

DOĞRULTUSU BOYUNCA SONSUZA UZANAN EĞİMLİ BİR LEVHA (DAMAR) TİPİ YATAĞIN DOĞAL GERİLİM BELİRTİSİNİN EĞRİLER TAKIMI (NOMOGRAM) VE GRAFİKSEL BİR YÖNTEMLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Interpretation of the Self-Potential Anomaly Over an Inclined Sheet-like Body of Infinite Extension by Using the Nomogram and a Graphical Method

İbrahim ONUR*

ÖZET

Bu çalışmada, Sürmene-Kutlular (Trabzon) bakır madeni alanında gözlenen doğal gerilim eğrisi (YG) sayısal kayan ortalama yöntemi ile düzgünlenmiştir. Kutlular alanındaki mineralizasyonun yataya yakın uzanımında pirit ve kalkopirit damarları ile karakterize olduğu gözönüne alınarak, düzgünlenmiş YG belirtisinin değerlendirilmesi için sonsuz yatay uzanımlı eğimli bir levha (damar) modeli seçilmiştir.

İki-boyutlu damar tipi yapıların doğal gerilim belirtilerinin değerlendirilmesi için sunulan eğri takımlarından (nomogram) ve matematiksel bağıntılardan yararlanarak model parametreleri (damarın derinliği, uçlaşma açısı ve genişliği) saptanmıştır. Bu parametreler ayrıca grafiksel bir yöntem kullanarak da hesaplanmış ve tüm sonuçlar karşılaştırılmıştır.

ABSTRACT

In this study, the Self-Potential (SP) curve observed at the site of a copper mine in Sürmene-Kutlular (Trabzon) area has been smoothed by using the numerical solving average value method. In order to evaluate the smoothed SP anomaly, an inclined sheet model of infinite horizontal extent has been selected since the mineralization in Kutlular area is characterized by the vein-type sulphide bodies having near-horizontal range.

The model parameters (depth, polarization angle and width of the sheet) have been estimated by using the curve sets (nomogram) and the mathematical formulas which are presented for interpreting SP anomalies over two-dimensional ore deposits such as an inclined sheet. In addition, this model parameters have also been determined by employing a graphical method and, finally, all the results have been compared.

GİRİŞ

İki-boyutlu yapılar üzerinde gözlenen doğal gerilim belirtilerinin değerlendirilmesinde genellikle doğrultusu boyunca sonsuza uzandığı kabul edilen levha (damar) veya silindirik biçimli modeller gözönüne alınır. Bu tip modeller üzerindeki doğal gerilim belirtilerinin değerlendirilmesi için ayrı yazarlar tarafından çeşitli çözüm teknikleri önerilmiştir (Weisser 1962, Paul 1965, Bhattacharya ve Rcy 1981, Rao ve Babu 1983, Murty ve Haricharan 1985, Babu ve Rao 1988).

Çalışmada, iki boyutlu ve eğimli damar tipi yapıların konumunun kolay ve hızlı bir şekilde saptanmasını sağlayan eğriler takımı (nomogram) yöntemi (Murty ve Haricharan 1985) ile grafiksel bir yöntem (Babu ve Rao 1988) esas alınmıştır. Bu yöntemler Sürmene-Kutlular (Trabzon) bakır madeni alanında gözlenen doğal gerilim belirtisine uygulanarak seçilen sonsuz yatay uzanımlı damar tipi modelin derinliğinin, genişliğinin ve uçlaşma açısının elde edilmesine çalışılmıştır.

