

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BALIKESİR İLİ BURHANIYE İLÇESİ ÖREN  
MEVKİİNDEKİ ARKEOLOJİK KALINTILARIN  
JEOFİZİK YÖNTEMLERLE TESPİTİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Jeofizik Müh. Zehra DEDEBALI**

**Enstitü Anabilim Dalı : JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Can KARAVUL**

**Mart 2007**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BALIKESİR İLİ BURHANIYE İLÇESİ ÖREN  
MEVKİİNDEKİ ARKEOLOJİK KALINTILARIN  
JEOFİZİK YÖNTEMLERLE TESPİTİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Jeofizik Müh. Zehra DEDEBALI**

**Enstitü Anabilim Dalı : JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ**

**Bu tez 08 / 02 /2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.**

**Yrd. Doç. Dr.  
Can KARAVUL  
Jüri Başkanı**

**Yrd. Doç. Dr.  
Aşkın DEMİRKOL  
Üye**

**Yrd. Doç. Dr.  
M. Dinçer KÖKSAL  
Üye**

## **TEŞEKKÜR**

Bu çalışmanın baőlangıcından bitiőine kadar, arazi aőaması da dahil olmak üzere benden desteğini ve bilgisini esirgemeyen Danıőman Hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Can KARAVUL'a, arazide on gün boyunca saat 06:30'dan akőamın geç saatlerine kadar yoğun performans göstererek benimle birlikte çalıőan arkadaőlarım Sayın Arő. Gör. Alper KIYAK'a, Deniz BEŐE'ye ve Zafer YILMAZ'a, baőta Sakarya Üniversitesi Sanat Tarihi Bölüm Başkanı Sayın Yrd. Doç. Dr. Tülin ÇORUHLU olmak üzere, Adramytteion 2005 Kazı Ekibinin tamamına, Yüksek Lisans öğrenimime baőladığım ilk günden itibaren her türlü yardımı benden esirgemeyen Sayın Arő. Gör. Fatih SÜNBÜL'e ve hiçbir zaman kendimi yalnız hissetmeme izin vermeyen aileme çok teşekkür ederim. Siz olmasaydınız baőaramazdım.

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	vii
TABLolar LİSTESİ .....	ix
ÖZET.....	x
SUMMARY.....	xi
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
ARKEOLOJİK ALANLARDA KULLANILAN JEOFİZİK YÖNTEMLER	3
2.1.Arkeojeofizik Araştırmaların Geçmişi.....	3
2.2.Arkeojeofizik Yöntemler.....	4
2.2.1. Elektrik özdirenç (resistivity) yöntemi.....	5
2.2.2. Manyetik yöntem.....	7
2.2.3. Elektromanyetik yöntem.....	7
2.2.4. Yer radarı (georadar) yöntemi .....	8
2.2.5. Gravite yöntemi .....	8
2.3. Arkeojeofizik Çalışmalara Örnekler.....	9
BÖLÜM 3.	
ÖZDİRENÇ YÖNTEMİ.....	10
3.1. Toprağın Elektriksel Özellikleri.....	10
3.1.1. Toprağın nem içeriği.....	11

3.1.2. Geçirgenlik (Permaability) .....	11
3.1.3 İyon içeriği.....	11
3.1.4. Isı.....	11
3.2. Ölçümleri Etkileyen Faktörler.....	12
3.2.1. Değme gerilimleri.....	12
3.2.2. Değme Direnci.....	12
3.2.3. Elektrot uğlaşması.....	12
3.2.4. Doğal akımlar.....	13
3.2.5. Yapay akımlar.....	13
3.3. Dizilim Çeşitleri.....	13
3.3.1. Wenner elektrot dizilimi.....	14
3.3.2. Schlumberger elektrot dizilimi .....	15
3.3.3. Dipol dizilimler .....	16
3.3.4. Yarım wenner elektrot dizilimi .....	17
3.3.5. Yarım schlumberger elektrot dizilimi .....	18
3.7. Düşey Elektrik Sondajı .....	19
3.8. Özdirenç Profil Ölçüsü (Yanal kaydırma) .....	19
3.9. Sığ Amaçlı Özdirenç Araştırmalarının Planlanması .....	20

#### BÖLÜM 4.

MANYETİK YÖNTEMİ.....	21
4.1. Yer Manyetik Alanı .....	21
4.1.1. Manyetik cisimlerin sınıflandırılması .....	22
4.1.2. Kayaçların manyetik duyarlılığı (Susceptibility).....	22
4.2. Arkeolojik Alanlarda Manyetik Belirtiyi Oluşturan Olgular ...	23
4.2.1. Toprağın manyetik duyarlılığı .....	25
4.3. Manyetik Ölçümleri Etkileyen Değişimler .....	28

#### BÖLÜM 5.

BALIKESİR-BURHANİYE-ÖREN MAHALLESİNİN ANTİK DÖNEMDE YERLEŞİM YERİ OLMASININ TEKTONİK, JEOLJİK VE COĞRAFİK NEDENLERİ .....	29
5.1. Çalışma Sahasının Jeolojisi .....	30

5.2. Bölgenin Tektonik Özellikleri ve Yeraltı Kaynakları.....	32
BÖLÜM 6.	
ÇALIŞMA ALANININ ARKEOLOJİK ÖNEMİ .....	39
BÖLÜM 7.	
ARAZİ ÇALIŞMALARI .....	41
7.1. Manyetik Yöntem .....	44
7.2. Özdirenç Ölçümleri .....	45
7.3. Boyutlu (2D) Ters Çözüm .....	50
7.4. Arazi Uygulamasının Sonuçları .....	53
BÖLÜM 8.	
SONUÇLAR .....	57
BÖLÜM 9.	
TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	59
KAYNAKLAR.....	60
EKLER .....	65
ÖZGEÇMİŞ.....	68

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

A	: Elektrik Akımı
cm	: Santimetre
DES	: Düşey elektrik sondajı
I	: Akım birimi
m	: Metre
m <sup>2</sup>	: Metre kare
nT	: Nano Tesla Manyetik ölçüm birimi
T	: Tesla Manyetik ölçüm birimi
Ohm.m	: Jeofizik öz direnç birimi
V	: Elektrik potansiyeli

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.2.	Arkeojeofizik yöntemler	6
Şekil 3.3.1.	Wenner ( $\alpha$ ) elektrot dizilimi	15
Şekil 3.3.2.	Schlumberger elektrot dizilimi	16
Şekil 3.3.3.	Dipol – dipol elektrot dizilimi	17
Şekil 3.3.4.	Yarım wenner elektrot dizilimi	18
Şekil 3.3.5.	Yarım schlumberger elektrot dizilimi	19
Şekil 4.1.	Yer manyetik alanının bileşenleri	21
Şekil 4.2.1.	Manyetik partiküllerin manyetik yönlenmesi.	24
Şekil 4.2.2.	Manyetizasyon ve demanyetizasyonun kilin pişirme sıcaklığına bağlı değişimi	24
Şekil 4.2.1.1.	Farklı boyutlarda doldurulmuş iki çukur	27
Şekil 4.2.1.2.	Bazı malzemelerin manyetik karakteristikleri	27
Şekil 5.	Çalışma Alanının Uydu Görüntüsü	30
Şekil 5.1.	Jeoloji Haritası	31
Şekil 5.2.1.	Türkiye'nin belirgin neotektonik yapıları	33
Şekil 5.2.2.	Ege bölgesinin tektonik haritası	33
Şekil 5.2.3.	Balıkesir İli Maden Haritası	36
Şekil 7.1.	Çalışma alanının kabartma topografik haritası.	42
Şekil 7.2.	Çalışma Alanının Krokisi ve Ölçüm Noktaları	43
Şekil 7.1.1.	Arazide Manyetik Verinin Toplanması	44
Şekil 7.1.2.	2x2 m aralıklarla alınan manyetik verilerin kontör haritası ve renklendirilmiş görüntüleri	45
Şekil 7.2.1.	Özdirenç yöntemiyle veri toplanması	46
Şekil 7.2.2.	Wenner dizilimi için yatay kesit haritası	47
Şekil 7.2.3.	Wenner dizilimi için profil kesit haritası	48
Şekil 7.2.4.	Wenner elektrot dizilimi ile alınan verilerin ve manyetik verilerin grafikleri	49



Şekil 7.3.1.	Schlumberger dizilimi ile alınan özdirenç ölçülerinin ters çözüm kesitleri.	51
Şekil 7.3.2.	Wenner dizilimi ile alınan özdirenç ölçülerinin ters çözüm kesitleri	52
Şekil 7.4.1.	E – III açması 75 cm seviyesi (Fırının ilk görünmeye başladığı seviyeler)	53
Şekil 7.4.2.	E – IV açması	54
Şekil 7.4.3.	E – III – E – IV açmaları	55
Şekil 7.4.4.	E – III – E – IV açmaları	55
Şekil 7.4.5.	Tüm açmalar	56

## TABLULAR LİSTESİ

Tablo 2.3	Arkeojeofizik çalışmalara örnekler ve kullanılan yöntemler	6
Tablo 4.1.2.	Bazı kayaç türlerinin manyetik duyarlılığı	23
Tablo 4.2.1.	Derinliğe bağlı manyetik değişim	27
Tablo 5.2.1.	Balıkesir İli Maden Kaynakları	37

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Çalışma alanını da içinde bulunduran Adramytteion Antik Kentinin kuruluşunun MÖ. 7. YY. dan daha eskilere dayandığı bilinmektedir [1]. Yer altında gömülü olduğu düşünülen Adramytteion Antik Kentinde 2001 yılından beri Arkeolojik çalışmalar devam etmektedir. Bu çalışmalar sonucunda 10. YY. a ait bir kilise temeli bulunmuştur [2]. Ören kıyı şerinde deniz altında bulunan ve gözle görülebilen bir de antik liman mevcuttur (Şekil 5). Yer Yüzeyinde bu kadar az kalıntı bulunması antik kente ait yapıların yerlerinin tespit edilmesini zorlaştırmaktadır. Bu sebeple de kent planı çıkarılamamaktadır. Jeofizik yöntemlerle yer altında gömülü olduğu düşünülen bu yapıların tespit edilmesi, zaman içerisinde şehir planının ortaya çıkarılması oldukça kolaydır. Bu amaca yönelik olarak kilise temeli yakınında yapılan araştırma sonucunda iki adet arkeolojik yapının varlığı tespit edilmiştir. Bu yapıların tespiti için jeofizik yöntemlerden rezistivite ve manyetik metotlar kullanılmıştır. Bunun sebebi ise manyetik yöntemin kil, çömlek, fırın vb. yüksek ısıya mazur kalması sonucunda kalıntı mıknatıslanma kazanan yapı ve nesnelere hızlı belirleyebilmesidir. Kayaçların manyetik özelliği ile örtü tabakasının manyetik özelliği arasında fazla değişimin olmadığı alanları belirlemek veya az belirgin olan kısımları daha belirgin hale getirebilmek için rezistivite yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca bu iki metodun kullanılması, yöntemlerin korelasyonu açısından önemlidir.

Jeofiziğin manyetik ve öz direnç yöntemlerinin her ikisi de gömülü yapıların ve nesnelere yerlerini belirlemede hızlı ve elverişlidir [3,4,5,6]. Manyetik yöntem, özellikle arkeolojik kalıntıların dağılımını ve sığ yeraltı yapılarının haritalanmasında araştırmacılar tarafından oldukça sık kullanılan bir metottur [7,3,8]. Manyetik metodun etkinliği gömülü arkeolojik yapının çevresi ile olan manyetik duyarlılık değişimlerine bağlıdır. Buna ilave olarak fırın, kil, yanmış yerler kalıcı mıknatıslanma artışı gösterir [9]. Duvar ya da temeller özellikle kayalardan yapıldıkları için manyetik özellikler ihtiva ederler ve özellikle arkeolojik alanlarda

hedef noktalarını temsil ederler. Manyetik metodun uygulamaları ve prosedürleri üzerine bir çok makale yazılmıştır. Lopez ve diğ. 2000 yılında Colima-Batı Mesoamerica La Campana bölgesinde arkeolojik amaçla manyetik çalışmalar yapmıştır. Manyetik haritalarda bazı özel topoğrafya yükselimleri ile akalı ve trençten sonra oluşan ufak boyutlu piramitler ve geniş kompleksler anomaliler halinde tespit edilmiştir. Bunlara ilave olarak düz manyetik anomaliler manyetik haritalarda su kanalı ağı olarak ortaya çıkar [10]. Kis ve Pusztta 2006 yılında Macaristan'da Hajdúdurog yerleşim alanında yer alan Sarmatian mezarlarının tespitinde manyetik yöntem kullanmışlardır. Bu mezarların yerlerinin tespiti için manyetik alan değişimlerine ait uygulamaya dayalı bir metot geliştirilmiştir [11]. Tsokas ve Hansen 2000 yılında sentetik verilere dayalı arkeolojik alanlar içerisindeki kaynak parametreleri ve toplam manyetik anomalilerine ait yükselimler veren kompleks gömülü yapıları tahmin etmişlerdir [12].

Rezistivite metodu tahmin edilen tarihsel gömülü yapı ve çevresindeki toprak arasındaki belirgin bir öz direnç farkı bulunduğu durumlarda kullanılır [13,14]. Genellikle kayaçlar geniş çaplı rezistivite değerleri gösterirler. Arkeolojik çalışmalarda çoğunlukla bina materyalinin çevre kumlu toprak örtüsünden daha büyük rezistivite değerine sahip olduğu kabul edilir [15]. Elektrik tomografi çalışmaları geleneksel rezistivite çalışmalarının yetersiz kaldığı kompleks jeolojik yeraltı yapılarının bulunmasında kullanılır [16].

## **BÖLÜM 2.ARKEOJEOFİZİĞİN TANIMI VE KULLANILAN YÖNTEMLER**

### **2.1. Arkeojeofizik Araştırmaların Geçmişi**

Geçmişten günümüze arkeoloji bilimi doğası gereği birçok bilimle ilişkiye girer ve bu ilişkiler sonucu, yeni bilimsel disiplinlerin doğuşuna sebep olur. Bu tarihsel gelişim zamanla, değişik bir çok bilim dallarını içerisinde barındıran “arkeometri” disiplininin oluşmasını sağlamıştır. Bilimsel ve teknolojik gelişimin etkisi altında zamanla bağımsızlaşan bilim dalları, yeni disiplinlerin doğuşuna neden olmaktadır. Bu dalların en önemlilerinden biri de, kuşkusuz arkeojeofiziktir. Jeofizik; İkinci Dünya Savaşının bitimindeki yıllarda arkeolojiye girmesine karşın, teknolojik ve bilimsel gelişimin etkisiyle, kazı öncesi araştırma yöntemleri içerisinde birinci sırayı almıştır.

Arkeolojik araştırmalarda, jeofiziğin kullanımının yaygınlaşmasında temel etmenlerin başında jeofiziğin çözüm gücünün artmasını sayabiliriz. Bununla birlikte arkeolojik çalışmalar için jeofizik bilimini vazgeçilmez kılan en önemli özellik, gerekli bilgiye mümkün olan en kısa sürede ulaşırken, söz konusu arkeolojik kalıntılara her hangi bir biçimde zarar vermiyor olmasıdır. Arkeolojik çalışmaların başlangıcında, saha seçimi ve kazı planının yapılması aşamasında uygulanan jeofizik çalışmalar, yer altında gömülü durumda bulunan yapının, geometrisi ve derinliği hakkında kesin yanıtlar verebilmektedir. Bu sayede kazılarda zaman kaybı önlenerek, kazı masrafları önemli ölçüde düşürülmektedir. Boyut olarak jeofiziğin geleneksel hedeflerine göre oldukça sığ ve küçük olan arkeolojik yapıların aranması, yeni teknolojilerin getirdiği olanaklarla kolaylaşmış ve güvenilirliği artmıştır. Bu alanda yapılan çalışmaların yaygınlaşmasıyla bilgi birikimi artmış ve arkeolojik amaçlar için özel ölçüm aygıtları ve sayısal analiz teknikleri geliştirilmiştir. Bunların sonucunda da, “Arkeojeofizik” olarak adlandırılan yeni bir alt bilim dalı doğmuştur.

İlk arkeojeofizik çalışmalar, 1940'lı yılların sonlarında Kuzey Amerika ve İngiltere'de başlamıştır. Özdirenç yöntemini kullanarak yapılan ilk çalışmanın İngiltere'de 1946 yılında Atkinson tarafından yapıldığı, bunun ardından manyetik yöntem üzerine ilk araştırmanın ise, 1957 yılında Belshe tarafından uygulandığı bilinmektedir. Bu çalışmaları Aitken, Webster, ve Rees (1958) tarafından Oxford Üniversitesinden bir grubun yaptığı çalışma izlemiştir. Bundan sonra birçok araştırmacı farklı yöntemler deneyerek ilginç ve etkili sonuçlar elde etmişlerdir. 1970'li yılların başlarında kullanılmaya başlanan Radar yöntemi; hızlı, kolay kullanım olanağı ve başarılı sonuçları nedeniyle özdirenç yöntemi ve manyetik yöntemle beraber en çok kullanılan teknikler arasında yerini almıştır.

Ülkemizde bu çalışmaların 1968 yılında Ali Yaramancı'nın başkanlığında Keban Projesinde [17] kullanıldığı bilinmektedir. Türkiye'nin arkeolojik açıdan büyük potansiyele sahip olduğu bilinmektedir. Geçmişten bugüne ülkemizde, gerek yerli gerekse yabancı araştırmacılarca yürütülen pek çok projede, arkeojeofizik yöntemi pek çok defa başarıyla uygulanmış, ekonomiklik ve iş gücü açısından büyük ölçekte fayda sağladığı görülmüştür.

## 2.2. Arkeojeofizik Yöntemler

Arkeolojik araştırmalarda jeofizik yöntemlerin tercih edilmesindeki ana etkenler; kullanılan cihazların hiçbir biçimde gömülü yapıya zarar vermeyecek biçimde hafif ve yöntemin yüzeyden uygulanabilir olması, hızlı ve ayrıntılı sonuç vermesi ve bu sayede ucuz olmasıdır.

Arkeoloji jeofiziği derinliği ve büyüklüğü birkaç cm'den birkaç m'ye kadar olan yapılarla ilgilenir. Bu yapılar genellikle; depolama çukurları, ev temelleri, duvarlar, ocaklar, fırınlar ve diğer yanmış nesnelere oluşan "prehistorik" temeller ya da kale duvarları, tiyatro, stadyum, tapınak, büyük bina temelleri, cadde, sokak ve ev kalıntıları gibi "tarihsel" temellerden oluşur [18].

Jeofizik çalışmalara başlamadan önce, bölgenin arkeolojik geçmişinin araştırılması, varsa daha önce yapılmış kazıların buluntularının incelenmesi gerekmektedir. Alanla

ilgili jeolojik ve jeomorfolojik özelliklerin belirlenmesi, hava fotoğraflarının ve uydu görüntülerinin incelenmesi ve yöre halkıyla konuyla ilgili görüşülmesinin de büyük önemi vardır. Araştırma sahasında hangi yöntemlerin kullanılacağına karar vermek için, önce olası gömülü yapıların özellikleri (kesilmiş taşlarla örülmüş duvarlar, temeller, pişmiş toprak yapılar vb.) öğrenilmeli ve bu doğrultuda bazı test amaçlı, çeşitli yöntemlerle pilot ölçümler alınmalıdır. Bu ön çalışmalar tamamlandıktan sonra hazırlanan jeofizik araştırma planıyla, doğru yöntem ve en uygun araştırma sahasının belirlenmesi gerekmektedir.

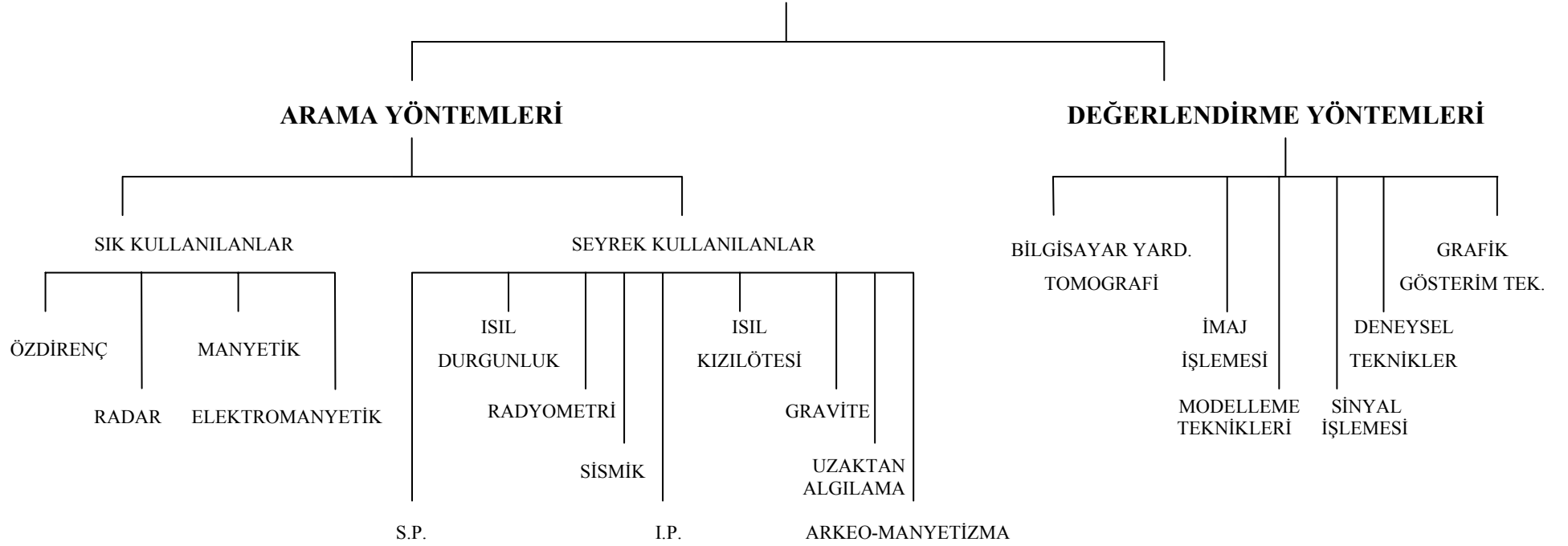
Arkeolojik alanlarda kullanılan başlıca jeofizik yöntemler Şekil 2.2'de şematik olarak gösterilmektedir. Bu yöntemlerin genel özellikleri ise şöyle özetlenebilir;

### **2.2.1. Elektrik özdirenç (resistivity) yöntemi**

Elektrik özdirenç yöntemi, jeofizik araştırmalarda 1915'de ilk kez Wenner tarafından kullanılmıştır. Daha sonraki gelişimler ise 1920 yılında Schlumberger tarafından ortaya konmuştur. Bu yöntem arkeolojik alanda ilk kez Atkinson tarafından 1946 yılında kullanılmıştır.

