

TÜRKİYE MAGSAT VERİLERİ VE YORUMU

Magsat Data of Turkey and its Interpretation

Müjgan ŞALK* ve Mustafa ERGÜN*

ÖZET

Yermanyetik alanın X (Kuzey), Y (Doğu), Z (Düşey) ve Toplam bileşeni enlem, boylam ve radyal uzaklıkla birlikte Magsat uydusu vasıtasıyla ölçülebilmektedir. Magsat haritaları uydudan ölçülen değerlerden çekirdeğin ve dış kaynaklı alanın etkisi çıkarılarak hazırlanmaktadır. Türkiye'nin uydu manyetik haritaları 25°-45° doğu boylamları ve 35°-45° kuzey enlemlerini kapsayan bölge için British Geologic Survey'den elde edilen Uydu Manyetik verileri kullanılarak hazırlanmıştır. İki kıtasal bölge Batı ve Doğu Türkiye de farklı genlikli manyetik anomaliler görülmektedir. Doğu Türkiye'de kabuğun daha kalın olmasına bağlı olarak Batı Türkiye'ye göre daha yüksek genlikli manyetik anomaliler görülmektedir. Türkiye düşey bileşen Uydu manyetik haritası süzgeçlenerek kısa dalga boyu anomaliler giderilmiş ve kuramsal kabuk modelleri kullanılarak Türkiye'nin kabuk yapısı incelenmeye çalışılmıştır.

ABSTRACT

Geocentric X(North), Y(East) and Z(Radial inward) component of geomagnetic field and total intensity together with the geocentric latitude, longitude and radial distance are measured from Magsat spacecraft. Magsat maps were prepared by subtracting the external and main field from Magsat data. Magsat maps of Turkey prepared using Magsat data obtained from British Geological Survey covering the area between 25°-45° E longitudes and 35°- 45° N latitudes. The two continental regions, in western and eastern Turkey were indicated on the magnetic anomalies having different magnitudes. High positive magnetic values might be related to thick crust in eastern Turkey in comparison with western Turkey. Short wavelength anomalies were eliminated on the vertical component of Magsat data of Turkey through filtering, and the structure of continental crust of Turkey was tried to be investigate using the theoretical crust models.

GİRİŞ

Yermanyetik alanı başlıca dört kaynaktan oluşan alanın toplamıdır: Çekirdek, Curie isotermi üzerindeki kabuk, ionosphere ve magnetosphere (Zeit ve Andreasen 1970, Langel 1974; Langel ve diğ. 1980a). Dünya ölçeğinde manyetik haritaların hazırlanması klasik aeromanyetik ölç-

çümlerle zordur ve dolayısıyla uydu ölçümlerinden yararlanmaya çalışılmaktadır. MAGSAT uydusu da bu amaç için hazırlanmış uydulardan biridir. MAGSAT verileri yaklaşık 350-550 km yüksekliğinde ölçülen skaler ve vektörel manyetik verileri içerir. Uydu yüksekliğinde sadece kabuk alanını ortaya çıkarmak zordur. Kabuk manyetik anomali-

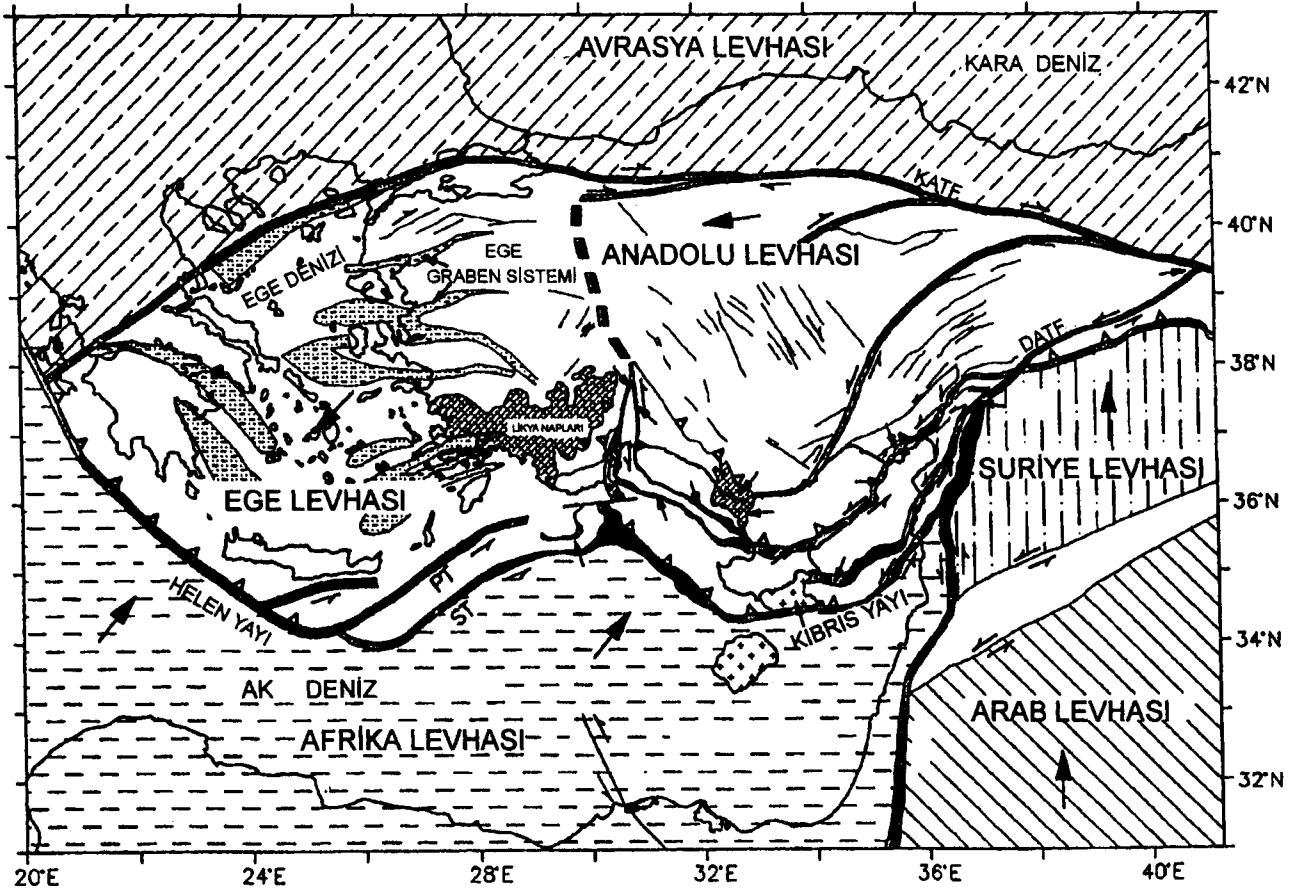
* Dokuz Eylül Üniv., Müh. Fak., Jeofizik Bölümü, Bornova-İzmir.

leri uydudan ölçülen toplam skaler manyetik alandan çekirdek ve dış alanın çıkarılmasıyla elde edilir. Uydu manyetik anomalilerinin yorumu anomalilerin kaynağının Moho ve Curie isotermi üzerinde meydana geldiği varsayılarak yapılmaktadır (Wasilewski ve diğ. 1979).

