



## Gravite (uydu) verileri ile Doğu Akdeniz ve Karadeniz altındaki tektonik bileşenlerin görüntülenmesi

### *Imaging the tectonic components under the Eastern Mediterranean and Black Sea with gravity (satellite) data*

Ceyhan Ertan TOKER<sup>a\*</sup> ve Emin U. ULUGERGERLİ<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Deniz Araştırmaları Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye

<sup>b</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Terzioğlu Yerleşkesi, Çanakkale, Türkiye

*Kısa Not*

Anahtar Kelimeler:  
Gravite, Doğu Akdeniz,  
Kıbrıs Yayı, Antalya Yayı.

#### ÖZ

Uydu Gravite verileri kullanılarak Karadeniz ve Levanten denizi içindeki tektonik yapılar haritalanmıştır. Antalya ve Kıbrıs yaylarının ilişkisi, yay oluşumunun deformasyon izleri ile ortaya konmuştur. Kıbrıs yayı, Antalya körfezinin batı ucunda; Anaksimander deniz dağlarının güneyinden kuzeydoğuya yiten dilimin üzerinde izlenebilmektedir. Karadeniz’de batı ve doğu basenlerinin ayrımı görselleştirilmiştir. Uzamsal Çözünürlüğün düşük olması nedeniyle çözüm gücü yüksek diğer çalışmalara gerek vardır.

Geliş Tarihi: 03.03.2021  
Kabul Tarihi: 28.07.2021

Keywords:  
Gravity, East  
Mediterranean, Cyprus  
Arc, Antalya Arc.

#### ABSTRACT

Tectonic structures in the Black Sea and the Levantine Sea were mapped using satellite gravity data. The relationship between Antalya and Cyprus arcs is revealed by the deformation traces of the arc formation. The Cyprus arc which over the slice that disappears from the South of the Anaximander seamounts to the Northeast, can traceable at the western end of the Antalya Bay. The distinction of western and eastern basins in the Black Sea is also mapped. Due to the low spatial resolution, additional studies with higher resolution are required.

## 1. Giriş

Uydu verileri işlenirken uygulanan veri işlem yöntemleri, karada toplanan verilere uygulanan işlemlerin benzerleridir. Uydu verilerinin büyük bir alan kapsamaları ve ölçüm aralıklarına bağlı olarak elde edilen ayrımlılık büyük ölçekli tektonik yapıları inceleme fırsatı sunmaktadır. Uydu verilerinden farklı olarak, karada toplanan verilerde yüzey etkisi olarak ortaya çıkan ve ölçülen değerlere eklenen istenmeyen bilgilerin süzgeçlenmesi gerekir. Uydu gravite verileri,

karada toplanan veriye oranla, daha temiz ve kararlı bir veri setidir. Derin yapıların etkisinin arttırıldığı yukarı analitik uzanım (YAU) işlemi ile uzun dalga boylu yapıların görüntülenmesine daha uygun olması nedenleri ile bu çalışma için seçilmiştir. Düşey türev işleci ve ardından uygulanan YAU işlemine ek olarak, derinlik dönüşümü yardımcı ile büyük dalga boylu yapıların sınırları belirginleşmekte ve sınır ilişkilerinin yoruma uygun hale geldiği görülmektedir (Pınar vd., 1994).

Atf bilgisi: Toker, C. E., Ulugelgerli, E. 2021. Imaging the tectonic components under the Eastern Mediterranean and Black Sea with gravity (satellite) data. Bulletin of the Mineral Research and Exploration 166, 189-194. <https://doi.org/10.19111/bulletinofmre.975929>

\*Başvurulacak yazar: Ceyhan Ertan TOKER, [toker.ertan@gmail.com](mailto:toker.ertan@gmail.com)

Bu çalışmada önceki çalışmalardan farklı olarak uzanım-süzgeç işlemleri yardımıyla bölgesel ölçekte tektonik unsurların haritalanabileceği gösterilmiştir. Elde edilen bulgular ekonomik değer açısından yorumlanmıştır.

