

GRAVİTE ANOMALİLERİNİN ANDREEV-GRİFFİN DEĞİŞİM YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Evaluation of Gravity Anomalies by Andreev-Griffin Variation Method

Nafiz MADEN*, Fahrettin KADIR* ve Kenan GELİŞLİ*

ÖZET

Petrol ve gaz rezervuarları ile madenlerin oluşturdukları gravite anomalileri çok küçük olduklarından, bunların incelenmesi için özel yöntemler kullanılmaktadır. Andreev-Griffin değişim yöntemi, yer altı jeolojik yapısının fiziksel özelliklerindeki (yoğunluk) küçük değişimler sebebiyle gravite alanlarında meydana gelen küçük farklılıkları ayırt etmek için kullanılan yöntemlerden birisidir. Fiziksel özelliklerin azalım gösterdiği yerlerde Andreev-Griffin yöntemi minimum anomali, yüksek gösterdiği yerlerde ise maksimum bir anomali vermektedir. Bu nedenle, ölçülmüş gravite alanından petrol ve gaz hazne yapılarının anomalilerini ayırmada kullanılacak bu yöntem model ve arazi verileri üzerinde denenmiş ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

ABSTRACT

The special methods have been used to evaluate gravity anomalies, since these anomalies caused by mines and hydrocarbon reservoirs is so small. Andreev-Griffin method is one of them in order to separate these small variations in the gravity fields owing to small changes of the physical properties (density) of the subsurface geological structure. Andreev-Griffin method shows the negative anomalies where the physical properties decrease and positive anomalies where the physical properties increase. For that reason, the anomaly separating method of the hydrocarbon reservoir structures and mines have been tested on the model and survey data.

GİRİŞ

Bouguer gravite anomalisinde, yeraltında değişik seviyelerdeki kütlelerden ileri gelen anomalilerin birbirlerinden ayrılması gerekir. Bölgesel-yerel (rejonel-rezidüel) ayrımı ile ilgili pek çok araştırmacı yıllardır çalışmaktadır (Elkins 1951, Nettleton 1954, Skeels 1967, Blakely 1995, Mallick ve Sharma 1999). Ancak bu ça-

lışmalarda rezidüel anomaliler ile bu anomalileri oluşturan kütlelerin derinlikleri arasındaki ilişki hep ihmal edilmiştir. Yıllardır gravite verilerinin yorumunda profil yöntemi veya yuvarlatma yöntemleri kullanıla gelmiştir. Bu yöntemlerle aynı alanda değişik kişiler tarafından farklı sonuçlar üretmek her zaman mümkündür. Bu makalede bölgesel anomalii yerel anomaliden

ayıran yöntemlerden biri olan Andreev-Griffin yöntemi (Andreev 1938, Griffin 1949, Andreev ve Klushin 1962, Mudretsova ve diğ. 1979) incelenerek model ve arazi verileri üzerinde denenmiştir.

ANDREEV-GRİFFİN DEĞİŞİM YÖNTEMİ

Andreev-Griffin (AG) yöntemi, Bouguer gravite verilerinden Rejyonal-Rezidüel anomali ayırımında kullanılan yöntemlerden birisidir. Andreev (1938), ilk kez jeolojik kesitteki yoğunluk değişmelerini ortaya çıkarmak amacıyla bir profil boyunca alınmış yüksek duyarlılıktaki gravite verilerinden,

$$\delta\Delta g(x,r) = \Delta g(x) - \frac{\Delta g(x+r) + (\Delta g(x-r))}{2} \quad (1)$$

bağıntısıyla değişim hesaplamayı teklif etmiştir. Burada r değişim hesaplama aralığını göstermekte olup, bölgenin jeolojik durumuna, anomalinin karakterine bağlı olarak seçilir ve ölçüm aralığının birkaç katı olabilir ($r = n\Delta x$, $n=1,2,3,\dots,10$). Daha sonraları bu yöntem iki boyutlu alanlar için genelleştirilmiştir (Griffin 1949). Koordinat başlangıcı, değişimi hesaplanacak noktaya yerleştirildiğinde, iki boyutlu alan için değişim değeri,

$$\delta\Delta g = g(0) - \bar{g}(r) \quad (2)$$

formülüyle bulunmaktadır. (2) denkleminde elde edilen değerler pratikte rezidüel anomali olarak bilinir. Burada $g(0)$ değişim hesaplanacak noktanın gravite değeri ve $\bar{g}(r)$ ise,

$$\bar{g}(r) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} g(r,\theta) d\theta \quad (3)$$

formülüyle verilmekte olup, $g(0)$ gravite değerli nokta merkez olmak üzere r yarıçaplı daire üzerindeki gravite değerlerinin ortalamasıdır.

Genelde $g(r,\theta)$ 'nin integrallenebilir şekli bilinmediğinden, araştırmacılar bazı sayısal yöntemler geliştirmişlerdir. Dahası sayısal yöntemler zaman bakımından da ekonomiktirler. Bu durumda $\bar{g}(r)$, r yarıçaplı dairenin çevresindeki sonsuz sayıda noktadaki değerlerin aritmetik ortalaması olarak alınabilir. Yani n adet noktadaki gravite değerlerinin aritmetik ortalaması,

$$\bar{g}(r) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n g_i(r) \quad (4)$$

bağıntısıyla hesaplanabilir.

Derinlikle AG eğrisindeki değişimin ilişkisi ile ilgili olarak yapılan değerlendirmeler sonucunda eğride artım aralığına bağlı olarak 0 ile 0.5r-0.7r aralığındaki kütlelerin etkisinin belirgin olarak gözlemediği onun dışında kütlelerin etkisinin görülmediği anlaşılmıştır (Andreev ve Klushin 1962, Maden 1998).

