

# DOĞAL GERİLİM VERİSİNDEN KÜRE BİÇİMLİ BİR CİSMİN PARAMETRELERİNİN TÜREV YÖNTEMİ İLE KESTİRİMİ

## The Estimation of the Parameters of the Spherical Body from Self-Potential Data by the Gradient Method

İbrahim ONUR\* ve Erkan ÇETİNER\*

### ÖZET

Bu çalışmada; uçlaşmış bir küre modelinin oluşturacağı kuramsal türev (potential gradient) belirtilerini  $0^{\circ}$ - $360^{\circ}$  arasında istenilen bir uçlaşma açısı için çizebilen, küresel biçimli maden yatağının yerini, uçlaşma odak derinliğini, uçlaşma ekseninin düşeyle yaptığı uçlaşma açısını ve uçlaşma eksenine dik olarak alınan eksenin eğimini bulabilen, BASIC dilinde bir bilgisayar programı hazırlanmıştır.

Hazırlanan program, Yüngül (1950) tarafından Ergani bakır sahasında ölçülen Weiss ve Süleymanköy doğal gerilim belirtileri kullanılarak denenmiştir. Türev eğrilerinin en büyük ve en küçük genlik değerleri bilgisayara veri olarak girilmiştir. Bu yataktan elde edilen sonuçlar Ram Babu ve Atchuta Rao (1988b), Bhattacharyya ve Roy (1981) ve Yüngül (1950) tarafından verilen sonuçlar ile karşılaştırılmış ve birbirine yakın değerler bulunmuştur.

### ABSTRACT

In this study, a computer program written in BASIC language has been developed for the evaluation of potential gradient anomalies. The theoretical potential gradient anomalies caused by a polarized sphere model can be plotted for a desired polarization angle from  $0^{\circ}$  to  $360^{\circ}$ . The location of the spherical orebody, the polarization focal depth, the polarization angle and the inclination of the axis perpendicular to the polarization axis can be computed.

The software has been tested by using the self potential anomalies over Weiss and Süleymanköy orebodies measured in Ergani copper district by Yüngül (1950). The maximum and minimum amplitudes of potential gradient curves are input to the computer. The results calculated for this orebody have been compared with those of Ram Babu and Atchuta Rao (1988b), Bhattacharyya and Roy (1981) and Yüngül (1950), and almost equivalent solutions have been obtained.

### GİRİŞ

Yeraltında doğal olarak oluşan elektriksel gerilimlerin ölçülüp değerlendirilmesi temeline dayanan doğal gerilim yöntemi, başta sülfürlü maden yatakları olmak üzere, jeotermal alanların, kömür damarlarının, heyelan bölgelerinin, boru hatlarının aşınmaya uğramış bölümlerinin ve jeolojik süreksizliklerin (fay, formasyon sınırı) araştırılmasında başarılı sonuçlar vermektedir.

Değerlendirme, şekli basit geometrik biçimlerin (küre, silindir, dilim vb.) verebileceği doğal gerilim belirtilerinden yararlanılarak ya doğrudan çözüm tekniği (De Witte 1948,

Yüngül 1950, Paul 1965, Bhattacharyya ve Roy 1981, Ram Babu ve Atchuta Rao 1988a) ya da ters çözüm tekniği (Ram Babu ve Atchuta Rao 1988b) kullanılarak yapılır.

Çalışmada; çeşitli açılarda uçlaşmış küre biçiminde bir cismin verebileceği doğal gerilim türev belirtileri hesaplanmış, bu kuramsal türev eğrilerinin en küçük ve en büyük genlik oranı değerleri ile araziden elde edilecek türev eğrilerinin en küçük ve en büyük genlik oranı değerlerini karşılaştırarak, küre biçimli maden yataklarının yerinin, derinliğinin ve uçlaşma açısının bulunması amaçlanmıştır. Uygulama için Yüngül (1950) tarafından Ergani bakır sahasında ölçülen Weiss ve Süleymanköy doğal gerilim belirtileri gözönüne alınmıştır.

\* Karaelmas Ü. Müh. Fak. Maden Müh. Bölümü, Zonguldak.

## YÖNTEM

Yarı sonsuz yerortamı içinde çeşitli açılarda ( $\alpha$ ) uçlaşmış küre biçimli bir cisim gözönüne alalım (Şekil 1). Burada;  $r$  küre biçiminin yarıçapını,  $\beta$  uçlaşma ekseninin yönünü,  $\mu$  buna dik olarak alınan eksenin yönünü,  $Q$   $\mu$  ekseninin yatay düzlemle yaptığı açığı,  $H$  yeryüzünden kürenin merkezine olan derinliği,  $x$  (O) noktasından ölçü noktalarına olan uzaklığı,  $D$  küre merkezinin yeryüzündeki izdüşüm noktasının (O noktası) yerini göstermektedir.  $\beta$  ve  $\mu$  eksenlerinin yönü saat ibresi yönünde alınmıştır.  $m$  eksenine göre alınan  $Q$  açısının, (-) veya (+) bölgede bulunduğuna göre açı değeri (-) veya (+) dır.

Uçlaşma odak derinliği  $H$ , yarıçapı  $r$  olan küre biçimindeki bir cismin, merkezinin yeryüzündeki izdüşümünden  $\chi$  uzaklıktaki bir noktada oluşturacağı gerilim,

$$G = (\Delta V r^2 / 2) [(H \cos \alpha + x \sin \alpha) / (x^2 + H^2)^{3/2}] \quad (1)$$

eşitliği ile verilir (Heiland 1946, s. 674).  $V$ , elektrik yükleri  $+e$  ve  $-e$  olan kürenin iki yarısı arasındaki gerilim farkıdır.

