

Gravity Anomalies on Continental Edgings

Ali Elmas^{1*+}

¹Geophysic Engineering, Karadeniz Technical University, Trabzon, Türkiye

*Corresponding Author and +Speaker: elmas@ktu.edu.tr

Presentation/Paper Type: Oral

Abstract – Large-scale gravity anomalies come from the differences in density situated deep lithosphere. In this study, the analysis of the gravity anomalies of passive margins is made according to the Airy isostasy model. This analysis is made with the data commonly known as free air and Bouguer anomalies. Whether isostasy improved in the oceanic and continental regions is determined by analysis of Bouguer and free air anomalies. Both anomalies offer characteristic changes in the region that the balance occurred or not in. Denser oceanic plate dives under the continental plate in subduction zones. Large earthquakes and active volcanism occur in these areas. They are active tectonic margins and isostasy equilibrium state is not formed. Transition occurs from continental crust to oceanic crust in a tectonic plate as for in the passive continental margins and mentioned tectonic movements does not occur. In this study, whether tectonic margin is passive has been investigated on simplified models according to the Airy isostasy model.

Keywords – Gravity, Airy Isostasy Model, Bouguer Anomaly, Free Air Anomaly, Passive Margin

Kıta Kenarlarında Gravite Anomalileri

Özet – Büyük ölçekli gravite anomalileri, litosferin derinliklerinde yer alan yoğunluk farklarından ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada, marjinlerdeki gravite anomalilerinin Airy izostazi modeline göre analizleri yapılmıştır. Bu analizler yaygın olarak Bouguer anomalileri ve serbest hava anomalileri olarak bilinen verilerle yapılmıştır. Okyanusal ve kıtasal bölgelerde izostazinin gelişip gelişmediği, Bouguer ve serbest hava anomalilerinin analizleriyle belirlenir. Her iki anomali, dengenin oluştuğu ve oluşmadığı bölgelerde karakteristik değişimler sunar. Dalma batma zonlarında, daha yoğun olan okyanusal levha, kıtasal levhanın altına dalar. Bu bölgelerde büyük depremler ve aktif volkanizma meydana gelir. Bunlar aktif tektonik marjinlerdir ve izostazik denge durumu oluşmamıştır. Pasif kıtasal marjinlerde ise bir tektonik levha içinde kıtasal kabuktan okyanusal kabuğa geçiş olmakta ve sözü edilen tektonik hareketler oluşmamaktadır. Bu çalışmada, Airy izostazi modeline göre tektonik marjinlerin pasif veya aktif olup olmadıkları, basitleştirilmiş modeller üzerinde araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler – Gravite, Airy İzostazi Modeli, Bouguer Anomalisi, Serbest Hava Anomalisi, Pasif Marjin

I. GİRİŞ

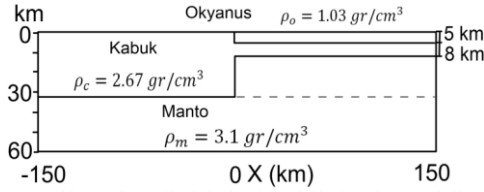
Okyanusal ve kıtasal bölgelerde izostazinin gelişip gelişmediği, Bouguer ve serbest hava anomalilerinin analizleriyle belirlenir [3]. Her iki anomali, dengenin oluştuğu ve oluşmadığı bölgelerde karakteristik değişimler sunar. Örneğin bir tektonik marjinin pasif olması, o bölgede izostazik dengenin oluştuğunu ortaya çıkarır. Dalma batma zonlarında, daha yoğun olan okyanusal levha, kıtasal levhanın altına dalar. Bu bölgelerde büyük depremler ve aktif volkanizma meydana gelir [3]. Bunlar aktif tektonik marjinlerdir ve izostazik denge durumu oluşmamıştır. Pasif kıtasal marjinlerde bir tektonik levha içinde kıtasal kabuktan okyanusal kabuğa geçiş olmakta ve tektonik hareketler oluşmamaktadır [3]. Bir marjin üzerinde ölçülen serbest hava anomalisinin sıfır seviyesinin altındaki alanın daha büyük olması, bu bölgede izostazik dengenin oluşmadığını ve tektonik aktivitenin kısmen de olsa sürdüğünü gösterir. Pasif marjinde ölçülen serbest hava anomalisi ve bu anomaliden modellenen tektonik yapı incelenmiştir [2]. Böyle bir

modelin gravite anomalisi belirli bir bağıntı ile verilir [5]. Modelden hesaplanan anomali ile ölçülen anomalinin uyumu, modelin doğruluğunu gösterir [2]. Airy izostazi teorisine göre dağlar, dağ kökleri ve okyanusal basenlerle dengelenir [1]. Bu çalışmada, Airy izostazi modeline göre tektonik marjinlerin pasif veya aktif olup olmadıkları, basitleştirilmiş modeller üzerinde araştırılmıştır. Analizler, Bouguer anomalileri ve serbest hava anomalileri ile yapılmıştır.

