

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BALIKESİR-BURHANIYE-ÖREN'DEKİ BERGAZ
TEPE ADREMYTTEION ANTİK ALANININ
ARKEOJEOFİZİK YÖNTEMLERLE TESPİTİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeofizik Müh. Fatih SÜNBÜL

Enstitü Anabilim Dalı : JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Can KARAVUL

Mart 2007

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BALIKESİR-BURHANIYE-ÖREN'DEKİ BERGAZ
TEPE ADREMYTTEION ANTİK ALANININ
ARKEOJEOFİZİK YÖNTEMLERLE TESPİTİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeofizik Müh. Fatih SÜNBÜL

Enstitü Anabilim Dalı : JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ

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

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

**Prof. Dr. Hasan ARMAN
Üye**

**Yrd. Doç. Dr. Aşkın DEMİRKOL
Üye**

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada arazi aşamasından veri işlem aşamasına kadar her zaman yanımda olan bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, Sakarya Üniversitesi bünyesinde akademik hayatıma başlamama vesile olan çok değerli danışman hocam, Jeofizik Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Yrd. Doç. Dr. Can KARAVUL'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim sırasında bilgilerinden ve tecrübelerinden faydalandığım tüm Sakarya Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü Hocalarıma teşekkür ederim.

Tez aşamam sırasında bana değerli katkılarda bulunan, kişiliğini ve akademik çalışmalarını örnek aldığım hocalarım Prof. Dr. Hasan ARMAN ve Yrd. Doç. Dr. Aşkın DEMİRKOL'a teşekkür ederim.

Arazi çalışmasında ve veri işlem aşamasında yardımlarını gördüğüm meslektaşlarım Murat SANDALCI, Birgül KINALIBALABAN başta olmak üzere 2006 Burhaniye arkeojeofizik çalışma kampına katılan tüm lisans ve mezun öğrenci arkadaşlara, tez hazırlamamda bana yardımcı olan Zehra DEDEBALI, Arzu DERE, Zekai ÇALIK, İsmail ELCAN'a üstün gayretlerinden dolayı teşekkür ederim.

Sakarya Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü için her türlü fedakârlığı gösteren mesai arkadaşlarım Araş. Gör. T. Fikret KURNAZ, Araş. Gör. Hatice DURMUŞ, Araş. Gör. Eray YILDIRIM ve Araş. Gör. Alper KIYAK'a teşekkür ederim.

Bu dünyadaki en kıymetli varlığım Ailem, yıllarca bana maddi ve manevi destek olan BABAM ve ANNEM'e, bilimsel anlamda bana yol gösteren çok değerli ablam İnşaat Yük. Müh. Ayşe Bengü SÜNBÜL'e ve kardeşim Begüm SÜNBÜL'e sonsuz teşekkür borcumu bu vatana hizmet ederek sunmak için çalışacağım.

Fatih SÜNBÜL

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. Özdirenç Yöntemi.....	10
3.1.1. Temel kavramlar.....	10

3.1.2. İletkenlik.....	11
3.1.3. Elektriksel iletkenlik.....	11
3.1.3.1. İletkenliğe etki eden etmenler.....	11
3.1.4. Ohm kanunu.....	11
3.1.5. Elektrot açılımları.....	12
3.1.5.1. Schlumberger elektrot dizilimi.....	14
3.1.5.2. Wenner elektrot dizilimi.....	16
3.1.6. Elektrot açılımlarının karşılaştırılması.....	17
3.1.6.1.Schlumberger diziliminin diğer dizilimlerle karşılaştırılması.....	19
3.2. Manyetik Yöntem.....	20
3.2.1. Yer manyetik alanı.....	20
3.2.1.1. Manyetik cisimlerin sınıflandırılması.....	21
3.2.1.2. Kayaçların manyetik duyarlılığı.....	21
3.2.2. Arkeolojik alanlarda manyetik belirtiyi oluşturan olgular.....	22
3.2.2.1. Toprağın manyetik duyarlılığı.	24
3.2.3. Manyetik ölçüleri etkileyen değişimler.....	27
BÖLÜM 4.	
ÇALIŞMA ALANININ ARKEOLOJİK GEÇMİŞİ.....	28
BÖLÜM 5.	
BALIKESİR-BURHANİYE-ÖREN MAHALLESİNİN ANTİK DÖNEMDE YERLEŞİM YERİ OLMASININ TEKTONİK, JEOLJİK VE COĞRAFİK NEDENLERİ	30
BÖLÜM 6.	
ARAZİ ÇALIŞMALARI	40
6.1. Manyetik Yöntem	43
6.2. Özdirenç Ölçümleri	44
6.2.1. Bergaz Tepe “a” bölgesi özdirenç uygulaması.....	45
6.2.2. Boyutlu (2D) Ters Çözüm.....	48

6.2.3. Bergaz Tepe “b” bölgesi özdirenç uygulaması.....	51
BÖLÜM 7.	
SONUÇLAR	55
BÖLÜM 8.	
TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	58
KAYNAKLAR.....	59
EKLER	63
ÖZGEÇMİŞ.....	71

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

cm	: Santimetre
DES	: Düşey elektrik sondajı
I	: Akım
m	: Metre
m ²	: 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 2.1.	Arkeojeofizik yöntemler.....	6
Şekil 3.1	İletken silindir.....	10
Şekil 3.2.	Elektrot dizilimlerinin genel gösterimi.....	13
Şekil 3.3.	Schlumberger elektrot dizilim modeli.....	15
Şekil 3.4.	Wenner elektrot dizilim modeli.....	16
Şekil 3.5.	Yer manyetik alanının bileşenleri.....	20
Şekil 3.6.	Manyetik partiküllerin manyetik yönlenmesi.	23
Şekil 3.7.	Manyetizasyon ve demanyetizasyonun kilin pişirme sıcaklığına bağlı değişimi.....	23
Şekil 3.8.	Farklı boyutlarda doldurulmuş iki çukur.....	26
Şekil 3.9.	Bazı malzemelerin manyetik karakteristikleri.....	26
Şekil 5.1.	Antik liman ve çalışma alanı uydu görüntüsü.....	31
Şekil 5.2.	Balıkesir ve çevresinin Tektonik Haritası.....	32
Şekil 5.3.	Balıkesir İli Maden Haritası.....	36
Şekil 5.4.	Çalışma alanı ve civarının jeolojik haritası.....	39
Şekil 6.1.	Çalışma Alanının Krokisi	40
Şekil 6.2.	Çalışma alanı “a” ve “b” bölgeleri görünümü.....	42
Şekil 6.3.	Çalışma alanı “a” bölgesi manyetik tarama bölgesi.....	43
Şekil 6.4.	Arazi çalışması görünümü	44
Şekil 6.5.	A:1 m wenner dizilimi için renkli relief haritası.....	45
Şekil 6.6.	A:2 m wenner dizilimi için renkli relief haritası.....	46
Şekil 6.7.	A:3 m wenner dizilimi için renkli relief haritası.....	46
Şekil 6.8.	Bergaz tepe “a” bölgesi genel açma görüntüsü.....	47
Şekil 6.9.	Çalışma alanı ve antik liman alanı uydu görüntüsü.....	48
Şekil 6.10.	Yatay ters çözüm kesitlerinin SURFER relief haritalarıyla korelasyonu.....	49

Şekil 6.11.	Düşey ters çözüm kesitlerinin SURFER relief haritalarıyla korelasyonu	50
Şekil 6.12.	Bergar tepe “b” bölgesi anakaya zemini araştırma sondajı.....	51
Şekil 6.13.	Bergaz tepe “b” bölgesi wenner özdirenç değişim haritaları....	52
Şekil 6.14.	Bergaz tepe çalışma alanı boyutlu yer altı görüntüsü.....	54

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 2.1.	Arkeojeofizik çalışmalara örnekler ve kullanılan yöntemler.....	9
Tablo 3.1.	Bazı Kaya Türlerinin Manyetik Duyarlılığı.....	22
Tablo 3.2.	Derinliğe Bağlı Manyetik Değişim.....	27
Tablo 5.1.	Balıkesir İli Maden Kaynakları.....	37

ÖZET

Anahtar kelimeler: Adremytteion Antik Yerleşkesi, Arkeojeofizik, Ters çözüm yöntemi, Arkeolojik Sondaj

Bu çalışma Balıkesir-Burhaniye-Ören Mahallesiinde gömülü olduğu düşünölen Adremytteion antik kentinin yeryüzüne çıkarılması amacıyla yapılmıştır. Çalışma Alanı Bergaz Tepe kıyı şeridinin hemen bitiminde sular altında kalan antik liman kalıntılarının doğusunda yer almaktadır. Antik limana çok yakın olan bu tepenin antik çağda önemli bir yerleşim alanı olacağı düşünölenerek arkeojeofizik (manyetik ve elektrik yöntemler) çalışmaları yapılmıştır. Bergaz Tepe’de toplam 176 adet karelij noktası oluşturularak 704 adet noktadan elektrik ve manyetik ham veriler elde edilmiştir. Uygulanan ters çözüm yöntemleri ile yeraltı modellenmiştir. Bu modellerden yola çıkılarak çalışma alanında antik çağa ait bir yapıya rastlanmıştır. Bu yapının yer yüzeyinden itibaren 3 metre derinliğe kadar devam ettiği tespit edilmiştir. Jeofizik yöntemlerle elde edilen sonuçlara göre antik yapının varlığını ispatlamak amacıyla 13 adet 2x2 metrelik arkeolojik sondaj yapılmış ve antik çağa ait yapı gün yüzüne çıkarılmıştır. Bergaz Tepe’de yapılan bu çalışma ve sonuçları Adremytteion antik kentinin varlığını ispatlamak anlamında önemlidir. Aynı zamanda yeraltında gömülü olduğunu düşündüğümüz antik kentin yeryüzüne çıkarılması için ileride yapılması planlanan arkeojeofizik çalışmalar hakkında öneriler ortaya çıkmıştır.

AN ARCHEOGEOPHYSICAL SURVEY IN BALIKESIR-BURHANIYE-OREN-BERGAZ TEPE (TURKEY)

SUMMARY

Key Words: Adremytteion ancient civilization, Inverse Method, Archeological excavation

This study is carried out for tracing and making excavation of Adremytteion ancient civilization ruins in Balikesir province, Ören archaeological site. Bergaz Tepe study area is located on very close to eastern part of in flood ancient port. Thinking as a very important residence in ancient times, this area was scanned by using archeogeophysical survey (magnetic and electric methods). In Bergaz Tepe we created 176 gridding points and from 704 points we obtained pure magnetic and electric method data. During inversion method we obtained subsurface 2D modelling. According to 2D modeling and interpretation, we discovered and imagined an ancient building which extents 3 meters below zero. To provide those results we made 13 area 2x2 meters archeological excavation. This study is significant for substantiate subsurface imaging and also for future archeogeophysical studies.

1. GİRİŞ

Çalışma alanını da içine alan Adramytteion Antik kenti M.Ö. 6. yüzyıl civarında kurulmuştur. Adramytteion Antik kenti, Türkiye'nin batısında, Balıkesir ili, Burhaniye ilçesi Ören mahallesinde yer almaktadır. Yeraltında gömülü olduğu düşünülen kentin varlığına ait Ören kıyı şeridinde deniz suları içinde kalmış bir antik liman bulunmakta ve gözle görülebilmektedir. Bu antik kente ait yapıların gün yüzüne çıkarılması için bu alanda 2001 yılından günümüze kadar arkeolojik kazılar devam etmektedir. Bu çalışmalar sonucunda arkeolojik kazı alanında 10. yüzyıla ait bir kilise temeli bulunmuştur [1]. Yer yüzeyinde bu kadar az kalıntının bulunması antik kente ait yapıların yerlerinin tespit edilmesini zorlaştırmıştır. Bu sebeple kent planı yapılamamıştır. Jeofizik yöntemlerle, yeraltında gömülü olduğu düşünülen bu yapıların tespit edilmesi ve zaman içinde şehir planının ortaya çıkarılması oldukça kolaydır.

Bölgede ilk arkeojeofizik çalışma Karavul, 2005 tarafından yapılmıştır [2]. Kilise temeli yakınında yapılan jeofizik araştırmalar sonucunda bir adet keramik pişirme fırını bulunmuştur. Bu fırına çok yakın bir mesafede bir arkeolojik yapıya ait duvar bulunmuştur. Bu çalışma ise antik limanın yaklaşık 350 metre doğusunda yer alan Bergaz tepede yapılmış ve jeofizik yöntemlerden elektrik özdirenç ve manyetik kullanılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda, Bergaz tepede oldukça geniş bir alana yayılan arkeolojik bina yapı kalıntıları tespit edilmiştir.

Jeofizik araştırmalar arkeolojik çalışmalarda son yirmi yıldan beri yaygın olarak kullanılmaktadır [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

Manyetik yöntemin etkinliği, arkeolojik yapının çevresi ile olan suseptibilite değişimlerine bağlıdır. Buna ilave olarak kil, çömlek, mezar kalıntıları ve fırınlar kalıntı miknatislanma gösterirler. Duvarlar ya da temeller özellikle kayalardan

yapıldıkları için manyetik özellik gösterirler ve arkeolojik alanlarda genellikle hedef noktaları oluştururlar. Birçok arkeolojik çalışmalarda manyetik yöntemlere ait uygulamalar ve tanımlar sunulmuştur [3, 10].

Loerra ve diğerleri, Batı Mesoamerica da, Colima bölgesinin La Campana' daki arkeolojik alanda manyetik çalışma uygulamıştır [11]. Manyetik haritalarda bazı özel topografya yükselimleri ile alakalı ve trençten sonra oluşan ufak boyutlu piramitler ve geniş karmaşık anomaliler halinde tespit edilmiştir. Bunlara ilave olarak düz manyetik anomaliler manyetik haritalarda su kanal ağı olarak ortaya çıkar.

Tsokas ve Hansen (2000) yılında arkeolojik alanlarda yapay veriler üzerinde kaynak parametreleri ve anomalilerin artış gösterdiği toplam manyetik alanı değişimlerini oluşturan gömülü yapıların karmaşık şekillerini tespit etmek amacıyla tahminlerde bulunmuştur [12].

Rezistivite yöntemi gömülü yapı ve çevresindeki toprak arasında belirgin bir öz direnç farkı var ise kullanılır [6, 7, 8]. Elektrik rezistivite tomografisi (ERM), arkeolojik çalışmalarda en çok kullanılan yöntemdir. Çünkü bu uygulama duvarların, mağaraların ve değişik derinliklerdeki yapıların tespit edilmesinde oldukça başarılı bir yöntemdir [13, 14]. Güncel olarak rezistivite görüntüleme tekniği sığ arkeolojik yapıların tespitinde çokça kullanılan metot olarak yerini almıştır. Bu teknikteki amaç seçilen elektrot dizilimi (wenner, schlumberger, dipol-dipol, pole-pole vb.) sayesinde çalışma alanında devamlı olarak yeraltını görüntülemektir. Ters çözüm tekniği kullanarak elde edilen elektrik öz direnç verilerinin yorumlanması son yıllarda oldukça sıkça kullanılan bir yöntem haline almıştır. Görüntüleme çalışmalarında 2D ve 3D ters çözüm teknikleri kullanılmaktadır. Rezistivite verilerinin yorumlanmasıyla elde edilen hesaplanmış veriler, genellikle pseudo-section form halinde çizdirilir. Bu kesit yeraltındaki görünür öz direnç değişimlerini temsil eder. Bu kesit sadece yeraltındaki rezistivite dağılımının bir fonksiyonu değil aynı zamanda elektrotların yerleşiminin bir fonksiyonudur. Burada yeraltındaki rezistivite dağılımının daha doğru bir biçimde elde edilebilmesi için ters çözüm yöntemi uygulanır. Ters çözüm metotlarından robust ve smoothness-constrained en küçük kareler yöntemi olarak elektrik görüntüleme kullanılır [15- 19].

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 birçok 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, yeraltında 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 [20] 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 [21].

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.