MODEL VE ARAZİ ÇALIŞMALARI

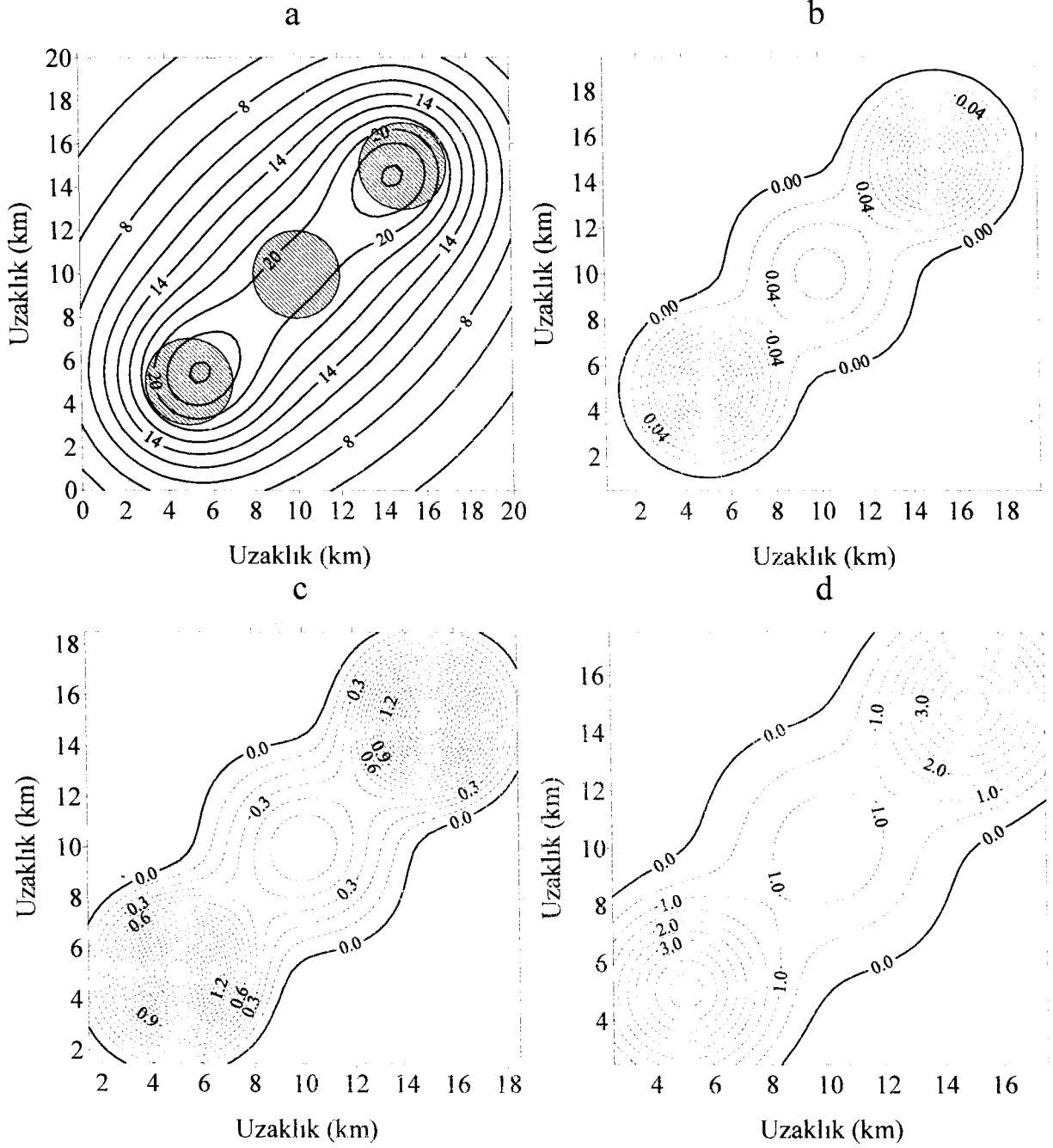
Direkt arama yöntemleri haznenin bulunduğu ortamın fiziksel özelliklerinin farklı olması esasına dayanmaktadır. Hazne bölgesinde; Hazne kayaç içerisinde petrol olması durumunda yoğunlukta 0.10-0.15 gr/cm³ azalma meydana gelmektedir (Nettleton 1976). Hazne yapılarına ait anomalilerin bulunup ayırt edilmesi, başlangıç verilerinin yüksek duyarlılıkla ölçülmesini ve detaylı incelenmesini gerektirmektedir. Uygulamada bu işlemler için gravite ölçüm duyarlılığının 0.03-0.05 mGal aralığında veya daha küçük olması gerekmektedir. Bu duyarlılıkta gravite ölçümleri amaca, arazi şartlarına, hedef kütlelerin büyüklüğüne ve derinliğine bağlı olarak 100-500 metre aralıklarda alınmalıdır.

Andreev-Griffin değişim yönteminin önce değişik jeolojik modeller üzerinde verdiği sonuçlar incelenmiştir. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar, arazi verilerinin yorumuna katkı sağlayacaktır. Modellemelerde prizma, küre, fay ve antiklinal gibi yapılar kullanılmıştır. Önce ele alınan yapıların gravite anomalileri teorik olarak hesaplanmıştır. Daha sonra bu gravite alanından hareketle cisimlerin AG değişim alanları incelenmiş ve ne tür bir davranış sergilediği gözlenmiştir. Buradan saha verilerinin yorumuna yardımcı olabilecek sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır.

Şekil 1'de üç tane küre şekilli cisim ile oluşturulan modelin gravite alanı ve bu alandan değişik artım aralıkları için hesaplanmış AG değişim alanları görülmektedir. Modelde birinci cisim (5, 5, 5 km), ikinci cisim (15, 15, 5 km) koordinatlarında yer almıştır. İki cisim de 2 km yarıçapa ve 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 hesaplan-

dışında derinde olan cismin etkisi diğer iki yanındaki cisimler tarafından örtülmekte ve anomali köşelere yerleşmiş iki maksimum ve ortada kıvrım yaparak kapanım vermektedir. Gravite alanından hesaplanan AG değişim

alanı haritasında cisimlerin merkezleri üzerinde yüzeye yakın cisimler sebebiyle büyük genlikli iki maksimum bölge ve bunların ortasında derin cismin etkisi sebebiyle daha düşük genlikli bir diğer maksimum bölge görül-



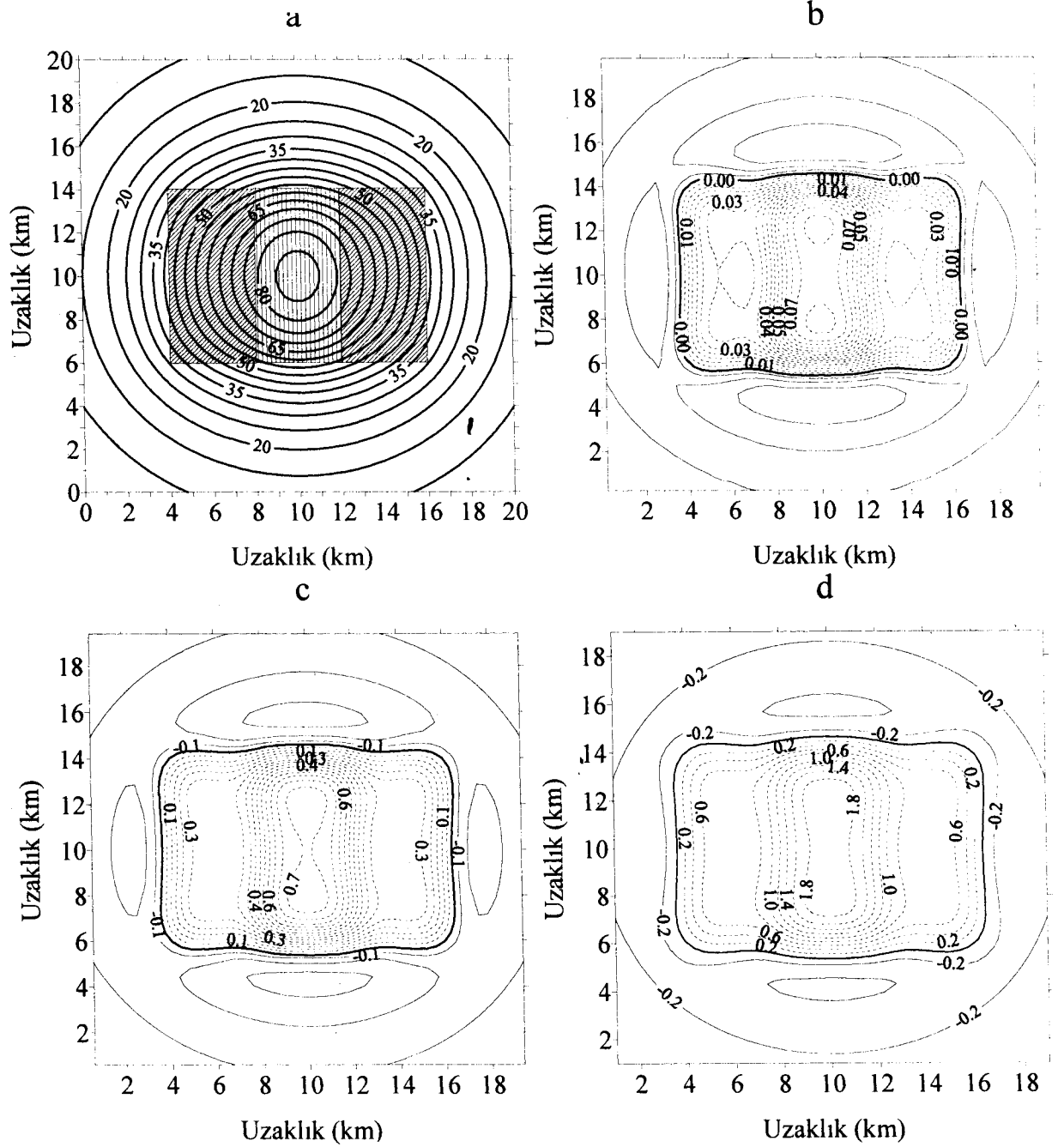
Şekil 1. Küre şekilli üç cisme ait gravite alanı (a) ve değişik artım aralıkları için AG değişim alanları: b) $n=1$, c) $n=3$, d) $n=5$.