Bu yöntem, yeryüzüne iki noktadan akım verilip, yer altında oluşturduğu gerilimin farklı iki noktadan ölçülmesi prensibine dayanır. Yerin elektrik özdirenci, büyük bir oranda ortamdaki sıcaklık, basınç, gözeneklilik, geçirgenlik, ortamın su doygunluğu ve suyun yer içindeki dağılımı gibi özelliklere bağlı olarak değişmektedir. Arkeolojik alanlarda en çok kullanılan yöntemlerdendir. Yapı temelleri, duvarlar vb. gibi yapısal özelliklerin çevresindeki birimlerden daha farklı özdirenç değerleri vermesi bu yapıların belirlenmelerini sağlar. Bu yöntemle ilgili gerekli ayrıntılar Bölüm 3. de verilmektedir.

# ARKEOJEOFİZİK YÖNTEMLER



Şekil 2.2. Arkeojeofizik Yöntemler [18]



### 2.2.2. Manyetik yöntem

Manyetik yöntem üzerine yapılan ilk araştırma, 1957 yılında Belshe tarafından uygulanmıştır. Arkeolojik alanda manyetik duyarlık üzerine ilk çalışmalar E. Leborgne (1955) tarafından Britanya'da yapıldığı bilinmektedir.

Bu yöntemde, yeraltındaki birimlerin farklı mıknatıslanma duyarlılığına sahip olmaları özelliğinden yararlanarak, yüksek mıknatıslanma duyarlıklı cisimleri belirleyebilmektedir. Yüksek manyetik duyarlılığın, ortamın daha az olan manyetizmasında kendini belli eder. Manyetometreler, toprağın içerdiği manyetik değişimlerini %0.1'den daha az duyarlılıkla meydana çıkarmaktadır [19]. Çömlek, tuğla ve kiremit yığışmaları ile yanma çukurlarının içerdiği ısı kalıcı (thermoremanent) mıknatıslanma, manyetik özellikli kayalardan yapılmış yapı temelleri, demirli metallerin yığışımı ve depolama çukurları gibi organik çevrede oluşan demir oksitlerin bulunduğu ortamlar mıknatıslanmayı oluşturan temel birimlerdir. Yerleşim birimleri üzerindeki manyetik duyarlılığın (susceptibility) varlığı ve bu duyarlılığın ölçümüyle yerleşim birimindeki duvarlar, gömülü yollar, girişler ve anıtlar gibi temeller belirlenebilir [18]. Bu yöntemle ilgili gerekli ayrıntı Bölüm 4.de verilmektedir.

### 2.2.3. Elektromanyetik yöntem

Elektrik yöntemler içinde yer alan ve hem yapay hem de doğal kaynaklı olan bir diğer yöntem de elektromanyetik yöntemlerdir. Özellikle iletken yapıların araştırılmasında kullanılan yöntem, ilke olarak bir kablodan dalgalı akım (AC) geçirilmesi ile bu kabloya dik doğrultuda oluşan manyetik alan ( $H_p$ ) ve bunun yer altında bir iletkeni etkilemesine dayanmaktadır. Oluşum ilkesi gereği, elektromanyetik yöntemler, yeraltındaki her türlü iletken yapıya karşı duyarlı olduğu için son 35 yıldır arkeofizikte yaygın olarak kullanılmaktadır.

Arkeolojik alanlarda elektromanyetik; genellikle yüzey toprağının kuru, sert ya da ortamın kayalık ve makilik olduğu yerler için kullanışlı bir yöntemdir. Elektromanyetik aramalar, özellikle yeniden dolan alanlarla (mezarlar gibi) tepelik

kalıntılarının bulunmasında olağanüstü sonuçlar vermektedir. Bu yöntem, ana kaya üzerindeki toprak kalınlığını belirlemek için de kullanılabilir. Bu ölçümlerde çoğu kez yeryüzündeki materyallerin görünür iletkenlikleri (conductivity) ölçülür. Elektromanyetik yöntemin arkeolojik alanlara uyarlanması ilk yıllarda iki teknik denenmiştir. Bunlardan biri sürekli iletim sağlayan Slingram, diğeri de geçici elektromanyetik yöntemdir. Her iki teknik de metalik nesnelere etkin olarak saptamaktadır [18].

#### **2.2.4. Yer radarı (georadar) yöntemi**

Georadar, yüksek frekanstaki elektromanyetik dalgaların yeraltında yansımalarının kaydedilmesi ilkesine dayanmaktadır. Bu yöntem, yeryüzündeki dielektrik özelliklerin değişimini haritalar. Bu ise, genellikle hacimsel (gaz ya da sıvı hacminin ölçülmesi) su içeriğindeki değişimlerle oluşur. Böylece radar metalik olan ve olmayan tüm materyallere karşı duyarlıdır [20]. Radar aleti yeryüzü üzerinde elektromanyetik sinyaller üreterek ve alıcı antenin sahip olduğu bant genişliğine bağlı olarak, değişik jeoelektrik özellikli katman sınırlarından yansıyan sinyalleri kaydeder. Yansıma profilinin kaydı tek kanal sismik profillemeye benzer. Elde edilen profil, yüzey altındaki katmanlardan yansıyan dalgalar ve gönderici sinyalleri içerir. Bu yöntem yüksek yarımlılığa sahiptir ve sürekli profil oluşturmaya olanak verir.

#### **2.2.5. Gravite yöntemi**

Bu yöntemin geleneksel uygulamalarında, yeraltında bulunan kayaçların yoğunluk farklılığından yararlanarak yeraltı yapısını ortaya koymayı amaçlamaktadır. Eğer kayaçlar arasında bir yoğunluk ve şekil farklılığı var ise bunların yeryüzünde oluşturacağı anomali gravite ölçümlerinde bir belirti şeklinde ortaya çıkacaktır. Arkeolojik eserlerin boyut olarak çok küçük ve çok sığ olmaları, yoğunluk farkı olsa bile, yeryüzünde oluşturacakları gravite alanının, normal alan dağılımından çok az sapmasına neden olur. Bu nedenle gravite yönteminin arkeolojik alanlarda uygulanması sınırlıdır [21]. Bazı araştırmacılar Gravite yönteminin; sit alanı sınırları,

yeraltı boşlukları, gömülü odaların ve tümülüslerin yer, boyut, ve derinliklerinin araştırılmasında kullanılabileceğini belirtmişlerdir [22].

### 2.3. Arkeojeofizik Çalışmalara Örnekler

Bu konuda yayınlanmış pek çok çalışmaya ulaşmak mümkündür. Sayısal ortamda 2000'den fazla uluslar arası dergiye ev sahipliği yapan science-direct isimli portalda, bu konuyla ilgili yapılan makale taramalarında, genellikle birkaç yöntemin bir arada kullanıldığı dikkati çekmekle birlikte özellikle birkaç yöntem üzerinde durulduğu açıkça görülmektedir. Bu yöntemler elektrik özdirenç yöntemi, manyetik yöntem, georadar yöntemi ve sismik yöntemdir. Örnek olarak seçilen 16 adet makale ve kullandıkları yöntemler Tablo 2.3'de verilmektedir.

Tablo 2.3 Arkeojeofizik çalışmalara örnekler ve kullanılan yöntemler

Yazarlar	Rezistivite	Manyetik	GPR	Sismik	IP
G. Leucci ve diğ. (2007)[23]	✓			✓	
D. De Domenico ve diğ. (2006)[24]	✓			✓	✓
M.G. Drahor (2006)[25]	✓	✓		✓	
S. Negri ve diğ. (2006)[26]	✓		✓		
A. Vafidis ve diğ. (2005) [27]	✓		✓		
Y. Jeng ve diğ. (2003)[7]		✓	✓		
M.E. Candansayar ve diğ. (2001)[28]	✓				
H.L. Loera ve diğ. (2000)[10]		✓			
G.R. Olhoeft (2000)[29]	✓	✓	✓		
A. Kample (1999)[30]	✓				
L. Sambuelli ve diğ. (1999),[31]	✓	✓	✓		
E. Arlsan ve diğ. (1999)[32]	✓	✓	✓		
C. Pannisod ve diğ (1997)[33]	✓				
G. N. Tsokas ve diğ. (1994)[34]	✓	✓			
E. Brizzolari ve diğ. (1992)[35]	✓	✓		✓	
M. S. Matias ve diğ. (1992)[36]	✓	✓			

## **BÖLÜM 3. ÖZDİRENÇ YÖNTEMİ**

Elektrik öz direnç yöntemi en sık kullanılan jeofizik yöntemlerden biridir. Elektriksellik, elektroliz işlemiyle yeryüzü boyunca oluşan iletimdir ve toprak ile kayalarda bulunan gözeneklilik ile gözeneklerin içerdiği su oranına bağımlı olarak değişim gösterir. Bu yöntemde amaç, yer içindeki yapıların yatay ve düşey yönde elektriğin iletim biçimlerini araştırmaktır. Kayaçlar; elektriği iletme yeteneğinin yanı sıra elektriğin iletimine karşı direnç gösterme özelliğine de sahiptir ve bu özelliğe de dirençlilik (resistive) adı verilir. Kayaç birimleri içerisinde gözenekliliği az ve sıkı olanlar oldukça zayıf ileticilerdir ve yüksek dirence sahiptirler [3]. Buna karşılık gözeneklilik miktarı arttıkça gözeneklerdeki sıvı oranına bağlı olarak iletkenlik artar ve direnç azalır.

Arkeolojik çalışmalarda; aranılan yapı içeriği ve yoğunluğu bakımından örtü biriminden farklı olduğundan bulunması kolaylaşır. Toprak ve kille karışmış yüksek öz dirence sahip taş ve kayaçların ayrımı önemlidir. İklimsel değişikliklerinde etkisiyle kayaç yada sedimentin su içeriğindeki değişimler arkeolojik yapıların etkilerini örtebilir. Bu sebeple toprak öz direncindeki değişimlere neden oluşturabilecek koşulların bilinmesi ve göz önünde tutulması gerekmektedir.

### **3.1. Toprağın Elektriksel Özellikleri**

Toprağın akım iletimi elektrolitik bir olaydır ve içerikteki nem bu olayı etkiler. Toprak çeşitlerindeki direnci etkileyen faktörler şöyle açıklanabilir:

### 3.1.1. Toprağın nem içeriği

Arkeolojik çalışmalarda yeraltının sığ derinlikleri araştırıldığı için toprağın nem içeriği önemlidir. Genellikle arkeolojik yerleşim alanları akarsu yakınlarına kurulduklarından araştırma alanlarının yeraltı su seviyesi yüksektir. Bu konuda bölgenin yağış durumu da önemli faktördür. Uzun süre yağış almayan yerlerde yeraltı su seviyesi düşeceğinden özdirenç yüksek olacaktır. Ayrıca, uzun süre yağış almayan bir bölge yakın zaman içerisinde güçlü bir yağış almışsa, nem yüzeyde kalacağından elektrodla kısa devre yaptıracağından ölçüm sonuçlarını etkileyip yanlış sonuçlara varılmasına neden olabilir.

### 3.1.2. Geçirgenlik (Permeability)

Bir toprağın yüksek oranda nem içeriğine sahip olması, akımın çok iyi akması için yeterli değildir. Toprağın su tutabilmesi gözenekliliği ile doğru orantılıdır. Böylece, gözeneklilik ile geçirgenlik arasındaki ilişki yardımıyla akımın iletimindeki geçirgenliğin de önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Bununla beraber toprağın içindeki bitki kökleri ve toprak türü de geçirgenlik üzerinde etkilidir.

### 3.1.3. İyon içeriği

Toprakta çözülmüş durumda bulunan çeşitli tuzların elektrik iletimine etkisi büyüktür. Topraktaki iyon durumunu, jeolojik yapı, yağmur suyu, modern tarımsal gübreleme ve çeşitli kültürel işlemler etkiler.

### 3.1.4. Isı

Özdirenci etkileyen bir başka olay da, toprağın ısısındaki değişimlerdir. Bu konuda Hesse (1966) tarafından yapılan ayrıntılı bir çalışma özdirencin topraktaki ısı değişikliklerinden etkilendiğini ortaya koymuştur. Hesse, bu çalışmasında her 1°C'deki artışın özdirenç üzerinde yaklaşık %2'lik bir azalmaya neden olduğunu göstermiştir. Bir çok araştırma belirli sıcaklıklar altında yapıldığından, ısının arkeolojik yapılar üzerinde çok etkili olmadığını söyleyebiliriz [58].

### 3.2. Ölçümleri Etkileyen Faktörler

En sade anlatımıyla öz direnç yöntemi; iki farklı noktadan yere çakılan iki metal çubuk yoluyla yeraltına gönderilen elektrik akımının, yeraltında oluşturduğu gerilimin diğer iki farklı noktaya çakılan iki metal çubuk yoluyla ölçme işlemidir. Bu ölçme işlemini etkileyen bazı faktörler vardır:

#### 3.2.1. Değme gerilimleri

Ölçme esnasında elektrodlarla yer arasında, kimyasal özelliklere bağlı olarak, küçük oranlarda doğru akım gerilimleri ölçülür. Elektrod değişimleri sırasında değme gerilimleri arasında farklılıklar olacaktır. Tuzluluğun ve nemin yüksek değerlerde olduğu yerlerde bu farklar yapının etkisini örtebilir. Bu etkiyi ortadan kaldırmak için dalgalı bir akım kaynağı kullanılmasında fayda vardır.

#### 3.2.2. Değme direnci

Arkeolojik alanların toprak örtüleri çoğunlukla bozulmuş yapıdadır. Taşlar, bitki kökleri, tarımsal uygulamalar gibi etkenler bir noktadaki toprakla elektrod arasındaki direncin diğer bir noktadakinden farklı olmasına neden olabilir. Bu etkiyi gidermek için toprak sulanabilir ancak bu durumda da suyun dercesine bağlı olarak direnç değerlerinde farklılıklar olabilir.

#### 3.2.3. Elektrod uğlaşması

Ölçümlerde doğru akım kullanılması durumunda elektrodlar arasında elektrokimyasal uğlaşma olabilir ve bu da elektroliz benzeri bir olay yaratır. Bu durumda elektrodlar üzerinde zamanla yük birikmesi olur ve ölçülen direnç zamanla artar. Bu etkiden kurtulmak için alternatif akım kaynağı tercih edilmelidir.

### 3.2.4. Doğal akımlar

Yer manyetik alanının geçici değişimlerine bağlı olarak indüklenmiş veya tellürik akımlar gibi doğal kaynaklı akımlar vardır. Bu tür akımlar çok geniş uzanıma sahip olabilirler ve dünyanın hemen her yerinde görünürler. Nadiren de olsa bunlar, ölçümlerde aranılan yapının etkisini örtecek büyüklükte olabilir. Bu tür gürültülerin büyüklüğü, akım yoğunluğuna, yerin özdirencine, elektrodlar arası mesafeye ve elektrodların doğrultularına bağlıdır. Arkeolojik araştırmalarda, sığ derinlikler incelendiğinden elektrod aralıkları kısa tutulur ve bu sayede gürültüler de küçülür. Ancak tamamen yok edilmek istenirse yine dalgalı akım kullanmak yeterli olacaktır.

### 3.2.5. Yapay akımlar

Araştırma sahasına yakın yerlerdeki elektrikli demiryolları, elektrik hatları, madenler ve insan yapısı çeşitli elektrik kaynakları yeryüzünde bir akıma neden olur ve kendiliğinden uçlaşmalar meydana gelir. Profil seçiminde bunlara dikkat etmek gerekmektedir. Ancak alternatif profil olasılığı yoksa dalgalı akım kullanmak faydalı olur.

## 3.3. Dizilim Çeşitleri

Özdirenç araştırmalarında araştırma alanı, hedeflenen araştırma derinliği, araştırmanın konusu gibi çeşitli değişkenler göz önünde tutularak, kullanılan elektrodlar bir çok farklı biçimde dizilebilirler. Uzun süredir araştırmacılar yöntemin başarısını artırabilmek için değişik elektrod dizilimleri geliştirmişlerdir. Ölçülen alanın, homojen ve izotrop olduğu varsayılırsa, ortamın özdirenci;

$$\rho = k (\Delta V/I)$$

olarak gösterilir. Burada,  $\rho$  (ohm.m) ortamın özdirenci,  $k$  (m) geometrik faktör,  $\Delta V$  (volt) potansiyel farkı,  $I$  (amper) akımı göstermektedir. Ancak yeryüzü homojen ve izotrop olmadığından yani yanal yönde ve düşey yönde düzensizlikler içerdiğinden potansiyel farkı karmaşık bir ortamın akıma karşı tepkisidir ve ölçülen özdirenç

değeri de gerçek özdirenç olmaktan çıkar ( $\Delta V_a$ ) ve görünür özdirenç ( $\rho_a$ ) olarak adlandırılır. Bu durumda bağıntı;

$$\rho_a = k (\Delta V_a/I)$$

olarak yazılır. Bu bağıntı tüm dizilimler için geçerlidir. Elektrodların birbirlerine göre farklı yerleştirilmesinden kaynaklanacak fark, k sabitinin dizilime göre farklılık göstermesiyle aşılr. Özdirenç yönteminde sıklıkla kullanılan elektrod dizilimleri şunlardır:

- Wenner Dizilimi
- Schlumberger Dizilimi
- Dipol Dizilimler
- Yarım Wenner Dizilimi
- Yarım Schlumberger Dizilimi

### 3.3.1. Wenner elektrod dizilimi

Wenner elektrod dizilimine göre; iki akım elektrodu ( $C_1$  ve  $C_2$ ) ve iki potansiyel elektrodundan ( $P_1$  ve  $P_2$ ) oluşan dört elektrod bir doğru boyunca eşit aralıklarla dizilir (Şekil 3.3.1.). Bu dizilim çeşidinde k geometrik faktörü;

$$k = \frac{2 \pi}{\frac{1}{C_1 P_1} - \frac{1}{C_2 P_1} - \frac{1}{C_1 P_2} - \frac{1}{C_2 P_2}}$$

şeklinde yazılır. Elektrodlar arası uzaklık a olursa;

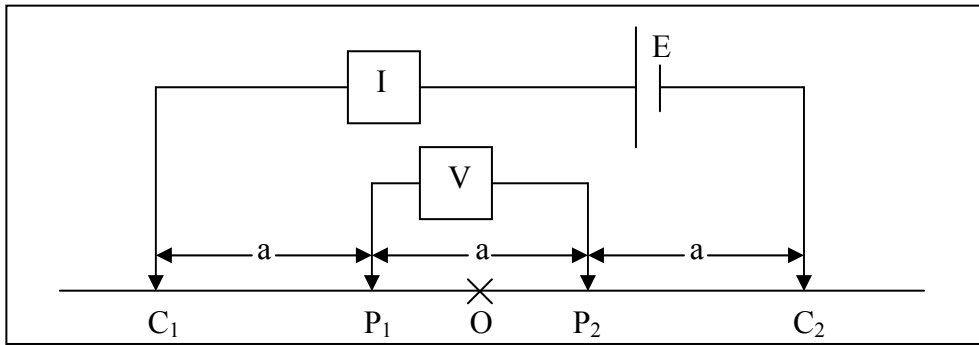
$$k = \frac{2 \pi}{\frac{1}{a} - \frac{1}{2a} - \frac{1}{2a} - \frac{1}{a}} \quad \Rightarrow \quad k = 2 \pi a$$

olarak yazılabilir. Bu durumda Wenner elektrod dizilimine göre görünür özdirenç bağıntısı;



$\rho_{aw} = 2 \pi a (\Delta V_a/I)$  biçiminde yazılabilir.

Wenner diziliminde elektrodlar  $C_1P_1P_2C_2$  veya  $P_1C_1C_2P_2$  düzeninde sıralanırsa, Alfa ( $\alpha$ ) Dizilimi,  $C_1C_2P_1P_2$  düzeninde sıralanırsa, Beta ( $\beta$ ) Dizilimi,  $C_1P_1C_2P_2$  veya  $P_1C_1P_2C_2$  düzeninde sıralanırsa, Gama ( $\gamma$ ) Dizilimi olarak adlandırılır.



Şekil 3.3.1. Wenner ( $\alpha$ ) Elektrod Dizilimi

Wenner elektrod dizilimi yanal süreksizliklerden etkilendiği için daha ziyade sığ araştırmalarda tercih edilir (Arkeojeofizik gibi).

### 3.3.2. Schlumberger elektrod dizilimi

Schlumberger elektrod dizilimine göre; elektrodlar, iki akım elektrodu ( $C_1$  ve  $C_2$ ) ve iki potansiyel elektrodu ( $P_1$  ve  $P_2$ ) olarak adlandırılırsa, elektrodlar bir doğru üzerinde  $C_1 P_1 P_2 C_2$  olmak üzere dizilir.  $C_1 P_1$  uzaklığı ( $a$ ) ve  $P_1 P_2$  uzaklığı ( $b$ ) olarak düşünülürse; elektrodlar arası açıklık  $a \gg b$  ( $a = 5 b$  gibi) şeklinde olmalıdır (Şekil 3.3.2). Bu dizilim çeşidinde  $k$  geometrik faktörü;

$$k = \frac{2 \pi}{\frac{1}{a - \frac{b}{2}} + \frac{1}{a + \frac{b}{2}} + \frac{1}{a + \frac{b}{2}} + \frac{1}{a - \frac{b}{2}}} = \pi \left( \frac{a^2}{b} - \frac{b}{4} \right)$$

bu durumda Schlumberger elektrod diziliminde görünür öz direnç;

$$\rho_{as} = \pi \left( \frac{a^2}{b} - \frac{b}{4} \right) \frac{V}{I}$$

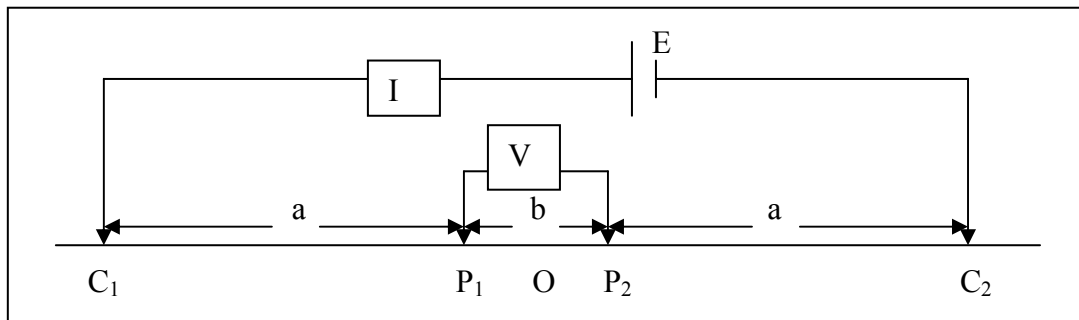
olarak elde edilir. Pratikte  $a \gg b$  olduğunda  $\frac{b}{2a} \rightarrow 0$  olarak kabul edilir.

$$E = \frac{\partial V}{\partial r} = \frac{\rho I}{2 \pi r^2}$$

olur ve bu durumda görünür öz direnç;

$$\rho_{as} = 2 \pi r^2 \frac{E}{I} \implies \rho_{as} = \frac{b I}{\pi a^2 V} = \pi a^2 \frac{I}{E}$$

şeklinde yazılabilir.