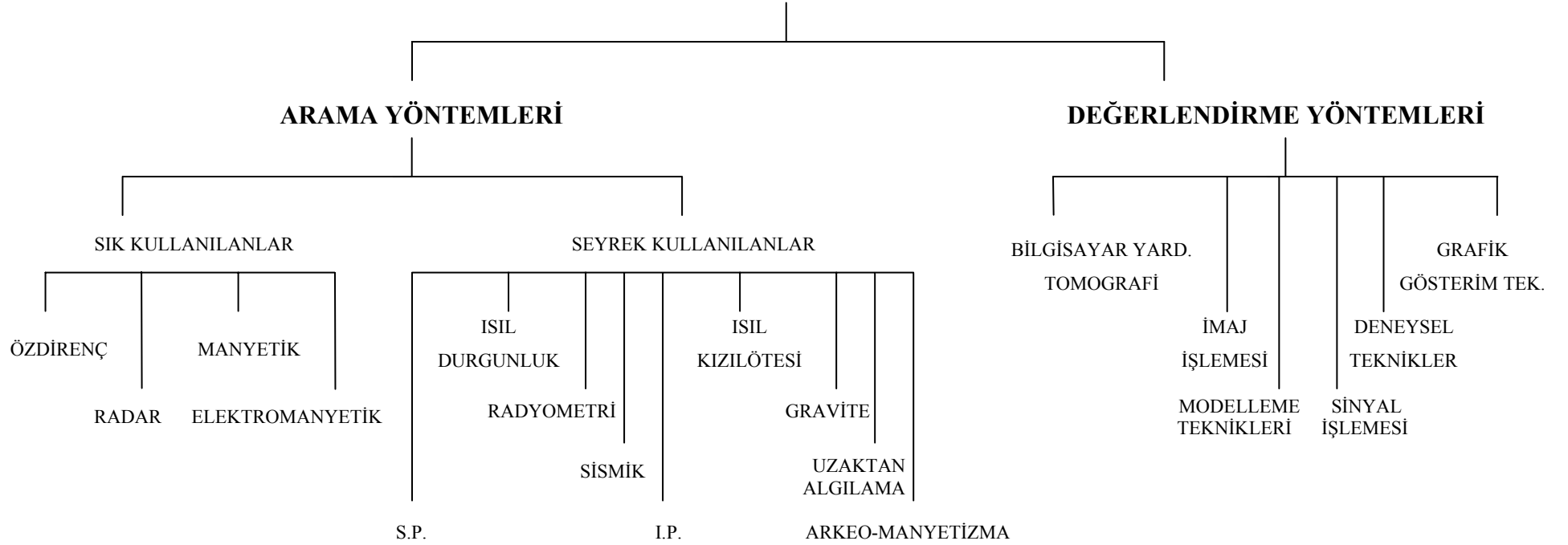
Arkeolojik alanlarda kullanılan başlıca jeofizik yöntemler Şekil 2.1'de şematik olarak gösterilmektedir. Bu yöntemlerin genel özellikleri ise şöyle özetlenebilir;

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, yeraltında 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 2.1. Arkeojeofizik Yöntemler [21]

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 [22]. 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 [21]. 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 yeraltında 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) tepecik

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 uyarlanmasında 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 [21].

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 [23]. 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 sık 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 [24]. Bazı araştırmacılar Gravite yönteminin; sit alanı sınırları,

yeraltı boşlukları, gömülü odaların ve tümülüslerin yer, boyut ve derinliklerinin araştırılmasında kullanılabileceğini belirtmişlerdir [25].

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 2.1'de verilmektedir.

Tablo 2.1 Arkeojeofizik çalışmalara örnekler ve kullanılan yöntemler

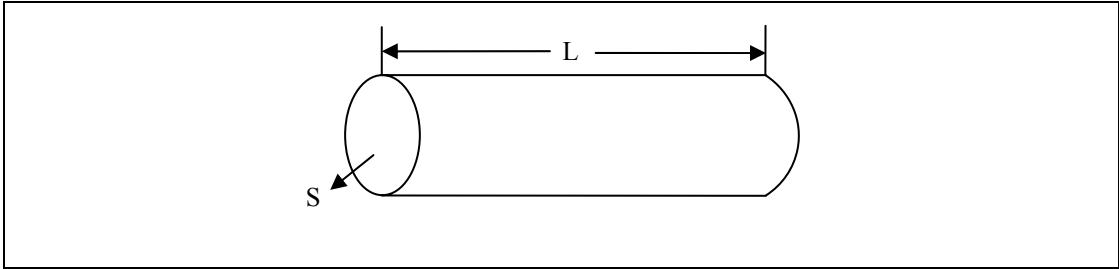
Yazarlar	Rezistivite	Manyetik	GPR	Sismik	IP
G. Leucci ve diğ. (2007)[23]	✓			✓	
D. De Domenico ve diğ. (2006)[24]	✓			✓	✓
M.G. Drahor (2006)[25]	✓	✓		✓	
S. Negri ve diğ. (2006)[26]	✓		✓		
A. Vafidis ve diğ. (2005) [27]	✓		✓		
Y. Jeng ve diğ. (2003)[7]		✓	✓		
M.E. Candansayar ve diğ. (2001)[28]	✓				
H.L. Loera ve diğ. (2000)[10]		✓			
G.R. Olhoeft (2000)[29]	✓	✓	✓		
A. Kampe (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. ÇALIŞMA ALANINDA UYGULANAN YÖNTEMLER

3.1. Özdirenç Yöntemi

Yeraltında iletken cevherlerin aranmasında, tabakaların özdirenç ve iletkenliklerinin belirlenmesinde, heyelanlarda yamaç stabilizesinin hesaplanmasında elektrik özdirenç yöntemi uygulanabilir. Özdirenç yöntemi, elektrik özdirenç sondajı ve elektrot açıklığı sabit tutulmak üzere dizilim kaydırılması ile yapılan haritalama çalışması olmak üzere iki şekilde uygulanmaktadır. Haritalama çalışması ile belli bir derinlik dâhilindeki yanal süreksizlikler incelenir. Özdirenç sondajı uygulamasıyla özdirençin derinlikle değişimi belirlenerek kayan kitlenin kalınlığı, kayma düzleminin konumu ortaya çıkarılır [26].

3.1.1. Temel kavramlar



Şekil 3.1. İletken silindir. L: Silindir boyu, S: Silindirin enine kesiti.

L uzunluğundaki bir silindirin direnci R ve enine kesiti S ise özdirenç,

$$\rho = \frac{RS}{L} \text{ (ohm. m)} \quad (3.1)$$

olarak elde edilir.

3.1.2. İletkenlik (σ)

Bir voltaj uygulandığı zaman bir materyalin elektriği geçirme yeteneğine iletkenlik denir. İletkenlik öz direncin tersi ile gösterilir.

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \text{ (mho/m veya Siemens/m)} \quad (3.2)$$

3.1.3. Elektriksel iletkenlik

Elektrik akımı kaya ve mineraller için üç yolla olur.

- a. Elektronik iletkenlik; metallerde olduğu gibi elektrik akımı serbest elektronlarla yapılır.
- b. Elektrolitik iletkenlik; bir elektrolitte elektrik akımı iyonlarla taşınır.
- c. Dielektrik iletkenlik; zayıf iletkenlerde veya yalıtkanlarda görülür. Ancak harici elektrik alanın zamanla değişimi sonucu akım akışı oluşur.

3.1.3.1. İletkenliğe etki eden etmenler

Kompakt kayaçların öz dirençleri fazla olduğu için iletkenlikleri azdır. Gözenekli kayaçlarda iletkenlik daha ziyade elektrolitik yolla olur. Kayacın gözenekleri suyla dolar ve su içinde ise çeşitli iyonlar bulunabilir. Böyle durumlarda öz direnç iyonların yoğunluğuna, hareketliliğine ve çözünürlüğüne bağlı olarak artar. Gözenekli kayaçların iletkenliği, hacim ve boşlukların dizilimi ve ihtiva edilen suyun miktarı ve iletkenliğine bağlı olarak değişir [26].

3.1.4. Ohm kanunu

Pasif bir devre elemanı üzerinde bir doğru akım geçtiği zaman bu devre elemanı üzerinde meydana gelen potansiyelin elemandan geçen akıma oranı sabittir. Bu oran direnç olarak tarif edilir.

$$R = \frac{\Delta V}{I} \quad (3.3)$$

burada R direnç, ΔV potansiyel ve I ise akımı göstermektedir. Eğer pasif eleman üç boyutlu, homojen ve izotrop olursa, bu durumda ohm kanununun diferansiyel şekli,

$$E = \rho J \quad (3.4)$$

olur. Burada E potansiyel gradyenti, J akım yoğunluğu ve ρ ortamın öz direncidir.

Ohm kanunu, deneysel bir kanundur ve lineerdir. Bu nedenle uygulamalarda belirli koşulların ortaya konması gerekir. Örnek olarak yere yüksek akım verildiği zaman ohm kanununda bazı sapmalar meydana gelir. Lineerliğin korunması için bilhassa elektrot civarında alçak akım yoğunluğu tercih edilmelidir (1 Amp/m² gibi).

E elektrik alanının konservatif olmasından,

$$E = -\nabla V$$

ve

$$J = \sigma(-\nabla V) \quad (3.5)$$

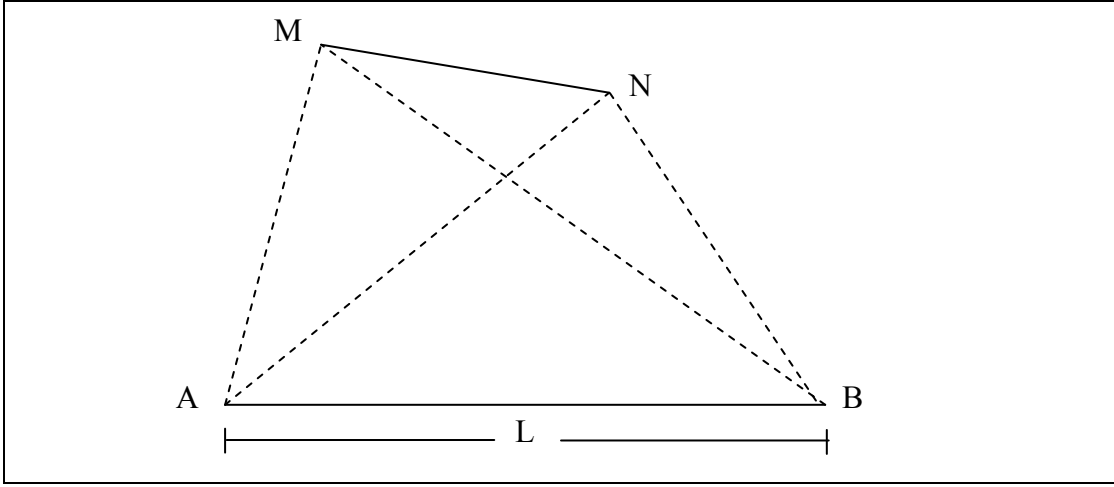
yazılabilir. V volt olarak ölçülür [26].

3.1.5 Elektrot açılımları

Elektrik prospeksiyon uygulamalarında yere akım verilirken akım elektrotları dediğimiz metal çubuklar kullanılır. Yerde, verdiğimiz akım nedeniyle ya da doğal nedenlerle oluşan gerilim (potansiyel) farklarını algılayabilmek ve ölçü cihazımıza aktarmak için de potansiyel elektrotu kullanırız. Akım ve potansiyel elektrotları yapılan çalışmanın amacına bağlı olarak çeşitli şekillerde konumlandırılırlar ve bu konumlandırmalar elektrot açılımları (dizilimleri) olarak isimlendirilir. Günümüzde akım ve potansiyel elektrotlarının farklı sayıda ve konumda seçilmesiyle çeşitli ölçü dizilimleri türetilmiştir [27].

Özdirenç ölçümlerinde akım, A(C₁) ve B(C₂) akım elektrotları ile verilir. Potansiyel fark ise M(P₁) ve N(P₂) elektrotları ile ölçülür. Bu düzeneğin genel görünümü aşağıda Şekil 3.2.' de verilmiştir.

Şimdi, aşağıda verilmiş olan genel gösterim için geometrik faktör (k) ve özdirenç (ρ) bağıntılarını çıkaralım. İzotrop ve yarı sonsuz bir ortamda M noktasındaki potansiyel,



Şekil 3.2. Elektrot dizilimlerinin genel gösterimi.

$$V_M = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) \quad (3.6)$$

şeklinde olacaktır. Yine aynı şartlarda N noktasındaki potansiyel de,

$$V_N = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \quad (3.7)$$

olarak bulunur. Pratikte M ve N noktaları arasındaki potansiyel fark ölçüldüğünden yukarıdaki ifadeleri kullanmak suretiyle potansiyel fark bağıntısı,

$$V_M - V_N = \Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right) \quad (3.8)$$

şeklinde yazılabilir. Parantez içindeki ifade,

$$\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right) = P \quad (3.9)$$

olarak kabul edilirse, öz direnç bağıntısından da

$$\rho = \frac{\Delta V}{I} k \quad (3.10)$$

yararlanmak suretiyle genel gösterim için öz direnç ifadesi,

$$\rho = \left(\frac{2\pi\Delta V}{I} \right) P \quad (3.11)$$

olarak yazılır. Buradan, genel dizilim için geometrik faktörü,

$$k = 2\pi\rho \quad (3.12)$$

şeklinde yazabiliriz. (3.2) denklemindeki P parametresi, (3.9) denklemindeki parantez içinde verilmiş ifadenin tersinin kısaltılmış halidir. k ise Şekil 3.2.' de verilmiş olan dizilimin geometrik faktörüdür. Tabi bu geometrik faktör ve öz direnç bağıntıları yukarıda verilmiş olan genel gösterim için geçerlidir. Ancak biz aynı yolu izleyerek sıkça kullanılan elektrot dizilimleri için de, k ve ρ bağıntılarını bulabiliriz. Aşağıda bazı elektrot dizilimleri ve bunlar için saptanmış k ve ρ bağıntıları verilmiştir.

3.1.5.1. Schlumberger elektrot dizilimi

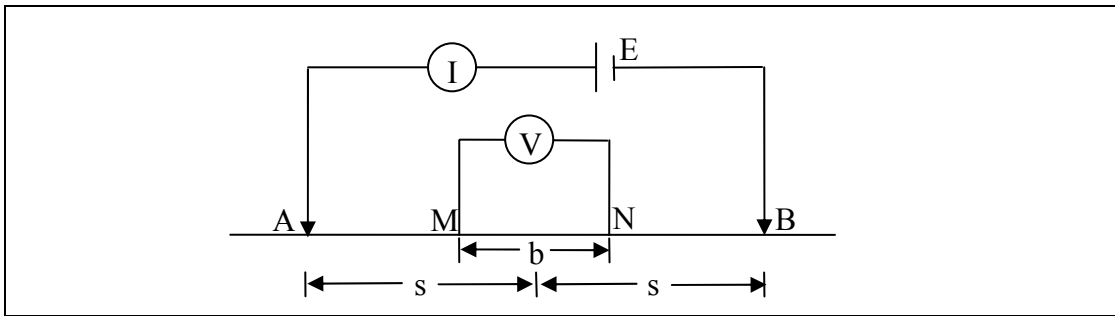
Schlumberger elektrot diziliminde akım ve potansiyel elektrotları bir doğru boyunca simetrik olarak yerleştirilir. Şekil 3.3.' da görüldüğü üzere, potansiyel elektrotları arasındaki b uzaklığı, akım elektrotlarının uzaklığı olan $2s'$ ye göre çok küçük alınır. Schlumberger elektrot dizilimi için geometrik faktör, (3.12) denkleminin bir uygulamasıyla,

$$k = \pi \left(\frac{s^2}{b} - \frac{b}{4} \right) \quad (3.13)$$

şeklinde elde edilir. Yine schlumberger dizilimi için özdirenç, (3.13) bağıntısının (3.10)' da yerine konulmasıyla,

$$\rho_s = \pi \left(\frac{s^2}{b} - \frac{b}{4} \right) \frac{\Delta V}{I} \quad (3.14)$$

olarak elde edilir. Burada bilinmesi gereken önemli nokta; Schlumberger elektrot diziliminde görünür özdirenç değerlerinin akım elektrotları arasındaki uzaklığın yarısı olan s uzaklığının fonksiyonu olarak grafiklendirilmesidir [27].



Şekil 3.3. Schlumberger elektrot dizilim modeli

Derinlik sondajı yapılırken, potansiyel elektrotları sabit kalır, akım elektrotları diziliminin merkezi etrafında ve doğrultu boyunca simetrik olarak açılır. Ancak bu sırada, akım elektrotlarının açılması sonrasında, sağlıklı değerler elde edebilmek ve gerilim farkını okuyabilmek için potansiyel elektrotlarının da açılmasına gerek duyulur. Buda 1/5 ile 1/30 arasındadır. Yani ölçü sırasında akım ve potansiyel elektrotları mesafeleri arasında ki bu oran mutlaka korunmalıdır.

Sadece iki elektrotun sürekli hareketine ihtiyaç duyulduğundan bu yöntem Wenner açılımından daha kullanışlıdır. Ayrıca sığ (yüzeysel) özdirenç değişimlerinin etkisi sabit potansiyel elektrotları nedeniyle sabittir.