## 2. Veri ve Yöntem

Kullanılan gravite verileri nokta aralığı yaklaşık olarak 7 km olan uydu verisinden elde edilen grid verisidir (Şekil 1). Yukarı analitik yöntemi 0,215°'lik uzaklığa uygun bir şekilde iki boyutlu (2B) yukarı analitik uzanım haritası oluşturulmuştur. Bu büyüklük yaklaşık 0,350 km'lik bir uzaklığı ifade eder. Bu uzaklıkta seçilebilirliği oldukça yüksek

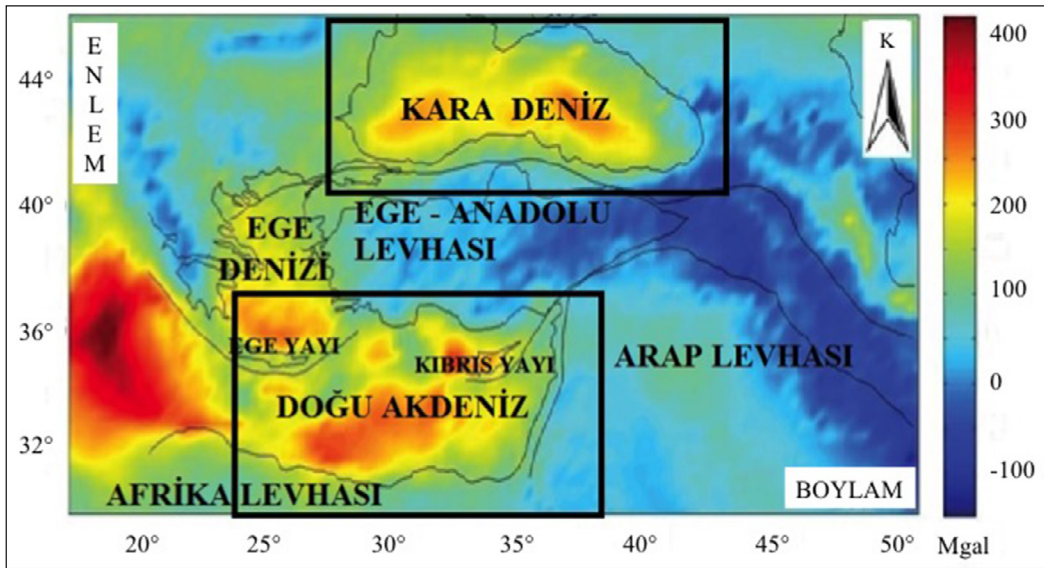
büyük yapısal unsurlar gözlemlenebilmektedir. Ege ve Kıbrıs yaylarının aralarında yer alan kırıklı ve geçmeli yapılar bölgesel yapısal unsurları olarak gözlemlenebilmektedir (Şekil 2). Bununla birlikte Orta Akdeniz sırtının kuzeyinde Anaksimander deniz dağlarının güneyinde, Kıbrıs yayının batı ucunda; derinde Antalya körfezine bir yönelim vardır.

Kabuk derinlik dönüşümü bağıntısı Moho (Wollard 1959);

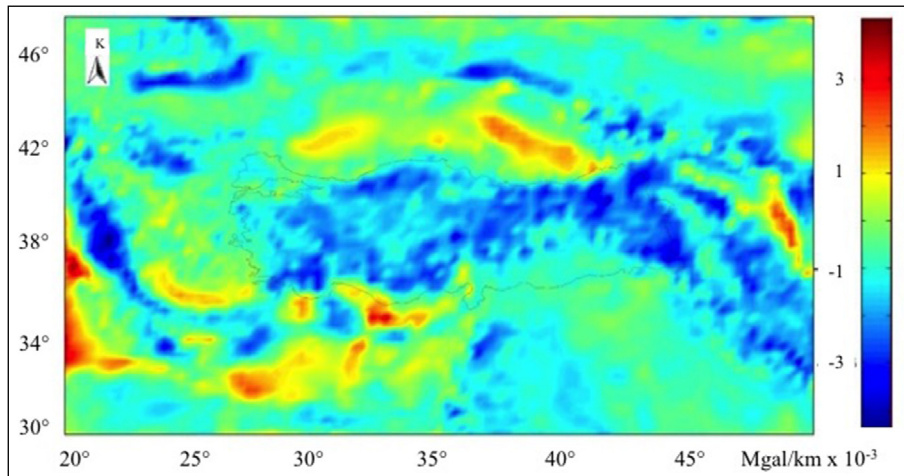
$$\text{Derinlik} = 40,5 - [32,5 * \text{atan}(G + \frac{75}{275})]$$

G: Gravite

ifade etmektedir.



