

YERALTI TABAN TOPOĞRAFYASININ İKİ BOYUTLU GRAVİTE-MANYETİK TERS ÇÖZÜM YÖNTEMİYLE SAPTANMASI VE ANKARA-POLATLI BÖLGESİNE UYGULANMASI

Determination of the Subsurface Basement Topography With Two Dimensional Gravity-Magnetic Inversion Method and Application to the Ankara-Polatlı Region

Coşkun SARI*, Müjgan ŞALK*, Günay ÇİFÇİ* ve Tamer VURAL

ÖZET

Jeofizik anomalilerin ters çözümü yapının ürettiği anomalinin gözlenen anomaliye uydurulması ve en uygun model parametrelerinin saptanması işlemidir. Gravite ve manyetik anomalilerinin ters çözümü, yapı parametrelerinin anomalilerle doğrusal ilişkili olmaması nedeniyle doğrusal olmayan bir problemdir. Gravite ve manyetik anomaliye neden olan yapılar çoğu kez kesiti çokgen olan bir model yardımıyla saptanır. Doğrusal olmayan problemler için parametreleri saptanacak yapıyı kuramsal olarak yanyana konmuş prizma serileri veya sonsuza uzanan düşey dayklar olarak tanımlamak bir çokgen ile sınırlamaktan daha uygundur. İki boyutlu, düşey yönde sonsuza uzanan dikdörtgen prizma bloklarının bir referans derinliğine göre yeraltı taban topoğrafyası olarak tanımlanan üst yüzeylerinin derinlikleri, bir yoğunluk veya süseptibilite farkı için gravite veya manyetik verilerden saptanabilir. Eğer referans derinlik kavramı yanında blokların üst yüzeylerinin alabileceği en büyük ve en küçük derinlik değerleri de tanımlanacak olursa yapı parametreleri daha güvenli saptanabilir. Yöntem, kuramsal modellerle denenmiş ve Ankara-Polatlı bölgesi Bouguer gravite ve havadan

ABSTRACT

Inversion of geophysical anomalies implies fitting the observed anomalies to the anomalies produced by the bodies and determining the parameters of the best-fitting model. Inversion of gravity and magnetic anomalies is a nonlinear problem in the sense that body parameters are not related linearly to the anomalies. Gravity and magnetic anomalies caused by structures are mostly determined by a two-dimensional model which has an n-sided polygonal cross-section. For nonlinear problems, theoretically it is more suitable to determine the parameters of the structure by a series of juxtaposing prisms or vertical dykes extended to infinity rather than limiting with an n-sided polygonal model. The depths of the top surfaces of rectangular prism blocks extending to the infinity in the vertical direction defined as subsurface basement topography according to a reference depth can be determined by gravity or magnetic data for a density or susceptibility contrast. Besides the concept of reference depth, if the maximum and minimum depth values that the top surfaces can take, are defined, the structure parameters can be determined more reliably. The method was tested on the theoretical models and then was applied to the Ankara-Polatlı Bouguer gravity and aeromagnetic data. The

* DEÜ Müh. Fak. Jeofizik Müh. Böl., 35100 Bornova, İzmir.

manyetik verilerine uygulanmıştır. Ankara-Polatlı bölgesinde genel tektonik doğrultular yaklaşık D-B yönlü olup, Polatlı-Haymana arasında Paleosen-Alt Eosen süresince gelişmiş bir graben yapısını içermektedir. Bu graben Üst Kretase-Alt Tersiyer yaşlı tortullarla örtülmüştür. Ankara-Polatlı Bouguer gravite ve havadan manyetik verilerine uygulanan ters çözüm işlemi sonucunda yeraltı taban topoğrafyasının derinliği 3.5-5 km arasında değiştiği saptanmıştır. Ankara'nın GD'daki Mesozoik ofiyolitlerin derinliği 2.5 km civarında, KB'da yükselim gösteren volkaniklerin derinliği ise 1-1.5 km olarak bulunmuştur. Genel olarak Ankara-Polatlı havzasını dolduran tortulların kalınlığının havza'nın GD'sunda, KB'ya kıyasla daha fazla olduğu gözlenmiştir.

general tectonic trends are E-W in the Ankara-Polatlı region where the graben structure was developed during the Paleocene-Lower Eocene. This graben was covered with the sediments of the Upper Cretaceous-Lower Tertiary. As a result of the application of the inversion procedure to the Ankara-Polatlı Bouguer gravity and aeromagnetic data, the depths of subsurface basement topography were determined in between 3.5 and 5 km. The depths of Mesozoic ophiolites in the region of SE of Ankara were obtained around 2.5 km and, the depths of the Ankara-Polatlı Permian Mesozoic were determined in between 3.5 and 4 km. The depths of the volcanics at the NW of Ankara were determined around 1-1.5 km. It was observed that, the sediments are thicker at the SE of the area in comparison with sediments at the NW.

GİRİŞ

Jeofizik anomalilerinin ters çözümü, modele en iyi uyan parametrelerin saptanması ve yapının ürettiği anomalinin gözlenen anomaliye uydurulması işlemidir. Gravite ve manyetik anomalilerinin ters çözümü, yapı parametrelerinin anomalilerle doğrusal olarak ilişkili olmaması nedeniyle doğrusal olmayan bir problemdir. Bu nedenle, bir başlangıç modelden hareket edilerek model parametrelerinin başlangıç değerlerine olan düzeltmeler, gözlenen ve hesaplanan anomaliler arasındaki farklar ve model parametrelerine olan artımlarla kurulan doğrusal denklemlerle saptanır. Gravite-Manyetik ters çözüm ilkeleri hakkında ayrıntılar Al-Chalabi (1970, 1971, 1972) ve Murthy (1989) tarafından verilmiştir. Fay ve dayk biçimli yapıların çeşitli bilgisayar programları yazılmıştır. (Murthy ve Rao 1973, Murthy ve Krishnamacharyulu 1990a, 1990b). Çoğu kez anomaliye neden olan yapılar bu modellerin herhangi birine eşit olmayabilir. Bu durumda problem çokgen kesitli bir model yardımıyla çözülebilir (Talwani ve diğ., 1959). Çokgen bir model için saptanan parametreler çokgenin köşelerinin koordinatlarıdır.

Gelişigüzel biçimli iki boyutlu yapıların neden olduğu anomalilerin ters çözümü, yapının enine kesitinin bir çokgen olarak tanımlanmasıyla başlar. Çokgenin koordinatlarına yaklaşık değerlerin atanmasıyla başlayan işlem optimizasyon işlemi ile daha da iyileştirilir (Murthy ve Rao 1993). Bazen parametreleri araştırılan yapıyı kuramsal olarak yanyana konmuş prizma serileri veya sonlu düzey dayklar olarak tanımlamak, bir çokgen ile sınırlamaktan daha uygun olabilir. Bu amaçla, Dyrelius ve Vogel (1972), iki boyutlu dikdörtgen prizma bloklarının üst yüzeylerini $Z=0$ ' da sabit tutarak σ yoğunluk farkı için yeraltı topoğrafyasını blokların alt yüzeylerinin derinliklerine bağlı olarak

saptamışlardır. Pedersen (1977) ise, iki boyutlu düzey yönde sonsuza uzanan dikdörtgen prizma bloklarının üst yüzeylerinin derinliklerini Z referans derinliğine göre σ yoğunluk farkı ve K manyetik duyarlılık (süseptibilite) farkı için hem gravite hem de manyetik verilerden saptanmıştır.

Murthy ve Rao (1989) ve Murthy (1990) ise dikdörtgen prizma bloklarının üst yüzeylerinin derinliğini saptarken ortalama derinlik kavramı yanında blokların üst yüzeylerinin olabileceği en büyük ve en küçük derinlik değerlerini de tanımlayarak saptanacak parametrelerin daha güvenilir olmasını sağlamışlardır. Yöntem, Bouguer gravite ve havadan manyetik anomalisi profil verilerine uygulanarak Ankara-Polatlı bölgesi yeraltı taban topoğrafyasının saptanması amaçlanmıştır. Günümüze değin Ankara-Polatlı-Haymana bölgesinde gerek bilimsel, gerekse ekonomik amaçlı kapsamı dar alanları içeren bir çok jeolojik çalışma yapılmıştır. Yapılan saha çalışmaları (Görür 1981, Ünal ve Yüksel 1978, Ünal ve diğ. 1976, Schmidt 1960, Reckamp ve Özbey 1960), hava fotoğrafları incelemeleri (Elliot 1975) ve sismik çalışmalar (T.G.O. 1959, M.T.A. 1976) bölgenin Paleosen-Alt Eosen süresince gelişmiş bir graben olduğunu ve Polatlı'dan Haymana'ya doğru gidildikçe kalınlığı yaklaşık 6 km'ye ulaşan tortullarla örtüldüğünü göstermiştir. Buna karşın bölgede yapılan jeofizik çalışmalar oldukça sınırlı kalmıştır. Bu nedenle de, bölgenin yapısal özelliklerine ilişkin genel bir jeofizik yorum yapılamamıştır.

