



ERZURUM-HORASAN-PASINLER HAVZASI (DOĞU ANADOLU)
BOUGUER GRAVİTE ANOMALİLERİNİN
SAXOV-NYGAARD YÖNTEMİ İLE YORUMLANMASI

(*INTERPRETATION OF THE BOUGUER GRAVITY ANOMALIES
OF THE ERZURUM-HORASAN-PASINLER BASIN (EAST ANATOLIA)
WITH SAXOV-NYGAARD METHOD*)

N. MADEN*, K. GELİŞLİ*, ve F. KADİR⁺

ÖZET/ABSTRACT

Saxov-Nygaard varyasyon (SN) yöntemi, yer altı jeolojik yapısının fiziksel özelliklerindeki (yoğunluk) küçük değişimler sebebiyle gravite alanlarında meydana gelen küçük farklılıkları ayırt etmek için kullanılan yöntemlerden birisidir. Bu çalışmada, bu yöntemle elde edilen rezidüel anomaliler ve bunlara sebep olan yer altı kütlelerinin derinliği arasındaki ilişki incelenmiştir. Yapılan model ve arazi çalışmaları sonucu yöntemin küçük yoğunluk değişimleri sebebiyle Bouguer anomalilerinde meydana gelen gözle görülmeyen değişimleri iyi bir şekilde ortaya çıkardığı ve kütlelerin derinlikleri hakkında bilgi elde edildiği görülmüştür.

Saxov-Nygaard variation method is used in order to separate small variations in the gravity fields owing to small changes of the physical properties (density) of the subsurface geological structure. In this study, the residual anomaly obtained with this method and the relationships between the anomaly mass and depth caused by subsurface mass. According to do model and area studies using this method, it is seen that small variations in the Bouguer gravity anomalies owing to small density variations appear slightly. Moreover, this method gives the depth information about anomaly masses.

ANAHTAR KELİMELELER/KEYWORDS

Gravite, Rezidüel Ayırma, Saxov-Nygaard yöntemi, Ortalama yöntemi, Derinlik kestirimi
Gravity, Residual separation, Saxov-Nygaard method, Averaging method, Depth estimation

* KTÜ, Müh. Mim. Fak., Jeofizik Müh. Böl., 61080 TRABZON

⁺Academy of Sciences, Inst.of Geology, Dept. of Geophysics, H.Cavid Str.31, Baku, AZERBAIJAN

1. GİRİŞ

Bouguer gravite anomalisi yorumlanırken, yeraltında değişik seviyelerdeki kütlelerden ileri gelen anomalilerin (rejyonel ve rezidüel) birbirlerinden ayrılması gerekir. Petrol, gaz ve madenlerin oluşturdukları gravite anomalileri çok küçük olduklarından, bu anomalilerin birbirlerinden ayrılmasında özel Rejyonel-Rezidüel ayırım yöntemleri kullanılmaktadır. Rejyonel-rezidüel ayırımı ile ilgili pek çok araştırmacı yıllardır çalışmaktadır ve daha çok ayırım yöntemi olarak profil veya yuvarlatma yöntemlerini kullanmışlardır (Elkins, 1951; Nettleton, 1954; Skeels, 1967; Blakely, 1995; Mallick ve Sharma, 1999). Ancak bu çalışmalarda rezidüel anomaliler ve bu anomalileri oluşturan kütlelerin derinlikleri arasındaki ilişki hep ihmal edilmiştir. Bu yöntemlerle aynı alanda değişik kişiler tarafından farklı sonuçlar üretmek her zaman mümkündür. Bu çalışmada rejyonel anomaliyi rezidüel anomaliden ayıran yöntemlerden biri olan Saxov-Nygaard yöntemi incelenerek model ve arazi verileri üzerinde denenmiştir (Saxov ve Nygaard, 1953). Yöntem eski olmasına rağmen bugüne kadar özellikle batı literatüründe pek tanınmamış olup model ve arazi çalışmaları yapılmamıştır.

2. SAXOV-NYGAARD VARYASYON YÖNTEMİ

Saxov ve Nygaard bir noktadaki rezidüel gravite değerini, merkezleri aynı olmak üzere iç içe iki çember boyunca gravite değerleri ortalamasının yarıçaplar farkına oranı olarak tanımlamışlar ve

$$R(g) = -\frac{\bar{g}(r_1) - \bar{g}(r_2)}{r_1 - r_2} \quad (1)$$

denklemleriyle ifade etmişlerdir (Saxov ve Nygaard, 1953). Burada $\bar{g}(r_1)$, r_1 yarıçaplı daire üzerindeki gravite değerlerinin ortalamasını, $\bar{g}(r_2)$, r_2 yarıçaplı daire üzerindeki gravite değerlerinin ortalamasını ifade etmektedir. Daha önce Griffin rezidüel graviteyi, daire veya poligon üzerindeki gravite değerlerinin ortalamasını kullanarak elde etmiştir (Griffin, 1949). Eşitlik 1'i

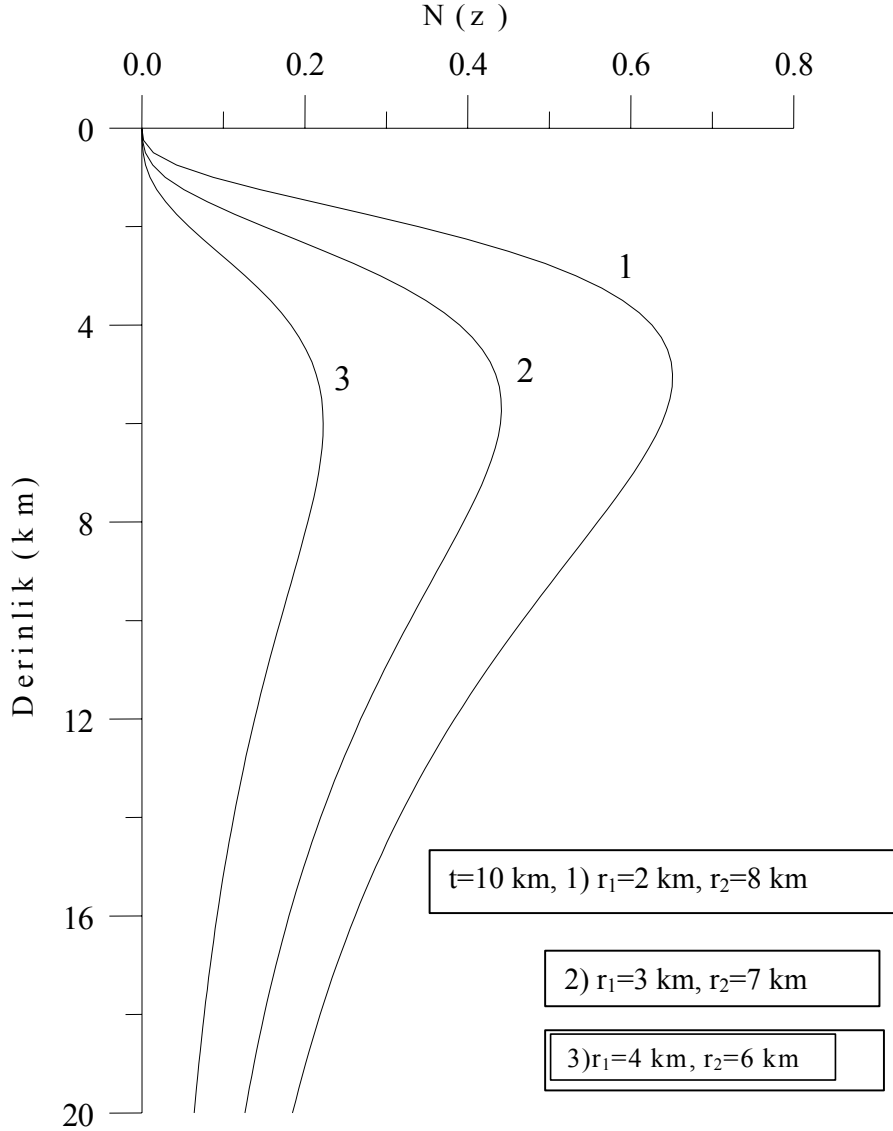
$$R(g) = \frac{1}{r_2 - r_1} \left(\frac{1}{n} \{g_1(r_1) + g_2(r_1) + \dots + g_n(r_1)\} - \frac{1}{m} \{g_1(r_2) + g_2(r_2) + \dots + g_m(r_2)\} \right) \quad (2)$$