Şekil 1- Bouguer gravite verisi grid haritası ve çalışma alanları (<http://bgi.obs-mip.fr/>).



Şekil 2- Birinci türev verisine uygulanan yukarı analitik uzanım haritası.

Çalışmada, Wollard and Strange (1962)'nin Moho bağıntısı kullanılarak, birinci düzey türev uygulanmış verilere YAU uygulanmıştır. Elde edilen çoklu derinlik yapılarına uygulanan derinlik dönüşümü sonucu oluşturulan gölgelendirilmiş rölyefi yorumda kullanılmıştır. Derinlik dönüşümü için bilgisayar programı yazılmış olup; program her gravite noktası için bağıntıyı hesap eden bir algoritma içermektedir. Yaklaşık olarak 14-42 km'lik derinlik aralığında tektonik ve yapısal unsurlar üç boyutlu (3B) olarak görüntülenmiştir (Şekil 3).

Capponi ve Sampietro (2018)'de ters çözümle hesaplanan Moho derinliği haritasında 20-40 km arasında derinlikler görülmektedir.

### 3. Bulgular

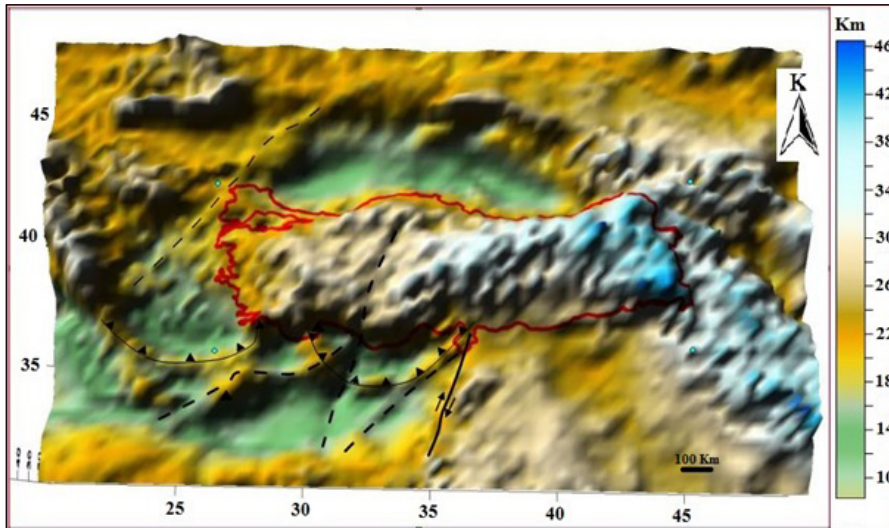
Ergün vd. (2005)'te yaptıkları çalışmada Afrika plakası ile Ege/Anadolu mikro levhaları arasındaki sınırın Kıbrıs yayı boyunca yitimden çarpışmaya geçiş sürecinde olduğunu belirtmişlerdir (Şekil 4). Hareketin devam etmesi güncel tektonik yapıların da nedenidir.

Bu çalışmadaki bulgular Şekil 1'de tanımlanan tektonik unsurlar ışığında incelendiğinde izleyen biçimde verilebilir.