Yöntemlerin gözönüne alınan modele uygulanabilmesi için yığmsal gerilim (YG) eğrisinin bir maksimum

* H.Ü., Zonguldak Müh. Fak., Maden Müh. Böl.- Zonguldak

ve minimum yapması gerekmektedir. İdeal YG eğrisinde, maksimum ve minimum noktalarının yatay eksen üzerindeki izdüşüm noktaları sıfır gerilim noktasına göre eşit uzaklıktadır. Ancak, arazide gözlenen YG eğrisi, sığ ve derindeki doğal gerilim yaratabilen kaynakların etkilerini içerdiğinden genellikle ideal koşulu taşımaz. Bu nedenle, YG eğrisinin düzgünlenerek bozucu etkilerden arındırılması ve yeni bir sıfır gerilim düzeyinin belirlenmesi gerekir (Murty ve Haricharan 1985). Türev (T) eğrisi, doğal gerilim ölçülerinin yığıldığı başlangıç parçasında önce bir çukurluk ya da bir tepecik yapar. Başlangıç parçasındaki sonuçlar tam anlamıyla tülemeye (integration) yaklaşmadığından belli bir yanlılığı içereceği kuşkusuzdur. Bu nedenle, türev eğrisinin ilk çukur ya da ilk tepeye ulaşıncaya kadar olan parçasına önem verilmemeli ve sıfır gerilim düzeyi olarak ilk çukurun dibi ya da ilk tepenin doruğu alınmalıdır (Ercan 1982).

EĞRİLER TAKIMI (NOMOGRAM) YÖNTEMİ VE SONUÇLARI

Yöntemin kullanımı için öncelikle doğal gerilim eğrisi düzgünlenir. Çalışmada, Tanış (1986) çalışmasında alınan doğal gerilim eğrisi kayan ortalama ile yuvarlatılmıştır.

Sonra, sıfır gerilim düzeyi ($YG = 0$) çizilerek düzgünlenmiş YG eğrisi kestirilir. Kesim noktası X_0 ve diğer karakteristik noktalar X_{mak} , $X_{mak/2}$, X_{min} ve $X_{min/2}$ belirlenir (Şekil 1). Bu noktalara karşılık gelen V_{mak} , $V_{xmak/2}$, V_{min} ve $V_{xmin/2}$ gerilim değerleri $YG = 0$ düzeyi esas alınarak düzgünlenmiş YG eğrisinden okunur. $V_1 = |V_{mak} / V_{min}|$ ve $V_2 = |V_{xmak/2} / V_{xmin/2}|$ oran değerleri saptanır. Şekil 2'de gösterilen V_1 ve V_2 eğri takımları (nomogram) saptanan V_1 ve V_2 değerlerine göre kestirilir. Kesim noktalarına ($A = a/h$) karşılık gelen uçlaşma açıları (θ) nomogramdan okunur. A değerleri düşey eksen, θ değerleri yatay eksen üzerinde olmak üzere V_1 ve V_2 grafikleri çizilir (Şekil 3). Bu iki eğrinin kesim noktasından A ve modelin uçlaşma açısı θ saptanır.

