermik enerji, petrol mevzularında, jeoloji, Foto-Jeoloji, jeofizik, jeoşimi ve sondajlarla étudier, tenor tayinleri, zenginleştirme etüdüleri, rezerv tesbitleri hususlarında plânlı, detaylı hızlı çalışmalara girmiş bulunmaktadır.

Memleketin demir potansiyelini ortaya koymak için jeofizik sahasında yapılmakta olan çeşitli çalışmalar aşağıda izah olunmaktadır.

Seçilen sahaların demir muhtevası bakımından muhtemel imkânları jeolojik etüdülerle tesbit edildikten sonra jeofizik etüdülere geçilir. Bu alanda yapılan etüdülerde sıra ve metod olarak aşağıdaki yollar takip edilir :

1. Uçaklarla manyetik étudier,
2. Uçaklarla elde edilen manyetik anomalilerin yerden tahkikleri,
3. Yerden manyetik étudier, süseptibilite tayin yeri manyetik ve elektrik log,
4. Gravite etüdüleri (gerekli görülen sahalarda),
5. Rezistivite etüdüleri (gerekli görülen sahalarda),
6. Sismik refraksiyon ve refleksiyon etüdüleri, (gerekli görülen sahalarda ve şartlarda).

Şimdi bu sıralanışın sebeplerini ve her sırada yapılan işleri izah edelim :

## 1. Uçaklarla manyetik étudier :

Sahaların jeolojik eksenleri ve mineralizasyon doğrultuları ve alanları jeolojik étudierlerle ortaya konulduktan sonra bu sahalar uçaklarla manyetik etüdülere verilir.

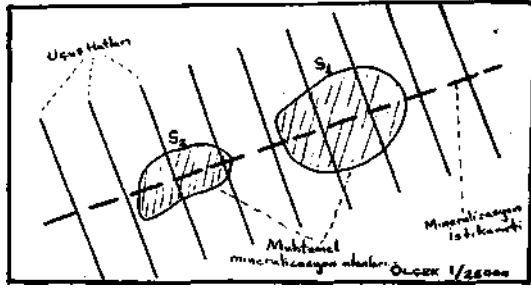
Uçak etüdüleri bürosunca bu geniş sahaların 1/25.000 ölçekli haritaları üzerine, etüd planları ve uçuş hatları geçirilir.

Uçuş hatları mineralizasyon sahalarını kafi derecede-kesecek aralıkla (250 M. -1 Km.) mineralizasyon doğrultularına dik olarak geçirilir.

Uçak etüdüleri bürosunca, uçak etüdüleri ekibine baz şebekesi ile birlikte bu haritalardan birer kopya verilir. Bir uçak ekibinde personel olarak birer adet elektronik uzmanı, alet operatörü, novigatör ile iki pilot ve bir veya iki makinist bulunur.

Bu çeşit etüdüleri yapmağa elverişli bir uçak, bir adet Proton manyetometresi veya fluxgate manyetometresi ( $T = \text{Oersted}$  olarak total alan,  $f \propto$  alan şiddetine göre frekans ise total alan şiddeti  $T = 0,234 f$  dir), bir adet Sintilometre, bir adet 4 kanallı gamma ray spektrometre, icabında 1 eletromanyetik kayıt sistemi, bir adet Radio altimetre (Uçağın yerden olan yüksekliğini verir), bir adet Navigasyon doplar cihazı, bir adet Kamera 35 mm lik strip kamera Enter valometre (belli zaman aralıklarında rekora ve filim üzerine aynı anda pikler veren alet. Filim ve kayıtların yer tesbiti bakımından koordinesini sağlar).

(\*) Jeofizikçi M.T.A. Enstitüsü - Ankara



Şekil: 1 — Mineralizasyon sahaları, mineralizasyon istikameti ve UÇUŞ hatlarını gösterir kroki

### Şekil 1 — Uçak etüd planı.

Uçaklarda elde edilen kayıtların bu büroda dökümleri sıra ile şöyle yapılır :

— r Navigatörün, uçuşta fotoğrafla devamlı kayıt ettiği uçuş hatları haritalara geçirilir.

— Uçakta elde edilen manyetik rekorlar, bu hadlar üzerine konarak manyetik değerler elde edildiği mevkilere gamma cinsinden pik edilir.

— İcabında uçuş yükseklikleri konur.

— İzogamma eğrileri çizilerek alan anomalileri elde edilir.

Petrol manyetik etüdlere, Yeraltı tektoniğine ait rejyonel manyetik etüdlere, ileri derece martitize olmuş fakat zayıf bir süseptibiliteye oldukça hemojen olarak haiz demir etüdlere gibi hassas manyetik etüdlere elde edilen anomalilerle aşağıdaki tashiherin yapılması şarttır.

— Başta güneş olmak üzere uzayın diğer cisimlerinden gelebilen ve karışık tarzda değişen manyetik tesirlerin tashiheri. (Kayıt edici veya baz eğrilerinden istifade ile yapılan günlük manyetik değişim tashiheri).

— Enlem Tashiheri.

— Boylam tashiheri.

Böylece elde edilen uçak anomalileri haritasına etüd sahasının jeolojide işlenmesi lazımdır. Uçuş sahasının detay jeolojisi yoksa jeoloji işlemede en iyi şekil uçakta devamlı

foto - jeolojik kayıtları yapan cihazların bulunması ve bu kayıtlardan çıkarılan jeolojinin işlenmesi gereklidir.

Çünkü Uçuş hatlarına göre saha jeolojisi tesbit edilmiş, böylece hangi anomalilerin aranan madde ile (demir, sülfür mineralleri, radyoaktif mineralleri ile) ilgili olduğu daha iyi belirtilmiş olur.

Uçak etüdlere en mühim hususlardan biri de uçağın etüd hatlarının hepsinde belli bir yükseklikten (ekseriya 500-1000 feet) yer yüzeyine paralel uçabilmesidir. Böylece anomaliler yere aynı uzaklıklarda tesbit edilmiş olur ve alt etüd hatalarından meydana gelen anomaliler elde edilemez. Fakat bu çok güç bir iştir. Uçak umumiyetle vadi ve derelelere daha uzaktan yüksek dağlara daha yakından uçar. Böylece alt etüd hatalarından gelen anomaliler de etüde girer.

Uçuş hatları araları mineralizasyon sahalarının büyüklüğüne, etüdde güdülen gayeye göre 250 m. den 1000 m. ye kadar seçilir.

Uçak etüdlere avantaıları :

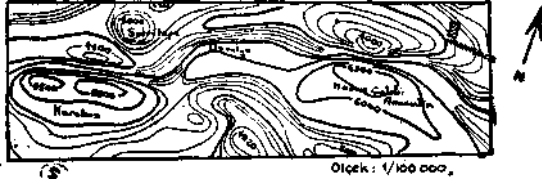
— Geniş sahaları çok kısa zamanda taraması.

— Ayna zamanda manyetometrik, elektromanyetik, radyoaktif etüdlere birden yapılabilmesi.