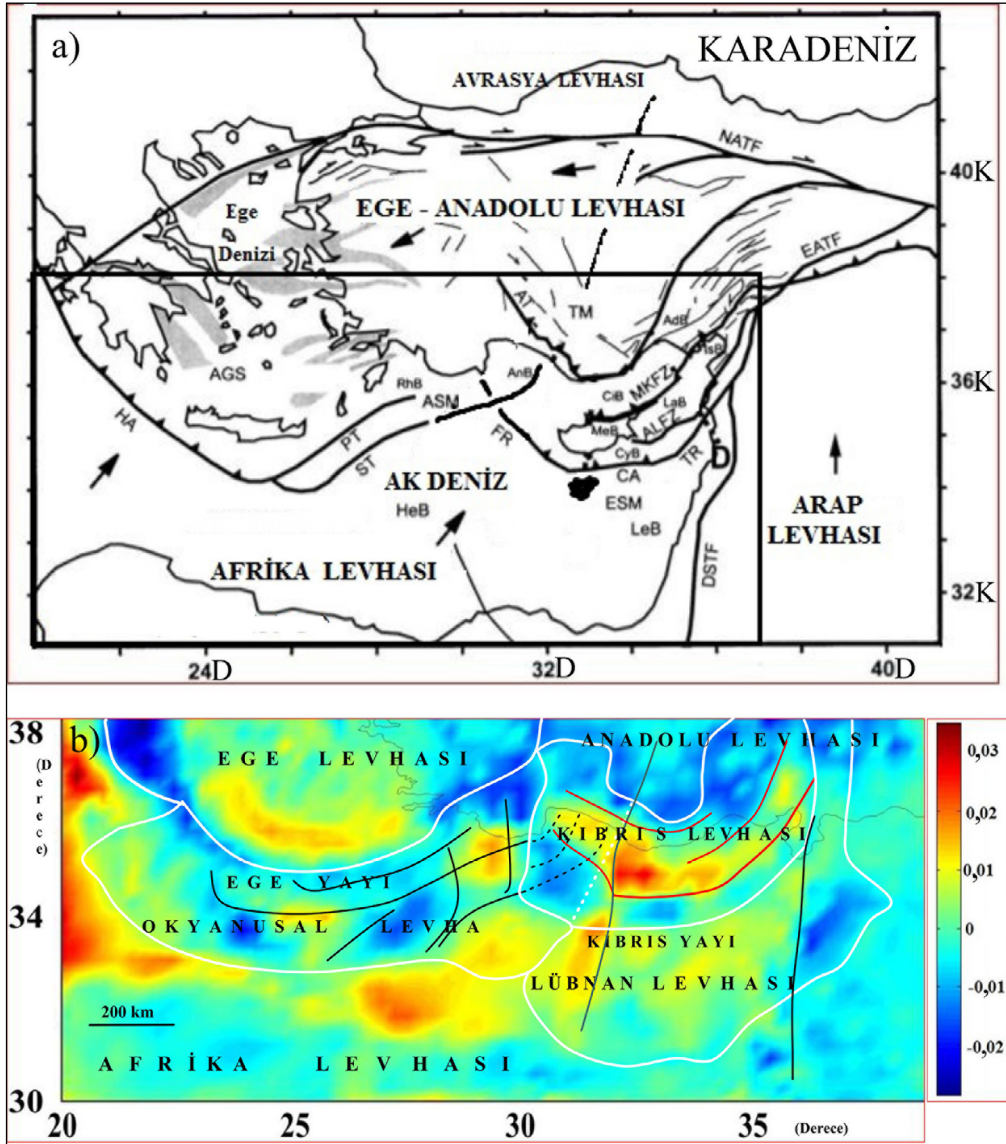
Bouguer gravite verisinin (Şekil 1) 300- 400 mgal şiddetine eriştiği yüksek genlikli deniz alan verilerini (Herodot Havzası) ve 0 – 75 mgal şiddetinde açık mavi renkli kesimler ise karasal

kabuğu tanımlamaktadır. Astenosferin yükselmesine bağlı olarak gravitedeki çözülmenin -50-100 aralığına kadar düştüğü koyu mavi yapılar Aksu bindirmesi ile bölünen Anadolu'dan İran'a uzanmaktadır. Ege yayı önündeki Ege graben sistemi çökelim alanı 200-300 mgal değer aralığı ile çevresinden ayrılmaktadır. Karadeniz'in her iki havzası da belirgindir (200-300 mgal) ve kalın tortul istif ev sahipliği etmektedir. Şekil 4a'da seçilen alan Şekil 4b'deki türevlenerek süzgeçlenmiş veri yardımıyla; Antalya körfezi ve Kıbrıs yayındaki gravitasyonel süreksizlikleri ortaya çıkarılmıştır. Kesikli çizgilerin iz düşümü yiten levha dilimini işaret etmektedir.

