



Araştırma Makalesi / Research Article

Van Gölü ve Civarının Sığ Kabuk Yapısının WGM2012 Bouguer Gravite Verileriyle İncelenmesi

Shallow Crustal Structure of Lake Van and Its Surroundings with WGM2012 Bouguer Gravity Data

Ali ELMAS 

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, TR-61080 Trabzon

Geliş (Received): 14 Haziran (June) 2021 / Düzeltme (Revised): 06 Aralık (December) 2021 / Kabul (Accepted): 01 Mart (March) 2022

ÖZ

Dünya Gravite Haritası'ndan (WGM2012) elde edilmiş Bouguer gravite verileri kullanılarak, Van Gölü ve civarının sığ kabuk yapısı ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda gravite verilerinin düşey türev değerlerine toplam yatay türev ve eğim açısı yöntemleri uygulanarak bölgenin jeolojik birimlerinin sınırları araştırılmıştır. Bu süreksizlik sınırlarını ortaya çıkarırken, toplam yatay türevin maksimum genlik değerleri ve eğim açısının sıfır genlik değerlerinden yararlanılmıştır. Bu çalışmadaki sonuçlarla daha önceden yapılmış olan çalışmaların sonuçları arasında benzerlik olmasının yanı sıra, yeni süreksizlik sınırları da tespit edilmiştir. Bunun yanında çalışma alanının yumuşak/sert sediment, temel kaya ve Conrad topografyalarının ortalama derinlikleri genlik spektrumu ile hesaplanmıştır. Ayrıca ters çözüm ile bölgenin temel kaya topografyası hesaplanarak haritalanmıştır. Genlik spektrumu hesabı sonucu yumuşak-sert sediment, temel kaya ve Conrad arayüzeylerine ait ortalama derinlikler sırasıyla 3.1 km, 6.2 km ve 14.4 km olarak belirlenmiştir. Yoğunluk farkı sunan yapı sınırlarının belirlenmesinin yanı sıra, ters çözüm ile temel kaya topografyasının derinlik değerlerinin 5.6 - 6.7 km arasında değiştiği hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Toplam Yatay Türev, Eğim açısı, Van Gölü, Birinci Düşey Türev, Yapısal Süreksizlik

ABSTRACT

Using the Bouguer gravity data obtained from the World Gravity Map (WGM2012), the shallow crustal structure of Van Lake and its vicinity has been studied in this study. In this context, it is aimed to investigate the lateral boundaries of the geological units of the region by applying total horizontal derivative and tilt angle methods to the vertical derivative values of the gravity data. The maximum amplitude values of the total horizontal derivative and zero amplitude values of the tilt angle were used to reveal the horizontal boundaries. In addition to the similarity between the results of this study and the results of previous studies, new discontinuity boundaries were determined. In addition, the average depths of the soft/hard sediments, basement and Conrad topographies were calculated with the amplitude spectrum in the study area. In addition, with the inverse solution, the basement topography of the region was calculated and mapped. As a result of the amplitude spectrum calculation, the average depths of soft/hard sediment, basement and Conrad interfaces were determined as 3.1 km, 6.2 km and 14.4 km, respectively. In addition to the determination of the mass boundaries that present a density difference, it has been calculated that the depth values of the basement topography vary between 5.6 and 6.7 km with the inverse solution.

Keywords: Total Horizontal Derivative, Tilt Angle, Van Lake, First Vertical Derivative, Structural Discontinuity