Prencip olarak alt kabuk tabakalarının süseplibilite değerleri büyüktür (Hall 1974). Bu nedenle kıtalardaki yüksek değerli manyetik anomaliler ya derin Curie isotermli kalın bir kabuğu ya da alt kabukta sıradışı yüksek manyetik süseptibiliteyi veya her ikisini birden gösterir. Kıtalardaki düşük değerli manyetik anomaliler ise sığ Curie isotermli (yüksek ısı akısı) göreceli ince bir kabuğu ve alt kabuktaki düşük süseptibiliteyi gösterir. Okyanus manyetik anomalileri rejonal kabuk kalınlığını ve süseptibilite farklılıklarını gösterir. Uydu manyetik anomalileri jeolojik ve tektonik yapılarla ilişkilidir. Kıtalarda elde edilen manyetik anomaliler okyanuslardakine göre daha pozitif ve değişkendir. Okyanus havzaları ve Abisal düzlükler negatif anomali, deniz altı platoları, dalma-batma zonları, okyanus

ortası sirtlar pozitif manyetik anomaliler göstermektedir.

Genel olarak Türkiye, Alp-Akdeniz orojenik kuşağı içinde yer almaktadır. Türkiye'nin güncel tektoniği Afrika, Arap ve Avrasya levhaları arasındaki dalma-batma, çarpışma ve levha sınırlarına uygulanan kuvvetler ve bunlara bağlı olarak gelişen levha içi deformasyonlarla kontrol edilmektedir. Doğu Türkiye'de Arap plakasının Anadolu plakası ile çarpışması sonucu ortaya çıkan sıkışma tektoniği ve bu hareketin sonucu olarak Bitlis-Zagros zonundan itibaren Anadolu levhasının batı'ya hareketi, Batı'da Hellen hendeği boyunca Afrika levhasının KB yönünde dalması ve bu hareketlerin sonucu olarak ortaya çıkan gerilme tektoniği görülmektedir (Şekil 1). Türkiye'deki sıkışma, genişleme ve doğrultu atımlı hareketlerin neden olduğu bu aktif deformasyon kabuk kalınlığının değişimine, sığ odaklı ve orta şiddetli depremlere, volkanik aktiviteye ve yüksek ısı akısına neden olmaktadır (Canitez 1969, Papazachos ve Comninakis 1977). Türkiye'deki Magsat anomalileri de jeolojik ve tektonik yapılarla ilişkilidir.



Şekil 1. Türkiye ve Doğu Akdeniz'in genel tektonik haritası (Aksu ve diğ. 1992'den derlenmiştir).

Fig. 1. General tectonic map of Turkey and the Eastern Mediterranean.

Türkiye Magsat anomalileri de Türkiye'nin genel jeolojisini ve tektoniğini yansıtmaktadır. Batı Türkiye'de açılma tektoniği nedeniyle gelişen aktif faylanma ve volkanizmaya bağlı olabilecek pozitif manyetik anomaliler, doğu Türkiye'de sıkışma tektoniği nedeniyle kabuk kalınlaşmasına ve volkanizmaya bağlı olabilecek pozitif manyetik anomaliler, Toros kuşağında sediment birikimine bağlı olabilecek negatif anomaliler, Doğu Karadeniz'de kabuğun yarı okyanusal olması nedeniyle negatif manyetik anomaliler görülmektedir.

MAGSAT VERİLERİNİN ELDE EDİLMESİ

Magsat uydusunun başlıca görevi yerin çekirdeği içerisinde oluşan manyetik alanın zamanla değişiminin modelini geliştirmek, kabuğun manyetizasyonunun vektör karakteristiğini ve manyetik alan şiddetindeki değişimleri haritalamaktır. Uydu manyetometre gözlemleri klasik aeromanyetik çalışmalardan elde edilemeyen yüzlerce veya binlere kilometrelik litosferik bölgelerin manyetik özelliklerini tanımaya izin verir. Bu bölgeler global olarak tanımlanan ve belirlenen geçmiş ve güncel jeodinamik dahil yerin tarihini yorumlamaya yararlı bilgiler sağlar. Magsat uzay aracı 1967-1979 yılları arasında John Hopkins uygulamalı fizik laboratuvarı tarafından tasarlanıp geliştirilmiştir. Magsat uzay aracı 30 Ekim 1979 tarihinde, inklinasyon açısı 96.76°, yörüngenin dünyaya en yakın noktasına (perigee) 352 km, yörüngenin dünyaya en uzak noktasına (apogee) 561 km olan yörüngeye yerleştirildi. Uzay aracı alet modülü ve ana modül olmak üzere bağımsız iki modül içermektedir. Alet modülü uzay aracının dünya ve ufka göre meyilini saptama sistemini, vektör manyetometresi eksen saptırma sistemini ve manyetometre bölümünün sonuna yerleştirilen alet platformunu içerir. Ana modülü manyetik veriyi sürekli kaydedebilecek teyp kayıtçılarını, telemetri/transponder iletişim sistemini ve güç sistemlerini içermektedir (Langel ve Estes 1982).

Cesium Vapor tipindeki skaler manyetometre, Ball Brothers ve Varian Associates (Kanada) tarafından tasarlanmıştır (Lancaster ve diğ. 1980). Fluxgate tipindeki vektör manyetometresi ise Goddard uzay uçuş merkezi tarafından tasarlanmıştır (Acuna ve diğ. 1978). Magsat uzay aracından manyetik alanın X(Kuzey), Y(Doğu), Z (Düşey) ve F (Toplam) bileşenleri ölçülmüştür. Dünya skaler anomalî haritaları Langel ve diğ. (1982b) ve Coles ve diğ. (1982) tarafından hazırlanarak yayınlanmıştır.

TÜRKİYE MAGSAT VERİLERİNİN İRDELENMESİ

Türkiye uydu manyetik verileri 25°-45° doğu boylamları 35°-45° kuzey enlemlerini kapsar. Veriler 30' örnekleme aralığı kullanılarak X (Kuzey), Y(Doğu), Z (Düşey) ve F (Toplam) bileşenleri olmak üzere haritalanmıştır (Şekil 2,3,4,5).