II. MATERYAL VE TÖNTEM

Bu çalışmada, Airy izostazi modeline göre tektonik marjinlerin pasif veya aktif olup olmadıkları, basitleştirilmiş modeller üzerinde araştırılmıştır. Serbest hava anomalisi değerleri, ölçülen gravite değerinden enlem etkisi çıkarılıp, serbest hava etkisi toplandıktan sonra bulunan değerdir ve $\Delta g_{FA} = \Delta g_{mea} - g_n(\lambda) + 0.3086h$ olarak yazılır. Burada h , ölçü noktasının yüksekliğidir. Enlem, serbest hava, Bouguer ve topografya etkileri (g_T) giderildikten sonra elde edilen anomaliye “Bouguer anomalisi” denir ve $\Delta g_B = \Delta g_{mea} - g_n(\lambda) + 0.3086h - 0.04191\rho h + g_T$ eşitliğinden

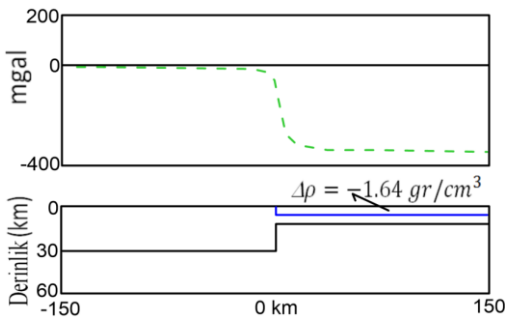
hesaplanır. Okyanusal ve kıtasal bölgelerde izostazinin gelişip gelişmediği, Bouguer ve serbest hava anomalilerinin analizlerinden bulunabilir. Çünkü her iki anomali, dengenin olduğu ve olmadığı bölgelerde karakteristik değişimler sunar. Örneğin bir tektonik marjinin pasif olması, o bölgede izostazik dengenin oluştuğunu ortaya çıkarır. Bilindiği gibi, dalma batma zonlarında, daha yoğun olan okyanusal levha, kıtasal levhanın altına dalar. Bu bölgelerde büyük depremler ve aktif volkanizma meydana gelir. Bunlar aktif tektonik marjinlerdir ve izostazik denge durumu oluşmamıştır. Pasif kıtasal marjinlerde ise bir tektonik levha içinde kıtasal kabuktan okyanusal kabuğa geçiş olmakta ve tektonik hareketler oluşmamaktadır. Pasif kıtasal marjinin basitleştirilmiş modeli Şekil 1’de görülmektedir. Burada okyanus derinliği 5 km’dir. 8 km’lik kıtasal kabuk kalınlığı için okyanusal kabuk kalınlığı 31.84 km olarak bulunur. Bu durumda okyanus altındaki manto yükselimi 18.84 km olacaktır.



Şekil 1. Pasif kıtasal marjin için basitleştirilmiş Airy modeli ([2]’den değiştirilerek çizilmiştir).

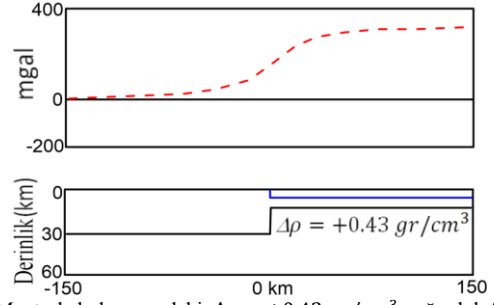
Bu bölge ve okyanus kütlesi yarı sonsuz levha modeline yaklaştırılabilir. Böyle bir modelin gravite anomalisi belirli bir bağıntı ile hesaplanır [5]. Hesaplanacak olan serbest hava anomalisine iki sonlu levha modeli katkı verecektir. Bunlardan biri okyanus kütlesi, diğeri ise anti kökü temsil eden manto yükselimi bölgesidir.

