

**T.C.
CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FOÇA ve KÜÇÜK MENDERES BÖLGESİNDEN
TOPLANAN TOPRAK ve GÜBRE ÖRNEKLERİNİN
ALINGANLIK TAYİNİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Şeyda TUĞCU

Anabilim Dalı : Fizik

Programı : Genel Fizik

MANİSA 2005

T.C.
CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FOÇA ve KÜÇÜKMENDERES BÖLGESİNDEN
TOPLANAN TOPRAK ve GÜBRE RNEKLERİNİN
ALINGANLIK TAYİNİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Şeyda TUĞCU

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 11.08.2005

Tezin Savunulduğu Tarih : 19.09. 2005

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Güngör BELİK (CBÜ)

Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Nurdoğan CAN (CBÜ)

Doç. Dr. Turgay KARALI (EÜ)

MANİSA 2005

CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FOÇA ve KÜÇÜK MENDERES BÖLGESİNDEN TOPLANAN
TOPRAK ve GÜBRE ÖRNEKLERİNDE
ALINGANLIK TAYİNİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Şeyda TUĞCU

Anabilim Dalı :Fizik

Programı : Genel Fizik

MANİSA 2005

Bölüm	İÇİNDEKİLER	Sayfa
	ŞEKİL LİSTESİ	V
	ÇİZELGE LİSTESİ	VII
	TEŞEKKÜR	VIII
	ÖZET	IX
	ABSTRACT	X
1	GİRİŞ ve AMAÇ	1
2	MANYETİK ALINGANLIK HAKKINDA GENEL BİLGİ ve TEORİK YAKLAŞIMLAR	3
2.1	Manyetik Alan	3
2.2	Manyetik Alınganlık	8
2.3	Diyamanyetizma	9
2.4	Paramanyetizma	11
2.5	Ferromanyetizma	13
2.6	Ferrimanyetizma	14
2.7	Antiferromanyetizma	14
2.8	Domenler (Weiss Bölgeleri) ve Domen Duvarları	15
2.8.1	Histerezis Olayı	16
2.8.2	Tanecik Etkileşmeleri	18
2.8.3	Tanecik Boyutu İle Frekansa Bağlı Alınganlık	18
2.8.4	Frekansa Bağlı Alınganlık	20
2.8.5	Zaman Bağımlı Manyetizasyon	23
2.9	Manyetik Alınganlık Ölçümlerinin Avantajları	23
2.10	Manyetik Alınganlık Ölçüm Sisteminin Kullanım Alanları	23
3	GÜBRE ve YAPISI	25
3.1	Gübre	25
3.1.1	İşletme Gübreleri	25
3.1.2	Ticaret Gübreleri	26
4	MATERYAL ve METOD	28
4.1	Materyal	28
4.2	Örnekleme Bölgesi	28

Bölüm	İÇİNDEKİLER	Sayfa
4.3	Deney Sistemi	29
4.3.1	Bartington MS2 Ölçüm Sistemi ve MS2B Sensörü	29
4.3.2	MS2B Sensörünün Teknik Özellikleri	32
4.3.3	MS2 Sisteminin Kalibrasyonu	33
4.4	Örneklerin Hazırlanması	33
4.5	Manyetik Alınganlık Ölçümleri	35
4.6	ICP-OES Ölçümleri	36
5	BULGULAR	38
5.1	Manyetik Alınganlık Ölçüm Bulguları	38
5.2	ICP-OES Ölçüm Bulguları	42
6	SONUÇ ve TARTIŞMA	47
	EKLER	51
	KAYNAKLAR	54

