

JEOFİZİK

CİLT 12, SAYI 1-2 / MART-EYLÜL 1998 VOL. 12, NO. 1-2 MARCH-SEPTEMBER 1998

Yanal Süreksizliklerin Araştırılmasında
İki Elektrot ve Yarım Schlumberger
Elektrot Dizilimlerinin Kullanılması
Mustafa AKGÜN

Prizmatik Yapıların
Manyetik Ters Çözümü ve
Marmara Denizi Verilerinin
Yorumu
Erdeniz ÖZEL ve Coşkun SARI

10 x 10 Metrelik Birim Kazı Peteğinde,
Jeofiziğin Arkeolojik Kazıya Klavuzluğu:
Hitit İmparatorluğu Dönemi,
Külhöyük, Ankara
Ahmet ERCAN ve İlhan TEMİZSÖZ

Doğu Roma (Bizans)
Büyük İmparatorluk Sarayının
Jeofizik Yöntemlerle Aranması
Ahmet ERCAN ve Özer KENAR

An Investigation of Lateral Discontinuities
By Using Two Electrode and
Half Schlumberger Arrays
Mustafa AKGÜN

Inversion of the Magnetic Anomalies
of Prismatic Bodies
and Interpretation of
Marmara Sea Data
Erdeniz ÖZEL and Coşkun SARI

Guidance of the Geophysics to Archaeological
Excavation in a 10 m x 10 m Square Unit:
Hittite Empire Period,
Külhöyük, Ankara
Ahmet ERCAN and İlhan TEMİZSÖZ

Archaeogeophysical Prospectings
for Great Empire Palace of
Eastern Roman (Byzantine) Empire
Ahmet ERCAN and Özer KENAR



TMMOB JEOFİZİK MÜHENDİSLERİ ODASI
THE CHAMBER OF GEOPHYSICAL ENGINEERS OF TÜRKİYE

İYİ
bir
internet
servis sağlayıcı
değiliz!

EN
İYİSİYİZ

Tecrübe
Güven ve
Hızla
tanışmak için
bizi
ARAYINIZ !



ODTÜ Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı 06531 ANKARA

Tel: 0 312 2101048 Fax: 0 312 2101049

<http://www.tr-net.net.tr>

e-mail : sales@tr-net.net.tr

TR-net, ODTÜ Geliştirme Vakfı kuruluşu olan "Orta Doğu Yazılım Hizmetleri A.Ş." nin Internet servisi



JEOFİZİK

TMMOB JEOFİZİK MÜHENDİSLERİ ODASI SÜRELİ YAYINI
JOURNAL OF THE CHAMBER OF GEOPHYSICAL ENGINEERS OF TÜRKİYE

**TMMOB
JEOFİZİK MÜHENDİSLERİ
ODASI**

Adına Sahibi ve Sorumlu
Yazı İşleri Müdürü
Osman DEMİNAĞ

YÖNETİM KURULU

Executive Committee

Osman DEMİNAĞ
Mehmet ALTINTAŞ
Musa KAYNAK
M. Tankut KILINÇ
Kadircan AKTAŞ
Ahmet GÜLEK
Önder TEKELİ

EDİTÖRLER

Editors

İbrahim AYDIN
Günruh BAĞCI
M. Emin CANDANSAYAR

**TMMOB
JEOFİZİK MÜHENDİSLERİ
ODASI**

Mithatpaşa Cad. 45/15 P.K. 255
Kızılay - ANKARA - TÜRKİYE
Tel: (312) 435 13 79 Pbx
Fax: (312) 432 10 85
e-mail: jfmo@jeofizik.org.tr

DİZGİ VE BASKI

KOZAN OFSET
Matbaacılık San. ve Tic. Ltd. Şti.
Tel: (312) 384 20 04
Fax: (312) 341 28 60

**YILDA İKİ KEZ MART VE EYLÜL
AYLARINDA YAYIMLANIR**

Published Twice a Year
in March and September

ISSN 0259-1472

CİLT 12, SAYI 1-2 / MART - EYLÜL 1998
VOL. 12, NO. 1-2 MARCH - SEPTEMBER 1998

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

YANAL SÜREKSİZLİKLERİN ARAŞTIRILMASINDA İKİ ELEKTROT VE YARIM-SCHLUMBERGER ELEKTROT DİZİMLERİNİN KULLANILMASI	3
An Investigation of Lateral Discontinuities By Using Two Electrode and Half Schlumberger Arrays Mustafa AKGÜN	
PRİZMATİK YAPILARIN MANYETİK TERS ÇÖZÜMÜ VE MARMARA DENİZİ VERİLERİNİN YORUMU	21
Inversion of the Magnetic Anomalies of Prismatic Bodies and Interpretation of Marmara Sea Data Erdeniz ÖZEL ve Coşkun SARI	
10 x 10 METRELİK BİRİM KAZI PETEĞİNDE, JEOFİZİĞİN ARKEOLOJİK KAZIYA KILAVUZLUĞU : HİTİT İMPARATORLUĞU DÖNEMİ, KÜLHÖYÜK, ANKARA	35
Guidance of the Geophysics to Archaeological Excavation in a 10 m x 10 m Square Unit: Hittite Empire Period, Külhöyük, Ankara Ahmet ERCAN ve İlhan TEMİZSÖZ	
DOĞU ROMA (BİZANS) BÜYÜK İMPARATORLUK SARAYININ JEOFİZİK YÖNTEMLERLE ARANMASI	53
Archaeogeophysical Prospectings For Great Empire Palace Of Eastern Roman (Byzantine) Empire Ahmet ERCAN ve Özer KENAR	
YAYIM KOŞULLARI	74
ODA ÜYELERİ	76

YANAL SÜREKSİZLİKLERİN ARAŞTIRILMASINDA İKİ ELEKTROT VE YARIM-SCHLUMBERGER ELEKTROT DİZİMLERİNİN KULLANILMASI

An Investigation of Lateral Discontinuities By Using Two Electrode and Half Schlumberger Arrays

Mustafa AKGÜN*

ÖZET

Özdirenç yönteminde, yanal yönde süreksizlik oluşturan yapıların (düşey fay ve dayk vd) araştırılması genellikle iki elektrot veya yarım-Schlumberger elektrot dizimleri kullanılarak profil ölçüleri şeklinde yapılır. Verilerin yorumlanmasında ise kuramsal olarak elde edilmiş anomaliler ile arazi verileri karşılaştırılarak yapı parametrelerine ulaşılmaya çalışılır.

Bu tür uygulamalarda kuramsal çalışmalar genellikle görüntü kuramı temel alınarak yapılır. Bu çalışmada görüntü kuramı kullanılarak yapılan çalışmada, profil boyu, yapının yeri ve genişliği, elektrot açıklığı, kayma miktarı ve yansıma katsayısına bağlı olarak çok farklı biçimlerde anomaliler elde edilmiştir.

Bu çalışmada yukarıda tanımlanan parametrelerin görünür özdirenç değerleri ve anomali şekli üzerindeki etkileri ayrıntılı olarak araştırılmıştır. Yapılan kuramsal çalışmalar sonucunda profil boyu, elektrot açıklığı ve ölçü alma aralığındaki değişimlerin görünür özdirenç anomalilerinin biçimini değiştirdiği saptanmıştır. Özellikle arazi çalışmalarında olası en belirgin anomaliyi elde etmek için ölçü al-

ABSTRACT

In the resistivity method lateral discontinuity's (ie. vertical faults and dykes etc.) are usually investigated using the TWO ELECTRODE or HALF SCHLUMBERGER arrays along profiles. Parameters of the subsurface are obtained by comparing theoretical anomalies with observed data during the interpretation.

In such applications, theoretical studies usually based on the image theory. Different type anomalies, which depend on the length of the profile, location and width of the structure, electrode interval, sampling interval and reflection coefficients are obtained using image theory.

In this study, the effects of parameters described above on the apparent resistivity and anomaly forms are analysed in detail. Through the modelling studies, it was determined that profile length, electrode spacing and measurement interval affect the forms of apparent resistivity anomalies. In order to obtain the high-resolution anomaly, narrow measurement intervals should be preferred. In the

* DEÜ Müh. Fak. Jeofizik Müh. Bölümü, İzmir.

ma aralığı küçük seçilmelidir. Diğer bir deyişle, ölçü alma aralığı, elektrot açıklığının 1/3 den fazla olmamalıdır. Ayrıca, Ergili-Bandırma yöresinde bulunan ve geometrisi bilinen Kösemtuğ Tümülüsü üzerinde iki elektrot ve yarım-Schlumberger yöntemleri uygulanarak sonuçları karşılaştırıldığında; yarım-Schlumberger diziliminin yapı ayrımlılığında daha başarılı olduğu görülmüştür.

other word, measurements, interval should not be more than 1/3 of the electrode spacing. Also the two electrode and half Schlumberger methods were applied on the Kösemtuğ Tumulus in region of Ergili-Bandırma, where the geometry known, by the comparison of results the half Schlumberger array was seen to give better parameter resolutions.

GİRİŞ

Günümüzde öz direnç profil ölçümleri, yanal süreksizliklerin (Cheng 1980, Karous and Pemu 1985, Mundry 1984, Schulz and Tezcan 1988) ve özellikle arkeolojik alanlarda gömülü dayk ve benzeri yapıların araştırılmasında başarılı şekilde kullanılmaktadır (Pınar ve Akçığ 1992, Candansayar, E., 1997).

Ülkemizde bu tür yapıların araştırılmasında yaygın olarak iki elektrot veya yarım-Schlumberger dizilim sistemleri profil bazında uygulanmaktadır (Pınar ve Akçığ 1992). Elde edilen görünür öz direnç verilerinin yorumlanmasında, görüntü kuramına bağlı olarak oluşan öz direnç anomalilerinin biçimlerinden yararlanılmaktadır. Görüntü kuramı, çeşitli yayınlarda, düşey fay ve dayk yapıları için genel olarak tanıtılmış, genel bağıntıları ve verilmiş ancak değişik dizilim türleri için kuramsal ayrıntı ve öz direnç anomali biçimini etkileyen parametrelerin (yapının yeri ve genişliği, dizilim türü, elektrot aralığı, profil boyu ve ölçü aralığı vd) dizilim türlerine göre ayrıntılı incelenmesi verilmemiştir (Telford ve diğ., 1987, Keller ve Frischknecht, 1970 ve Zhdanov ve Keller, 1994).

Bu çalışmada, Telford ve diğ. (1987) ile Keller ve Frischknecht (1970) tarafından verilen bağıntılar yorumlanarak uygulamada kullanılabilecek; çeşitli dizilim sistemlerindeki anomali biçimleri ve parametre seçim kriterleri belirlenmiştir. Belirleme için önce dayk biçimli yapılar için görüntü kuramı kullanılarak iki elektrot ve yarım-Schlumberger dizilim sistemlerine göre görünür öz direnç bağıntıları oluşturulmuştur. Daha sonra bu denklemler ayrıntılı bir şekilde incelenerek görünür öz direnç değerlerini hangi parametrelerin; diğer bir deyiş-

le L (profil boyu), b (yapı genişliği), a (elektrot açıklığı), dx (ölçü noktaları arasındaki uzaklık) ve k (ortamın öz direnç farklılığına bağlı sabit) değerlerinin nasıl etkilediği ve bu parametrelere bağlı olarak hangi koşulların oluşabileceği araştırılmıştır. Daha sonra daykın genişliği profil boyuna göre çok büyük alınarak aynı irdelemeler fay türü yapılar için yapılmıştır. Böylece arazi çalışmaları farklı dizilim ve parametrelerin kullanılmasıyla elde edilebilecek görünür öz direnç anomalileri ve verilmiştir. Daha sonra bu dizilimler ile arazi ölçüleri de alınarak elde edilen sonuçlar kuramsal çalışmalarla birlikte ayrıntılı olarak tartışılmıştır. Ayrıca Bandırma-Kösemtuğ tümülüsü üzerinde iki elektrot ve yarım-Schlumberger dizilimlerinin birbirine göre sınamaları yapılarak yapı parametrelerindeki ayrımlılıkları karşılaştırılmıştır.

KURAM

Görünür öz direnç bağıntıları

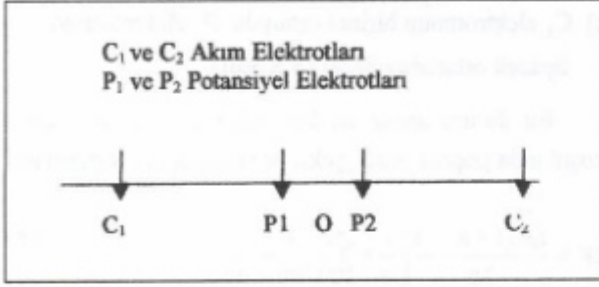
Arazi çalışmalarında herhangi bir dizilim sistemine göre görünür öz direnç değerleri

$$\rho_a = \frac{2\pi\Delta V}{I} \frac{1}{\left\{ \left(\frac{1}{a_1} - \frac{1}{a_2} \right) - \left(\frac{1}{a_3} - \frac{1}{a_4} \right) \right\}} \quad (1)$$

bağıntısı yardımıyla hesaplanır (Şekil 1). İki elektrot dizilim sisteminde C2 ve P2 elektrotları profil yönüne dik olacak şekilde

$$a_1=a \text{ ve } a_2=a_3=a_4=\infty$$

koşullarına göre yerleştirilir. Ölçü alınırken C₁ ve P₁ elektrotları profil yönünde a aralığı sabit tutularak "dx" aralıklarla kaydırılır. Her ölçü noktasında görünür öz direnç değeri



Şekil 1. Ortak kullanım için elektrot dizilimi.
Figure 1. Electrode array in common use.

$$\rho_a = \frac{2\pi a \Delta V}{I} \quad (2)$$

dır. P_1 noktası ölçü noktası kabul edilerek çizimler yapılır. Benzer şekilde yarım-Schlumberger dizilim sisteminde C_2 akım elektrotu profil yönüne dik olarak uzak bir noktaya yerleştirilir. P_1 - P_2 aralığı a uzaklığına göre çok küçük seçildiğinde görünür öz direnç değerleri için

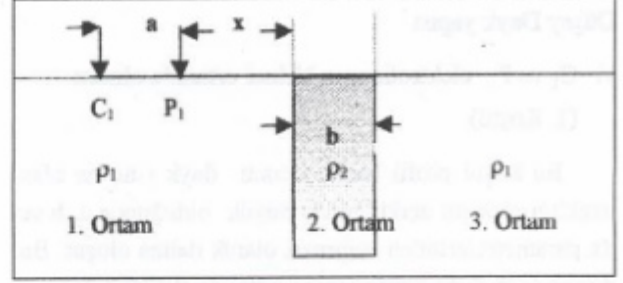
$$\rho_a = \frac{2\pi a^2}{I} \left(\frac{\partial V}{\partial a} \right) \quad (3)$$

bağıntısı verilir (Telford ve diğ., 1987). Ölçülen değer P_1 - P_2 nin orta noktasın atanarak çizimler yapılır. Kuramsal çalışmalarda; görüntü kuramına göre elde edilen ΔV ve $\partial V / \partial a$ değerleri (2) ve (3) bağıntılarında kullanılarak kuramsal görünür öz direnç değerleri elde edilir.

Görüntü Kuramı

Profil ölçümleri, yanal süreksizlik oluşturan bir yapıyı (Şekil 2) araştırmak için herhangi bir dizilim kullanılarak yapıldığında, yanal süreksizlik sınırının etkisi ile oluşabilecek koşullar görüntü kuramıyla açıklanır.

Görüntü kuramına göre, C_1 akım kaynağının M sınırındaki yansıması nedeniyle dayk içinde C_1' görüntüsü oluşur. Benzer şekilde N sınırındaki yansıması nedeniyle de C_1'' görüntüsü oluşur. M ve N sınırlarından kaynaklanan bu yansımalar C_1 in görüntüleri olarak sonsuz bir seri şeklinde devam eder (Şekil 2). Bu durumda P_1 noktasında hesaplanacak potansiyel değerleri, C_1 ve P_1 elektrotlarının daykın sınırlarına olan ko-



Şekil 2. Düşey dayk sınırına göre akım elektrotunun görüntüleri.

Figure 2. Images of current electrodes according to vertical dike boundaries.

numlarına bağlı olarak hesaplanır. Bu sistem, dx aralıklarla bir profil boyunca kaydırıldığında C_1 ve P_1 elektrotlarının dayk sınırına göre konumlarına bağlı olarak oluşabilecek koşullara göre potansiyel değerleri (Telford ve diğ., 1987; Keller ve Frischknecht 1970; Zhdanov ve Keller (1994)'de verilen bağıntılar ortak kullanılarak aşağıda verilmiştir. Bağıntılarda ölçü noktası P_1 kabul edilerek görünür öz direnç anomali çizimleri yapılmıştır. Ayrıca bağıntıların tümünde

ρ_1 ve ρ_2 = Ortamların gerçek öz direnci

$$K_{12} = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1}$$

$$K_{21} = \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1 + \rho_2}$$

a = C_1 - P_1 arasındaki uzaklık

b = Dayk genişliği

x = P_1 (ölçü noktası) noktasının fay ve dayk sınırına olan uzaklığı

tanımlamaları geçerlidir. Aşağıda düşey dayk ve fay yapıları için koşullar iki elektrot ve yarım-Schlumberger elektrot dizilimleri için ayrıntılı olarak incelenmiştir. Yarım-Schlumberger elektrot diziliminde P_1 - P_2 uzaklığı çok küçük alınarak potansiyel elektrotu P_1 olarak kabul edilmiş ve böylece iki elektrot ve yarım-Schlumberger elektrot dizilimleri için koşullar ortak olarak irdelenmiştir.

Düşey Dayk yapısı

a) C_1 ve P_1 elektrotlarının birinci ortamda olması

(1. Koşul)

Bu koşul profil başlangıcının dayk sınırına olan uzaklığı elektrot açıklığından büyük olduğunda a , b ve dx parametrelerinden bağımsız olarak daima oluşur. Bu durumda P_1 noktasında oluşan potansiyel (Şekil 3a).

$$\Delta V = \frac{\rho_1}{2\pi} \left\{ \frac{1}{a} + \frac{K_{12}}{2x+a} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(1-K_{21}^2)K_{21}^{(2n-1)}}{(2x+2nb+a)} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_{12}^{(1-K_{21})}K_{21}^{(2n-1)}}{(2nb-a)} \right\} \quad (4)$$

$$\frac{\partial V}{\partial a} = \frac{\rho_1}{2\pi} \left\{ \frac{1}{a^2} + \frac{K_{12}}{(2x+a)^2} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(1-K_{21}^2)K_{21}^{(2n-1)}}{(2x+2nb+a)^2} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_{12}^{(1-K_{21})}K_{21}^{(2n-1)}}{(2nb-a)^2} \right\} \quad (5)$$

verilir (Keller ve Frischknecht 1970).

b) C_1 elektrotunun birinci ortamda P_1 elektrotunun ikinci ortamda olması (2. Koşul)

Bu koşulun oluşabilmesi için daima $dx < a$ ve $a < b$ olması gerekir (Şekil 3b). Bu durumda ölçü noktası daykın içinde olup potansiyel bağlantıları

$$\Delta V = \frac{\rho_2(1-K_{12})}{2\pi} \left[\frac{1}{a} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_{21}^{(2n-1)}}{(2nb-2x+a)} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_{21}^{2n}}{(2nb+a)} \right] \quad (6)$$

$$\frac{\partial V}{\partial a} = \frac{\rho_2(1-K_{12})}{2\pi} \left[\frac{1}{a^2} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_{21}^{(2n-1)}}{(2nb-2x+a)^2} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_{21}^{2n}}{(2nb+a)^2} \right] \quad (7)$$

dır (Keller ve Frischknecht 1970).

c) C_1 elektrotunun birinci ortamda P_1 elektrotunun üçüncü ortamda olması (3. Koşul)

Bu durum ancak daykın çok ince olması ($a \gg b$) koşulunda geçerli olup (Şekil 3c) potansiyel bağlantıları

$$\Delta V = \frac{\rho_1(1-K_{12}^2)}{2\pi} \left[\frac{1}{a} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_{12}^{2n}}{(2nb+a)} \right] \quad (8)$$

$$\frac{\partial V}{\partial a} = \frac{\rho_1(1-K_{12}^2)}{2\pi} \left[\frac{1}{a^2} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_{12}^{2n}}{(2nb+a)^2} \right] \quad (9)$$

ile ifade edilir. (8) ve (9) bağlantılarına göre bu koşul oluştuğu sürece potansiyel değerleri x değerinden bağımsız olduğu için sabit değer alır (Şekil 3c).

d) C_1 ve P_1 elektrotlarının ikinci ortamda olması (4. Koşul)

Bu koşulun oluşabilmesi için $a < b$ ve $dx < a$ olması gerekir. Bu koşulda ölçü noktası ve akım elektrotlarının her ikisi de daykın içinde kalmaktadır. Oluşan potansiyel değerleri

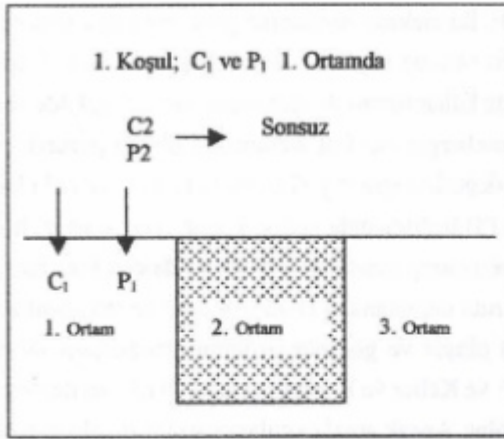
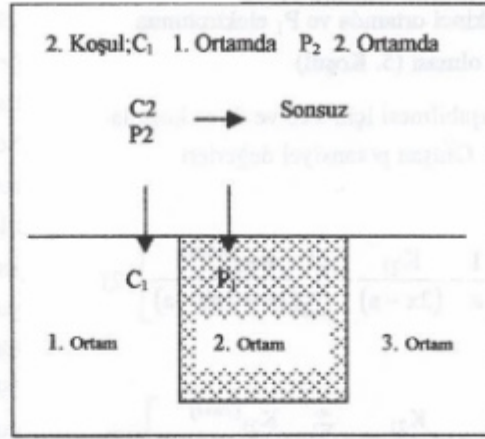
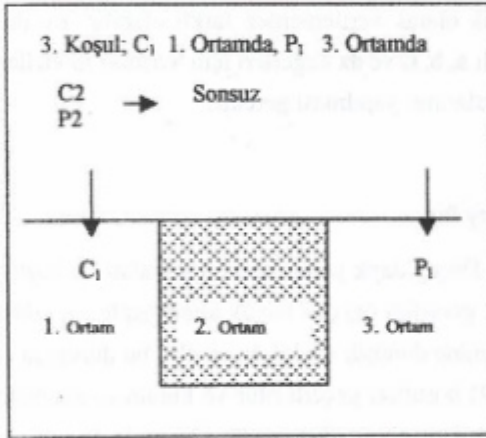
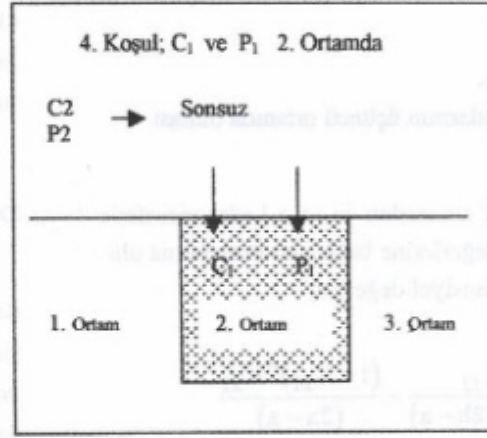
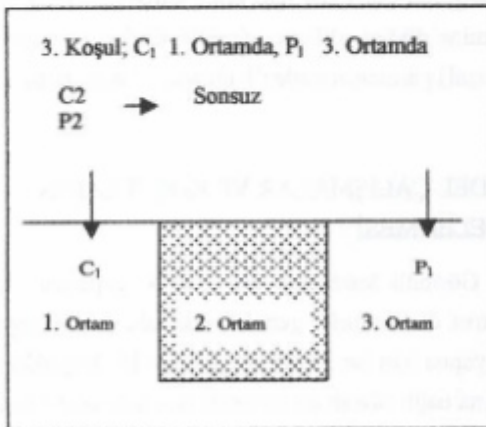
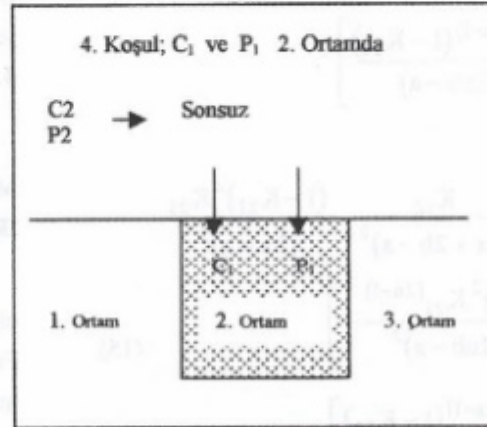
$$\Delta V = \frac{\rho_2 I}{2\pi} \left[\frac{1}{a} + \frac{K_{21}}{2x-a} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_{21}^{(2n-1)}}{(2nb-2x+a)} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_{21}^{2n}}{(2nb+a)} \right] \quad (10)$$

$$\left[- \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_{21}^{(2n+1)}}{(2nb+2x-a)} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_{21}^{2n}}{(2nb-a)} \right]$$

$$\frac{\partial V}{\partial a} = \frac{\rho_2 I}{2\pi} \left[\frac{1}{a^2} + \frac{K_{21}}{(2x-a)^2} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_{21}^{(2n-1)}}{(2nb-2x+a)^2} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_{21}^{2n}}{(2nb+a)^2} \right] \quad (11)$$

$$\left[- \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_{21}^{(2n+1)}}{(2nb+2x-a)^2} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_{21}^{2n}}{(2nb-a)^2} \right]$$

bağlantıları ile tanımlanır (Keller ve Frischknecht 1970).

Şekil 3a. C_1 ve P_1 birinci ortamda.Figure 3a. C_1 and P_1 are in the medium (1).Şekil 3b. C_1 birinci, P_1 ikinci ortamda.Figure 3b. C_1 is in the medium (1), P_1 is in the medium (2).Şekil 3c. C_1 birinci, P_1 üçüncü ortamda.Figure 3c. C_1 is in the medium (1), P_1 is in the medium (3).Şekil 3d. C_1 ve P_1 ikinci ortamda.Figure 3d. C_1 and P_1 are in the medium (2).Şekil 3e. C_1 ikinci, P_1 üçüncü ortamda.Figure 3e. C_1 is in the medium (2), P_1 is in the medium (3).Şekil 3f. C_1 ve P_1 üçüncü ortamda.Figure 3f. C_1 and P_1 are in the medium (3).

e) C_1 elektrotunun ikinci ortamda ve P_1 elektrotunun üçüncü ortamda olması (5. Koşul)

Bu koşulun oluşabilmesi için $a < b$ ve $dx < a$ koşullarının olması gerekir. Oluşan potansiyel değerleri

$$\Delta V = \frac{\rho_2 l (1 - K_{21})}{2\pi} \left[\frac{1}{a} - \frac{K_{21}}{(2x - a)} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_{21}^{(2n+1)}}{(2x + 2nb - a)} \right] \quad (12)$$

$$\frac{\partial V}{\partial a} = \frac{\rho_2 l (1 - K_{21})}{2\pi} \left[\frac{1}{a^2} - \frac{K_{21}}{(2x - a)^2} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_{21}^{(2n+1)}}{(2x + 2nb - a)^2} \right] \quad (13)$$

bağıntılarından hesaplanır (Keller ve Frischknecht 1970).

f) C_1 ve P_1 elektrotlarının üçüncü ortamda olması (6. Koşul)

Bu koşul dayk sınırından en az a kadar mesafede başlayıp a , b ve x değerlerine bağlı olmadan daima oluşur. Bu koşulda potansiyel değerleri

$$V = \frac{\rho_1 l}{2\pi} \left[\frac{1}{a} - \frac{K_{12}}{(2x + 2b - a)} - \frac{(1 - K_{21})^2 K_{21}}{(2x - a)} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(1 - K_{21})^2 K_{21}^{(2n+1)}}{(2x + 2nb - a)} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_{12} K_{21}^{(2n-1)} (1 - K_{21})}{(4x + 2nb - a)} \right] \quad (14)$$

$$\frac{\partial V}{\partial a} = \frac{\rho_1 l}{2\pi} \left[\frac{1}{a^2} - \frac{K_{12}}{(2x + 2b - a)^2} - \frac{(1 - K_{21})^2 K_{21}}{(2x - a)^2} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(1 - K_{21})^2 K_{21}^{(2n+1)}}{(2x + 2nb - a)^2} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_{12} K_{21}^{(2n-1)} (1 - K_{21})}{(4x + 2nb - a)^2} \right] \quad (15)$$

bağıntılarından hesaplanır (Keller ve Frischknecht

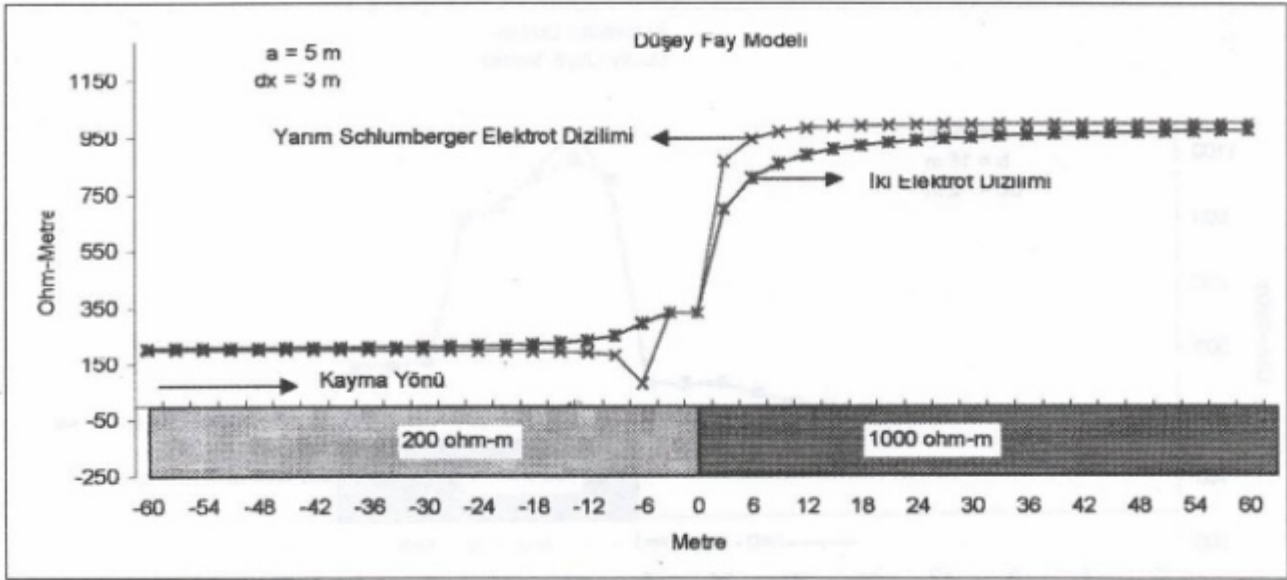
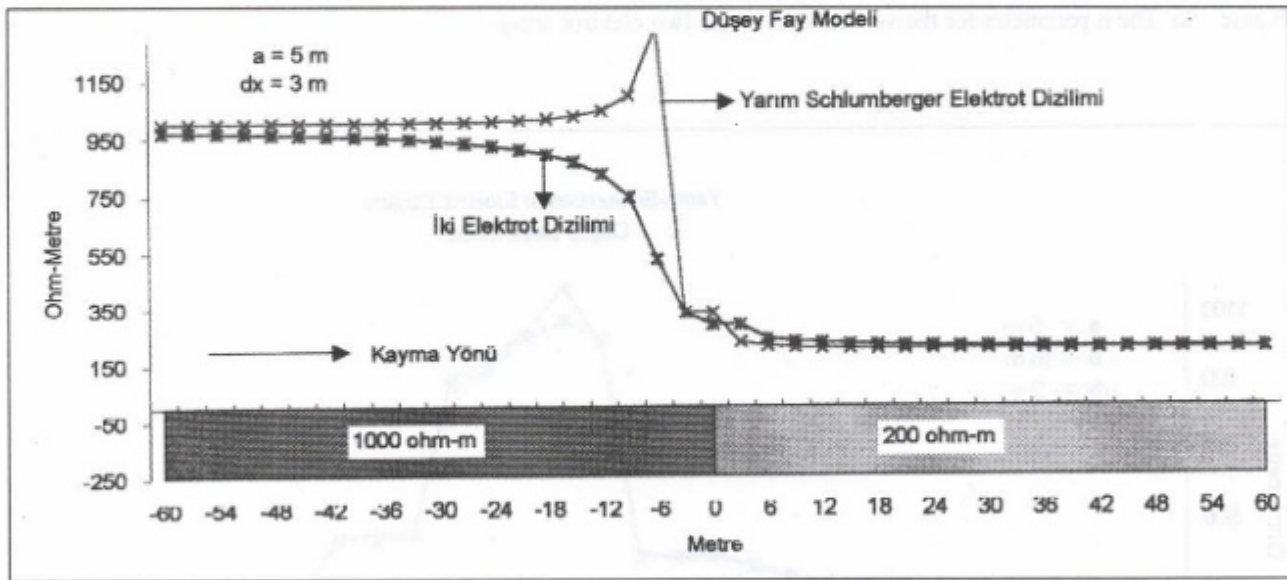
1970). İki elektrot dizilimine göre görünür öz direnç değerleri (4), (6), (8), (10) ve (12) bağıntılarının (2) bağıntısında kullanılması ile elde edilir. Benzer şekilde yarı-Schlumberger elektrot diziliminde oluşan görünür öz direnç değerleri için (5), (7), (9), (11), (13) ve (15) bağıntıları (3) bağıntısında yerine konur. Yarı sonsuz, homojen ve izotrop ortamlarda $a \ll b$ ve $dx \ll a$ koşulları için yukarıda tanımlanan (1), (2), (4), (5) ve (6) koşullarının tümü oluşur ve görünür öz direnç anomalileri (Sheriff, 1987 ve Keller ve Frischknecht 1970) de verilenlere uygun olur. Ancak arazi uygulamalarında özellikle b değeri bilinmediği ve ayrıca ortam yarı sonsuz homojen ve izotrop olmadığından görüntü kuramı koşullarının bir kısmı oluşmaz ve görünür öz direnç anomali biçimleri de klasik olarak verilenlerden farklı olabilir. Bu durumda farklı a , b , L ve dx değerleri için ayrıntılı modelleme çalışmalarının yapılması gerekir.

Düşey fay

Düşey dayk yapısı için oluşturulan bu bağıntılarda dayk genişliği (b) çok büyük alındığında yapı düşey fay sistemine dönüşür (Şekil 4a ve 4b), bu durumda (1), (2) ve (4) koşulları geçerli olur ve kuramsal anomaliler bu bağıntılara göre oluşturulur. Özellikle fay düzleminin yerinin saptanmasında 2. koşul (akım elektrotu 1. ortamda potansiyel elektrotu 2 ortamda) önem kazanmaktadır. Bu koşulun oluşması için arazi çalışmalarında " $dx < a$ " seçimine dikkat edilmesi gerekir. Diğer iki koşul (1. ve 4. koşul) parametrelerden bağımsız olarak daima oluşur.

MODEL ÇALIŞMALAR VE KOŞULLARIN İRDELENMESİ

Görüntü kuramına göre, dayk yapısında her iki elektrot diziliminde, genel olarak altı koşul geçerlidir. Fay yapısı için ise 3 koşul geçerlidir. Bu koşulların oluşmasına bağlı olarak da anomali biçimini profil boyu (L), yansıma katsayısı (k), n parametresi, elektrot aralığı (a), dayk genişliği (b) ve kayma miktarı (dx) etkilemektedir. Bu parametreler aşağıda dayk ve fay yapıları için ayrı ayrı incelenmiştir.

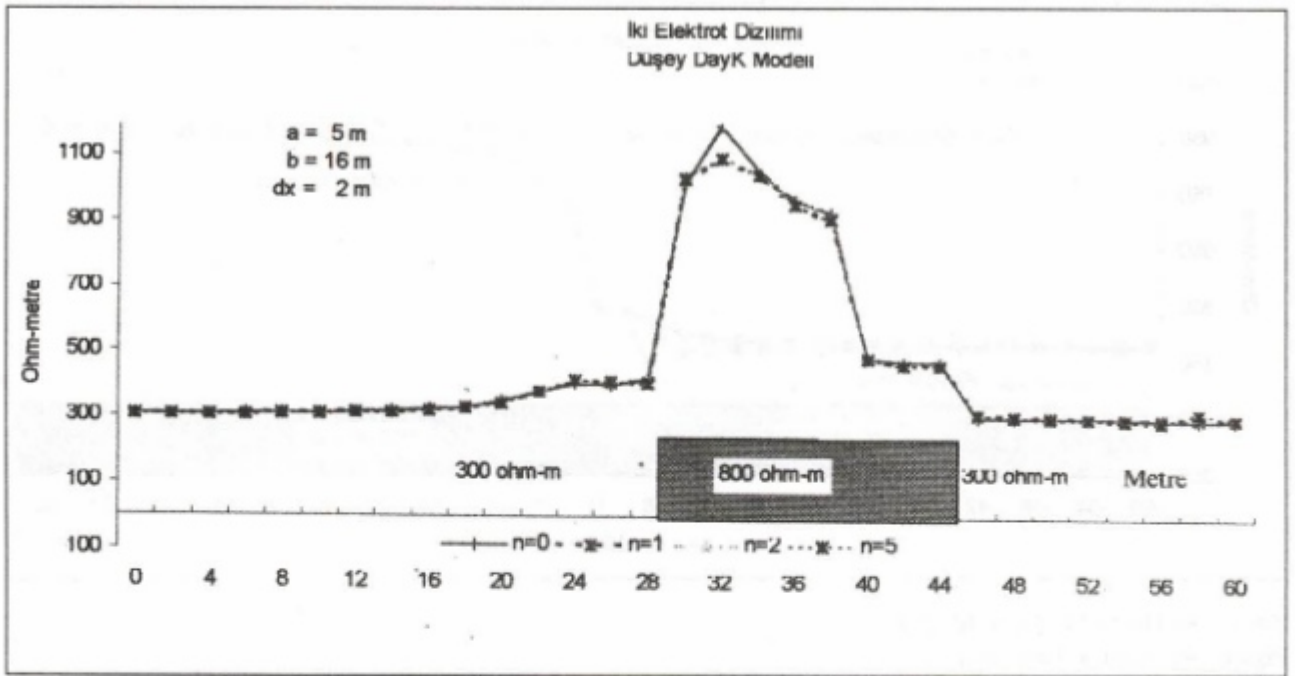
Şekil 4a. Düşey fay yapısı ($\rho_1 > \rho_2$).Figure 4a. Vertical fault ($\rho_1 > \rho_2$).Şekil 4b. Düşey fay yapısı ($\rho_1 < \rho_2$).Figure 4b. Vertical fault ($\rho_1 < \rho_2$).

n parametresi

Görüntü kuramına göre elde edilen potansiyel bağtılarında toplam işleminin üst sınırını tanımlayan "n" parametresi 1 ile ∞ arasında değişmektedir. Kuramsal

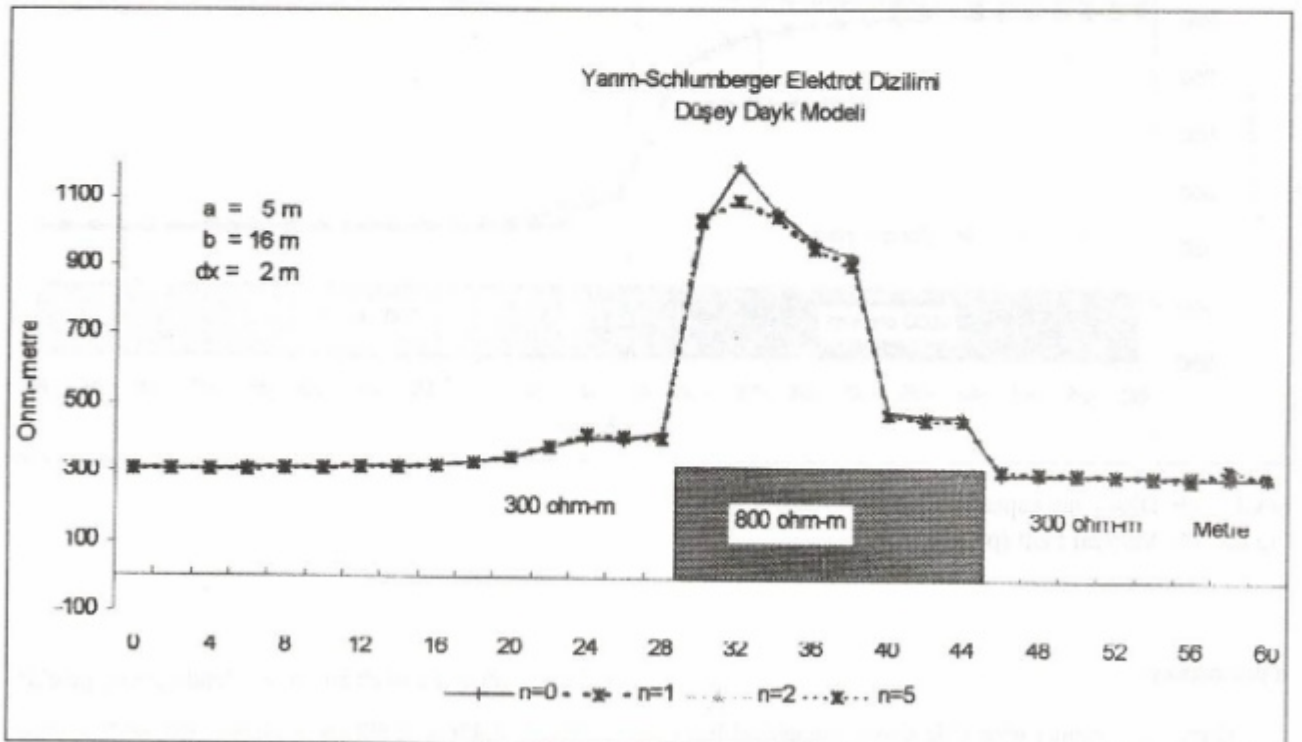
çalışma için n parametresinin sınırlandırılması gerekir.

Yapılan kuramsal uygulamalarda n=2 den sonra anomali biçiminde belirgin değişimler olmadığı saptanmıştır (Şekil 5a ve 5b).



Şekil 5a. İki elektrot diziliminde düşey dayk yapısı için n parametresi.

Figure 5a. The n parameter for the vertical dike in the two-electrode array.



Şekil 5b. Yarım-Schlumberger diziliminde n parametresi.

Figure 5b. The n parameter for the half-Schlumberger array.

Profil uzunluğu (L)

Süreksizlik sınırının etkisinin anomalilerde tam olarak izlenebilmesi için profil boyunun yeterli uzunlukta olması gerekir. Süreksizlik, etkisi süreksizlik sınırından bir elektrot açıklığı kadar uzaklıkta başlamakta ve yine süreksizlik sınırından en az bir elektrot açıklığı kadar mesafede devam etmektedir. Fay ve dayk sınırından kaynaklanan bu değişimlerin tam olarak izlenebilmesi için profil boyunun fay için en az 2a, dayk için en az (2a+t) olması gerekir.

k parametresi

Bu parametre ortamların gerçek öz dirençleri arasındaki büyüklük farkından etkilenmektedir. Fark ne kadar fazla olursa anomali genliğindeki değişimler o kadar belirgin olur.

b, a ve dx parametreleri

Bu parametrelerdeki değişimler anomali biçimini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle bu parametrelerin ayrıntılı irdelenmesi gerekir. Bu irdelene aşığıda dayk ve fay yapıları için ayrı ayrı yapılmıştır.

Düşey Dayk Yapısı

a) $b \gg a$ ve $dx \ll a$ olduğunda, 3 ncü koşul hariç diğer tüm koşullar her iki dizilim için de daima oluşur. Bu durumda yapı hakkında yorum yapmak kolaylaşır (Şekil 6a ve 6b)

b) $b \gg a$ ve $dx > b$ ise 1 ve 6 ncı koşullar her zaman oluşurken, 3 ncü koşul hiçbir zaman oluşmaz. Diğer koşulların oluşma olasılığı düşüktür. Bu durumda süreksizlik sınırı anomalide belirgin değişimler oluşturmadiğı için daykın etkisi ölçülerde izlenemez (Şekil 7a ve 7b)

c) $b > a$ ve $dx \gg b$ ise yine 1 ve 6 ncı koşullar her zaman oluşur. 4 üncü koşul hiçbir zaman oluşmaz. 2, 3, ve 5 ncı koşulların oluşma olasılıkları da yok denecek kadar azdır. Bu durumda örnekleme aralığı çok büyük olduğu için daykın kenar etkileri anomali üzerinde etki yaratmadığı için anomali düz bir çizgi şeklinde devam eder (Şekil 8a ve 8b).

d) $b < a$ ve $dx \ll b$ olduğunda 1, 2, 3, 5 ve 6 ncı koşullar her zaman oluşurken 4. koşul hiç oluşmaz (Şekil 9a ve 9b).

e) $b < a$ ve $dx > b$ ise yine 1 ve 6 ncı koşullar her zaman oluşurken 4 ncü koşul hiç bir zaman oluşmaz. Diğer koşulların oluşma olasılıkları da çok düşüktür (Şekil 10a ve 10b).

f) $b < a$ ve $dx \gg b$ ise yine 1 ve 6 ncı koşullar her zaman oluşurken diğer koşulların oluşma olasılıkları yok denecek kadar azdır (Şekil 11a ve 11b).