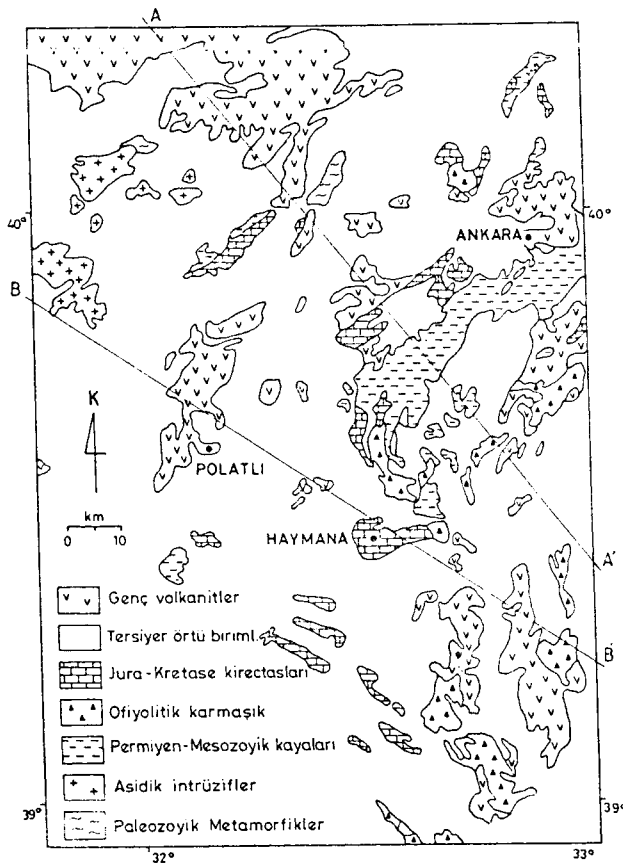
ANKARA-POLATLI BÖLGESİ'NİN JEOLJİSİ VE TEKTONİĞİ

Haymana-Polatlı havzasının temelini Paleozoik yaşlı metamorfikler oluşturmakta ve bunları granitik türü asidik sokulum kayaları kesmektedir. Bunların üzerine uyumsuz-

lukla Permian-Mesozoik kayaları, ofiyolitik karmaşık, Jura-Kretase kireçtaşları ve Tersiyer örtü birimleri gelmektedir. Tüm bu birimleri genç volkanitler kesmektedir (Erentöz ve Pamir 1975). Haymana'nın GD' su, Polatlı'nın kuzeyinden Ankara'ya dek Elmadağ yöresi ve Ankara'nın K-KB'sı bu volkanik oluşumlarla kaplanmıştır (Şekil 1).

Haymana dolaylarında, çökeltme havzasını etkileyen en önemli tektonik etkinlikler ofiyolitik yerleşmeler esnasında izlenmektedir. Havza, Toros ve Pontitler'e paralel bir şekilde D-B yönünde uzanmaktadır. Kretase ve Mio-Pliosen'deki tektonik hareketlerle havza bugünkü şeklini almıştır (Coşkun ve diğ. 1990).

Ankara'nın GB'da yer alan, KB-GD uzanımlı Polatlı-Haymana havzası kalınlığı yaklaşık 5800 metreye ulaşan Üst Kretase-Alt Tersiyer yaşlı tortullarla örtülmüştür. Havzanın iki yanında havzaya doğru derinleşen ve basamaklar oluşturan normal faylar gözlenmektedir. Ünal ve diğ. (1976), Ünal ve Yüksel (1978) ve Görür (1981) yaptıkları jeolojik çalışmalar sonucu saptadıkları verilerle Polatlı-



Şekil 1. Ankara-Polatlı Bölgesi Jeoloji Haritası (Erentöz ve Pamir, 1975'den sadeleştirilmiştir).

Fig. 1. Geological map of the Ankara-Polatlı region (Modified from Erentöz and Pamir, 1975)

Haymana havzasının Paleosen-Alt Eosen süresince gelişmiş bir graben olduğunu göstermişlerdir. Yine Ünal ve Yüksel (1978)'e göre bu graben Neoje'de açılma uyumsuzlukla karasal tortullarla örtülmüştür.

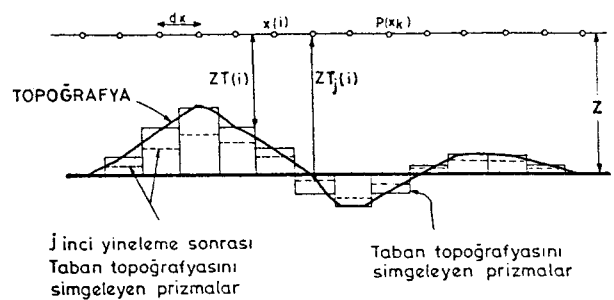
YÖNTEM

Bir profil boyunca eşit aralıklarla örneklenmiş ΔT toplam manyetik veya Δg Bouguer gravite anomalilerinin her bir anomali noktası altındaki yapı yüzeyi (gravite yoğunluk; manyetikte manyetik duyarlılık) düşey yönde sonsuza uzanan, yanyana dizilmiş prizmalarla tanımlanarak üst yüzeylerine olan derinlikler saptanabilir (Şekil 2). Temel yaklaşım olarak, herhangi bir prizmanın oluşturduğu manyetik ya da gravite anomalisinin düşey gradyanının prizmanın derinliği veya prizmanın artım miktarı üzerinde sabit olduğu ve herhangi bir noktadaki anomaliye olan katkısının prizmanın artım miktarı veya kalınlığı ile anomalinin düşey gradyanının basit çarpımı olduğu varsayımı kullanılmıştır. Anomali profilinin araştırılan yeraltı taban topoğrafyasını tümüyle kapladığı varsayılır. Ayrıca profilin $AX+B$ ile tanımlanan rejyonel trende sahip olduğu kabul edilir.

Prizmalarla tanımlanan yapının (Şekil 2) (yoğunluk (σ) ya da manyetik duyarlılık (K) yüzeyinin) herhangi bir $P(X_k)$ noktasındaki gravite veya manyetik anomalisini veren bağıntı ($\Delta f(k)=\Delta f(X_k)$),

$$\Delta f(k) = \sum_{i=2}^{N-1} [F(z)]_{ZT_i}^2 + \Delta X_k + B, \quad (1)$$

olarak yazılabilir (Rao ve Murthy 1978, Murthy 1990). $F_k(z)$ işlevi, gravite de;



Şekil 2. Prizmalarla tanımlanan yeraltı taban topoğrafyası (Murthy ve Rao, 1978).

Fig. 2. Subsurface basement topography represented by prism (from Murthy and Rao, 1978).

$$F_k(z) = 2G\sigma \left\{ Z \left[\tan^{-1} \left(\frac{X_k + \frac{dx}{2}}{Z} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{X_k - \frac{dx}{2}}{Z} \right) \right] + 0.5 \left[\left(X_k + \frac{dx}{2} \right) \ln \left(\left(X_k + \frac{dx}{2} \right)^2 + Z^2 \right) - \left(X_k - \frac{dx}{2} \right) \ln \left(\left(X_k - \frac{dx}{2} \right)^2 + Z^2 \right) \right] \right\} \quad (2)$$

manyetik de;

$$F_2(z) = -2J \left[\sin(\Phi) \tan^{-1} \left(\frac{X_k - X_i + \frac{dx}{2}}{Z} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{X_k - X_i - \frac{dx}{2}}{Z} \right) + 0.5 \cos(\Phi) \ln \left(\frac{\left(X_k - X_i + \frac{dx}{2} \right)^2 + Z^2}{\left(X_k - X_i - \frac{dx}{2} \right)^2 + Z^2} \right) \right] \quad (3)$$

olarak tanımlanır. Bu bağıntılarda G gravite sabiti, σ yoğunluk farkı, Φ manyetizasyon açısı, J manyetizasyon şiddeti, dx örnekleme aralığını simgeler. Z, yeraltı taban topoğrafyasının profil boyunca ortalama derinliğini, ZT(i) ise i. inci örnekleme noktası altındaki derinliği göstermektedir. Ayrıca manyetizasyon şiddeti J ve manyetizasyon açısı ϕ

$$J = KF \sqrt{1 - \cos^2 \alpha \cos^2 i} \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \alpha \cos^2 D_m} \quad (4)$$

$$\phi = \arctan \left(\frac{\tan i}{\sin \alpha} \right)$$

ile tanımlanır. Burada i; yer manyetik alanının eğimi (inklinasyon), F; yer manyetik alanın değeri, α ; yapının manyetik kuzeyden ölçülen uzanım açısı, K; yapının manyetik duyarlılık (süseptibilite) farkı, D_m ; profilin ölçüm yönü olarak tanımlanmaktadır. D_m 'nin değeri; yatay bileşen için 0° , düşey bileşen için 90° ve toplam bileşen için yer manyetik alanının eğim açısının değeri olarak tanımlanır.