— Foto jeolojik kayıtlarla çok kısa zamanda jeolojiye büyük yardımları olması.

— Bir etüdden elde edilen mineralizasyon anomalilerinden başka, sahanın tektoniği, kontakların gidişleri, yeraltı jeolojisi (Bu meydana antiklinal, senklinaller hakkında) bilgi vermesi ve bunun neticesi olarak geniş sahalarda su ve petrol imkanlarına ışık tutmasıdır.

Türkiyenin büyük demir provensleri olan Divriği civarı ve Hekimhan'ın Hasan Çelebi civarlarının hava anomalilerine göre elde edilmiş anomalileri 1/100 000 ölçekli halitalar halinde şekil 2 ve şekil 3 de gösterilmiştir.



Şekil 2 — Hekimhan - Hasaңçelebi hava anomali haritası.

2. Uçaklardan elde edilen anomalilerin yerden tahkikleri :

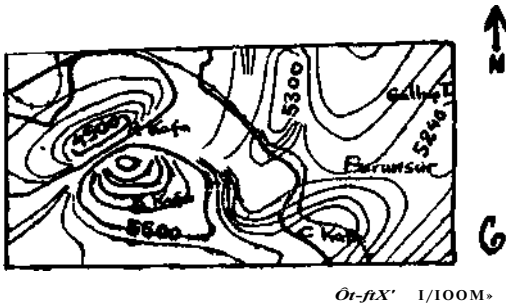
Uçaklarla bir sahanın taranmasından sonra kıymetlendirme bürosunca hazırlanan 1/100 000 veyahut 1/25 000 lik anomali haritaları, üzerlerine jeoloji de işlenerek dikkatli bir incelemeye tabi tutulur.

Böylece aranılan maddeye ait olabileceği tahmili edilen anomaliler bu haritalar üzerinde diktörtgenlerle sınırlandırılır. Sonra bunlar 1/25000 lik topografik haritalara yer bakımından mümkün merteye doğru olacak şekilde işaretlenir.

Bu haritalar (Anomali Haritaları, Jeolojik Haritalar ve Topoğrafik Haritalar) anomalileri yerden tahkik ekibine verilir.

Hadiselerin çabucak tesbiti, jeoloji ve jeofizik bakımından ilk kararlara hemen varabilmek için bu ekibin bir jeolog bir jeofizikçi bir topoğrafyadan kurulu olması yanlarında kafi derece malzeme ve ikmal bulabilmesi, hatâ bu ekip ekseriya ulaşımı son derece güç yere gitmesi gerektiğinden ulaşım aracı olarak helikopterler kiralınması idealdir.

Teşkilatlı bir ekip anomalilerinin yerden tahkiklerini kısa zamanda yapar ve neticeleri bir an evvel ilgili detay ve hassas etüd guruplarına verir.



Şekil S — Dijvriği B. Kafaları Hava Anomalileri

Havadan manyetik anomalilerin yerden tahkik ekibinde, pratik neticelere hemen varabilmesi için ekseriya Flax - gate tipi veya proton tipi manyetometreler bulunur. Bu jeofizik ekipleri, hava anomalilerinden seçilen bir sahada anomali hakkında kafi kanaat verecek şekilde ölçüler alırlar. Sahayı temsil edebilecek derecede çeşitli saha kayaçlarının manyetik suseptibilitelerini tayin ederler. Böylece seçilen anomalilerin önemli olup olmayacakları hakkında karara vararak detay manyetik etüdler için program menbalarını verirler.

Bu ekipler son senelerde Divriği Hekimhan arasında bazaltla örtülü sahalarda çalışmaktadırlar. Hiç bir demir aflormanı bulunmayan bu sahalarda büyük ümitler taşıyan Hekimhan Karşılılar, Kepez anomalilerini ortaya koymaları enteresandır.

### 3. Yerden manyetik etüdler :

Yerden manyetik etüdler, jeolojik etüdler ve havadan yapılan manyetik etüd neticelerine göre rekonesans ve detay etüdüleri kapsar.

Bir yerden manyetik etüd ekibinde bulunan personel ve malzeme şöyledir.

Personel : Ekip şefi olarak bir jeofizikçi, bir obzerver, bir suseptibiliteci, bir manyetik ve elektrik log obzerveri ile büyük demir provenislerinde, sahanın yaşı ve tektoniğine yardımcı olacak ve demir cevherinin remnant manyetizma istikametini tesbit edecek pleo-manyetik etüdüleri yapan bir jeofizik uzmanı ve bir topograftan ibarettir.

Malzeme olarak bir manyetometre, bir Helmholtz bobini, bir manyetik suseptibilite aleti ve bir manyetik log aleti bulunur. Schmitz, Torsiyon, Flux-gate, Proton gibi bir çok tipleri olan manyetometrelerden demir etüdüleri için en uygunu Torsiyon tipidir.

Torsiyon aletleri I gammaya kadar hassas olup pratik, sağlam ve çok kullanışlıdır. Aletin tam manyetik meridyene alınmasına lüzum yoktur. 20° ye kadar hata ile kuzeye çevrilmesi arz manyetik alan tesirini kâfi derecede elimine eder.

Etüd edilen sahada, manyetik materyal ile onu ihata eden civar kayaçların süsptibiliteyi tayin edilmelidir.

Manyetik anomaliler, manyetik materyal ile onu ihata eden sahrenin süsejtilite farkına göre değerlendirilir, etüd neticelerinin yer altı gerçeklerini aksettirecek şekilde açıklanması (İnterpretasyonu) jeofiziğin en önemli ve en güç tarafıdır. Bir jeofizik metotla yapılan etüdde yeraltının fiziki bir karakteri ortaya konulmağa çalışılır. Fakat yer altı çok karışık durumlar arzeder.

Etüdde ortaya konulan maddenin esaslı fiziki bir karakteri de olsa civar saharlerin etkileri, maddenin homojen olmaması, sahanın geçirmiş olduğu tektonik durumlar neticeleri çok karıştırır, anomalileri çok bozar. Hatta bu yan etkiler zaman zaman aranan maddenin vereceği gerçek anomalileri örter.

Bu sebeplerden, iktisadî değeri yüksek olabileceği jeolojik etüdülerle ümit edilen sahalarda, anomalilerin çok karışık durumlar arz ettiği saharların etüdünde bir tek jeofizik metot yerine, aranan maddeyi teşhiste yardımcı olabilecek iki ve hatta daha fazla jeofizik metodun kullanılması (bu işler için harcamalar iktisadî olabildikçe) çok faydalı olacaktır. Böylece çok fazla meçhullü bir problemi bir iki bilinenle bazı kabuller yaparak halletmek yerine, elde mevcut bilinenlerle halletme yoluna gidilmiş olur. Son zamanlarda ileri memleketlerde de saha problemlerini halletme tarzı jeolojik ve jeofizik muhtelif metodları mümkün mertebe kombine tatbik etme şeklinde yapılmaktadır :

İnterpretasyondaki zorluklara ve alınması lâzım gelen tedbire böylece işaret ettikten sonra, şimdi manyetik etüdüde yapılabilecek interpretasyonlardan kısaca bahsedelim.