Düşey Fay Yapısı

Fay yapısı için yalnızca a ve dx parametre değişimleri anomali biçimini etkilemektedir. Anomali biçiminden fay yerinin belirlenmesinde özellikle 2 koşulun gerçekleşmiş olması gerekir. Bu koşulun oluşması için;

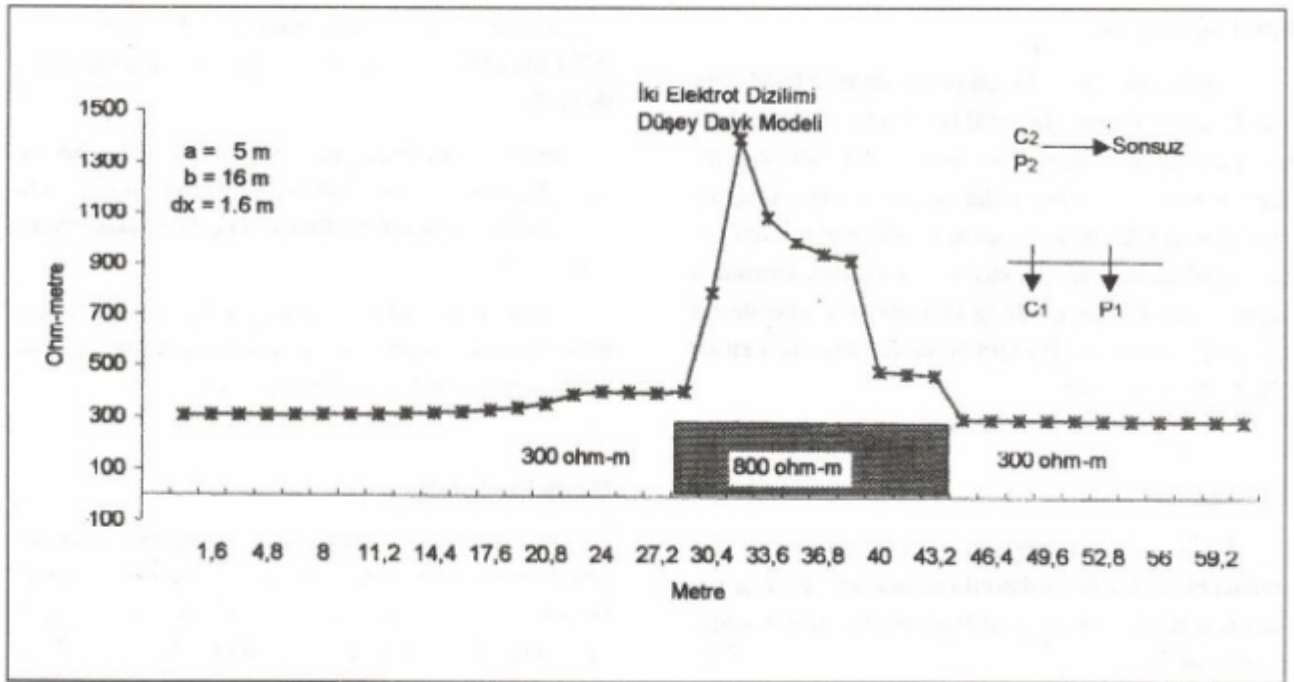
a) $dx < a$ olması sağlanmalıdır. İdealde bu koşul için en az üç ölçü olması gerekir. Bu nedenle dx aralığı, elektrot aralığının en fazla 1/3 ü kadar seçilmelidir.

ELEKTROT DİZİLİMLERİNİN İRDELENMESİ

Yapılan kuramsal çalışmalara göre düşey dayk ve fay türü yapıların araştırılmasında, daha kısa boylu profillerde çalışma olanağı olması ve $a > b$ durumunda bile anomaliden daha belirgin yapı ayrımlılığının sağlanması açısından yarım-Schlumberger elektrot diziliminin, iki elektrot dizilimine göre daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür.

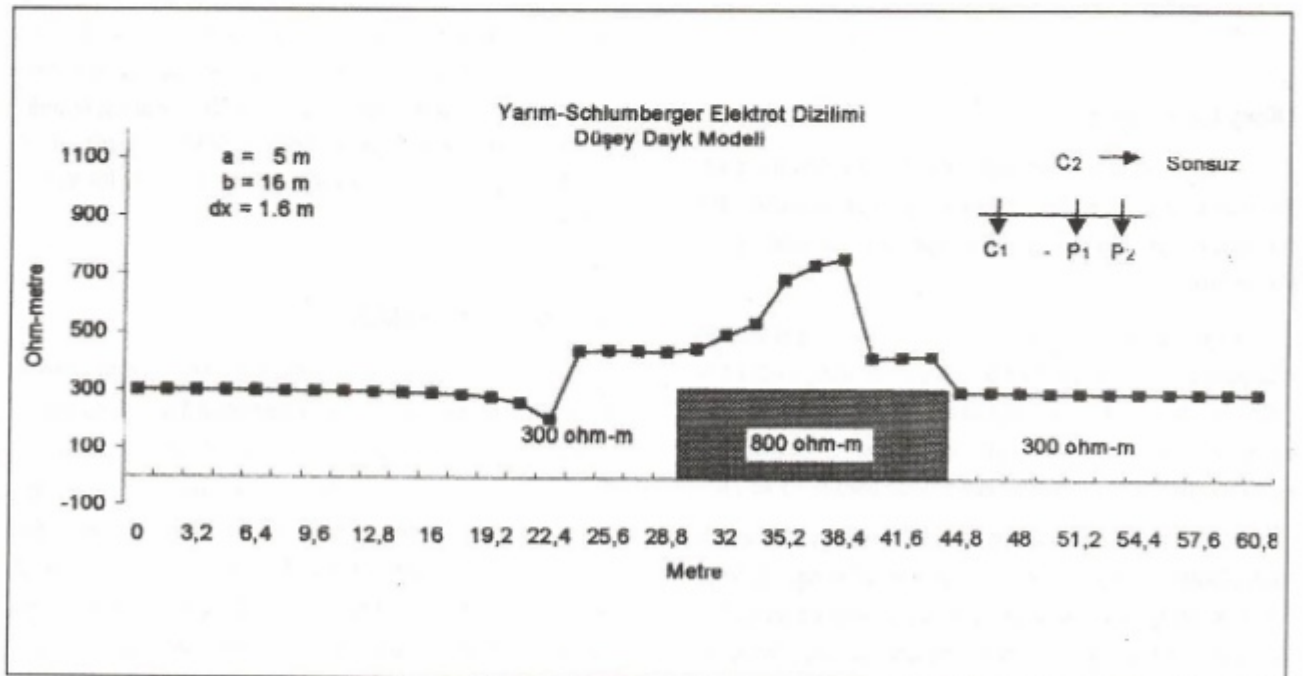
ARAZİ UYGULAMASI

Uygulama için yapısı daha önceden bilinen Ergili - Bandırma yöresinde yeralan Kösemtuğ Tümölüsü Seçilmiştir. A-A' profilinde (Şekil 12a ve 12b) yapılan iki elektrot ve yarım-Schlumberger elektrot dizilimleri uygulama sonuçları Şekil 13 ve 14 da görülmektedir. Şekil 13 ve 14 den görüldüğü gibi $a < b$, $dx \ll a$ ve profil boyu da yeterli uzunlukta seçildiğı için anomalilerden gerekli yapı ayrımlılığı anomalilerden sağlanmıştır. Ancak anomali biçimleri kuramsal çalışmalarda tam olarak uyum sağlamamaktadır. Bu durum, olasılıkla, ölçüler alınırken tümölüsün içinin boş konumda olmasından ve



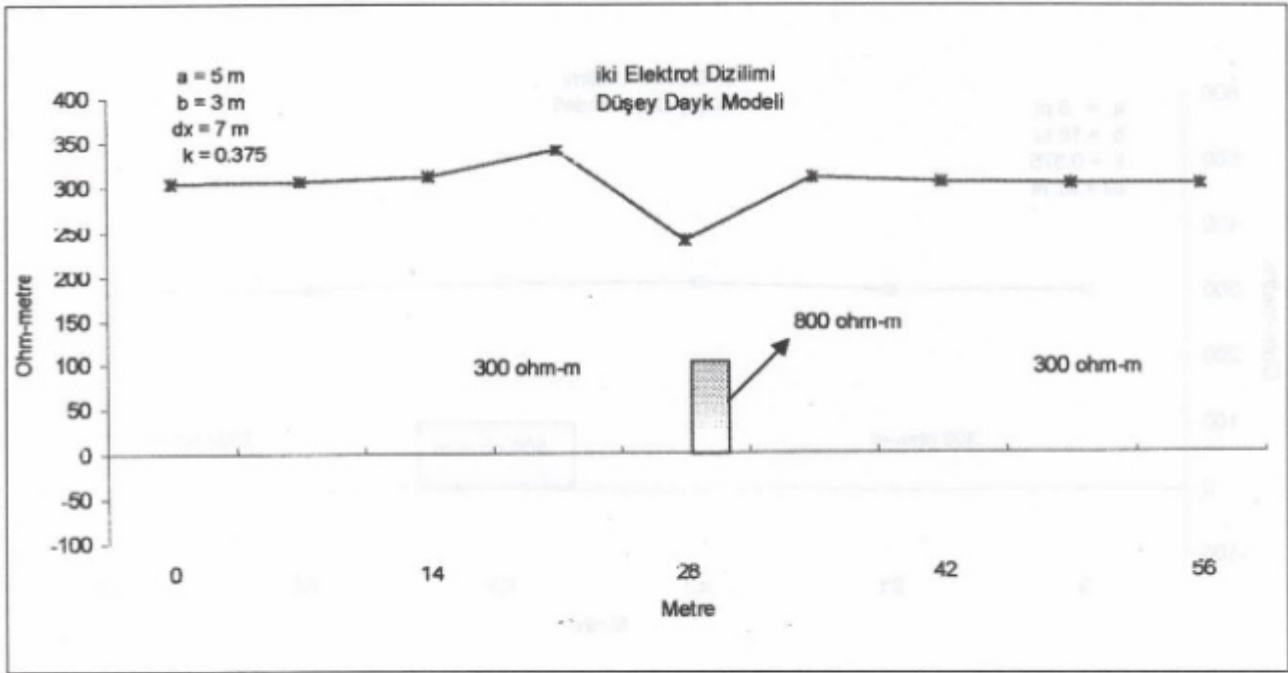
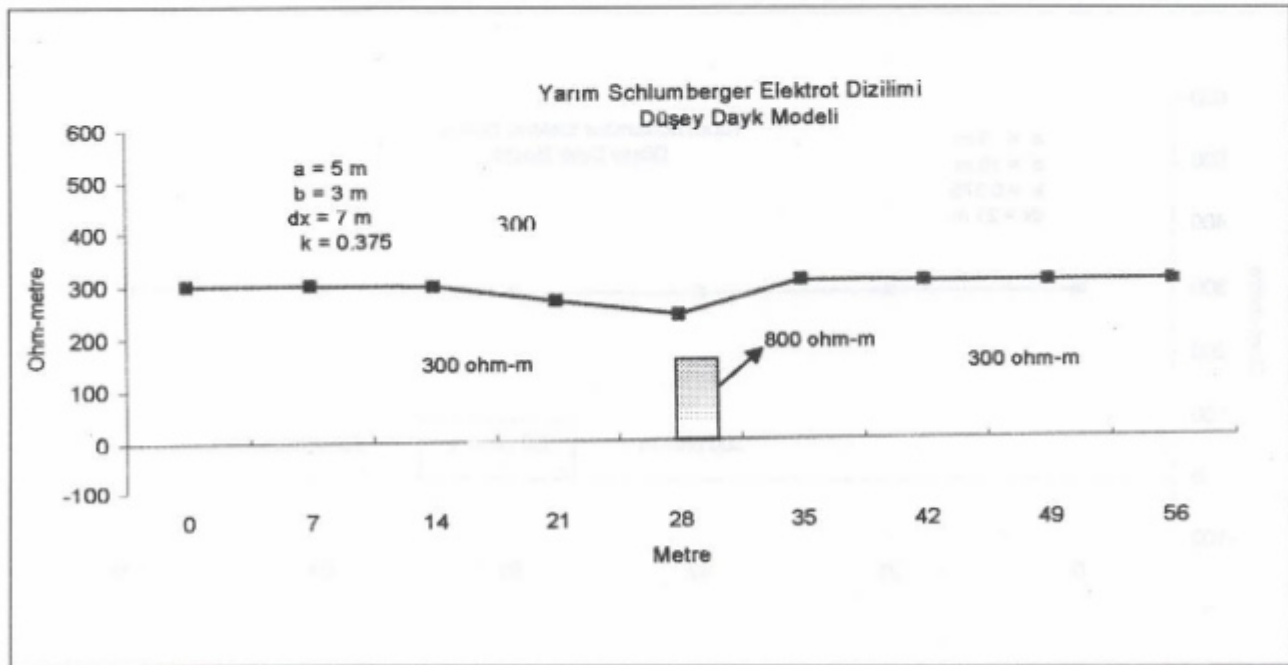
Şekil 6a. İki elektrot dizilimi için $b \gg a$ ve $dx \ll a$.

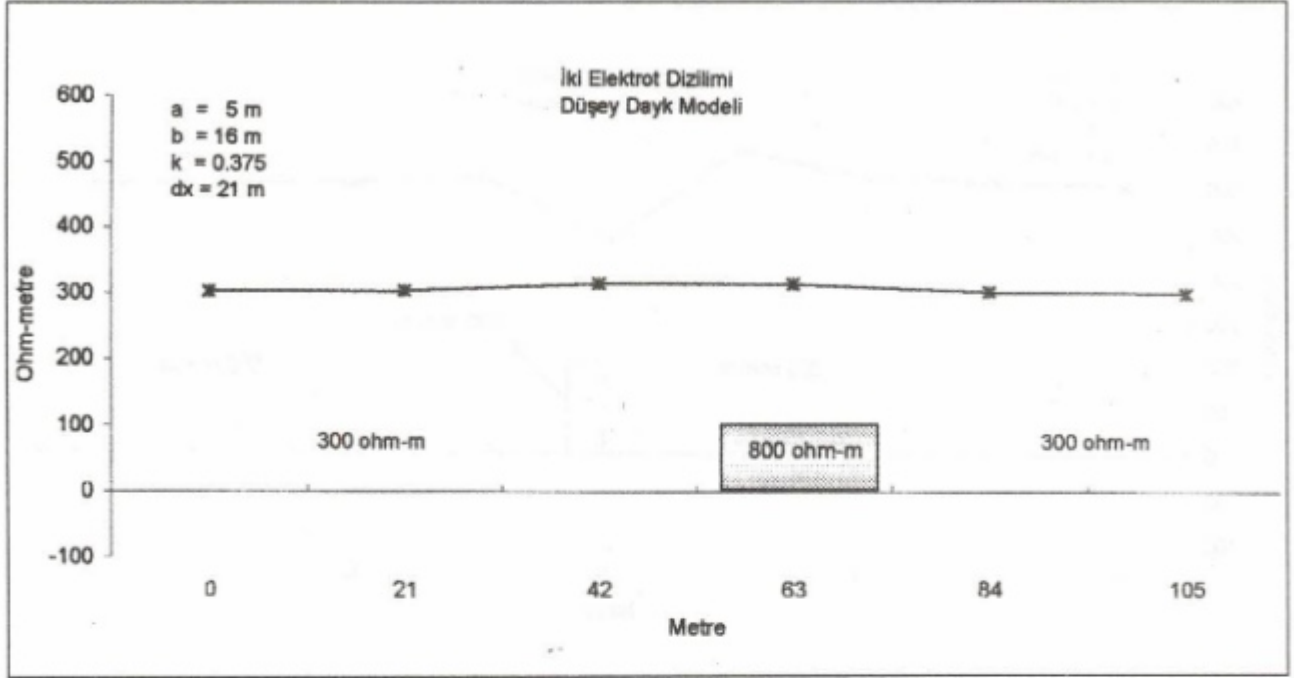
Figure 6a. $b \gg a$ and $dx \ll a$ for the two-electrode array.



Şekil 6b. Yarım-Schlumberger dizilimi için $b \gg a$ ve $dx \ll a$.

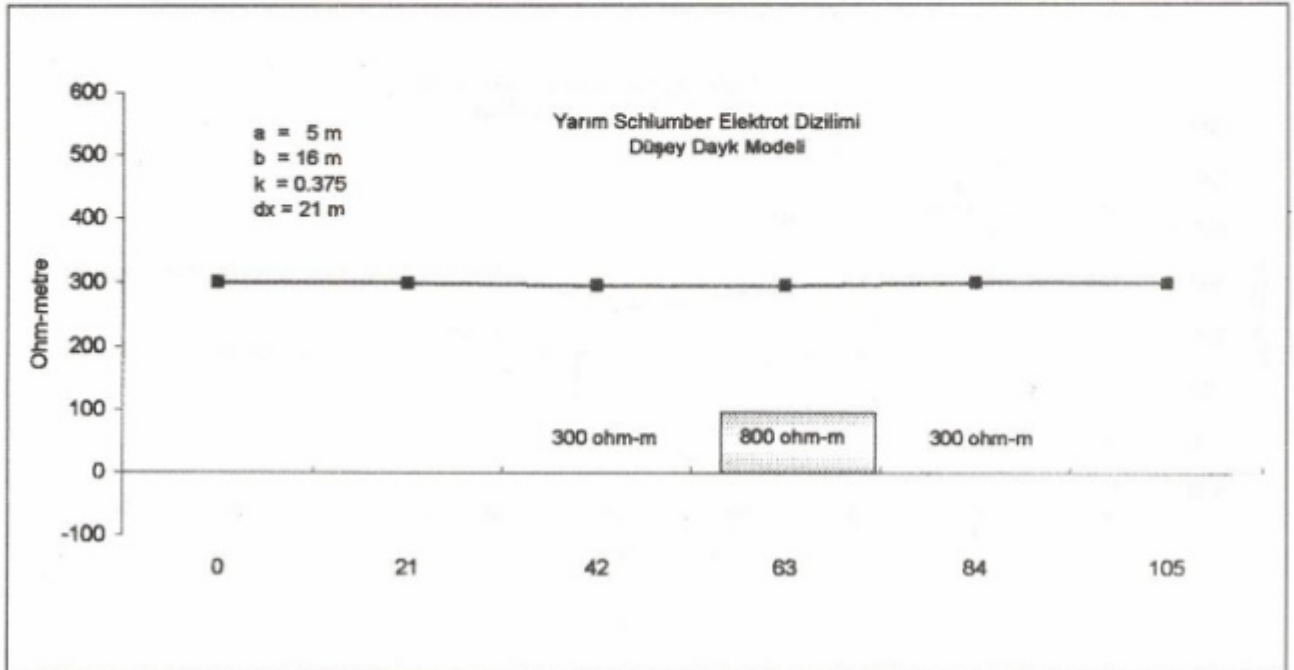
Figure 6b. $b \gg a$ and $dx \ll a$ for the half-Schlumberger array.

Şekil 7a. ki elektrot dizilimi için $b > a$ ve $dx > b$ olması.Figure 7a. The $b > a$ and $dx > b$ for the two-electrode array.Şekil 7b. Yarım-Schlumberger dizilimi için $b > a$ ve $dx > b$ olması.Figure 7b. The $b > a$ and $dx > b$ for the half-Schlumberger array.



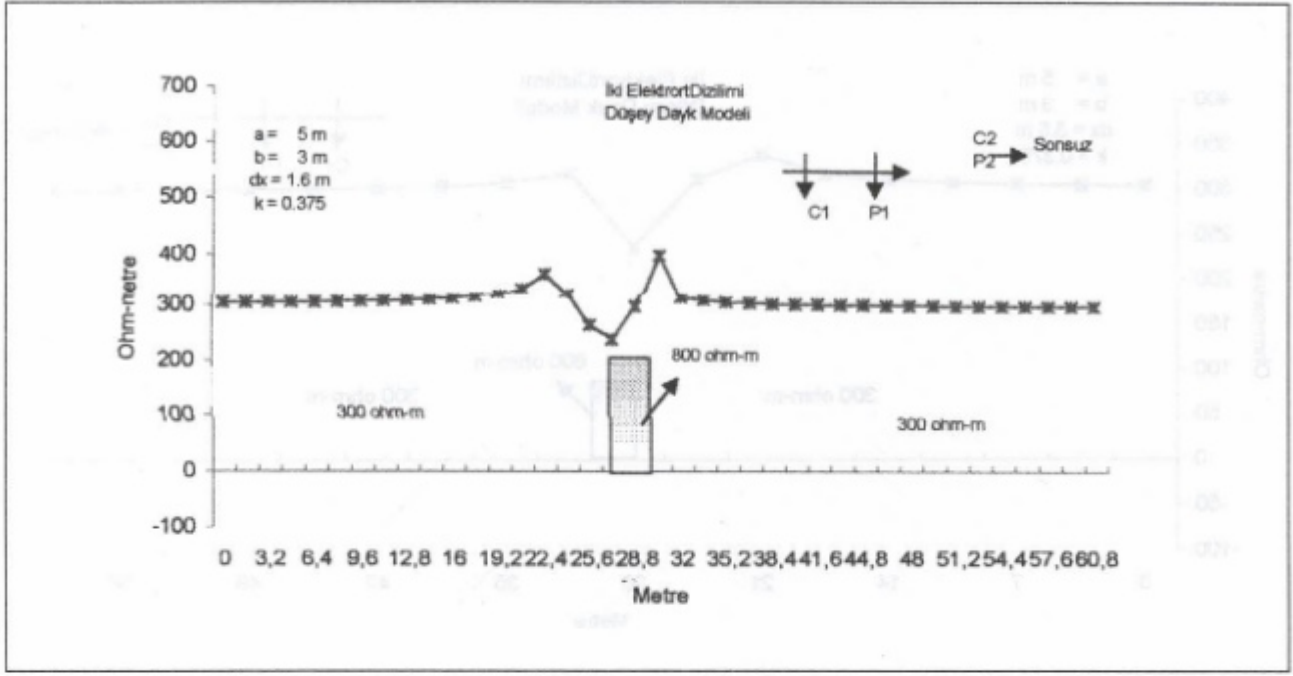
Şekil 8a. İki elektrot dizilimi $b > a$ ve $dx \gg b$ olması.

Figure 8a. The $b > a$ and $dx \gg b$ for the two-electrode array.

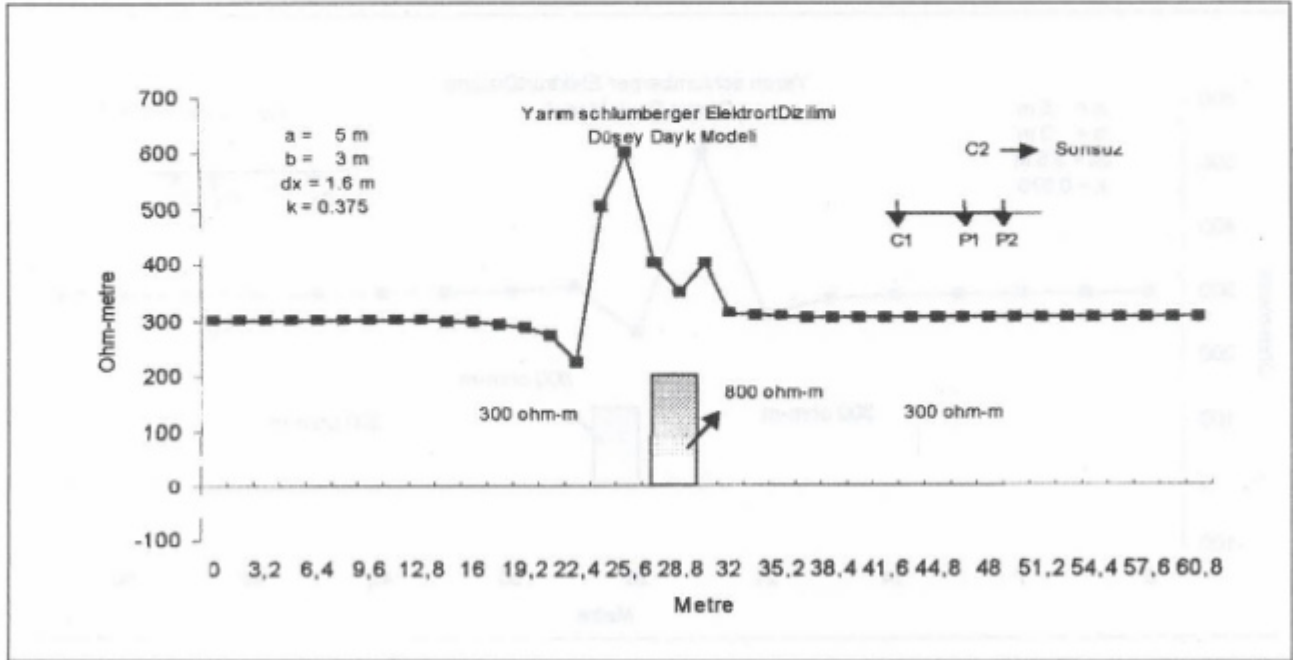


Şekil 8b. Yarım-Schlumberger dizilimi için $b > a$ ve $dx \gg b$ olması.

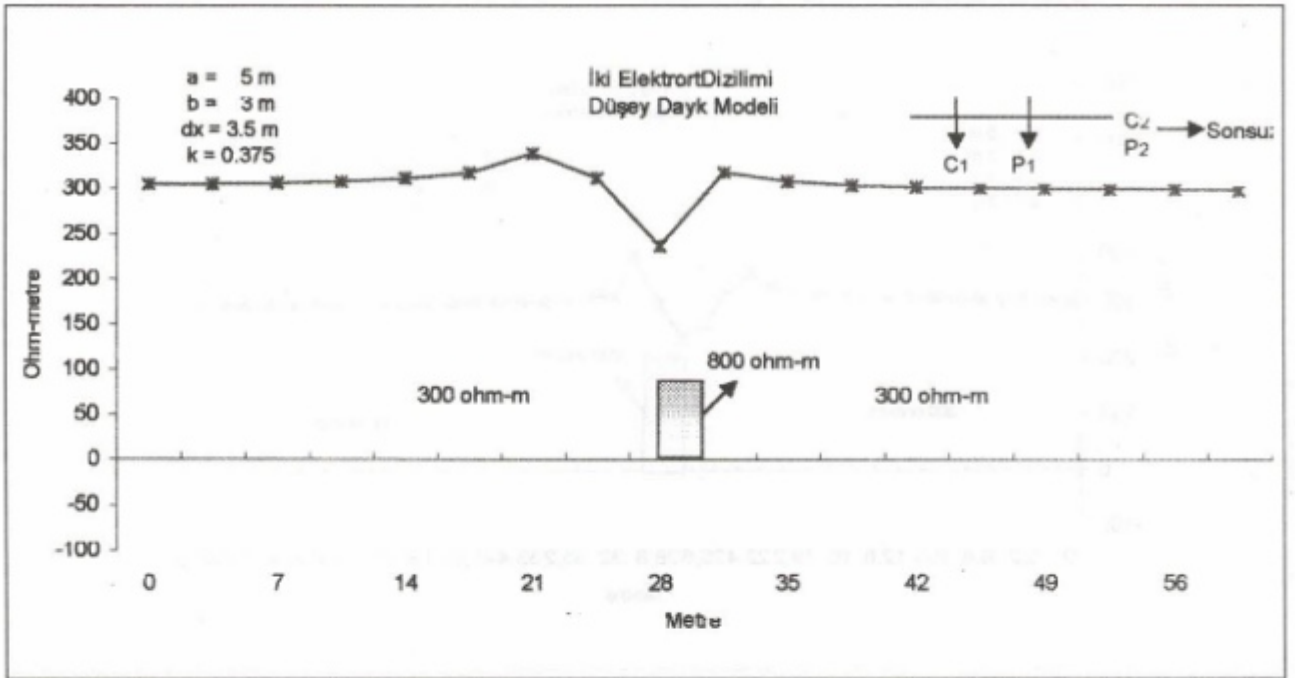
Figure 8b. The $b > a$ and $dx \gg b$ for the half Schlumberger array.



Şekil 9a. İki elektrot dizilimi için $b < a$ ve $dx \ll b$ olması.
Figure 9a. The $b < a$ and $dx \ll b$ for the two-electrode array.

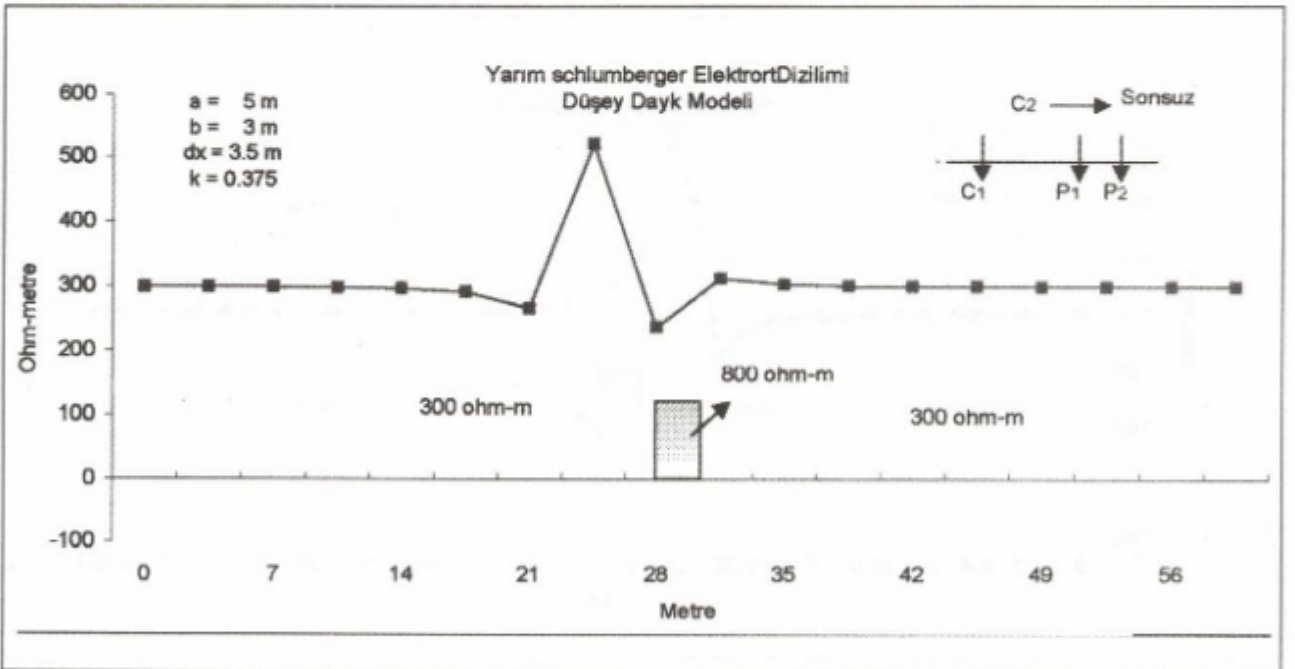


Şekil 9b. Düşey Dayk Yapısı için $b < a$ ve $dx \ll b$ olması.
Figure 9b. The $b < a$ and $dx \ll b$ for the half-Schlumberger array.



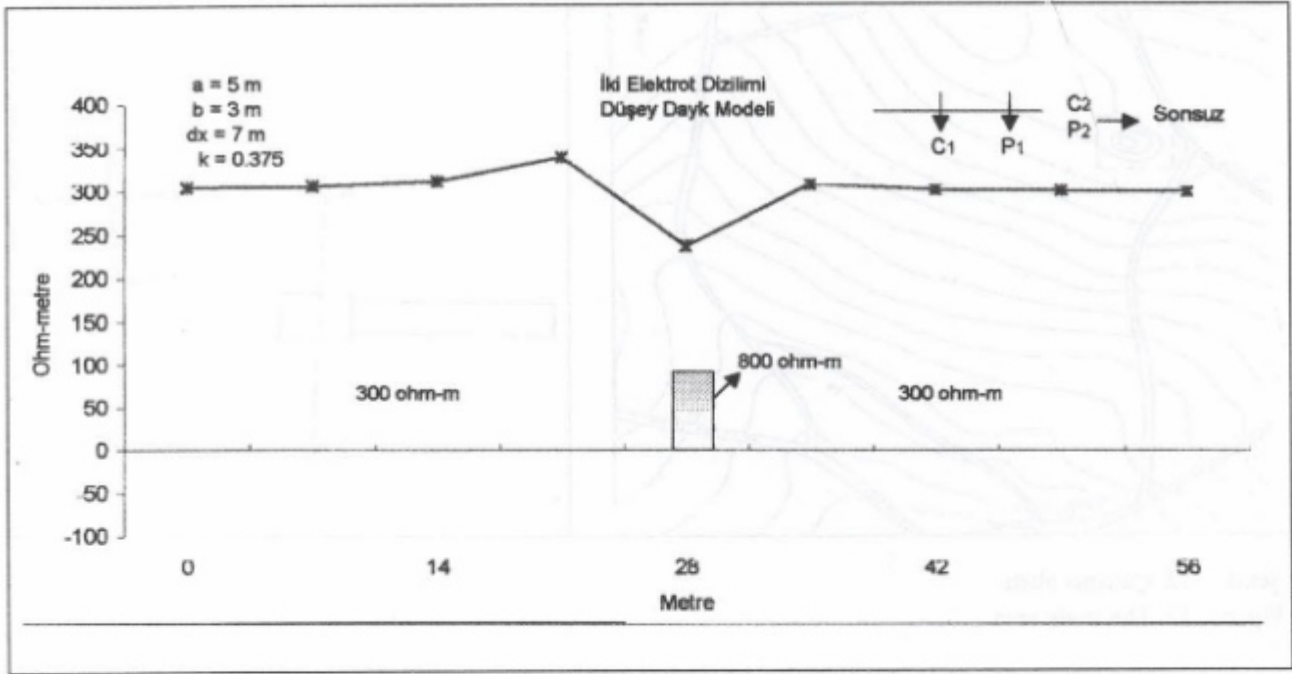
Şekil 10a. İki elektrot dizilimi için $b < a$ ve $dx > b$ olması.

Figure 10a. The $b < a$ and $dx > b$ for the two-electrode array.



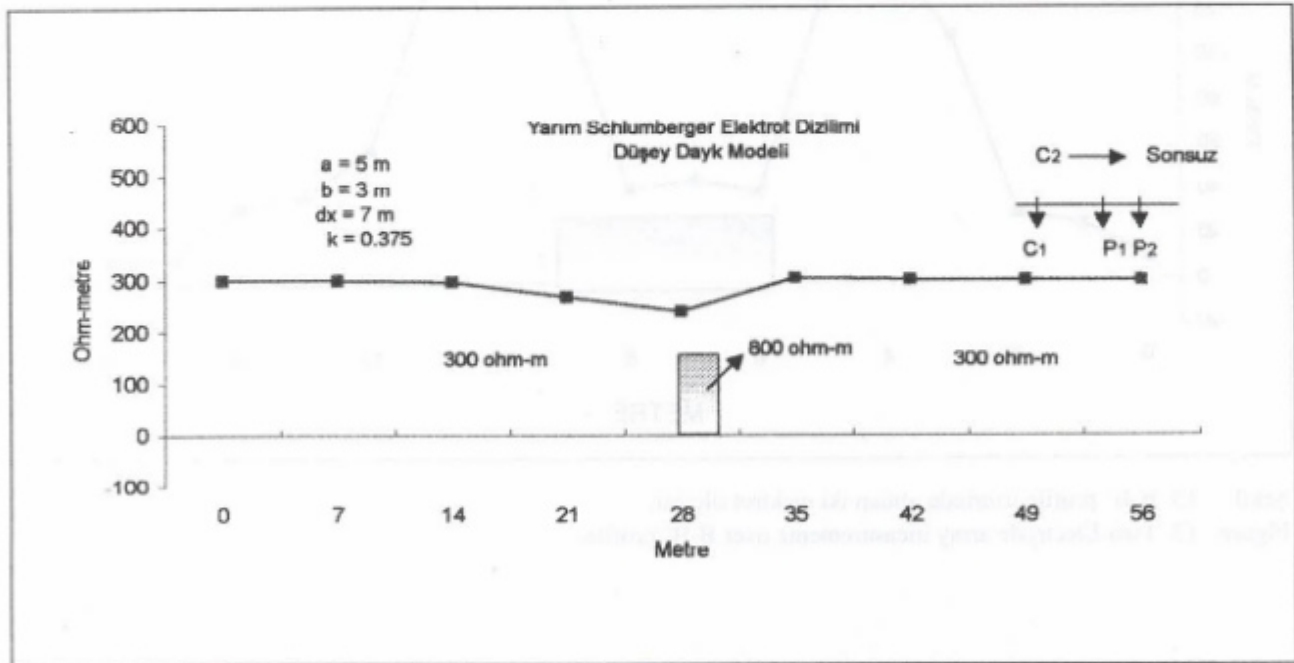
Şekil 10b. Yarım-Schlumberger dizilimi için $b < a$ ve $dx > b$ olması.

Figure 10b. The $b < a$ and $dx > b$ for the half-Schlumberger array.



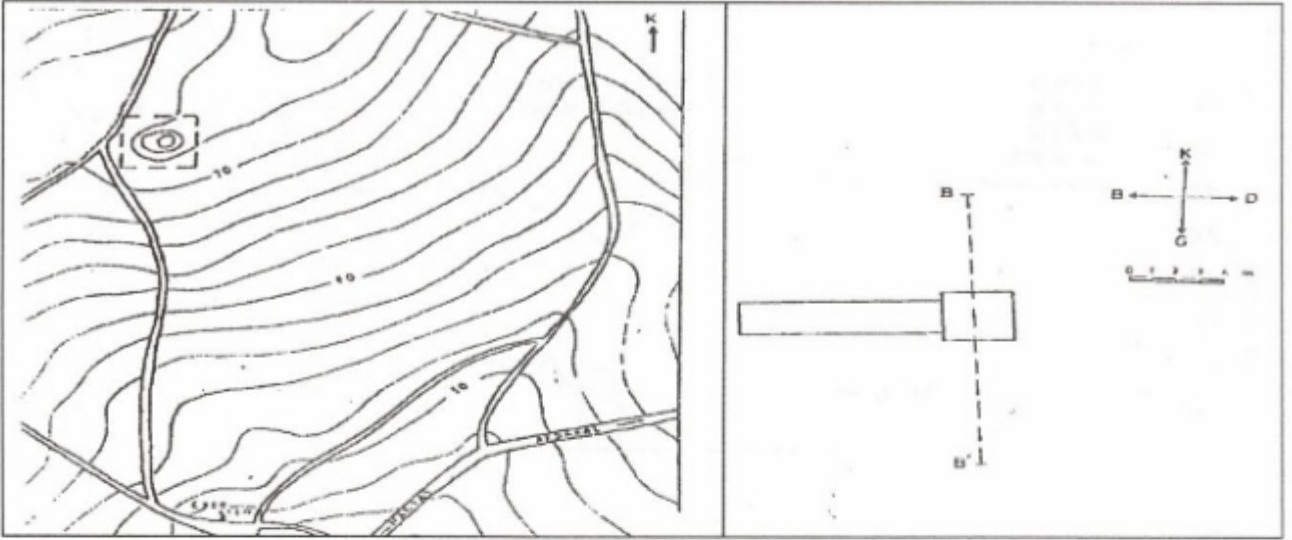
Şekil 11a. İki elektrot dizilimi için $b < a$ and $dx \gg b$ olması.

Figure 11a. The $b < a$ and $dx \gg b$ for the two-electrode array.



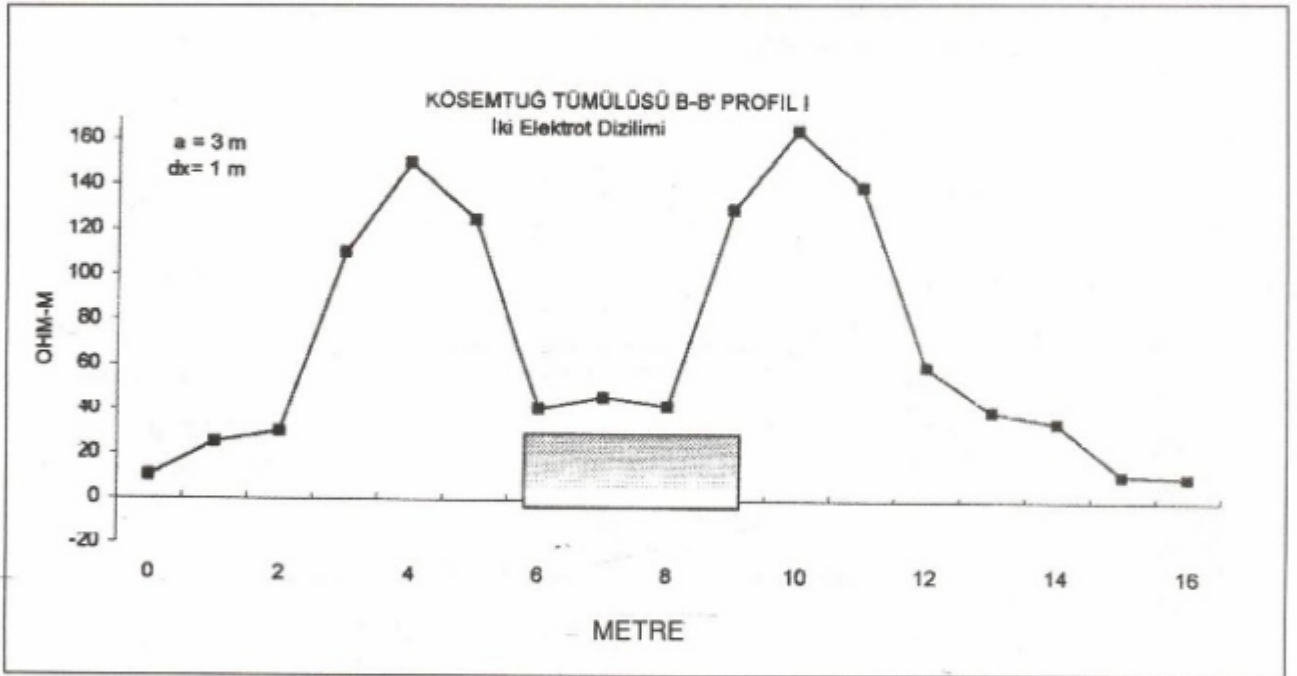
Şekil 11b. Yarım-Schlumberger dizilimi için $b < a$ and $dx \gg b$ olması.

Figure 11b. The $b < a$ and $dx \gg b$ for the half-Schlumberger array.



Şekil 12. Çalışma alanı.

Figure 12. The study area.

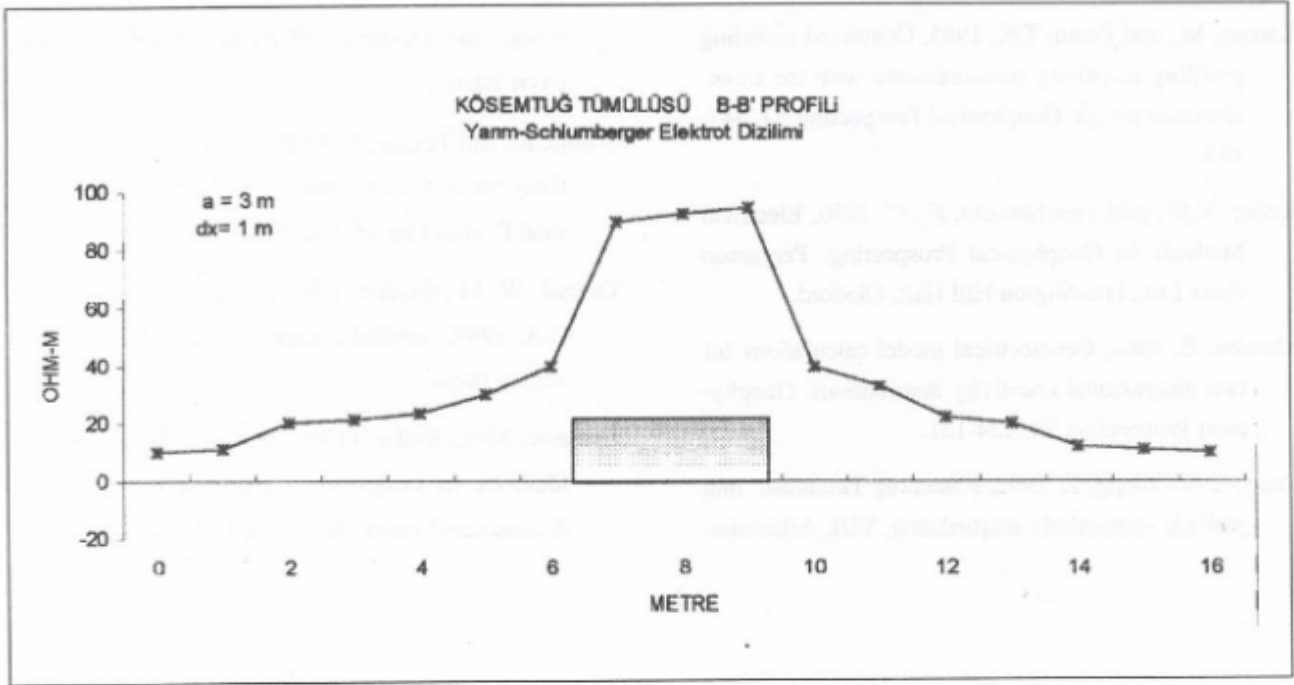


Şekil 13. B-B' profile üzerinde alınan iki elektrot ölçüsü.

