



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2011, Volume: 6, Number: 3, Article Number: 4A0041

NATURE SCIENCES

Received: November 2010

Accepted: July 2011

Series : 4A

ISSN : 1308-7282

© 2010 www.newwsa.com

Hasan Çavşak

Ali Elmas

Karadeniz Technical University

cavsak@ktu.edu.tr

Trabzon-Turkey

3B GRAVİTE HESAPLARIYLA DOĞU PONDİTLERDE KABUK ÇALIŞMASI

ÖZET

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde kabuk yapısı ve moho derinliği üç boyutlu gravite ters çözüm modelleme yoluyla tespit edilmeye çalışılmıştır. Öncelikle çalışma bölgesinde yedi tane profil belirlenmiştir. Üç boyutlu çalışmada tabaka yüzeyleri üçgen yüzeylere bölünerek tanımlanmıştır. 3B model hesaplarıyla bu bölgede yedi ayrı profil altında, ilk olarak Karadeniz suyu birinci kütle ve ortalama yoğunluk kabulüyle, kabuk ta ikinci kütle olarak alınmıştır. Karadeniz suyunun gravite etkisi suyun mutlak yoğunluğu ile hesaplanarak, ölçülen Bouguer anomali değerlerinden çıkarılmıştır. Daha sonra sedimanter kayalar da ters çözüm hesaplarına dahil edilerek modellemede üç kütle kullanılmıştır. Hesaplanan yoğunluklar kabul edilebilir sınırlar içinde kalacak şekilde, yedi profil altındaki sınır değerleri en optimum derinliklere çekilerek ters çözüm hesapları tekrarlanarak en olası sedimanter kayaç derinliği ve moho sınırları tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gravite, 3-B Modelleme, Derinlik, Kabuk Yapısı, Moho

CRUST STUDYING IN THE EASTERN PONTIDES BY 3D GRAVITY ALGORIHM

ABSTRACT

Structure of crust and moho depth have been determined in the eastern Black Sea region by three-dimensional gravity inversion modeling. First, seven profiles have been determined in the study area. The surfaces of layer were defined to divide by triangle surfaces in three-dimensional study. Three-dimensional gravity inversion was calculated by using a special algorithm for these model geometries by intensity of adoption. Under the seven different profiles in this region by 3D model accounts, as the first Black Sea water mass and average density of acceptance, also crust were accepted as the second mass. The gravity effect of black sea water was calculated with water absolute intensity, then have been removed from measured Bouguer anomaly values. Then, also sediment was included to inversion account and the three masses were used in the model. The calculated densities to be within the acceptable limits, by the boundary values under seven profiles were drawn to the optimum depths, by inversion accounts were repeated, the most likely depth of sediment and moho borders have been determined.

Keywords: Gravity, 3-D Modeling, Depth, Crustal Structure, Moho

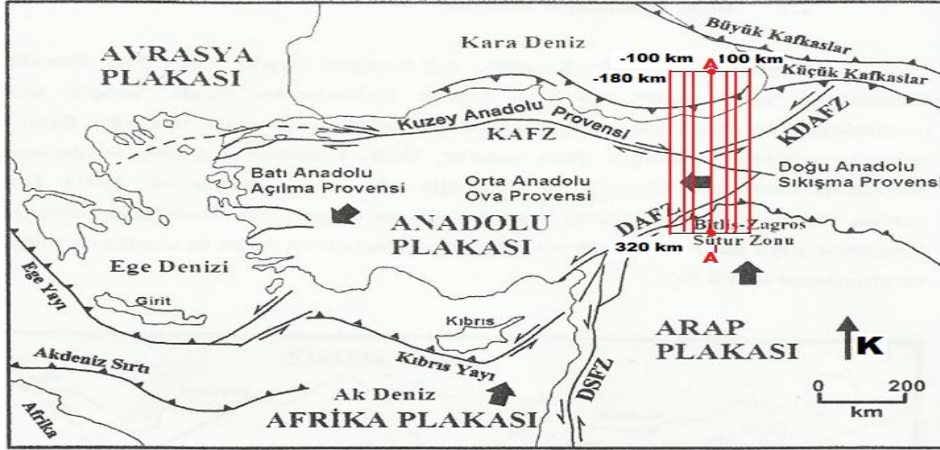
1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Türkiye ve çevresinin neotektonik yapısı ve provenlerini gösteren tektonik haritası (Şengör vd., 1985; Barka, 1992) ve DSFZ - Ölü Deniz Fay Zonu, DAFZ - Doğu Anadolu Fay Zonu, KAFZ - Kuzey Anadolu Fay Zonu, KDAFZ - Kuzeydoğu Anadolu Fay Zonu Şekil 1'de görülmektedir. Türkiye'nin tektonik yapısı Afrika ve Arap levhalarının Anadolu levhasını sıkıştırması ve Arap levhasının Anadolu'ya çarpması sonucu şekillenmiştir. Türkiye ve çevresinin deprenselliği ve tektoniği bu levhaların hareketlerine bağlıdır. Arap levhasının kuzeye hareketi Anadolu bloğunun batıya ve Kuzeydoğu Anadolu bloğunun doğuya kaçmasına ve bunun sonucu olarak Doğu Anadolu'da bir sıkışmaya neden olmuştur (Ketin, 1949; Mc Kenzie, 1972). Türkiye ve civarındaki bugünkü tektonik olaylar ve Anadolu'nun deprenselliği Arap, Afrika ve Avrasya levhalarının hareketine göre Türkiye, Ege, Karadeniz, İran levhalarının göreceli hareketleri sonucunda oluşmaktadır (Mc Kenzie, 1972). Ege plakası kuzeydeki Kuzey Anadolu Fayının batı uzantısı ile sınırlanmış olup, bu sınır Anadolu çöküntüsü ya da hendeği olarak bilinmektedir (Allan ve Morelli, 1971; Mc Kenzie, 1972). Arap levhasıyla Avrasya levhasının çarpışması sonucu, Kuzey Anadolu Fayı boyunca sağ yönlü, Doğu Anadolu Fayı boyunca sol yönlü hareket, Türk plakasını batıya doğru hareket ettirmektedir (Dewey, 1976). Avrasya levhası ile Anadolu levhası arasında kalan, irili-ufaklı birçok kırıktan oluşan ve Karadeniz kıyısı boyunca uzanan Kuzey Anadolu Fayı yaklaşık olarak sağ yönlü doğrultu atımlı bir faydır. Arap levhası ile Anadolu levhasının çarpışma yeri olan Güney Anadolu bindirme zonu aynı zamanda Ketin (1966) tarafından Toridler ve Kenar Kıvrımları olarak adlandırılan tektonik birliklerin de sınırını oluşturmaktadır. Bu bölgedeki bindirmeler genel olarak Toroslar'ın güney kenarını izlemekte ve doğuda Zagros Bindirme Kuşağı'na bağlanmaktadır.