	ŞEKİL LİSTESİ	Sayfa
Şekil 2.1	r Yarıçaplı Çember Etrafında Dönen Bir Elektron	4
Şekil 2.2	Ferromanyetik Maddenin Mutlak Sıcaklıkla Değişimi	13
Şekil 2.3	Ferromanyetik, Ferrimanyetik, Antiferromanyetik ve Mükemmel Olmayan Antiferromanyetik Manyetik Momentlerin Dizilimi	15
Şekil 2.4	Ferromanyetik Bir Maddenin Histerezis Eğrisi	16
Şekil 2.5	Ferromanyetik Bir Maddenin Ard Arda Histerezis Uygulaması	18
Şekil 2.6	Manyetik Alınganlığın Magnetit Mineralinin Tanecik Büyüklüğü İle Değişmesi a) Düşük Frekans Altında Gösterilen Çizgili Bölge 0,09-6000 μ M lik Tanecikler İçin b) % Frekans Değişimi İle Tanecik Büyüklüğü Arasındaki İlişki	19
Şekil 2.7	Çeşitli Dömen ve Kaynaklarının χ_{Lf} - % χ_{Fd} Dağılımı	22
Şekil 4.1	Foça Bölgesinin Genel Bir Haritası Görülmektedir. Küçük Harita da İse Örneklerin Toplandığı 6 Farklı Doğrultu Yakından Görülmektedir.	29
Şekil 4.2	Bartington MS2 Ölçüm Sistemi ve MS2B Sensörü	30
Şekil 4.3	Bartington MS2 Ölçüm Sistemi	30
Şekil 4.4	Bartington MS2B Sensörü	31
Şekil 4.5	Manyetizasyonun Manyetik Alanla Değişimi	32
Şekil 4.6	a) Örneklerin Dövüldüğü Havanın b) Kapların Mikroterazide Pot Ağırlığının Ölçümü.	33
Şekil 4.7	Örneklerin Kaplara Yerleştirilmesi ve Toplam Ağırlıklarının Ölçülmesi	34
Şekil 4.8	Örnek Etiketinin İşaretlenmesi	35
Şekil 5.1	Foça Bölgesinden Alınan Örneklerin Manyetik Alınganlık Ölçümleri	38
Şekil 5.2	Foça Bölgesinin Düşük Frekansa Karşılık % Frekans Değişimi	39
Şekil 5.3	Kontrol Bölgesinin Düşük Frekansa Karşılık % Frekans Değişimi	39

ŞEKİL LİSTESİ		Sayfa
Şekil 5.4	Kontrol ve Foça Bölgesinin Karşılaştırmalı %Frekans Değişimi	40
Şekil 5.5	Kontrol Bölgesinin Bazı Örneklerinin Toplam Kütle Manyetik Alınganlıkları	41
Şekil 5.6	Kontrol Bölgesinin Bazı Örneklerinin Katmanlarına Göre Kütle Manyetik Alınganlıkları	41
Şekil 5.7	Alınganlığı $24,10 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ olan 3E(0-10) Örneğinin ICP Sonuçları	42
Şekil 5.8	Alınganlığı $22,6 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ olan 4A(0-10) Örneğinin ICP Sonuçları.	42
Şekil 5.9	Alınganlığı $21,4 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ olan 3Gübresiz (0-10) Örneğinin ICP Sonuçları	43
Şekil 5.10	Alınganlığı $402,50 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ olan C-2 Örneğinin ICP Sonuçları	43
Şekil 5.11	Alınganlığı $304,10 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ olan A-4 Örneğinin ICP Sonuçları	43
Şekil 5.12	Alınganlığı $254,40 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ olan GF-2 Örneğinin ICP Sonuçları	44
Şekil 5.13	Alınganlığı $246,10 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ olan FD-2 Örneğinin ICP Sonuçları.	44
Şekil 5.14	Alınganlığı $40,40 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ olan YF-3 Örneğinin ICP Sonuçları	44
Şekil 5.15	ICP Ölçümü Yapılan Örneklerin Ağır Metal Konsantrasyonları	45
Şekil 6.1	Çalışma Bölgelerinin ve Gübre Örneklerinin Ortalama Manyetik Alınganlıkları	47
Şekil 6.2	Foça Bölgesinin Manyetik Alınganlık Haritası Üzerinde Tesis ve Fabrikaların Gösterimi. Eksenler Metre Cinsinden, Manyetik Alınganlık $10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ Cinsinden Verilmiştir.	48

ÇİZELGE LİSTESİ		Sayfa
Çizelge 2.1	Domen Büyüklüğü İle Maghemit / Magnetitlerin Kökeni	21
Çizelge 2.2	Alınganlık ve $\% \chi_{Fd}$ ile SP Madde Konsantrasyonu	22
Çizelge 4.1	Kalibrasyon Malzemelerinin Kütle ve Hacim Alınganlık Değerleri	33
Çizelge 5.1	Seçilen Noktalar İçin ICP Analizlerinin Sonuçları	46

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı hazırlamamda bana yol gösteren danışman hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Güngör BELİK'e, bilgisini ve desteğini esirgemeyen değerli bölüm başkanımız sayın Doç. Dr. Nurdoğan CAN'a, bilgi ve yardımlarını benimle paylaşan sayın Yrd. Doç. Dr. Turgay Karalı'ya, çalışmalarımda yardımcı olan sayın Ar.Gör.Mehmet Ayvacıklı'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca çalışmalarımı tamamlamamda bana imkan sağlayan Ege Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü'ne, doktora öğrencisi Elçin Ekdal'a, ölçümlerin yapılmasında yardımcı olan Şenol Sert'e ve tezimin her aşamasında yanımda olan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Şeyda TUĞCU