Saha ölçüleri, büroda gerekli hesap ve tahsi(ilerden sonra. Gamma değerleri olarak haritalara geçirilir.

Bu değerler arasındaki interpolasyonlarla izogamma eğrileri geçirilir.

Alışkan bir jeofizikçi, anomalilerden yer altındaki manyetitini hangi geometrik şekilde olduğunu yaklaşık olarak tahmin edebilir ve

o geometrik şekilde uygun fonksiyonları alarak, demir cevherinin üst yüzü ve alt yüzüne ait derinlikleri anomali şekline göre cevher sınırlarının yüzeye izdüşümünü yaklaşık olarak tayin ederek cevher stokunun rezervi hakkında fikirler yürütebilir.

İnce çok uzun dik silindir (manyetik pol), yatay çok uzun silindir, küre, dik prizma şekillerindeki manyetik yataklara uygulanacak formüller her jeofizik kitabında bulunur. Daha karışık şekillerde olanların U gravite potansiyelleri hesap ediliyorsa, w manyetik potansiyeli poisson formülünden :

$$W = -\frac{I}{\gamma P} \frac{\partial U}{\partial i}$$

hesap edilip koordinatlara göre potansiyelin türevlerle manyetik alan bileşkeleri bulunur.

$$\Delta x = \frac{-\partial W}{\partial x}, \quad \Delta y = \frac{-\partial W}{\partial y}, \quad \Delta z = \frac{-\partial W}{\partial z}$$

Manyetik potansiyelin genel ifadesi manyetik dublenin integralidir:

Fakat integrallerin çözümü genellikle çok zor olmakta hiper - geometrik ve eliptik fonksiyonlara varmaktadır.

İşaret etmek lâzımdır ki, bu teorik mü-taleaları manyetik anomalilerle karşılaştıracak yer altındaki kütleyi tahmin etmek hiçte kolay değildir. Çünkü;

— Manyetik cismin yüzeye yakın kısımlarından gelen tesirler, şayet bu kısımlar martitize olmamış ise (Karakuzda bu kısımlar martitize olmuştur), anomaliye hakimdirler. Hatta aflore eden kısımlara ait anomaliler, süreksizlik gösterebilir.

— Manyetik kütle formüllerde görüldüğü gibi homojen değil, aksine çok heterojendir. Süseptibilite manyetik, kütlenin bir mevkiinden diğer mevkiine sürekli veya süreksiz hatıda keyfi fonksiyon olarak çok değişebilir. Kesikköprü etüdülerinden 1967 de Kartaltepe de yapılan (Kesikköprü barajı güneyinde) bu bakımdan çok enteresandır. Anomali haritası manyetit cevherini elipsoide yakın bir

teşekkül halinde (genel olarak ikinci dereceden bir yüzeyle) derine dalan büyük bir adese gibi gösteriyordu.. Bu görünüşü ile cevherin rezervi 500-700 bin ton olabilirdi. Görünüşün bu enteresanlığı anomali haritasını etüd mevkiine tatbik etmeyi icap ettirdi. Neticede, cevherin yanlara doğru silisifiye ve martitize olduğu, anomali görünüşünün çevreye doğru süseptibilitenin lateral bir sönümünden ileri geldiği anlaşıldı. Gerçek rezervin ümit edilen rezervden çok daha az olabileceği neticesine varıldı. O halde yeraltı ilgili meslek sahipleri şu çok önemli hususu bilmelidirler. Anomaliyi elde etmek ve harita üzerinde yalnız anomaliye göre fikir yürütmek cevher hakkında çok yanlış bilgiler verebilir. Anomali nedenlerini anlayabilmek için, anomali haritasını sahaya tatbik etmek şarttır. Bu haritaya sahanın jeolojisinin işlenilmesi, durumun açıklanması bakımından çok faydalı olur. Hatta topografik, tesirleri gözden uzak tutmamak için aynı haritaya topografik durum da konulmalıdır.

— Manyetik materyalin gerek teşekkül zamanında gerekse ondan sonra maruz kaldığı tektoniğin tesirleri (faylar, kırılmalar) onun anomalisinde akseder. Bu tesirler anomaliyi hayli karışık hale koyabilirler. Miknatıs çubuğunun kırılmasında zıt iki kutup ortaya çıkması gibi çatlayan, kırılan faylanan madeninde o kısımda zıd iki kutuplaşma meydana gelir (polleşme). Bir kutbun verdiği anomaliyi diğer kutup hayli söndürebilir. Anomali haritasında böyle yerler tesirler yoksa yakın ve şiddetle değişen pozitif ve negatifler halindedir. Ordu - Çambaşında açılan yarmada ve Divriği B kafadaki Şekil 7 de (x işaretli) anomaliler böyledir.

Böyle çok tektonize olmuş cevherlerin etüdünde anomaliler sık ve intizamsız şekilde pozitif ve negatif değerler halinde görülürler. Bu sebepten onların pozitif negatif oluşlarına bakmadan manyetik varyasyonları cevhere atfetmek en doğru karardır.

— Sahanın topografik röliyefi de, anomalileri hayli değiştiren ve çeşitlendiren faktörlerdir. Hekimhan - Hasan Çelebi mineralizasyonunda, mineralizasyon sahasındaki dereler

ekseriya negatif anomali verirler. Çambaş'ındaki yarmada cevherin hafif limonitize bir bantla kırıldığı güçlkle Bantın güney kıyısında 45000 gamma, kuzey kıyısında 62000 gamma ölçülmüştür. Ölçü noktaları arası 3 ile 4 m. kadardır. Yarmanın doğu kıyısında 2,5 m. lik bir desandre vardı. Burada yapılan ölçülerde —4500 gamma altında —4000 gamma, + 62000 gamma altında + 13000 gamma ölçüldü. Son iki noktanın üzerinde kalan cevher tesirlerinin azalması ve manyetik spektrumun aşağı doğru üst kısımdan çok fazla düzelmesi ölçü değerlerini bu kadar değiştirmiştir.

Bu mülahazalar, manyetik anomalilerden cevher pozisyonunun ortaya konulmasındaki güçlükleri ifade ederler. Diğer taraftan cevherin yeraltı geometrisinin tam bilinmemesi, bu geometriye dayanan teorik formüllerin tam isabetli seçilmemiş olmasına sebep olabilir.

Bu özelliklerden istifade ederek manyetik ve gravite anomali haritalarından ikinci türev haritaları hazırlanabilir. Bu haritaların özellikleri cevherin yüzeye yakın kısımlarını daha net belirtmesidir.