Türev değerleri ise (1) eşitliğinin  $c$  uzaklığına göre birinci türevinin alınması ile elde edilir.

$$T = \frac{\partial G}{\partial x} = (\Delta V r^2 / 2) [3xH \cos \alpha + 2x^2 \sin \alpha - H^2 \sin \alpha] / (x^2 + H^2)^{5/2} \quad (2)$$

Çalışmada;  $\Delta V r^2 / 2$  çarpanı ile uçlaşma odak derinliği ( $H$ ), 1 olarak,  $\chi$  uzaklığı  $-10 < X < 10$  aralığında (0.1 artışlarla) alınmıştır. Eşitlik (2) kullanılarak, bilgisayara, kuramsal türev eğrilerinin  $0^\circ$  den  $360^\circ$  ye kadar istenilen bir uçlaşma açısı ( $\alpha$ ) değeri için çizdirilmesi sağlanmıştır. Şekil 2'de  $\alpha = 60^\circ$  ve  $\alpha = 120^\circ$  için bir örnek verilmektedir.

Türev eğrilerinin en büyük ( $x_d$ ) ve en küçük ( $x_\zeta$ ) değerine karşı gelen uzaklık değerleri,  $T$  fonksiyonunun türevi ( $T'$ ) alınıp sıfıra eşitlenmesi ile bulunur.

$$T' = H^3 \cos \alpha + 3H^2 x \sin \alpha - 4Hx^2 \cos \alpha - 2x^3 \sin \alpha = 0 \quad (3)$$

Elde edilen kübik denklemin kökleri,  $\alpha = 0^\circ$ ,  $180^\circ$  ve  $360^\circ$  uçlaşma açıları için  $H_{1,2} = 2x_{\zeta,d}$  olarak,  $\alpha = 90^\circ$  ve  $270^\circ$  uçlaşma açıları için  $H_{1,2} = 0.82 x_{\zeta,d}$  olarak kolayca bulunabilir. Diğer uçlaşma açıları için kökler, eşitlik (3)

$$\cos \alpha (H^3 + 3H^2 x t g \alpha - 4Hx^2 - 2x^3 t g \alpha) = 0 \quad (4)$$

şeklinde düzenlenerek, Spiegel'in (1968, s. 32) verdiği izleyen eşitlikler kullanılarak hesaplanabilir.

$$H^3 + a_1 H^2 + a_2 H + a_3 = 0$$

$$a_1 = 3x t g \alpha, a_2 = -4x^2, a_3 = -2x^3 t g \alpha$$

$$q = a_2 / 3 - a_1^2 / 9 = -4x^2 / 3 - x^2 t g^2 \alpha = -x^2 t (4 + 3 t g^2 \alpha) / 3$$

$$b = a_1 a_2 / 6 - a_3 / 2 - a_1^3 / 27 = -2x^3 t g \alpha + x^3 t g \alpha - x^3 t g^3 \alpha$$

$$b = -x^3 t g \alpha (1 + t g^2 \alpha)$$

$DIS = q^3 + b^2$  diskriminant olarak tanımlanır.  $DIS < 0$  ise bütün kökler gerçel ve birbirinden farklıdır. Eşitlik (4) ile verilen kübik denklemin kökleri ( $\alpha \neq 90^\circ, 270^\circ$  için)

$$H_1 = 2(-q)^{1/2} \cos[1/3 \arccos(b/(-q)^{3/2})] - a_1/3$$

$$H_2 = 2(-q)^{1/2} \cos[1/3 \arccos(b/(-q)^{3/2}) + 120] - a_1/3 \quad (5)$$

$$H_3 = 2(-q)^{1/2} \cos[1/3 \arccos(b/(-q)^{3/2}) + 240] - a_1/3$$

eşitlikleri kullanılarak hesaplanmış ve türev eğrilerinden  $x_d$  ve  $x_\zeta$  noktalarının yerleri bulunmuştur. Bu noktalar ve türev eğrilerinin değerlendirilmesinde kullanılan diğer simgeler Şekil 3'de gösterilmektedir.

En büyük ( $x_d$ ) ve en küçük ( $x_\zeta$ ) noktalar arasındaki yatay mesafe

$$x_\zeta - x_d = N \quad (6)$$

dir. Uçlaşma açısının  $0^\circ < \alpha < 90^\circ$  ve  $270^\circ < \alpha < 360^\circ$  olduğu durumda,  $H_1$  ve  $H_2$  sırasıyla en büyük ve en küçük kök değerlerini verdiğinden,  $H_{\max} = |H_1|$  ve  $H_{\min} = |H_2|$  alınır. Türev eğrisinin en büyük ( $x_d$ ) ve en küçük ( $x_\zeta$ ) uzaklık değerlerinin oranları,

$$R_1 = \left| \frac{x_d}{x_\zeta} \right|, R_2 = \left| \frac{x_\zeta}{x_d} \right| \quad (7)$$

ile tanımlanır ve buradan çıkarılan  $x_d = R_1 \cdot x_\zeta$  ve  $x_\zeta = R_2 \cdot x_d$  eşitlikleri, (6) eşitliğinde yerine konularak,

$$x_\zeta = N / (R_1 + 1) \quad (8)$$

$$x_d = N / (R_2 + 1)$$

bulunur. Uçlaşmış küresel cismin merkezinin ortalama derinliği,

$$\bar{H}_{\max} = H_{\max} \cdot x_d$$

$$\bar{H}_{\min} = H_{\min} \cdot x_\zeta \quad (9)$$

$$\bar{H} = (\bar{H}_{\max} + \bar{H}_{\min}) / 2$$

eşitliklerinden hesaplanır. Küre biçimli maden yatağının yeri (0 noktası) ise  $D = L - x_d$  eşitliğinden bulunur. Uçlaşma açısının  $90^\circ < \alpha < 180^\circ$  ve  $180^\circ < \alpha < 270^\circ$  olduğu durumda; saptanan en büyük ve en küçük kök değerleri sırasıyla  $H_2$  ve  $H_1$  olduğundan,  $H_{\max} = |H_2|$  ve  $H_{\min} = |H_1|$  alınır. Küresel cismin merkezinin ortalama derinliği ( $\bar{H}$ ); (7), (8) ve (9) eşitliklerinden, yeri ise  $D = L - x_\zeta$  eşitliğinden bulunur.

