

Elektromanyetik Afmag Metodu

M.Veyssel Aydın(*)

ÖZET

Yeraltı kaynaklarına olan gereksinim günümüzde en büyük düzeye ulaşmıştır. Dünyada ve ülkemizde çeşitli yöntemlerle yeraltı kaynakları araştırılmaktadır, AFMAG metodu da bu amaca yönelik olarak ortaya çıkarılmıştır.

Afmag metodunda alanın manyetik kuzeyle yaptığı açı ve eğim açısı ölçülür. Afmag Ölçü aleti ile okunan değerler, bir vektörle tanımlanır. Vektörün doğrultusu manyetik kuzeyle yapılan açığı ve boyu eğim açısını verir, İki frekansta Ölçü alındığından, iki ayrı manyetik kuzeyden yapılan açı ve eğim açıları anomali haritaları elde edilir. Anomali haritalarındaki (+) ve (-) kapanışlar birer doğru üe birleştirilip, bu doğruların birbirini dik yada dike yakın kestikleri noktalar gözlenir. Bu noktalar iletken kütlelerin yerini verir.

1

Eğim açısının uzanım boyunca değişimi incelendiğinde; önce en büyük bir uç değer, daha sonra sıfır eksenini keserek en küçük uç değeri verdiği görülür. Bu değişimin sıfırı kestiği yer aynı zamanda iletken kütlelerin yeri olarak belirlenebilir.

ABSTRACT

Dependence on the underground natural resources for which the research and exploration activities are increasingly conducted on by various methods, reached on its ultimate level during the present era of minerals' development.

AFMAG is one of the above mentioned methods and has been brought out in accordance with this trend.

AFMAG Method is based on the measurement of the declination angle between the field and the magnetic north and of dip angle. Values obtained by the AFMAG measurement apparatus are defined by a vector. Angle between the field and the magnetic north and the dipangle, is given by the direction and the length of this vector, respectively. As the measurement has been made in two different frequencies, anomalous contour maps of two different magnetic north angles and of dip angles were obtained.

Closures of (+) and (-) character in the anomalous maps are connected with individual lines and the intersection of reciprocating lines in their perpendicular and/or quasi-perpendicular positions are observed. These intersection points indicate the location of conductive underground volume.

When the variation of the dip angle along the extension is sought out, it could be apparent that the variation yields a maximum value first and then a minimum values intersecting zero axis. Intersection point of variation and the zero axis could be determined and concluded as the locality of the conductive volume.

(*) Jeofizik Yük. Müh.

1. METODUN İÇERİĞİ

Duyulabilir frekansları algılamak anlamına gelen bu metotla; doğal elektromagnetik alanlardan frekansı 1-10 000 Hertz arasında olan alanları kullanarak yerin öz direncindeki değişimler incelenir. Bu anlamda AFMAG, bir endüktif elektromagnetik metottur.

Doğal elektromagnetik alanın iştilir frekanstaki enerjisinin dağılışı gelişigüze'dir. Buna karşın, alanın Manyetik kuzeyden yapılan açıya göre dağılışında bir düzen vardır. Enerji darbeleri yeterli bir zaman süresinde incelenirse Manyetik kuzeyden yapılan açıya göre dağılışı, eşdeğer bir kutuplanma elipsi ya da toplanma elipsi verir. Kaynağın uzakta olması ve dünyanın iletken olması koşulları altında elipsin düzlemi yatay olur. Yöresel kaynaklar ve yöresel bozukluklar elips düzlemini eğik yapar. AFMAG metodunda alan vektörünün yatay düzlemle yaptığı bu açı ölçülür.

Yeri aynı kayalardan oluşmuş kabul edersek, elektromagnetik alan yatay düzlemde yayılır. Yer içindeki bozulmalar yatay düzlemde yayılmakta olan birincil alandan etkilenir. Bu nedenle ikincil alan doğar. Oluşan ikincil alan birincil alana diktir. Bu kez alan, birincil ve ikincil alanların toplamına eşit olacaktır. İki ayrı frekansta ölçme yapılır.

AFMAG alanı, zamana ve enleme bağlı değişmeler gösterir. Bu doğal alan içinde, bozucu kütleler için alana ait bileşenler belirlenmiştir. Bu kütlelerden küre, silindir ve disk için formüller aşağıdaki gibi verilmiştir.

İletken cisim R yarı çaplı küre ise,

1, f, k, X, Y, Z, doğrultularındaki birim vektörler, M ve N ise kürenin fazlı ve fazsız bileşenleri alındığında,

$$H_p = \{A_1 \cos \omega t\} \hat{i} + \{A_2 \sin \omega t\} \hat{j}$$

$$H_s = -H_p R^3 (M - iN) \frac{(2x^2 - y^2 - z^2)}{r^4} \hat{i} + 3xyf + 3xzk$$

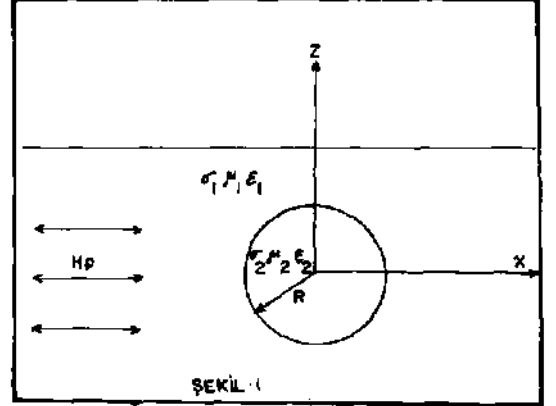
ile verilmiştir (Şekil 1).