Şekil 3.3.2. Schlumberger elektrod dizilimi

Schlumberger elektrod dizilimi derin araştırmalara imkan verdiği ve uygulaması daha hızlı ve kolay olduğu için bu tür çalışmalarda en çok tercih edilen dizilimdir.

### 3.3.3. Dipol dizilimler

Dipol dizilimlerde birden fazla çeşit vardır. Burada uygulamalarda en çok kullanılan yöntem olan Dipol-Dipol Elektrod Diziliminden bahsedilecektir.

Derin elektrik sondajları için kullanılan bu tip açılımlarda; elektrodlar, iki akım elektrodu ( $C_1$  ve  $C_2$ ) ve iki potansiyel elektrodu ( $P_1$  ve  $P_2$ ) olarak adlandırılırsa, elektrodlar aynı doğrultu üzerinde  $C_1$   $C_2$   $P_1$   $P_2$  olmak üzere dizilir (Şekil 3.3.3).  $C_1$   $C_2$  uzaklığı ( $a$ ),  $C_2$   $P_1$  uzaklığı ( $na$ ) ve  $P_1$   $P_2$  uzaklığı ( $a$ ) şeklinde olmalıdır. Bu dizilim çeşidinde potansiyel ifadesi;

$$V_{dd} = \frac{\rho I}{2 \pi} \left\{ \left[ \frac{1}{n a} - \frac{1}{(n+1) a} \right] - \left[ \frac{1}{(n+1) a} - \frac{1}{(n+2) a} \right] \right\}$$

şeklindedir. Bu durumda k geometrik faktörü;

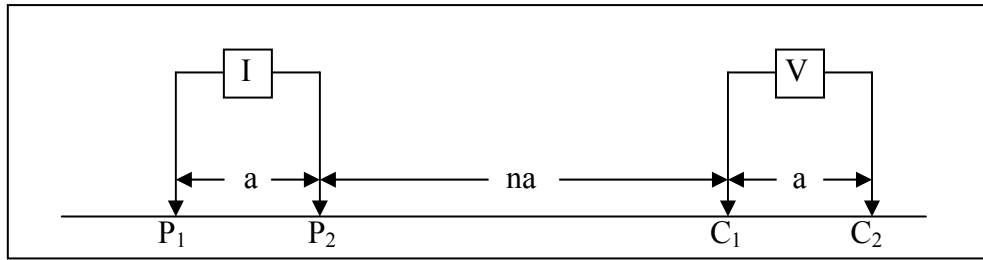
$$k = \frac{2}{\frac{1}{n} - \frac{2\pi a}{n+1} + \frac{1}{n+1}} = a\pi n(n+1)(n+2) = 2\pi a G$$

olur. Burada  $G = \frac{1}{2} n(n+1)(n+2)$  olup

$n = 1$ için, $G = 3$
$n = 2$ için, $G = 12$
$n = 3$ için, $G = 30$
$n = 4$ için, $G = 60$

olarak hesaplanır. G sabit olduğundan geometrik faktör a elektrod aralığıyla değişir. Bu durumda görünür rezistivite,

$$\rho_{a_{dd}} = 2\pi a G \frac{V}{I}$$



Şekil 3.3.3. Dipol – Dipol Elektrod Dizilimi

### 3.3.4. Yarım wenner elektrod dizilimi

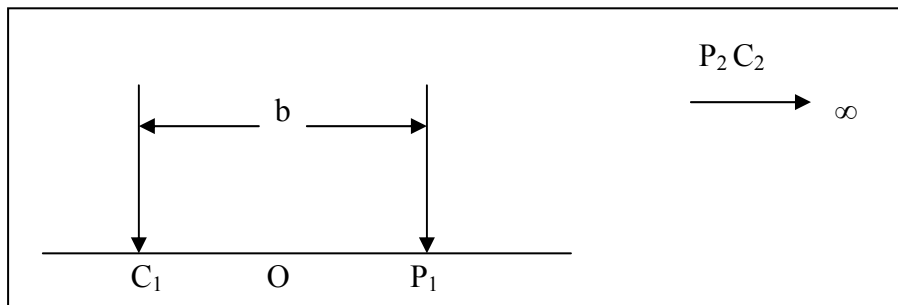
Yarım wenner elektrod dizilimine göre; ( $C_1$  ve  $C_2$ ) akım elektrodları ve ( $P_1$  ve  $P_2$ ) potansiyel elektrodları olmak üzere akım ve potansiyel elektrodlarından birer tanesi ( $C_2$  ve  $P_2$ ), diğer ikiliden ( $C_1$  ve  $P_1$ ) çok uzak noktalara yerleştirilir ve sabittir (Şekil 3.3.4). Pratik olarak sonsuzda oldukları kabul edilir. Bu durumda  $C_1$  ve  $P_1$  elektrodlarının orta noktası merkez olmak üzere bu iki elektrod simetrik olarak bir hat boyunca açılarak ölçüm alınır.  $C_2$  ve  $P_2$  elektrod çifti sonsuzda olduklarından  $\Delta V$  potansiyel farkı  $P_1$  noktasındaki potansiyele eşittir.  $C_1 P_1$  aralığına  $a$  denirse;

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

Olur ve bu durumda;

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

şeklinde hesaplanır.



Şekil 3.3.4. Yarım Wenner Elektrod Dizilimi

### 3.3.5. Yarım schlumberger elektrod dizilimi

Yarım schlumberger elektrod dizilimine göre; ( $C_1$  ve  $C_2$ ) akım elektrodları ve ( $P_1$  ve  $P_2$ ) potansiyel elektrodları olmak üzere, akım elektrodlarından biri diğerlerinde oldukça uzak bir noktaya yerleştirilir, sabittir ve sonsuzda kabul edilir (Şekil 3.3.5). Diğer 2üç elektrodun aralıkları farklı olabilir.  $C_1 P_1$  elektrod aralığı  $a$ ,  $C_1 P_2$  elektrod aralığı  $b$ ,  $C_2 P_1$  ve  $C_2 P_2$  elektrod aralıkları sonsuz ( $\infty$ ) olarak alınır;

$$\rho_a = \frac{2 \pi a b}{b - a} \frac{\Delta V}{I}$$

$b = 2 a$  olursa;

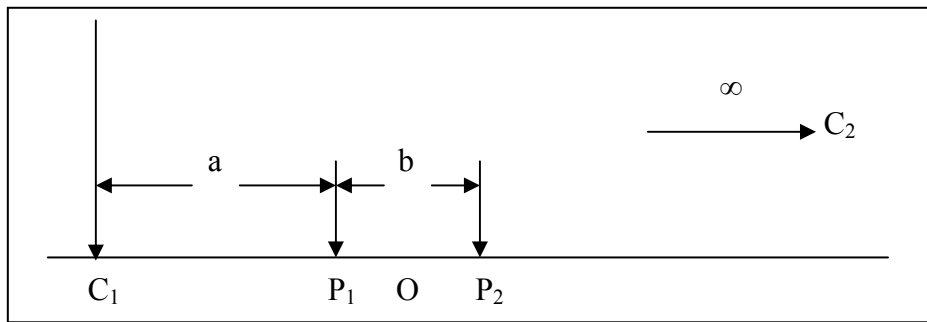
$$\rho_a = 4 \pi a \frac{\Delta V}{I}$$

olur ki bu da yarım wenner elektrod diziliminin iki katıdır. İki potansiyel elektrodunun arasındaki mesafe ( $P_1 P_2$ ),  $P_1$ 'den akım elektrodlarına olan mesafeden çok küçük olduğunda ihmal edilebilir ve

$C_1 P_1 = a - \frac{a}{2}$  ve  $C_1 P_2 = a - \frac{a}{2}$  yazılabilir. Bu durumda görünür öz direnç;

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

olur ki bu diziliş Yarım Schlumberger Açılımı olarak adlandırılır. Burada,  $\frac{\partial V}{\partial a}$  V'nin yüzey gradyanı yani potansiyel elektrodlarının orta noktasındaki elektrik alan şiddetidir.



Şekil 3.3.5. Yarım Schlumberger Elektrod Dizilimi

### 3.4. Düşey Elektrik Sondajı

Düzgün bir doğrultu boyunca serilen dört elektrodun, potansiyel elektrodlarının orta noktası simetri merkezi olmak üzere, iki tarafa doğru her ölçümden sonra belirli oranlarda açılmasıyla gerçekleştirilir. Bu şekilde, elektrodlar arası mesafe açıldıkça akımın yer içerisinde yayılacağı derinlik artar. Elektrodların her açılımında akım geçişine derinlikteki ek bir direnç katılımı ile karşı durulacağından, yüzeyde ölçülen gerilim öz direncin derinlikle değişimini yansıtacaktır. Bu yöntem öz direncin derinliğe bağlı değişimini incelemek için yapılır. Bu öz direnç ölçü yöntemi, özellikle düşey süreksizliklerin yeri, derinliği ve kalınlıklarını saptamak için kullanılır.

### 3.5. Öz direnç Profil Ölçüsü (Yanal kaydırma)

Belirli bir derinlik için öz direncin bir doğrultu boyunca değişimini inceleyen uygulama tekniğine Yatay Tarama, Yatay Öz direnç Çalışması yada Yanal Dizilim Kaydırma Yöntemi denir. Yüzeyden verilen akımın indiği derinlik; dizilim türüne,

verilen akımın genliğine, akım uçlarının aralanmasına, yapıdaki özdirenç araldanmasına bağılı olduğundan, çalışma alanında ölçü alınan tüm doğrultular boyunca; dizilim türü, verilen akımın genliği, akım uçları aralığı sabit olmalıdır [18].

Bu ölçü tekniğinde; aranılan yapının muhtemel uzanımına dik biçimde seçilen bir profil boyunca, belirlenen bir elektrod açıklığı için alınan her bir ölçüden sonra tüm elektrod seti  $\Delta x$  kadar kaydırılır. Alınan ölçü potansiyel elektrodlarının orta noktasına atanır. Bu yöntem; özdirençin yanal yönde değişimini incelemek amacıyla uygulanır. Özellikle yanal süreksizliklerin incelenmesinde, yerinin, derinliğinin ve genişliğinin saptanması için kullanılır.

### 3.6. Sığ Amaçlı Özdirenç Araştırmalarının Planlanması

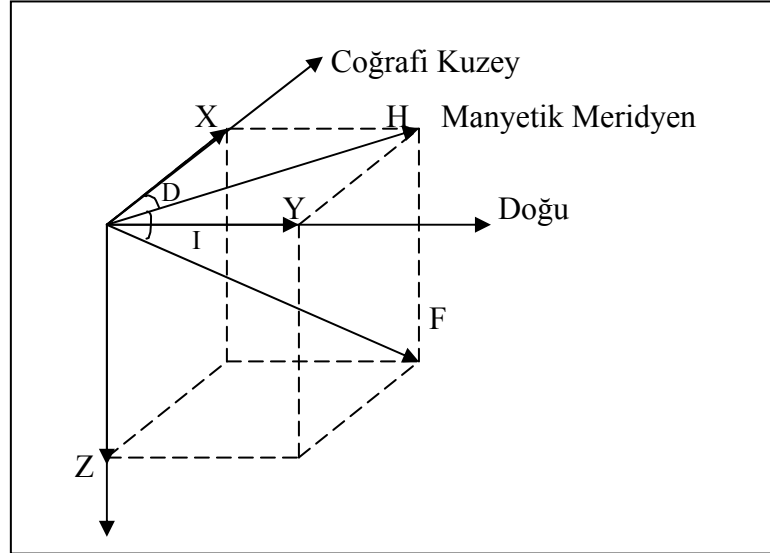
Özdirenç çalışmaları, sığ jeofiziksel aramalarda en çok kullanılan fiziksel özelliklerden biridir. Arkeolojik aramacılıkta, tortul nemindeki değişiklikler özdirenç doğrudan ilgilendirir. Bu yüzden arkeolojik amaçlı özdirenç araştırmalarının planlanmasında birçok önemli etkeni göz önüne almak gereklidir.

Arkeolojik amaçlı bir özdirenç çalışmasına başlamadan önce; alanın jeolojik, jeomorfolojik ve arkeolojik özelliklerinin tanımlanması gereklidir. Ölçülecek alanın toprak dağılımının fiziksel ve kimyasal özellikleri önceden belirlenmelidir. Bu amaçla; alanın toprak dağılımının fiziksel özelliklerini belirlemek için, alanın değişik yerlerden seçilecek hatlar üzerinde ölçümler yapmak gerekir. Buradaki amaç toprak direncindeki değişimlerin saptanması olduğundan, 1 m uzaylanmasına sahip ve görünür anizotropiyi azaltıcı bir dizilimin seçilmesi önemlidir. Alandaki toprak özdirençinin saptanmasından sonra ölçülecek alanlar belirlenebilir. Belirlenen bu alanlar üzerinde öncelikle alanın dıştan görünüşü ile ilgili tüm özellikler not edilir ve bu özelliklere uygun bir başlangıç profili seçilerek uygulanması düşünülen dizilimler saptanır. Başlangıç profili üzerinde uygulanan değişik dizilimlerin sonuçları karşılaştırılarak, alanda uygulanacak ana dizilimler ortaya çıkarılır [18].

## BÖLÜM 4. MANYETİK YÖNTEM

### 4.1. Yer Manyetik Alanı

Manyetik alan, çeşitli aletlerle yere ve zamana göre ölçülür ve zamanın bir fonksiyonu olarak izlenir. Yer manyetik alanının yeryüzündeki herhangi bir noktasından ölçülebilen bileşenleri Şekil 4.1’de gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Yer manyetik alanının bileşenleri

Burada;

F: Manyetik alan toplam bileşeni

H: Manyetik alan yatay bileşeni

Z: Manyetik alan düşey bileşeni

X: Manyetik alan yatay kuzey bileşeni

Y: Manyetik alan yatay doğu bileşeni

D: Denklinasyon açısı veya sapma açısı (Coğrafi kuzeyle yatay bileşenin yaptığı açı)

I: Inklınasyon açısı veya eğim açısını göstermektedir.

Bu kavramlar arasında şöyle bir ilişki vardır;

$$X = H \cos D$$

$$Y = H \sin D$$

$$H^2 = x^2 + y^2$$

$$F^2 = H^2 + z^2$$

$$Z = H \tan I$$

$$\tan D = y / x$$

$$F = H \sec I = z \operatorname{cosec} I$$

Yer manyetik alanının şiddetteki değişimi (birim) “nano Tesla” (nT) olarak ifade edilir. Buna göre;

$$1 \text{ nano Tesla (nT)} = 1 \gamma = 10^{-5} \text{ Gauss (G)} = 10^{-9} \text{ Tesla (T)} \iff 1 \text{ T} = 10^4 \text{ G 'dir.}$$

#### 4.1.1. Manyetik cisimlerin sınıflandırılması

Doğada bulunan tüm cisimler sahip oldukları manyetik özelliklere göre birkaç sınıfa ayrılmaktadırlar. Bunlar şöyle sıralanabilir;

- a. Diamagnetizma
- b. Paramagnetizma
- c. Ferromagnetizma
- d. Ferrimagnetizma
- e. Antiferromagnetizma

#### 4.1.2. Kayaçların manyetik duyarlılığı (Susceptibility)

Birim kayacın sahip olduğu manyetik duyarlılık değeri, içinde bulunan manyetik minerallerin boyut, şekil ve iç gerilimlerine bağlıdır. Tablo 4.1.2.'de bazı kayaç türlerinin manyetik duyarlılıkları verilmiştir.

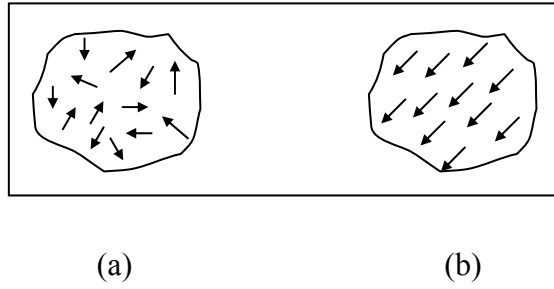


Tablo 4.1.2. Bazı kayaç türlerinin manyetik duyarlılığı [39]

<b>Kayaç türü</b>	<b>Manyetik duyarlılık (Susceptibility) (emb/cm<sup>3</sup>)</b>
Volkanik Kayaçlar	$10^{-4} - 10^{-2}$
Plütonik Kayaçlar	$10^{-4} - 5.10^{-3}$
Metamorfik Kayaçlar	$10^{-5} - 3.10^{-4}$
Sedimanter Kayaçlar	$10^{-5}$ den az
Dolomit	$2 - 5.10^{-3}$
Granit	$0,2 - 1,5.10^{-3}$
Şist	$0,02 - 0,06.10^{-3}$
Kalker	$0,002 - 0,005.10^{-3}$

#### 4.2. Arkeolojik Alanlarda Manyetik Belirtiyi Oluşturan Olgular

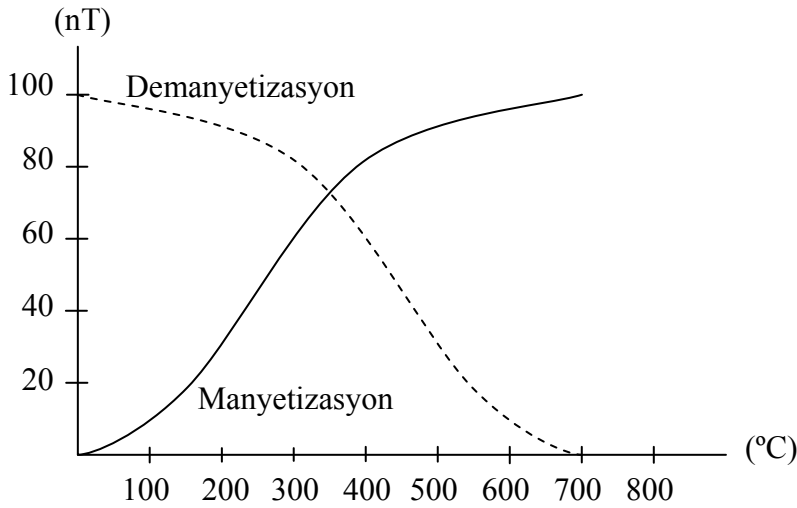
Gömülü bir arkeolojik yapının oluşturduğu manyetik belirti, yapının boyutlarına, sahip olduğu mıknatıslanma şiddetine ve derinliğine bağlı olarak değişmektedir. Arkeolojik alanlarda manyetik belirtiyi oluşturan temel neden ise “Isıl Kalıcı Mıknatıslanma (IKM)” (Thermo Remanent Magnetization (TRM))yoluyla manyetik özellik kazanan yapılardır. Bu tür yapılar içinde çoğunlukla pişmiş kil malzemeler yer almaktadır [40]. Kil uzun zamanlardan bu yana fırın, ocak, tuğla, ev eşyası gibi malzemelerin yapımında kullanılmıştır. Çok yüksek ısıda pişirilen kilin, soğuma esnasında içerisindeki demir oksit (FeO<sub>2</sub>) mineralleri yer manyetik alanı yönünde az ama kalıcı bir mıknatıslanma özelliği kazanmaktadır. Bu şekilde kazanılan manyetik özelliğe “Isıl Kalıcı Mıknatıslanma” denir. Başlangıçta kil içerisindeki manyetik partiküller gelişi güzel bir yönlenme sergilerken, kilin yüksek ısıya maruz kalması sonucu soğumasıyla partiküller o günün yer manyetik alanı yönünde bir doğrultu kazanmaktadır (Şekil 4.2.1).



Şekil 4.2.1 (a) Pişirilmemiş kilde, (b) Pişirilmiş kildeki manyetik partiküllerin manyetik yönlendirmesi [39].

Isıl kalıcı mıknatıslanmanın özellikleri şöyle sıralayabiliriz;

- IKM'nin yönü soğuma sırasındaki yer manyetik alanıyla aynıdır.
- IKM'nin yoğunluğu pişme sıcaklığıyla artış gösterir, belirli bir sıcaklık değerinde IKM limit değere ulaşır (Şekil, 4.2.2). Manyetizasyon şiddeti yanmanın derecesine ve ısısına bağlı olarak bu limit sıcaklık değerine (Curie sıcaklığı) kadar artış gösterir. Bu sıcaklık değeri kayacın cinsine göre değişiklik gösterir ( Magnetit için Curie sıcaklığı 565 °C iken, hematit için 675 °C'dir.)
- Partikülün manyetik özellik kazanmak için gereksinim duyduğu sıcaklık demanyetizasyon için de geçerlidir (Şekil 4.2.2).



Şekil 4.2.2. Manyetizasyon ve demanyetizasyonun kilin pişirme sıcaklığına bağlı değişimi [41]

- IKM ile kazanılan manyetizasyona, manyetik alan şiddeti birkaç oerstedden fazla bir zıt manyetik alan uygulanmadıkça değişme oluşmaz. Yani IKM alternatif manyetik alana karşı büyük dayanıklılık gösterir.

- IKM, kimyasal kalıntı mıknatıslanma dışında diğer kalıntı mıknatıslanma türlerinden daha duraylıdır.

Arkeolojik alanlarda ocaklar, fırınlar, atölyeler gibi yapılarla veya çeşitli nedenlerle yanmaya maruz kalmış alanlar IKM etkisiyle manyetik ölçümlerde yüksek manyetik özellik sunan belirtiler olarak kaydedilir.

Diğer kalıcı mıknatıslanma türlerinden viskoz ve kimyasal kalıcı mıknatıslanma etkisiyle bazı yapıların kazandığı mıknatıslanmanın, ölçümlerde az da olsa etkilerinin görüldüğü deneylerle ortaya konmuştur [41]. Bunu yanı sıra, yapıları oluşturan kayaçların manyetik özellik kazanmış olmaları, ölçüm sırasında manyetik belirtinin oluşmasına sebep olur.