Su kütlesinin kıtasal kabuktan olan yoğunluk farkı, $\rho_o - \rho_c = -1.64 \text{ gr/cm}^3$ dür. Bu durumda 5 km kalınlığında ve -1.64 gr/cm^3 yoğunluk farkına sahip yatay yarı-sonsuz levha modelinin üreteceği serbest hava anomalisi Şekil 2’de gösterilmiştir. Tam sınırdan hızlı bir değişim olduğuna ve negatif yoğunluk farkından dolayı, anomalinin negatif yönde değiştiğine dikkat edilmelidir.



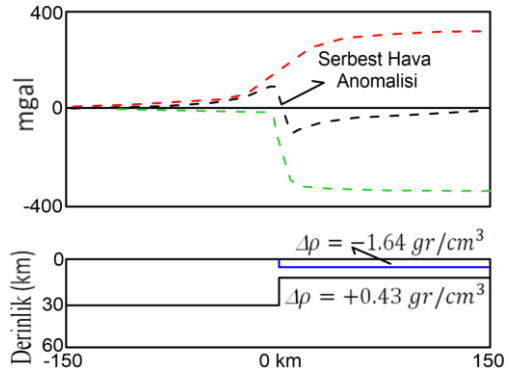
Şekil 2. $\Delta\rho = -1.64 \text{ gr/cm}^3$ yoğunluk farkından bulunan gravite anomalisi ([2]’den değiştirilerek çizilmiştir).

Mantonun yoğunluğu ile kabuğun yoğunluğu arasındaki fark $\rho_m - \rho_c = +0.43 \text{ gr/cm}^3$ dür. Kalınlığı 18.84 km olan bu modelin anomalisi Şekil 3’de çizilmiştir. Burada da tam sınırdan hızlı bir değişim olmakta ve pozitif yük yoğunluk farkı, pozitif genlikli anomali vermektedir.



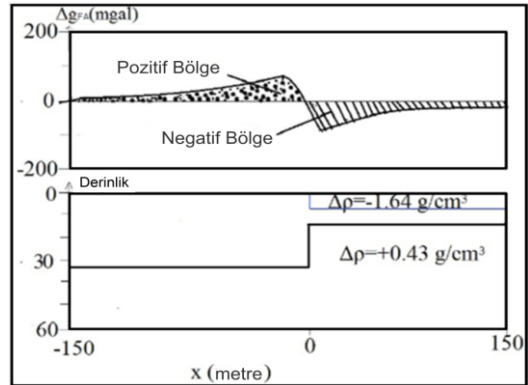
Şekil 3. Manto-kabuk arasındaki $\Delta\rho = +0.43 \text{ gr/cm}^3$ yoğunluk farkından bulunan gravite anomalisi ([2]’den değiştirilerek çizilmiştir).

Şekil 2 ve Şekil 3 karşılaştırıldığında önemli bir sonuç ortaya çıkar. Okyanus altındaki manto yükselimi kalınlığı su kütlesinin derinliğinden daha büyük olduğu için, manto kütlesinin daha yüksek genlikli anomali üretmesi beklenir. Ancak su kütlesinin yoğunluk farkı mutlak değer olarak daha büyüktür ve gözlem profiline daha yakındır. Bu durumda denge sağlanır ve her iki kütle aynı genlikte anomali üretir. Şekil 4’de, her iki levhanın toplam katkısı görülmektedir. Bu katkı, pasif marjinin serbest hava anomalisi olarak gözlenir. Sonuç olarak, okyanus sınırına kadar kıtasal kabuğun serbest hava anomalisi pozitif, bu sınırdan sonra okyanusal kabuğun üzerinde negatif olmaktadır.



Şekil 4. Gravite anomalilerinin toplamından bulunan serbest hava anomalisi ([2]’den değiştirilerek çizilmiştir).

Böylece teorik olarak izotazi denge durumunu işaret eden önemli bir sonuç çıkmaktadır (Şekil 5).