Uydu manyetik verilerinin düşey bileşeni yüzey jeolojisine bağlı olarak değişen çok kısa dalga boylu hızlı değişen anomalileri yok etmek için 30' örnekleme aralığı ve 0.1, 0.2, 0.3 (devir/veri aralığı) kesme frekansına sahip alçak geçişli süzgeçlerden geçirilmiştir (Şekil 6,7,8).

Türkiye üzerindeki manyetik anomalilerin dağılımının düzensiz olduğu görülmektedir (Şalk 1994). Uydu yörüngesinin etkisi de gözönünde bulundurularak genel trendin G-K yönünde olduğu söylenebilir (Şekil 2,3,4,5). Pozitif manyetik anomaliler Ege denizinde, Kuzey Ege'de, Batı Türkiye'deki masifler (Menderes, Gediz, Kazdağ, Uludağ) üzerinde görülmektedir. Bu anomaliler buradaki magmatik ve granitik sokulumlarla ve dalma-batma sırasında gelişen iki fazlı volkanizmanın batı Türkiye'de de devam etmesi sonucu olabilir (Fytikas ve diğ. 1984). Karadeniz üzerinde de kabuğun kalın bir sediman tabakası içermesi ve yarı okyanusal olması ile ilişkili olabilecek negatif anomaliler görülmektedir. Kuzey Anadolu Fayı'nın (KAF) kuzeyinde (Pontid bloğu) granitik sokulumlar ve kuzey Türkiye'deki KAF ile ilişkili volkanizmaya bağlı olabilecek pozitif manyetik anomaliler görülmektedir.

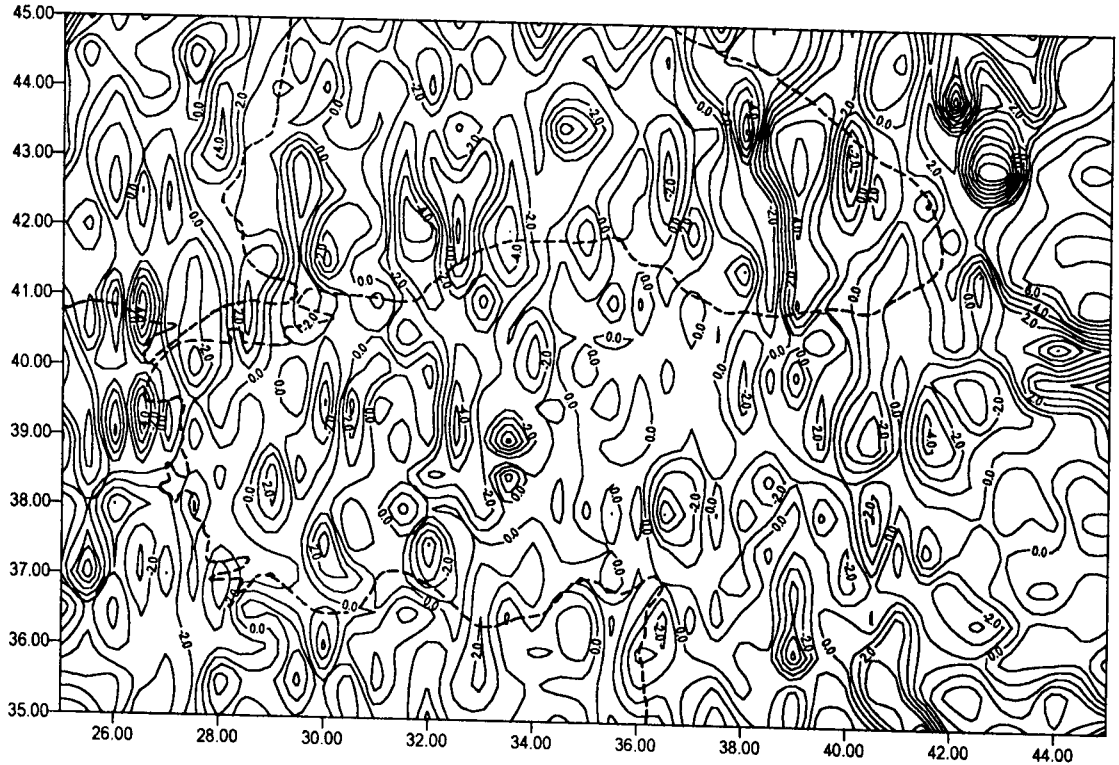
Doğu Türkiye'de Arap ve Anadolu plakasının çarpışması sonucunda kabuğun kalınlaşması ile ilişkili olabilecek daha yüksek değerlere sahip pozitif manyetik anomaliler, batı Türkiye'de de mantonun daha yüzeyde olması ve ısı akışının yüksek olması nedeniyle doğu Türkiye'ye göre daha düşük değerlere sahip pozitif manyetik anomaliler görülmektedir. Toros kuşağı sediment yığılması bölgesi olması ve buradaki kayaçların manyetik özellik göstermemesi nedeniyle negatif anomaliler göstermektedir.

Süzgeçlenmiş haritalar da (Şekil 6,7,8) batı Türkiye'deki manyetik anomalilerin genel trendinin KD-GB, doğu Türkiye'de ise D-B doğrultusunda olduğu görülmektedir. Batı Türkiye'deki manyetik değerler kuzeye doğru artmaktadır. Önemli pozitif anomaliler KB Türkiye'de (Biga yarımadasından Trakya'ya doğru) KAF'ın Marmara denizi kuzeyinden geçen kol ve Gelibolu yarımadası ultra-mafikleri üzerinde, İzmir-Ankara ofiyolit zonu boyunca ve Doğu Türkiye'de görülmektedir. KB Türkiye'deki bu manyetik anomaliler genişleme tektoniği nedeniyle gelişen