Daha önce, Doğu Anadolu'da yapılan 2B gravite çalışmasıyla, kabuk yapısı ve izostazik durumu tespit edilmiştir. (Çavşak et al., 2002). Çok daha ayrıntılı olarak yapılan üç profilli 3B gravite modellemesi ise, daha önce yapılan 2B çalışmayı test etmek ve daha ayrıntılı bir şekilde sorgulamak için yapılmıştır. 2B gravite hesaplarında üçüncü boyuttaki yoğunluk değişimi göz ardı edilir. 3B gravite hesaplarında ise üçüncü boyuttaki yoğunluk değişimi de hesaplara dahil edilir. Bilindiği üzere, ters çözüm hesapları, teorisi gereği, fazla profil alınması durumunda, daha da rahatlayarak, çok daha mükemmel uyumlara ulaşılabilir. Ayrıca kütle geometrisinin tanımı daha ayrıntılı olarak yapıldığında, standart sapmanın küçültülebilmesi çok daha mümkün olabilmektedir. Çünkü formasyon sınırlarının, daha fazla profil altında tanımlanabilmesi, standart sapmayı düşürebilecek mekanlarda da, model geometriyi değiştirebilme imkanı sunduğundan, standart sapma daha rahat bir şekilde küçültülebilmektedir. Bu çalışmada ise neticeleri daha da doğru bir şekilde belirleyebilmek için 3B model geometri, çalışma bölgesinde batıdan doğuya doğru kuzey güney yönünde uzanan yedi profil altına denk düşen kabuğun düşey kesitleriyle tanımlanmıştır. Kuzey güney yönünde uzanan merkez profil (A-A¹) daha önceki 2B model çalışmasındaki profilin hemen yakınından geçmektedir (Şekil 1). Doğudan batıya doğru her biri kuzey - güney yönünde birbirine paralel olarak uzanan yedi profil Şekil 1'de görülmektedir.

Kuzey - güney doğrultusunda uzanan yedi profilin her birinin uzunluğu 500 km dir. Kuzey - güney doğrultusunda sıfır noktası Trabzon'un biraz güneyindedir (Şekil 1). Her bir profil, belirlenen bu sıfır noktasından, kuzeyde Karadeniz içinde -180 km den başlayan profiller güneyde Diyarbakır'ın yakınlarında 320 km kadar uzanmaktadır. En batıdaki profil batıya doğru -100 km alınmıştır. En doğudaki profil doğuya doğru 100 km alınmıştır. Sıfır profili Şekil 1' de görüldüğü

gibi tam ortadadır (A-A^I). Sıfır profilinden doğuya ve batıya doğru 40'ar km ve 60'ar km'lere de profiller yerleştirilerek, bu çalışmada toplam yedi profil kullanılmıştır. Bu yedi profil kırmızı çizgilerle temsil edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma sahası ve ölçüm profilleri
(Figure 1. Study area and measure profiles)

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışmada üç boyutlu gravite ters çözüm yöntemi ile çalışma bölgesindeki sedimanter kayaların kalınlıkları ve moho sınırları tespit edilmiştir. Bölgeye ait, daha önce yapılmış iki boyutlu çalışma ve üç profil kullanılarak yapılmış üç boyutlu çalışma dikkate alınmıştır. Bu çalışmada ise profil sayısı artırılarak, ortalama hata azaltılmıştır. Böylece daha doğru sonuçlara ulaşılmıştır. Sismik verilerin temini ile, bu çalışmaya sismik hız sınırları da ilave edilerek, sismik hız sınırlarının üç boyutlu gravite ters çözüm hesaplarında kullanılmasıyla, bölgede yoğunluğun derinlikle nasıl değişeceği belirlenebilir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL METHOD)

Her ne kadar, Karadeniz ve Anadolu içlerinde, değişik ortamlarda, kabuk yapısının tespiti, iki boyutlu benzeri ve değişik yöntemler kullanılarak yapılmışsa da, bu çalışma bölgesinde bu tür ayrıntılı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Genel olarak Karadeniz'in iç kısımlarında moho derinliğinin ciddi farklılıklar göstermesi, üç boyutlu model çalışmalarının daha ayrıntılı bir neticesi olmalıdır. Yoğunluk tespitinde en güvenilir yöntem gravitedir. Çünkü gravite, model geometriyle, buna ait yoğunluğun direk olarak birlikte değerlendirildiği bir fonksiyondur. Sismik hız ve yoğunluk bağlantıları, elastik parametreleri de içeren ve laboratuvar araştırmalarına da dayanan bağıntılar olduğundan, daha kesin neticeler vermesi beklenemez. Petrol aramalarında, petrolle ilgili yapıyı, fay ve tuz domlarını ortaya çıkarmak, sismik etütlere yardımcı olmak amacıyla gravite yöntemi uygulanmaktadır. Ayrıca, çeşitli tektonik üniteleri araştırmak, büyük fay sistemlerini ortaya çıkarmak, genç tabakalar tarafından örtülmüş havzalarda magmatik kütle sınırlarını araştırmak, yer kabuğunun kalınlık ve strüktürlerini incelemek amacıyla gravite yönteminden yararlanılmaktadır. Yer altı yapısı ne kadar iyi bilinirse, bu yapının neden olacağı deprem afetlerinden korunmak aynı oranda mümkün olur. Ayrıca yer altı zenginliklerinden de azami derecede faydalanılabilir. Dünya genelinde yapılan jeofizik araştırmalarında çoğunlukla iki boyutlu yer altı modellemeleriyle sonuca gidilmeye çalışılmıştır. İki boyutlu modellemeler daha az veri

ve bununla doğru orantılı olarak daha az zaman gerektirir. Üç boyutlu modellemeler ise daha fazla veri ve emek gerektirir. Ancak üç boyutlu yer altı modellemeleri daha doğru sonuçlar verir.