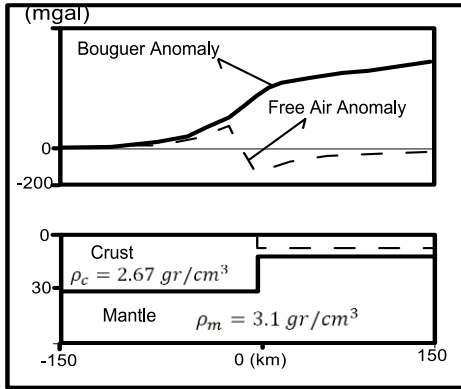


Şekil 5. Pasif kıtasal marjinin serbest hava anomalisi. Anomalinin pozitif ve negatif alanlarının toplamı sıfırdır ([4]’den değiştirilerek çizilmiştir).

Bouguer anomalisi yükseklik değişiminin fazla olmadığı karalar üzerinde serbest hava anomalisine benzer. Ancak okyanuslar üzerinde okyanus kütlesi plaka etkisi vereceğinden bu etkinin düzeltilmesi gerekir. Bu durumda

mantonun üzerindeki ortam, tek bir kıtasal kabuk gibi rol oynar ve Bouguer anomalisi yalnızca $\Delta\rho = 3.1 - 2.67 = 0.43 \text{ gr/cm}^3$ 'lük pozitif yoğunluk farkından hesaplanır. Sonuç olarak pasif marjinler üzerinde Bouguer anomalisi ve serbest hava anomalisi Şekil 6'da görüldüğü gibi elde edilir. Bu bilgilerden hareketle izostazik dengenin olduğu bölgelerde Bouguer anomalileri için şunlar söylenebilir: Bouguer anomali değerleri kıtasal kabuk üzerinde sifıra yakındır. Bouguer anomalisi Moho süreksizliğini taklit eder ve okyanus altında manto sığlaştığı için anomali değerleri artar. Örneğin, serbest hava anomalisinin sıfır seviyesinin altındaki alanın daha büyük olması, bu bölgede izostazik dengenin oluşmadığını ve tektonik aktivitenin kısmen de olsa sürdüğünü gösterir. Bouguer anomalisinin kaynağı, dağ kökünün manto içine uzanmasından dolayı oluşan negatif yoğunluk farkı ve okyanusal kabuğun altındaki manto yükseliminden dolayı oluşan pozitif yoğunluk farkıdır. Böylece anomali, karakteristik olarak, dağlar üzerinde negatif ve okyanus üzerinde pozitif genliklidir.

- [4] Robinson, E. S. And Çoruh, C., 1988. *Basic Exploration Geophysics*. ISBN: 047187941X, John Wiley & Sons.
 [5] Telford, W.M., Gilbert, L.P. ve Sheriff, R.A., 1990. *Applied geophysics*, 2nd edition: Cambridge Univ.Press.



Şekil 6. Basitleştirilmiş pasif kıtasal marjin üzerinde Bouguer ve Serbest hava anomalilerinin birlikte gösterimi ([2]'den değiştirilerek çizilmiştir).

III. SONUÇLAR

Bouguer değerleri kıtasal kabuk üzerinde sifıra yakındır. Bouguer anomalisi Moho süreksizliğini taklit eder ve okyanus altında manto sığlaştığı için anomali değerleri artar. Serbest hava anomalisinin sıfır seviyesinin altındaki alanın daha büyük olması, bu bölgede izostazik dengenin oluşmadığını ve tektonik aktivitenin kısmen de olsa sürdüğünü gösterir. Okyanusal ve kıtasal bölgelerde izostazinin gelişip gelişmediği, Bouguer ve serbest hava anomalilerinin analizlerinden bulunabilir. Çünkü her iki anomali, dengenin olduğu ve olmadığı bölgelerde karakteristik değişimler sunar. Örneğin bir tektonik marjinin pasif olması, o bölgede izostazik dengenin oluştuğunu ortaya çıkarır. Bir marjinin aktif yada pasif olduğu serbest hava anomalisi incelenerek belirlenebilir. Bu sebeple gravite ölçümleri itina ile yapılmalıdır ve düzeltmeler de doğru yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Fowler, C.M.R. 1991. *The Solid Earth: An Introduction to Global Geophysics*, Cambridge University Press, New York, 472 pp.
 [2] Lillie, R.J., 1999, *Whole Earth Geophysics: An Introductory Textbook for Geologist and Geophysicists*: Prentice Hall, New Jersey, 361 pp.
 [3] Oruç, Bülent., 2012. *Teori ve Örneklerle Gravimetri*. ISBN: 978-605-5936-65-5, Umuttepe Yayınları.