Anomali profilinin araştırılan yeraltı taban topoğrafyasını tümüyle varsayım nedeniyle, anomalinin ilk ve son noktaları altında yeraltı taban topoğrafyasının derinliği bi-

linyorsa ortalama derinlik değerine (Z) eşit, aksi halde bu noktaların altındaki derinlik değeri sıfır olarak alınır. Ortalama derinliğin altına ($ZT(i) > Z$) düşey yönde sonsuza uzanan bir prizma, ortalama derinliğin üzerinde ($ZT(i) < Z$) düşey yönde sonsuza uzanan bir prizmanın, oluşturduğu gravite etkisine zıt işaretli bir gravite etkisi oluşturur.

$$\left[F_k(z) \right]_{ZT(i)}^Z = - \left[F_k(z) \right]_Z^{ZT(i)} \quad (5)$$

Ortama derinliğin altında ve üstünde uzanan prizmaların anomaliye olan katkıları (1) no'lu bağıntıda otomatik olarak birleştirilir. Yeraltı taban topoğrafyasının derinliğinin araştırılması işlemi, başlangıç ve saptanan sonuçların yinelenme ile iyileştirilmesi olmak üzere iki evreyi içermektedir. A_j ve B_j rejyonel anomalinin katsayıları ve j. yinelenme sonunda yüzeye olan derinlikler $ZT_j(i)$, ($i=2,3,\dots,N-1$) ise, böyle bir modelin kuramsal anomalisi,

$$\Delta f_{hes}(k) = \sum_{i=2}^{N-1} \left[F_k(z) \right]_{ZT_j(i)}^Z + A_j X_k + B_j \quad (6)$$

bağıntısı ile verilir.

Başlangıçta her bir prizmanın üst yüzeyinin derinliği ortalama derinliğe eşitlenir ($ZT=Z$) ve anomalinin derinlikle değişimi oranı $\partial F_k(z) / \partial z$ ile prizmaların derinliklerinin ortalama derinlikten olan farkları ($Z-ZT_1(i)$) çarpımına eşit bir bileşenin anomaliye katkıda bulunacağı varsayılır.

$$\Delta f(k) = \sum \left[\frac{\partial F_k(z)}{\partial z} \right]_z (Z - ZT_1(i)) + A_1 X_k + B_1 \quad (7)$$

Anomalinin derinlikle değişim oranı (2) ve (3) no'lu bağıntılardan gravite için;

$$\frac{\partial F_k(z)}{\partial z} = -2G\sigma \left[\tan^{-1} \left(\frac{X_k + \frac{dx}{2}}{Z} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{X_k - \frac{dx}{2}}{Z} \right) \right] \quad (8)$$

manyetik için

$$\frac{\partial F_k(z)}{\partial z} = -2J \left[\frac{\left(X_k - X_i + \frac{dx}{2} \right) \sin(\phi) + Z \cos(\phi)}{\left(X_k - X_i + \frac{dx}{2} \right)^2 + Z^2} - \frac{\left(X_k - X_i + \frac{dx}{2} \right) \sin(\phi) + Z \cos(\phi)}{\left(X_k - X_i + \frac{dx}{2} \right)^2 + Z^2} \right] \quad (9)$$

yazılabilir. (8) no'lu bağıntı ince bir levha modelinin gravite anomalisini veren bağıntıdan tek farkı sadece negatif işaret içermesidir.

Rejyonel anomalinin katsayıları A_1 , B_1 ve prizmaların yüzeye olan derinlikleri $ZT_1(i)$ 'nin başlangıç değerleri (7) no'lu bağıntı kullanılarak hesaplanır. j. yineleme sonunda $P(X_k)$ noktasındaki gözlenen ve hesaplanan anomali arasındaki fark $df(k)$, (1) ve (6) no.lu bağıntılar yardımıyla

$$df(k) = \sum_{i=2}^{N-1} \left[F_k(z) \right]_{ZT_i(i)}^{ZT(i)} + dAX_k + dB \quad (10)$$

olarak yazılabilir. Bu bağıntıda dA ve dB rejyonel anomalinin katsayıları A_j ve B_j 'nin artımlarıdır. Eğer hesaplanan derinliklere verilen artımlar,

$dZT(i)=ZT_j(i)$ küçük ise

$$\left[F_k(z) \right]_{ZT_i(i)}^{ZT(i)} = \left[\frac{\partial F_k(z)}{\partial z} \right]_{ZT_i(i)} \cdot dZT(i) \quad (11)$$

yazılabilir. Bundan dolayı (11) no'lu bağıntı

$$df(k) = \sum_{i=2}^{N-1} \left[\frac{\partial F_k(z)}{\partial z} \right]_{ZT_i(i)} dZT(i) + dAX_k + dB \quad (12)$$

olur. (12) no'lu bağıntıda X_k bilinen bir parametredir. $\frac{\partial F_k(z)}{\partial z}$ formül ise (8) veya (9) no'lu bağıntıdan hesaplanır. Her anomali noktası için oluşturulan bağıntılar uygun bir optimizasyon yöntemi uygulanarak $\sum df(k)^2$ hata fonksiyonunun en küçük yapılması yoluyla dA , dB ve $dZT(i)$ değerleri için çözülür.

Marquardt (1963) en iyileştirme (optimizasyon) yöntemi kullanıldığında normal bağıntılar,

$$\sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^N \frac{\partial Df(k)}{\partial a_i} \frac{\partial Df(k)}{\partial a_j} (1 + \delta \lambda) a_i = \sum_{k=1}^N df(k) \frac{\partial \Delta f(X_k)}{\partial a_j}, (j = 1, 2, \dots, N) \quad (13)$$

olarak yazılır. Bu bağıntıda δ 'nin değeri, $i=j$ olması koşulunda 1'e, aksi koşulda ise $(i \neq j)$ '0'a eşittir.

$$\delta = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases}$$

λ ; Marquardt sönüm faktörü,

$$a_i = ZT(i+1), \quad i = 1, 2, \dots, N-2$$

$$a_{N-1} = A$$

$$a_N = B,$$

ilişkili parametreler olmak üzer, anomalinin bu parametrelere göre kısmi türevleri;

$$\frac{\partial \Delta f(k)}{\partial a_i} = \left[\frac{\partial F_k(z)}{\partial z} \right]_{ZT(i+1)}, \quad i = 1, 2, \dots, N-2 \quad (14)$$

$$\frac{\partial \Delta f(k)}{\partial a_{N-1}} = X_k \quad (15)$$

$$\frac{\partial \Delta f(k)}{\partial a_N} = 1 \cup \quad (16)$$

olarak tanımlanmaktadır.

Başlangıç olarak, tüm örnekleme noktası altındaki prizmaların üst yüzeylerinin derinlikleri ortalama derinliğe eşitlenir. ($ZT(i)=Z$, $i=1, 2, \dots, N$). Rejyonel trend katsayıları $A=0$ ve $B=0$ olarak tanımlanarak yinelemeli optimizasyon işlemi kurulur. Böyle bir başlangıç modeli ile hesaplanan anomali değeri sıfırdır. Bu nedenle, hatalar gözlenen anomaliye eklenir. Yineleme işlemi Marquardt sönüm faktörü çok büyük olduğunda, hata fonksiyonu kabul edilebilir bir değere düşürüldüğünde veya belirtilen yineleme sayısına ulaşıldığında tamamlanır.

Yineleme düzeni izleyen adımlardan oluşmaktadır.

(1) $i=1$ den N 'e dek prizmaların üst düzey derinlikleri $ZT(i)$ 'nin tüm değerleri ortalama derinlik değeri Z 'ye, anomali hata miktarı $df(i)$, $\Delta f(i)$ 'ye eşitlenir ve rejyonel trendin olmadığı varsayılır.

(2) (8) veya (9) no'lu bağıntı kullanılarak $k=1$ 'den N 'e dek her bir değer için $i=2$ 'den $N-1$ 'e kadar $\frac{\partial F_k(z)}{\partial z}$ / ∂z he-

saplanır. (12) no'lu bağıntı ile de $i=2$ 'den $N-1$ 'e kadar dZT (i) ile dA ve dB artım değerleri saptanır.

(3) Artım miktarları ile ilgili parametre değerlerine eklenir.

