

MENEKŞE ÇATAĞI HÖYÜĞÜNDE ARKEOJEOFİZİK ÇALIŞMALAR

Archaeogeophysics Studies on the Menekşe Çatağı Mound

N.SAYIN*, M.K.TUNCER**, N.ORBAY*, M.ÖZDOĞAN***, A.ÖZDOĞAN***, F.ÖZÇEP*, M.HISARLI*

ÖZET

Çalışma alanı Tekirdağ'ın 10 km doğusunda Avrupa ve Anadolu Uygarlıkları arasında geçiş oluşturan ve M.Ö. 4000 ve M.Ö. 3000 dönemlerine ait yerleşimlerin bulunduğu düşünülen höyüktür. Alandaki yapıları saptamak amacıyla magnetik gradjometre ve SP (Self Potansiyel) ölçümleri yapılmıştır. Magnetik haritalarda dikkati çeken anomalileri belirginleştirmek için haritaya kesme frekansı 0.25 devir/m olan alçak geçişli filtre uygulanmış ve seçilen profiller ters çözüm tekniği ile modellenmiştir. Magnetik anomalilerin yorumlanması sonucunda, sahada fırın ve duvar kalıntılarının olabileceği belirtilmiş ve bu sonuç daha sonra yapılan kazı ile de desteklenmiştir. Ayrıca, kazılarda diğer anomalilere uygun gelen yerlerde yanmış toprak tabakası, yoğun seramil parçaları ve taş malzeme bulunmuştur.

ABSTRACT

The investigated mound area is located 10 km east of Tekirdağ. The civilizations in this mound area have been settled in B.C. 4000 and B.C. 3000 and these settlements were considered as a transition between the European and Anatolian civilization.

Magnetic gradiometer and self potential measurements were made to determine the existence of the archaeological materials. The low pass filter with 0.25 cycle/m cutting frequency was applied to the magnetic anomaly map for obtaining the shallow anomalies. The inversion method is applied to the selected profiles from the filtered map for determining the archaeological materials. These anomalies were referred as furnace and wall survivals after the interpretation. These results were also supported with archaeological digging. Furthermore, burned soil layer, a lot of pottery pieces and rock materials which are correlated with the other anomalies were found during the excavation.

GİRİŞ

Jeofizik yöntemler kazı öncesi alanın yol gösterici planını vermesi, hızlı ve tahrip edici olmaması nedeniyle Arkeologlara zaman ve maliyet yönünden tasarruf sağlayabilmektedir.

Bilimsel ve teknolojik gelişmelerin, farklı bilim dalları arasındaki işbirliği ve yardımlaşmayı geliştirmesi, jeofizik ve arkeoloji arasında da ortak çalışmaların yapılmasına yol açmıştır. Avrupa'da jeofizik yöntemlerin ve özellikle magnetik yöntemin arkeoloji alanında kullanılması 1940 ların sonlarına kadar uzanır. Bu konuda Aitken öncülüğünde Oxford Üniversitesinden bir grup, 1950 lerin başlarında ilk öncü çalışmaları yapmıştır (Weymount 1986). Günümüzde ise dünyanın pek çok ülkesinde jeofiziğin tüm yöntemleri kullanılarak arkeolojik alanların belirlenmesi çalışmaları yürütülmektedir. Ülkemizin çok sayıda medeniyete

zemin oluşturmuş kültürel zenginliğe sahip bir coğrafya yeralması nedeniyle, ülkemizde de bu konudaki çalışmaların sayısı gün geçtikçe artmaktadır (Drahor 1991, Pınar ve Akçığ 1991, Başokur 1991, Hesse 1991, Becker 1994, Gürbüz ve diğ. 1994).

Marmara Bölgesi ve özellikle Trakya kesiminin Avrupa ve Asya kıtaları arasında doğal geçiş yolu üzerinde bulunması, bu bölgenin kültür tarihi açısından taşıdığı önemi arttırmıştır. Bu kritik bölge ile ilgili bilgilerin hızla yokolduğu gerçeği, çevresi yazlık siteler ile çevrilmiş olan Menekşe Çatağı'nda kazı ve araştırma yapılmasının zorunluluğunu ortaya koymuştur.