Şekil 2'de YAU haritası görülmektedir. İlk haritayla karşılaştırıldığında, yapısal unsurlar ve tektonik izler daha da belirginleşmektedir. Doğu Karadeniz havzalarında gözlemlenen ayrımlılık diğer yapısal unsurlar arasında da ortaya çıkmaktadır. Şekil 4b' de 4a'da işaretlenen dörtgen alan (Doğu Akdeniz) yapısal unsurlar açısından incelendiğinde; Ege yayı, Kıbrıs yayı ve aralarındaki süreksizliğe neden olan Anaximander yükselimi belirgindir. Levanten Denizi içinde Kıbrıs yayının teğet olduğu kuzeydoğu doğrultulu İskenderun körfezi ve Nil deltası arasında uzana tektonik yapı, Ölü Deniz Transform Fayı, deprem odaklarının da belirginleştiği Antalya diliminin körfezden 30° boylamına daha dik bir açıyla uzanan tektonik hat Pliny ve Strabo hendekleri arasında kalan yükselimi tanımlanmıştır (Şekil 4a ve 4b). Literatür'de Le pichon vd. (2019)'da Kıbrıs yayının güneyinde (Lübnan kıyıları) Doğu Akdeniz'in



Şekil 3- Moho trendli bölgesel kabuk yapısı.



Şekil 4- a) Doğu Akdeniz'in ana jeolojik elemanları (yapıları) (Ergün vd., 2005'ten değiştirilerek) ve b) yapısal süreksizlikler. Açıklama için metine bakınız. Doğu Akdeniz'in, ana jeolojik elemanları (Şekil 4) Ergün vd. (2005) çalışmasından alınmıştır. Koyu renkli oklar levha hareketlerinin yönlerini göstermektedir. Gölge gri taramalar Ege graben sistemlerini temsil eder. Koyu siyah alan Eratosthenes deniz dağları. Ana deformasyon eksenini testere dişli çizgi ile belirtilmiştir. Adlandırmalar izleyen biçimdedir. AdB, Adana Baseni; AGS, Aegean Graben System (Ege graben sistemi); ALFZ, Amanos-Larnaka Fay Zonu; AnB, Antalya Baseni; ASM, Anaximander Denizdağı; AT, Aksu Bindirmesi; CA, Kıbrıs Yayı; CıB, Kilikya Baseni; CyB, Kıbrıs Baseni; DSTF, Ölü Deniz Transform Fayı. EATF, Doğu Anadolu Fayı ; ESM, Eratosthenes Denizdağı; FR, Florans yükselimi ; HA, Helenik Yayı.

Kıtasaal litosfer olduğunu ifade etmişlerdir, Bouguer gravite değerleri bu tanımlamayı desteklemektedir.

#### 4. Tartışma

Mora Yarımadası'yla Türkiye'nin Trakya sınırını birleştiren hattın kuzeydoğu yönünde uzandığı ve buranın büyük ölçekli bir tektonik kontak olabileceği

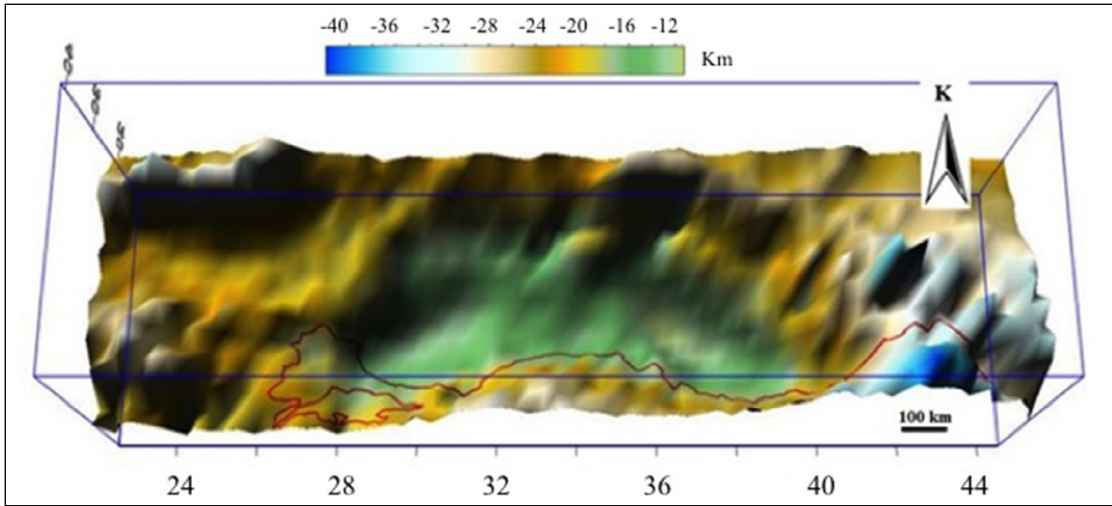
görülmektedir (Şekil 3). Kıbrıs yayının güneyde Batı Nil Deltasından başlayan iki adet KD yönlü tektonik hatla üç parçaya ayrılmıştır (Şekil 3). Haritada Kıbrıs yayı ve Antalya diliminin birbirini kesen görüntüsüne rağmen farklı derinliklerde bulunuyor olabilecekleri ve muhtemelen Antalya diliminin daha derinde olacağı sismik tomografi çalışmalarında