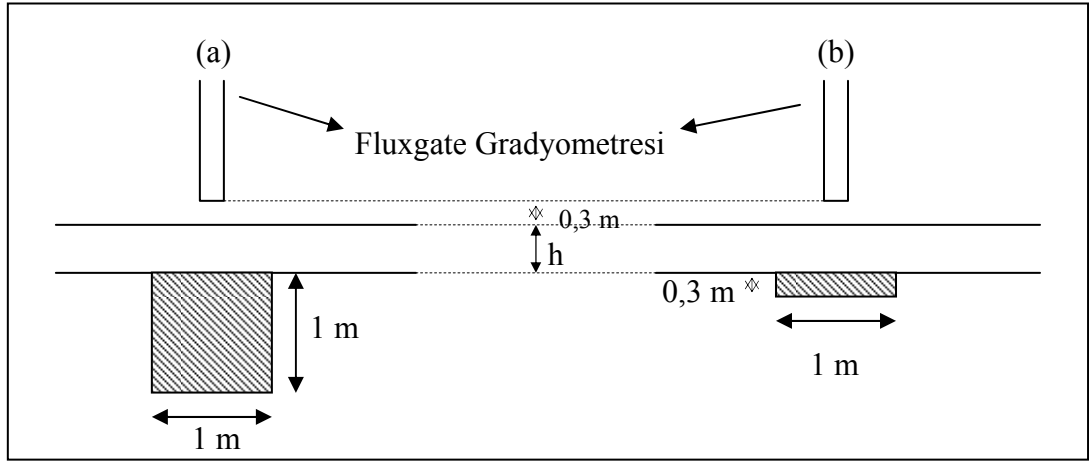
#### **4.2.1. Toprağın manyetik duyarlılığı**

Bir arkeolojik alandaki toprağın manyetik duyarlılığı, manyetik aramacılıkta çok önemli bir olgudur. Topraktaki manyetik özelliklerin belirlenmesi konusunda ilk çalışma Le Borgne (1955, 1960, 1965) tarafından gerçekleştirilmiştir. Le Borgne araştırmaları sonucunda, topraktaki organik içeriğin oranı ile manyetik duyarlılık (susceptibility) arasında bir ilişkinin olduğunu açıklamıştır. Ayrıca yüzey toprağı belirli bir oranda demir bileşimine sahiptir ve manyetik duyarlılık oluşumuna neden olan ana olgulardan biri de toprakta bulunan demir oksitin geçirdiği değişim aşamalarıdır. Le Borgne'a göre bu değişim iki farklı olayla gerçekleşmektedir. Bunlardan ilki toprakta bulunan organik cisimlerin ortamın nemli ve anaerobik olduğu dönemlerde çürüyerek fermantasyon olayını gerçekleştirmesi, böylelikle demiri hematite indirgemesidir. Ardından toprağın kuruyarak nem içeriğini yitirmesiyle gelişen oksidasyon olayı bu döngüyü tamamlamaktadır. İkinci etki ise, tarımsal çalışmalar, yerleşim yeri açmak gibi amaçlarla ortamdaki otların veya atıkların yakılarak yok edilmesiyle, toprak altında havasız bir ortam ve indirgenme, soğuma esnasında da toprağın havalanması ile topraktaki oksijen oranının yükselmesi ve yeniden yükseltgenme olayının gerçekleşmesidir [40]. Sonuç olarak topraktaki manyetik duyarlılık; içerdiği organik malzemeye, geçirdiği yanma derecesine ve sahip olduğu demir içeriğine bağlı olarak değişim göstermektedir.

Bütün bu etkiler sonucunda da yer altındaki yapıyla toprak arasında oluşan manyetik duyarlılık farklılıkları yapının manyetik yöntemle belirlenebilirliğini mümkün kılmaktadır.

Bu konuda Tite ve Mullins (1971) laboratuvar ve arazi çalışmaları yapmış ve tipik yüzey toprağının manyetik duyarlılığının  $2.10^{-6} - 20.10^{-6}$  emu/gm ( $1 \text{ emu} = 4 \pi \text{ SI}$ ) arasında, daha derindeki toprağın manyetik duyarlılığının ise  $5.10^{-6} - 1000.10^{-6}$  emu/gm arasında değişim gösterdiğini ortaya koymuşlardır (bu çalışma, İngiltere'deki 14 farklı arkeolojik alandan alınmış, farklı jeolojik özelliklerdeki örneklerle gerçekleştirilmiştir.). Böylece, genel olarak çukurları dolduran ve tümsekleri oluşturan malzemelerin manyetik duyarlılığının yüzey toprağındakinden daha yüksek olduğu söylenebilmektedir. Ancak bu şekilde daha önce boşaltılan ve sonra doldurulan veya kendiğinden dolan çukurların bir manyetik belirti sunabilmesi için onu örten yüzey toprağı ile arasındaki manyetik duyarlılık farkının yüksek olması gerekmektedir. Tite ve Mullins'e (1971) göre, bahsedilen bu alanlarda belirlenebilecek en küçük manyetik alan belirtisi normalde 2 nT ( $2.10^{-5}$  Oersted)'dir. Yani 1 m çaplı, 1 m derinlikli ve tepe noktası yüzeyden 0,5 m derinde olan silindirik bir çukuru belirlemek için, yüzey toprağı ile dolu çukur arasındaki manyetik duyarlılık farkının  $60.10^{-6}$  emu/gm'den daha büyük olması gerekmektedir [41].

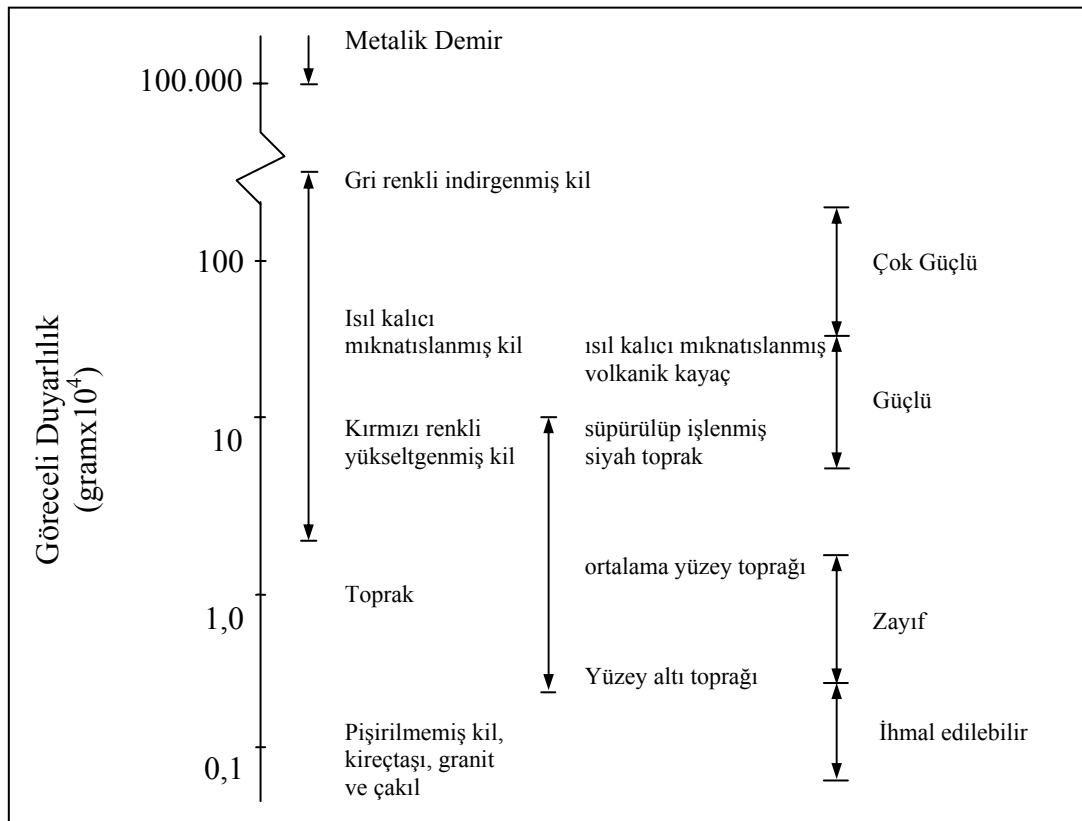
Ayrıca manyetik belirti oluşumunda bu tip çukurların şekli ve buldukları derinlik de oldukça fazla önem arz etmektedir. Bununla ilgili olarak, Şekil 4.2.1.1'de [41] yapılmış bir çalışmada, yüzey toprağı ile dolgu toprak arasındaki duyarlılık farkı 100 SI olan doldurulmuş iki çukur, Tablo 4.2.1'de ise bu çukurların derinliğe bağlı olarak verecekleri manyetik belirtiler görülmektedir.



Şekil 4.2.1.1 Farklı boyutlarda doldurulmuş iki çukur [41]

Tablo 4.2.1. Derinliğe bağlı manyetik değişim [41]

h (metre)	Manyetik Belirti (nT)	
	a	b
0,3	4,1	2,3
0,6	2,1	1,1
0,9	1,2	0,6
1,2	0,7	0,3



Şekil 4.2.1.2. Bazı malzemelerin manyetik karakteristikleri [41]

Şekil 4.2.1.2’de Aitken M.J. (1974) ‘in çalışmasından alınan, bazı malzemelerin birbirlerine göre manyetik duyarlılıklarının gösterildiği bir çizelge bulunmaktadır.

### 4.3. Manyetik Ölçüleri Etkileyen Değişimler

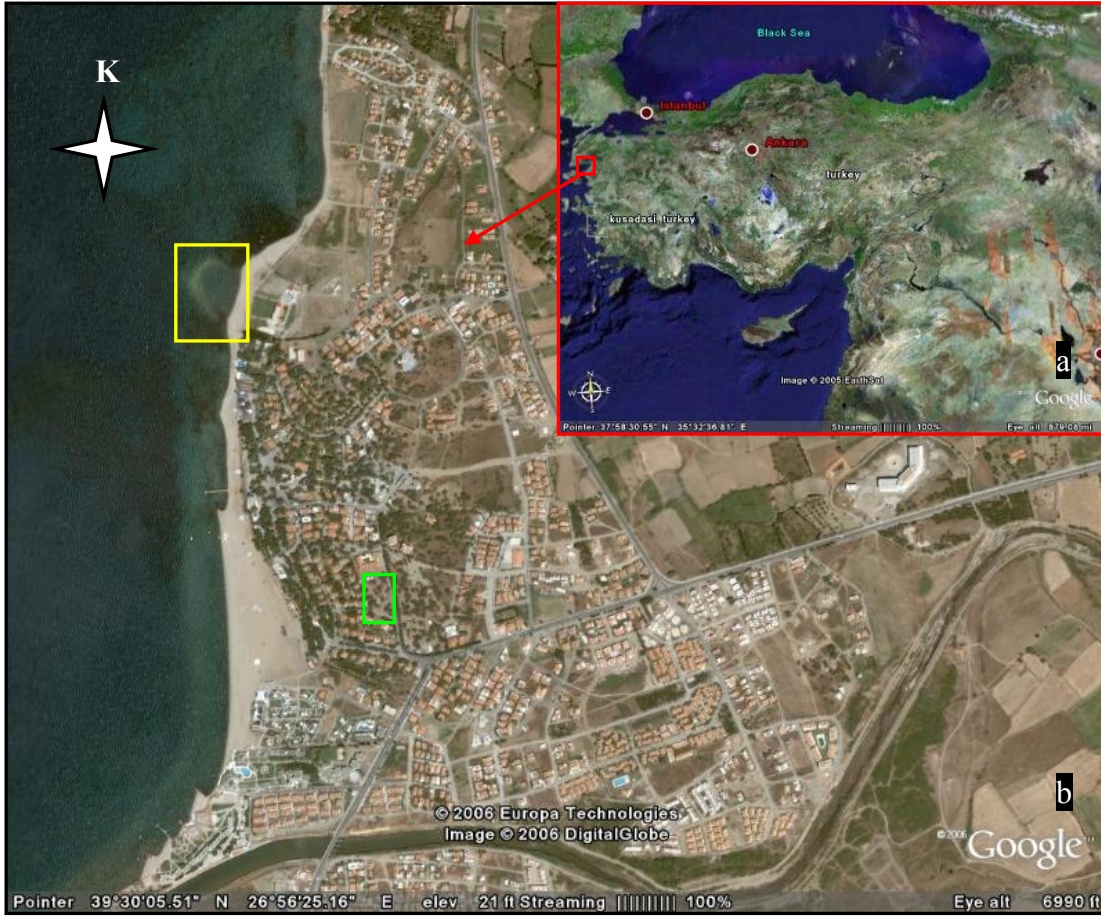
Bir ölçüm tekniğinde amaç her zaman için sinyal / gürültü oranının maksimum olmasını sağlamaktır. Manyetik yöntemle yapılan araştırmalarda gürültü olarak nitelendirilebilecek bazı olgular bulunmaktadır. Bunlar şu şekilde sıralanabilir;

1. Yer manyetik alanının aya, güneşe ve zamana bağlı olarak oluşan değişimleri manyetik ölçüleri etkileyebilmektedir. Zamana bağlı etkiler, seçilen bir baz noktasında ikinci bir aletle yapılan sürekli manyetik kayıtlar ve 2–3 saatte bir baza dönülerek alınan ölçümlerle giderilebilmektedir. Ayrıca periyotları  $10^{-2}$  ile  $10^4$  saniye arasında değişen yüksek frekanslı pülsasyonlar ve manyetik körfezlerin etkilerinden de söz edilebilir.
2. Pratikte en çok karşılaşılan görüntülerden birisi, arkeolojik alana atılan ve manyetik özellik sunan atıklardır. Araştırma öncesi yapılacak incelemelerle alandan bu gibi maddelerin temizlenmesi verilerin kalitesini artıracaktır.
3. Manyetik ölçümler sırasında, araştırmacının metal içeren giysiler giymesi, aksesuarlar takması veya yanında manyetik özellik sunabilecek malzeme bulundurması (manyetik kartlar vb.) sonucu oluşacak etkiler, veriye gürültü olarak eklenmektedir.

## **BÖLÜM 5. BALIKESİR-BURHANIYE-ÖREN MAHALLESİNİN ANTİK DÖNEMDE YERLEŞİM YERİ OLMASININ TEKTONİK, JEOLOJİK VE COĞRAFİK NEDENLERİ**

Bir toplumun, her hangi bir bölgeyi yerleşim yeri olarak seçmesinde, oranın coğrafik, jeolojik özelliklerinin yanı sıra yeraltı kaynaklarının etkileri de büyüktür. Bununla beraber yaşanılan bölgenin bu özelliklerinin etkileri, insanların yaşamlarının tamamında belirgin izler bırakmaktadır. Örneğin; yapılan binaların malzemeleri, insanların geçim kaynakları (tarım, ticaret vb.) ve buna bağlı olarak yerleşim alanının yeri, büyüklüğü vb. arkeolojik bir bölgenin aranmasında bilinmesi gereken özelliklerdir. Bu nedenle arkeojeofizik çalışmalara başlamadan önce, bölgenin bu özelliklerinin incelenmesinde fayda vardır. Bu bölümde; Balıkesir ili, Burhaniye ilçesi, Ören mahallesinin coğrafik, jeolojik, tektonik özellikleri ve yer altı kaynaklarına değinilecek ve arkeolojik dönemde toplumlar tarafından yerleşim yeri olarak seçilmesinin nedenleri incelenecektir.

Günümüz sınırları itibariyle Balıkesir iline bağlı Burhaniye ilçesi Ören Mahallesi, doğuda Havran, kuzeyinde Edremit, güneybatısında Gömeç ilçeleri ile komşudur. Edremit körfezinin güney kesiminde yer alan ve deniz kıyısında bulunan Burhaniye'nin kıyı çizgisi ve jeolojik oluşumu, tektonik hareketler sebebiyle değişim geçirmiştir. Erken süreçlerde bataklık veya şimdikinden daha içeride olan bir kıyı çizgisiyle şekillenmiş olan kıyı düzlükleri ardından magmatik ve metamorfik kayaların yükselmesi, bölgede ovaların alüvyon dolgularla oluştuğunu göstermektedir. Şekil 5.'de verilen uydu görüntüsünde deniz içinde kalan antik liman kıyı şeridinin değiştiğini gösteren bir delildir. Bölgede akarsuların bol olması, söz konusu ovada antik dönemde tarım yapıldığını göstermektedir.

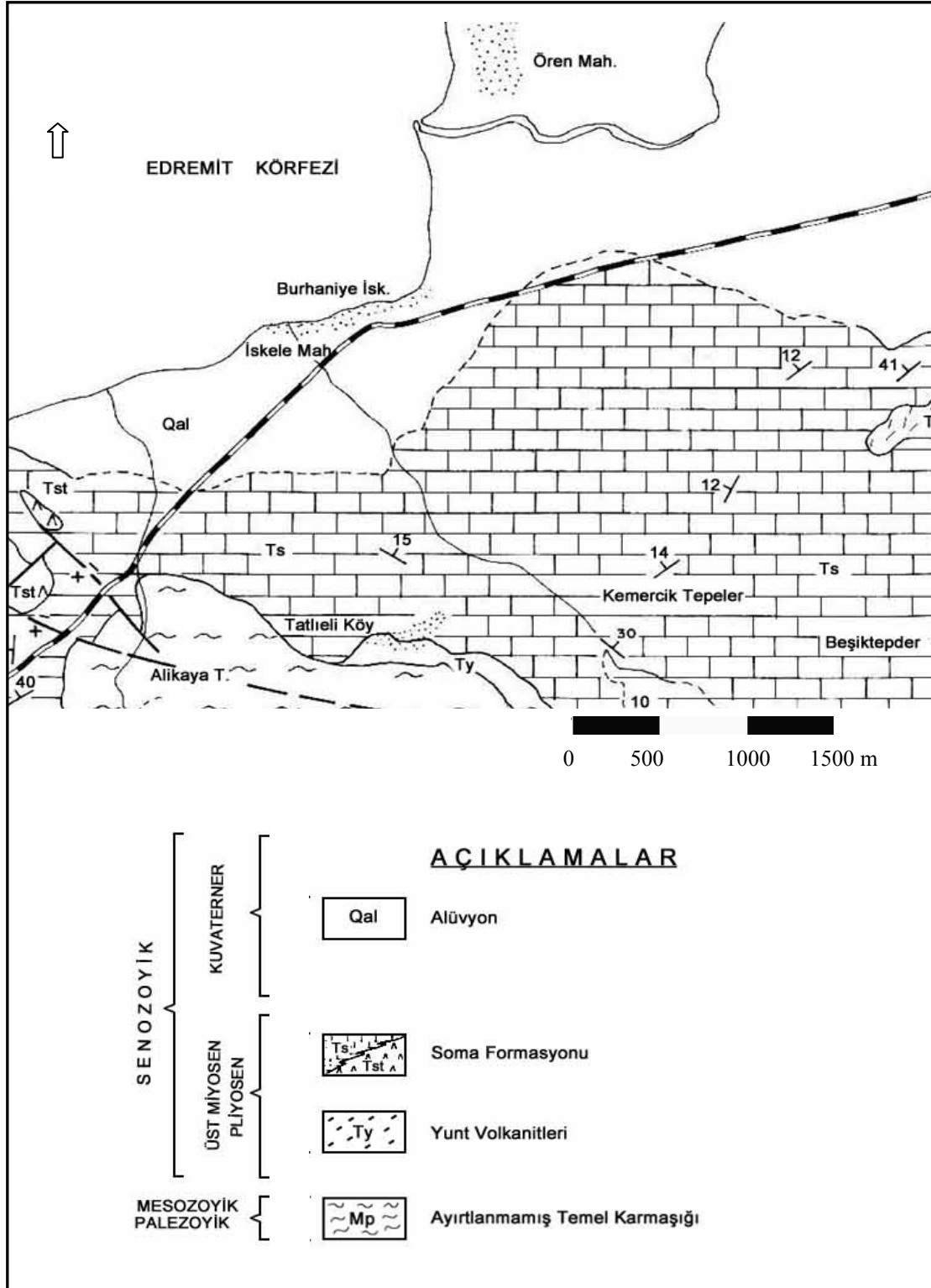


Şekil 5. a) Türkiye'nin Digital Globe'dan alınan uydu görüntüsü. Kırmızı kutu içerisine alınan Burhaniye bölgesinin Türkiye üzerindeki konumunu göstermektedir. b) Burhaniye-Ören'in Digital Globe'dan alınan uydu görüntüsü. Bu görüntüde antik liman açıkça seçilmektedir (sarı dikdörtgenle gösterilen kısım). Antik limanın güney doğusunda yeşil dikdörtgenle gösterilen kısım çalışma alanını temsil etmektedir.

### 5.1. Çalışma Sahasının Jeolojisi

Bölgede Üst Permiyen'den Kuvaterner yaşına kadar sedimanter, magmatik ve metamorfik kayalar yüzeylenmektedir. Formasyon isimleri MTA jeoloji dairesi elamanlarının yapmış olduğu çalışmalardan alınmıştır [42].





Şekil 5.1. Jeoloji Haritası [42]

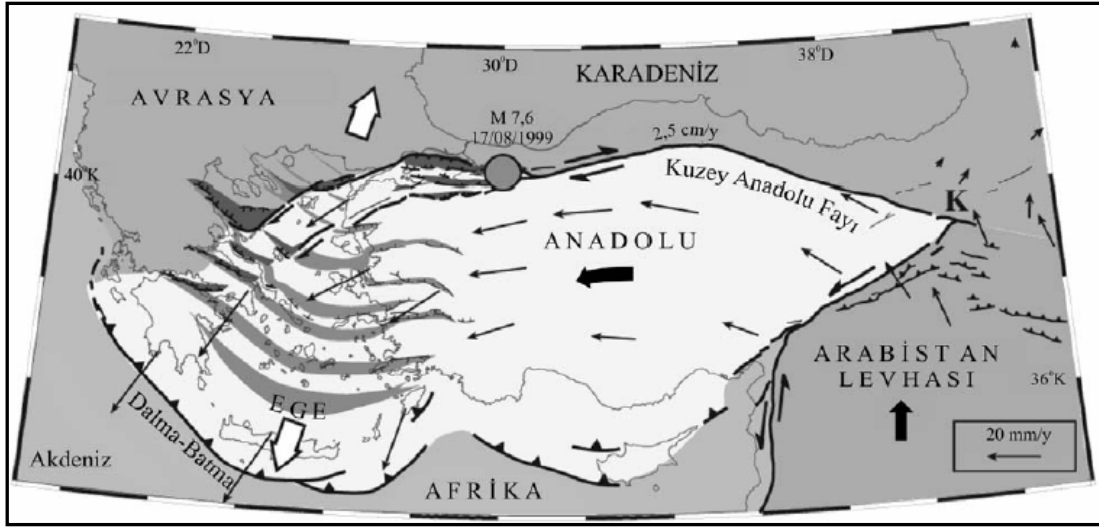
Şekil 5.1’de de açıkça görüldüğü üzere bölgede alüvyon ve Soma formasyonu hakimdir. Soma formasyonu, arazide en çok bulunan içerisinde bitümlü şistleri bulunduran formasyondur. Formasyonun tipik kesit ve tipik mevkii Soma İlçesi’nde bulunduğundan MTA jeoloji dairesi çalışanlarınca bu ad verilmiştir [42].