3.1.5.2. Wenner elektrot dizilimi

Wenner elektrot dizilimi bir simetri düzlemi etrafında ve bir doğru boyunca, içerde potansiyel elektrotları (M, N) ve dışarıda akım elektrotları (A, B) olacak şekilde düzenlenir. Yani elektrotlar bir hat üzerinde eşit aralıkla yer alırlar. Şekil 3.3.' ten de görüleceği gibi her bir elektrot arasındaki mesafe "a" kadardır. Bu dizilimde geometrik faktör (3.15) denkleminin bir uygulamasıyla,

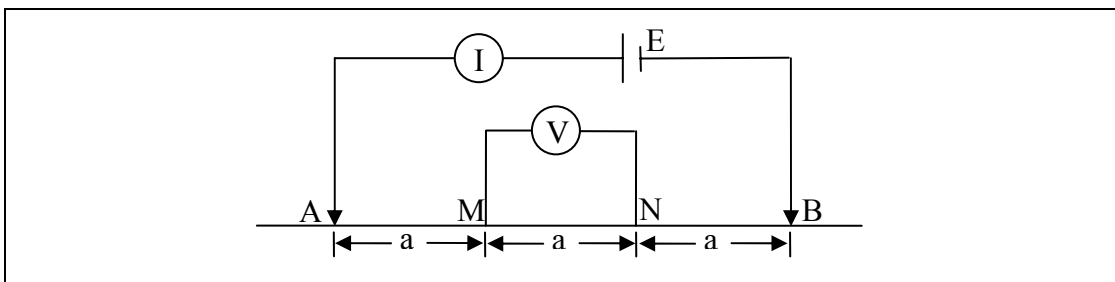
$$k = 2\pi a \quad (3.15)$$

Olarak bulunur [27]. Özdirenç ise bu bağıntının (3.12.)' de yerine konulmasıyla,

$$\rho_w = 2\pi a \frac{\Delta V}{I} \quad (3.16)$$

şeklinde elde edilir.

Wenner görünür özdirenç değerleri, elektrotlar arası uzaklık olan a' nın bir fonksiyonu olarak grafiklenir.



Şekil 3.4. Wenner elektrot dizilim modeli.

Wenner açılımıyla derinlik araştırması, her bir kademede a aralığı arttırılarak sabit bir merkez etrafında elektrotları sağa sola açmak suretiyle yapılır. Yanal arama ve haritalamada aralık sabit kalır ve 4 elektrotun hepsi doğrultu (hat) boyunca birlikte hareket ettirilir. Sonra diğer doğrultular için de ölçü almak suretiyle ölçüme devam edilir. Haritalamada her bir tertip konumu için görünür özdirenç, açılımın merkezine doğru işaretlenir.

3.1.6. Elektrot açılımlarının karşılaştırılması

Elektrot açılımlarının birbirinden üstün tutulması ele alınan jeolojik açılım uzaklığına, yanal süreksizliklerin belirtilmesine ve eğime karşı gösterilen hassasiyete göre değişir.

Schlumberger açılımında simetri merkezindeki elektrik alan ölçülmeye çalışılır. Teorik olarak A ve B akım elektrotları arasını açtıkça elektrik alanı ölçmek için M ve N elektrotlarının yer değiştirmesine gerek yoktur. Ancak, açılım uzaklığı arttıkça M ve N arasındaki potansiyel ölçülemeyecek kadar küçük olur. Bunun için M ve N uzaklığı aşağıdaki limitler arasında tutulur.

$$AB/50 \text{ veya } AB/20 < MN < AB/4 \text{ veya } AB/3$$

Örneğin MN, AB/3 kadar alınarak ölçülere başlanabilir ve AB/20 veya AB/50 oranına karada yer değiştirmeden, sabit tutulabilir. Ancak potansiyel elektrotları açılmak zorunda kalınca, aynı akım elektrotları uzaklığı için MN' nin iki ayrı konumunda ölçü almak gerekir. Bu işlem ardı ardına gelen birkaç nokta için tekrarlanmalıdır. Bunun nedeni, MN uzaklığına bağlı olarak görünür öz direnç eğrisinin kesikli parçalar halinde elde edilmesi ve dolayısıyla bir düzeltme yapılmasıdır. Kesikli parçaların sağlıklı birleştirilebilmesi için bu tekrarlara gerek vardır.

İki elektrot açılımı; hem fazla araştırma derinliğine sahip olması hem de ölçü tekrarlanmasını gerektirmeyişinden, daha hızlı ve ekonomiktir. Ancak, sonsuz bulunduğu varsayılan elektrotların açılım uzaklığını sınırlamaları ve sığ açılımlara izin vermeleri bir dezavantaj oluşturmaktadır. L uzaklığı, AB ve MN uzaklığının 10 katı olduğunda göreceli hata %5 den fazla olmaz. Ancak bu oran azalırsa yanılgi miktarı artar ve derin açılımlar için yöntem pratik olmaktan çıkar.

Wenner ve Schlumberger dizilimleri karşılaştırıldığında; her iki elektrot diziliminde aynı akım penetrasyonuna (nüfuz etmek) sahip oldukları halde araştırma derinliğinin

farklı olduğu görülmektedir. Aynı açılım uzaklığı için Wenner'de, potansiyel elektrotları arasının daha büyük olması voltaj ölçümünün daha duyarlı olmasını sağlar. Fakat ölçü duyarlılığından da önemli olan, Schlumberger'in yanal heterojenitelere karşı daha az hassas olmasıdır. Bu özellik açısından en avantajlı açılım türüdür. Bu avantaj, bir seri ölçüm sırasında potansiyel elektrotlarının yer değiştirmemesinden dolayı oluşur.

Dipol açılımında, akım ve potansiyel elektrotları birer çift oluşturduklarından yalnız Dipol boyları kadar kablo gerekir. Diğer dizilimlerde uzun açılımlarda uzun kablolar kullanılacağından ve dolayısıyla yüksek voltaj gerekeceğinden, yüksek voltaj nedeniyle akım sızıntısı artabilir.

Dipol dipol diziliminde nokta akım kaynağının alanı uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak alınır. Ancak bilindiği üzere Dipol alan, uzaklığın küpüyle ters orantılı olarak azalır. Bu olay, Dipol açılımının kullanılması durumunda çok duyarlı potansiyel ölçümünü gerektirir ve bu amaç için potansiyeli kâğıda çizen cihazlar kullanmak zorunluluğu doğar. Diğer açılımlarda elektrotlar bir doğru boyunca dizilirken Dipol açılımı için böyle bir şart söz konusu değildir. Çünkü Dipol bir doğrultu boyunca açılımı gerektirmez. Dipol diziliminin bu özelliği, ormanlık ve sarp arazilerde bükümlü çizgiler boyunca ölçü almanın mümkün olması, önemli bir avantaj oluşturmaktadır. Dipol diziliminin en zayıf yanı ise, yanal özdirenç değişimlerine ve eğimli katmanlara karşı çok duyarlı olmasıdır.

Bu karşılaştırmalar ışığında, genel olarak sığ araştırmalar için iki nokta elektrot ve Wenner, derin araştırmalar için Dipol açılımının kullanılmasının uygun olacağını söylemek mümkündür. Schlumberger açılımı ise, hem sığ hem de derin araştırmalarda kullanılabilir. Sadece iki elektrotun hareketine ihtiyaç göstermesi sebebiyle Schlumberger Wenner açılımından daha kullanışlıdır. Ayrıca bilindiği üzere sığ özdirenç değişimlerinin etkisi, sabit potansiyel elektrotları nedeniyle sabittir. Bu da Schlumberger için bir avantaj oluşturmaktadır. Schlumberger dizilimiyle yanal arama, bir dereceye kadar sabit akım elektrotları arasındaki hattın uzağındaki potansiyeli ölçmeye izin vermektedir. Yani iki boyutta yüzeyin haritalamasını yapmak mümkündür [27].

3.1.6.1. Schlumberger diziliminin diğer dizilimlerle karşılaştırılması

Gerilim bağlantıları aralığı 5–10 ölçüde bir değiştirilebilir. Bu nedenle daha az işçilik gerektirir. Akım bağlantıları çok uzakta olsa bile gerilim bağlantıları ölçüye çok yakındır.

Schlumberger diziliminde MN gerilim bağlantı uçları arası Wenner dizilimindekine oranla çok küçük olduğundan Schlumberger dizilimi yüzeyden ve derinlerden meydana gelebilecek yan etki anomalilerinden daha az etkilenir.

Schlumberger diziliminde Wenner dizilimine görev işçiler orta noktaya daha yakın olduklarından işçilerin yakından izlenmesi mümkündür. Dolayısıyla ölçüler alınırken hata yapma olasılığı azalır.

Wenner diziliminde ölçü derinliği teorik olarak $AB/3$ ' tür. Schlumberger diziliminde ölçü derinliği ise teorik olarak $AB/2$ kabul edilir. Yani aynı uzunluktaki açılımlarda Schlumberger dizilimi ile ölçü alındığı zaman Wenner dizilimine oranla daha derinlerden bilgi almak mümkün görünmektedir.

Schlumberger dizilimi işçilik ve zamandan tasarruf sağladığı için ucuz yani ekonomik bir dizilim sistemi olarak kabul edilir. Wenner diziliminde en az 4 işçiye gereksinim varken bu sayı Schlumberger de en fazla 2 dir.

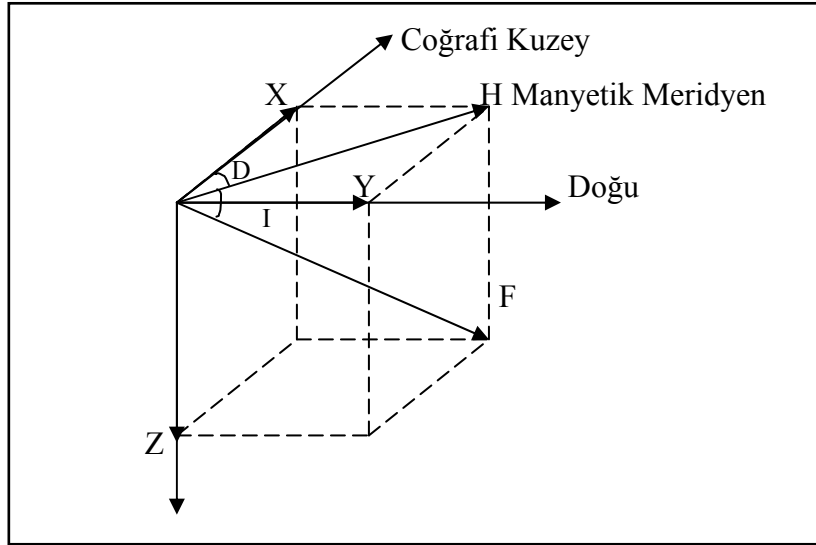
Schlumberger diziliminde potansiyel elektrotları wenner dizilimine oranla daha az yer değiştirdiğinden denge geriliminin oluşması için Wenner diziliminde olduğu gibi uzun süre beklemek gerekmez.

Schlumberger dizilimi ile alınan ölçüler değerlendirilirken jeofizikçinin hata yapıp yapmadığını kendi kendine kontrol olanağı vardır. Çünkü arazi eğrisinin bir kanadı değerlendirilirken yanlış taslak kullanılmış ise diğer kanatlar için çakışan taslak bulmak zorlaşacaktır.

3.2. Manyetik Yöntem

3.2.1. 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 3.5.'de gösterilmektedir.



Şekil 3.5. 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;

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

3.2.1.1 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

3.2.1.2 Kayaçların manyetik duyarlılığı (Susceptibility)

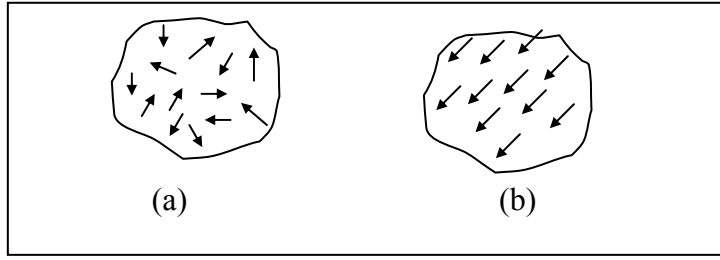
Birim kayacın sahip olduğu manyetik duyarlılık değeri, içinde bulunan manyetik minerallerin boyut, şekil ve iç gerilimlerine bağlıdır. Tablo 3.1’de bazı kayaç türlerinin manyetik duyarlılıkları verilmiştir.

Tablo 3. 1. Bazı kayaç türlerinin manyetik duyarlılığı [28].

Kayaç türü	Manyetik duyarlılık (Susceptibility) (emb/cm ³)
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
Dolemit	$2 - 5.10^{-3}$
Granit	$0,2 - 1,5.10^{-3}$
Şist	$0,02 - 0,06.10^{-3}$
Kalker	$0,002 - 0,005.10^{-3}$

3.2.2. Arkeolojik alanlarda manyetik belirtiyi oluşturan olgular

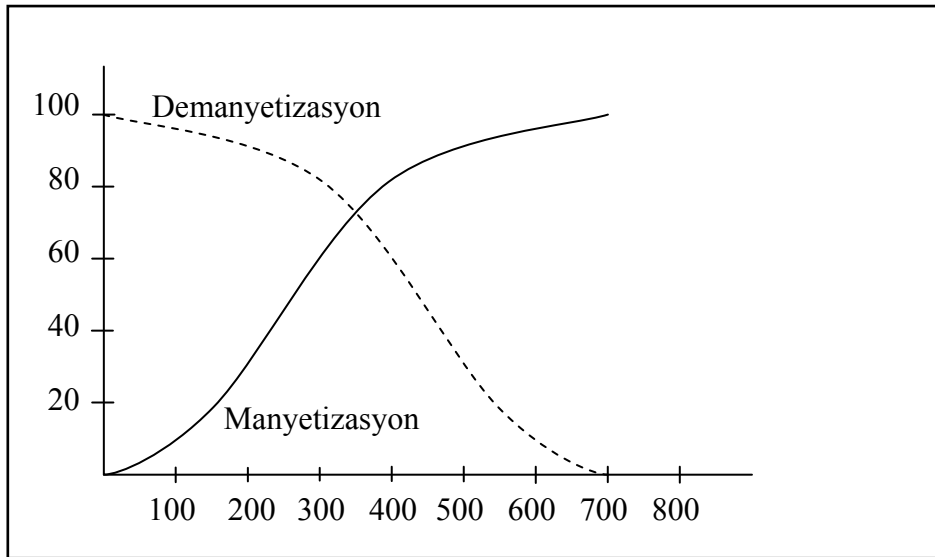
Gömülü bir arkeolojik yapının oluşturduğu manyetik belirti, yapının boyutlarına, sahip olduğu mıknatıslanma şiddetine ve derinliğine bağlı olarak değişmektedir. Arkeolojik alanlarda manyetik belirtiyi oluşturan temel neden ise “Isıl Kalıcı Mıknatıslanma (IKM)” (Thermo Remanent Magnetization (TRM)) yoluyla manyetik özellik kazanan yapılardır. Bu tür yapılar içinde çoğunlukla pişmiş kil malzemeler yer almaktadır [29]. Kil uzun zamanlardan bu yana fırın, ocak, tuğla, ev eşyası gibi malzemelerin yapımında kullanılmıştır. Çok yüksek ısıda pişirilen kilin, soğuma esnasında içerisindeki demir oksit (FeO₂) 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 3.6).



Şekil 3.6. (a) Pişirilmemiş kilde, (b) Pişirilmiş kildeki manyetik partiküllerin manyetik yönlenmesi.

Isıl kalıcı mıknatıslanmanın özellikleri şöyle sıralayabiliriz;

1. IKM'nin yönü soğuma sırasındaki yer manyetik alanıyla aynıdır.
2. IKM'nin yoğunluğu pişme sıcaklığıyla artış gösterir, belirli bir sıcaklık değerinde IKM limit değere ulaşır. 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.)
3. Partikülün manyetik özellik kazanmak için gereksinim duyduğu sıcaklık demanyetizasyon için de geçerlidir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Manyetizasyon ve demanyetizasyonun kilin pişirme sıcaklığına bağlı değişimi [10].

4. 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.

5. 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 [30]. Bunu yanı sıra, yapıları oluşturan kayaçların manyetik özellik edinilmiş olmasının manyetik belirti oluşturduğu söylenmelidir.