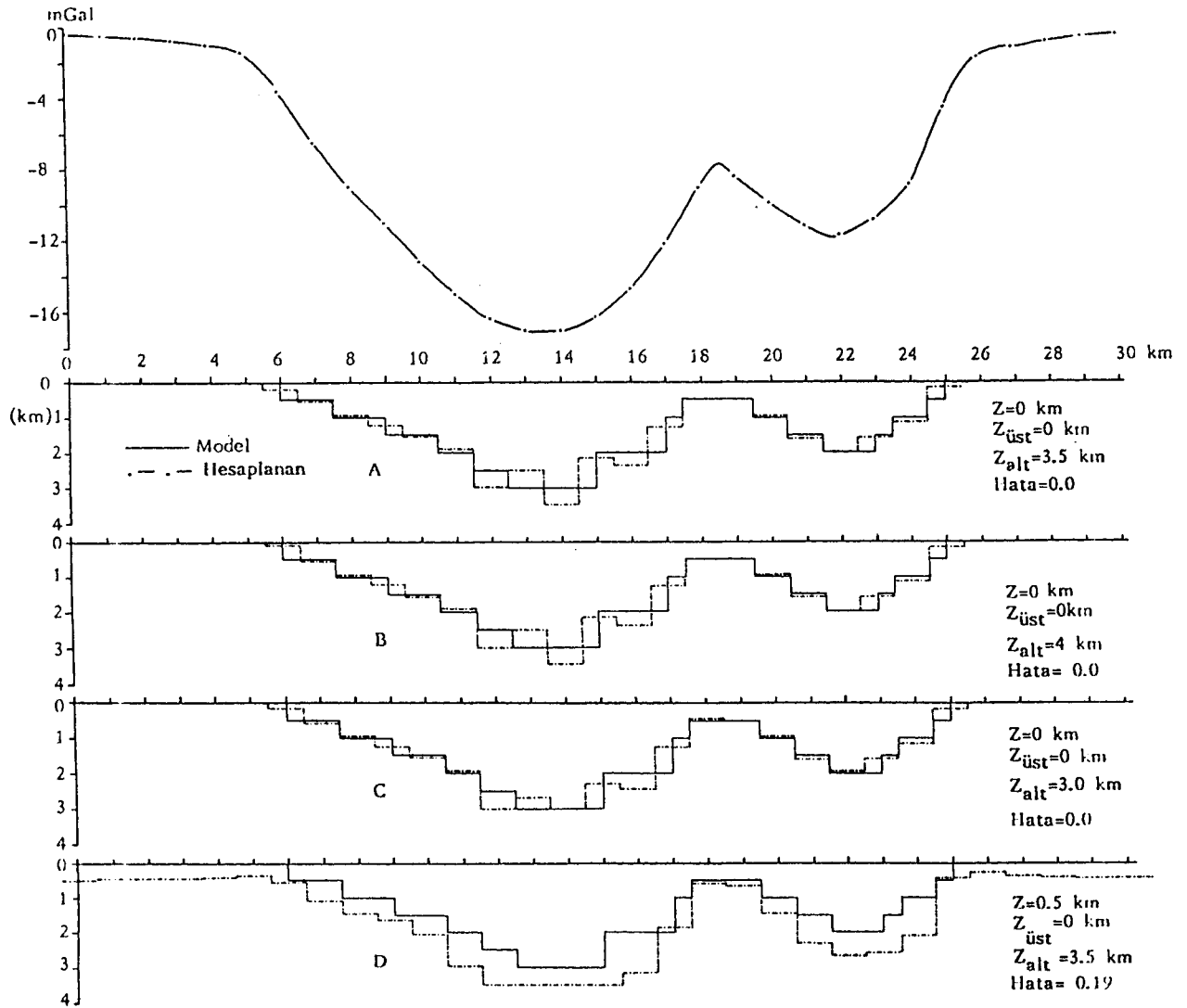
(4) (6) no'lu bağıntıdan $\Delta f_{hes}(k)$ ve daha sonra $k=1$ den N 'e kadar tüm değerler için $df(k)=\Delta f(k)-\Delta f_{hes}(k)$ hata miktarı hesaplanır.

(5) Yineleme sırasında 2., 3. ve 4. adımlar yinelenir.

UYGULAMALAR

Model olarak oluşturulan yeraltı taban topoğrafyası-

nın kuramsal gravite ve manyetik anomalisi düz çözüm (Talwani modellemesi) ile hesaplanmıştır (Şekil 3 ve 4) $\Delta\sigma=-0.2 \text{ gr/cm}^3$ yoğunluk farkı için hesaplanan gravite anomalisine yeraltı taban topoğrafyasını elde etmek amacıyla iki boyutlu ters çözüm (kuramı önceki bölümlerde verilen) yöntemi uygulanmıştır. Taban yapının alabileceği üst ve alt derinlik sınırları $Z_{üst}=0 \text{ km}$ ve $Z_{alt}=3.5 \text{ km}$ olarak seçildiğinde 15. yineleme sonucu saptanan model yapı ile kuramsal model yapı Şekil 3-A'da görülmektedir. $Z_{üst}=0 \text{ km}$, $Z_{alt}=3 \text{ km}$ koşullarında 15. yineleme sonunda saptanan model yapı ile kuramsal model yapı ise Şekil 3-B ve Şekil 3-C'de görülmektedir. Her üç model yapı için profilin ilk ve son noktaları altındaki ortalama derinlik değerinin bilinme-



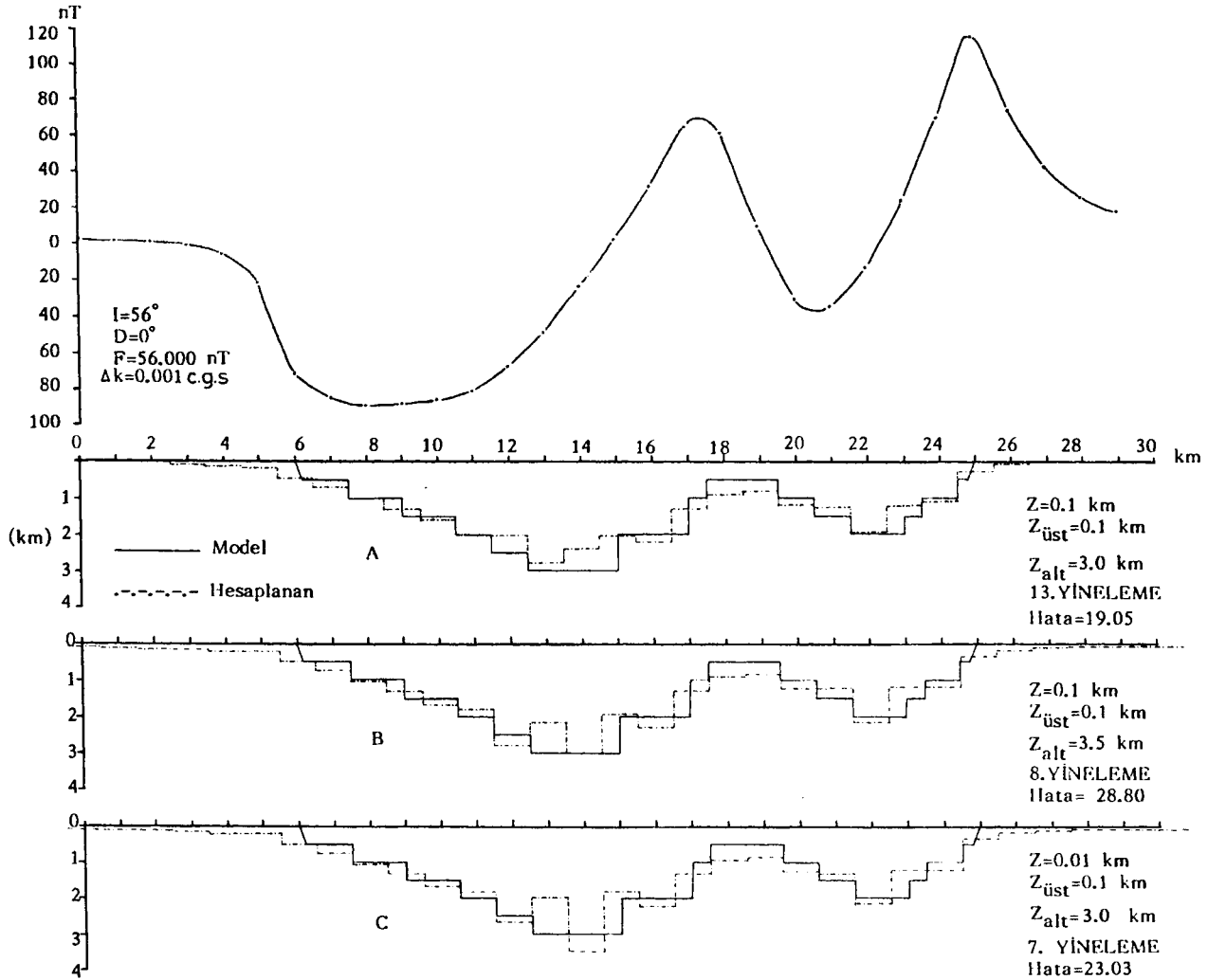
Şekil 3. Yeraltı taban topoğrafyasını simgeleyen yapı modeli ve kuramsal gravite anomalisi.