şeklinde açabiliriz. Bu fonksiyon genelde ortalama gradyan olarak bilinmektedir. $R(g)$ fonksiyonun özelliklerini sayısal yöntemlerle belirlemek mümkündür. Bu yöntemde $R(g)$ fonksiyonunun özelliklerinden biri kütleyle duyarlık,

$$N(z) = \frac{z^3}{(z^2 + r_1^2)^{3/2}} - \frac{z^3}{(z^2 + r_2^2)^{3/2}} \quad (3)$$

denklemleri ile hesaplanmaktadır (Andreev ve Klushin, 1962). Şekil 1'de Saxov-Nygaard yönteminde kütleyle duyarlık fonksiyonunun derinliğe bağlı olarak değişimi gösterilmiştir. Hesaplamalar $r_1 + r_2 = t$ şartını sağlayan değişik yarı çaplar için yapılmıştır. Bu yöntemle elde edilen SN varyasyon alanlarında, derinlik artarken önce kütleyle duyarlık artmakta, daha

sonra azalmakta ve belli bir derinlikten sonra sabit kalmaktadır. Ayrıca grafikten t sabit kalmak şartıyla iç dairenin yarıçapı büyüdükçe (veya dış dairenin yarıçapı küçüldükçe) kütleye duyarlılığın azaldığı görülmektedir. Fakat derinlik etkisi yaklaşık olarak sabit kalmaktadır. Bu grafikten Saxov-Nygaard anomalilerinin ampirik olarak $z = 0.5t - 0.7t$ derinliği civarındaki etkilerden kaynaklandığı görülmektedir (Maden, 1998).



Şekil 1. Saxov-Nygaard yönteminde kütleye duyarlık fonksiyonunun derinliğe bağlı olarak değişimi

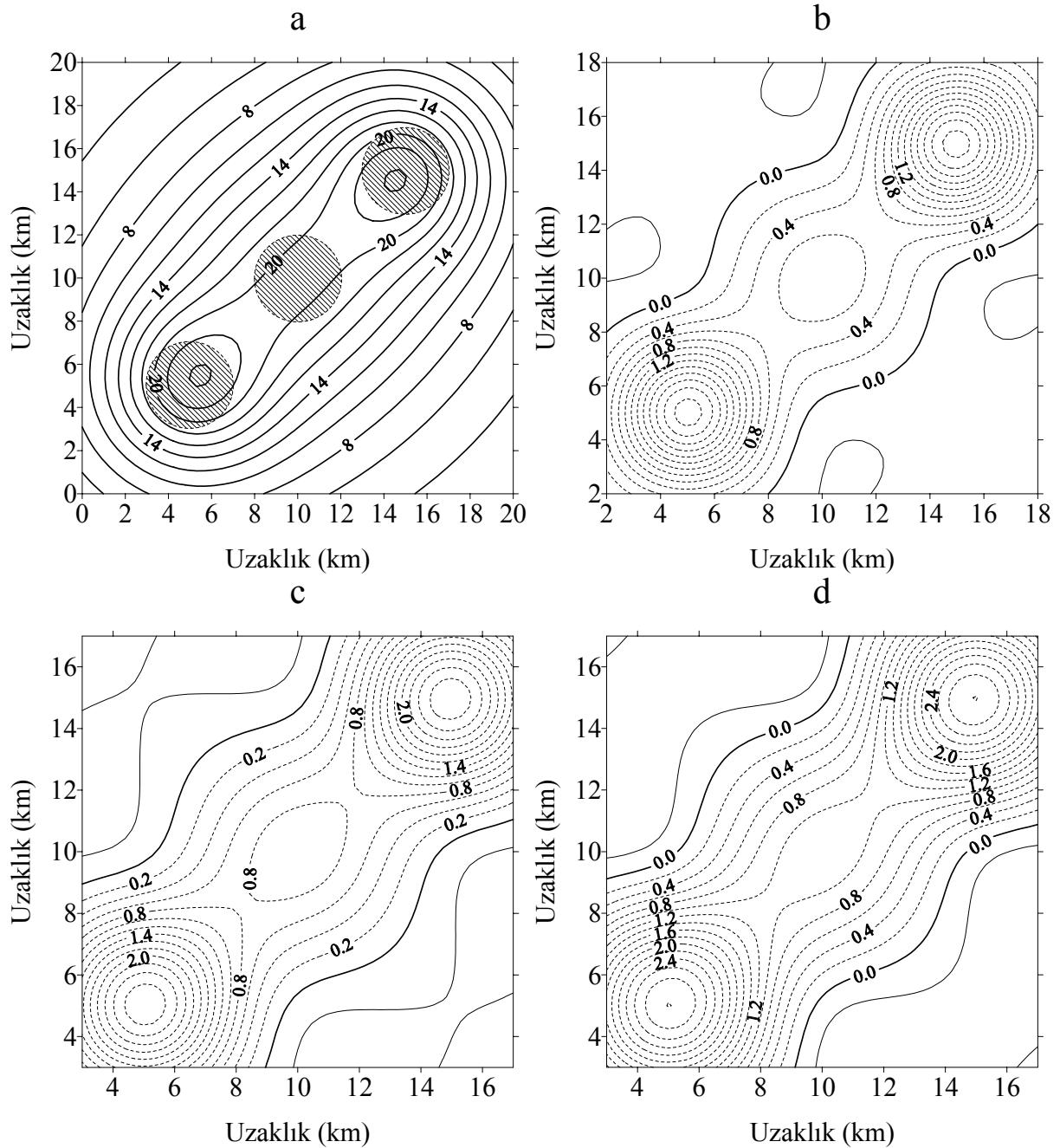
3. MODEL VERİLERİNİN SN YÖNTEMİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Saxov-Nygaard yöntemi saha verilerine uygulamadan önce değişik jeolojik modeller üzerinde denenmiştir. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar, arazi verilerinin yorumuna katkı sağlayacaktır. Bu bölümde yapılan model çalışmalarının varyasyon değerleri, 3B ve 2.5B cisimlerle oluşturulan modellerin 2 boyutlu gravite alanlarından hesaplanmıştır. Modellemelerde küre, prizma, antiklinal ve fay gibi modeller kullanılmıştır.

Birçok araştırmacı modelleme üzerinde çalışmış ve yukarıda sözü edilen cisimlerin gravite alanını veren formüller çıkarmışlardır. Bu formüller yardımıyla cisimlerin gravite anomalilerini hesaplayan bilgisayar programları yazılmış ve kullanılmıştır. Hesaplanan

gravite alanından hareketle SN varyasyon alanlarını hesaplayan ayrı bir bilgisayar programı yazılmıştır. Bu programlarla değişik cisimlerin varyasyon eğrileri incelenerek, saha verilerinin yorumuna yardımcı olabilecek sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır.