Kırmızı çizgilerle temsil edilmiş profillerle Şekil 1'de görülen bölgede kabuk yapısı ve ortalama kabuk yoğunluğu tespit edilmeye çalışılmıştır. Sismik verilerin eksikliği nedeniyle çalışma bölgesindeki kabuk önce iki, daha sonra da üç tabaka kullanılarak modellenmiştir. Sınır tesirlerini yok etmek için tabaka sınırları kuzey - güney ve doğu - batı yönlerinde uzatılmışlardır. İlk tabaka olarak deniz suyu 1040 kg/m^3 gerçek yoğunluğuyla alınmıştır. Sismik verilerin eksikliği nedeniyle tabakalar detaylı olarak model içinde oturtulamamışlardır. Bu nedenle, deniz seviyesi ile moho sınırı arasında kalan ikinci kütle, ortalama yoğunluğuyla alınmıştır. Önce sedimanter tabaka göz önüne alınmamıştır. Bu suretle ters çözüm hesapları yoluyla görünür moho sınırının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bundan hareketle sedimanter kayaların kalınlığı tahmin edilmeye çalışılmıştır. Model geometrideki formasyonların eksikliği nedeniyle üç boyutlu ters çözüm hesap sonuçları ideal değildir. Ama bu hesaplar yoluyla moho sınırının aşağı yukarı nasıl görüldüğü ve ortalama yoğunluğu hakkında fikir sahibi olunabilmiştir.

Karadeniz suyunun gravite etkisi suyun mutlak yoğunluğu ile hesaplanarak, ölçülen Bouguer anomali değerlerinden çıkarılmıştır. Hesaplanan yoğunluklar kabul edilebilir sınırlar içinde kalacak şekilde, yedi profil altındaki sınır değerleri en optimum derinliklere çekilerek ters çözüm hesapları tekrarlanarak en olası sedimanter kayaç derinliğinin ve moho sınırlarının tespitine çalışılmıştır. Üç boyutlu çalışmada tabaka yüzeyleri üçgen yüzeylere bölünerek tanımlanmıştır (Çavşak, 1992). Bu yöntemde, üçgen yüzey sayısı fazla alınması tabakaların daha hassas tanımlanmasını sağlar. Üç boyutlu ana model olarak üçgen piramitler göz önüne alınmıştır. Bu model her üçgen yüzeyle hesap noktasının arasında oluşturulur. Bu yöntem gelişi güzel şekilli formasyonları çok iyi bir şekilde tanımlayabilir.

3.1. Veriler (Data)

Topoğrafya verileri, Harita Genel Müdürlüğü'nün 1:25000 ölçekli topoğrafik haritalardan alınmıştır. Karadeniz'in batimetri haritası da Ross et al (1974) 'den faydalanılarak oluşturulmuştur. Gravite anomali verileri MTA Genel Müdürlüğü' nün 1994 de hazırladığı "Türkiye Bouguer Anomali Haritası" ndan alınmıştır. Karadeniz üzerindeki Bouguer anomali verileri de, Bouguer Gravity Black Sea ARK Geophysics Ltd. Milton Keynes England tarafından uydu ölçülerinden hazırlanan 1:2000000 ölçekli haritadan alınmıştır.

3.2. Kullanılan 3b Gravite Algoritması (Used 3d Gravity Algorithm)

Aşağıda üç boyutlu gravite ters çözüm yönteminde kullanılan algoritma kısaca Şekil 2'de gösterilmiştir (Çavşak, 1992, 2002, 2004, 2008).

Burada gravite potansiyel integrali (1);

$$\Delta U = \frac{G \cdot \rho}{h} \int_{\eta_A}^{\eta_C} \int_{\xi^{(1)}}^{\xi^{(2)}} \int_{\zeta=0}^h \frac{\zeta \cdot d\zeta \cdot d\xi \cdot d\eta}{(\xi^2 + \eta^2 + h^2)^{1/2}} \quad (1)$$

Formülü ile verilmiştir. h ; tetrahedralin yüksekliğidir. Burada ξ , η ve ζ tetrahedralin koordinat değerleridir.

Bu integralin analitik çözümü : $\Delta U = \frac{1}{2} G \cdot \rho \cdot h \cdot F(\eta, \xi)$ dir. (2)

Burada $F(\eta, \xi)$ aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır (3).

$$F(\eta, \xi) = \left[\begin{array}{l} \eta \cdot \ln \left[\xi + \sqrt{\xi^2 + \eta^2 + h^2} \right] + \\ + \xi_2 \cdot \cos \beta \cdot \ln \left[\sqrt{\xi^2 + \eta^2 + h^2} + \frac{\eta}{\cos \beta} + \xi_2 \cdot \sin \beta \right] \\ + \zeta \cdot \arctan \left[\frac{h^2 \cdot \tan \beta - \xi_2 \cdot \eta}{h \cdot \sqrt{\xi^2 + \eta^2 + h^2}} \right] \end{array} \right]_{\xi^{(1)2}, \eta_A}^{\xi^{(2)2}, \eta_C} \quad (3)$$

Üçgen piramidin tamamı için Y aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$Y = F_1(\eta_C, \xi^{(2)}) - F_2(\eta_A, \xi^{(2)}) - F_3(\eta_C, \xi^{(1)}) + F_4(\eta_A, \xi^{(1)}) \quad (4)$$

$$\text{Gravite etkisi; } \Delta g = \frac{\partial}{\partial z}(\Delta U) \quad (5)$$

Türevlemenin açık ifadesiyle gravite etkisi;

$$\Delta g = \frac{1}{2} G \cdot \rho \left\{ \frac{\partial}{\partial z}(h) \cdot Y + \frac{\partial}{\partial z}(Y) \cdot h \right\} \quad (6)$$

Normal birim vektörün düşey (z) bileşeni $\hat{\zeta}_z = \frac{\partial}{\partial z}(h)$ ve $Y' = \frac{\partial}{\partial z}(Y)$

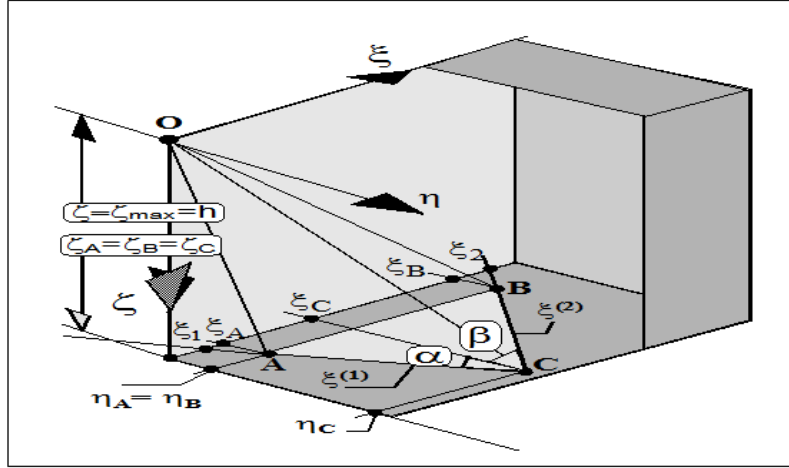
yazarsak;

$$\Delta g = \frac{1}{2} G \cdot \rho \cdot \sum_{i=1}^n (\hat{\zeta}_{z_i} \cdot Y_i + Y'_i \cdot h_i) \text{ Gravite bu şekilde gösterilebilir (7). } (7)$$

$$\sum_{i=1}^n (\hat{\zeta}_{z_i} \cdot Y_i) = \sum_{i=1}^n (Y'_i \cdot h_i) \text{ Yukarıdaki gerekli eşitliklerden sonra gravite}$$

etkisi kısaca; (8)

$$\Delta g = G \cdot \rho \cdot \sum_{i=1}^n (\hat{\zeta}_{z_i} \cdot Y_i) \text{ formülize edilebilir (9). } (9)$$