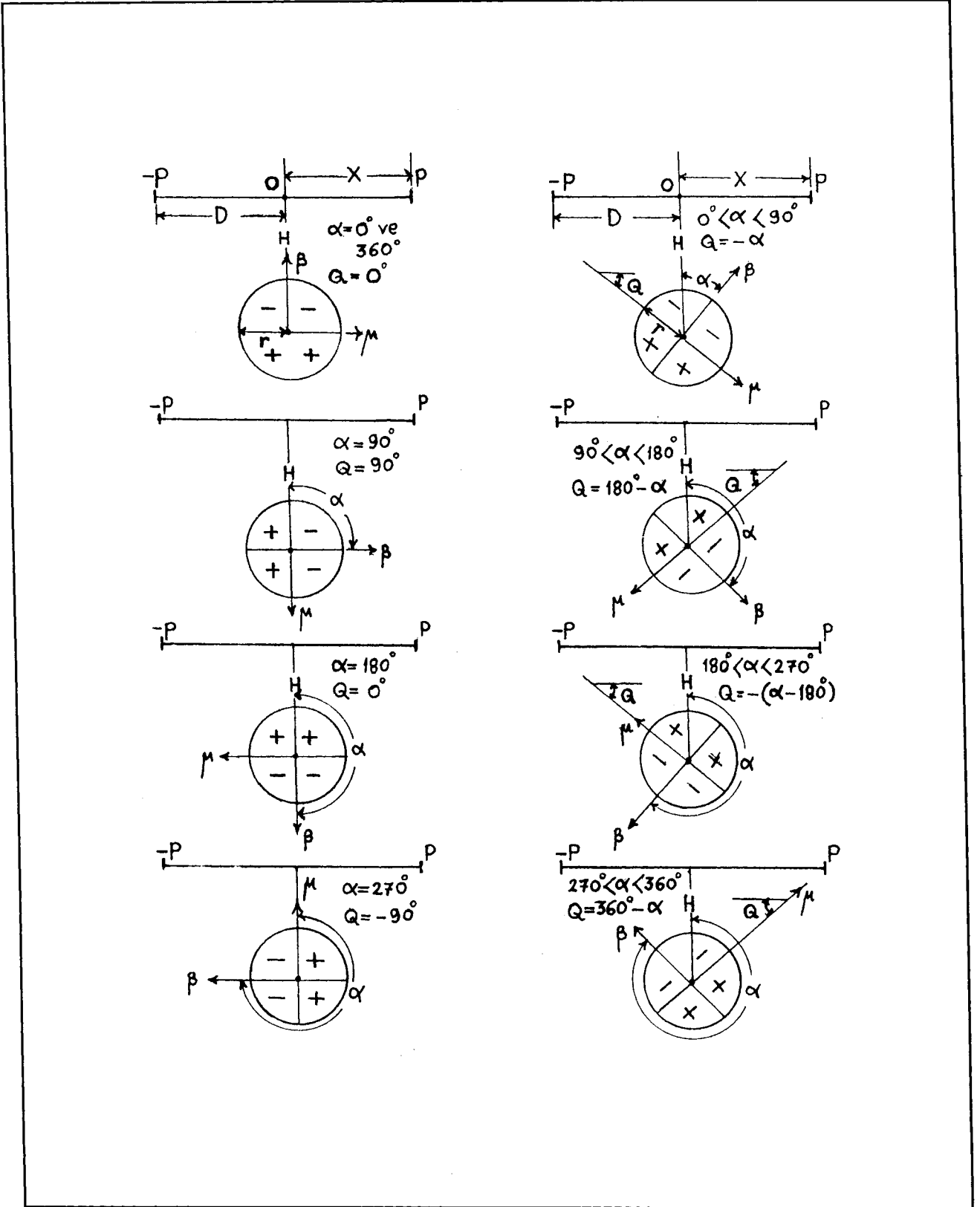
## DEĞERLENDİRME

Çalışmada değinilen matematiksel bağıntılar kullanılarak, küre biçimli maden yataklarının doğrudan değerlendirilebilmesi için BASIC dilinde (Microsoft GWBASIC, versiyon 3.23) bir program yazılmıştır. Ek'de sunulan bu program IBM PC uyumlu ve VGA grafik kartlı bilgisayarlarda çalıştırılabilir. Türev eğrilerinin değerlendirilmesinde aşağıdaki adımların izlenmesi önerilir:

1. Araziden alınan doğal gerilim eğrisi örneklenerek (örnekleme aralığı  $= \Delta x$ ) türev değerleri,

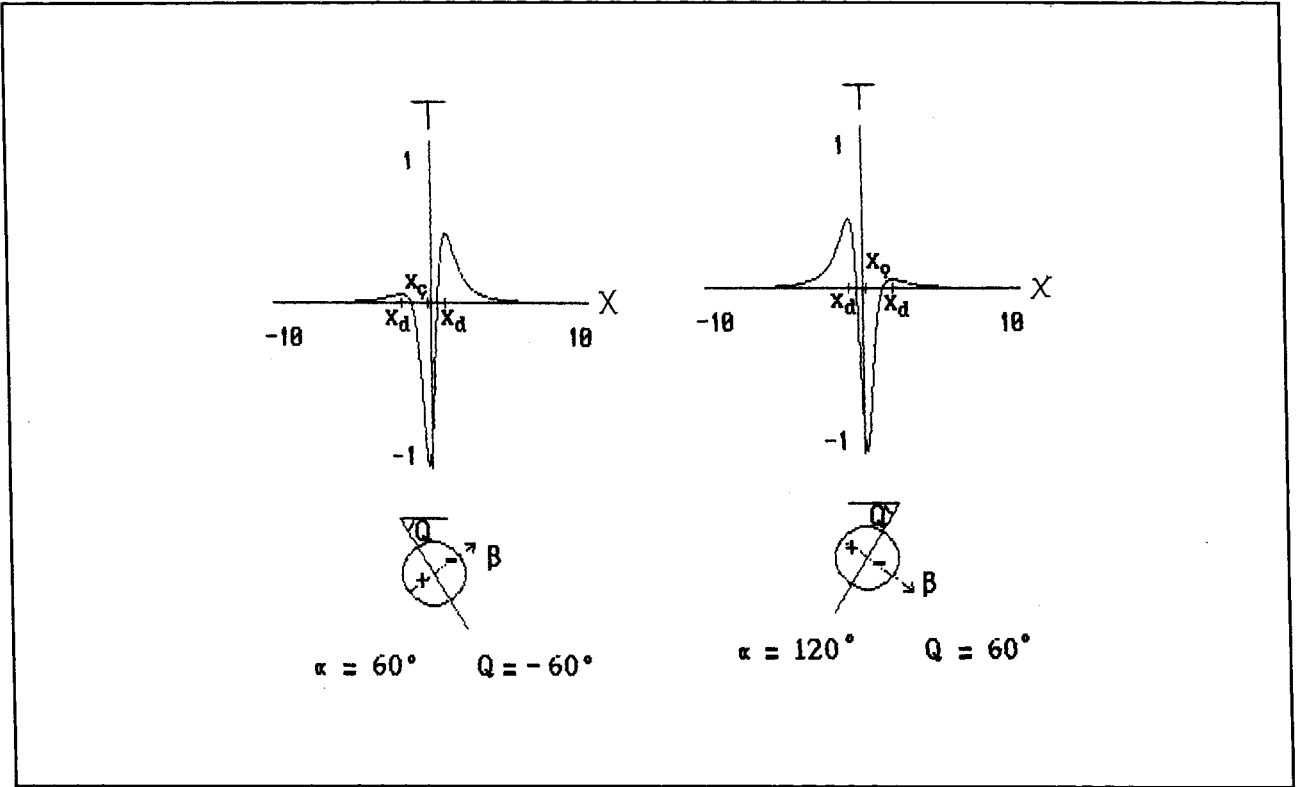
$$T_i = (G_{i+1} - G_i) / \Delta x$$

bağıntısı ile saptanır. Bulunan değer iki ölçü noktası ortasına atanarak türev eğrisi çizilir.



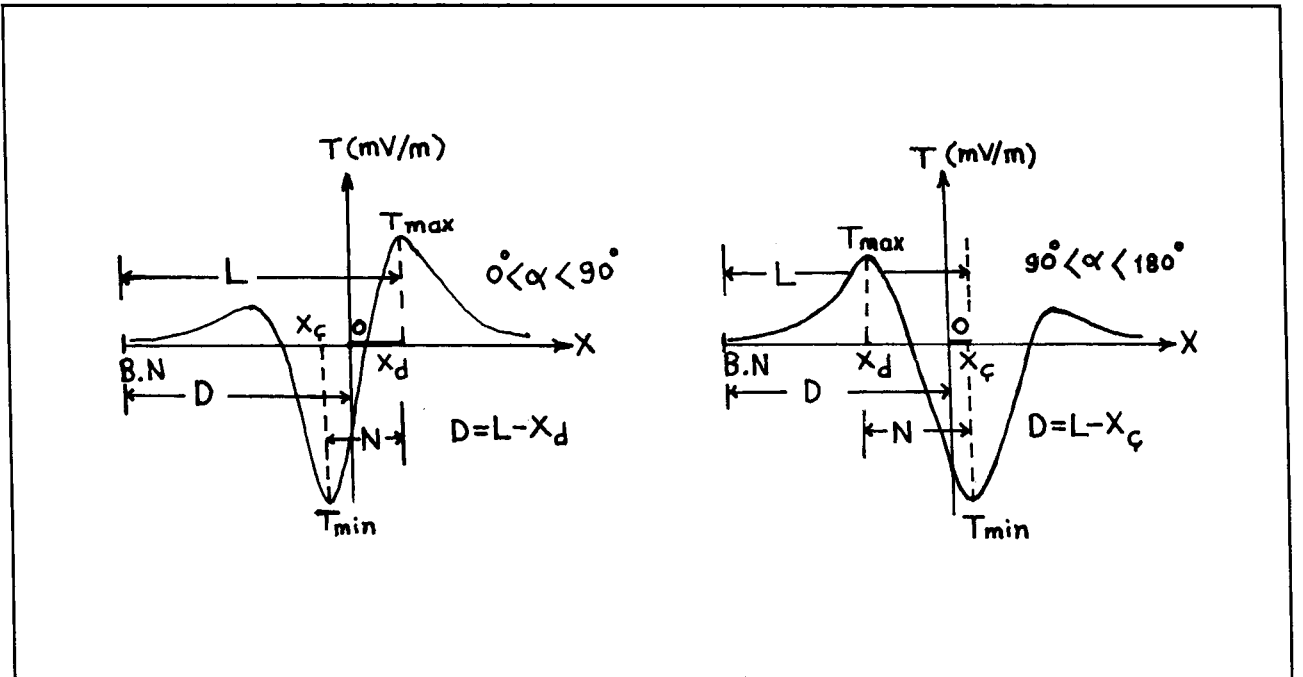
Şekil 1. Uçlaşmış bir küre biçiminin dik kesit görünümü ve parametreleri.

Fig. 1. Cross-sectional view of a polarized sphere model and its parameters.



Şekil 2. Uçlaşma açıları  $\alpha=60$  ve  $120$  için türev eğrileri.

Fig. 2. Potential gradient curves for the polarization angles  $\alpha=60$  and  $120$ .



Şekil 3. Türev eğrilerinin değerlendirilmesinde kullanılan simgeler.

Fig. 3. Symbols used for interpretation of potential gradient curves.

2. Program çeşitli uçlaşma açıları için çalıştırılarak, araziden elde edilen türev eğrisine benzer bir eğri bulunmaya çalışılır.

2.1. Seçilen uçlaşma açısı girilir. Uçlaşma açısı  $0^\circ$ ,  $180^\circ$  veya  $360^\circ$  ise arazi türev eğrisinin en küçük ( $x_c$ ) ve en büyük ( $x_d$ ) noktalarının (0) noktasına göre yatay uzaklıkları ve arazi türev eğrisinden seçilen başlangıç noktasına göre L uzaklığı girilir.

