

MARMARA DENİZİ GRAVİTE VE MANYETİK VERİLERİNİN FOURIER ANALİZLERİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Interpretation of Gravity and Magnetic Data of the Marmara Sea Using Fourier Transforms

Fatih M. ADATEPE*

ÖZET

Bu çalışma, Marmara Denizinin gravite ve manyetik verilerinin Fourier Analizleriyle değerlendirilerek bölgedeki sığ yapıların ortalama derinliklerinin hesaplanmasını ve yapı modellerinin belirlenmesini amaçlamaktadır.

Bölgenin Jeolojik önemi tektonik rejimiyle ilgilidir. Marmara Denizi, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun yanal hareketi ile Ege graben sistemlerinin karşılaştığı bir bölge görünümündedir.

ABSTRACT

The purpose of this study is to evaluate structural models and average depths of shallow features in Marmara Sea region by Fourier Transforms of gravity and magnetic data.

The importance of the region from geological point of view is related with its tectonic regimen. The lateral movement of the North Anatolian Fault Zone and graben systems in Aegean region cross each other in the Marmara Sea region.

GİRİŞ

Marmara Denizi ve çevresi ile ilgili Jeofizik çalışmaların çoğu, Kuzey Anadolu Fay Zonunun Marmara Denizi ve çevresindeki faylarla olan ilişkisinin belirlenmesine yöneliktir (Ekingen 1973, Kavlakoğlu ve Özakay 1978, Sipahioğlu 1984, Şengör ve diğ. 1985, Kıyak 1986, Gündoğdu 1984, Barka 1987). Ayrıca gravite, manyetik, manyetotellürik verilere çeşitli spektrum yöntemleri uygulanarak ve sismik patlamalardan yararlanılarak bölgenin kabuk özelliklerinin belirlenmesi amaçlı çalışmalar da yapılmıştır (Dedehayır 1976, Kavlakoğlu ve Özakay 1978, Gürbüz ve diğ. 1980, İlkışık 1981, Hökeleki 1981, Yörük 1983, Oral ve Canitez 1987).

Özellikle son yıllarda petrol ve gaz aramalarına yönelik çalışmalarla da bölge hakkında daha ayrıntılı ve sağlıklı bilgi birikimi oluşturulmuştur.

Bu çalışmada kullanılan Fourier dönüşüm teknikleri de birçok araştırmacı tarafından çeşitli amaçlar için uzun zamandan beri kullanılmaktadır (Bhimasankaram *et. al.* 1978, Babu *et. al.* 1980, Yahşi 1983, Adatepe ve Demirel 1987).

MARMARA DENİZİNİN JEOLJİSİ

Marmara Denizi'nin yakın çevresi, Türkiye'nin diğer bölgelerine göre yapısı en çok çalışılan ve bilinen bölgesi niteliğindedir. Özellikle, denizin kuzeyini kaplayan Trakya Hav-

zası'nda son 50 yıldan beri yapılan petrol ve gaz aramalarına yönelik çalışmalar, bölgenin jeomorfolojisi ve jeolojisine ait ayrıntılı bilgiler sağlamıştır. Bu havza, kuzey ve kuzeydoğuda Istranca (Yıldız) Dağları, batıda Rodop Masifi ve güneyde Biga, Kapıdağı, Marmara Adaları ve Samanlıdağ masifleriyle çevrilmiş, Marmara Denizini de kısmen içerisine alan büyük ve derin bir çökeltme çanağı olarak tanımlanmıştır (Ketin 1983). Marmara'nın geçmişte sığ tatl su gölü niteliği gösterdiği ve bugün bazı yörelerinde 1000 metreyi aşan tortul birikimi oluşturduğu bilinmektedir. Bu durumun deniz dibinin giderek alçalmasıyla yani torbalaşmasıyla olası olabileceği belirtilmiştir (Erinç 1986).

Marmara Havzası jeolojisinin konumuz açısından en önemli özelliği tektonik yapısıdır. Bilindiği gibi havza, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) sağ yönlü hakim yanal atımlı hareketi ile Ege'deki kuzey-güney açılma ve doğu-batı graben gelişmesi arasında anahtar görevi üstlenmiştir. Bölgenin kırık ve lineasyon hatlarının genelde birbirini kesen birkaç sistemden oluştuğu belirlenmiştir (Erinç ve diğ. 1984, Şengör ve diğ. 1985, Kıyak 1986, Gündoğdu 1986, Barka 1987).

Bu nedenle, özellikle eğim atımlı normal fayların büyük ölçüde ve çok sayıda geliştiği bölgelerde, aynı doğrultuda faylanmaların yer aldığı dar ve uzun grabenler oluşmuştur. Bunların en önemlilerini İzmit ve Gemlik Körfezi'nde görmek olanaklıdır. Ayrıca, Marmara Denizi'nde büyük olasılıkla faylarla gelişmiş üç çukurdan söz edilmelidir.

* İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, İstanbul

KULLANILAN YÖNTEMLER

Çalışmada tek ve iki boyutlu Fourier analizi teknikleri kullanılmıştır. Zamanın ve yerin bir fonksiyonu olan Jeofizik veriler, birden fazla sinyalin üst üste binmiş şekli içerirler. Bu sinyallerin frekanslarının da birbirinden farklı olacağı açıktır. Kütleler hakkında bilgi edinmek için eldeki verinin, frekans ortamına dönüştürülerek incelenmesi düşünülebilir (Spector and Grant 1970, Davis 1973). Kütlelerin zaman ortamındaki yanıtını, frekans ortamına dönüştürmek için, bir dönüşüm tekniğine gereksinime duyulur.

Bu çalışmada Fourier dönüşüm tekniği kullanılmıştır. Bu teknik, doğal kaynaklı veriler kullanılarak, kütlelerin derinliklerinin kestirimine olanak sağlamaktadır. Ayrıca yöntemin uygulanması sırasında trend analizi yapılmıştır. Fourier analizlerinden sonra, güç spektrumundan faydalanılarak kütlelerin ortalama derinlikleri bulunmuştur. En son aşamada da Marmara Denizi yapı modelleri elde edilmiştir.