Araştırmış olduğumuz Menekşe Çatağı Tekirdağ il merkezinin 10 km doğusunda, İstanbul yolu ile marmara denizi arasında kalan ve menekşe deresi tarafından ikiye bölünmüş, çift yükselteli bir höyüktür. Yerleşmenin kuzeyi kara yolu güneyi de denizle sınırlanmıştır (Şekil 1).

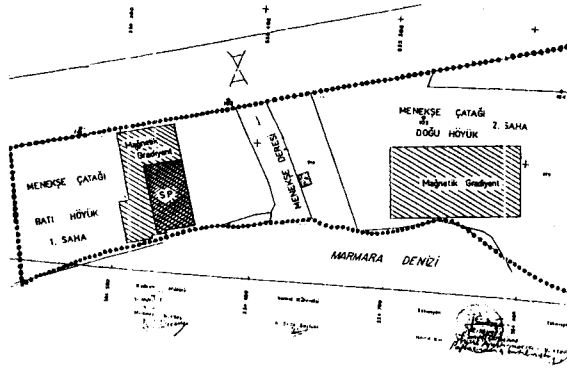
* I.Ü. Müh. Fakültesi Jeofizik Müh. Böl. Avcılar, İst.

** B.U. Kandilli Rasathanesi ve Dep. Araş. Enst. Çengelköy, İst

*** I.Ü. Edebiyat Fak. Prehistorya Anabilim Dalı. Laleli, İst

Yalıyar şeklindeki kıyının zamanla aşınarak höyüğün bir kısmını tahrip ettiği anlaşılmaktadır. Çalışma alanı yüzey buluntuları sonuçlarına göre Helenistik, İlk Tunç Çağı ve Orta Kalkolitik dönemlerine ait tabakaları içermektedir.

Alanda bulunan yapıların magnetik yöntemle anomali verebilecek duvar, fırın gibi mimari kalıntıları ve pişmiş kaplar, kiremit parçaları gibi malzemeler olabileceğinden hareketle gradiometre ve test amaçlı SP ölçümleri yapılmıştır.



Şekil 1: Çalışma alanının planı.

Figure 1: Plan view of the studied area.

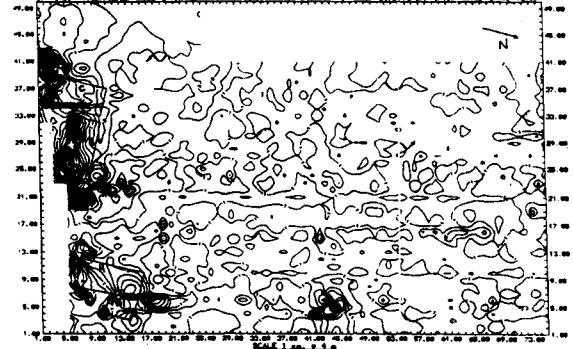
MAGNETİK GRADİYENT VE SP ÖLÇÜLERİ

Yapılan çalışmada yermagnetik alanın toplam bileşeninin gradiyenti, duyarlılığı 0.1 nT olan Eda Omni 4 gradiometre aleti ile ölçülmüştür.

Gradyent anomalilerinin yermagnetik alanının bölgesel dağılımı yanısıra, yermagnetik alanının zamana bağlı değişimlerinden de etkilenmediği göz önüne alınır, özellikle, yüzeye yakın kütlelerin oluşturacağı magnetik alan anomalileri daha duyarlı bir şekilde belirlenebilir.