Figure 13. Two-Electrode array measurements over B-B' profile.

yarım-Schlumberger elektrot diziliminde b uzaklığının nin a aralığına göre daha küçük seçilmemesinden kaynaklanmaktadır. Bu ölçülerde, anomali biçimlerinden de

görüldüğü gibi Yarım-Schlumberger elektrot dizilimi, iki elektrot dizilimine göre yapıyı daha kolay tanımlamaktadır.



Şekil 14. B-B' profili üzerinde alınan yarım-Schlumberger ölçüsü.

Figure 14. Half Schlumberger array measurements over B-B' profile.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Düşey fay ve dayk yapısı için görüntü kuramı temel alınarak yapılan kuramsal ve arazi çalışmaları sonucu elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

Görüntü kuramına göre elektrotların süreksizlik sınırına göre konumlarına bağlı olarak farklı koşullar oluşmaktadır. Dayk yapısı için genel olarak altı koşul her iki elektrot diziliminde de geçerlidir. Fay yapısı için ise 3 koşul geçerlidir. Bu koşulların oluşmasına bağlı olarak da anomali biçimini; profil boyu (L), yansıma katsayısı (k), n parametresi, elektrot aralığı (a), dayk genişliği (b) ve kayma miktarı (dx) etkilemektedir. Bununla beraber yarım-Schlumberger elektrot diziliminde C_1 - C_2 uzaklığı ile P_1 - P_2 aralığının seçimine dikkat edilmesi gerekir. Elektrik alan ölçümlerinin yapılabilmesi için $C1-C2 \gg P1-P2$ özelliğinin sağlanması gerekir.

Arazi çalışmalarında b ve k parametreleri bilinmediği için L, a ve dx parametrelerinin seçiminde dikkat edilmesi gerekir. Önce yapının jeolojisi ve biçimi hakkında sağlanan ön bilgiler ışığında gerekli model çalışmalar yapılarak kuramsal anomaliler oluşturulmalıdır.

Daha sonra arazide bir veya iki profil üzerinde beklenen anomaliye uygun parametreler (L, a ve dx) kullanılarak test ölçüleri yapılmalı ve çalışma için en uygun L, a ve dx parametreleri saptanmalıdır.

Düşey fay ve dayk türü yapıların araştırılmasında yarım-Schlumberger elektrot dizilimi, iki elektrot dizilimine göre daha kısa profillerde çalışma olanağı sağladığı için daha kullanışlıdır. Ayrıca yarım-Schlumberger elektrot dizilimiyle elde edilen anomalilerin biçiminden yapıyı tanımlamak daha kolaydır.

KAYNAKLAR

- Candansayar, M.E., 1997, Modeling in Direct Current Resistivity Method and Comparison of the Resolution of the Electro Configurations for Investigation of Two-Dimensional Structures. Ankara University (MSc. Thesis, in Turkish)
- Cheng, Y., W. 1980, Location of near surface faults in geothermal prospect by "the combined head on resistivity profiling method". Proceeding of the New Zealand Geothermal Workshop.

- Karous, M., and Pemu, T.K. 1985, Combined sounding profiling resistivity measurements with the three-electrode arrays. *Geophysical Prospecting* 33, 447-459.
- Keller, V.G., and Frischknecht, F., C. 1970, *Electrical Methods in Geophysical Prospecting*. Pergamon Press Ltd., Headington Hill Hall, Oksford.
- Mundry, E. 1984, Geoelectrical model calculations for two dimensional resistivity distributions. *Geophysical Prospecting* 32, 124-131.
- Pınar, R. Ve Akçıĝ, Z. 1992, Kösemtuĝ Tümülsü' nün jeofizik yöntemlerle araştırılması, VIII. Arkeometri sonuçları toplantısı, 25-29 Mayıs 1992 Ankara (Ayrı Basım)
- Schulz, R., and Tezkan, B. 1988, Interpretation of resistivity measurements over 2-D structures. *Geophysical Prospecting* 36, 962-975.
- Telford, W. M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E. and Keys, D.A. 1987, *Applied Geophysics*. Cambridge University Press.
- Zhdanov, M.S., Keller, G.V., 1994, *The Geoelectrical Methods in Geophysical Exploration*. Elsevier-Amsterdam-London-Newyork-Tokyo 1994.

PRİZMATİK YAPILARIN MANYETİK TERS ÇÖZÜMÜ VE MARMARA DENİZİ VERİLERİNİN YORUMU

Inversion of the Magnetic Anomalies of Prismatic Bodies and Interpretation of Marmara Sea Data

Erdeniz ÖZEL* ve Coşkun SARI**

ÖZET

Manyetik anomalilerin çoğu mıknatıslanmış prizmatik model yapılar olarak yorumlanabilir. Prizmaların oluşturduğu manyetik anomalileri yorumlamak için doğrusal olmayan Marquardt optimizasyon tekniğinin kullanılması yoluyla tam ve yaklaşık anomali bağıntılarının kullanıldığı üç boyutlu ters çözüm yöntemi için etkin ve hızlı yöntemler geliştirilmiştir. Marquardt algoritmasında her zaman bakışlı ve pozitif tanımlı olan matrisin (Jakobiyen matrisi) çözümünde Cholesky ayrıştırma yöntemi kullanılmıştır. Manyetik anomaliler ve bilinmeyen parametrelere göre türevler prizmatik yapının civarındaki noktalarda tam anomali bağıntısı, diğer noktalarda ise yaklaşık anomali bağıntısı kullanılarak hesaplanmıştır. Yaklaşık bağıntılar anomali ve türev değerlerinin hesaplanması için prizmanın çizgi kütle olarak düşünülmesi ile türetilmiştir. Yöntem, sadece anomali ve türevlerin hesaplanmasında yaklaşık bağıntıların kullanılmasıyla bilgisayar zamanından önemli bir tasarruf sağlamak için değil, aynı zamanda hesaplamalarda gerekli duyarlılığı sürdürmek için de geliştirilmiştir. Yöntemin etkinliği kuramsal modeller üzerinde test edilmiştir.

Marmara Denizi'ndeki manyetik anomaliler,

ABSTRACT

Most of the magnetic anomalies may be interpreted as a number of magnetized bodies which can be modeled by prismatic bodies. Efficient and rapid methods to interpret magnetic anomalies due to multiple prisms were developed for three-dimensional inversion method by an appropriate use of the matrix (Jacobian matrix) in the Marquardt's algorithm is always symmetric and positive definite. The magnetic anomalies and derivatives with respect to unknown parameters were calculated using exact equation in the vicinity of the prismatic body and using the approximate equation at the other points. Approximate equations have been derived for calculating the anomalies and derivatives by treating the prism as a line mass. The method which is developed in such a way that not only significant saving in computer time has been achieved by the approximate equations for computing the anomalies and derivatives, but also required accuracy in the computations is maintained. The efficiency of this approach was tested on the theoretical models.

The magnetic anomalies in the Sea of Marmara were interpreted as two prismatic bodies with diffe-

1 Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bil. ve Tek. Enst., İzmir.

2 Dokuz Eylül Üniversitesi Müh. Fak. Jeofizik Müh. Böl., İzmir.

mıknatıslanmaları farklı iki prizmatik yapı ile yorumlanmıştır. Başlıca manyetik anomaliler Marmara Denizi havzasının kuzey kenarı boyunca D-B yönünde uzanırlar. Uzun dalgaboyuna sahip bu anomaliler kaynağı oldukça derinde olan yapılar tarafından oluşturulurlar. D-B uzanımlı bu manyetik anomaliler KAF'nın kuzey kanadındaki doğrultu atımlı faylarla güneye doğru yer değiştirmişlerdir. Bölgedeki manyetik anomalilerin üç boyutlu analizi sonucunda olması model yapıların derinlikleri 2.5-2.7 km arasında saptanmıştır.

rent magnetizations. The major magnetic anomalies are trending E-W direction on the north side of the Marmara Sea basin. This have long wavelength owing to the great burial depth of the sources. These E-W trending magnetic anomalies are displaced to the south by branches of strike-slip faults which are the northern strand of the North Anatolian Fault Zone. As a result of 3-D analysis of magnetic anomalies in region, the approximate depths of the possible model bodies were obtained between 2.5-4.5 km.

GİRİŞ

Manyetik anomalilerin üç boyutlu yorumunda yaygın olarak geometrik modellerden yararlanılır. Basamaklı fay bloklarına benzer jeolojik yapılar üzerinde saptanan manyetik anomalilerin üç boyutlu yorumlanmasında model olarak, gelişigüzel mıknatıslanmış, düşey prizmatik cisimler seçilebilir. Genelde, mıknatıslanmış yapılar birbirlerine çok yakın olduklarından ve bu prizmatik yapıların oluşturduğu anomaliler karmaşık bir özellik gösterdiğinden ayırımları tam olarak yapılamaz. Bundan dolayı, manyetik anomali haritaları farklı mıknatıslanmış ve konulanmış birkaç prizmatik yapı kullanılarak yorumlanmaya çalışılır. Prizmatik bir yapının manyetik anomalisini veren bağıntı Bhattacharyya (1964) tarafından verilmiştir. Bu bağıntının doğrusal olmaması nedeniyle, yapı parametrelerini saptamak için, çeşitli araştırmacılar doğrusal ya da doğrusal olmayan yaklaştırma yöntemlerini kullanmışlardır. Örneğin, Whitehill (1973) tek bir prizmanın oluşturduğu manyetik anomalilerin değerlendirilmesinde Simplex yöntemi, Coles (1976) ise bir kaç prizmanın oluşturduğu manyetik anomalileri yorumlamak için, Marquardt (1963) tarafından geliştirilen, doğrusal olmayan en küçük kareler yöntemini kullanmışlardır. Bu yöntemler yinelemeli yöntemler olup, prizmatik bir yapının anomalisini veren bağıntı bir çok arctanjant ve logaritmik terim içerdiğinden hesaplama zamanı prizma sayısına bağlı olarak artmaktadır. Hesaplama zamanını azaltmak amacıyla Bhattacharyya (1980), normal denklemlerin çözümü için,

Cholesky ayrıştırma işlemini geliştirmiş. Kunaratram (1981) ise karmaşık gösterim tanımını kullanarak anomali bağıntısındaki arctanjant ve logaritmik terimleri basitleştirmiştir. Rao ve Babu (1991) ise prizmatik yapıların manyetik anomalilerinin ve kısmi türevlerinin hızlı hesaplanması için yapıya yakın mesafelerin ötesinde geçerli olan yaklaşık denklemleri geliştirmişlerdir. Bu denklemlerden yararlanılarak hazırlanan programlar Rao ve Babu (1993), Marmara Denizi havzası üzerindeki toplam manyetik alan anomalilerinin ters çözümünde kullanılmıştır.

Marmara Denizi havzası, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) sağ yönlü hakim yanal atım hareketi ile Ege'deki K-G açılma ve D-B graben gelişmesi arasında yer alır. Bölgenin kırık ve lineasyon hatları genelde birbirini kesen birkaç sistemden oluşmuştur. Bu nedenle eğim atımlı fayların büyük ölçüde ve çok sayıda geliştiği bölgede aynı doğrultuda faylanmaların yer aldığı dar ve uzun grabenler gelişmiştir. Marmara Denizi havzasını çevreleyen bu grabenler KAFZ'nin yanal atımlı tektoniği ile doğrudan ilişkilidir. Ege kıtasal bölgesini oluşturan Marmara Denizi havzası sağ yanlı doğrultu atımlı fay ile K-G yönlü pull-apart (çek-ayır) açılımının etkisinde kalmaktadır. Bölgedeki manyetik anomaliler genel olarak magmatik kayalara bağlı olup, Marmara Denizi havzasında D-B yönlü uzanım özelliği göstermektedir. D-B uzanımlı manyetik anomaliler KAF'nın Kuzey kolunu oluşturan doğrultu atımlı fayların kenarlarında güneye doğru yer değiştirmektedir.

PRİZMATİK YAPILARIN OLUŞTURDUĞU MANYETİK ANOMALİ HARİTASININ ÜÇ BOYUTLU YORUMU

Manyetik anomalilerin üç boyutlu modellenmesi, bir alan üzerinde gözlenen verilerin analizini gerektirir. Genellikle, manyetik anomalilerin üç boyutlu yorumunda model olarak düşey prizmatik cisimler alınır. Mıknatıslanmış yapılar birbirine çok yakın olduklarından her prizmatik yapının oluşturduğu anomalilerin ayırımı tam olarak yapılamaz. Bu nedenle, manyetik anomali haritaları genelde farklı mıknatıslanmış ve konumlanmış birkaç prizmatik yapı kullanılarak yorumlanır. Prizmatik bir yapının manyetik anomalisini veren bağıntı yapının parametreleri nedeniyle doğrusal olmadığından yapıya ilişkin parametrelerin saptanması amacıyla doğrusal olmayan yaklaşımlar yöntemleri kullanılır.

a) Prizmatik Bir Yapının Manyetik Anomali Bağıntısı

x-y yatay düzlemi üzerinde gözlenen toplam manyetik alan anomalisinin gelişigüzel mıknatıslanmış ve gelişigüzel konumlanmış prizmatik yapılar tarafından oluşturulduğunu varsayalım (Şekil 1). x, y, z koordinatlarını, x eksenini coğrafik kuzeyi, y eksenini coğrafik doğuyu, z eksenini ise aşağıya doğru düşey yönü belirtecek şekilde seçelim. Koordinat sisteminin merkezi olarak gözlem düzleminde bir O noktası alalım. Gözlemler x ve y eksenlerine paralel uzanan grid noktalarında alındığında, kenarları koordinat eksenlerine paralel düşey bir prizma için, herhangi bir P(x, y, O) noktasındaki toplam manyetik alan anomalisinin denklemi Rao ve Babu (1991) tarafından;

$$T(x, y, O) = G_1 F_1 + G_2 F_2 + G_3 F_3 + G_4 F_4 + G_5 F_5 \quad (1)$$

olarak verilmiştir.

G_1, G_2, G_3, G_4, G_5 sabitleri

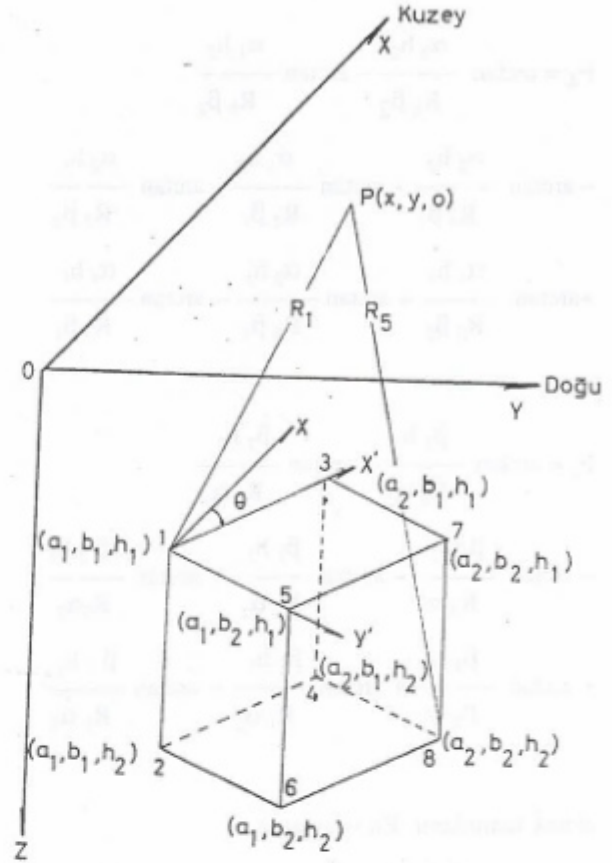
$$G_1 = EI (Mr + Nq),$$

$$G_2 = EI (Lr + Np),$$

$$G_3 = EI (Lq + Mp),$$

$$G_4 = EI (Nr - Mq),$$

$$G_5 = EI (Nr - Lp)$$



Şekil 1. Üç boyutlu prizmatik yapı modeli ve koordinat gösterimi.

Figure 1. Presentation of three dimensional prismatic model and its coordinates.

olarak verilir. Bu bağıntıda EI manyetizasyon şiddeti, L, M, N manyetizasyon vektörünün doğrultman kosinüsleri olarak tanımlanır. (1) no.lu bağıntıdaki diğer işlevler ise,

$$F_1 = \ln \frac{(R_2 + \alpha_1)(R_3 + \alpha_2)(R_5 + \alpha_1)(R_8 + \alpha_2)}{(R_1 + \alpha_1)(R_4 + \alpha_2)(R_6 + \alpha_1)(R_7 + \alpha_2)},$$

$$F_2 = \ln \frac{(R_2 + \beta_1)(R_3 + \beta_1)(R_5 + \beta_2)(R_8 + \beta_2)}{(R_1 + \beta_1)(R_4 + \beta_1)(R_6 + \beta_2)(R_7 + \beta_2)},$$

$$F_3 = \ln \frac{(R_2 + h_2)(R_3 + h_1)(R_5 + h_1)(R_8 + h_2)}{(R_1 + h_1)(R_4 + h_2)(R_6 + h_2)(R_7 + h_1)},$$

$$F_4 = \arctan \frac{\alpha_2 h_2}{R_8 \beta_2} - \arctan \frac{\alpha_1 h_2}{R_6 \beta_2} - \arctan \frac{\alpha_2 h_2}{R_4 \beta_1} + \arctan \frac{\alpha_1 h_2}{R_2 \beta_1} - \arctan \frac{\alpha_2 h_1}{R_7 \beta_2} + \arctan \frac{\alpha_1 h_1}{R_5 \beta_2} + \arctan \frac{\alpha_2 h_1}{R_3 \beta_1} - \arctan \frac{\alpha_1 h_1}{R_1 \beta_1}$$

ve

$$F_5 = \arctan \frac{\beta_2 h_2}{R_8 \alpha_2} - \arctan \frac{\beta_2 h_2}{R_6 \alpha_1} - \arctan \frac{\beta_1 h_2}{R_4 \alpha_2} + \arctan \frac{\beta_1 h_2}{R_2 \alpha_1} - \arctan \frac{\beta_2 h_1}{R_7 \alpha_2} + \arctan \frac{\beta_1 h_1}{R_5 \alpha_1} + \arctan \frac{\beta_2 h_1}{R_3 \alpha_2} - \arctan \frac{\beta_1 h_1}{R_1 \alpha_1}$$

olarak tanımlanır. Bu işlevlerde,

$$R_1 = (\alpha_1^2 + \beta_1^2 + h_1^2)^{1/2},$$

$$R_2 = (\alpha_1^2 + \beta_1^2 + h_2^2)^{1/2},$$

$$R_3 = (\alpha_2^2 + \beta_1^2 + h_1^2)^{1/2},$$

$$R_4 = (\alpha_2^2 + \beta_1^2 + h_2^2)^{1/2},$$

$$R_5 = (\alpha_1^2 + \beta_2^2 + h_1^2)^{1/2},$$

$$R_6 = (\alpha_1^2 + \beta_2^2 + h_2^2)^{1/2},$$

$$R_7 = (\alpha_2^2 + \beta_2^2 + h_1^2)^{1/2},$$

$$R_8 = (\alpha_2^2 + \beta_2^2 + h_2^2)^{1/2},$$

ve

$$\alpha_1 = a_1 - x, \quad \alpha_2 = a_2 - x, \quad \beta_1 = b_1 - y \quad \text{ve}$$

$$\beta_2 = b_2 - y$$

eşitlikleriyle verilmektedir.

Prizma yüzeylerinin koordinat merkezinden x ve y eksenlerine paralel olan yatay uzaklıkları (a_1 , a_2) ve (b_1 , b_2), prizmanın üst ve alt yüzeyine olan derinlikleri ise h_1 ve h_2 olarak tanımlanır. Eğer prizmanın yatay ke-

narları koordinat eksenine paralel değilse, coğrafik kuzeye göre θ açısı ile dönüşüm sağlanır. Böylece prizmanın yatay kenarlarına paralel olan ve (x' , y') ile tanımlanan yeni koordinat sistemi seçilmiş olur. Gözlem düzlem üzerindeki O noktası eski (x , y) koordinat sisteminde olduğu gibi yeni (x' , y') koordinat sisteminin merkezi olarak kalır. (1) no.lu denklemdeki (x , y) koordinatları;

$$x' = x \cos \theta + y \sin \theta$$

$$y' = -x \sin \theta + y \cos \theta$$

bağıntıları ile yeni (x' , y') koordinatlarıyla yer değiştirir.

I ve D yer manyetik alanının inklinasyonu ve deklinasyonu olmak üzere, yer manyetik alan vektörünün doğrultmanın kosinüsleri;

$$p = \cos I \cos (D - \theta),$$

$$q = \cos I \sin (D - \theta),$$

$$r = \sin I$$

olarak tanımlanır. Mıknatıslanma vektörünün inklinasyonu ve deklinasyonu I_0 ve D_0 ise, manyetik alanın doğrultmanın kosinüsleri;

$$L = \cos I_0 \cos (D_0 - \theta),$$

$$M = \cos I_0 \sin (D_0 - \theta),$$

$$N = \sin I_0$$

olur.

Eğer gözlenen anomaliler, N_b sayıda prizma nedeniyle oluşmuş ise (x , y , O) noktasındaki manyetik anomali bağıntısı, C rejyonal alan sabiti olmak üzere;

$$\Delta T(x, y, O) = \sum_{k=1}^{N_b} \Delta T_k(x, y, O) + C \quad (2)$$

şeklinde verilebilir.

b) Prizmatik Bir Yapı İçin Yaklaşık Anomali Bağıntısı

Herhangi bir noktadaki manyetik anomaliyi ve kısmi türevlerini hesaplarken (1) no.lu bağıntının yinelemeli olarak kullanılması gerekir. Bu durum bilgisayarlarda çok zaman aldığından Rao ve Babu (1991), bilgi-

sayar zamanını azaltmak amacıyla, hem türev hesaplamaları hem de anomalinin hesaplanması için prizmatik yapıların çizgi kütle olarak düşünüldüğü ve Kunaratnam (1981) tarafından üretilen yaklaşık anomali bağıntısını

$$\Delta T(x, y, 0) = A \int_{h_1}^{h_2} \left[G_1 \frac{\partial^2}{\partial h \partial \beta} + G_2 \frac{\partial^2}{\partial h \partial \alpha} + G_3 \frac{\partial^2}{\partial \beta \partial \alpha} - G_4 \frac{\partial^2}{\partial \beta^2} - G_5 \frac{\partial^2}{\partial \alpha^2} \right] \frac{1}{R} dh \quad (3)$$

geliştirmişlerdir. Bu bağıntıda, $R = (\alpha^2 + \beta^2 + h^2)^{1/2}$ ve $A = (a_2 - a_1)(b_2 - b_1)$ olarak tanımlanır. (3) no.lu bağıntının h 'ye göre integralinin alınması sonucu yaklaşık anomali bağıntısına ulaşılr.

$$\Delta T(x, y, 0) = A \left[(G_1 \beta + G_2 \alpha) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) + G_3 C_1 \frac{\alpha \beta}{(\alpha^2 + \beta^2)} - \frac{G_4 (C_1 \beta^2 + C_2)}{(\alpha^2 + \beta^2)} - \frac{G_5 (C_1 \alpha^2 + C_2)}{(\alpha^2 + \beta^2)} \right] \quad (4)$$

$$\text{Burada; } \alpha = \frac{a_1 + a_2}{2} - x', \quad \beta = \frac{b_1 + b_2}{2} - y',$$

$$R_1 = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2 + h_1^2}, \quad R_2 = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2 + h_2^2},$$

$$C_2 = \left[\frac{h_1}{R_1} - \frac{h_2}{R_2} \right] \text{ ve } C_1 = \left[\frac{h_2}{R_2} - \frac{h_1}{R_1} - \frac{2C_2}{(\alpha^2 + \beta^2)} \right]$$

olarak tanımlanır. (4) no.lu bağıntı $(a_2 + 2) > x > (a_1 - 2)$ ve $(b_2 + 2) > y > (b_1 - 2)$ ile tanımlanan aralıklar hariçindeki tüm noktalarda geçerli olup, logaritmik ve aro-tanjantlı terimler içermemesi nedeniyle, manyetik anomali ve parametrelere türev değerlerinin hesaplanması daha az bilgisayar zamanı gerektirir. Anomalinin hesaplandığı işlemler sırasında ilk birkaç yinelemede doğruluk daha az önemli olduğundan, gözlem düzlemi üzerinde prizmanın yatay izdüşümünün tanımlandığı alan dışındaki tüm noktalarda ve yatay izdüşümün sınırlarına komşu ilk iki noktada yaklaşık anomali bağıntısı kullanılabilir. Prizmanın üzerinde ya da yakın civarında anomaliyi hesaplamak için tam anomali bağıntısının kullanılması gerekir.

TERS ÇÖZÜM YÖNTEMİ VE YAPI PARAMETRELERİNİN SAPTANMASI

Mıknatıslanmış prizmatik bir yapı C rejyonal sabiti dışında 12 yapı parametresi ile tanımlanmıştır. Prizmatik yapının yatay ve düşey koordinatları olan $a_1, a_2, b_1, b_2, h_1, h_2$ ilk altı parametreyi oluşturmaktadır. Diğer yapı parametreleri mıknatıslanma şiddeti (EI), coğrafik kuzeye göre prizmatik yapının konumu (θ), mıknatıslanma vektörünün deklinasyonu (D_0) ve inklinasyonu (I_0), yer manyetik alanının deklinasyonu (D) ve inklinasyonu (I)'dır. Son iki parametrenin (I ve D) bilinmediği varsayılır. Yapıya ilişkin bilinmeyen parametreler Marquardt algoritması kullanılarak doğrusal olmayan ters çözüm işlemi ile saptanır. Bir başlangıç model ile başlatılan ters çözüm işlemi, hataların farklarının kareleri toplamı olan ve

$$f = \sum_{i=1}^{M_x} \sum_{j=1}^{M_y} \left[\Delta T_{göz}(i, j) - \Delta T_{hes}(i, j) \right]^2 \quad (5)$$

ile tanımlanan işlevi en küçük yapmak için parametrelerin değişimi ile tekrarlanarak sürdürülür. $\Delta T_{göz}$ ve ΔT_{hes} sırasıyla gözlenen ve hesaplanan değerleri gösterir. N_b prizmatik yapı sayısı ve N_p her bir prizmatik yapının bilinmeyen parametre sayısı olmak üzere toplam parametre sayısı,

$$N = (N_b \cdot N_p) + 1$$

olur. Böylece birden fazla prizmanın oluşturduğu anomalilerin toplam olan $[\Delta T_{göz}(i, j)]$ gözlenen anomalinin ters çözümü,

$$\sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^{M_x} \sum_{j=1}^{M_y} \frac{\partial \Delta T(i, j)}{\partial P_k} \frac{\partial \Delta T(i, j)}{\partial P_k} (1 + \delta_{kl} \lambda) dP_k = \sum_{i=1}^{M_x} \sum_{j=1}^{M_y} \left[\Delta T_{göz}(i, j) - \Delta T_{hes}(i, j) \right] \frac{\partial \Delta T(i, j)}{\partial P_k} \quad (6)$$

anımlanır. Bu bağıntıda $\ell = 1$ 'den N 'e kadar değer

olarak tanımlanır. Bu bağıntıda $\ell = 1$ 'den N 'e kadar değerler alır ve δ_{kl} de kronecker delta olarak bilinir.

$$\delta_{kl} = \begin{cases} 1, & k = l \\ 0, & k \neq l \end{cases}$$

(6) no.lu bağıntıda yer alan λ ; Marquardt sönüm parametresini, P_k ise bölgenin rejyonel değeri C ile her bir prizmanın $a_1, a_2, b_1, b_2, h_1, h_2, I_0, D_0, \theta$ EI parametrelerinin her birini simgeler. $\partial \Delta T / \partial P_\ell$ işlemi, P_ℓ parametresine göre anomalinin türevini, δP_k ise k 'nci parametrenin çözümü sonucu elde edilen ve sonuçta o parametrenin başlangıç değerine eklenen artım veya yazılım değerini simgeler. Çözüm sırasında λ sönüm değeri deneme yanılma yolu ile seçilerek (5) no.lu işlevin değeri azaltılır. (6) no.lu bağıntının matris gösterimi;

$$[D] \cdot [B] = [P] \quad (7)$$

olarak yazılabilir. Bu bağıntıda $[D]$; elemanları bilinen kare katsayılar matrisini, $[B]$; bilinmeyen parametrelerin çözüm sonucu saptanacak artım değerlerini gösteren sütun matrisi, $[P]$ ise elemanları bilinen sütun matrisi göstermektedir. Bu matrislerin matematiksel tanımı;

$$[D] = \sum_{i=1}^{M_x} \sum_{j=1}^{M_y} \frac{\partial \Delta T(i, j)}{\partial P_\ell} \frac{\partial \Delta T(i, j)}{\partial P_k} (1 + \delta_{k\ell} \lambda) \quad \left\{ \begin{array}{l} \ell = 1, 2, \dots, N \\ k = 1, 2, \dots, N \end{array} \right.$$

$$[B] = dP_k \quad , \quad k = 1, 2, \dots, N$$

$$[P] = \sum_{i=1}^{M_x} \sum_{j=1}^{M_y} \left[\Delta T_{\text{göz}}(i, j) - \Delta T_{\text{hes}}(i, j) \right] \frac{\partial \Delta T(i, j)}{\partial P_\ell} \quad , \quad \ell = 1, 2, \dots, N$$

olarak yazılabilir. $[D]$ matrisinin köşegen elemanları (1+2) değeri ile çarpılarak bakışının ve pozitif tanımlı bir matrise dönüşür. Bu özelliği nedeniyle $[D]$ matrisinin ters çözümü için Bhattacharyya (1980) tarafından önerilen Cholesky ayrıştırma yöntemi kolaylıkla kullanılabilir. $[D]$ matrisi bakışım ve pozitif tanımlı bir matris olduğundan, sadece alt köşegen elemanlarının hesaplanması çözüm için yeterlidir.

Ters çözüm işlemi için gerekli olan yapı parametrelerinin başlangıç değerleri ya manyetik anomali haritasında ya da mevcut jeolojik bilgilere dayanılarak seçilir. Prizmatik yapıların yeri ve yatay yöndeki boyutları genellikle manyetik anomali haritasındaki minimum ve maksimum kapanımların konumuna göre belirlenir. Başka bilgi yoksa, miknatıslanma vektörünün eğim (inklinasyon) ve sapma açısının (deklınasyonu) başlangıç değerleri ya manyetik alanının eğim ve sapma açılarıyla aynı olduğu kabul edilir.

Ters çözüm işleminde, (5) no.lu bağıntıyla tanımlanan f_1 işlevi bir başlangıç model için saptanır. Başlangıçta λ sönüm parametresine 0.5 değeri verilerek dP_k artım değerleri elde edilir. (6) no.lu bağıntıdaki bilinmeyen parametrelere göre kısmi türevler ise sayısal veya analitik olarak hesaplanabilir. (6) no.lu bağıntının Cholesky ayrıştırma yöntemiyle çözülmesi sonucu saptanan parametre artım değerleri başlangıç değerlerine eklenerek f_2 işlevi hesaplanır. Eğer $f_2 \leq f_1$ ise yineleme adımı başarılıdır ve λ sönüm parametresinin değeri 1/2 oranında azaltılarak f_2 değeri f_1 'e atanır. Bu işlem optimum değere ulaşıncaya kadar yinelenenir. Eğer yinelemenin herhangi bir adımında $f_2 > f_1$ ise işlem başarısızdır. Bu durumda λ sönüm parametresinin değeri 2 ile çarpılarak bilinmeyen parametre değerindeki artımların saptanması için (6) no.lu bağıntı tekrar hesaplanarak f_1 değeri ile karşılaştırılır. Bu işlem $f_2 < f_1$ oluncaya kadar yinelenir. Koşul sağlandığında hataların farklarının kareleri olarak tanımlanan işlevin değeri olan yakınsaklık ölçeği aynı değerde kalır veya farklı parametrelerin artım değerleri ihmal edilebilir.

KURAMSAL UYGULAMALAR

Yöntemin işlerliğinin araştırılması için yapılan uygulama iki aşamadan oluşmuştur. Birinci aşamada yapı parametreleri bilinen üç boyutlu bir modelin toplam bileşen anomali oluşturulmuş, ikinci aşamada ise bu anomali değerlerinden hareketle, üç boyutlu ters çözüm bilgisayar programı kullanılarak, model yapının parametre değerleri saptanmaya çalışılmıştır.

Şekil 2'de tek bir model yapı için elde edilmiş kuramsal toplam manyetik alan anomali görülmektedir. Anomali haritasının değerleri, x ve y yönünde eşit aralıklarla örneklenmiş noktalarda, Çizelge 1'de verilen parametre değerleri kullanılarak hesaplanmıştır.

Hesaplama sırasında yer manyetik alanının inklinasyonu ve deklınasyonu sırası ile 65° ve 3° olarak alınmıştır. Prizmatik yapının coğrafik kuzeyle yaptığı θ açısı ile yapının yatay koordinatlarının başlangıç değerleri (a_1, a_2, b_1, b_2) anomali haritasının yapısına uygun olarak belirlenip Şekil 2'deki anomali haritası üzerinde başlangıç model kesikli çizgi ile saptanan model ise düz çizgiyle gösterilmiştir. Prizmanın üst derinliğinin başlangıç

Çizelge 1. Prizmatik model yapı ve parametreleri.

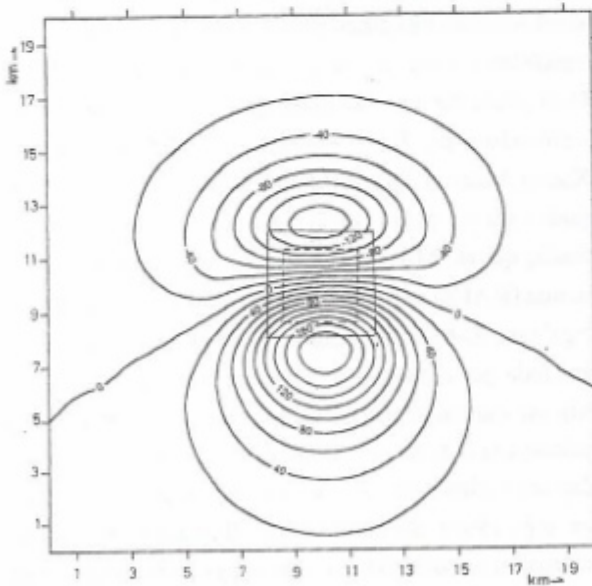
Table 1. Parameters of model rectangular prismatic body.

Model Yapı	Yapı Parametreleri									
	a_1 km	A_2 km	b_1 km	b_2 km	h_1 km	h_2 km	I_0 (derece)	D_0 (derece)	θ (derece)	$EI=kF$ (c.g.s)
Kuramsal	8.0	12.0	8.0	12.0	2.0	6.0	15	2	0	225.
Başlangıç	8.7	11.2	8.7	11.2	2.4	5.6	16.5	4.	0	180.
Saptanan	8.2	12.01	8.01	11.97	2.02	5.93	15	2.	0.07	231.7

değeri $h_1 = 2.4$ km, alt derinliğinin başlangıç değeri ise $h_2 = 5.6$ km olarak tanımlanmıştır. Prizmatik yapının mıknatıslanma vektörünün inklinasyon ve deklinasyon açılarının başlangıç değerleri sırasıyla $I_0 = 16.5^\circ$ ve $D_0 = 4.0^\circ$ olarak tanımlanmıştır. Yineleme sayısı 20 olarak alındığında objektif fonksiyonun değeri oldukça azalmıştır. Model yapıya ait kuramsal, başlangıç ve saptanan değerler Çizelge 1'de görülmektedir.

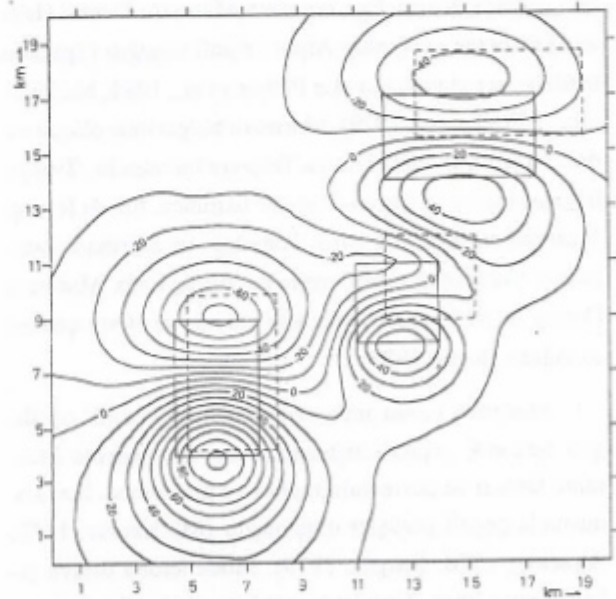
Şekil 3'de de prizmatik üç yapı modeli için elde edilmiş kuramsal manyetik alan anomali görülmektedir. Anomali haritasının değerleri, tek yapı modelinde

olduğu gibi, x ve y yönünde 1 km aralıklarla örneklenmiş noktalarda Çizelge 2'deki parametre değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. Yer manyetik alanının inklinasyonu enklasyonu sırası ile 65° ve 3° olarak alınmıştır. Prizmatik yapıların coğrafik kuzeyle yaptığı θ açısı ile yapıların yatay koordinatlarının başlangıç değerleri konut haritasının yapısına uyfun olarak belirlenip başlangıç model konut haritasının üzerinde kesikli çizgi ile saptanan model ise düz çizgi ile gösterilmiştir. Prizmatik yapıların başlangıç değerleri ve 20 yineleme sonucunda elde edilen parametre değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Tek prizmatik yapı modeli için saptanan toplam manyetik alan anomali kontur haritası.

Figure 2. Synthetic total field magnetic anomaly contour map for a single prismatic body.



Şekil 3. Üç prizmatik yapı modeli için saptanan toplam manyetik alan anomali kontur haritası.

Figure 3. Synthetic total field magnetic anomaly contour map of three prismatic bodies.

Çizelge 2. Üç prizmatik yapı modeli

Table 2. TParameters of three rectangular prismatic bodies.

Yapı Sayısı	Model	a ₁ (km)	a ₂ (km)	b ₁ (km)	b ₂ (km)	h ₁ (km)	h ₂ (km)	l ₀ (derece)	D ₀ (derece)	θ (derece)	EI=kF (cgs)
1	Kuramsal	4.	9.	4.5	7.5	2.	5.	15	2	0	135.
2		8.	11.	11.	14.	1.	3.	18	3	0	45.
3		14.	17.	12.	17.5	2.5	6.	15	3	0	90.
1	Başlangıç	4.4	9.9	4.95	8.25	2.2	5.5	16.5	2.2	0	148.
2		8.8	12.1	12.1	15.4	1.1	3.3	19.8	3.3	0	49.5
3		15.4	18.7	13.2	19.2	2.75	6.6	16.5	3.3	0	99.
1	Saptanan	4.11	9.07	4.38	7.42	1.92	5.	15.09	2.24	0.9	135.
2		7.89	10.86	11.06	14.06	0.93	3.	18.46	2.54	-0.4	40.
3		13.35	16.65	12.65	17.81	2.35	6.	15.46	3.16	-1.8	90.

MARMARA DENİZİNİN JEOLJİSİ VE TEKTONİĞİ

Marmara Denizi'nin yapısı, Kuzey Ege Denizi'ndeki morfolotektonik özelliklere sahiptir. Ganosdağı bölgesinin aktif fayları Kuzey Ege'yi Marmara Denizi'ne bağlar. Bu bölgenin genel iskeleti (Saros Körfezin-den geçerek Kuzey Ege boyunca Marmara Denizi Havzası) nispeten genç olup Alpin orijinli kuşağın yapısının üstünde yer almaktadır (Le Pichon et al., 1984; Mc Kenzie, 1978; Şengör, 1979). Marmara bölgesinde oluşan en önemli jeolojik olay Trakya Tersiyer havzasıdır. Trakya havzası kuzey ve kuzey-doğuda Istanca, batıda Rodop Masifleri ve güneyde Biga, Kapıdağı ve Marmara Adaları ve Samandağ masifleriyle çevrilmiş olup, Marmara Denizi'ni de kısmen içine alan büyük ve derin çökme çanağıdır (Ketin 1983).

Marmara havzasının jeolojisinin en önemli özelliğini tektonik yapısı oluşturmaktadır. Bu nedenle Marmara Denizi ve çevresinin fayları ve plaka modelleri konusunda çeşitli görüşler oluşmuştur (Mc Kenzie, 1972; Alptekin, 1978; Şengör, 1979). Modellerden ortaya çıkan sonuca göre, Arap levhası Afrika ile birlikte kuzeye Avrasya'ya doğru hareket etmektedir. Ancak, Arap levhasının kuzeye hareketi Afrika levhasından daha fazladır. Bu durum, Doğu Anadolu'da Avrasya ile yeni bir sı-

kışma meydana getirerek, Anadolu plakasının Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu transform fayları boyunca saat istikametinin tersine bir hareketle batıya doğru itilmesine ve Ege plakasının güneyindeki Akdeniz litosferine bindirmesine neden olur. Ayrıca, Batı Anadolu ve Ege'de yaklaşık K-G yönlü bir genişleme tektoniği söz konusudur. Şengör (1982) buradaki hareket mekanizmasının Anadolu bloğunun batıya doğru hareketinin Yunan makaslama zonu boyunca frenlenmesi sonucu bölgede D-B yönlü bir açılımın geliştiğini belirterek sistemi ayrıntılandırmıştır. Bu sistemi oluşturan en büyük kanıt ise Kuzey Anadolu Transformu boyunca oluşan atımın doğudan batıya doğru 40 km'den 25 km'ye düşmesidir. Sonuç olarak, Marmara Denizi Kuzey Anadolu Fay Zonunun (KAFZ) sağ yönlü hakim yanal atımlı hareketi ile Ege'deki K-G yönlü açılma ve D-B graben gelişmesi arasında yer almaktadır. Gravite verilerinin değerlendirilmesi sonucu Marmara Denizi havzasında Kuzey Ege çukurunda olduğu gibi bir Moho yükseliminin varlığından söz edilebilir (Brooks and Kiriakidis, 1986; Ergün ve diğ., 1995). Bu durumda, D-B uzanımlı normal fay sistemleri ise kalmakta bir incelmeyi de beraberinde getirmektedir. Bu tektonik hareketlilik Marmara Denizi'nde doğrultu atımlı büyük fay segmentleri arasında pull-apart (çek-ayır) yapıların oluşmasına neden olmuştur (Barka and Kadinsky - Cade, 1988, Özel, 1992).

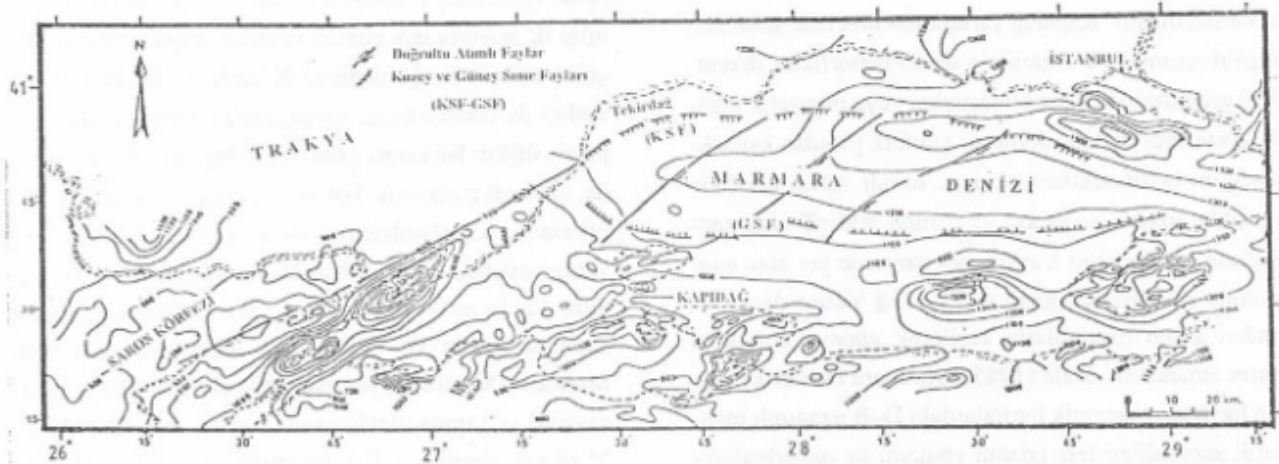
MARMARA DENİZİ MANYETİK ANOMALİLERİ

Marmara Denizi havzasında görülen manyetik anomaliler genellikle magmatik kayalarla ilişkilidir. Marmara Denizi havzasının kuzey kenarı boyunca D-B yönünde uzanan anomaliler (Şekil 4), uzun dalga boyuna sahip olup kaynağı oldukça derinde olan yapılar tarafından oluşturulurlar. Manyetik anomalilere neden olan bu yapıların derinlikleri 3–3.5 km olarak saptanmıştır (Ergün, 1990; Kale, 1985). Ayrıca D-B uzanımlı bu manyetik anomaliler Marmara Denizinin batısına doğru KAF'ın kuzey kanadındaki doğrultu atımlı faylarla güneye doğru yer değiştirmişlerdir.