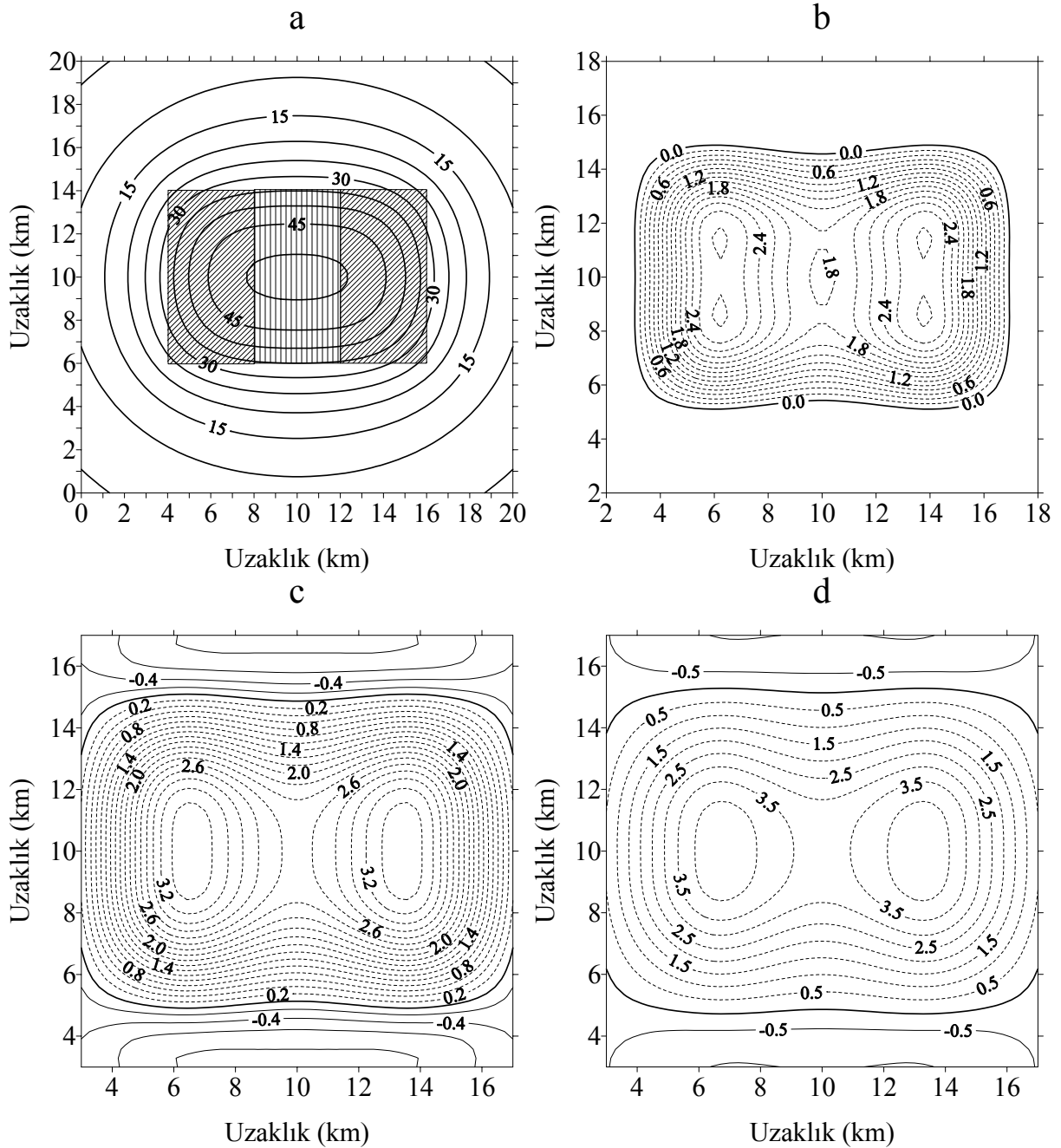
Şekil 2’de yeraltına üç tane küre şekilli cisim konularak oluşturulan modelin 0.2 km grid aralıklı 41x41 km’lik bir alanda hesaplanmış gravite alanından değişik yarıçap değerleri kullanılarak belirlenmiş SN varyasyon alanları görülmektedir. Modelde birinci cisim (5, 5, 5) km, ikinci cisim (15, 15, 5) km koordinatlarında yer almıştır. Bu iki cisim de 2 gr/cm³ yoğunluğa sahiptir. Üçüncü cismin merkezi bu iki cismin merkezlerini birleştiren doğrunun tam orta noktasındadır. 2 km yarıçapa ve 3.5 gr/cm³ yoğunluğa sahip olan bu cisim (10, 10, 7.5) km koordinatına yerleştirilmiştir. Bu üç cismin gravite alanı hesaplandığında



Şekil 2. Küre şekilli üç cisme ait gravite alanı (a) ve değişik yarıçaplar kullanılarak hesaplanmış SN varyasyon alanları (b), $r_1=1$, $r_2=2$, c) $r_1=1$, $r_2=3$, d) $r_1=2$, $r_2=3$

derinde olan cismin etkisi diğer iki yanındaki cisimler tarafından örtülmektedir. Bu gravite alanından değişik yarıçaplar kullanılarak elde edilen SN varyasyon alanlarında cisimlerin merkezleri üzerinde köşelere yakın yerlerde, yüzeye yakın cisimler sebebiyle iki nispi maksimum anomali ve bunların ortasında derin cismin etkisi sebebiyle daha düşük genlikli bir diğer nispi maksimum anomali görülmektedir. Yarıçap değerlerinin artışıyla SN varyasyon alanlarında genlik artmakta, anomali genişlemekte ve ortadaki cismin etkisi daha belirginleşmektedir. Buna karşın kenarlardan veri kaybolmaktadır (Şekil 2 b, c, d).

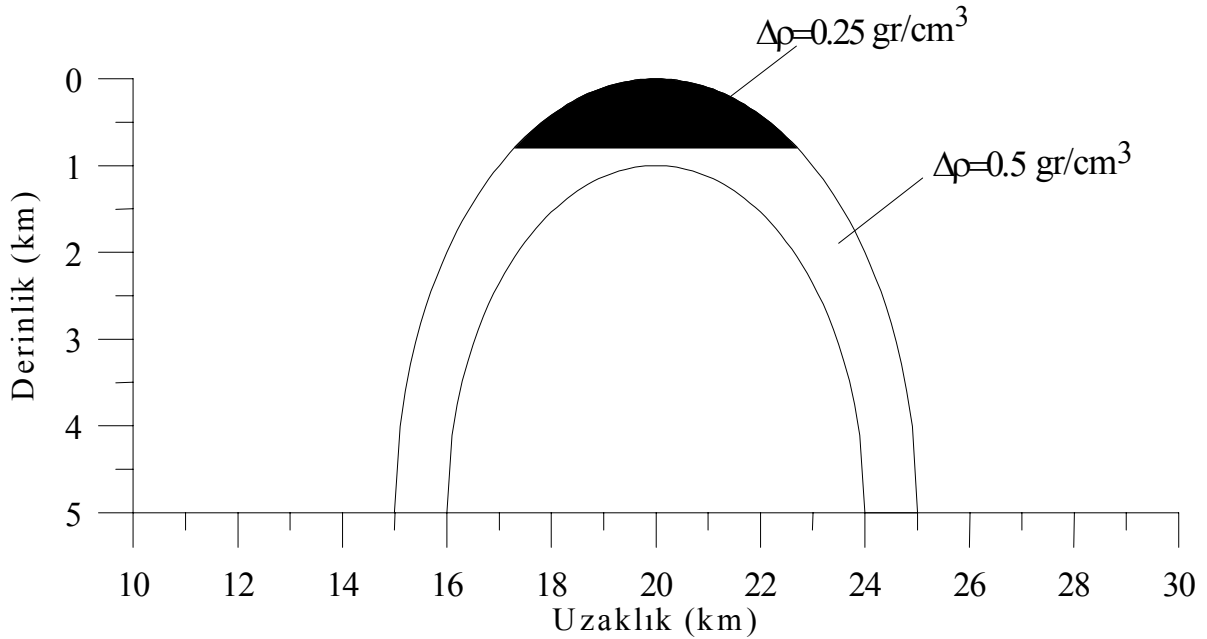
Şekil 3 a'da yan yana farklı yoğunluklu dikdörtgen şeklinde üç kütleyle ait gravite alanı, 0.2 km aralıkla 101x101 grid aralığı için hesaplanan gravite anomalisi görülmektedir. Cisimlerden iki yandakiler 0.5 gr/cm^3 ve ortadaki 0.4 gr/cm^3 yoğunlukludur. Modelde cisimler yeryüzünden 1.5 km aşağıdan başlayarak 10 km derinliğe kadar inmektedirler.



Şekil 3. Prizma şekilli değişik yoğunluklu cisimlerin gravite alanı (a) ve değişik yarıçaplar kullanılarak hesaplanmış SN varyasyon alanları (b), $r_1=1, r_2=2$, c) $r_1=1, r_2=3$, d) $r_1=2, r_2=3$

Modelin gravite alanına bakıldığında tek bir maksimuma sahip bir kapanım vermektedir. SN varyasyon alanlarında ortadaki cisim daha düşük yoğunluğa sahip olduğundan daha düşük bir nispi minimumla kendini göstermektedir. İki yandaki cisimler ise ortadaki cisme göre daha yüksek yoğunluklu olması sebebiyle nispi maksimum bir anomali vermektedir (Şekil 3 b, c, d). Direkt arama yöntemleri haznenin bulunduğu ortamın fiziksel özelliklerinin farklı olması esasına dayanmaktadır. Hazne bölgesinde, hazne kayaç içerisinde petrol olması durumunda yoğunlukta $0.10-0.15 \text{ gr/cm}^3$ azalma meydana gelmektedir. Hazne yapılarına ait anomalilerin bulunup ayırt edilmesi, başlangıç verilerinin yüksek duyarlılıkla ölçülmesini ve detaylı incelenmesini gerektirmektedir. Uygulamada bu işlemler için gravite ölçüm duyarlılığının $0.03-0.05 \text{ mGal}$ ve daha büyük olması gerekmektedir. Bu duyarlılıkta gravite ölçümleri amaca ve arazi şartlarına bağlı olarak $100-500$ metre aralıklarda alınmalıdır.