Tek ve iki boyutlu Fourier dönüşüm teknikleri bilinen bağıntıları içerdiğinden burada tekrarlanmayacaktır. Buna karşılık güç spektrumundan yararlanarak derinlik saptanmasını açıklamak yararlı görülmüştür. Genel olarak farklı doğrultu ve derinlikteki çeşitli kütlelerin tümünün neden olduğu anomaliden enerji veya güç spektrumu elde edebileceği Bhattacharyya'nın (1966) yaklaşımlarıyla ortaya konulmuştur. Yine prizmatik cismin parametrelerinin spektrum üzerindeki etkileri Spector ve Grant (1970) tarafından verilmiştir. Ayrıntısı ilgili yayınlarda bulunan güç spektrumu bağıntısını dalga boyuna (r) bağlı olarak yazmak olanaklıdır. Buradan logaritması alınan bağıntı;

$$\ln G(r) = -2hr + C$$

şeklinde gösterilir ve bir doğru denklemini verir. Bu doğrunun eğimi (-2h) dir. Buradan elde edilecek olan (h) ise, ortalama derinliği vermektedir.

Güç spektrumunun doğal logaritmaları açılmal frekansa (w) karşı çizilirse, "h derinliği";

$$h = \frac{1}{2} \cdot \frac{\ln G}{w}$$

bağıntısından hesaplanabilir (Sanver 1974). Burada,

$$w = \frac{2 \cdot f}{n \cdot T}$$

ve n; profil boyu (veya kare bölgelerin kenar uzunluğu), T; örnekleme aralığı x ölçek olmak üzere derinliktir.

UYGULAMA

Önceki bölümde algoritması anlatılan yöntemler Marmara Denizi'nin gravite ve manyetik verilerine uygulanmıştır. Buna göre gravite çalışmalarında; iki boyutlu Fourier dönüşümü Harita Genel Komutanlığı'nın 1:1.000.000 ölçekli haritasına, tek boyutlu Fourier dönüşümü ise Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) 1:100.000 ölçekli anomali haritasına uygulanmıştır. Manyetik çalışmaların her ikisi de MTA'nın 1:200.000 ölçekli havadan manyetik anomali haritası üzerinde yapılmıştır. Sözü edilen tek boyutlu Fourier spektrum analizinin uygulanacağı gravite ve manyetik haritalardan anomaliler göz önüne alınarak konumları Şekil 1'de verilen profiller alınmıştır.

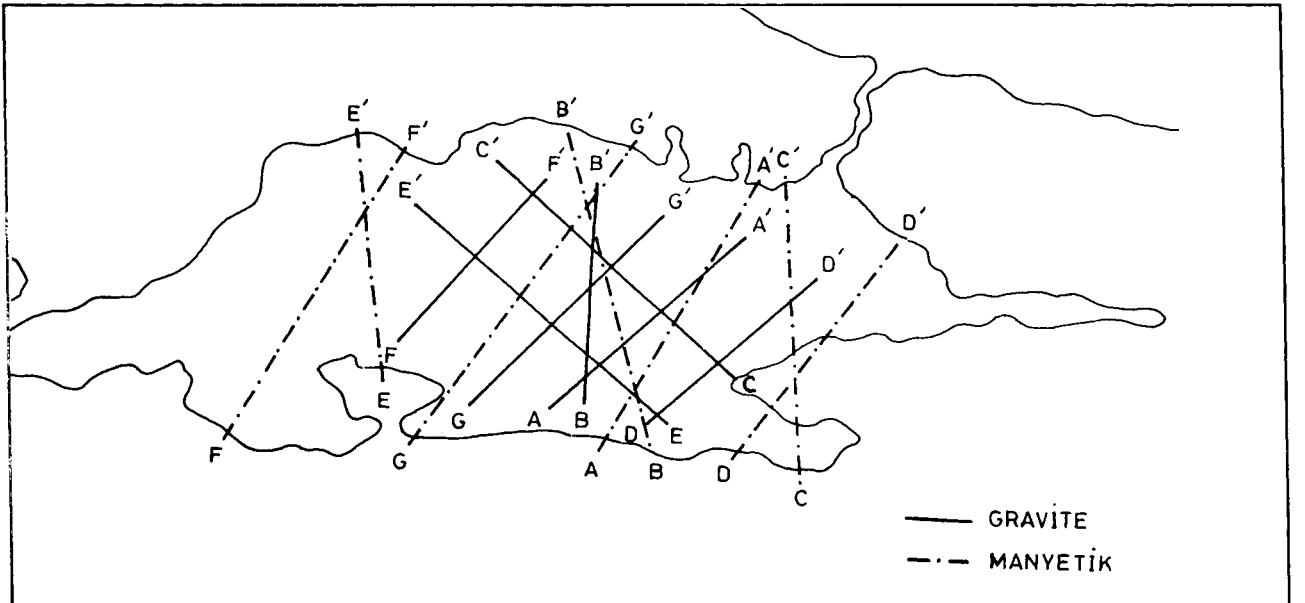
Ayrıca her iki haritaya ait ikişer adet (Gravite: AA' ve DD', Manyetik: FF' ve GG') profil örnek olarak verilmiştir (Şekil 2).

Profiller Nyquist kuralına uygun olarak 1 cm aralıklarla sayısal hale getirilmiş, oto-korelasyon fonksiyonlarından yararlanılarak güç spektrumları elde edilmiştir. Daha sonra Tukey penceresi kullanılarak sonuçlar süzgeçlenmiştir. Şekil 3'de, Şekil 2'de verilen bu profillerin güç spektrumları gösterilmiştir.