Litolojisi killi kireçtaşı, kil, marn, silttaşı, tüfit kumtaşı, konglomera aralanması ve/veya bu litolojilerin bir veya bir kaçının hakim olduğu litolojilerden oluşmuştur. Beyaz, sarı, boz, gri renkte ince orta ve kalın tabakalanmalı olan birimde killi ve karbonatlı seviyeler bazen laminalı ve kartonsudur. Çapları 2 cm’ye varan oolitik kısımları vardır. Tüfitler kaolinleşmiştir. Sertlikleri çok değişken niteliktedir. Genelde yatay ve yataya yakın tabakalıdır. Fay zonlarında eğilme ve kırılma izlenebilmektedir. Dar havzalarda sıkışmadan dolayı yatık, hatta devrik kıvrımlara rastlanabilir. Soma Formasyonu çeşitli yerlerde bitümlü şist ve kömür içermektedir [42].

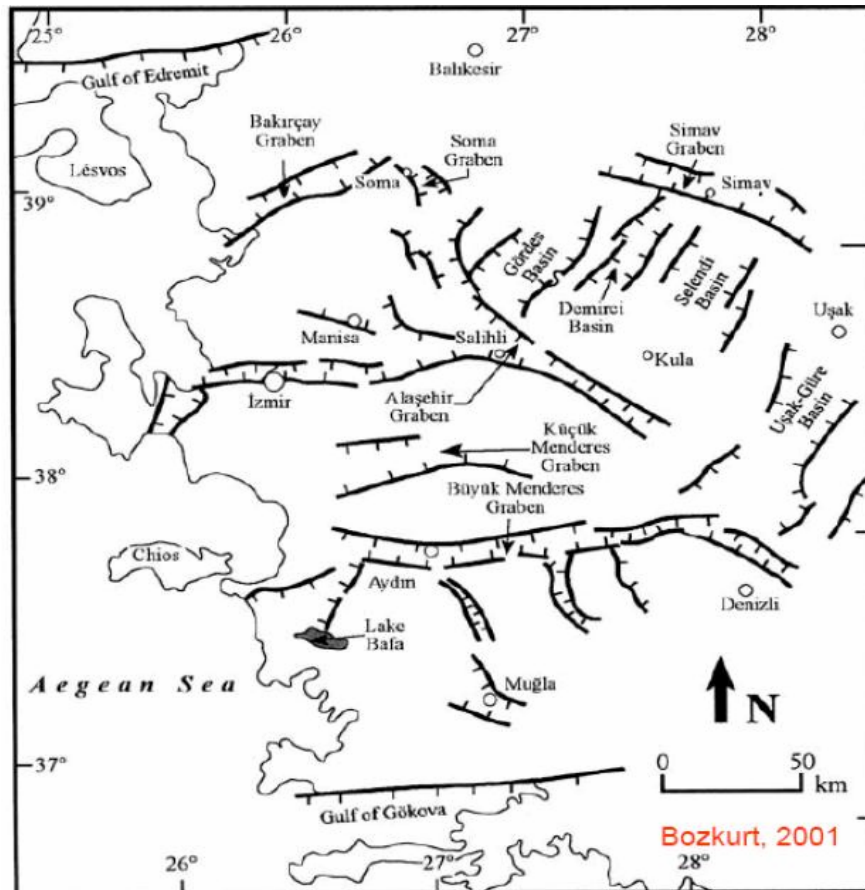
Bölgenin jeolojik yapısı incelendiğinde, geçmiş dönemlerde yaşamı sürdürebilmek için yapılan araç gereçlerin hammaddesi olarak kullanılması nedeniyle son derece önemli olan kilin bölgede mevcut olduğu tartışmasızdır. Bunun yanı sıra yapı inşası açısından dayanıklılığı ve işlenmesi açısından elverişli olan kireçtaşının da bölgede mevcut olması bölgenin seçimi açısından önemli bir avantajdır. Bu durumda, muhtemel arkeolojik alanda, kolaylıkla elde edebildikleri kili işleyecekleri yapılar, dolayısıyla da bol miktarda pişmiş tuğla yapı veya kalıntıları olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bununla birlikte muhtemel yapı malzemeleri arasında, kireçtaşının bulunması ve yer yer volkaniklere rastlanması söz konusu olabilir.

## **5.2. Bölgenin Tektonik Özellikleri ve Yeraltı Kaynakları**

Türkiye, Alp-Himalaya tektonik kuşağında yer almaktadır. Yörenin tektonik yapısının şekillenmesinde Avrasya, Afrika, Arap, Ege, Ege-Anadolu ve Karadeniz levhaları arasındaki göreceli hareketler etkili olmuştur. Afrika ve Arap levhalarının Avrasya levhasına göre kuzeye doğru hareket etmesi, Anadolu levhasının batıya doğru hareket etmesine neden olmaktadır (Şekil 5.2.1).



Şekil 5.2.1 Türkiye'nin belirgin neotektonik yapıları [43]



Şekil 5.2.2 Ege bölgesinin tektonik haritası [44]

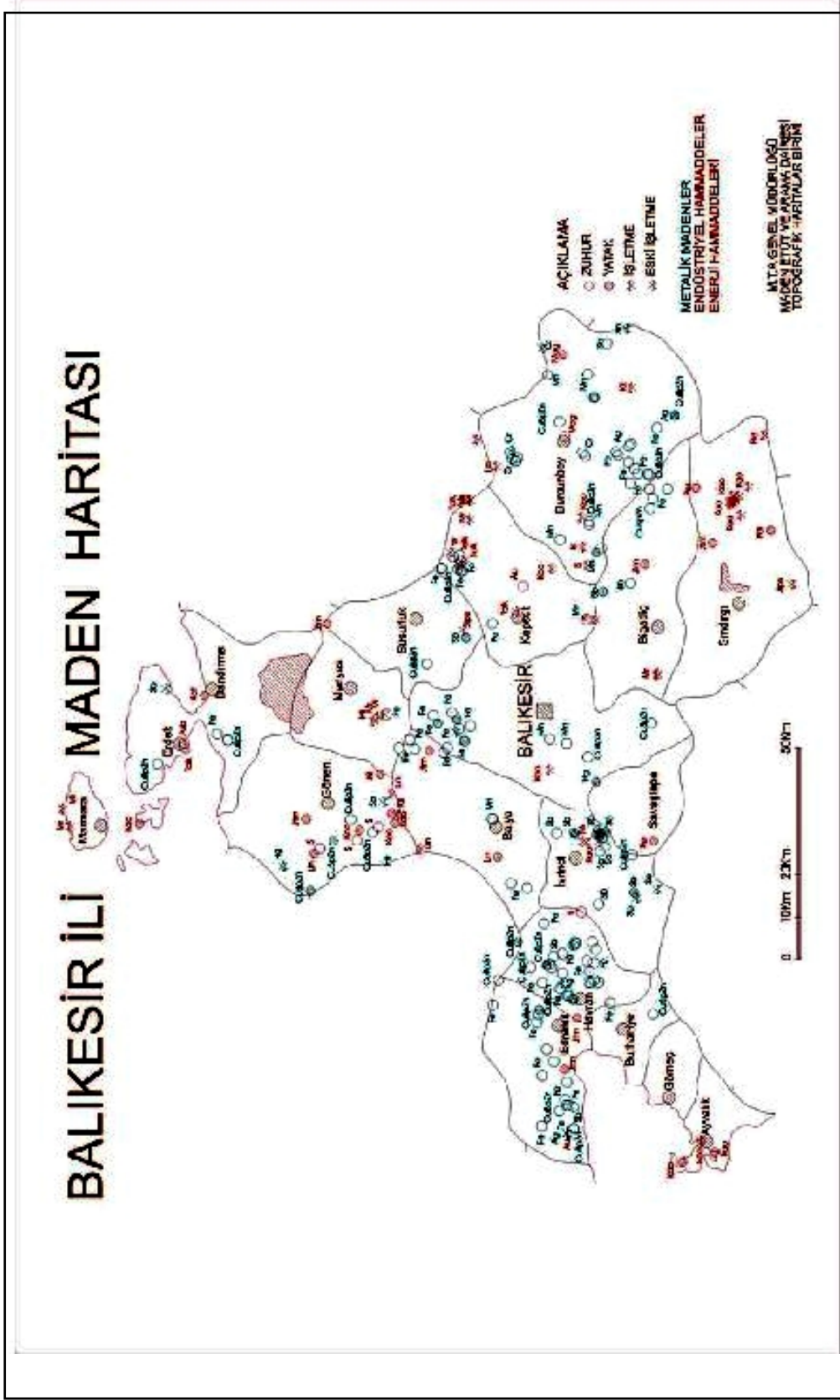
Balıkesir Ovası ve yakın çevresini de içine alan Batı Anadolu, Afrika levhasının Girit adasının güneyinde Ege ile Anadolu levhalarının altına dalması sonucu NNE-SSW yönlü çekme ve gerilmeye uğramıştır [45]. İnceleme alanının kuzey kısmı Kuzey Anadolu fayının yanal atımlı sıkışma ve çekme hareketinin etkisi altındadır. Anadolu, Kuzey Anadolu fayı boyunca ortalama 20 mm/yıl batı yönünde hareket ederken Batı Anadolu N-S yönünde 3–6 cm/yıl gerilmektedir [46]. Kuzeybatı Anadolu Bölgesi, bu iki sistemin etkisi altında tektonik olarak etkin bir alanda yer almaktadır.

Tektonik olaylar sonucunda oluşan Örenin tarihi coğrafyası, Ege Denizi kıyısı, ardından doğuya doğru ova ve ovanın hemen arkasından başlayan dağlık alandan oluşması, stratejik ve kültürel öneminin artırmaktadır. Burhaniye ve çevresinde sıcak su kaynaklarının ve maden yataklarının oluşması da bu tektonik hareketlerden kaynaklanmaktadır. Jeotermal sular yeryüzünün çok derinliklerindeki akiferlerde depolanmıştır. Magma tabakasına yakın olduklarından sıcaklıkları yüksektir ve mineraller içerebilmektedirler. Yeryüzüne yakın kısımlara doğru yükseldikçe yeraltı suyu ile karışabilmekte dolayısı ile YAS kalitesini etkilemektedirler. Jeotermal suların araştırma ve işletmesi Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından yapılmaktadır [47]. Ülkemiz önemli ölçüde jeotermal alanlara sahip olup, 600'ün üzerinde termal kaynak mevcuttur. Jeotermal alanlar, volkanik faaliyetlerin veya Türkiye'deki gibi sönmüş genç volkanların ve tektonizmanın son derece aktif olduğu bölgelerde yer almaktadır. Ege Bölgesinde olduğu gibi çeşitli yönlerde ve akımlarda fay zonlarının geliştiği, graben ve horst yapılarının oluştuğu ve volkanik faaliyetlerin meydana geldiği yerlerde jeotermal alan özellikleri ile karşılaşılması olasıdır (Şekil 5.2.2.). Bu nedenlerle, bu bölgelerde belirgin sıcak su çıkış noktaları (kaplıca, ılıca) olmasa bile jeotermal alan özellikleri yeraltı suyunda görülebilmektedir. Termal sular ne kadar derinden yeryüzüne ulaşırsa veya magma etkisi ne kadar yüzeye yakınsa sıcaklığı o derece yüksek olmaktadır. Yer kabuğunun kırıklı, çatlaklı, tektonik yönden aktif kesimlerden yükselerek ilerleyen sıcak sular, depolandığı hazne kayadan ya da yol boyunca kat ettiği kayalar ve maden yataklarından çok sayıda kimyasal elementi bünyesine almaktadır. Bu sular iyi kaliteli yeraltı suyu taşıyan akiferlere yer yer yayılarak yeraltı suyu kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Jeotermal sularda, sulama suyu için zararlı miktarda

bor elementi bulunmaktadır. Çalışma bölgesi de jeotermal kaynak olarak zengin bir alanda bulunmaktadır [47]. Günümüzde bilinen jeotermal kaynaklar şöyledir:

- 1 Pelitköy Zeytin pınarı içmesi: Burhaniye'ye 12 km., Pelitköy' e ise 2 km. uzaklıktadır. Ortalama 20 °C sıcaklığındadır.
- 2 Dutluca köyü içmeleri ve Damlarca suyu: Burhaniye'ye 12 km. uzaklıkta Dutluca köyündeki içme suyu ortalama 16 °C sıcaklıktadır.
- 3 Karaağaç kaplıcası: Burhaniye'ye 10 km., Karaağaç beldesine ise 2 km. uzaklıktadır.
- 4 Bostancı köyü kaplıcaları: Burhaniye'nin 10 km uzağında, Balıkesir, Çanakkale ve İzmir ana karayoluna yakın mevkidedir. Suyu ortalama 51 °C sıcaklıktadır.
- 5 Edremit-Güre Kaplıcası: Edremit'e 12 km, Akçay'a ise 3 km uzaklıktaki kaplıca yeridir. Kaplıcanın orijinal bölümlerinde ilkçağ Roma hamamı özelliklerini taşıdığı görülmektedir. Suyun sıcaklığı 64 °C civarındadır.
- 6 Bostancı-Entur Kaplıcaları: Burhaniye'nin Edremit çıkışında ve Burhaniye'ye 10 km uzaklıkta yer alır. Ortalama 51°C sıcaklıktadır.
- 7 Edremit - Derman Kaplıcası: Edremit ilçesine 3,5 km uzaklıkta yer alır.

Burhaniye ve çevresinin özellikle madencilik konusunda ayrı bir önemi vardır. Çalışma bölgesi yeraltı kaynakları bakımından oldukça zengindir; ama madenlerin birçoğu ilkçağdan beri işletildiğinden tükenmiştir (Şekil 5.2.3). Çalışma alanında yer alan Bergaz Tepe antik liman bölgesinin konumuna ve yeraltı kaynaklarının bulunduğu ve işletildiği yerlere bakılarak Adramytteion medeniyetinin diğer medeniyetlere maden sağladığı görülebilir. Özellikle MTA raporlarına bakıldığında Burhaniye merkezli bir alanda demir, bakır oldukça sık rastlanan madenler arasında sayılabilir (Tablo 5.2.1).



Şekil 5.2.3. Balıkesir İli Maden Haritası (MTA) [42].

Tablo 5.2.1. Balıkesir İli Maden Kaynakları [42]

<u>DEMİR</u>	<u>BAKIR-KURŞUN-ÇİNKO</u>	<u>ALTIN</u>	<u>MERMER</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Havran-Eymir Yatağı</b> <b>Tenör:</b> % 53 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> <b>Rezerv:</b> Büyük ve Küçük Eymir yataklarından oluşur. 9 milyon tonluk bir rezerv vardır.</li> <li><b>Ayvalık-Ayazmant Yatağı</b> <b>Tenör:</b> % 69.25 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> <b>Rezerv:</b> 575 500 ton rezerv vardır. 100 000 ton işletilmiştir.</li> <li><b>Şamlı Yatağı</b> <b>Tenör:</b> % 50-53 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> <b>Rezerv:</b> toplam 2 675 000 ton mümkün Bakırlık T. işletilmiş ve cevher tükenmiştir.</li> <li><b>Edremit-Yaşyer Sahası</b> <b>Tenör</b> : % 30-60 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> <b>Rezerv:</b> 140 000 görünür+muhtemel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Ayvalık-Maden Adası (Pindos Adası) kurşun-bakır-çinko sahası</b> <b>Tenör:</b> % 10 Pb+Zn+Cu- 50 gr/t Ag <b>Rezerv:</b> 72 500 ton muhtemel</li> <li><b>Dursunbey-Güğü-Demirboku Sırtı</b> <b>Tenör</b> :% 3.81 Zn, % 3.91 Pb ve % 0.25 Cu <b>Rezerv:</b> 3 743 000 ton mümkün</li> <li><b>Dursunbey-Kulat Çiftliği</b> <b>Tenör:</b> % 4.4 Pb ve % 4.2 Zn <b>Rezerv:</b> 252 335 ton görünür</li> <li><b>Edremit-Altınoluk</b> <b>Tenör:</b>% 8.20 Pb ve % 6.70 Zn (Ayrıca 5 gr/ton Au ve 25 gr/ton Ag değerleri de bilinmektedir). <b>Rezerv:</b> 242 156 ton mümkün olup yatak önceki yıllarda işletilmiştir.</li> <li><b>Havran-Kozcağız (Fazlıca) bakır-pirit-çinko-kurşun sahası</b> <b>Tenör:</b> - <b>Rezerv:</b> Yatak önceki yıllarda işletilmiştir.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Havran Yatağı</b> <b>Tenör</b> : 6.43 gr/ton Au, 11,8 gr/ton Ag <b>Rezerv:</b> 1 500 000 ton görünür</li> <li><b>Kepsut-Beyköy Sahası</b> <b>Tenör</b> : 2.375 gr/ton Au <b>Rezerv:</b> 2 324 000 ton mümkün rezerv</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Marmara Adası-MARMARA BEYAZI</b> <b>Kalite:</b> Açık gri-beyaz renkli olan ve gri bantlar içeren dolomitlerden oluşur. Sertliği 3, yoğunluğu 2.75 g/cm<sup>3</sup>, porozitesi % 0.2 <b>Rezerv:</b> 1 200 000 000 m<sup>3</sup></li> <li><b>Çayüstü Köyü-KUMRU TÜYÜ</b> <b>Kalite:</b> Gri-beyaz hamur içinde kırmızı renkte ve styolitli şekillerde izlenir. Sertliği 4, yoğunluğu 2.75 g/cm<sup>3</sup>, porozitesi % 0.6 <b>Rezerv:</b> 16 000 000 m<sup>3</sup></li> <li><b>Manyas-Koçoğlu Köyü</b> <b>Kalite:</b> iri kristalli ve beyaz renklidir. Sertliği 3, yoğunluğu 2.72 g/cm<sup>3</sup>, porozitesi % 0.4 <b>Rezerv:</b> 40 000 000 m<sup>3</sup></li> <li><b>Ayvalık-Bağyüzü Köyü-</b> <b>Kalite:</b> Granit ve granodiorit bileşimindedir. Koyu yeşil ve beyaz renk hakimdir. İçerdiği diğer mineraller; plajiyoklas, biyotit, hornblend, kuvars ve eser miktarda zirkon, apatit ve opak mineralleşmeler içerir. Sertliği 7, yoğunluğu 2.73 g/cm<sup>3</sup>, porozitesi 1.3 <b>Rezerv:</b> 300 000 m<sup>3</sup></li> <li><b>Bigadiç-Çayüstü Köyü</b> <b>Kalite:</b> Sarı, açık kahve pembe ve kırmızı renkli olup ince kristallidir. Sertliği 3, yoğunluğu 2.73 g/cm<sup>3</sup> porozitesi %0.2 <b>Rezerv:</b> 7 400 m<sup>3</sup> jeolojik</li> </ul>

Burhaniye ve çevresinde yer alan bu sıcak su ve maden kaynakları coğrafik konumu itibariyle deniz ticareti yapılmasının yanı sıra insanların bu bölgeye yerleşmesinde ayrı bir çekicilik kazandırmaktadır. Bu olumlu etkinin yanı sıra bölgenin tektonik olarak aktif bir kuşakta yer alması, Burhaniye-Ören Adramytteion Antik Kentinin birçok büyük depreme maruz kalmasına neden olmuştur. Özellikle arkeolojik çalışmaların da tanıklığında yüksek yıkım gücü gözlenebilen deprem silsilesi içinde Roma İmparatoru Trajanus Devri içinde (MS. 98–117) vukuu bulan önemli depremlerin ardından kentin ve bölgenin yeniden imar edildiği ve bölgede etkin bir kent ismi olarak Hipoplakioi Thebai adının ön plana çıktığı görülmektedir. [1].



## **BÖLÜM 6. ÇALIŞMA ALANININ ARKEOLOJİK GEÇMİŞİ**

İnsanlığın geçmişi içinde Edremit Körfezi önemli bir hareket noktası olmuştur. Coğrafi konumu itibarıyla Edremit Körfezinin güneyinde yer alan ilçelerden biri olan Burhaniye, aşağı yukarı tümüyle Antik Çağın Adramyithene Bölgesini oluşturmaktadır. Burhaniye ilçe merkezine bağlı Ören mahalli altında kalan ve aynı adı taşıyan yerleşmeden adını alan Adramytteion kenti yönetimindeki bölgesi belirli noktalarda günümüz Burhaniye sınırlarını aşarak Edremit ve Havran ilçelerinin de belirli bölümlerini içine almaktaydı.

Antik çağ kaynaklarına göre, kuruluşu Truva'dan daha eskiye dayanan Adramytteion şehri, Edremit körfezine hakim, deniz ticareti ve savunması açısından bölgenin en önemli kentidir. Kuruluşu daha eskiye dayandırılmakla birlikte, kent adını Lidya prensi Adramys'den almaktadır. Adramys, şehri M.Ö 7.yüzyılda mamur hale getirmiş ve güzelleştirmiştir. Yerli halkından başka, Atina'dan göçmen almış ve Atinalılar buraya Delos adası halkını yerleştirmiştir. Daha sonra Bergama krallığına bağlı olan kent, Bergamalıların deniz bağlantısı için ayrı bir önem arz etmektedir. Helenler tarafından kent büyük tahrip görmüştür [1].