GİRİŞ

Jeolojik birimlerin süreksizlik sınırlarının bulunması işlemleri genellikle toplam yatay türev (TYT) ve eğim açısı (EA) metodları kullanılarak gravite verileriyle yapılır (Cordell ve Grauch, 1985; Nabighian, 1972; Miller ve Singh, 1994; Cooper ve Cowan, 2006; Altınoğlu vd., 2015; Pamukçu vd., 2015; Elmas, 2018). Kütle sınırlarını ve çizgisellikleri ortaya çıkarmak amacıyla EA tekniğinin, düşey türev verileriyle ilk kullanımı, Oruç (2010) tarafından yapılmıştır. Kütlelerin sınırlarını belirlemek için yapılan hesaplamalarda, doğrudan gravite verileri yerine gravitenin birinci düşey türevi kullanılarak yapılan hesaplamalar daha doğru sonuç vermektedir (Elmas, 2018). Bu çalışmada kullanılacak metodlar, bölgeye ait Bouguer gravite haritasının reyonel değerlerinin düşey türev verileri uygulanmıştır. Öncelikle alçak geçişli süzgeç kullanılarak, reyonel veri tespit edilmiştir. Daha sonra, bu veriden düşey türev değerleri hesaplanmıştır. Hem bu işlem için hem de çizgisellikleri belirlemek için, TYT ve EA sınır analiz yöntemlerini içeren POTENSOF yazılımı (Arısoy ve Dikmen, 2011) kullanılmıştır. Van Gölü ve civarının jeolojik ve tektonik birimlerini ortaya çıkarmak için birçok çalışma yapılmıştır (Degens vd., 1984; Genç, 1984; Özvan vd., 2008; Acarlar vd., 1991; Kuzucuoğlu vd., 2010; Uner vd. 2010; Toker ve Şengör, 2011). Özvan vd., (2008), Van Gölü ve civarının jeoteknik özelliklerini sondaj çalışmalarıyla araştırmışlardır. Toker ve Şengör (2011), Van Gölü ve civarının tektonik yapısını, sismik yöntem ile değerlendirmişlerdir.

Bu çalışmada Van Gölü ve civarına ait Bouguer gravite verileri Dünya Gravite Haritası'ndan (WGM2012) (Bonvalot et al., 2012) elde edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan WGM2012 Bouguer gravite verileri ölçülen

veriler olup, 2'x2' çözünürlüğündedir (Bonvalot et al., 2012). Elde edilen verilerinden hesaplanan reyonel gravite değerlerinin düşey türev değerlerine TYT ve EA teknikleri uygulanarak, temel kaya seviyelerindeki yoğunluk farkı sunan yapı sınırları görüntülenmeye çalışılmıştır. Bununla birlikte, yumuşak-sert sediment, temel kaya ve Conrad ara yüzey topografyalarının ortalama derinlikleri de genlik spektrumu ile hesaplanmıştır. Son olarak ta, ters çözüm hesaplamalarıyla bölgenin temel kaya topografyasındaki ondülasyonlar Parker-Oldenburg algoritması ile hesaplanmıştır (Parker, 1973; Oldenburg, 1974; Gomez-Ortiz ve Agarwal, 2005).

Bu çalışma kapsamında, genlik spektrumu hesabı sonucu yumuşak-sert sediment, temel kaya ve Conrad arayüzeylerine ait ortalama derinlikler sırasıyla 3.1 km, 6.2 km ve 14.4 km olarak belirlenmiştir. Yoğunluk farkı sunan yapı sınırlarının, bölgenin tektonik rejimi ile ilgili olduğu belirlenmiştir. Bir de, ters çözüm hesabı ile çalışma alanının temel kaya topografyasının derinlik değerlerinin 5.6 - 6.7 km arasında değiştiği hesaplanmıştır.

VAN GÖLÜ VE CİVARININ JEOLJİSİ

Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Van Gölü Arap-Avrasya plakalarının çarpışmasıyla oluşan sıkışma sonucunda zamanla oluşmuştur (Şaroğlu ve Yılmaz, 1986). Van Gölü ve civarı Geç Pliyosen zamanında oluşmuştur ve Kuvaterner zamanında hüküm süren volkanizma hareketleriyle bu günkü şekline ulaşmıştır (Wong ve Finckh, 1978; Degens vd., 1984). Van Gölü ve civarındaki son tektonik olaylar Pliyo-Kuvaterner zamanlıdır (Koçyiğit vd., 2001). Çalışma bölgesinde, Arap-Avrasya plakalarının çarpışması sonucunda K-G doğrultulu sıkışma olayı, D-B doğrultulu ters faylar, GB-KD

doğrultulu sol yönlü ve GD-KB doğrultulu sağ yönlü doğrultu atımlı faylar ve K-G doğrultulu genişleme olayları hakimdir (Koçyiğit vd., 2001; Koçyiğit, 2013). Van Gölü ve civarının tektonik yapısı Şekil 1'de görülmektedir (Şenel, 2008).