Fig. 3. Structural model representing subsurface topography and its theoretical gravity anomaly.

diği varsayılarak $Z=0$ km alınmış olup saptanan model yapılar kuramsal yapıya karakteristik olarak yansıtmaktadır. $Z_{üst}=0$ km, $Z_{alt}=3.5$ km koşullarında $Z=0.5$ km olarak alındığında ise Şekil 3-D'de görüldüğü gibi saptanan model yapının derinliği kuramsal model yapının derinliğini aşmakta ve 15. yinelemede sonuca öneki denemelere kıyasla daha büyük bir hata ile ulaşılmaktadır. Bunun nedeni, potansiyel verilerin çok çözümlülüğü nedeniyle profilin ilk ve son noktaları altındaki derinlik değerlerinin tanımlanan ortalama derinlik değerine ($Z=0.5$ km) eşitlenmesi sonucu kuramsal anomaliyi sağlayacak yapının derinliğinin artmasıdır. Model yapıya ilişkin kuramsal manyetik anomali

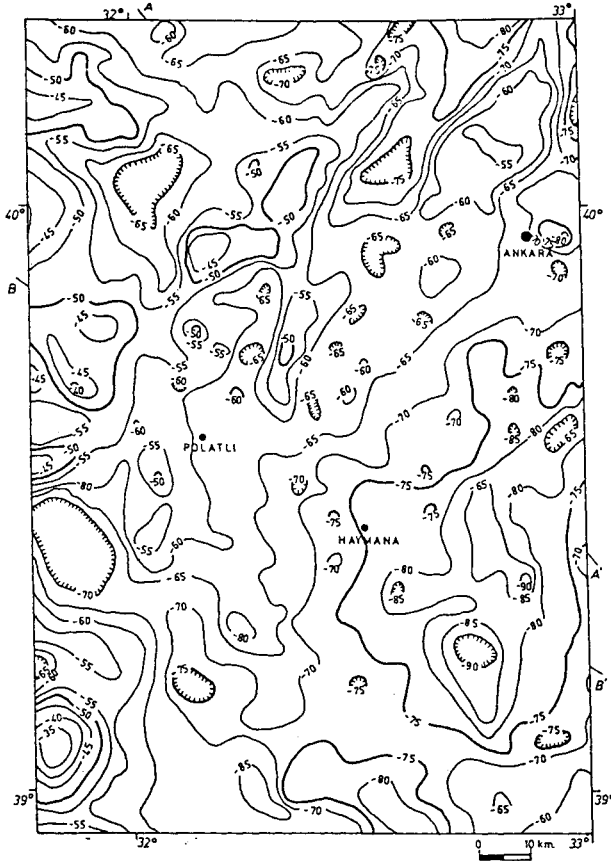
değerleri manyetik duyarlılık farkı $K=0.001$ c.g.s ve $h \approx 700$ m yükseklik değeri baz alınarak hesaplanmıştır. Kuramsal anomali değerlerinin hesaplanması sırasında yer manyetik alan değeri kuramsal olarak $F=56000$ nT, eğim açısı $i=56^\circ$, sapma açısı $D=0^\circ$ olarak alınmıştır. Gravite örneğinde olduğu gibi, yeraltı taban topoğrafyasının saptanması amacıyla iki boyutlu ters çözüm yöntemi kuramsal manyetik verilere de uygulanmıştır.

Taban yapının üst ve alt derinlik sınırları $Z_{üst}=0.1$ km ve $Z_{alt}=3$ km olarak seçildiğinde 13. yineleme sonucunda saptanan yapı Şekil 4-A'da görülmektedir. Taban yapının alt derinlik değeri $Z_{alt}=3.5$ km alındığında ise olası yapıya



Şekil 4. Yeraltı taban topoğrafyasını simgeleyen yapı modeli ve kuramsal manyetik anomali.

Fig. 4. Structural model representing subsurface topography and its theoretical magnetic anomaly.



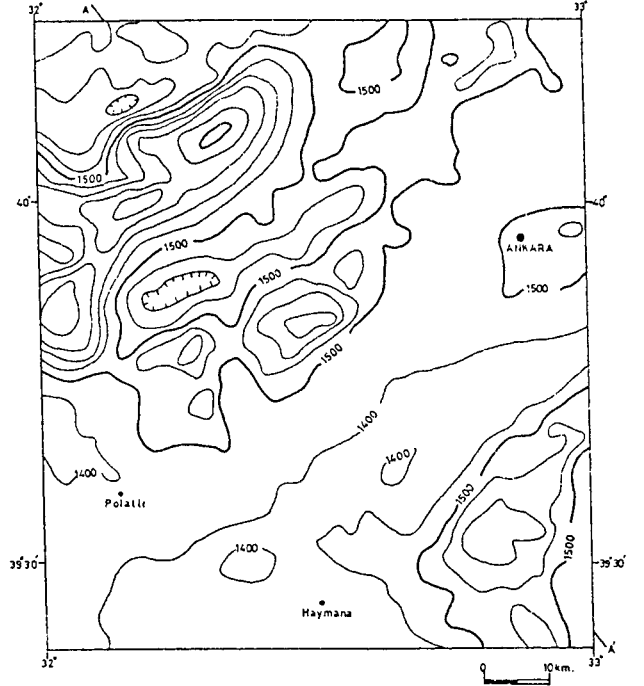
Şekil 5. Ankara-Polatlı Bölgesi Bouguer Gravite Anomali Haritası (Kontur Aralığı=5mGal).

Fig. 5. Bouguer gravity anomaly map of the Ankara-Polatlı region (Contour Interval=5mGal).

8. yinelemede yaklaşılmaktadır. Buna karşın, işlemdeki hata değeri büyümektedir (Şekil 4-B). Taban yapının üst derinlik değeri $Z_{üst}=3$ km seçildiğinde ise olası yapıya 7. yineleme sonucunda ulaşılmıştır (Şekil 4-C). Her üç sonuçta da görüldüğü gibi, saptanan olası yapılar kuramsal model yapıya oldukça uyumlu olup, yapının genel özelliğini yansıtmaktadır.

ANKARA-POLATLI BÖLGESİ GRAVİTE VE MANYETİK VERİLERİ ÜZERİNE UYGULAMALAR

Bölgenin Bouguer gravite anomali haritası (Şekil 5) M.T.A. Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanmış 1/500.000 ölçekli Ankara ve Zonguldak paftalarından alınmıştır. Havadan Manyetik anomali haritası (Şekil 6) ise M.T.A. Genel Müdürlüğünce ~700 m uçuş yüksekliği ve 1 km uçuş aralıkları ile hazırlanmıştır. Ergün ve Sarı

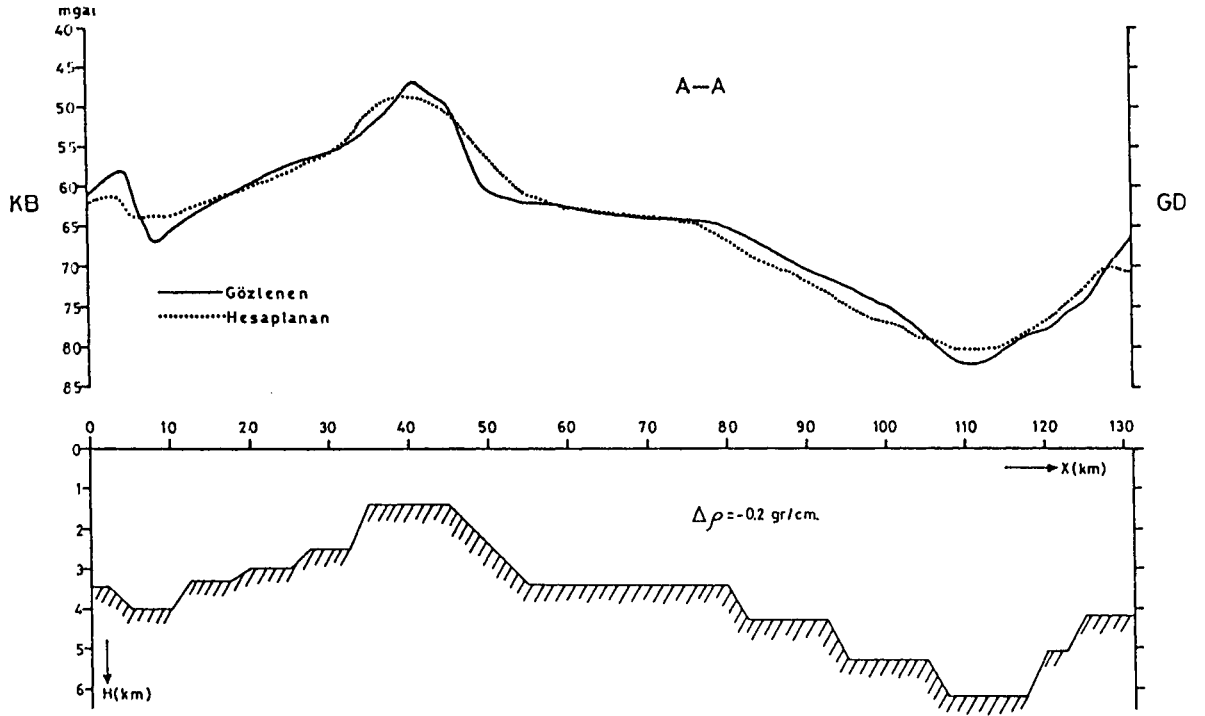


Şekil 6. Ankara-Polatlı Bölgesi Havadan Manyetik Anomali Haritası (Kontur Aralığı=100 nT).