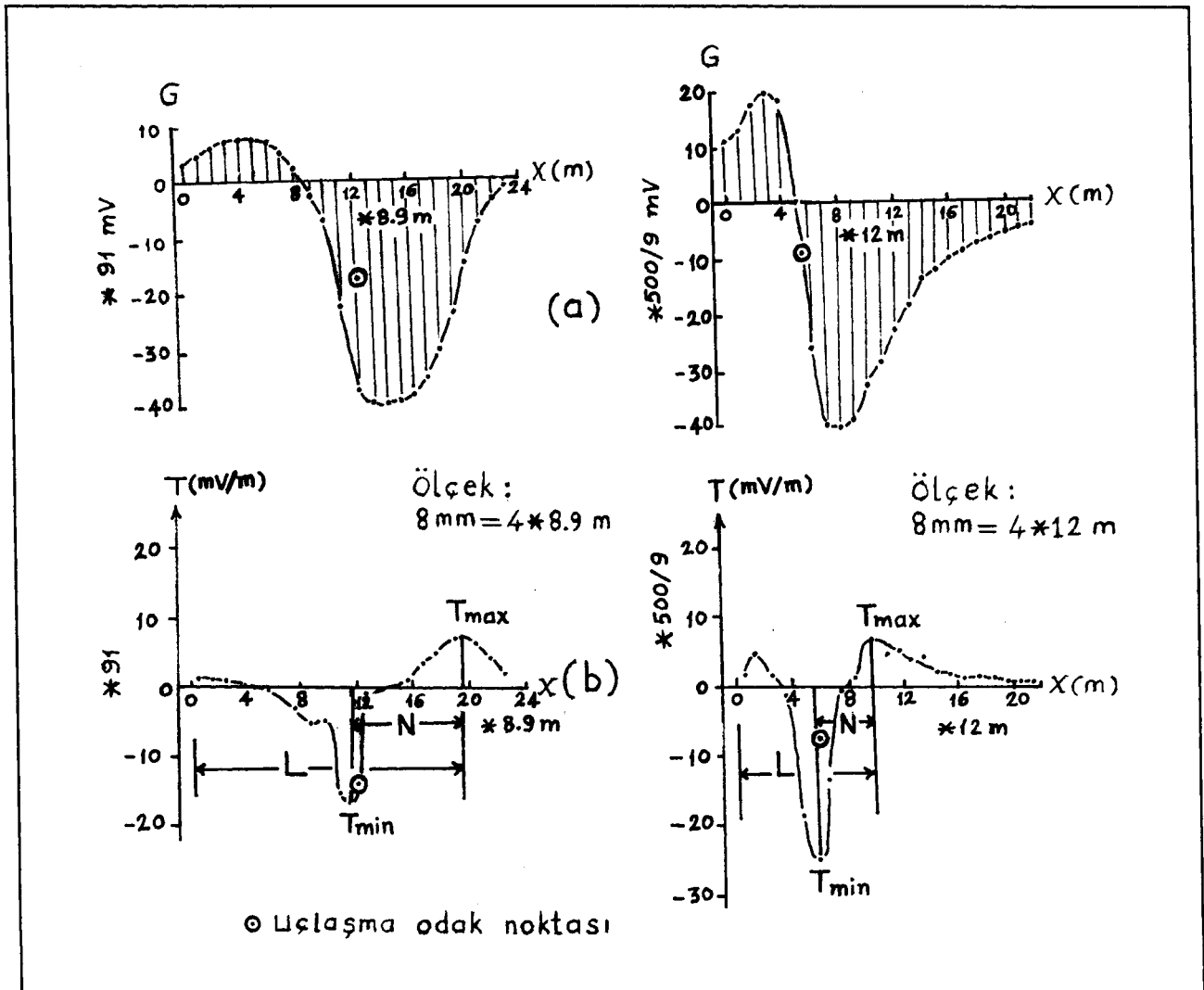
Seçilen uçlaşma açısı  $90^\circ$  ise arazi türev eğrisinin en büyük ( $x_d$ ) noktaları arasındaki yatay uzaklık girilir. Uçlaşma odak noktası, türev eğrisinin çukur yaptığı yerin tam altındadır. Uçlaşma açısı  $270^\circ$  ise, arazi türev eğrisinin en küçük ( $x_c$ ) noktaları arasındaki yatay uzaklık girilir. Uçlaşma odak noktası, türev eğrisinin doruk yaptığı yerin tam altındadır.

2.2. Seçilen uçlaşma açısı  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$  ve  $360^\circ$

den farklı ise, seçeceğimiz bir son uçlaşma açısı değeri ve istenilen bir uçlaşma açısı artışı ( $5^\circ$ ,  $1^\circ$ ,  $0.1^\circ$  vb.) değeri girilir.

3. Arazi türev eğrisinin en büyük  $T_{max}$  ve en küçük  $T_{min}$  değerleri girilir. Programın 790 numaralı satırında, kuramsal türev eğrisinin en büyük (EB) ve en küçük (EK) değerlerinden  $FARK = |(EB/EK) - (T_{max}/T_{min})|$  hesaplanır. Yeterli duyarlılıkta sonuçların bulunabilmesi için  $10^{-3}$  veya  $10^{-4}$  mertebesinde fark ile hesaplama yaptırılması önerilir.

4. Önerilen farkla bulunan uçlaşma açısı (a) ve Q açısı (derece) uygunsuzsa, arazi türev eğrisinin en büyük  $T_{max}$  ve en küçük  $T_{min}$  noktaları arasındaki yatay uzaklık (N) ve seçilen başlangıç noktasına (B.N) göre L uzaklığı girilir. Program istenilen H ve D (metre) parametrelerini hesaplar. Bulunan uçlaşma açısı uygun değilse, önerilen farkla uygun bir uçlaşma açısı bulununcaya kadar programın çalıştırılması yinelenir.



Şekil 4. a) Weiss maden yatağı (solda) ve Süleymanköy maden yatağı (sağda) doğal gerilim belirtileri (Ram Babu ve Atchuta Rao'dan 1988b) b) Weiss maden yatağı (solda) ve Süleymanköy maden yatağı (sağda) türev eğrileri.

Fig. 4.a) SP anomalies over Weiss (left) and Süleymanköy (right) orebodies (After Ram Babu and Atchuta Rao 1988b) b) Potential gradient curves over Weiss (left) and Süleymanköy (right) orebodies.