Gene potansiyel fonksiyonların, analitik fonksiyonlar grubuna dahil olmasından bunlara «aşağı ve yukarı doğru devamlılık» (Up ward and Down ward continuation) bağıntıları tatbik edilebilir. Böylece yüzeyde elde edilmiş anomaliyi, (h) kadar aşağıda ölçmekle ne elde edilirdi, (k) kadar yukarıda ölçmekle ne elde edilir, neticeleri bulunabilir. Bu münasebetlerle de yer anomalisinin uçak anomalileri ile karşılaştırılması yapılabilir.

Manyetik anomalilerin tabii olduğu faktörler :

Buraya kadar kısmen ifade edildiği gibi, manyetik anomaliler,

— Kütle homojen ise, manyetik materyalin şekline,

— Etüd cisminin derinlik sınırlarına,

— Remenant manyetizmanın halen istikamet ve şiddetine,

- Cismin suseptibilitesine ve suseptibilite varyasyonlarına,
- Demanyetizasyona ,
- Etüd sahası litolojisine,
- Cismin geçirdiği tektoniklere,
- Kütlelerin dağılımına ve bu dağılımdan gelebilen enterferanslara,
- Etüd sahasının topoğrafik rölyefine bağlıdır.

Bunlar polar yüzeylerin anomalileri olduğundan cisim yüzeyinin (+) ve (-) kısımlarının şekillenmesine göre, — formülü ile ifade edilen şekillenmeler gösterirler.

Gravite anomalileri çift yüzey tesirinde olmadığından çok daha sakindirler.

Manyetik etüd neticelerini mümkün merete isabetli tefsir etmek için manyetik etüd haritasına saha topografyasını ve saha jeolojisini işlemek gerekir.

Anomalilerin kabaca yapılan iki tefsir misali aşağıda verilmiştir. (Hesaplar 1969da yapılmıştır).

Divriği A kafa Sj 1, Sj 6, Sj 34 ve Sj 34 b den geçen anomali kesiti Şekil 4 de gösterilmiştir. Bu kesite ait model modelin :

$$\Delta z = -2bk T_E \left[ \frac{a \cos(\alpha+i) + x \sin(\alpha+i)}{a^2 + x^2} \right]$$

formülüne göre hesaplanan teorik anomalisi çizilmiştir. Model güneye doğru 40° eğimle dalan ve dalım istikâmetinde uzunluğu 250 m., buna dik istikamette kalınlığı 80 m. bir dikdörtgen farzedilip, sathdan kısa kenar orta derinliği a=30m. alınmış ve manyetik suseptibilitesi 0,16 c.g.s. alınmış ve cevherin keşide dik olarak yaklaşık doğu-batı istikametine prizmatik olarak çok uzaklara devam ettiği farzedilmiştir.

Netice teorik olarak hesaplanan eğri iyi bir yaklaşıklıkla arazi anomali eğrisine uymuştur.

Hekimhan Hasaңcelebi demir mineralizasyonu provensinin derinliği kabaca, R: 50 m.

yarıçaplı, yüzeyden derinliği h<sub>1</sub>: 2,5 m. olan dik silindirin Şekil 5 merkezi üzerindeki maksimum anomali değeri veren :

$$\Delta z_{\max} = 2\pi G \left[ \frac{h_2}{\sqrt{h_2^2 + R^2}} - \frac{h_1}{\sqrt{h_1^2 + R^2}} \right]$$

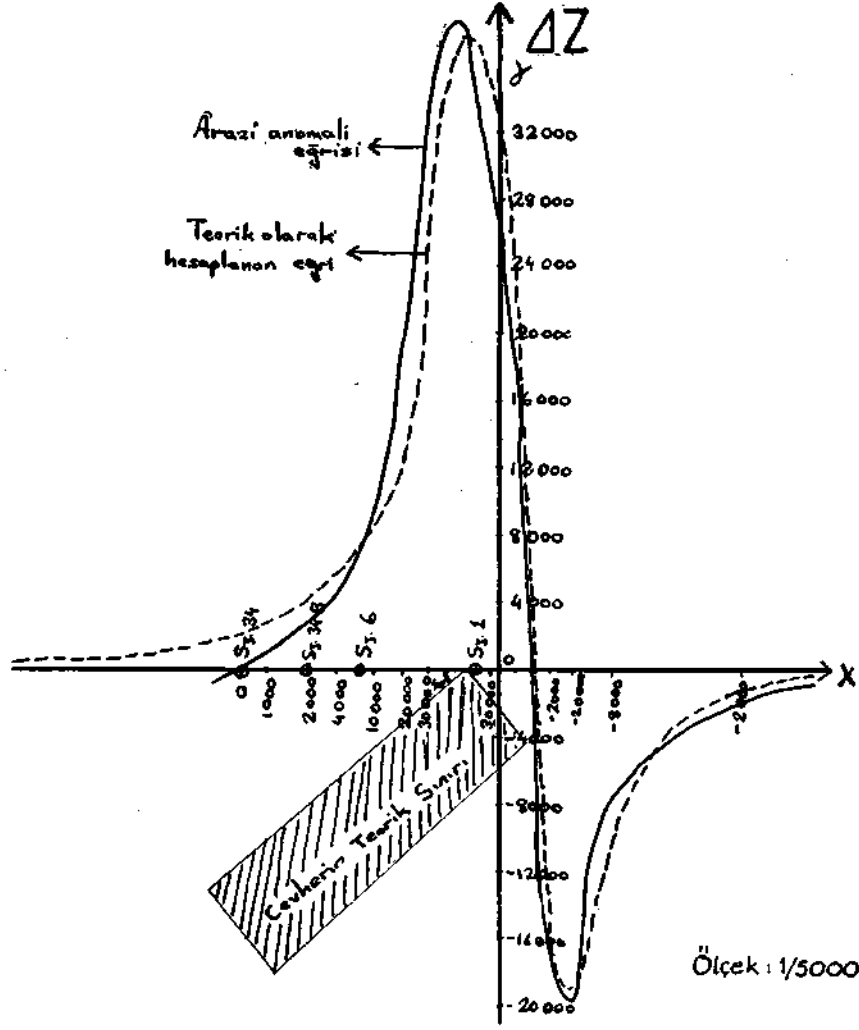
formülüne göre hesaplanmıştır. G=I<sub>n</sub>=k. T olup k: 0,045) yüzey numuneleri süseptibilite ortalaması) T=0,38.10<sup>5</sup> gamma (Hekimhan civarına ait arz manyetik alan total değeri) alınmıştır. Buradan silindirin alt tabanının yüzeyden derinliği olan h<sub>2</sub> hesaplanmağa çalışılmıştır. Anomalilerde maksimum değerler, 25000 (hatta 40000) gamma ölçülmüşsede geçerli maksimum değer olarak 11000 gamma alınmıştır. Netice h<sub>2</sub>'nin sonsuz değerde olabileceği görülmüştür. Matematik olarak çıkan bu neticenin fiziki manası ise, h<sub>2</sub>'nin h<sub>1</sub> yanında çok büyük (Meselâ onun yüz katı) olabileceğidir. h<sub>2</sub> →∞ alınması da aşağıdaki formül elde edilir.