Fig. 6. Aeromagnetic anomaly map of the Ankara-Polatlı region (Contour Interval=100 nT).

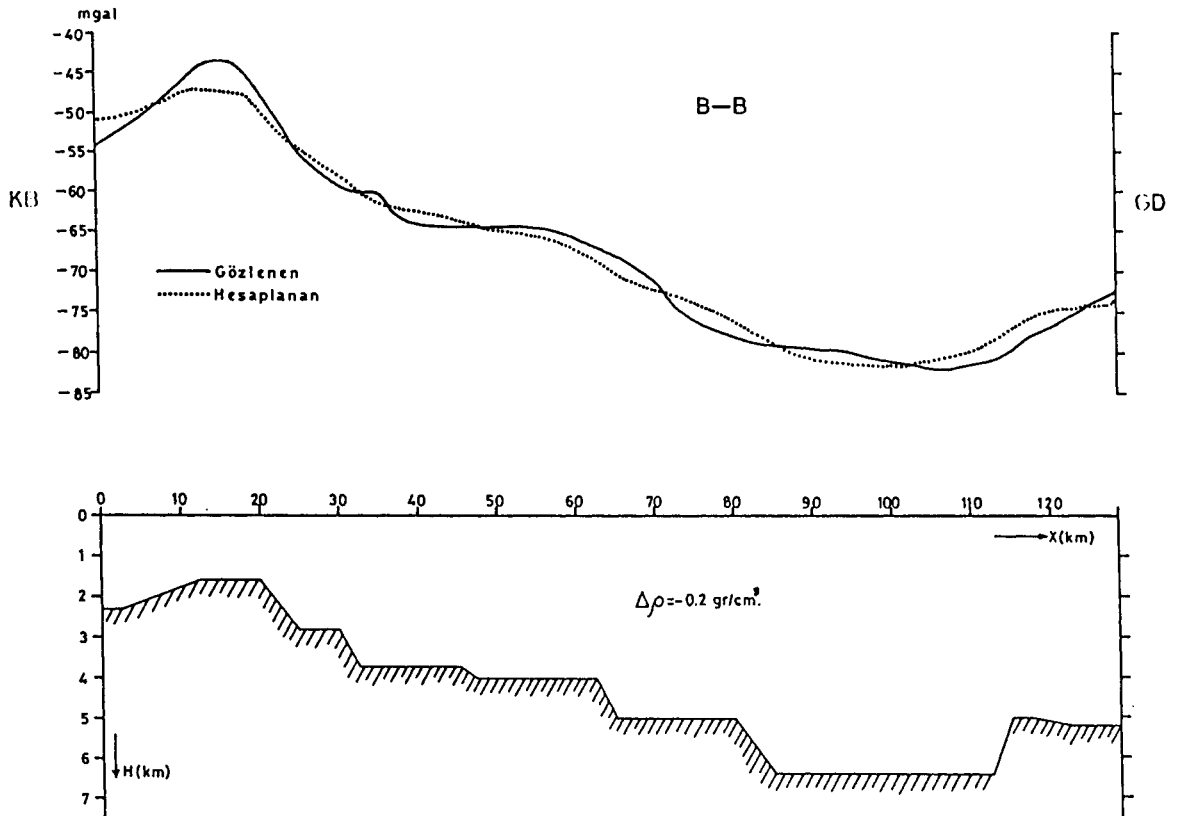
(1982), gravite ve manyetik verilere veri-işlem yöntemleri (trend analizi, süzgeçleme ve analitik uzanım işlemleri gibi) uygulayarak anomaliye neden olan yeraltındaki yapıların etkilerini araştırmıştır. Sarı (1984), güç spektrumu uygulamasında ise anomalilere neden olan çeşitli derinliklerdeki yapıların ortalama derinliklerini istatistiksel bir yaklaşımla saptamaya çalışmış, edinilen bilgilerin ışığında yaptığı kuramsal modelleme çalışmaları ile de bölgenin genel yeraltı topoğrafyasını saptamayı amaçlamıştır. Bu çalışmada, taban topoğrafyasının belirlenmesine ilişkin kuram gravite ve manyetik profil verilerine uygulanmış, saptanan bilgiler önceki çalışmalarını sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Bölgenin taban topoğrafyasının saptanması amacıyla gravite ve manyetik anomali haritaları üzerinde bölgedeki KD-GB uzanımlı yapılara dik olarak A-A', Polatlı-Haymana çöküntüsünün uzanım eksenine koşut olarak da B-B' kesiti alınmıştır. Gravite anomali haritasına bakıldığında A-A' kesitinin güneydoğusunda negatif bir anomali belirgin olarak görülmektedir. Kesitin kuzeybatısında gözlenen nispeten pozitif anomali ise metamorfiteğin yükselmini karşılamaktadır.



Şekil 7. Ankara-Polatlı Bölgesi Bouguer Gravite A-A' Kesiti Modelleme Uygulaması (Sarı, 1984).

Fig. 7. Modelling application to the profile A-A' for the Bouguer gravity of the Ankara-Polatlı region (Sarı, 1984).



Şekil 8. Ankara-Polatlı Bölgesi Bouguer Gravite B-B' Kesiti Modelleme Uygulaması (Sarı, 1984).

Fig. 8. Modelling application to the profile B-B' for the Bouguer gravity of the Ankara-Polatlı region (Sarı, 1984).

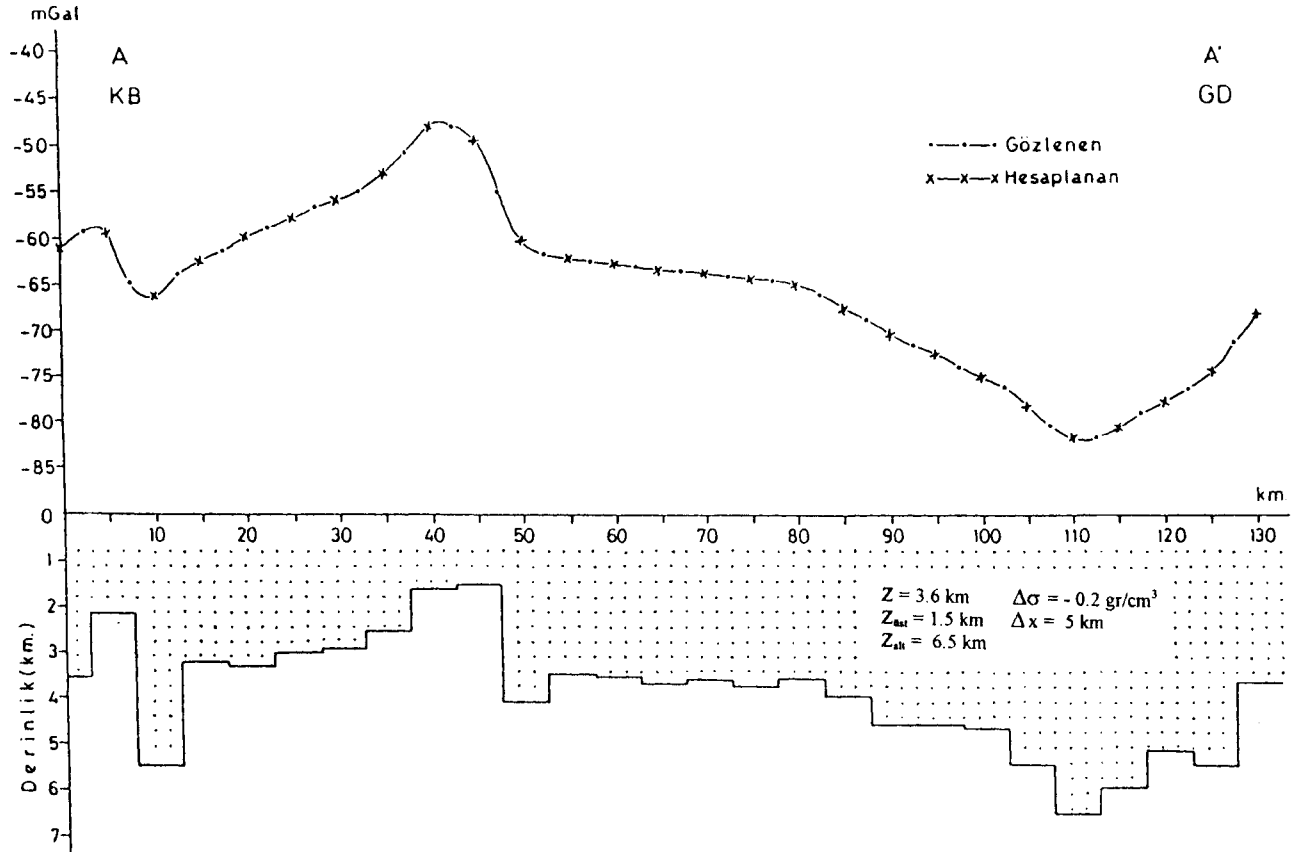
A-A' kesiti boyunca yapılan gravite modelleme çalışmasında (Sarı, 1984), bu kesitin kuzeybatısında metamorfik tabanın derinliğini 1.4 km. güneydoğusunda ise 6.2 km civarında saptamıştır (Şekil 7). Düşünülen modelde metamorfiklerin üzerini örten tortullar ise düşük yoğunlukla tanımlanmıştır. Gravite anomalisinde negatif anomaliyle belirlenen çöküntü alanı, ofiyolitler nedeniyle manyetik anomali haritasında pozitif manyetik anomali olarak gözlenmektedir.