yüzeyde izlenemeyeceği öngörülebilir (Şekil 4). Karadeniz'in Moho ile ilişkili kabuk yapısına bakıldığında; Batı Trakya'da Ege Denizi'nden, Karadeniz'e bağlantılı bir yitim olabileceği ve bu yitimin Trakya'nın jeolojik ve tektonik evriminde etkili olduğu düşünülmektedir (Şekil 3, 4 ve 6). Orta Karadeniz'de güneyden sıkıştırılan Anadolu bloğunun etkisiyle levha boyutunda taban hareketlerine dair izler bulunmaktadır.

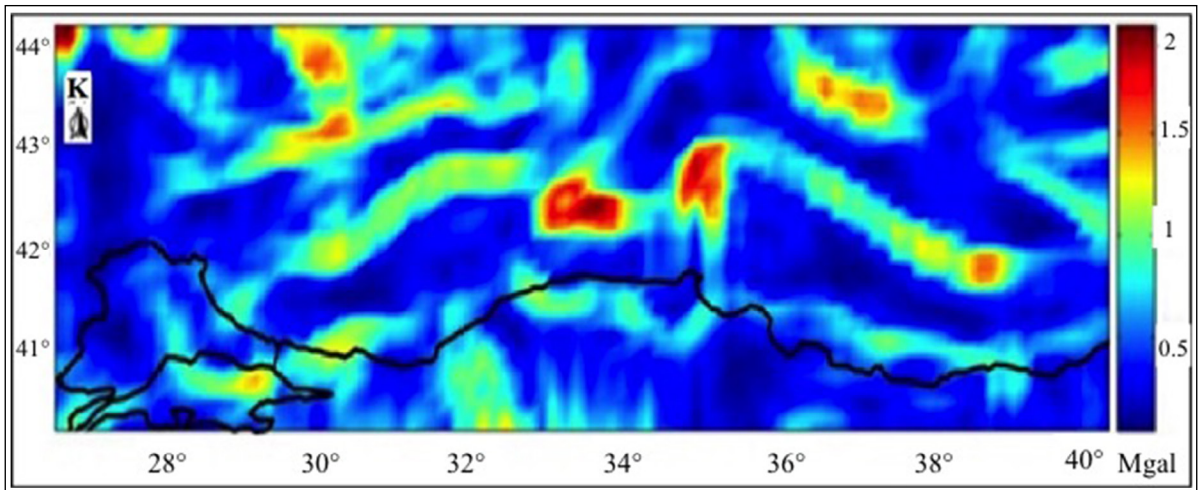
Karadeniz'de, gravite verisi kullanılarak standart sapma kayan pencere süzgeci (Toker, 2019) ile yapılan sınır analizinde sıkışmanın batı ve doğu havzalarının kenarlarını oluşturan bölgesel tektonik sınırları oluşturduğu izlenmektedir.

Orta – Kuzey Anadolu'nun sıkıştırmasına bağlı olarak kabuk tabanında denize dik sınırlar (denize dik vadiler) oluşturduğu ve bu sınırların önlerindeki havzalarda ekonomik kaynaklar bakımından araştırılması gereken geçiş bölgelerinin bulunduğu düşünülmektedir (Şekil 5 ve 6).