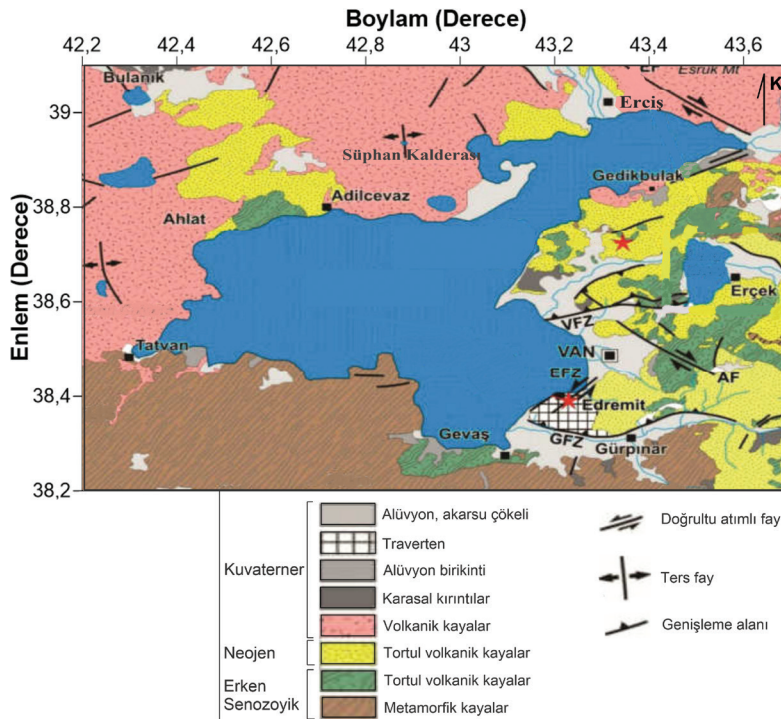
Van Gölü ve civarında çok sayıda aktif fay bulunmaktadır. Bölgenin tektonik yapısının yanı sıra, aktif fayları Şekil 2a'da görülmektedir (Emre vd., 2013).

Bu çalışma ile bölgeye ait Bouguer gravite verisinden alçak geçişli süzgeç ile hesaplanan rejyonel gravitenin düşey türevi kullanılarak, bölgenin tektonik yapı sınırları belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca, çalışma alanının ara yüzey topoğrafyalarının ortalama derinlikleri de logaritmik genlik spektrumu ile hesaplanmıştır. Son olarak, ters çözüm yöntemi ile bölgenin temel kaya topoğrafyası belirlenmiştir. Tüm bu

çalışmalardan sonra bölge'nin güncel tektonik yapısı elde edilen verilerle değerlendirilmiştir.