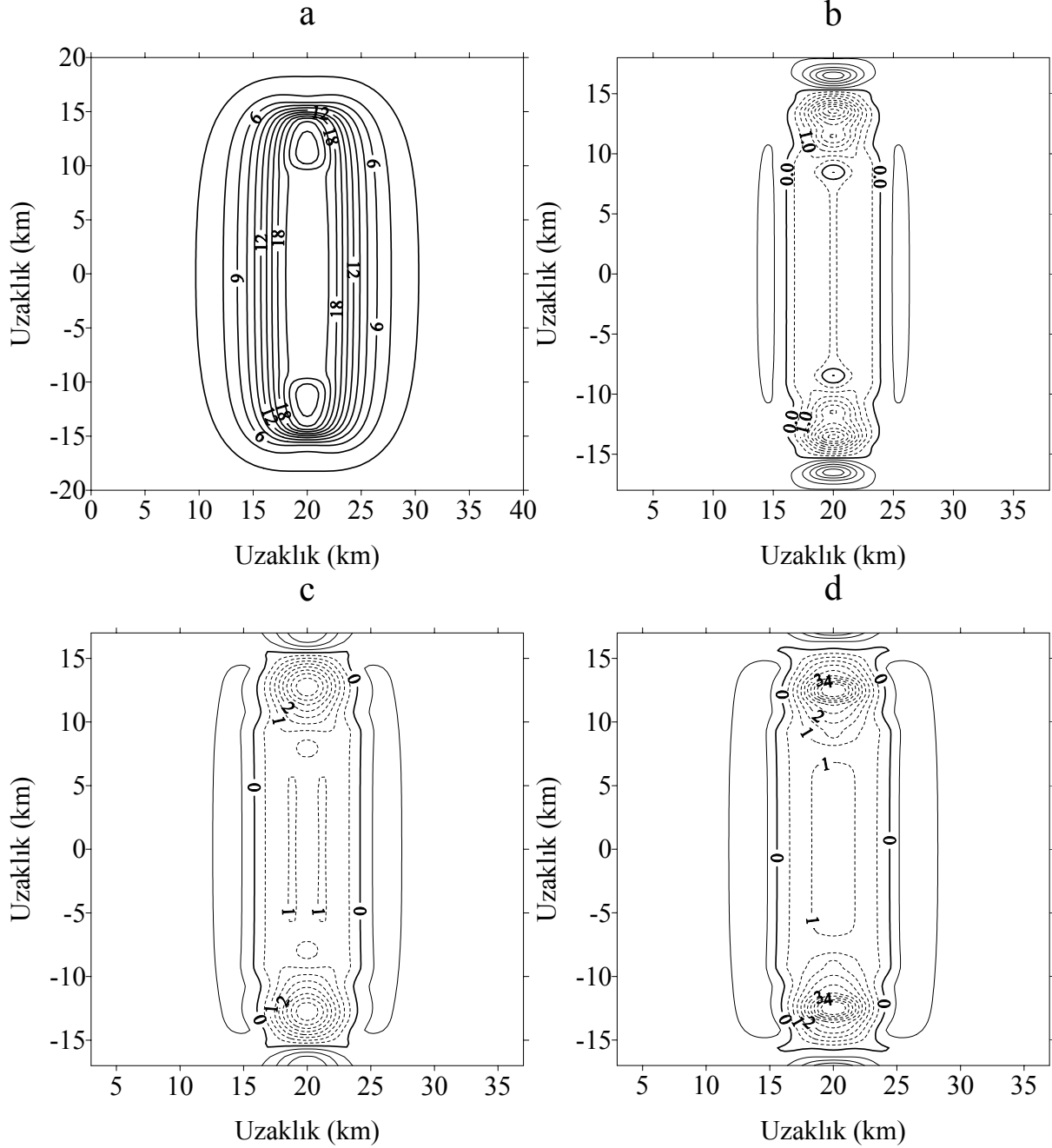
Şekil 4'de bir antiklinal yapı modelinin düşey kesiti ve haznenin konumu görülmektedir. Hazne yoğunluğu 0.25 gr/cm^3 , haznenin bulunduğu ortamın yoğunluğu ise 0.5 gr/cm^3 alınmıştır. Antiklinalin genişliği 10 km ve uzunluğu 30 km olarak alınmıştır. Antiklinalin tepesi üzerindeki haznenin genişliği 5 km , uzunluğu ise 10 km 'dir. Modelin hesaplanan gravite alanında hazne yapısını gösterecek hiçbir anomali değişimi gözlenmemektedir (Şekil 5 a). Gravite alanının değişik artım aralıkları için, varyasyon alanları hesaplandığında, antiklinal üzerindeki nispi maksimum kapanımın ortasında hazne etkisiyle bir nispi minimum kapanımın yerleştiği görülmektedir (Şekil 5 b, c, d).



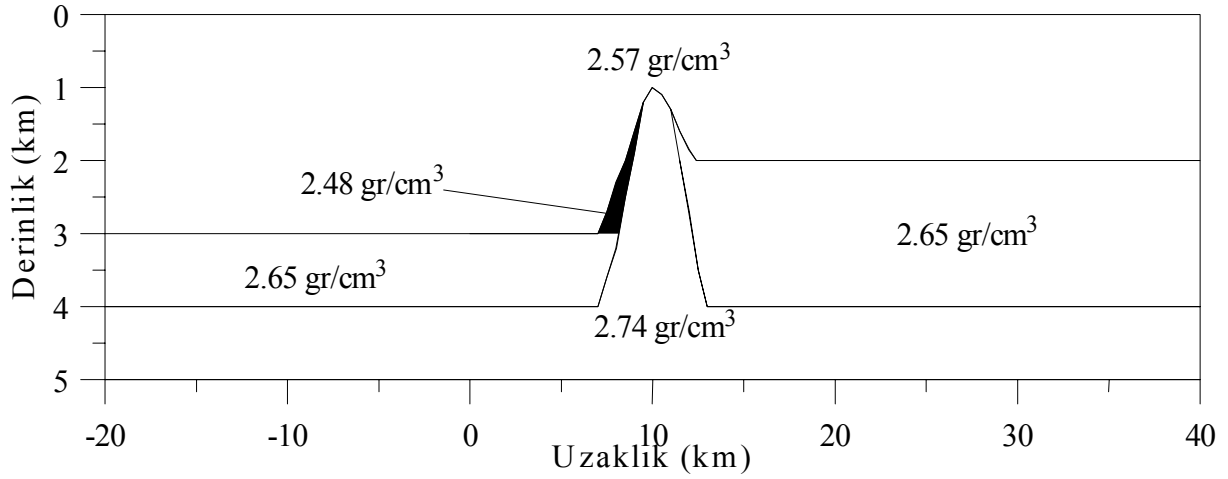
Şekil 4. Antiklinal bir yapı modelinin düşey kesiti ve haznenin konumu

Şekil 6'da yoğunlukları model üzerinde belirtilen tabakalı bir yer modeli gösterilmiştir. Modelde en üstte 2.57 gr/cm^3 yoğunluklu bir tabaka bulunmaktadır. Bunun altında 2.65 gr/cm^3 ve 2.74 gr/cm^3 yoğunluklu tabakalar yukarı doğru sokulum yapmışlardır. Bu sokulumun sol kanadı üzerine 2.48 gr/cm^3 yoğunluklu hazne konulmuştur. Gravite alanında alttaki tabakaların yukarı doğru yükselimi sebebiyle maksimum değerler elde edilmektedir (Şekil 7 a). Ancak, haznenin varlığını gösterecek bir gravite düşüşü gözlenmemektedir. Değişik artım aralıkları için elde edilen varyasyon alanlarında tabakalı model yapısında alttan daha yüksek yoğunluklu bir kütlelenin sokulum yapması sebebiyle nispi maksimum bölge