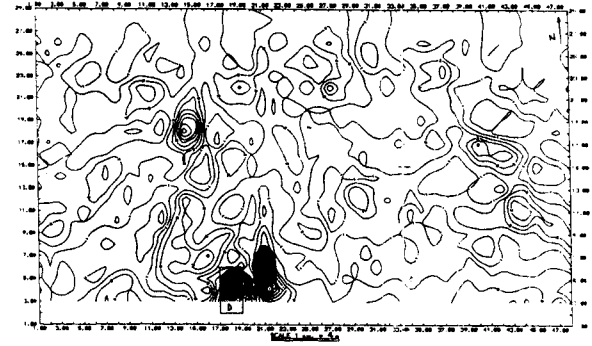
Daha önce de belirtildiği gibi, menekşe deresi ile ikiye bölünmüş olan höyük alanının dere batısında yer alan bölge (1. Saha 75m x 50m) 1 m ve doğusunda yer alan bölge (2. Saha 48m x 26m) ise 2 m lik ölçü aralığı ile ölçülmüştür. Her iki bölgeden (1. ve 2. Sahalar) 4062 ölçü sonucu elde edilen magnetik gradiyent anomali haritaları, sırasıyla, Şekil 2 ve 3'de verilmiştir.

Self potansiyel (SP) ölçümleri kurşun klorürlü elektrodlarla ve sadece 1. Saha üzerinde 2 m profil aralığında 1 m de bir potansiyel ölçü tekniği kullanılarak alınmış ve elde edilen harita Şekil 4 de verilmiştir. Her iki harita birlikte incelendiğinde, haritaların sol kenarında izlenen anomalilerin birbirleri ile uyumlu olduğu açıkça görülebilmektedir.



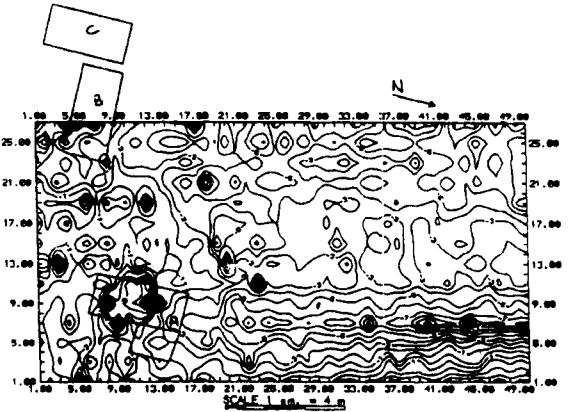
Şekil 2: 1. Sahanın manyetik gradiyent haritası. Kontur aralığı 1 nT'dir.

Figure 2: Magnetic gradient map of the 1 region. Contour intervals are 1 nT.



Şekil 3: 2. Sahanın manyetik gradiyent haritası. Kontur aralıkları 0.5 nT'dir.

Figure 3: Magnetic gradient map of the 2 region. Contour intervals are 0.5 nT.



Şekil 4: 1. Sahanın self potansiyel alan haritası. Kontur aralıkları 1 mV'dir.

Figure 4: Self potential field map of the 1. region. Contour intervals are 1 mV.

DAYK VE PRİZMA MODELİNİN TOPLAM ALAN ANOMALİSİ VE YÖNTEM

Düzgün mıknatıslanmış sonlu veya sonsuz derinlikte uzanan dalımlı bir daykın toplam mağnetik alan anomalisi,

$$T(X) = 2kTh^2 \sin(\beta) \{ \sin(2I - \beta) \Delta\phi - \cos(2I - \beta) \ln \Delta R \} + T_0 \quad (1)$$

şeklinde verilmektedir (Gay 1967). Sözü edilen dayk anomalisinin hesaplanmasında geçen büyüklükler ve şekli sırasıyla, Çizelge 1 ve Şekil 5 de verilmiştir. Prizma modelinden kaynaklanan mağnetik anomali, ölçü düzlemi altında üst derinlikleri d ve D olan sonsuz iki daykın anomalisinden hesaplanabilir. Prizma modelinin model parametreleri 1 nolu denklemin d , X_0 , b , D , T_0 , kT göre kısmi türevlerin alınmasıyla bulunabilir (Marobhe 1990).

Çizelge 1: Dayk anomalilerinin hesabında kullanılan simgeler.