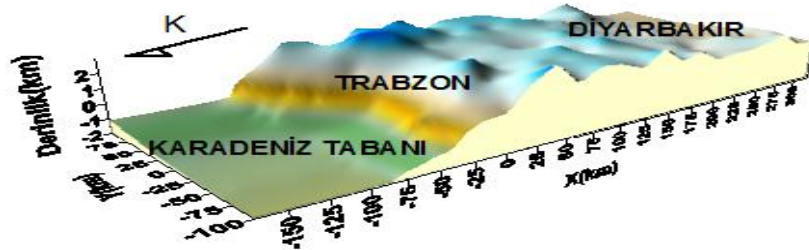
Şekil 2. Kütle yüzeyi tanımlanmasında kullanılan üçgenle, hesap noktası arasında oluşturulan temel model geometri, yani üçgen piramit (Figure 2. Mass surface of the triangle used to identify the account point is created between the basic model geometry, ie, a triangular pyramid)

Oluşturulan üçgen yüzeylerin geometrisi dolayısıyla kütle yüzeyinde boşluklar oluşmaması için, mümkün olduğu kadar fazla, yani en optimum sayıda üçgen oluşturulmuştur.

3.3. Deneysel Çalışma (Experimental Study)

İlk üç boyutlu model geometri, merkez profille birlikte, doğu ve batıda 100'er km aralıklı olarak üç profil altına denk düşen kabuk düşey kesitleriyle yapılmıştır (Çavşak, 2003). Bu çalışmada ise yedi profil kullanılmıştır. Yapılan ters çözüm hesapları sonucu, standart sapma, moho sınırında uygun değişiklikler yapılarak, mümkün olduğu kadar küçültülmeye çalışılmıştır. Bu arada ters çözümle kabuk için hesaplanan ortalama yoğunluğun kabul edilebilir düzeyde kalmasına dikkat edilmiştir. Karadeniz'in değişik bölgelerinde yapılan literatürde mevcut bazı çalışmalar her ne kadar göz ardı edilmediyse de, bu çalışmaların sonuçlarının tesiri altında da kalınmamaya çalışılmıştır. MTA'nın Bouguer Anomali haritasının doğruluğundan hareketle yapılan ters çözüm hesapları neticesinde ortaya çıkan bu sonuç Karadeniz tabanındaki sedimanter kayaların hangi kalınlıkta alınması gerektiği hakkında bir fikir verir. Yedi profil altında düşey kesitlerle tanımlanan 3B model geometrisi bu kez de, sedimanter kayaların kabulüyle üç kütle kullanılarak tanımlanmıştır. Sedimanter kayaların kalınlıkları alınırken, ters çözüm hesapları sonucunda belirlenen sedimanter kayalar ve ortalama kabuk yoğunluklarının, kabul edilebilir düzeyde kalmasına, burada da dikkat edilmiştir. Yapılan ters çözüm hesapları sonucunda, standart sapma, moho sınırlarında yapılan uygun değişikliklerle, yine mümkün olduğunca küçültülmeye çalışılarak, kabuk yapısının en uygun geometrisi tespit edilmiştir. Ancak bir aşamada standart sapmanın küçültülmesine son verilmiştir. Bunun nedeni ise, kabuğun, Anadolu'da deniz seviyesi ile moho arasında kalan tek bir kütle olarak ele alınması gösterilebilir. Gerçekte bu sınırlar dahilinde birden fazla değişik formasyonlar bulunmaktadır. Verilerin yetersizliği nedeniyle bu formasyonlar kabuk içinde modellenememiştir. Oysa, bu formasyonların, Bouguer Anomalisinde görülen ayrıntılı sapmalar üzerindeki rolleri büyüktür. Çok daha sığ olması muhtemel bu kütlelere ait sapmalar, sadece tek kütle olarak tanımlanan kabuğun derinlerdeki sınırlarında değişiklik yapılarak giderilemez. İşte bu nedenle standart sapma istenilen düzeye

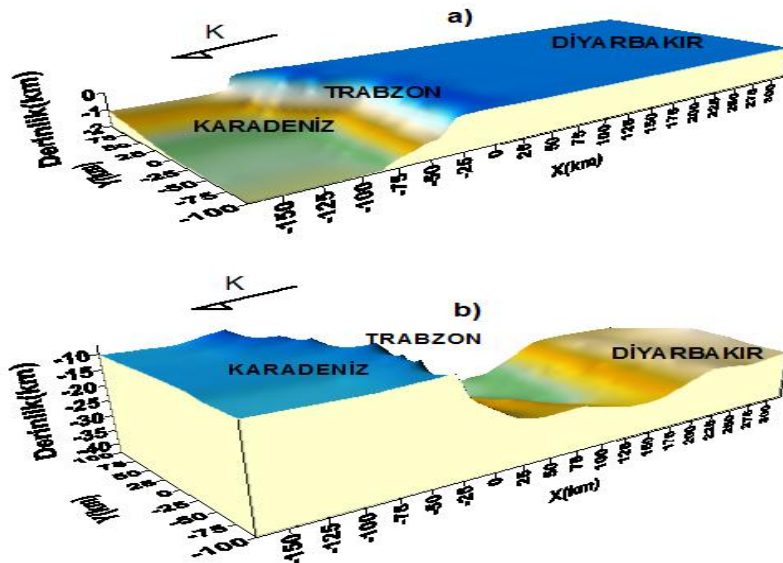
çekildikten sonra, daha da küçültülmeye çalışılmamıştır. Ayrıca, kabuğun tek bir kütleymiş gibi modellenmesi, elbette ideal bir çalışma şekli değildir. Ancak, değişik formasyonların kendi değişik yoğunluklarıyla ayrıntılı olarak değerlendirilmeyişi, neticeler üzerinde kabul edilemez farklı sonuçların ortaya çıkmasını gerektirmez. Çünkü; aynı ortam içinde tek ve ortalama bir yoğunluğun kabulü de, moho sınırının ortalama ve kabul edilebilir şeklinin tespitine olanak tanır. Karadeniz kabuk kalınlığının doğu istikametinde sahile doğru yükselmekte olduğu gözlenmektedir. Ters çözüm hesapları esnasında Karadeniz su yoğunluğu 1040 kg/m^3 olarak kabul edilmiştir. Yapılan sedimanter (çökel) kayaların dahil edilmediği hesaplarda topoğrafya ile deniz seviyesi arasında kalan kütle için yoğunluk 2670 kg/m^3 alınmış ve gerçek kabuk yoğunluğu 2901 kg/m^3 olarak hesaplanmıştır. Sedimanter kayaların da dahil edildiği hesaplamalar sonucunda tespit edilen moho derinliği, Karadeniz sahillerinde batıdan doğuya doğru 9 ila 12 km ye kadar indiği tespit edilmiştir. Ters çözüm hesaplarında sedimanter kayaların ve ortalama kabuk yoğunlukları sırasıyla 2504 kg/m^3 ve 2916 kg/m^3 bulunmuştur.