Figure 1. Gravite field of the model consisting of three sphere shaped body (a) and AG variation fields for the various interval: b) $n=1$, c) $n=3$, d) $n=5$.

mektedir. Artım aralığının artışı ortadaki cismin etkisini artırmaktadır (Şekil 1 b, c, d).

Şekil 2 a'da yan yana farklı yoğunluklu dikdörtgen şeklinde üç kütle için 0.2 km aralıkla 101x101 grid ara-

lığı kullanılarak hesaplanan gravite alanı görülmektedir. Cisimlerden iki yandakiler 0.5 gr/cm^3 ve ortadaki 1.0 gr/cm^3 yoğunlukludur. Modelde cisimler yeryüzünden 1.5 km aşağıdan başlayarak 10 km derinliğe kadar in-



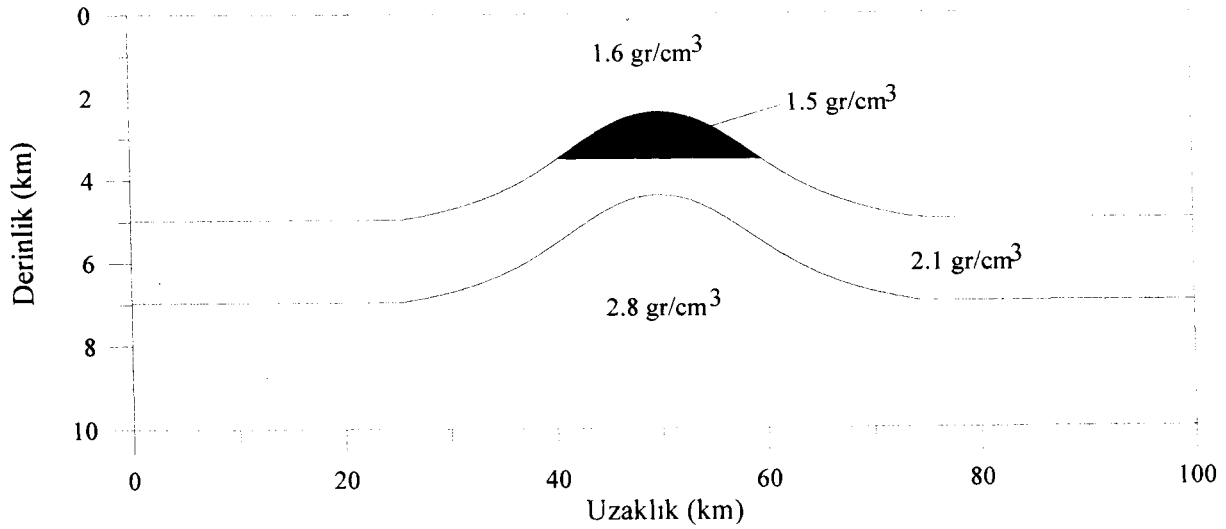
Şekil 2. Yan yana üç kütleli modelin gravite alanı (a) ve değişik artım değerleri için AG değişim alanları: b) $n=1$, c) $n=3$, d) $n=5$.

Figure 2. Gravity field of the model composed of three prism shaped structure (a) and AG variations fields for various interval: b) $n=1$, c) $n=3$, d) $n=5$.

malardan sol taraftaki düşey yönde 0 km ile 10 km derinlikleri arasında uzanmakta, genişliği 15 km, boyu 50 km'dir. Diğer prizma düşey yönde 1.2 km ile 10 km derinlikleri arasında uzanmakta, genişliği 35 km, uzunluğu ise 50 km'dir. Her iki cismin yoğunluğu 0.4 gr/cm^3 'tür. Bu modelde fay üzerine genişliği 5 km ve uzunluğu 20 km olan bir hazne yapısı eklenmiştir. Hazne yoğunluğu 0.3 gr/cm^3 olarak alınmıştır. Modelin gravite alanı 101×101 grid aralığında 0.5 km aralıkla hesaplanmıştır. Gravite anomalisi haritası incelendiğinde fay hattı üzerinde gravite değerlerinin düşüş yaparak azaldığı (Şekil 3 a)

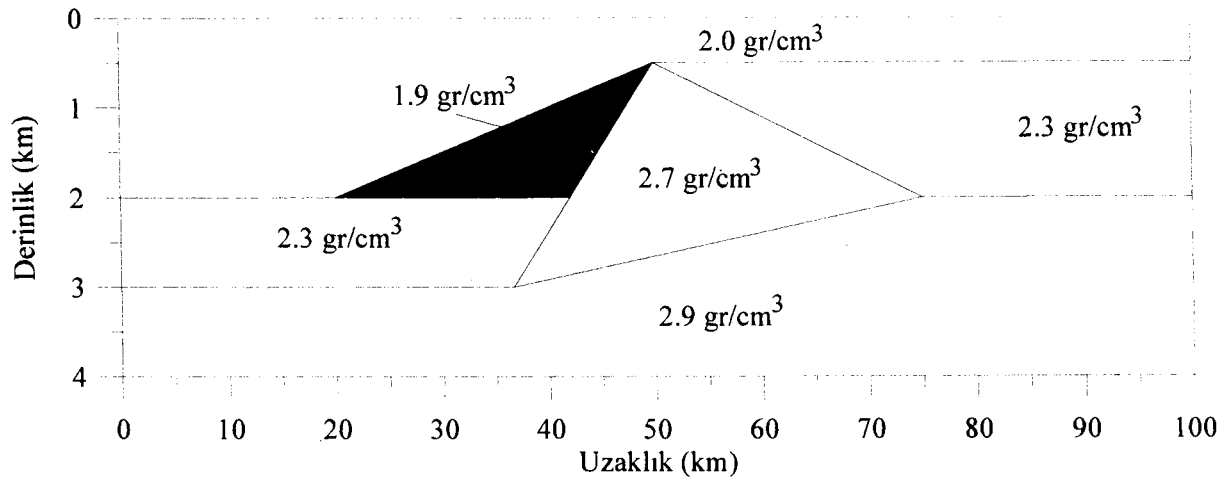
ancak, hazne etkisinin görülmediği anlaşılmaktadır. Gravite alanından hareketle değişik artım aralıkları kullanılarak AG değişim alanları hesaplandığında kütle eksikliği sebebiyle fay hattı boyunca bir göreceli minimum bölge, hazne üzerinde ise yoğunluk düşüşü sebebiyle ikinci bir göreceli minimum bölge ortaya çıkmıştır. Artım aralığının artışıyla göreceli minimumlar derinleşmektedir (Şekil 3 b, c, d).