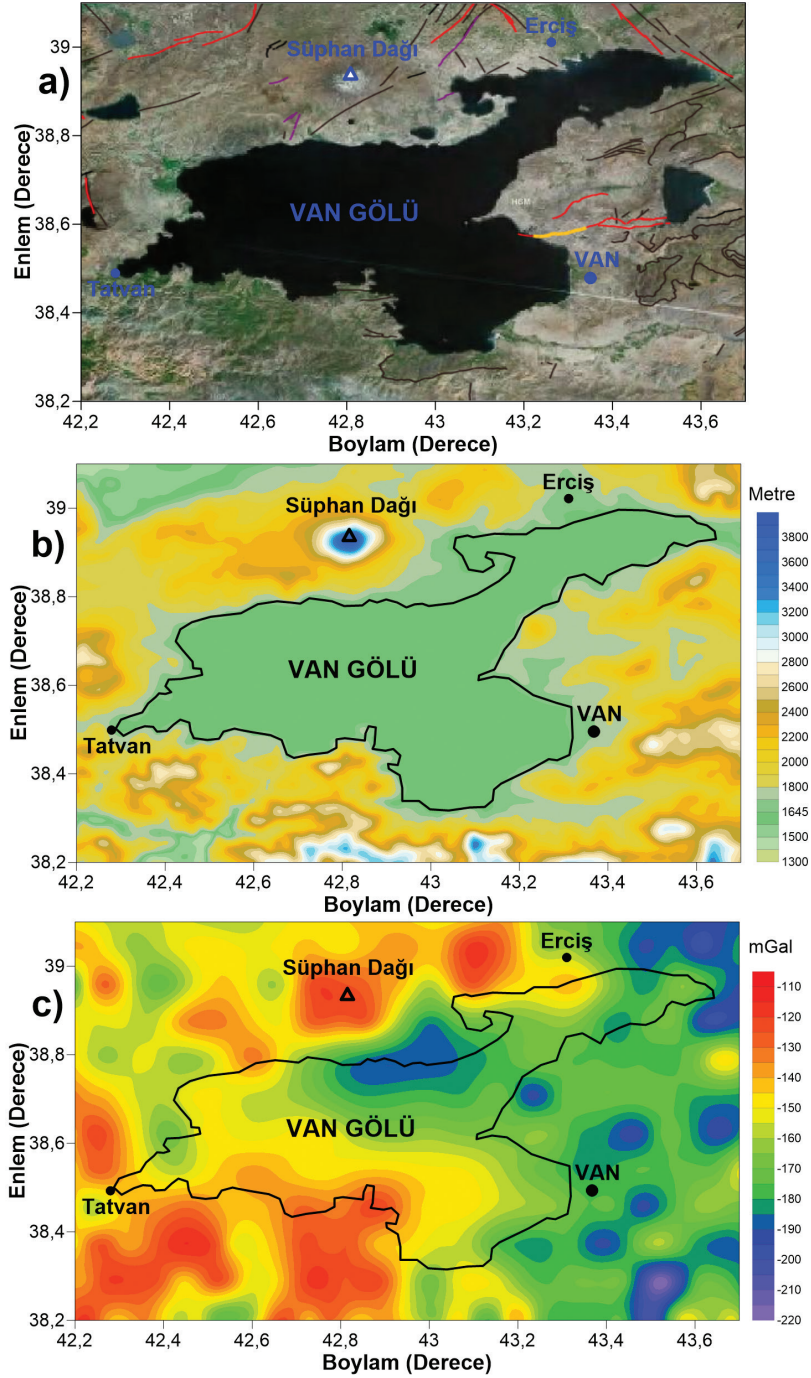
YÖNTEM VE HESAPLAMALAR

Şekil 2b'de verilmiş olan bölgeye ait topografya verisi USGS (1998)'dan alınmıştır. Şekil 2c'de bölgeye ait Bouguer gravite haritası görülmektedir (Bonvalot et al., 2012). Bölgedeki ara tabaka yüzeylerinin ortalama derinlik değerleri, Bhattacharyya'nın (1967) geliştirdiği radyal ortalama genlik spektrum tekniğinden faydalanılarak hesaplanmıştır. İşlemler sonunda üç adet derinlik değeri hesaplanmıştır (Şekil 3). Genlik spektrumu hesabı sonucu yumuşak-sert sediment, temel kaya ve Conrad arayüzeylerine ait ortalama derinlikler sırasıyla 3.1 km, 6.2 km ve 14.4 km olarak belirlenmiştir.



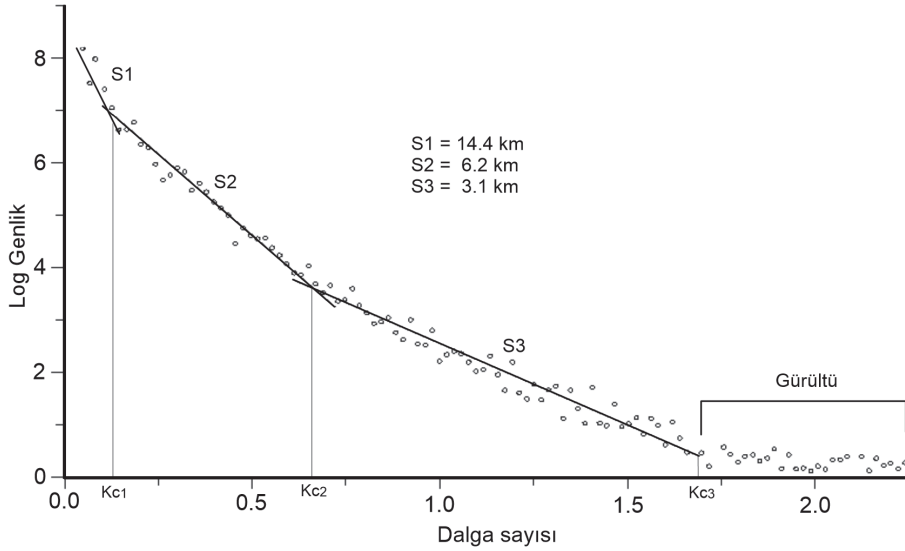
Şekil 1. Van Gölü ve civarının tektonik haritası (Şenel, 2008'den alınmıştır).

Figure 1. Tectonic outline of the Van Lake and its vicinity (after from Şenel, 2008).



Şekil 2. (a) Van Gölü ve civarının aktif fay (Emre vd., 2013'den alınmıştır), (b) topografya ve (c) WGM2012 Bouguer gravite anomali haritası.