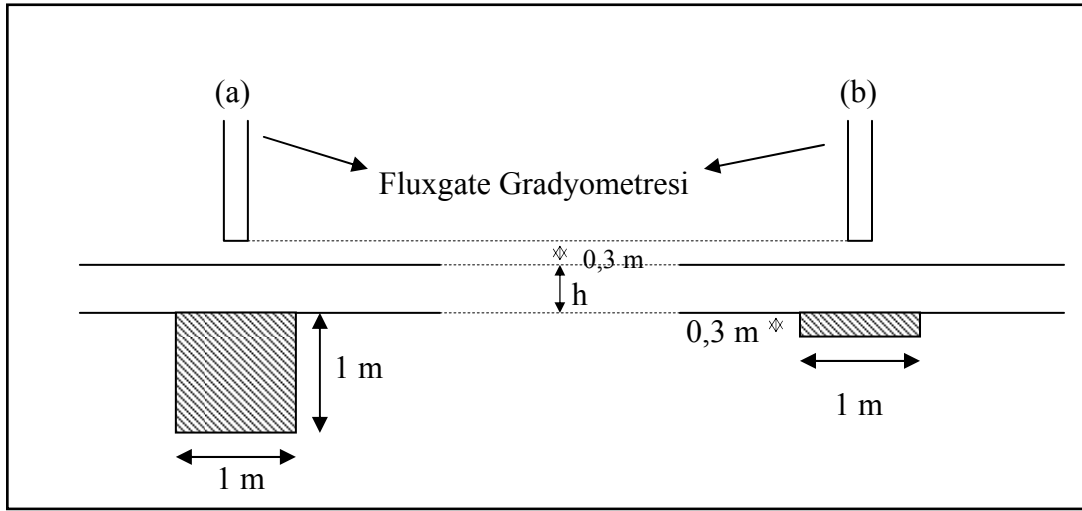
3.2.2.1 Toprağın manyetik duyarlılığı

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. Araştırmacıya 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 [29]. Sonuç olarak topraktaki manyetik duyarlılık; içerdiği organik malzemeye, geçirdiği yanma derecesine ve sahip olduğu demir içeriğine bağlı olarak değişim göstermektedir.

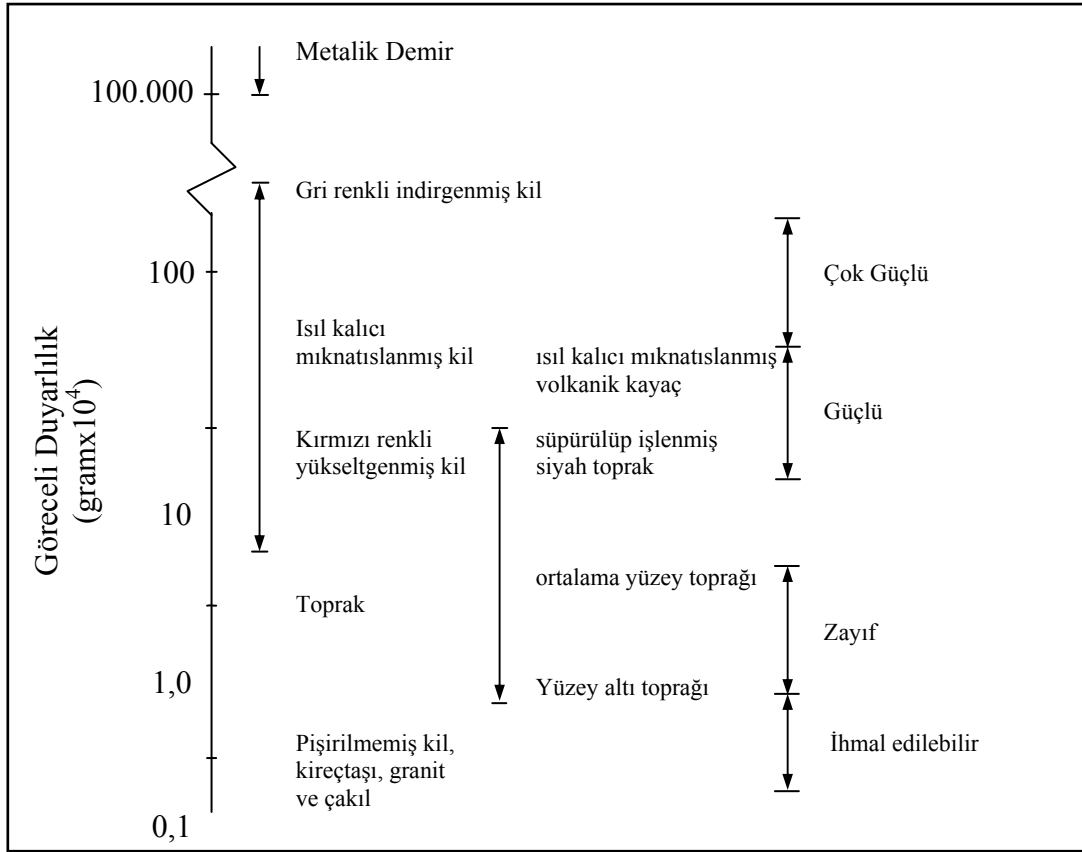
Bütün bu etkiler sonucunda da yeraltındaki yapıyla toprak arasında oluşan manyetik duyarlılık farklılıkları yapının manyetik yöntemle belirlenebilirliğini mümkün kılmaktadır.

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 ve tümsekleri oluşturan malzemelerin manyetik duyarlılığının yüzey toprağındakinden daha yüksek olduğu söylenebilmektedir. Ancak bu şekilde daha önce boşaltılan ve sonra doldurulan veya kendiliğinden 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} Oested)'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 [30].

Ayrıca manyetik belirti oluşumunda bu tip çukurların şekli ve buldukları derinlik de oldukça fazla önem arz etmektedir. Bununla ilgili olarak, Şekil 3.8.'de [30]. Yapılmış bir çalışmada, yüzey toprağı ile dolgu toprak arasındaki duyarlılık farkı 100 SI olan doldurulmuş iki çukur, Tablo 3.2.'de ise bu çukurların derinliğe bağlı olarak verecekleri manyetik belirtiler görülmektedir.



Şekil 3.8. Farklı boyutlarda doldurulmuş iki çukur [30].



Şekil 3.9. Bazı malzemelerin manyetik karakteristikleri [30].

Şekil 3.9'da Aitken M.J. (1974) 'in çalışmasından alınan, bazı malzemelerin birbirlerine göre manyetik duyarlılıklarının gösterildiğı bir çizelge bulunmaktadır.

Tablo 3.2. Derinliğe bağlı manyetik değişim

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

3.2.3. 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. Bunları şu şekilde maddeleyebiliriz;

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.

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.

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 4. 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 Adramyttene 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 [31].

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 Palaiologos 1283'de Adramytteion'da bir kilise toplantısı yapmıştır [31].

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 [31].

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

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 5.1'de verilen hava fotoğrafında deniz içinde kalan antik liman kıyı şeridinin değiştiğini gösteren bir delildir. Bölgede akarsuların bol olması, söz konusu ovada antik dönemde tarım yapıldığını göstermektedir.



Şekil 5.1. Antik Liman ve Çalışma Alanı uydü görüntüsü

Mudurnu vadisi batısında iki büyük kola ayrılmaktadır. Kuzey kol Sapanca, İzmit ve Marmara denizi içinden geçmektedir. Güney kol ise Yenişehir, Bursa Ovası-Apolyont ve Manyas gölleri altından geçerek Biga yarımadasında Gönen ve Yenice arasından Ege denizine doğru devam etmektedir. Bu kol, zaman zaman aktif duruma geçmektedir [34]. Bazı araştırmacılar İznik, Gemlik, Bandırma, Biga ve Çan'dan geçen orta kolun varlığını ileri sürmektedir [35]. Kuzey Anadolu Fay zonunun uzunluğu yaklaşık 1100 km olup genişliği 500–1000 m'dir [36]. Ortalama kayma miktarı ise 1 ile 1,3 cm/yıldır [37]. KAF'ın Marmara Bölgesi'ndeki güney kolu ve kabul edilen orta kolu inceleme alanının kuzey sınırını oluşturmaktadır. Bu sisteme bağlı veya bağımsız olarak birçok küçük faylar gözlenmektedir. Balıkesir Ovası ve yakın çevresi, kuzeyindeki Yenice-Gönen Fay Zonu dışında, batıdan Akhisar Fay Zonunun etkisi altında da bulunmaktadır.

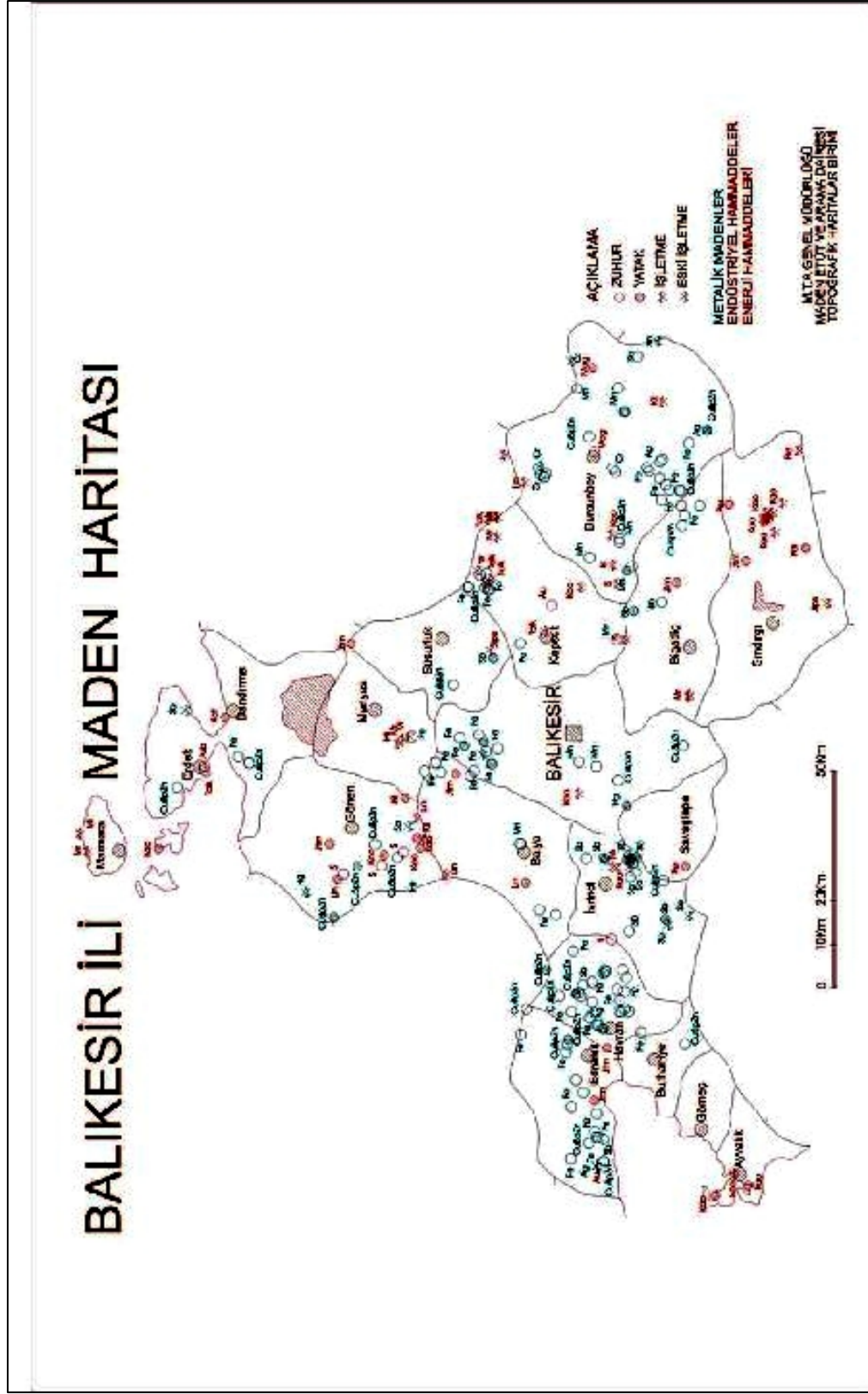
Son yıllarda yapılan bazı araştırmalarda Balıkesir-Afyon-Konya arasında uzanan Akşehir Fay Zonundan söz edilmektedir [38]. Bu fay zonu, doğuda Konya'dan başlamakta batıda Savaştepe'ye kadar uzanmaktadır. Genel uzantısı WNW-ESE olup toplam uzunluğu 420 km olarak kabul edilen bu fay zonunun 1–50 km uzunluğunda birbirine paralel ya da yarı paralel çok sayıda normal faylardan oluştuğu kabul edilmektedir [39]. Bu fay sistemi N-S, NE-SW ve NW-SE uzantılı ikincil fay sistemlerinden oluşmaktadır. Bu faylar, çok küçük doğrultu atım bileşeni olan oblik faylarla temsil edilmektedir. Görülüyor ki Balıkesir Ovası ve yakın çevresinde büyük fay sistemleri yer almamaktadır. Ancak kuzey, batı ve güneyden büyük fay sistemleri ile sınırlandırılmaktadır. Genel olarak bölge, kuzeyden Kuzey Anadolu Fay Zonunun (KAFZ) ve güneyden Ege Graben Sisteminin etkisi altındadır. Diğer bir deyişle yöre KAFZ ile Ege'nin açılma rejimi arasında bir geçiş zonu özelliği taşımaktadır. Şöyle ki kuzeydeki KAFZ'nuna ait olan Yenice-Gönen fayı, doğrultu atımlı fay çözümleri veren depremler üretmektedir. Buna karşılık batısı ve güneyi, Ege çöküntü sistemlerinin etkisi altında normal atım karakterli depremler üretmektedir. Ege çöküntü sistemlerinden Edremit çöküntüsü, Bakırçay çöküntüsü ve Simav çöküntüsü yöreyi kuzeybatıdan, batıdan ve güneyden sınırlamaktadır. Bu bütün içinde Ayvalık, İvrindi, Soma, Savaştepe ve Bigadiç'te bu sistemlere bağlı olarak depremler meydana gelmektedir.

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. 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. Çeşitli yönlerde ve akımlarda fay zonlarının geliştiği, graben ve horst yapılarının olduğu ve volkanik faaliyetlerin meydana geldiği yerlerde jeotermal alan özellikleri ile karşılaşılması olasıdır. 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 satha yakınsa sıcaklığı o derece yüksek olmaktadır. Yer kabuğunun kırıklı, çatlaklı, tektonik yönden aktif zonlardan yükselerek ilerleyen sıcak sular, depolandığı hazne kayadan ya da yol boyunca kat ettiği kayaçlar 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.

- 1 Pelitköy Zeytin pınarı içmesi: Burhaniye'ye 12 km., Pelitköy'e ise 2 km. uzaklıktadır. Ortalama 20 derece sıcaklığındadır.
- 2 Dutluca köyü içmeleri ve Damlarca suyu: Burhaniye'ye 12 km. uzaklıkta Dutluca köyündeki içme suyu ortalama 16 derece 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 derece 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 derece 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 5.3). 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 5.1).



Şekil 5.3. Balıkesir İli Maden Haritası (MTA) [40].

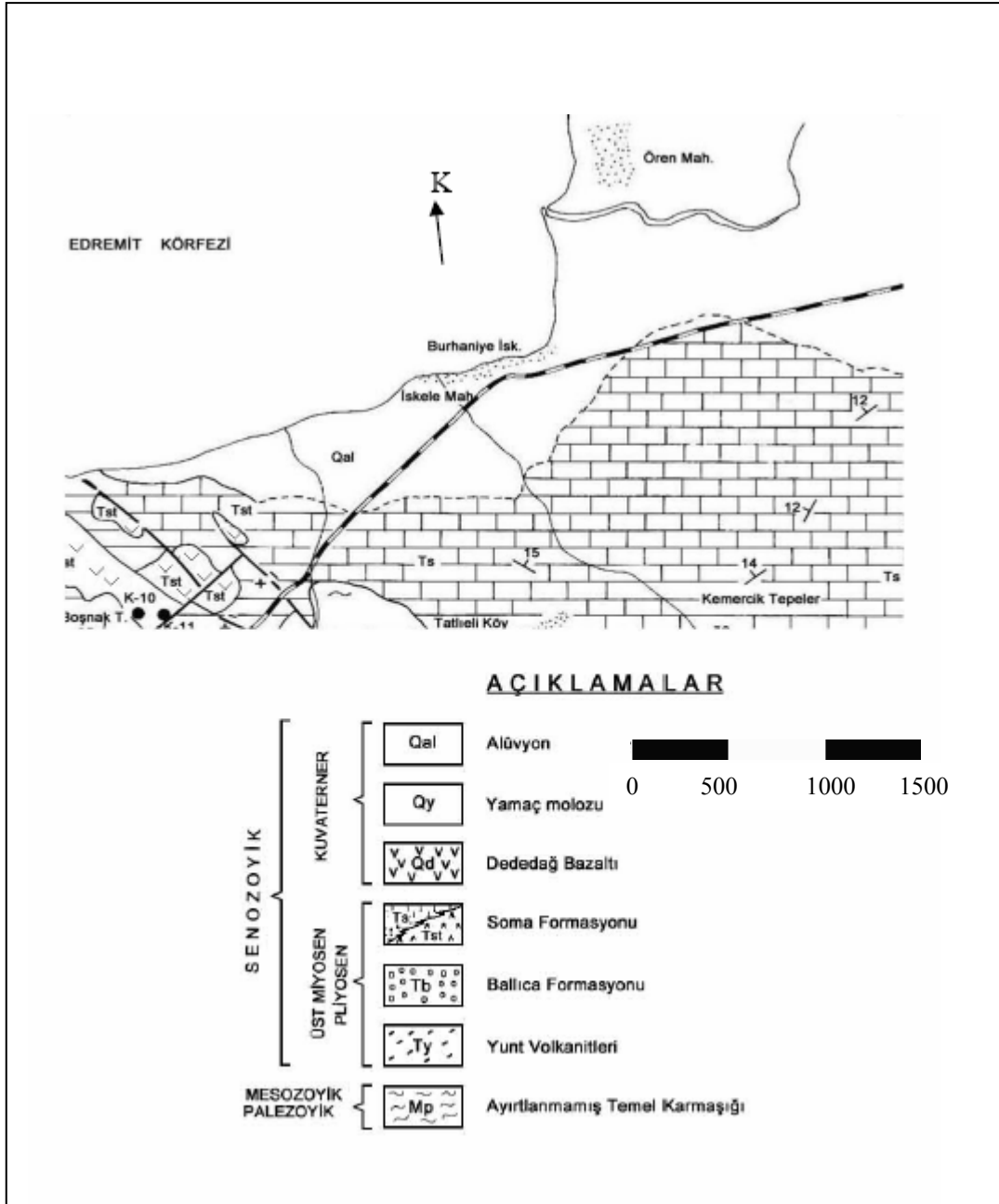
Tablo 5.1. Balıkesir İli Maden Kaynakları [42]