Şekil 4'de hazne içeren bir antiklinal yapı modelinin düşey kesiti görülmektedir. Hazne yoğunluğu 1.5 gr/cm^3 , haznenin bulunduğu ortamın yoğunluğu 2.1 gr/cm^3



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

Figure 4. Vertical cross-section of the anticline structure model and location of the reservoir.

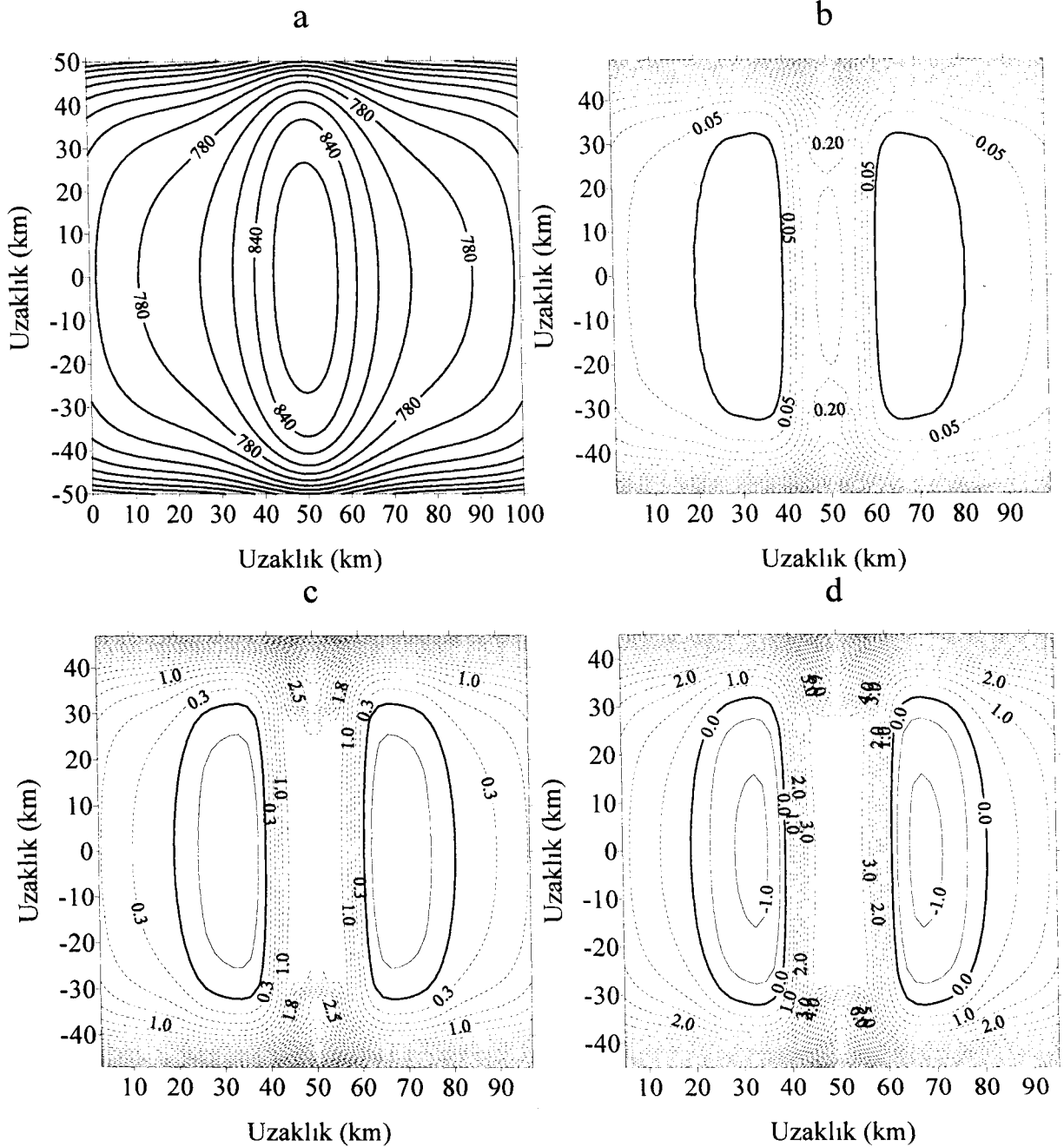


Şekil 5. Antiklinal bir yapı modelinin düşey kesiti ve haznenin konumu.

Figure 5. Hazne içeren tabakalı bir yer yapısının düşey kesitinin görünümü.

gr/cm³, antiklinalin altındaki tabakanın yoğunluğu 2.8 gr/cm³ ve örtü tabakasının yoğunluğu 1.6 gr/cm³ alınmıştır. Antiklinalin tepesi üzerindeki haznenin genişliği 30 km, uzunluğu ise 20 km'dir. Modelin gravite alanında hazne yapısını gösterecek hiçbir anomali değişimi göz-

lenmemektedir (Şekil 6 a). Gravite alanının değişik aralıkları için, değişim alanları hesaplandığında, her iki yandaki maksimumların ortasında hazne etkisiyle göreceli bir minimum kapanımın yerleştiği görülmektedir (Şekil 6 b, c, d).