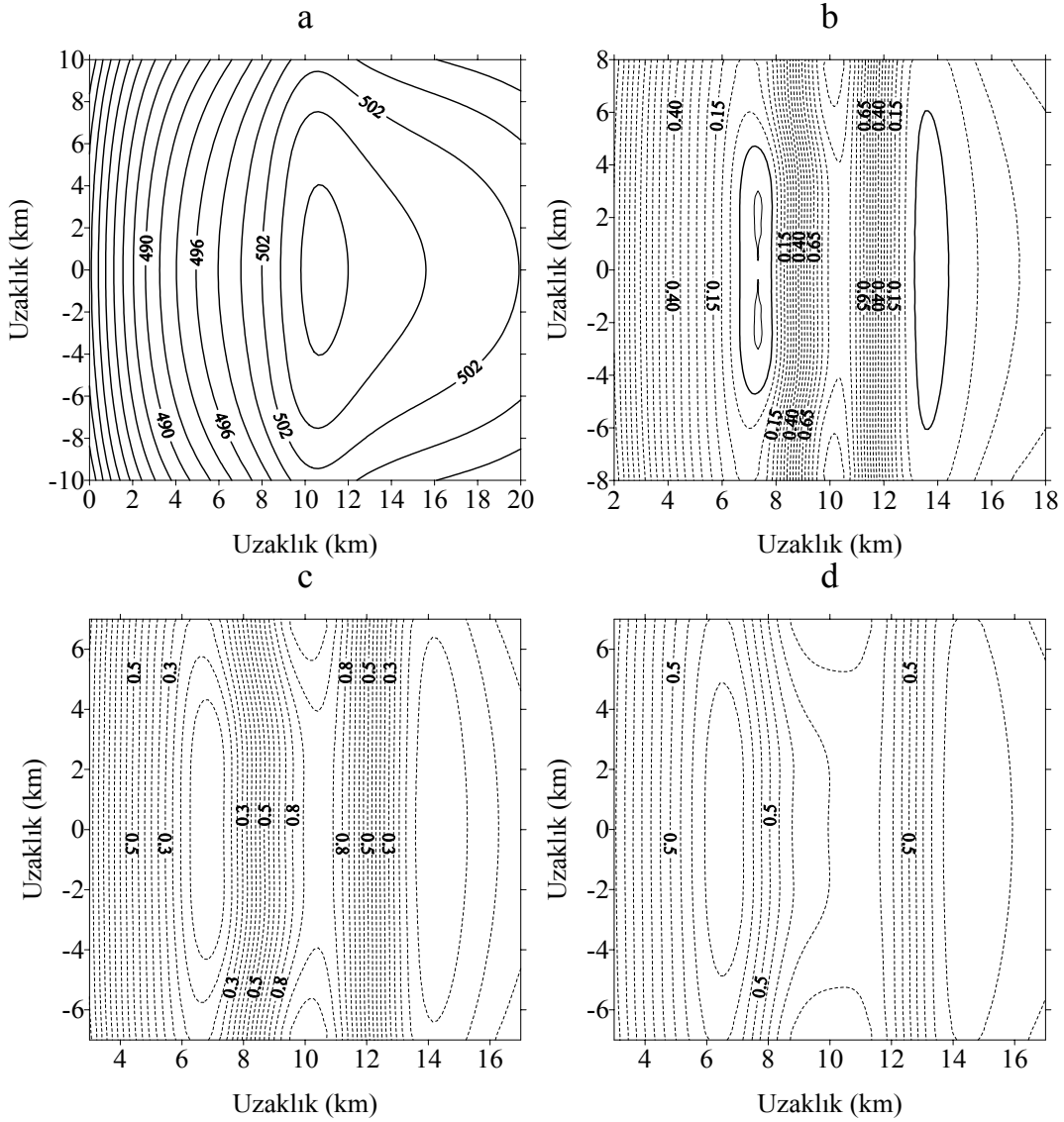
görülmektedir. Ayrıca, yukarı doğru sokulum yapan 2.68 gr/cm^3 yoğunluklu tabaka üzerindeki hazne sebebiyle nispi maksimum anomali yanında maksimum anomali değerlerini düşürmeye çalışan bir de nispi minimum anomali bölgesi görülmektedir (Şekil 7 b, c, d).



Şekil 5. Şekil 4'de gösterilen hazne antiklinal modelin gravite alanı (a) ve değişik yarıçaplar kullanılarak hesaplanmış SN varyasyon alanları (b), $r_1=1, r_2=2$, c) $r_1=1, r_2=3$, d) $r_1=2, r_2=3$



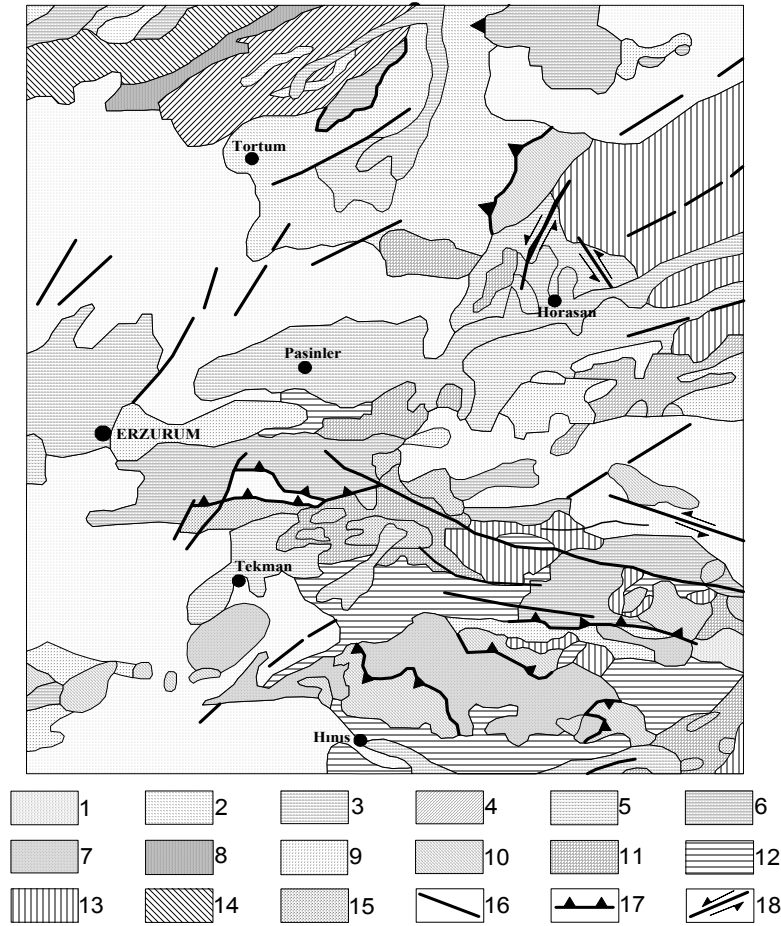
Şekil 6. Hazne içeren tabakalı bir yer yapısının düşey kesitinin görünümü

Şekil 7. Şekil 6'da gösterilen tabakalı yer yapısının gravite alanı (a) ve değişik yarıçaplar kullanılarak hesaplanmış SN varyasyon alanları (b), $r_1=1$, $r_2=2$, c) $r_1=1$, $r_2=3$, d) $r_1=2$, $r_2=3$

4. ARAZİ VERİLERİNİN SN VARYASYON YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

İnceleme alanı Doğu Anadolu'nun kuzeyinde yer almakta ve Erzurum, Horasan, Pasinler olmak üzere üç ayrı havzayı kapsamaktadır. Çalışma alanının büyük kısmında topografya düz olup sadece güney ve kuzey kenarlarında engebeldir. Bölgede yapılan çalışmalar petrol açısından perspektif bir bölge olduğunu ortaya koymuştur. Bölgenin jeoloji haritası Şekil 8'de gösterilmektedir (Aydın vd., 1995).