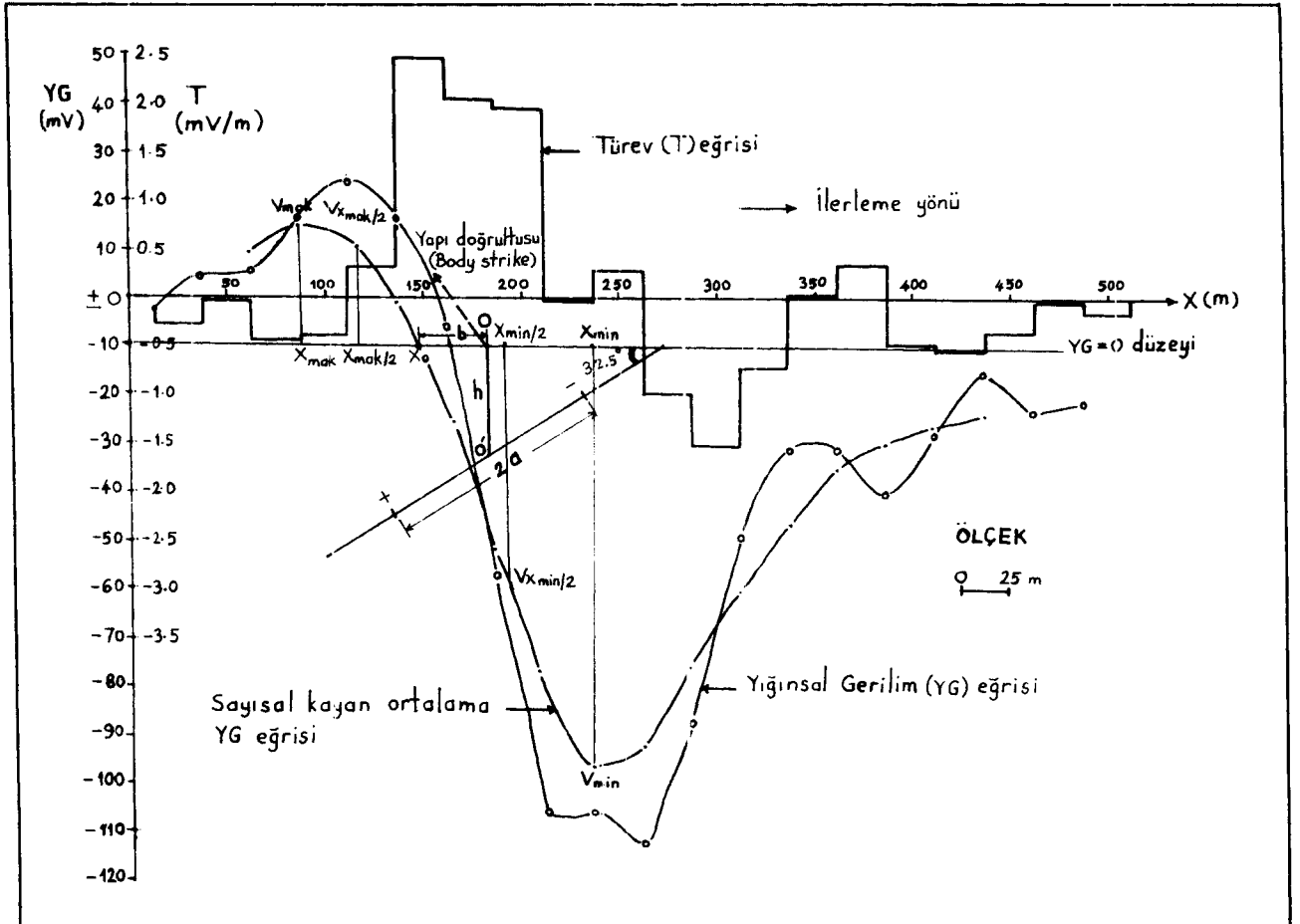
Modelin merkezine olan derinlik, modelin yarı genişliği ve X_0 noktasından merkezine yatay uzaklığı sırasıyla,