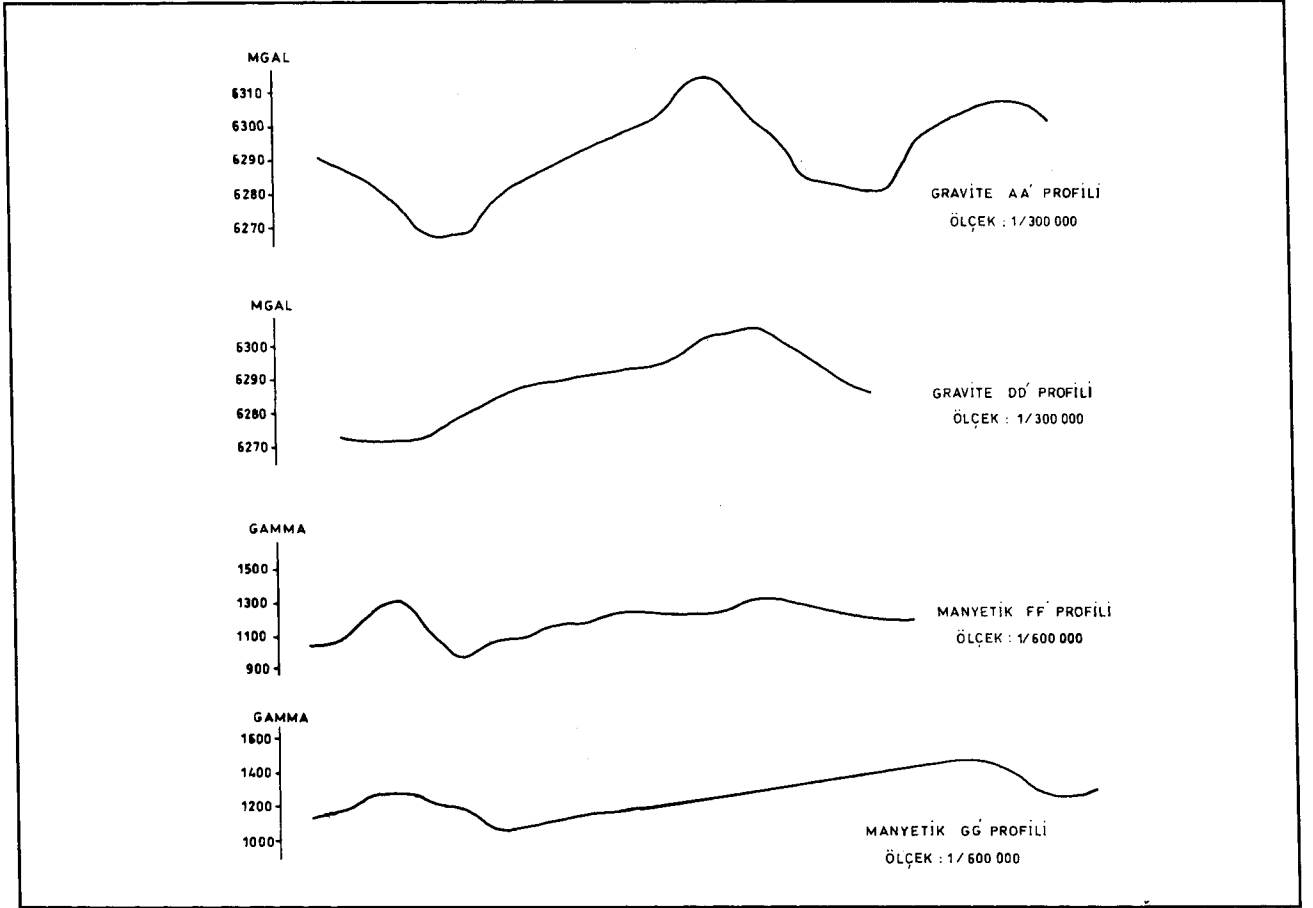
Güç spektrumlarının frekansa göre dağılımına uygun olan doğrular, en küçük kareler yardımıyla hesaplandıktan sonra derinlikler saptanmış ve bunlar Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Tek boyutlu Fourier dönüşümü ve güç spektrumu sonucu elde edilen ortalama derinlikler

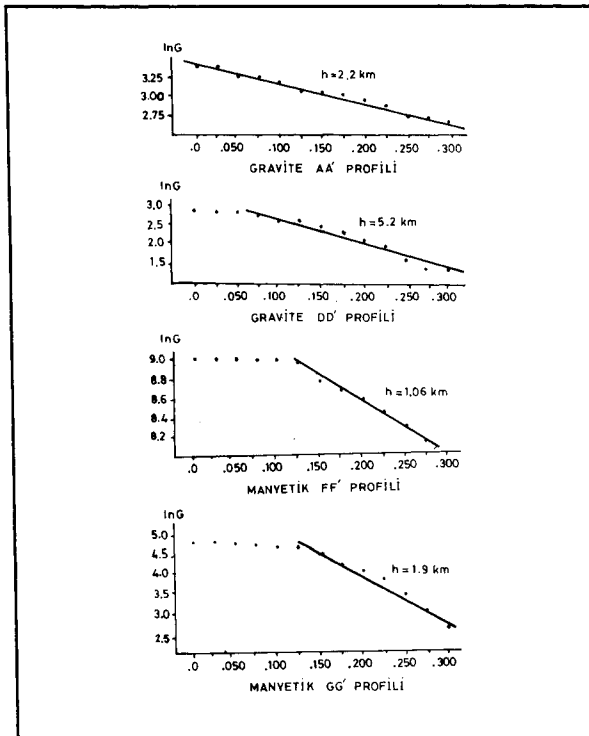
PROFİLLER	DERİNLİKLER (KM)	
	GRAVİTE	MANYETİK
AA'	2.2	1.6
BB'	2.3	1.2
CC'	5.7	-
DD'	5.2	1.5
EE'	4.0	0.4
FF'	4.2	1.1
GG'	3.4	1.9