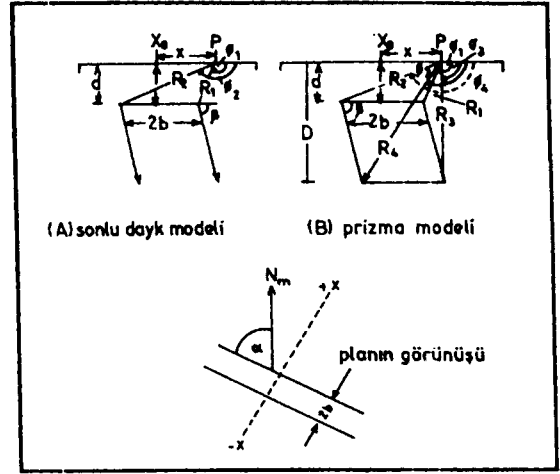
Table 1: Symbol for Dyke Anomalies.

I	= Arctan(tani/sin α)
i	= Yermagnetik alanının inklinasyonu
α	= Cismin saatin tersi yönünde kuzeyle yaptığı açı
β	= Daykın eğimi
T	= Yermagnetik alan şiddeti
x_0	= Yüzeyde, Prizma veya daykın merkezi
b	= Yarı değer genişliği
d	= Modelin üst derinliği
T_0	= Datum seviyesi
k	= Süseptibilite kontrastı
h^2	= $1 - \cos^2\alpha \cos^2i$
$\Delta\phi$	= $\phi_1 - \phi_2$
ΔR	= $R1/R2$
ϕ_1	= Arctan(($x-b$)/ d)
ϕ_2	= Arctan(($x+b$)/ d)
$R1$	= $(d^2 + (x-b)^2)^{1/2}$
$R2$	= $(d^2 + (x+b)^2)^{1/2}$

Ters çözüm tekniğinin amacı, bilindiği gibi, gözlemsel değerlerden yararlanarak yeraltı yapısını modellemektir. Bu tür problemin çözümü için gerekli olan doğrusal denklem sistemi

$$G = AP \quad (2)$$

şeklinde verilir. Burada g gözlem değerlerini, A model parametrelerinin kısmi türevlerini oluşturan jacobian matrisini ve P ise model parametrelerini göstermektedir. (2) nolu denklemin sönümlü en küçük kareler çözümü,



Şekil 5: Model geometrisi. N_m manyetik kuzey ve manyetik kuzeyle saat yönünün tersi arasındaki açıdır.

Figure 5: Geometry of models. N_m is magnetic north and is strike angle measured anticlockwise from magnetic north.

$$\Delta P = (A^T A)^{-1} A \Delta G \quad (3)$$

şeklinde verilir (Lines ve Treitel 1984). Burada ΔG gözlenen ve hesaplanan değerler arasındaki farkı göstermektedir. (3) nolu denklemden A matrisini tekil değerlere ayırarak sönümlü en küçük kareler çözümü,

$$\Delta P = V \text{diag} \left(\frac{S}{s^2 + \beta} \right) U^T \Delta G \quad (4)$$

şeklinde yazılabilir (Lines ve Treitel 1984). Burada V $n \times p$ boyutundaki veri eigen vektörlerini, U $n \times p$ boyutunda parametre eigen vektörlerini ve S $p \times p$ boyutunda eigen değerlerini göstermektedir.

SONUÇLAR VE YORUMU

1. Sahaya ait mağnetik gradiyent anomali haritasına 0.25 devir/metre kesme frekanslı alçak geçişli filtrenin uygulanması sonunda elde edilen harita şekil 6 da görülmektedir. Şekilden de görüleceği gibi, Şekil 2'de haritanın sol civarında görülen anomaliler Şekil 6'da daha belirginleşmişlerdir. Bu anomaliler üzerinde alınan 1, 2 ve 3 nolu profillerin modellenmesi sonrası hesaplanan anomaliler gözlenen anomalilerle birlikte, sırasıyla, şekil 7 a, b, c de verilmiştir. 1 nolu profilin modellenmesi sonunda bu anomalinin üst ve alt derinlikleri sırasıyla, 1.40m ve 3.30m, dalımı 116° ve genişliği de 3.23m olan 5.226 nT mıknatıslanma şiddetine sahip bir prizmatik kütle tarafından oluşturulduğu sonucuna varılmıştır. Şekil 6'da yapılan kazı bölgeleri (A, B, C) görülmektedir. "A" kazı bölgesi bizim 1 nolu profilimizin alındığı bölgeyi içermektedir.



