

**T.C.  
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AKMONİA ANTİK KENTİNDE (BANAZ-UŞAK)  
BİR JEOFİZİK ARAŞTIRMA**

**Sercan KAYIN**

**Danışman: Doç.Dr. Mustafa Nuri DOLMAZ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
ISPARTA - 2010**

## TEZ ONAYI

Sercan KAYIN tarafından hazırlanan “Akmonia Antik Kentinde (Banaz-Uşak) Bir Jeofizik Araştırma” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Süleyman Demirel Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman :Doç.Dr. Mustafa Nuri DOLMAZ İmza  
Süleyman Demirel Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri :  
Prof.Dr. Mahmut OKYAR İmza  
Süleyman Demirel Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

Yrd.Doç.Dr. Ayça Özcan İmza  
Süleyman Demirel Üniversitesi Arkeoloji Anabilim Dalı

**Prof.Dr. Mustafa KUŞCU**  
**Enstitü Müdürü**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
İÇİNDEKİLER .....	i
ÖZET .....	ii
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vi
SİMGELER DİZİNİ .....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	3
2.1 Çalışma Alanının Konumu ve Tarihçesi .....	3
2.2. Bölgenin Genel Jeolojisi .....	5
2.3. Daha Önce Yapılan Arkeolojik Çalışmalar .....	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	11
3.1. Materyal .....	11
3.2. Manyetik Yöntem.....	13
3.2.1. Yer manyetik alanı ve özellikleri.....	14
3.2.2. Manyetik yöntemin fiziksel esasları ve temel tanımlar .....	15
3.2.2.1. Coloumb kanunu (cgs-emb).....	15
3.2.2.2. Manyetik kutup.....	16
3.2.2.3. Kutup şiddeti.....	16
3.2.2.4. Manyetik alan şiddeti.....	16
3.2.2.5. Manyetik moment.....	17
3.2.2.6. Manyetik akı.....	18
3.2.2.7. Manyetik geçirgenlik (manyetik permeabilite.).....	18
3.2.2.8. Mıknatıslanma şiddeti.....	19
3.2.3. Kayaçlarda kalıntı mıknatıslanma ve türleri.....	20
3.2.3.1. Isıl kalıntı mıknatıslanma (IKM).....	20
3.2.3.2. Çökelme ile kalıntı mıknatıslanma (ÇKM).....	21
3.2.3.3. Kimyasal kalıntı mıknatıslanma (KKM).....	21
3.2.3.4. Eş Isıl kalıntı mıknatıslanma (EIKM).....	21

3.2.3. 5. Viskoz kalıntı mıknatıslanma (VKM).....	21
3.2.4. Manyetik gradient ölçümleri.....	22
3.2.5. Manyetik duyarlılık (süseptibilite) ölçümleri.....	24
3.2.6. Manyetik verilerin kutba indirgenmesi.....	25
3.2.7. Pseudo-gravite (yapma gravite) dönüşümü.....	26
3.2.8. Yapı sınırı analizi.....	28
3.2.9. Analitik sinyal.....	30
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	33
4.1. Manyetik Gradient Ölçümleri.....	37
4.2. Manyetik Duyarlılık (Süseptibilite) Ölçümleri .....	40
4.3. Kutba İndirgeme Yöntemi.....	43
4.4. Pseudo-Gravite (Yapma gravite) Dönüşümü.....	46
4.5. Yapı Sınırı Analizi.....	50
4.6. Analitik Sinyal.....	54
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	58
6. KAYNAKLAR.....	62
ÖZGEÇMİŞ.....	66

## ÖZET

### Yüksek Lisans Tezi

## AKMONIA ANTİK KENTİNDE (BANAZ-UŞAK) BİR JEOFİZİK ARAŞTIRMA

Sercan KAYIN

Süleyman Demirel Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman: Doç.Dr. Mustafa Nuri DOLMAZ**

Çalışma alanı Türkiye'nin batısında bulunan Uşak ili Banaz İlçesinde bulunmaktadır ve Akmonia Antik Kenti olarak da bilinir. Şehrin milattan önce 9. yy. da kurulduğu iddia edilmektedir. Akmonia kurulduğundan beri Sardes Susa ve Persepolis kentlerini birbirine bağlayan Kral yolu üzerinde bulunduğu için ekonomik refah içinde olmuştur.

Ham manyetik veriler yeraltındaki duvar, metal ve seramikler gibi gömülü yapılar için bazı fikirler verse de, yeraltındaki gömülü yapıları daha iyi tanımlamak için manyetik verilere spektral yöntemler uygulanmıştır. Manyetik verilere kutba indirgeme, analitik sinyal, pseudo-gravite (yapma-gravite) dönüşümü ve sınır analizi yöntemleri uygulanmıştır. Uygulanan yöntemler ile analiz edilmiş verilerden birbirinden farklı beş bölgenin haritaları hazırlanmıştır. Üç ayrı alt bölgenin manyetik duyarlılık haritası da hazırlanmıştır.

Sonuç olarak çalışma alanlarında genellikle küçük boyutta gömülü nesnelere tespit edilmiştir. Bu nesnelere dairesel ve eliptik şekillidir. Sadece iki tane dörtgen şekilli nesne tespit edilmiştir. Alan 1' de iki tane eliptik 3 tane de dairesel şekilli nesnelere belirlenmiştir. Alan 2' de iki tane eliptik ve bir tane de dörtgen şekilli nesnelere tespit edilmiştir. Alan 3' te bir tane dairesel bir tanede dörtgen şekilli nesneye rastlanmıştır. Alan 4' te iki tane eliptik ve bir tane de dairesel nesne vardır. Alan 5' te de iki tane dairesel nesne belirlenmiştir. Analizlerden elde edilen sonuçlar yeraltındaki muhtemel arkeolojik nesnelere hakkında bilgiler edinmemizi sağlar.

**Anahtar Kelimeler:** Arkeojeofizik, manyetik veri, analitik sinyal

**2010, 66 sayfa**

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **A GEOPHYSICAL INVESTIGATION IN THE ACOMONIA ANTIQUÉ CITY (BANAZ-UŞAK)**

**Sercan KAYIN**

**Süleyman Demirel University  
Graduate School of Applied and Natural Sciences  
Geophysical Engineering Department**

**Supervisor: Assoc.Prof.Dr. Mustafa Nuri DOLMAZ**

The location of the study area is situated near Banaz-Uşak in the west of Turkey and it is known as an Acmonia Antique City. It is claimed that Acmonia was founded at B.C. IX century by Phrygians. Acmonia had been in a state of economic prosperity since it is located on the "Royal Road" connecting the cities of Sardes, Susa and Persepolis.

Although appearance of the magnetic anomalies gives some ideas about buried objects in the subsurface, the advanced spectral methods were applied to the magnetic data in order to identify subsurface objects such as walls, metals, and burnt ceramics. RTP (Reduction the Pole) transformation, analytical signal, pseudo-gravity transformation and boundary analysis were applied to the magnetic data. Then, the maps of the transformations were constructed from the converted data in the five different regions. Also, susceptibility maps of three subareas were constituted.

As a result, generally small buried objects were identified in the study areas. These objects are elliptical and circular shaped. There are only two rectangular shaped objects in the areas. Two elliptical and three circular shaped objects were determined in the Area 1. Two elliptical and rectangular shaped objects were determined in the Area 2. A rectangular shaped object and a circular shaped object were determined in the Area 3. Two elliptical and circular shaped objects were determined in the Area 4. Two circular shaped objects were determined in the Area 5. The results obtained from the analysis could be getting information about the probable archaeological objects under ground.

**Key Words:** Archaeogeophysics, magnetic data, analytic signal

**2010, 66 pages**

## TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Doç.Dr. M.Nuri DOLMAZ'a teşekkürlerimi sunarım.

Değerli katkılarından dolayı S.D.Ü Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeofizik Mühendisliği bölüm başkanı Sayın Prof.Dr. Mahmut OKYAR ve Jeofizik Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyelerine teşekkür ederim.

Arazi çalışmaları ve literatür taramaları esnasında yardımlarını esirgemeyen Uşak Müze Müdürü Sayın Sabiha PAZARCI'ya ve Uşak Müzesi arkeologlarına teşekkürleri bir borç bilirim.

Arazi çalışmalarında manyetik duyarlılık cihazını kullanmama izin veren Süleyman Demirel Üniversitesi Fizik Bölümü öğretim üyelerinden Prof.Dr. İskender Akkurt'a teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin son aşamasında Araştırma görevlisi olarak çalışmaya başladığım Gümüşhane Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölüm başkanı Yrd.Doç.Dr. Nafiz MADEN ve Bölüm başkan yardımcısı Yrd.Doç.Dr. Serkan ÖZTÜRK'e, gösterdikleri ilgi ve alakadan ötürü teşekkür ederim.

2003-YL-09 No'lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Tezimin ve hayatımın her aşamasında beni destekleyerek yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Sercan KAYIN  
ISPARTA, 2010

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası .....	3
Şekil 2.2. Çalışma alanının topografik haritası .....	4
Şekil 2.3. Uşak ve civarının jeoloji haritası .....	5
Şekil 2.4. Akmonia mozaiklerinden çalınan kısım ve üzerine örtülen örtü .....	9
Şekil 3.1 Proton manyetometresindeki algılayıcının bir kısmı ve algılayıcı içerisindeki bir protona ait topaç hareketi .....	12
Şekil 3.2 Proton manyetometresinin çalışma düzeni .....	13
Şekil 3.3. Yer manyetik alanının bileşenleri .....	14
Şekil 3.4. Manyetik Dipol .....	16
Şekil 3.5. Büyüklüğü $M=P.(2L)$ olan manyetik momentin yönü .....	18
Şekil 3.6. Manyetik yöntemde gradient tekniği ile ölçü alımı .....	23
Şekil 3.7 Manyetik histerezis eğrisi.....	24
Şekil 3.8. Kaynak yapının manyetik belirtisi ile buradan elde edilen yapma gravite belirtisi ve yatay türev büyüklüğü .....	27
Şekil 3.9. Yatay gradientin maksimumlarını bulmada kullanılan grid noktalarının yerlerini gösteren bir örnek .....	29
Şekil 3.10. Analitik sinyal uygulamasının algoritması .....	31
Şekil 4.1. Çalışma alanında manyetik gradient ölçüsü alınan bölgelerin konumları ve alınan profillerin yönleri.....	33
Şekil 4.2. Alan 1'in toplam alan manyetik anomali haritası .....	34
Şekil 4.3. Alan 2'nin toplam alan manyetik anomali haritası .....	34
Şekil 4.4. Alan 3'ün toplam alan manyetik anomali haritası .....	35
Şekil 4.5. Alan 4'ün toplam alan manyetik anomali haritası .....	36
Şekil 4.6. Alan 5'in toplam alan manyetik anomali haritası .....	36
Şekil 4.7. Alan 1'in manyetik gradient haritası .....	37
Şekil 4.8. Alan 2'nin manyetik gradient haritası .....	38
Şekil 4.9. Alan 3'ün manyetik gradient haritası .....	38
Şekil 4.10. Alan 4'ün manyetik gradient haritası .....	39
Şekil 4.11. Alan 5'in manyetik gradient haritası .....	40
Şekil 4.12. Alan 2'nin manyetik duyarlılık anomali haritası .....	41
Şekil 4.13. Alan 3'ün manyetik duyarlılık anomali haritası .....	42



Şekil 4.14. Alan 5'in manyetik duyarlılık anomali haritası .....	42
Şekil 4.15. Alan 1'in kutba indirgenmiş manyetik anomali haritası.....	43
Şekil 4.16. Alan 2'nin kutba indirgenmiş manyetik anomali haritası .....	44
Şekil 4.17. Alan 3'ün kutba indirgenmiş manyetik anomali haritası .....	44
Şekil 4.18. Alan 4'ün kutba indirgenmiş manyetik anomali haritası .....	45
Şekil 4.19. Alan 5'in kutba indirgenmiş manyetik anomali haritası .....	46
Şekil 4.20. Alan 1'in pseudo-gravite anomali haritası .....	47
Şekil 4.21. Alan 2'nin pseudo-gravite anomali haritası .....	47
Şekil 4.22. Alan 3'ün pseudo-gravite anomali haritası .....	48
Şekil 4.23. Alan 4'ün pseudo-gravite anomali haritası .....	49
Şekil 4.24. Alan 5'in pseudo-gravite anomali haritası .....	50
Şekil 4.25. Alan 1'in maksimum gradient haritası .....	51
Şekil 4.26. Alan 2'nin maksimum gradient haritası .....	52
Şekil 4.27. Alan 3'ün maksimum gradient haritası .....	52
Şekil 4.28. Alan 4'ün maksimum gradient haritası .....	53
Şekil 4.29. Alan 5'in maksimum gradient haritası .....	53
Şekil 4.30. Alan 1'in analitik sinyal imaj haritası .....	54
Şekil 4.31. Alan 2'nin analitik sinyal imaj haritası .....	55
Şekil 4.32. Alan 3'ün analitik sinyal imaj haritası .....	55
Şekil 4.33. Alan 4'ün analitik sinyal imaj haritası .....	56
Şekil 4.34. Alan 5'in analitik sinyal imaj haritası .....	57
Şekil 5.1. Alan 1'de gömülü durumda olduğu düşünülen silindirik ve eliptik şekilli yapılar .....	58
Şekil 5.2. Alan 2'de gömülü durumda olduğu düşünülen eliptik ve dörtgen şekilli yapılar .....	59
Şekil 5.3. Alan 3'te gömülü durumda olduğu düşünülen dörtgen ve silindirik yapılar.....	60
Şekil 5.4. Alan 4'de gömülü durumda olduğu düşünülen silindirik ve eliptik şekilli yapılar.....	60
Şekil 5.5. Alan 5'te gömülü durumda olduğu düşünülen silindirik yapılar .....	61

## SİMGELER DİZİNİ

İ	Meyil açısı
D	Sapma açısı
M	Manyetik moment
U	Manyetik potansiyel
V	Gravite potansiyeli
B	Manyetik akı
k	Süseptibilite
$\mu$	Manyetik geçirgenlik
$\rho$	Yoğunluk
J	Mıknatıslanma şiddeti
nT	Yer manyetik alanı siddet birimi (nanotesla)
F	Yer manyetik alanının toplam alan vektörü
z	Derinlik
Z	Yer manyetik alanın düşey bileşen vektörü
H	yer manyetik alanın yatay bileşen vektörü

## 1. GİRİŞ

Yeraltında gömülü durumda bulunan arkeolojik yapı ve kalıntılarının saptanarak; daha sonra arkeolojik kazı planlarının yapılmasına yönelik jeofizik çalışmalar 1900'li yılların ortalarında başlamış ve gün geçtikçe bu yöndeki ilginin artışı ile birlikte arkeojeofizik çalışmaların sayısı Dünyada ve Türkiye'de artarak devam etmektedir. Arkeojeofizik çalışmalar bilimsel ana başlık altında Kongre ve Sempozyum toplantılarında yer alarak Ulusal ve Uluslararası bilimsel dergilerde basılır hale gelmiştir.

Jeofizik yöntemlerin arkeolojik yapı kalıntılarının aranmasına yönelik uygulamaları dünyada "Archaeogeophysics" (Ateş, 2002) ya da "Archaeological Geophysics" (Cott, 2002) gibi isimlerin yanı sıra "Geophysical Survey" (Matias and Almedia, 1992) veya "Geophysical Prospection" (Wynn, 1986) olarak da isimlendirilmektedir. Adlandırmadaki bu farklılık Türkiye'deki uygulamalarda da gözlenmekte ve kimi zaman "arkeojeofizik" kimi zaman da "arkeoloji jeofiziği" terimleri kullanılmaktadır (Kaya, 2006).

Arkeolojik alanlara jeofizik yöntemlerin uygulaması 1940 lı yılların sonlarında Kuzey Amerika ve İngiltere'de görülmeye başlanmıştır. İlk olarak Atkinson 1946 yılında İngiltere'de rezistivite yöntemini kullanmıştır (Atkinson, 1952). Arkeolojik alanlarda manyetik yöntem üzerine ilk araştırma ise 1957 yılında Belshe tarafından proton manyetometresi kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Belshe, 1957). Manyetik yöntem günümüzde de en yaygın kullanılan yöntem özelliğini korumaktadır. Manyetik yöntemi uygulayarak başarılı sonuçlar elde eden araştırmacılar arasında, Weymouth (1986), Matias ve Almeida (1992), Hesse ve Döğer (1993), Tsokas vd. (1994), Marshall (1999), Gaffney vd. (2000), Slater vd. (2000), Ateş vd. (2003), Sarris vd. (2004), Drahor vd. (2005), Bilgili vd. (2005), Drahor (2006), Büyüksaraç vd. (2006) sayılabilir. Akmonia'nın tarihi geçmişi konusunda yapılan kaynak araştırmaları sonucunda detaylı bilgilere ulaşılamamıştır. Dolayısıyla Akmonia'nın tarihi ile ilgili genel bilgiler elde edilmiş ve kısaca özetlenmiştir.

Bu alışmada Uşak ili Banaz ilçesinde bulunan Akmonia Antik kentinin yer altı arkeolojik kalıntılarının manyetik gradient yöntemi ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Manyetik gradient yönteminden elde edilen bulgularla, bölgede gelecekte yapılması planlanan arkeolojik kazı çalışmalarına ışık tutacak bilgiler sağlanmış olacaktır. Böylelikle, yeraltında gömülü yapıların belirlenip ortaya çıkarılmasında kazı maliyetleri de en aza indirgenecektir.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1. Çalışma Alanının Konumu ve Tarihçesi

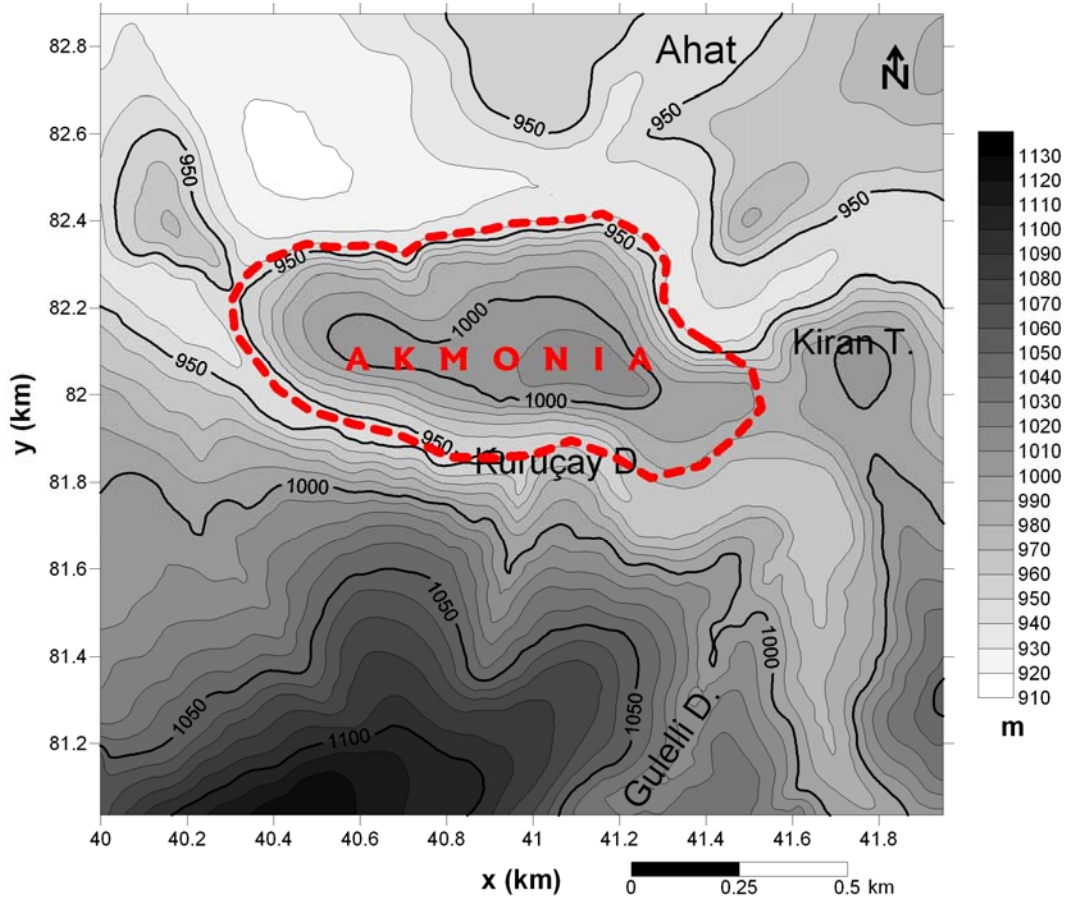
Akmonia şehri, günümüzde Uşak'ın Banaz ilçesinin Ahat Köyü içerisinde Asar mevkiinde (Şekil 2.1 ve 2.2) bulunmaktadır (Ramsay, 1960). Coğrafi olarak Banaz ovasının kuzeydoğusunda ve Burgaz Dağlarının kuzey ucunda kuzeybatıya doğru yerleşmiştir. Akmonia, Banaz ovasının kuzeyindeki ve kuzey doğusundaki şehirlerle bağlantısını sürdürdüğü doğal karayolu üzerinde bulunmaktadır (Ramsay, 1883).



Şekil 2.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası

Akmonia'nın kesin kuruluş tarihi bilinmemekle birlikte MÖ 9. yüzyılda Frig beyleri ya da Lydia Kralı Manes'in oğlu Akmon tarafından kurulduğu tahmin edilmektedir. Dünyada para basma hakkını ilk elde eden kentler arasında yer almaktadır (www.arkitera.com). Şehir, üç tarafı uçurumlarla çevrili olan bir tepe üzerine kurulmuş olup bu uçurum kenarlarına surlar örülmüştür ancak surlar günümüze

kadar sağlam kalamamıştır (Ramsay, 1960). Şehrin kalesi tepede ve korunaklı bir yerdedir. Tepenin eteklerine doğru mezarlar var ise de yüzyıllar süren kaçak kazılar sonucu nerede ise kaybolmuştur. Akmonia şehri etrafındaki diğer yerleşim yerleri ile sıkı ekonomik ilişki içerisinde olmuştur. Bunlardan en önemlileri Susuz Köyü'ndeki Keramon-Agora, Çarık Köyündeki Trajanapolis ile İslam Köy'deki Alia'dır. Aslında Keramon-Agora, Akmonia'nın pazar yeridir ve onun bu anlamda Akmonia ile birlikte tek bir yerleşim ünitesi olarak düşünülmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir (Ramsay,1960). Akmonia, Doğu Roma İmparatorluğunun Roma İmparatorluğuna dönüşmesinin başında yan, erken Bizans çağında başpsikoposluk olmuştur. Kentin Roma imparatorluğu döneminde bastığı birçok madeni para günümüze kadar ulaşmıştır (Umar, 2008).



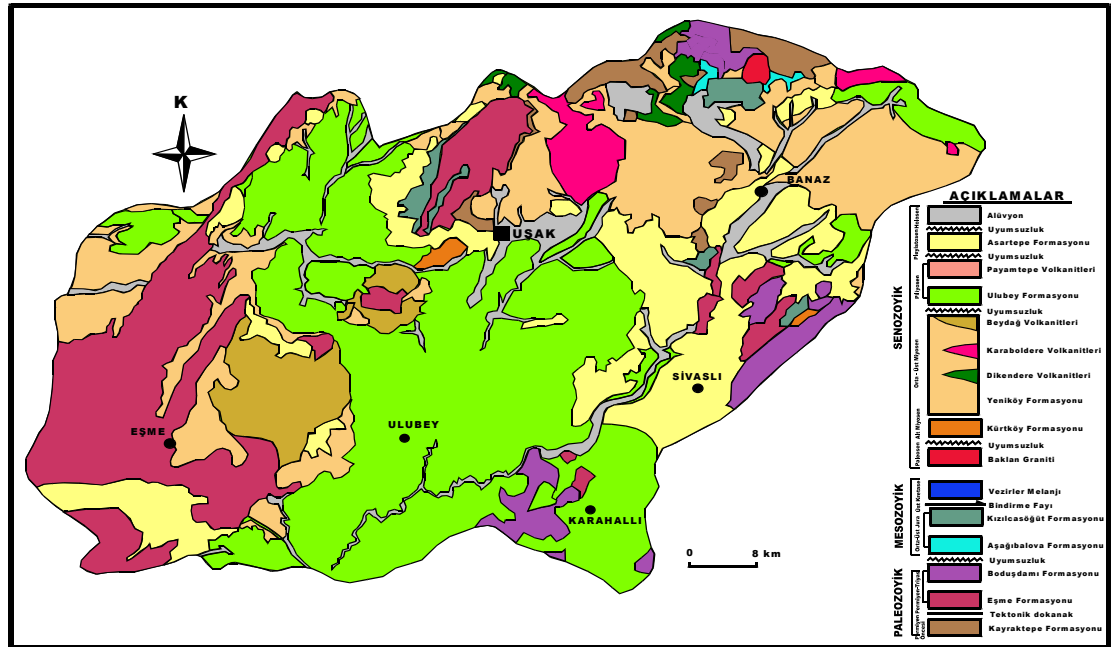
Şekil 2.2. Çalışma alanının topografik haritası

Frigyanın güneybatı sınırında, Lydia bölgesine 5 kmuzaklıkta bulunan Akmonia, çeşitli yolların, özellikle de Pers İmparatorluğu'nun atar damarı olan ve Sardis ile

imparatorluk başkentleri Susa ve Persepolis'i birbirine bağlayan "Kral Yolu" nun üzerinde olması nedeniyle ekonomik yönden refah içinde olmuştur. (www.wikipedia.org).