Marmara Denizi'nin güney platformu kısa dalga boylu manyetik anomalilerle örtülmüştür. Bu anomalilerin başlıca nedeni Biga yarımadası ve daha güneydeki Eosen–Miyosen volkanikleri ile bölgedeki granitler ve volkaniklerdir (Ergün, 1977). Bu volkanikler yırtılma ve ayrılma tektoniğinin (*Distension Tectonics*) neden olduğu bölgede gözlenen aktif faylanma ile ilişkili olan manyetik anomalilerin temelinin oluşturan andezitik volkaniklerdir. Bu genç volkanikler bölgede görülen manyetik anomalilerin nedeni olarak görülürler. Armutlu Yarımadası'nda yüzeyleyen ofiyolitler de bu manyetik ano-

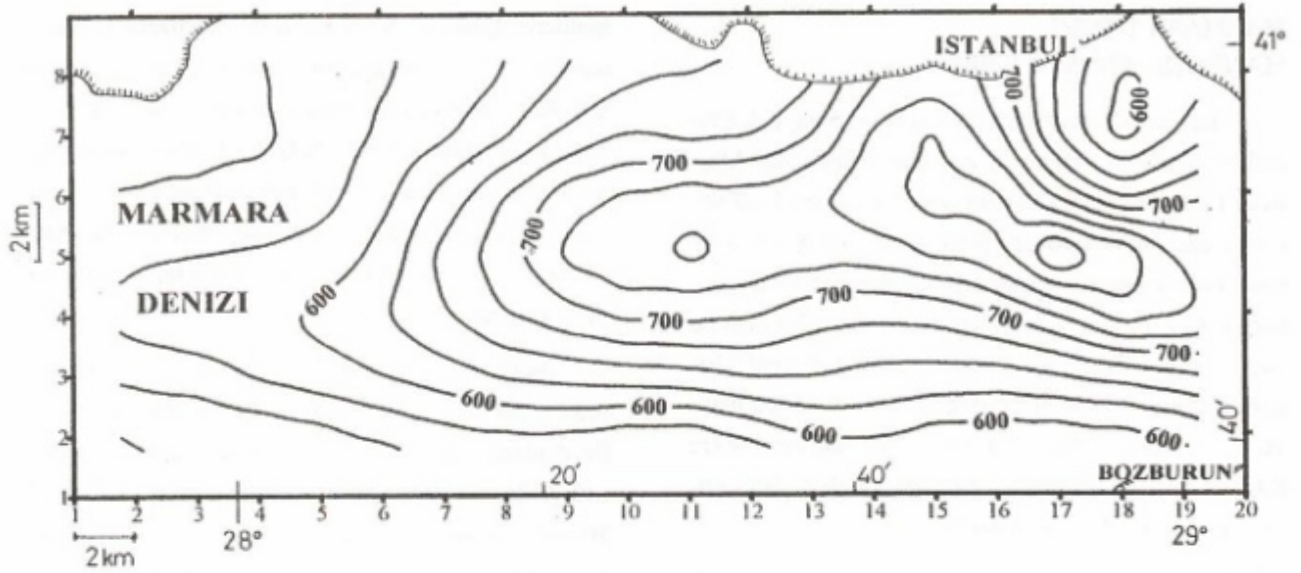
malilerle ilişkilidir. Saros Körfezi'nde düzenli manyetik anomaliler bulunmamaktadır. Ganosdağı'nın güneyinde GB–KD yönde uzanan başlıca manyetik anomaliler kuzeydeki doğrultu atımlı fayla Gelibolu Yarımadası'nı sınırlar. Bu manyetik anomalilerin nedeni özellikle Marmara Denizi'nin batı kıyılarındaki ofiyolitlerdir. Saros Körfezi'nin kuzeyindeki volkanik kayalar da aynı manyetik anomalilerle ilişkilidir.

Bu durum, Marmara Denizi'nin orta ve kuzey kesimini kapsayan alanda R.V.K. Piri Reis araştırma gemisi ile denizde yapılan ölçümler sonucu saptanan toplam manyetik alan haritasında da izlenmektedir (Şekil 5). Haritalarda bölgenin ortasından kuzeye doğru D–B doğrultusunda uzanan 900 nT değerine ulaşan bir anomali gözlenmektedir. İstanbul Boğazı çıkışından Tekirdağ'ın güneyine değin uzanan bu anomali dizisi içinde batıdan doğuya doğru yer alan 900 nT üzerindeki anomali kapamalarının Marmara Denizi'ndeki derin deniz çukurları ile ilişkili olduğu düşünülebilir. Olaya neden olan kaynağın ise Paleozoik oluşukların altındaki Prekambriyen yaşlı metamorfikler içerisinde bulunan plütoniklerden ileri geldiği sanılmaktadır. Marmara Denizi'nin güneyi, kuzeyindeki tekdüzelikten farklı ve karmaşıktır. Ekşioğlu (1991), önceki çalışmalara dayalı olarak yaptığı de-



Şekil 4. Marmara Denizi havzasının havadan manyetik anomali kontur haritası (Ergün ve diğ., 1995) (Kontur Aralığı: 100 nT)

Figure 4. Aeromagnetic contour map of the Sea of Marmara basin (Ergün et al., 1995) (Contour Interval: 100 nT)



Şekil 5. R.V.K. Piri Reis araştırma gemisi ile ölçülen toplam manyetik alan anomali kontur haritası (Kontur Aralığı: 50 nT)

Figure 5. Observed total field magnetic anomaly contour map by R.V.K. Piri Reis research vessel (Contour Interval: 50 nT)

ğerlendirmede, manyetik anomalilerin Kapıdağ ile Armutlu Yarımada'nda ve İmralı Adası üzerinde yer aldığını belirtmiştir. 1600 nT'lık anomali değeri ile havzanın en büyük değerine sahip olan ve Samandağ üzerinde yer alan anomalinin nedeninin yüzlek veren batolitlerden, Bandırma ve Erdek Körfezleri üzerindeki anomalilerin de büyük bir olasılıkla granitlerden kaynaklandığını vurgulamıştır. Kapıdağ yarımadası üzerinde gözlenen negatif anomalinin nedeninin de metamorfikler üzerindeki granitlerin köksüz olmasından veya manyetik özellik göstermeyen değişik bir tür granitik yapıdan kaynaklandığını belirtmektedir. Ayrıca, İmralı Adası üzerinde yer alan, uzunluğu 35 km ve genişliği 400 nT olan anomalinin ise Armutlu Yarımadası üzerinde yer alan anomalinin uzantısı olduğunu ve Kapıdağ Yarımadası üzerinden gelen uzanımlarla kesilerek güneye atıldığına işaret etmektedir. Kale (1985), Marmara Denizi'ne ilişkin havadan manyetik haritalardaki D-B uzanımlı manyetik anomalileri ters çözüm yöntemi ile değerlendirerek daykların genişliğinin yaklaşık olarak 2-4 km ve derinliklerinin de 2 ile 3 km arasında değiştiğini saptamıştır.

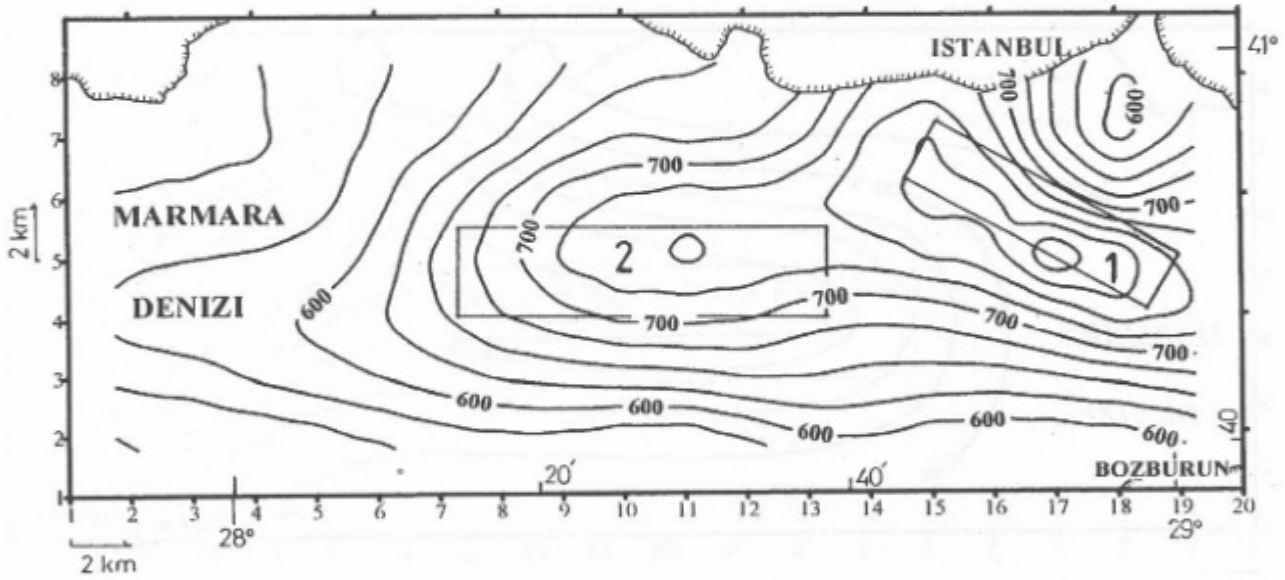
MARMARA DENİZİ ANOMALİ HARİTASININ ÜÇ BOYUTLU TERS ÇÖZÜM UYGULAMASI VE SONUÇLARI

Marmara Denizi'nde 27° 50' 00" - 29° 05' 00" E ve 40° 30' 00" - 41° 00' 00" N koordinatları arasında yer alan bölgenin toplam manyetik anomali haritasının yorumu için düşey prizmatik cisimler model olarak kullanılıp üç boyutlu ters çözüm yöntemi uygulanmıştır. Ölçülen toplam manyetik anomali haritası 2 km örnekleme aralığı ile örneklenmiş, varsayılan prizmatik model yapılarına ilişkin başlangıç parametre değerlerinin seçiminde, anomali haritası ile bölgenin jeolojik ve tektonik bilgilerinden yararlanılmıştır. Model yapıların konumu ve yatay boyutları anomali haritasının minimum ve maksimum kapanımlarına dayanarak şekilde alınarak çalışma alanında uygun iki model yapı seçilmiştir (Şekil 6). Marmara Denizi'nde yer manyetik alanının eğim (inklinasyon) ve sapma (deklinasyon) açıları sırası ile 56° ve 2° olarak alınmıştır. Yer manyetik alan değeri (45000 nT) ölçüm değerlerinden çıkarılarak verilere üç boyutlu ters çözüm uygulanmış, üç ayrı başlangıç modele göre elde edilen değerler Çizelge 3'de gösterilmiştir.

Çizelge 3. Marmara Denizi prizmatik model parametrelerinin yorumu.

Table 3. Interpreted parameters for the prismatic models of Marmara Sea.

	Yapı No.	Yapı Parametreleri									
		a ₁ (km)	a ₂ (km)	b ₁ (km)	b ₂ (km)	h ₁ (km)	h ₂ (km)	I ₀ (derece)	D ₀ (derece)	θ (derece)	EI=kF (cgs)
1. Başlangıç Model	I. Yapı	24.	25.4	20.4	28.4.	2.5	4.	56	2	30	157.
	II. Yapı	6.4.	8.8	13	24.4.	3.	4.5	56	2	0	92.
Saptanan Model	I. Yapı	23.6	25.4	13.9	29.1	2.5	10.	56	2	30	224
	II. Yapı	4.5.	10	10.2	25.2	2.6	5	56	2	-4	139
2. Başlangıç Model	I. Yapı	22.	24.8.	18	27.6	2.5	4.	56	2	30	157.
	II. Yapı	5.6	8.4.	12.	25.2.	3	4.5	56	2	0	92.
Saptanan Model	I. Yapı	22.1	24.7	18.3	30.7	2.39	5.7	56	2	29.7	194.7
	II. Yapı	2.9	13.5	12	32.3	2.8	5	56	2	-8.2	165.
3. Başlangıç Model	I. Yapı	22.8	24.	18.4	26.8	2.5	4.	56	2	30	157
	II. Yapı	6.	9.	12.6	24.8	3.	4.5	56	2	0	92
Saptanan Model	I. Yapı	22.5	25.1	14.6	29.7	2.59	9.7	56	2	30.2	206.
	II. Yapı	5.1	10.9	11.2	25.5	2.65	5	56	2	-1.5	143

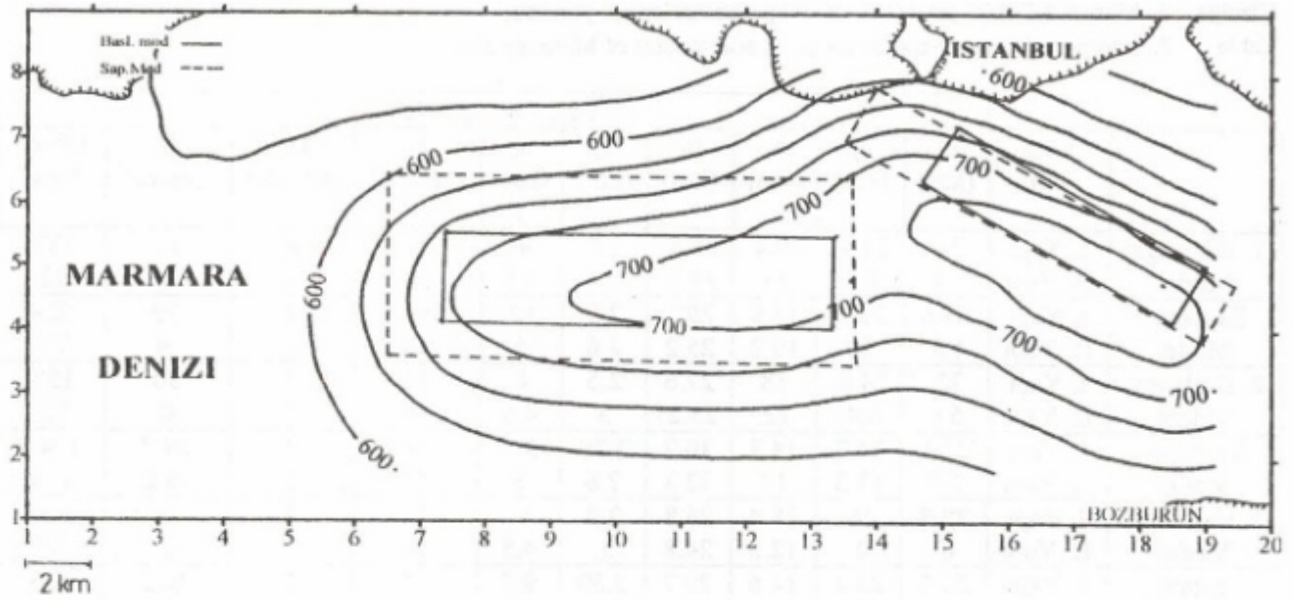


Şekil 6. Bölge için seçilen prizmatik model yapıların konumları.

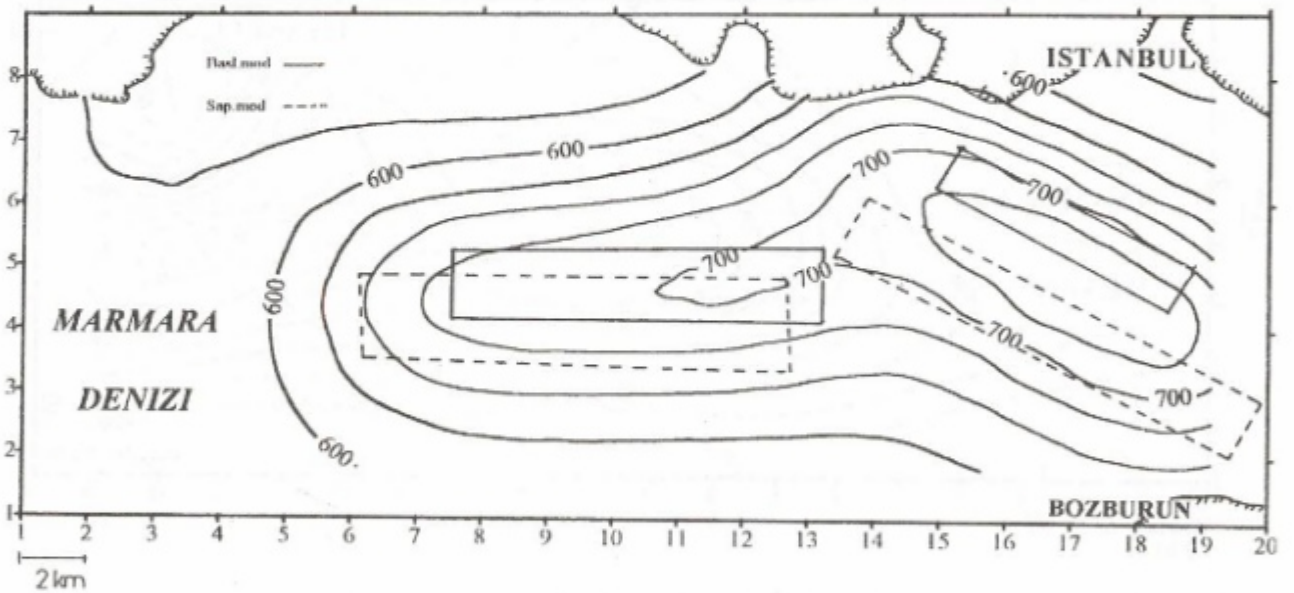
Figure 6. Location of the prismatic model bodies for the region.

Ters çözüm sonuçlarına göre birinci yapının üst yüzünün derinliği 2.5 km, ikinci yapının üst yüzünün derinliği ise 2.7 km civarında saptanmıştır. Bu sonuçlar, aynı bölgede daha önce yapılan araştırmaların sonuçları ile de benzerlikler taşımaktadır. Çizelgedeki sonuçlara bakıldığında, birinci yapının ikinci yapıya oranla daha

derinlere uzandığı görülmektedir. Saptanan yapı parametreleri ile ilişkili manyetik anomali haritaları ise Şekil 7, 8 ve 9'da verilmektedir. Bu anomali haritaları ile ölçülen anomali haritası arasında çok büyük bir benzerlik ve uyumluluk görülmektedir.



Şekil 7. 1. Başlangıç model için saptanan yapı parametreleri ile ilişkili toplam manyetik alan anomali kontur haritası.
Figure 7. Total field magnetic anomaly contour map related with determined model parameters for the 1. initial model.

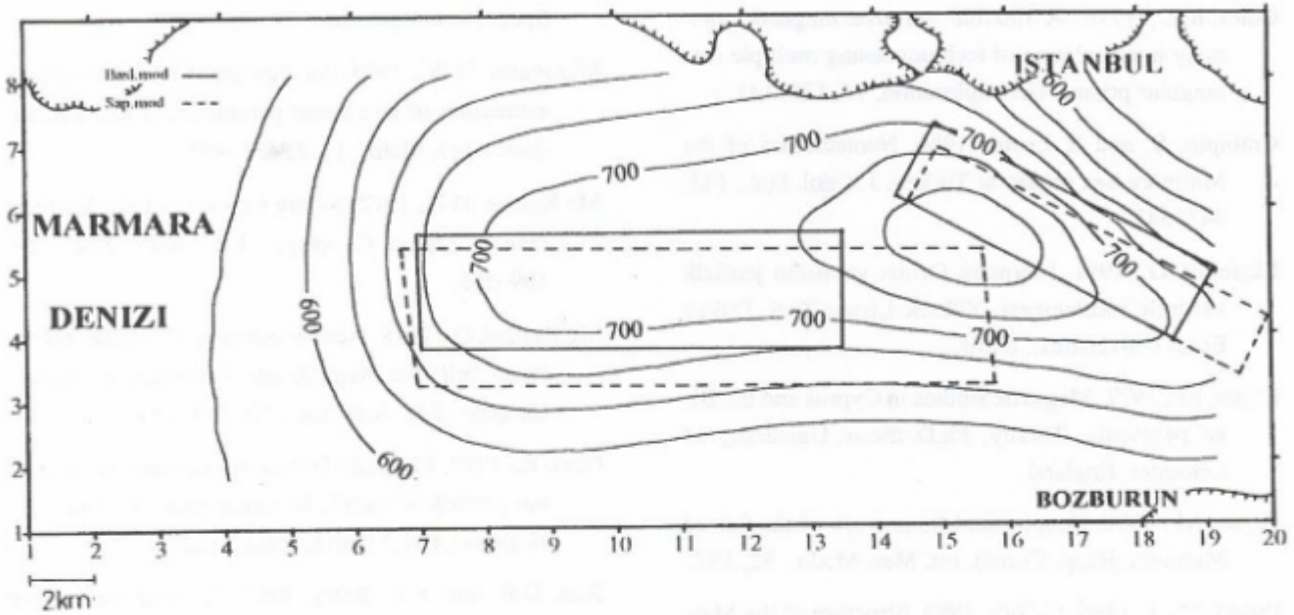


Şekil 8. 2. Başlangıç model için saptanan yapı parametreleri ile ilişkili toplam manyetik alan anomali kontur haritası.
Figure 8. Total field magnetic anomaly contour map related with determined model parameters for the 2. initial model.

SONUÇLAR

Çalışmada kullanılan yöntem, prizmatik yapıların oluşturduğu manyetik anomalilerin üç boyutlu ters çözümünün daha hızlı ve kolay yapılabilmesine olanak sağlamaktadır. Gerçek arazi anomalilerinin yorumlan-

ması için parametrelerin başlangıç değerlerinin seçiminde, kontur haritası ile bölgenin jeolojik bilgilerinden yararlanılır. Bu değerlerin doğru seçilmesi sonuçların sağlıklı olması açısından önemlidir. Ters çözümün tekil olmamasından dolayı, gerçek verilere yöntem uygulandığında, sonuçlarda bazı hatalar olabilir. Fakat, yöntem



Şekil 7. 3. Başlangıç model için saptanan yapı parametreleri ile ilişkili toplam manyetik alan anomali kontur haritası.

Figure 7. Total field magnetic anomaly contour map related with determined model parameters for the 3. initial model.

belirli bir jeolojik yapıyı çözümlemede çabuk ve yol gösterici yaklaşım getirdiğinden tercih edilebilir.

Marmara Denizi manyetik anomalilerine üç boyutlu ters çözüm uygulanması sonucunda, İstanbul adalarının (Burgaz, Heybeli, Büyükada) güneyindeki yapıda manyetik duyarlılığın yüksek ve üst yüzey derinliğinin yaklaşık 2.5 km olduğu bulunmuştur. Aynı anomali üzerinde Kale (1985)'de yaptığı iki boyutlu dayk modeli çözümlemesinde, yapının üst derinliğini yaklaşık 2.5-3 km olarak belirtmiştir. Yöntemin uygulandığı diğer bir yapı ise, ilk yapıdan daha batıda ve hemen hemen Marmara Denizi'nin ortasında yer almaktadır. Bu yapının üst yüzey derinliğinin diğerine çok yakın olduğu saptanmıştır. Fakat bir yön değişimi gözlenmektedir. Söz konusu değişimin nedeninin yapının Marmara Denizi'ni tektonik olarak etkileyen doğrultu atımlı KAF'nın kuzey kolunun bölgedeki K-G yönlü açılma ve D-B yönlü sıkışmanın etkisinde kalarak yön değiştirmesinden etkilendiği ve ötelenerek GB doğrultusunda ve daha sığda olduğu düşünülebilir. Marmara Denizi'nin güneyindeki anomaliler (Kapıdağ, İmralı ad. vd. üzerindeki) çalışma alanı dışında kaldığından değerlendirmeye alınmamışlardır.

KATKI BELİRTME

Çalışmanın yayına hazırlanma sırasında görüş ve önerilerinden yararlandığımız Sayın Prof.Dr. Mustafa Ergün'e teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Alptekin, O., 1978. Batı Anadolu depremlerinin odak mekanizmaları ve bunların aktif tektonik ile ilişkileri, Jeofizik, 7, 3, 1-34.
- Barka, A.A. and K. Kadinsky-Cade, 1988. S trike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity, Tectonics, 7, 663-684.
- Bhattacharyya, B.K., 1964. Magnetic anomalies due to prismshaped bodies with arbitrary polarization, Geophysics, 29, 517-531.
- Bhattacharyya, B.K., 1980. A generalized multibody model for inversion of magnetic anomalies, Geophysics, 45, 2, 255-270.
- Brooks, M. and Kiriakidis, L., 1986. Subsidence of the North Aegean trough: an alternative view, Journ. Geol. Soc., London, 143, 23-27.

- Coles, R.L., 1976. A flexible iterative magnetic anomaly interpretation of technique using multiple rectangular prisms. *Geoexploration*, 14, 125-141.
- Crampin, S. and R. Evans, 1986. Neotectonics of the Marmara Sea region in Turkey, *J. Geol. Soc.*, 143, 343-348.
- Ekşioğlu, G., 1991. Marmara Denizi yapısının jeofizik verilerle incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Ergün, M., 1977, Magnetic studies in Cyprus and the Biga peninsula, Turkey, Ph.D. thesis, University of Leicester, England.
- Ergün, M., 1990. Geophysical framework of the Sea of Marmara, *Rapp. Comm. Int. Mer. Medit.*, 32, 137.
- Ergün, M., E. Özel, C. Sarı, 1995. Structure of the Marmara Sea basin in the North Anatolian Fault Zone, "Rifted Ocean-Continent Boundaries", NATO ASI Series, 463, 309-326.
- Kale, B., 1985. Manyetik anomalilerin ters çözüm yöntemiyle analizi ve Marmara Denizi verilerine uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Ketin, İ., 1983. Türkiye jeolojisine genel bir bakış, İ.T.Ü. Kütüphanesi, İstanbul.
- Kunaratnam, K., 1981. Simplified expressions for the magnetic anomalies due to vertic rectangular prisms, *Geophys. Prosp.* 29, 6, 883-890.
- Le Pichon, X., Lyberis, N. And Alvares, F., 1984. Subsidence history of the North Aegean through, in Dixon, J.E. and Robertson, A.H.F. (Eds), "The geological evolution of the Eastern Mediterranean", Spec. Publ. Geol. Soc., 17, 727-746.
- Marquardt, D.W., 1963. An algorithm for least squares estimation of non linear parameters, *Jour. Soc. Indust. Appl. Math.*, 11, 2, 431-441.
- Mc Kenzie, D.P., 1972. Active tectonics of the Mediterranean region, *Geophys. J.R. Astr. Soc.*, 30, 109-185.
- Mc Kenzie, D., 1978. Active tectonics of Alpine-Himalayan belt: the Aegean and surrounding regions, *Geophys. J.R. Astr. Soc.*, 55, 217-254.
- Özel, E., 1992. Marmara Denizi'nin neotektonik yapısının jeofizik yöntemlerle incelenmesi, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Rao, D.B. and N.R. Babu, 1991. A rapid method for three-dimensional modeling of magnetic anomalies, *Geophysics*, 56, 11, 1729-1737.
- Rao, D.B. and N.R. Babu, 1993. A Fortran - 77 Computer Program For Three - Dimensional Inversion of Magnetic Anomalies Resulting From Multiple Prismatic Bodies, *Computers & Geosciences*, 19, 6, 781-801.
- Şengör, A.M.C. 1979. The North Anatolian Transform Fault: its age, offset and tectonic significance, *J. Geol. Soc.*, 136, 269-282.
- Şengör, A.M.C., 1982. Ege'nin Neotektonik Evrimini Yöneten Etkenler, Batı Anadolu'nun Genç Tektoniği ve Volkanizması Paneli Kitabı, TJK, 59-75.
- Whitehill, D.E., 1973. Automated interpretation of magnetic anomalies using the vertical prism model, *Geophysics*, 38, 1070-1087.

10 x 10 METRELİK BİRİM KAZI PETEĞİNDE, JEOFİZİĞİN ARKEOLOJİK KAZIYA KILAVUZLUĞU : HİTİT İMPARATORLUĞU DÖNEMİ, KÜLHÖYÜK, ANKARA

Guidance of the Geophysics to Archaeological
Excavation in a 10 m x 10 m Square Unit:
Hittite Empire Period, Külhöyük, Ankara

Ahmet ERCAN^{1,2}, İlhan TEMİZSÖZ³

ÖZET

Arkeojeolojik ve arkeojeofizik araştırmalar; yüzey biçimi, toprak ve kaya türleri, kökenleri ve yerli yabancı olmalarına göre eski yerleşim alanlarının yerini, yerleşim alanı boyutunu, uygarlık yaşını belirlemek için yapılır. Külhöyük İç Anadolu Bölgesinde Ankara - Haymana İlçesi Oyaca kasabasıdır. Bundan yaklaşık 5000 yıl öncesi Tunç, Eski Hitit (2 kat), Hitit İmparatorluk katlı alanları olan yaklaşık höyük boyutu 200 x 250 m, tepe yüksekliği 1000 m, yaklaşık taban yüksekliği 986 m, yükseklik farkı 14 metre olup boyuna kesilmiş yarım yumurta biçimlidir.

Külhöyük boyutu 10 x 10 m olan 910 tane arkeolojik kazı peteğinden oluşur. 1992 yılından beri bu peteklerden 16 tanesi 1 ile 2 metre derinliğe dek kazılmıştır. 1995 jeofizik çalışma aşamasında T ve U kuşaklarında 36, V15 de 1 olmak üzere 37 petekde, 48229 jeofizik ölçü noktasında ayrıntılı Elektromanyetik, Elektrik, VLF, Manyetik, Radar, Yapay Uçlaşma (IP), Doğal Uçlaşma (SP) ve

ABSTRACT

Archeo-geological and archacogeophysical studies are conducted to delimit expansion of ancient settlement and to estimate age and level of civilization. Külhöyük settlement is in the form a artificial hill, looking like a longitudinally cut egg which has 250 meters of long axis, in NS direction. Apex has a height of 1000 meters and bottom level is about 986 meters, introducing a 14 meters of height difference. Oldest settlement starts at the bottom with Bronze age, 5000 years ago, continues with Hattic and ends with Hittite Emperor periods at the top. Settlement initiated on local basement rock which is Cretaceous aged karstic limestone and carbonated conglomerate. Essential fill of the hill is dominantly clay, sand and pebble. Main purpose to utilize combined geology, hydrogeology and geophysical technics at Külhöyük, are to find out; thicknesses of cultural layers, depth of original topography before the first settlement, depth of, sedimentation, locations of ancient creek, or springs, architectural style, and

1 Yeraltı Aramacılık, Spor Cd. Acısu Sk. No. 9/2 Maçka 80680 Beşiktaş, İstanbul.
Tel: 0212/227 77 19 - 20 Faks: 0212/ 259 45 80

2 İTÜ Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Ayazağa, İstanbul.

3 T.C. Kültür Bakanlığı Anıtlar ve Müze Müd., Anadolu Medeniyetleri Müzesi, ANKARA

Radyometrik yöntemlerle 88000 m² lik tüm höyük alanında seyrek (elektrik delgi, radar, sismik, radyometri, manyetik) ölçüler alınmıştır.

Duvarlar üzerinde VLF akım yoğunluğu, elektrik özdirenç yüksek değer, EM gerçel bileşen artı değer vermiştir. Jeoelektrik ölçümlerine göre 4 jeofizik özdirenç katının 4 ayrı uygarlık katına denk geldiği ve ilk yerleşim yüksekliğinin 990 m olduğu kestirilmiştir.

Yeraltının çeşitli derinliklerinde çıkarılan yatay ve düşey kesitlerine göre, kazı öncesi yönlendirme ve yerleşim katlarını bulmada jeofizik araştırmalar, arkeolojiye kazı zamanını ve giderini azaltma yönünde yararlı olmuştur.

walls and rooms, location of surrounding city walls, potters, hidden tunnel passages, gaps and clay fills, brick stove and rock quarry, metallic object, bones and graveyards and discrimination of different cultural levels. Külhöyük consists of 910 excavation cells each of which has a dimension of 10 by 10 meters. Since 1992, 16 of them has already opened up to depth of 1 or 2 meters. In the 1995 project period, combined geophysical technics, namely electromagnetics, D.C. Electrical Resistivity, VLF, Magnetism, Radar, Induced Polarization, Natural Polarization (SP), and Radiometry were run in 8.000 m² area. In addition, geological and hydrogeological surveying were run in 10 by 10 kms regional and 2x2 kms local area.

GİRİŞ

Külhöyük İç Anadolu Bölgesinde, Ankara Haymana ilçesi, Oyaca Kasabası sınırları içindedir. Ankaraya uzaklığı 55 km dir. Külhöyüğün Oyaca'ya uzaklığı 4 km, Ankara yoluna 2 km dir. KD'daki Dikilitaş köyüne 6 km uzaktadır. T.C. Kültür Bakanlığı Anıtlar ve Müzeler Genel Müdürlüğü'nün 17 Nisan 1992 gün ve 2358 sayılı kazı iznine dayanarak Anadolu Medeniyetleri Müzesi Müdürlüğü Ankara ili, Haymana ilçesi, Oyaca kasabası Külhöyük'te ilk kurtarma kazısını 15 Temmuz - 31 Ağustos 1992 tarihleri arasında başlatmıştır. Bundan yaklaşık 5000 yıl öncesi Tunç, Eski Hitit (2 kat), Hitit İmparatorluk katlı kalıntıları olan yaklaşık höyük boyutu 200x250 m, tepe yüksekliği 1000 m, yaklaşık taban yüksekliği 986 m, yükseklik farkı 11 metre olup boyuna kesilmiş yarım yumurta biçimlidir (Şekil 1 ve 2). Uzun eksen K45°B kısa eksen K45°D dur. Höyüğün üstüne oturduğu kaya birim erime boşluklu kireçtaşı ve karbonat katkılı konglomeradır. Tepenin ana dolgusu kil, kum, çakıl olup, yer yer 0.5 ile 1.5 metrelik siyah yanık ve kül izleri vardır. Höyük içinde kullanılan yapıtaşları, o çevrenin kayalarından elde edilmiş 20 ile 40 cm boylu kireçtaşları, yeşil, kırmızı andezit, erime boşluklu kireçtaşıdır.

JEOFİZİK ARAŞTIRMALARIN İLKESİ VE AMACI

Arkeojeofizik araştırmada kullanılacak jeofizik yöntemin türü ve uygulama biçimi; kalıntının yaş ve kökeninden kaynaklanan mimari yapıya, geçirdiği evrime, yeraltında duruşuna, fiziksel özelliğine, içinde bulunduğu jeolojik birime, iklim ve yüzey biçimine, kalıntı boyut, derinlik ve karmaşıklığına bağlı olarak değişir (Ercan 1991). Külhöyükte kazı, Kültür Bakanlığı Ankara Müzesince sürdürülmektedir. Jeofizik araştırmalar, arkeologlara kazı işlerinde ve uzun süreli iş tasarlamasında yönlendirme ve kılavuzluk amacıyla yapılmıştır. Başlangıçta Külhöyükteki jeofizik araştırmalar V15, U18, V18, V19 peteklerinin ayrıntılı çalışılması ve kültür (uygarlık-ekin) katı kalınlığının belirlenmesi ve güneydeki düzlüğün eskiden göl olup olmadığını araştırması ile sınırlandırılmıştır.

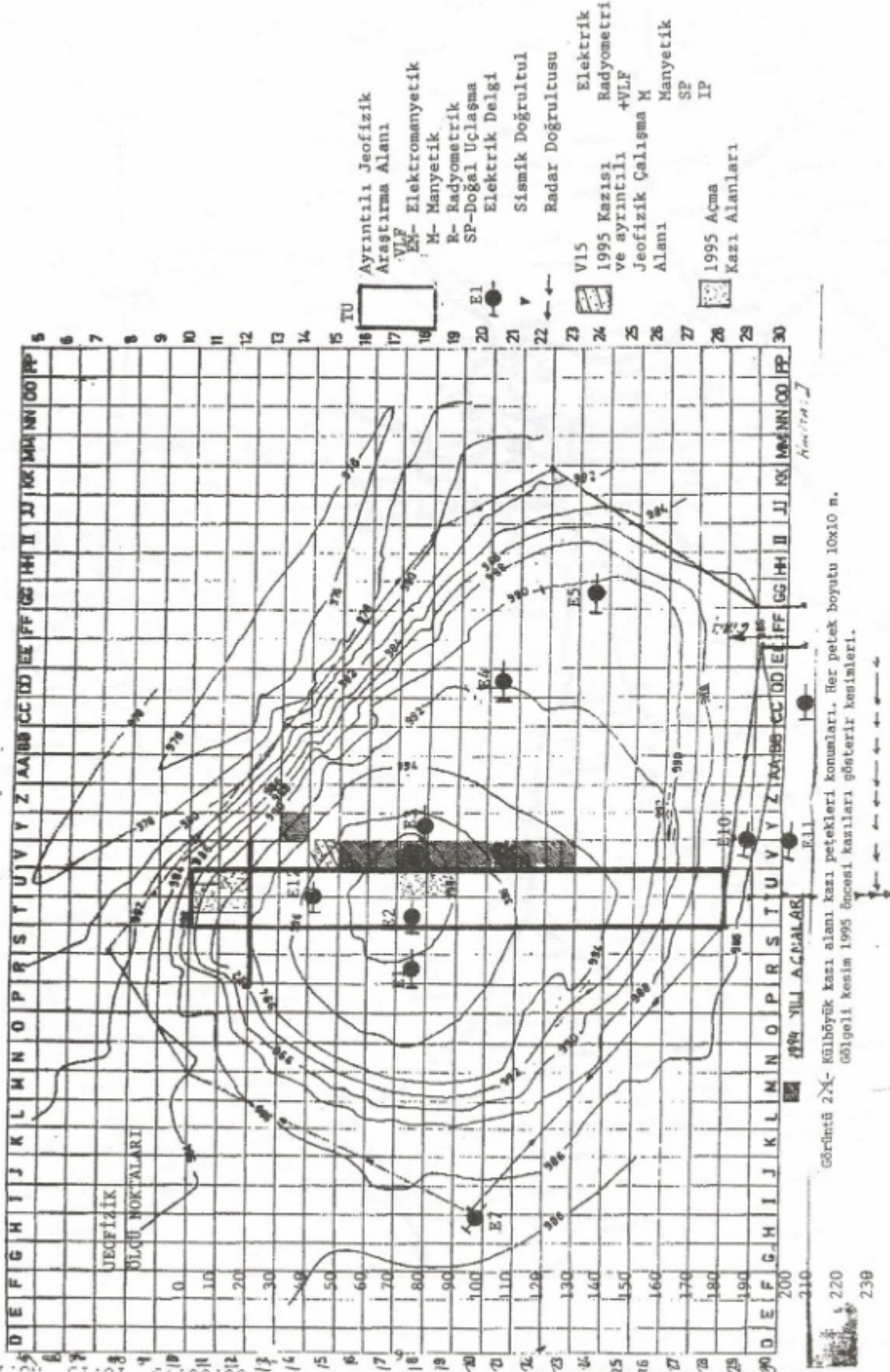
JEOFİZİK ARAMALAR

Arkeojeofizik araştırmalar: gömülü kalıntıların yerlerini, derinliklerini, biçimlerini ve uygarlık yaşını belirlemek için yapılır. Külhöyük'te jeofizik ve hidrojeolojik araştırmalar YERALTı ARAMACILIK Bilimsel Araştırma Kuruluşu laboratuvar olanaklarını kullanarak sürdürülmüştür. Dünyada ilk kez tüm jeofizik yöntemle-



Şekil 1. Külhöyük çalışma alanı bulduru haritası, Oyaca, Ankara.

Figure 1. Archaeogeophysics study area location map of Külhöyük, Oyaca, Ankara, Turkey.



Şekil 2. Külhöyük kazı alanı kazı petekleri konumları. Her petek boyutu 10x10 m. Gölgeledi kısım 1995 öncesi kazıları gösterir kesimleri.
 Figure 2. Excavation mash of Külhöyük study area. Each cell has a 10 by 10 dimension. Shaded area show the excavated sites completed before 1995.

rin bu ayrıntıda kullanıldığı yer Külhöyüktür. Kullanılan jeofizik yöntemler; **1. Yeraltı Radarı**, **2. Elektromanyetik** (Slingram-VC L, VLF), **3. Elektrik** (AC-DC), **4. Manyetik** (T-Toplam), **5- Radyometrik** (Spectrometre), **6- Sismik** (Kırılma-Yansıma), **7-IP** (Yapay Uçlaşma), **8- SP** (Doğal Uçlaşma), **9. VLF**, yöntemleridir. Değişimi incelenen değiştirgenler; ϵ - permittivite, σ - iletkenlik, ρ -özdirenç, k - mıknatıslanma duyarlılığı, r - radyasyon, v - sismik hız, i - yükün (ion) yoğunluğu olmuştur. Ayrıca, arkeohidrojeolojik çalışmalar 2000 x 2000 m'lik geniş alanda sürdürülmüştür. 1995 çalışmaları, boyu 180 m, eni 20 m olan T ve U kuşaklarında 1'er metre aralarla bir, iki ve üç boyutlu olarak çalışılmıştır (Şekil 2 ve 3).

Önceki Kazılar

İki yıllık kazı süresinde her biri yaklaşık iki aydan toplam 4 aylık etkin bir kazı yapılmıştır. Kazı yaklaşık KG doğrultusunda tepenin üst doğu yamacında ve KD yamacında sürdürülmüştür. Kazılmayan kesimde, yeraltı yapılarının yüzeysel izleri sıra taşlar ile ipucu veriler. Ayrıca höyüğün GB yamacında taşlarla örülü eni 100-200 cm, yüksekliği 120-150 cm olan iç-dış bağlantı ini yer alır. İnin görünür boyu 20 metre dolayında olup yaklaşık KG doğrultusunda uzanır.

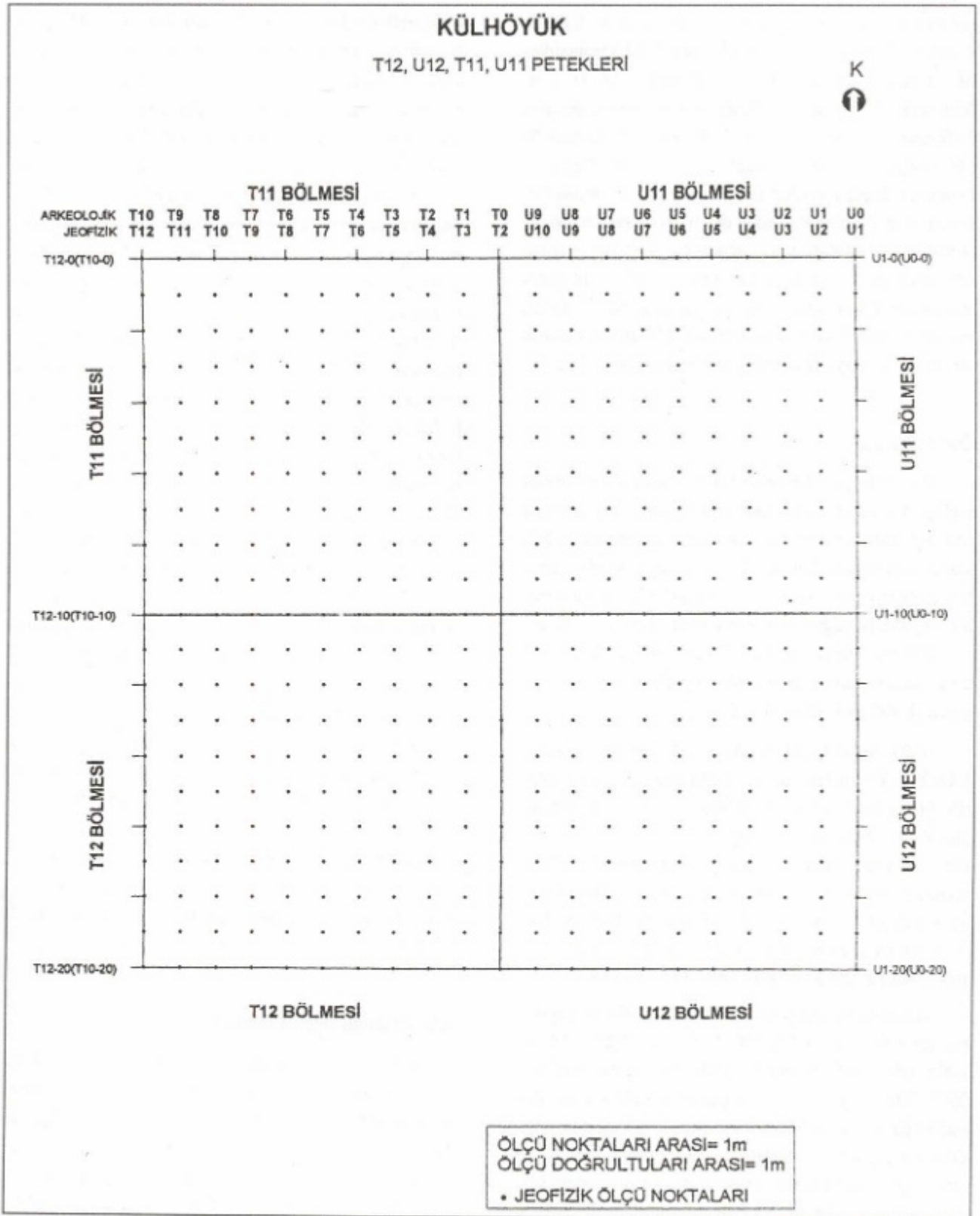
1993 Anadolu Medeniyetleri Müzesinde (AMM) V18-V21,V23 peteklerinde sürdürülmüş çarpık geometrili bir-iki katlı yapının temelleri ve 0.4-1.2 m genişliğinde kuru örgü duvarlar kapı ve pencere araları ve iki katlı bir yapı, yanmış kerpiç ve odun parçaları, fırın, bronz, çuvaldız, küp, çömlek, testi, kase bulunmuştur. Kazı 2.20 m-4.3 m derinlikte bitirilmiştir. Buradan MÖ 2000 nin ilk yarısında (Eski Hitit) höyüğün yoğun yerleşim gördüğü belirlenmiştir (Temizsoy 1994).