$$h = (|X_{min} - X_0|) / (1/\cos^2\theta + A^2)^{1/2} \quad (1)$$

$$= (|X_{mak} - X_0|) / (1/\cos^2\theta + A^2)^{1/2} \quad (2)$$

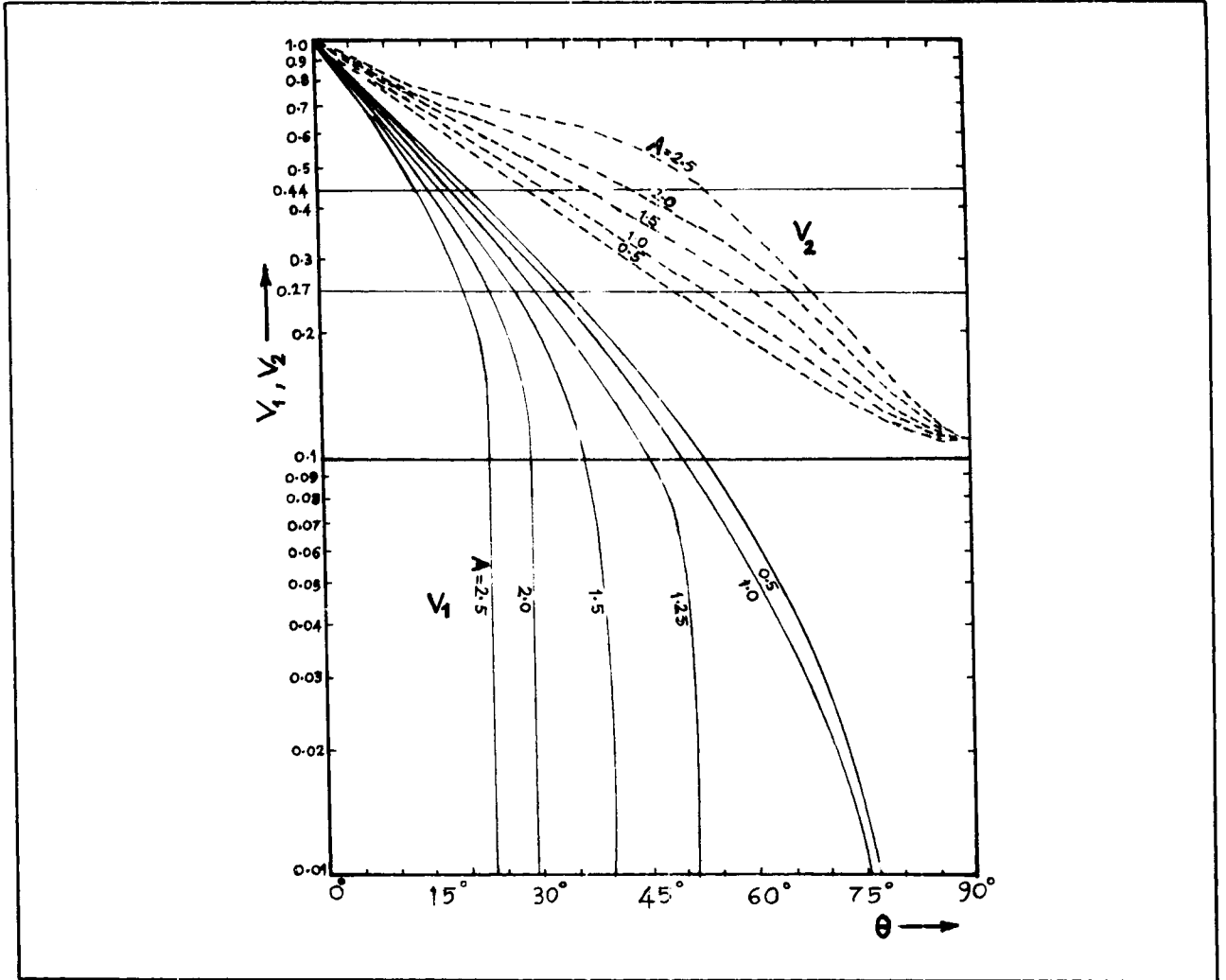
$$a = Ah \quad (2)$$

$$\theta = \tan^{-1} \theta \quad (3)$$



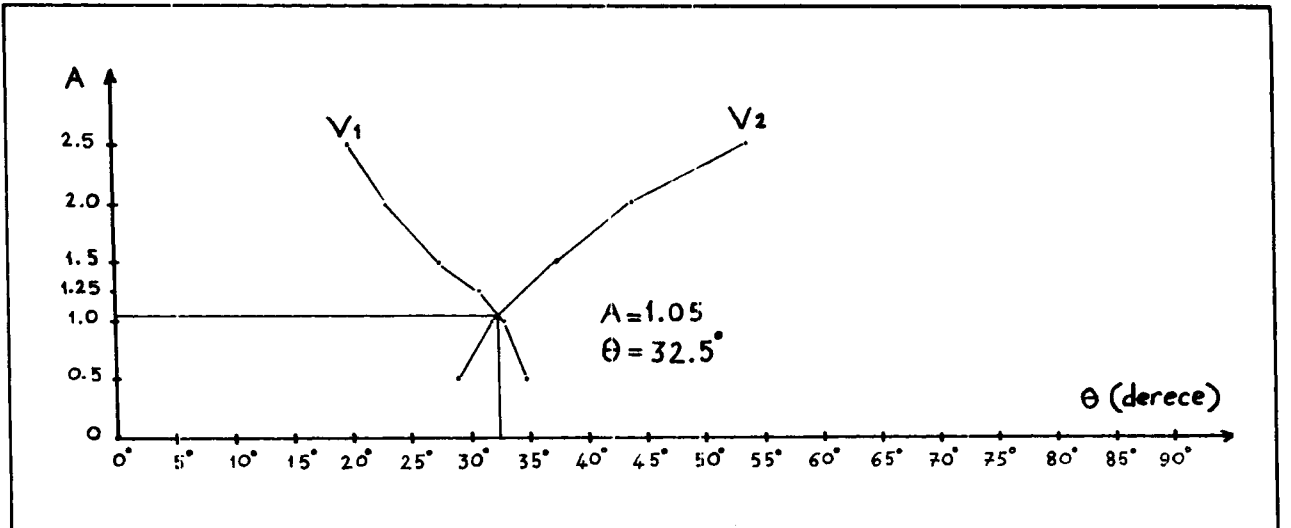
Şekil 1. Sonsuz uzanımlı eğimli bir damar tipi yapının doğal gerilim belirtisi ve nomogram kullanımı ile değerlendirilmesi.