### ARAZİ UYGULAMASI

Sunulan program, Yüngül (1950) tarafından Ergani bakır sahasında tanımlanan Weiss ve Süleymanköy maden yataklarının değerlendirilmesi için denenmiştir. Bu amaç için, Ram Babu ve Atchuta Rao'nun (1988b) aynı maden yataklarında ters çözüm tekniği için kullandığı değerler gözönüne alınmıştır (Şekil 4a). Doğal gerilim eğrilerinden çıkarılan türev eğrileri Şekil 4b'de görülmektedir.

Weiss maden yatağının değerlendirilmesinde, arazi verilerinden ön bilgi olarak  $T_{max} = 7.5$  mV/m,  $T_{min} = -17$  mV/m,  $N=65$  m,  $L=160$  m girilmiş ve 1 uçlaşma açısı artışı için  $10^{-3}$  hata ile  $\alpha=59$ ,  $Q=-59$ ,  $H=61.24$  m ve  $D=105.93$  m bulunmuştur. Süleymanköy maden yatağının değerlendirmesinde ise, arazi verilerinden  $T_{max} = 7$  mV/m,  $T_{min} = -25$  mV/m,  $N=48$  m,  $L=114$  m girilmiş, 1 uçlaşma açısı artışı için  $10^{-4}$  hata ile  $\alpha=79$ ,  $Q=-79$ ,  $H=41.91$  m ve  $D=68.68$  m bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar, Çizelge 1 ve 2'de, aynı maden yatakları için Yüngül (1950), Bhattacharyya ve Roy (1981), Ram Babu ve Atchuta Rao (1988b) tarafından verilen sonuçlarla birlikte gösterilmiştir.

### SONUÇLAR

Çalışmada, küresel biçimli maden yatakları üzerinde gözlenen doğal gerilim belirtileri türev yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Değerlendirmede, kuramsal ve arazi türev eğrilerinin en büyük ve en küçük genlik oranlarının karşılaştırılması temeline dayanan, doğrudan çözüm tekniği kullanılmıştır. Bu amaç için yazılan BASIC programı, iki arazi örneğinden alınan veriler için çalıştırılmış, gözlenen ile hesaplanan arasındaki fark (hata) en çok  $10^{-3}$  olduğunda kabul edilebilir sonuçlar elde edilmiştir. Sonuç olarak; sunulan program, doğal gerilim yaratabilen küresel biçimli maden yataklarının yerinin, derinliğinin ve uçlaşma açısının doğrudan bulunmasında, nomogram veya yardımcı eğriler kullanmak yerine, daha hızlı ve güvenilir bir araç olarak kullanılabilir.

Çizelge 1. Weiss maden yatağı üzerindeki doğal gerilim eğrisinin değerlendirme sonuçları.

Table 1. Interpretation results of SP anomaly over Weiss orebody.

Parametre	YÖNTEM			
	Bu Çalışma	Yüngül (1950)	Bhattacharyya ve Roy (1981)	Ram Babu ve Atchuta Rao (1988b)
H metre	61.24	53.80	54.00	61.05
D metre	105.93	105.70	108.20	109.83
Q derece	-59.00	-64.00	-60.00	-56.17

Çizelge 2. Süleymanköy maden yatağı üzerindeki doğal gerilim eğrisinin değerlendirme sonuçları.

Table 2. Interpretation results of SP anomaly over Süleymanköy orebody.

Parametre	YÖNTEM			
	Bu Çalışma	Yüngül (1950)	Bhattacharyya ve Roy (1981)	Ram Babu ve Atchuta Rao (1988b)
H metre	41.91	38.80	40.00	41.40
D metre	68.68	76.70	70.00	66.36
Q derece	-79.00	-69.00	-75.00	-86.92