İletken cisim silindir ise,

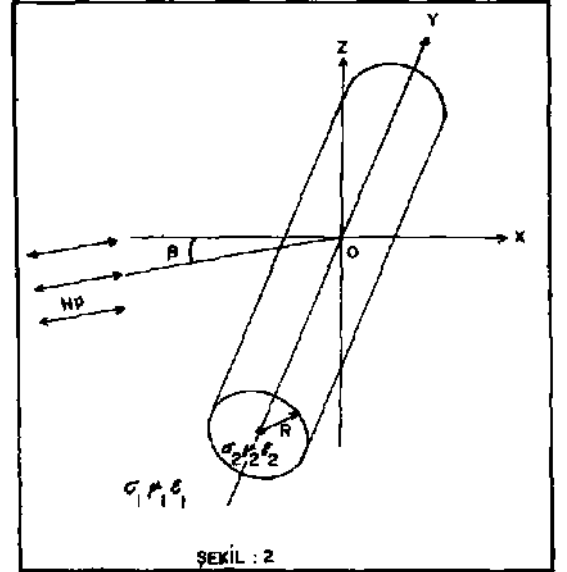
$$H_p = H_0 \cos \omega t + H_0 2 \sin \omega t$$

$$H_s = -H_p + R^2 \{M - iN\} \frac{(x^2 - z^2) \hat{i} + (2xz) \hat{k}}{r^4}$$

ile tanımlanmıştır.



Şekil: 1 Doğrusal kutuplanmış alanda iletken Küreyi tanımlamaktadır.



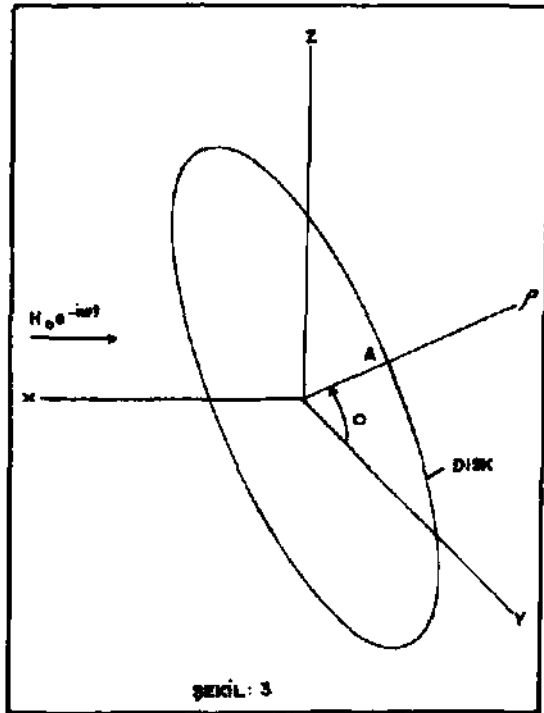
Şekil: 2 Doğrusal kutuplanmış alanda iletken Silindri tanımlamaktadır.

Düzensiz değişen alanda, alana dik konumlu iletken bir disk için; A diskin yarıçapı ve

$$= \frac{1}{(r^2 + z^2)^{3/2}}$$

olmak üzere

$$\begin{aligned}
H_z &= \frac{AH_0}{\sqrt{2\pi r}} \left\{ -3(r+a)^{1/2} - \frac{|x|}{A} (r-a)^{1/2} + \frac{(A^2+x^2-\rho^2)}{(r+a)^{1/2}} \left[\frac{1}{r} (x^2+\rho^2-A^2) + 1 \right] \right. \\
&\quad \left. \frac{\left(A|x| + \frac{|x|}{A} (x^2+\rho^2) \right)}{(r-a)^{1/2}} \left[\frac{1}{r} (x^2+\rho^2-A^2) - 1 \right] \right. \\
&\quad \left. + \frac{2^{3/2}r}{A} \tan^{-1} \sqrt{\frac{(A^2+x^2+\rho^2)-r}{r-(A^2+x^2-\rho^2)}} - \frac{2}{r^2} \left[(A^2+x^2-\rho^2)(r+a)^{1/2} \right. \right. \\
&\quad \left. \left. - \left(A|x| + \frac{|x|}{A} (x^2+\rho^2) \right) (r-a)^{1/2} \right] (x^2+\rho^2-A^2) \right\}, \\
H_\rho &= \frac{AH_0}{\sqrt{2\pi\rho r}} \left\{ -2x(r+a)^{1/2} \pm \left[A + \frac{1}{A} (3x^2+2\rho^2) \right] (r-a)^{1/2} \right. \\
&\quad \left. - \frac{(A^2+x^2-\rho^2)}{(r+a)^{1/2}} \left[\frac{x}{r} (x^2+\rho^2+A^2) + x \right] \right. \\
&\quad \left. + \frac{\left(A|x| + \frac{|x|}{A} (x^2+\rho^2) \right)}{(r-a)^{1/2}} \left[\frac{x}{r} (x^2+\rho^2+A^2) - x \right] \right. \\
&\quad \left. + \frac{1}{r^2} \left[(A^2+x^2-\rho^2)(r+a)^{1/2} - \left(A|x| + \frac{|x|}{A} (x^2+\rho^2) \right) (r-a)^{1/2} \right] \right. \\
&\quad \left. \cdot \left[2x(x^2+\rho^2+A^2) \right] \right\};
\end{aligned}$$



$$a = x^2 + \rho^2 - A^2$$

$r = a^2 + 4x^2 A^2$ olarak alınmıştır.