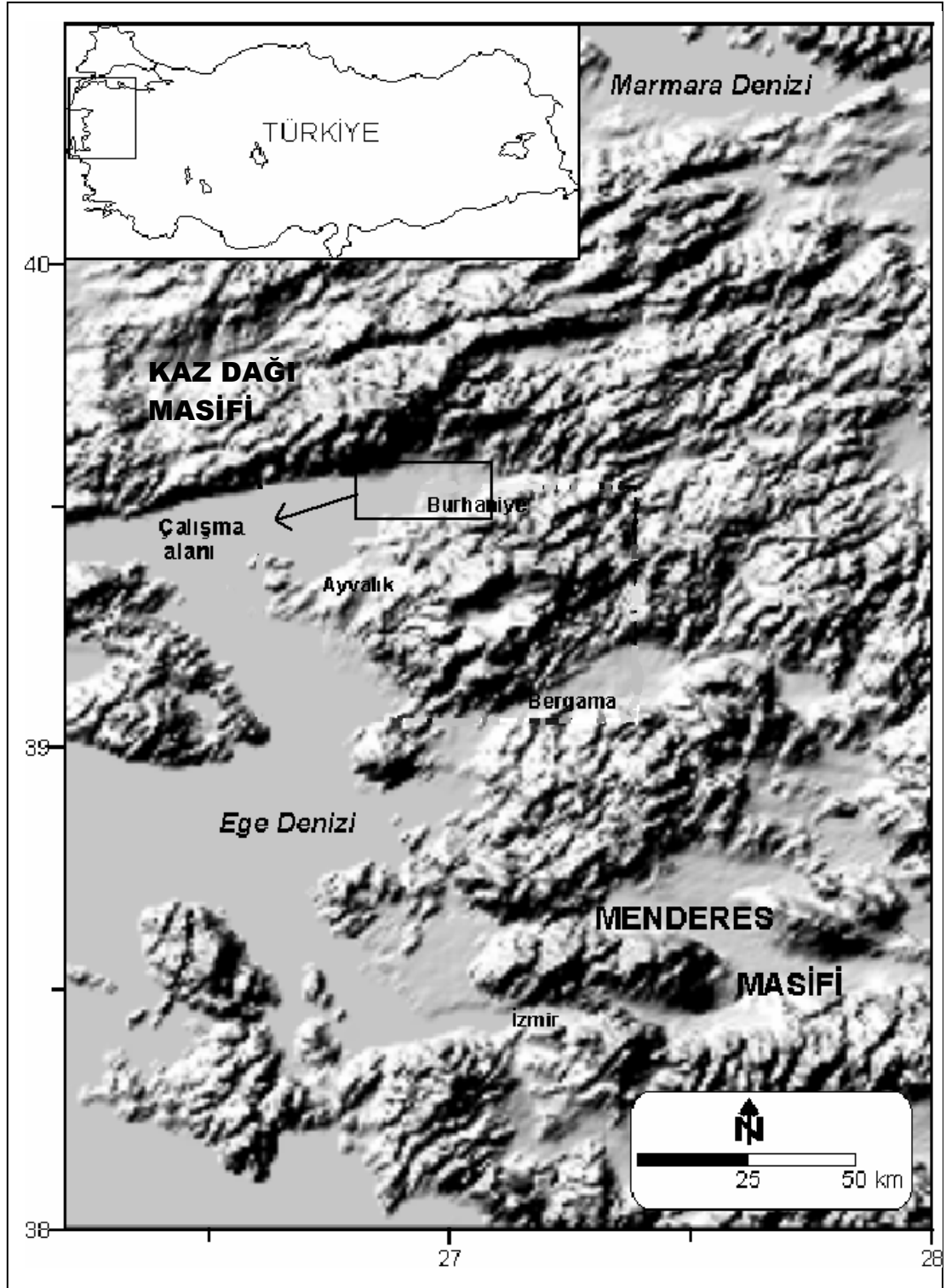
Roma döneminde Truva'dan Efes'e kadar uzanan coğrafyanın yönetim merkezi durumuna gelen Adramytteion'un limanı ve tersanesi vardır. Bu dönemde Adramytteion bir konsüllük merkezidir. Romalılar tarafından terk edilmek suretiyle boşaltılan kent tekrar Bergamalılara geçmiştir. Adramytteion kenti, hemen yakınında bulunan Artemis / Diana Astyrene kültürünün etkisi altında kalmıştır. Bizans döneminde erken bir piskoposluk merkezi olarak da adı geçen şehir, Ortaçağ dönemini derin bir karanlık içinde geçirmiştir. Bizans Kralı II.Andronikos Palailogos 1283'de Adramytteion'da bir kilise toplantısı yapmıştır [1].

Geç Ortaçağ kaynaklarında Selçuklu Sultanı II. Mesut Karasileri bölgeye uç beyi olarak yerleştirdiğini bildirirken, 14.yüzyılın başlarında kent Türklerin eline geçmiştir. Türkler daha önceki örneklerinde de olduğu gibi eski kent yerine biraz ilerisinde, bugünkü Edremit'i yerleşim yeri olarak kurmuş, ancak kentin limanını ve tersanesini kullanmaya devam etmiştir. Edremit Körfezinde, Karasi Yahşi Bey komutasındaki Türk Donanması Rodos, Venedik, Kıbrıs, İtalya ve Fransa Krallığının katıldığı haçlı donanması ile 1334 Eylülünde şiddetli bir çarpışma yaşamış ve bu savaş Edremit Savaşı olarak tarihi kaynaklara geçmiştir. Karasi'nin yenilgisi Bizans Kralı III. Andronikos'u da sevindirmiş ve Yahşi Bey'i takip eden haçlı ordusuna onlar da katılmıştır. Ancak donanmasıyla, Birgi'den gelen Umur Bey'in yardımı ile haçlıların karaya çıkması engellenmiştir. Bu tarihten kısa bir süre sonra körfez tamamen Türk topraklarına katılmış ve Osmanlı dönemi kaynakları Türk yerleşimi olan bu günkü kenti Edremit olarak kaydederken, Burhaniye (eski Edremit = Adramytteion) mevkiini Kemer Edremiti ve Ören olarak anmıştır [1].

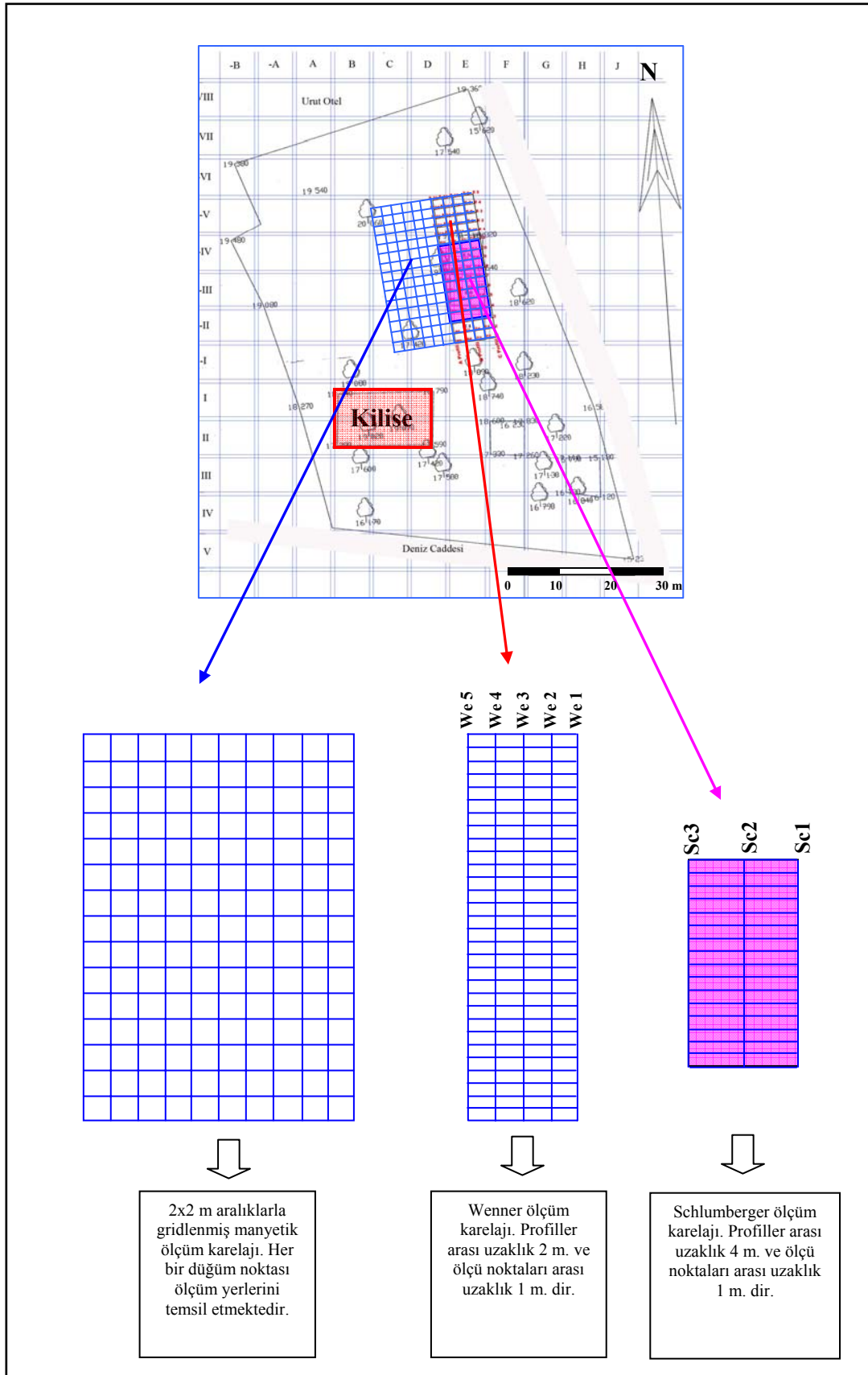
## BÖLÜM 7. ARAZİ ÇALIŞMALARI

Günümüzde, Balıkesir ili, Burhaniye ilçesi, Ören Mahallesi sınırları içerisinde olduğu düşünülen Adramytteion Antik Kentine ait yapıların bulunmasına ilişkin kazı çalışmalarına 2001 yılında Balıkesir Müze Müdürlüğü başkanlığında, Sakarya Üniversitesi Sanat Tarihi Bölümü tarafından başlanmıştır [2]. Yaklaşık 5000 m<sup>2</sup>'lik bir alan kazı alanı olarak belirlenerek çalışmalar burada halen sürdürülmektedir. 2005 yılına gelindiğinde, yapılan kazılar sonucunda 10.YY.'a ait olduğu düşünülen bir kilise temeli, alanın güney batı kısmında tam olarak açılmıştır. Bir sonraki kazı yerinin tespit edilmesi ve çalışmaların hız kazanması için alanda jeofizik çalışma yapılması kazı ekibi tarafından uygun görülmüş ve bu doğrultuda Sakarya Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü tarafından arkeojeofizik çalışmalar başlatılmıştır.

Çalışma alanını gösteren topografik harita Şekil 7.1'de görülmektedir. Arazi çalışmasına başlamadan önce bölgenin arkeolojik, jeolojik ve tektonik özellikleri incelenmiş, bölgede manyetik ve elektrik özdirenç yöntemlerinin kullanılmasına karar verilmiştir. Kazı alanında yapılan ilk çalışma, en uygun yerin bulunması için, arazinin manyetik cihazla genel ölçüm amaçlı, baştan sona incelenerek yüksek manyetik değer gösteren alanların belirlenmesidir. Yapılan bu ölçüm sonuçlarına göre arazi, boyutları 20x30 m olmak üzere 600 m<sup>2</sup>'lik alan, grid aralığı 2x2 m olmak üzere karelajlandırılmıştır (Şekil 7.2).



Şekil 7.1. Çalışma alanının kabartma topografik haritası [48].



Şekil 7.2. Çalışma Alanının Kroki ve Ölçüm Noktaları

## 7.1. Manyetik Yöntem

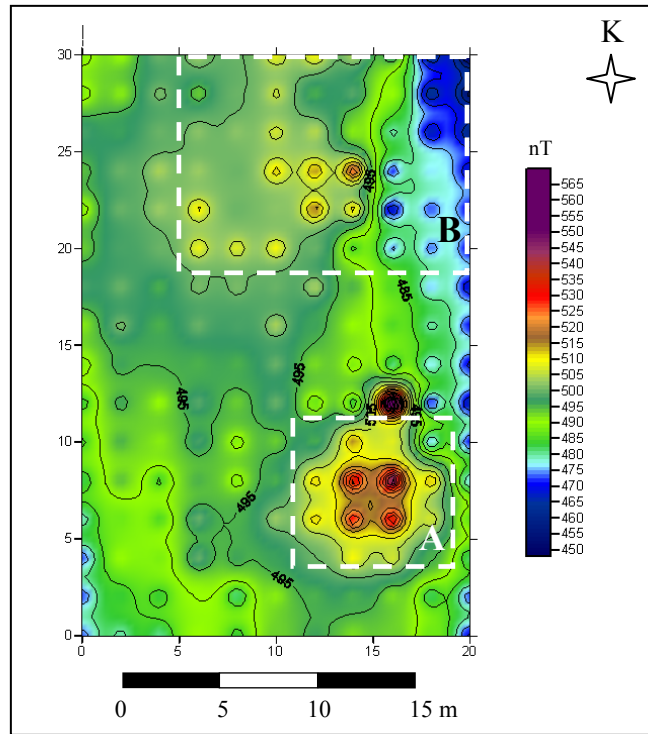
Bölgede yapılan ön çalışmalar ve alanda daha önce açılan kazılarda bulunan malzemeler incelenmiştir. Sahada bol miktarda pişmiş kil malzeme olduğu anlaşılıp ölçümlere, bu tür malzemeye çok duyarlı olduğundan, manyetik yöntemle başlanmasına karar verilmiştir. Manyetik ölçümler Scintrex – Envi marka proton manyetometresi ile gerçekleştirilmiştir. Genel ölçü sonucunda en yüksek anomali değerini veren yerler kafeslenecek şekilde, 20x30 m’lik çalışma alanı oluşturulmuştur. Bu alan manyetik ölçüm için 2x2 m. aralıklarla gridlenmiştir (Şekil 7.2). Çalışma alanında ölçü aralığı 2 m. olmak üzere, belirlenen 176 adet ölçüm noktasından manyetik veri alınarak (Şekil 7.1.1) bölgenin manyetik haritası oluşturulmuştur. Uygulanan manyetik ölçüm sonucu elde edilen verilerin, Surfer 8 programında, “Inverse distance to a power” gridleme metodu kullanılarak kontör haritası oluşturulmuştur. “Inverse distance to a power” gridleme metodunun seçilme nedeni ise, düğüm noktalarında enterpolasyon özelliği sayesinde smoothing yapma yeteneğine sahip olmasıdır. (Şekil 7.1.2).



Şekil. 7.1.1. Arazide Manyetik Verinin Toplanması (Batıya Doğru Bakış)

Şekil 7.1.2 ‘de görülen manyetik haritaya bakıldığında A ile belirtilen alanda dairesel yapıda yüksek manyetik değerler göze çarpmaktadır. Bu anomaliye bakılarak yeraltında gömülü olarak bulunan, pişmiş kil yada yüksek manyetik alana sahip kayaktan yapıldığı tahmin edilen bir yapının var olduğu ve çapının yaklaşık 4m. olduğu düşünülmektedir. Haritanın kuzeyinde yer alan ve B ile belirtilen kısımda

arazinin jeolojisinden kaynaklanan manyetik değerlerden daha yüksek değerler elde edilmesi ve bu değerlerin düzenli bir dağılım göstermesi nedeniyle, B alanında bir arkeolojik bina yapısının var olabileceği muhtemeldir. B bölgesindeki yapı yaklaşık



Şekil 7.1.2. 2x2 m aralıklarla alınan manyetik verilerin kontör haritası ve renklendirilmiş görüntüleri.

110 m<sup>2</sup> lik bir alanı kaplamaktadır. A bölgesindeki yapıya göre daha düşük manyetik değer vermesi bu yapının, A bölgesindeki yapıdan daha az bir kalıntı mıknatıslanma özelliğine sahip olduğunu göstermektedir. Bu da A bölgesindeki yapının ısıya maruz kalmış olabileceği ihtimalini artırmaktadır. Bu antik yapıların yer yüzeyine 1m. den daha az derinlikte olduğu tespit edilmiştir.

## 7.2. Özdirenç Ölçümleri

Manyetik haritada A olarak tanımlanan alanı elektrik yöntemle incelemek amacıyla, 8x16 m'lik bir alanda Schlumberger ölçüsü alınmasına karar verilmiştir (Şekil, 7.2.). Sc1, Sc2 ve Sc3 profilleri boyunca Schlumberger dizilimi kullanılmıştır (Şekil 7.2.1). Profiller arası uzaklık 4 m. alınmış ve maksimum 7,5 m. derinliğe inilmiştir. Daha sonra bu veriler RES2DINV programında birleştirilmiş Marquard ve Occam ters

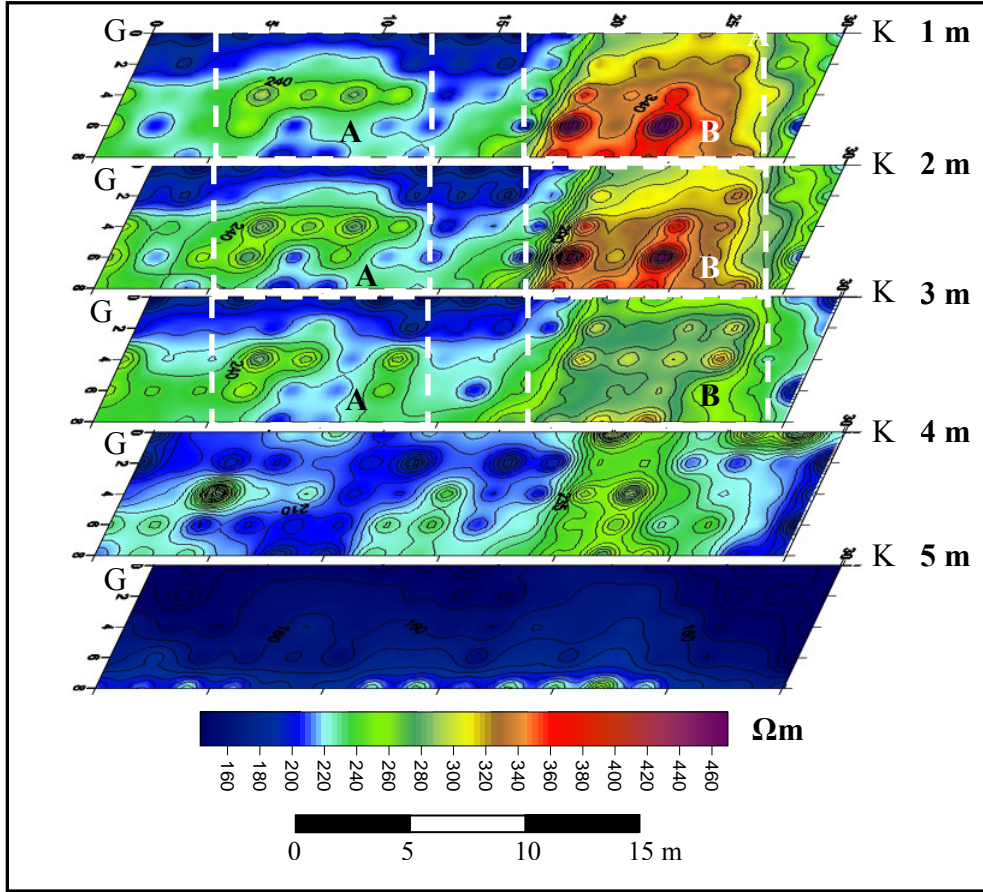
çözüm metodu kullanılarak veri işlem aşamasına sokulmuştur. Bu aşama kısım 7.3’de anlatılmaktadır. Bu değerlendirmeler incelendiğinde; Sc2 profilinin A bölgesinde dairesel formda ve yüzeyden derinliği maksimum 1 m. olan bir yapının etkileri olduğu düşünülen anomaliler belirlenmiştir. Bu durum manyetik ölçümleri doğrular niteliktedir. B bölgesi olarak tanımlanan alanda, derinliği maksimum 1 m. olan, yüksek rezistiviteye sahip bir yapının belirtileri görülmüştür. Manyetik yöntemde elde edilen verilerde az belirgin olan bu yapı elektrik yöntemde yüksek öz direnç değeri göstermiştir. Bu nedenle B bölgesinde yer alan yapının taş duvar olduğu anlaşılmıştır. Bu duvarın oluşturacağı yapının sınırlarını tespit edebilmek için, Wenner elektrot dizilimi kullanılmasına karar verilmiştir.

Schlumberger dizilimi ile alınan ölçülerin ışığında yapılan son düzenlemeyle Wenner elektrot dizilimi için araştırma alanı 30x8 m. olarak belirlenmiştir (Şekil 7.2.). 5 profilde (We1, We2, We3, We4, We5) 1, 2, 3, 4 ve 5 m. elektrot açıklıkları için profiller arası mesafe 2 m olmak üzere, Wenner ( $\alpha$ ) dizilimi kullanılarak ölçüler alınmıştır. Bu işlemin sonucunda alınan veriler önce Surfer 8 programında, “Inverse distance to a power” gridleme metodu kullanılarak yatay ve profil kesit haritaları elde edilmiştir (Şekil 7.2.3., Şekil 7.2.4).