## 2.2. Bölgenin Genel Jeolojisi

Uşak ve yakın dolayı Menderes Masifinin KD' sında yer alır ve jeolojik açıdan karmaşık bir yapı sunar (Şekil 2.3). Uşak ve yakın dolayının stratigrafik olarak en yaşlı kaya birimlerini Menderes Masifine ait; gnays, şist ve mermerler oluşturmaktadır. Senozoyik yaşlı birimlerin bölgeye yerleşmesi Miyosen boyunca devam etmiş Üst Pliyosen'de sona ermiştir. Bölgeye daha sonra Kuvaterner yaşlı birimler yerleşmiştir (Ercan vd., 1978).



Şekil 2.3. Uşak ve civarının jeoloji haritası (Aysal, 2001)

Pleozoyik yaşlı bu birimlerin yaşının Triyas'a kadar ulaştığı tespit edilmiştir. Menderes Masifine ait bu birimler üzerinde Jura yaşlı meta-kumtaşı, meta-silttaşı ve dolomitik kireçtaşları uyumsuz olarak yer almaktadır. Bu dolomitik kireçtaşları üzerine Üst Kretase' de ofiyolitik bir melanj yerleşmiştir. Bu dönemden sonra masife son şeklini veren metamorfizma ve yersel granit oluşumları gözlenmiştir. Alt Miyosen' de bölge Ege gerilme sisteminin etkisinde kalmış ve bölgede Neojen havzaları ve Neojen volkanitleri gelişmiştir. Daha sonra bölgede gölsel kireçtaşları

çökelmiş ve bu göller kuruyup çekildikten sonra oluşan alüvyal yelpazelerde ve akarsu ortamlarında ise çakıl taşlarının hâkim olduğu karasal çökeller oluşmuştur. Günümüzde ise dere yataklarında alüvyon çökellerinin gelişimi devam etmektedir.

**Kayraktepe Formasyonu :** Gri, kahverengi, iri feldspat ve kuvars porfiroblastları içeren ince taneli gnays ve milonitik gnayslardan oluşmaktadır. Birimin üst kısımlarının tane boyu alt kısımlarına oranla daha küçüktür. Oldukça bol hidrotermal kuvars damarları ile kesilmiştir. Yer yer bantlı, yer yer de gözlü gnays karakterindedir. İçerisinde kalınlığı 50-70 cm. ye kadar değişen koyu yeşil renkli amfibolit bant ve mercekleri içermektedir. Yapılan incelemeler sonucu birimi temsil eden kaya grupları içerisinde; alkali feldspat, plajiyoklas (albit ve oligoklas ), kuvars, muskovit, biyotit, granat, sfen, apatit, klorit ve opak mineraller ( hematit, pirit ) gibi minerallere rastlanılmıştır. Birimin üzerinde yer alan Eşme Formasyonu ile olan dokanağı tektoniktir. Birimin adlandırılması en tipik görüldüğü yer olan Kayraktepe'ye istinaden verilmiştir. Kayraktepe Formasyonu Sivaslı ilçesi KD'sunda Hanoğlu Köyü ve civarında, Sivaslı-Uşak karayolu Yenierice Köyü kuzeyinde gözlenir.

**Eşme Formasyonu :** Menderes Masifinin örtü şistlerinden ve mermer merceklerinden oluşan birim Eşme formasyonu olarak adlanmıştır. Gri, siyahımsı yeşil ve toprağımsı renklerde çeşitli şistlerden oluşan sedimanter kökenli birim içerisinde; granat-şist, biyotit-muskovit-kuvars-grafit-şist, kuvarsit, biyotit-kuvars-muskovit şist, klorit-serizit-şist ve fillitler ile mermer blok ve mercekleri gibi kayaç guruplarına rastlanılmıştır. Eşme formasyonu kapsamında rastlanan şistlerin birincil istifsel ilişkileri yoğun tektonizma nedeniyle oldukça karışmıştır.

Menderes Masifinin örtü şistlerinden ve mermer merceklerinden oluşan bu birim Ercan vd., (1978) tarafından Eşme formasyonu olarak adlandırılmıştır. Eşme formasyonu en tipik olarak Eşme ilçesi ve batısında yayılım gösterir. Ayrıca Sivaslı İlçesi KD' sunda, Eldeniz ve Cinoğlu Köyleri civarında ve de Uşak kuzeyinde yayılım göstermektedir. Uyumlu bir dokanakla Boduşdamı Formasyonuna geçer.



**Boduşdamı Formasyonu :** Genellikle gri, beyaz yer yer mor ve yeşil renkli, ince orta tabakalı yer yer masif görünüşlü ve laminalı mermerlerden oluşmaktadır. İnce çört bant ve yumruları içermektedir. Çört bantlarının kalınlığı 1-5 cm arasında değişmektedir. Çört bantları meso ve mikro kıvrımları ile dikkat çekmektedir. Yersel olarak 50-100 cm kalınlıkta yeşil şist ve kalk şist seviyeleri içermektedir. Mermerler bol kırıklı ve eklemlidirler. Kristal boyutu 1-2.5 mm arasında değişmesine rağmen inceleme alanının doğusuna doğru gidildikçe kristal boyutu 0.1-1 mm ye kadar inmektedir. Uşak ili merkezinin kuzeyinde, Sivaslı ilçesinin doğusunda ve Karahallı ilçesinin batısında geniş alanlarda yayılım göstermektedir.

Tremolit-aktinolit-şist, kalk-şist ve mermerlerden oluşmaktadır. Birimin içinde genellikle yeşil, koyu yeşil ve sarımsı yeşil renklerdeki kalk şist, yeşil renkli tremolit-aktinolit-şistler ile yer yer yeşil-bordo renkli killi şist ara seviyeleri gözlenmektedir. Karbonat oranının yanal yönde artması ile kalkşist-katışıklı mermer ve mermere kadar değişen litolojiler içerir. Bazı kesimlerde birimi diğer mermer düzeylerine ayırtlamak güçtür. Boduşdamı formasyonu üzerine Aşağı Belova formasyonu uyumsuz olarak gelmektedir.

**Aşağıbelova Formasyonu :** Gri, kirli sarı ayrışma renkli, ince- orta tabakalanmalı, yer yer laminalı, düşük dereceli metamorfizma geçirmiş meta-kumtaşı, meta-silttaşı ve rekristalize kireçtaşlarından oluşmaktadır. Rekristalize kireçtaşı düzeyleri çok nadirdir. Genel yapraklanma doğrultusu K 30 D dur. Meso ve mikro kıvrımlar gösterir. Üst seviyelerine doğru karbonat miktarı giderek artar. Formasyon genellikle Murat Dağı civarında yayılım göstermektedir. Üzerine gelen Kızılcasöğüt Formasyonu ile yanal ve düşey geçişlidir.

**Kızılcasöğüt Formasyonu :** Genellikle gri mavimsi yer yer beyaz renkli dolomitik kireçtaşlarının oluşturduğu kısmen ince tabakalı, ince taneli kumtaşı, şeyl veya ince taneli çört bantları kapsar. Bazen tabakalı bazen de masif görünüşlüdür. Tabaka kalınlığı 5-25 cm arasında değişir, çok sık kıvrımlıdır. Yer yer masif ve tabakalı olduğu yerlerde çok kıvrımlı olduğu için kalınlığı kesin olarak tespit edilememiştir. Dolomitik kireçtaşları Vezirler melanji ile tektonik dokanaklı olup Baklan graniti

tarafından kesilmektedir. Baklan granitinin çevresinde kontakt metamorfizma zonu mevcuttur. Bu zonda oluşan kayaçlar genellikle koyu kahve renklidir. Yer yer çeşitli büyüklükte malakit lekeleri taşır. Masif görünüşlü ve ağırdır. Mikroskopik olarak heterojen olup bol kalsit, kuvars, hematit ve diğer opak mineralleri içerir. Uşak civarında Sivaslı kuzeyinde, Kızılcasöğüt Kasabası dolaylarında ve Murat Dağında geniş yayılım göstermektedir.

**Kürtköy Formasyonu :** Bu formasyon altta boyutları 0.1 mm den 500 mm ye kadar değişen ve salt ultramafik kayaç parçalarından oluşan yeşil-bordo renkli tek kökenli ve bunlar üzerinde yer alan kırmızı-kahverengi çok kökenli çakıl taşlarından oluşur. Linyit içermez. Alt Miyosen yaşlıdır. Vezirler melanjı üzerinde uyumsuz olarak yer alır.

**Yeniköy Formasyonu :** Kirli sarı, turuncu renkli, çok kökenli çakıltaşı, kumtaşı, kıltaşı, tüfit ve killi kireçtaşı ardalanmasından oluşur. Menderes nehir ortamında çökelmiştir. Eski kaya kırıntılarının nehir yatağını uygun yerlerinde tabakalı olarak yığılması ile oluşmuştur. Kalınlığı yaklaşık 675 metredir. Yer yer düzlemsel ve tekne şekilli çapraz tabakalanma, oygu-dolgu yapıları, kuruma çatlakları ve akıntı izleriyle, canlı kalıntıları bulunur. Taşkın ovası göllerinde ekonomik linyit oluşukları gözlenir.

Orta-Üst Miyosen yaşlıdır. Bölgede Orta Miyosen Dikendere Volkanitleri ile sona ermiş ve tüflü seviyeler oluşmuştur. Tüflü seviyelerin kalınlığı 5-10 cm.' yi geçmez. Bu da tüfleri oluşturan malzemenin uzaktan geldiğini gösterir. Üst Miyosen Karaboldere Volkanitleri ile sona ermiştir.

**Ulubey Formasyonu:** Kireçtaşı, killi-çakıllı kireçtaşı, yersel kil, kum, silt, tüfit ve linyitli kil düzeyleri içerir. Tabanda çakıllı bir seviye ile başlayıp üste doğru giderek kireçtaşlarının hâkim olduğu bir istif halinde gözlenmektedir.

Genellikle beyaz, açık sarı, açık gri, nadir olarak da bej ve mavi renklidir. Kumlu seviyeleri yeşil ve bordo renklidir. Yatay veya çok az eğimli tabakalıdır. Alt

düzelelerindeki çakılların boyları daha iridir. Üst düzelelerine doğru tane boyu küçölür. Önce karbonatlı kumtaşlarına sonra kumlu kireçtaşı ve kireçtaşlarına geçer. Killi düzelelerinde kripto-kristalen kil mineralleri, kalsit, mika ve kuvars taneleri içerir. İyi çimentolanarak taşlaşmış seviyelerinin yanı sıra zayıf ve gevşek yapılı seviyeleri de mevcuttur. Tabakaların çimentolanma özellikleri yanal ve düşey yönde sık sık değişiklik gösterir. Genellikle ince-orta tabakalıdır. Yer yer laminalı ve yer yer de masif görünüşlüdür. Bazı seviyelerinde silis bant ve yumruları içerir. Pliyosen yaşlıdır. Kalınlığı yaklaşık 225 metredir.

**Asartepe Formasyonu:** Genellikle kızıl ve turuncu, yer yer beyaz ve bej renklidir. 40 cm çapına ulaşan kaba kırıntıların hâkim olduğu az tutturulmuş çakıl taşları genel litolojiyi oluşturur. Ulubey Formasyonu üzerinde uyumsuz olarak yer alır. Örgülü nehir ve alüvyon yelpazesi ortamlarında oluşmuştur. Birim içinde piroklastik katkılar ile üst düzelelerinde ince taneli kumtaşları ve kireçtaşı merccekleri gözlenir. Pleyistosen yaşlıdır. Yuvarlak, yarı yuvarlak çakıllar yakınında bulunan temel kayaçlarına ait birimlerden türemiştir. Kalınlığı 250 metre kadardır. Sivaslı ovasının tamamında ve Ulupınar köyü çevresinde yaygın olarak bulunmaktadır (Aysal, 2001).

### 2.3. Daha Önce Yapılan Arkeolojik Çalışmalar

Arkeolojik açıdan oldukça önemli antik kentler arasında yer alan Akmonia'da, 2000 yılında başlatılan kurtarma kazısında 270 metrekare boyutlarında mozaikle kaplı gymnasium yapısı ortaya çıkarılmıştır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Akmonia mozaiklerinden çalınan kısım ve üzerine örtülen örtü  
(www.wikipedia.org)

Bu alandaki mozaiklerden üzerinde Tanrıça Tyhke betimlemesinin bulunduğu mozaik, Türkiye’de bugüne kadar çıkarılmış tek parça en büyük mozaik olma özelliği taşımaktadır. Uşak Müzesi tarafından kurtarma çalışmaları yapılmış olmakla birlikte, mozaığın bir parçasının hemen çalınmış olması nedeniyle çalışmalar yarıda kalmış, mozaığın üzeri örtülmüştür. Genel olarak Akmonia Antik Kentinde sistemli arkeolojik kazılara hiçbir zaman başlanamadığı söylenebilir. Antik kentten kurtarılabilen ve gün ışığına çıkarılabilen eserlerin bir kısmı Uşak, bir kısmı da Afyon müzelerinde sergilenmektedir (Başgelen, 2000).

Texier, bölgeye yapmış olduğu bir gezide Ahat köyünde bulunan Acmonia’yı Trajanopolis olarak tanımlamış ve Acmonia’nın daha doğuda aranması gerektiğini söylemiştir(Texier, 2002). Ramsay ise Ahat köyünde bulunan kalıntıların Acmonia’ya ait olduğunu belirtmiştir (Ramsay, 1960).

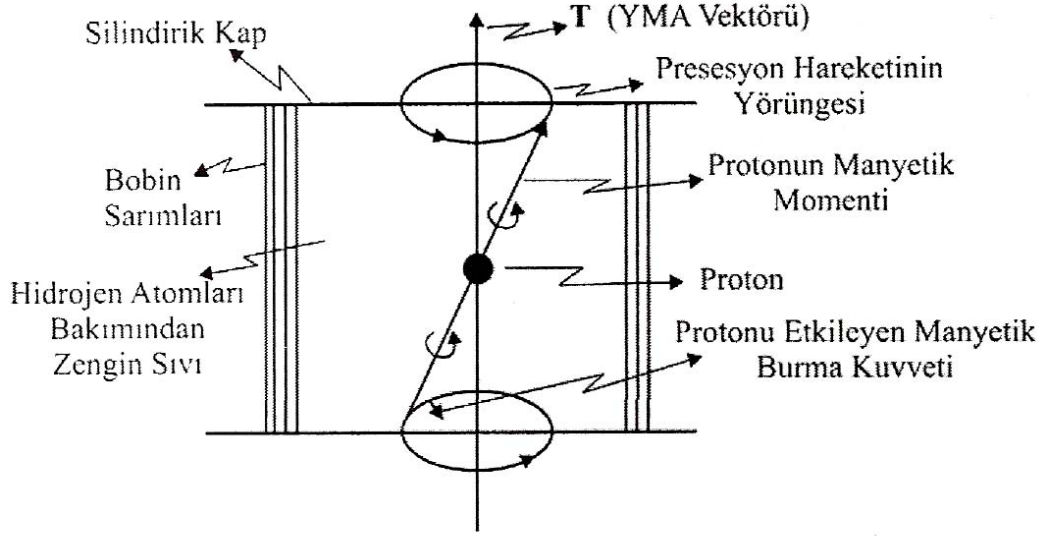
### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Çalışma alanında yapılan manyetik çalışmalar Geometrics G856 marka proton manyetometresi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Proton parçacığının, kuvvetli manyetik alanlar içerisinde, bir topaç hareketi yaptığı bilinmektedir (Şekil 3.1). 1950 yılında, protonun yer manyetik alanı kadar zayıf dış alanlarda da topaç hareketi yaptığı keşfedilmiştir (Sanver ve İşseven, 2007). Bu fizik olayından yararlanarak, zayıf manyetik alanları ölçecek alet teknolojisinin geliştirilmesi 1954'te başarılmıştır (Sanver ve İşseven, 2007).

Hidrojen atomu ile yaklaşık aynı kütleyle sahip olan protonun zayıf manyetik alan içindeki davranışı, uzun ekseni etrafında dönme hareketi yapan bir çubuk mıknatıs benzetilebilir. Böyle bir durumda proton taneciği, mıknatıs özelliği nedeni ile içinde bulunduğu yer manyetik alan vektörünün doğrultusunu almaya çalışır. Diğer yandan, kendi ekseni etrafında yaptığı dönme hareketi nedeni ile gerçekleştirmek istediği yönelmeyi hemen sağlayamaz. Bu nedenle proton taneciği, bulunduğu noktadaki manyetik alan vektörü veya bu noktadan geçen manyetik alan kuvvet çizgisi etrafında topaç hareketi yapmaya başlar

Uygulamada proton manyetometresinde, sözü edilen topaç hareketinin frekansı ölçülür. Proton taneciğinin yapmış olduğu topaç hareketinin frekansı, protonun içinde yer aldığı manyetik alan şiddeti ile doğru orantılıdır. Başka bir deyişle, manyetik alanın şiddeti arttıkça, topaç hareketinin frekansı da büyük olmaktadır.



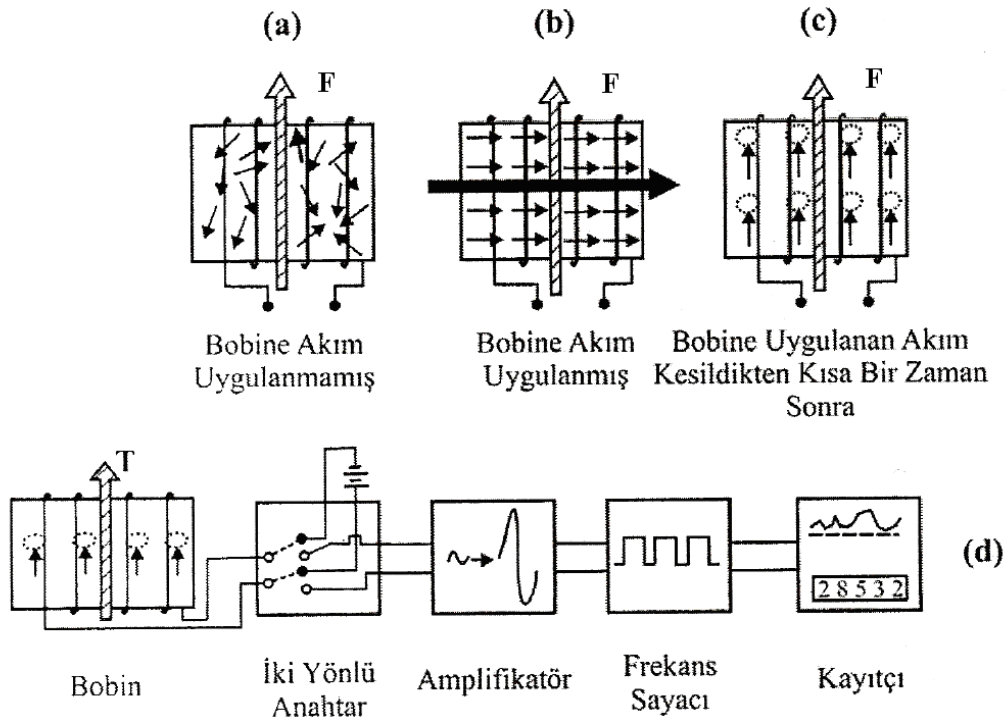
Şekil 3.1. Proton manyetometresindeki algılayıcının bir kısmı ve algılayıcı içerisindeki bir protona ait topaç hareketi (Sanver ve İşseven, 2007)

İstanbul Kandilli Rasathanesi verilerine göre, günümüzde yer manyetik alan vektörünün İstanbul'daki şiddeti  $F \cong 47200$  nT civarındadır.

Bir manyetik ölçüm esnasında, manyetometrenin algılayıcı ünitesinde meydana gelen fiziksel olayları anlatan şema, Şekil 3.2' de verilmiştir. Buradaki algılayıcı, manyetik olmayan malzemeden yapılmış silindirik şekilli bir kap olup, içi benzen, etilalkol, methanol vb. hidrojen bakımından zengin bir sıvı ile doludur. Silindirik kabın dışı, ince tellerden oluşan bir bobin sistemi ile sarılıdır. Bobinden doğru akım geçirildiğinde, sistemde meydana gelen manyetik alan, bobin eksenine doğrultusunda oluşur.

Ölçülmek istenen yer manyetik alan vektörü  $F$ , bobin eksenine diktir. Bobin ekseninin, ölçülmek istenilen alan vektörüne paralel konumda olmaması gerekmektedir. Bobin ekseninin, yer manyetik alan vektörüne dik olması tercih edilse de, bu açının  $30^\circ - 90^\circ$  arasında olması da yeterli görülmektedir. Uygulama esnasında bu koşulun sağlanması çok kolaydır. Çalışma alanındaki kuzey – güney doğrultusunun bilinmesinden dolayı zorluk taşımamaktadır. Dolayısıyla, algılayıcı bobin ekseninin yaklaşık olarak, doğu – batı doğrultusunda yönlendirilmesi, söz

konusu koşulun sağlanması için yeterlidir. Şekil 3.2 de, algılayıcı kabı içerisinde bulunan sonsuz sayıda proton taneciklerinden birinin yapacağı topaç hareketi gösterilmektedir. Ölçüm yapmak üzere, algılayıcı bobin eksenini doğu – batı doğrultusunda iken, Şekil 3.2.(a)’ da gösterildiği gibi ölçülmek istenilen yer manyetik alanı  $F$ , varlığına rağmen, kap içerisindeki proton taneciklerinin her birinin manyetik momenti, gelişi güzel bir doğrultuya yönelmiştir (Sanver ve İşseven, 2007).



Şekil 3.2. Proton manyetometresinin çalışma düzeni.

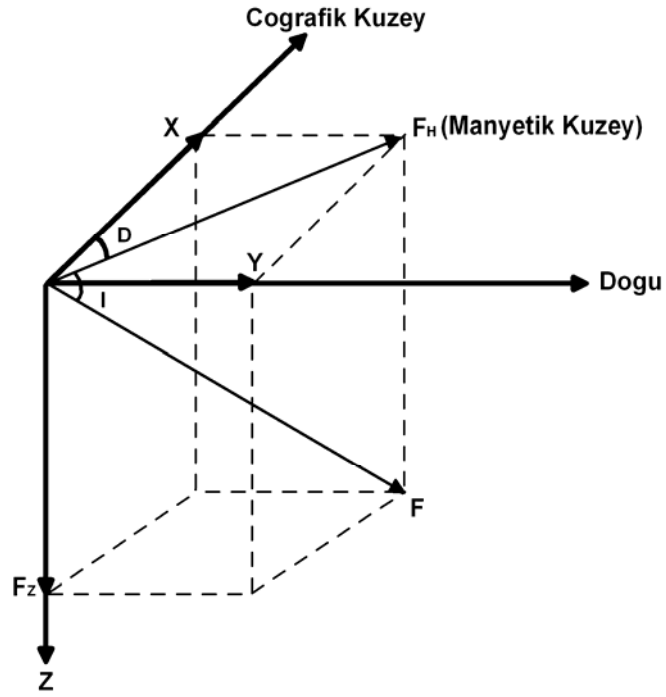
(a) Aletin algılayıcı ünitesindeki protonların manyetik momentlerinin gelişi güzel doğrultudaki gösterimi, (b) Algılayıcıda kuvvetli bir alan oluştuğunda, protonların manyetik momentlerinin uygulanan alan yönünde yönelmesi, (c) Uygulanan alan kaldırıldığında, protonlarda meydana gelen topaç hareketi, (d) Topaç hareketinin frekansına bağlı olarak dış alanın şiddetinin ölçümü (Sanver ve İşseven, 2007)

### 3.2. Manyetik Yöntem

Manyetik yöntemin amacı yerkabuğundaki manyetik özellik sunan yapıların bu özelliklerine dayanarak araştırılmasıdır. Manyetik yöntemde bir cismin manyetik anomali verebilmesi için etrafındaki yapıya göre farklı bir manyetik duyarlılık göstermesi gerekmektedir. Manyetik yöntemde (F, H ve Z) gibi birçok bileşen ölçülebilmektedir. Yöntemin diğer bir özelliği de karadan uygulanabildiği gibi havadan ve denizden de uygulanabilmesidir.

### 3.2.1. Yer Manyetik Alanı ve Özellikleri

Dünya üzerinde herhangi bir noktada ölçülen manyetik alan şiddeti bir vektördür. Bu vektör ise iki bileşen (H ve Z bileşeni) ile iki açı (D ve I açıları) ile tanımlanır (Şekil 3.3). Bu bileşenler arasındaki ilişki aşağıdaki bağıntılar ile verilmiştir (Ateş, 2004).