Anadolu Medeniyetleri Müzesince 1994'de yapılan kazılar V16, V22, V17, V20, V23, V21, V18, V14 peteklerinde sürdürülmüştür. 16.6.1994 günü başlayıp 29.7.1994 günü tamamlanan çalışmalar sonucunda; höyüğün en yüksek noktasında olan ve 1993 yılında açığa çıkarılan anıtsal duvarların V17 ve V19 açmalarında kuzey ve güney sınırları belirlenmiş, V19 açmasındaki kerpiçli duvarın V18 ve V17 deki uzantıları ile birlikte oluşturduğu anıtsal mimarinin yapı tekniği açısından Hitit İmparatorluk Çağı yapılarına benzediği anlaşılmıştır. Y14 açmasında Hitit İmparatorluk Çağının başlarına ta-

rihlenebilecek bir hiyogroglif yazıtın bulunması Höyüğün bu çağda yerleşim gördüğünü desteklemektedir. Ancak ele geçen mimaride, Hitit İmparatorluk Çağındaki bu tür duvarların kerpiç altına yerleştirilen ağaç hatullar bulunmamaktadır. Açığa çıkarılan bu anıtsal mimari birleşiminde ağaç hatulların herhangi bir izine rastlanmaması bu yapının kesin tarihlenmesini zorlaştırmaktadır. Tepeden güneye ve kuzeye doğru höyüğün alçalan kısımlarında açığa çıkartılan mimari genellikle tek sıra temel taşı niteliğinde olduğundan, temel üzerinde yapı tekniği ve gereğine özgü bilgiler sınırlıdır. Mimari olarak bulun-tu vermeyen V16 açmasının kuzey bölümünde yoğun bir biçimde ESKİ TUNÇ seramiğinin çıkması ve sözkonusu açmanın höyük yüksekliğine oranla yüzeye yakın ESKİ TUNÇ buluntuları vermesi çok katlı bir Eski Tunç Devri yerleşmesi olduğunu ya da bir teraslama düzeninin olabileceği izlenimini vermektedir (Akurgal 1985). Ayrıca V21 açmasında yapılan 5x5 m. boyutlarındaki derinleşme çalışmalarında da çok sayıda ESKİ TUNÇ seramiği ile karşılaşmıştır. Höyüğün çevresinde görülen büyük taşlar sur taşı olabilir. Söz konusu taşların topoğrafik haritada belirlenmiş olan 1000.00 m koduna göre yaklaşık olarak 992.62 kod düzeyinde yer aldıkları belirlenmiştir. Bu belirlemeden sonra Y14 peteğinde kazı çalışması yapılmış ve bu açmada düzensiz olmasına karşın sur kanısı veren mimariye rastlanmıştır. Y14'de 992 m. kodu altında eski Hitit, Eski Tunç ve yer yer Hitit İmparatorluk çağına özgü bulgular edinilmiştir. Diğer peteklerde fincan, geniş ağızlı kaseler, çif kulplu çanak, testi, kulplu küp, çaydanlık, ince tabaklar, boncuklar, taş balta, pişmiş topraktan idol, taş kesici aletler, ile madenden yapılmış olarak; bronz bıçak, iğne, fibula, bilezik bulunmuştur (Temizsoy 1994).

Kazı Alanının Güncel Durumu

Höyüğün yamaç eğimleri KD'da %80, GB'da %40, KB'da %53, GD'da %25 dir. Haziran 1995 mevsiminde toprak iyice kurudur. Yüzeyden bakıldığında üzerinde yer yer 20 ile 80 cm boyutunda kayalar dağınık olarak kil kum içinde adacıklar biçiminde görülür. Höyük üzeri otlak ve çimenlerle kaplıdır. Ağaç yoktur. Höyük çevresi ekin alanı olarak kullanılmaktadır. Höyük sınırları 1-1.20 m boylu dikenli tel ile çevrelidir. Önceki kazıdan çıkan taşlar yığın olarak odaların biraz üstünde



Şekil 3. Külhöyük, örnek T12, U12, T11, U11 petekleri ve ölçü noktalarının ölçülmesi.

Figure 3. Typical geophysical stations distributed on a neighbouring T12, U12, T11, U11 cells.

yer alır. Höyük tepe noktasının 100-150 metre kuzeyinde bir kır çeşmesi yer almaktadır. Höyüğe geliş GD'dan olup, GB'ında K45°D doğrultulu az eğimli bir çukurluk yer alır. Bugüne dek yapılan kazılarda bulunanlar; yer yer bronzdan kil ve taşdan yapılmış el ve süs eşyalarıdır. Bu yapıtlar Ankara müzesine taşınmıştır. Üzeri korunmaya alınmış duvarlar sağlam kalırken, kendi durumuna bırakılanlar gerek doğa koşulları ve gerekse insanlarca yer yer yıkılmışlardır.

Jeofizikten Beklenenler

Bu çalışmanın özü; 10x10 m boyutunda olan V 15 kazı peteğinin, kazı öncesinde yeraltı yapısının bilinmesidir. Komşu kıyı peteklerinde karşılaşılan kalıntıların V 15'teki devamı, duvar ve odaların yerleri ve uzanımları aranmaktadır. 1994 kazısının kuzey ucundaki alanın, olasılıkla doğu karesinde (16-Y) biriktirme odası (depo) beklenmektedir. Burada söz konusu depo varmıdır, biçimi nasıldır, sorularının yanıtlarıdır.

Kazı Petekleri

Arkeolojik kazı izlencesi uyarınca kazı, petekler (oda, bölüntü, bölüm) biçiminde sürdürülmektedir. Her peteğin DB eni 10 m, KG boyu 10 m'dir. Külhöyük'ün tümünün kazı alanı olduğu gözönünde bulundurulursa, kazı alanı birçok petekten oluşacaktır. O nedenle, Ankara Müzesince tüm çalışma alanı KG doğrultusunda 5'den başlayıp 30'a dek 26 enlem ve DB doğrultusunda D'den başlayıp Z'ye AA'dan başlayıp PP' ye dek (20+15=35) boylama bölünmüştür. Böylece ortaya 910 tane kazı peteği çıkmıştır. Bu petekler, yıllar içine bölünen izlence ve ilgi sırasına göre çoğunlukla geliş güzelikten sakınılarak kazılmaktadır. Her kazı peteği sınırında diğer komşu petekle arasında 1 metre kalacak biçimde koruma ve yürüme yolu bırakılır. Her petek kazısından sonra, buluntular düzenlenmekte, çıkan yapının el ile resmi çekilmekte ve fotoğraflandırılmaktadır. Petekte kazı derinliği uygarlık tabanına erişinceye değin sürdürülmektedir. Külhöyük alanında uygarlık derinliği, genellikle sıkıştırılmış kil tabandır. Çoğunlukla bu taban beyaz rengi ya da pişmiş ya da yangın görmüşse kızıl rengi ile tanınmaktadır. Kazı sırasında çıkan taşlar oynatılmamakta, oynayan çıkarılarak uzaklaştırılmaktadır.

Seramik parçaları çıktığı peteğe göre sıralanmakta, yıkanarak birleştirme işlemi yapılmaktadır. Kazılan yer korunacaksa, püskürtme beton ile tutturulmakta ya da üzerine naylon sererek dış etkilere karşı direnci artırılmaktadır. Kazı alanı için tutanak sorumlu arkeologca yazılır, bulguların yorumu ayrıca bir yazanak biçimine dönüştürülür. Tüm bu işlemler bitirildikten sonra, üst kattaki kalıntılar kaldırılarak, alt kat kazısı yapılır.

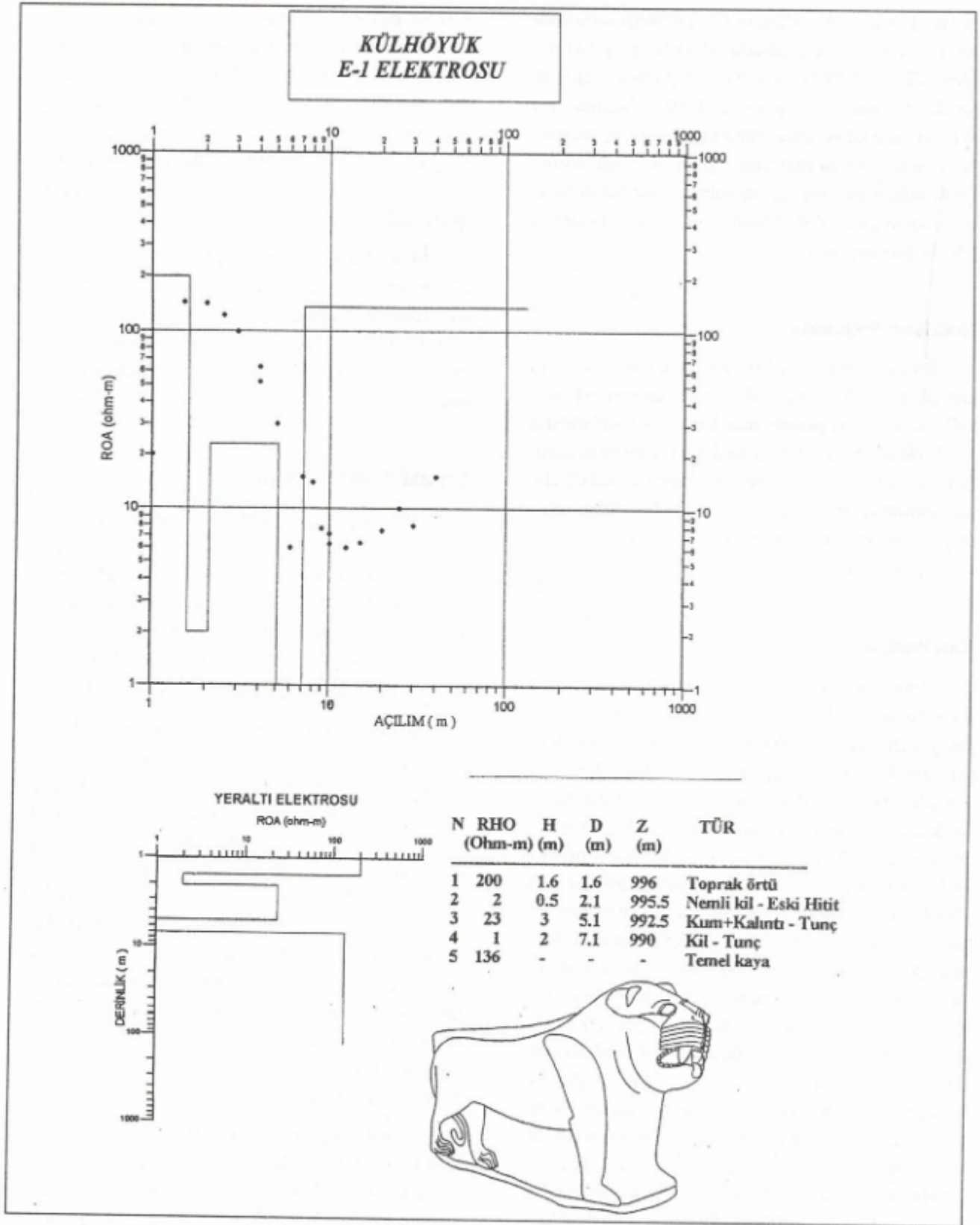
1994 izlencesi içinde Y14, Y16, 17, 18, 19 20, 21, 22, 23 petekleri kazılmıştır. 1995 izlencesinde ise jeofizik ölçüler kılavuzluğunda V15 ve izlence dışı olarak U11, 12, T11 ve 12 petekleri kısmen ya da tümüyle açılmıştır. Ayrıca, tepe üzerinde U18, U19 petekleri kazılmıştır.

Uygarlık Katları Kalınlıkları

1995 yılı jeofizik deneme çalışmaları fiziksel özelliklere göre, ilk yerleşim tabanından bu günkü höyük yüzeyine dek 4 ayrı kat ayırt etmiştir. En alt kat olasılıkla Tunç evresi olup, ortalama taban yüksekliği 990 m. kalınlığı 1.5 ile 3 metredir. Bu sürede yerleşim genellikle höyüğün batı yarısında gelişmiştir (Şekil 4). Kalıntıların, genellikle kil ve toprak kökenli olması beklenir.

Eski Hitit 1 evresi (Hatti) uygarlık kalıntısı kalınlığı batı yarıda 1.4 ile 3 metre, doğu yarıda 3.7 ile 5 metre dolayında, taban yüksekliği batı yarıda 993 m, doğu yarıda 996 m. dolayındadır. Bu evredeki kalıntılar dirençli olup, sıkıştırılmış, pişmiş toprak ve taşdan oluştuğu işareti elde edilmiştir. Bu kata inmek için kazılması gereken derinlik 0.9 ile 4.3 dolayındadır. Bu düzeyin üzerinde kalınlığı 0.5 ile 1 metre olan Eski Hitit 2'nci katı evresi (Hatti) yer alır. Genellikle batı yarıda gelişmiş olup doğuya doğru incelerek yitmekte, ya da tarla sürmeleri ile yok edilmiş durumdadır. Bunun üzerinde Hitit imparatorluk katı, sanki taç gibi oturmaktadır, tepe noktası altında kalınlığı 3.9, define aranan yerde 1.5 metre dolayındadır.

Bilindiği gibi jeofizik kat; fiziksel özellikleri ayrı olan katmanlardır. Arkeolojik kat ise; uygarlık evresi ya da yaşları ayrı olan katlardır. Bizim bu betimlemede sözü ettiğimiz katlar aslında jeofizik katlardır. Ancak bu jeofizik katlar arasındaki direnç ayrılıkları, bu katların iletken olanlarında kil ve toprağın egemen, dirençli



Şekil 4. Külhöyük, E-1 elektrik delgisi ve ayırd edilen uygarlık katları.

Figure 4. Cultural layers recognized from E1 electrical sounding at Külhöyük

olanlarında ise taş yapıların egemen olduğunu işaret eder. O nedenle, bu jeofizik katların Tunç, Eski Hitit, Hitit İmparatorluğu gibi yorumları sadece jeofiziğin arkeolojik yakıştırmasıdır. Aslında buradaki sözü edilen jeofizik katlar, arkeolojik kazıdan sonra belirlenecek uygarlık yaşına göre doğru olarak adlandırılabilir.

V-15 PETEĞİ JEOFİZİK BULGULARI

Külhöyükte V-15 Peteği höyüğün tepesinde, kuzey yamacı üzerinde 10x10 boyutundadır. Kuzeyinde V14 yamacı, KD'sında Y14 sur arama kazısı, Y-15 tepe bölümü güneyinde 1992 V16 açması, batısında 1993 U-15 açması yer alır. Jeofizik ölçeklemeye göre KG doğrultusunda KB ve KD su 30 uncu nokta, GB ve GD su 40 cı noktadır. V-15 alanı jeofizik ölçümler ve kazı öncesi temizlenmiş ve düzlenmiş olup, otlar atılmış, üst toprak kürülmüş, köklü taşlar bırakılmıştır. Köklü taşların yerleri (Şekil 5) de verilmektedir. Kazı çalışmaları 15.7.1995 günü jeofizik çalışmalar bitimi ile başlamıştır.

Jeofizik ölçümler ve arkeolojik kazı başlangıcı için V-15 alanı doğudan batıya doğru birer metre (V40, V39, V38, V30), ve kuzeyden güneye doğru birer metre (0,1,2,3,.....9) aralarla örneklenmiştir. Jeofizik ölçüler önce KG (kuzeyden güneye doğru) doğrultusunda, sonra DB (doğudan batıya doğru) doğrultular boyunca olmak üzere iki boyutlu olarak alınmıştır. KG ve DB ölçümleri için başlangıç noktası olarak KB köşe (V30; 0) noktası alınmıştır. Bu bölme içinde VLF, Elektromanyetik (EM), Elektrik (E), Doğal Uçlaşma (SP), Yapay Uçlaşma (IP), Manyetik (M), Radyometrik (R) ölçüler alınmıştır (Şekil 6).

Elektrik Özdirenç Ölçümleri

BISON Earth Resistivity meter aygıtı kullanılarak $f=0.5$ ve $f=5$ Hz'de krom-nikel elektrodlar kullanılarak yerden 10 mA durağan akım geçirilerek alınmıştır. Dizilim türü olarak Yarım Schlumberger dizilimi kullanılmış, sonsuz uç 40 metre kuzeyde tel çit sınırında çakılmıştır. Dizilim boyu $oc_1=r=3$ m, $P_1P_2=b=1$ metre tutulmuştur. Böyle bir dizilim ve yer özdirencine göre bakılan derinlik 0 ile 100 cm dolayındadır.

Dizilim katsayısı,

$$D=2\pi r^2/b=56.5 \text{ bulunmuş bu değer,}$$

$$R=\Delta V/I$$

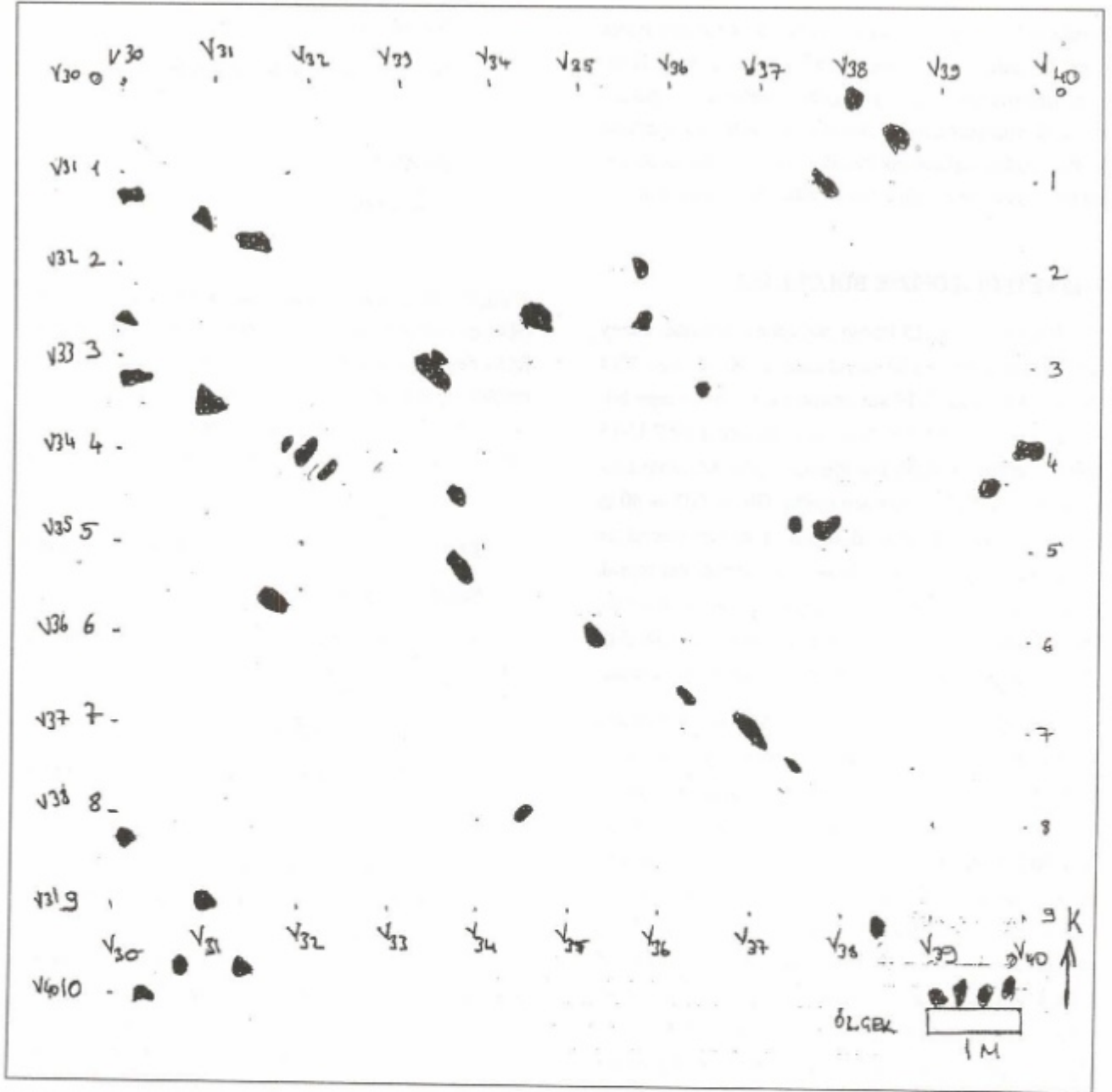
$$ROA=D.R$$

dönüşüm bağıntısında kullanılarak ölçülen yerdirenci (R), görünür özdirence (ROA) çevrilmiştir. Petek içinde, ROA değerleri 4 ohm-m ile 100 ohm-m arasında ölçülmüştür. Çoğunlukla frekans arttıkça elektrik özdirenç değeri düşmektedir. Külhöyük'te elektrik özdirencin çeşitli değerleri ayrı ayrı yersel birimleri simgeler.

Tür	Elektrik Özdirenç
Nemli killi-Kum	4-8 Ohm-m
Az Nemli Killi Kum	7-20 Ohm-m
Kumlu kil-pişmiş kil	15-30 Ohm-m
Çakıllı- Taşlı Toprak	25-60 Ohm-m
Toprak -Dolgulu Taş Yığını Kalıntı	50-100 Ohm-m

Buna göre kil, toprak dolgulu yerler küçük özdirenç, sıkışmış toprak-dolgulu taş yığını ya da kalıntıların bulunduğu yerler yüksek görünür özdirençle simgelenmiştir. Taş ya da kaya oranı arttıkça özdirenç yükselmekte, kil oranı arttıkça düşmektedir. O nedenle gömülü duvarlar ya da taş yığınları, fırın ve ocaklar üzerinde yüksek, kil-toprak ile dolu oda ya da boşluklarda düşük özdirenç değeri elde edilmiştir.

Elektrik kat haritasının yorumundan, izleyen eksenler boyunca taş yığılı kalıntı varlıkları olabileceği kanısı uyanmıştır (Şekil 6); a-) V31/2 den V31/7.5'a, V33/5.5 den V33/7'e, 6/V30'dan- 6/V33.5'a V30/7'den V30/9'a bu uzantılar içinde önemli kütleli kalıntı V31/3 ile V31/7.5 arasında yer alabilir. b-) V37/0-V37/1 den V35/3 ve V35/5.5'a bu aralığı içinde kütleli kalıntı V35/3-V36/3 ile V35/4, V36/4 arasında gözlenmiştir. c-) V39/4 den V39/6.5'a benzer biçimde bu aralıkta kütleli kalıntı V39/4.5 ile V39/6 arasında gözlenmiştir. Kalıntıların olası derinliği 30 cm ile 100 cm arasındadır.



Şekil 5. Külhöyük V15 peteği kazı öncesi süpürülen bölümün yüzeydeki taş izleri. 10.07.1995 1 nci aşama kazı öncesi.
Figure 5. Distribution of original stone outcrops on V 15 cell before initiation of excavation (10.07.1995).

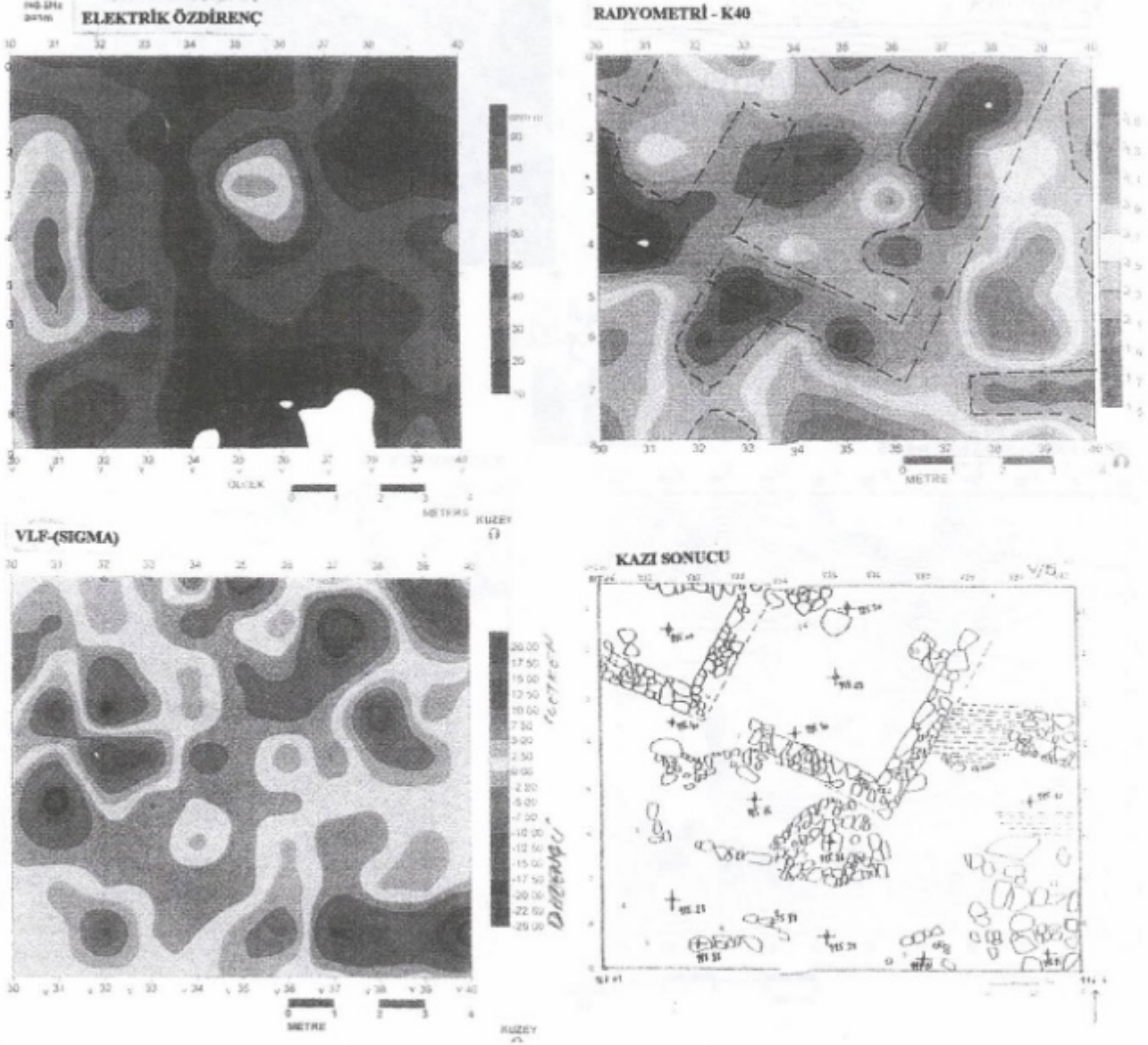
Yapay Uçlaşma (IP) Ölçümleri

Bison spektral IP aygıtı ile 0.5 ve 5 Hz frekanslarında KG doğrultusunda, Yarım Schlumberger dizilimi kullanılarak, 1'er metre aralarla, her doğrultu boyunca 10'ar taneden 100 noktada ölçü alınmıştır. Ortalama

%FE değeri +4'dür. Çok iletken kesimlerde eksi %FE'nin -60, -400'e dek yükseldiği gözlenmiştir. Petek içinde olağan eksi IP değeri -4 dolayında iken yer yer -10'a dek yükselir. Çoğunlukla taş örülü duvarlar üzerinde eksi % FE değeri ile karşılaşılmıştır. Bunlardan en il-

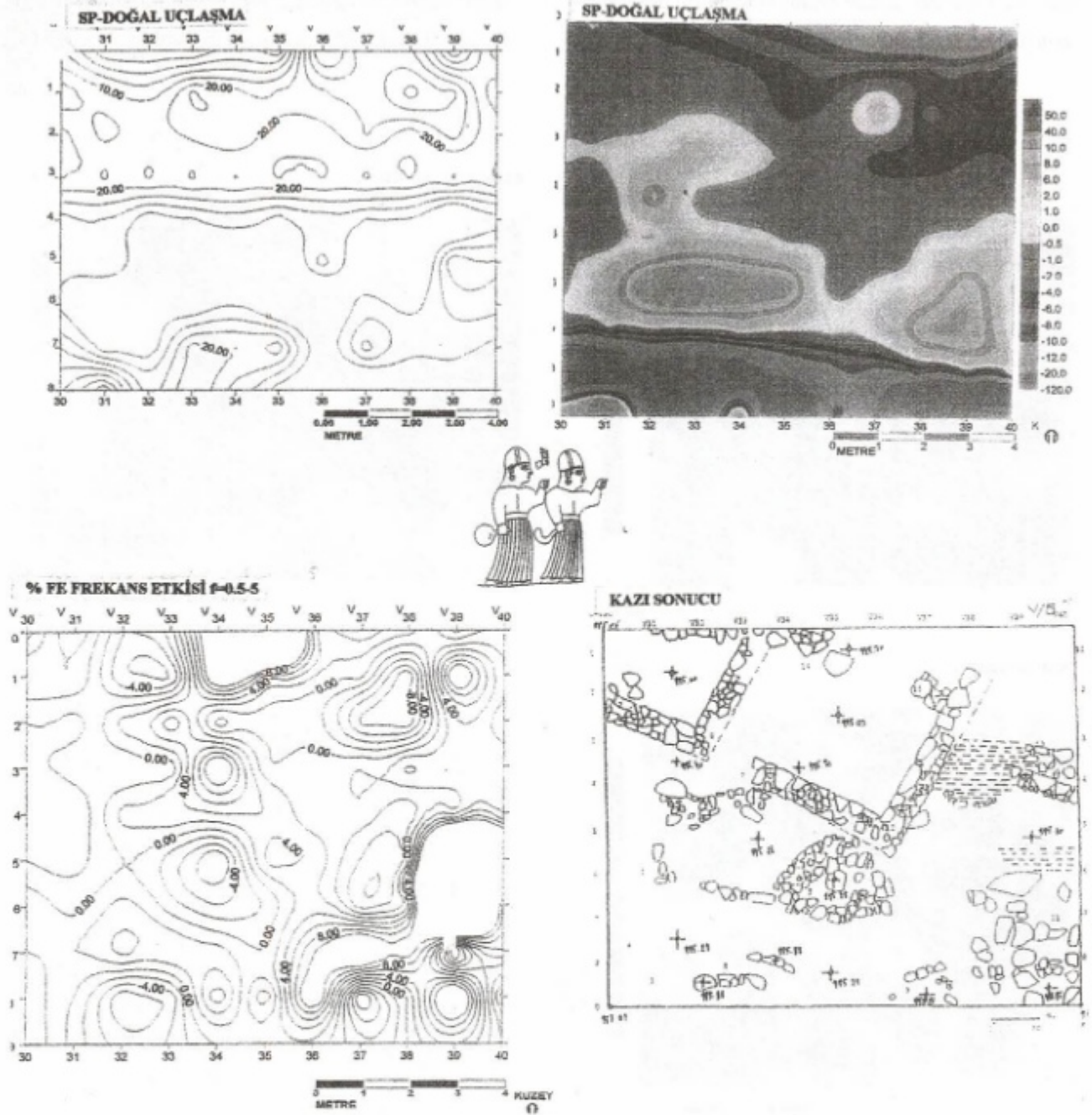
ginci kazı sırasında içinde pişmiş kil bulunan ocak/fırınların hemen hepsinin üzerinde eksi IP kapanım belirtile-

rinin oluşmuş olmasıdır. (Şekil 7). Buna göre IP taş yığınları ve ocak yerlerini çok iyi gösterdiği söylenebilir.



Şekil 6. Külhöyük V15 elektrik görünür öz direnç kat haritası. Sch. / 2, r = 3, b = 1, yaklaşık derinlik 0 - 1 metre. Sarı ve kırmızılar dirençli kesimler (Sol Üst). VLF akım yoğunluğu haritası. DB, f = 18.3 Hz, dx = 1m (Sol alt). Külhöyük V15 peteği K - 40 gamma ışını spektrometresi ve taş duvarların olabileceği çizgili kesimler (Sağ üst), Kazı sonucu buluntular (sağ alt).

Figure 6. Electrical resistivity map of V 15 cell. Half Schlumberger array AB / 2 = 3, MN = 1 and approximate penetration depth is 1 meter (Upper left). VLF current density map. Measuring direction is in EW and tuning frequency f = 18.3 Hz, dx = 1 m (Lower left). Külhöyük V15 cell, radiometric K40 Gamma Ray Spectrometry map (Upper right).



Şekil 7. Külhöyük V15 peteği SP (Doğal Uçlaşma) haritası (Kazı Öncesi) (Sol üst). Külhöyük V15 peteği Doğal Uçlaşma gerilim haritası (Kazı Sonrası). Bağlama noktası sol üst uç (Sağ üst). Külhöyük V15 peteği yapay uçlaşma % FE eşdeğer haritası. $f_1 = 0.5$, $F = 5$ Hz, $b = 1$, $r = 3$, $Sch/2$, $dx = 1$ (Sağ alt). Külhöyük V15 peteği 995 m. yüksekliğinde 1995 kazısı sonucu bulunan kalıntılar (Sağ alt).

Figure 7. SP map before excavation (Upper left). SP map after excavation (Upper right). Induced polarization (IP) FE % map of V 15 cell of Külhöyük. $f_1 = 0.5$, $F = 5$ Hz, $b = 1$, $r = 3$, $Sch/2$, $dx = 1$ (Lower right). Findings after completing excavation in V 15 cell in 1995 (Lower right).

Çizelge 1. Külhöyük arkeojeofizik alanında çeşitli süreksizliklerin simgesel belirti biçimleri.

Table 1. Anomaly types of various discontinuities of Külhöyük archeological site.

BİRİM Unit	E	IP	SP	VLF	EM	MANYETİK	RADYOMETRİ
PİŞMİŞ TOPRAK Sloved Clay	Intermediate orta	(-) 5 IP	High Yüksek (+)	(+) SIGMA	High Yüksek (-) IP,OP	High Yüksek (-)	
KİL DOLGUSU Clay Fill	Small Küçük	(+) 5 IP	(-)	(+) SIGMA	High Yüksek (-)	(-)	High Yüksek
TAŞ DUVAR Stone Wall	High Yüksek	(-) 5 IP	Very High Çok Yüksek (+)	(-) SIGMA			Small (Limestone) High (Andesite) Küçük (Kireçtaşı) Yüksek (Andezit)
SIKIŞTIRILMIŞ SIKI TOPRAK Compressed Stiff Soil	High Yüksek	(-) 5 IP	Intermediate Orta (-)				

VLF Ölçümleri

ABEM WADI VLF aygıtı ile KG ve DB doğrultularında 1'er metre aralarla kazı öncesi SIGMA akım yoğunluğu, %IP ve %OP (gerçe ve sanal bileşen yüzdele-ri) değerleri ölçülmüştür. KG doğrultusu için 18.2 Khz Moskova, DB doğrultusu için 18.3 kHz Rusya sinyali kullanılmıştır. Şekil 6'daki akım yoğunluğu (SIGMA) değerleri DB doğrultusunda -30 ile +20 arasında değişirken, KG doğrultusunda -8 ile +8 arasında değişmektedir. Bu olgu, gelen VLF imine en iyi tepkinin DB doğrultusunda alındığını gösterir. O nedenle yeraltı yapısal süreksizliklerin DB doğrultulu haritada daha belirgin çıkması beklenir.

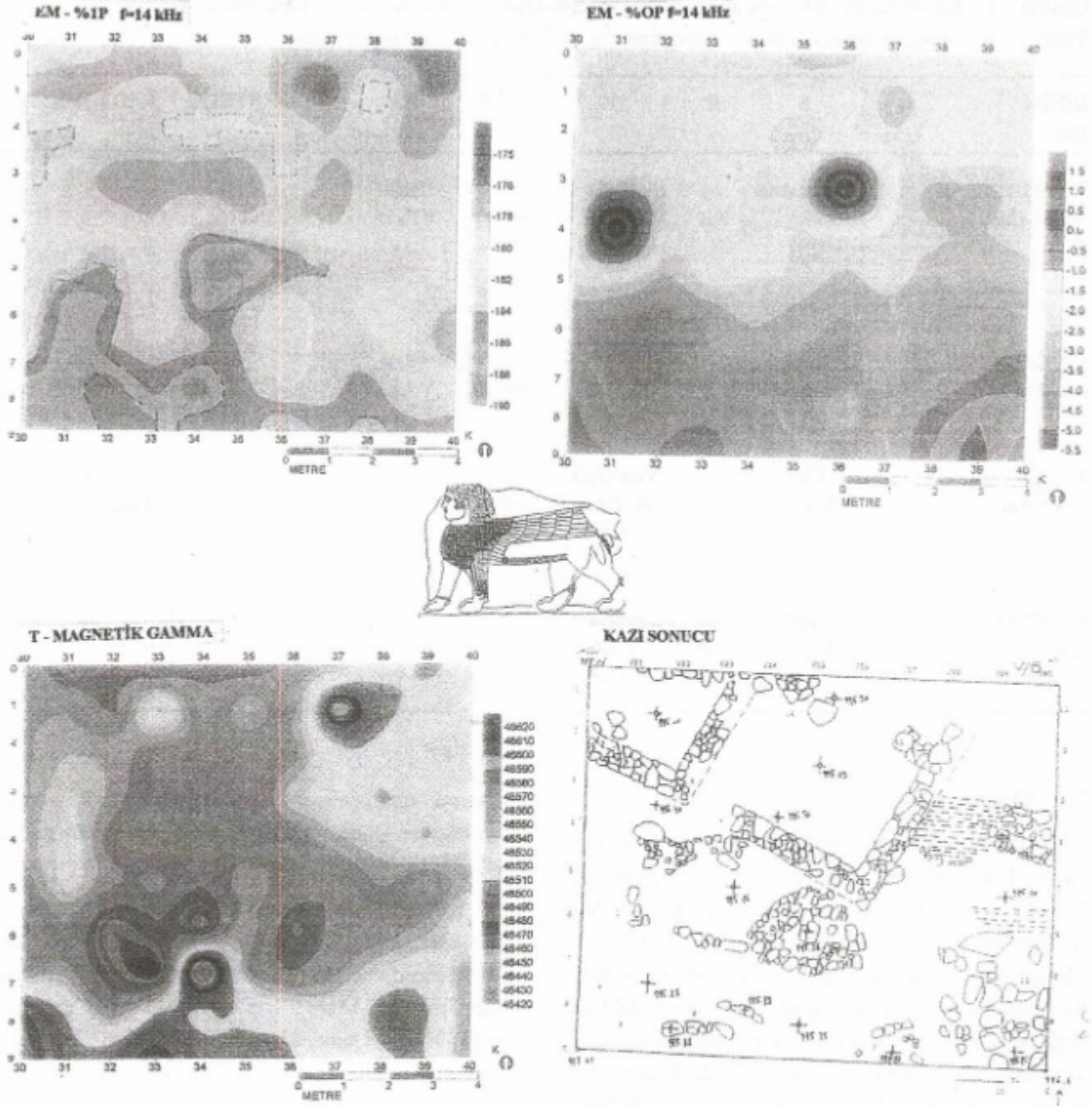
Ocakların bulunduğu yerlerde +SIGMA değerleri ölçülmüştür. Buna örnek olarak V32/3, V38/3, V32.5/8 gösterilebilir. Buna karşın ocak olmayan, salt duvarların bulunduğu yerlerde (-SIGMA) kapanımları gözlenmiştir (Dirençli), (Şekil 6). Ancak, unutulmama-lıdırki 18 kHz için alınan VLF ölçümleri salt yüzeyi de-ğil, onun yaklaşık 10-15 metre aşağısındaki bilgileri de

getirerek, tüm bunların ortak işaretlerini üst üste izdü-şürmektedir. Dolayısıyla güçlü arkeolojik süreksizlikler belirgin işaretlerle simgelenecektir.

DB ve KG doğrultulu VLF haritalarının uyumsuz-luğu, süreksizlik-sinyal gelişi yön bağımlılığının ölçüm ve değerlendirmedeki önemini vurgulaması bakımından önemlidir. V15 bölmesi için süreksizlik-tepki işaretleri en iyi DB doğrultularda izlenmiştir.

Elektromanyetik Ölçümler

Tx-Rx= 12.5 m. düşey aynı düzlemlili 14.080 Hz ile 1'er metre aralarla DB doğrultusunda Slingram düzene-ğinde APEX MaxMin-10 aygıtı kullanılarak alınmıştır. Ortalama %IP değeri (-180), %OP değeri (-2) ve 14 kHz lik frekansla ortalama giriş derinliği 3-4 metre dolayın-dadır. EM işaretleri 4 çizgisi güneyinde büyük eksi de-ğerler alırken kuzeyinde küçük eksi değerler almıştır. Bu durum güney kesimin kuzeye göre daha iletken oldu-ğunu işaret eder (Şekil 8).



Şekil 8. Külhöyük V15 peteğinde $r = 12.5$, $f = 14080$ Hz için % IP haritası. Simgelenen Şekil derinliği 3 - 4 metre dolayındadır. Çizgiler olası süreksizlik sınırlarını gösterir (Sol üst). Külhöyük V15 peteğinde $r = 12.5$, $f = 14080$ Hz için % OP haritası. Simgelenen Şekil derinliği 3 - 4 metre dolayındadır. Çizgiler olası süreksizlik sınırlarını gösterir (Sağ üst). Külhöyük V15 peteğinde alınan T - yer manyetik alanı toplam bileşeni Gamma (Sol alt) ve kazı sonucu (sağ alt).

Figure 8. EM slingram map for IP % component and for Tx - Rx = 12.5 m., $f = 14080$ Hz. Approximate depth of penetration 3 to 4 meters (Upper left). EM slingram map for OP % component and for Tx - Rx = 12.5 m., $f = 14080$ Hz. Approximate depth of penetration 3 to 4 meters (Upper right). T - total magnetic field map of V 15 cell (gamma) (Lower right).

Genelde, bu petek içinde en çok pişmiş toprak ya da külün yereldiği kesim alanın güneyidir. V30/3 ile V33/3 çizgisi boyunca bulunan yapı (2,6,7) ile %IP'nin yüksek değerleri arasında, ve ortadaki (5) taş yığını GD köşede ki 9,10,11 nolu duvar ve ocaklarla bir ilişki görülür. Ancak % IP ve % OP değerlerinin, yapının taş olduğu bu kesimde büyük eksi değerler vermesine bir anlam verilememiştir. Kaldığı kil ve toprağın pişerek kısmen miknatıslanma kazandığı bu bölgede % IP değerinin artı büyük değer çıkması beklenirken eksi büyük değerler vermesi tersdir. Bunun nedenleri, güney kesimde toprak nemliliğinin ve Tx-Rx aralığının çok büyük olması gösterilebilir.

Dolayısıyla EM haritalarında görülen belirtiler, 30.7.1995 tarihine dek kazılan 1-1.5 m derinliği değil, henüz kazılmayan 3-4 metre altını gösterir. O nedenle, anılan derinlikte taş yapıların genelde peteğin güneyinde toplanması beklenir.

SP Ölçümleri

BİSON SP aygıtı ile DB doğrultusunda, 1'er metre aralarla, tekli açma ölçüsü biçiminde alınmıştır. Bağlama ve değişmez nokta olarak V15 (30,0) noktası (KB) alınmış, diğer elektrod doğrultular boyunca kaydırılmıştır. Ölçülen gerilim ayrılığı +50 ile -120 mV arasındadır. Doğal gerilimi yaratan fiziksel özellik ayrılıkları; ΔT sıcaklık, Δp basınç, Δy - yükün (iyon) yoğunluğu (konsantrasyon), $\Delta \rho$ özdirenç ayrılığı, Δv - kıvam ayrılığı, ΔS -süzülme akış gibi özelliklerdir. V15'de bu tür fiziksel özellik değişimlerinden; taş ile toprak dolgu arasındaki direnç, nemlilik taş ile toprağın ısı iletim ve sıkı toprak ile gevşek toprak arasındaki özdirenç ayrılığı gösterilebilir. Şekil 7'de izlendiği gibi SP ölçüleri, GD'da taş duvar, ortadaki taş yığın, orta KB'daki ocaklar, kuzeydeki taş yığın ve GB'daki ocak yeri belirleyici yüksek gerilimli belirtiler vermiştir. Ayrıca kalıntıların güney kıyısındaki çizgiselliği çok açık göstermesi bakımından SP başarılı bulunmuştur. Yapısal yön bağımlılık gözönünde bulundurulursa, ölçülerin DB ve KG olmak üzere iki doğrultuda alınması önerilir.

Miknatıslanma (Magnetik) Ölçümleri

Unimac Proton magnetometresi ile yerin T toplam alanı ölçülmüştür. Bu bölgede yerin ortalama toplam alanı 46500 gamma dolayındadır. Ölçülen değerler ise 46420 ile 46620 arasında değişir. Yerel manyetik alan, miknatıslanma duyarlılığı (k) ye bağlı olarak değişir. Miknatıslanma, miknatıslanabilir metal objelerde büyük, kireçtaşı küçük, andezitte büyük, kilde küçüktür. Ancak, ocak/fırın ve buralarda pişmiş toprak ya da seramikte ısı kalıcı miknatıslanma (termo-remanent magnetization-TRM) nedeniyle büyüktür. O nedenle yüksek miknatıslanma bozukluklarının miknatıslanır ya da miknatıslanma kazanmış olanları, düşük değerli yerlerin kireçtaşı ve kil dolgu göstermesi beklenir. Ancak magnetik yöntem bir doğal kaynaklı jeofizik yöntem olması nedeniyle, işaretlerin, tüm derinlikleri simgelediği gözönünde bulundurulmalıdır. Buna göre sığ ve derin süreksizlikler belirti dalga boyuna göre ayırt edilir, ya da (dg/dx) yatay dg/dz düşey türevleri alınır.