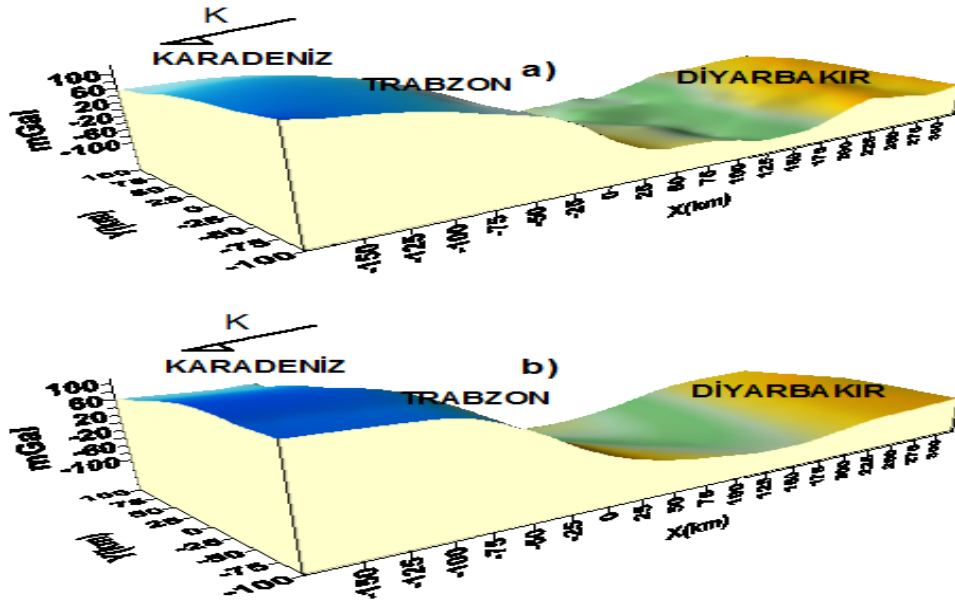
Şekil 3. Çalışma alanında deniz tabanı ve topoğrafya yüzeyi
(Figure 3. seafloor and topography surface in the field)

Çalışma alanında Karadeniz tabanı ve yedi profil ile yapılan hesaplamalar sonucu belirlenen moho yüzeyi Şekil 4-b)'de görülmektedir. Karadeniz derinliği çalışma bölgesinde 2 km'lere kadar inmektedir. Şekil 4-a)'da topoğrafya gösterilmemiştir. Topoğrafya şekil 3 te gösterilmiştir.

Belirlenmiş olan yedi profil de ölçülen ve hesaplanan Bouguer gravite anomalileri iki boyutlu olarak çizilmiştir. Orta profil ile bu profilin batısında kalan üç profil aynı şekil içerisinde gösterilmiştir. Yine bu gravite anomalilerinin gösterildiği şekilde, alt kısımda da yine bu orta ve batı profillerinin altına denk düşen moho sınırları ve sedimanter kayaç alt ve üst sınırları çizilmiştir (Şekil 6). Belirsiz de olsa yine bu profillerin altına denk düşen Karadeniz tabanı görülmektedir (Şekil 6). Ayrıca yine belirlenmiş olan yedi profil de ölçülen ve hesaplanan bouguer gravite anomalileri iki boyutlu olarak çizilmiştir. Orta profil ile bu profilin doğusunda kalan üç profil aynı şekilde gösterilmiştir. Yine bu gravite anomalilerinin gösterildiği şekilde, alt kısımda da yine bu orta ve doğu profillerinin altına denk düşen moho sınırları ve sedimanter kayaların alt ve üst sınırları çizilmiştir (Şekil 7). Bu şekilde yedi profilin hepsinin gösterilmemesinin sebebi, şekillerin çok fazla karışmamasıdır. Belirsiz de olsa yine bu profillerin altına denk düşen Karadeniz tabanı görülmektedir (Şekil 7).