Şekil 3.3. Yer manyetik alanının bileşenleri

$$x = F_H \cdot \cos D \quad (3.1)$$

$$y = F_H \cdot \sin D \quad (3.2)$$

$$F_H^2 = x^2 + y^2 \quad (3.3)$$

$$F^2 = F_H^2 + F_z^2 \quad (3.4)$$



$$F_z = F_H \cdot \tan(I) \quad (3.5)$$

$$I = \arctan \frac{F_z}{\sqrt{x^2 + y^2}} \quad (3.6)$$

$$D = \arcsin \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}} \quad (3.7)$$

Burada;

F toplam bileşen, H yatay, Z düşey bileşendir. D sapma açısı ve I meyl açısıdır.

D sapma açısı coğrafik kuzey ile manyetik kuzey arasındaki açıdır. Kuzeyden doğuya doğru ölçüldüğünde pozitif, kuzeyden batıya doğru ölçüldüğünde ise negatiftir. I meyl açısı yatay bileşen ile toplam bileşen arasındaki açıdır. Eğer ucu aşağıya doğru ise işareti pozitif ve ölçümün yapıldığı yer kuzey yarım küredir. Eğer I meyl açısının ucu yukarı doğru ise işareti negatif ve ölçümün yapıldığı yer güney kutbunda yer almaktadır.  $I = 0^\circ$  olduğu yer manyetik ekvator olarak isimlendirilir ve bazen coğrafik ekvatorun üstünden bazen de altından geçer.  $I = \pm 90^\circ$  olduğu yerler manyetik meyl kutbu olarak adlandırılır.

Yer manyetik alan şiddetindeki değişim nanoTesla (nT) olarak ifade edilir.

1 nT =  $10^{-9}$  Tesla, ayrıca 1 nT =  $10^{-5}$  Gauss olarak da belirtilebilir (Ateş, 2004).

### 3.2.2. Manyetik Yöntemin Fiziksel Esasları ve Temel Tanımlar

#### 3.2.2.1. Coloumb Kanunu (cgs-emb)

Manyetik kuvvet şekil olarak Newton kanununa çok benzeyen Coloumb Kanunu yardımı ile tanımlanabilir.

$$F = \frac{P_1 \cdot P_2}{\mu \cdot r^2} \cdot r_1 \quad (3.8)$$

Burada;

$P_1$ ve $P_2$	: manyetik kutupların şiddeti
$r$	: kutuplar arasındaki mesafe (cm)
$r_1$	: yönü $P_1$ den $P_2$ ye olan birim vektör ( $P_1$ kutbu etki eden, $P_2$ kutbu etkilenen kutup olarak düşünülmüştür.)
$F$	: $P_2$ kutbu üstüne etki eden manyetik kuvvet
$\mu$	: Manyetik kutupların içinde bulunduğu ortamın manyetik geçirgenliği (Havanın manyetik geçirgenliği $\mu = 1.0$ ) ( Sanver ve İşseven, 2007).

### 3.2.2.2. Manyetik Kutup

Mıknatısın çekme özelliği, uçlarına yakın bölgelerde toplanmıştır ve bu özel bölgelere manyetik kutup adı verilmektedir(Şekil 3.4). Manyetik kutuplar mıknatısın uçlarında, mıknatıs boyunun 1/12'si kadar olan bir bölgede bulunmaktadır.



Şekil 3.4. Manyetik Dipol

### 3.2.2.3. Kutup Şiddeti

Kendisinden 1 cm uzaklıkta bulunan ve aynı şiddete sahip bir kutba 1 dyn'lik bir kuvvet uygulayan kutba birim kutup adı verilmektedir. Buna göre kutup şiddeti, bir kutbun kendisinden 1 cm uzakta bulunan bir birim kutba uyguladığı kuvvete eşittir.

### 3.2.2.4. Manyetik Alan Şiddeti

Uygulamada bir kutbun kendisinden uzak bir noktada oluşturduğu manyetik çekme veya itme kuvveti yerine kutbun o noktadaki oluşturduğu manyetik alanın şiddetini kullanmak daha doğru olur.

Bir kutbun bir noktadaki oluşturduğu alanın şiddeti, o kutbun göz önüne alınan noktada bulunduğu var sayılan +1 şiddetindeki bir kutba uyguladığı çekme veya itme kuvvetinin büyüklüğü olarak ifade edilir. Manyetik alan vektörünü  $H$  ile gösterecek olursak;

$$H = \frac{P_1 \cdot 1}{\mu r^2} \cdot r_1 \quad (3.9)$$

olur. Bu bağıntıya göre en genel halde  $P_1$  şiddetindeki bir kutbun,  $P_2$  şiddetindeki bir kutbun bulunduğu noktada oluşturacağı manyetik alan şiddeti;

$$H = \frac{F}{P_2} \quad (3.10)$$

olarak bulunur. Emb (cgs) birimler sisteminde alan şiddeti birimi dyn/birim kutup yani Oersted'dir. Oersted, gerek yer manyetik alan ölçümlerinde gerekse manyetik alan ölçümlerinde genel olarak büyük bir alan şiddetini ifade eder. Bu nedenle uygulamada manyetik alan şiddeti birimi olarak Gamma ( $\gamma$ ) tercih edilir. Geçmişte araştırmacılar 1.0 Oe şiddetindeki bir manyetik alanın  $10^5 \gamma$ 'ya eşit olduğunu kabul etmişlerdir. Buna göre yeryüzündeki bir noktada 0.497 Oe'lik bir manyetik alan şiddeti ölçülmüşse, aynı alan 49700  $\gamma$  olarak ifade edilir.

Manyetik alan şiddeti cgs-emb birim sisteminde, hepsi birbirine eşit olan aşağıdaki birimlerle ifade edilebilir;

- Dyn/birim kutup
- Oersted
- 1 cm<sup>2</sup>'lik yüzeyden geçen kuvvet çizgilerinin sayısı
- cm<sup>2</sup> başına Maxwell (Maxwell, cgs-emb sisteminde manyetik akı birimidir)

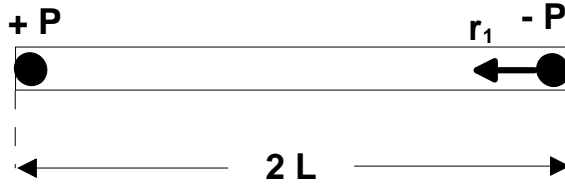
(Sanver ve İşseven, 2007).

### 3.2.2.5. Manyetik Moment

+P ve -P şiddetinde kutupları olan ve kutupları arasındaki uzaklık 2L olan bir çubuk mıknatısın manyetik momentini;

$$M = P.L.r_1 \quad (3.11)$$

olarak ifade edilir (Şekil 3.5). Burada " $r_1$ " birim vektördür ve yönü "-P" kutbundan "+P" kutbuna doğrudur. Cgs-emb sisteminde manyetik momentin birimi "kutup şiddeti x cm" veya "kutup-cm" dir.



Şekil 3.5. Büyüklüğü  $M=P.(2L)$  olan manyetik momentin yönü

Mıknatıslanabilme özelliği olan her cismin eşit büyüklükte biri pozitif diğeri negatif iki kutbu vardır. Bundan dolayı manyetik moment, göz önüne alınan cismin manyetik özelliklerini yansıtan fiziksel bir büyüklüktür (Sanver ve İşseven, 2007).

### 3.2.2.6. Manyetik Akı

Mıknatıslanma özelliği olan bir cisim bir manyetik alan içerisine konulduğunda mıknatıslanır. Bunun sonucunda cisim içerisinde akı oluşur. Diğer bir deyişle indüksiyon çizgilerinin sayısı olarak da ifade edilir. Mıknatıslanabilen bir cisimdeki akının cismin ucundaki A kesitinin birim yüzölçümü başına düşen akıya “akı yoğunluğu” veya “manyetik indüksiyon” adı verilir ve

$$B = \frac{\Phi}{A} \quad (3.12)$$

olarak tanımlanır. Burada;

B: akı yoğunluğu

$\Phi$ : manyetik akı

A: cismin kesitidir (Akçığ ve Pınar, 1994).

### 3.2.2.7. Manyetik Geçirgenlik (manyetik permeabilite)

Manyetik alan içerisine sokulan bir maddenin içinde manyetik alan doğrultusuna dik  $1 \text{ cm}^2$ 'lik yüzeyden geçen kuvvet çizgileri sayısına oranına manyetik geçirgenlik denir ve  $\mu$  simgesi ile gösterilir.

$$\mu = (\phi/A)/H = B/H \quad (3.13)$$

şeklinde ifade edilir. Burada “A” maddenin manyetik alana dik doğrultudaki kesiti, “H” ise dış alanın şiddetidir (yani; hava içinde manyetik alan doğrultusuna dik 1 cm<sup>2</sup>’lik yüzeyden geçen manyetik alan kuvvet çizgilerinin sayısıdır). (3.13) eşitliği  $B = \mu.H$  şeklinde de yazılabilir, yani bir manyetik alan (H) içerisinde bulunan maddenin manyetik akı yoğunluğu ( $B = \mu.H$ ), maddenin manyetik geçirgenliği ile dış alan şiddetinin çarpımına eşittir. Yani maddenin manyetik geçirgenliği içerisinde bulunduğu dış alanın şiddetine bağlı olarak değişmektedir. Cgs-emb sisteminde manyetik geçirgenliğin boyutu “Gauss/oersted” dir. Boşluğun manyetik geçirgenliği ( $\mu_0$ ) aşağıda verilen formlarda ifade edilebilmektedir.

$$\begin{aligned}\mu_0 &= 4\pi 10^{-7} \text{ Weber / Amper-metre} \\ &= 12,57 \times 10^{-7} \text{ Weber / Amper-metre} \\ &= 12,57 \times 10^7 \text{ Henry / metre} \\ &= 1 \text{ Gauss / Oersted}\end{aligned}$$

### 3.2.2.8. Mıknatıslanma Şiddeti

Mıknatıslanabilen bir cisim manyetik bir dış alan içerisine sokulduğunda “indüksiyon mıknatıslanması” (etki ile mıknatıslanma) adı verilen bir mıknatıslık kazanır. İndüksiyon mıknatıslanmasının yönü manyetik olan dış alanın yönü ile aynıdır. Dış alanın şiddeti o maddeye ait belirli bir alan şiddetine doğru arttıkça, indüksiyon mıknatıslanmasının şiddeti de artar. Dış alan cismin içerisinde var olduğunu düşünebileceğimiz, yönlendirme bakımından farklı direnme gücüne sahip dipollerin kendi yönünde dizilmesini sağlar. Mıknatıslanma şiddeti (bazen manyetik polarizasyon şiddeti olarak ta adlandırılır) J vektörü ile gösterilir. J vektörünün büyüklüğü, cismin birim hacmi başına düşen manyetik momentin büyüklüğüne eşittir. Bu durumda;

$$J = \frac{M}{V} \quad (3.14)$$

Yazılabilir. J vektörünün yönü ve büyüklüğü madde içerisinde aynı ise madde “üniform olarak mıknatıslanmış” denilir.

Doğada mıknatıslanma özelliği olan kütlelerin (kayaçların) teorik anlamda üniform mıknatıslanmış olduğundan söz etmek doğru değildir. Genellikle bir kayaç kütlesi içerisinde farklı bölgelerde J vektörünün şiddeti değişir. Değişiklik daha küçük oranlarda olsa bile J vektörünün yönü de değişir. Bununla birlikte;

- a) Yer altında ve yeryüzünde bir kayaç kütesinin çeşitli bölgelerinde J vektörünün yön ve şiddetindeki değişimler bilinmediğinden,
- b) J vektörünün değişimleri bilinse bile, hesaplamalar çok karmaşık olduğundan

bazı hataların yapılmış olacağı önceden kabul edilerek kayaç kütesinin üniform mıknatıslanmış kabul edilir (Sanver ve İşseven 2007).

### **3.2.3. Kayaçlarda Kalıntı Mıknatıslanma Ve Türleri**

Bir kayacın mıknatıslanması iki türlü oluşur. Biri indüksiyonla mıknatıslanma diğeri de kalıntı mıknatıslanmadır. İndüksiyonla mıknatıslanma uygulanan manyetik alan yönündedir ve şiddeti de bu alanın şiddeti ile orantılıdır. Manyetik haritalar değerlendirilirken, genellikle, mıknatıslanmanın indüksiyon sonucu olduğu düşünülür ve yer manyetik alanına paralel olarak alınır. Çoğu zaman kalıcı mıknatıslanma yer manyetik alanına paralel değildir ve daha şiddetlidir. Bu sebeple bu kabulleri yaparken çok dikkatli olmak gerekir.

Kalıcı mıknatıslanma manyetik histerezisin bir özelliğidir. Birbirinden farklı birçok olayın ayrı ayrı veya birleşiminden kaynaklanabilir. Kalıntı mıknatıslanma ile ilgili olarak en önemli fiziksel özellik; bir kalıcı mıknatıslanmayı değiştirebilmek için gerekli olan manyetik alan şiddeti olarak tanımlanan koersif kuvvettir (Ergin, 1973). Başlıca kalıntı mıknatıslanma çeşitleri şunlardır.

#### **3.2.3.1. Isıl Kalıntı Mıknatıslanma (IKM)**

Magmatik kayaçların kalıcı mıknatıslanmaları bu yolla olur. Magmatik kayacın kaynağı olan magma yüksek sıcaklıklardan itibaren soğurken, sıcaklık, kayacın içerisinde bulunan ferromanyetik daneciklere ait Curie sıcaklığının altına düşmeye başladığında, kayaç, içinde bulunduğu yer manyetik alanın yönünde kalıcı

mıknatıslanma kazanır. Böylece kayaç kazandığı kalıcı mıknatıslanmayı milyarlarca yıl koruyabilir. Kazanılan ısı kalıcı mıknatıslanmanın şiddeti, dış alanın şiddetine, ferromanyetik daneciğin kimyasal yapısına, bağl bolluğuna ve dane boyutuna bağlıdır (Sanver ve İşseven, 2007).

### **3.2.3.2. Çökeltme İle Kalıntı Mıknatıslanma (ÇKM)**

Eğer çok küçük dane boyutuna sahip ferromanyetik danecikler bir durgun su havzasında ortamda zaten var olan yer manyetik alanının yönlendirici etkisi altında yavaş yavaş çökelerlerse, yer manyetik alanı doğrultusunda kalıcı mıknatıslanmış olur. Durgun su havzasında oluşan killerin ve derin okyanus tabanlarını kaplayan çökellerin sahip olduğu kalıntı mıknatıslanmanın sebebi çökeltme ile kazanılmış kalıcı mıknatıslanmadır (Sanver ve İşseven, 2007).

### **3.2.3.3. Kimyasal Kalıntı Mıknatıslanma (KKM)**

Eğer yer manyetik alanı etkisinin fazla olduğu bir yerde manyetik bir daneciğin hacmi yavaş yavaş büyürse ya da belirli kimyasal birleşime sahip bir dane yavaş yavaş oksitlenerek yeni bir madde oluşturuyorsa, bu yeni oluşan maddenin kazandığı mıknatıslanmaya kimyasal kalıcı mıknatıslanma denir. Kırmızı kum taşları bazı kalkerler ve düşük sıcaklıklarda metamorfizma geçirmiş olan metamorfik kayaçlar bu gruba girer (Sanver ve İşseven, 2007).

### **3.2.3.4. Eş Isıl Kalıntı Mıknatıslanma (EIKM)**

Bir madde bir dış alan içerisinde belli bir sıcaklık altında kaldığında kazandığı kalıcı mıknatıslanmaya denir. Doğada yıldırımların çok olduğu bölgelerde bulunan kayaçlar eş ısı kalıntı mıknatıslanma kazanırlar. Eş ısı kalıntı mıknatıslanma ile mıknatıslanan kayaçlar doğada çok küçük bir alan kaplarlar(  $\sim 100 - 200 \text{ m}^2$ ) (Sanver ve İşseven, 2007).

### **3.2.3.5. Viskoz Kalıntı Mıknatıslanma (VKM)**

Kalıntı mıknatıslanmasını daha önce yukarıda açıklanan mıknatıslanma türlerinden biri vasıtasıyla kazanmış bir kayacın yer manyetik alanı içerisinde uzun süre kalması sebebiyle kayaç tarafından kazanılan ikincil mıknatıslanmaya denir. Viskoz kalıntı

mıknatıslanmanın şiddeti ile zaman parametresi arasındaki ilişki logaritmiktir. Kayaçlar aynı zaman süresi içinde daha sıcak bir ortamda Viskoz kalıntı mıknatıslanma kazanılan VKM hem daha şiddetli hem de daha kalıcı olur. Küçük daneli kayaçlar büyük daneli kayaçlara göre daha kolay VKM kazanırlar(Sanver ve İşseven, 2007).

Yer kabuğunda yer alan ve mıknatıslanma özelliğine sahip bir kayacın mıknatıslanma vektörü (J);

$$J = J_k + J_{ind} \quad (3.15)$$

olarak yazılır.  $J_k$  ve  $J_{ind}$  sırası ile kayacın kalıntı mıknatıslanması ve indüksiyon mıknatıslanması vektörlerini gösterir.  $J_{ind} = k.H$  (H = yer manyetik alanı vektörü) olduğundan;

$$J = J_k + k.H \quad (3.16)$$

yazılabilir. Manyetik çalışmalarda kullanılabilen  $J_k$ 'nin büyüklüğü Konisberger Oranı olarak tanımlanan aşağıdaki bağıntıdan yararlanılarak verilebilir (Sanver ve İşseven, 2007).

$$Q_k = J_k / k.H = J_k / J_{ind} \quad (3.17)$$

#### 3.2.4. Manyetik Gradient Ölçümleri

Fiziksel bir büyüklüğün, belirtilen bir doğrultuda, birim uzunluk başına karşılık gelen değişim miktarına gradyan ya da gradient adı verilir. Değişimi araştırılan fiziksel büyüklüğün adı ve değişimin araştırıldığı doğrultu adı ile birlikte kullanılır, örneğin yer manyetik alanı düşey bileşeninin düşey gradienti gibi. Havada yapılan gradient ölçümlerinde YMA'nın toplam alan vektörünün (F) düşey doğrultudaki gradienti ölçülür. Karada yapılan prospeksiyon amaçlı çalışmalarda ise YMA'nın toplam alan vektörünün (F) ve düşey bileşeninin (Z) düşey doğrultudaki gradienti ölçülür (Şekil 3.6).



Uygulamada toplam alan ( $F$ ) ve düşey bileşen ( $Z$ ) nin, düşey doğrultudaki gradientleri  $\Delta F/\Delta Z$  ve  $\Delta Z/\Delta z$  ölçülür. Bu ölçümler yapılırken, aynı bir düşey doğrultu üzerinde birbirinden “ $\Delta z$ ” kadar uzaklığa yerleştirilmiş iki alet aynı anda “ $F$ ” veya “ $Z$ ” değerini ölçer ve bu değerleri hafızasına kaydeder. Sistemde  $\Delta z$  uzaklığı tanımlandığından, alet iki eş zamanlı ölçümün farkını alır ve düşey gradienti hesaplar. Buradan anlaşılır ki, düşey gradient ölçmelerinin ilk şartı, kullanılan iki aletin duyarlılığının birbirinin aynı olması ve aletlerin birbirine göre iyi kalibre olması gerekir.



Şekil 3.6. Manyetik yöntemde gradient tekniği ile ölçü alımı

Manyetik gradient ölçümleri, yer manyetik alanının günlük değişimi, seküler değişimi ve yer manyetik alanının esas kısmının değişimlerinden etkilenmediği gibi, geniş alanlar kaplayan bölgesel anomalilerden de etkilenmez. Dolayısıyla, gradient ölçümleri yerel anomalilere karşı çok hassastır. Anomali dizilimlerini kolayca görünür hale getirir ve bölgesel litoloji ile anomalilerin ilişkilendirilmesi daha kolay sağlanır (Sanver ve İşseven, 2007).

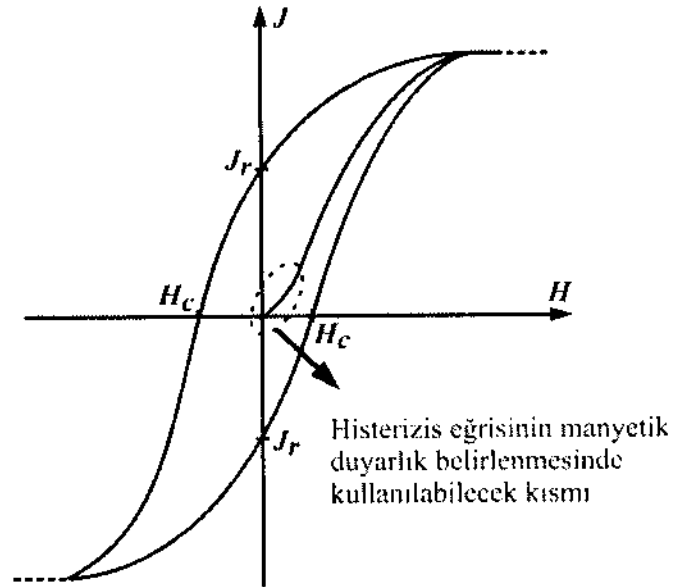
### 3.2.5. Manyetik Duyarlılık (Süseptibilite)

Manyetik duyarlılık maddenin bir dış alan içinde mıknatıslanma kazanabilme yeteneğinin bir ölçüsüdür ve “k” simgesi ile gösterilir. Bir kütlenin birim hacmi içinde bulunan dipoller, şiddeti yavaş yavaş arttırılan dış alanın yönüne ne kadar çok sayıda ve çabuk yönlenebilirse kütlenin manyetik duyarlılığı o kadar büyük olur. Manyetik duyarlılık;

$$k = \frac{J}{H} \quad (3.18)$$

ile ifade edilir. Burada H: dış alan, J ise mıknatıslanma şiddetidir. Manyetik duyarlılık gerek SI, gerekse cgs-emb birim sistemlerinde birimsizdir.

Yer manyetik alanın ortalama şiddeti 0.01 Oe olduğundan ve yeraltında bulunan kütleler böyle zayıf bir alan içerisinde indüksiyon mıknatıslanmalarını kazandıklarından kullanabileceğimiz manyetik duyarlılık değeri manyetik histerezis eğrisinin 1.0 Oe ve daha küçük değerlerine karşılık gelen kısmından hesaplanmalıdır (Şekil 3.7) (Sanver ve İşseven, 2007).



Şekil 3.7. Manyetik histerezis eğrisi (Sanver ve İşseven, 2007)

### 3.2.6. Manyetik Verilerin Kutba İndirgenmesi

Aynı fiziksel özelliğe sahip iki cismin buldukları konumda gravite ve manyetik belirtileri farklıdır. Manyetik belirtilerin yorumlanma aşamasında cisim ile anomali arasında açıkça bir ilişki gözlenmemektedir. Bunun sebebi, anomalinin maksimumunun cismin düşeyinde bulunmamasından kaynaklanmaktadır (Blakely, 1995).

Baranov ve Naudy (1964), mıknatıslanma vektörünün toplam yer manyetik alan vektörü yönünde olduğunu kabul ederek, toplam ve düşey manyetik belirtilerin kutba indirgenmiş belirti ve türevleri arasındaki ilişkileri göstermiş, yarı sonsuz düşey bir prizmanın ve kürenin meydana getirdiği belirtilere uygulayarak doğruluğunu kanıtlamıştır.

Gravite (U) ve manyetik (V) potansiyelleri arasındaki ilişki Poisson bağıntısı;

$$-\vec{J} \cdot \overrightarrow{Grad} U = f \cdot \sigma \cdot V \quad (3.19)$$

ile ifade edilir. Bu bağıntı yazılırken yapılan tek varsayım anomaliyi veren bozucu kütlelerin gravite ve manyetik bakımından homojen olmasıdır.

$$|J| = f \cdot \sigma \quad (3.20)$$

Burada;  $\vec{J}$  cismin mıknatıslanma vektörü, f gravitasyon sabiti ve  $\sigma$  ise yoğunluğu göstermektedir. Ayrıca V toplam mıknatıslanma yönünde birim vektör olmak üzere,

$$\vec{J} = |J| \cdot \vec{V} \quad (3.21)$$

olarak ifade edileceğinden;

$$V = \vec{V} \cdot \overrightarrow{Grad} U = \frac{\partial U}{\partial V} \quad (3.22)$$

bağıntısı elde edilir. (3.20) denklemi, anomali cisminin dışında bir noktada oluşturacağı gravite ve manyetik potansiyeller arasındaki bağıntıyı vermektedir.

Ancak  $|J|/f.\sigma = 1$  varsayımı yapıp, (3.22) bağıntısı bulunduktan sonra, U potansiyelinin anlamı değişmektedir. Herhangi bir doğrultuya sahip mıknatıslanma vektörünün oluşturduğu gravite ve manyetik potansiyeller arasındaki ilişki;

$$U = \int_V V . ds \quad (3.23)$$

olarak da yazılabilir. Böylece (3.23) bağıntısından U potansiyelinin bir çeşit manyetik potansiyel olduğu görülür. U manyetik potansiyeli, aynı anomali cisminin düşey doğrultuda mıknatıslanması durumunda meydana getireceği potansiyeldir. Bu nedenle Baranov (1957)' un çalışmasında, U potansiyeli 'pseudo-gravimetrik' potansiyel olarak adlandırılırken, daha sonraki çalışmalarda (Baranov ve Naudy, 1964) söz konusu potansiyel, kutba indirgenmiş manyetik potansiyel olarak adlandırılmıştır (Öksüm, 2006; Etiz, 2007).