EK

```

10 REM ÇEŞİTLİ AÇILARDA UÇLAŞMIŞ BİR
    KÜRE BİÇİMİNİN
20 REM VEREBİLECEĞİ DOĞAL GERİLİM TÜREV
    BELİRTİLERİNİN
25 REM DÜZ ÇÖZÜMÜ
26 REM PROGRAMI YAZAN: Doç. Dr. İBRAHİM
    ONUR
27 REM BASIC TÜRÜ: GW BASIC (v: 3.23) ve
    QUICK BASIC (v: 4.0 ve yukarıstı)
30 KEY OFF
40 DIM T (300), X (300), TX (300)
50 SCREEN 0, 0, 0: COLOR 10: CLS
60 INPUT "Arazi Türev Eğrisine Benzer Bir Kuramsal
    Belirti Elde Edilinceye Kadar Bir Uçlaşma Açısı
    (ALFA) Giriniz .....", ALFA
70 SCREEN 9
80 Q = 1: QQ = 1: ACI = ALFA
90 COLOR 11, 14: CLS
100 WINDOW (0, -3)-(640, 1.5)
110 LINE (350, 0)-(550, 0)
120 LINE (450, -1)-(450, 1)
130 LOCATE 10, 44: PRINT "-10"
140 LOCATE 10, 68: PRINT "10"
150 LOCATE 14, 54: PRINT "-1"
160 LOCATE 4, 55: PRINT "1"
170 LOCATE 10, 55: PRINT "0"
180 FOR W = -10 TO 10 STEP .1: X(Q) = W: Q = Q + 1:
    NEXT W
190 FOR W = 350 TO 550: TX (QQ) = W: QQ = QQ +
    1: NEXT W
200 H = 1: PI = 3.141593
210 FOR Y = 1 TO 200
220 T (Y) = (3 * X(Y) * H * COS (ACI * PI / 180) + 2 *
    X(Y) ^ 2 * SIN (ACI * PI / 180) - H ^ 2 * SIN (ACI
    * PI / 180)) / ((X(Y) ^ 2 + H ^ 2) ^ 2.5)
230 IF Y > 1 THEN 240 ELSE 250
240 LINE (TX(Y - 1), T(Y - 1)) - (TX(Y), T(Y)), 4
250 NEXT Y
260 IF ACI = 0 THEN LOCATE 21, 50: PRINT CHR$(
    224); " = 0° ve 360°" ELSE LOCATE 21, 52:
    PRINT CHR$( 224); " = "; ACI; CHR$( 248)
270 LOCATE 1, 45
280 PRINT "TÜREV (-ELEKTRİK ALANI)"
290 WINDOW SCREEN (0, 0) - (640, 350)
300 CIRCLE (450, 245), 20
310 A1 = -ACI - 90: IF ACI > 270 THEN A1 = - ACI +
    270
320 DRAW "TA=" + VARPTR$( A1) + "NU30"
330 A2 = A1 + 180
340 DRAW "TA=" + VARPTR$( A2) + "NU30"
350 COLOR 1: LOCATE 8, 10: PRINT "(1) Çizime
    Devam"
360 LOCATE 9, 10: PRINT "(2) Hesaplamaya Geçiş"
370 LOCATE 10, 10: PRINT "(3) DOS"
380 COLOR 4: LOCATE 8, 11: PRINT "1": LOCATE 9,
    11: PRINT "2"
390 LOCATE 10, 11: PRINT "3"
400 A$ = INKEY$: IF A$ = " " GOTO 400
410 IF A$ = "1" THEN 50
420 IF A$ = "2" THEN 440
430 IF A$ = "3" THEN SYSTEM ELSE 400
440 SCREEN 0, 0, 0
450 COLOR 14, 14: CLS : INPUT "SEÇTİĞİNİZ
    UÇLAŞMA AÇISINI (ALFA) GİRİNİZ ....", ALFA
460 IF (ALFA = 0 OR ALFA = 90 OR ALFA = 180 OR
    ALFA = 270 OR ALFA = 360) THEN 470 ELSE
    650
470 IF (ALFA = 0 OR ALFA = 360) THEN 480 ELSE
    510
480 INPUT "ARAZİ TÜREV EĞRİSİNİN ÇUKUR
    (XC) VE DORUK (XD) NOKTALARININ
    YATAY MESAFELERİNİ (METRE) GİRİNİZ ...",
    XC, XD
490 INPUT "ARAZİ TÜREV EĞRİSİNDEN L
    UZAKLIĞINI (METRE) GİRİNİZ ...", L: H1 = 2:
    H2 = 2: H = (H1 * XC + H2 * XD) / 2
500 PRINT USING "H=####.## m"; H: D = L - XD:
    PRINT USING "D=####.## m"; D: Q=0 PRINT
    "Q="; Q; " DERECE"
510 IF ALFA = 180 THEN 520 ELSE 550
520 INPUT "ARAZİ TÜREV EĞRİSİNİN ÇUKUR
    (XC) VE DORUK (XD) NOKTALARININ
    YATAY MESAFELERİNİ (METRE) GİRİNİZ ...",
    XC, XD
530 INPUT "ARAZİ TÜREV EĞRİSİNDEN L
    UZAKLIĞINI (METRE) GİRİNİZ ...", L: H1 = 2:
    H2 = 2: H = (H1 * XC + H2 * XD) / 2
540 PRINT USING "H=####.## m"; H: D = L - XC:
    PRINT USING "D=####.## m"; D: Q = 0: PRINT
    "Q="; Q; " DERECE"
550 IF ALFA = 90 THEN 560 ELSE 590
560 INPUT "ARAZİ TÜREV EĞRİSİNİN DORUK
    (XD) NOKTALARI ARASINDAKİ YATAY
    MESAFEYİ (METRE) GİRİNİZ ...", N: H = .82 * N
    / 2
570 PRINT USING "H=####.## m"; H: Q = 90: PRINT
    "Q="; Q; " DERECE"
580 PRINT "UÇLAŞMA ODAK NOKTASI TÜREV
    EĞRİSİNİN ÇUKUR YAPTIĞI YERİN TAM
    ALTINDADIR"
590 IF ALFA = 270 THEN 600 ELSE 630
600 INPUT "ARAZİ TÜREV EĞRİSİNİN ÇUKUR
    (XC) NOKTALARI ARASINDAKİ YATAY
    MESAFEYİ (METRE) GİRİNİZ ...", N: H = .82 * N
    / 2
610 PRINT USING "H=####.## m"; H: Q = -90: PRINT
    "Q="; Q; " DERECE"
620 PRINT "UÇLAŞMA ODAK NOKTASI TÜREV
    EĞRİSİNİN DORUK YAPTIĞI YERİN TAM
    ALTINDADIR"
630 INPUT "BAŞKA BİR DEĞERLENDİRME
    YAPMAK İSTİYORMUSUNUZ (E/H) ..."; Z$
640 IF Z$ = "E" OR Z$ = "e" THEN 450 ELSE 1250
650 INPUT "SEÇECEĞİNİZ BİR SON UÇLAŞMA
    AÇISI DEĞERİ GİRİNİZ ...", BSON
660 INPUT "BİR UÇLAŞMA AÇISI ARTIŞ DEĞERİ
    GİRİNİZ ...", ARTIS
670 PRINT "ARAZİ TÜREV EĞRİSİNİN EN YÜKSEK
    DORUK VE ÇUKUR (mV/m) DEĞERİNİ GİRİNİZ
    ...": INPUT TMAX, TMIN