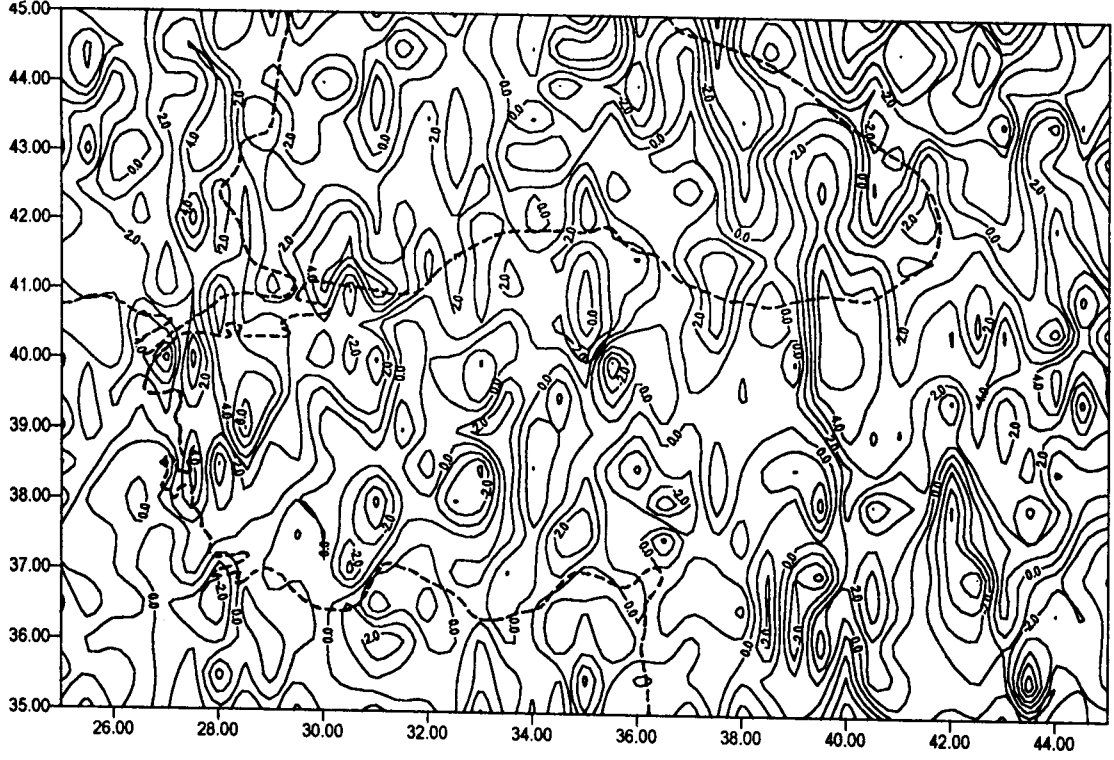
Şekil 2. Türkiye ve çevresinin kuzey (X) bileşen Magsat anomali haritası (Kontur aralığı: 1 nT)

Fig. 2. North (X) component Magsat anomaly map for Turkey and surrounding regions (Contour interval: 1 nT).



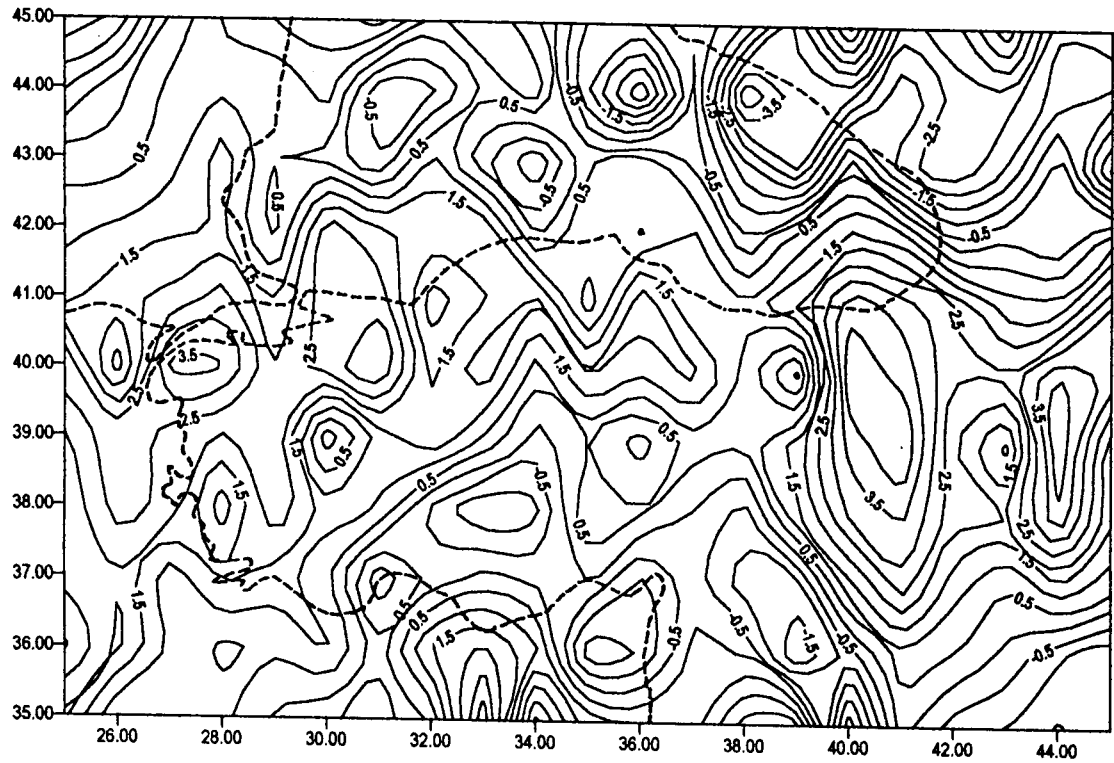
Şekil 3. Türkiye ve çevresinin doğu (Y) bileşen Magsat anomali haritası (Kontur aralığı: 1 nT).

Fig. 3. East (Y) component Magsat anomaly map for Turkey and surrounding regions (Contour interval: 1 nT).