### 3.2.7. Pseudo-Gravite (Yapma Gravite) Dönüşümü

Manyetik anomalilerin pseudo-gravite dönüşümü ilk defa Baranov (1957) tarafından yapılmıştır. Baranov (1957) manyetik anomalilerinin gravite anomalilerine olan dönüşümünü 'pseudo-gravite' anomalileri olarak adlandırmıştır. Bu adlandırmayı iki nedene bağlamıştır: Bunlardan ilki gerçek yoğunluğun bilinmemesi, ikincisi ise sadece manyetik duyarlılığa sahip yapıların potansiyele katkıda bulunacağıdır (Şekil 3.8). Manyetik anomalilerin gravite anomalilerine dönüştürülebilmeleri Poisson bağıntısından yararlanılarak gerçekleştirilebilmektedir. Daha sonraları pseudo (yapma) gravite yöntemine hızlılık kazandırmak amacıyla (FFT) teknikleri kullanılmıştır. Dönüşüm sonucu ortaya çıkan yeni anomali, ortamın yoğunluğundan bağımsızdır (Dolmaz, 1999).

P şiddetindeki bir manyetik kutbun r uzaklığında oluşturacağı potansiyel;

$$U = \frac{1}{\mu} \frac{P}{r} \quad (3.24)$$

olarak verilir. Burada  $\mu$  manyetik geçirgenliktir. Poisson bağıntısına göre,

$$U = \frac{1}{G \cdot \rho} \frac{\partial V}{\partial i} \quad (3.25)$$

yazılabilmektedir. Burada;

$V$  : gravite potansiyeli

$i$  : manyetik kutuplanmanın (indükleyici alanın) yönü

$I$  : mıknatıslanma şiddeti

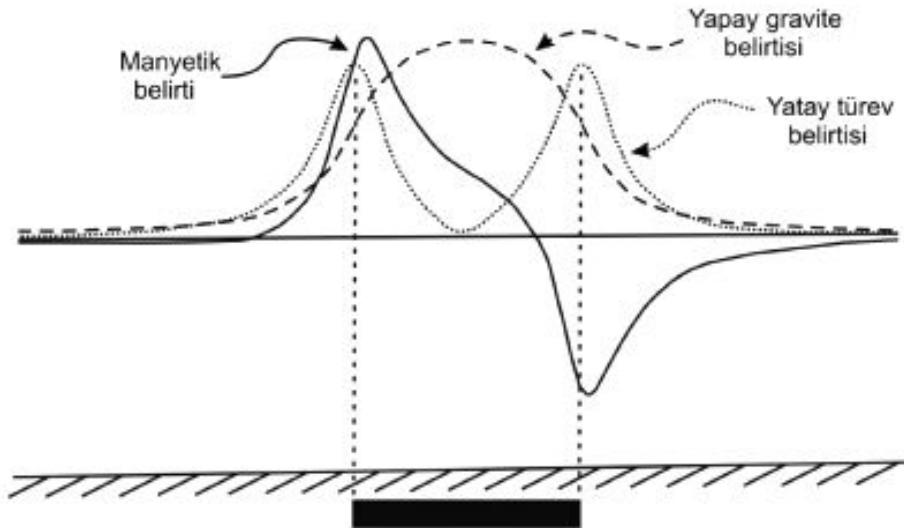
$\rho$  : yoğunluk

$G$  : Uluslararası gravite sabitini göstermektedir.

Manyetik alanın yatay ve düşey bileşenleri için gerekli bağıntılar şu şekilde verilir:

$$H_x = - \frac{\partial U}{\partial X} = \frac{1}{G \cdot \rho} \frac{\partial}{\partial X} \left( \frac{\partial V}{\partial \alpha} \right) \quad (3.26)$$

$$H_z = - \frac{\partial U}{\partial Z} = \frac{1}{G \cdot \rho} \frac{\partial^2 V}{\partial \alpha^2} \quad (3.27)$$



Şekil 3.8. Kaynak yapının manyetik belirtisi ile buradan elde edilen yapma gravite belirtisi ve yatay türev büyüklüğü (Blakely, 1995)

Manyetik ölçümlerden elde edilen sonuçların değerlendirilmesi gravite değerlendirmelerine göre daha zordur. Gravitede tektonik yapıyla rezidüel anomali arasında basit bir ilişki vardır; ancak manyetik anomaliler manyetizasyon vektörünün meyil açısına bağlı olarak bozucu kütlelerin üzerinde yer almamaktadır (Baranov, 1957).

Yer manyetik alanının meyil ve sapma açıları yapıların manyetik anomalilerinin karmaşık hale gelmesine neden olmaktadır. Bu durumun düzeltilmesi onların sanki kutup pozisyonundaymış gibi değerlendirilmelerine bağlıdır. Bu nedenle manyetik anomalilerin kutba indirgenmesi gerekmektedir (Ateş ve Kearey, 1993).

### 3.2.8. Yapı Sınırı Analizi

Cordell ve Grauch (1982, 1983), manyetik kütlelerin yapı sınırlarının tespitinde ilk çalışmaları gerçekleştirmişlerdir. Bu yöntem daha sonra Blakely ve Simpson (1986) tarafından geliştirilerek yatay gradient şiddetlerinin hızlı yorumunu sağlayacak şekilde üç adım olarak önerilmiştir. Buna göre bu adımlar:

a. Eğer eldeki veri manyetik veri ise verinin (yalancı gravite) pseudo-gravite dönüşümü,

b. Kütlelere ait pseudo-gravite veya gravite anomalilerinin yatay gradientlerinin yapı sınırları üzerinde maksimuma ulaşması beklentisi nedeniyle pseudo-gravite veya gravite anomalilerinin yatay gradientlerinin hesaplanması,

c. Yatay gradientlerin maksimumlarının tespit edilmesi şeklinde sayılabilir.

Bu amaçla her bir grid noktası  $g_{i,j}$ , kendisine ait komşu sekiz grid noktasıyla dört yönde (satur, sütun ve diyagonal yönlerde) olmak üzere karşılaştırılmaktadır (Şekil 3.9).

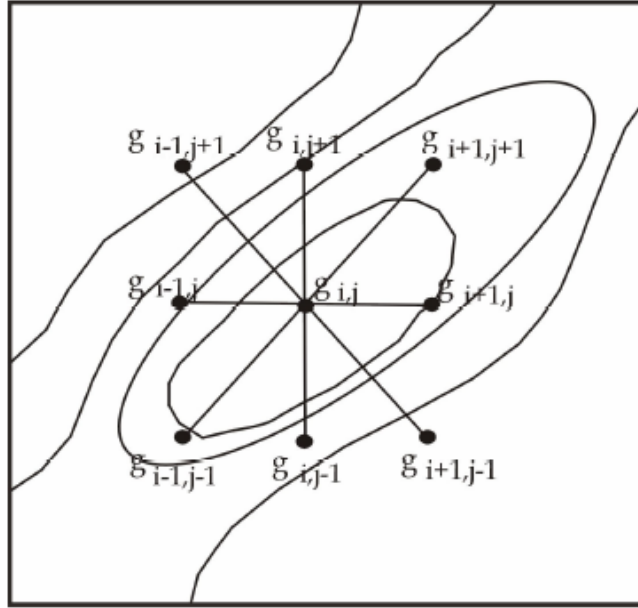
Bu karşılaştırmalar aşağıdaki eşitsizlikler ile test edilmektedir.

$$g_{i-1,j} < g_{i,j} > g_{i+1,j} \quad (3.28)$$

$$g_{i,j-1} < g_{i,j} > g_{i,j+1} \quad (3.29)$$

$$g_{i+1,j-1} < g_{i,j} > g_{i-1,j+1} \quad (3.30)$$

$$g_{i-1,j-1} < g_{i,j} > g_{i+1,j+1} \quad (3.31)$$



Şekil 3.9. Yatay gradientin maksimumlarını bulmada kullanılan grid noktalarının yerlerini gösteren bir örnek (Blakely ve Simpson, 1986' dan değiştirilmiştir)

N sayısı maksimumun kalitesi ile ilgili bir ölçüt olup her bir eşitsizlikte sayısı bir arttırılır. N sayısı 0 ile 4 arasında değişir. Yatay gradientlerin maksimumlarını gösterecek haritanın biçimi burada kullanılacak bağıntı sayısına göre değişecektir. Söyle ki yatay gradientin maksimumları bulunurken N=1'de çok fazla kısıtlama içermediğinden, haritadaki maksimumların sayısı fazla olacaktır. Eğer N=4 seçilecek olursa, yukarıdaki 3.28, 3.29, 3.30 ve 3.31 bağıntılarının tümünü gerçekleştiren maksimumlar bulunacağından, oldukça az sayıda yatay gradientin maksimumları bulunacaktır. N=4 seçilmesi durumunda çok genel yapıların sınırları üzerinde maksimum noktalar yoğunlaşacaktır (Dolmaz vd., 2003).

Yukarıda verilen ve gerçekleşen her bir eşitsizlik için yatay gradientinin yeri ve maksimumunun genliği, eşitsizlikte söz konusu olan üçlü grid noktalarından ikinci

dereceden bir polinom geçirilmesiyle bulunur. Örneğin  $g_{i-1,j} < g_{i,j} > g_{i+1,j}$  bağıntısı gerçekleşecek olursa maksimumun yatay konumu  $g_{i,j}$  pozisyonunda,

$$X_{\max} = \frac{-b.d}{2.a} \quad (3.32)$$

bağıntısı ile bulunur. Burada;

$$a = \frac{1}{2} \cdot (g_{i-1,j} - 2 \cdot g_{i,j} + g_{i+1,j}), \quad (3.33)$$

$$b = \frac{1}{2} \cdot (g_{i+1,j} - g_{i-1,j}), \quad (3.34)$$

$d$  ise grid noktaları arasındaki mesafedir.  $X_{\max}$  'daki yatay gradient değeri ise,

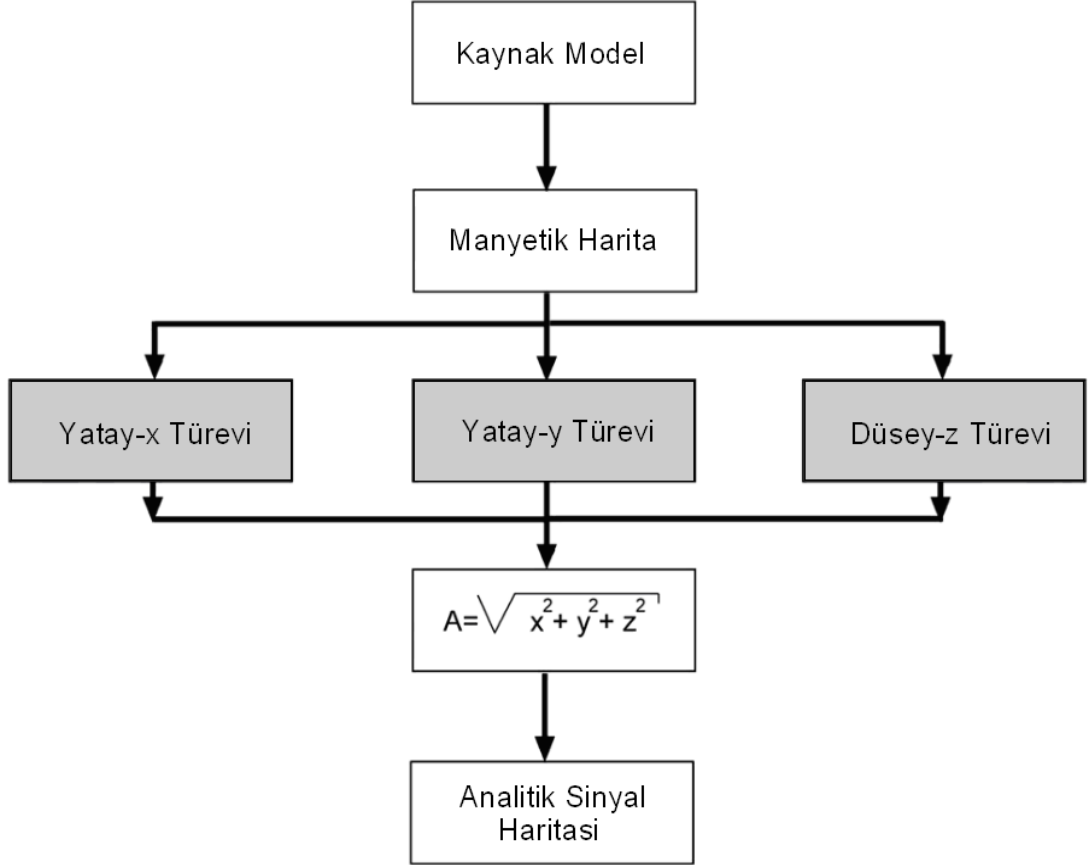
$$g_{\max} = a \cdot x_{\max}^2 + b \cdot x_{\max} + g_{i,j} \quad (3.35)$$

bağıntısı ile verilmektedir.

### 3.2.9. Analitik Sinyal

Manyetik anomaliler için “analitik sinyal” kavramı ilk olarak Nabighian (1972) tarafından ortaya atılmıştır. Analitik sinyal, bir manyetik alanının yatay türevi gerçel bileşen ve düşey türevi sanal bileşen olmak üzere bunların toplamıdır (Şekil 3.10). Nabighian (1972)'ye göre bir analitik sinyalin amplitüd fonksiyonu bir yapı kantağında veya ince dayk üzerinde simetrik çan eğrisi biçimindedir.





Şekil 3.10 Analitik sinyal uygulamasının algoritması (Arısoy vd., 2007)

Eğrinin genişliği ise anomali kaynağının derinliği ile doğrudan ilişkilidir. Basit olarak bir manyetik profil verisinin analitik sinyali aşağıdaki gibidir.

$$A(x) = \frac{\partial F(x)}{\partial x} - i \frac{\partial F(x)}{\partial z}, \quad (3.36)$$

amplitüdü ise

$$|A(x)| = \sqrt{\left[ \left( \frac{\partial F(x)}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial F(x)}{\partial z} \right)^2 \right]} = \frac{\alpha}{\sqrt{(x^2 + z^2)}} \quad (3.37)$$

Burada x, yapının üst noktasının lokasyonu, A profil doğrultusu ile manyetik kuzey arasındaki açı ve z de derinliğidir.  $\alpha = 2.k.f.\sin d$ , k mıknatıslanma katsayısı, F yer manyetik alanı, d yapının yatayla yaptığı açıdır.

Analitik sinyalin frekans ortamındaki ifadesi ise;  $\omega > 0$  için

$$A(\omega) = 2\pi\alpha e^{i\phi} . e^{-w(h+i.x)} \quad (3.38)$$

dir. Yukarıda verilen eşitlikler 2 boyutlu, yani harita verisi için de kullanılabilir (Roest vd., 1992). Yukarıda verilen eşitlikler ve onların yatay türevleri yardımıyla yapı köşe noktalarının lokasyonu ve derinlikleri bulunabilmektedir.

Üç boyutlu durumda analitik sinyal bağıntısı aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$A(x, y, z) = \frac{\partial \Delta F}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial \Delta F}{\partial y} \hat{j} + i \frac{\Delta F}{\partial z} \hat{k} \quad (3.39)$$

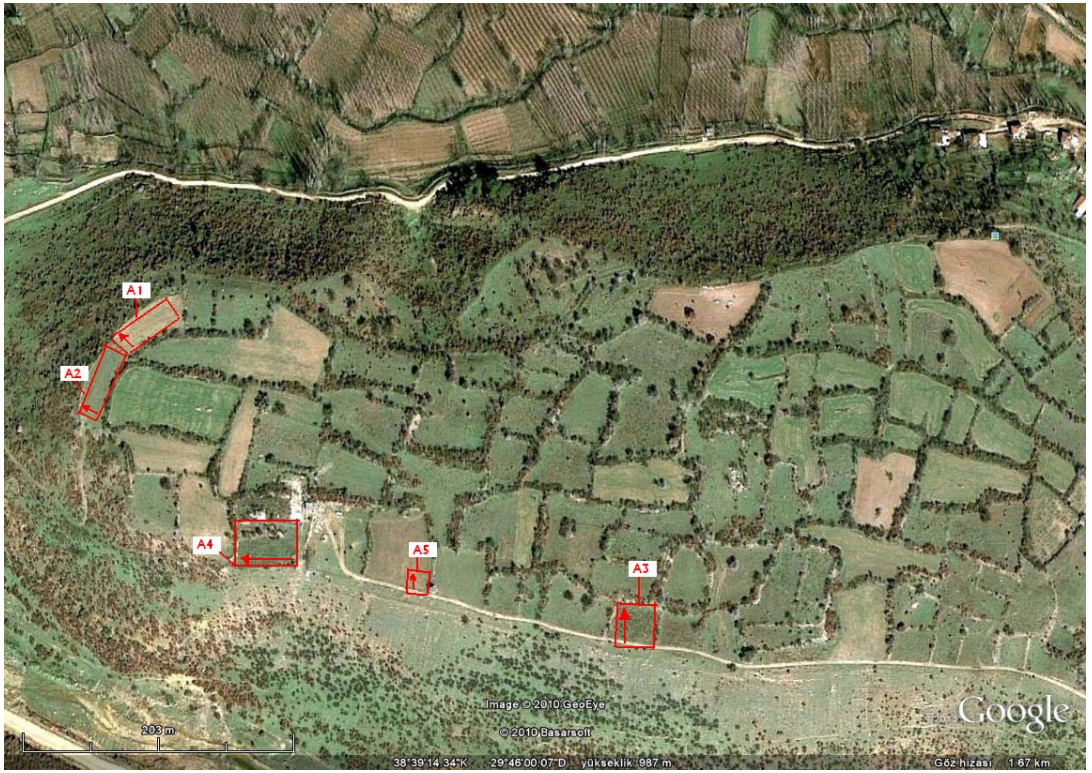
Bağıntıdaki  $i, j$  ve  $k$   $x, y, z$  yönlerindeki birim vektörlerdir (Ateş, 2004).

3 boyutlu analitik sinyal denkleminin amplitüd bağıntısı da manyetik anomalinin düşey ( $z$ ) türevi ve yatay ( $x, y$ ) türevlerinin karelerinin toplamının karekökleri olarak verilir (Roest vd., 1992; Roest ve Pilkington, 1993; Salem vd., 2002).

$$|A(x, y)| = \sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial z}\right)^2} \quad (3.40)$$

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

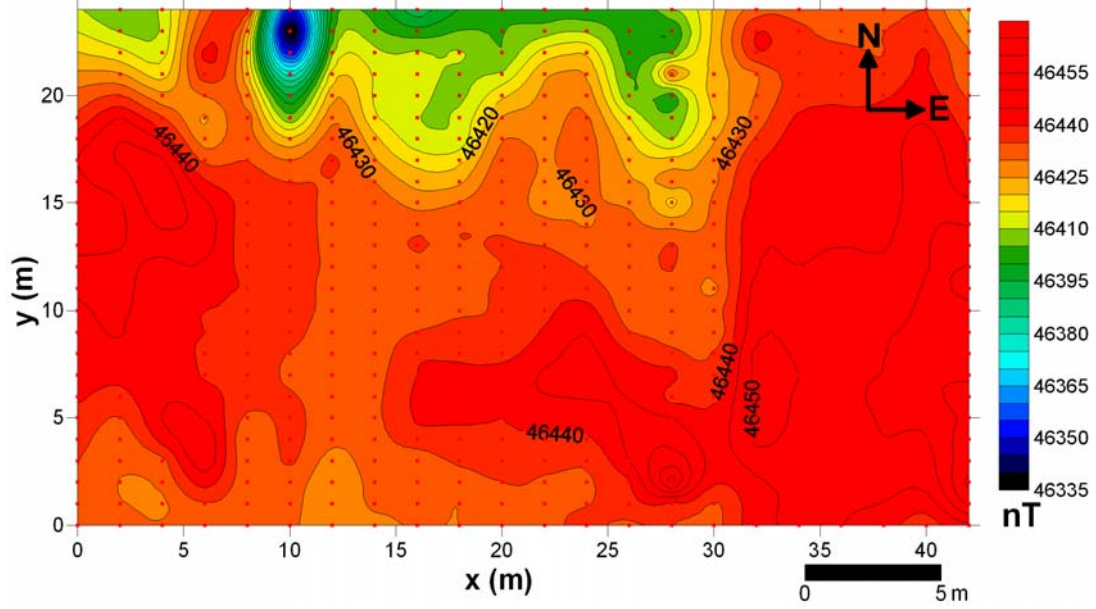
Akmonia antik kentinde arkeojeofizik uygulamalarda en çok kullanılan yöntemlerden birisi olan manyetik yöntemle ölçüler alınmıştır. Uygulanan manyetik gradient ve manyetik duyarlılık yöntemlerinden elde edilen veriler, veri işlem aşamalarından geçirilerek jeofiziksel yorumları yapılmıştır. Antik kentte yapılan gözlemsel incelemeler ve Uşak Müzesi Arkeologlarından alınan bilgiler ışığında, gömülü arkeolojik kalıntıların olabileceği 5 alan seçilerek bu alanlarda manyetik gradient verisi alınmıştır (Şekil 4.1).



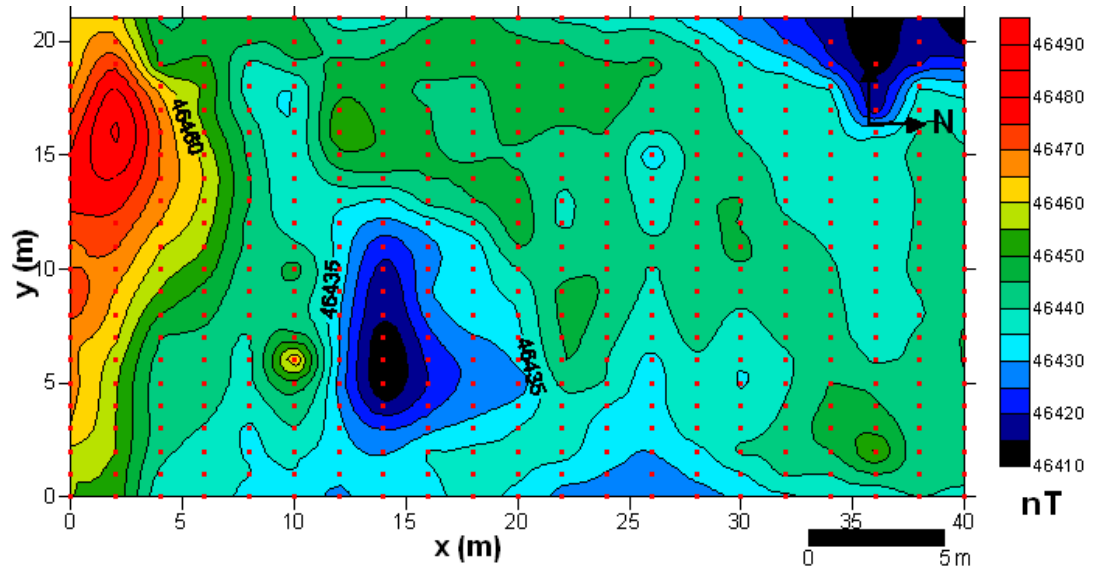
Şekil 4.1. Çalışma alanında manyetik gradient ölçüsü alınan bölgelerin (A1,A2,A3,A4 ve A5) konumları ve alınan profillerin yönleri

Bu alanlardan Alan 1, 24x42m, Alan 2, 21x40m, Alan 3, 22x22m Alan 4, 38x22m ve Alan 5 ise 19x14m boyutlarındadır. Ölçümlerde profiller arası mesafeler 2'şer metre ve profil içi ölçü aralıkları 1'er metre alınmıştır. Çalışma sonunda toplam olarak 85 profilde 1841 noktada gradient ölçüleri alınmıştır. Her noktada hem üst hem de alt sensör olmak üzere 2'şer adet ölçü alındığından toplam 3682 ölçü alınmıştır. Veriler değerlendirildikten sonra beklentilerin yüksek olduğu Alan 2, 3 ve 5'te manyetik duyarlılık verileri alınmıştır. Alınan manyetik alan verileri data logger da toplanarak

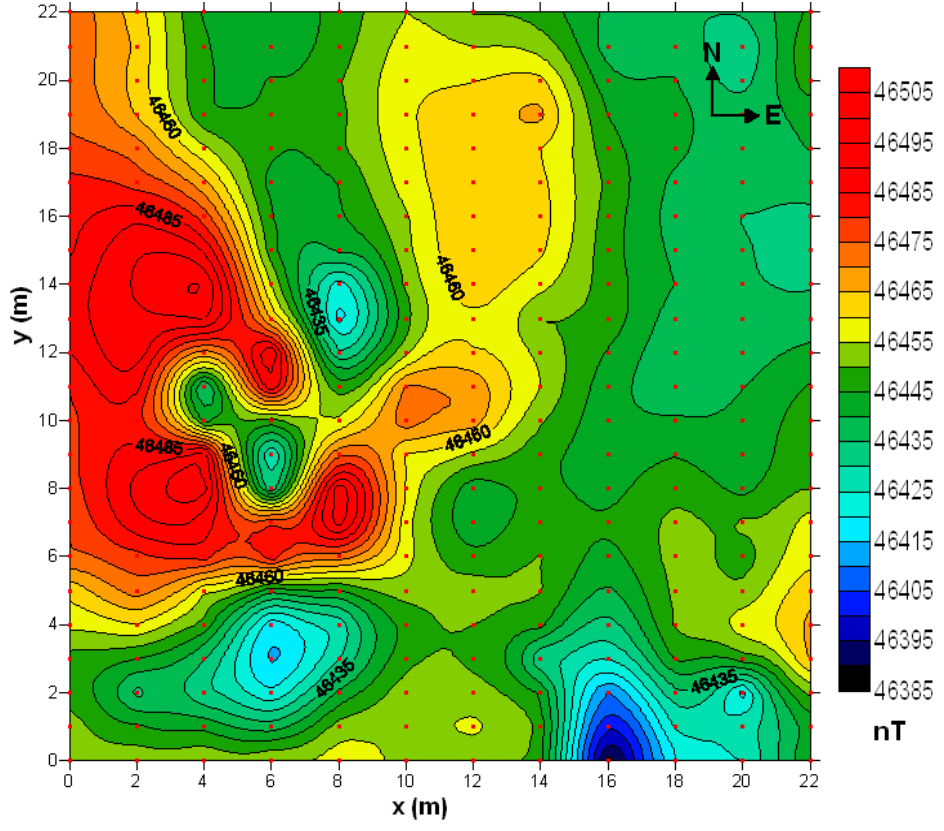
RS 232 kablosuyla bilgisayara transfer edilmiştir. Tüm alanlar için, toplam alan manyetik haritaları gradiometre aletinin üst sensör verileri kullanılarak hazırlanmıştır (Şekil 4.2 - 4.6).