$$\Delta z_{\max} = 2\pi G \left[ 1 - \frac{h_1}{\sqrt{h_1^2 + R^2}} \right]$$

Buna göre yapılan hesaplar 9800 gamma vermiştir. Muhakkak ki, mineralizasyonun derinlerde sath numunelerinden daha konsantre olduğu yerler vardır. Ona göre süseptibi-

$$\frac{[a + l \sin \alpha] \cos(\alpha+i) + [x - l \cos \alpha] \sin(\alpha+i)}{(a + l \sin \alpha)^2 + (x - l \cos \alpha)^2}$$

lityi daha yüksek seçmek lâzım gelir. Fakat şurası muhakkaktır ki, 8000 y dan büyük olan anomaliler 250 m. den fazla derinliğe haiz mineralizasyondan ileri gelmektedir. 1970 de yapılan sondajlarda 200 m.yi geçenlerin hepsinde, mineralizasyon devam etmekte idi. O halde teorik olarak çıkarılan derinlik tahmininde gerçekten isabet vardır. Sondajlar formasyonun gevşek yapısı sebebiyle çok derinlere inememiş, hepsi mineralizasyon içinde durmak zorunda kalmıştır. Mineralizasyonun tabanını 400-500 m. derinliğinde beklemek isabetli olacaktır. EEN-VWS istikamette uzayan mineralizasyonda verimli anomaliler 4000 m. devam etmektedir. Genişlikler 200-400 m. arasında deği-



Şekil 4 — Divriği A Kafada S1, S2, S3, S4 ve S5/B den geçen manyetik anomali kesiti ve teorik olarak hesaplanan eğri

şir. Bu provensin fevkalade zengin olabileceğini taban civarında, çok daha konsantre mineralizasyon bulunabileceğini (hatta likit mağmatoiden mineralizasyonlarla karşılaşabileceğini) ümit etmek büyük bir hayalperestlik değildir.

#### DEMİR ARAMALARINDA TATBİK EDİLEBİLEN DİĞER JEOFİZİK METODLAR

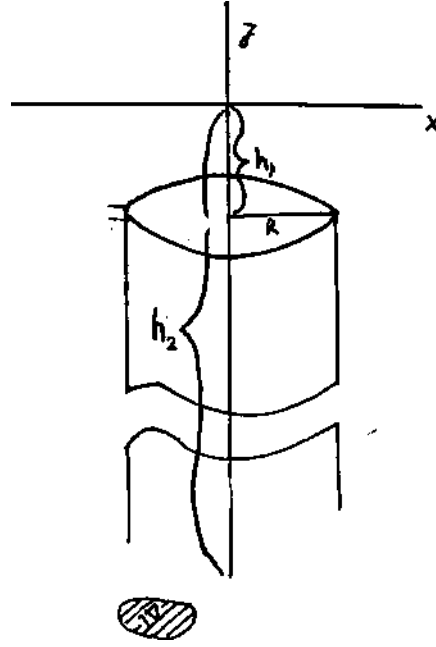
Yukarıda ifade edildiği gibi manyetik etüdier çok çeşitli faktörlerin tesiri altındadır. Yalnızca potansiyel teori ile ekseriya kompleks tekstür ve strüktürde olan yeraltı

cevherine hâkim olmak güç bir iştir. Vazedilen potansiyel teori ise, yalnızca bir denklem şeklindedir. Aslında cevherin homojen sayılabilecek her parçası kendi özelliğine uygun bir potansiyel fonksiyona bağlıdır.

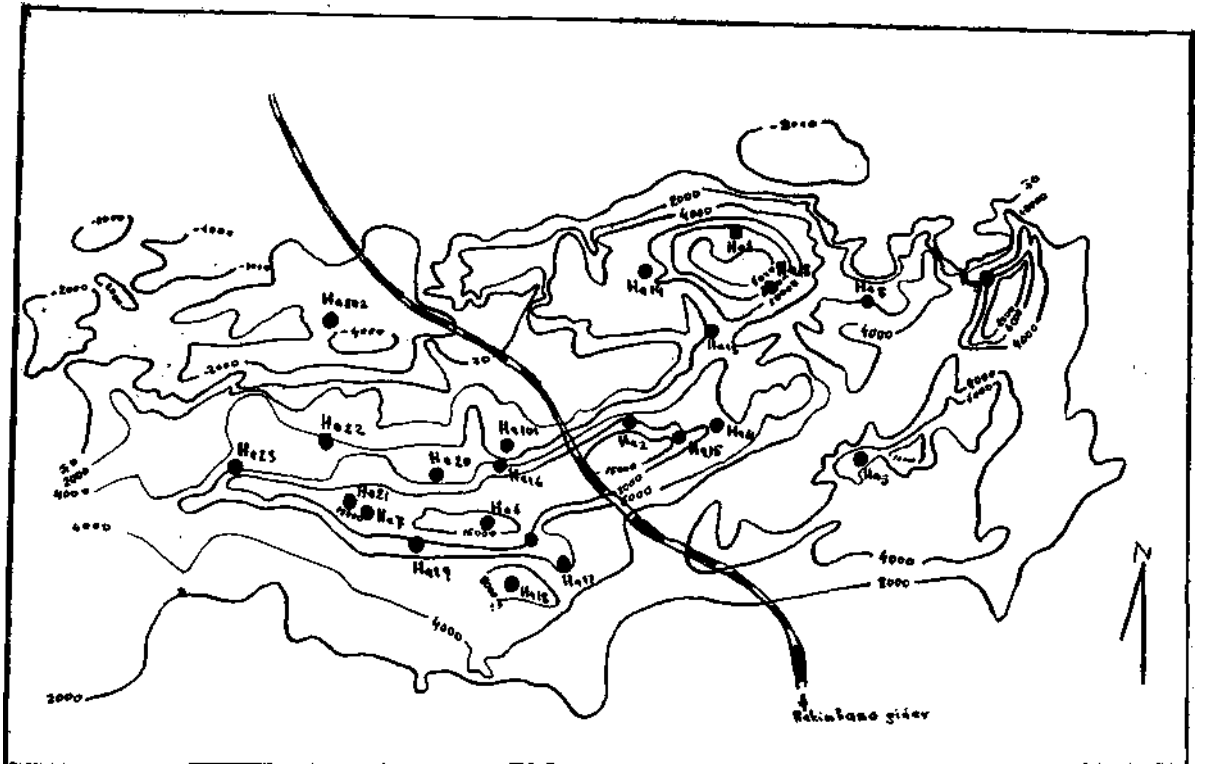
W, cevherin totaline uygulanan potansiyel Wide (i) nci bölgede homojen farzedilen cevherin potansiyeli,

$$W \rightarrow \sum_{i=1}^n W_i$$

Bunlar arasında eşitlik yazmak dahi doğru değildir. Üstelik muhtelif kısımların, etüd sa-