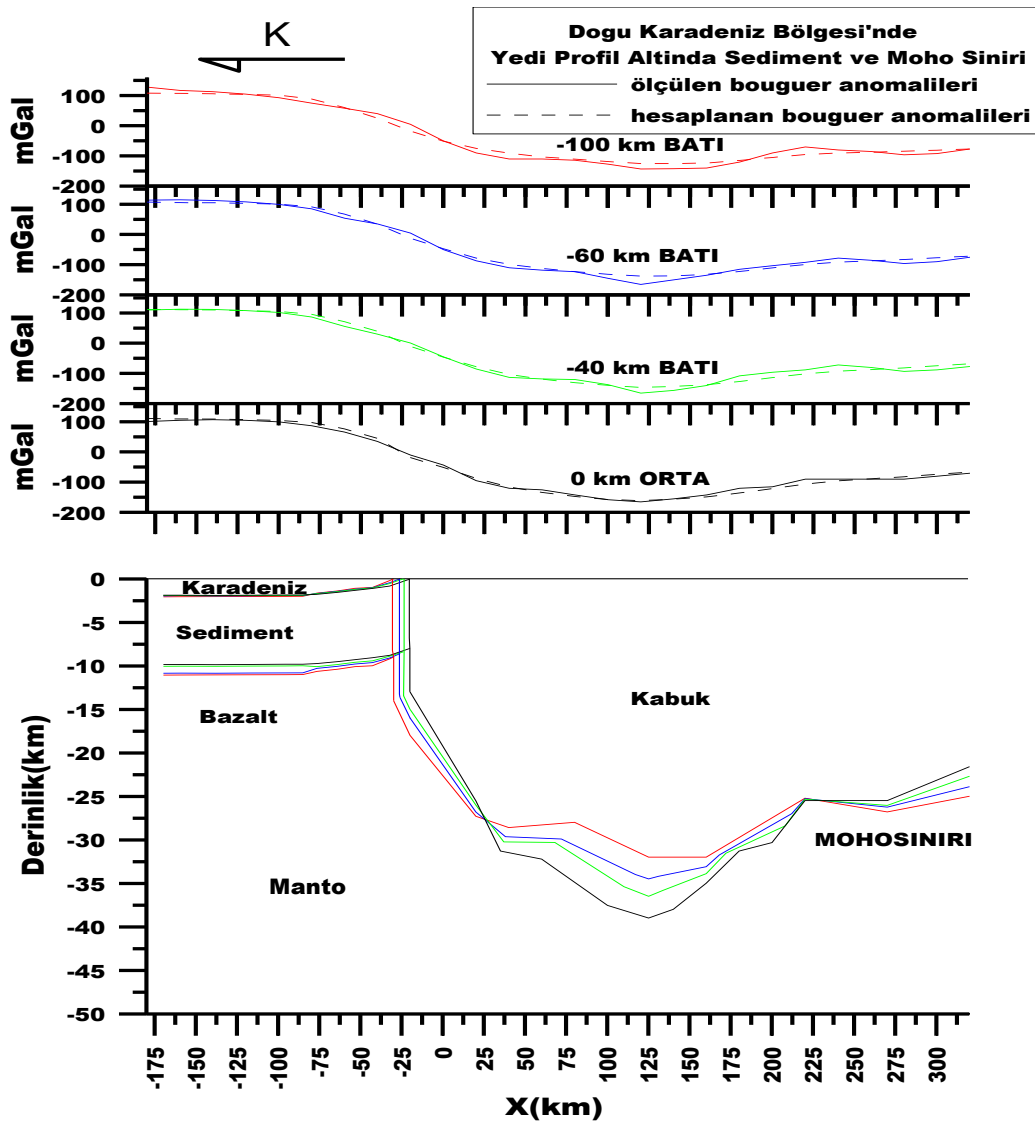
Şekil 4. a) Karadeniz tabanı, b) moho yüzeyi
(Figure 4. a) Seafloor, b) moho surface)



Şekil 5. a) Ölçülen bouguer anomalisi, b) Hesaplanan bouguer anomalisi
(Figure 5. a) Measured bouguer anomaly, b) Calculated bouguer anomaly)

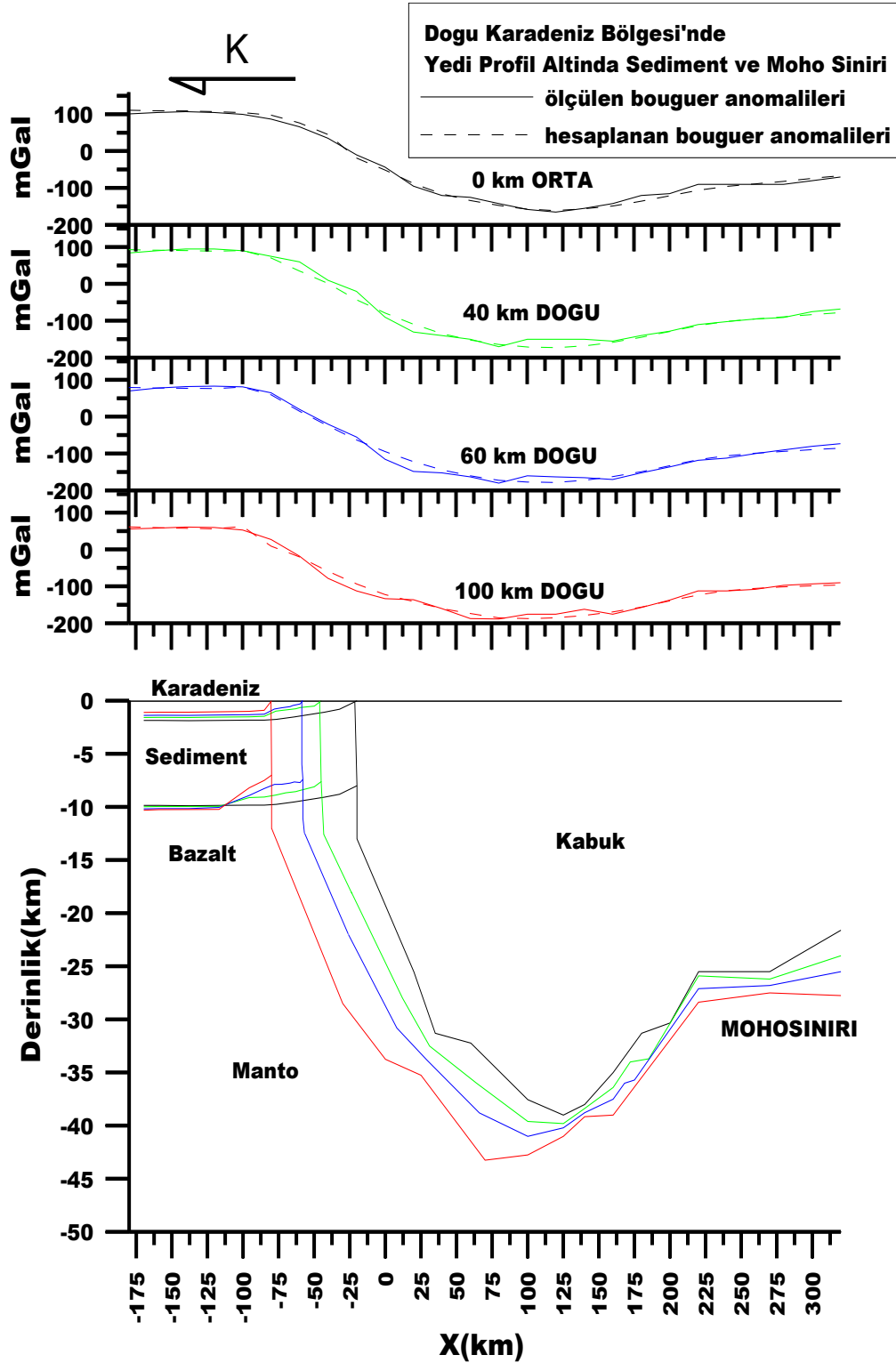
Burada tüm şekillerde orta profil ve bu profil altına denk düşen Karadeniz taban sınırı, sedimanter kayaçların alt ve üst sınırı, moho sınırı siyah renkle gösterilmiştir. Yine tüm şekillerde doğu ve batı yönlerinde 40'ar km'lerdeki profiller ve bu profiller altına denk düşen karadeniz taban sınırları, sedimanter kayaçların alt ve üst sınırları, moho sınırları yeşil renkle gösterilmiştir. Yine tüm şekillerde doğu ve batı yönlerinde 60'ar km'lerdeki profiller ve bu profiller altına denk düşen karadeniz taban sınırları, sedimanter kayaçların alt ve üst sınırları, moho sınırları mavi renkle gösterilmiştir. Yine tüm şekillerde doğu ve batı yönlerinde 100'er km'lerdeki profiller ve bu profiller altına denk düşen karadeniz taban sınırları, sedimanter kayaçların alt ve üst sınırları, moho sınırları kırmızı renkle gösterilmiştir.