Şekil 7.2.1. Özdirenç yöntemiyle veri toplanması

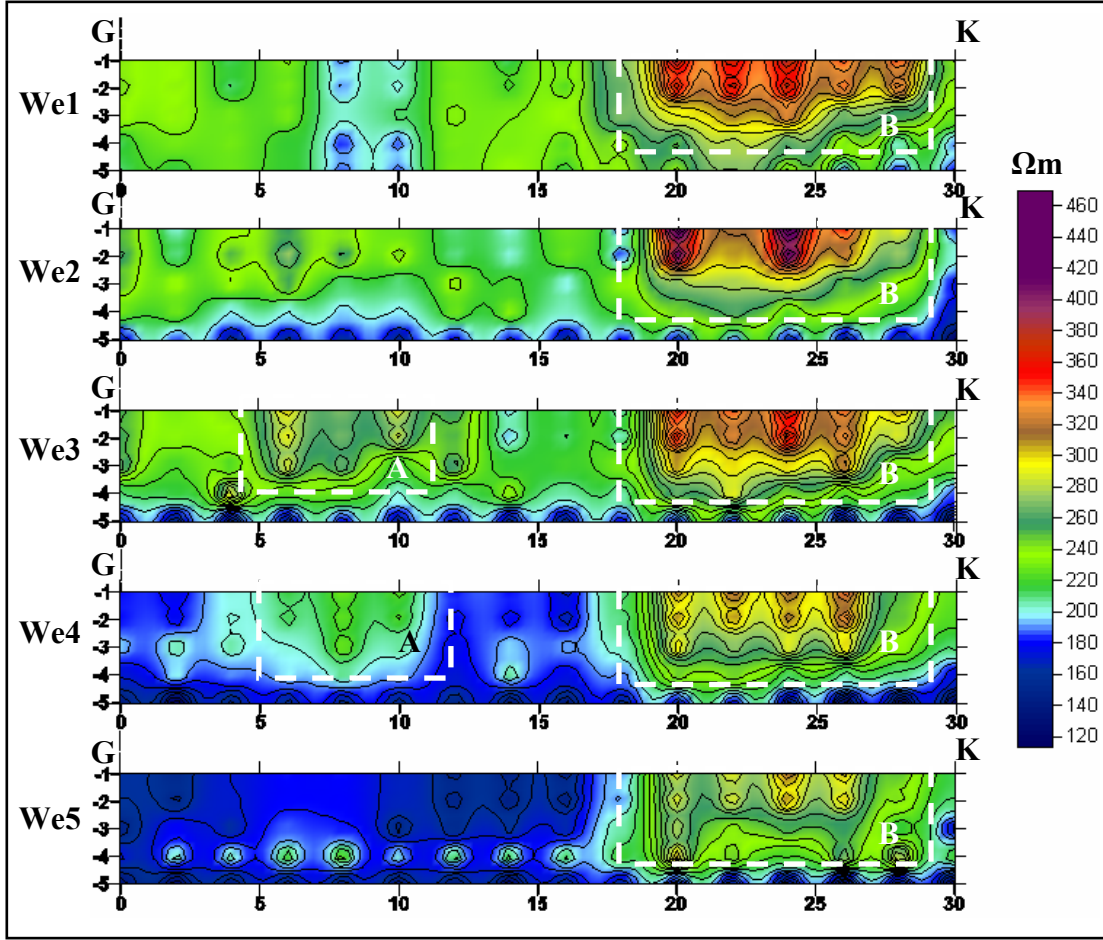




Şekil 7.2.2. Wenner dizilimi için yatay kesit haritası

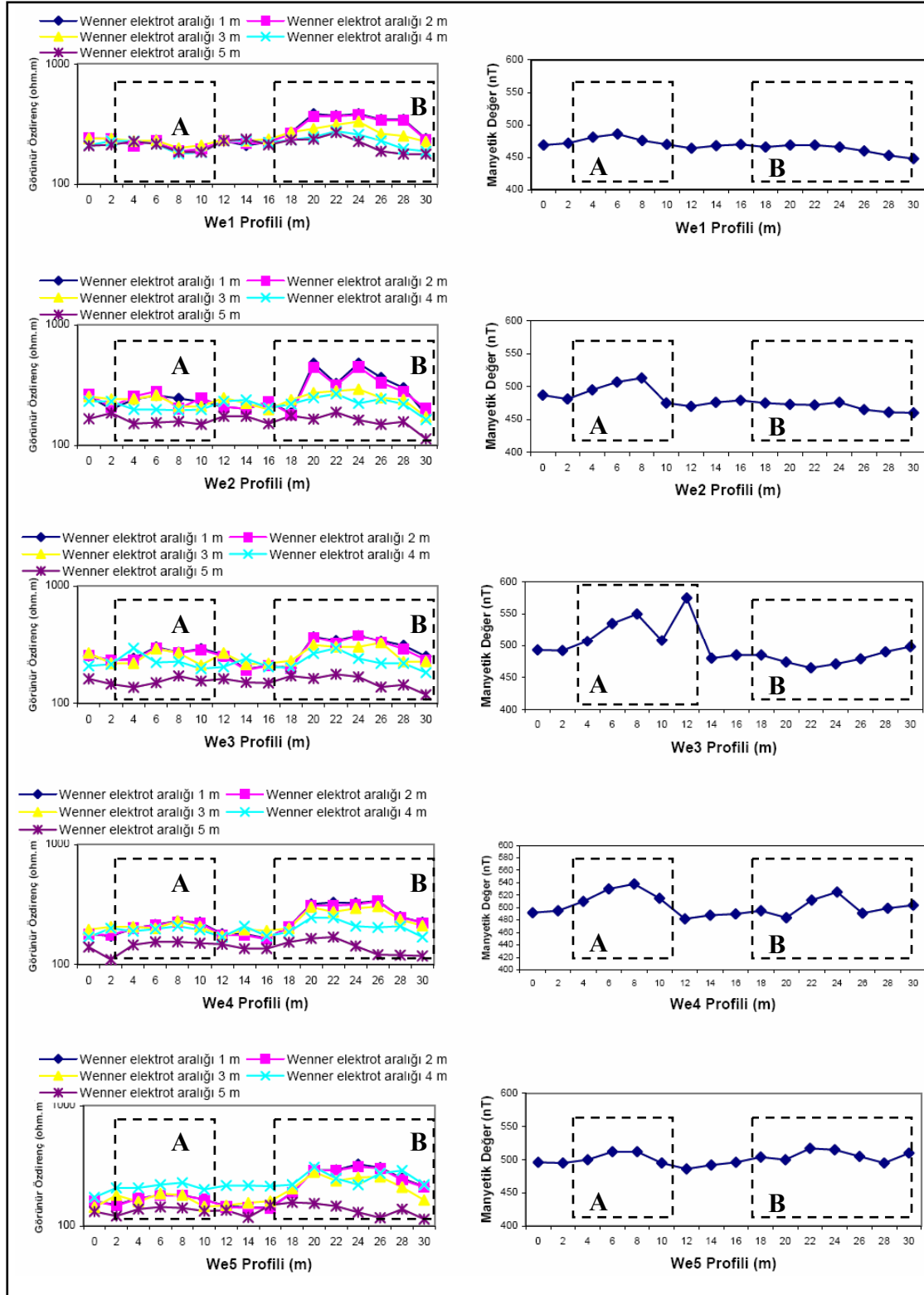
Wenner elektrot dizilimi ile toplanan verilerden elde edilen 1 ve 2 m. derinliklerine ait yatay kesit haritalarına bakıldığında, B bölgesi olarak tanımlanan kısımda yer alan, arkeolojik bir bina yapısının kalıntısına ait olduğu düşünülen anomalinin, manyetik yöntemden elde edilen haritada olduğundan daha net bir görünüm sağladığı açıkça görülmektedir. Bu etki Şekil 7.2.3.'de yer alan profil kesit haritalarında da tüm profillerde açıkça görülmektedir. Manyetik haritanın A bölgesinde açık bir biçimde gözlenen dairesel formdaki yapı rezistivite yönteminde, B bölgesinde yer alan yapıya nazaran daha düşük öz direnç göstermiştir (Şekil 7.2.2, Şekil 7.2.3). Profil kesit haritalarında bu yapının alt yüzey derinliği yaklaşık 3,5 m. olarak ölçülmüştür. B bölgesinde yer alan yapının alt yüzey derinliği ise yaklaşık 3m.'dir.

Wenner elektrot dizilimi ile toplanan 5 profilin elektrik öz direnç verilerinin veri işleminde yine RES2DINV programı kullanılmıştır. Bu programla elde edilen öz direnç kesitleri ve Şekil 7.3.2'de verilmektedir.



Şekil 7.2.3. Wenner dizilimi için profil kesit haritası

Wenner dizilimi kullanılarak 5 farklı seviye için elde edilen görünür öz direnç verileri ile aynı noktalardan alınan manyetik ölçümlerin grafikleri Şekil 7.2.4'de karşılaştırılmıştır. Yapılan ölçümlerde iki yöntemin de aynı noktalarda anomali verdiği ancak manyetik yöntemle toplanan verilerden elde edilen grafiklerde A bölgesinde daha yüksek değerler izlenmesine karşılık, elektrik yöntemle toplanan verilerden elde edilen grafiklerde en yüksek değerlerin B bölgesinde belirdiği görülmektedir. Bu durum A bölgesindeki anomali yaratan yapının muhtemelen pişmiş kil malzemedan yapıldığı (ısı kalıntı mıknatıslanma kazanmış malzemedan oluştuğu) ve B bölgesinde bulunan yapının da yine muhtemelen kireçtaşı veya benzer bir malzemedan yapılmış olabileceği fikrini doğurmuştur. En büyük anomaliler farklı olsa da kesitler aralarındaki uyum şekilde açıkça görülmektedir.



Şekil 7.2.4. Sol sütunda Wenner elektrot dizilimi ile alınan verilerin 1,2,3,4,5 m seviyeleri için görünür öz direnç grafikleri ve sağ sütunda ise aynı profillerde alınan manyetik yöntem verilerinin grafikleri görülmektedir.

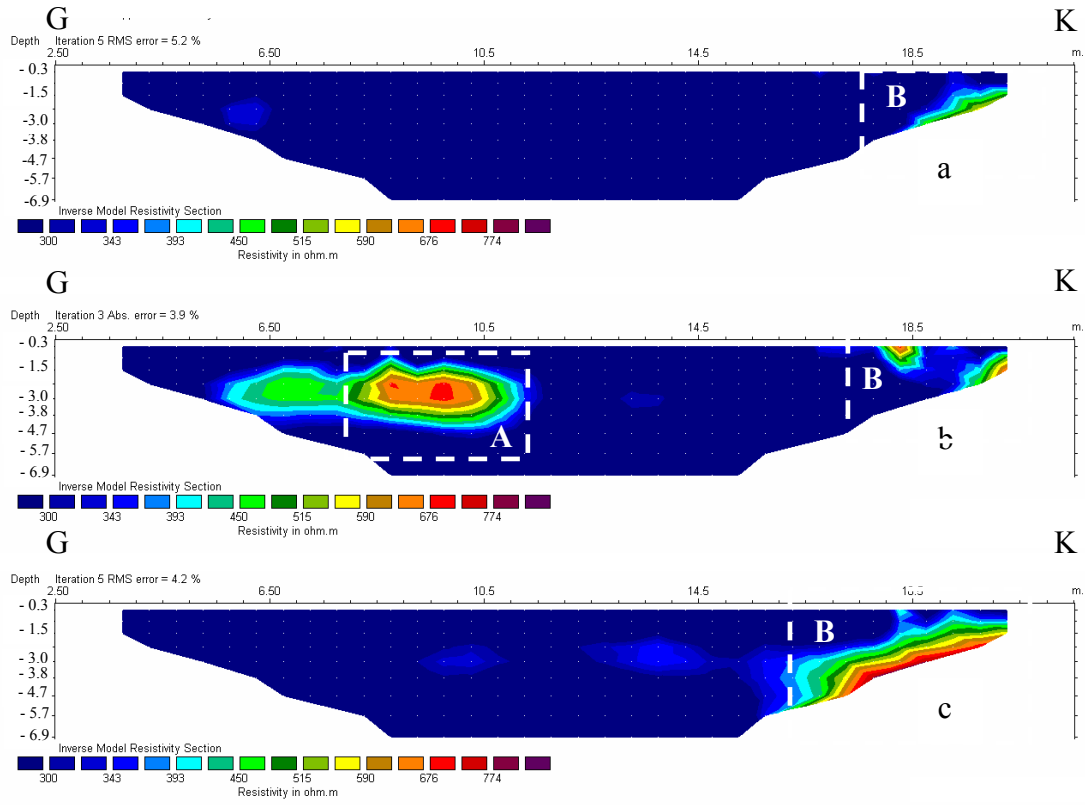
### 7.3. Boyutlu (2B) Ters Çözüm

2 boyutlu ters çözümde genel olarak özdirençin x- ve z- yönünde değiştiği ve y- yönünde sabit olduğu kabul edilir. Amaç bu kabule göre oluşturulan 2-B model ağında, ağ bloklarına ait özdirenç değerlerini çözmektir. 2-B ters çözüm için bir doğrultu boyunca ölçülmüş sondaj – profil ölçülerine ihtiyaç vardır. Bilinen 2-B ters çözüm algoritmalarında genellikle dört elektrot kullanılarak ölçülen görünür özdirenç değerlerinin ters çözümü yapılmaktadır. Örneğin; Sasaki (1989) dipol - dipol, Uchida (1991) Schlumberger, Loke ve Barker (1996) Wenner elektrot dizilimi verilerinin 2-B ters çözümünü yapmışlardır [16,49,50]. Candansayar ve Başokur (2001) ise üç elektrot kullanılarak ölçülmüş İki Yönlü Üç Elektrot dizilimi verilerinin birleşik ters çözümünü yapmışlardır [28,51].

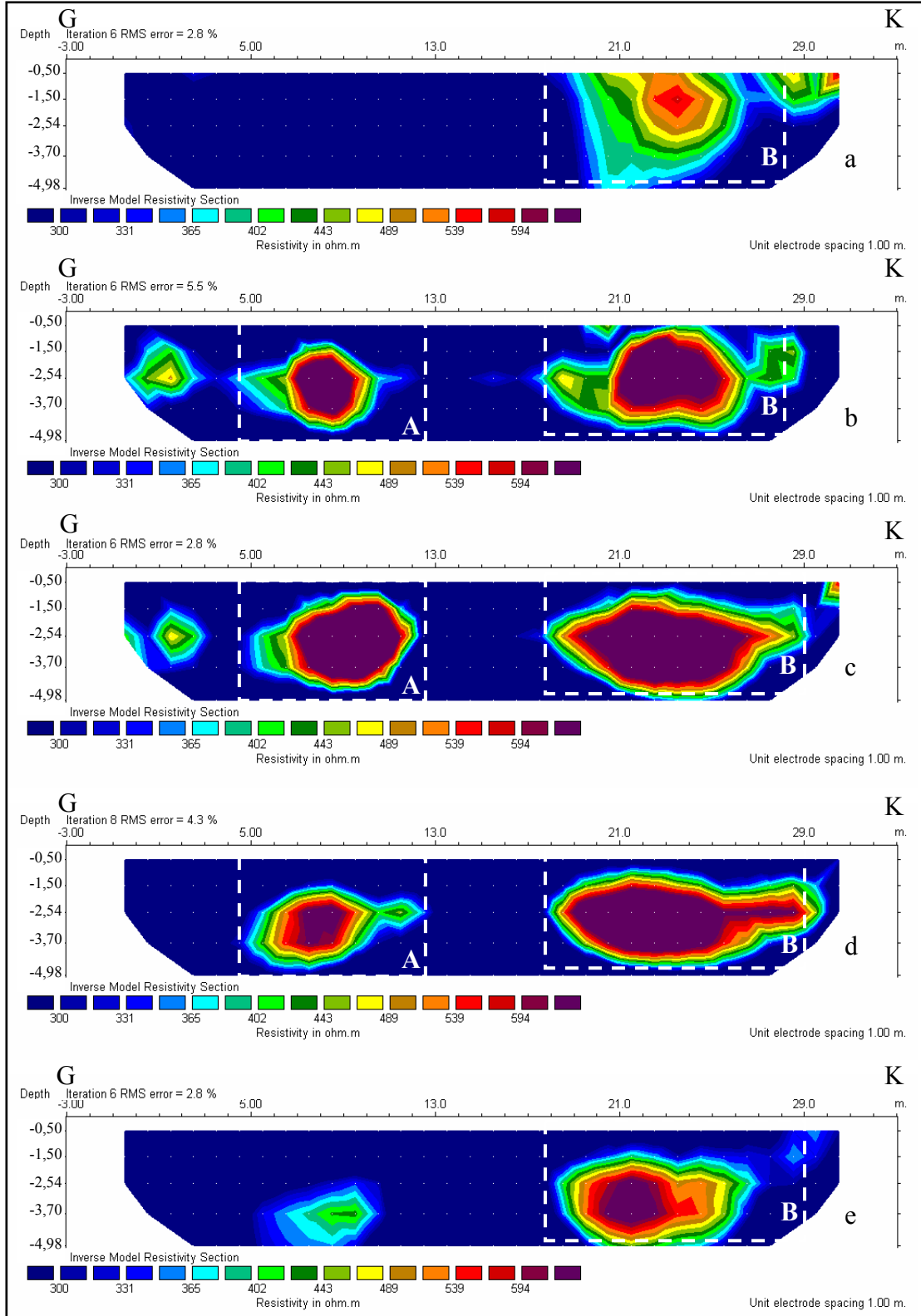
Bu çalışmada, pek çok dizilimin için alınan ölçülerin, 2 boyutlu ters çözümlerinin yapılması amacıyla hazırlanan RES2DINV isimli paket program kullanılmıştır. Çalışmaya öncelikle, Schlumberger elektrot dizilimi ile ve Wenner elektrot dizilimi ile alınan profil ölçümlerinin verilerinin, programın veri girişine uygun biçime getirilmesiyle başlanmıştır. Uygun biçimde hazırlanan veriler programa okutulmuştur. Schlumberger verilerinin çözümünde “Smoothness constraint”, “Combined inversion (Marquardt-Occam)” ve “En Küçük Kareler” yöntemleri kullanılarak ters çözümü yapılmıştır. Wenner profillerinin ters çözümünde ise Smoothness constraint, En küçük kareler yöntemi kullanılmıştır.

Bu işlem sonucunda elde edilen özdirenç kesitleri Şekil 7.3.1 de ve Şekil 7.3.2 de verilmektedir.

Her iki dizilimin kesitlerine bakıldığında aynı yerlerde, benzer geometrilere sahip anomaliler göze çarpmaktadır. Bu durum manyetik yöntem sonucu elde edilen haritada gözlenen anomalilere uygundur. Kesitler incelendiğinde A ve B bölgelerinde yer alan her iki yapının da üst yüzey derinliklerinin, iki dizilimde de 70 cm seviyesinde olduğu, alt yüzey derinliklerinin ise 4,70 m seviyesinde olduğu görülmektedir.



Şekil 7.3.1. Schlumberger dizilimi ile alınan öz direnç ölçülerinin ters çözüm kesitleri. (a) Sc1 profili, (b) Sc2 profili, (c) Sc3 Profili. Kesikli beyaz çizgi ile belirtilen kısımlar yüksek anomali noktalarını sınırlandırmaktadır.



Şekil 7.3.2. Wenner dizilimi ile alınan öz direnç ölçülerinin ters çözüm kesitleri. (a) We1 profili, (b) We2 profili, (c) We3 Profili, (d) We4 Profili, (e) We5 Profili. Kesikli beyaz çizgi ile belirlenen kısımlar yüksek anomali veren bölgeleri sınırlandırmaktadır.



#### 7.4. Arazi Uygulamasının Sonuçları

Manyetik ve elektrik yöntemler kullanılarak elde edilen veriler sonucunda, çalışma alanının güney ucundan 5 m. kuzeyde çapı 4 m., üst yüzey derinliği 0.70 m., alt yüzey derinliği 4,70 m., boyu 4 m. olan dairesel formda bir yapı tespit edilmiştir. Bu yapının yaklaşık 10 m. kuzeyinde üst yüzey derinliği yine 0,70 m. bir başka yapının varlığı belirlenmiştir. Yapının taban derinliğinin ise 4,70 m. olduğu jeofizik yöntemlerle tespit edilmiştir.

Jeofizik yöntemlerle yeraltında var olduğu düşünülen antik yapıların varlığını ispatlamak amacıyla, 7x7 m'lik 2 adet açma ve 3,5x3,5 m'lik 3 adet sondaj kazısı yapılmıştır (E-II, E-III, E-IV açmaları). Bunun sonucunda, açılan E-III açmasında, jeofizik yöntemlerle tespit edilen dairesel yapının 5-6 YY.'a ait bir keramik pişirme fırını olduğu saptanmıştır [52] (Şekil 7.4.1.). E-IV açmasında, çalışma alanının



Şekil 7.4.1. E – III açması 75 cm seviyesi – Kuzeyden Bakış (Fırının ilk görünmeye başladığı seviyeler) (Fotoğraf: Yrd. Doç. Dr. Tülin ÇORUHLU)



Şekil 7.4.2. E – IV açması – Doğudan Bakış (Fotoğraf: Yrd. Doç. Dr. Tülin ÇORUHLU)

kuzeyinde modellemede belirlenen yapının, D-B doğrultulu uzanıma sahip kalınlığı 1,85 m. uzunluğu 7 m olan bir duvarı bulunmuştur (Şekil 7.4.2.). Bu duvarla fırın arasındaki mesafe 8 m. olarak ölçülmüştür. Ayrıca açmanın kuzey doğu ucunda devamı K-D doğrultulu uzandığı anlaşılan bir duvarın başlangıcı görülmüş ancak devamını görmek için bir açma henüz yapılmamıştır (Şekil 7.4.3.).

Fırının kuzey ucunda bittiği noktanın yakınlarında yaklaşık 2 m. genişliğinde bir alanda yoğun keramik atıklar göze çarpmıştır. Fırının kuzeyinde 4,10 m. mesafede, aynı seviyede E – III ve E – IV açmalarının ara duvarında, 0,60 m. çapında, et kalınlığı 0,15 m. olan bir pîtosun alt yarısı bulunmuştur [52] (Şekil 7.4.3.).

Ayrıca fırının batısından 0,45 m. mesafede, E – III açmasında, üst derinliği 0,65 m., kalınlığı 0,50 m., kuzey - güney doğrultusunda 7 m. uzunluğa sahip bir duvar ve bu duvara dik doğrultuda, 1,50 m. kuzeyde E – IV açmasında, yüzeyden 0,80 m. derinlikte, kalınlığı 1,85 m. olan açma boyunca uzanan bir başka duvar bulunmuştur [52]. Tüm açmalar Şekil 7.4.5.'de verilmektedir.



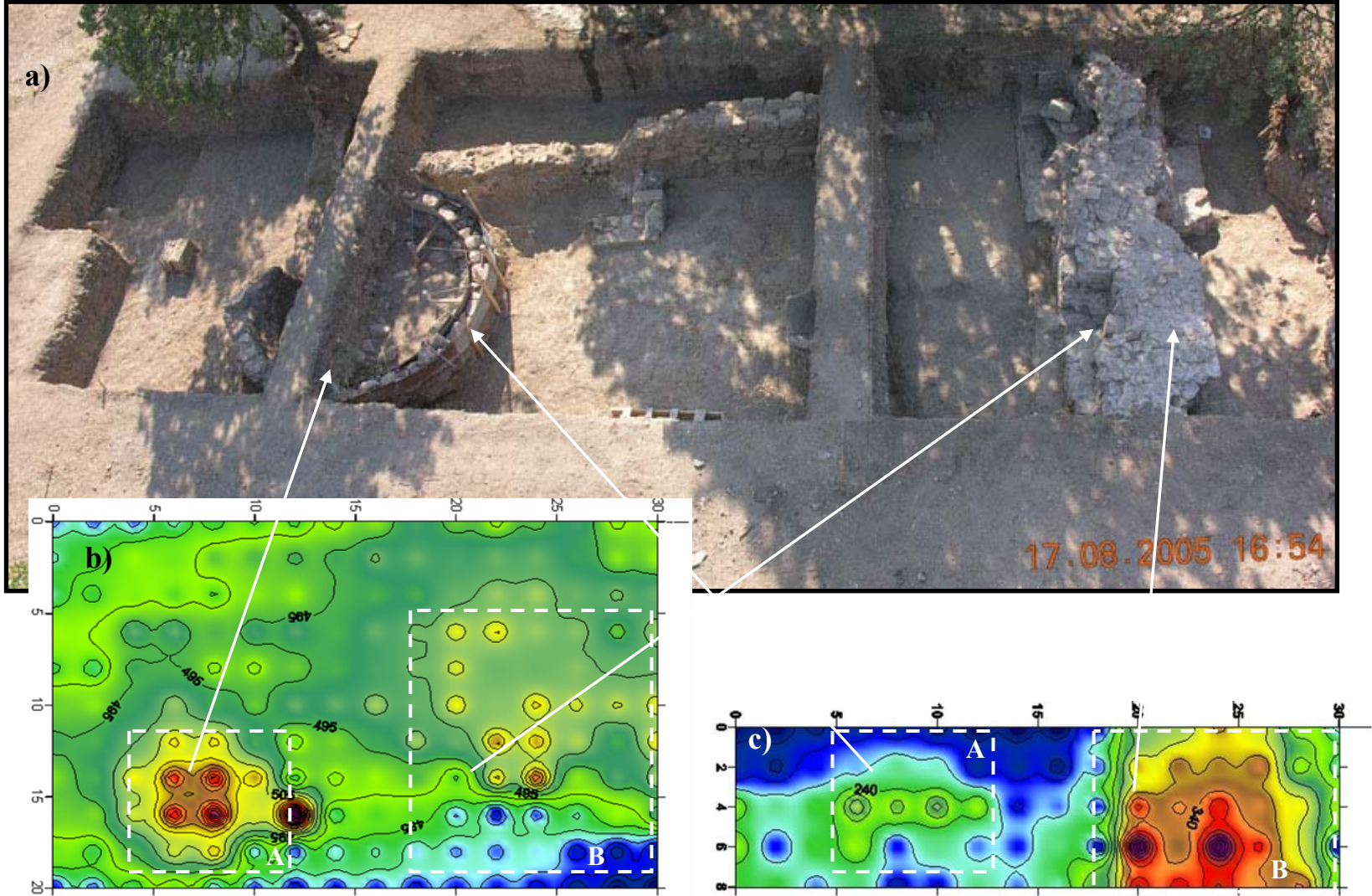


Şekil 7.4.3. E – III – E – IV açmaları (Fotoğraf: Yrd. Doç. Dr. Tülin ÇORUHLU)

Şekil 7.4.5’de görüldüğü gibi jeofizik yöntemlerle elde edilen modeller, kazı sonucunda yer yüzüne çıkarılan antik yapılarla uyum sağladığı görülmektedir. Çalışma alanının güney ucunda yer alan jeofizik yöntemlerle dairesel form olarak tanımladığımız antik yapının bir fırına ait olduğu açma sonucunda görülmüştür. Kuzey ucunda jeofizik yöntemlerle tespit edilen yapının açma sınırları içinde kalan kısmı yine Şekil 7.4.2. ve Şekil 7.4.3’de görülmektedir. Bu da Jeofizik yöntemlerle elde edilen modelde gösterilip de henüz açılmamış antik yapıların varlığının ispatıdır.