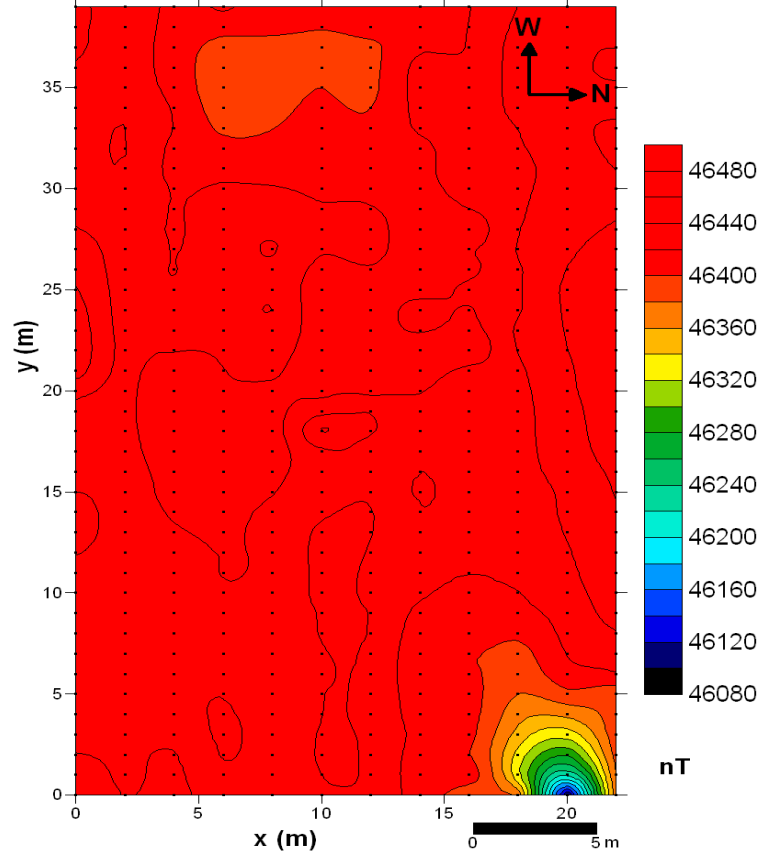
Şekil 4.2. Alan 1'in toplam alan manyetik anomali haritası



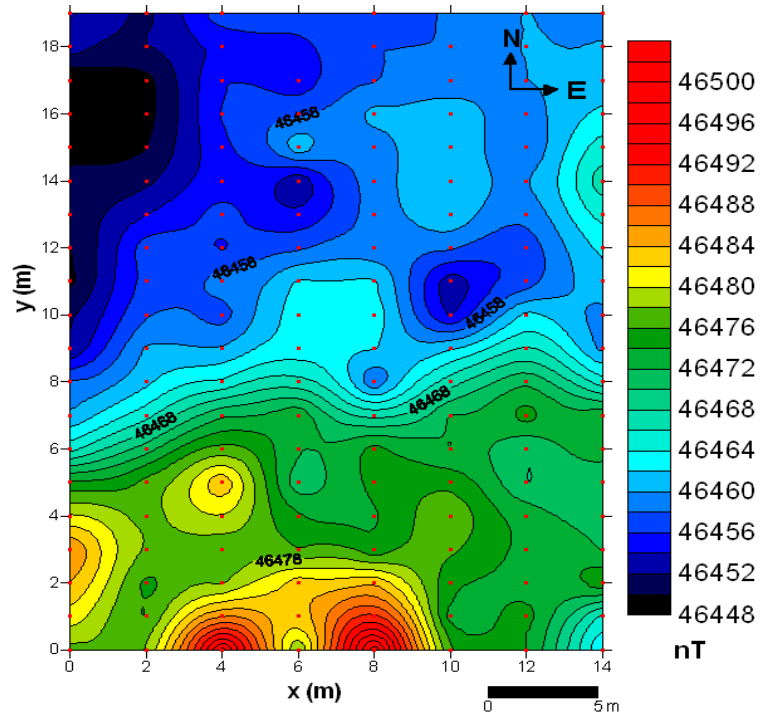
Şekil 4.3. Alan 2'nin toplam alan manyetik anomali haritası



Şekil 4.4. Alan 3'ün toplam alan manyetik anomali haritası



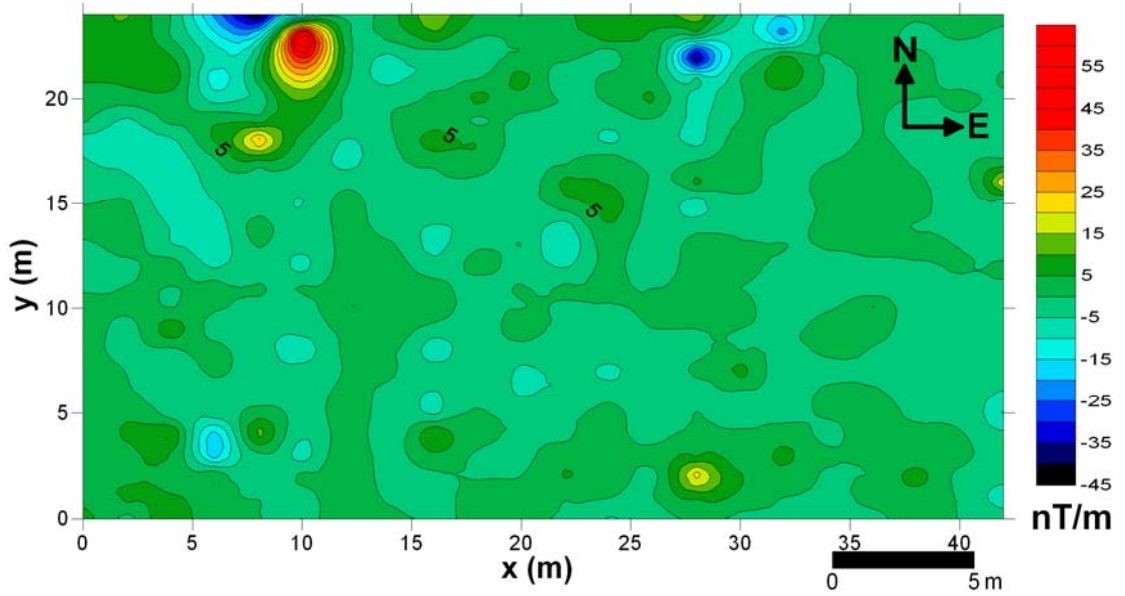
Şekil 4.5. Alan 4'ün toplam alan manyetik anomali haritası



Şekil 4.6. Alan 5'in toplam alan manyetik anomali haritası

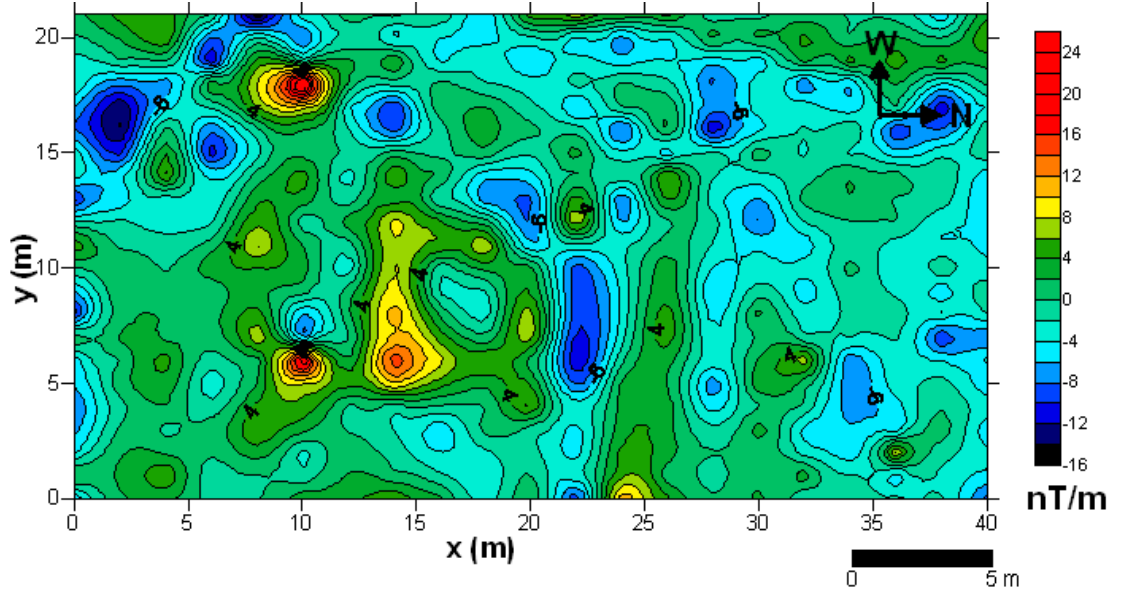
#### 4.1. Manyetik Gradient

Akmonia antik kentinde yapılan çalışmalarda Geometrics G856 model gradiometre aleti ile yer manyetik alanın toplam bileşeninin gradientleri ölçülmüştür (Şekil 4.7 - 4.11). Gradient ölçümleri YMA'nın bölgesel dağılımına ve zamana bağlı değişimlerinden etkilenmediği için özellikle yüzeye yakın kütlelerin oluşturacağı manyetik alan anomalileri daha etkili bir şekilde gözlenebilmektedir. Alan 1'e ait manyetik gradient haritasında anomalilerin -45 ile 55 nT/m arasında değiştiği görülmektedir. En şiddetli anomalilerin alanın KB'sında yoğunlaştığı söylenebilir.

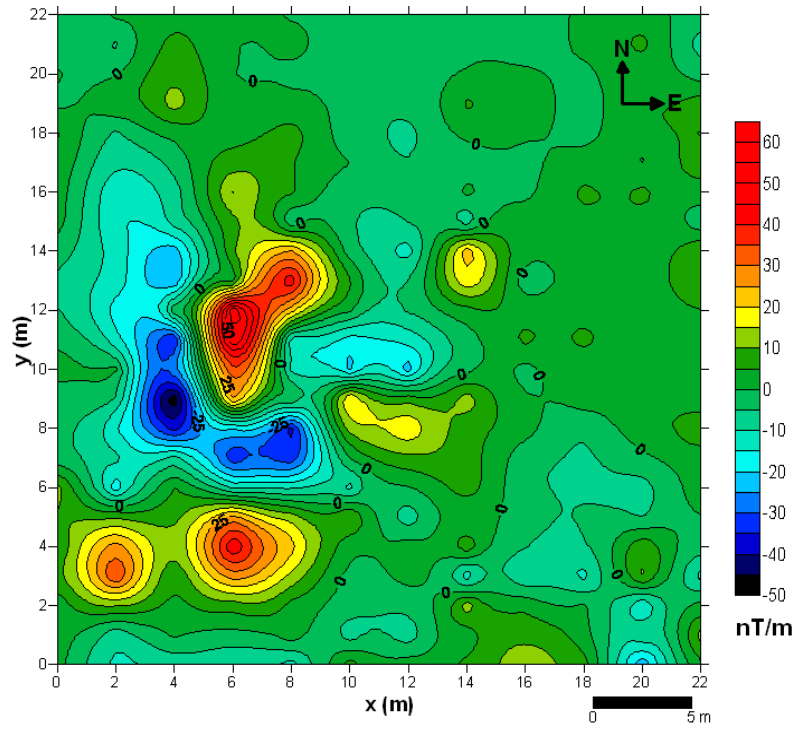


Şekil 4.7. Alan 1'in manyetik gradient haritası

Alan 2 ye ait manyetik gradient haritasında (Şekil 4.8), anomaliler -16 ile 24 nT/m arasında değişmektedir. Çalışma alanınının 8 - 22 m (X) ve 5 - 15 m (Y) koordinatları arasındaki anomalinin 14 x 10 m<sup>2</sup> boyutunda bir yapıya karşılık gelebileceği düşünülmektedir. Bundan başka alanın GB'sında gözlenen şiddetli anomaliler bu bölgede de arkeolojik kalıntı olabileceğini göstermektedir.



Şekil 4.8. Alan 2'nin manyetik gradient haritası

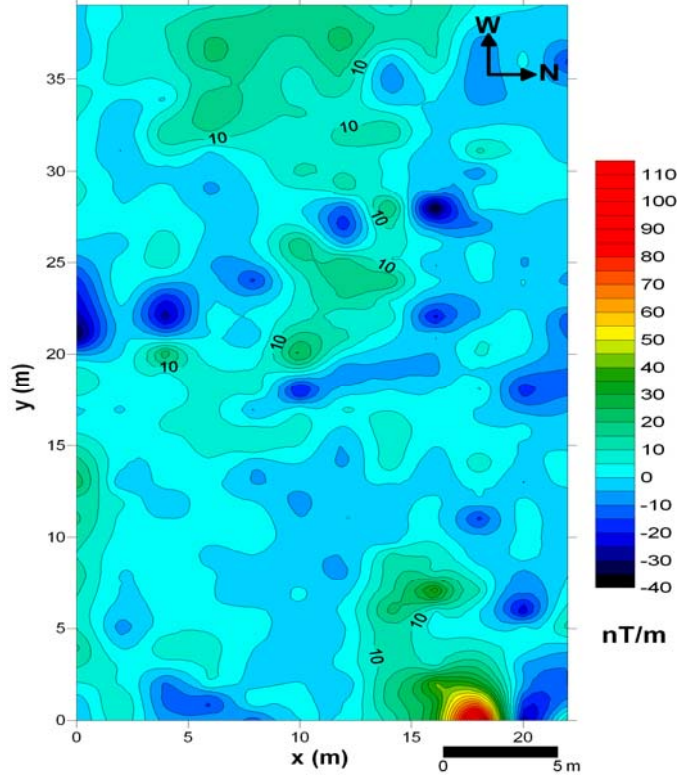


Şekil 4.9. Alan 3'ün manyetik gradient haritası

Alan 3 ün gradient haritası (Şekil 4.9) manyetik anomalilerin -50 ile 60 nT/m arasında değiştiğini göstermektedir. Manyetik anomalilerin yoğunlaştığı bölge çalışma alanının batı ve GB sına karşılık gelmektedir. Batıdaki şiddetli gradient anomali 2 - 10 m (X) ve 6 - 14 m (Y) koordinatları arasında yaklaşık 8 m<sup>2</sup>

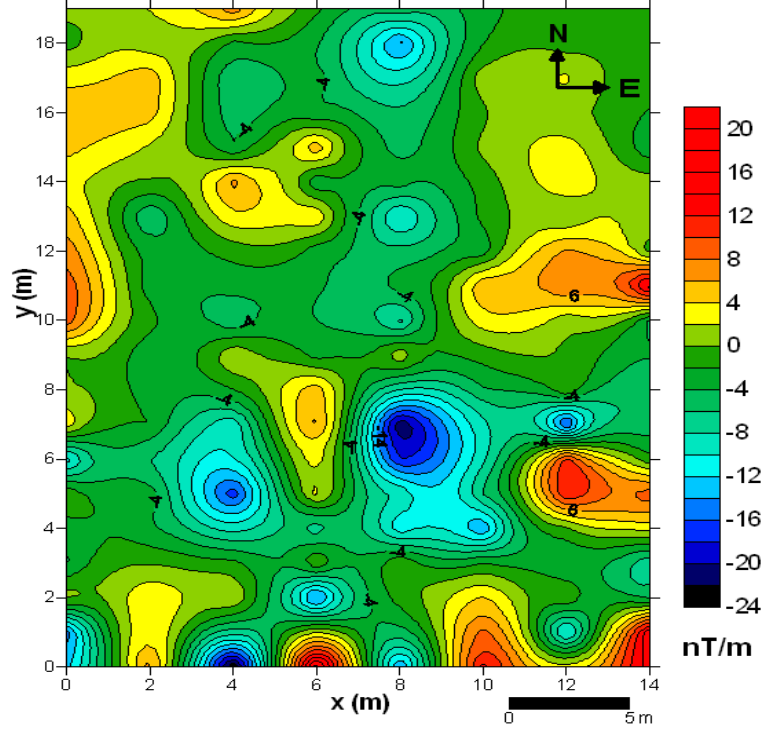


büyükliğünde bir yapının olabileceğini ortaya koymaktadır. Alan 4 teki manyetik gradient değerleri -40 ile 110 nT/m arasında değişmektedir (Şekil 4.10). Anomaliler bu alanda belirgin bir bozucu kütle yapısının varlığını göstermemektedir.



Şekil 4.10. Alan 4'ün manyetik gradient haritası

Şekil 4.11'de verilen Alan 5'in gradient anomali haritası -24 ile 20 nT/m arasında değişimlere sahiptir. Çalışma alanında gözlenen birkaç manyetik anomali bu alanda bozucu kütle yapılarının olabileceğinin göstergesidir.



Şekil 4.11. Alan 5'in manyetik gradient haritası

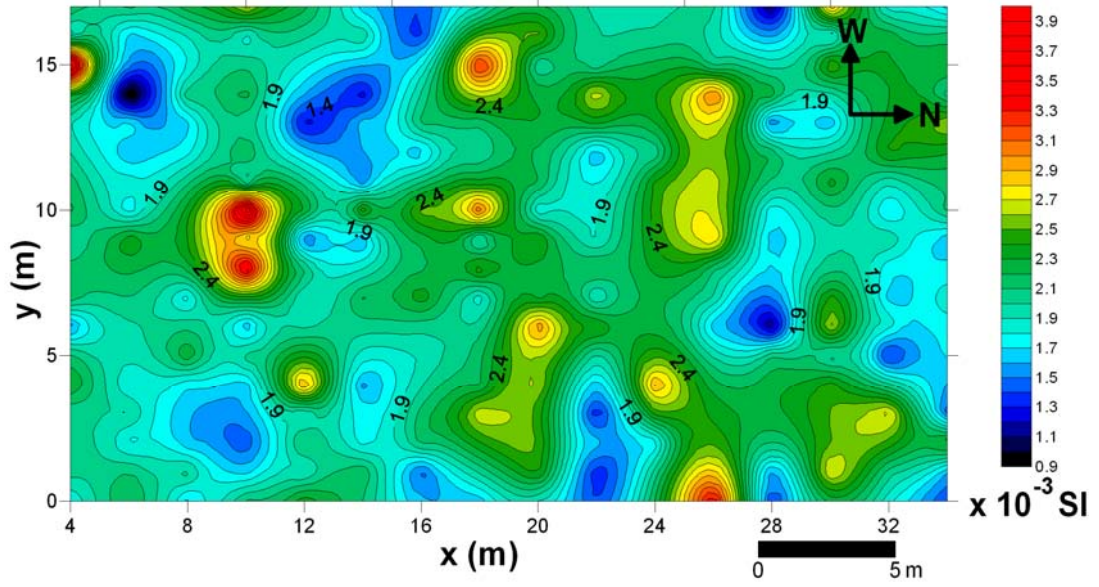
Sonraki adımlarda manyetik gradient verilerine kutba indirgeme yöntemi, yapma gravite (pseudo-gravite) dönüşümü, sınır analizi ve analitik sinyal yöntemleri uygulanmıştır. Analizlerden elde edilen yeni veriler Standard gridleme yöntemi ile gridlenerek haritalar hazırlanmıştır.

#### 4.2. Manyetik Duyarlılık (Süseptibilite) Ölçümleri

Manyetik duyarlılık, manyetik arama yönteminde yer içerisinde yanal ve düşey doğrultuda değişimi araştırılan temel fiziksel parametrelerden birisidir. Yeraltında bulunan ve farklı büyüklükte manyetik duyarlılığa sahip kütleler yeryüzünde ölçtüğümüz manyetik anomalilerin sebebidir. Bu anomalilerin nedeni, kütlelerin sahip olduğu kalıcı mıknatıslanma ile kütlelerin yer manyetik alanı içerisinde bulunmaları nedeniyle kazandıkları indüksiyon mıknatıslanmasıdır (Sanver ve İşseven, 2007).

Manyetik gradient haritaları değerlendirildikten sonra çalışma alanında yapılması uygun görülen Alan 2, Alan 3 ve Alan 5'te manyetik duyarlılık çalışmaları

yapılmıştır. Manyetik duyarlılık verileri 2'şer metre profil aralığı ve profiller üzerinde 1'er metre ölçü aralıklarında toplanmıştır.

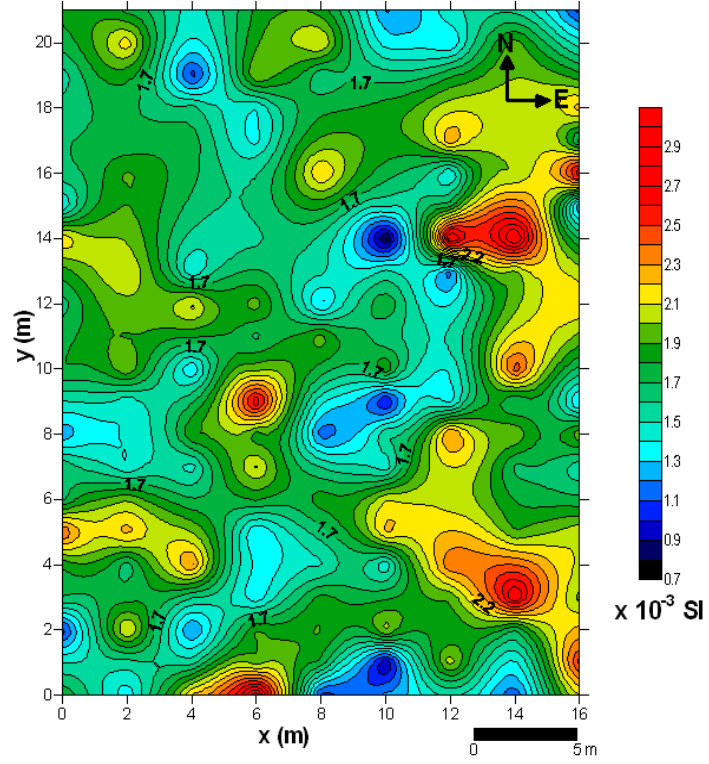


Şekil 4.12. Alan 2'nin manyetik duyarlılık anomali haritası

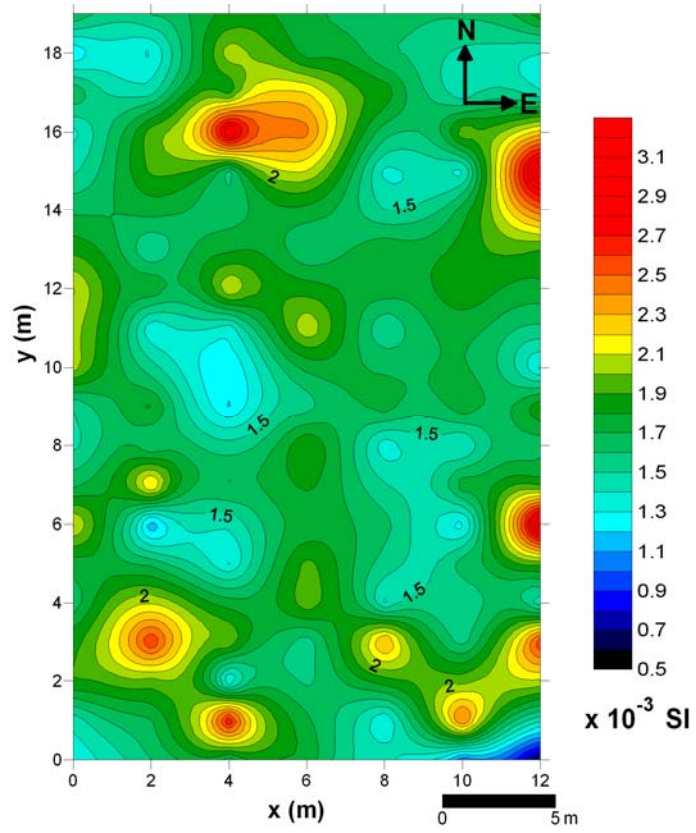
Şekil 4.12'de verilen Alan 2'ye ait manyetik duyarlılıklar  $0.9 \times 10^{-3}$  ile  $3.9 \times 10^{-3}$  SI arasında değişmektedir. Haritada manyetik duyarlılıkları yüksek materyaller göze çarpmaktadır.