Fig. 1. Self-Potential anomaly over an inclined sheet-like body of infinite extent and its interpretation using the nomogram.



Şekil 2. İki-boyutlu doğal gerilim belirtisinin değerlendirilmesinde kullanılan nomogram (Murty ve Haricharan 1985'den).

Fig. 2. Nomogram for interpretation of 2-D Self-Potential anomaly (After Murty and Haricharan 1985).



Şekil 3. Uçlaşma açısı θ ve A'nın saptanması.

Fig. 3. Determination of the polarization angle θ and A.

eşitliklerinden bulunur (Murty ve Haricharan 1985).

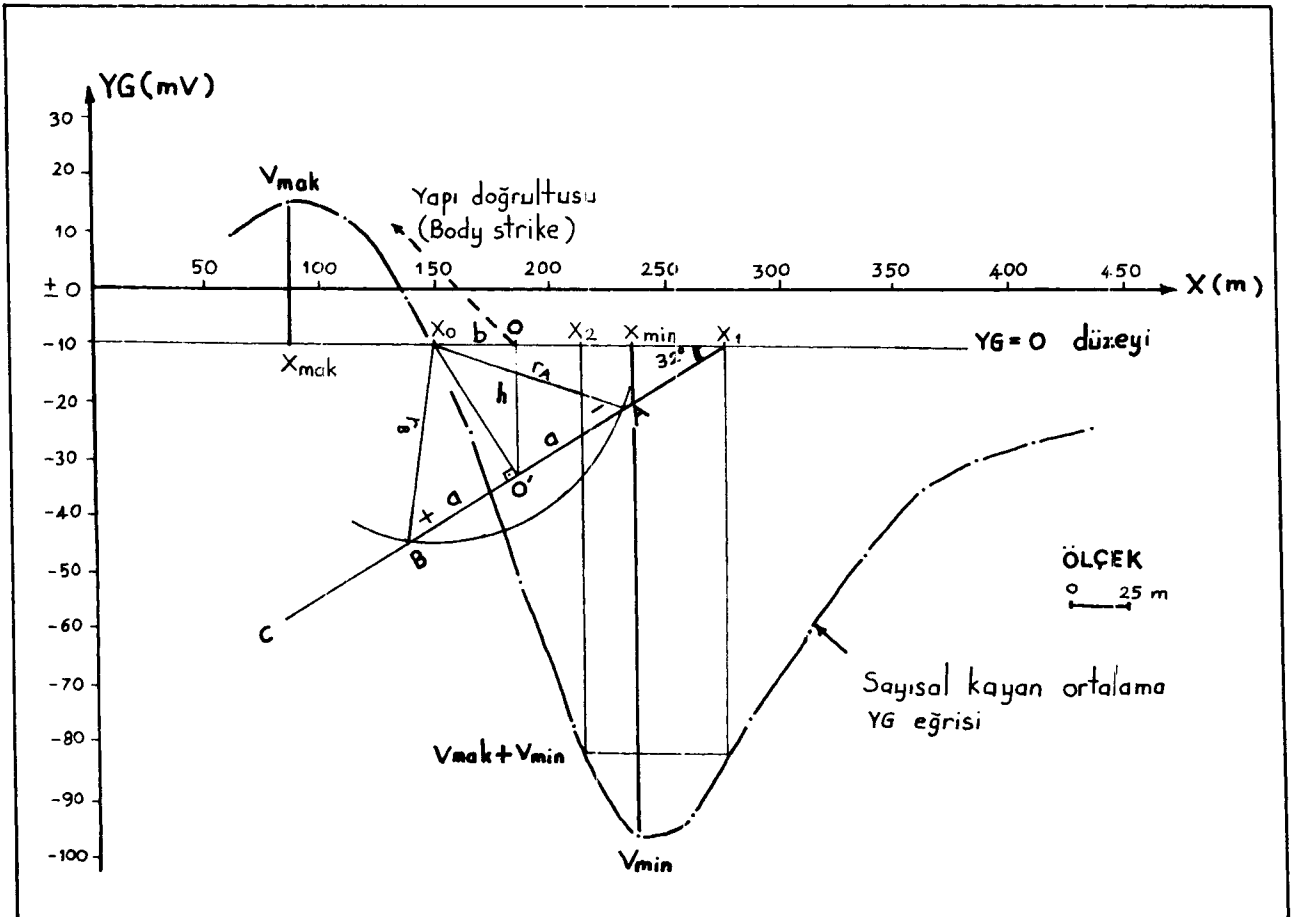
(0) noktası, X_0 'dan en büyük pike doğru alınan b yatay uzaklığına göre işaretlenir. (0) noktasından inilen dikmenin h derinliğindeki yeri modelin merkezini (O' noktasını) verir (Şekil 1). Elde edilen parametrelere göre, model Şekil 1'de görüldüğü gibi yerleştirilir. Yığinsal gerilim eğrisinin Şekil 1'de görülen tersine olması durumunda uçlaşma açısının X_0 'ın diğer yanından alınması gerektiğini belirtelim. Aşağıda yöntemin uygulama sonuçları verilmiştir.