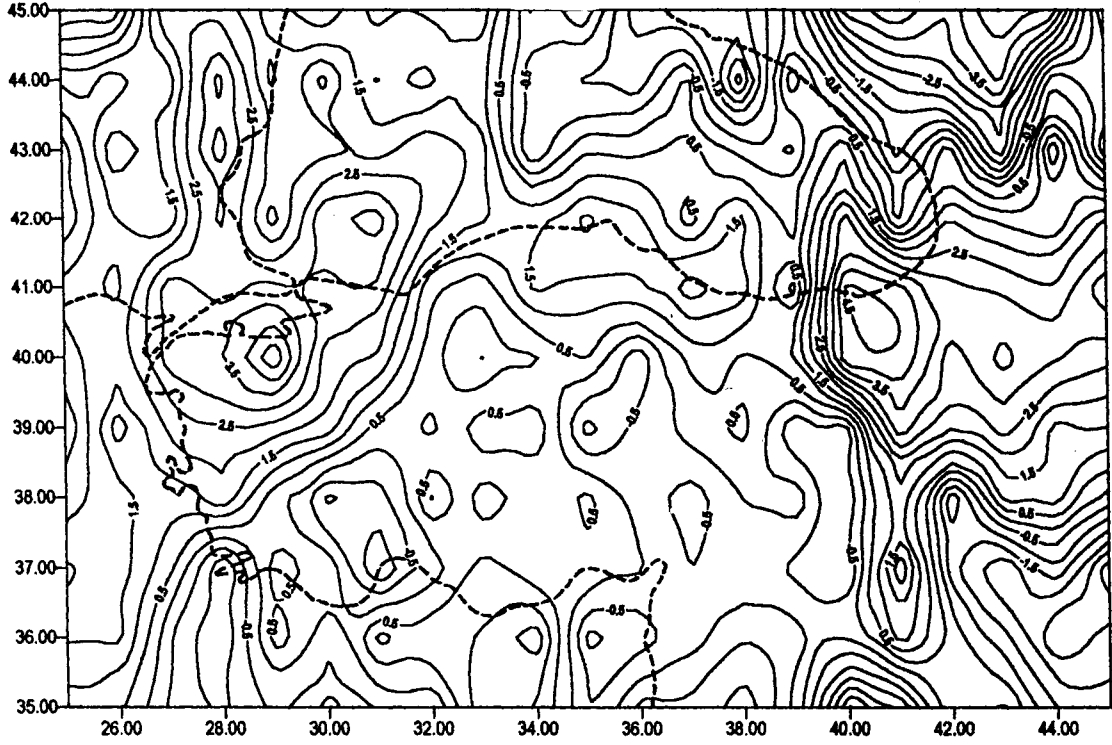
Şekil 4. Türkiye ve çevresinin düşey bileşen Magsat anomali haritası (Kontur aralığı: 1 nT).

Fig. 4. Vertical component Magsat anomaly map for Turkey and surrounding regions (Contour interval : 1 nT).



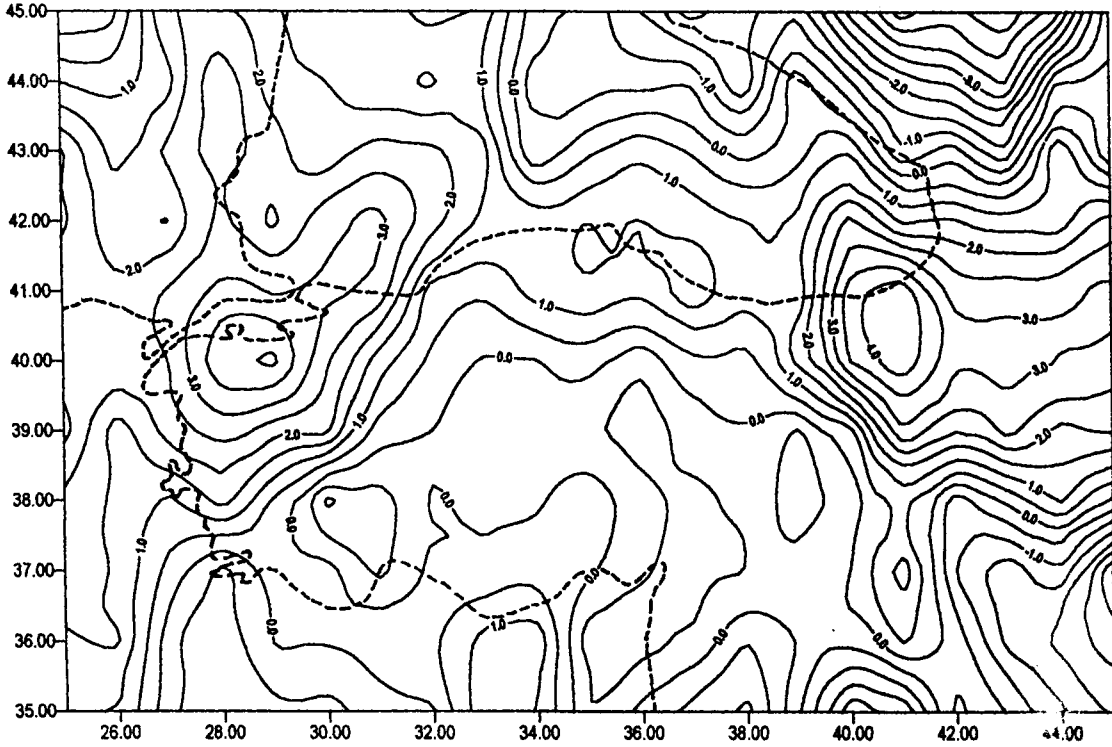
Şekil 5. Türkiye ve çevresinin toplam alan Magsat anomali haritası (Kontur aralığı: 0.5 nT).

Fig. 5. Total component Magsat anomaly map for Turkey and surrounding regions (Contour interval 0.5 nT).



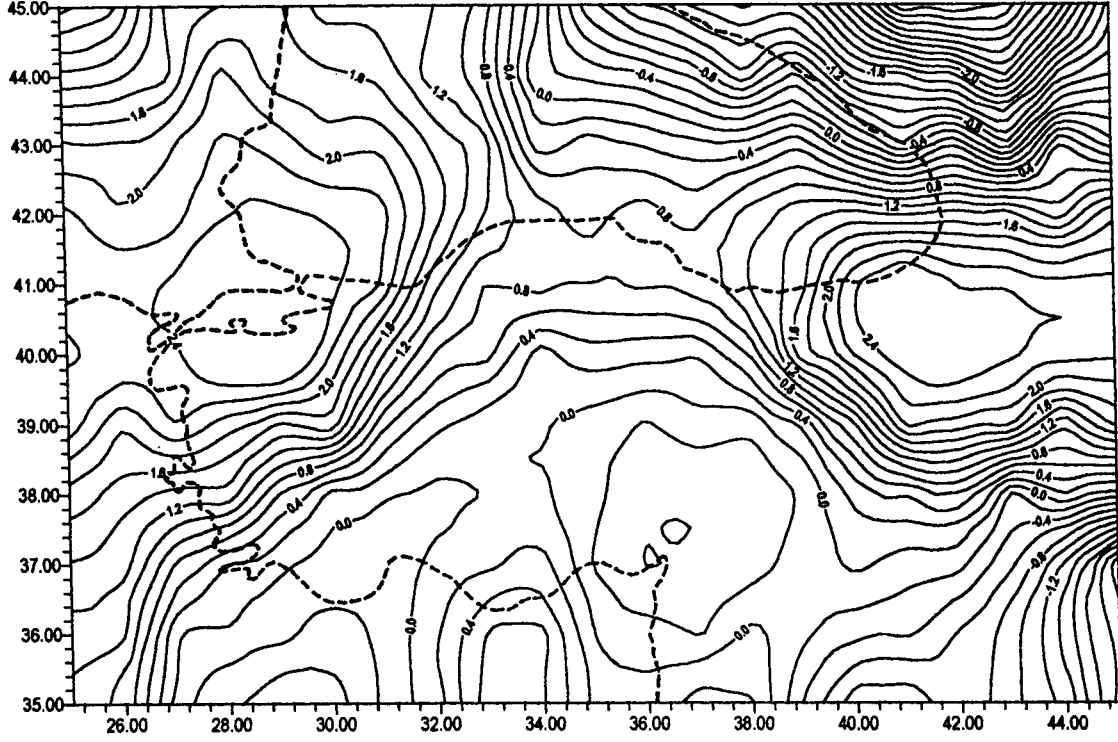
Şekil 6. Türkiye ve çevresinin Düşey bileşen alçak geçişli süzgeç haritası (kesme frekansı 0. -0.3 devir/örnekleme aralığı, kontur aralığı: 0.5 nT).