Elde edilen sonuçların doğal kaynak rezervleri açısından incelenmesi izleyen sonuçları ortaya koymaktadır. Tuna nehrinin deltası oldukça derin bir deniz ortası havzayı örtmektedir. Jeolojik tarih açısından incelendiğinde Batı Karadeniz'de Pleystosen sonrasında oluşan Tuna nehrinin öncesinde de bu bölgede çökelim, dolayısı ile rezervin olması için yeterli derinlik mevcuttur (Şekil 5). Anılan rezerv sahanın, derinde bütünlük bir tektonik sınır üzerinde



Şekil 5- Karadeniz'in Moho trendli kabuk yapısı.



Şekil 6- İki boyutlu standart sapma kayan pencere süzgeç sonucu; Karadeniz.

izlenmesi, ana okyanus basenlerine komşu pasif kıta sınırlarının dünyadaki hidrokarbon havzalarının üçte birini oluşturduğu göz önünde bulundurulursa, uzun dalga boylu yapı sınırlarının görüntülenmesinin önemi açığa çıkar (Mann vd., 2003).

## 5. Sonuçlar

Çalışmada bölgesel yapılara gravite verilerinin ışığında bakılmış ve büyük ölçekli yapıların izleri araştırılmıştır. Karadeniz özelinde ülkemizin son dönemde Batı Karadeniz’de gerçekleştirilen hidrokarbon arama çalışmalarını baz alarak alan çevresinde benzer derinlik veren dolayısı ile ortalama sismik hızların da benzer olduğu münhasır ekonomik kesim içerisinde yeterli kalınlıkta istif sunan bölgelerin ayrıntılı bir şekilde araştırılması gerekmektedir.

Bu yaklaşım Akdeniz için de uygun olacaktır. Yeterli derinlik sağlayacak havzaların yerleri haritalanabilmektedir. Ancak istifler içindeki bindirmeler, ayrıntılı çalışmaların önündeki engeldir.

## Katkı Belirtme

Çalışma koşullarını sağlayan Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürü Sayın Doç. Dr. Yasin ERDOĞAN’a ve MTA Genel Müdürlüğü çalışanlarına teşekkür ederiz.

## Değinen Belgeler

- Bureau Gravimetric International (BGI). DOI:10.18168/BGI
- Capponi, M., Sampietro, D. 2018. East Mediterranean Sea crustal structure from GOCE-based global gravity data. <http://www3.ogs.trieste.it/gngts/files/2018/S31/Riassunti/Capponi.pdf> (01.07.2021).
- Ergün, M., Okay, S., Sarı, C., Oral, E. Z., Ash, M., Hall, J., Miller, H. 2005. Gravity anomalies of the Cyprus Arc and their tectonic implications. *Marine Geology* 221, 349-358.
- Gahagan, L., Gordon, M. B. 2003. In Halbouty, M. T. (Ed.). Giant oil and gas fields of the decade 1990-1999. *American Association of Petroleum Geologists Memoir* 78, 15-105.
- Pınar, R., Akçığ, Z., Özeren, H. A. 1994. Yukarı analitik uzanım yöntemi ile alçak geçişli süzgeçlerin eşlemesi. *Jeofizik* 8, 45-61.
- Le Pichon, X., Şengör, A. C., İmren, C. 2019. A new approach to the opening of the eastern Mediterranean Sea and the origin of the Hellenic subduction zone. Part 2: The Hellenic subduction zone. *Canadian Journal of Earth Sciences*, Special Issue 1144, 1162.
- Toker, C. E. 2019. A brief note on the effects of floating standard deviation (non-derivative) and horizontal gradient (derivative) filters. *Bulletin of Mineral Research and Exploration* 159, 235-237.
- Wollard, G. P. 1959. Crustal structure from gravity and seismic sounding. *Journal of Geophysical Research* 64, 1524-1544.
- Wollard, G. P., Strange, W. E. 1962. Gravity anomalies and crust of the Earth in the Pacific basin. In: *The Crust of the Pacific Basin. Geophysical Monograph* 324(6), 60-80.