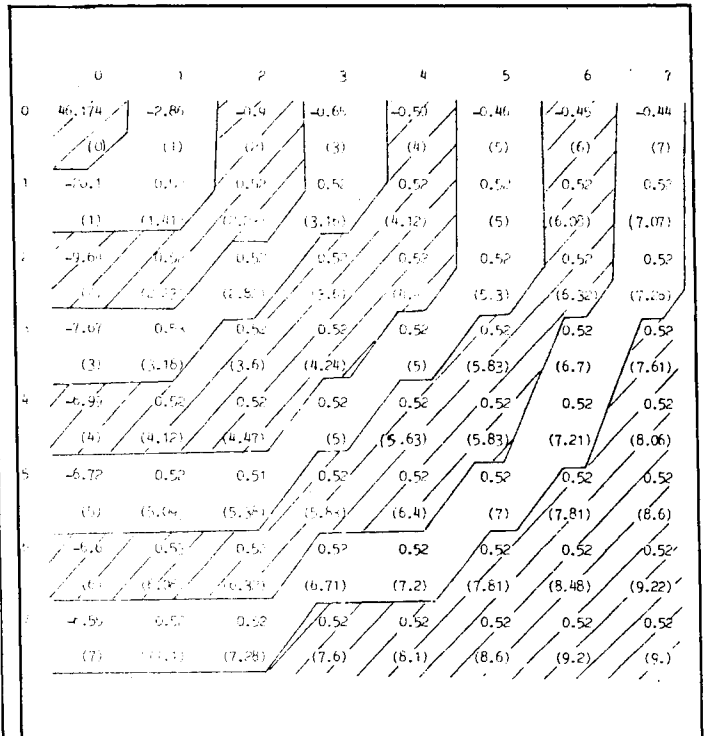
Şekil 1. Tek boyutlu Fourier spektrum analizinin uygulandığı gravite ve manyetik profillerin konumları.
Fig. 1. Locations of gravity and magnetic profiles where spectral analysis was applied.



Şekil 2. İnceleme alanının gravite ve manyetik haritalarından alınan örnek profiller
Fig. 2. Example profiles taken from the gravity and magnetic maps of the study area.



Şekil 3. Gravite ve manyetik profillerinden elde edilen güç spektrumlarının frekansa göre değişimi
Fig. 3. Shape of the power spectra estimated from gravity and magnetic data versus frequency.



Şekil 4. Bölgelerden birine ait iki boyutlu genlik spektrumu
Fig. 4. Two-dimensional amplitude spectrum

Haritalara iki boyutlu Fourier güç spektrumu uygulanmadan önce; her iki haritaya da bölgesel etkilerin ortadan kaldırılması için trend analizi uygulanmıştır. Böylece, anomali kapantıları dikkate alınarak Bouguer gravite haritasında oniki, manyetik haritada ise yirmidört bölge belirlenmiştir.

Haritalar Nyquist kuralına uygun olarak 1 cm aralıklarla sayısal hale getirildikten ve yöntem uygulandıktan sonra, her bölgenin iki boyutlu genlik dağılımları elde edilmiştir. Şekil 4'de bu bölgelerden birinin genlik spektrumu görülmektedir.

Şekilde yatay ve düşeydeki sıfırdan yediye kadar olan rakamlar harmoniklerin sayısını, bunlara karşı gelenler ise amplitüd değerlerini göstermektedir. Parantez içindeki değerler ise

$$f = (x^2 + y^2)^{1/2}$$

ilişkisinden yararlanılarak elde edilen frekans değerleridir.

Burada verilmiş olan değerlerin ortalaması alınarak tek boyuta indirgenmiştir. Bu amaçla ortalama frekans band aralığı

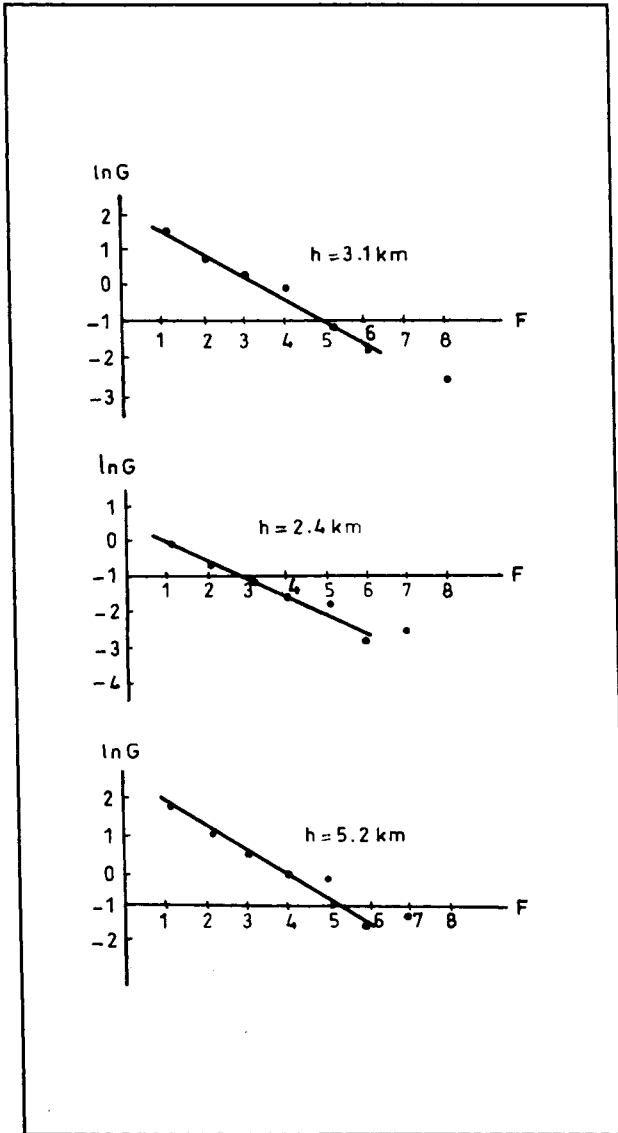
"1" seçilerek ve ortalama frekans ile genlik değerlerinin logaritması alınarak güç spektrumuna geçilmiştir. Gravite ve manyetik verilerinden elde edilen üçer adet güç spektrumu grafiği Şekil 5 ve 6 da verilmiştir.

Güç spektrumlarının frekansa göre dağılımına uygun olan doğrular en küçük kareler yöntemi ile hesaplandıktan sonra her bölgenin ortalama derinliği saptanmıştır.

Her bölgede ayrı ayrı elde edilen ortalama derinliklerinden Marmara Denizi için gravite ve manyetik anomalilere neden olan kütlelerin ortalama derinlik haritaları çizilmiş ve bunlar Şekil 7 ve Şekil 8'de gösterilmiştir.