Figure 2. (a) Active fault (after from Emre et al., 2013), (b) topography and (c) WGM2012 Bouguer gravity anomaly map of Van Lake and its vicinity.



Şekil 3. Çalışma alanının WGM2012 Bouguer gravitesinin genlik spektrumu ile ara tabakaların derinlikleri.

Figure 3. The amplitude spectrum of the Bouguer gravity of the study area and the depths of the intermediate layers.

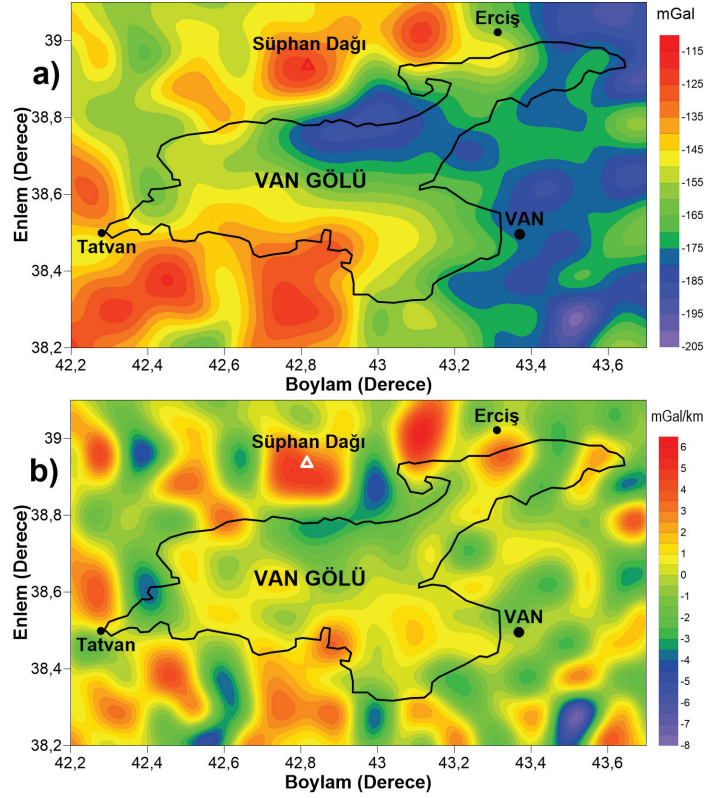
Cordell ve Grauch (1985) tarafından önerilen TYT tekniğini ile yapılan hesaplamalarda, yüksek genlikler kütle sınırlarında, bir bant şeklinde toplanırlar. Denklem 1'de düşey türev gravite değerinin tam yatay türev değeri verilmiştir (Cordell ve Grauch, 1985).

Bu çalışmada kullanılan sınır analiz tekniklerinden ikincisi EA yöntemidir (Miller ve Singh, 1994). Gravite verileri için Denklem 2 ile yapılan EA hesaplamalarında sıfır değerleri yanal süreksizlikleri temsil etmektedir (Miller ve Singh, 1994). Denklem 2'de düşey türev değerlerinin yatay türev değerleri kullanılmıştır (Oruç, 2010).

Bölgeye ait rejyonel gravite ve rejyonel gravitenin düşey türev değerleri Şekil 4a ve 4b'de verilmiştir. WGM2012 Bouguer gravite

verilerine, genlik spektrumundan elde edilmiş kesme dalga sayısı ile alçak geçişli süzgeç uygulanarak bölgenin rejyonel gravite değerleri hesaplanmıştır (Şekil 4a). Rejyonel gravitenin düşey türevinden hesaplanan TYT haritasının maksimum değerleri ve EA haritasının sıfır değerleri bölgedeki yapısal süreksizliklere karşılık gelen çizgisellikleri belirtir (Şekil 5a ve 5b).

Bölgenin tektonik yapısı da göz önünde bulundurularak Şekil 5a ve Şekil 5b'ye bakılacak olursa, süreksizlik sınırlarının genellikle kuzey - güney uzanımlı oldukları görülür. Ancak bunun yanı sıra, bu süreksizlik sınırlarının, bölgenin çeşitli yerlerinde farklı doğrultularda uzandıkları görülebilir. Bu durum, bölgenin tektonik rejiminin bir sonucudur (Pamukçu vd., 2007; Pamukçu vd., 2015).