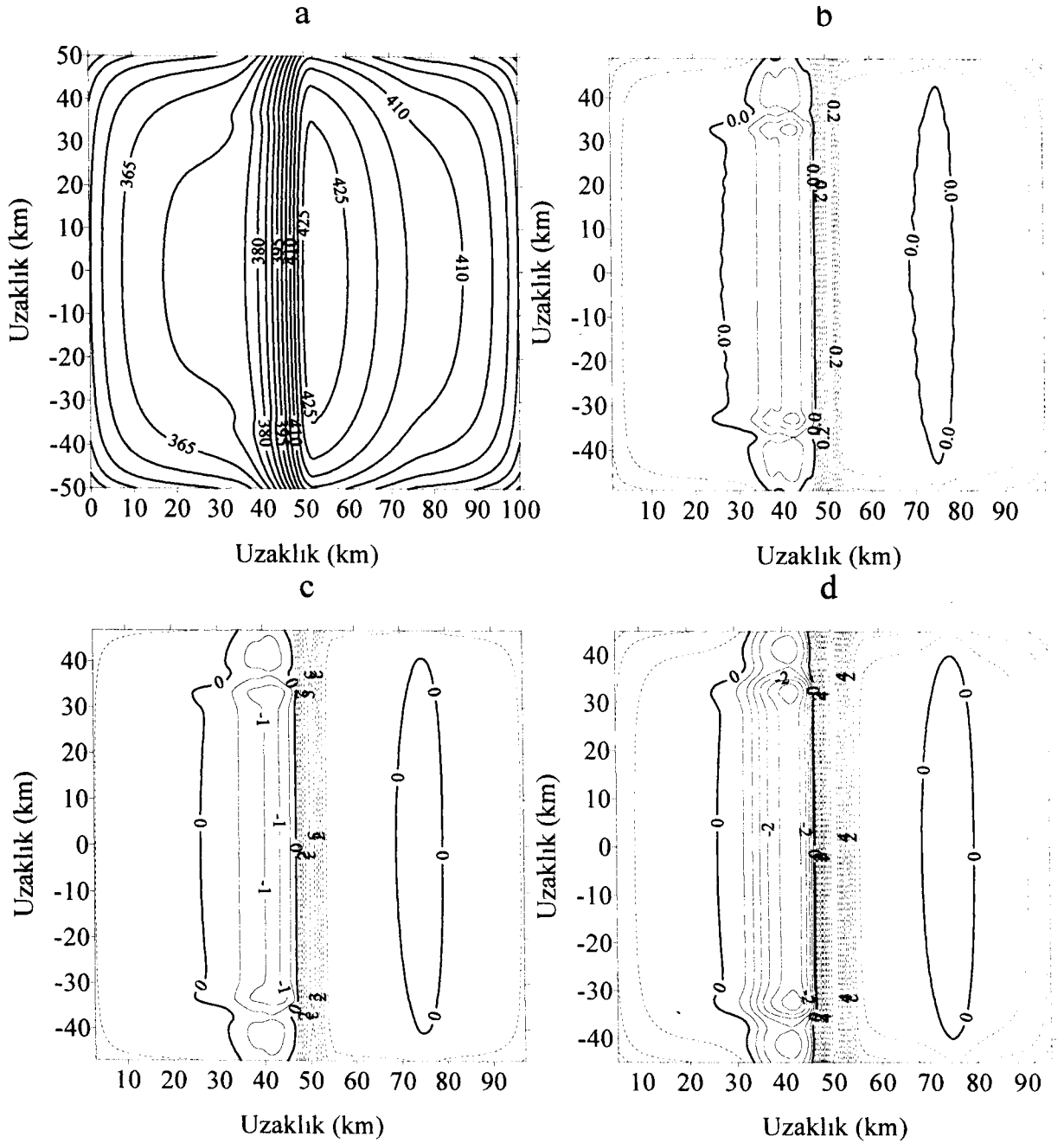


Şekil 6. Şekil 4'de gösterilen hazneli antiklinal modelin gravite alanı (a) ve AG değişim alanları: b) n=1, c) n=3, d) n=5

Figure 6. Gravity field of the anticline model with reservoir seen in fig. 4. (a) and AG variation fields for the various interval: b) n=1, c) n=3, d) n=5

Şekil 5’de yoğunlukları model üzerinde gösterilen ve hazne içeren tabakalı bir yer modeli gösterilmiştir. Bu model için hesaplanan gravite alanında (Şekil 7 a) ortadaki yüksek yoğunluklu kütle nedeniyle bir maksimum anomali elde edilmiştir. Ancak haznenin varlığını gösterecek bir gravite düşüşü gözlenmemiştir. Değişik artım

aralıkları için elde edilen değişim alanlarında da yüksek yoğunluklu kütle için elde edilen maksimum bölge görülmektedir. Ancak, AG değişim haritasında 2.7 gr/cm^3 yoğunluklu bu tabaka üzerindeki hazne sebebiyle göreceli maksimumun sol tarafında göreceli minimum bir bölge ortaya çıkmıştır (Şekil 7 b, c, d).



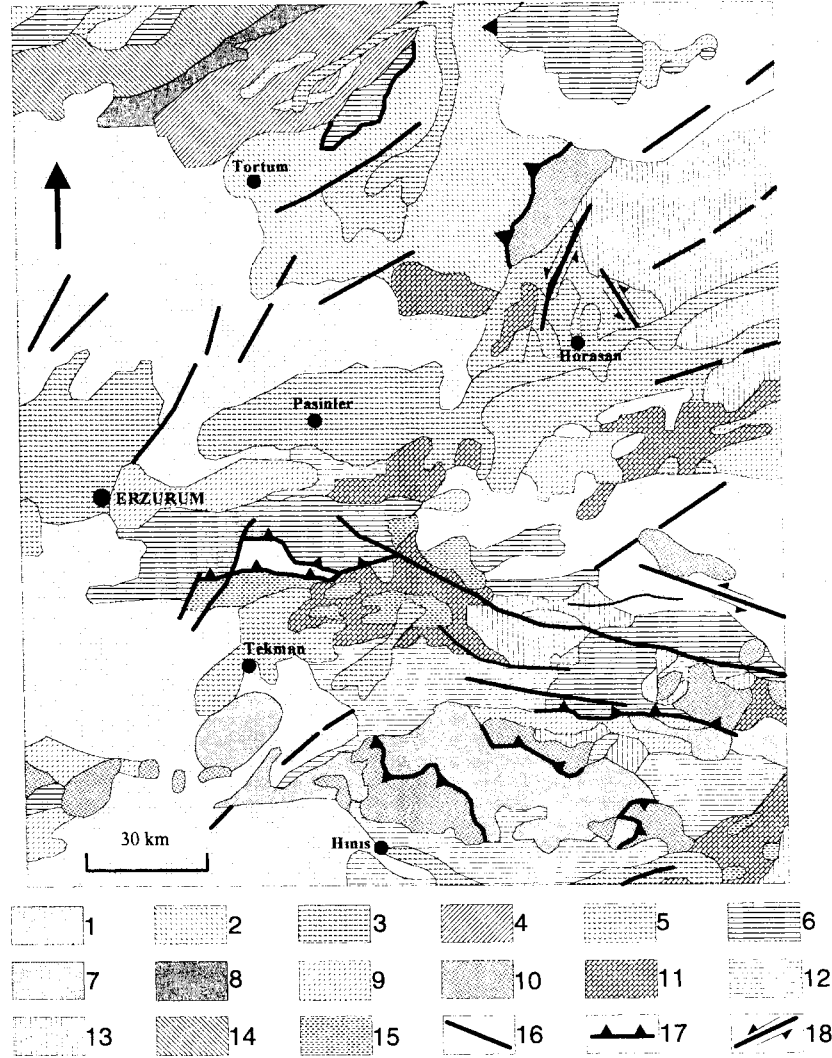
Şekil 7. Şekil 5’de gösterilen tabakalı yer yapısının gravite alanı (a) ve değişim aralıkları için AG değişim alanları: b) $n=1$, c) $n=3$, d) $n=5$.

Figure 7. Gravity field of the layered earth model seen in fig. 5. (a) and AG variation fields for the various interval: b) $n=1$, c) $n=3$, d) $n=5$.