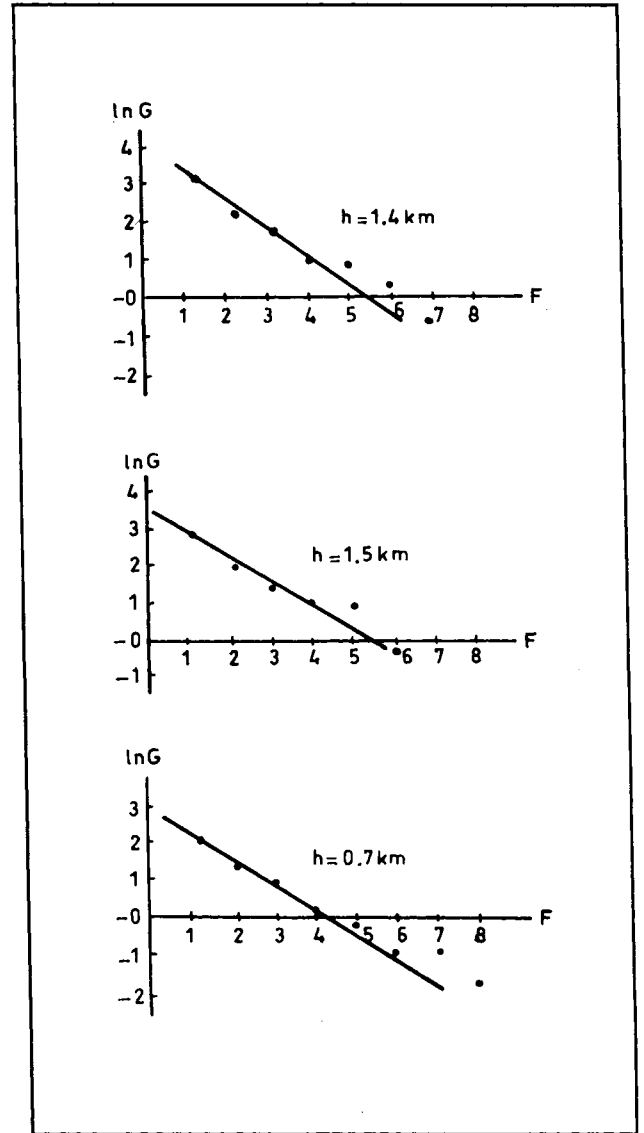
DEĞERLENDİRME

Bu bölümde tek boyutlu Fourier dönüşümünden hesaplanan ortalama derinlikler (Çizelge 1) ile iki boyutlu Fourier dönüşümünden elde edilen ortalama derinlik anomali haritaları



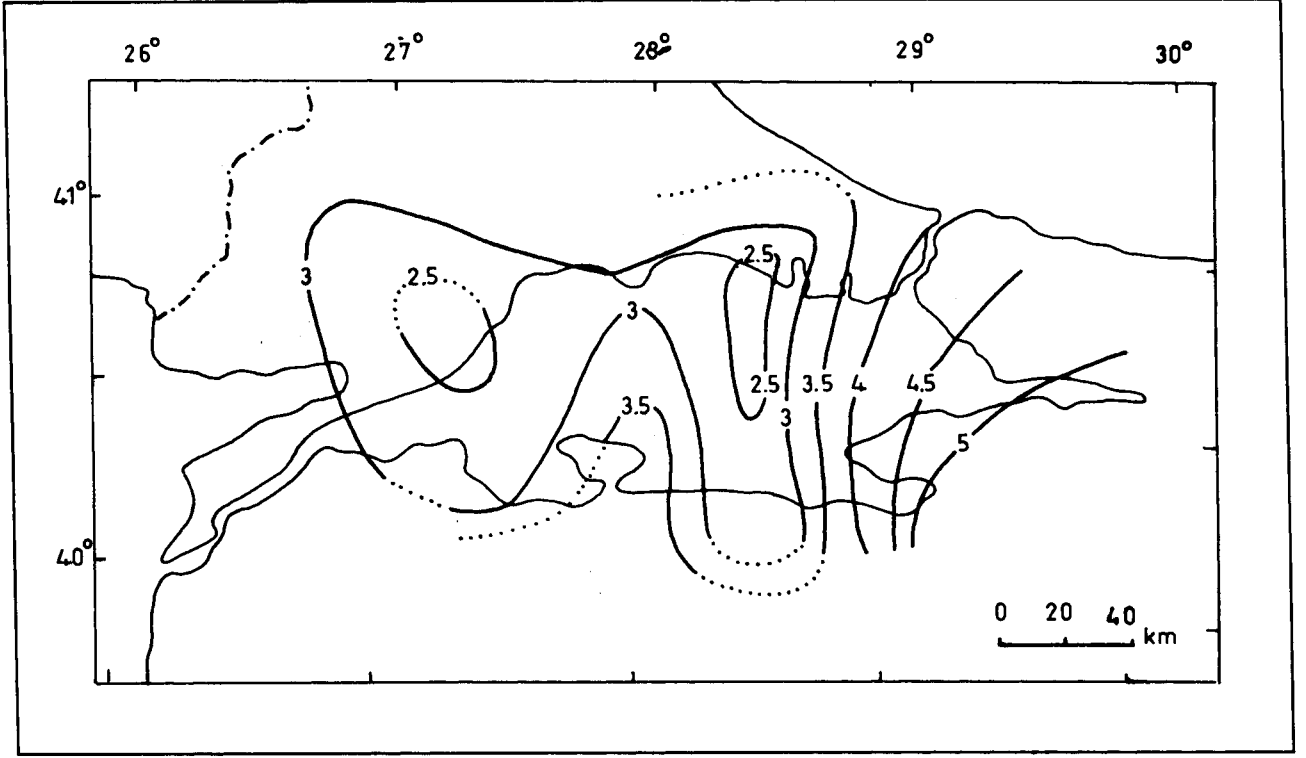
Şekil 5. Gravite haritasının çeşitli bölgelerine ait ortalama güç spektrumu değerlerinin frekansa göre dağılımları