Şekil 3'te görüldüğü gibi $A = 1.05$ ve $\theta = 32.5^\circ$, model merkezine olan derinlik,
 $h = 88.75 / (1/0.7113 + 1.1025)^{1/2} = 56$ m
 modelin yarı genişliği ve genişliği,
 $a = 1.05 \times 56 = 58$ m ve $2a = 116$ m
 X_0 noktasından modelin merkezine olan yatay uzaklık,
 $b = 56 \times \tan 32.5^\circ = 35.6$ m
 olarak bulunur.

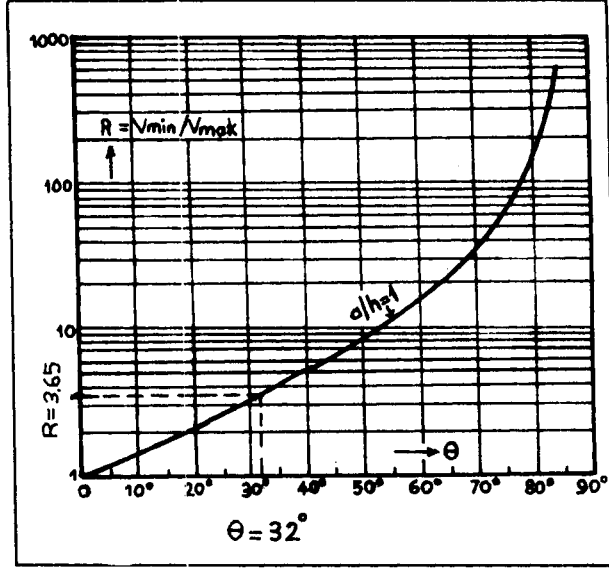
GRAFİKSEL YÖNTEM VE SONUÇLARI

Yöntemin kullanımı için Şekil 1'de verilen düzgülennmiş YG eğrisi gözönüne alınmıştır. Bu yöntemde de eğriler takımı (nomogram) yönteminde olduğu gibi $YG = 0$ düzeyi düzgülennmiş YG eğrisini kestirilerek X_0 , X_{\max} ve X_{\min} noktaları belirlenir (Şekil 4). Önce, V_{\max}