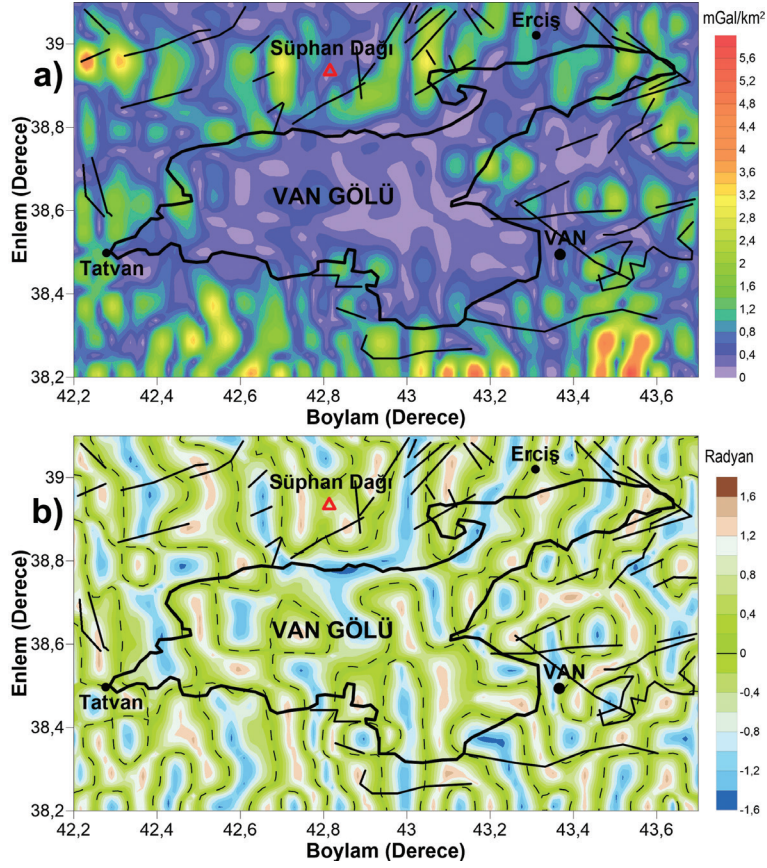


Şekil 4. (a) Rejyonel gravite ve (b) rejyonel gravitenin düşey türev anomali haritaları.

Figure 4. (a) Regional gravity and (b) vertical derivative anomaly maps of regional gravity.

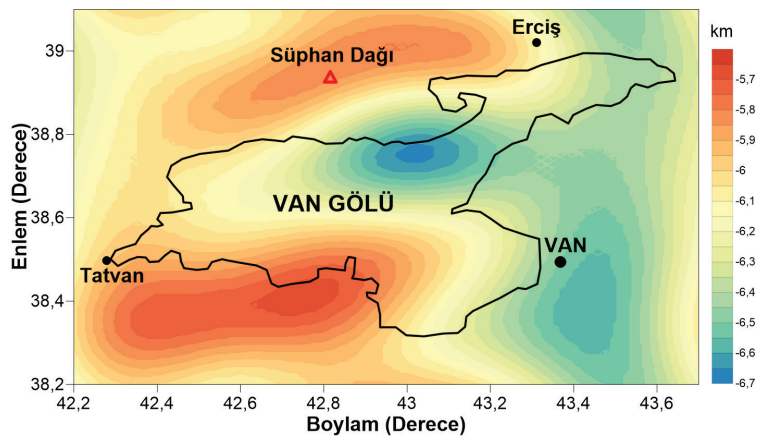
Ayrıca bu süreksizlikler bazı kısımlarda eski ve diri fayları kesmektedir. Son olarak, çalışma alanına ait temel kaya topografyası Parker-Oldenburg algoritmasını kullanan ters çözüm tekniği ile hesaplanmıştır (Parker, 1973; Oldenburg, 1974). Temel kayadan kaynaklanan gravite dalga boylarını elde etmek için, genlik spektrumundan elde edilmiş dalgasayıları kullanılmıştır. WGM2012 Bouguer gravite verilerine, bu dalga sayılarının kullanımıyla bant geçişli süzgeç uygulayarak, temel kaya

topografyası için yapılacak ters çözüm hesabı için gravite verisi belirlenmiştir. Temel kaya topografya haritasına bakılacak olursa, temel kaya ara yüzey derinliğinin 5.6 - 6.7 km arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 6). Süphan Dağı civarında bu derinlikler 5.7 km civarında iken, gölün ortasına doğru derinleştiği görülmektedir. Ters çözüm yöntemiyle belirlenen derinlikler genlik spektrumu yöntemi ile hesaplanan değerlerden çok farklı değildir.