DEMİR	BAKIR-KURŞUN-ÇİNKO	ALTIN	MERMER
<ul style="list-style-type: none"> Havran-Eymir Yatağı Tenör: % 53 Fe₂O₃ Rezerv: Büyük ve Küçük Eymir yataklarından oluşur. 9 milyon tonluk bir rezerv vardır. Ayvalık-Ayazmant Yatağı Tenör: % 69.25 Fe₂O₃ Rezerv: 575 500 ton rezerv vardır. 100 000 ton işletilmiştir. Şamlı Yatağı Tenör: % 50–53 Fe₂O₃ Rezerv: toplam 2 675 000 ton mümkün Bakırlık T. işletilmiş ve cevher tükenmiştir. Edremit-Yaşyer Sahası Tenör : % 30–60 Fe₂O₃ Rezerv: 140 000 görünür+muhtemel 	<ul style="list-style-type: none"> Ayvalık-Maden Adası (Pindos Adası) kurşun-bakır-çinko sahası Tenör: % 10 Pb+Zn+Cu- 50 gr/t Ag Rezerv: 72 500 ton muhtemel Dursunbey-Güğü-Demirboku Sırtı Tenör :% 3.81 Zn, % 3.91 Pb ve % 0.25 Cu Rezerv: 3 743 000 ton mümkün Dursunbey-Kulat Çiftliği Tenör: % 4.4 Pb ve % 4.2 Zn Rezerv: 252 335 ton görünür Edremit-Altınoluk Tenör:% 8.20 Pb ve % 6.70 Zn (Ayrıca 5 gr/ton Au ve 25 gr/ton Ag değerleri de bilinmektedir). Rezerv: 242 156 ton mümkün olup yatak önceki yıllarda işletilmiştir. Havran-Kozcağz (Fazlıca) bakır-pirit-çinko-kurşun sahası Tenör: - Rezerv: Yatak önceki yıllarda işletilmiştir. 	<ul style="list-style-type: none"> Havran Yatağı Tenör : 6.43 gr/ton Au, 11,8 gr/ton Ag Rezerv: 1 500 000 ton görünür Kepsut-Beyköy Sahası Tenör : 2.375 gr/ton Au Rezerv: 2 324 000 ton mümkün rezerv 	<ul style="list-style-type: none"> Marmara Adası-MARMARA BEYAZI Kalite: Açık gri-beyaz renkli olan ve gri bantlar içeren dolomitlerden oluşur. Sertliği 3, yoğunluğu 2.75 g/cm³, porozitesi % 0.2 Rezerv: 1 200 000 000 m³ Çayüstü Köyü-KUMRU TÜYÜ Kalite: Gri-beyaz hamur içinde kırmızı renkte ve stiyolitli şekillerde izlenir. Sertliği 4, yoğunluğu 2.75 g/cm³, porozitesi % 0.6 Rezerv: 16 000 000 m³ Manyas-Koçoğlu Köyü Kalite: iri kristalli ve beyaz renklidir. Sertliği 3, yoğunluğu 2.72 g/cm³, porozitesi % 0.4 Rezerv: 40 000 000 m³ Ayvalık-Bağyüzü Köyü- Kalite: 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/cm³, porozitesi 1.3 Rezerv: 300 000 m³ Bigadiç-Çayüstü Köyü Kalite: Sarı, açık kahve pembe ve kırmızı renkli olup ince kristallidir. Sertliği 3, yoğunluğu 2.73 g/cm³porozitesi %0.248–0.773 Rezerv: 7 400 m³ jeolojik

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 cazibe kazandırmaktadır. Bu olumlu etkinin yanı sıra bölgenin tektonik olarak aktif bir kuşakta yer alması, Burhaniye-Ören Adramytteion Antik Kenti birçok büyük depremlere maruz kalmasına neden olmuştur. Özellikle arkeolojik çalışmalarında 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 [31].

Çalışma alanı jeolojik olarak incelendiğinde bölgede Çavdartepe Formasyonu hakimdir (Şekil 5.4). Çavdartepe Formasyonu üstte doğru içinde Permiyen Yaşlı Çamoba Formasyonu'nun üyelerini bloklar halinde bulunduran Alt Triyas Yaşlı Kınık Formasyonu'na geçer. Kınık Formasyonu için de eş yaşlı olarak Bakırtepe Volkanit Üyesi ayırtlaşmıştır. Orta Triyas yaşlı Kapıkaya Formasyonu, Kınık Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelir. Üstte ise Orta-Üst Triyas Yaşlı Kırkağaç Formasyonu'na geçişlidir.

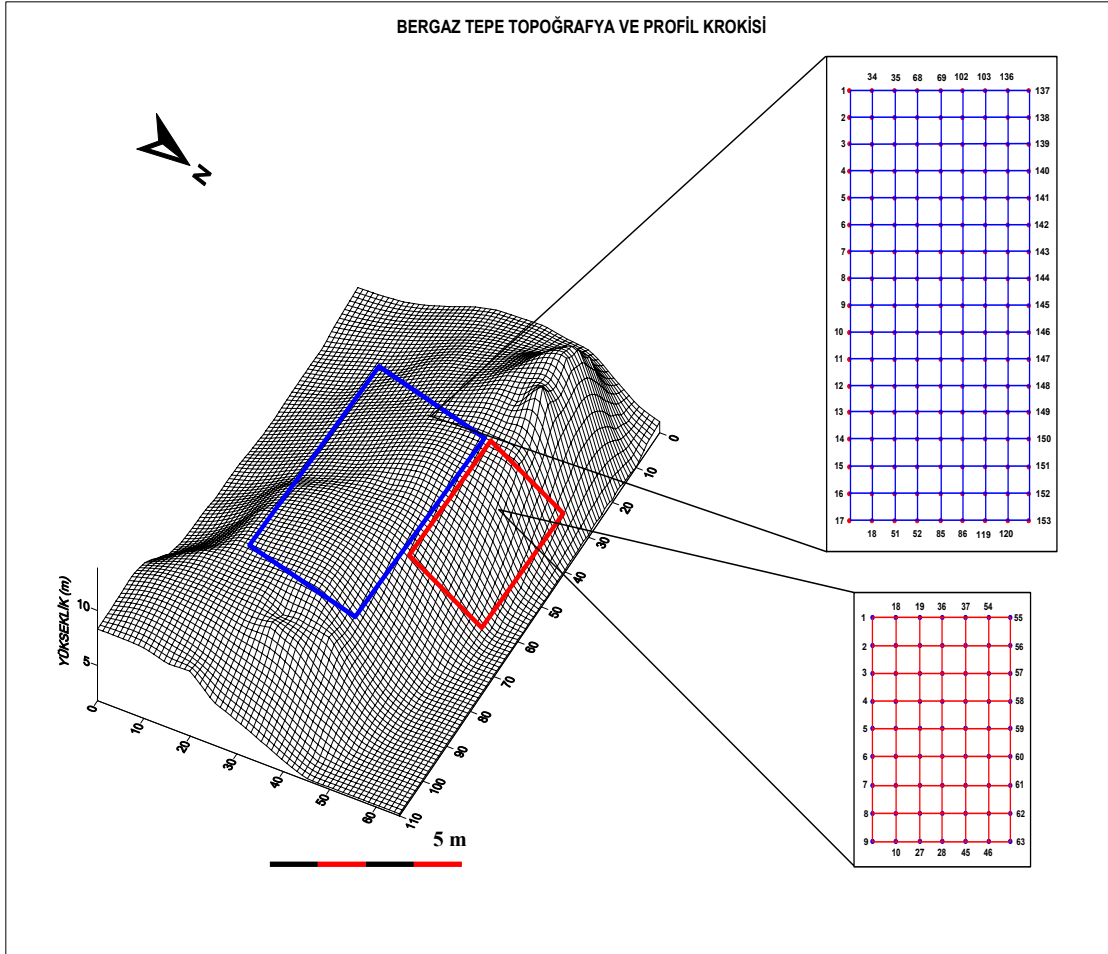
Kırkağaç Formasyonu kireçtaşı olup üstte Lias Yaşlı Sarıkaya Formasyonu'na geçer. Alt Kretase Yaşlı Avgediği Formasyonu genellikle kireçtaşından oluşur ve yersel çakıltaşı düzeyleri kapsar. Üst Kretase Yaşlı Pilavtepe Formasyonu ince kırıntılı ve oolitli kireçtaşı düzeyleri başlayıp kireçtaşı olarak devam eder. Eosen yaşlı Gebeler Formasyonu taban çakıltaşı ile daha eski birimleri örter. Üst Kretase-Eosen zaman aralığında bölgede Kozak Granodiyoriti yerleşmiştir. Yürekli dasiti yine bu magmatik olaylar sonucu oluşmuştur. Geniş yayılım gösteren Yuntdağı Volkanitleri ile bunlarla eş zamanlı akarsu ve göl sedimentlerinden oluşan Ballica ve kömür, bitümlü şist içeren Soma Formasyonu Üst Miosen-Pliyosen Yaşlı'dır. Kuvaterner'de Dededağ Bazaltı, alüvyon, yamaç molozları bulunur [40].



Şekil 5.4 Çalışma Alanı ve civarının Jeolojik haritası [40].

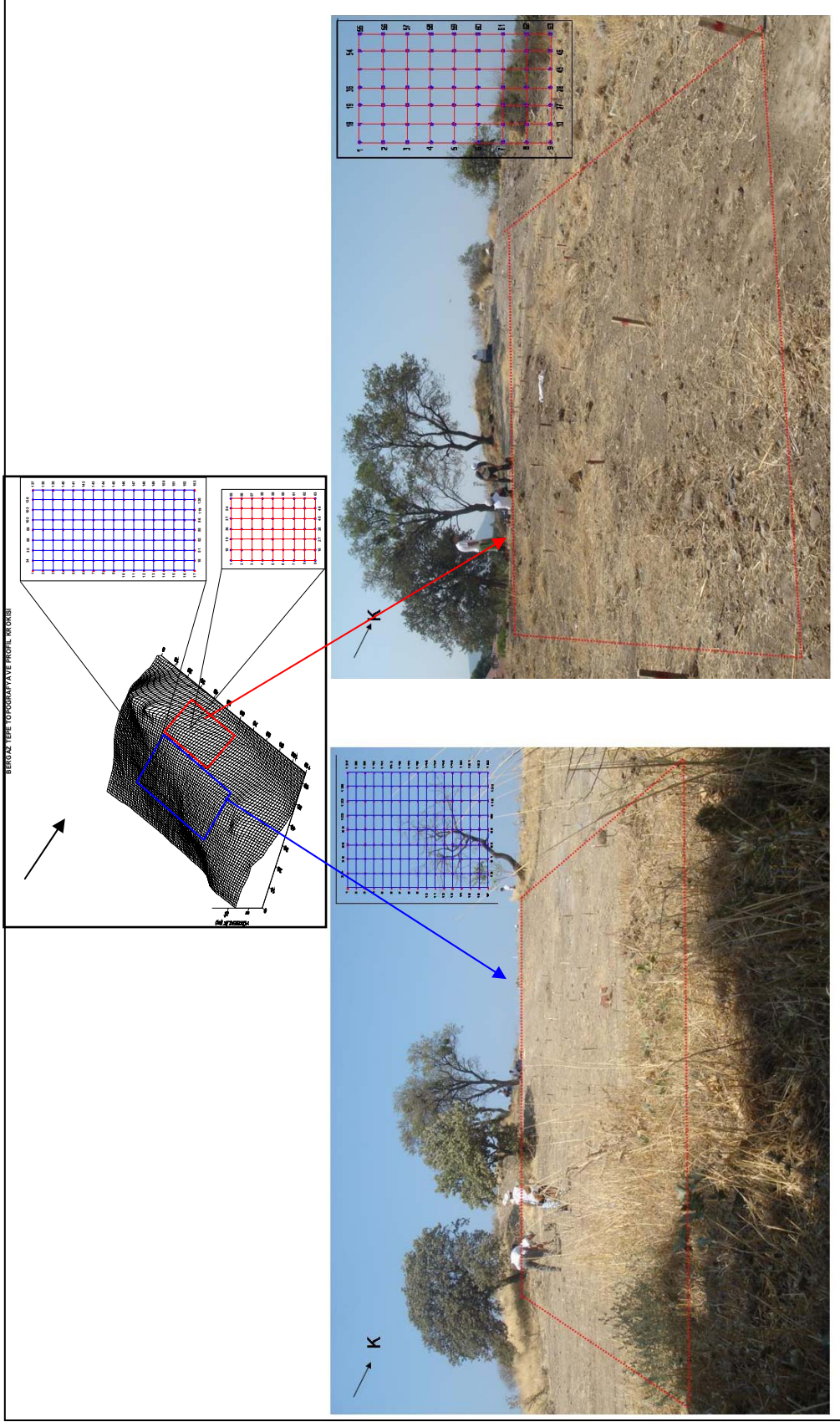
BÖLÜM 6. ARAZİ ÇALIŞMALARI

Balıkesir-Burhaniye-Ören Mahallesi, Bergaz Tepede yeraltında gömülü olduğu düşünülen yapının tespit edilmesi amacıyla jeofizik yöntemlerden elektrik ve manyetik yöntemler kullanılmıştır. Şekil 6.1’de bu karelaj noktaları ve bu noktaların çalışma alanındaki konumu verilmiştir. Bu yöntemlerin uygulanabilmesi için 2×2m’lik 176 adet karelaj noktası oluşturulmuştur. Bergaz Tepe Çalışma Alanı uygun tarama yapılması için iki kısımda incelenmiştir.



Şekil 6.1. Bergaz Tepe Çalışma Alanı Krokisi (mavi kısım a bölgesi, kırmızı kısım b bölgesi)

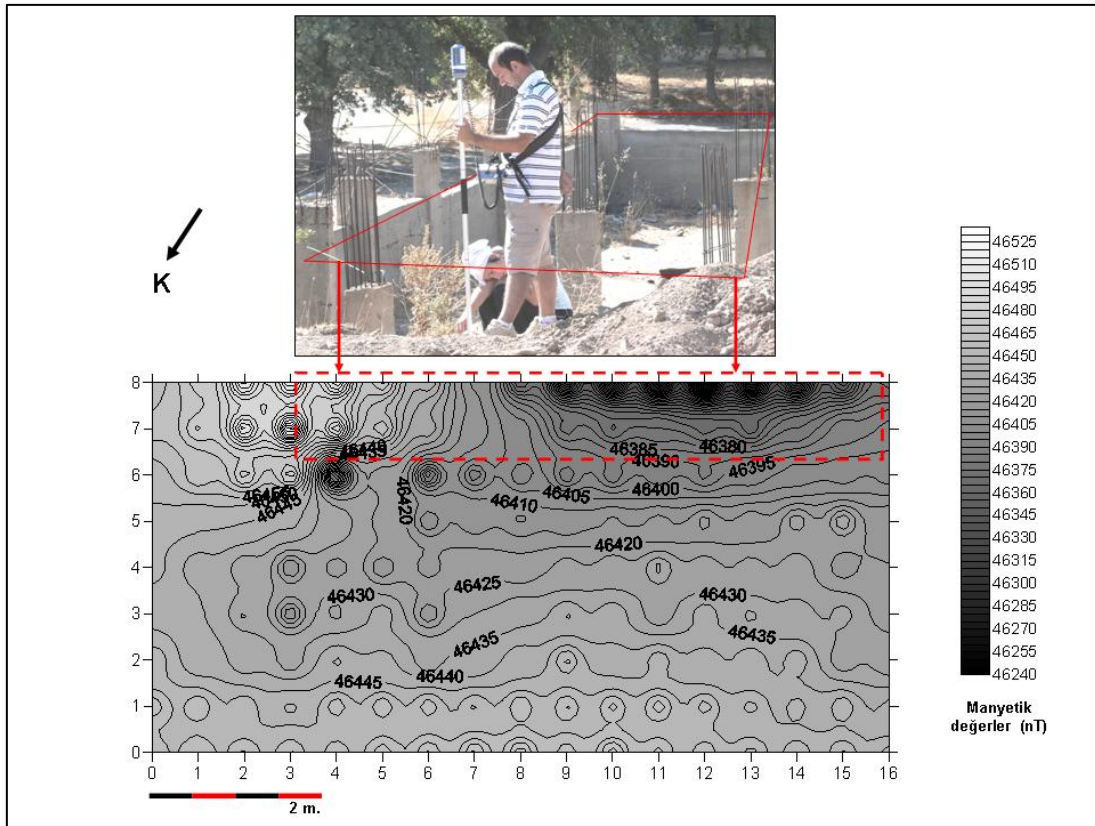
Arazi topografyasına uygun olarak Şekil 6.2’de gösterilen mavi kare ile a bölgesi ve kırmızı kare ile gösterilen b bölgesi olarak ayrılmıştır. Ayrılan kısımlardan b bölgesinde yapılan özdirenç çalışmalarından sonra tarihi bir yapıya rastlanmamıştır. Yapılan özdirenç çalışmasına göre bu alanda bulunan yüksek özdirençli veriler açılan çalışma sondajıyla tespit edilen ana kayanın mermer olmasından kaynaklanmaktadır. Bu yüzden bu alan sadece özdirenç yöntemi ile çalışılmıştır. Bergaz Tepe a bölgesinde ise manyetik ve elektrik özdirenç yöntemleri uygulanmıştır. Bu alana ait veriler ve değerlendirmeler bölüm 6.1 ve 6.2’de detaylı olarak sunulmuştur.