Şekil 8'de gösterilen kazı içindeki yapı duvarlarında andezit ve kireçtaşı kullanılmıştır. Bunun kullanılma oranına göre işaret büyüklüğü artmış ya da azalmıştır. V15'deki kazıda 6-7 tane ocak/fırın varlığı ortaya çıkarılmış ayrıca tabanın çoğunlukla pişmiş olduğu gözlenmiştir. O nedenle petek içinde TRM sonucu artı miknatıslanma bozuklukları egemendir. Yüzeyden 0.8 ile 1.5 metrelik kazı süresince hiçbir metal kalıntıyla karşılaşmamıştır. Belirti genişliğine bakılırsa, böyle bir buluntu ile ancak 4 metreden sonra karşılaşılabilir izlenimi doğmaktadır. Magnetik alandaki düzensizliklerin nedeni, farklı miknatıslanma gösteren kayaçların karışık olarak bir yerde tutulması olabilir.

Radyometrik Ölçümler

Gamma Ray Spektrometri ölçümleri V15 peteğinde K-40 potasyum izotopundan yayılan ve uranyum ile toryum çözüşmesinden kaynaklanan radyasyon ayrılığından kil, kemik, andezit, kireçtaşı (duvar) ayırt etmek için kullanılmıştır. Kil ve toprağın K40 radyasyon değeri yüksek, kömür, çakıl ve kumun göreceli olarak düşük-

tür (Aydın 1993). Böylece kil-toprak dolgu, boşluk, odalar, taş duvar ve fırın/ocaklardan ayırt edilebilir.

20.7.1995 te V15 peteğinde yapılan radyometrik ölçülere göre bölüm içinden çıkan potasyum K-40 ışınmı 1.6 ile 3.4 cps arasında değişmekte, ortalama 2.2 değerini almaktadır. Uranyum- U çıkışı ise 0.1 ile 0.8 cps olup, ortalama değeri 0.3 dolayındadır. Radyometrik ölçümlerin toprak yüzeyinin ortalama 0.5 metre altına dek kalıntıların ışınmalarını gösterdiği göz önüne alınırsa, her 0.5 metrelik kazıdan sonra, altını görmek için radyometrik ölçüleri yineleme gereği duyulur. Ortamdaki birimlerin radyometrik K-40 değeri ve U değerleri önceden yapılan deneylerle belirlenmiştir.

Genel olarak K-40 ile U-haritaları içinde iyi bir uyum vardır. K-40'ın yüksek olduğu yerde U-yüksektir. Taştan yapılmış duvar, dolgu, ocak gibi yerlerde eğer yapıtaşları olarak kireçtaşı kullanılmışsa radyasyon K-40 ise 0.9-2 nin altında (küçük), kil ve toprak ile dolu bölümlerde ise 2.5 cps'nin üstündedir. Kilin pişmiş olduğu ya da yangın gören yerler ile ocaklar içinde radyasyon 3 cps'in üzerindedir. Ancak duvarlar içinde kireçtaşının yanı sıra andezitte kullanılmış ise radyometrik değerler böyle kesimlerde 3'ün üzerinde çıkar, (Şekil 6), (Çizelge 2).

Çizelge 2. Külhöyük V-15 bölmesindeki birimlerin simgesel radyometrik değerleri.

Table 2. Typical radiometric values of formations and object taking place in V15 cell in Külhöyük.

Birim	K-40 cps	U-cps
Kil	2.5-3.0	0.4-0.6
Pişmiş Kil	3.0-3.5	
Kireçtaşı (Tortul)	0.87(0.21)	0.35(0.07)
Andezit (Volkanik)	2.7(0.3)	1(0.25)
Kaplumbağa Kemiği	3	0.3

V15 Radyometrik K-40 salgı haritasında, kazı sonrası belirlenen V40/8-V30/4 noktası arasındaki çizgisel liğin jeofizik görüntüye yansımaları ilginçtir. Buna benzer olarak, radyoaktivitenin düşük olduğu yerlerde ocak, duvar, taş dolgu gibi nesnelerle karşılaşmıştır. Tahıl depolarının bulunduğu kesimlerde ise düşük ışın salgısı ölçülmüştür.

Bu bilgilere dayanarak, radyometrik ölçülerle duvar türü kalıntılar, kil ve toprak ile dolu boşluklar, odalar ve toplu (yığın) kemiklerin bulunduğu yerlerin ayırt edilebileceği anlaşılmıştır. Ancak yeraltı yapılarında bu birimlerin, tektür ya da tekdüze bulunmaları durumunda seçilebilirliği kolaydır. Ancak diğer birimlerle karışma oranına bağlı olarak ayırt edilebilirliği azalır. Radyasyon çıkışı derinliği 0.5 m. dolayında olduğu, her açma katı için ölçümü yineleyerek derinlik araştırması yapılabilir.

SONUÇLAR

Külhöyük'ün Hitit İmparatorluk katına özgü V15 peteği, kazı öncesi kazıyı yönlendirmek amacıyla VLF, EM, E, SP, IP, M ve R jeofizik yöntemleri ile ayrıntılı taranmıştır. ROA görünür öz direnç değerleri kil, kum, sıklık, nemlilik, taş varlığına göre 4 ile 100 ohm-m arasında değer verir.

Jeofizik yöntemlerle belirlenen kazı hedeflerini gözönünde bulundurarak, 9 - 10 Temmuz 1995 günü bitirilen ölçüleri izler biçimde 11 Temmuz 1996'da arkeolojik kazılar başlatılmıştır. Böylece hangi jeofizik yöntemin, arkeolojik süreksizlikleri bulmada ne ölçüde başarılı ya da başarısız olduğu belirlenmiştir.

V15- peteğinde 2343 tane jeofizik ölçü alınmıştır. Arkeolojik kalıntıların jeofizik işaretlerini tanımayı ve bu yolda yerlerini belirlemeyi amaçlayan bu çalışma başarılı olmuştur. Bu petekte, VLF ve Radyometri 0-2 metre sığ derinlikleri göstererek, hemen kazmanın altında ne olabileceği üzerine bilgi vermiştir. O nedenle, her kültür katı açıldıktan sonra, onun altındaki katta ne olduğunu araştırmak için aynı petekte yinelenmesinin yararı vardır. Ne varki elektromagnetik ölçümlerde Tx-Rx aralığının en az 12.5 metreye ayarlanabilirliği Slingram etki derinliğini 2 metrenin altına indirmiş, bu nedenle en az ilk 6 ile 27 metrenin bilgileri birbiri üzerine binmiş biçimde EM ölçülerine yansımıştır.

İlerki yıllarda yapılacak açmalar öncesinde ilgili petekte elektrik öz direnç kaydırma, ve delgisi, radyometrik ve radar ile manyetik gradiyometre, EM iletkenlik ve VLF yöntemleri birlikte uygulanmalıdır.

KATKI BELİRTME

Bu araştırma YERALTI ARAMACILIK Bilimsel Araştırma Kuruluşu ve T.C. KÜLTÜR BAKANLIĞI Anıtlar ve Müzeler Müdürlüğü, Anadolu Medeniyetleri Müzesi akçal katkıları ile gerçekleşmiştir. Çalışmalar sırasında içten katkıları gördüğüm arkeologlar Vahap Kaya, Nusret Çetin, Halil Demirdelen, Özcan Şimşek, Ayten Kaplan, Birsan Kuruçim, Behiç Günel, Şahin Tuğdemir, Ferhat Tırpancı'ya içten teşekkür ederim. Bu çalışmalar ile bir çok öğretim üyesi yardımcısı ile öğrencilerim eğitilme olanağı bulmuşlardır. Bu doğrultuda yılmaz uğraşı veren Hıdır Aygül, Aykut Ustalar, Zeki Altunışık, Bürge Turcan, Ahmet Aydın, Figen Atak,

Feyza Akkoyunlu, Oben Karaosmanoğlu, Hasan Özgür Taşçı, Dilek Kepekçi, Devrim Gündoğdu, Anıl Özdemir, M. Yücel Kazan, Jorgen Block, Sinan Alpay'a teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- Akurgal, E. 1985, Ancient Civilizations and Ruins of Turkey: From prehistoric times until the end of the Roman Empire, Haşet Kitapevi, 112 p.
- Aydın, İ. 1993, Bir jeofizik yöntemi; gama-ışın spektrometrisi, Jeofizik, 7, 109-122.
- Ercan, A. 1991, Bizans Sarayının Arkeojeofizik Yöntemle Aranması; Türkiye 12. Jeofizik Kurultay Bildirisi Özetleri, TMMOB Jeofizik Müh.Od. s.50.
- Temizsoy, İ. 1994, Külhöyük 1992, 1993, 1994 kazı sonuçları Bildirgesi; TC Kültür Bakanlığı, Ankara Müze Müdürlüğü, Ankara,

DOĞU ROMA (BİZANS) BÜYÜK İMPARATORLUK SARAYININ JEOFİZİK YÖNTEMLERLE ARANMASI

Archaeogeophysical Prospectings For Great Empire Palace Of Eastern Roman (Byzantine) Empire

Ahmet ERCAN^{1,2} ve Özer KENAR³

ÖZET

Sultanahmet semti Doğu Roma'dan (Bizans) Osmanlı'ya dek tarihsel dönemlerin birbiri üstüne binmiş uygarlık kalıntıları ile kaplıdır. Çalışmanın konusu olan Doğu Roma Büyük İmparatorluk Sarayı'nın (BİS) üzerinde, bugün Sultanahmet Camisi güneyi, Arasta Çarşısı, Arasta, Şifa hamamları ve Sokullu Sarayı'nın kalıntıları yer alır.

Çalışma alanı içinde Osmanlı ve Doğu Roma döneminden kalma gömülü kalıntıları aramak üzere, elektrik, sismik ve polarizasyon yöntemlerinde oluşan jeofizik araştırmalar yapılmıştır. Arazinin tabanında Paleozoik yaşlı grovaklar ve bozuşmuş kesimi, onun üzerinde geçmiş uygarlık molozları ve arkeolojik kalıntılar ve örtü bitkisel toprak yer alır. Tarihsel moloz ya da arkeolojik kalıntı üzerinde, öz direnç değerleri ve sismik hız yüksek, dalga geliş zamanı erken, polarizasyon açıları 90° uçaşmaktadır. Ancak, arkeolojik kalıntı üzerinde yukarıdaki parametrelerin genliği büyüdüğü gibi anomalileri de keskinleşmektedir. Bu görünüşleri ile molozdan ayrılabilir. Sismik yöntemle $x = 3$ m'lik açılım için t_p geliş süresi ortalama 6.5 milisaniye iken, arkeolojik kalıntı

ABSTRACT

Sultanahmet region of İstanbul - Turkey, is surrounded with remainings of many civilizations from Eastern Roman (Byzantine) to Ottoman periods. Southern part of Sultanahmet Mosque, Arasta Bazaar, Turkish baths and ruins of Sokullu Palace take place on the land where Byzantine Palace had situated in the past.

Combined geophysical technics such as D.C. electric, seismic and self potential were run with different combinations. Overburden layer consists of artificial fills of remanent of old civilizations and top soil over the Paleozoic aged graywayk known as Thrace formation.

There were observed higher resistivity and seismic velocity and sooner travel time and 90° polarization anomalies while crossing such archeological discontinuities. Anomalies are relatively distinct and sharp and have higher amplitudes on the hidden structures but are smoother over the artificial fill. Therefore, they can be distinguished whether it is important or not. Two way travel time happen to take average value of 6.5 milliseconds which reduces

1 Yeraltı Aramacılık, Spor Cd. Acısu Sk. No. 9/2 Maçka 80680 Beşiktaş, İstanbul.

Tel: 0212/227 77 19 - 20 Faks: 0212/ 259 45 80

2 İTÜ Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Ayazağa, İstanbul.

3 Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.

lar üzerinde 5.5 milisaniyeden erken, dolgu toprak üzerinde 6.5 milisaniyeden geçtir. Sismik ölçülerden dolgu kalınlığı batıda 2, doğuda 8 metre bulunmuş olup, tabanda grovakların yüzeye ğimi 5° ile doğuya doğru eğimlidir.

Birleşik yorum, BİS'e giden giriş tünelinin çalışma sahası içinde olduğunu göstermiştir. Giriş tüneli merdivenlerinin bulunduğu yerden kuzeye doğru uzanan jeofizik süreksizliğin tarihsel moloz yığını olduğu sanılmaktadır. Moloz, farklı zamanlarda örtülü katmanlar ya da öbek öbek yığıntılar biçiminde arazinin çeşitli yerlerinde dağılmış olarak bulunur. Bunların dışında çalışma alanında başkaca arkeojeofizik işaretlerle karşılaşılmamıştır.

to the level of 5.5 and increases up more than 6.5 milliseconds over the hidden walls and fills, respectively.

It was found that paleotopographic slope inclined 5° to the east and has a depth of 2 meters at Western and 8 meters at Eastern sides of the study area. Combined interpretation indicate that entrance to the tunnel which goes into the Byzantine palace is beneath the study area. Geophysical discontinuity, aligning between the strairway to the north was considered to be consisting with artificial fill. Such fills could be remanents of different periods which were piled in dome or sink – fill forms, mostly in eastern part. There does not exist any other archeological remanents in the field.

GİRİŞ

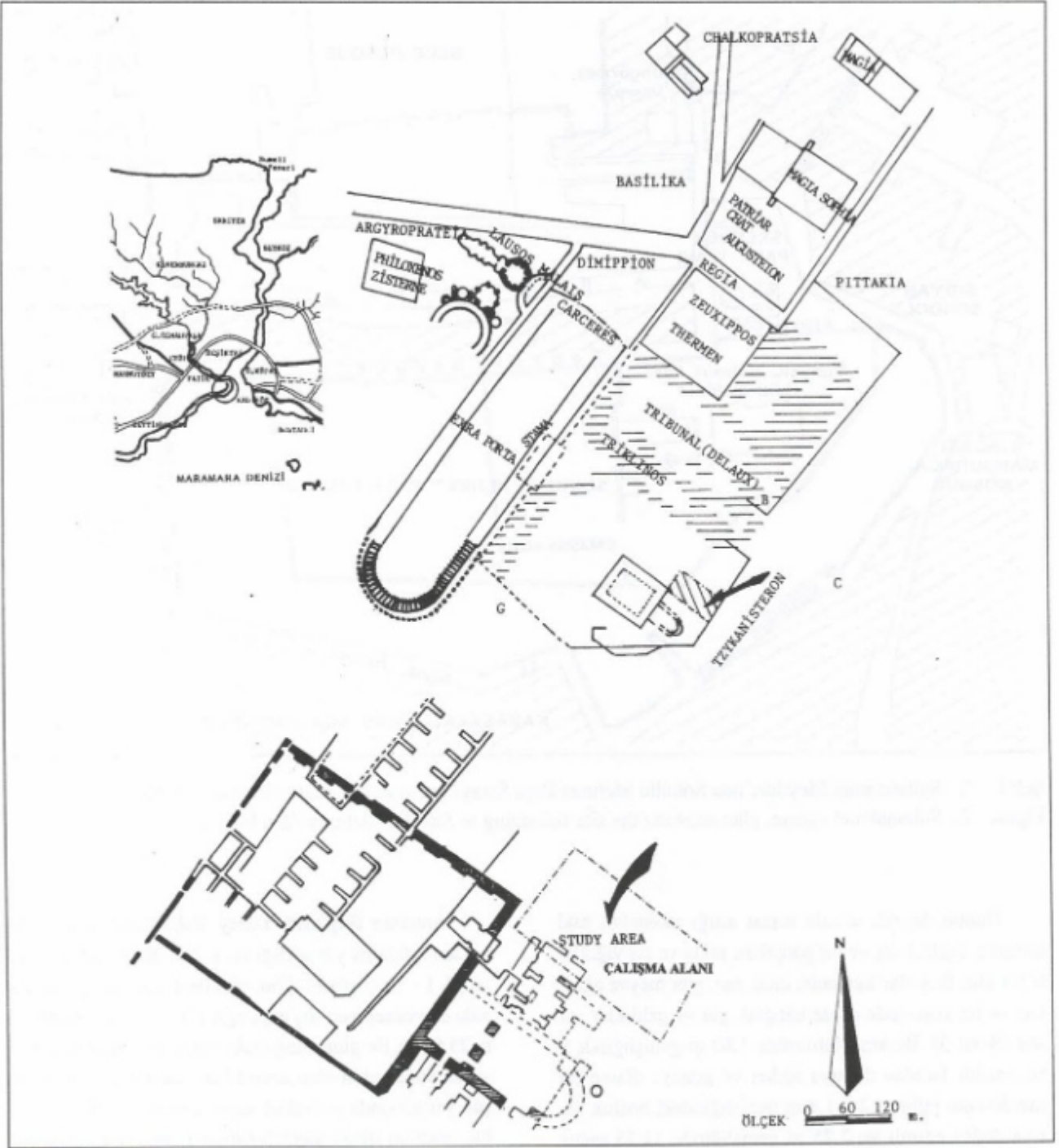
Amaç ve Konum: Osmanlı döneminde Sokullu Mehmet Paşa Sarayı arazisi altında Doğu Roma İmparatorluğu'ndan kalma Büyük İmparatorluk Sarayı (BİS) ve Külliyesinin aranması arkeo-jeofizik çalışmanın konusudur. İstanbul ili, Eminönü İlçesi, Sultanahmet Mahallesi'ndeki çalışma alanının kuzeybatısında Toprak (Yeni Torun Sokak) Mozaik Müzesi ve Sultanahmet Camisi, güney batısında Tunuslu Mahmut Paşa Konağı (Orman İdaresi) güney ve güneydoğusunda Akbıyık Caddesi ve Kabasakal Sinanağa Mahallesi (Cankurtaran) kuzeydoğusunda Sokullu Mehmet Paşa Sarayı arsa uzantısı yer alır (Şekil 1 ve 2). Sokullu Mehmet Paşa Sarayı'nın mahkeme tutanaklarına göre, sarayın çevresi duvarlarla çevrilidir. Sarayın altında cephanelik, dört büyük özel bölük ahır ve yaklaşık binbeşyüz arabalık otalabilen ahır bodrumu ve bir büyük mahzen, karşılıklı iki has ahır içinde bir kuyu yer almaktadır.

Doğu Roma İmparatorluğu Dönemi

Bizans döneminde bugünkü Sultanahmet'in çevresi şöyledir. Bugünkü Dikilitaş ve Alman Çeşmesinin olduğu yerde, At Koşu Alanı (Hipodrom), kuzeydoğuda (Hagia Sophia) ve Yerebatan (Basilika) ve güneyde BİS

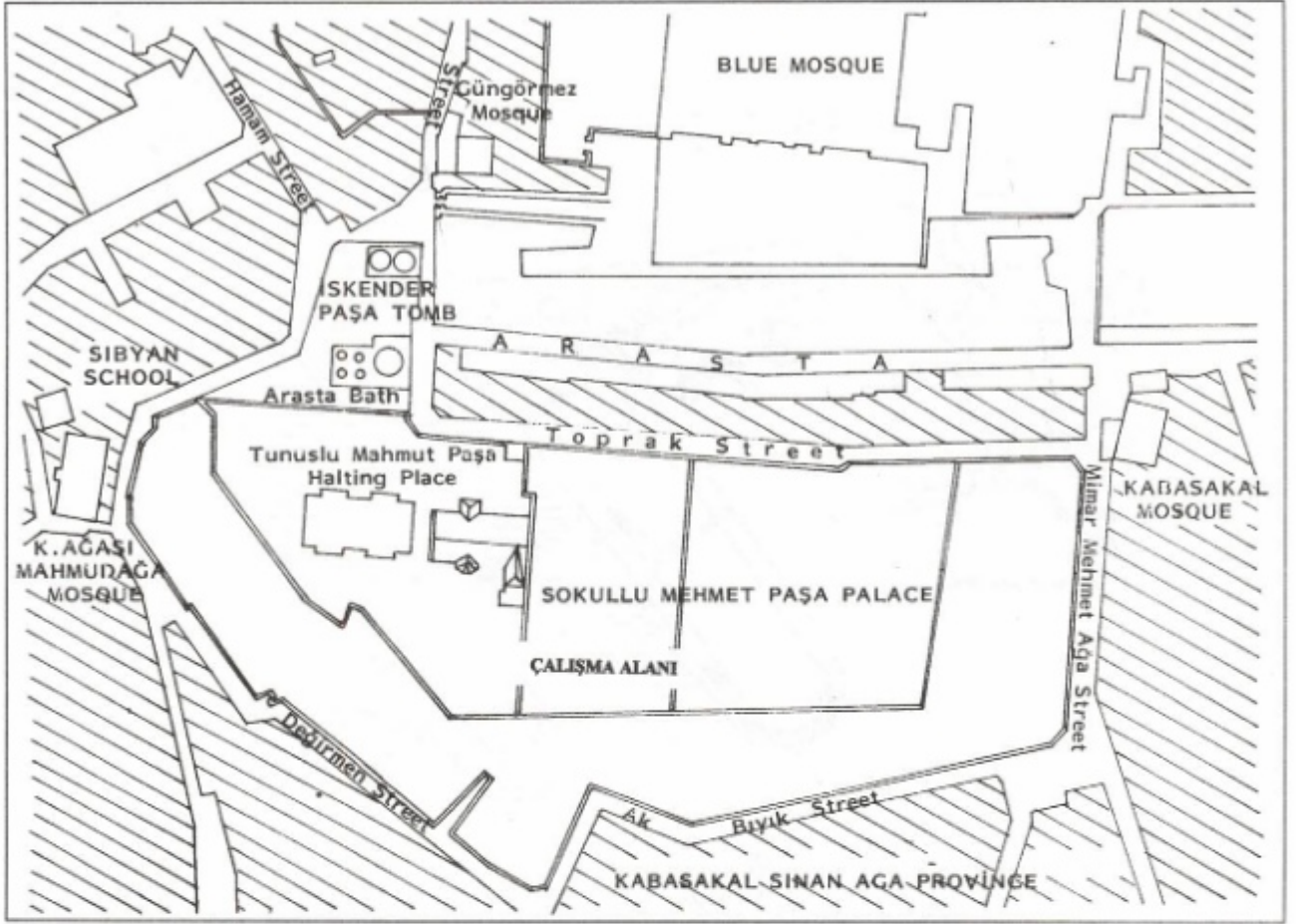
yer alır (Şekil 1 ve 2). Bugünkü Şifa Hamamı ve Arasta Hamamı ve Arasta Çarşısı ile güneydeki Tunuslu Mahmutpaşa Konağı tam BİS üzerinde yer almaktadır (Şekil 1 ve 2). Sarayın 4 ile 5. yüzyıllar arası yapıldığı sanılmaktadır (Brett et al. 1947a, b; Rice 1958; Müller 1977; Eyice 1988 ve 1997 ve Jobst 1997). Kuzeydeki Mozaik Müzesi BİS'in bir parçasıdır. Sarayın oval güneydoğu çıkıntısı bugünkü Orman Bakanlığı arsası altında kalmaktadır. Oval çıkıntısının kuzeydoğusunda sürekli çizgi ile çizilen girintili çıkıntılı dehlizler çalışma alanı altına kadar sokulur. Belkide kuzeydoğuya doğru devam eder. İşte bu devamlılığı araştırmak üzere arsada jeofizik çalışmalar yapılmıştır.

Bugünkü Durum: Sokullu Sarayının olduğu yerde, geçmiş saraydan salt birkaç kalıntı vardır. Bunlar; Toprak Sokağına açılan sarayın giriş kapısı Toprak Sokak boyunca yıpranmış, yer yer yıkılmış çevre duvarları, arsa ortasında yaklaşık 4x4x3 metre boyutunda eski ve içine merdivenle inilen olasılıkla Osmanlı döneminden kalma boş bir oda, bu odanın 10 metre güneydoğusunda merdivenle inilen BİS'na giden dehliz girişi, güneyde dehlizlerin hava bacaları ve yıkılmış bir binanın temelleri. Güneyde, BİS dehlizleri ve kalıntıları üzerine inşaatına başlanan ve yarım kalan Orman Bakanlığı yapısı; doğuda, Cankurtaran'a bakan kalın destek duvarı yer alır.



Şekil 1. İstanbul, Eminönü yarımadası üzerinde, boğaz girişine bakan çalışma alanı konumu (Daire içindeki alan) (sol üst), Bizans döneminde Sultanahmet ve dolay. Güneyde Bizans Sarayı ve çalışma alanı. Ok çalışma alanını gösterir (sağ üst). Bizans Sarayı (taralı çerçeve), onun üzerine oturmuş olan Osmanlı Eserleri (sürekli çizgiler) ve çalışma alanı (kesikli çizgiler).

Figure 1. Constantinopolis (İstanbul), Eminönü peninsula and antique settlement of Byzantine period in Sultanahmet region and plan view of Sultanahmet square during the Byzantine period. Byzantine Palace and investigation site located on the south. Arrow indicates the study area. Byzantine Palace (shaded area) and superpositioning on Ottoman buildings (with continuous lines) and study area (with dashes).



Şekil 2. Sultanahmet Meydanı'nda Sokollu Mehmet Paşa Sarayı'nın arazisini gösteren Vaziyet Planı.

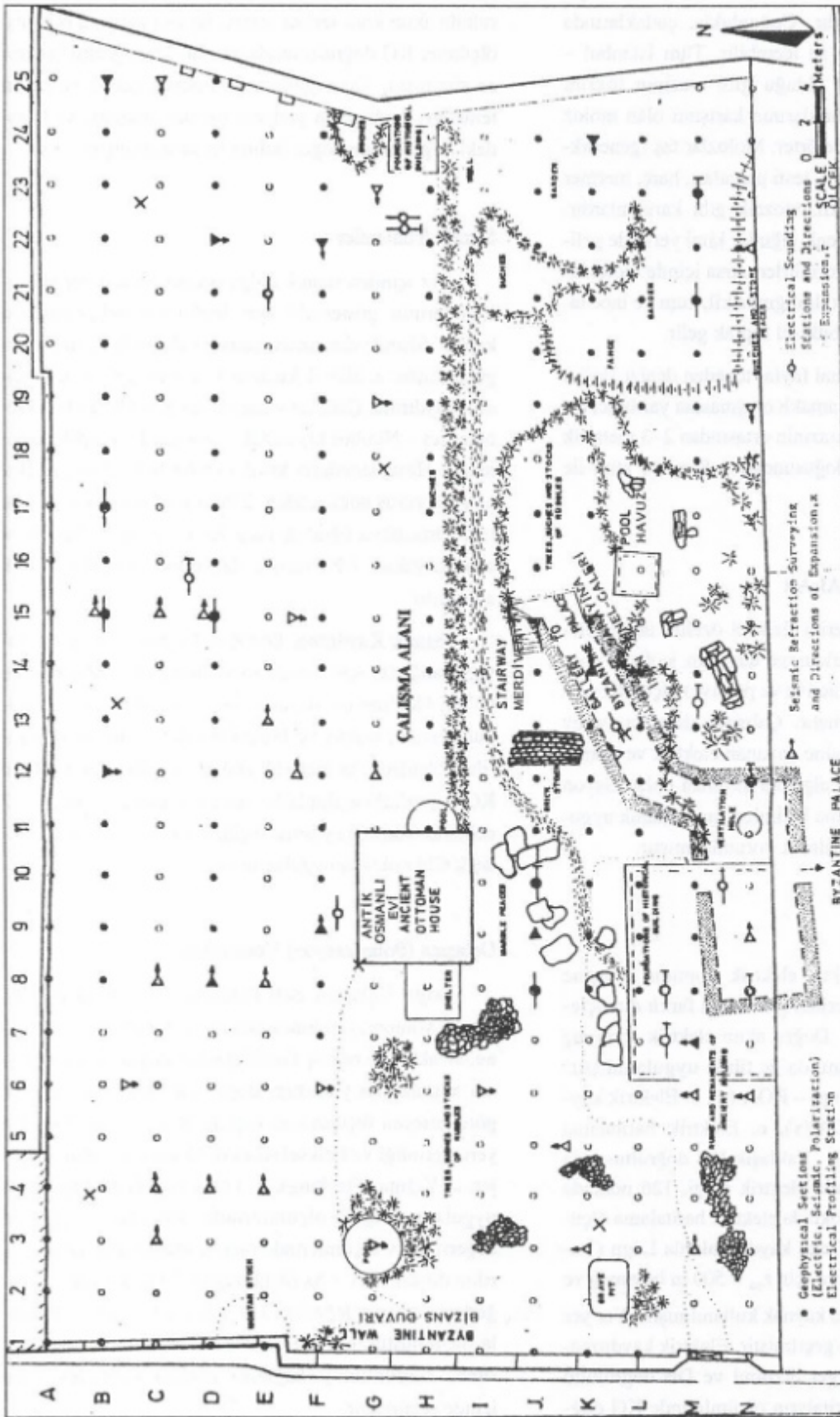
Figure 2. Sultanahmet square, plan showing the site belonging to Sokollu Mehmet Paşa Palace.

Bunun dışında arsada inşaat artığı molozlar, eski mermer, tuğla, harç ve taş parçaları, tuğla ve taş yığınları yer alır. Boş olan kesimde, incir, nar, gibi meyve ağaçları ve bir köşesinde sebze bahçesi, gür ve çalılıklar yer alır (Şekil 3). Bizans Mahzenine 1.80 m genişliğinde 9 basamaklı batıdan doğuya açılan ve güneye dönen bir merdivenle inilir. 3.2 x 1.8 m genişliğindeki boşluk batıya doğru eğimli ve 2.25 m genişliğinde 11.75 metre boyunda bir galeri ile sürer ve 2 m boyunda güneybatıya bir dirsek vererek geniş bir odaya açılır. Odanın giriş ağzı 2.10 metre doğu-batı uzanımlı boyutu 4.5 x 12.4 metre (56 m²)'dir. Bu odanın üzerinde K noktasında ve giriş galerisindeki E noktasında havalandırma bacaları yer alır. Odanın hem kuzey ve hem de güney duvarlarında kemerli 1.90 m genişlikli mahzen girişleri yer alır. Kuzeydeki giriş toprakla örtülüdür.

Arazinin Bugünkü Yüzey Yükseltisi: Arsanın denizden ortalama yüksekliği 26 ± 2 m'dir. Batıdan doğuya (% 1 - % 7) yüzde eğim, (0.5 ile 4°) açısız eğimli arazide en yüksek yeri dış kapı ağzı (28.85 m) en düşük yeri 25.85 m ile güneydoğudaki mandıra önündedir. Düz ya da düze yakın olan arazide en yüksek yer ile en düşük yer arasında yükseklik farkı 3 metredir. Bu yükseklik, arazinin ilksel morfolojisinden çok, batıya yığılmış moloz yığınlarından kaynaklanır.

YERYAPISI

Çalışma alanının bulunduğu kesimde temel kaya Trakya Formasyonu diye bilinen İstanbul Paleozoikini yansıtan kum taşları (şeyl (grovak))'tır. Genelde ilk 10 metresi bozuşmuş olan grovakta, çatlaklar 50 metre de-



Şekil 3. Çalışma alanının bugünkü durumu ve jeofizik ölçü noktalarının dağılımı.
Figure 3. Present projection of the study area and distribution of the geophysical stations.

rine dek gelişebilmektedir. Çoğunlukla, çatlaklarında nemlilik ve az miktarda su içerebilir. Tüm İstanbul – Eminönü yarımadasında olduğu gibi arazinin üzerini geçmiş uygarlıkların kalıntılarının karışımı olan moloz bir dolgu dönemselliklerle örter. Molozlar taş (genellikle maktralı kireçtaşı), tuğla, testi parçaları, harç, mermer parçaları, irili ufaklı çakıl, mozaik gibi karışımlardır. Bunlar kimi yerlerde düzenli yığınlar kimi yerlerde gelişigüzel dağılmış olarak görülürler. Arsa içinde molozların üzerine 1.8 ile 1.5 m kalınlığında kil, kum ve ince taneli gereçten oluşmuş bitkisel toprak gelir.

KG doğrultulu normal faylar tepeden denize doğru inen yüzey biçiminin basamaklı oluşmasına yardımcı olmuştur. Bunlardan, biri arazinin ortasından 2–3 metrelik atımla, diğeri arazinin doğusundan 7–8 metre atım ile geçer.

JEOFİZİK ARAŞTIRMALAR

Yeraltı süreksizliklerini fiziksel özellik değişimlerinden yararlanarak belirlemeye dayanan jeofizik yöntemler, etkin ve edilgen (active ve passive) ölçümler olarak yüzeyden uygulanmıştır. Çalışma alanında yapay kaynaklı sinyal alışı-verişine dayanan elektrik ve sismik ile doğal kaynaklı sinyal algısına dayanan polarizasyon yöntemleri farklı uygulama biçimleri kullanılarak uygulanmış, sonuçları birleştirilerek yorumlanmıştır.

Elektrik Yöntemler

Yer içinde doğru akım elektrik akımının geçişine karşı yeraltı süreksizliklerinin gösterdiği farklı dirençlerin belirlenmesini içerir. Doğru akım elektrik öz direnç yöntemleri, çalışma alanında üç türde uygulanmıştır: a. Elektrik delgi (Sounding) – ROA (z), b. Elektrik kaydırma (Profiling) – ROA (x), c. Elektrik haritalama (Mapping) – ROA (x, y). Yaklaşık DB doğrultusunda uzanan alanda, 19 noktada elektrik delgi, 126 noktada elektrik kaydırma, 312 noktada elektrik haritalama ölçüsü alınmıştır (Şekil 3). Delgi kaydırmalarda Løgn (Yarım Schlumberger) dizilimi için $r_{\infty} = 500$ m boyunda ve doğu kesimde serili duran kaynak kullanılmıştır. Yer yer Schlumberger dizilimine geçilmiştir. Elektrik kaydırmalarda, Yarım Schlumberger dizilimi ve DB doğrultulu serim uygulanmıştır. Haritaların ölçümlerinde KG doğ-

rultulu akım kolu serimi araziye iki eşit parçaya bölmüş, ölçümler KG doğrultusunda uzanan 25 doğrultu boyunca alınmıştır. Taş yığınları, girilmeyen çalılık ve beton temelleri denk gelen yerlerde ölçüler atlanmış ve buradaki değerler ara değer bulma ile kestirilmiştir.

Sismik Yöntemler

Yer içinden sismik dalga geçişine karşı yer süreksizliklerinin gösterdiği ayrı tepkilerin belirlenmesini kapsar. Sismik yöntemler, çalışma alanında üç türde uygulanmıştır: a. Sismik kırılma, b. sismik yansıma, c. sismik kaydırma. Çalışma alanında tek kanallı, darbeli Geometrics – Nimbus taşınabilir sismografiyle ölçüler alınmıştır. Hesaplamalarla kritik evreler belirlenmiştir. Buna göre vuruş noktasından, 2 m uzaklıktan sonra kırılan, tam yansımaya uğramış dalgalar ilk geliş olarak, daha sonraki yüksek erkli varışlar da yansıma dalgaları olarak alınmıştır.

Sismik Kaydırma. Durağan kaynak – (Jeofon) duyaç aralığı (x) için sarsım sinyalinin gidiş-geliş zamanı (t)'nin ölçülmesine dayanır. Böylece, süreksizlik konumu, boyutu, uzanış ve biçimi belirlenmiştir. Sismik kırılma ölçüleri 1'er metrelik aralıklarla 39 noktada DB ve KG doğrultulu açılımlarla, sismik yansıma ölçüleri 312 noktada, sismik kaydırma ölçüleri $x = 3$ ve 6 m için yaklaşık 624 noktada uygulanmıştır.

Uçlaşma (Polarizasyon) Yöntemleri

Doğal Uçlaşma, Self Potential (SP) olarak da bilinen bu yöntem, yeraltında iletkenlik, iyon konsantrasyonu, sıcaklık ve basınç farklılığından doğan doğal uçlaşma akımlarının yansıttığı doğal gerilimin, bir noktaya göre göreceli ölçülmesini kapsar. Böylece, süreksizliğin yeri, derinliği ve fiziksel süreksizlik açısı bulunur. Ölçüler, a. Yığma (Stacking), b. Türev (gradient) biçiminde uygulanır. Yığma ölçümlerinde; göreceli V- gerilim değeri, türev ölçümlerinde ölçü noktaları arasındaki gerilim düşümü $\Delta V / \Delta x$ ölçülmüştür. Yığmsal gerilim değerleri ve türev değerleri 312 noktada 0.1 mV duyarlılıkla ölçülmüştür. Her iki ölçüde de ölçme KG doğrultusunda sürdürülmüş, bağlama noktası kuzeydeki arsa içinde seçilmiştir.

KALINTILARIN SİMGESEL JEOFİZİK TEPKİLERİ

Elektrik Dalgisi

Yer yer moloz, inşaat artığı ve kazı ürünü olan üst toprak, oturmuş ve orta-sert'tir. Elektrik öz direnci sıklığına, kuruluşuna, karışımına göre 220 ± 50 Ohm-m, kalınlığı 0.8 ile 1 metre arasında değişir. Yüzey toprağı altında kısmen gevşek ve nemli toprak yer alır. Elektrik öz direnci 75 ± 25 Ohm-m arasında olup göreceli olarak iletkenidir. Kalınlığı 1.3 ± 0.5 metre arasında değişir (Çizelge 1). Sözü edilen yapay topraklar altında ya da gömülü olarak Orta Çağa özgü arkeolojik kalıntılar ya da arazinin olağan jeolojik kaya olan paleozoik yaşlı kumtaşları (grovak) yer alır.

Yapay kalıntılar; taş ve tuğladan yapılmış içi dolu ya da boş galeri ya da odacıklardan oluştuğu için süreksizliğin türüne göre simgesel yükselim ve düşümlü bir biçim içerirken, ana kayadan oluşan belirtiler, simgesel bir temel yükselimi ve sonlu bir öz dirençle bitmektedir (Şekil 4 ve 5).

Simgesel Elektrik Polarizasyon ve Sismik Tepkiler

Yatay yönde elektrik ve sismik özelliklerdeki değişim içi boş tünel ve molozun ayırt edilmesini sağlayıcı işaretler vermektedir.

Dirençli süreksizlik üzerinde elektrik öz direnç yükselmekte, t_p sismik dalga geliş zamanı düşmekte, sismik dalga hızı artmaktadır. Uçlaşma yön değiştirmektedir, (dirençli kesim üzerinde artı elektrik alan) (Şekil 6). Düzenli yapı yerine moloz olması durumunda, elektrik öz direnç değeri 2-2.5 kat küçülmekte, ancak sismik geliş zamanı ve hız çok etkilenmemekle birlikte belirti genişliği artmaktadır (Şekil 6).

Simgesel hız değerleri için kritik açı değerleri 31° ve 48° 'dir. Kritik açının bu değerleri için yansımaya uğrayan dalgalar yeryüzünde kaynaktan yaklaşık 2 m uzaklıktan, tam yansımaya uğramış dalgalar ise yaklaşık 13 m uzaklıktan sonra algılanmıştır. Çalışma alanında Bizans döneminden kalma duvarlar üzerinde yapılan hız deneyinde ise P dalga hızı 2500 ± 100 m/s, S dalgasının hızı ise 1800 ± 100 m/s olarak elde edilmiştir.

Kazı – JEOFİZİK İşaret Uyumu

JEOFİZİK ölçülerin duyarlılığını belirlemek ve jEOFİZİK haritalara gerçekçi yorum getirmek üzere D 13.5 noktasının doğu-batısı doğru önceden açılmış 2.5 metre derinliğindeki çukurdaki zemin kesiti incelenmiştir. Çukurdaki kesit ile bu çukuru en yakın D 15 noktasında çekilen Schlumberger elektrik dalgisi karşılaştırılmıştır. Sonuçlar ile çukur kesiti arasında iyi bir uyum gözlenmiştir. Eğri biçimi HKH türüdür (Şekil 4 ve 7).

1. Katman, bitkisel tarım toprağı olup, elektrik öz direnci 330 Ohm-m, kalınlığı 1.3 metredir.

2. Katman, kısmen nemli, çakıl ve çakıl boyutunda dolgu gereçlerinden oluşmuştur. Elektrik öz direnci 165 Ohm-m kalınlığı 1.7 metre, taban derinliği 3 metredir.

3. Katman, 3750 Ohm-m ile dirençlidir. Bu katmana giriş derinliği 3 metre, katmanın kalınlığı 60 cm olup, eski zaman inşaat artıklarının oluşturduğu, küp, testi parçacıkları, tuğla, taş harç parçaları ve çeşitli eski inşaat artıklarından oluşmuştur. Çok düzenli bir belirti veren bu molozların, elektrik haritada gözlenen yüksek görünür öz direnç belirtisini yaratan kaynak olduğu sanılmaktadır.

4. Katman, iletken olup 60 Ohm-m öz direncindedir. 3.6 metrede girilen bu katmanın kalınlığı 8.4 metre, taban derinliği 12 metredir. Altındaki Paleozoik kumtaşı ve şeylin bozuşmuş ürünü olan bu birimin genellikle kili ve nemli olması beklenir.

5. Katman, 280 Ohm-m ile orta dirençlidir. Paleozoik kumtaşları olması beklenen bu birime giriş derinliği 12 metredir.

YERALTI JEOFİZİK KESİTLERİ

Olası süreksizlik eksenleri KG doğrultusundadır ve buna dik DB doğrultusundaki M, L, K, J, H, F, D ve B yeraltı jEOFİZİK kesitleri çıkarılmıştır. Bunlardan J, L Şekil 8 ve 9'da verilmiştir. Kesitlerde yukarıda yeraltının ayrı fiziksel özellik ve ayrı ölçüm türlerine göre jEOFİZİK tepkileri, altta bunların değerlendirilmesinden çıkarılan yeraltı yapısı sunulmuştur. Yukarıdan aşağıya doğru, sözü edilen jEOFİZİK tepkiler;

Çizelge 1. Sultanahmet arkeolojik alanındaki doğal ve yapay birimlerin simgesel jeofizik özellikleri.
Table 1. Typical geophysical values of various materials in the Sultanahmet archaeological site.

Birim	Kalınlık H (metre)	Elektrik Özdirenç RO (ohm-m)	Sismik Hız V1 (m/sn)	tp x = 3 m. (msec)
ÜST TOPRAK				
Kum, taş, moloz, eski kazı toprağı, inşaat artıklarından oluşan karma topluluk	0.8 - 1	220 ± 50	325 ± 75	15 ± 5
DOLGU TOPRAK				
Eski kazı artığı, orta-sıkı, gevşek, nemli, kum, taş kırığı	1.5 - 6	75 ± 25	445 ± 50	10 ± 2
TEMEL KAYA				
Paleozoik kumtaşı, şeyl, grovak üst kesimi bozuşmuş	-	500 ± 100	600	
ARKEOLOJİK KALINTILAR				
Taş ve tuğladan yapılmış örme duvar, eski taş-tuğla yığıntıları	0.5 - 6	750 ± 250	1000 ± 150	6 ± 1

1. En üstte, elektrik kaydırma eğrileri yer alır. Bunlardan kesikli çizilen duran kaynak (stationary source S.S.) sürekli çizilen gezen kaynak (moving source M.S.) için elde edilen tepkileri sunmaktadır. Her ikisinde de ölçü alma aralığı 3 metre olmakla birlikte S.S.'de ölçüm doğrultusu KG, M.S.'de DB'dir.

2. Ortada, sismik tepki eğrileri yer alır. Bunlardan sürekli eğri V_{2p} , örtü altı (ikinci katman) P-dalgası hız değişimini, kesikli eğri ise $x = 3$ m alıcı-verici aralığı için sismik dalga geliş zamanı ($t_3 - msn$) olarak yansıtır.

3. Altta, yerin SP eğrisini yansıtır. Sürekli eğri Polarizasyon gerilimini, basamaklı olan türevini yansıtır.

4. Tabanda, yer alan ve jeofizik verilere göre hazırlanan kesit ise yukarıdaki belirtilerin değerlendirilmesinden ve kazı sonuçlarından çıkarılan süreksizlik yorumlarını içerir.

Kesitte, kesikli çizgi sismik ölçülerden çıkarılan yeraltının olasılıkla yapılaşma öncesi morfolojisini yansıtır. Çemberler, polarizasyon mekanizmasını belirtir.