Alan 3'e ait manyetik duyarlılıklar  $0.7 \times 10^{-3}$  ile  $2.9 \times 10^{-3}$  SI arasında değişmektedir. Çalışma alanının 6 m (X) ve 9 m (Y) koordinatlarına sahip alanda bir tane ve alanın doğusunda iki adet olmak üzere toplam üç adet yüksek duyarlıklı yapıya rastlanmıştır (Şekil 4.13).

Manyetik duyarlılıkları  $0.5 \times 10^{-3}$  ile  $3.1 \times 10^{-3}$  SI arasında değişen Alan 5'te ise biri çalışma alanının kuzeyinde olmak üzere güneyde de birkaç yüksek manyetik duyarlıklı bölge dikkati çekmektedir (Şekil 4.14).



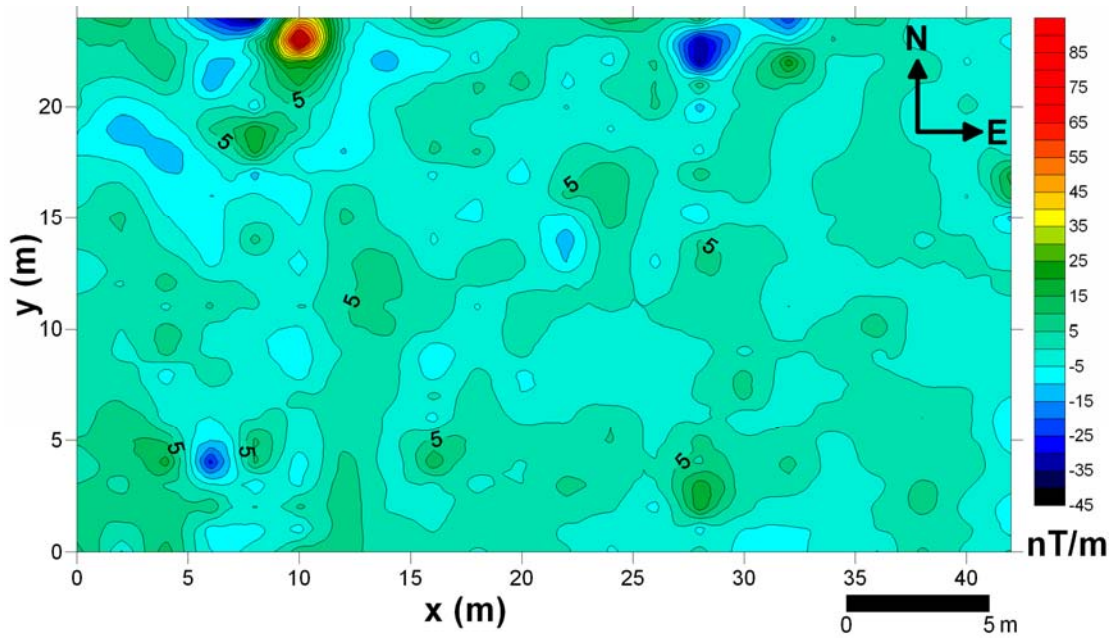
Şekil 4.13. Alan 3'ün manyetik duyarlılık anomali haritası



Şekil 4.14. Alan 5'in manyetik duyarlılık anomali haritası

### 4.3. Kutba İndirgeme Yöntemi

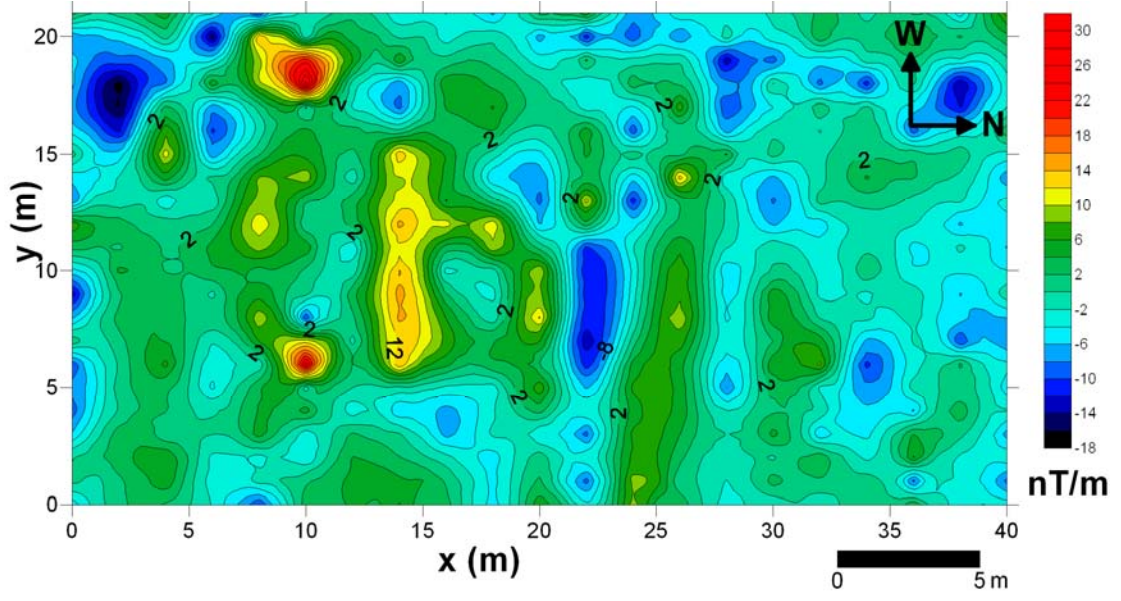
Manyetik anomali haritalarında anomaliye neden olan cismin maksimumunun anomaliye neden olan yer altı yapısının düşeyinde bulunmamasından dolayı, anomaliye sebep olan yer altı yapısının daha iyi irdelenebilmesi açısından Baranov (1957) tarafından geliştirilen kutba indirgeme yöntemi, manyetik gradient anomali haritalarına uygulanmıştır. Yöntem, bölgedeki YMA ile yapı manyetizasyonu değerleri  $58^\circ$  meyil ve  $4^\circ$  sapma açısı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



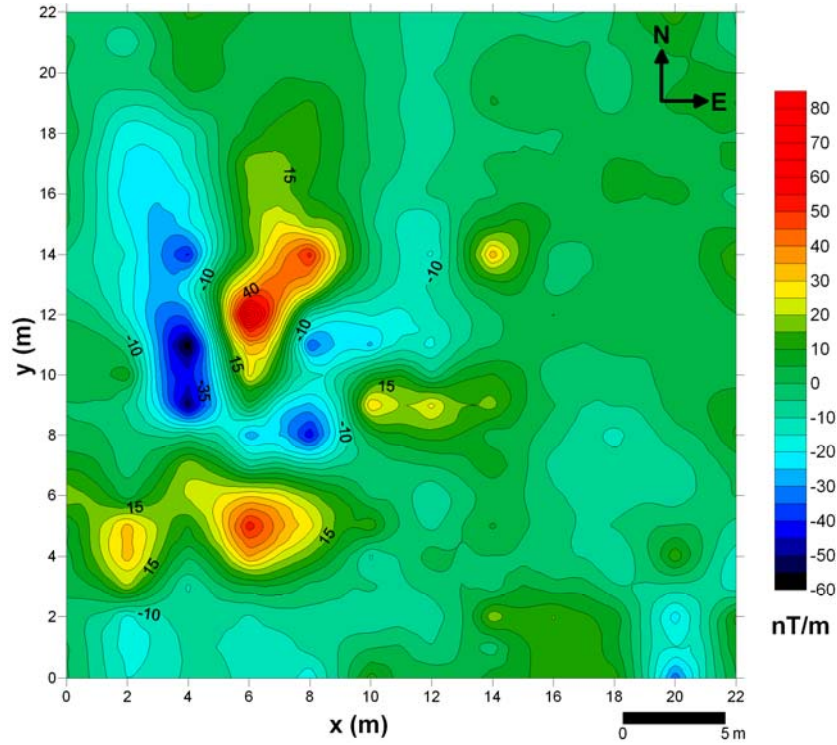
Şekil 4.15. Alan 1'in kutba indirgenmiş manyetik anomali haritası

Şekil 4.7'de verilen Alan 1'in manyetik gradient anomalilerine kutba indirgeme yöntemi uygulanarak elde edilen kutba indirgenmiş manyetik anomali haritası Şekil 4.15'de görülmektedir. Kutba indirgenmiş anomali haritasında anomaliler -45 ile 95 nT/m arasında dağılım göstermektedir.

Şekil 4.8'de verilen Alan 2'nin manyetik gradient anomalilerinin kutba indirgenmiş haritasında veriler -18 ile 32 nT/m arasında dağılım göstermektedir (Şekil 4.16). Alan 2'nin kutba indirgenmiş anomali haritasında maksimumların alanın tamamına dağıldığı ancak en yüksek anomali değerlerinin gradient anomali haritasında olduğu gibi alanın orta kısımlarında yoğunlaştığı gözlenmektedir.



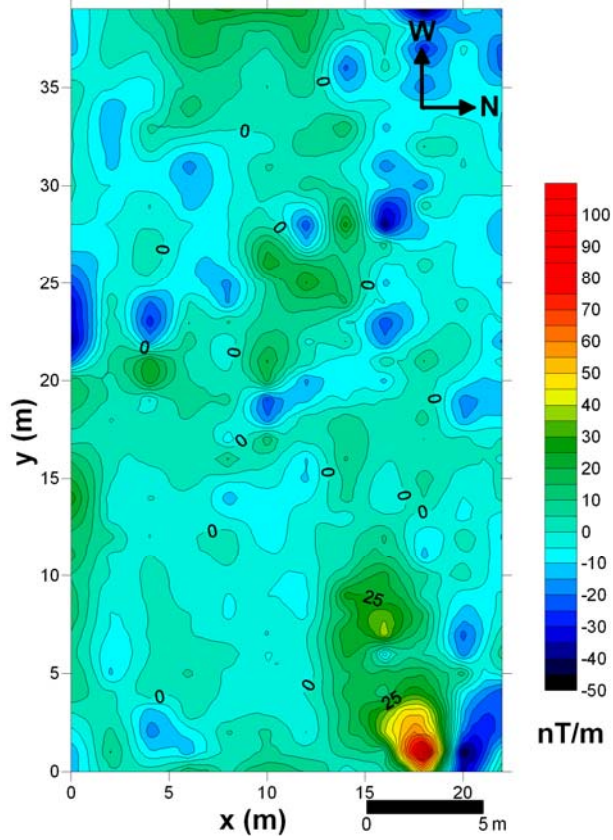
Şekil 4.16. Alan 2'nin kutba indirgenmiş manyetik anomali haritası



Şekil 4.17. Alan 3'ün kutba indirgenmiş anomali haritası

Şekil 4.9'da verilen Alan 3'ün manyetik gradient haritasında görülen şiddetli anomaliler kutba indirgenmiş anomali haritasında da görülmektedir (Şekil 4.17).

Ancak anomalilerin dağılımı 10'ar nT artış göstererek -60 ile 80 nT/m arasında değişmektedir. Anomaliler kitle halinde haritanın batı tarafına yerleşmiştir.

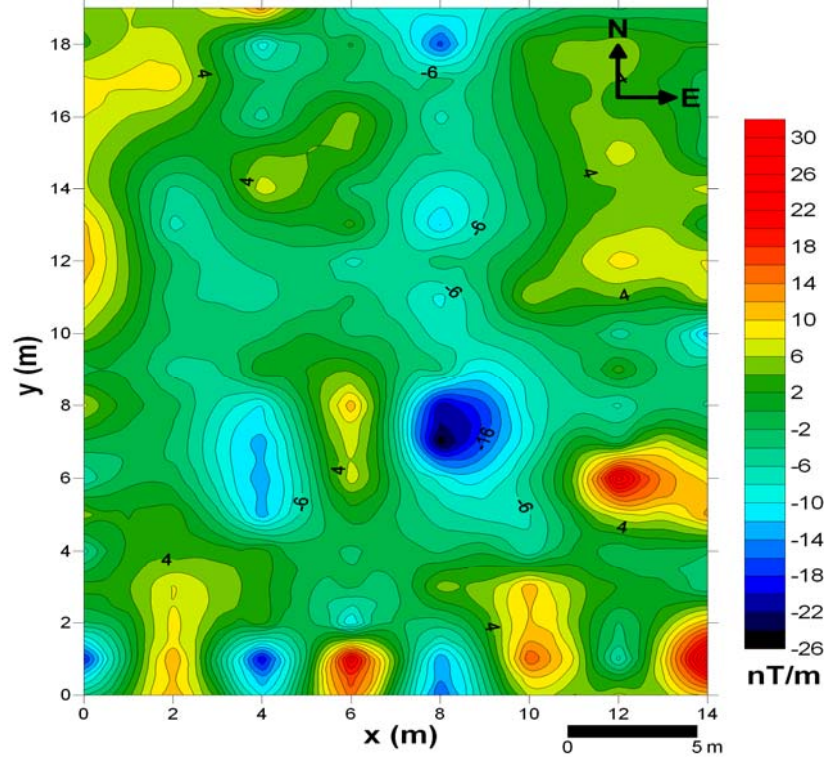


Şekil 4.18. Alan 4'ün kutba indirgenmiş manyetik anomali haritası

Şekil 4.18'de Alan 4'ün kutba indirgeme yöntemiyle hazırlanmış haritası gösterilmektedir. Şekilden de görüleceği gibi sadece haritanın KD köşesindeki bölgede anomalinin maksimum ve minimum olduğu değerler vardır. Bu değerlerin, daha önce yapılan kazıda bulunan mozaikler ve bu mozaiklerin üzerine örtülmüş örtü malzemesinden kaynaklandığı sanılmaktadır. Haritanın diğer bölgelerinde kayda değer bir değişim gözlenmemektedir. Anomali haritası üzerinde -50 ile 110 nT/m arasında bir değişim gözlenmektedir.

Şekil 4.11'de Alan 5'in gradient haritasındaki anomalilerin kutba indirgeme işlemi yapıldıktan sonra Şekil 4.19'da biraz daha sadeleştiği görülmektedir. Fakat gradient haritasına göre kutba indirgeme haritasındaki maksimumların şiddeti daha fazladır. Yani Alan 5'deki gradient haritasının kutba indirgeme yöntemi yapıldıktan sonra

çizdirilen Şekil 4.19'daki anomalilerin şeklinin küçüldüğü fakat şiddetinin arttığı söylenilebilir. Anomalilerin şiddeti -26 ile 32 nT/m arasında değişmektedir.



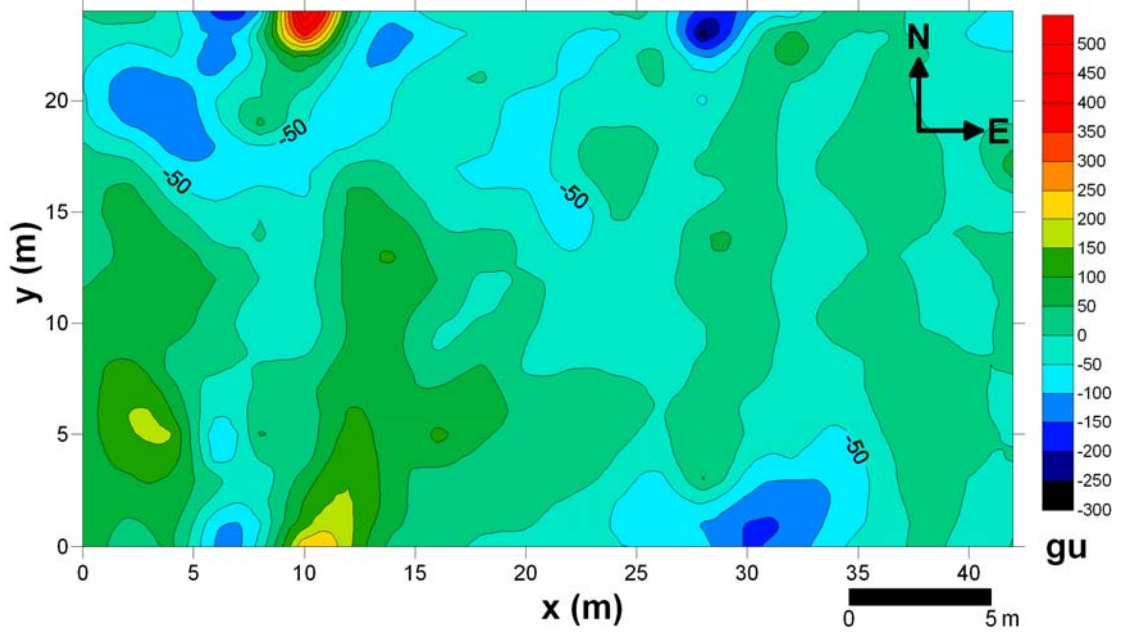
Şekil 4.19. Alan 5'in kutba indirgenmiş manyetik anomali haritası

#### 4.4. Pseudo-Gravite (Yapma gravite) dönüşümü

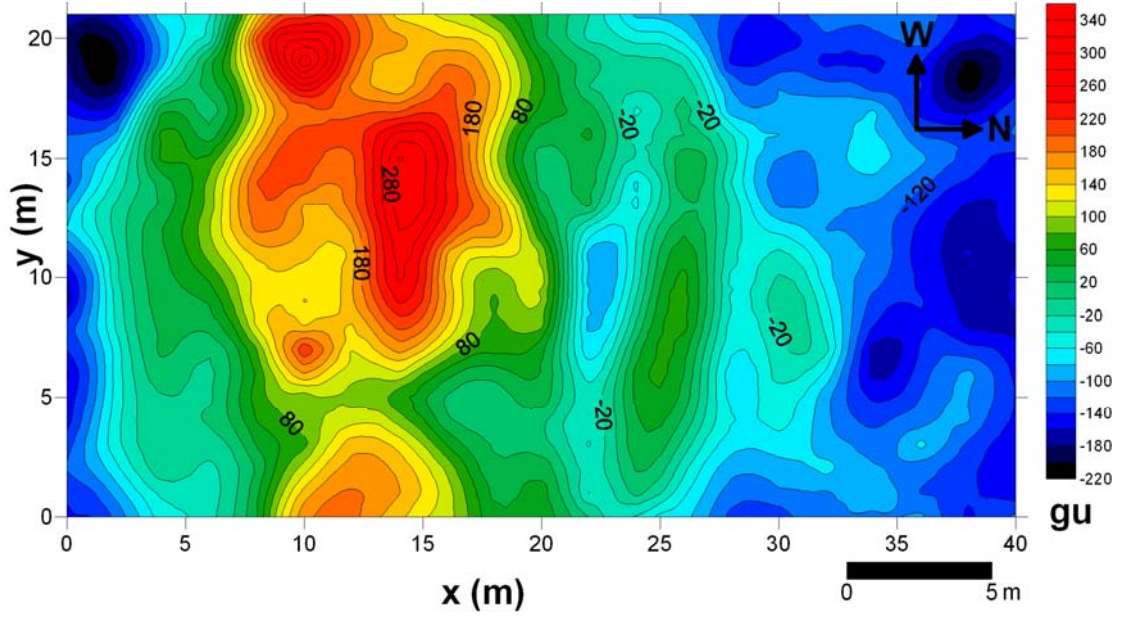
Yapı manyetizasyon yönü ve YMA yönü aynı yöne yönelmediklerinden manyetik verilerin değerlendirilmesi ve yorumlanması karmaşık ve zordur. Kearey ve Brooks (1991) manyetik verilerden elde edilen yapma gravite verilerinin daha kolay yorumlanabileceğini öne sürmüşlerdir. Buna göre kutba indirgenmiş manyetik verisinin pseudo-gravite (yapma gravite) dönüşümü yapılarak yapma gravite verisinde işlem yapmışlardır.

Şekil 4.7' deki Alan 1'in manyetik gradient anomalileri yapma gravite anomalilerine dönüştürülmüştür (Şekil 4.20). Böylece karmaşık ve zor olan manyetik yorumlama yerine, nispeten daha basit olan gravite yorumlamasına geçilmiştir. Şekil 4.20'deki pseudo-gravite anomalileri -300 ile 550 gu arasında değişim göstermektedir.





Şekil 4.20. Alan 1'in pseudo-gravite anomali haritası

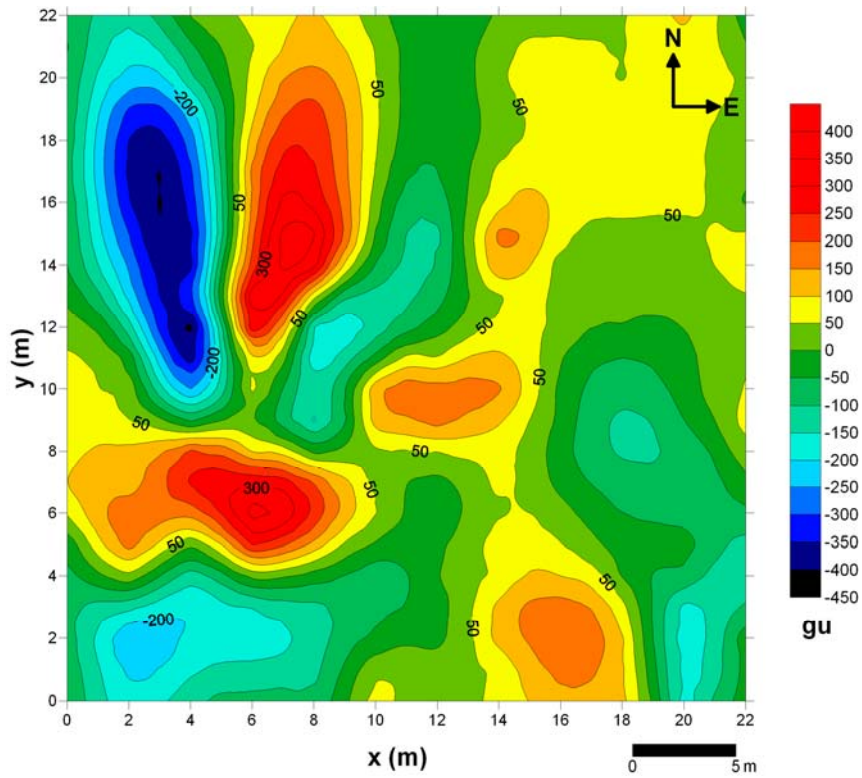


Şekil 4.21. Alan 2'nin pseudo-gravite anomali haritası

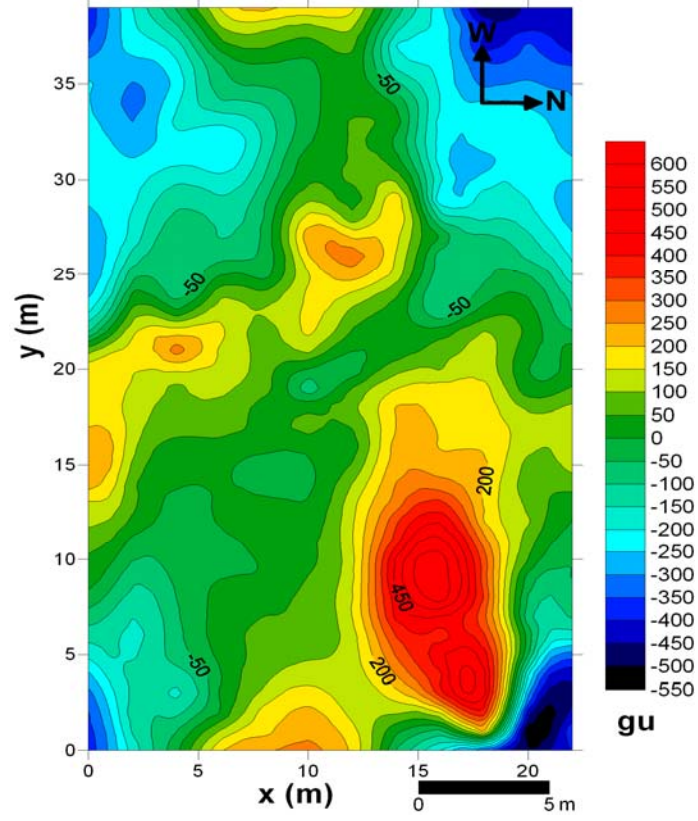
Şekil 4.8'deki Alan 2'nin gradient anomali haritasından pseudo-gravite dönüşümü yapılarak hazırlanan haritadaki anomalilerin dağılımını -220 ile 360 gu (gravity unit) arasında değişmektedir. Haritanın ortasına doğru anomalilerin artarak maksimum

seviyeye ulaştığı görülmektedir (Şekil 4.21). Maksimum anomalilerin yoğunlaştığı bölge daha önce bahsedilen D-B doğrultulu bir yapıya dikkat çekmektedir.