Sekil: 3 Doğrusal kutuplanmış alanda İletken Diski tanımlamaktadır.

2. ALET VE ÖLÇÜ ALMA

2.1. ALET

AFMAG aleti, bobin ve büyültücü (Amplifier) - Sayaç (dedektör) olmak üzere iki sistemden oluşur (Şekil 4).

- Bobin sistemi; iki bobini içerir. Birinci bobin, uzun sarımlı olup sinyal bobinidir. İkinci bobin ise kısa sarımlı olup kaynak bobinidir.
- Büyültücü-Sayaç Sistemi: Bobinlerdeki endükleme voltajı büyültücü-sayaç sistemiyle sağlanır. Bu işlem için karmaşık bir elektronik devre gerekmektedir.

Sisteme ait ayarlama düğmeleri;

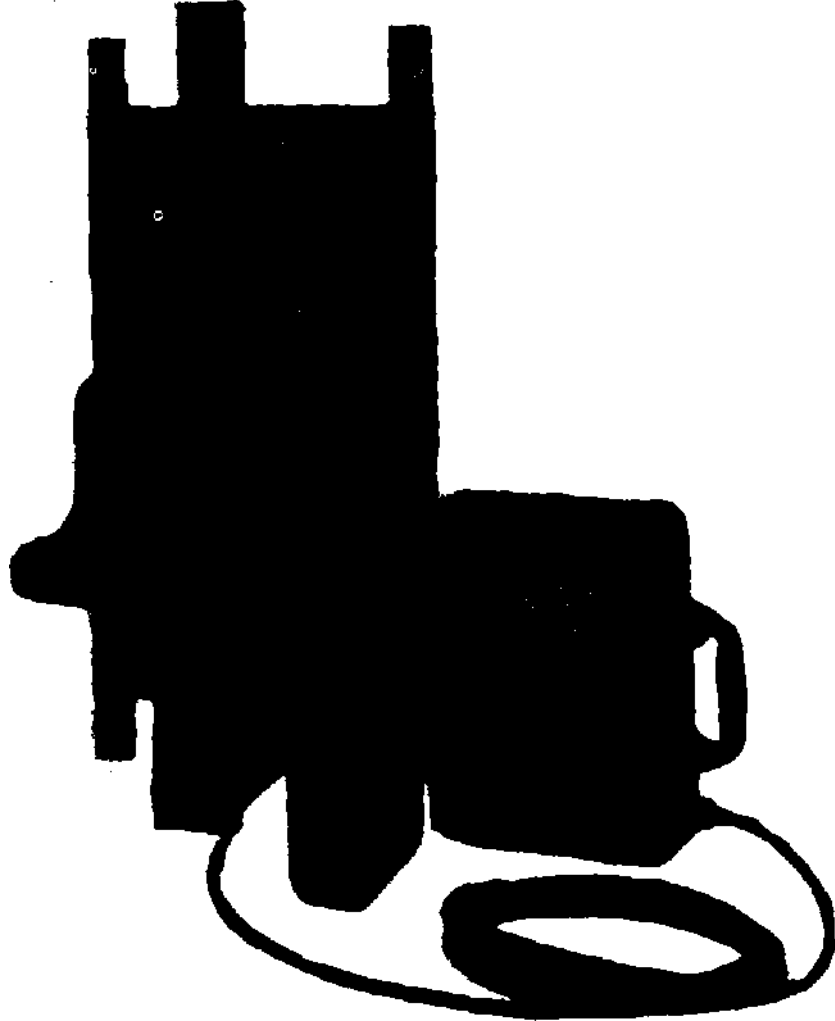
- Frekans değişim düğmesi,
- Bobin kontrol,
- Kapalı-açık-B-|-B2 düğmesi (B-| ve B2 üreteç test düğmeleridir)
- Fonksiyon düğmesi (üç konumlu)

1) Çalışma

2) Seviye 1 (AC voltajı için kaynak kanalı)

3) Seviye 2 (sinyal kanalı)

E) Sıfırlama düğmesidir.



Şekli: 4 AFMAG ölçü aletini göstermektedir.

2.2. ÖLÇÜ ALMA

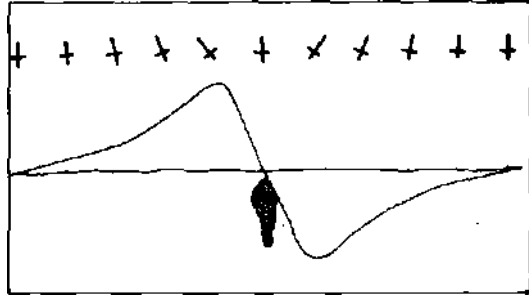
Ölçme işleminde amaç; eğim açısını ve alanın manyetik kuzeyden yaptığı açığı saptamaktır.

Manyetik kuzeyden yapılan açığı ölçmek için, bobin sistemi yatay konumda tutulup, düşey bir eksen etrafında döndürülen sistemin en büyük sinyali verdiği konum manyetik kuzeyden yapılan açığı verecektir.

Eğim açısını ölçmek için, bobin sistemi düşey bir konumda tutulup yatay bir eksen etrafında döndürüldüğünde, en küçük sinyalin alındığı konum eğim açısını verecektir.