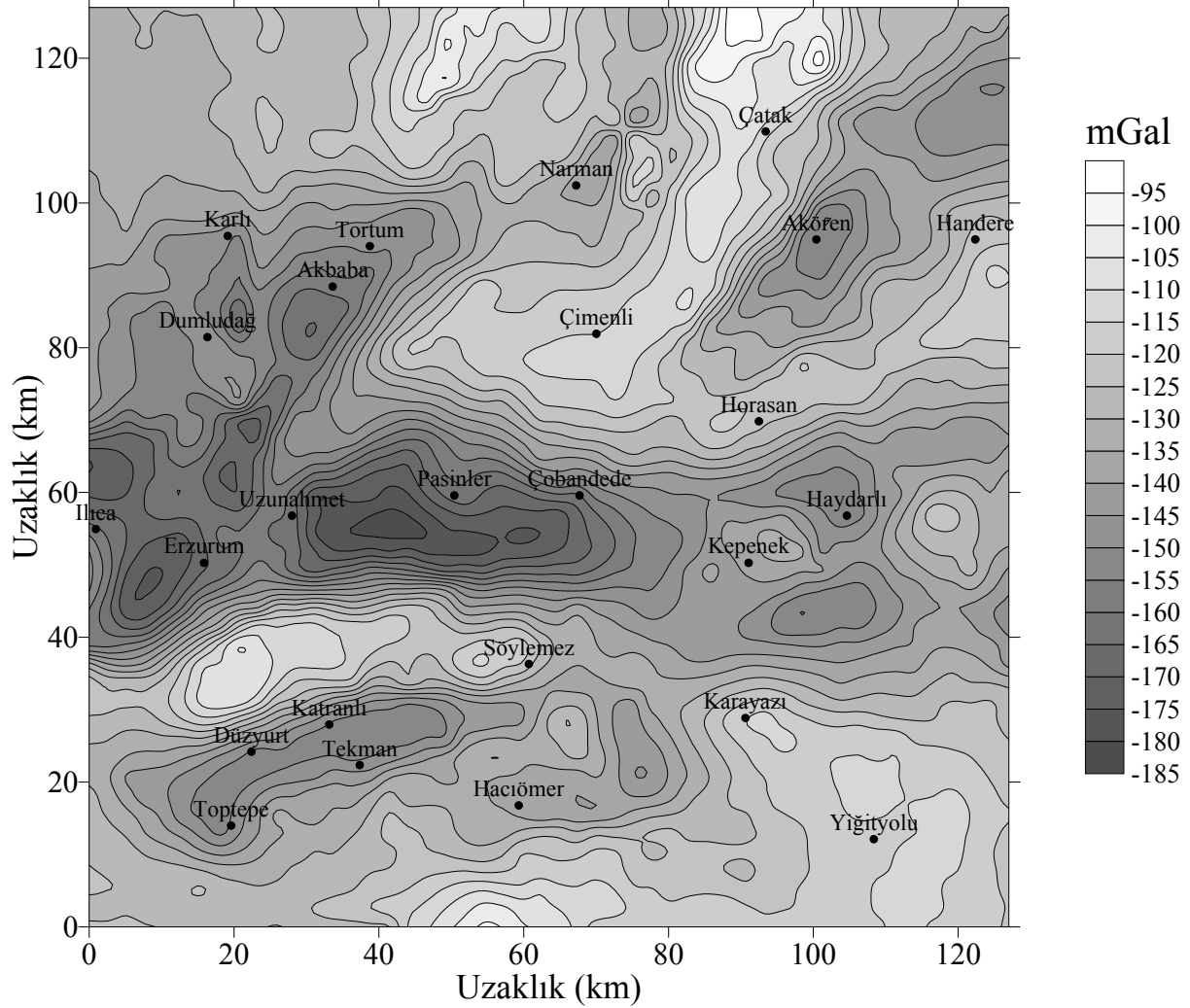
Bölgede detaylı gravite çalışmaları MTA ve TPAO tarafından yapılmış olup, toplam 2138 noktada gravite ölçümü alınmıştır. Nokta aralıkları 500 metre ve ölçümler 0.01 mGal duyarlıkla toplanmıştır. Ölçü değerlerine gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra 1 km grid aralıklı Bouguer gravite değerleri elde edilmiştir. Bölgenin Bouguer gravite haritası Şekil 9'da gösterilmiştir. İki harita birlikte incelenirse, yüzey jeolojisiyle gravite anomalisi arasında bire-bir uyum gözlenmemektedir (Şekil 8 ve Şekil 9). Bu nedenle bölgenin gravite anomalisi tam olarak yüzey jeolojisini yansıtmamakta, gravitedeki asıl değişim, daha çok yer altı yapısından ileri gelmektedir.



Şekil 8. Bölgenin jeoloji haritası 1. Pliyosen: Karasal volkanikler; 2. Eosen: Evaporitli sedimentler; 3. Kuvaterner; 4. Mesozoyik: Denizaltı volkanikli filiş veya vahşi filiş; 5. Pliyosen; 6. Üst Kretase: Denizaltı volkanikli filiş veya vahşi filiş; 7. Prekambriyen: Yeşil şist; 8. Alt Kretase; 9. Eosen: Bindirmeli, ekaylı filiş benzeri litoloji; 10. Bazaltit ve Ultrabazaltitler; 11. Miyosen: Sediment ara katkılı denizaltı volkanikleri; 12. Neojen; 13. Pliyo-Kuvaterner; 14. Jura-Kretase; 15. Oligosen; 16. Tanımlanmamış fay; 17. Ters veya bindirme fayı; 18. Doğrultu atımlı fay

Bouguer anomali haritasında görülen basamak şekilli yapıların faylardan ileri geldiği düşünülmektedir. Bu yapılar daha çok doğu-batı ve kuzeydoğu doğrultulu olarak uzanmaktadır. Basamak şekilli yapılar jeoloji haritasındaki fay doğrultularıyla çakışmaktadır. Basamak şekilli yapılar arasında daha çok sabit değerler içeren yapıların ise tortul havzaları belirttiği düşünülmektedir. Tortul havzalar, Bouguer gravite haritalarında negatif anomaliler vermektedir. Bu anomaliler içerisindeki küçük değişimler Bouguer gravite haritasında belirgin değildir.

Çalışma alanı gravite verilerine, petrol haznelerinin bulunabileceği 2-4 km derinlik aralıkları için yukarıdaki kriterler altında, değişik yarıçaplar kullanılarak SN dönüşümü uygulanmıştır. Elde edilen rezidüel gravite anomali haritaları, bölgenin petrol-gaz içerebilirliği açısından değerlendirilmiştir. Bunun için $z/t=2-4$ km değerleri için yarıçaplar toplamı $t=3-6$ km alınarak SN varyasyon değerleri hesaplanmıştır.