Fig. 6. Low pass filtered anomaly map of the vertical component Magsat anomaly map (Cut-off frequency 0. -0.3 cycle/grid spacing, Contour interval 0.5 nT).



Şekil 7. Türkiye ve çevresinin Düşey bileşen alçak geçişli süzgeç haritası (kesme frekansı 0. -0.2 devir/örnekleme aralığı, kontur aralığı: 0.5 nT).

Fig. 7. Low-pass filtered anomaly map of the vertical component Magsat anomaly map (Cut-off frequency 0. -0.2 cycle/grid spacing, Contour interval 0.5 nT).



Şekil 8. Türkiye ve çevresinin Düşey bileşen alçak geçişli süzgeç haritası (kesme frekansı 0. -0.1 devir/örnekleme aralığı, kontur aralığı: 0.2 nT).

Fig. 8. Low-pass filtered anomaly map of the vertical component Magsat anomaly map (Cut-off frequency 0. -0.1 cycle/grid spacing, Contour interval 0.2 nT).

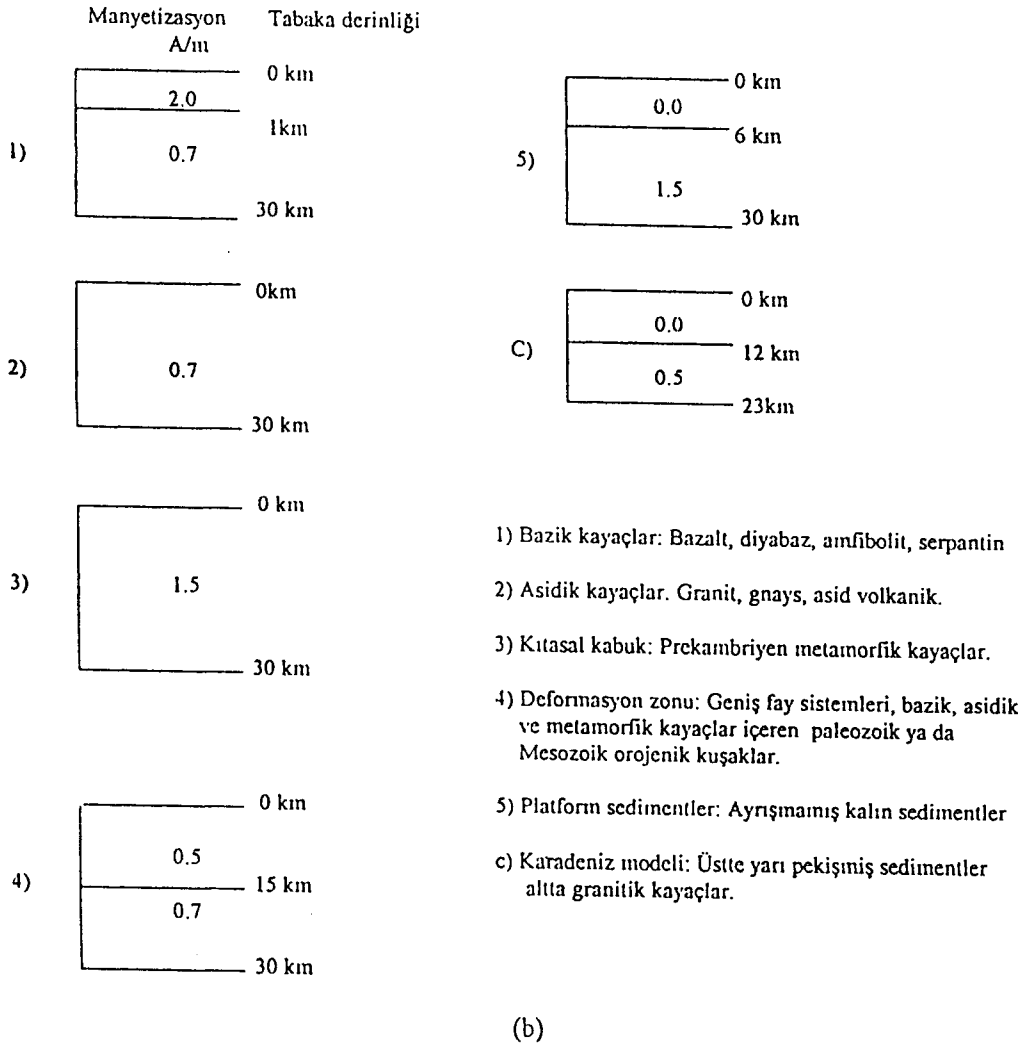
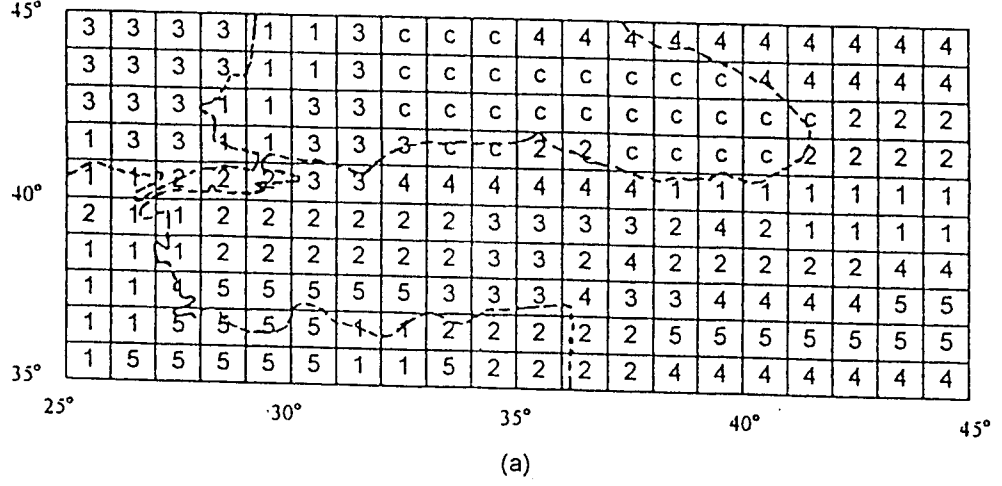
aktif volkanizma ve granodioritlerle ilişkilidir. Tüm süzgeçlenmiş haritalarda Ege denizinden başlayan KD-GB yönünde KD'ya doğru devam eden KAF zonunu izleyen pozitif manyetik anomali kuşağı görülmektedir. Bu pozitif anomali kuşağının güneyinde, Kırşehir masifini de içerisine alan Toros kuşağı karbonat platformu ile ilişkili olarak negatif manyetik anomaliler görülmektedir. GB Türkiye'de Rotstein (1985) tarafından kıtasal çarpışma zonu olarak tanımlanan Burdur Fay Zonu boyunca pozitifden negatif manyetik değerlere doğru bir geçiş zonu görülmektedir. Batı Türkiye'de, Ege denizi ve Trakya bölgesindeki bu anomalilerin kaynağı granitik ve granodioritik plütonlar ile Fytikas ve diğ. (1984) tarafından kuzey ve güney Ege'de önerilen volkanik yayın batı Türkiye'de de devam etmesi ile ilişkilidir. Volkanik yay başlangıçta kuzey Ege'de aktif olup daha sonra güney'e doğru kaymaya başlamıştır. Bu yay dalma-batma zonunun hala aktif olduğunun ifadesi olarak kabul edilmektedir.