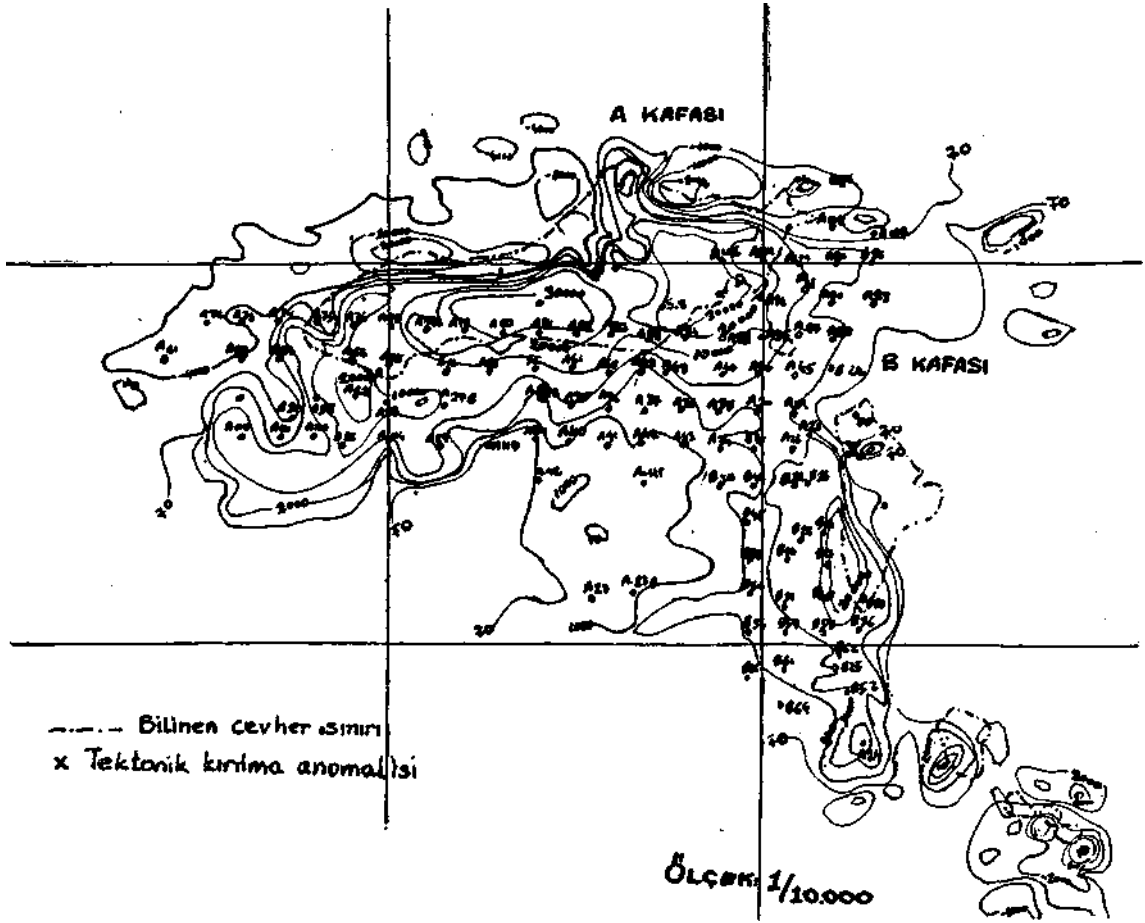


Şekil 5 — Hasacelebi Demir mineralizasyonunun derinliğinin hesabına ait ŐeldL



Şekil 6 — HEKİMHAN - Hasacelebi Demir Provansinin 1/10 parçasının manyetik anomali Haritası Ölçek: 1/10 000





7 — Divriği A-B kafala.it anomali haritası

hasının bir (p) noktasında meydana geldiği total potansiyel, bunların enterferansına ait bir potansiyeldir. Şayet bir tek manyetik potansiyelle inceleme yapmak istiyorsak, aşağı yukarı fiktif bir potansiyel fonksiyon seçiyoruz demektir, sonra incelemede bunun kısmi fonksiyonların total bir temsili olarak alıyoruz. Üstelik potansiyel fonksiyon, rezistivite ve sismik metodlarda olduğu gibi derinlere doğru, mevcut durumları ayrı ayrı teşhis eden delici bir karakterde değildir. O bir noktanın bu kısımların total bir temsili verilir.

Bütün bu sebeplerden kıymetli olacağı ümit edilen varlıkların etüdünde, bir jeofizik metod yerine iki veya daha fazla jeofizik metodu (varlığın fiziki karakterine uygun metodların) tatbiki muhakkakki çok isabetli olur. Jeolojik olarak değer taşıyacağı ümit

edilen demir yataklarında, düşey ve yatay manyetometrik etüdülerle birlikte, gravite, rezistivite hatta sismik metodları da tatbik etmek gerekir.

Demir etüdülerinde netice alma ve iktisadî olabilme yönlerinden bunlar aşağıdaki şekilde sıralanmıştır :

#### 4. Gravite etüdü :

Bu etüd yeraltı cisimlerinin farklı yoğunluklarda olabilmeleri halinde tatbik edilir. Yoğunluklar çok farklı, aranan kütle çok büyükse, ve topografya kafi derecede sakinse elde edilen neticeler o kadar net olarak belirlir. Bunların ziddi hallerde, enomaliler belirsiz hallerde girer, hatta türlü tesirlerle örtülür.

Bu metodu tatbik eden bir ekibin personel ve malzeme ihtiyacı şöyledir :

Personel olarak, bir jeofizikçi (Ekip şefi), iki kalkulatör, bir obzerver ve iki topoğrafa ihtiyaç vardır. Malzeme olarak ise bir gravimetre, bir alet jeep'i, iki teodolit ve iki nivo ile etüd sahasının hassas bir topoğrafik naritası lâzımdır.

Demir etüdlerinde etüd sahası sınırlarını bir buçuk kilometre kadar taşan 1/500 ölçekli (hatta 1/1000 ölçekli) hassas haritalara ihtiyaç vardır.

Gravite etüdüleri, çok hassas tashihleri icap ettirdiğinden yavaş ilerler. Manyetik etüdülerden masraflıdır. Bu etüdier Rezervi büyük manyetik etüdü anomalileri karışık sahalara.

Kütlenin karışık olması ve dağılım halinde bulunması sebebiyle manyetik etüdülerle kütle hakkında iyi fikir elde edilemeyen demir cevherlerinde poisson formülüne göre yaklaşık kütle tayini lâzım gelen sahalara.

Hematit, limonit, siderit, gibi manyetik etüdülerin iyi netice vermediği formasyonlara tatbik edilir.

Hekimhan Karakuz madeninde yapılan manyetik ve gravite etüdüleri Şekil 8 de gösterilmiştir. Her iki etüd birbirini teyit eder.

M.T.A. Enstitüsünde 1969 yılından beri sistemli şekilde demir gravite etüdüleri yapılmakta ve iyi neticeler elde edilmektedir.