Son şekilde de (Şekil 8) Şekil 6 ve 7 de gösterilen ancak pek seçilemeyen, profiller altına denk düşen Karadeniz taban sınırları, sadece o bölge büyütülerek çizilmiştir. Burada da orta ve batıdaki profiller üstte, orta ve doğudaki profiller altta çizilmiştir. Çizgilerdeki renkler şekil 6 ve 7'dekininki aynıdır. Şekil 6,7 ve 8'deki orta profil ve bu profil altına denk düşen Karadeniz taban sınırı, sedimanter kayaların alt ve üst sınırı, moho sınırı hem batı profilleriyle (şekil üstlerinde) hem de doğu profilleriyle (şekil altlarında) gösterilmiştir. Bu gösterimde amaç yedi profilin de aynı yerde gösterilmesi şekillerin anlaşılmasını zorlaştıracaktır. Eğer şekil 6 ve 7 ye bakılırsa, orada moho sınırı yedi profilin altında da oldukça mantıklı derinlikte görülüyor. Burada moho derinliğinin deniz kıyısı yakınlarında oldukça sığ olduğu gerçeği görülmektedir.



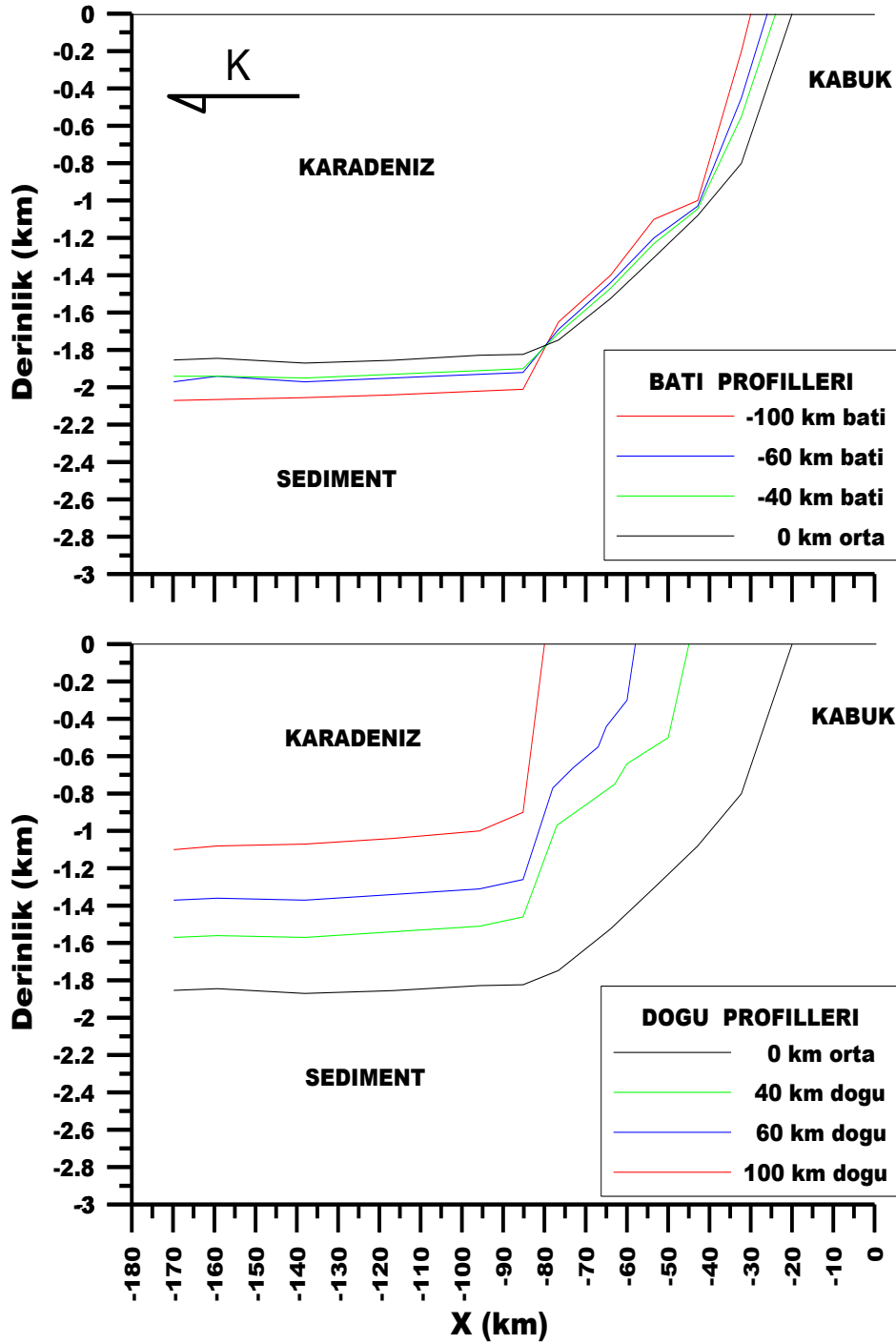
Şekil 6. Batıdaki profillerde ölçülen ve hesaplanan bouguer anomaliler (üstte), profiller altında sedimanter kayaların ve moho sınırı (altta)

(Figure 6. Measured and calculated bouguer anomalies in the west profiles (above), sediment and moho boundary under the profiles (bottom))



Şekil 7. Doğudaki profillerde ölçülen ve hesaplanan Bouguer anomalileri (üstte), profiller altında sedimanter kayaların ve moho sınırı (altta)

(Figure 7. Measured and calculated bouguer anomalies in the east profiles (above), sediment and moho boundary under the profiles (bottom))



Şekil 8. a) Batı profilleri altında karadeniz tabanı (üstte), b) Doğu profilleri altında karadeniz tabanı (altta)
(Figure 8. a) Seafloor under the west profiles (above), b) Seafloor under the east profiles (bottom))