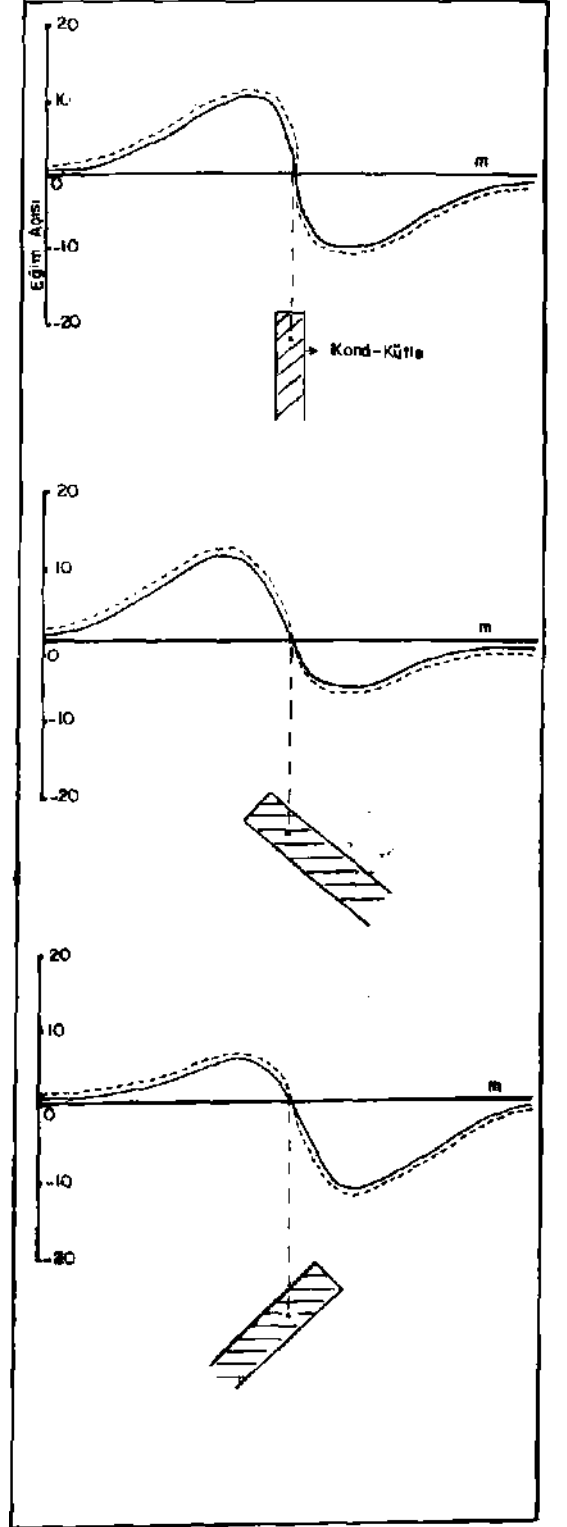
Doğrusal kutuplanmış bir alanda değerler, sinyal bobininde oluşan bağlı vektörlere göre (+), (0) ve (-) olabilir (Şekil 5).

ölçülen değerler bir vektörle tanımlanıyor. Bu vektörün doğrultusu manyetik kuzeyden yapılan açığı, boyu eğim açısını, ucu ise alanın yönünü verir.



Şekil 5: Doğrusal kutuplanmış bir alanda, sinyal bobininde oluşan bağlı vektörler göstermektedir.

İletken kütlenin geometrik bir şekle benzemesi halinde, uzaklık ve eğim açısı değişimi aşağıdaki gibi olmaktadır. Kütlenin sağa ve sola eğimli olması halinde eğim açısı-uzaklık eğrileri değişik yaylar çizer. Fakat, sıfırı kestikleri nokta (sabit) aynı yerdir (Şekil 6).

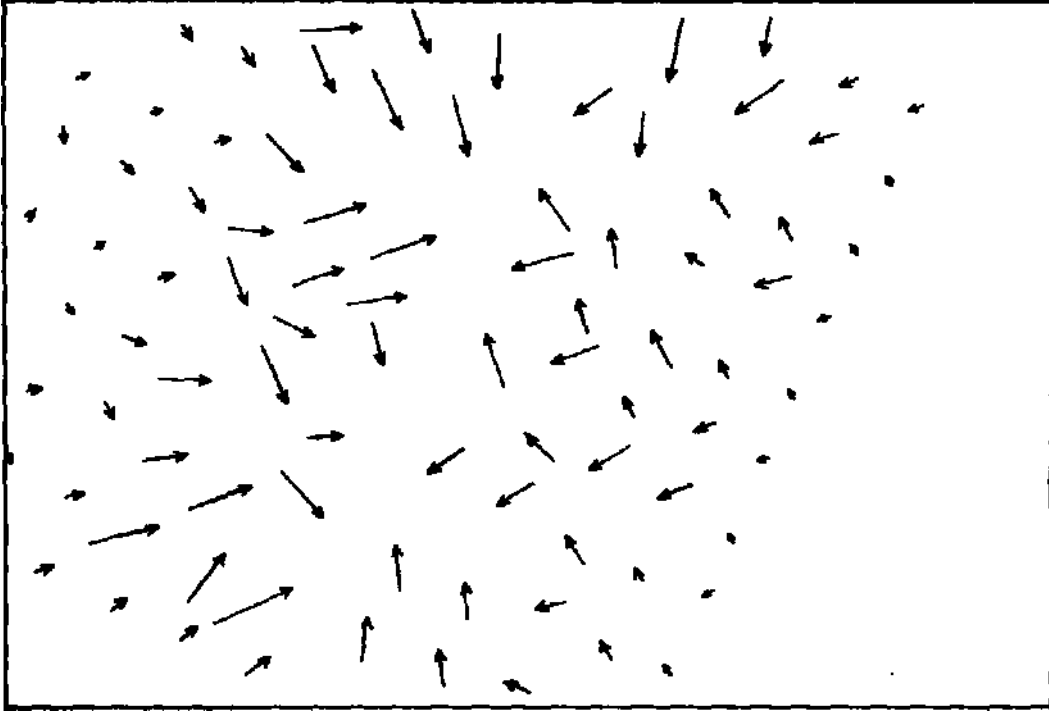


Şekil 6: Eğim açısının uzanım boyunca değişimi ve kütlenin düşey, sağa ve sola dalımlı konumları işaretlenmiştir.