ARAZİ VERİLERİNİN AĞ DEĞİŞİM YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

İnceleme alanı Doğu Anadolu'nun kuzeyinde yer almakta ve Erzurum, Horasan, Pasinler olmak üzere üç ayrı havzayı kapsamaktadır. Çalışma alanının büyük kıs-

mında topografya düz olup sadece güney ve kuzey kenarlarında engebelidir. Bölgede MTA ve TPAO ekiplerince yapılan çalışmalar sahanın petrol açısından önemli bir bölge olduğunu ortaya koymuştur. Bölgenin jeoloji haritası Şekil 8'de gösterilmektedir.

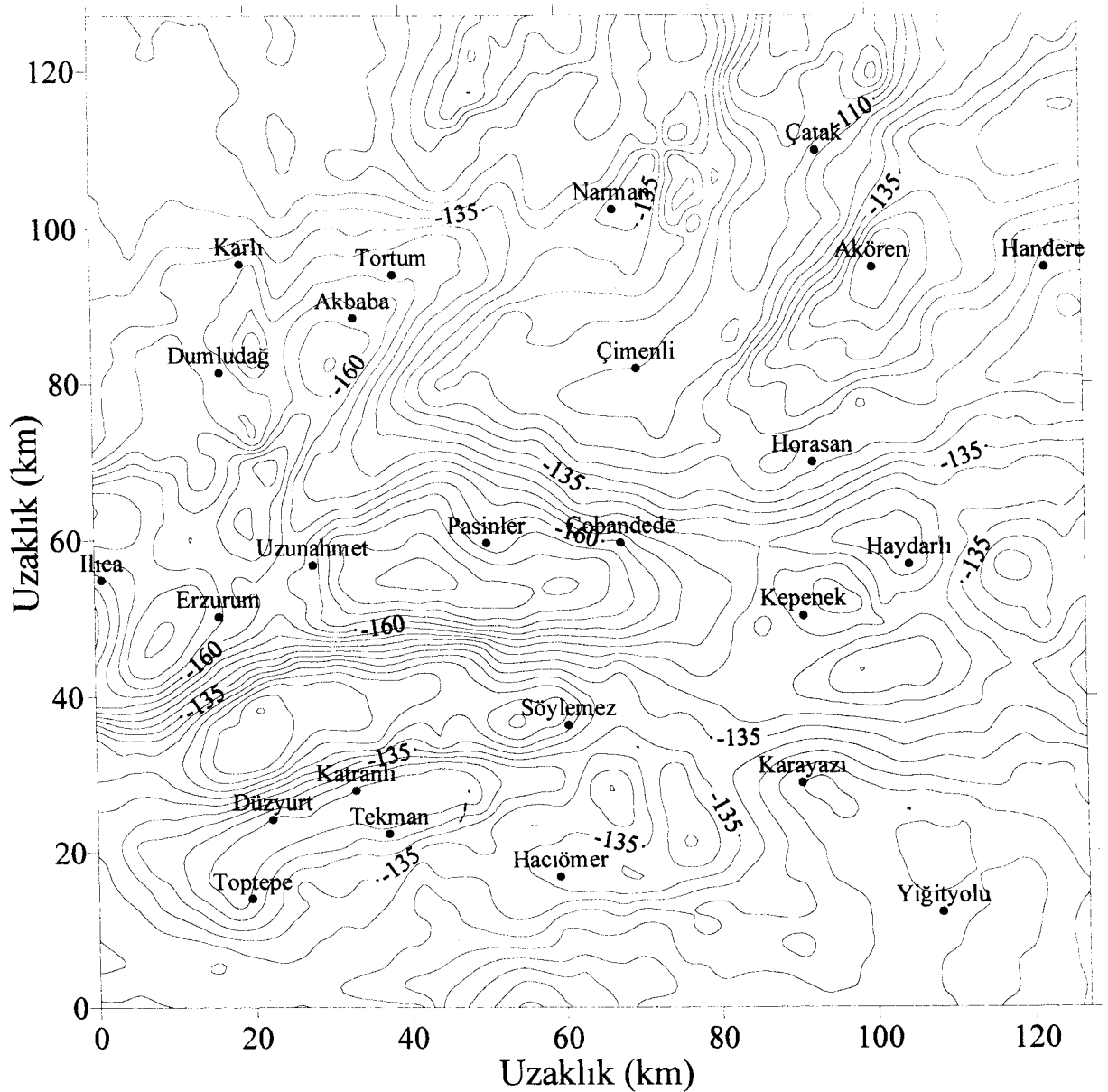


Şekil 8. Bölgenin jeoloji haritası. 1. Pliyosen: Karasal volkanikler; 2. Eosen: Evaporitli sedimentler; 3. Kuvaterner; 4. Mesozoyik: Denizaltı volkanikli fişiş veya vahşi fişiş; 5. Pliyosen; 6. Üst Kretase: Denizaltı volkanikli fişiş veya vahşi fişiş; 7. Prekambriyen: Yeşil şist; 8. Alt Kretase; 9. Eosen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

Figure 8. Geology map of the area. 1. Pliocene: continental volcanic; 2. Eocene: sediments with evaporit; 3. Quaternary; 4. Mesozoic: flysch with volcanic or wild flysch; 5. Pliocene; 6. Upper Cretaceous: flysch with volcanic or wild flysch; 7. Precambrian: Green schist; 8. Lower Cretaceous; 9. Eocene ; 10. Basaltit and Ultrabazaltit; 11. Miocene: Marine volcanics with sediments; 12. Neogene; 13. Plio-Quaternary; 14. Jura-Cretaceous; 15. Oligocene; 16. Undefined fault; 17. Reverse or upthrust fault; 18. Transform fault.

İnceleme alanında detaylı gravite çalışmaları MTA ve TPAO elemanları tarafından yapılmış olup, toplam 2138 noktada gravite ölçümü alınmıştır. Nokta aralıkları 500 metre ve ölçümler 0.01 mGal duyarlıkla alınmıştır. Ölçü değerlerine gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra 1 km grid aralıklı Bouguer gravite değerleri elde edilmiştir. Bölgenin Bouguer gravite haritası Şekil 9'da gösterilmiştir. Yüzey jeolojisiyle (Şekil 8) gravite anomalisi arasında tam bir uyumluluk görülmektedir.

Çalışma alanı gravite verilerine, petrol haznelerinin bulunabileceği derinlik aralıkları için yukarıdaki ölçütler altında, değişik yarıçaplar kullanılarak AG dönüşümü uygulanmış ve yerel anomali haritaları elde edilerek bölge, petrol-gaz bulunabilirliği açısından değerlendirilmeye çalışılmıştır. Bunun için $r=4$ ve 6 km alınarak AG değişim değerleri hesaplanmış ve bölgenin AG değişim haritaları oluşturulmuştur.