Şekil 6: 0.25 devir/m kesme frekanslı alçak geçişli filtre haritası.
Figure 6: The map of the low pass filter with 0.25 cycle/m cutting frequency.

"A" açmasının kuzeybatısında yaklaşık 1m derinlikte Troya 2 tabakasına ait yıkılmış kerpiç yapıların molozları üzerinde çatısı büyük kiremitlerle örtülmüş helenistik döneme tarihlenen bir yapı bulunmuştur. Ayrıca, yapı içinde taban düzleminde çöken çatı kiremitlerinin kırılmış olduğu çok sayıda çanak, öğütme taşı parçaları ve saçılmış çiviler bulunmuştur. Aynı açmanın güneybatı çeyreğinde ise yine Troya 1 ve 2 tabakasının kerpiç molozu biçimindeki duvar yapısı izlenmeye çalışılmıştır. Açmanın güneybatı köşesinden kuzeye doğru batı duvarı boyunca 1.15m uzunluğunda bozulmuş sert tabanın altında yer yer çanak parçaları yerleştirilmiş ve ağzı ve kuzey yönüne dönük olan fırın bulunmuştur (Özdoğan ve Özdoğan 1994). Şekil 6'da "A" açmasının güney-güneybatı kesiminde görülen kuzeye doğru "U" şeklindeki anomalisinin söz konusu fırına karşı geldiği görülmektedir.

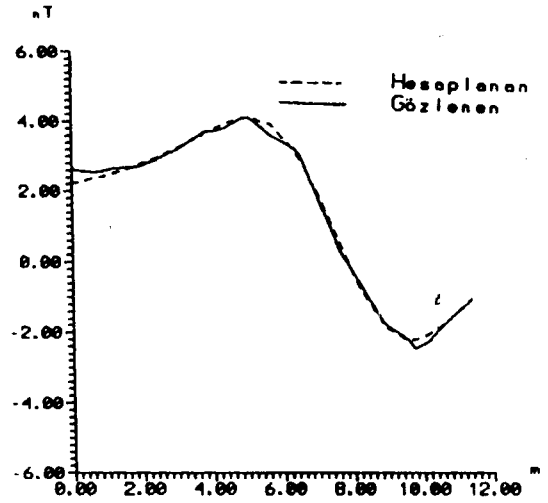
2 nolu profilin modellenmesi sonucunda anomaliye neden olan cismin 2m genişliğe, 0.50m ve 1.20m üst ve alt derinliğe 164° eğime ve 18.96 nT mıknatıslanma şiddetine sahip olduğu saptanmıştır. Mıknatıslanma şiddetinin yüksek oluşu burada çivi v.b. gibi malzemelerin yoğun olarak bulunabileceğini göstermektedir. 2 nolu profile yakın yapılan B açması içinde yaklaşık 0.9 m derinliğinde büyük küplerin ve çok sayıda demir çivinin bulunmuş olması bunu kanıtlamaktadır. Bu açmada da "A" açmasında bulunan yapının benzereyi yıkılmış bir yapı ve altında da yine yanmış bir yapı bulunmuştur.

3 nolu profilin modellenmesi sonunda anomaliye neden olan cismin 2.5m genişliğinde, 0.5m ve 1.68m alt ve üst derinliğinde 153° eğimli ve 1.92nT mıknatıslanma şiddetinde sahip olan bu cismin küp veya küp parçaları olabileceği sanılmaktadır.