3. UYGULAMA

Belirli bir sahada yapılan karelajın herbir köşe noktasında ölçü alınır.

Manyetik kuzeyden yapılan açı ve eğim açısının nasıl saptandığını özetlemiş ve bir vektörle tanımlandığına değinmiştik. Saptanan vektörler bir diyagramda gösterilir (Şekil 7).

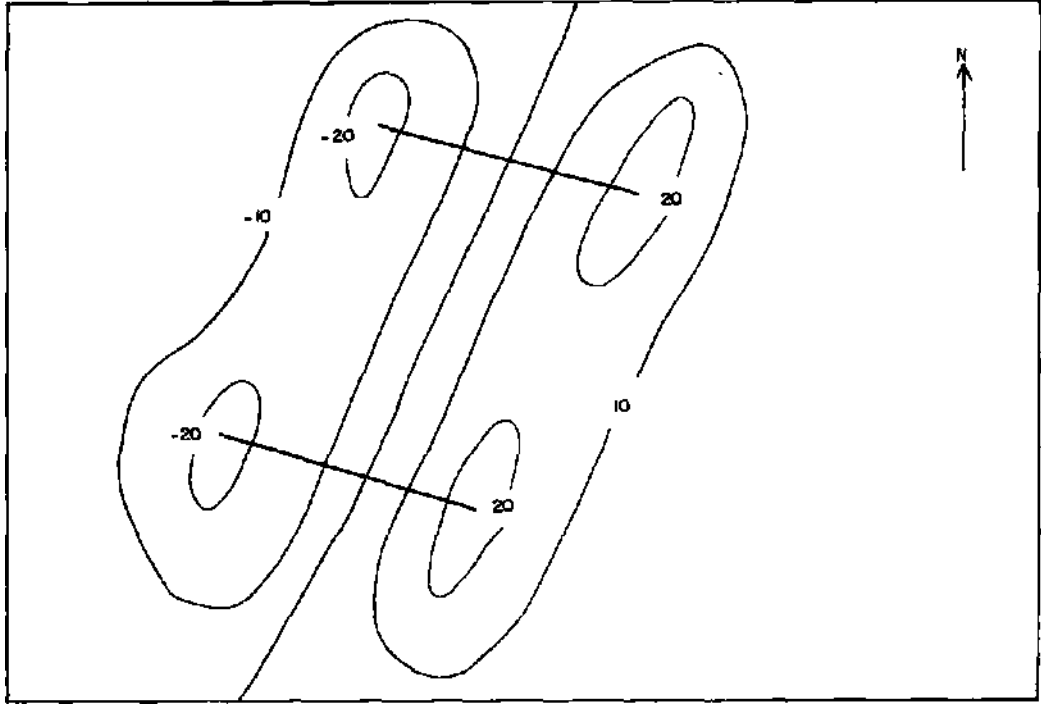


ŞEKİL : 7

Şekil: 7 Vektör diyagramı göstermektedir.

3.1. KÜTLEYERİNİN TAYİNİ:

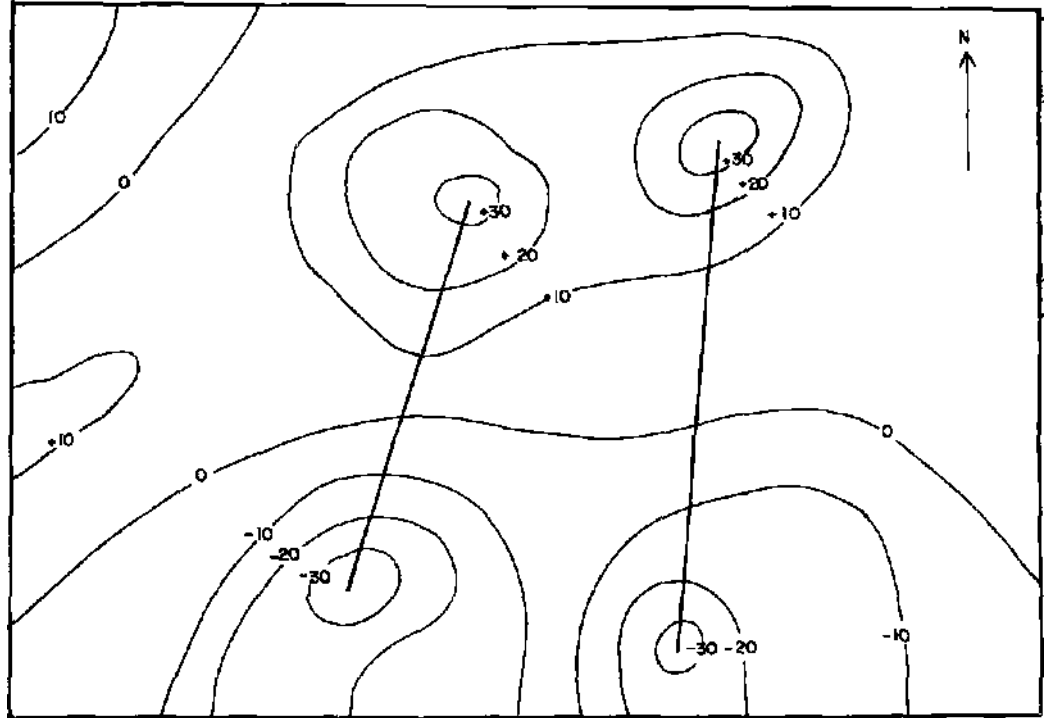
Bu kez bütün noktalarda ölçülen Manyetik kuzeyden yapılan açıya ait değerler toplanır ve Ölçme sayısına bölünerek Ortalama Manyetik Kuzeyden yapılan Açı elde edilir, Ortalama Manyetik Kuzeyden yapılan Açı değerinden herbir ölçü noktasındaki Manyetik kuzeyden yapılan Açı farkı bulunur ve ölçülen noktaya yazılır. Manyetik kuzeyden yapılan açı farklarının, ortalama değerden küçük olanları pozitif (+), büyük olanları ise negatif(-) olarak belirlenir. Karelaj üzerindeki bu değerlerden Önce sıfır, daha sonra pozitif ve negatif (10, 20, 30, 40...) eş değer eğrileri geçirilir. Böylece manyetik kuzeyden yapılan açıya ait Anomali Haritası elde edilmiş olur. Tabiidir ki, iki ayrı frekansta iki ayrı manyetik kuzeyden yapılan açı Anomali Haritası elde edilir (Şekil 8).