Fig. 5. Distribution of mean power spectrum values

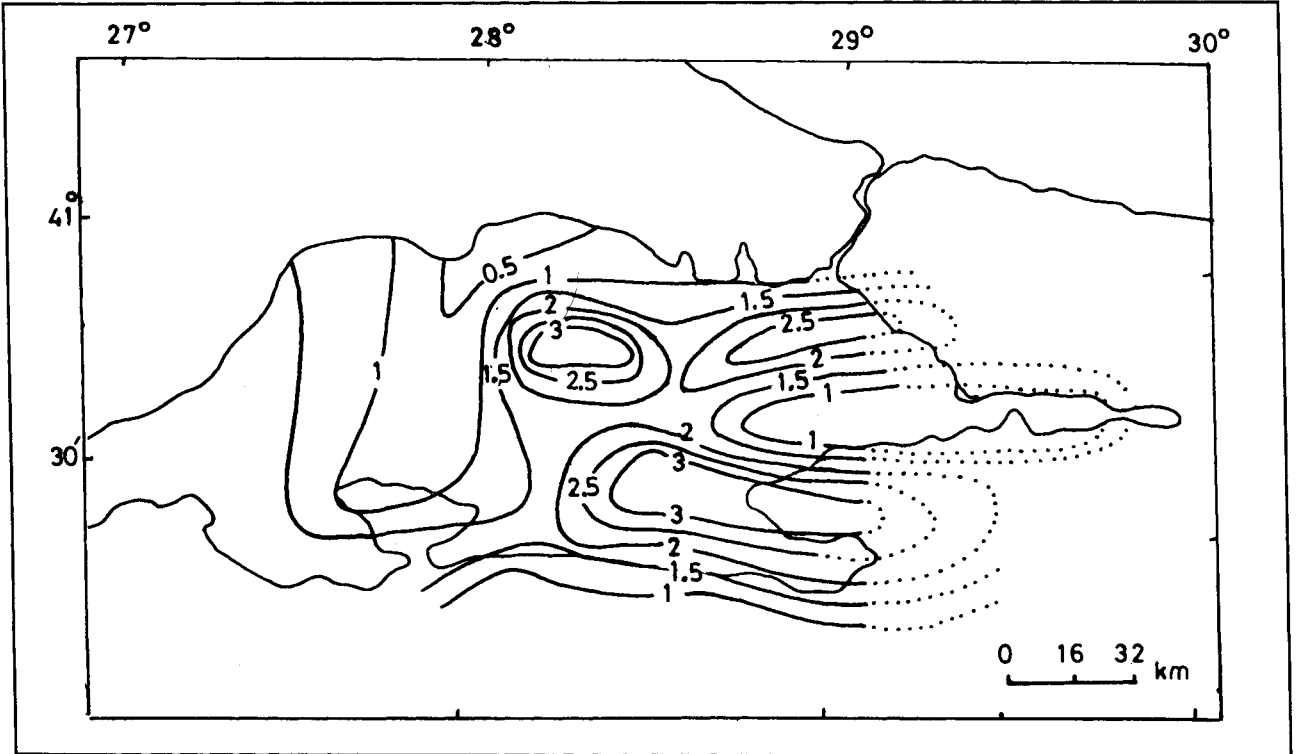


Şekil 6. Manyetik haritanın çeşitli bölgelerine ait ortalama güç spektrumu değerlerinin frekansa göre dağılımları

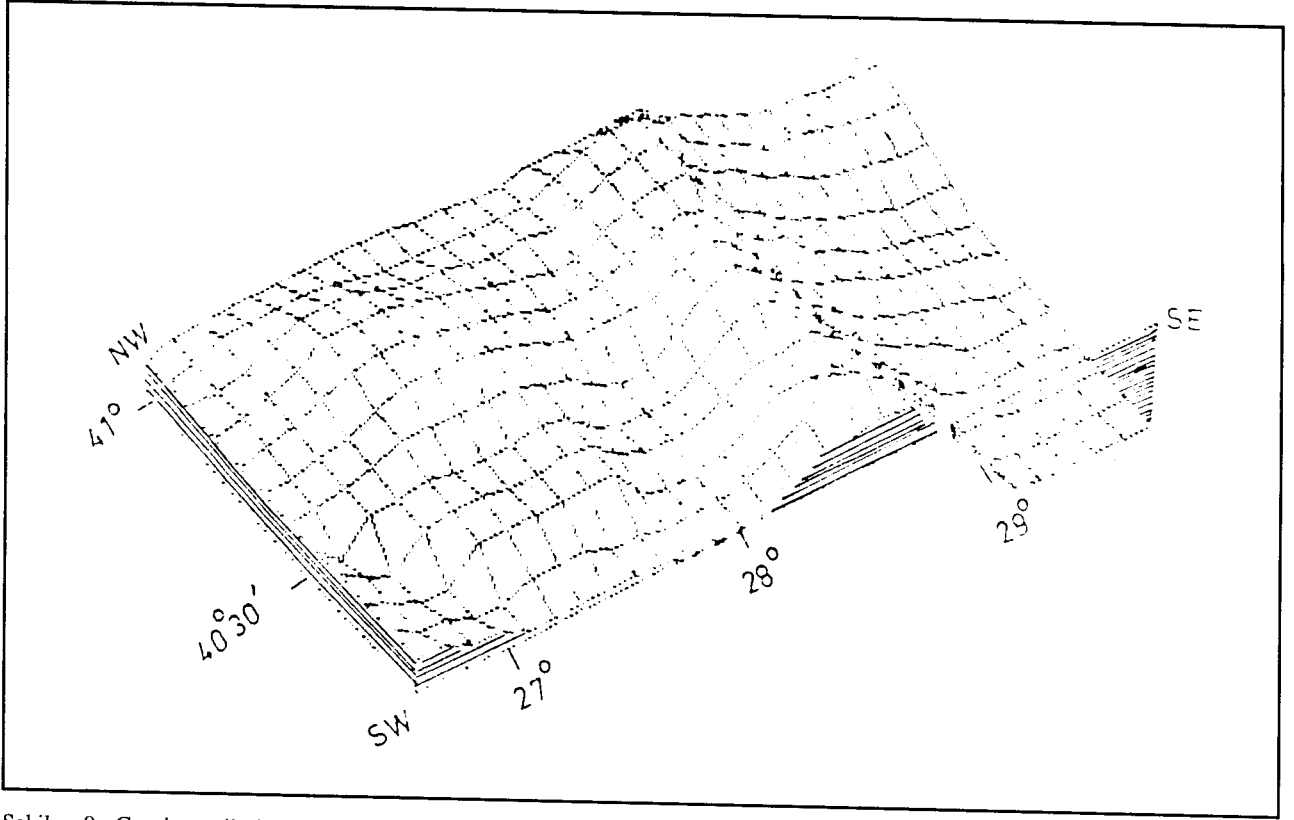
Fig. 6. Distribution of mean power spectrum values versus frequency calculated from various parts of magnetic map.