Kıbrıs üzerinde ve Antalya körfezinde ofiyolitlerle ilişkili olarak pozitif anomaliler görülmektedir. Doğu Tür-

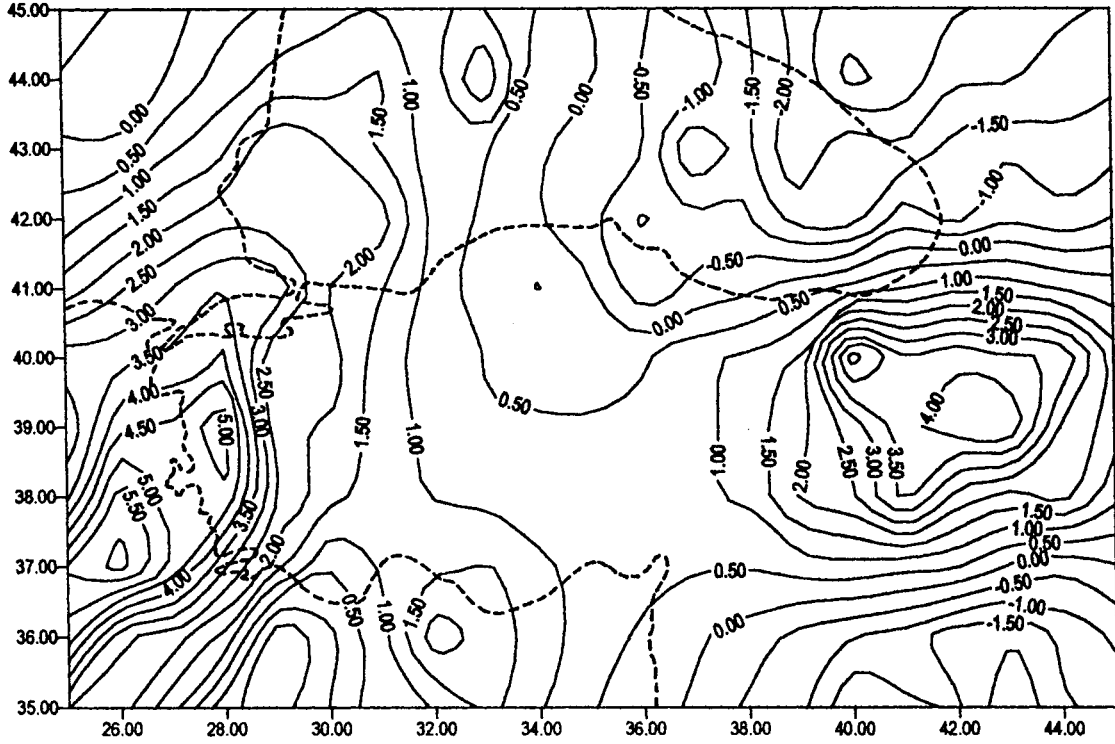
kiye bölgesinde kabuk kalınlaşması ve bölgedeki volkanizmayla ilişkili olabilecek şiddetli ve daha uzun dalga boylu manyetik anomaliler görülmektedir. Karadeniz'in Batı ve doğu havzaları okyanusal kabuğa sahip farklı yapısal özellikleri nedeniyle farklı manyetik özellik göstermektedir. Batı Karadeniz deforme olmamış kalın çökel örtüye sahiptir, daha az kalınlıkta çökel örtüye sahip doğu Karadeniz'den incelmış kıtasal kabuktan oluşan Karadeniz sırtıyla ayrılır (Okay ve diğ. 1995). Doğu Karadeniz negatif manyetik, batı Karadeniz pozitif manyetik anomaliler göstermektedir.

MAGSAT VERİLERİ MODEL ÇALIŞMASI

Manyetik anomalileri oluşturan kabuğun yapısı ve manyetik özelliğini ortaya çıkarmak amacıyla Meyer ve diğ. (1983) tarafından 10 ve Hahn ve Basum (1986) tarafından geliştirilen 16 tip kabuk modelinden faydalanılarak Türkiye'nin jeolojik ve tektonik yapısına uygun olabilecek şekilde 6 tip kabuk modeli seçilmiştir (Şekil 9). Seçilen kabuk modelleri kullanılarak Magsat verilerinin elde edildi-



Şekil 9. Türkiye ve çevresi için seçilen (a) kuramsal kabuk modelleri ve (b) bu kabuk modellerinin manyetizasyon ve kalınlık değerleri.
Fig. 9. (a) Crustal models selected for Turkey and surrounding regions; (b) Magnetizations and thicknesses of these crustal models.



Şekil 10. Türkiye ve çevresi için kuramsal kabuk modelleri (Şekil 9) kullanılarak hesaplanan düşey bileşen manyetik haritası (kontur aralığı: 0.5 nT).