Şekil: S Manyetik kuzeyden yapılan açılar anomali haritasını belirlemektedir.

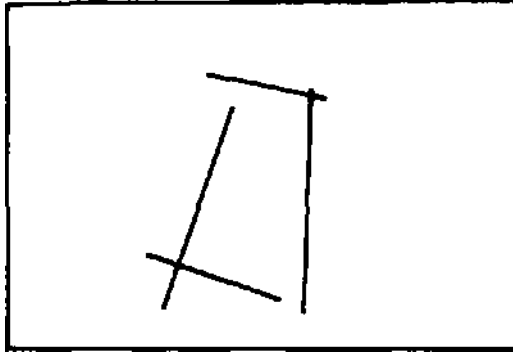
Eğim açısının ölçülen değerleri, doğuya veya batıya yönelik oluşlarına göre (+) ve (-) olarak alınır. Bu değerler karelej üzerine işaretlenir. Manyetik kuzeyden yapılan Açıda olduğu gibi: önce sıfır,

sonra pozitif ve negatif (10,20,30,40,...) eş değer eğrileri geçilir. Böylece Eğim Açısı Anomali haritası oluşturulur. İki frekans için iki ayrı Eğim Açısı Anomali Haritası elde edilir (Şekil 9).



Şekil:9 Eğilim açılan anomali haritası görülmektedir.

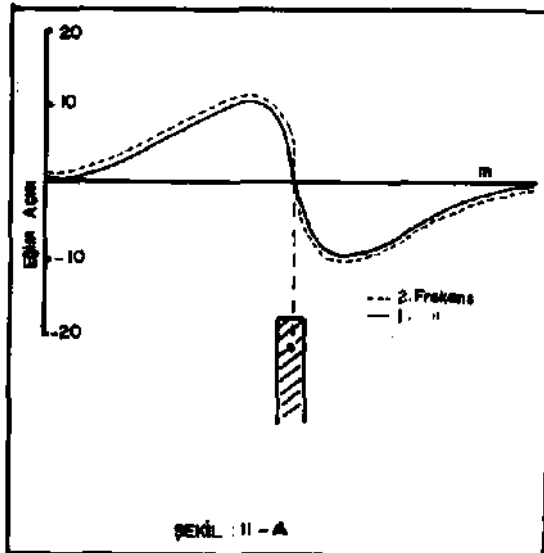
Anomali haritalarındaki pozitif ve negatif kapanışlar birer doğru ile birleştirilir. Bu kez iki ayrı frekans için manyetik Δg ya da $\Delta \theta$ Açığı ve eğim açılan anomali haritaları ayrı ayrı üst üste çakıştırılarak birleştirme doğrularının birbirini dik yada dike yakın kestikleri noktalar gözlenir. Bu noktalar iletken kütlelerin yerini verecektir (Şekil 10).