Şekil 6.2. Bergaz Tepe Çalışma Alanı "a" ve "b" çalışma bölgesi görünümü

6.1. Manyetik Yöntem

Manyetik ölçümleri Scintrex – Envi marka manyetometre ile gerçekleştirilmiştir. Şekil 6.1’de krokisi bulunan çalışma alanı gridlendikten sonra manyetik ölçüm ile çalışma bölgesi tarandı. Çalışma bölgesine yakın yarım kalan inşaat alanının etkisiyle manyetik yöntem sadece veri korelasyonu için a bölgesinde uygulanmıştır (Şekil 6.3.). Bu bölgede toplam 176 adet manyetik veri alınarak a bölgesi manyetik haritası oluşturulmuştur. 1980 yılında doğal sit alanı içinde bulunduğu için yapımı durdurulan demirli beton temel Şekil 6.3’te gösterildiği üzere alınan manyetik verilere bozucu etki yapmıştır. Bu yüzden Çalışma alanı “a” bölgesinde alınan manyetik verilerin bir kısmı öz direnç yöntemleriyle korelasyon için kullanılmış ve bozucu etkiler işleme konulmamıştır. A bölgesinde uygulanan manyetik ölçümün ham verilerinin Surfer 8 programı kullanılarak hazırlanan kontur haritası Şekil 6.3’te gösterilmiştir.



Şekil 6.3. Bergaz Tepe "a" bölgesinde uygulanan manyetik tarama haritası, kırmızı alan bozucu kütle

6.2. Özdirenç Ölçümleri

Özdirenç ölçümlerinde yerli yapım, tek kanallı rezistivite cihazı kullanıldı. Özdirenç yönteminde Wenner ve Schlumberger yöntemleri kullanılmıştır. Wenner elektrot diziliminde elektrot aralığı a (elektrotlar arası mesafe) kadar derinlikten bilgi alınabilir. Wenner elektrot dizilimi uygulamaları uygulamalarında her noktada elektrotlar arası uzaklık a ; 1, 2, 3 metre olarak seçilmiştir. Yaklaşık 1500 metrekarelik alanda toplam 528 adet wenner (α) ölçüm noktası uygulanmıştır. Bu veriler sayesinde bölge dijital ortamda haritalanarak yeraltında gömülü yapının nerelerden geçtiği tespit edilmiştir (Şekil 6.4.). Elektrot aralığının maksimum 3 metre seçilmesinin nedeni, kareyaj noktalarının bazılarında yapılan schlumberger dizilimi sonucunda tarihi yapının 3 metre derinliğe kadar uzandığının tespit edilmesidir.

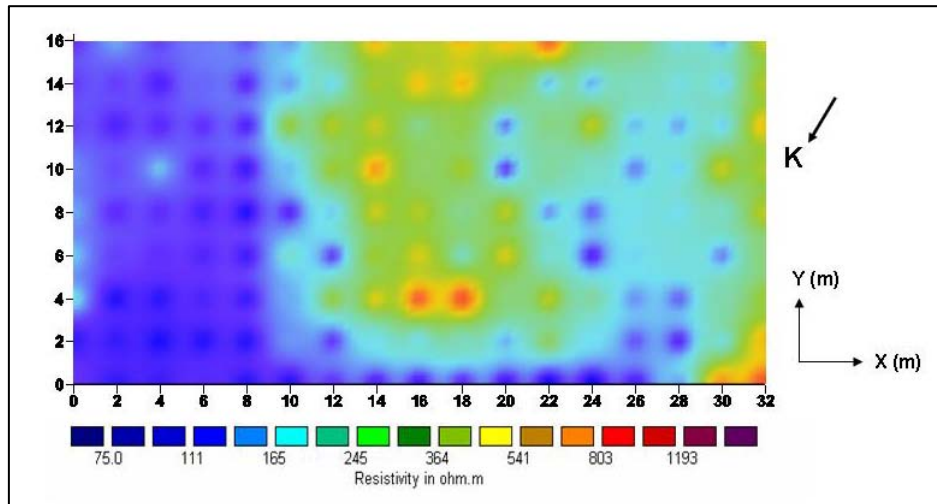


Şekil 6.4. Arazi çalışması görünümü

Özdirenç çalışmasından elde edilen görünür özdirenç değerleri IP2WIN programında işlendi. Yeraltı kat görüntülemesi SURFER programı yardımıyla yapılmıştır.

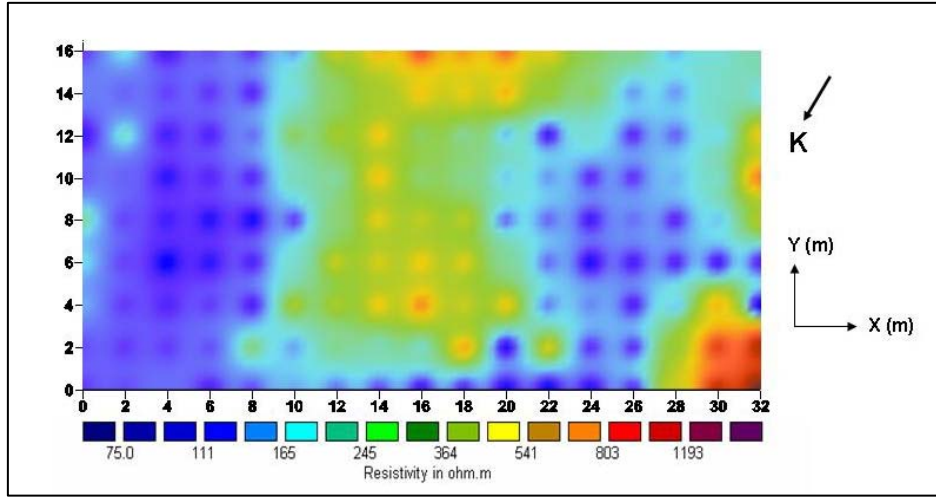
6.2.1. Bergaz Tepe “a” bölgesi özdirenç uygulaması

Bergaz Tepe “a” bölgesinde 128 kareyaj (2 metre aralıklı) noktasında a:1,2,3 metreler için toplam 384 adet wenner ölçüm verisi (ohm-m) alınmıştır. Şekil 6.5’te, a:1m wenner dizilim ölçülerinden elde edilen, özdirenç değerlerinden oluşturulan relief renkli harita görülmektedir. Bu haritaya bakıldığında tarihi yapının, 1m’den daha az bir derinlikte başladığı görülmektedir. Çalışılan 8. profile bakıldığında güneybatı-kuzeydoğu doğrultusunda uzanan yapı duvarı ve yine güneydoğu-kuzeybatı doğrultusunda uzanan yapı duvarları yer almaktadır. Profillerimiz kuzeydoğu-güneybatı yönünde uzanmaktadır. Yeraltında tespit edilen yapı ise profillerin güney batı kesiminde yani denize doğru yoğunlaştığı görülmektedir.



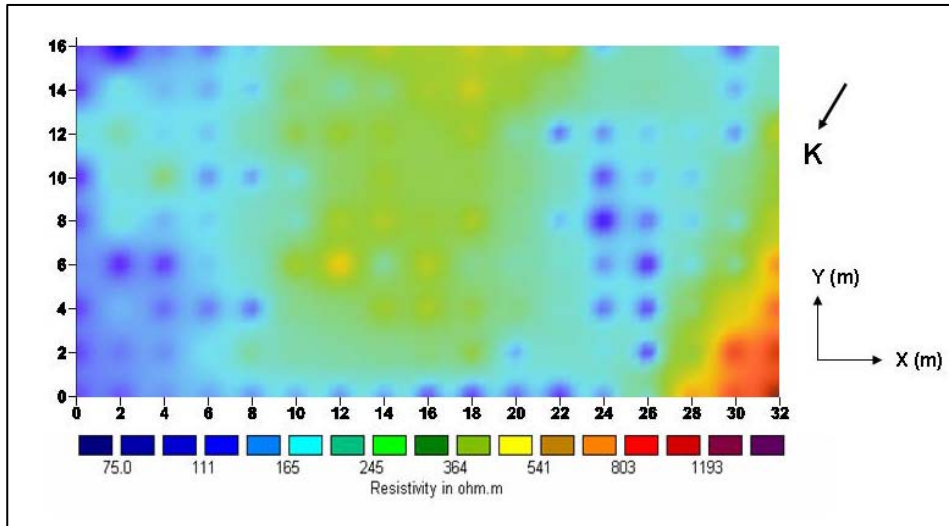
Şekil 6.5. a:1 metre wenner dizilimi için renkli relief haritası

Şekil 6.6.’de a:2 m yani 2m derinliğe kadar olan wenner dizilim ölçülerinden elde edilen özdirenç haritası görülmektedir. 1m derinliğe ait haritada görülen azda olsa deformasyona uğramış yapı, 2m derinliğe ait haritada daha düzgün bir yapı olarak görülmektedir.



Şekil 6.6. a:2 metre wenner dizilimi için renkli relief haritası

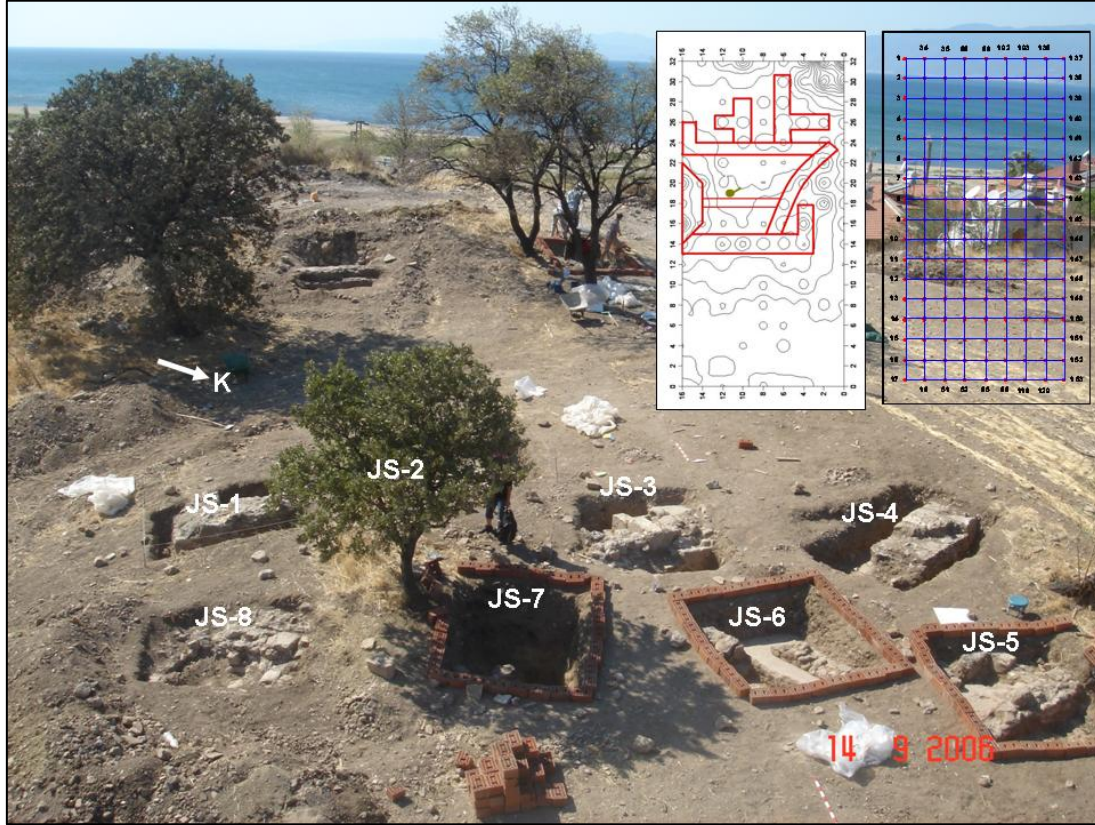
Şekil 6.7.'de ise a:3m yani 3m derinliğe kadar olan wenner dizilim ölçülerinden elde edilen öz direnç haritası görülmektedir. Bu haritaya bakıldığında 3m derinlikte bu kareyaj içinde kalan yapı tabanının büyük bir çoğunluğunun kaybolduğu yani bittiği görülmektedir.



Şekil 6.7. a:3 metre wenner dizilimi için renkli relief haritası

Bergaz Tepeden elde edilen bu jeofizik verilerden yararlanılarak 8 tanesi a bölgesinde 5 tanesi Bergaz Tepe'nin en yüksek kota sahip alanında olmak üzere toplam 13 adet 2×2 lik sondaj yapıldı. Bu sondajlar yeraltında bulunan yapının varlığını, konumunu ve hangi antik döneme ait olduğunu ortaya koymak amacıyla

yapılmıştır. Yapılan 13 sondajda da antik döneme ait yapı duvarları bulunmuştur. Sondajlar içinde bulunan duvar ve keramiklerin Roma ve Bizans dönemine ait olduğu görüldü. Yani açılan sondajlar, Roma yapılarının temelleri üzerine Bizans döneminde yapılar yapıldığı izlenimini oluşturmaktadır (Şekil 6.8).



Şekil 6.8. Bergaz Tepe "a" bölgesi kuşbakışı genel açma görüntüsü

Tarihi kayıtlara göre M.S 98–117 yılları arasında bölgede meydana gelen büyük depremler sonucunda kentin tekrar imar edildiği belirtilmektedir [21]. Bu da çalışma alanında bulunan yapının deprem sonrası tekrar imar edilmesi olanağını da doğurmaktadır. JS4 nolu 2×2m lik sondajda eni 1 m olan duvarın aks oluşturacak şekilde olması ve yapının kuzey doğusunda mezarların olması buradaki yapının bir kilise ya da tapınak olabileceği fikrinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. JS8 Nolu sondajdan cam cürufu çıkarılmıştır. Bu cürufun, cam üretilen bir fırından kopan bir parça olduğu sanılmaktadır. Buda çalışma alanı içinde bir cam fırını olması ihtimalini güçlendirmektedir. JS7 nolu sondajda da tespit edildiği üzere antik çağa ait açılan kısmın; çapı 40 cm, boyu 1 metre olan pişmiş tuğladan yapılmış bir temiz su dağıtım haznesi bulunmuştur.

Şekil 6.9’da görülen uydu görüntüsüne bakıldığında deniz içinde kalmış olan antik liman görülmektedir. Çalışma alanı olan Bergaz Tepe bu antik limanın doğusunda ve yaklaşık 350 metre uzaklıktadır. Antik limana yakın ve tepelik bir alanda kurulmuş olan bu yapı jeofizik çalışmalar sonucunda önemli bir merkez olduğunu göstermektedir. Yapılan araştırma sonucunda Bergaz Tepe “a” bölgesinde tespit edilen yapının boyutlu (1D-3D) gösterimi Şekil 6.15’te verilmiştir.