Şekil 5. (a) Rejyonel gravitenin birinci düşey türevin TYT ve (b) EA haritaları.

Figure 5. (a) TYT and (b) EA maps of the first vertical derivative of regional gravity.



Şekil 6. Van Gölü ve civarının temel kaya topoğrafyası.

Figure 6. Basement topography of Van Lake and its vicinity.

SONUÇLAR

Bu çalışmada iki farklı yöntem uygulanarak bulunan çizgisellik haritaları, EA haritasının sıfır konturları ve TYT haritasının maksimum genlik değerleri kullanılarak güncel tektonik yapısı belirlenmiştir. Çizgisellikleri ortaya çıkarmak için daha önce yapılmış çalışmalar çoğunlukla doğrudan gravite verisiyle hesaplanmıştır. Bu çalışmada ise çizgisellikleri belirlemek için bölgenin düşey türev gravite verileri kullanılmıştır. Çalışma alanındaki ana tektonik birimlerin sınırları daha önceki çalışmalarla belirlenmiş, ancak bu çalışma ile daha alt birimlere ait çizgisellikler belirlenmiştir. Ayrıca, bölgenin Bouguer gravite verilerinin genlik spektrumları hesaplanarak, bölgenin kabuk yapısında var olan yumuşak-sert sediment, temel kaya ve Conrad arayüzeylerine ait ortalama derinlikler sırasıyla 3.1 km, 6.2 km ve 14.4 km olarak bulunmuştur. Ayrıca, bölgeye ait temel kaya topografya derinliklerinin de 5.6 - 6.7 km arasında değiştiği bulunmuştur. İki farklı yöntem ile belirlenen derinlikler arasında çok büyük bir fark bulunmamaktadır. Diğer taraftan, bulunan sonuçların, bölgenin tektonik rejimiyle uyum içinde olduğu görülmüştür. Bölgedeki birimlerin yan birimlerle dokunaklarını faylardan ayırmak için daha farklı çalışmalara ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

- Acarlar, M., Bilgin, E., Elibol, E., Erkal., T., Gedik, İ., 1991. Van gölü doğu ve kuzeyinin jeolojisi. MTA Genel Müdürlüğü, Arşiv No: 1061, Ankara.
- Altınöglü, F.F., Sarı, M., Aydın, A., 2015. Detection of lineaments in Denizli Basin of Western Anatolia Region using Bouguer gravity data. *Pure and Applied Geophysics*, 172, 415–425.
- Arısoy, M. Ö., Dikmen, Ü., 2011. Potensoft: MATLAB-based Software for potential field data processing, modelling and mapping. *Computer and Geosciences*, 37, 935–942.
- Bhattacharyya, B.K., 1967. Some general properties of potential fields in space and frequency domain: a review. *Geoexploration*, 5 (3), 127–143.
- Bonvalot, S., Balmino, G., Briais, A., M. Kuhn, Peyrefitte, A., Vales N., Biancale, R., Gabalda, G., Reinquin, F., Sarrailh, M., 2012. World Gravity Map. Commission for the Geological Map of the World. Eds. BGI-CGMW-CNES-IRD, Paris.
- Cooper, G. R. J., Cowan, D. R., 2006. Enhancing potential field data using filters based on the local phase. *Computers and Geosciences*, 32 (10), 1585-1591.
- Cordell, L., and Grauch, V.J.S., 1985. Mapping basement magnetization zones from aeromagnetic data in the San Juan Basin, New Mexico, (Ed. Hinze, W.J.) The utility of regional gravity and magnetic anomaly maps, *Society of Exploration Geophysicists*, 181–197.
- Degens, E. T., Wong, H. K., Kempe, S., Kurtman, F., 1984. A geological study of Lake Van, eastern Turkey. *Geologische Rundschau*, 73-2, 701–734.
- Doğan B., 2018. Active tectonics of Erçek Lake Basin and lithostratigraphy of basin deposits (Van, Turkey). *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20(1), 398-411.
- Elmas, A., 2018. Kıbrıs adasındaki yapısal süreksizliklerin EGM08 gravite verileri kullanılarak belirlenmesi, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 42, 17-32 (DOI: 10.24232/jmd.434135).
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş., Şaroğlu, F., 2013. Açıklamalı 1/1.250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi-30. Ankara- Türkiye.