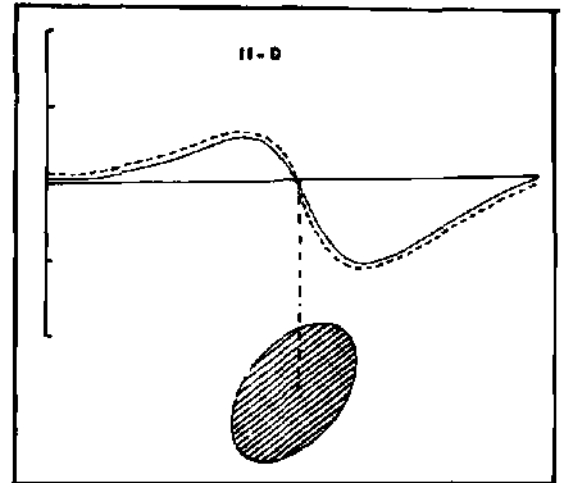
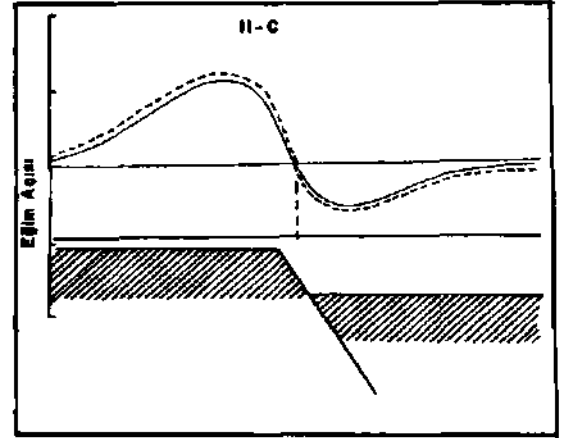
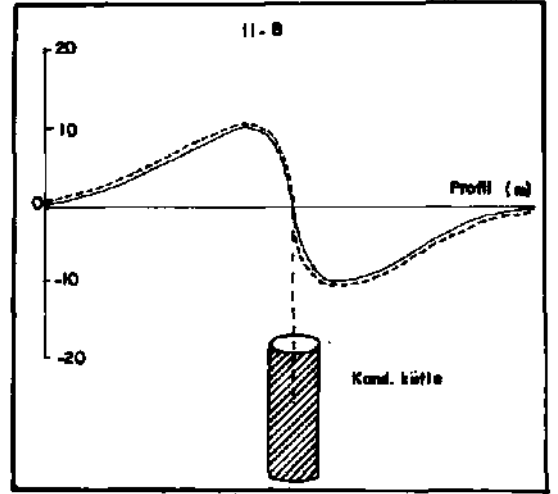
Şekil 10 Birleştirme doğrularının dik ya da dike yakın kestikleri noktalar gösterilmiştir.

3.2 EĞİM AÇISI UZANIM KESİTLERİ

Uzanımlar alan doğrultusunda alınınca, eğimin uzanımlar boyunca değişimi; önce bir (+) uç değer, sıfır ve (-) bir uç değer verdiği görülür. Yukarıda da belirtildiği gibi eğim açısı değişiminin sıfır kestiği nokta, iletken kütlelerin yerini vermektedir (Şekil 11a, 11b, 11c, 11d).



Şekil: 11 (A, B, C, D) Eğim açılarının uzanım boyunca değişimini vermektedir.



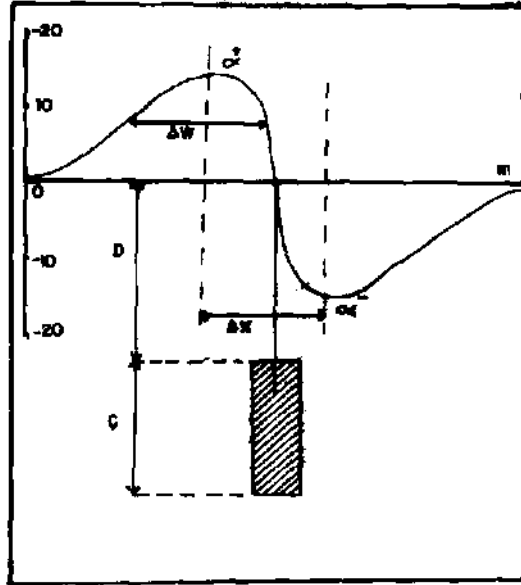
3.3. KÜTLE DALIMININ SAPTANMASI

Uzanim eğrilerinde α^* ve α pozitif ve negatif genişlikler olmak üzere $\alpha = 90^\circ$ için A_w ve A_x saptanır. α^* ve α , A_w ve A_x aşağıdaki şekilde verilmektedir.

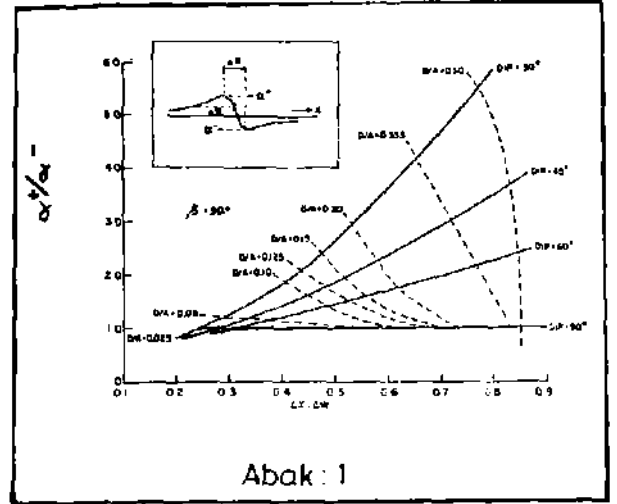
- α = Manyetik kuzeyden yapılan açı
- $\alpha = K$ = En büyük genişlik
- α^* — En küçük genişlik
- A_x = Uç değerleri arası mesafe
- A_w = En büyük uç değerlerin yarı genişliği
- D = Derinlik
- ϕ = Çap

Dalımın saptanması için α^* / α ve A_x/A_w oranlarının bilinmesi gereklidir. Bu oranlar herbir eğri için (çift frekansta) bulunur.

Aşağıdaki abakta yerine konarak her değer için dalım okunur.