Şekil 7.4.4. E – III – E – IV açmaları (Fotoğraf: Yrd. Doç. Dr. Tülin ÇORUHLU)



Şekil 7.4.5. a) Tüm açmalar (Fotoğraf: Yrd. Doç. Dr. Tülin ÇORUHLU), b) Manyetik kontur haritası. Açığa çıkarılan yapıların manyetik belirtileri A ve B bölgesi olarak işaretlenmiştir, c) Wenner elektrot diziliminde elde edilen görünür öz direnç kontur haritası (derinlik 1 m.). Açığa çıkarılan yapıların görünür öz direnç belirtileri A ve B bölgesi olarak işaretlenmiştir

## BÖLÜM 8. SONUÇLAR

Balıkesir-Burhaniye-Ören Mahallesi içinde gömülü olduğu düşünülen Adremytteion antik kenti, Lidya kralı Alyattes'in (M.Ö. 610–560) oğlu Adramys tarafından Mysialılara karşı bir kale olarak kurulmuştur. Bölge antik zaman içinde yoğun yerleşime sahne olduğu kıyı şeridinin arkasından gelen geniş ovada tarım yapıldığı ve hemen arkasından başlayan dağ silsilesinden elde ettiği maden kaynaklarını da işleyerek deniz ticaretinin yapıldığı bir antik kenttir.

Edremit körfezi içindeki stratejik konumu sebebiyle antik çağ içinde kuruluşundan sonra sırasıyla Aeoller, Kimmerler, Makedonyalılar, Bergama Krallığı ve Roma gibi birçok medeniyet yerleşmiştir. Bu sebeple yapılar inşa edilmiş ama savaşlar nedeniyle aynı zamanda yıkılmıştır. Bölgenin tektonik açıdan aktif bir alanda yer alması da antik dönemde şiddetli deprem silsileleri ile oradaki mevcut yapıların yıkılmasına ve tekrar imar edilmesine sebep olmuştur. Burhaniye Ören Mahallesi içinde yer alan inceleme alanı 24-26 pafta, 229 ada, 8-9 parsellerde sit alanında yer almaktadır. Bu alanda gömülü olarak bir antik yapının bulunup bulunmadığını araştırmak amacıyla 2x2 m.lik 176 adet kareli oluşturularak bu noktalarda jeofizik yöntemlerden 320 adet elektrik 176 adet manyetik ölçümler yapılmıştır. Yapılan ölçümlerden elde edilen değerlerden Şekil 7.1.1., Şekil 7.2.2., Şekil 7.2.3, ve şekil 7.2,4'te verilen haritalar oluşturulmuştur. Bu haritalar yorumlanarak modeller belirlenmiş ve Şekil 7.1.2., Şekil 7.2.5. ve Şekil 7.2.6 'da gösterildiği gibi kesitlerin üzerine çizilmiştir. Daha sonra verilere ters çözüm uygulanmış ve Şekil 7.3.1'de gösterilen kesit elde edilmiştir. Elde edilen verilere göre;

- a) M.S. 5-6. YY. ait 4.5 m. çapında 3 m. boyunda bir adet keramik pişirme fırını bulunmuştur. Fırının etrafında özellikle kuzeyinde keramik molozları oldukça yoğundur. Bu fırın manyetik verilerde (Şekil 7.1.1) açıkça görülmektedir. Elektrik verilerde ise düşey kesitte görülebilmektedir. Pişmiş kil malzemesinin

güçlü bir manyetizma göstermesi nedeniyle de (ısı kalıntı mıknatıslanma kazanmış olması sebebiyle), fırının manyetik yöntemle modellenmesi doğal olarak kolay olmuştur.

- b) Fırının 10 m. kuzeyinde yer alan arkeolojik yapı kalıntısının D-B doğrultusunda uzunluğunun maksimum 14 m., K-G doğrultusunda uzunluğunun da maksimum 10,50 m. olduğu düşünülmektedir. Bu yapı yaklaşık 110 m<sup>2</sup> lik bir alanı kaplamaktadır. Bu yapının güney ucundaki D-B doğrultusundaki duvarı arkeolojik açma sonucunda görülmüştür. Bu duvarın kazı sonucunda ortaya çıkması yer altında gömülü olduğunu düşündüğümüz arkeolojik yapının varlığını kanıtlamaktadır.
- c) Açma sonucunda, fırının 0,45 m. batısında, kalınlığı 0,5 m. olan, K-G doğrultulu olarak görülen duvarın, jeofizik ölçümlerde gözükmemesi sebebinin, kendisinden çok daha yüksek değerler gösteren bir yapıya çok yakın olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.
- d) A bölgesinde yer alan yapı ısı kalıntı mıknatıslanma içerdiği için manyetik yöntemde yüksek değerler göstermektedir. B bölgesinde yer alan yapı, A bölgesindeki yapıya göre daha düşük kalıntı mıknatıslanma özelliğine sahiptir. Bu nedenle manyetik tomografide A bölgesi B bölgesine göre daha belirgin görüntülenebilmiştir. Manyetik ölçülerde fazla yüksek değer vermeyen B bölgesi elektrik yöntemle elde edilen tomografide daha yüksek değerler göstermiştir. Bu da ısıya maruz kalmış yapılarda manyetik yöntemin, kayalardan imal edilmiş yapılarda ise elektrik yönteminin daha başarılı olduğunu ispatıdır.

## **BÖLÜM 9. TARTIŞMA VE ÖNERİLER**

Bu çalışma, Balıkesir ili, Burhaniye ilçesi, Ören mevki, 24-26 pafta, 229 ada, 8-9 parsellerde yer alan sit alanı içerisinde gömülü olduğu düşünülen Adramytteion Antik Kentinin varlığı için bir delildir. Bu kentin şehir planının ortaya çıkarılması için

- a) Yeraltında gömülü olarak bulunan şehir surlarının yeryüzüne çıkarılması gereklidir.
- b) Ören Mahallesi'nin kuzey kıyı şeridinde deniz suları altında bir antik liman kalıntısı gözle görülebilmektedir. Yer altında gömülü olduğu düşünülen ikinci antik liman da yeryüzüne çıkarılmalıdır.
- c) Kıyı şeridine paralel uzanan birçok tepenin arkeojeofizik ve arkeolojik çalışmaları yapılarak yeraltında gömülü olan Adremytteion şehrinin zaman içinde yeryüzüne çıkarılması gereklidir.



## KAYNAKLAR

- [1] STRABON, Antik Anadolu Coğrafyası (Geographica XII-XIII-XIV), *Arkeoloji ve Sanat Yayınları*, Kanaat Basımevi, 2000, İstanbul.
- [2] ÇORUHLU, T., 2004 Yılı Ören (Adramytteion Antik Kenti) Kazı Çalışmaları, 27. *Kazı Sonuçları Toplantısı Bildiriler Kitabı*, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayınları, 2005, p. 229-240.
- [3] SCOLLAR, I., WEITNER, B., SEGETH, K., Display Of Archaeological Magnetic Data., *Geophysics*, 1986, Vol. 51, p.623– 633.
- [4] HESSE, A., JOLIVET, A., TABBAGH, A., New Prospects in Shallow Depth Electrical Surveying For Archaeological and Pedological Applications., *Geophysics*, 1986, Vol.51, p.585– 594.
- [5] NEUBAUER, W., EDER-HINTERLEITNER, A., Resistivity and Magnetics Of The Roman Town Carnuntum, Austria: An Example of Combined Interpretation Of Prospection Data., *Archaeological Prospection*, 1997.Vol. 4, p. 179–189.
- [6] GAFFNEY, V., PATTERSON, H., PIRO, S., GOODMAN, D., NISHIMURA, Y., Multimethodological Approach To Study And Characterize Forum Novum (Vescovio, Central Italy). *Archaeological Prospection*, 2004, Vol. 11, p. 201– 212.
- [7] JENG, Y., LEE, Y.L., CHAN, C.Y, LIN, M.J., Integrated Signal Enhancements in Magnetic Investigation in Archaeology, *Journal of Applied Geophysics*, 2003, Vol. 53, I.1
- [8] CLARK, A., Seeing Beneath The Soil Prospecting Methods in Archaeology, *Geophysics*, Vol.36, I.132, New York
- [9] BORGNE E., Susceptibilite magnetique anormale du sol superficiel, *Annales de Geophysique*, 1955, Vol.11, p.399-419.
- [10] LOERRA, H.L., FUCUGAUCHI, J.U., ELIZONDO, J.L.C., TORRES, R.C., JUAREZ, R.P., PACHEO, A.M.J., VARGAS, E.M., Magnetic Study of Archaeological Structures in La Campana, Colima, Western Mesoamerica, *Journal of Applied Geophysics*, 2000, Vol. 43, I.1

- [11] KIS, K.I., PUSZTA, S., Application of magnetic field derivatives for locating Sarmatian Graves, *Journal of Applied Geophysics*, 2006, Vol.60, p.13-26.
- [12] TSOKAS, G.N., HANSEN, R.O., On the use of complex attributes and the inferred source parameter estimates in the exploration of archaeological sites, *Archaeological Prospection*, 2000, Vol.7, p.17-30.
- [13] CARR C., Handbook on soil resistivity surveying, *Center for American Archaeology Press*, 1982, Evanston, IL,
- [14] SARRIS A., JONES R., Geophysical prospection of archaeological sites in the Mediterranean region, *Journal of Mediterranean Archaeology*, 2000, Vol.13
- [15] WEYMOUTH J.W., HUGGINS R., Geophysical surveying of archeological sites, *Archaeological Geology, Yale University Press*, New Haven, 1985.
- [16] LOKE M.H., BARKER R.D., Rapid least squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi Newton method, *Geophysical Prospecting*, 1996, Vol.44, p.131-52.
- [17] YARAMANCI, A. Keban Projesi Jeofizik Araştırmaları Ön Raporu, 1968 Yaz Çalışmaları, *ODTÜ Keban Projesi Yayınları*, 1970, Seri :1, Yayın : 1, 13-20.
- [18] DRAHOR, M.G., Arkeolojik Alanların Özdirenç ve Doğal Gerilim (SP) Yöntemleri İle Araştırılması, *Dokuz Eylöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, İzmir, 1993
- [19] KAYA, M.A. KEÇELİ, D.A., ÖZYALIN, S., UYANIK, O., ÇINAR, K., KALYONCUOĞLU, Y. Psidia Antiochiea'sı Roma Hamamı, *Psidia Antiochia Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 1998, Yalvaç Müzesi
- [20] VAUGHAN,C.J., Ground – Penetrating Radar Survey Used In Archaeological Investigation, *Geophysics*, 1986, Vol.51, p.595-604,
- [21] WYNN, J.C., Archaeological Prospecting: An Introduction to The Special Issue, *Geophysics*, Vol.51, p.533-537.
- [22] ERCAN A. Kazı Öncesi Arkeolojik Aramalarda Yeraltının Görüntüsünün Çekilmesi, *İdol (Arkeoloji ve Arkeologlar Derneđi Dergisi)*, 2000, Ankara.
- [23] LEUCCI, G., GRECO, F., GIORGI, L., MAUCERI, R., Three Dimensional Image of Seismic Refraction Tomography and Electrical Resistivity Tomography Survey in the Castle of Occhiola (Sicily, Italy), *Journal of Archaeological Science*, 2007, Vol. 34., I.2

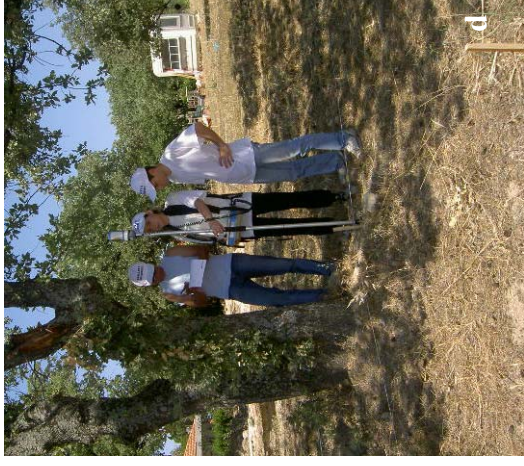
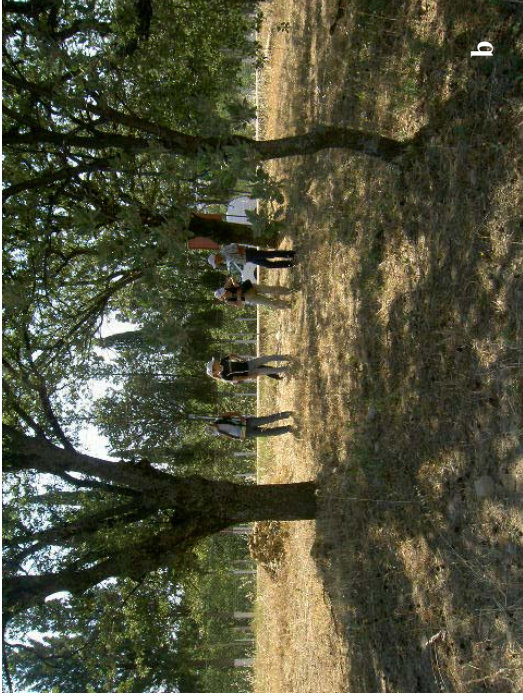
- [24] DOMENICO, D., GIANNINO, F., LEUCCI, G., BOTTARI, C., Integrated Geophysical Surveys at the Archaeological Site of Tindari (Sicily, Italy), *Journal of Applied Geophysics*, 2006, Vol. 33, I. 7
- [25] DRAHOR, M.G., Integrated Geophysical Studies in the Upper Part of Sardis Site, Turkey, *Journal of Applied Geophysics*, 2006, Vol. 59, I.3
- [26] NEGRI, S., LEUCCI, G., Geophysical Investigation of the Temple of Apollo (Hierrapolis, Turkey), *Journal of Archaeological Science*, 2006, Vol. 33, I.11
- [27] VAFIDIS, A., ECONOMOU, N., GANITSOS, Y., MONAKOU, M., POULIOUDUS, G. SOURLAS, G., VRONTAKI, E., SARRIS, A., GUY, M., KALPAXIS, TH., Integrated Geophysical Studies at Ancient Itanos (Greece), *Journal of Archaeological Science*, 2005, Vol. 32, I. 7
- [28] CANDANSAYAR, C.E., ULUGERGERLİ, E.U., BATUMUNKH, B., TOSUN, S., GÜNDOĞDU, B., Doğru Akım Özdirenç Verilerinin 2-B Ters Çözümü ve İki Yönlü Gradyen Dönüşümü İle Arkeolojik Yapıların Aranması: Moğolistan'daki Türk Anıtları Etrafında Yapılan Jeofizik Çalışmalar, *Jeofizik Dergisi*, Vol. 15, I. 2, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, Ankara, Eylül 2001
- [29] OLHOEFT, G.R., Maksimizing in Information Return From Ground Penetrating Radar, *Journal of Applied Geophysics*, 2000, Vol. 43, I. 2-4
- [30] KAMPLE, A., Focused Imaging of Electrical Resistivity Data in Archaeological Prospecting, *Journal of Applied Geophysics*, 1999, Vol.41, I.2-3
- [31] SAMBUELLI, L., SOCCO, L.V., BRECCIAROLI, L., Acquisition and Processing of Electric, Magnetic and GPR Data on a Roman Site (Victimulae, Salussola, Biella), *Journal of Applied Geophysics*, 1999, Vol. 41, I. 2-3
- [32] ARLSAN, E., BIELLA, G., BONIOLLO, G., CAPORUSSO, D., FRANCO, R., LOZEJ, A., VERONESE, L., Geophysical Investigations of the Olonium Roman Site (Northern Como Lake), *Journal of Applied Geophysics*, 1999, Vol. 41, I. 2-4
- [33] PANISSOD, C., LAJARTHE, M., TABBAGH, A., Potential Focusing a New Multielectrode Array Concept Simulation Study and Field Test in Archaeological Prospecting, *Journal of Applied Geophysics*, 1997, Vol. 38, I. 1



- [34] TSOKAS, G.N., GIANNOPOULAS, A., TSOURLAS, P., VERGEMEZİS, G., TEALBY, J.M., SARRIS, A., PAPAZOCHOS, C.B., SAVAPOULOU, T., A Large Scale Geophysical Survey in the Archaeological Site of Europos (Northern Greece), *Journal of Applied Geophysics*, 1994, Vol. 32, I. 1.
- [35] BRIZZOLARI, E., ERMALLI, F., ORLANDO, L., PIRO, S., VERSINO, L., Integrated Geophysical Methods in Archaeological Surveys, *Journal of Applied Geophysics*, 1992, Vol. 29, I.1.
- [36] MATIAS, M.S., ALMEIDA, F., A. Geophysical Survey on the Archeological Site of Mugardos (NW Iberian Peninsula), *Journal of Applied Geophysics*, 1992, Vol. 29, I.2.
- [37] HESSE, A., *Prospecciones Geophysiques Á Faible Profondeur: Applications Á l'archéologie*. 1966 Paris: Dunod.
- [38] ALTUNCU, S., Özdirenç Yöntemi İle Fay ve Dayk Türü Süreksizliklerin Belirlenmesi ve Süzgeçlerin Kullanımı, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Isparta, 2001
- [39] ŞENGÜL, E., Arkeojeofizik Aramacılıkta Geniş Ölçekli Manyetik – Özdirenç Araştırmaları ve Burgaz–Datça Arkeolojik Alanına Uygulanması, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, İzmir, 2002
- [40] DRAHOR, M.G., Arkeoloji Jeofiziği, Arkeojeofizik, *Arkeoloji ve Sanat – Vol.8*, 2- 12
- [41] AİTKEN, M.J., *Physics and Archaeology*, (2.ed.) Clarendon Press, Oxford.
- [42] AYGÜN, M., Burhaniye-Edremit Gömeç (Balıkesir İli) Civarı Trona Prospeksiyon Raporu, MTA Rapor Arşivi 8154 Nolu Rapor, 1987
- [43] ARMİJO, R., MEYER, B., BARKA, A.A., HUBERT, A., Propagation of the North Anatolian Fault into the Northern Aegean: Timing and kinematics, *Geology*, 1999, 27, 267-270.
- [44] BOZKURT, E. (Doç.Dr.), PARK, R.G., "Discussion on the Evolution of the Southern Menderes Massif in SW Turkey as Revealed by Zircon Dating", *Journal of the Geological Society*, London, 158 (2), 393-395, 2001
- [45] ADATEPE, F. M. "Batı Anadolu Kıyılarının Tarihsel Dönem Deprem Etkinliği", *Deprem Araştırma Bülteni*, 1998, Yıl: 25, Sayı: 76, s: 63-85.

- [46] YILMAZ, Y. “Ege Bölgesinin Aktif Tektoniği”, *Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu*, ISBN 975-585-148-8,s:3-14, 2000 İzmir.
- [47] BISTRITSCHEN, K. (1957) Balıkesir Vilayetindeki Sıcak Su ve Maden Suyu Kaynakları Hakkında Rapor, *MTA Genel Müdürlüğü*, Rapor No: 2622, 1998, Ankara.
- [48] HİSARLI, M.Z., DOLMAZ, M.N., Kozak Plütonik Kütlesinin Havadan Magnetik Anomalilerinin Modellenmesi, *İstanbul Üniv. Müh. Fakültesi Yerbilimleri Dergisi*, 2004, Vol. 17, I. 2, p. 147-159
- [49] SASAKI, Y., Two Dimensional Joint Inversion of Magnetotelluric and Dipole-Dipole Resistivity Data, *Geophysics*, 1989, Vol. 54, p.254-262
- [50] UCHIDA., T., Two-Dimensional Resistivity Inversion for Schlumberger Sounding, *Butsuri-Tansa*, 1991, Vol.44, I.1, p.1-17
- [51] CANDANSAYAR, C.E., BAŞOKUR, A.T., Detecting Small-Scale Targets by the 2D Inversion of Two-Sided Three Electrode Data: Application to an Archaeological Survey, *Geophysical Prospecting*, 2001, Vol.49, p.13-25
- [52] ÇORUHLU, T., Adramytteion 2005 Resmi Kazı Raporu, *Turizm ve Kültür Bakanlığı*, 2005

## **EKLER – 1 ARAZİ FOTOĞRAFLARI**



a-b) Arazide genel ölçüm alınması  
c) Kılıse temelinin görünüşü  
d) Manyetik ölçüm alınışı





- a) Arazide rezistivite ölçüsünün alınması
- b) Karelajın genel görünümü ve manyetik ölçü alınışı
- c) Arazide veri kontrolü
- d) Arazide veri işlem

## **ÖZGEÇMİŞ**

1979 Ankara doğumlu. İlk ve orta öğrenimini Ankara'da tamamladı. 1996 yılında İstanbul Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümünde başladığı yüksek öğrenimini 2000 yılı temmuz ayında bitirdi. 2004 yılı güz döneminde Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeofizik Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisans öğrenimine başladı.