"C" bölgesindeki anomali değerlendirilmemiş, ancak burada yapılan kazı sonucunda 0.80m kalınlığındaki kültür toprağı içinde bol miktarda kiremit ve küp parçaları ile açmanın güneybatı köşesinde yuvarlak yassı taşlarından oluşan 0.75m çapında bir taban ve bu tabanın çevresinde küçük çakıl taşlarının serilmiş olduğu bir düzlem üzerinde çanak çömlek parçaları bulunmuştur (Özdoğan ve Özdoğan 1994). Çakıl taşlı düzlem kuzeye doğru düzensiz olarak 1x2 m lik bir

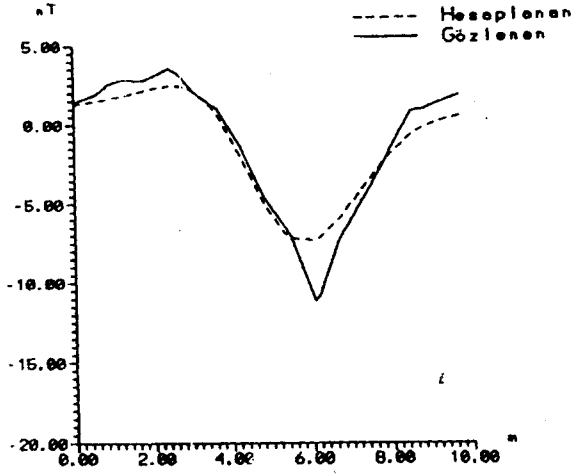
alana yayılmıştır. Burada izlenen anomalisinin dairesel bir görünüm vermesi yanında kuzeye doğru genişlemesi sözkonusu yapı ile büyük uygunluk göstermektedir.

2. Sahada görülen magnetik ölçülerin 2m de bir alındığı daha önce de ifade edilmişti. Bu ölçüler anomalilerin olası yerlerini belirlemek amacıyla yapıldığından bu aşamada değerlendirmeye alınmamıştır. Ancak yapılan ön kazı çalışmalarında "D" açmasında çok sayıda helenistik çukur ve içlerinde kırık amforalar bulunmuştur. Çukurların arasında kalan tarih öncesi dolgu duvar yoğun kerpiç döküntüsü ve yer yer tam planı anlaşılmayan duvar izlerine rastlanmıştır. Bu bölgede dikkati çeken anomalileri değerlendirebilmek için önümüzdeki yıl aralıklarla sık ölçü alınarak anomalilerin yorumu yapılacaktır.



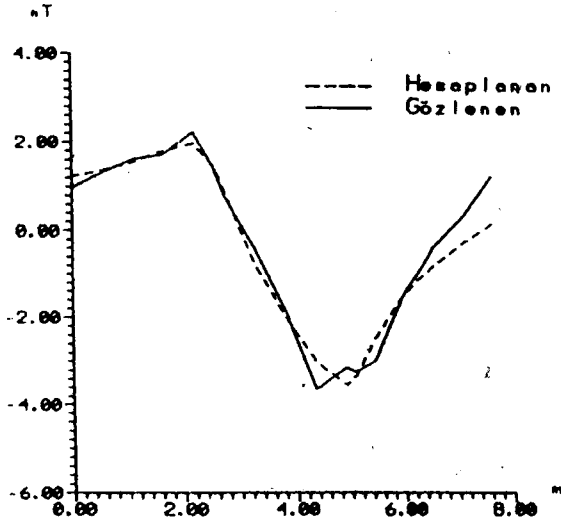
Şekil 7-a: 1 no' lu profilin ölçülen ve hesaplanan anomali eğrileri.
Model parametreleri: genişlik 3.23 m, üst derinlik 1.40 m, alt derinlik 3.30 m, delim 116, mıknatıslanma şiddeti 5.226 nT ve merkez 7.537 m dir.

Figure 7-a: Observed and calculated anomaly curves of the 1st profile. Model parameters: width 3.23 m, depth of top 1.40 m, depth of bottom 3.30 m, dip 116, intensity 5.226 nT, center 7.537 m.