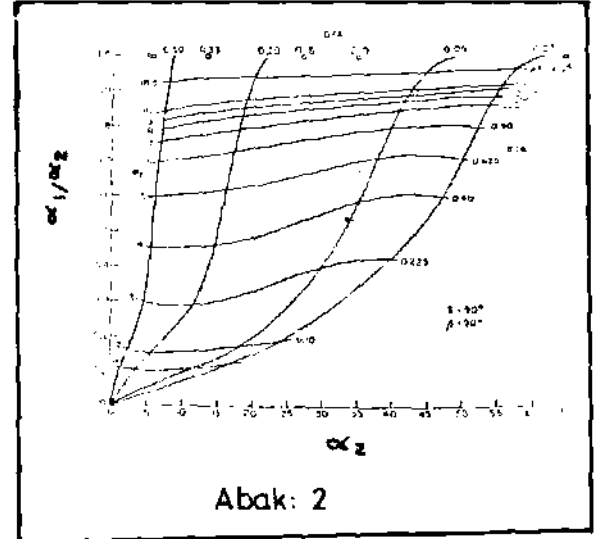
Sekil :12 Ver içindeki iletken kütleinin dalım ve derinliğini sematik olarak tanımlamaktadır.



3.4. KÜTLE DERİNLİĞİNİN SAPTANMASI

Birinci frekans için en büyük ve en küçük değer uçları arası düşey mesafe $\alpha = 1$, ikinci frekans içinse $\alpha = 2$ alınarak $\alpha^*/\alpha = 2$ oranı herbir uzanım için bulunur. Bu oran ve $\alpha = 2$ arasındaki değişim aşağıdaki abakta yerine konarak herbir uzanım için D/A ve ϕ/A değerleri okunur.

- D= Derinlik
- A= Yarıçapı vermektedir.



önceki bölümde Dalım bulunmuştu D/A herbir uzanım için okunduğundan Abak: 2'de yerine konarak A_x/A okunur.

Bu kez A_x/A ve A_x bilinmektedir. Abak: 3'de yerine konarak her bir uzanım için A yarıçap değeri

bulunur. Buradan da A, D/A da yerine konarak D çekilip herbir uzanım için derinlik saptanır.

3.5. İLETKENLİĞİN SAPTANMASI

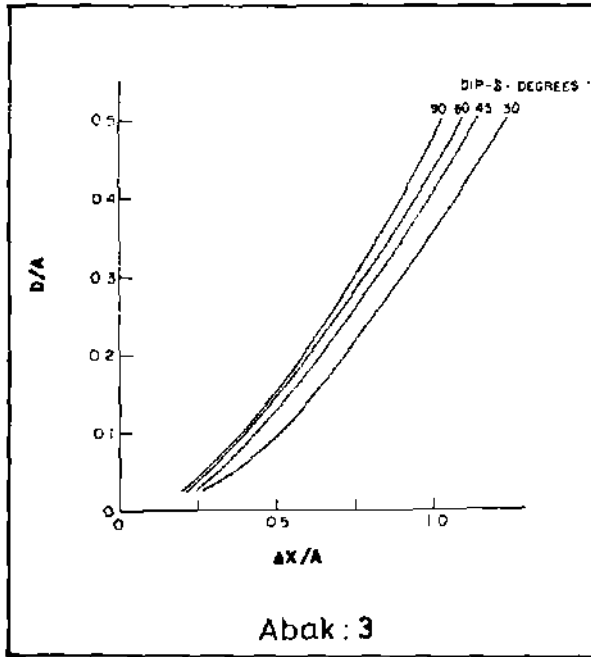
Bulunan ρ_1 ve ρ_2 değerler oranlanarak, ρ_1/ρ_2 oluşturulur.

$\rho_1/\rho_2 > 1$ için mükemmel iletken,
 $\rho_1/\rho_2 = 1$ için orta iletken,

$\rho_1/\rho_2 < 1$ için zayıf iletken olarak belirlenmiştir.

ρ_1/ρ_2 oranları buradaki eşitliklerle kıyaslanarak, kütle iletkenliği hakkında yeterli bilgi elde edilir.

Ayrıca, Önceki bölümde bulunan ρ_1/ρ_2 değerlerinin yukarıdaki oranlarla karşılaştırılması ile iletkenliği yeniden saptamak mümkün olmaktadır.



4. SONUÇ

AFMAG, iletken ve yüksek manyetik nitelikli mineral oluşumlarının araştırılmasında kullanılır.

Bakırsülfid, kurşun, pirotit, pirit ve bazı demir oksitleri tipik araştırma hedefidir.

Afmag, yapısal araştırmalarda da kullanılır. Bunlara Fay-kırık-masif karbonlu yapılar, kalın yüksek geçirimsiz iyonik yatay yapılar ve benzerleri hedefidir.

Afmag metodunun uygulanması ile yeri belli olmayan kütlenin (farklılığın) yeri saptanabilir, Bakınız şekil 10. Yeri saptanan kütlenin (farklılığın) hangi konumda ve ne yöne dalım gösterdiği yine Afmag metodu ile bulunabilir. Ve bu metotla iletken kütlenin (farklılığın) derinliği de saptanabilir. Gene bu metodun uygulanması ile iletkenlik de bulunabilir.

Faydalanılan kaynaklar:

1. Turner, A., Gökişık, A.; Ankara: Jeofizik Dergisi, 1966.
2. Wait, J.R.; Geophysics, 1951.
3. Vard.S.H.; Geophysics, 1959.
4. uoutlat, A.A.; Geophysics, 1961.
5. Hallof, P.G., Sutherland, J.; Mc Phar Geophysics Ltd., 1962
6. Podolsky.G.; Mining Geophysics, 1961.
7. Ward, S.H., O'Donnel, J., Rivera, R., Ware, H. G., Fraser, D.G., Geophysics, 1966.
8. Ward, S.H., O'Brein, D.P., Parry, J.R., Mc Knight, B.K., Geophysics, 1968.