Şekil 4.9’ da verilen manyetik gradient haritasından dönüştürülen Alan 3’ ün pseudo-gravite haritasında yapma gravite verileri -450 ile 450 gu arasında dağılım göstermektedir (Şekil 4.22). Haritada anomalilerin daha genişlediği ve daha belirgin hale geldiği göze çarpmaktadır.

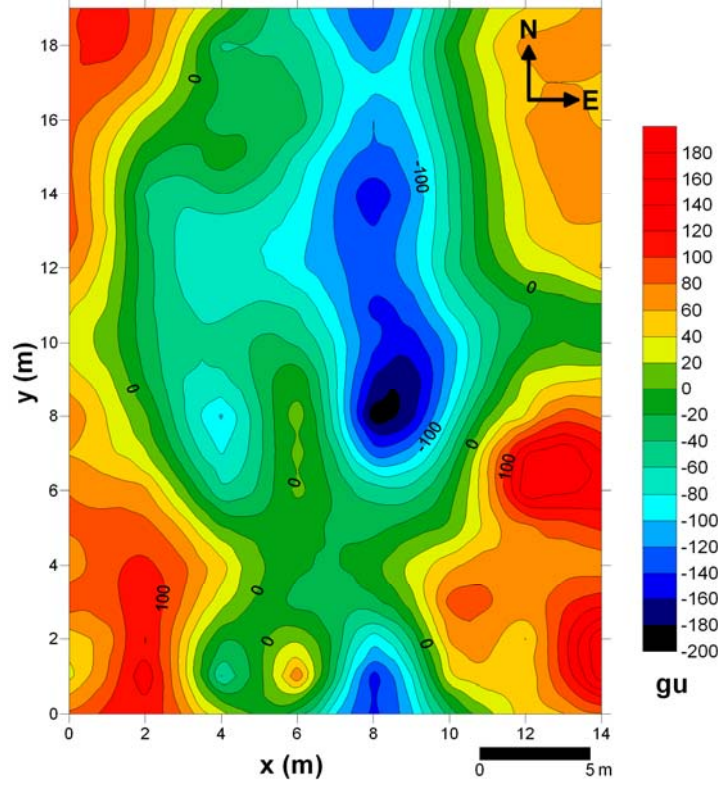


Şekil 4.22. Alan 3’ün pseudo-gravite anomali haritası



Şekil 4.23. Alan 4'ün pseudo-gravite anomali haritası

Şekil 4.23' de Alan 4'ün yapma-gravite anomali haritası verilmektedir. Harita üzerinde yapma-gravite anomalilerinin dağılım aralığı -550 ile 650 gu arasındadır. Burada haritanın KD köşesindeki şiddetli anomalinin, ölçü alanında bulunan kulübe yanındaki daha önce yapılmış bir kazının tekrar örtülmesinde kullanılan malzeme ve kazıda gün yüzüne çıkartılan mozaikler sebebiyle oluştuğu düşünülmektedir.



Şekil 4.24. Alan 5'in pseudo-gravite anomali haritası

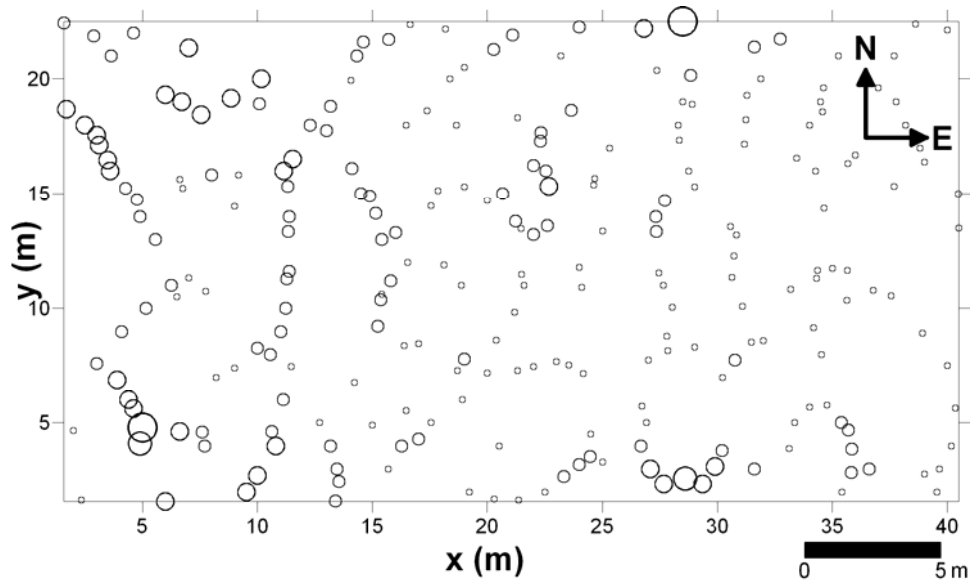
Şekil 4.11'de verilen Alan 5'in manyetik gradient haritasının pseudo-gravite dönüşümü yapıldığında Şekil 4.24'de de görüldüğü gibi haritanın Doğu ve Batı kenarlarındaki anomali değerleri yüksek, orta kısmı ise bu kısımlara nazaran daha düşük anomali değerine sahiptir. Pseudo-gravite dönüşümü sonucu elde edilen yapma gravite haritasındaki anomalilerin şekli manyetik gradient anomalilerine göre daha büyüktür. Manyetik gradient haritasındaki -26 nT/m lik negatif anomali pseudo-gravite haritasında -200 gu' ya karşılık gelmektedir. Haritadaki gravite değerleri ise -200 ile 180 gu arasında değişmektedir.

#### 4.5. Yapı Sınırı Analizi

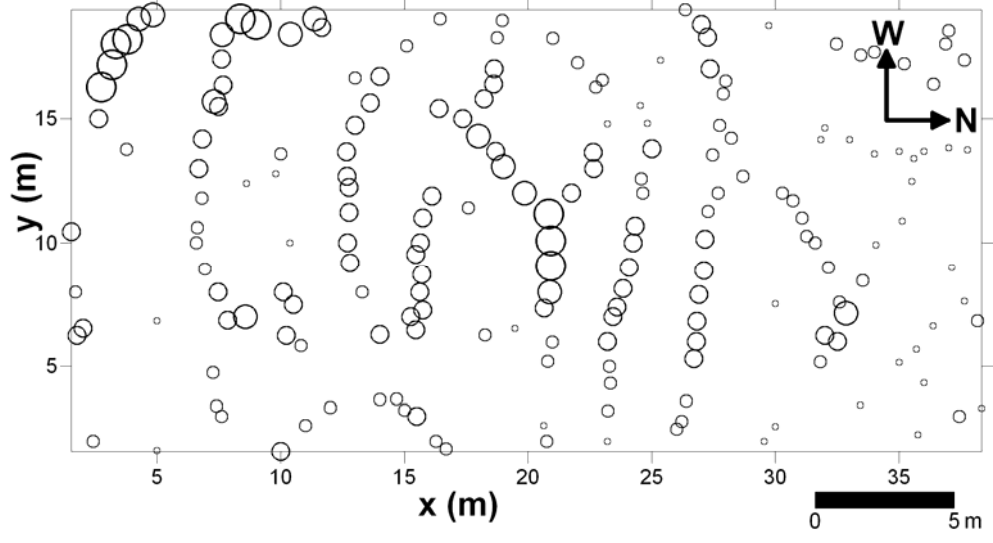
Manyetik kütlelerin sınırlarının tespitini ilk olarak Cordell ve Grauch (1982, 1983) uygulamıştır. Yöntem daha sonraları Blakely ve Simpson (1986) tarafından geliştirilerek yatay gradient şiddetlerinin hızlı yorumunu sağlayacak şekilde önerilmiştir. Pseudo-gravite anomalilerinin yatay gradientlerinin, yapı sınırları üzerinde maksimuma ulaşması beklentisi nedeniyle pseudo-gravite (yapma gravite) anomali haritalarının yatay gradientleri hesaplanmıştır. Sonra yatay gradient

haritalarının maksimumlarının yerleri saptanarak verilmiştir (Şekil 4.25 – 4.29). Elde edilen yatay gradient haritaları bölgeye ait yapı sınırlarını daha ayrıntılı bir şekilde görmemize olanak sağlamıştır.

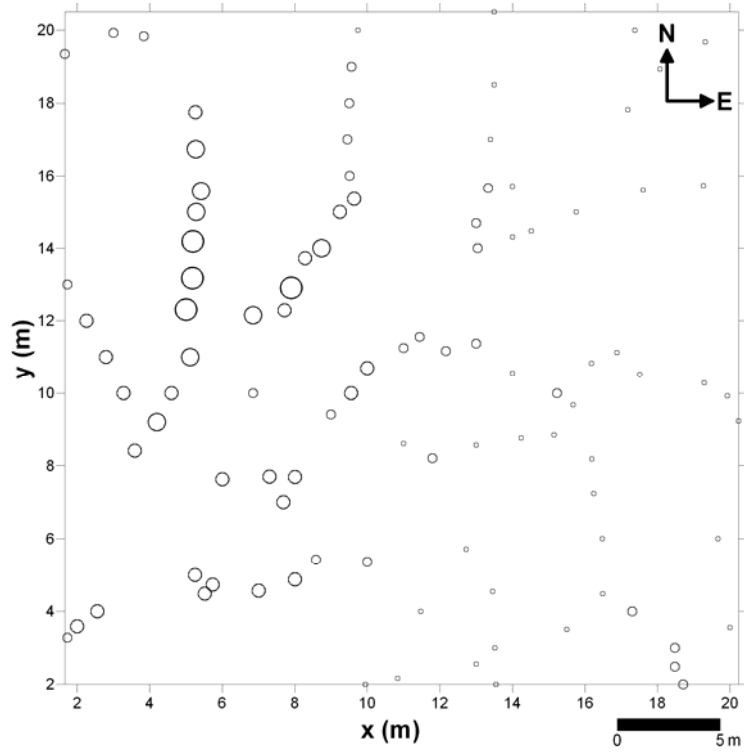
Maksimum gradient haritalarında görülen büyüklükler, gradient değerindeki artış ile doğru orantılıdır. Yatay gradient yöntemi çalışma alanındaki manyetik belirtilere neden olan gömülü arkeolojik yapıların yeri, yani sınır lokasyonlarının hesaplanmasında en basit yaklaşımdır (Phillips, 2001).



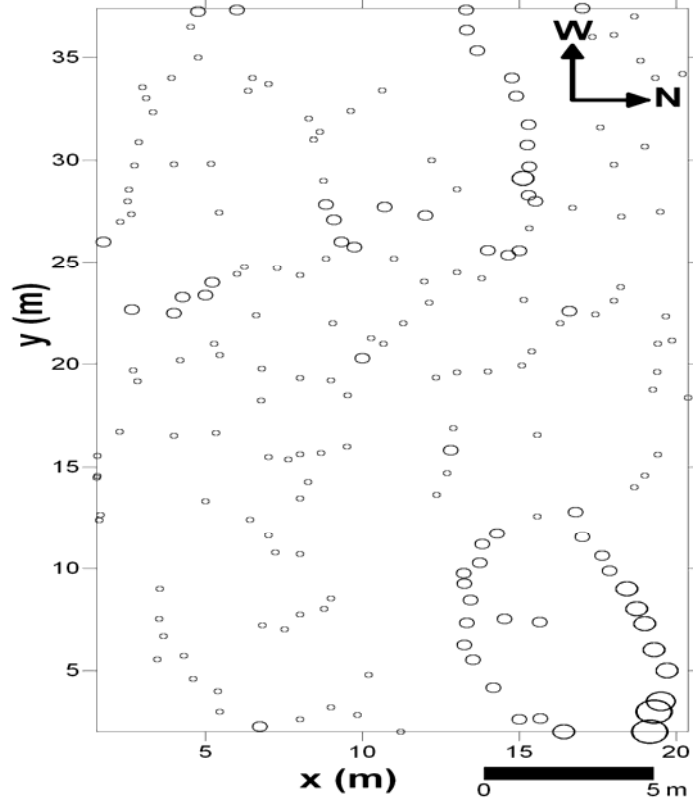
Şekil 4.25. Alan 1'in maksimum gradient haritası



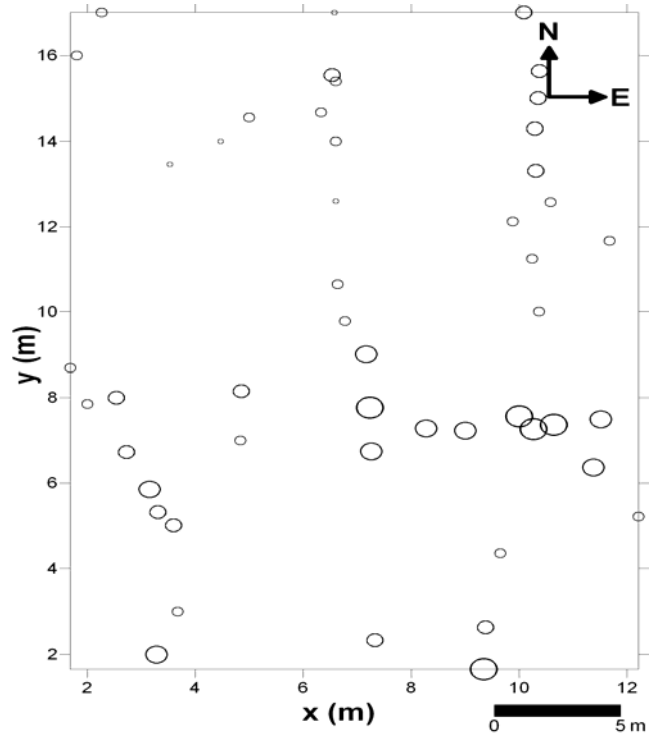
Şekil 4.26. Alan 2'nin maksimum gradient haritası



Şekil 4.27. Alan 3'ün maksimum gradient haritası



Şekil 4.28. Alan 4'ün maksimum gradient haritası

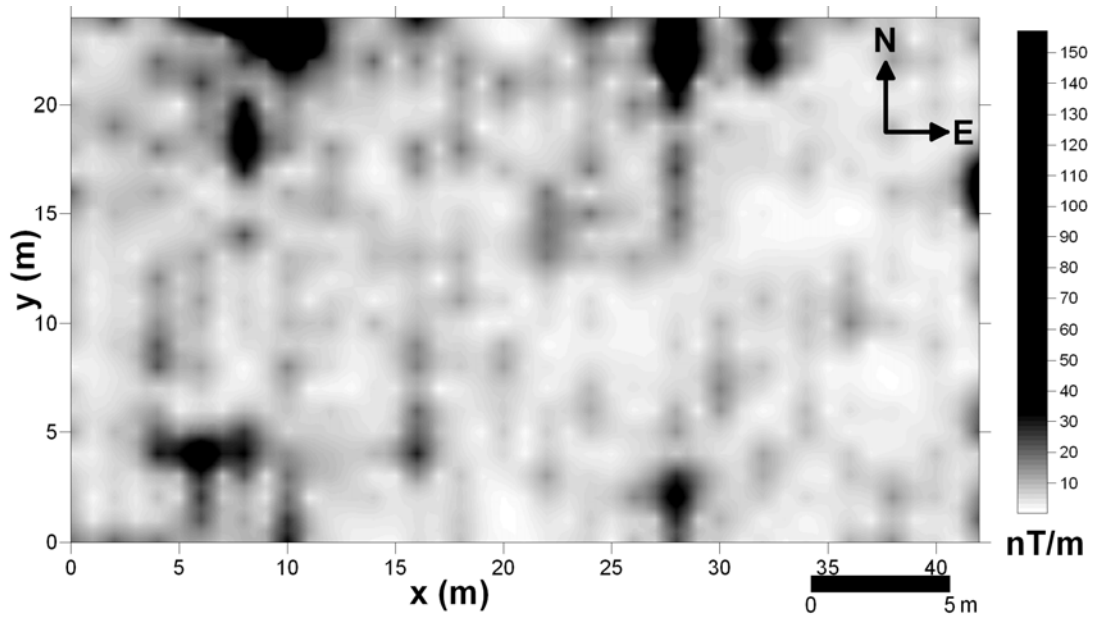


Şekil 4.29. Alan 5'in maksimum gradient haritası

#### 4.6. Analitik Sinyal

Analitik sinyal (AS) yöntemi manyetik anomaliye neden olan yapıların kenarlarının belirlenmesinde son yıllarda çok yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bunun nedeni ise analitik sinyal (AS) yönteminin yermanyetik alan ve mıknatıslanma yönlerinden etkilenmiyor olmasıdır. Yöntem ilk olarak Nabighian (1972) tarafından geliştirilmiştir. Roest ve Pilkington (1993) AS yöntemini 3 boyutlu yapılar üzerine uygulamıştır. Bu çalışmada, analitik sinyal yöntemi çalışma alanından alınan verilerin gradient değerlerine uygulanmıştır. Uygulama sonucunda yeraltında olması düşünülen yapıların lokasyonları daha detaylı bir şekilde belirlenmeye çalışılmıştır.

Şekil 4.30'da Alan 1'in analitik sinyal imaj haritası verilmiştir. Haritada 0 ile 150 nT/m arasında analitik sinyal değerleri görülmektedir. Haritada boyutu küçük cisimlerden kaynaklanan anomaliler göze çarpmaktadır. Haritanın üst kısmında 3 tane ve alt kısmında da 2 tane olmak üzere toplam 5 tane yüksek anomali değerleri gözlenmektedir.

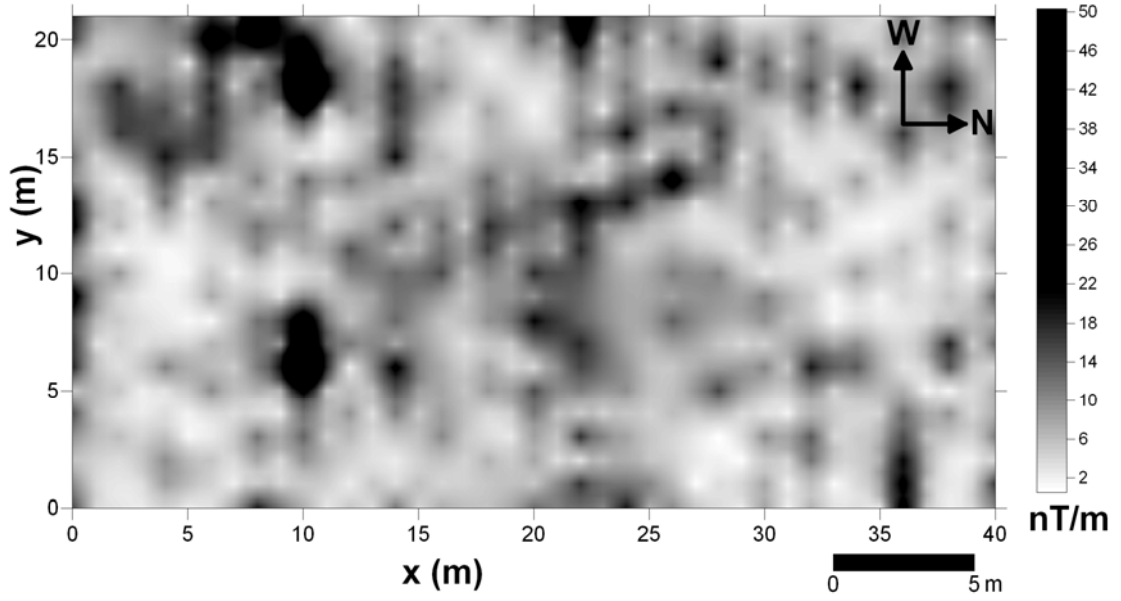


Şekil 4.30. Alan 1'in analitik sinyal imaj haritası

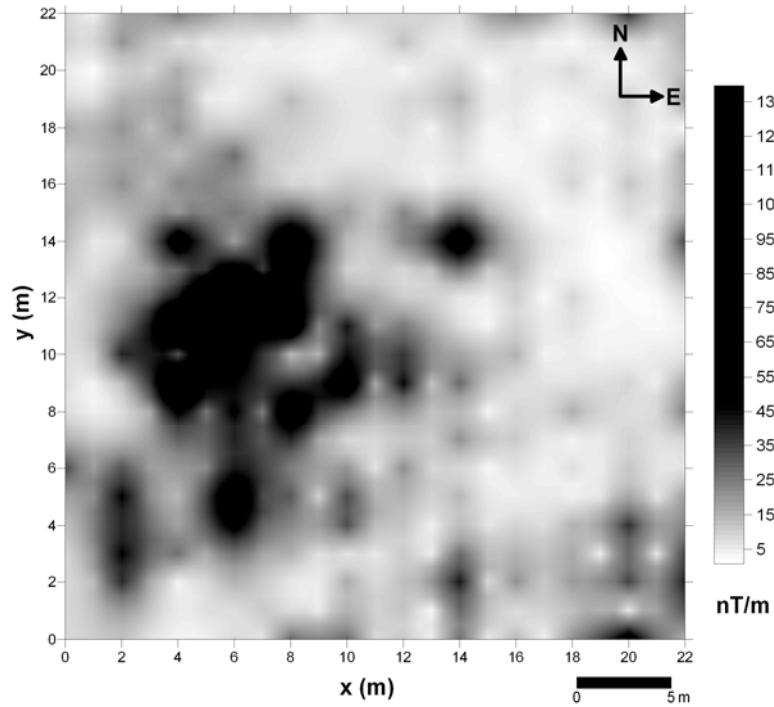
Antik kentin batısında bulunan Alan 2'nin analitik sinyal anomali haritası Şekil 4.31'de verilmiştir. Haritada 0 ile 50 nT/m arasında değişen analitik sinyal anomalileri gözlenmektedir. Haritada kuzeye doğru 10 - 20 metreler arası (X) ve



batıya doğru 5 ve 15 metreler arasında (Y) dörtgen şekilli bir sinyal anomalisi gözlenmiştir.



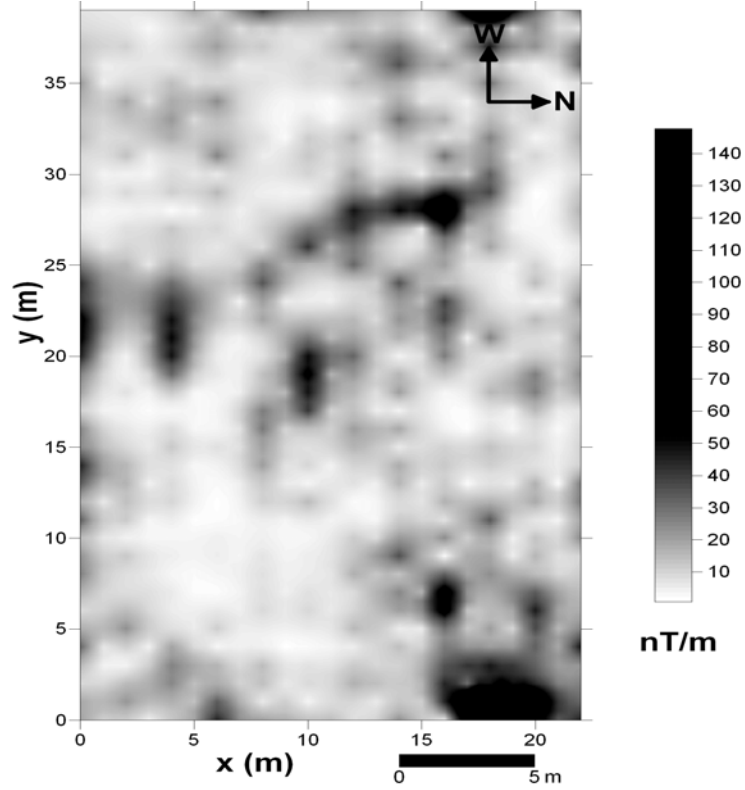
Şekil 4.31. Alan 2'nin Analitik sinyal imaj haritası



Şekil 4.32. Alan 3'ün analitik sinyal imaj haritası

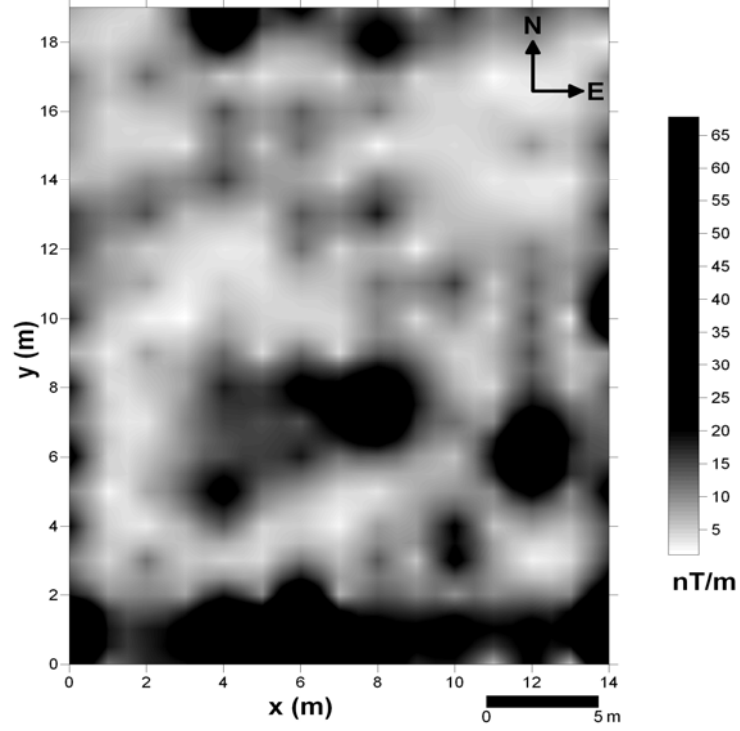
Şekil 4.32'de verilen Alan 3'ün analitik sinyal imaj haritasında 0 ile 135 nT/m arasında değişen analitik sinyal anomali değerleri görülmektedir. Anomalilerin

haritanın GB tarafında geniş bir alan kapladığı görülmektedir. Anomalilerin kapladığı bu alan dörtgen şeklini andırmaktadır. Bu anomalinin biraz Doğu tarafında ise dairesel küçük bir anomali görülmektedir.