4. BULGULAR (FINDINGS)

Karadeniz kabuk kalınlığının doğu istikametinde sahile doğru yükselmekte olduğu gözlenmektedir. Yapılan sedimanter (çökel) kayaçsız hesaplarda topoğrafya ile deniz seviyesi arasında kalan kütle yoğunluğu 2670 kg/m^3 alınmış ve gerçek kabuk yoğunluğu 2901 kg/m^3 olarak hesaplanmıştır. Sedimanter kayaçlı hesaplar sonucunda tespit edilen moho derinliği, Karadeniz altında doğudan batıya doğru 13 km

ile 16 km kadar maksimum derinliğe ulaştığı, sahilde de bu derinliğin yine doğudan batıya doğru 12.6 km ile 14 km civarında olduğu hesaplanmıştır. Anadolu içlerinde ise Moho derinliği batıdan doğuya doğru maksimum 22 km den 43 km ye kadar değişmektedir. Ters çözüm hesaplarında sedimanter kayaçların ve ortalama kabuk yoğunlukları sırasıyla 2504 kg/m³ ve 2916 kg/m³ bulunmuştur. Bu değerler kabul edilebilir düzeydedirler. Burada yedi profil altındaki moho sınırı derinliği sahil yakınlarında sığ görülmektedir (Şekil 6 ve 7).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Yapılan ters çözüm hesabında, standart sapmaların daha da aşağı çekilmesi için, yani model geometri ile ölçülen Bouguer anomali arasında daha iyi bir uyum elde etmek için model geometride çok daha fazla uygun değişiklikler yapılmasına gerek görülmemiştir. Bunun ilk nedeni, kabuğun tek bir kütle olarak tanımlanmasıdır. Bu durumda, gerçekte kabuk içinde var olan, ancak verilerin yetersizliği nedeniyle hesaplara dahil edilemeyen, değişik formasyonların, değişik etkilerini, yalnız kabuk ve su kütlesi kullanılarak daha optimum hale getirmeye çalışılmasının mantıklı olmadığı düşünülmüştür. En az bunun kadar önemli olan diğer bir neden ise, model geometrinin sadece yedi profil altında derinlikler verilerek tanımlanması ve bu nedenle profiller arasında, daha ayrıntılı değişikliklerin yapılabilmesinin mümkün olmayışıdır. Bu çalışmada karadeniz'deki sedimanter kayaçların kalın olduğu saptanmıştır. Ters çözüm hesaplarında bu sedimanter kayaçlar da üçüncü kütle olarak göz önüne alınmalıdır.

Bölgenin mevcut kabuk yapısını detaylı olarak ortaya koyabilmek için; bölgede yapılmış derin sismik yansıma verilerine ihtiyaç vardır. Bu sismik kesitler kullanılarak, ana tabaka sınırları doğrulukla belirlenmelidir. Bu ana tabakalar içinde mevcut olan küçük birimlerin de sınırları yine sismik yansıma verileri kullanılarak tespit edilmelidir. Sismik hız sınırlarının üç boyutlu gravite ters çözüm hesaplarında kullanılmasıyla, bölgeye ait kabuk yapısı iyi bir şekilde açıklanabilir. Böyle bir çalışma ile yoğunluğun derinlikle nasıl değiştiği tespit edilebilir. Ayrıca düşük hızlı tabakalar da tespit edilebilir. Ülkemizin menfaatlerine yönelik olarak, veri temini ve jeolojik bilgi desteği için MTA ve TPAO gibi kurumlarla ortak projeler üretilmelidir. Çalışma alanlarında, fazla para harcama, insan gücü kullanımı ve zaman harcamanın önüne geçilmeli ve kısa zamanda, daha az sondaj ile ve düşük maliyet ile sonuca varılmalıdır. Böylece, bölgede var olan petrol kapanları ve maden yatakları doğru bir şekilde belirlenebilir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Allan, T.D., Morelli, C., (1971). Geophysical Study of the Mediterranean Sea, Bull. Geol. Teor. Appl., 13, 50, 99-142.
2. Ark Geophysics Ltd., no year. Gravity Map of the Black Sea. Milton Keynes. England.
3. Barka, A.A., (1992). The North Anatolian Fault Zone, Annal. Tectonica, Special Issue 6, 164-195.
4. Çavşak, H., (1992). Dichtemodelle für Mitteleuropaischen Abschnitt der EGT Aufgrund Gemeinsamen Inversion von Geoid, Schwere und Refraktion Seismischermittelter Krustenstruktur, Johannes Gutenberg-Universitaet, Mainz, Germany.
5. Çavşak, H., Jacoby, W.R., and Seren, A., (2002). Eastern Pontides and Black Ses: gravity inversion, crustal structure, isostasy and geodynamics. J. Geodynamics, 33, 201-218.
6. Çavşak, (2003). 13-15 Mayıs, Jeofizik sempozyumu, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta

7. Çavşak, H., (2008). Gravity Effect of Spreading Ridges Comparison of 2D and Spherical Models. *Mar. Geophys. Res.*, 29, 161 -165.
8. Çavşak, H. and Jacoby, W.R., (2004). Three-dimensional modeling of crust and upper Mantle For the eastern Pontides and Black Sea basin, Türkiye 16. Uluslar arası Jeofizik Kongre ve Sergisi, 7-10 Aralık Bildiri Özetler Kitabı, Ankara.
9. Dewey, J.F., (1976). Seismicity of Northern Anatolia, *Bull. Seismol Soc. Am.*, 66, 843-868.
10. Jacoby, W.R. and Çavşak, H., (2005). Inversiyon of Gravity Anomalies Over Spreading Oceanic Ridges. *J. Geodynamics*, 39, 461-474.
11. Jacoby, W.R., Smilde, P., (2009). Gravity Interpretation: Fundamentals and Application of Gravity Inversion and Geological Interpretation, Springer, US.
12. Ketin, İ., 1949. Son On Yılda Türkiye'de Olmuş Büyük Depremlerin Tektonik ve Mekanik Neticeleri Hakkında, *TJK Bülteni*, 2, 1.
13. McKenzie, D., (1972). Active Tectonics of Mediterranean Region, *Geophys. J. R. Astro. Soc.*, 30, 109-185.
14. M.T.A., (1994). Genel Müdürlüğü ve Harita Genel Müdürlüğü, Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
15. Ross, D.A., Uchupi, E., and Bowin, C.O., (1974)a. Shallow structure of the Black Sea-geology, chemistry, and biology. *Am. Assoc. Petr. Geol. Mem.* 20, 11-34.
16. Sengor A.M.C., Gorur N. and Saroglu F., (1985). Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study, in: Biddle K.T., Christie-Blick N. (Eds.), *Strike-slip Faulting and Basin Formation*, Soc. Econ. Paleontol. Mineral. Sp. Pub., 37, 227-264.