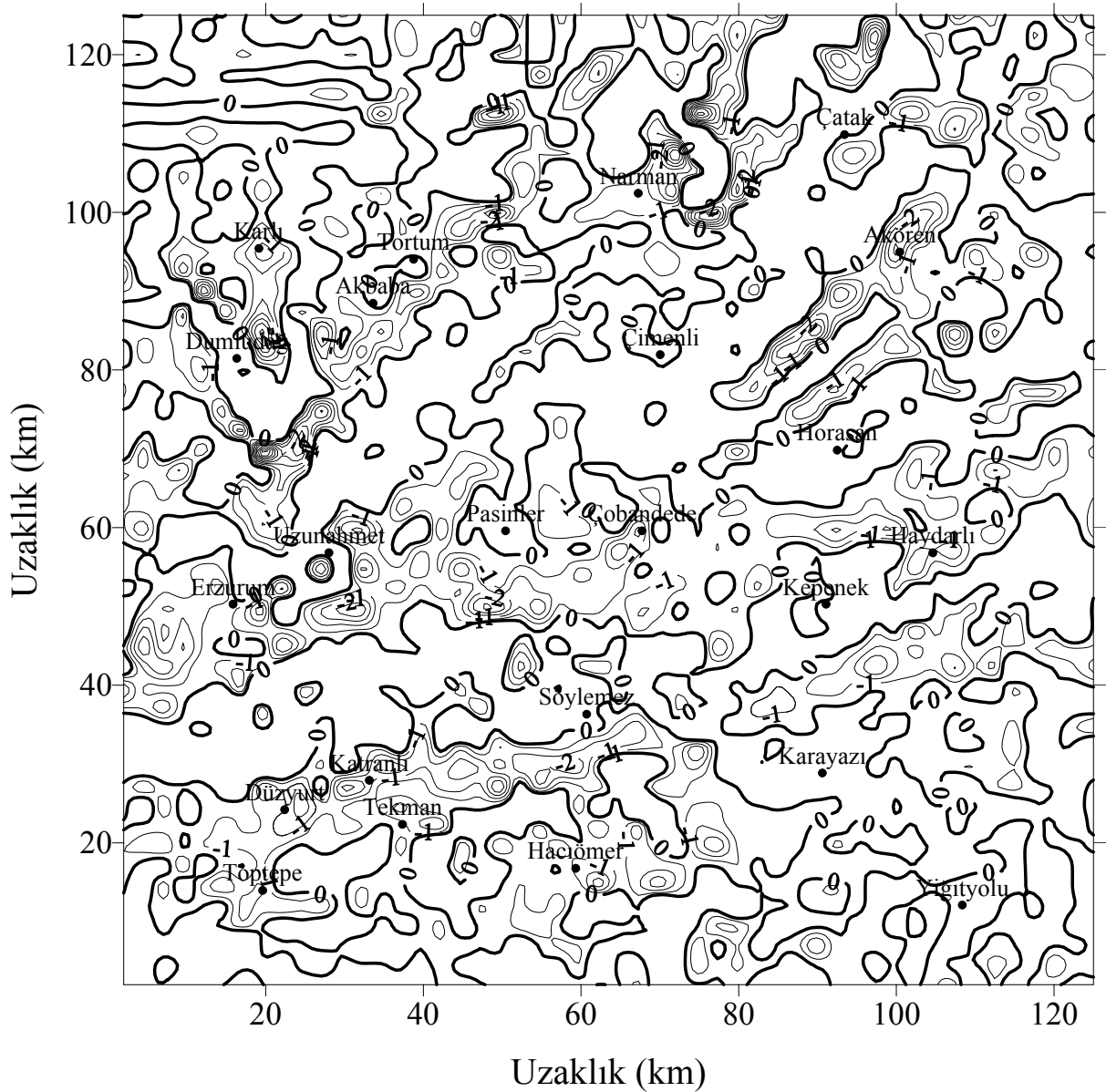


Şekil 9. Çalışma alanının Bouguer gravite anomali haritası (Kontur aralığı 5 mGal'dir)

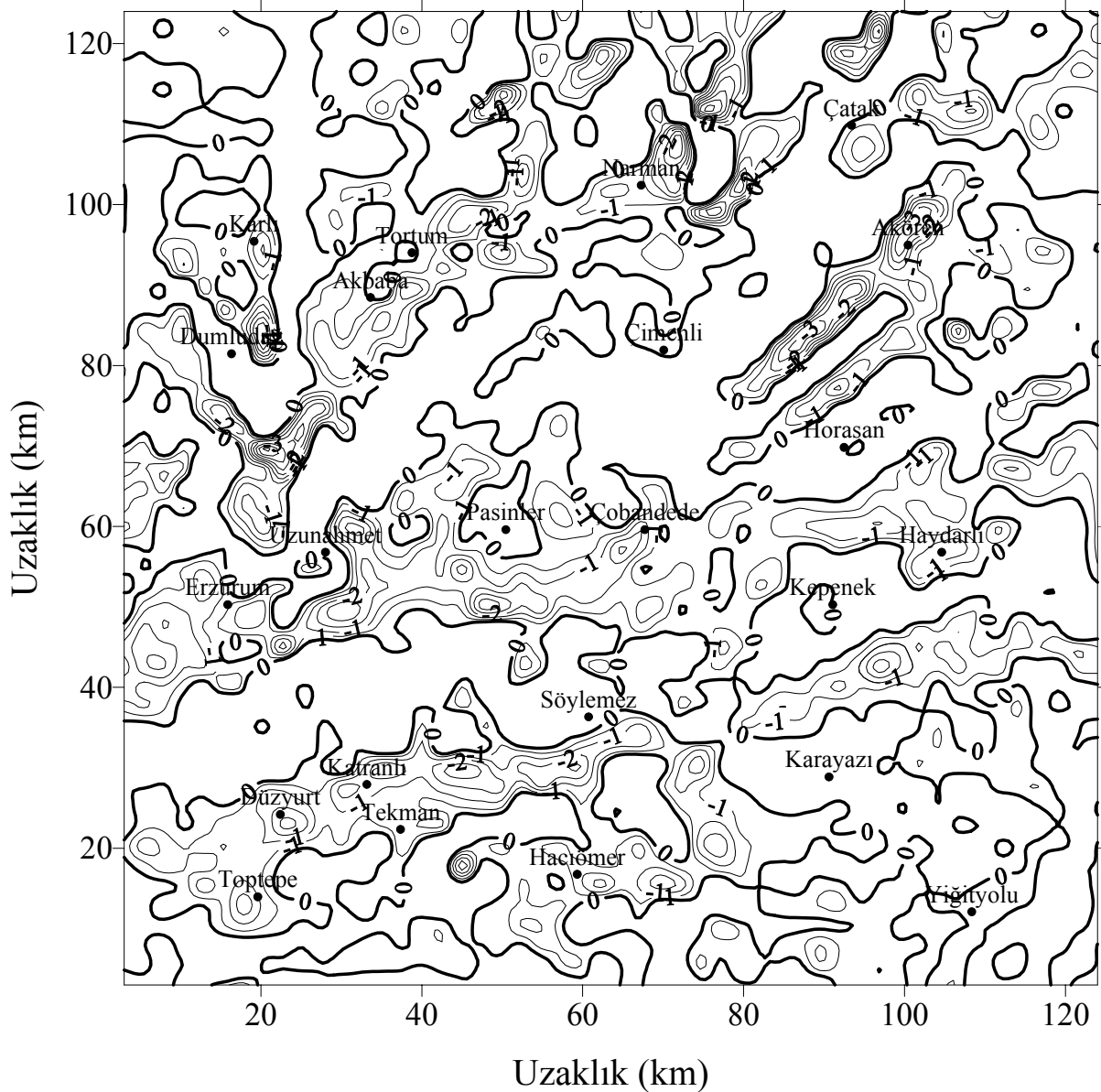
Şekil 10'da $r_1=1$ ve $r_2=2$, Şekil 11'de $r_1=1$ ve $r_2=3$ ve Şekil 12'de $r_1=2$ ve $r_2=3$ yarıçapları kullanılarak hesaplanmış SN varyasyon alanları görülmektedir. Bu varyasyon alanları yaklaşık olarak 1.8-3.0 km derinlikleri civarındaki yeraltı yapısının etkilerine karşılık gelmektedir. Varyasyon haritasındaki minimum anomalilere fayların veya dokunak sınırlarının sebep olduğu model çalışmalarına dayanılarak söylenebilir. Minimum bölgeler içinde gözükten derin nispi minimumlar daha düşük yoğunluklu yapılardan (petrol, gaz) kaynaklanabilir. Her üç varyasyon alanı haritasında Pasinler ve Horasan maksimum bölge içerisinde kalırken Kafranli, minimum bölge içinde yer almaktadır. Dolayısıyla Horasan ve

Pasinler'de yoğunluk düşüğü oluşturacak bir jeolojik yapı yoktur diyebiliriz. Varyasyon alanlarında yarıçaplar artarken anomalilerde yüzeysel etkiler kaybolmakta ve minimumlar içindeki nispi minimumlar daha derinleşmekte ve genişlemektedirler.

Her üç varyasyon alanına genel olarak bakıldığında minimum varyasyon alanlarının doğu-batı ve kuzeydoğu doğrultulu, maksimum varyasyon alanlarının ise her üç doğrultu (doğu-batı, kuzeydoğu ve kuzeybatı) boyunca uzandıkları görülmektedir. Bu nedenle bölgenin tektonik hatlarının bu doğrultular boyunca sıralandığı söylenebilir. Yani, bölgenin Bouguer gravite anomalisinde değişimlere sebep olan yapıların bu üç doğrultu boyunca uzandığı, bölgenin tektoniğini bu doğrultularda uzanan kırık sistemlerinin kontrol ettiği ortaya çıkmaktadır.