B-B' gravite kesitine bakıldığında, kesitin kuzeybatısında güneydoğusuna kıyasla metamorfik tabanın yükselminin neden olduğu pozitif gravite anomalisi, güneydoğusunda ise bir çöküntü alanını simgeleyen negatif gravite anomalisi dikkati çekmektedir. Yapılan gravite modellemesi sonucunda (Sarı, 1984), bu kesitin kuzeybatısındaki metamorfik tabanın derinliği 1.6 km, güneydoğusunda ise 6.4 km civarında saptamıştır (Şekil 8). Bu modelde de metamorfiklerin üzerini örten tortullar düşük yoğunlukla tanımlanmıştır. Modelleme çalışmasında temel amaç, metamor-

fit tabanın üzerini örten tortulların ortalama kalınlığının saptanması ve genel yeraltı topoğrafyasının çıkarılmasıdır. Bu nedenle tortulların yoğunluğu tekdüze olarak alınmış, metamorfiklerle olan yoğunluk farkı değişmez tutulmuştur.

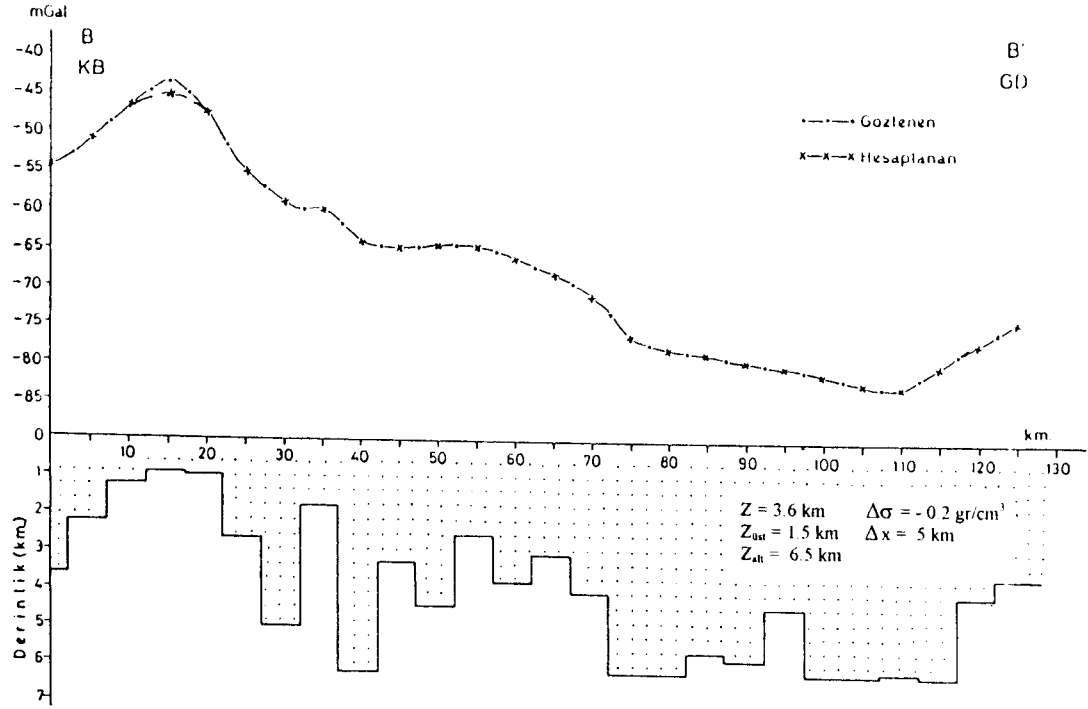
Ayrıca, gravite ve manyetik verilere uygulanan güç spektrumu işlemi sonucunda A-A' kesiti için gravite'de 2.7 km'lik ortalama derinlik, manyetik de ise yüzeysel etkileri simgeleyen 2. ve 2.8 km'lik derinlik değerleri bulunmuştur. B-B' kesiti gravite verilerinin güç spektrumu işlemi sonucunda (Sarı, 1984) ise, 5.4 km. ve 1.9 km. lik iki ayrı derinlik saptanmıştır. Her iki kesit için güç spektrumu sonucunda saptanan ortalama derinlikler modelleme sonucunda saptanan derinliklerle oldukça uyumludur.

Modelleme ve güç spektrumu işlemleri sonucunda bölge için saptanan derinlik (ortalama, en büyük ve en küçük), yoğunluk ve manyetik duyarlılık bilgileri yeraltı taban topoğrafyasının düşey sonsuza uzanan dikdörtgen



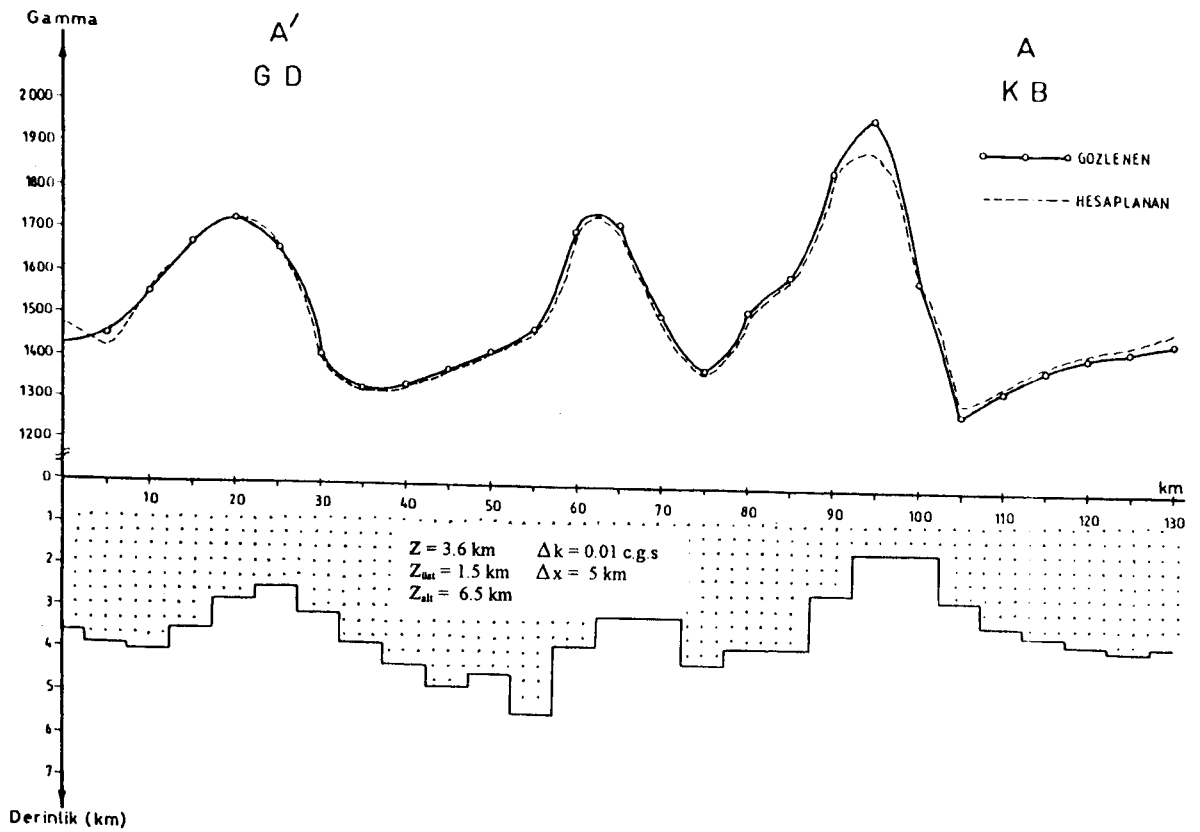
Şekil 9. Ankara-Polatlı Bölgesi A-A' Bouguer Gravite Anomali Kesitinden Saptanan Yeraltı Taban Topoğrafyası.

Fig. 9. Determined subsurface basement topography for the A-A' Bouguer gravity profile of the Ankara-Polatlı region.