Fig. 10. Vertical component magnetic map for Turkey and surrounding regions calculated using the theoretical crustal models in Figure 9 (contour interval: 0.5 nT).

ği yükseklikte düşey bileşen kuramsal manyetik anomalileri (Şekil 10) tabaka kalınlığı ve manyetizasyon değerlerine bağlı olarak $1^\circ \times 1^\circ$ lik 2 tabakalı bloklar şeklinde düşünülerek ve her bir bloğun manyetik etkisi bloğun ortasındaki tek bir dipol tarafından oluşturulduğu varsayılarak hesaplanmıştır.

Genel olarak Batı Türkiye ve Ege denizi için asidik ve bazik kayalardan oluşan kabuk modeli, doğu Türkiye için bazik ile bazik, asidik ve metamorfik kayalardan oluşan deformasyon zonu olarak isimlendirilen kabuk modeli, Akdeniz için platform sedimentlerden oluşan kabuk modeli, Karadeniz için Hahn ve Bosum (1986) tarafından tanımlanan Karadeniz kabuk modeli kullanılmıştır. Kuramsal kabuk modelleri kullanılarak hesaplanan düşey bileşen anomali haritası Magsat uydusundan elde edilen düşey bileşen anomali haritası ile karşılaştırılmıştır. Kuramsal olarak elde edilen düşey bileşen haritasında da Ege denizi, batı Türkiye ve doğu Türkiye'de pozitif manyetik anomaliler, KD ve GD Türkiye'de negatif manyetik anomaliler görülmektedir.

SONUÇLAR

Magsat haritaları manyetik temel topoğrafyasının çıkartılması, derin yer kabuğu çalışmalarına katkı getirmesi, özellikle jeotermal sahalarda Curie ısısı derinliğinin hesaplanması açısından büyük değer taşımaktadır. Magsat verileri yardımıyla yer kabuğunun global ölçekli modelleri hesaplanabilir.

Batı Türkiye ve Ege denizinde açılma tektoniğine bağlı olarak kabuğun göreceli olarak daha ince, Curie ısısı derinliğinin daha yüzeysel olması nedeniyle ve Fytikas ve diğ. (1984) tarafından öne sürülen iki fazlı volkanizmanın batı Türkiye'de devam etmesi sonucu düşük genlikli pozitif manyetik anomaliler görülmektedir. Karadeniz'in batı ve doğu havzaları okyanusal kabuğa sahip fakat farklı yapısal özellikleri nedeniyle farklı manyetik özellik göstermektedir. Doğu Karadeniz'de ve Toros karbonat platformu'nda negatif manyetik anomaliler görülmektedir.

Model çalışmasının sonucunda, batı Türkiye için asidik, Ege denizi için bazik kayalardan oluşan kabuk mode-

li, doğu Türkiye için bazik kayalardan ve asidik, bazik, metamorfik kayalardan oluşan ve deformasyon zonu olarak isimlendirilen kabuk modeli önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Acuna, M.H., Searce, S.S., Seek, J.B., Shefele, J., 1978, The Magsat vector magnetometer A precision flux-gate magnetometer for the measurements of the geomagnetic field NASA/GSF TM 79656.
- Aksu, A.E., Calon, T.J., Piper, D.J.W., Turgut, S., İzdar, E., 1992, Architecture of late orogenic Quaternary basing in northeastern Mediterranean. *Tectonophysis*, 210, p. 191-213.
- Cantez, N. 1969, Türkiye ve civarındaki deprem odak hareketleri ve gerilme dağılımları. İ.T.Ü yayını, İstanbul.
- Coles, R.L., Haines, G.V., Jansen van Beek, G., Nandi, A., Walker, J.K., 1982, Magnetic anomaly maps from 40°N to 83°N derived from Magsat Satellite data. *Geophys. Res. Lett.*, 9, p. 281-284.
- Fytikas, M., Innocenti, F., Manneti, P., Mazzuoli, R., Peccerillo, A. And Villari, L., 1984, Tertiary to Quaternary evolution of volcanism in the Aegean region. *Soc. Geol. London, Spec. Publ.*, 17,p. 687-700.
- Hahn, A. And Bosum, W. 1986, Geomagnetism: selected examples and case histories. *Geoexploration monographs*, s. 1 no. 10.
- Hall, D.H. 1974, Long-wavelength aeromagnetic anomalies and deep crustal magnetization in Manitoba and Northwestern Ontario, Canada. *J.Geophys.*, 40,p.403.
- Lancaster, E.R., Jennings, t., Morrissey, M., Langel, R.A. 1980, Magsat vector magnetometer alibration using Magsat geomagnetic field measurements. NASA/GSFC TM 82046.
- Langel, R.A. 1974, Near earth magnetic disturbance in a total field at high latitudes, 2, interpretation of data from OGO, 2,4 and 6.J. *Geophys. Res.*, 779,2373.
- Langel, R.A., Coles, R.L., Mayhew, M.A. 1980a, Comparisons of magnetic anomalies of lithospheric origin measured by satellite and airborne magnetometers over Western Canada. *Can. J.Earth si.*, 17,p. 876-887.
- Langel, R.A., Estes, R.H. 1982, A geomagnetic field spectrum. *Geophys. Res. Lett.* 9,p.250-253.
- Langel, R.A., Schnetzler, C.C., Phillips, J.D., Horner, R.J. 1982b, Initial vector magnetic anomaly map from Magsat. *Geophys. Res. Lett.*, 9,p.273-276.
- Meyer, J., Hufen, H.J., Siebert, M. And Hahn, A. 1983, Investigations of international geomagnetic field by means of a global model of the Earth's crust. *J. Geophys.*, 52,p.71-84.
- Okay, A.I., Şengör, A.M.C., Görür, N., 1995, Karadeniz'in açılması ve bunun çevre bölgeler üzerindeki etkisi. *jeofizik*. 9,10.83-69.
- Papazachos, B.C. and Comninakis, P.E., 1977, model of Mediterranean Basins, Split, Yugoslavia, 319-3331.
- Rotstein Y., 1985, Tectonics of the Aegean Block: Rotation, side arc collision crustal extension. *tectonophysics*, 117,p. 117-137.
- Şalk, M. 1994, Investigation of Geodynamical structures of the Aegean region. Doktora tezi (yayınlanmamış), D.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Wasilewski, P.J., Thomas, H.H., Mayhew, M.A. 1979, The Moho as a magnetic boundary. *Geophys. Res. Letters*, 6,p. 541-544.
- Zietz, I. and Andreasen, G.E. 1970, Magnetic anomalies from satellite magnetometer. *J.Geophys. Res.*, 75,p.4007-4015.