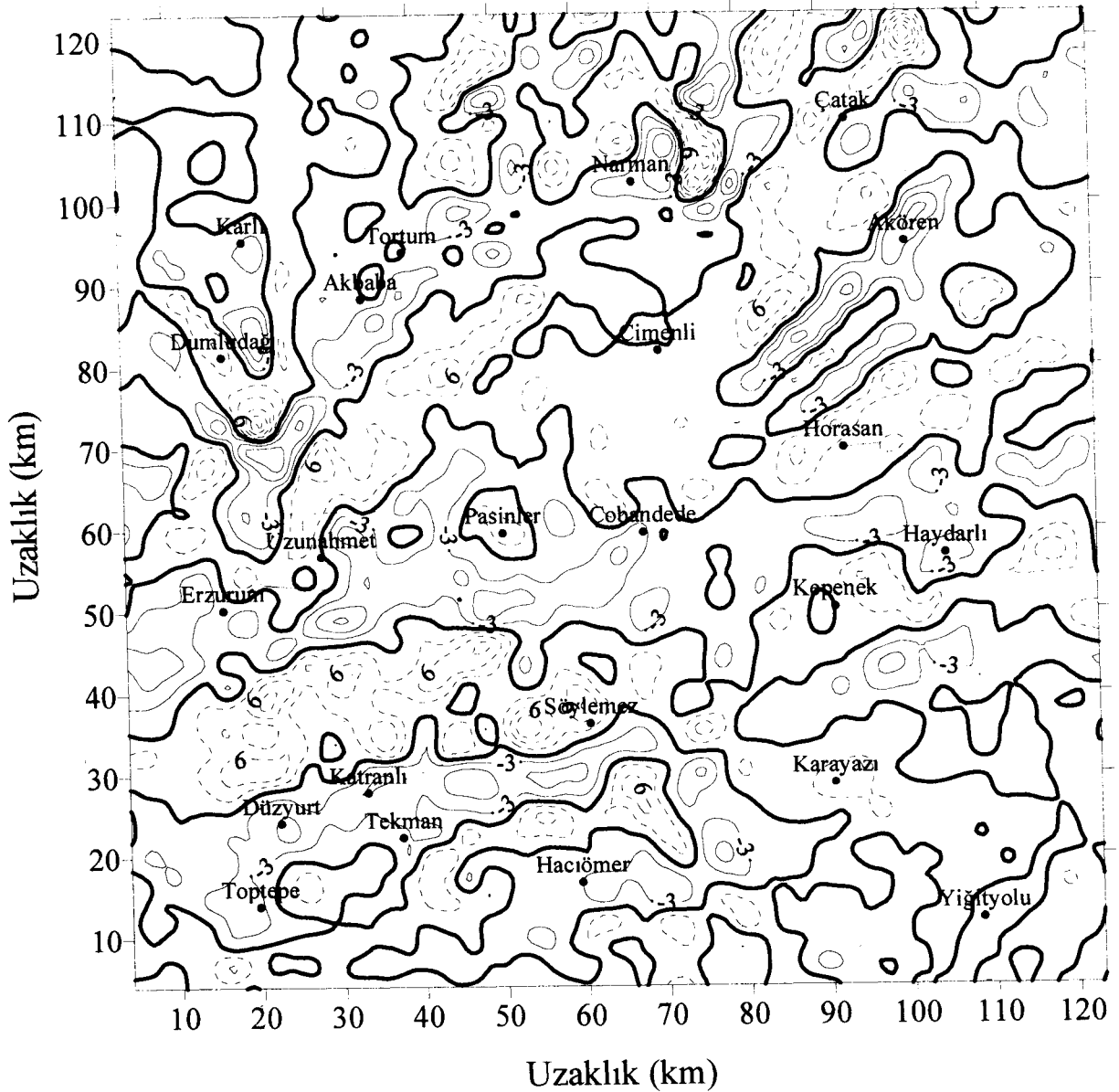


Şekil 9. Çalışma alanının Bouguer gravite anomalisi haritası. Kontur aralığı 5 mGal'dir.

Figure 9. Bouguer gravity anomaly map of the study area. Contour interval 5 mGal.

Şekil 10'da bölgenin Bouguer anomalisinden $n=4$ artım aralığı için hesaplanmış AG değişim alanları görülmektedir. Bu alan yaklaşık olarak 2-2.8 km ve daha sığ yapıların etkilerine karşılık gelmektedir. Hesaplanan haritada Bouguer anomali haritasında görülmeyen birçok göreceli minimum ve maksimum alanlar ortaya çıkmıştır. Bunlardan bir tanesi, Toptepe, Düzyurt, Katranlı

ve Tekman bölgelerini içine alarak doğuya doğru ilerleyen Katranlı minimum bölgesidir. Bu minimum bölge içinde yer yer daha derin göreceli minimum bölgeler görülmektedir. Diğer bir minimum bölge olan Erzurum-Haydarlı minimum bölgesi yaklaşık doğu-batı yönlü uzanmaktadır. Bu bölge içinde de derin minimumlar kendilerini göstermektedir. Aynı şekilde Horasan'ın ku-