ve V_{\min} değerleri $YG = 0$ düzeyi esas alınarak okunur. $R = |V_{\min} / V_{\max}|$ ($84/23 = 3.65$) oranı bulunarak Şekil 5'te verilen eğriden uçlaşma açısı θ (32°) kolayca saptanır. Sonra, X eksenine göre $V_{\max} + V_{\min}$ ($13 - 94 = -81$ mV) toplamı bulunarak Şekil 4'de görüldüğü gibi X_1 ve X_2 noktaları işaretlenir. X_2 noktası X_1 'e göre, X_0 noktasına her zaman daha yakın olan noktadır. X_1 noktasından, okunan uçlaşma açısına bağlı olarak ($\theta = 32^\circ$) X_1C doğrusu çizilir. Düzgülennmiş YG eğrisinin çalışmada sunulanın tersi olması durumunda uçlaşma açısının X_0 'ın diğer yanından alınacağını belirtelim X_0 noktasından X_1C doğrusuna bir dikme çizilerek modelin merkez O' noktası ve bu noktanın $YG = 0$ düzeyi üzerindeki izdüşümü ile (0) noktası bulunur. (0) noktası X_0 noktasından $b = 35$ m yatay uzaklıktadır. $O'O$ dikmesinin boyu doğrudan modelin merkezine olan derinliği ($h = 56$ m) verir. Bundan sonra, X_0 noktası merkez olmak üzere X_{\min} yarı çaplı bir yarım daire çizilir. Çizilen daire X_1C doğrusunu modelin kenarları olan A ve B noktalarında keser. A ve B noktaları arasındaki uzaklıktan modelin genişliği ($2a = 112.5$ m ve $a = 56.25$ m) kolayca bulunur. Şekil 4'den görüldüğü gibi A ve B noktalarını X_0 'a birleştiren doğrular r_A ve r_B birbirine eşit olur.



Şekil 4. Doğal gerilim belirtisinin grafiksel bir yöntemi kullanılarak değerlendirilmesi.
 Fig. 4. Interpretation of the Self-Potential anomaly using a graphical method.



Şekil 5. R nin θ ile değişimi (Babu ve Rao 1988'den).

Fig. 5. The variation of R with θ (After Babu and Rao 1988).

Grafiksel olarak doğrudan bulunan model parametreleri, ayrıca Babu ve Rao (1988) tarafından verilen matematiksel bağıntılardan da saptanabilir.

Modelin merkezine olan derinlik,

$$h = (|X_0 X_1|)^{1/2} \quad (4)$$

Burada, X_0 ve X_1 (0) noktasına göre yatay uzaklık alınarak bulunur.

$$h = (37 \times 90)^{1/2} = 57 \text{ m}$$

Modelin uçuşma açısı,

$$\theta = \arctan (|X_0 / X_1|)^{1/2} \quad (5)$$

$$\theta = \arctan (37 / 90)^{1/2} = 32.66^\circ$$

Modelin yarı genişliği ve genişliği,

$$a = ((X_{\min} - X_0)^2 - h^2 (1/\cos^2 \theta))^{1/2} \quad (6)$$

$$a = ((88.75)^2 - 3249 (1/\cos^2 32.66))^{1/2} = 57.38 \text{ m}$$

$$2a = 114.7 \text{ m}$$

X_0 noktasından modelin merkezine olan yatay uzaklık,

$$b = h \tan \theta = 57 \times \tan 32.66^\circ = 36.5 \text{ m}$$

olarak bulunur. Grafiksel ve matematiksel yoldan elde edilen parametre değerleri yaklaşık uyum içindedir.

SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Eğriler takımı (nomogram) ve grafiksel yöntemlerin kullanımı ile tayin edilen model parametrelerinin karşılaştırılabilmesi amacıyla Çizelge 1 düzenlenmiştir.