Şekil 7-b: 2 no' lu profilin ölçülen ve hesaplanan anomali eğrileri Model parametreleri: genişlik 2 m, üst derinlik 0.5, alt derinlik 1.20 m, dalım 164, mıknatıslanma şiddeti 18.96 nT ve merkez 4.410 m' dir.

Figure 7-b: Observed and calculated anomaly curves of the 2nd profile. Model parameters: width 2 m, depth of top 0.5 m, depth of bottom 1.20 m, dip 164, intensity 18.96 nT, center 4.410 m.



Şekil 7-c: 3 no' lu profilin ölçülen ve hesaplanan anomali eğrileri Model parametreleri: genişlik 2.5 m, üst derinlik 0.5 m, alt derinlik 1.68 m, dalım 153, mıknatıslanma şiddeti 1.92 nT ve merkez 3.763 m' dir.

Figure 7-c: Observed and calculated anomaly curves of the 3rd profile. Model parameters; width 2.5 m, depth of top 0.5 m, depth of bottom 1.68 m, dip 153, intensity 1.92 nT, center 3.763 m.

KATKI BELİRLEME

Çalışmanın yazarları; projeyi destekleyen İ.Ü. Araştırma Fonu Yürütücü Sekreterliğine, Tekirdağ Müzesi Müdürü sayın Mehmet Akif Işık'a, alet desteklerinden dolayı B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Müdürü sayın Prof. Dr. Ahmet Mete Işıkara'ya ve Transenergy-Geophysics firmasından Jeofizik Mühendisi Aytaç Gülay'a çalışma süresince ilgi ve desteği nedeniyle teşekkür eder.

KAYNAKLAR

- Aitken, M.J. 1974, *Physics and Archaeology*, Oxford Univ. Press.
- Başokur, A.T. 1991, Üç gerilim görünür öz direnç yöntemi ile tümülüs araştırmaları, Türkiye 12. jeofizik Kurultayı Bildiri özetleri, Ankara.
- Becker, H. ve Jansen, H.G. 1994, Magnetik prospektion of Troia (NW-Turkey), Abstracts of 29 th. the International Symposium on Archaeometry, Ankara.
- Drahor, M. 1991, Halicarnassos'da arkeojeofizik çalışmalar, Türkiye 12. Jeofizik Kurultayı Bildiri Özetleri, Ankara.
- Gay, P.S. 1967, curves for interpretation of magnetic anomalies caused by two dimensional structures, *Mining Geophysics*, 2, Soc. Expl. Geophysics, 512-548.
- Gürbüz, C. Uyar O., Tuncer K., Ponat E., Çağlayan, B., 1994, A report on the results of geophysical measurements on taken Üç Tepeler Tümülüs in Izmit.
- Heese, A. 1991, Daiça yarımadası, reşadiye ve Hisarönü seramik atölyelerinde jeofizik araştırmalar ile keşfedilen fırınlar ve diğer arkeolojik yapılar, VII. Arkeometri sonuçları toplantısı, Çanakkale.
- Linees, L.R. ve Treitel, S. 1984, a review of least squares inversion and its application to geophysical problems, *Geophysical Prospecting*, 32, 159-189.
- Marobhic, I.M. 1990, A versatile Turbo-Pascal program for optimization of magnetic anomalies caused by two-dimensional dike prism or slope models. *Computers&Geosciences*, 16, 341-365.
- Özdoğan M. ve Özdoğan A. 1994 yılı Menekşe Çatağı kazısı yıl sonu bilimsel raporu (yayınlanmamış), İ.Ü. Araştırma Fonu Proje No: 597. İstanbul.
- Pınar, R. ve Akçığ, Z. 1991, Kösemtuğ Tümülüsünün jeofizik yöntemlerle araştırılması, Türkiye Kurultayı Bildiri Özetleri.
- Weymou'h J.W., 1986. *Archaeological site surveying program at the University of Nebraska*, *Geophysics*, 51, 538-552.