##### 5. Rezistivite etüdüleri :

Demir cevheri iletavan, tabankayaçların ve etüd sahası sahrelerinin arasında açık bir rezistivite farkı varsa ve jeolojik etüdülerden cevherin büyük rezerv verebileceği ümit ediliyorsa demir cevherinin rezistivite metodu ile etüdü yerinde olur ve aşağıdaki gayeler için bu etüdier yapılır.

— Cevheri ihtiva eden kayacın hacmini vermek (Hasançelebi demir mineralizasyonu provensi için böyle bir problemin açığa kavuşturulması provensin çözümünde çok mühim bir unsur olacaktır. Böylece bir etüd aynı zamanda yer altı su zonu durumunda ortaya koyabilirse madenin işletmesi bakımında ideal olur).

— Cevhere ait derinlik sınırlarını tayin etmek, (Rezistivite etüdüleri, cevherle rezistivite farkları net ise, tavan kayacından cevhere girişe ve cevherden taban kayacına geçiş sınırını, mekanik sondaj yapar gibi verilebilir).

— Cevher uzanımlarını tayin etmek.

Bir sondaj kuyusunda kesilen cevher elektrik akımı verildiğinde, cevher büyük bir elektrot olur. Tavan kayaçları rezistivite bakımından kompleks olmadığı zaman cevherin etüd sahasının üzerine izdüşümünün çevresi içinde iki nokta arasında potansiyel farkları gayet küçüktür. Çevre sınırlarında ve sınır dışında bu farklarbirden büyür. Böylece cevheri ölçü yüzeyine ait manyetüdü çevre büyüklüğü oldukça net olarak belirir.

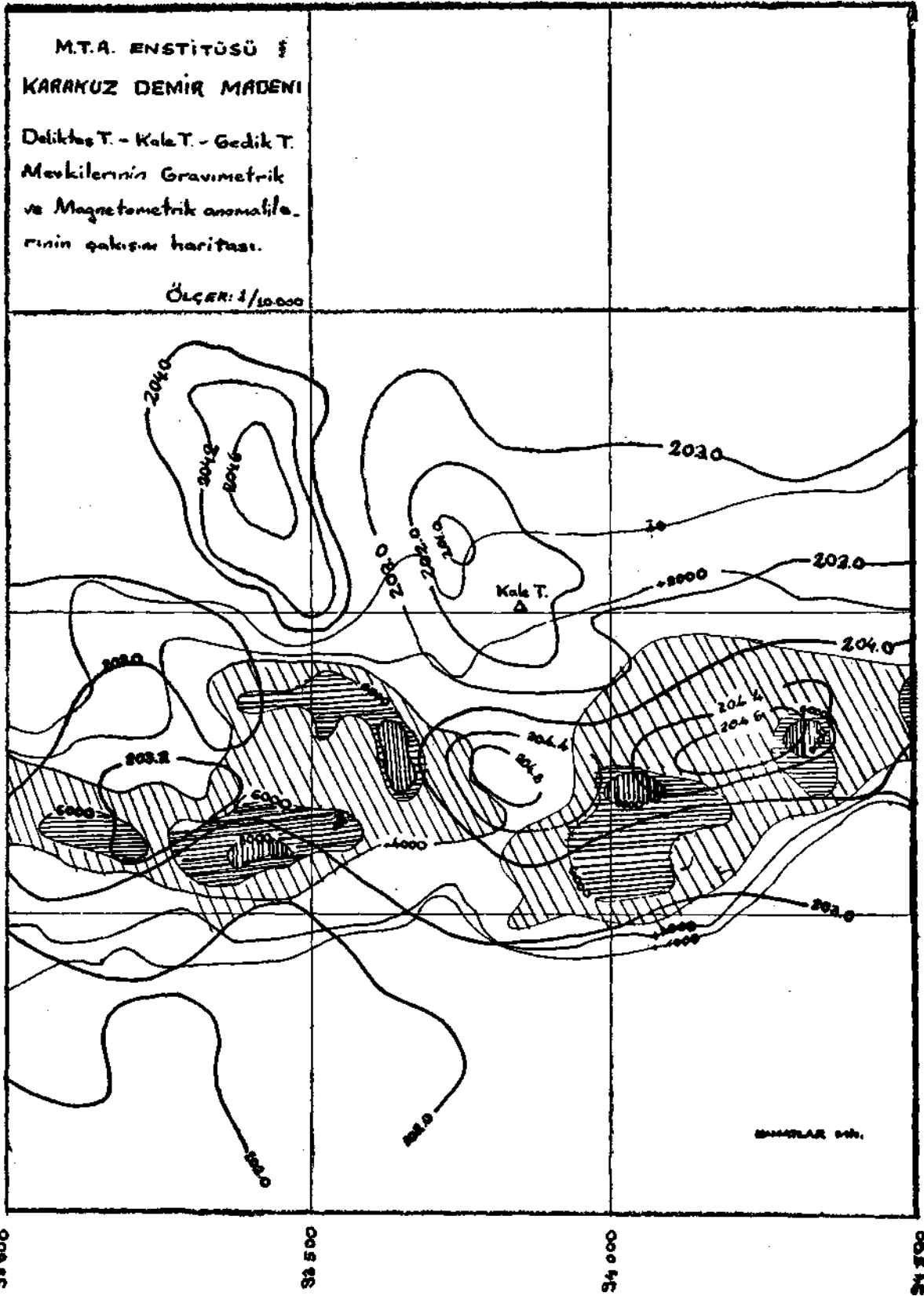
Bu sayede bir sondajda kesilen cevher lokal bir mineralizasyonudur, yoksa geniş bir yatağa mı aittir. Bu problem açıklığa kavuşmuş olur. Diğer taraftan sondajlarda keşilen cevherler sondajdan sondaja irtibatlıdır değildir. Rezerv hesabının bu önemli problemide halledilir. Bir mise a la masse etüdüünün tatbik şekli ve elde edilen anomali Şekil 9 da gösterilmiştir.

Bir rezistivite ekibinde bulunması gerekli personel ve malzeme şöyledir.