Şekil 4.33. Alan 4'ün analitik sinyal imaj haritası

Şekil 4.33'te verilen Alan 4'ün analitik sinyal imaj haritasının KD kısmında daha önce yapılan kazıda bulunan mozaiklerden kaynaklanan anomaliler görülmektedir. Haritanın orta kısımlarında ise daha küçük sinyaller gözlenmektedir. Bunlar eliptik ve dairesel şekillidir. Haritada gözlenen anomali değerleri 0 ile 140 nT/m arasında değişmektedir.



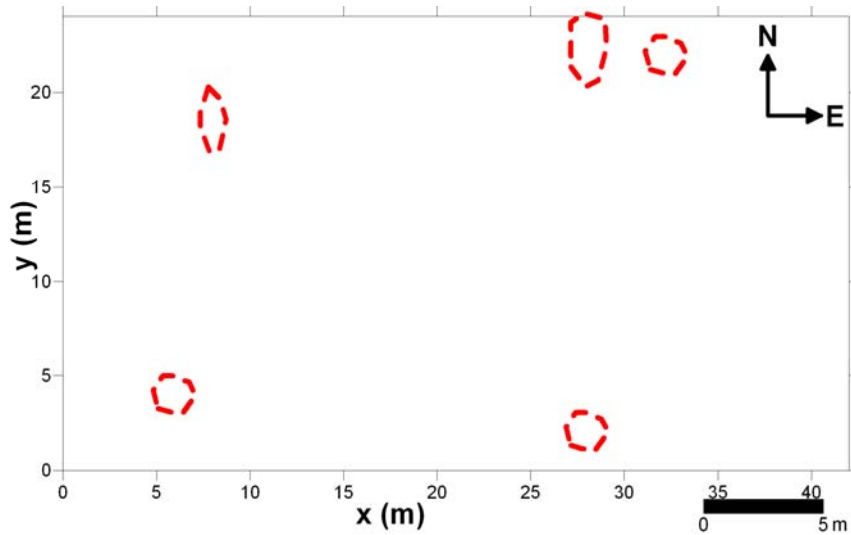
Şekil 4.34. Alan 5'in analitik sinyal imaj haritası

Antik kentin güneybatı kısmında kalan Alan 5'in analitik sinyal imaj haritası Şekil 4.34'te verilmiştir. Burada 2 adet dairesel veya silindirik şekilli yapı anomalisine rastlanmıştır. Haritada analitik sinyal anomali değerlerinin 0 ile 65 nT/m arasında değiştiği görülmektedir.

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Manyetik gradient tekniği kullanılarak yapılan bu çalışmada, Uşak ili Banaz ilçesinin Ahat kyu içerisindeki Asar mevkiinde bulunan Akmonia Antik Kentindeki arkeolojik kalıntı yapıları araştırılmaya çalışılmıştır. Çalışma alanında Uşak Müzesi arkeologları denetiminde saptanan birbirinden bağımsız 5 ayrı alanda araştırma yapılmıştır. Belirlenen alanların tümünde manyetik gradient ve toplam manyetik alan değerleri ölçülmüş, bu veriler incelendikten sonra 3 alanda da süseptibilite ölçümleri yapılması uygun görülmüştür.

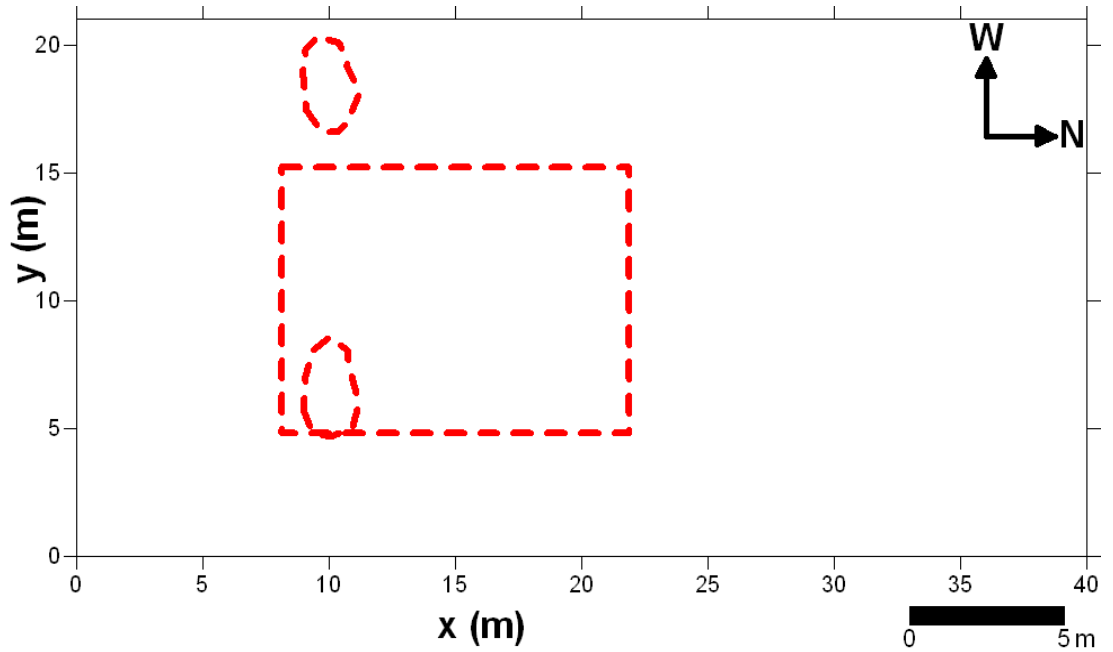
Çalışma alanlarına ait toplam alan manyetik anomali haritaları hazırlanmıştır. Toplam alan manyetik anomali haritaları incelendiğinde; 46080 nT ile 46505 nT arasında anomali değerlerinin değiştiği gözlenmiştir (şekil 4.2 - 4.6). Daha sonra her bir alana ait toplam alan gradientleri hesaplanarak çalışma alanlarının manyetik gradient anomali haritaları hazırlanmıştır (şekil 4.7 – 4.11). Böylelikle derin kütlelerin etkilerinden arınarak, yzeeye yakın sığ kütlelerin etkilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Daha sonra toplanan manyetik gradient anomali verilerine kutba indirgeme, pseudo-gravite, yapı sınır analizi ve analitik sinyal vb gibi ileri manyetik yorumlama teknikleri uygulanmıştır.



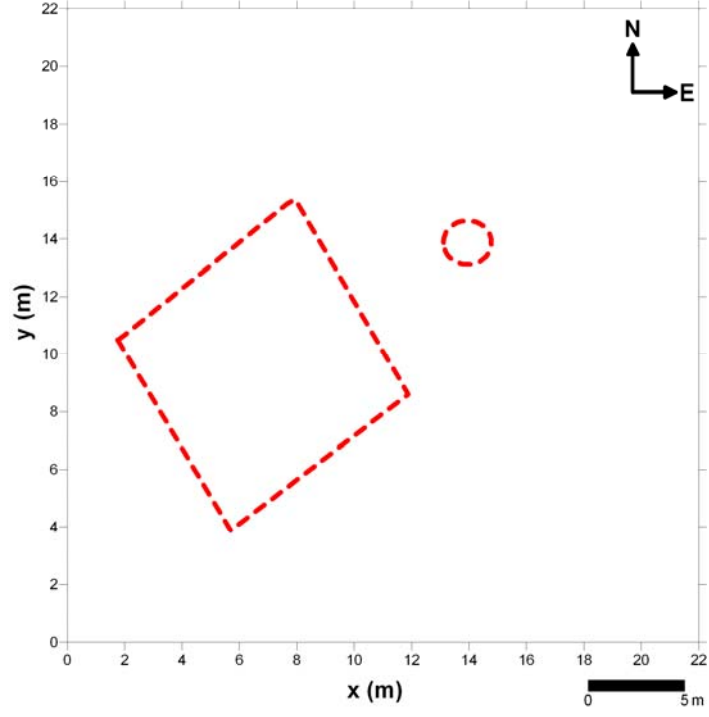
şekil 5.1. Alan 1'de gömülü durumda olduğu düşünülen silindirik ve eliptik şekli yapılar

Manyetik verilerin yapı sınırı analizinden elde edilen maksimumlar ile analitik sinyal yönteminden elde edilen sonuçların değerlendirilmesinden, her bir çalışma alanına ait yeraltındaki manyetik anomali veren bölgeler tespit edilmiş ve haritalarda yerleri belirtilmiştir (Şekil 5.1 – 5.5). Alan 2 ve Alan 3’ teki dörtgen şeklindeki anomalilerin görüldüğü bölgeler, gelecekte yapılması düşünülen bir kazıda öncelik verilmesi gereken alanlar arasında gösterilebilir (Şekil 5.2 ve 5.3). Alan 2’ nin gradient (Şekil 4.8) ve manyetik duyarlılık (Şekil 4.12) haritaları karşılaştırıldığında, Alan 2’ de görülen şiddetli gradient anomalisine  $3.0 - 3.9 \times 10^{-3}$  SI şiddetinde manyetik duyarlılığa sahip kaynağın sebep olduğu söylenebilir (Şekil 5.2).

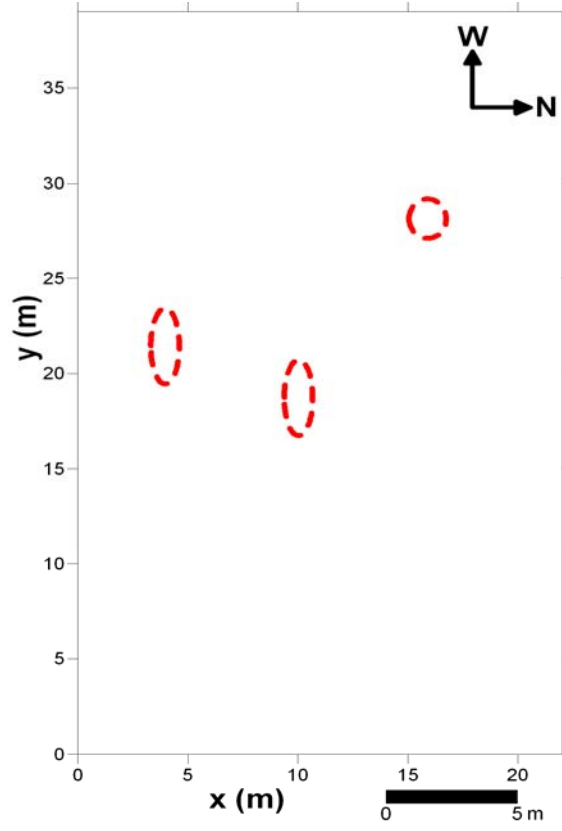
Alan 3’ teki KB-GD uzanımlı büyük kütleli anomali yapısına  $2.5 - 3.0 \times 10^{-3}$  SI şiddetindeki manyetik duyarlılık bozucu kütle neden olmuştur. Bunun yanı sıra diğer dairesel ve eliptik görüntülü anomaliler de kazı için planlanabilir.



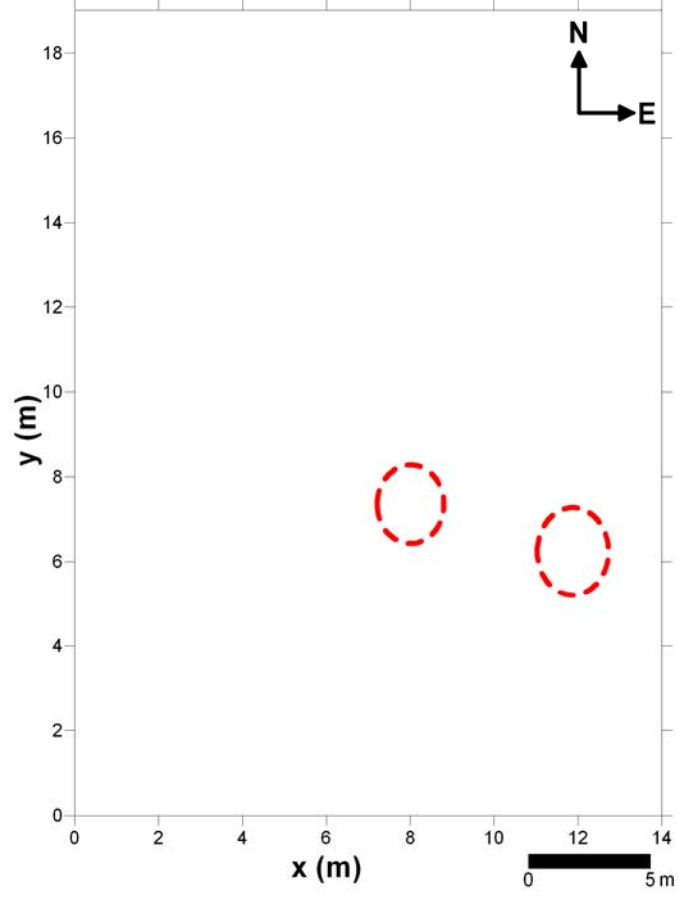
Şekil 5.2. Alan 2’de gömülü durumda olduğu düşünülen eliptik ve dörtgen şekilli yapılar



Şekil 5.3. Alan 3'te gömülü durumda olduğu düşünülen dörtgen ve silindirik şekilli yapılar



Şekil 5.4. Alan 4'de gömülü durumda olduğu düşünülen silindirik ve eliptik şekilli yapılar



Şekil 5.5. Alan 5'te gömülü durumda olduğu düşünülen silindirik yapılar

Arkeolojik kalıntılara hiçbir şekilde zarar vermeden yapılan bu jeofizik araştırmada belirlenen ve kazılması önerilen noktaların, gelecekte yapılması planlanan bir kazıda deneme açması yapılarak, hem kazı maliyetini hem de zamanı azaltması bakımından yararlı olması düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Akçığ, Z., Pınar, R., 1994. Gravite ve Manyetik Arama Yöntemleri. DEÜ Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, 168 sayfa, İzmir.
- Arısoy, M.Ö., Koçak, Ö., Büyüksaraç, A., Bilim, F., 2007. Images of buried graves in Bayat, Afyon (Turkey) from high-resolution magnetic data and their comparison with preliminary excavations. *Journal of Archaeological Science*, 34, 1473-1484.
- Arkitera, 2010. İnternet Sitesi. <http://www.arkitera.com/h21772-antik-sehir-akmonia-kurtarilmaya-calisiliyor.html>. Erişim Tarihi: 30.08.2010.
- Ateş, A., Kearey, P., 1993. Deep structure of East Mendip Hills from gravity, aeromagnetic and seismic reflection data. *Journal of the Geological Society*, 150, 1055-1063.
- Ateş, A., 2002. Archaeogeophysical Investigations Around the Bilge Qugan Monument in Khosho Tsaidam, Mongolia. *Archaeological Prospection*, 9, 23-33.
- Ateş, A., Erdem, E., Bilim, F., Aydın, N., 2003. Magnetic Enhancement Over buried Features In Kerkenes Archaeological Site, Yozgat, Turkey. *Journal of the Balkan Geophysical Society*, 6 (3), 137-143.
- Ateş, A., 2004. Gravite ve Manyetik Yöntemler ve Uygulamaları. Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 71 sayfa, Ankara
- Atkinson, R.J.C., 1952. Methodes Electriques de Prospection en Arceologie, A. Lamining (Ed.).La Découverte du Passé, Picard, 59-70.
- Aysal, N., 2001. 21. Uşak'ın Türkiye Jeolojisindeki Yeri, Yüzyılın Eşiğinde Uşak Dünü, Bugünü, Yarını Sempozyumu Bildiri Kitabı Cilt 2, Uşak Vakfı Yayınları, 745-754, İstanbul.
- Baranov, V., 1957. A new method for interpretation of aeromagnetic maps: pseudo gravimetric anomalies. *Geophysics*, 22(2), 359-383.
- Baranov, V., Naudy, H., 1964. Numerical calculation of the formulate of reduction to the magnetic pole. *Geophysics*, 29, 67-79.
- Başgelen, N., 2000. Çalınan Geçmiş, Yitirilen Miras. Akmonia (Ahatköy) Mozaikleri. *Arkeoloji ve Sanat* 22 (97), 23-25.
- Belshe, J., 1957. Recent magnetic investigations at Cambridge University, *Advances in Physics* 6 (1957), 192-193.
- Bilgili, E., Gökner, İ.C., Albora, A.M., Uçan, O.N., 2005. Potential Anomaly Separation and Archaeological Site Localization Using Genetic Trained Multi-level Cellular Neural Networks. *ETRI Journal*, 27 (3), 294-303.
- Blakely, R.J., Simpson, R.W., 1986. Approximating edges of source bodies from magnetic or gravity anomalies. *Geophysics*, 51, 1494-1498.



- Blakely, R.J., 1995. *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge University Press, 1st Edition, ISBN: 0-521-57547-8. 439 p. New York.
- Büyüksaraç, A., Bilim, F., Ateş, A., Bektaş, Ö., 2006. Investigation of Magnetic Survey Data of Buried Grave Jars in Harmanoren Necropolis (Turkey) Using Linear Transformations and Analytic Signal. *Journal of Archaeological Science*, 33, 910-920.
- Cordell, L., Grauch, V.J.S., 1982. Reconciliation of the discrete and integral Fourier transform. *Geophysics*, 47 (2), 237-343.
- Cordell, L., Grauch, V.J.S., 1983. Mapping basement magnetization zones from aeromagnetic data in the San Juan basin, New Mexico, *Geophysics*, 48 (4), 446-446.
- Cott, P.J., 2002. *Archaeological Geophysics in East Anglia, UK*. *Archaeological Prospection*, 9, 157-161.
- Dolmaz, M.N., 1999. Isparta ve civarının gravite ve havadan magnetik anomalilerinin incelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 133 sayfa, Isparta.
- Dolmaz, M.N., Hisarlı, Z.M., Orbay, N., 2003. Burdur havzasının bouguer gravite verileri ile yorumu. *İstanbul Üniversitesi Yerbilimleri Dergisi*, 16 (1), 23-32.
- Drahor, M.G., Hesse, A., Kaya, M.A., 1995. Sinop Amfora Atölyeleri üzerinde Manyetik Çalışmalar. *Jeofizik*, 9 (10), 7-12.
- Drahor, M.G., 2006. Integrated Geophysical Studies in the Upper Part of Sardis Archaeological Site, Turkey. *Journal of Applied Geophysics*, 59, 205-223.
- Etiz, A., 2007. Trakya Bölgesinin Havadan Mağnetik Anomalilerinin İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 77 sayfa, Isparta.
- Ercan, T., Dinçel, A., Metin, S., Türkecan, A., Erdoğan, G., 1978. Uşak Yöresindeki Neojen Havzaların Jeolojisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 21, 97-106.
- Ergin, K., 1973. *Uygulamalı Jeofizik (Üçüncü Baskı)*. Özarkadaş Matbaası, 374 sayfa, İstanbul.
- Gaffney, C.F., Gater, J.A., Linford, P., Gaffney, V.L., White R., 2000. Large-Scale Systematic Fluxgate Gradiometry at the Roman City of Wroxeter. *Archaeological Prospection*, 7, 81-99.
- Hesse, A., Döğer E., 1993. Atelier D'amphores Rhodiennes et Constructions En Pierre A Hisaronu (Turquie): Un Cas Original De Prospection Electro-Magnetique. *Reveu D'archeometrie*, 17, 5-10.
- Kearey, P., Brooks, M., 1991. *An introduction to geophysical exploration*. 2nd ed. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 254 p.

- Kaya, M.A., 2006. Arkeojeofizik Araştırmalar. JFMO yayınları, 104 sayfa, Ankara
- Keating, P., Sailhac, P., 2004. Use of the analytic signal to identify magnetic anomalies due to kimberlite pipes. *Geophysics*, 69, 180–190.
- Marshall, A., 1999. Magnetic Prospection at High Resolution: Survey of Large Silo-pits in Iron Age Enclosures. *Archaeological Prospection*, 6,11-29.
- Matias M.S., Almeida F., 1992. Geophysical Survey on the Archaeological Site of Mugardos Nw Iberian Peninsula). *Journal of Applied Geophysics*, 29, 119-124.
- Nabighian, M. N., 1972. The analytic signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section: Its properties and use for automated anomaly interpretation. *Geophysics*, 37, 507–517.
- Öksüm, E., 2006. Van Gölü Civarının Havadan Mağnetik Verilerinin Kantitatif Yorumu, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 86 sayfa, Isparta..
- Phillips, J.D., 2001. Processing ana interpretation of aeromagnetic data fort he SantaCruse basin-Pategonia mountains area, South-Central Arizona - a Preliminary Report: U.S. Geological Survey open file report.
- Ramsay, W.M., 1960. Anadolu'nun Tarihi Coğrafyası. Milli Eğitim Basımevi, 560 sayfa, İstanbul.
- Ramsay, W.M., 1883. The Cities and Bishoprics of Phrygia. *The Journal of Hellenic Studies*, 4 (1883), 370-436.
- Roest, W. R., Verhoef,J., Pilkington, M., 1992. Magnetic interpretation using the 3-D analytic signal. *Geophysics*, 57, 116–125.
- Roest, W. R., Pilkington, M., 1993. Identifying remanent magnetization effects in magnetic data. *Geophysics*, 58, 653–659.
- Salem, A., Ravat, D., Gamey, T. J., Ushijima, K., 2002. Analytic signal approach and its applicability in environmental magnetic investigations. *Journal of Appied Geophysics*, 49, 231–244.
- Sanver, M., İşseven, T., 2007. Gravite ve Manyetik Arama Yöntemleri, Nobel Yayın Dağıtım, ISBN: 978-9944-77-168-9, 368 sayfa, İstanbul.
- Sarris, A., Galaty, M.L., Yerkes, R.W., Parkinson, W.A., Gyucha, A., Billingsley D.M., Tate, R., 2004. Geophysical Prospection and Soil Chemistry at the Early Copper Age settlement of Veszto-Bikeri, Southeastern Hungary. *Journal of Archaeological Science*, 31, 927-939.
- Slater, L.D., Hamilton, N.D., Sandberg, S., Jankowski, M., 2000. Magnetic Prospecting at a Prehistoric Settlement in Maine. *Archaeological Prospection*, 7, 31-41.
- Texier., C. 2002. Küçük Asya: Coğrafyası Tarihi ve Arkeolojisi II. Enformasyon ve Dokümantasyon Hizmetleri Vakfı, ISBN: 9757473146, 575 sayfa, Ankara

- Tsokas, G. N., Giannopoulos A., Tsourlos P., Vargemezis G., Tealby J.M., Sarris A., Papazachos C.B., Savopoulou T., 1994. A Large Scale Geophysical Survey in The Archaeological Site of Europos (Northern Greece). *Journal of Applied Geophysics*, 32, 85-98.
- Umar, B., 2008. Phrygia. İnkılap Kitapevi, ISBN: 978-975-10-2715-3, 350 sayfa, İstanbul
- Wynn, J.C., 1986. Archaeological Prospection: An Introduction to The Special Issue. *Geophysics*, 51, 553-537
- Weymouth, J.W. 1986. Archaeological Site Surveying Program at the University of Nebraska. *Geophysics*, 51(3), 538-552.
- Wikipedia, 2010. İnternet Sitesi. <http://tr.wikipedia.org/wiki/Akmonya>. Erişim Tarihi: 30.08.2010.

## ÖZGEÇMİŞ



Adı Soyadı: Sercan KAYIN  
Doğum Yeri ve Yılı: Uşak 1986  
Medeni Hali: Bekar  
Yabancı Dili: İngilizce

### Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Uşak Atatürk Lisesi 2001-2004  
Üniversite: : Süleyman Demirel Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği  
Bölümü 2004-2008  
Yüksek Lisans : Süleyman Demirel Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği ABD.  
öğrencisi 2008-

### Çalıştığı Kurumlar ve Yıl

Gümüşhane Üniversitesi, Araştırma Görevlisi 2010 -