Nomogram yöntemi sonuçları esas alınarak saptanan maksimum yüzde hataları Çizelge 1'de parantez içinde gösterilmiştir. Grafiksel yöntemin kullanımıyla ve matematiksel yoldan elde edilen sonuçların maksimum yüzde hatasının $\pm \% 3$ ve daha az olduğu bulunmuştur. Bu sonuca göre, saptanan model parametre değerlerinin birbirleriyle yaklaşık uyum içinde olduğu söylenebilir.

Çizelge 1. Nomogram ve grafiksel yöntemlerin kullanımı ile bulunan model parametrelerinin karşılaştırılması

Table 1. Comparison of the model parameters obtained by using the nomogram and the graphical method.

Yöntem	Uçuşma açısı (θ)	Derinlik (h)	Yarı genişlik (a)	Yatay uzaklık (b)
Monogram	32.5°	56 m	58 m	35.6 m
Grafik	32° (-1.5)	56 m (0)	56.25 m (-3)	35 m (-1.7)
Matematik	32.66° (0.5)	57 m (1.8)	57.38 m (-1.1)	36.5 m (2.5)

SONUÇLAR

Araziden alınan doğal gerilim eğrisi eğriler takımı (nomogram) ve grafiksel bir yöntemle değerlendirilerek, iki boyutlu damar tipi yapıların konununun bulunmasına hizmet eden model parametreleri tayin edilmiştir. Grafiksel yöntem sonuçları Çizelge 1'de gösterildiği gibi nomogram yöntemi sonuçları ile yaklaşık uyumludur. Grafiksel yöntem kullanımı ile model parametreleri hiç bir matematiksel bağıntı gerektirmeden doğrudan bulunabilir. Ayrıca, nomogram yöntemine göre hızlıdır. Maksimum $\pm \% 3$ ve daha az hata gözönüne alınarak, grafiksel yöntem iki-boyutlu doğal gerilim belirtilerinin değerlendirilmesinde güvenilir bir şekilde kullanılabilir. Doğrultusu boyunca sonsuza uzandığı kabul edilen damar tipi modelin genişliği derinliğine göre çok küçük olduğundan ($a \ll h$), grafiksel yöntemde çizilen yarı daire modelin merkezine (0° noktasına) teğet olacaktır.

Yöntemlerin sınırlaması olarak, sıfır gerilim düzeyinin saptanmasını, çalışmada sunulan eğri takımlarında hiç olmazsa 0.5 derecelik bir uçuşma açısı okunabilecek şekilde ölçek büyütüldüğünde daha sağlıklı sonuçlar elde edilebileceğini, değerlendirme için sık aralıklarla ölçülmüş belirli bir doğal gerilim belirtisinin elde edilmiş olması gerektiğini sayabiliriz.

KAYNAKLAR

- Babu H.V. and Rao, D. 1988, 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.
- Bhattacharya, B.B. and Roy, N. 1981, A note on the use of a nomogram for self potential anomalies, *Geophysical Prospecting* 29, 102-107.
- Ercan, A. 1982, Doğal Uçlaşma Yöntemi, İTÜ Maden Fakültesi, İstanbul.
- Meiser, P. 1962, A method of quantitative interpretation of self-potential measurements, *Geophysical Prospecting* 10, 203-218.
- Murty, B.V.S. and Haricharan, P. 1985, Nomogram for the complete interpretation of spontaneous potential profiles over sheet-like and cylindrical two-dimensional sources, *Geophysics* 50, 1127-1135.
- Paul, M.K. 1965, Direct interpretation of self-potential anomalies caused by inclined sheets of infinite extension, *Geophysics* 30, 418, 423.
- Rao, D. and Babu, H.V. 1983, Quantitative interpretation of self-potential anomalies due to two-dimensional sheet-like bodies, *Geophysics* 48, 1659-1664.
- Tanış, T. 1986 Sürmene Kutlular bakır sahasının Elektrik, Elektromagnetik etüdü, Karadeniz Teknik Üniv., bitirme ödevi (yayınlanmamış).