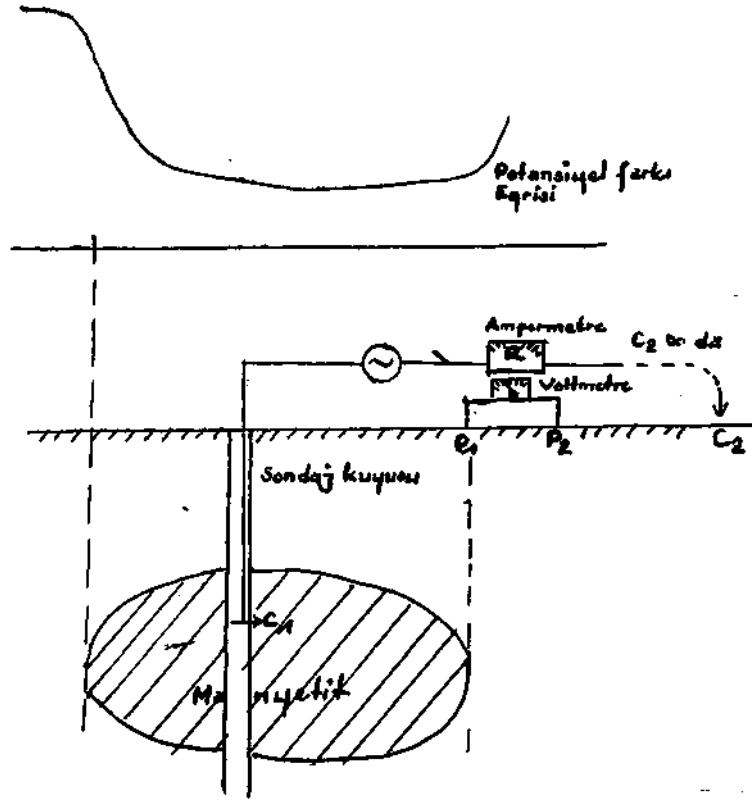
Bir Jeofizikçi (Ekip Şefi), bir obzerver ve bir topograf ile

Bir Rezistivite aleti, dört makara kablo, dört potre elektrot bir akım kaynağı ile kafi miktarda elektrik ve tamir malzemesi.

Rezistivite etüdünde manyetik ve gravite etüdüleri gibi bir potansiyel fonksiyondan tütüreyen alanların etüdü yapılmaz. Rezistivite sondajı yapılan yüzey noktasından derinlere doğru formasyonların rezistivite profilleri elde edilir. Bu profiller satıhtan derinlere doğru kayaçların iletkenliklerinin kayıdır. Kayaçların rezistiviteleri bir birlerinden net olarak farklı ise onların her birinin kalınlıkları yaklaşık olarak elde edilir. Müsaîd şartlarda mekanik sondaj neticelerine yakın neticeler elde edilir.



Şekil 8 — Karakuz Demir madeninde Gravimetrik ve Magnetometrik anomalilerin çakışma gösteri harita



Şekil 9 — Manyetit cevherine Mısea'lamasse metodunun tatbiki ve potansiyel farkı eğrisi

6. Sismik Refraksiyon (kırılma), Refleksiyon (Yansıma) Etüdüleri :

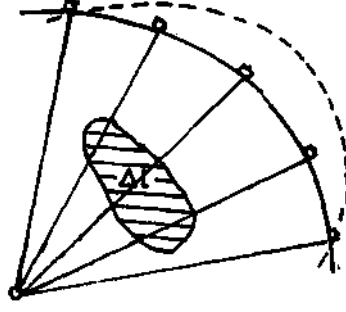
Demirde P dalgalarının (Longitudinal = uzunluğa dalgaların) hızları, onu çevreleyen civar sahaların hızlarından açık olarak farklı ise, yelpaze atışları ile demir çevresini tespit etmeğe imkan vardır. Demirde hızlar ekseriya civar formasyon hızlarından fazla olduğundan atış noktası merkez cevheri alanına, alan (L) yarı çaplı çember nazarı itibare alınır. Bu çember üzerine eşit aralıklarla jeofanlar (dalga gelişlerini alan ve sarsıntıları babinleri ile akıma çeviren ve bu akımları kayıt edici cihaza veren aletler) yer sismometreleri dizilir. Artıktan sonra yola çıkan P dalgalarından demir cevherini kat edenler onu kat etme uzunlukları ile aynı yönlü bir fonksiyon olarak sismograflara daha erken gelirler. Bu zaman farklarından ve demire ait hız ile etüd sahrelerine ait ortalama hızdan dalgaların demiri kesme uzunlukları bulunabilir. Şekil 10 ile sismik refraksiyon planı verilmiştir. Şekilde görülen bir dal-

ganin demirde katettiği uzunluk formülü ile hesaplanır. Burada  $V^{\wedge}$  = Demirde ortalama hız  $V_k$  = Kayaçların ortalama hızı (l) refraksiyon etüd dairesinin yarı çapı, (t.) = dalganın jeofona varma zamanı, ( $t_s$ ) = yolunda demir bulunmayan jeofona varış zamanı olsun,

$$\Delta l = \frac{t_2 - t_1}{\frac{1}{V_k} - \frac{1}{V_{Fe}}}$$

formülü ile hesaplanır.

Sismik refleksiyon etüdüde bir tabaka içinde gidip daha hızlı bir tabaka sınırında yansıyan dalgalar düşeye yakın bir yol takip ederek jeofonlara gelirler, (veya rekorlarda bu yollar hesap edilebilir). Cevher sathı tabulera yakın ise, cevher sınırına kadar giden dalgalar bu sınırda yansıyarak jeofonlara gelir. Rekorlardan gidiş geliş zamanı bulunur. Hız atışlarıyla da kayaçların ortalama



Dalga arın yayılmasında eş zaman eğrisi  
Refraksiyon çemberi ve Jeofonlar  
Cevherin manyetüdü

**Şekil 10 — Sismik refraksiyon planı**

hızları bulunur. Neticede yansıma yüzeyi olan demirin üst sınırlarının derinlikleri bulunur, uygun şartlar altında, demir cevherinin manyetüdü ve üst sınır derinliklerini verebilecek olan sismik metodların, en uygun arama tarzlarından olmasına rağmen, masraflı metodlar olduğundan maden aramalarında tatbikatları az yapılmıştır.

### Sonuç

Yukarıdan itibaren etüd usulleri verdikleri neticeleri anlatılan jeofizik metodlar, daima aranılan cevherle civar sahrelerin suseptibilite, yoğunluk, rezistivite, hız farklarından istifade ederek etüd yaparlar. Bu fiziki özellik farkları fazla ve kütle büyük olduğu nisbette elde edilen neticeler nettir.

### İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ MADEN BÖLÜMÜNDEN 1969-1970 ÖĞRETİM YILI MEZUNLARI

Fak. No.	Adı Soyadı	Dip. No.
5613	Ahmet Dağdeviren	2857
6084	H. Hüseyin Işık	2858
6102	Abdurrahman Erzurum	2859
6593,	Mustafa Özyaycı	2860
6609	Cahit Sağlam	2861
7202	Erol Okur	2862
7204	Mehmet Kayacan	2863
7210	Fevzi Kızıldağ	2864
7211	Sadi Karamustafa	2865
7213	Faruk Erez	2866
7218	Güner Önce	2867
7224	Özdem Yönter	2868
7225	Meral Genelioğlu	2869
7226	Yunus Şirin	2870
7229	Alâaddin Kafaf	2871
7232	Abdullah Sadıkoğlu	2872
7240	M. Münir Danişman	2873
7241	Atillâ Tan	2874
7242	Gündüz Ateşok	2875
7247	Faruk Baysak	2876
7250	Mustafa Hacıevliyagil	2877
7251	Necati Kemahlı	2878
7257	Erol Güngör	2879