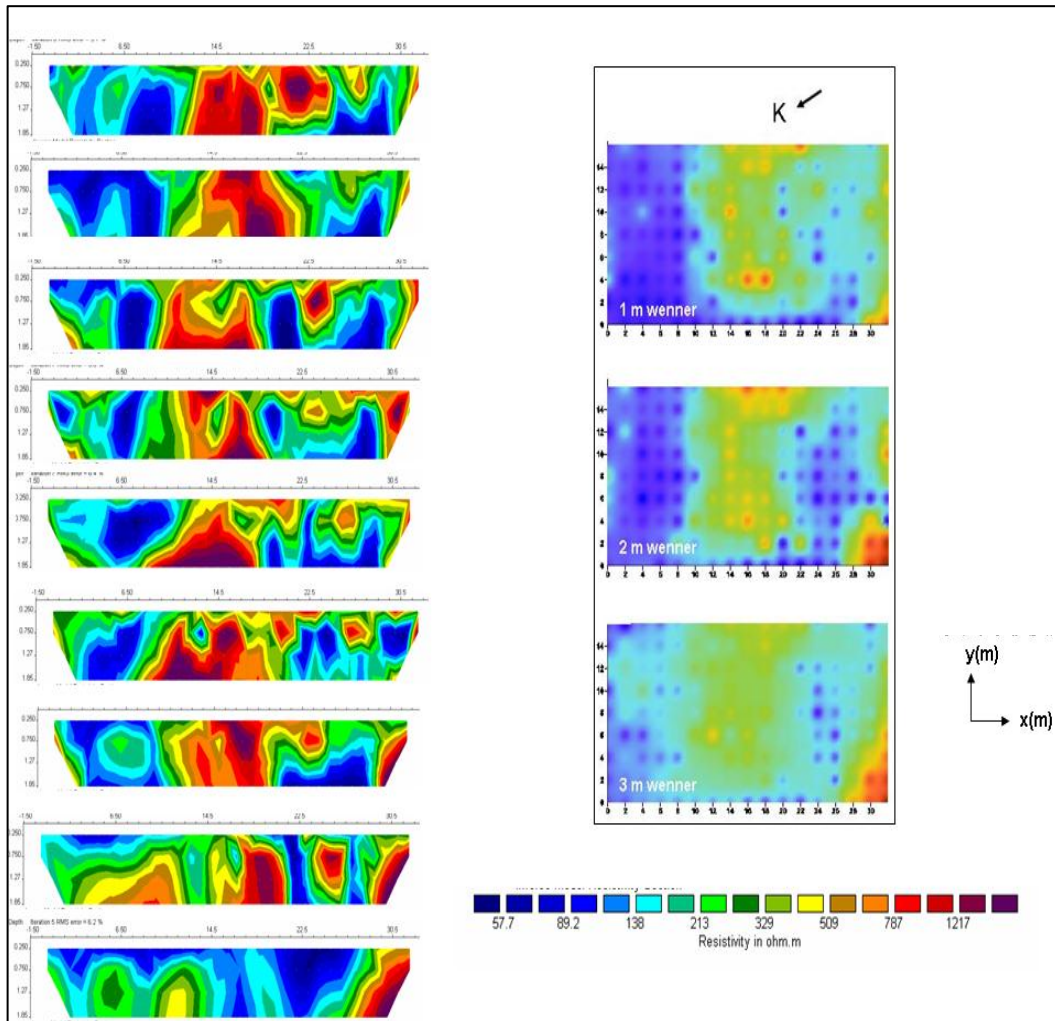
Şekil 6.9 Çalışma Alanı ve Antik Liman Alanı uydu görüntüsü (googleearth programı ile görüntü sağlanmıştır)

6.2.2. Boyutlu (2B) ters çözüm

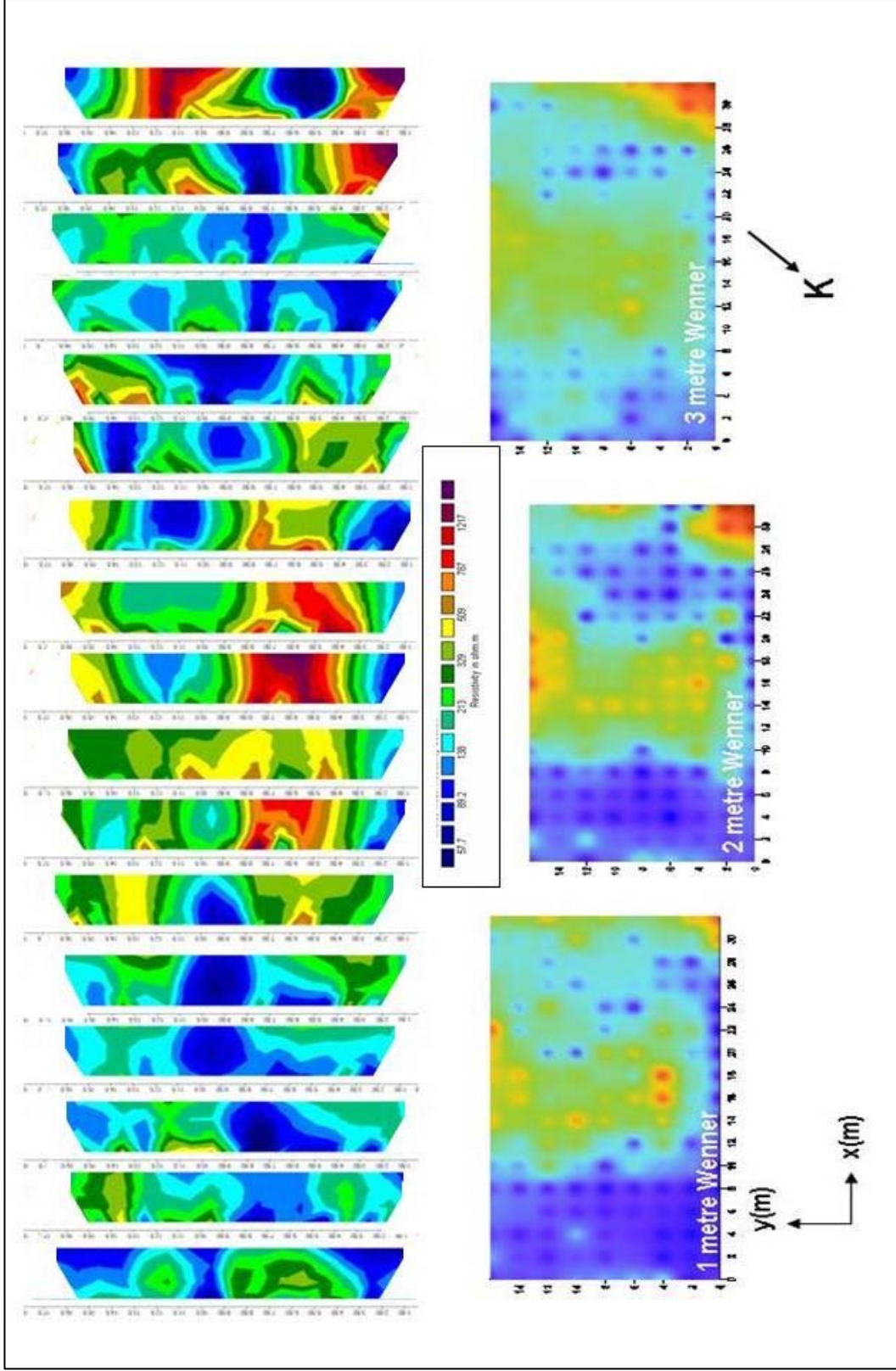
2 boyutlu ters çözümde genel olarak öz direncin x- ve z- yönünde değiştiği ve y- yönünde sabit olduğu kabul edilir. Amaç bu kabule göre oluşturulan 2-B model ağında, ağ bloklarına ait öz direnç değerlerini çözmektir. 2-B ters çözüm için bir doğrultu boyunca ölçülmüş sondaj – profil ölçülerine ihtiyaç vardır. Bilinen 2-B ters çözüm algoritmalarında genellikle dört elektrot kullanılarak ölçülen görünür öz direnç 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 [15, 17]. Candansayar ve Başokur (2001) ise üç elektrot kullanılarak ölçülmüş İki Yönlü Üç Elektrot dizilimi verilerinin birleşik ters çözümünü yapmışlardır [26, 41].

Bu çalışmada, wenner öz direnç dizilimleri için alınan ölçülerin, 2 boyutlu ters çözümlerinin yapılması amacıyla hazırlanan RES2DINV isimli paket program kullanılmıştır. Çalışmaya öncelikle, Wenner elektrot dizilimi ile alınan profil ölçümlerinin verilerinin, programın veri girişine uygun biçime getirilmesiyle başlanmıştır. Uygun biçimde hazırlanan veriler programda okutulmuştur. Wenner profillerinin ters çözümünde ise Smoothness constraint, En küçük kareler yöntemi kullanılmıştır.



Şekil 6.10. Yatay ters çözüm kesitlerinin SURFER Relief haritalarıyla korelasyonu (X ve Y koordinatlarına göre ölçekli çizim yapılmıştır.)



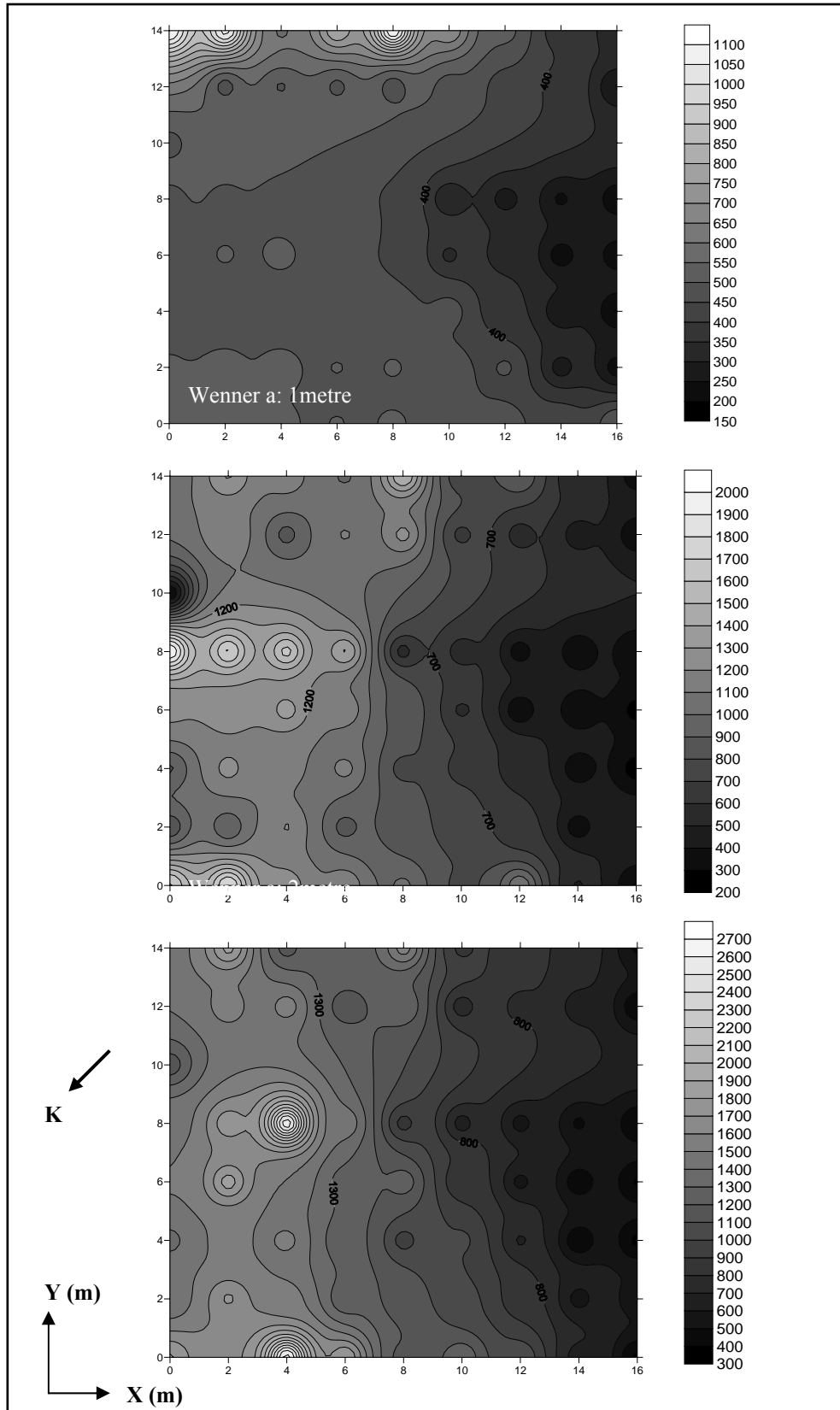
Şekil 6.11 . Düşey ters çözüm kesitlerinin SURFER Relief haritalarıyla korelasyonu (X ve Y koordinatlarına göre ölçekli çizim yapılmıştır r)

6.2.3. Bergaz Tepe “b” bölgesi özdirenç uygulaması

Bergaz Tepe “b” bölgesinde toplam 48 kareyaj (2 metre aralıklı) noktasında toplam 144 adet wenner ölçüm verisi alınarak yorumlanmıştır. Buna göre b bölgesinin birçok kısmında özdirenç değerleri 500–1000 ohm-m civarında çıkmıştır. Bu amaca yönelik olarak Şekil 6.12’de gösterilen çalışma sondajı açılarak ana kayanın jeolojik olarak mermer olduğu tespit edilmiştir. Bu sebeple Bergaz Tepe “b” bölgesi kazı çalışmalarından çıkarılmıştır. Şekil 6.13’de Wenner metoduna göre elde edilen Bergaz Tepe “b” bölgesi özdirenç değerlerinin surfer haritaları verilmiştir. Buna göre Surfer haritalarından elde edilen özirenç değişimleri tamamen anakayanın mermer olmasına ve anakayanın yüzeye yakın olmasından kaynaklanmaktadır.

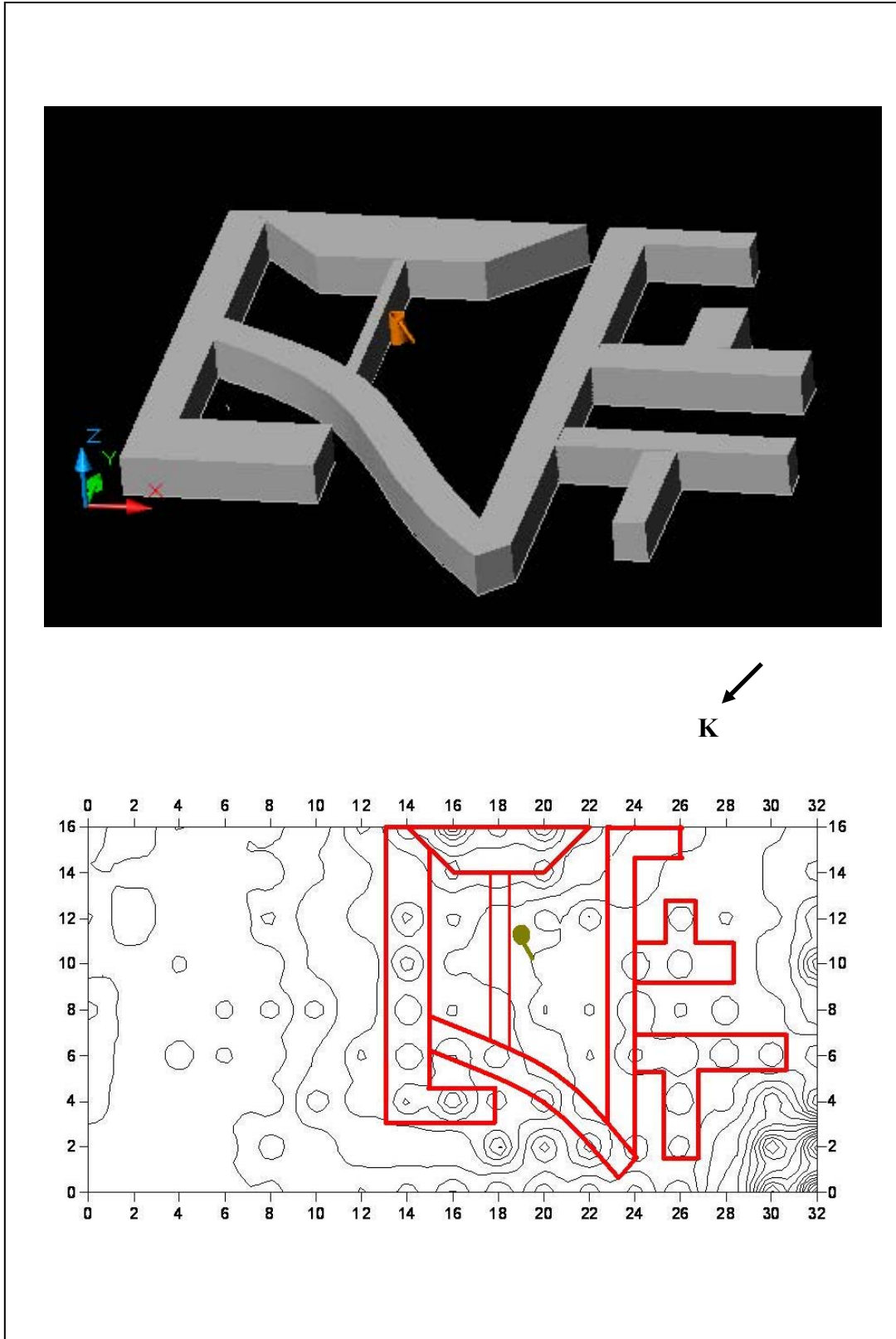


Şekil 6.12. Bergaz Tepe “b” bölgesi anakaya zemini araştırma sondajı (17–18–19–20. nokta kareyaj alanı)



Şekil 6.13. Bergaz Tepe "b" çalışma alanı wenner özdirenç değişim haritaları, değerler nT boyutundadır (a:1,2,3 m. için)

Örenin tarihi coğrafyasının, Ege Denizi kıyısı, ardından doğuya doğru ova ve ovanın hemen arkasından başlayan dağlık alandan oluşması, stratejik ve kültürel önemini artırmaktadır. Burhaniye-Ören’de yeraltında gömülü olduğu düşünülen, Adramytteion Antik Kenti bölgede varolan antik limandan da anlaşılacağı gibi deniz ticaretinin yapıldığı bir liman kenttir. Bölgede yaşlı zeytin ağaçlarının bulunması yağ ticaretinin yapıldığının bir delilidir. Bölgenin tektonik olarak aktif olması sıcak su kaynakların oluşmasına neden olmuştur. Madra Dağlarında bulunan maden yataklarının (Bakır, demir, altın, gümüş, mermer ve kil) işlenerek ticareti yapılmıştır. Bölgede Sıcak su, soğuk su kaynaklarının ve maden yataklarının olması insanların bu bölgeye yerleşmesi için oldukça cazip özelliklerdir. Bu cazibe denizde eklenince Adramytteion Antik şehrinin zengin bir deniz ticaret şehri olduğunu fikrini daha da güçlendirmektedir.