Şekil 10. Bouguer gravite haritasının $r_1=1$ ve $r_2=2$ yarıçapları kullanılarak hesaplanmış SN varyasyon haritası (Kontur aralığı 0.5 mGal/km² dir)



Şekil 11. Bouguer gravite haritasının $r_1=1$ ve $r_2=3$ yarıçapları kullanılarak hesaplanmış SN varyasyon haritası (Kontur aralığı 0.5 mGal/km'dir)

5. SONUÇLAR

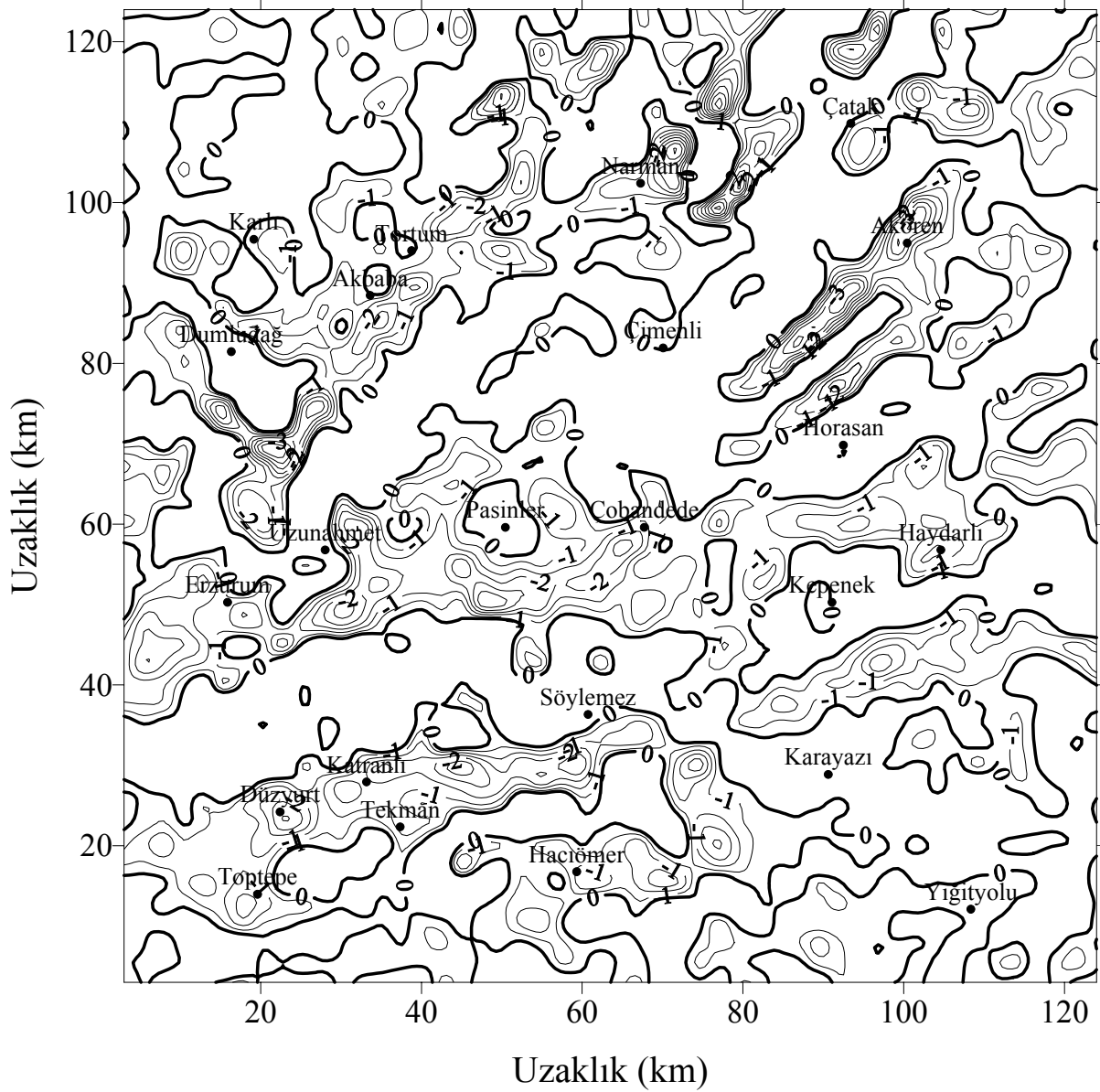
Model ve arazi çalışmalarına yöntem uygulandıktan sonra aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

Saxov-Nygaard varyasyon yöntemi küçük yoğunluk değişimleri sebebiyle Bouguer gravite anomalilerinde gözle görülemeyen değişimleri iyi bir şekilde ortaya çıkarmaktadır.

Kütlelerin derinlikleri hakkında doğrudan bilgi elde edilmektedir.

Fay ve hazne yapıları yoğunluk düşüşü sebebiyle SN varyasyon alanlarında nispi minimumlar verirken, antiklinal ve intrüzyon gibi yükselimler nispi maksimumlar vermektedir.

İncelenen alanda SN yöntemiyle değişik yarıçap değerleri kullanılarak Erzurum-Horasan-Pasinler havzalarını kapsayan bölgenin Bouguer gravite değerlerinin varyasyon alanları hesaplanmıştır. Elde edilen anomalilerin, SN yöntemi kütleyle duyarlık fonksiyonunun



Şekil 12. Bouguer gravite haritasının $r_1=2$ ve $r_2=3$ yarıçapları kullanılarak hesaplanmış SN varyasyon haritası (Kontur aralığı 0.5 mGal/km'dir)

derinliğe bağlı olarak çizilmiş grafiğinden ampirik olarak çıkarılmış $z = 0.5t - 0.7t$ bağıntısı kullanılarak, yaklaşık 1.5-3.0 km derinlikteki yapıların gravite anomalilerine karşılık geldiği belirlenmiştir (Şekil 1). Varyasyon alanlarında nispi minimum anomaliler jeoloji haritasında gösterilen fayların üzerlerine düşmektedir. Ancak, jeoloji haritasında fay olmayan yerlerde de varyasyon alanları minimum ve maksimum anomaliler vermektedir.

Varyasyon alanlarındaki nispi minimum ve maksimum anomaliler üzerleri örtülmüş yüzeyden görülmeyen fay, kıvrım veya yüzeye doğru sokulum yapmış intrüzyonlar sebebiyle oluşmaktadır.

Havzada belirlenen nispi minimum ve maksimumlar DB, KD ve KB olmak üzere üç doğrultuda uzanmaktadır. Bu minimum ve maksimum bölgeler aynı yönde gelişmiş kırık sistemleri etkisiyle oluşmuşlardır. Minimum bölgeler yoğunluk düşüşüne karşılık geldiğinden tortullarla dolmuş bir çöküntü alanına (graben), maksimum bölgeler ise buna eşlik eden bir horsta karşılık gelmektedir.

Bölgenin jeoloji haritasında Tekman-Horasan arasında GD-KB uzanımlı olarak görülen kırık sistemi SN varyasyon anomali haritalarında sağ alt köşede sıfır konturlarıyla sınırlanmış olarak Söylemez-Karayazı boyunca uzanmaktadır (Şekil 10, 11 ve 12).

Bu yöntemle belirlenen yoğunluk azalımı olan yerlerin doğrudan fay veya hazne yapılarına bağlı olduğunu söylemek her zaman mümkün değildir. Bu nedenle eldeki sonuçların manyetik, sismik, kuyu logu, jeokimyasal ve jeolojik yöntemlerle bir arada yorumlanması gerekir.

Hızlı ve kolay uygulanabilen SN varyasyon yöntemi, petrol-gaz arama amaçlı sismik çalışmalarda, kuyu yerlerinin belirlenmesinde ön etüt olarak kolaylıkla kullanılabilir. Buradan elde edilen sonuçların iki ve üç boyutlu sismik kesitlerle korelasyonunun yapılması sonuçların güvenilirliğini artıracaktır.

KAYNAKLAR

- Andreev B.A., Klushin I.G. (1962): "Geological Exploration of Gravity Anomalies", Gostoptekhizdat, Leningrad.
- Aydın M., Şahintürk Ö., Erbay C., Gülek A., İllez İ. (1995): "Aşkale-Pasinler-Horasan Proje Raporu", TPAO Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Blakely R.J. (1995): "Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications", Cambridge Univ. Press.
- Elkins, T.A. (1951): "The Second Derivative Method of Gravity Interpretation", Geophysics, 16: 29-50.
- Griffin W.R. (1949): "Residual Gravity in Theory and Practice", Geophysics, 14: 39-50.
- Maden N. (1998): "Horasan-Pasinler-Havzası Gravite Alanının Andreev-Griffin, Saxov-Nygaard Yöntemleri Uygulanarak Yorumlanması (Model ve Arazi Çalışmaları)", KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Mallick K., Sharma K.K. (1999): "A Finite Element Method for Computation of the Regional Gravity Anomaly", Geophysics, 64: 461-469.
- Nettleton L.L. (1954): "Regional, Residual and Structures", Geophysics, 19: 1-12.
- Saxov S., Nygaard K. (1953): "Residual Anomalies and Depth Estimation", Geophysics, 17: 913-919.
- Skeels D.C. (1967): "What is the Residual Gravity?", Geophysics, 32: 872-876.