Şekil 10. Ankara-Polatlı Bölgesi B-B' Bouguer Gravite Anomali Kesitinden Saptanan Yeraltı Taban Topoğrafyası.

Fig. 10. Determined subsurface basement topography for the B-B' Bouguer gravity profile of the Ankara-Polatlı region.



Şekil 11. Ankara-Polatlı Bölgesi A-A' Havadan Manyetik Anomali Kesitinden Saptanan Yeraltı Taban Topoğrafyası.

Fig. 11. Determined subsurface basement topography for the A-A' aeromagnetic profile of the Ankara-Polatlı region.

prizmalarla tanımlandığı ters çözüm işleminde 5 km örnek-leme aralığı ile sayısallaştırılan A-A' ve B-B' Bouguer gravite anomali kesitleri ile A-A' manyetik anomali kesit verileri ile değerlendirilmiştir. A-A' ve B-B' Bouguer gravite anomali kesiti verilerinin değerlendirilmesinde bölgenin ortalama derinliği $Z=3.6$ km, yoğunluk farkı değeri 0.2 gr/cm^3 , taban yapının alt ve üst derinlik sınırları ise $Z_{üst}=1.5$ km ve $Z_{alt}=6.5$ km olarak alınmıştır. Yapılan değerlendirme sonucunda her iki kesitten saptanan yeraltı taban topoğrafyasının modelleme işlemi sonucunda saptanan taban topoğrafyası ile benzeştiği gözlenmektedir (Şekil 9, 10). A-A' manyetik anomali kesiti verilerinin değerlendirilmesinde ise bölgenin ortalama derinliği $Z=3.6$ km, manyetik duyarlılık farkı $K=0.015$ c.g.s, taban yapının alt ve üst derinlik sınırları ise $Z_{üst}=1.5$ km, $Z_{alt}=6.5$ km olarak alınmıştır. Manyetik anomali verilerinin değerlendirilmesi sonucunda saptanan yeraltı taban topoğrafyasının derinliği ile güç spektrumu sonucunda saptanan ortalama derinlik değerlerinin (2.8 km ve 2 km) oldukça uyumlu olduğu görülmektedir (Şekil 11).

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Ankara-Polatlı ve Haymana arası bölge tortul bir havza niteliğinde olup, bölgede birçok bazik plütonlar bulunmakta ve bunlar Ankara'nın güneyinde KD-GB doğrultulu olarak uzanmaktadır. Haymana'nın güneydoğusu, Polatlı'nın kuzeyinden Ankara'ya dek, Elmadağ yöresi, Ankara'nın kuzey-kuzeybatısı geniş volkanik oluşuklarla kaplanmıştır. Ankara'nın güneybatısında yer alan, KB-GD uzanımlı Polatlı-Haymana havzası kalınlığı yaklaşık 5800 metreye ulaşan Üst Kretase-Alt Tersiyer yaşlı tortullarla örtülmüştür.

Yapılan çalışma sonucunda gravite verilerinden Ankara-Polatlı bölgesinde yeraltı taban topoğrafyasının derinliğinin 3.5 km ile 5 km arasında değiştiği saptanmıştır. Ankara'nın GD'sunda Mesozoyik ofiyolitlerin derinliği yaklaşık 2.5 km, Ankara-Polatlı arasında Permian-Mesozoyiklerin bir çöküntü alanı oluşturduğu derinlik ise 3.5-4 km olarak saptanmıştır. Ankara'nın KB'sında yükselim gösteren volkaniklerin derinliği ise 1-1.5 km olarak bulunmuştur.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma sırasındaki görüş ve önerilerinden yararlandığımız Sayın Prof.Dr. Mustafa ERGÜN'e ve bölgenin jeolojik yorumundaki katkıları için Jeoloji Yük.Müh. İbrahim GÜNDOĞAN'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Al-Chalabi, M. 1970, Interpretation of two-dimensional magnetic profiles by non-linear optimisation. Bull. Geoph. Theory. Appl 12, 3-20.
- Al-Chalabi, M. 1971, Some studies relating to non-uniqueness in gravity and magnetic inverse problems. Geophysics 36, 835-855
- Al-Chalabi, M. 1972, Interpretation of gravity anomalies by non-linear optimisation. Geophys. Prosp. 10, 1-15.
- Coşkun, B., Özdemir, A. ve Işık, V. 1990, Haymana-Mandıra-Dereköy arası sahanın petrol imkanları. TPJD Bülteni 2, 135-143.
- Dyrelis, D. and Vogel, A. 1972, Improvement of convergence in iterative gravity interpretation. J.R.Astr.Soc. 27,195-205.
- Elliot, D.H. 1975, Photogeology of the Polatlı-Haymana basin. M.T.A. Enst., Ankara (yayınlanmamış).
- Erentöz, C. ve Pamir, H.N. 1975, 1/500.000 ölçekli jeolojik harita ve izahnamesi (Ankara). M.T.A. Enst. Yayınları, Ankara.
- Ergün, M. ve Sarı, C. 1982, Gravite ve manyetik veri işlem yöntemleri ve Ankara-Polatlı bölgesinin yorumu. T.J.K. Bülteni 25, 137-142.
- Görür, N. 1981, Tuz Gölü-Haymana havzasının stratigrafik analizi. T.J.K. 35. Bilimsel ve Teknik Kurultayı, İç Anadolu'nun Jeolojisi Sempozyumu, 60-65, Ankara.
- Marquardt, D.W. 1963, An algorithm for least-squares estimation of non-linear parameters. Jour. Soc. Indust. Apl. Math. II,431-441
- M.T.A. (Maden Teknik ve Arama Enst.)1976, Haymana - Polatlı basenindeki sismik refleksiyon etüdüleri. M.T.A.Enst.,Ankara (Yayınlanmamış).
- Murthy, I.V.R., and Rao, C.W. 1973, Two methods for computer interpretation of magnetic anomalies dykes. Geophysics 38,710-718
- Murthy, I.V.R. 1989, Interpretation of gravity and magnetic anomalies in space and frequency domains. Published by Assoc.Exploration Geophysicists Hyderabad, India, 89-104
- Murthy, I.V.R. 1990, Magnetic anomalies of two-dimensional bodies and algorithms for magnetic inversion of dykes and basement topographies. Proc. Indian Acad. Sci.(Earth Planet) 99, 4, 549-579.
- Murthy, I.V.R., and Rao, S.J. 1989, A FORTRAN 77 program for inverting the gravity anomalies of two-

- dimensional basement structures. *Computers & Geosciences* 15, 1149-1159
- Murthy, I.V.R. ,and Krishnamacharyulu, S.K.G. 1990a, Automatic inversion of gravity anomalies of faults. *Computers & Geosciences* 16, 539-548.
- Murthy, I.V.R., and Krishnamacharyulu,S.K.G.1990b, A FORTRAN 77 program to invert gravity anomalies of sheet-like bodies. *Computers&Geosciences* 16,991-1001.
- Murthy, I.V.R. and.Rao, P.R.1993, Inversion of gravity and magnetic anomalies of two dimensional polygonal cross section. *Computers&Geosciences* 19, 1213-1228
- Pedersen, L.B. 1997, Interpretation of potential field data . A generalized inverse approach. *Geophys. Prosp.* 25,199-230
- Rao, B.S.R. and Murthy, I.V.R. 1978, Gravity and magnetic methods of prospecting. Arnold-Heinemann (India) Pvt .Ltd., AB/9 Safdar jang Enclave, New Delhi, 390 p
- Reckamp, I.U.ve Özbey, S.1960, Petroleum geology of Temelli and Kuuştepe structures, Polatlı area, Petrol İşleri Gen.Müd., Ankara(Yayınlanmamış).
- Sarı, C. 1984,Ankara-Polatlı bölgesi potansiyel alan verilerinin veri-işlem yöntemleriyle yorumu. D.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmamış).
- Schmidt, G.C. 1960, AR/MEM/365-366-367 sahalарının nihai terk raporu. Petrol İşleri Gen.Müd., Ankara(Yayınlanmamış).
- Talwani, M., Worzel, L. and Landisman, M. 1959, Rapid gravity ccomputation for two dimensional bodies with applications to the Menocino Submarine fracture zone. *Jour.of Geophys.Res.* 64, 49-59
- T.G.O.(Turkish Gulf Oil Co.) 1959, Seismic survey Polatlı project, Polatlı-Turkey. Petrol İşleri Gen.Müd., Ankara(Yayınlanmamış)
- Ünalın, G. Yüksel, V.,Tekeli, T.,Gönenç O.,Seyirt, Z. ve Hüseyin, S. 1976, Haymana-Polatlı yöresinin (güneybatı Ankara) Üst Kretase-Alt Tersiyer stratigrafisi ve paleocoğrafik evrimi. T.J.K. Bülteni 19, 159-176.
- Ünalın, G, ve Yüksel, V. 1978, Eski bir graben örneği; Haymana-Polatlı havzası. T.J.K.Bülteni 21, 165-169.