- Genç, S., 1984. Bitlis Masifi kuzey kenarının kıvrımlı ve faylı yapısı, Küçüksu-Reşadiye (Tatvan, Bitlis) yöresi, Güneydoğu Türkiye. Karadeniz Üniversitesi Dergisi, 3 (1-2), 17-27.
- Gomez-Ortiz, D., Agarwal, B. N. P., 2005. 3DINVER.M: A MATLAB program to invert the gravity anomaly over a 3-D horizontal density interface by Parker-Oldenburg's algorithm. Computer Geosciences, 31, 513-520.
- Kocyiğit, A., 2013. New field and seismic data about the intraplate strike-slip deformation in Van region, East Anatolian plateau, E. Turkey. Journal of Asian Earth Sciences, 62, 586-605.
- Kocyiğit, A., Yılmaz, A., Adamia, S., Kuloshvili, S., 2001. Neotectonic of East Anatolian Plateau (Turkey) and Lesser Caucasus: implication for transition from thrusting to strike-slip faulting. Geodinamica Acta, 14, 177-195.
- Kuzucuoğlu, C., Christol, A., Mouralis, D., Doğu, A. F., Akköprü, E., Fort, M., et al., 2010. Formation of the Upper Pleistocene terraces of Lake Van (Turkey). Journal of Quaternary Sciences, 25 (7), 1124-1137.
- Miller, H. G., Singh, V., 1994. Potential field tilt -a new concept for location of potential field sources. Journal of Applied Geophysics, 32, 213-217.
- Nabighian, M. N., 1972. The Analytic Signal of two dimensional magnetic bodies with polygonal cross section: Its properties and use for automated anomaly interpretation. Geophysics, 37, 507-517.
- Oldenburg, D. W., 1974. The inversion and interpretation of gravity anomalies. Geophysics, 39, 526-536.
- Oruç, B., 2010. Edge detection and depth estimation using a tilt angle map from gravity gradient data of the Kozaklı-Central Anatolia Region, Turkey. Pure and Applied Geophysics, DOI: 10.1007/s00024-010-0211-0.
- Özvan, A., Şengül, M.A., Tapan, M., 2008. Van Gölü havzası neojen çökellerinin jeoteknik özelliklerine bir bakış: Erciş Yerleşkesi, Çukurova Üniversitesi Yerbilimleri Dergisi (Geosound), 52, 297-310.
- Pamukçu, O. A., Akçığ Z., Demirbaş Ş., Zor, E., 2007. Investigation of crustal thickness in Eastern Anatolia using gravity, magnetic and topographic data. Pure and Applied Geophysics, 164(11), 2345-2358.
- Pamukçu, O., Gönenç, T., Çırmık, A.Y., Demirbaş Ş., Tosun S., 2015. Vertical and horizontal analysis of crustal structure in eastern Anatolia region. Bulletin of the Mineral Research and Exploration, 151(151), 217-229.
- Parker, R. L., 1973. The rapid calculation of potential anomalies. Geophysical Journal International, 31, 447-455.
- Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., 1986. Doğu Anadolu'da neotektonik dönemdeki jeolojik evrim ve havza modelleri. MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Şenel, M., 2008. Scaled Geological Maps of Turkey (Van – K50 Quadrangle). 1:100.000. Publication of General Directorate of Mineral Research, Ankara (Turkey).
- Toker, M., Şengör, A.M.C., 2011. Van Gölü havzasının temel yapısal unsurları, tektonik ve sedimanter evrimi, doğu Türkiye. İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi/d mühendislik, 10 (4), 119-130.
- Uner, S., Yeşilova, C., Yakupoğlu, T., Uner, T., 2010. Pekişmemiş sedimanlarda depremlerle oluşan deformasyon yapıları (sismitler): Van Gölü Havzası, Doğu Anadolu. Yerbilimleri, 31 (1), 53-66.
- U.S. Geological Survey, Digital Elevation Models GTOPO30, Virginia, 1998. http://webmap.ornl.gov/wcsdown/wcsdown.jsp?dg_id=10003_1, (Ziyaret tarihi: 11 Şubat 2020).
- Wong, H.K., Finckh, P., 1978. Shallow structures in Lake Van. in: The Geology of Lake Van, E.T. Degens and F. Kurtman (eds.), The Mineral Research and Exploration Institute of Turkey (MTA) Publication, No.169, pp. 20-28.