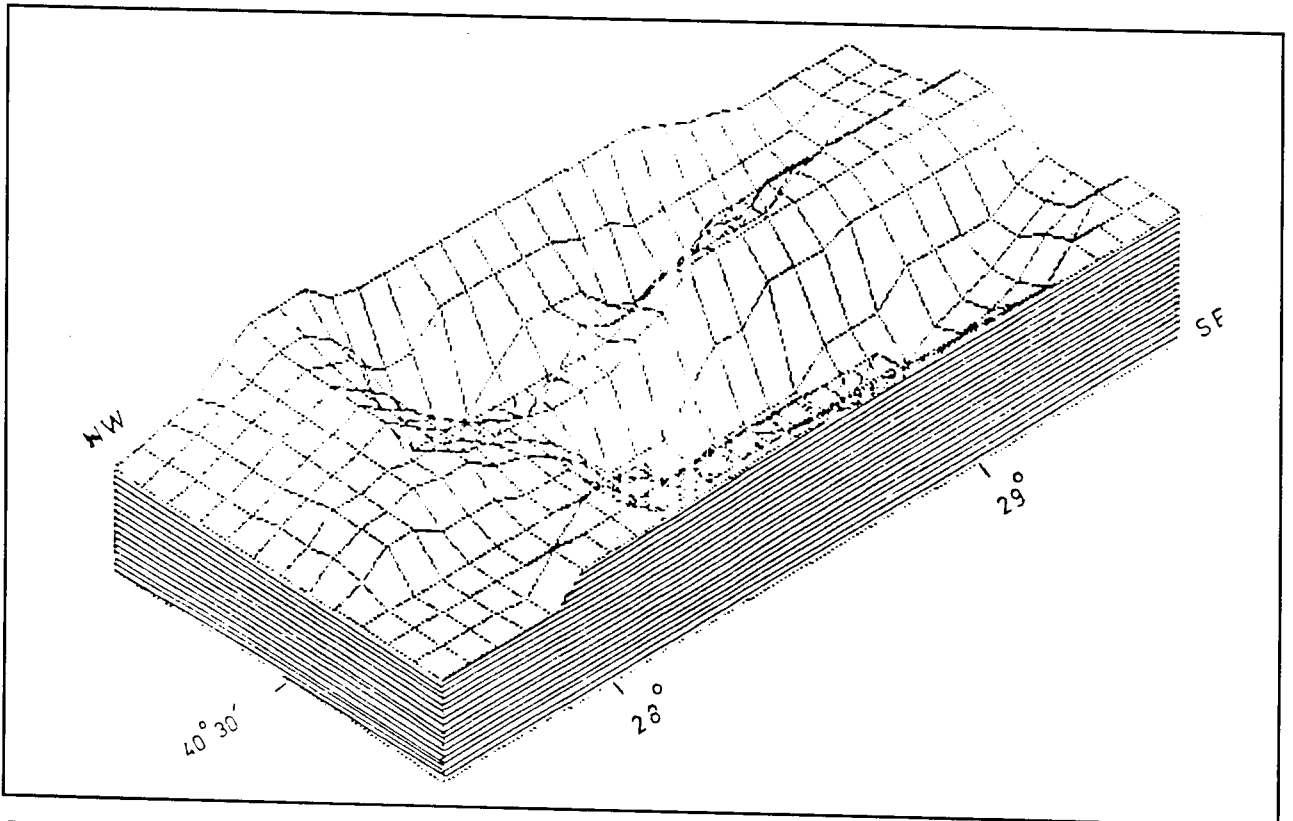
Şekil 7. Gravite anomalilerine neden olan kütlelerin ortalama derinlik haritası (derinlikler km'dir).
 Fig. 7. Mean depth map of the masses that cause gravitational anomalies (depths in kilometres).



Şekil 8. Manyetik anomalilere neden olan kütlelerin ortalama derinlik haritası (derinlikler km'dir).
 Fig. 8. Mean depth map of the masses that cause magnetic anomalies (depths in kilometres).



Şekil 9. Gravite verilerine uygulanan iki boyutlu fourier analizinden elde edilen ortalama derinliklerden yararlanarak çizilmiş olan üç boyutlu yapı modeli
 Fig. 9. Three dimensional structural model drawn by using the mean depths obtained from two dimensional Fourier analysis applied to gravity data.



Şekil 10. Manyetik verilerine uygulanan iki boyutlu Fourier analizinden elde edilen ortalama derinliklerden yararlanarak çizilmiş üç boyutlu yapı modeli.
 Fig. 10. Three dimensional structural model drawn by using the mean depths obtained from two dimensional Fourier analysis applied to magnetic data.

(Şekil 7 ve 8) arasındaki ilişkinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Buna göre Şekil 1 de konumları verilen gravite profillerinden BB', DD', EE' ve GG' de derinlikler 2.3, 5.2, 4.0 ve 3.4 km olarak bulunmuştur. Bu profillerin geçtiği bölgelerin ortalama derinlikleri de sırasıyla 2.5, 4.7, 3.5 ve 3.3 km olarak hesaplanmıştır. Sonuçların birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Ancak diğer gravite profillerinde bu tutarlılık nisbeten daha azdır.

Manyetik verilere iki farklı yöntemin uygulanması sonucu elde edilen değerler arasında ise daha iyi bir uyum olduğu saptanmıştır. Bu durumun nedeninin manyetik yöntemlerin her ikisinin de aynı harita üzerine uygulanması sonucu olduğu görüşüne varılmıştır.

Ayrıca Marmara Denizi gravite ve manyetik verilerinden elde edilen derinlik değerleri, enlemler ve boylamlar birlikte dikkate alınarak bölgede anomaliye neden olan yüzeye yakın kütlelerin üç boyutlu yapı modelleri elde edilmiş ve bunlar Şekil 9 ve 10 da gösterilmiştir.