İşaretler Arası Uyum

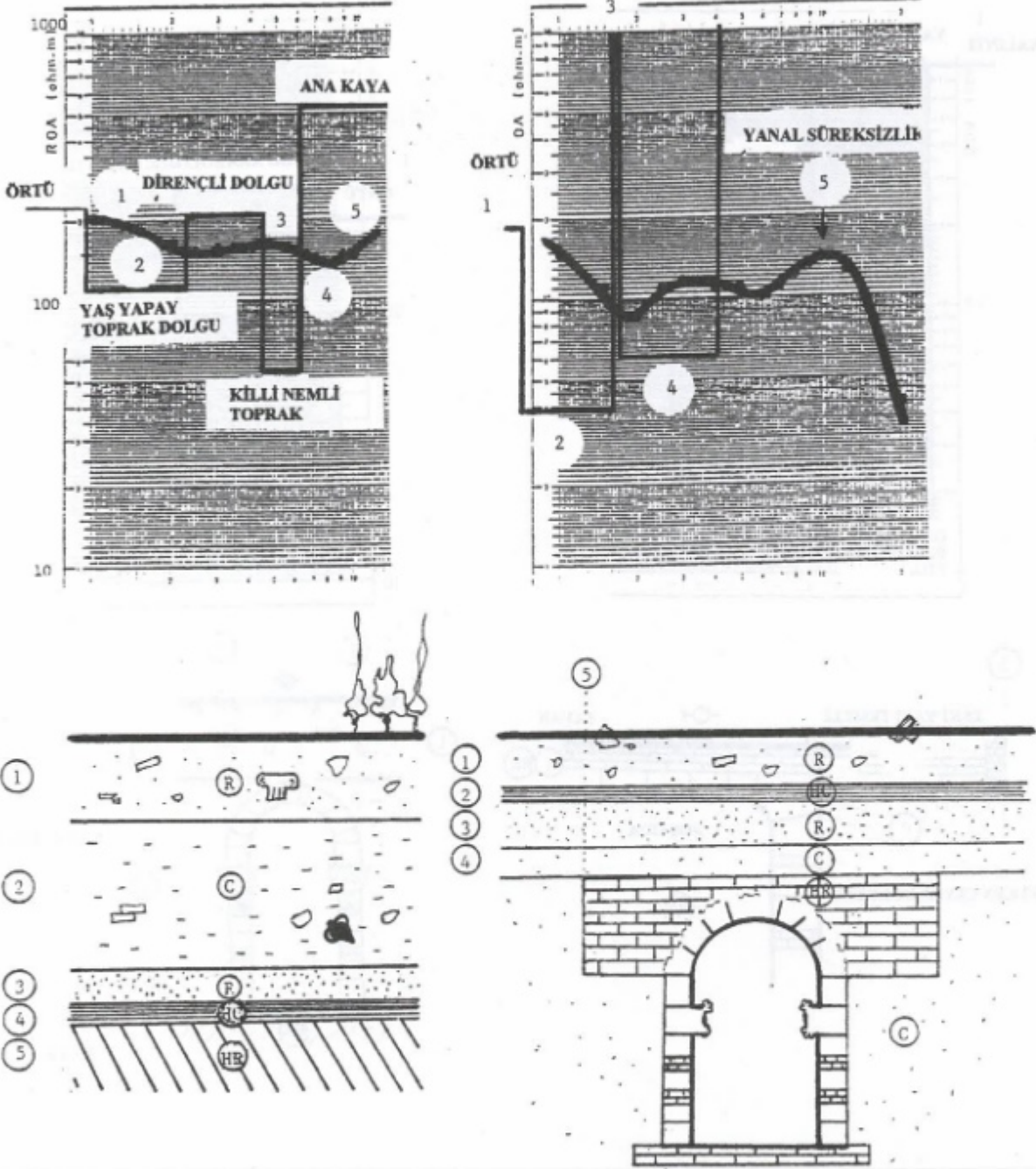
Jeofizik işaretler arasında bir uyum vardır. Bu uyum, dirençli süreksizlikler üzerinde; özdirenç değerleri büyük, t_3 sismik dalga geliş zamanları erkenci, polarizasyon değerleri 90° uçaşmalıdır. Ancak belirti konumlarından yer yer kaymalar gözlenir. Bu noktalarda, sismik hızda artış izlenmiştir. Ancak sismik hız değerleri seyrek aralıklarla ölçüldüğünden her durumda uyum izlenmeyebilir. Uçaşma ve gezen kaynak elektrik belirtiler sismikten bulunan yeraltı kesiti ile uyum göstermektedir. Taban kaya derinleştikçe (örtü kalınlaştıkça) gerilim değerleri (-) değerlere doğru gitmekte ve özdirenç değerleri de küçülmektedir.

JEOfİZİK KAT HARİTALARI

Gezen Kaynak Elektrik Kaydırma Ölçüleri

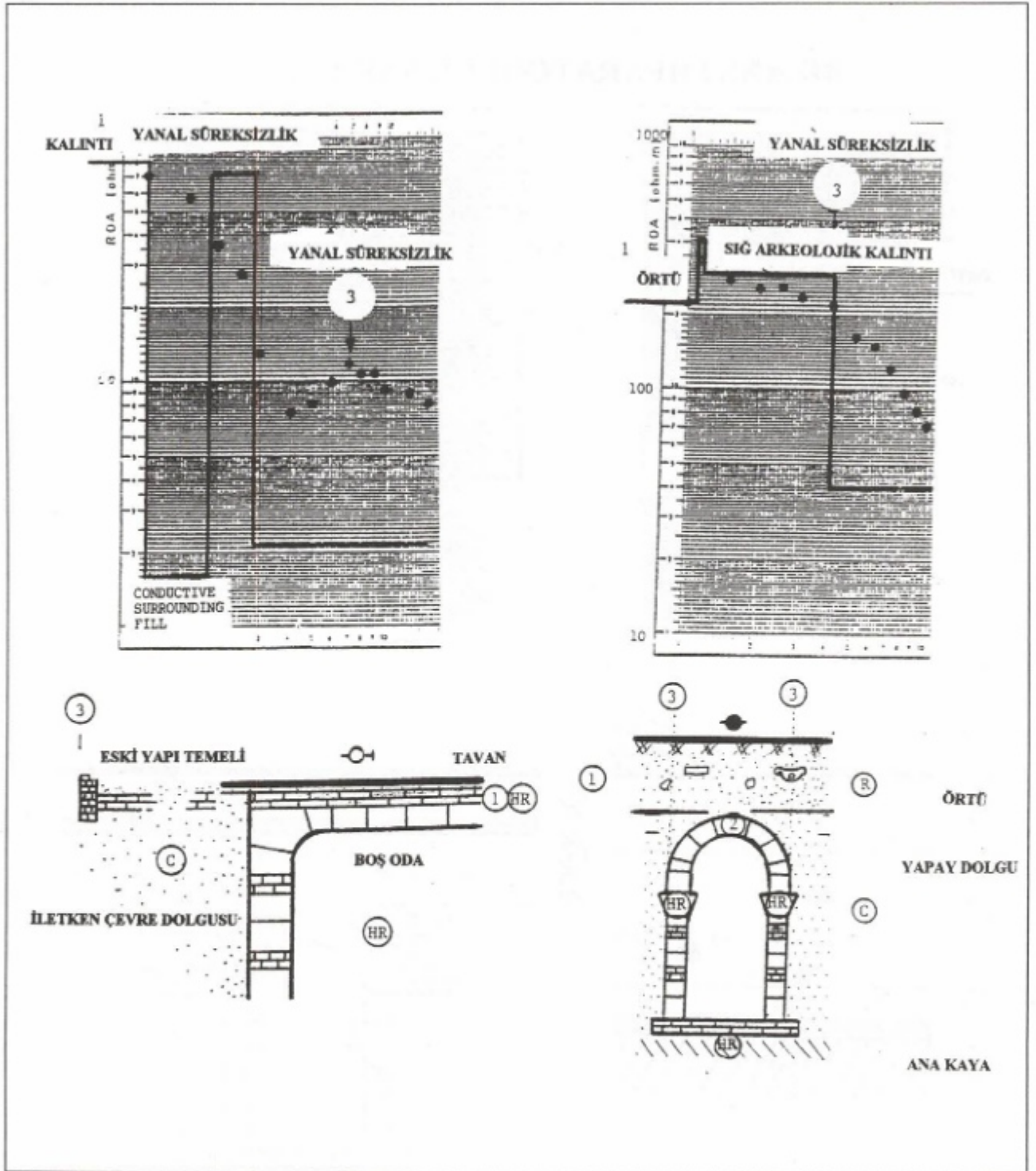
Lögn dizilimi; yakın uçları, $r = 20$, $b = 3$, $\Delta x = 3$ m ve sonsuz ucu, doğudaki Cankurtaran demiryolunun deniz tarafına çıkılarak düzenlenmiştir. Dizilim merkezi

BİZANS İMPARATORLUK SARAYI



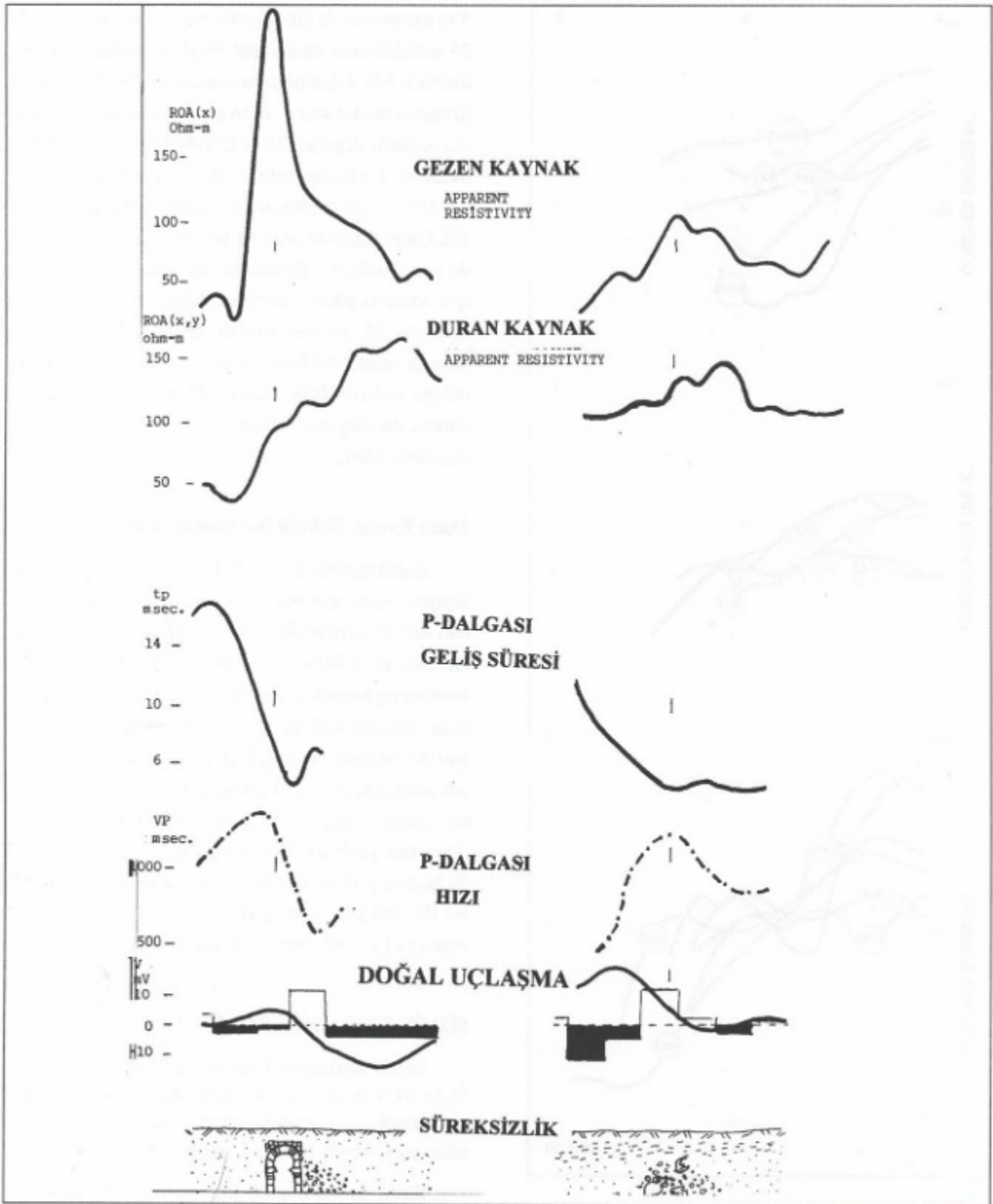
Şekil 4. Çalışma alanının simgesel yer elektrik tepkisi (sol). Derinde yanal süreksizliğin düşey elektro üzerindeki işareti (LM 8.5) (sağ)

Figure 4. Typical geoelectrical sounding response of the study area and typical geoelectrical sounding response of a deep lateral discontinuity (LM 8.5) (C-Conductive, HC- Highly Conductive, R-Resistive, HR- Highly resistive)



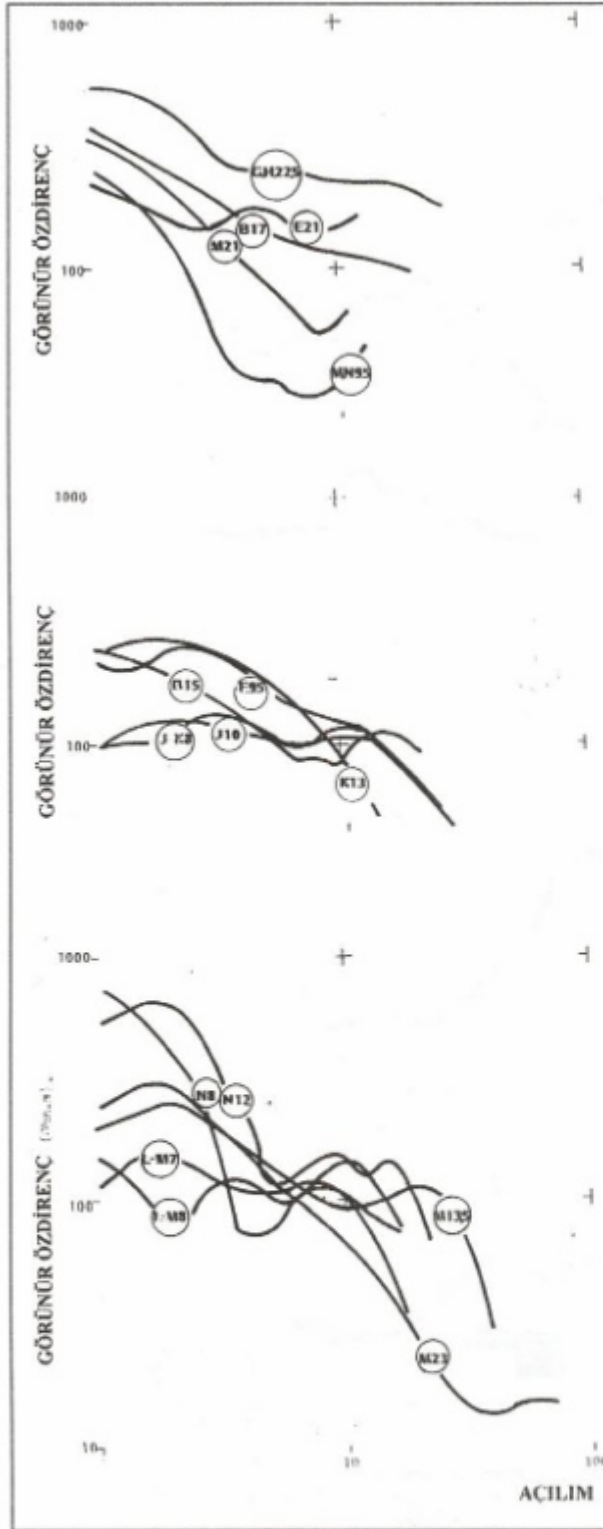
Şekil 5. Dirençli arkeolojik kalıntının simgesel elektrik delgisi. Ölçü merkezi kalıntının orta – üzerinde (K 13) (sağ), Arkeolojik oda ve yandaki yıkık temelin yerelektrik delgisi (N 8) (sol). (C-İletken, HC-çok iletken, R-di-rençli, HR-çok dirençli)

Figure 5. Typical goelectrical sounding anomaly over the resistive archeological remain (K 13) (on the right) and typical goelectrical sounding anomaly over the shallow archeological room and neighboring foundation remnant (N 8).



Şekil 6. Gömülü bir tünel ve molozun jeofizik belirtiler üzerinde simgesel işaretleri.

Figure 6. Characteristic geophysical signatures of an hidden tunnel and resistive rubble.



Şekil 7. Çalışma alanında alınan çeşitli Yarım Schlumberger elektrik delgi eğrileri.

Figure 7. Various Half-Schlumberger electrical sounding curves of the site.

3'er metre aralarla DB doğrultusunda kaydırılarak 7 ile 25 noktaları arası taranmıştır. Bu doğrultudaki ölçümler özellikle KG doğrultusunda uzanan süreksizliklerin belirlenmesine duyarlıdır. ROA (x, y, r= 20 m) için görünür öz direnç değerleri 25 ile 275 ohm-m arasında değişmektedir. En büyük öz direnç değerleri halihazırda bilinen Bizans Sarayı giriş galerisi üzerinde gözlenir (Şekil 10). Galeri üzerinde değerler 100 ile 275 ohm-m üzerinde yer almaktadır. Bu arazide kullanılan dizilim boyu için ortalama görünür öz direnç değeri 50 ohm-m, geçiş öz direnci 75 ohm-m, belirgin anomali öz direnci 100 ohm-m ya da daha büyük değerlerdir. Süreksizliğin sığ olduğu yerlerde ROA 200 ile 275 ohm-m arasında yer alırken, derinleştikçe 100 ohm-m ve hatta 75 ohm-m'ye dek düşmektedir.

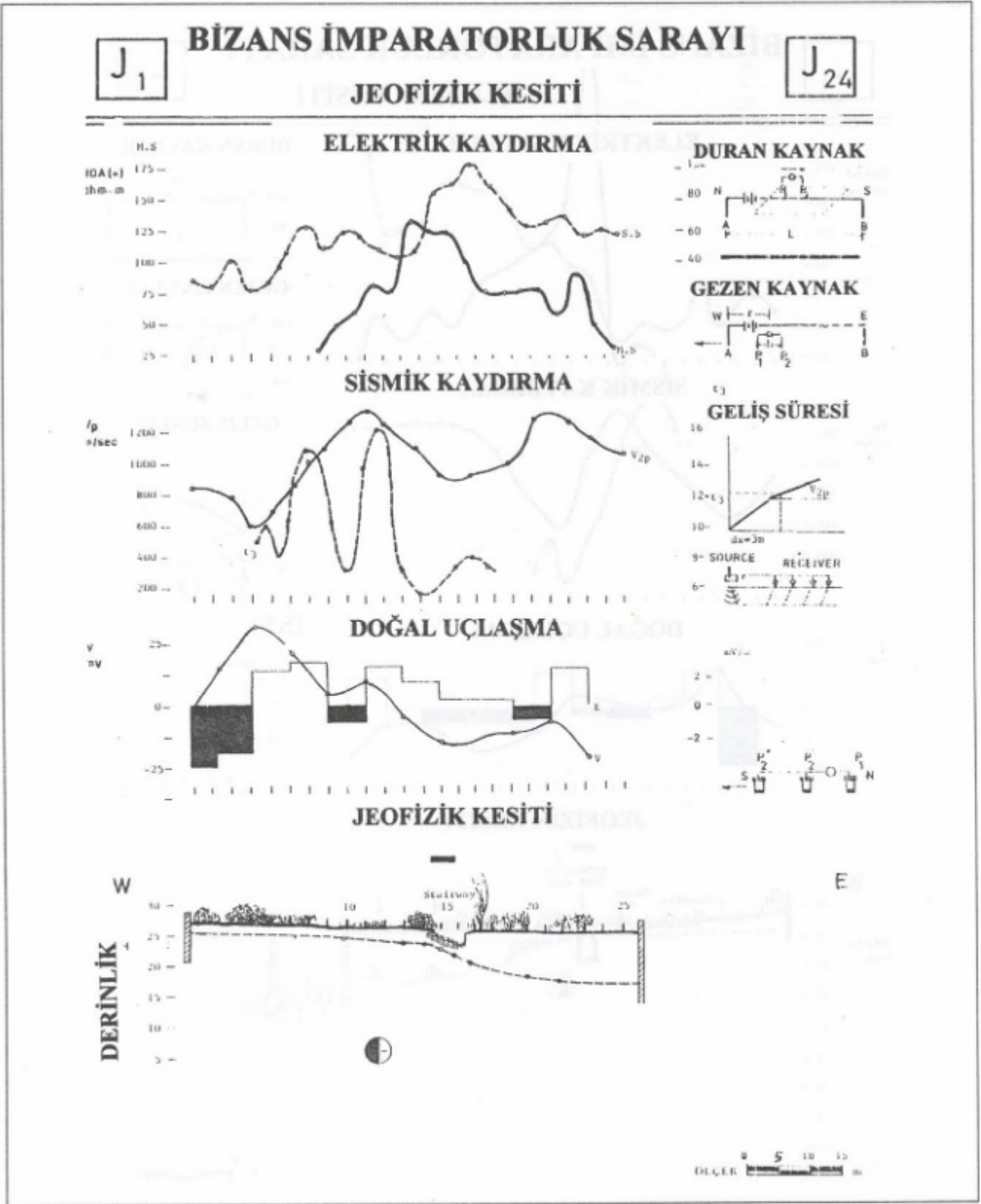
Duran Kaynak Elektrik Haritalama Ölçüştü

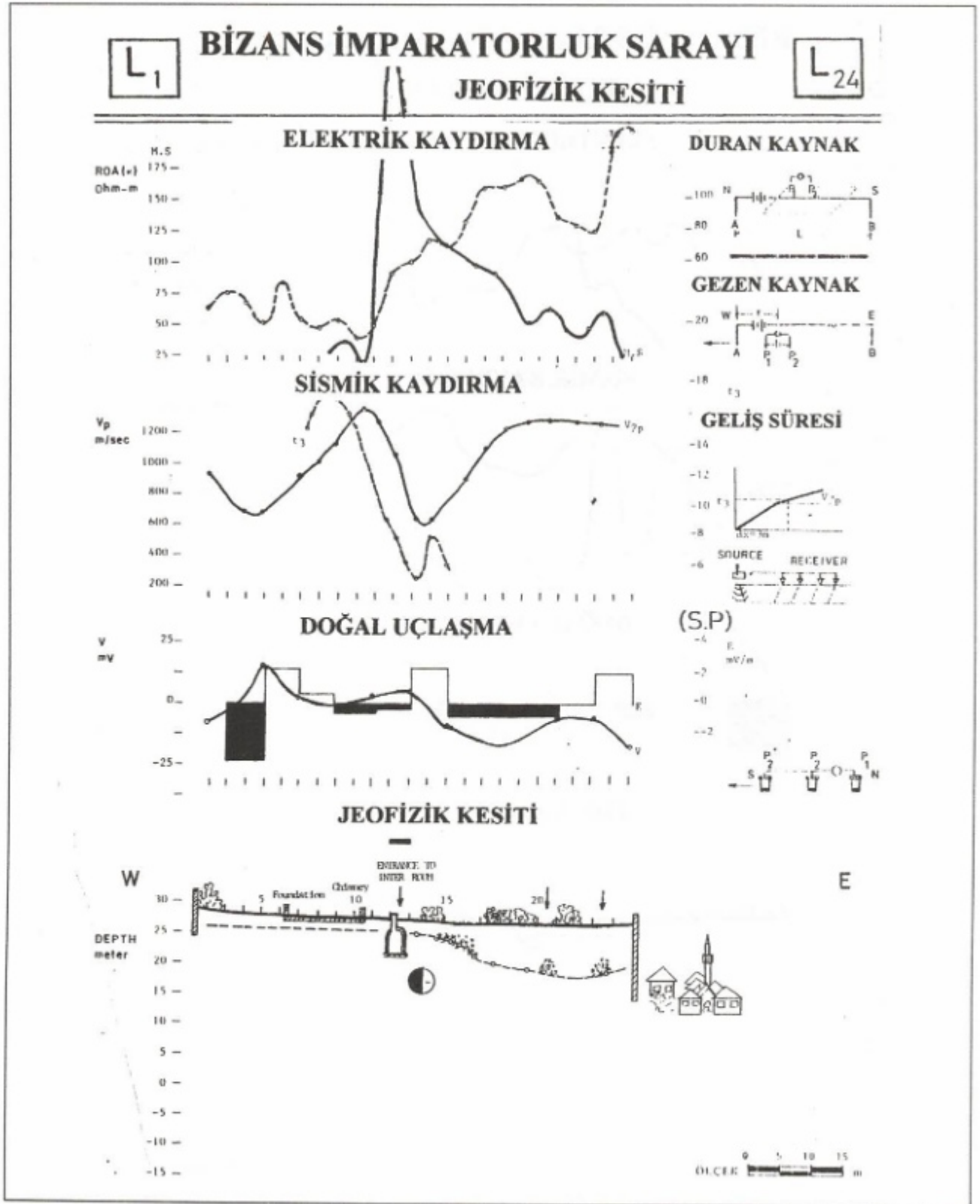
Duran kaynak akım kolu boyu $L = 150$ m olup dik-dörtgen biçimli çalışma alanının yan kenarı DB, kısa kenarı KG doğrultulu olup 45×75 metre en ve boyundadır. Bu arazide ROA (x, y) görünür elektrik öz direnç kat haritasını çıkarmak üzere, duran kaynak akım kolu KG doğrultusunda serilmiş ve serim çizgisi araziye doğu ve batı bölüm olmak üzere iki eşit parçaya bölmüştür. Kaynak akım kolu boyu $L = 150$ m, yerden geçen akım 1500 mA durağan tutulmuştur. Ölçüler KG doğrultusunda 3 metrelik gerilim kolundaki gerilim düşüşleri biçiminde ölçülmüş, okumalar iki nokta arasına atanmıştır (Şekil 10). ROA (x, y) eş görünür elektrik öz direnç kapamaları 11 ile 146 ohm-m arasında değerler vermiştir.

SİSMİK KIRILMA HARİTALARI

Sismik kırılma ve yansıma ölçülerinden, V_1 (x, y), V_2 (x, y) ve h_1 (x, y) çıkarılmıştır. Ayrıca $x=3$ kaynak – alıcı aralığı için t_3 sismik görünür geliş zamanı kat haritaları çıkarılmıştır (Şekil 11 ve 12).

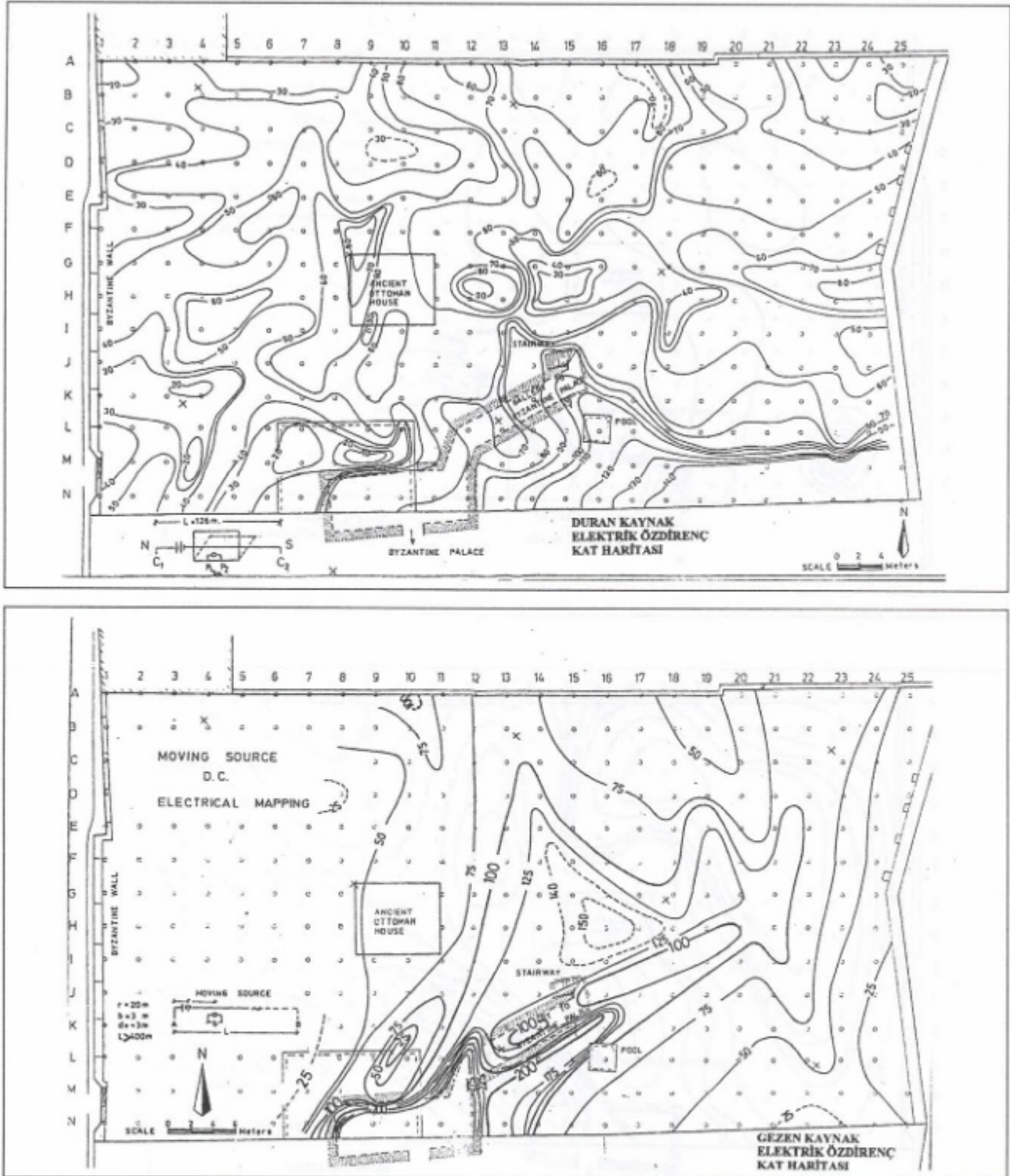
Birinci katman, temel kaya ya da arkeolojik kalıntıyı kapatan üst örtü katmanını simgeler. Örtünün semisel dalga hızı, $V_1 = 334 \pm 53$ m/s bulunmuştur. Değerler örtünün sıklığına göre 200 ile 600 m/sn arasında değişir. İkinci katman, örtü altında temel kaya, ya da arke-





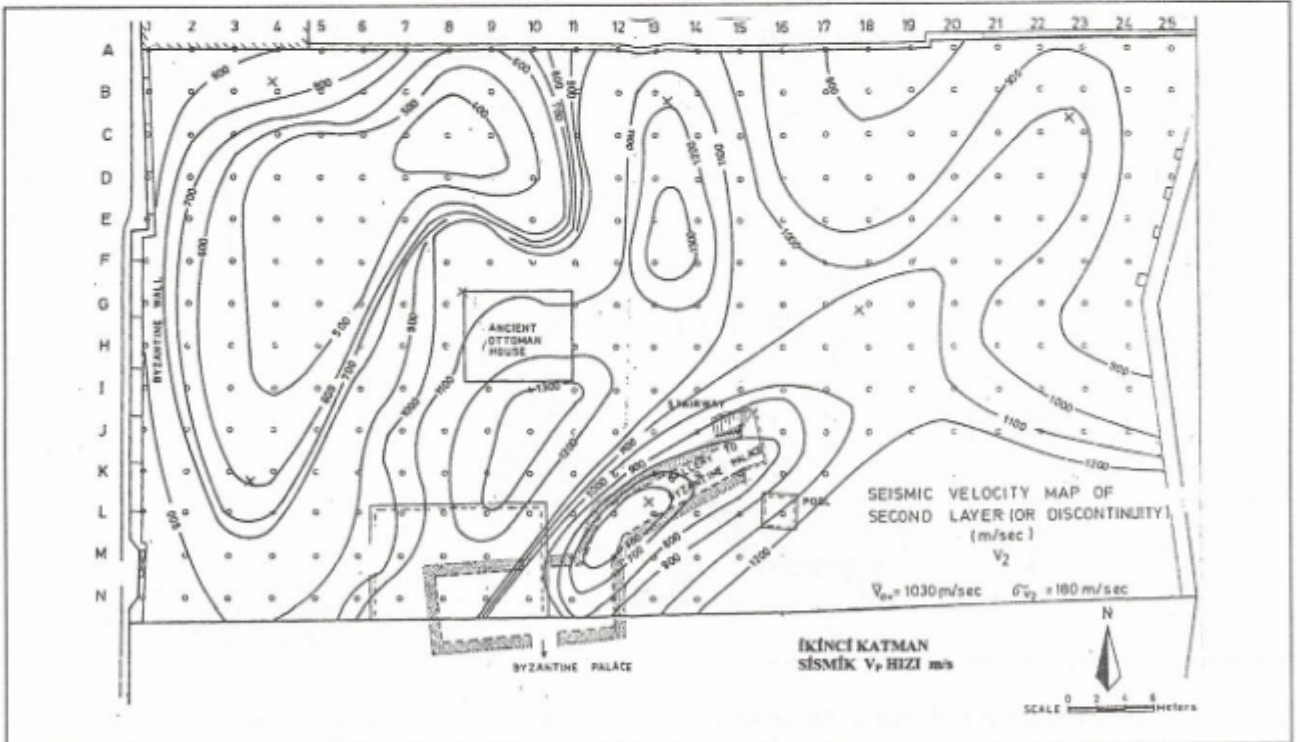
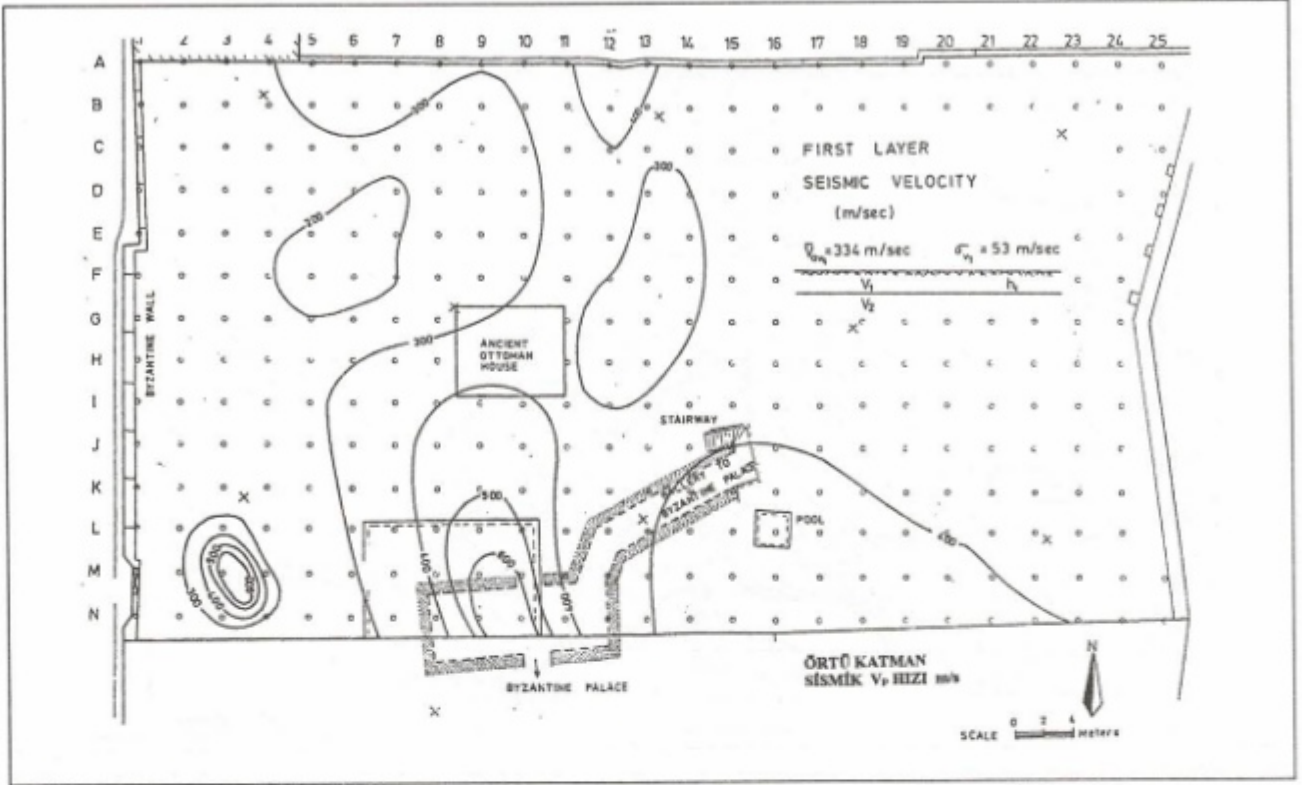
Şekil 9. L- doğrultusu boyunca arkeojEOFİZİK kesit.

Figure 9. Archaeogeophysical section along profile L.



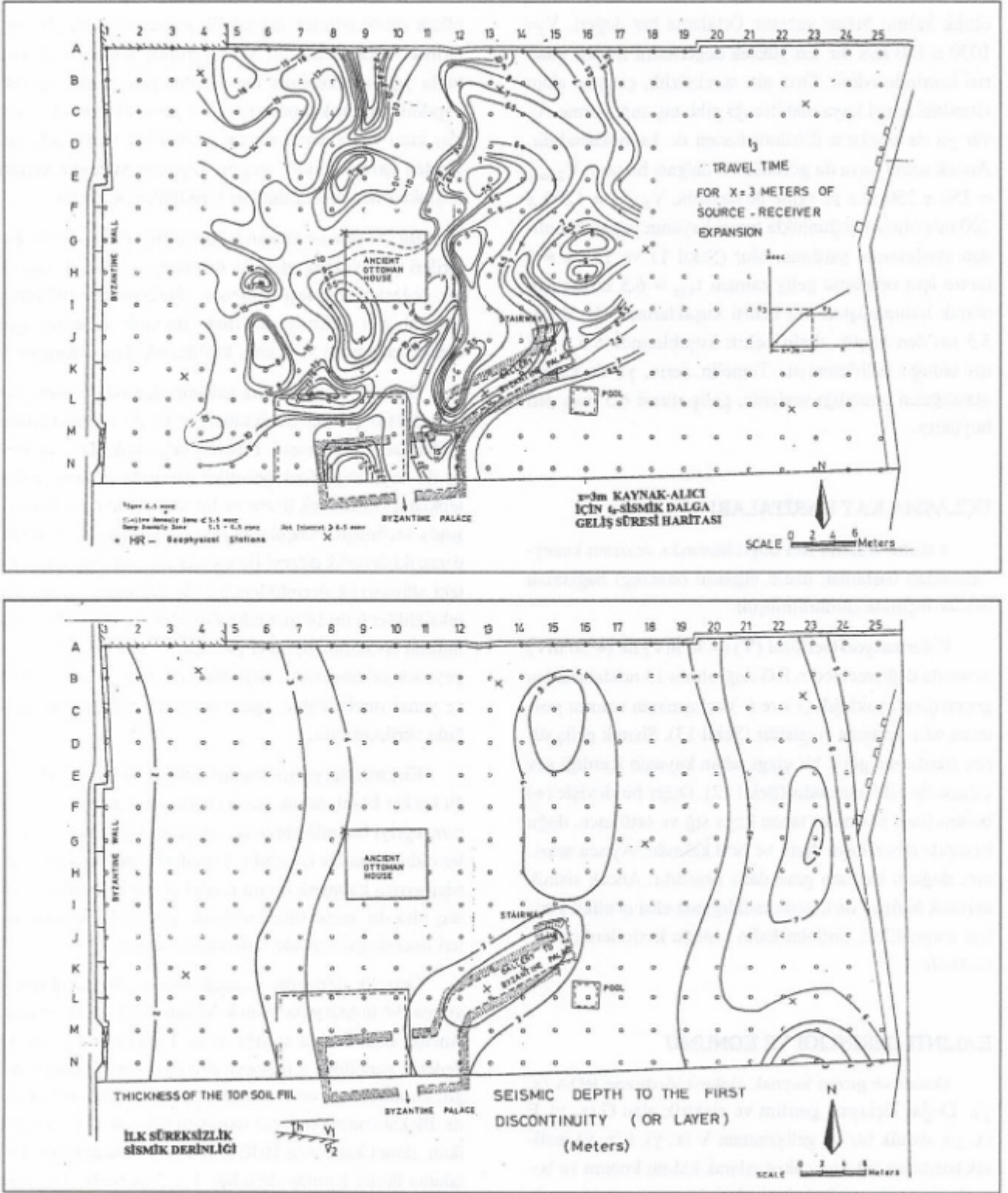
Şekil 10. Yer elektrik kat haritaları. a. Duran kaynak görünür elektrik öz direnç kat haritası (Ohm-m) (yukarıda). b. Gezen kaynak doğru akım görünür elektrik öz direnç kat haritası (aşağıda). Yarım Schlumberger $r=20$ m, $b=3$ m, $dx=3$ m, $L \geq 400$ m (Ohm-m)

Figure 10. Moving source D.C. apparent resistivity map. Half Schlumberger array, $r=20$ m, $b=3$ m, $dx=3$ m, $L \geq 400$ m (below). Stationary source D.C. electrical resistivity map (Ohm-m) (above)



Şekil 11. Birinci katman sismik hız haritası – V_1 (yukarıda) ve ikinci katman sismik hız haritası – V_2 (aşağıda).

Figure 11. Seismic velocity map of first layer layer – V_1 (above) and seismic velocity map second layer – V_2 (below).



Şekil 12. İlk sığ süreksizliğe olan sismik derinlik (aşağıda) ve $x = 3$ m kaynak - alıcı aralması için sismik geliş süresi kat haritası.

Figure 12. Seismic depth to the first discontinuity (below) and travel time map for $x = 3$ meters of source - receiver distance (above).

olojik kalıntı hızını yansıtır. Ortalama hız değeri, $V_2 = 1030 \pm 180$ m/s'dir. En yüksek değerlerini Bizans gale-risi üzerinde edinir. Örtü altı süreksizlik, çalışma alanı altındaki temel kaya olabileceği gibi, taş-tuğla örme du-var ya da bunların döküntüsünden de kaynaklanabilir. Ancak temel kaya da görünür P- dalgası hızının, $V_{2\text{temel}} = 750 \pm 250$ m/s ve örme duvarlarda, $V_{2\text{duvar}} = 1200 \pm 100$ m/s olması çoğunlukla temel kayanın yapay kalıntı-dan ayrılmasına yardımcı olur (Şekil 11 ve 12). $x = 3$ metre için ortalama geliş zamanı $t_{3\text{ort}} = 6.5$ milisaniye olarak bulunmuştur. Sığ belirti kuşaklarında bu değer 5.5 ms'den küçük, derin belirti kuşaklarında 5.5 – 6.5 ms olduğu belirlenmiştir. Temelin derin, ya da kalıntı olasılığının olmadığı yerlerde, geliş süresi 6.5 ms'n'den büyüktür.

UÇLAŞMA KAT HARİTALARI

3 metre aralarla KG doğrultusunda, arazinin kuzey-batusından başlamak üzere yığinsal (staging) bağlamalı olacak biçimde sürdürülmüştür.

Polarizasyon Gerilimi (V) (-30 mV) ile ($+30$ mV) arasında değişmektedir. KG doğrultulu 13 noktalarından geçen çizgi, yaklaşık (+) ve (–) uçlaşmanın sınırını gös-teren sıfır uçlaşma çizgisidir (Şekil 13). Sismik geliş sü-resi haritasına göre, bir çizgi taban kayanın içerdiği şev çizgisi ile çakışmaktadır (Şekil 12). Diğer bir deyişle (+) bölüm (batı kesimde) taban kaya sığ ve örtü ince, doğu kesimde taban kaya derin ve örtü kalındır. Ayrıca arazi-nin, doğusu batısına göre daha nemlidir. Ancak sismik derinlik haritası ile karşılaştırıldığında eksi genlikli geri-lim anomalileri, örtünün kalın olduğu kesimlerde oluş-maktadır.

KALINTI DERİNLİĞİ VE KONUMU

Duran ve gezen kaynak elektrik öz direnç ROA (x, y), Doğal Uçlaşma gerilim ve elektrik alan $G(x, y)$, $E(x, y)$, sismik hız ve geliş zamanı $V(x, y)$, $t(x, y)$ jeofi-zik haritaları üst üste çakıştırılarak kalıntı konum ve bo-yutlarının yüzeydeki izdüşümlerini gösteren iki boyutlu belirtiler elde edilmiştir (Şekil 14).