Şekil 6.14 Bergaz Tepe Çalışma Alanı boyutlu (1B-3B) yeraltı görüntülemesi

BÖLÜM 7. SONUÇLAR

Balıkesir-Burhaniye-Ören Mahallesiinde gömülü olduğu düşünölen 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 antik yapıların yıkılması ve tekrar imar edilmesine sebep olmuştur. Burhaniye Ören Mahallesi içinde yer alan inceleme alanı Bergaz Tepe deniz altında kalan antik limanın hemen arkasında yer alan bir tepe olmasının getirdiği stratejik önemi nedeniyle seçilmiştir. Bergaz Tepede gömülü olarak bir antik yapının bulunup bulunmadığı araştırmak amacıyla 2x2 lik 176 adet karelaj oluşturularak bu noktalarda 528 adet jeofizik yöntemlerden elektrik ölçümü yapıldı. Yapılan ölçümlerden elde edilen değerlerden Şekil 6.5, Şekil 6.6, Şekil 6.7'den veri haritaları oluşturuldu. Bu haritalardan ters çözüm yöntemi kullanılarak 6.10 ve 6.11'de gösterilen kesitler elde edildi. Elde edilen verilere göre;

- a) Bergaz Tepe'de yeraltında antik çağa ait bir yapının var olduğu tespit edilmiştir. Bu yapının batıya doğru yani denize doğru daha yoğun bir karakter göstermektedir.
- b) Şekil 6.14'te jeofizik verilerden yararlanılarak oluşturulan Bergaz Tepe'de gömülü olan antik yapının modeli görölmektedir.

- c) Jeofizik verilere göre Bergaz Tepe'de var olduğu düşünölen antik yapı 1 metreden daha az bir derinlikten başlamakta ve 3 metre derinlikte bitmektedir.
- d) Ters çözüm yöntemi ile elde edilen yatay kesitlerden (Şekil 6.10.) ve düşey kesitlerden (Şekil 6.11.) antik yapının varlığı ve derinliği açıkça görölmektedir.

Arkeojeofizik yöntemle yeraltında bulunduğu düşünölen yapının varlığını ispatlamak amacıyla 13 adet 2x2 metrelik arkeolojik sondaj açılmıştır. Sondaj yerleri jeofizik verilerden yeraltında var olduğu düşünölen yapının şeklini çıkarabilecek şekilde dağıtılmıştır. Yapılan bu sondajlar sonucunda;

- a) Yapılan 13 sondajda antik döneme ait yapı duvarları bulunmuştur. Duvarların yanı sıra Roma ve Bizans dönemine ait oldukça fazla keramik parçaları bulunmuştur. Tespit edilip yüzeye çıkartılan antik çağa ait duvarlardan Roma temeli üzerine Bizans duvarları yapıldığı izlenimi vermektedir.
- b) JS4 nolu sondajda çıkan duvarın aks oluşturacak şekilde ilerlemesi ve çalışma alanının doğusunda yer alan antik mezarlar bu yapının bir kilise ya da tapınak olabileceği kanısını oluşturmuştur.
- c) Yapılan sondajlarda bulunan duvarların ve keramik kırıklarının bölgenin yoğun bir savaşa ve yağmalanmaya maruz kalmasından kaynaklanan yapı onarımı geçirmesinden olabileceğini göstermektedir.
- d) Bölgenin tektonik olarak aktif bir yerde olması dolayısıyla antik dönemde büyük depremlere maruz kaldığı bilinmektedir. Bu sebeple deprem sonrası tekrar inşa edilmiş olma ihtimalini ortaya çıkarmaktadır.
- e) JS8 nolu sondajda bulunan cam cürufunun, cam fırınından kopma bir parça olduğu düşünölmüştür. Bu da çalışma alanı Bergaz Tepe'de cam fırını olduğunun bir delilidir.

- f) JS7 nolu sondajda bulunan su dağıtım haznesi bulunan yapının önemli bir yerleşim yeri olduğunu gösterir.

BÖLÜM 8. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bergaz Tepe’de yer alan yapının varlığı bu sondajlarla ispatlanmıştır. Yapının hangi amaçla yapıldığı konusunda yorum yapabilmek için bu alandaki toprak örtüsünün açılması gereklidir. Bu çalışma sonucunda Bergaz Tepe’de bulunan bu yapı Adremyteion 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 kıyı şeridinde bulunan ikinci antik liman yeryüzüne çıkarılmalıdır.
- c) Kıyı şeridine paralel uzanan birçok tepenin arkeojeofizik ve arkeolojik çalışmaları yapılarak yeraltında gömülü olan Adremyteion şehrinin zaman içinde yeryüzüne çıkarılması gereklidir.

KAYNAKLAR

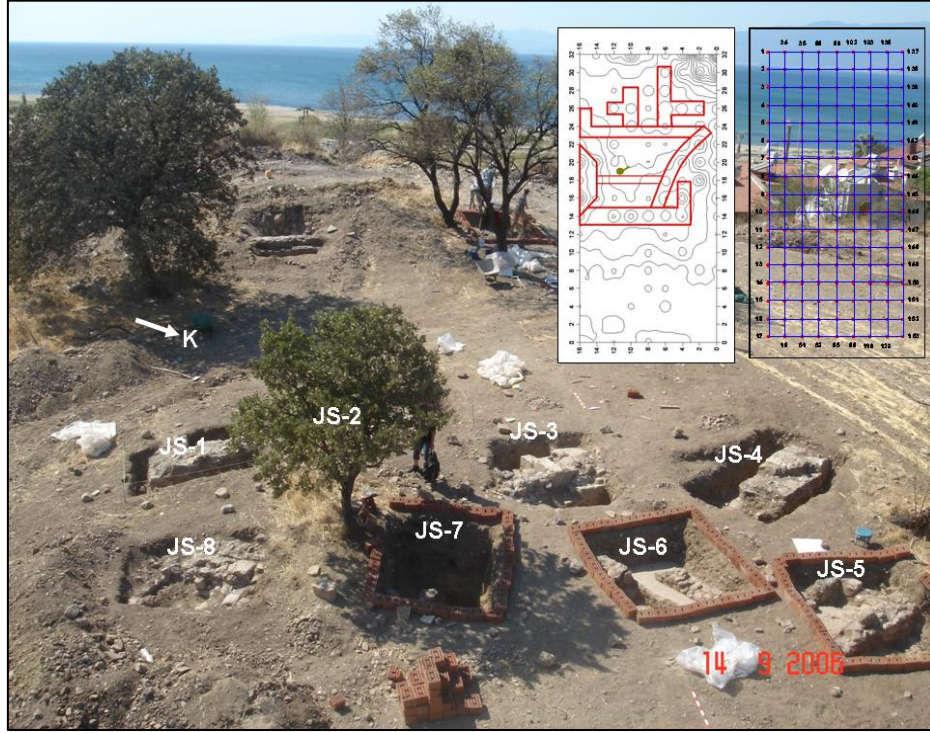
- 1 ÇORUHLU, T., 2004 Yılı Ören (Adramytteion Antik Kenti) Kazı Çalışmaları, 27. *Kazı Sonuçları Toplantısı Bildiriler Kitabı*, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayınları, 2005, p. 229-240.
- 2 DEDEBALI, Z. Balıkesir ili, Burhaniye ilçesi, Ören mevkiinde arkeolojik kalıntıların jeofizik yöntemlerle tespiti, *SAU Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, (Yayımlanmamış), 2007
- 3 SCOLLAR, I., WEITNER, B., SEGETH, K.,. Display Of Archaeological Magnetic Data., *Geophysics*, 1986, Vol. 51, p.623– 633.
- 4 CLARK, A., Seeing Beneath the Soil, *Batsford Ltd*, London, 192 pp, 1996
- 5 LOKE, M. H., BARKER, R. D., Practical techniques for 3D resistivity surveys and data inversion. *Geophysical Prospecting* 44, 499-523,1996
- 6 CARR C., Handbook on soil resistivity surveying, *Center for American Archaeology Press*, 1982, Evanston, IL,
- 7 SARRIS A., JONES R., Geophysical prospection of archaeological sites in the Mediterranean region, *Journal of Mediterranean Archaeology*, 2000, Vol.13
- 8 WEYMOUTH J.W., HUGGINS R., Geophysical surveying of archeological sites. In: *Archaeological Geology*, Yale University Press, New Haven, 1985.
- 9 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.
- 10 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
- 11 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

- 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 BARKER, R. D., Offset system of electrical resistivity sounding and its use with multicore cables. *Geophysical Prospecting* 2, 1981, p:128-143
- 14 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.
- 15 SASAKI, Y., Two Dimensional Joint Inversion of Magnetotelluric and Dipole-Dipole Resistivity Data. *Geophysics*, 1989, Vol. 54, p.254-262
- 16 Lİ, Y., OLDENBURG, D., Approximate inverse mappings in DC resistivity problems. *Geophysical Journal International* 109, 1992, 343-362
- 17 LOKE, M. H., BARKER, R., Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosection by a quasi-Newton method. *Geophysical Prospecting* 44, 131-152.
- 18 WOLKE, R., SCHWETLICK, H., Iteratively reweighted least squares algorithms, convergence analysis, and numerical comparisons. *SIAM Journal of Scientific and Statistical Computations* 9, 907-921
- 19 OLAYINKA, A. I., YARAMANCI, U., Use of block inversion in the 2D interpretation of apparent resistivity data and its comparison with smooth inversion. *Journal of Applied Geophysics* 45, 63-82
- 20 YARAMANCI, A. Keban Projesi Jeofizik Araştırmaları Ön Raporu, 1968 Yaz Çalışmaları, *ODTÜ Keban Projesi Yayınları*, 1970, Seri :1, Yayın : 1, 13-20.
- 21 DRAHOR, M.G., Arkeolojik Alanların Özdirenç ve Doğal Gerilim (SP) Yöntemleri İle Araştırılması, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Doktora Tezi, İzmir, 1993
- 22 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
- 23 VAUGHAN,C.J., Ground – Penetrating Radar Survey Used In Archaeological Investigation, *Geophysics*, 1986, Vol.51, p.595-604,
- 24 WYNN, J.C., Archaeological Prospecting: An Introduction to The Special Issue, *Geophysics*, Vol.51, p.533-537.
- 25 ERCAN A. Kazı Öncesi Arkeolojik Aramalarda Yeraltının Görüntüsünün Çekilmesi, *İdol (Arkeoloji ve Arkeologlar Derneği Dergisi)*, 2000, Ankara.

- 26 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*, C. 15, S. 2, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, Ankara, Eylül 2001
- 27 ARSLAN, S., DARICI, M., KARAHAN, Ç., Türkiye’nin Jeotermal Enerji Potansiyeli, Teskon 2001 *Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri; Temelleri Ve Tasarımı Seminer Kitabı*, TBMMO Makine Mühendisleri Odası Yayını, Yayın No: MMO/2001/270, Ankara 2001
- 28 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
- 29 DRAHOR, M.G., Arkeoloji Jeofiziği: Arkeojeofizik, *Arkeoloji ve Sanat – Vol.8*, 2- 12
- 30 AİTKEN, M.J., Physics and Archaeology, (2.ed.) *Clarendon Press*, Oxford.
- 31 STRABON, Antik Anadolu Coğrafyası (Geographica XII-XIII-XIV), *Arkeoloji ve Sanat Yayınları*, Kanaat Basımevi, 2000, İstanbul.
- 32 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
- 33 ADATEPE, F. M. “Batı Anadolu Kıyılarının Tarihsel Dönem Deprem Etkinliği”, *Deprem Araştırma Bülteni*, 1998, Yıl: 25, Sayı: 76, s: 63-85.
- 34 YILMAZ, Y. “Ege Bölgesinin Aktif Tektoniği”, *Batı Anadolu’nun Depremselliği Sempozyumu*, ISBN 975-585-148-8, s:3-14, 2000 İzmir.
- 35 KETİN, İ. “1/2 500 000 ölçekli Türkiye Tektonik Haritası Hakkında Açıklama (Notice Explicative)”, *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi*, Sayı: 54, s. 1-7, 1960
- 36 BARKA, A. VE KANDISKY-CODE, K. “Strike-Slip Fault Geometry in Turkey and Its Influence on Earthquake Activitiy”, *Tectonics*, 7, pp. 663-684. Bistritschen, K. (1957) *Balıkesir Vilayetindeki Sıcak Su ve Maden Suyu Kaynakları Hakkında Rapor*, MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No: 2622, 1998, Ankara.

- 37 KETİN, İ. “Kuzey Anadolu Fayı Hakkında”, *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi*, Sayı: 72, s. 1-27, 1969.
- 38 BARKA, A., TOKSÖZ, M.N. VE GÜLEN, L., “Kuzey Anadolu Fayının Doğu Kesiminin Segmentasyonu Sismisitesi ve Deprem Potansiyeli”, *Yerbilimleri*, 1987, Sayı: 14, s. 337-352
- 39 KOÇYIĞIT, A. “Çay (Afyon) Depreminin Kaynağı ve Ağır Hasarın Nedenleri: Akşehir Fay Zonu”, *Cumhuriyet Bilim Teknik*, 2002, Sayı: 779, s. 6.
- 40 AYGÜN, M., Burhaniye-Edremit Gömeç (Balıkesir İli) Civarı Trona Prospeksiyon Raporu, *MTA Rapor Arşivi 8154 Nolu Rapor*, 1987
- 41 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

EKLER



EK 1. Çalışma Alanı genel açma görüntüsü



EK 2. JS1 nolu açma görüntüsü



EK 3. JS2 nolu açma görüntüsü



EK 4. JS3 nolu açma görüntüsü



EK 5. JS4 nolu açma görüntüsü



EK 6. JS5 nolu açma görüntüsü



EK 9. JS8 nolu açma görüntüsü



EK 10. JS8 nolu açmadan çıkartılan cam cürufu görüntüsü



EK 11. JS9 nolu açma görüntüsü



EK 12. JS10 nolu açma görüntüsü



EK 13. JS11 nolu açma görüntüsü



EK 14. JS12 nolu açma görüntüsü



EK 15. JS13 nolu açma görüntüsü

ÖZGEÇMİŞ

Fatih Sünbül, 22.09.1980 yılında Sakarya'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini sırasıyla; Ahmet Akkoç İlkokulu, Özel Sakarya Lisesi ve Işık Kolejinde tamamladı. 1999 yılında Kocaeli Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümünü kazandı. 2000 yılında Türkiye ve Japonya tarafından ortak yürütülen "Survey Of Ground Structure In Adapazarı Concentrated Damage Area During 1999 Kocaeli, Turkey Earthquake" bilimsel projesinde 3 yıl görev aldı. 2002 yılında Berlin Teknik Üniversitesi'nde "Interurban" bilimsel projesinde 12 hafta laboratuvar ve arazi çalışmalarında bulundu. 2004 yılında Kocaeli Üniversitesinden mezun olduktan sonra aynı yıl içinde Sakarya Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği'nde yüksek lisans eğitimine başladı ve Araştırma Görevlisi olarak akademik hayata adım attı. Halen Sakarya Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nde bu görevini sürdürmektedir.