KAYNAKLAR

- Adatepe, F.M. ve Demirel, A.S. 1987, İki boyutlu asimetrik üçgen prizma ve daykın manyetik anomalilerinin Fourier transformuyla değerlendirilmesi, İ.Ü. Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Bülteni 3, 155-170.
- Adatepe, F. M. 1988, Marmara Denizi Jeofizik Verilerinin Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, İ. Ü. Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, İstanbul.
- Babu, R.H.V., Rao, A.D. and Narayan, S.P.V. 1980, Interpretation of the total magnetic intensity anomaly due to a two dimensional asymmetrical triangular prism using Fourier transforms, Geoplotation 18, 33-41.
- Barka A. 1987, Kuzey Anadolu Fay Zonunun Batısının Tektoniği ve Deprem Etkinliği, B.Ü. Kandilli Rasathanesi Seminer Notları, İstanbul.
- Bhattacharyya, B.K. 1966, Continous spektrum of total magnetic field anomaly due to a rectangular prismatic body, Geophysics 31, 97-121.
- Bhimasankaram, V.L.S., Mohan, N.L. and Rao, S.V. 1978, Interpretation of magnetic anomalies of dikes using Fourier transforms, Geoplotation 16, 259-266.
- Cantez, N. 1962, Gravite Anomalileri ve Sismolojiye Göre Kuzey Anadolu'da Arz Kabuğunun Yapısı, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Maden Fakültesi, İstanbul.
- Cantez, N. ve Karaman A. 1986, Batı Anadolu'da İzostatik Denge, TÜBİTAK, Gebze Araştırma Merkezi Temel Bilimler Araştırma Enstitüsü, Yer Bilimleri Araştırma Bölümü Faaliyetleri Kitabı, İstanbul.
- Davis, J.C. 1973, Statistics and Data Analysis in Geology, John Wiley Sons Inc., New York.
- Dedehayır, B.S. 1976, Batı Türkiye'nin Düşey Manyetik Şiddet Haritasının Yorumu, Lisans Tezi, İ.Ü. Fen Fakültesi, İstanbul.
- Ekingen, A. 1973, Manyas Gölü depresyonu kırılma tektoniğinin gravimetrisi ve Kuzey Anadolu dislokasyon kuşağı ile olan ilişkisi, MTA Enstitüsü Kuzey Anadolu Fayı ve Deprem Kuşağı Simpozyumu Tebliğler Kitabı, 142-151, Ankara.
- Eriñç, Z., Kurter, A., Eroskay, O. ve Mater, B. 1984, Batı Anadolu ve Trakya Uygulamalı Jeomorfoloji Haritası'nın Kesin Raporu, TÜBİTAK Projesi, TBAG-593, Ankara.
- Eriñç, S. 1986, Türkiye Denizleri Ders Notları, İ.Ü. Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, İstanbul.
- Gündoğdu, O. 1984, Türkiye Depremlerinin Kaynak Parametreleri ve Alanındaki İlişkiler, Doktora Tezi, İ.Ü. Mühendislik Fakültesi, İstanbul.
- Gürbüz, C., Üçer, S. B. ve Özdemir, H. 1980, Adapazarı yöresinde yapılan yapay patlama ile ilgili ön değerlendirme sonuçları, Deprem Araştırma Bülteni 31, 73-78.
- Hökekleli, E., 1981, Sonsuz Uzunluklu Daykının Manyetik Anomalilerinin Doğrudan Yorumlanmaları İçin İki Yöntem, Lisans Tezi, İ.Ü. Mühendislik Fakültesi, İstanbul.
- İlkışık, M. 1981, Manyetotellürik Yöntemle Trakya'da yer kabuğunun araştırılması, İ.Ü. Yerbilimleri Yayın Organı 2, 307-319.
- Kavlakoğlu, S. ve Özakay, R. 1973, Marmara denizi bölgesi manyetotellürik hatları, M.T.A. Enstitüsü Kuzey Anadolu Fayı ve Deprem Kuşağı Simpozyumu Tebliğler Kitabı, 152-162, Ankara.
- Ketin, İ. 1983, Türkiye Jeolojisine Genel Bir Bakış, İ.T.Ü. Yayını, İstanbul.
- Kıyak, Ü. 1986, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Batı Uzantılarının İncelenmesi, Doktora Tezi, İ.Ü. Mühendislik Fakültesi, İstanbul.
- Oral, B.M. 1987, Some Remarks on the Gravity Anomalies of W. Turkey and Its Implications on the Crustal Structure, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Maden Fakültesi, İstanbul.
- Oral, B.M. ve Camtez, N. 1987, Batı Anadolu gravite anomalilerinin kabuk yapısına bağlı olarak incelenmesi, T. Jeofizik Bilimler ve Teknik 9. Kurultayı Bildiri Özetleri Kitabı, 9-10, Ankara.
- Sanver, M. 1974, Ege Bölgesi Havadan Manyetik Haritasının İki Boyutlu Filtreler ve İstatistik Yöntemlerle Analizi, İ.T.Ü. Yayını, İstanbul.
- Sipahioğlu, S. 1984, Kuzey Anadolu fay zonu ve çevresinin deprem etkinliğinin incelenmesi, Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni 45.
- Spector, A. and Grant, F.S. 1970, Statistical methods for interpreting aeromagnetic data, Geophysics 35, 293-302.
- Şengör, A.M.C., Görür, N. and Şaroğlu, F. 1985, Strike-Slip deformation basin formation and sedimentation: Strikeslip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a Case Study Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication 37, 227-264.
- Raissi, T.H. 1987, Kuzeybatı İran'ın Aeromagnetik Haritasının İki Boyutlu Fourier Analiziyle Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yahşi, H. 1983, İki Boyutlu Fourier Analizi ile Ege Bölgesinin Kütle Derinliğinin Hesaplanması, Lisans Tezi, İ.Ü. Mühendislik Fakültesi, İstanbul.
- Yörük, A. 1983, Gönen, Manyas Alanının Filtrelenmesi ve Temel Yapı Derinliğinin Tayini, Lisans Tezi, İ.Ü. Mühendislik Fakültesi İstanbul.