Sözü edilen belirtilerin simgelediği süreksizliklerin türü, elektrik öz direnç, sismik hız gibi fiziksel değiş-tirgenlerin büyüklüğüne doğrudan bağlı değildir. Böyle je-

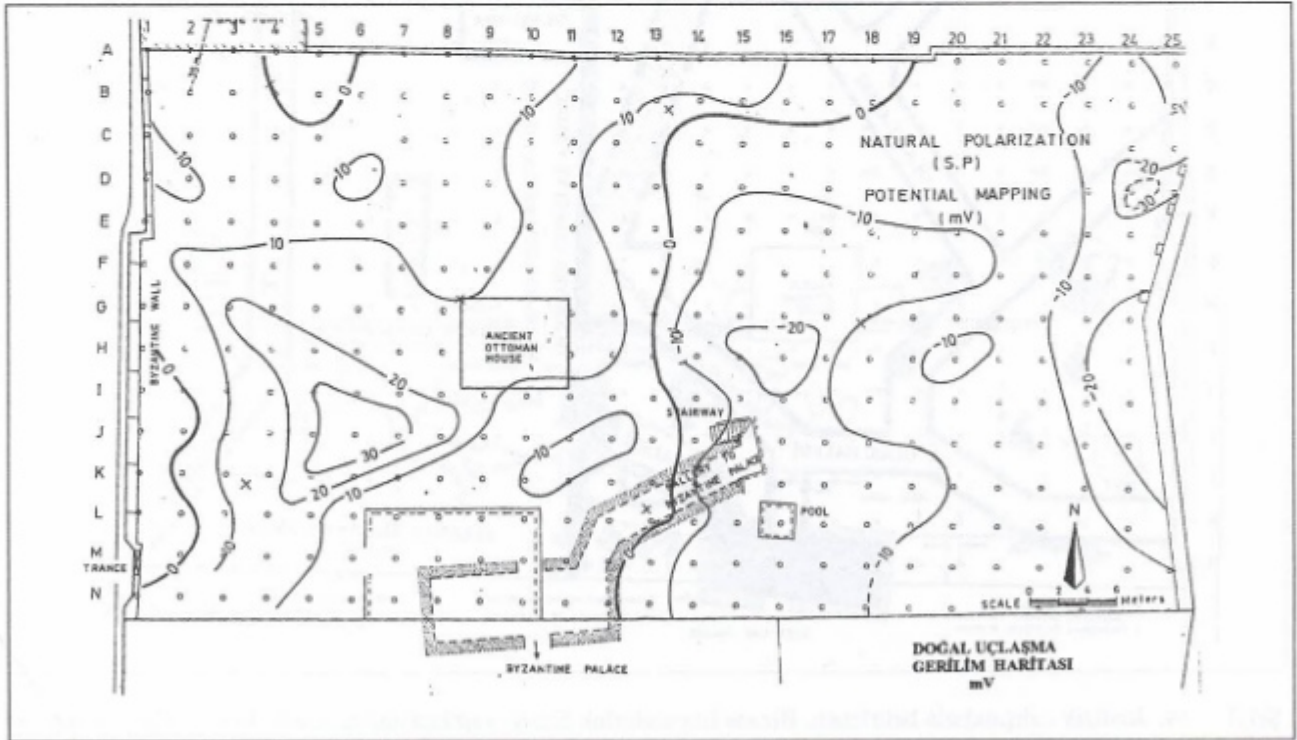
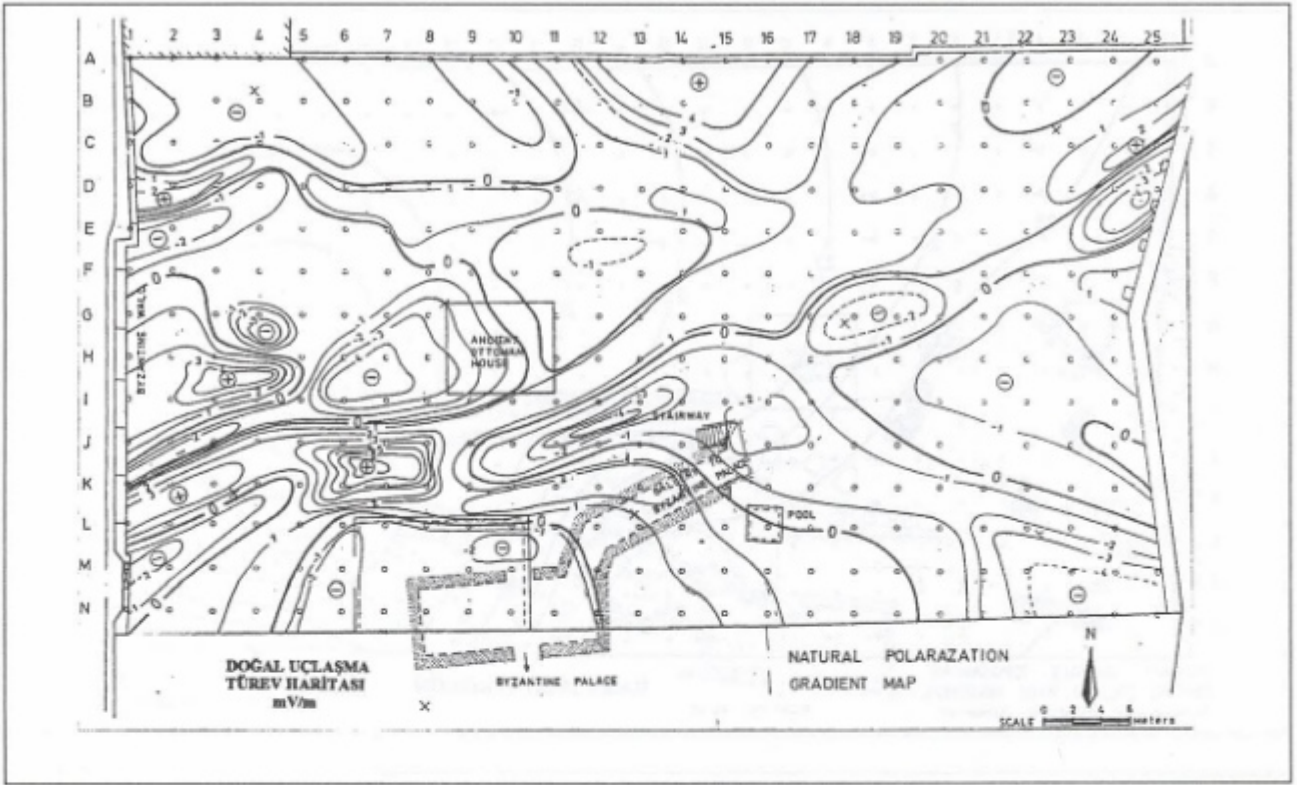
ofizik süreksizlikler, arkeolojik kalıntı olabileceği gibi, tarihsel dönemlerde bir yere yığılmış inşaat artığı taş, tuğla yığını, arkeolojik değeri olmayan, yeni zamanda yapılmış inşaat kalıntıları, ya da yerel olarak sıkıştırıl-mış kuru ya da nemli toprak ya da ölçü zamanında yü-zeyden aktığı görülen çeşme suyunun yüzeyde yeraltı boşluklarında oluşturdukları birikintiler de olabilir.

Bu çalışma ile aranan kalıntı türü, yeraltı oda ve ga-lerileri gibi yüksek elektrik öz direnç ve yüksek sismik hız değerleri vermesi beklenen süreksizlikler olduğun-dan bu gibi belirtiler üzerinde derinlik denetimi için elektro çekimleri ve sismik kırılma ölçüleri alınmıştır.

Derinlik denetimi için çalışma alanında 20 tane dü-şey elektro çekimi Schlumberger ya da Lögn dizilimi kullanılarak yapılmıştır. Elektrik delgi noktaları, 14 yer-de iki boyutlu jeofizik belirtiler üzerinde ve yerin doğal tepkisini belirlemek üzere ve bir kaç yerde de belirti dı-şında seçilmiştir. Ölçülerde biri sığ, diğeri derin olmak üzere iki derinlik düzeyi ile karşılaşılmıştır. Sığ derinlik-teki süreksizlik derinlikleri 0.7 ile 2.8 metre, derin sü-reksizlikler 6 ile 10 metredir. Genelde sığ derinlikler ka-lıntının tavanının, derinler ise tabanı ya da tabandaki ka-yayı simgelemektedir. Belirtiler üzerinde alınan, düşey ve yanal süreksizlikler işaret eden elektrik delgiler aşı-ğda verilmektedir.

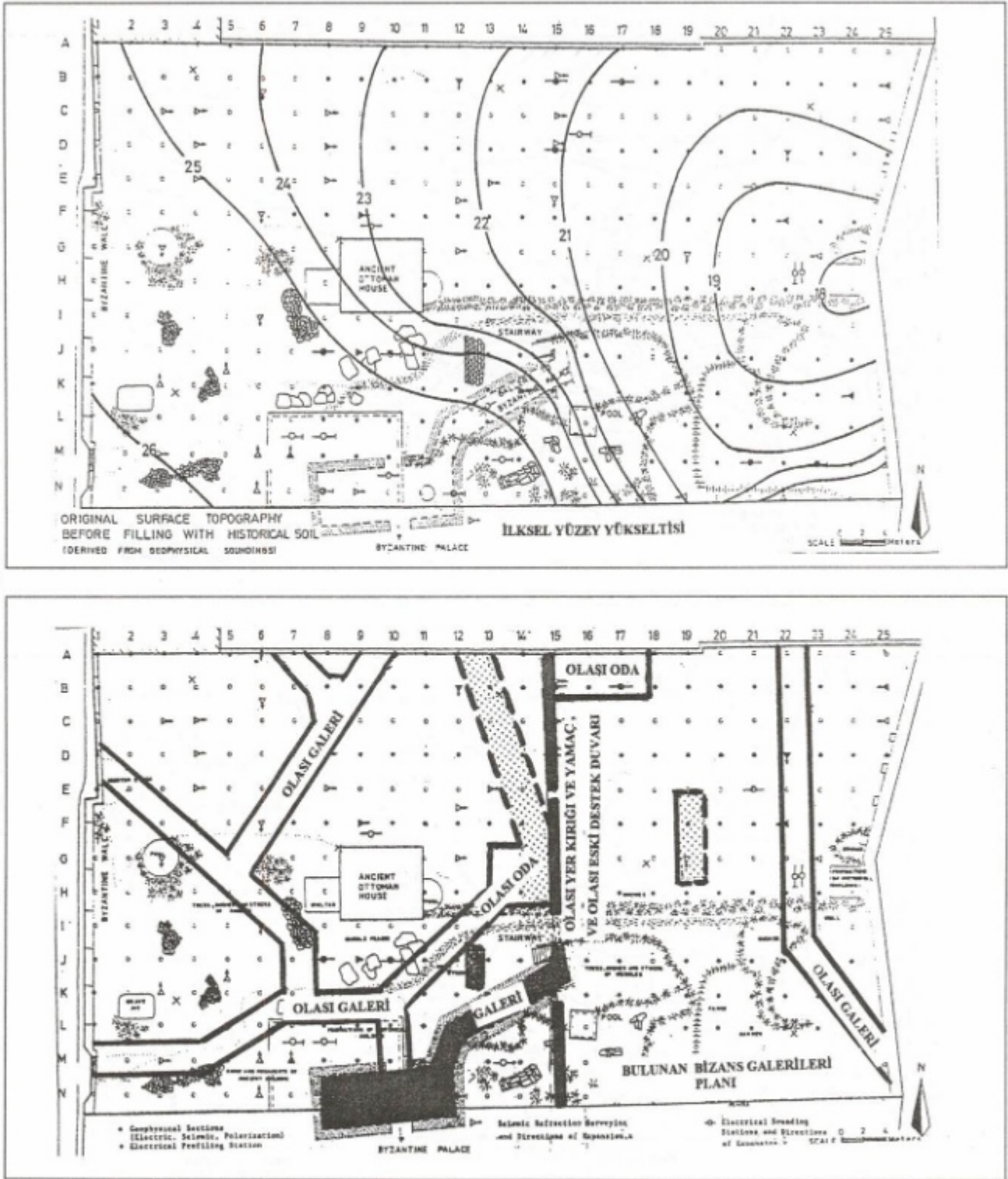
Elektrik delgilerin biçimlerinden izlendiği gibi ço-ğu keskin köşeli doruk ya da çukur yapmaktadır. Bu du-rum, eğriyi biçimlendiren ana etmenin yatay süreksizlik-ler olduğunun bir işaretidir. O nedenle, her ne kadar eğ-riler ayrıca katmanlı ortam modeline göre değerlendiril-miş olsa da, yanal süreksizliklere göre değerlendirilme-leri önemle gözönünde bulundurulmalıdır.

Derinlik denetimi yapmak üzere çalışma alanının ayrıca 39 noktasında sismik kırılma ölçüsü alınmıştır. Ancak, sismik ölçü aralığı en az 1 metre alınmıştır. O nedenle genellikle 1 metreye dek olan süreksizlikler de-ğil, 2 metreden sonra olan süreksizlikler gözlenebilmiş-tir. İlk katmanın ortalama sismik hızı $V_{1p} = 334 \pm 53$ m/s iken, ikinci katmanın 1030 ± 180 m/s bulunmuştur. Or-talama ikinci katman derinliği 4 ± 2 metredir. Derinlik değerlerinin batıdan doğuya 2 metreden 8 metreye dek düşmesi genelde sismikte görülen süreksizliğin, araziye örten yapay dolgu ile Paleozoik temel kaya dokunağı ol-duğu ve ilksel topografyanın batıdan doğuya doğru $9 (5^\circ)$ eğimli olduğu anlaşılır (Şekil 14. 8 ve 9).



Şekil 13. SP türev haritası (mV/metre) (yukarıda) ve SP gerilim haritası (mV) (aşağıda).

Figure 13. SP gradient map (mV/m) (above) and SP map (mV) (below).



Şekil 14. Jeofizik çalışmalarla belirlenen, Bizans İmparatorluk Sarayı yapılmasından önceki kestirilmiş özgün yüzey yükselti haritası (yukarıda) ve çalışma sonucu belirlenen arkeolojik kalıntı yerleri (gölgeli olarak gösterilmiştir).

Figure 14. Original subsurface topography before filling with historical soil, deceived from geophysical data (above) and interpreted location of possible locations of underground Eastern Roman galleries (below).

SONUÇLAR

Sokullu Sarayının kurulduğu yerde, Bizans Sarayı kalıntılarının varlığı, jeofizik araştırmalarla elektrik, sismik ve doğal uçuşma yöntemi kullanılarak aranmıştır. Her yöntemden elde edilen süreksizlikleri, üst üste koyarak birleşik değerlendirmeye gidilmiştir. Güneydeki Mandıra kesiminde BİS giden galeri ölçeğinde başka bir süreksizlik işareti ile karşılaşılmamıştır. Ancak, J 15 noktasında galeri girişinin kuzeydeki B 13 noktasına doğru giden yüksek dirençli, yüksek sismik hızlı ve 90° polarizasyon açılı süreksizliğin eski yapı yıkıntıları artık malzemesini kapsayan moloz yığını olduğu sanılmaktadır. Tam bu çizgi boyunca paleotopografyanın, belki bir fayla kazanılmış şev boyunca dökülmüş molozlar şevi düzlemek amacı ile Bizans ya da Osmanlı döneminde atılmış olabilir. Düzenli bu moloz kuşağının yanısıra, arazinin hemen hemen tamamına yayılmış, dönemsel gömülü moloz katmanları yer alır. Molozların öbek oluşturduğu yerlerde yerel süreksizlik işaretleri ile karşılaşmış olup, bunlardan biri G 19 – E 19 arasında uzanır.

Elektrik süreksizliklerden sığ olanları 0.7 ile 2.8, derin olanları 6 ile 10 metredir. Sığ olanlar, sıkıştırılmış yapay kazı toprağı orta dirençli yıkık inşaat gerçelerinden oluşmuş molozlar yüksek dirençli, düzenli arkeolojik yapılar çok yüksek öz dirençli, öz direnç belirtileri ile tanınmıştır.

1 – 1.5 metre kalınlığındaki bitkisel toprak örtüsü simgesel sismik dalga geçiş hızı 334 ± 53 m/sn'dir. Tarihsel moloz ve duvar biçiminde arkeolojik kalıntının 1000 ± 150 m/sn'dir. Tarihsel molozun üst yüzeyinin derinliği 4 ± 2 metre, ilksel Paleozoik temel in ise 8 ile 10 metre olduğu belirlenmiştir. Jeofizikten bulunan ve tarihsel dönemde araziye molozların atılmadan önceki yüzey topografyasının batıdan doğuya doğru % 9 ya da 5° eğimli olduğu bulunmuştur. Eş derinlik çizgileri KG doğrultuludur. Arazinin bugünkü topografyası batıda 28.5, doğuda 26.5 metre, molozlar dökülmeden önce, batıda 26, doğuda 18 metre olarak belirlenmiştir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma T.C. Kültür Bakanlığı Anadolu ve Müzeler Müdürlüğü İstanbul Arkeoloji Müzesi ve İstanbul 1 numaralı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu isteği ile, Prof. Dr. Metin Altunbay sorumluluğunda sürdürülmüştür. Çalışmanın akçal desteğini HÜKO Metal A.Ş'den, Makine Müh. A. İrfan Kocabiyik, önceki yerleşimler üzerine bilgileri Prof. Dr. Ahmet Refik Alp sunmuştur. Ölçüler için jeofizik donanım ve mühendis desteğini Yeraltı Aramacılık laboratuvarları sağlamıştır. Çalışmada yer alan Jeofizik Müh. Metin Özmen, Ümit Al, Harita Teknisyeni Melek Köklü, Halil Kabak, jeofizik deneyimcileri Hakan Dikici, Şinasi Onur, Ümit Yalçın Kalyoncu, Halil Yılmaz ve yazmanımız Lale Kırım uğraşları için sağolsunlar.

KAYNAKLAR

- Brett, G., Martiny, G. and Stevenson, R.B.K. 1947a, The Great Palace of the Byzantine Emperors. Being a first report on the excavations carried out in İstanbul on behalf of the Walker Trust (The University of St. Andrews) 1935 – 1938, Oxford.
- Brett, G., Martiny, G. and Stevenson, R.B.K., 1947b, The Great Palace of the Byzantine Emperors, Oxford.
- Eyice, S. 1988, "İstanbul'da Bizans İmparatorlarının Sarayı: Büyük Saray", Sanat Tarihi Araştırmaları Dergisi, 1., 3, 3–36.
- Eyice, S. 1997, Büyük Saray Döşeme Mozayığı ve Halılar ile Olan İlişkisi, Arkeoloji ve Sanat Mecmua, 81, 19–24.
- Jobst, W. 1997, A–Z İstanbul Rehber Atlas, Aysa Limited, Şişli–İstanbul, 288.
- Müller-Wiener, W. 1977, Bildlexikon zur Topographie İstanbuls, Tübingen, 225–237.
- Rice, D.T. 1958, The Great Palace of the Byzantine Emperors, Second Report, Edinburgh.

YAYIM KOŞULLARI

JEOFİZİK dergisinde yayımlanacak yazıların aşağıda belirtilen koşullara uygun olarak hazırlanması gerekmektedir. Biçim olarak yayım koşullarına uymayan yazılar incelemeye alınmadan geri verilecektir. Gönderilecek yazılar, bir asıl ve üç kopya olmak üzere, özet, abstract, ana yazı, kaynaklar, şekil ve çizelge yazıları ayrı bölümler halinde daktilo edilmelidir.

JEOFİZİK dergisinde yayımlanmak üzere gönderilmiş makalelerle ilgili bütün yazışmalar TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası ile yapılır.

Başka yayın organlarında yayımlanmış veya yayım için gönderilmiş makaleler basılmayacaktır. Yazarlar, makalenin Yayın Kurulu'na ilk gönderilişinde bir sunuş mektubu ile yazının başka bir yerde yayımlanmadığını ve bundan sonra da yayım için sunulmayacağını belirtmelidir.

YAYINA KABUL

Dergiye basım için gönderilen herhangi bir yazı öncelikle Editör tarafından incelenecektir. Ancak, bu ilk inceleme yazının bilimsel özü ile ilgili olmayıp, yayım amaçlarımıza ve yayım kurallarına uygunluğunun araştırılması şeklindedir. İlk seçimden sonra, makalenin konusunda uzmanlığı ile tanınmış üç hakeme başvurulmaktadır. İki olumlu görüşün bildirilmesi yazının basılması için yeterlidir. Genellikle, hakemler düzeltme önermekte, hakemlerden gelen öneriler Yayın Kurulu'na süzgeçten geçirilerek birleştirilmekte ve yazarlara bildirilmektedir. Kolay anlaşılabilirliğin ve bilimsel yeterliliğin sağlanması ile yazı basım için sıraya konmaktadır.

DİL VE ANLATIM

Yazılarda konunun özlü bir anlatımla verilmesine çalışılmalı ve konu gereksiz yere uzatılmamalıdır. Ancak, yazı anlaşılabilir kadar kısa veya matematiksel bağıntı listesi şeklinde de hazırlanmamalıdır. Yazıda düzgün bir Türkçe kullanılmalı ve dilbilgisi kurallarına uyulmalıdır. Özellikle yeni bir konunun anlatımında, kullanılacak sözcüklerin seçimine özen gösterilmelidir. Dilimizde karşılığı olmayan terimler için öneri yapıldığında, yazı içerisinde ilk kullanılışında karşılığı ayrıç içinde verilmelidir. Yaygın olarak kullanılan ve geniş bir kesim tarafından kabul edilen Türkçe terimler için yeniden terim önerisi gerekli olmadıkça yapılmamalıdır.

YAZININ DAKTİLO EDİLMESİ

Yazılar bir asıl ve üç kopya olmak üzere hazırlanmalı ve iki aralıklı daktilo edilmeli, sayfaların üst, alt, sol ve sağ yanlarında boşluklar bırakılmalıdır. Şekiller, çizelgeler ve alt yazılar yazı içerisine konulmamalı, ayrıca daktilo edilmelidir. Yerleştirme ve yazılım açısından güçlük çıkarttığından dolayı dipnotlardan kaçınılmalıdır. Özet, Abstract, Anabashlıklar, Kaynaklar sayfa başından başlamak üzere yazılmalı ve bütün sayfalar numaralandırılmalıdır.

Yazıdaki daktilo hataları mutlaka el yazısıyla da olsa düzeltilmeli ve gözden kaçabilecek düzeltmelere olanak sağlamak amacıyla yukarıda da belirtildiği gibi yazı iki aralıkla daktilo edilmelidir. Daktilo yerine bilgisayarda kelime işlemcilerle yazılmış yazılar yayım için kabul edilir.

BAŞLIK VE ÖZET

Yazının başlığı mümkün olduğu kadar kısa olmalı, konuyu en iyi şekilde belirtmelidir. Özet 200 sözcüğü geçmemeli ve formül içermemelidir. Özeti İngilizcesi Abstract başlığı ile verilmeli ve özeten kesinlikle farklı olmamalıdır.

ANA METİN

Yazı üç aşamada kaleme alınmalıdır. Bunlar giriş, ana başlıklar ve sonuçlar bölümleridir. Yazı, giriş bölümüyle başlamalı ve daha önce yapılan çalışmalar ve yazının amacı tanıtilmelidir. Daha sonra yazı ana başlıklara bölünerek, okuyucuya aktarılacak istenen düşünceler bir gelişim planına göre kaleme alınmalıdır. Sonuçlar bölümünde, elde edilen sonuçlar ve önerilen yöntemin kullanılmasıyla okuyucunun ne gibi yararlar elde edeceği özetlenmelidir. Ana başlıklar büyük harfle ve paragrafbaşı yapılmadan yazılmalıdır. Giriş ve sonuçlar dışında diğer ana başlıklar gerekirse alt başlıklara ayrılabilir. Alt bölüm başlıkları küçük harflerle ve ana başlıklarla aynı hizada yazılmalı ve dizgi sırasında farklı punto ile dizileceğinden altı çizilmelidir. Hem ana hem de alt başlıklardan sonra yazıya paragraf başı yapılarak devam edilmelidir.

Yazı içerisinde yazar adlarına değinim iki türlü gerçekleştirilebilir. Eğer, yazar adı cümlelerin öznesi olarak kullanılıyorsa, yazılım verilen örnekteki gibi olmalıdır. "Baker ve Carter (1972) bu konuda çeşitli araştırmalar yapmışlardır". Eğer, yazar adları cümlelerin bir parçası olarak kullanılmıyorsa izleyen örnekte olduğu gibi adlar ayrıç içinde verilmelidir. "Bu konuda çeşitli araştırmalar yapılmıştır (Baker ve Carter 1972)". Yazarlar yabancı olsa dahi, yazı içerisinde "and" ve "et.al" söz-

cükleri yerine, iki yazar için "ve" ikiden fazla yazar için "ve diğ." kullanılmalıdır. Kişisel konuşmalar metin içerisinde ayrıç içinde belirtilmeli ve kaynaklar bölümüne konulmamalıdır.

Şekil ve çizelgelerin metin içinde yazılımı da yazar adlarının yazılımı ile aynıdır. İzleyen örneklerde olduğu gibi iki tür yazılım kullanılmalıdır. "Şekil 14'de salınımlı fonksiyonlar görülmektedir." ya da "Bu fonksiyonlar salınımlı bir yapı gösterir (Şekil 14)." Şekil ve çizelgeler yazı içerisinde geçiş sırasına göre numaralandırılmalıdır.

Matematik bağıntılarda kullanılan simgelerin, ilk geçişlerinde anlamları ve gerektiğinde birimleri verilmelidir. Metin içinde değinilen bağıntılar kesinlikle numaralandırılmalıdır. Tüm bağıntıların numaralandırılması yazara bağlıdır. Başkaları tarafından türetilen bağıntılar için kaynak verilmesine özen gösterilmelidir. Bağıntılar, paragraf başı yapılmadan (sola dayalı olarak) yazılmalıdır.

Birimlendirme SI Birim Sistemi'ne göre yapılmalıdır. Kısaltmalarda SI Birim Sistemi kurallarına uyulmalıdır. En sık görülen yanlış birim kısaltmalarında nokta kullanılmasıdır. Diğer tür kısaltmalarda ise, ilk yazılıştta ayrıç içinde kısaltmanın açık yazılımı verilmelidir. Örneğin, EM (elektromanyetik) gibi. Standart hale gelmiş simgeler dışında Yunan Harfleri kullanılmamalıdır. Genellikle, bu harfler el ile yazıldığından, basımevine kolaylık sağlamak için ilk geçişlerinde kurşun kalemle üstlerine okunuşu yazılmalıdır (teta, kappa).

ŞEKİL VE ÇİZELGELER

Şekiller aydınır kağıdına çizilmeli ve yazıları şablon ile yazılmalıdır. Şekillerin küçültülmesi olası olduğundan, bu durumda şekiller ve şekil üstündeki yazılar özelliğini kaybetmeyecek biçimde hazırlanmalıdır. Büyük boyuttaki şekiller, tek sayfa boyutunda basılacağından, özellikle bu tür şekillerin hazırlanmasına özen gösterilmelidir. Basım için elverişli olabilecek bilgisayar çıktıları dışında, basımda güçlük çıkarak türde hazırlanan şekil veya çizelgeler kabul edilmeyecektir.

Her şekil ve çizelgenin üstüne kurşun kalemle numarası yazılmalıdır. Şekil ve çizelgelerin alt yazıları Türkçe ve İngilizce olarak ayrıca daktilo edilmelidir. Yazı içerisinde şekil ve çizelge terimleri yerine başka terimler kullanılmamalıdır.

Şekil ve çizelgelerde bulunan açıklayıcı bilgilerin yanına veya altına ayrıç içinde İngilizceleri de yazılmalıdır.

KAYNAKLAR

Yazı içerisinde geçen bütün kaynaklar, yazı sonunda yazar soyadlarına göre alfabetik olarak verilmelidir. Aynı yazarın, aynı yılda birden fazla yazısı kaynak olarak gösterilmesi durumunda a, b, c şeklinde bir sıralama yıl sonuna eklenmelidir. Yazı içerisinde bir yazarın birden fazla yazısını belirtmek için yıllar virgülle ayrılarak verilmelidir. Örneğin (Koefoed 1979a, 1979b, 1980). Kaynaklar listesinde alt alta düşen aynı yazar adı için çizgi kullanılmamalıdır. Birden fazla yazar olduğunda makale Türkçe ise "ve", İngilizce ise "and" sözcüğü kullanılmalıdır.

Makalelerin kaynak verilmesinde, yazar soyadı, adın ilk harfi, yıl, makale adı, yayımlandığı dergi, cilt no, sayfa noları sırasına uyulmalıdır. Aşağıdaki örneklerin incelenmesiyle anlatılmaya çalışılan kalıp açıklıkla görülebilir:

Klein, J.D., Biegler, T. and Horne, M.D. 1984, Mineral interfacial processes in the method of induced polarization, *Geophysics* 49, 1105-1114.

Klein, J.D. and Shuey, R.T. 1978a, Non linear impedance of mineral-electrolyte interface, Part I: Pyrite, *Geophysics* 43, 1222-1234.

Klein, J.D. and Shuey, R.T. 1978b, Non linear impedance of mineral-electrolyte interfaces, Part II: Galena, Chalcopyrite and Graphite, *Geophysics* 43, 1235-1249.

Kitapların kaynak verilmesinde, yazar soyadı, adın ilk harfi, yıl, kitabın adı, yayıncı sırasına uyulmalıdır. Sayfa sayısı ise belirtilmemelidir. Kitap adının yazılımında kelimelerin ilk harfleri büyük harf olmalıdır. Tez, rapor ve benzeri yazılar için de aynı kural geçerlidir.

MacDonald, D.D. 1977, *Transient Techniques in Electrochemistry*, Plenum Press, New York.

Kitap içerisinde yayınlanan makalelerin kaynak gösterilmesi aşağıdaki biçimde olmalıdır.

Sluyters-Rehbach, M. and Sluyters, J.H. 1970, Sine wave methods in the study of electrode processes in *Electroanalytical Chemistry* 4, J.A. Bard, (Ed.). Marcel Dekker, New York.

Smith, D.E. 1966, AC polarography and related techniques, in *Electroanalytical Chemistry* I, J.A. Bard, (ed.). Marcel Dekker, New York.

Dergi, kuruluş ve yayıncı adlarında kısaltma yapılmamalıdır.

ODA ÜYELERİ

SİCİL NUMARASI	ADI SOYADI	SİCİL NUMARASI	ADI SOYADI
1640	HAKAN TOKER	1676	ARZU ÇAMTEKNE
1641	TUĞBAY KILIÇ	1677	ENGİN ŞEN
1642	MEHMET BAYKAL	1678	RÜSTEM BOZDAĞ
1643	OKŞAN OVALIER	1679	HAKAN İBRE
1644	SALİH ALBAYRAK	1680	İSMAİL DEMİRCİ
1645	ZAFER AHMETOĞLU	1681	REYHAN GÖKEL
1646	CEM GÜNAY	1682	FİRDEVS BİLGİ
1647	ARZU ŞAHİN	1683	YASEMİN OĞUZ
1648	İSMAİL DOST	1684	ŞEBNEM KEZER
1649	ORHAN KAYA	1685	M.EMİN AYTAÇOĞLU
1650	ÖMER KESKİN	1686	M.ALİ CÖMERT
1651	NUR UMUTLU	1687	ULAŞ BİÇER
1652	GÜLŞAH BİLGİ	1688	ÖZKAN TURAN
1653	ALPER ARİF ÖKTEM	1689	ERTAN YILDIZ
1654	İSMAİL SAVAŞ ALKAN	1690	VEDAT OCAK
1655	NURAL BEŞİKTAŞ	1691	B.HALUK ORAL
1656	ELÇİN GEÇİM	1692	EMİNE KOÇ
1657	KEMAL RASİMGİL	1693	M. SARIEROĞULLARINDAN
1658	ERGİN ULUTAŞ	1694	KENAN ÖCAL
1659	GÖKHAN GÖKTÜRKLER	1695	SERHAN ÇAM
1660	FİLİZ ÖZTEMİR	1696	ERTUĞRUL BASMA
1661	EREN TİFTİK	1697	M.CEVAT YAŞAR
1662	TOLGA GÖNENÇ	1698	İBRAHİM AĞARDAN
1663	ABDULLAH SAVAŞER	1699	BURHAN CANPOLAT
1664	NURAY ALPASLAN	1700	HASAN BEYDİL
1665	H.GÖKHAN ECEVİT	1701	ÖZLEM ASLAN
1666	GÖKAN ÇEBİ	1702	ÇAĞATAY ÖZAL
1667	BANU ÖZLEM KARACA	1703	ARİF TEZEL
1668	ÖMER FARUK AKDAĞ	1704	HÜSEYİN GÜNDÜZ
1669	CENK SEZEN	1705	TOLGA CİRİT
1670	MUSTAFA AVUNDUK	1706	ÖZGÜR YALÇINDAĞ
1671	M.SELAMİ DEMİR	1707	CANKAT SEZEN
1672	HASAN DEMİR	1708	RAHİM ESMAEİLİ DİZAJ
1673	İBRAHİM TURAN	1709	ADİL TOKAOĞLU
1674	M.ULVİ DİKER	1710	HÜLYA ÇETİNTÜRK
1675	YONCA ŞENYILMAZ	1711	TAYFUN KİMENÇE

ODA ÜYELERİ

SİCİL NUMARASI	ADI SOYADI	SİCİL NUMARASI	ADI SOYADI
1712	M.ATAKAN UNAN	1748	YASEMİN KIRBAŞ
1713	ENVER ATACAN	1749	NAZİF TEKİYİĞİT
1714	ŞEBNEM ÖNDER	1750	CEM SÜRÜCÜ
1715	HÜLYA ALTUNYURT	1751	NERGİZ AKAT
1716	FUNDA İKİZOĞLU	1752	SANEM İLKAY VURAL
1717	M.ALPAN DÜZALAN	1753	ZEKERİYA TANTA
1718	İ.HAKKI KİREMİTÇİOĞLU	1754	DENİZ ŞAHİN
1719	HASAN ALKILIÇ	1755	KIVANÇ ERDEM
1720	CEYHAN GÖBELEZ	1756	BERNA ARPACIOĞLU
1721	TOLUNAY ŞAHİN	1757	OĞUZHAN KÖYLÜ
1722	FİLİZ ÇAKIR	1758	EBRU ŞENGÜL
1723	ATIL DELİCE	1759	MEHMET SÖYLER
1724	HAKAN YAVUZ	1760	DİLEK ARICI
1725	ÖNDER TANRIVERDİ	1761	CANER GÖKHAN ATAERİ
1726	A.ERSİN CİN	1762	HALİS YAŞAR
1727	YUSUF ALTUN	1763	ÖMER ERYEŞİL
1728	ARZU CIKLACIVLEZ	1764	ONUR ENGİN TOKGÖZ
1729	BURCU GÜNDOĞDU	1765	MUSTAFA İLBEY
1730	AYLİN SAYER	1766	MÜSEVVER AYDOĞAN
1731	HAFİZE DOĞAN	1767	İLYAS KELEŞ
1732	ZAFER SAL	1768	CUMHUR KILIÇ
1733	H.YASEMİN ÖLÇENOĞLU	1769	İSMAİL AKKAYA
1734	ÇAĞATAY KÖKSALOĞLU	1770	E.BORA AKDUMAN
1735	TANER AYDEMİR	1771	GÜLSUN ŞUURLU
1736	ORHAN BIYIKLI	1772	PETEK SINDIRGI
1737	M.SERHAT DURMUŞ	1773	NEJDET KIYAK
1738	CELAL BARIŞ	1774	DİLARA ASLAN
1739	İHSAN TÜFEK	1775	GÖKHAN BAŞTUĞ
1740	ERAY YILDIRIM	1776	MESUT TATAR
1741	METİN MİLLET	1777	E.NURİ DİVRİKLİOĞLU
1742	ERKAN ORHAN	1778	KASIM ERTUNÇ
1743	DENİZ TOMSUK	1779	NERGİS VURAL
1744	ÖZLEMYÜZGEÇLER	1780	SİBEL ÇAVDAR
1745	ADEM BEL	1781	NİLAY ARSLANCA
1746	HÜLYA AKTAŞ	1782	SEVİM AVCI
1747	MURAT BİÇER	1783	SONGÜL SÜLEK

ODA ÜYELERİ

SİCİL NUMARASI	ADI SOYADI	SİCİL NUMARASI	ADI SOYADI
1784	M. LÜTFİ YENER	1820	İLHAMİ ÖZCAN
1785	MUSTAFA BİNGÜL	1821	HÜSEYİN ZEREN
1786	ECE ENGİNAR	1822	HASAN TANRIKULU
1787	HAYRETTİN ARSLAN	1823	HÜSEYİN DİNÇER
1788	MURAT ARSLAN	1824	SONGÜL AYDIN
1789	İ. ELEM ALP	1825	A. ÖZCEM KILIÇ
1790	YILMAZ MEHMET	1826	İLKER YALÇIN
1791	ALEV ERBAY	1827	SUAT ÖZEN
1792	DEMET KÜÇÜKÇAKIR	1828	RAMAZAN OK
1793	RUFAT ÇINAR	1829	MUZAFFER ŞEN
1794	ABDURRAHMAN AYTEKİN	1830	SELAMİ İRFANOĞLU
1795	ZUHAL TEZCAN	1831	HAYATİ GÜNGELEN
1796	HAMDİ ERDEM	1832	NADİR ÇOŞKUN
1797	ESRA YILMAZ	1833	Y. NUMAN AVCIOĞLU
1798	ERTUĞRUL YILDIRIM	1834	MEHMET UYAR
1799	ABDULLAH BAĞ	1835	NECİBE GÖRGÜN
1800	METİN KIZILKAN	1836	U. OMCA ÖZTAŞKIN
1801	HASİBE KIZILKAN	1837	H. HÜSEYİN ÖZTÜRK
1802	ALPER YARARBAŞ	1838	AYŞEGÜL ÇİÇEK
1803	KENAN SERDAROĞLU	1839	TARKAN DURSUN
1804	İLHAN KORKMAZ	1840	ÖZLEM TOPLU
1805	CEREN AYBABA	1841	Ö. OĞUZ ÖZEN
1806	C. MUHARREM TEPE	1842	OĞUZHAN ERDEM
1807	ADNAN SAYIŞ	1843	M. ERTAÇ BERKÜN
1808	HAKAN NAMAZCI	1844	B. SANİ CENGİZ
1809	MEHMET ABİDİN	1845	ANİSYA B. TEKKELİ
1810	O. ERDEM KUYBULU	1846	BURHAN ÖZÇİÇEK
1811	O. KEMAL DEMİR	1847	YAŞAR BARUTÇU
1812	HAYDAR BÜYÜKCİNGİL	1848	SERKAN SABANCI
1813	İ. HALİL GARAN	1849	NECLA TANDOĞAN
1814	AHMET ŞAHİN	1850	BEYHAN KORUMAZ
1815	TUNCAY GÜNAY	1851	SELİM KADIOĞLU
1816	MEHMET KOZAN	1852	LATİF DOĞAN
1817	ALİ ŞENEL	1853	İNCİ HASANREİSOĞLU
1818	H. HÜSEYİN ERDÖNMEZ	1854	AYLA DEMİRPEHLİVAN
1819	EMRE ÖZDEMİR	1855	TUNÇ YÜCEKURT

ODA ÜYELERİ

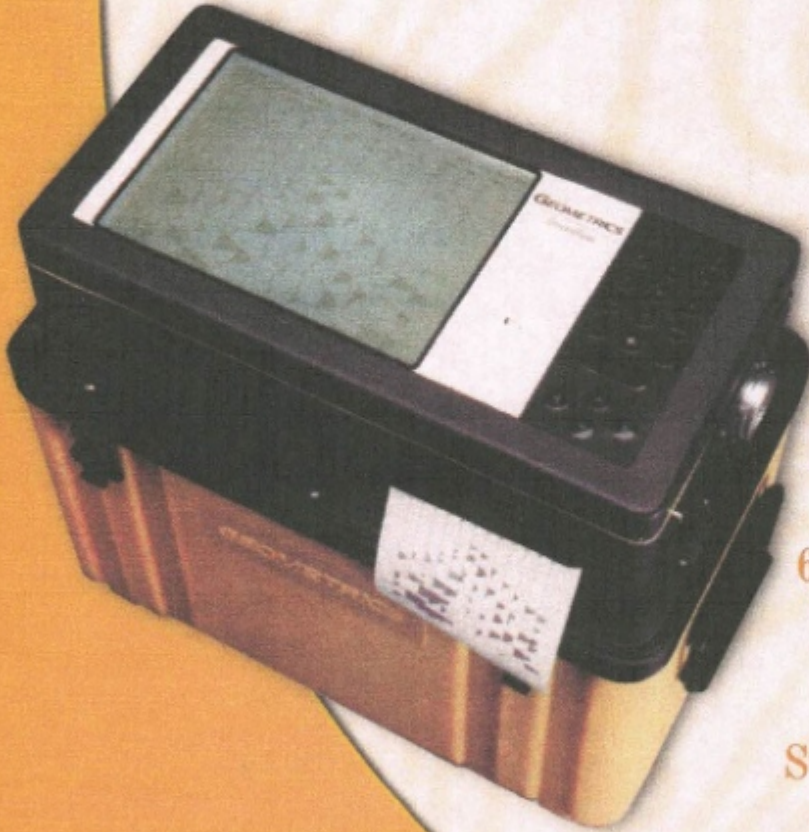
SİCİL NUMARASI	ADI SOYADI	SİCİL NUMARASI	ADI SOYADI
1856	SİNAN ÇELİKTAŞ	1892	CAN BENGÜ DENK
1857	AHMET YILDIRIM	1893	SELEN GÜLER
1858	CENGİZHAN KERMAN	1894	E.ERGİN ÖZİPEK
1859	SAVAŞ YILMAZ	1895	Ş.GÜVEN ÜNLÜ
1860	EROL TEKÇE	1896	YEŞİM ER
1861	LEVENT PREVEZE	1897	TAYFUN ÖZDEMİR
1862	ÖZKAN ŞEN	1898	A.KAMİL TURHAN
1863	RECEP CERTEL	1899	SÜLEYMAN SANCAK
1864	MUSTAFA KAYA	1900	AYHAN BÜYÜKCİNGİL
1865	NİHAL KAYA	1901	NAZİRE İMRE
1866	CAN SUNGUR	1902	EMİNE EMEKLİ
1867	NESLİHAN OCAKOĞLU	1903	ENDER ÇÖRDÜK
1868	AYKUT İNAN	1904	M.ÖNDER BAYINDIR
1869	SERBÜLENT SOYLU	1905	FEHİM HAMURCU
1870	TAYFUN KARAKÖSE	1906	ALİ ÖZTÜRK
1871	KEMAL MAĞDEN	1907	VAROL KURTULUŞ
1872	FÜSUN TIRYAKI	1908	ENGİN ÜÇÖZ
1873	ENGİN İSMAİLOĞLU	1909	EMİNE ERDEM
1874	NADİR KÜÇÜK	1910	NEZİHA TAHİROĞLU
1875	M.NECATİ TAŞBAŞ	1911	VOLKAN TALİKACI
1876	NEJAT ALTINEL	1912	EMEL AYDIN
1877	GÜLTEKİN TORUN	1913	İSMAİL TÜRKMEN
1878	İLHAMİ GAZİOĞLU	1914	HASARİ YILMAZ
1879	TOLGA YÜNTER	1915	LEVENT GÖĞÜSGER
1880	HASAN ÜNAL	1916	EMRE ÖZCAN
1881	ONUR SARAL	1917	ALİ AKKANAT
1882	HACI ÖMER TIRYAKI	1918	BÜLENT DUMAN
1883	MEHMET UZUN	1919	BURHAN ERDEMLİ
1884	DEVİRİM GÜNDOĞDU	1920	MUSTAFA AYDIN
1885	S.SERDAR ÖZGÜR	1921	M.SEMAHAN SİPAHİOĞLU
1886	TAYFUN KAVAKLI	1922	ERDAL AKSOY
1887	MURAT BİRKAN	1923	TOLGA ÇETİN
1888	ÇAĞLAYAN BALKAYA	1924	CELADET AYTEK
1889	YASEMİN DUMAN	1925	DEMET KETEN
1890	MEHMET BAĞBOZAN	1926	DEVİRİM AYDIN
1891	ALİ AÇIKGÖZ	1927	DENİZ ŞARDAĞ

ODA ÜYELERİ

SİCİL NUMARASI	ADI SOYADI	SİCİL NUMARASI	ADI SOYADI
1928	HANIM TAŞKIN	1942	N.SEMA BENLİOĞLU
1929	DİLEK ÖZYÜRÜK	1943	TUBA ŞAHİN
1930	EMEL BERBER	1944	TOLGA GÜNDEM
1931	HALİT KAYA	1945	SADUN ARZUMAN
1932	CANAN EVİRGİN	1946	N.MELİHA SAKARYA
1933	HARİKA DURSUN	1947	ATİLA SEZEN
1934	OSMAN FIRAT	1948	M.ŞEVKİ KÖKER
1935	HAMDİ HONDU	1949	YEŞEREN TEMİZER
1936	A. TAYFUN AKUŞ	1950	S.ÖNDER YAZICI
1937	M. ALTAN KERABOĞLU	1951	OKAN DAL
1938	Ö.ENVER ÖNAL	1952	A.OLCAYTO GÜLSÜN
1939	FİLİZ SELLER	1953	F.HANDE VURAL
1940	AYŞE AKDENİZ	1954	UMUT KOŞAR
1941	YAŞAR SELÇUK	1955	SEVİNÇ ÖZEL



Daha Güvenli Yaşam İçin Yeraltını Çözün...



6,12 veya 24 Kanallı
Sismik Cihaz
İhtiyaçlarınızı
Süratle ve En Uygun
Fiyat Koşullarında
Temin Edebilirsiniz.

TEZCÜR

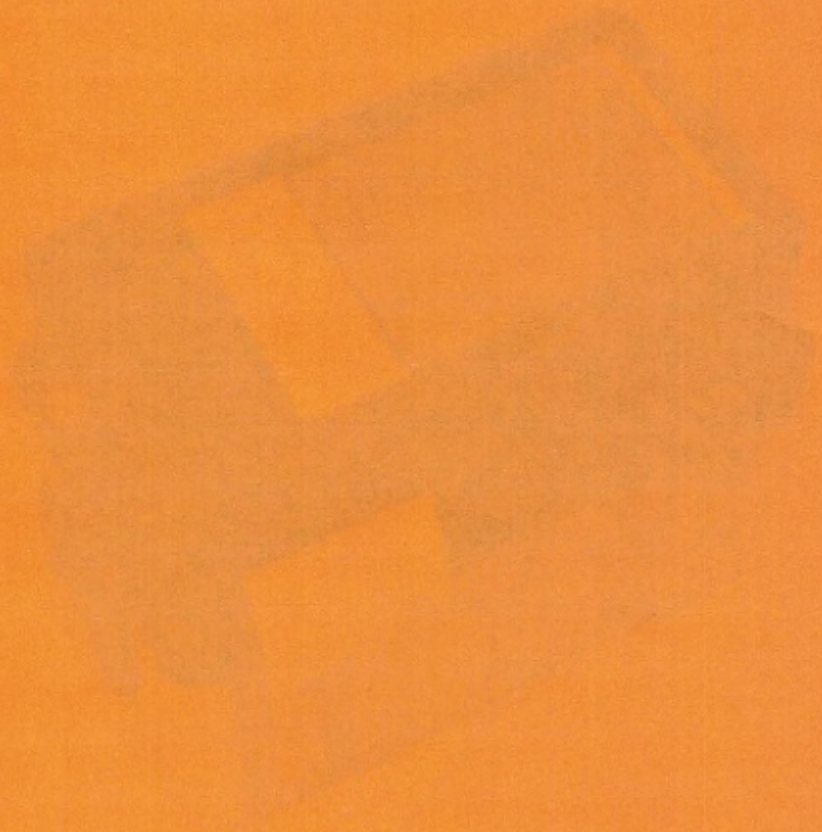
Uluslararası Teknolojik Ürünler Tic. Ltd. Şti.

Bilkent Plaza A3 Blok No:32 06530 Bilkent-Ankara/TÜRKİYE

Tel: 90(312) 266 24 70-71 Fax: 90(312) 266 24 72

e mail: tezcür@tr-net.net.tr

TEXAS



THE UNIVERSITY OF TEXAS
AT AUSTIN
LIBRARY