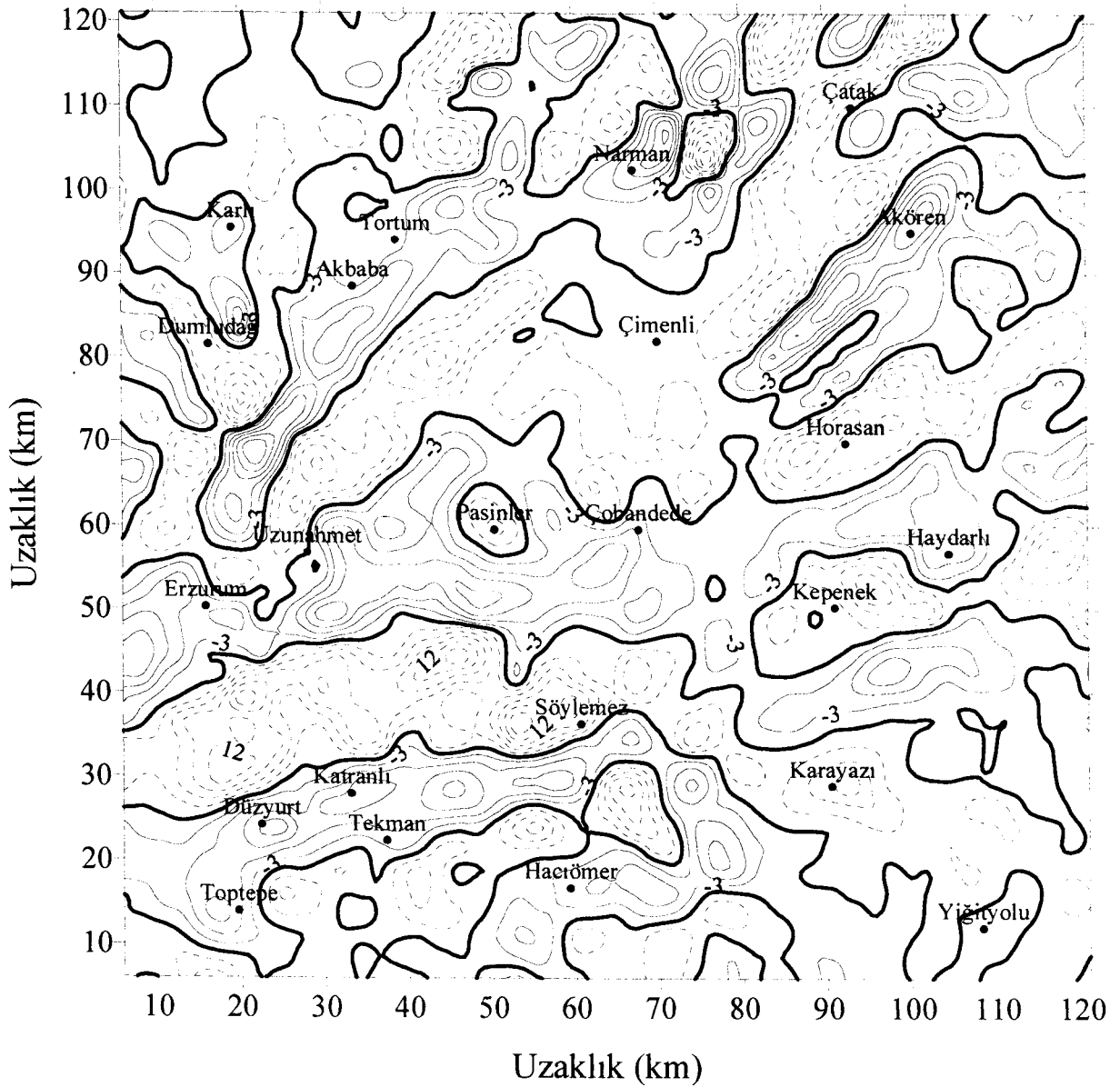


Şekil 10. Çalışma alanı Bouguer gravite alanının $n=4$ artım aralığı kullanılarak hesaplanmış Andreev-Griffin değişim haritası. Kontur aralığı 3 mGal'dir.

Figure 10. Andreev-Griffin variation map of the Bouguer gravity anomaly field of the study area calculated for the $n=4$ interval. Contour interval 3 mGal.

zeyinde yer alan KD-GB uzanımlı Akören minimum bölgesi üzerinde derin göreceli minimumlar bulunmaktadır. Bundan başka Erzurum'un kuzeyinden başlayıp Akbaba, Tortum minimum bölgesi KD-GB yönünde bir çizgisellik göstermektedir. Bu minimum bölgeler birbirlerinden maksimum bölgelerle ayrılmışlardır. Bu maksimum bölgeler üzerindeki göreceli maksimum bölgeler

yoğunluk yükselimine ait olabilir. N=4 artım aralığı için hesaplanan değişim alanları haritasında Erzurum, Katranlı, Tekman, Düzyurt, Narman, Haydarlı ve Akören derin minimum bölgeler içine düşerken, Pasinler, Horasan, Söylemez, Kepenek, Karayazı ve Dumludağ maksimum bölge içine düşmektedirler. Bu yöntemle elde edilen minimum bölgeler yoğunluk düşüşünün varlığını



Şekil 11. Bouguer gravite alanının n=6 artım aralığı kullanılarak hesaplanmış AG değişim haritası. Kontur aralığı 3 mGal'dir.

Figure 11. Andreev-Griffin variation map of the Bouguer gravity anomaly field of the study area calculated for the n=6 interval. Contour interval 3 mGal.

göstermektedirler. Buradaki minimum bölgelerin Şekil 8'de verilen jeoloji haritasındaki faylı alanlara karşılık geldiğine dikkat edilirse bu bölgelerde kayalardan daha düşük yoğunluklu hidrokarbon içeren bir jeolojik yapının varlığı düşünülebilir.

Şekil 11'de $n=6$ artım aralığı için hesaplanan AG değişim alanının minimumlar arasında iki maksimum bölge olan dört minimum bölgeye ayrılmış olduğu görülmektedir. Maksimum ve minimum bölgelerin uzanımı D-B ve KD-GB yönündedir. En güneyde yer alan Hacıömer, Tekman, Toptepe ve Katranlı bölgelerini içeren D-B yönünde uzanan minimum bölge etkisini belirgin şekilde göstermektedir. Daha üstte Erzurum'dan Haydarlı'ya kadar uzanan Erzurum-Haydarlı minimum bölgesi Kepenek'e gelmeden iki kola ayrılmaktadır. En kuzeyde ise KD-GB yönünden ilerleyen iki minimum bölge yer almaktadır. Bunlardan batıdaki Narman minimum bölgesiyle birleşen Akbaba-Tortum minimum bölgesi ve doğudaki ise Akören minimum bölgesidir. Bu minimum bölge içindeki derin göreceli minimumlar artım aralığının artışıyla genişlemektedirler.

SONUÇLAR

Andreev-Griffin yöntemi Bouguer gravite anomalilerinde ayırt edilemeyen, düşük yoğunluklu yapıların varlığını ortaya çıkarmaya yönelik geliştirilmiş yöntemlerden biridir.

Yapılan model çalışmaları sonucunda, fay ve hazne yapılarının yoğunluk düşüşü veya kütle eksikliği sebebiyle AG değişim alanlarında göreceli minimumlar verdiği, antiklinal ve intrüzyon gibi yükselimlerin ise yoğunluk artışı veya kütle fazlalığı sebebiyle göreceli maksimumlar verdiği anlaşılmıştır.

AG yöntemiyle değişik artım aralıkları kullanılarak Erzurum-Horasan-Pasinler havzalarını kapsayan bölgenin Bouguer gravite değerlerinin değişim alanları hesaplanmıştır. Değişim alanlarında görülen göreceli minimum anomaliler jeoloji haritasında gösterilen fayların üzerlerine düşmektedir. Ancak, jeoloji haritasında görülmeyen yerlerde de minimum ve maksimum anomaliler ortaya çıkmıştır. Belirlenen göreceli minimum ve maksimumlar DB, KD ve KB olmak üzere üç yönde uzanmaktadır. Bu minimum ve maksimum bölgeler aynı yönde gelişmiş kırık sistemleriyle ilgilidirler. Değişim alanlarında görülen göreceli minimum bölgelerin gömülü fay, tortullarla dolmuş bir çöküntü alanı (graben) yada hidrokarbon içeren bir jeolojik yapı, maksimum anomalilerin ise kıvrım, yüzeye doğru sokulum

yapmış intrüzyon, antiklinal veya graben yapılarına eşlik eden bir horst sebebiyle oluştuğu düşünülebilir. Ancak, bu yöntemle belirlenmiş yoğunluk azalımı olan yerlerin doğrudan fay veya hazne yapılarına bağlı olduğunu söylemek mümkün değildir. Bu nedenle eldeki sonuçlar manyetik, sismik, kuyu logu, jeokimyasal ve jeolojik yöntemlerle bir arada yorumlanmalıdır.

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

KAYNAKLAR

- Andreev B.D. 1938, The Interpretation of Gravity Data, SNIGRI Geofizika, 5: 12-20.
- Andreev, B.D. and Klushin, I.G. 1962, Geological Exploration of Gravity Anomalies, Gostoptekhizdat, Leningrad.
- 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), KTI, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmamış).
- Mallick, K. and Sharma, K.K. 1999, A Finite Element Method for Computation of the Regional Gravity Anomaly, Geophysics, 64: 461-469.
- Mudretsova, E.A., Varlamov, A.S., Filatov, V.G. and Komarova, G.M. 1979, The Interpretation of Detailed Gravity Data Over the Nonstructural Oil and Gas Reservoirs, Nefti Gaza, Nedra, Moscow.
- Nettleton, L. L. 1954, Regional, Residual and Structures, Geophysics, 19: 1-12.
- Nettleton, L. L. 1976, Gravity and Magnetic in Oil Prospecting, McGraw-Hill Inc., USA.
- Skels, D.C. 1967, What is the residual gravity?, Geophysics, 32: 872-876.