```

```

680 CLS : COLOR 4, 11: FARKSON = 999: ACI =
    ALFA
690 EK = 999: EB = 0
700 FOR Y = 1 TO 200
710 B = 3 * X(Y) * H * COS (ACI * PI / 180)
720 A = 2 * X(Y) ^ 2 * SIN (ACI * PI / 180)
730 C = H ^ 2 * SIN (ACI * PI / 180)
740 T(Y) = (B + A - C) / ((X(Y) ^ 2 + H ^ 2) ^ 2.5)
750 IF T(Y) > EB THEN EB = T(Y)
760 IF T(Y) < EK THEN EK = T(Y)
770 NEXT Y
780 LOCATE 12, 38: PRINT USING "ALFA=####.##";
    ACI: EK = ABS (EK): TMIN = ABS (TMIN)
790 FARK = ABS ((EB / EK) - (TMAX / TMIN))
800 IF FARK < FARKSON THEN FARKSON = FARK:
    ACISON = ACI
810 ACI = ACI + ARTIS: IF ACI > BSON THEN 820
    ELSE 690
820 COLOR 14, 14: CLS : LOCATE 10, 1: PRINT
    "GİRİLEN AÇILAR ARASINDA EN UYGUN ACI
    "; ACISON; " DERECEDİR VE EN DÜŞÜK FARK
    "; FARKSON; " KADARDIR"
830 ALFA = ACISON: IF ALFA > 0 AND ALFA < 90
    THEN Q = - ALFA: PRINT "ALFA = "; ALFA; "
    DERECE": PRINT "Q= "; Q; " DERECE"
840 IF ALFA > 90 AND ALFA < 180 THEN Q = (180 -
    ALFA): PRINT "ALFA= "; ALFA; " DERECE":
    PRINT "Q= "; Q; " DERECE"
850 IF ALFA > 180 AND ALFA < 270 THEN Q = -
    (ALFA - 180): PRINT "ALFA= "; ALFA; "
    DERECE": PRINT "Q= "; Q; " DERECE"
860 IF ALFA > 270 AND ALFA < 360 THEN Q = (360 -
    ALFA): PRINT "ALFA= "; ALFA; " DERECE":
    PRINT "Q= "; Q; " DERECE"
870 INPUT "BULUNAN UÇLAŞMA AÇISI UYGUN
    MU (E/H) ...", A$
880 IF A$ = "E" OR A$ = "e" THEN 890 ELSE 450
890 IF (ALFA = 0 OR ALFA = 90 OR ALFA = 180 OR
    ALFA = 270 OR ALFA = 360) THEN 470
900 INPUT "ARAZİ TÜREV EĞRİSİNİN EN YÜKSEK
    DORUK VE ÇUKUR NOKTALARI ARASINDAKİ
    YATAY MESAFİYİ (m) GİRİNİZ ...", N
910 INPUT "ARAZİ TÜREV EĞRİSİNDEN L
    UZAKLIĞINI (METRE) GİRİNİZ ...", L
920 A = 3 * TAN (ALFA * PI / 180)
930 Q = -(4 + 3 * (TAN(ALFA * PI / 180)) ^ 2) / 3
940 R = -(TAN(ALFA * PI / 180) * (1 + (TAN(ALFA *
    PI / 180)) ^ 2))
950 B = PI / 2 - ATN ((R / (-Q) ^ 1.5) / SQR(1 - (R /
    (-Q) ^ 1.5) * (R / (-Q) ^ 1.5)))
960 C = (1 / 3) * B * (180 / PI)
970 H1 = (2 * (-Q) ^ .5) * COS(C * PI / 180) - A / 3
980 H2 = (2 * (-Q) ^ .5) * COS((C + 120) * PI / 180) - A
    / 3
990 H3 = (2 * (-Q) ^ .5) * COS((C + 240) * PI / 180) - A
    / 3
1000 IF ALFA > 0 AND ALFA < 90 THEN XDSAG = 1 /
    H1: XCSOL = 1 / H2: XDSOL = 1 / H3
1010 IF ALFA > 90 AND ALFA < 180 THEN XCSAG =
    1 / H1: XDSOL = 1 / H2: XDSAG = 1 / H3
1020 IF ALFA > 180 AND ALFA < 270 THEN XCSAG
    = 1 / H1: XDSOL = 1 / H2: XCSOL = 1 / H3
1030 IF ALFA > 270 AND ALFA < 360 THEN XDSAG
    = 1 / H1: XCSOL = 1 / H2: XCSAG = 1 / H3
1040 IF (ALFA > 0 AND ALFA < 90) OR (ALFA > 270
    AND ALFA < 360) THEN 1050 ELSE 1150
1050 HMAX = ABS (H1): HMIN = ABS (H2)
1060 R1 = ABS(XDSAG / XCSOL): R2 = ABS(XCSOL /
    XDSAG)
1070 XMIN = N / (R1 + 1)
1080 XMAX = N / (R2 + 1)
1090 HMAX = HMAX * XMAX
1100 HMIN = HMIN * XMIN
1110 PRINT USING "H=####.## m"; (HMAX + HMIN) /
    2
1120 D = L - XMAX: PRINT USING "D=####.## m"; D
1130 INPUT "BAŞKA BİR DEĞERLENDİRME
    YAPMAK İSTİYORMUSUNUZ (E/H) ..."; B$
1140 IF B$ = "E" OR B$ = "e" THEN 450 ELSE 1250
1150 HMAX = ABS(H2): HMIN = ABS(H1)
1160 R1 = ABS(XDSOL / XCSAG): R2 = ABS(XCSAG /
    XDSOL)
1170 XMIN = N / (R1 + 1)
1180 XMAX = N / (R2 + 1)
1190 HMAX = HMAX * XMAX
1200 HMIN = HMIN * XMIN
1210 PRINT USING "H=####.## m"; (HMAX + HMIN) /
    2
1220 D = L - XMIN: PRINT USING "D=####.## m"; D
1230 INPUT "BAŞKA BİR DEĞERLENDİRME
    YAPMAK İSTİYORMUSUNUZ (E/H) ..."; G$
1240 IF G$ = "E" OR G$ = "e" THEN 450
1250 END

```

## KAYNAKLAR

- Bhattacharyya, B.B. and Roy, N. 1981, A note on the use of a nomogram for self potential anomalies, *Geophysical Prospecting* 29, 102-107.
- De Witte, L. 1948, A new method of interpretation of self potential field data, *Geophysics* 13, 600-608.
- Heiland, C.A. 1946, *Geophysical Exploration*, Prentice-Hall, Inc., New York.
- Paul, M.K. 1965, Direct interpretation of self potential anomalies caused by inclined sheets of infinite horizontal extensions, *Geophysics* 30, 418-423.
- Ram Babu, H.V. and Atchuta Rao, D. 1988a, A rapid graphical method for the interpretation of the self potential anomaly over a two-dimensional inclined sheet of finite depth extent, *Geophysics* 53, 1126-1128.
- Ram Babu, H.V. and Atchuta Rao, D. 1988b, Inversion of self potential anomalies in mineral exploration, *Computers and Geosciences* 14, 377-387.
- Spiegel, M.R. 1968, *Mathematical Handbook*, Schaum's Outline Series in Mathematics, McGraw-Hill, New York.
- Yüngül, S. 1950, Interpretation of spontaneous polarization anomalies caused by spheroidal orebodies, *Geophysics* 15, 237-246.