ÖZET

Bu çalışmada amacımız, Ege bölgesinde yapılan tarım faaliyetlerinde yaygın olarak kullanılan gübrenin, toprağın manyetik yapısına katkısının incelenmesidir. Bu amaca yönelik olarak iki bölge belirledik. Belirlediğimiz bölgelerden ilki Ege Gübre Fabrikası civarı, İkinci bölge ise; fabrikanın yan ürünlerinin, toprağın manyetik alınganlığına katkısını karşılaştırabilmek için seçtiğimiz gübre fabrikasından uzak Küçük Menderes kontrol bölgesidir. Fabrika civarı ve Küçük Menderes'ten toplanan toprak ve gübre örneklerinin manyetik alınganlık ve ICP ölçümleri alınmıştır. Sonuçta elde edilen verilerle manyetik alınganlık haritası çizildiğinde, gübrenin toprağın manyetik alınganlığını arttırıcı etkisi olduğu görüldü.

ABSTRACT

In this study, our aim is to analyse the aid of the fertilizer which is widely used in the field of agriculture in Eagean Region to the magnetic structure of soil. For this purpose, we have determined two different areas. First area is the enviroment of Ege Fertilizer Factory. The second area is Küçük Menderes control region which is far away from the fertilizer factory chosen to compare the aid of factory's by-products to the magnetic susceptibility of the soil. Magnetic susceptibility and ICP measurements of the soil and fertilizer samples which have been collected from the enviroment of the factory and Küçük Menderes Region are done. In conclusion; as we draw the magnetic susceptibility map with our data, the results comport with our expectations and we saw that the fertilizer has an increasing effect of the magnetic susceptibility of the soil.

BÖLÜM 1, GİRİŞ VE AMAÇ

Manyetikliğin ilk farkına varan Yunanlılar, M.Ö. 800 yıllarında bugün manyetit (Fe_3O_4) dediğimiz bazı taşların demir parçacıklarını çektiğini gözlemlemişlerdir. 'Manyetik' isminin nereden geldiği üstüne birçok efsane vardır; sürüsünü otlatırken ayakkabısının çivileri ve sopasının ucu yere yapışan Magnes adlı çobandan, bir efsaneye göre de mıknatıslık özelliği taşıyan bu taşların bulunduğu Anadolu'daki Maonesia (Manisa) adlı yöreden gelmektedir. Demir, kobalt, nikel ve bunların alaşımlarını kendine çekme özelliğini gösteren cisimlere **mıknatıs** denir.

Çevremizdeki her materyalin kendi yapısına göre bir manyetik özelliği vardır. Cisimler ve malzemeler; boyutlarına, renklerine ya da kimyasal bileşenlerine göre tanımlanabildiği gibi, manyetik özelliklerine göre de tanımlanabilirler. Tüm maddeler manyetik alandan etkilenir.

1970 ve 1980'li yıllarda bilim adamları, manyetik özelliklerin çevremizdeki materyalleri tanımlamada ve sınıflandırmada kullanışlı olduğunu ortaya çıkardılar. Bu amaçla kullandığımız Bartington Instruments MS2 Manyetik Alınganlık (Süseptibilite) ölçüm sistemi, birçok üniversite ve araştırma merkezinde sıklıkla kullanılmaktadır. Manyetik alınganlık ölçümleri malzemedeki "manyetize olabilme" değerini ölçer. Bu değer toprağın, kayaların, tozun ve sedimentlerin içinde hangi minerallerin bulunduğunun bir göstergesidir.

Bu çalışmada amaçlarımız, Ege bölgesinde yaygın olarak yapılan tarım faaliyetlerinde kullanılan gübrenin toprağın manyetik yapısına katkısının incelenmesi ve bu gübrenin nasıl katkıya sebep olduğunun araştırılmasıdır. Bu amaca yönelik olarak Foça bölgesindeki faaliyet gösteren gübre fabrikası çevresindeki toprak, gübre örnekleri ve Küçük Menderes çevresinden toprak örnekleri toplanmış, manyetik alınganlık ve ICP ölçümleri alınmıştır. Alınan ölçümlerden; toprağın doğal alınganlığına, gübreden ve gübre tüketiminden

gelen katkı değerlendirilmiştir. Manyetik alınganlık ile ilgili tüm dünyada olduğu gibi Celal Bayar Üniversitesi Manyetik Alınganlık Laboratuarında birçok araştırmacı bu alanda çeşitli çalışmalar yapmıştır.

Manyetik Alınganlık ölümlerinin verilerden, yerleşim alanları ve sanayi bölgelerindeki alınganlık ölüm sonuçları, aynı inceleme sahası içindeki tarım ve ormanlık bölgeden çok daha yüksek çıkmış ve bize manyetik bir kirlilikten bahsedebileceğimizi göstermiştir. Bu çalışmada yerleşim alanları ve sanayi bölgelerinin hem toz, hem de toprak içine nüfuz eden katkılarının alınganlığı arttırdığı, haritalandırma aracılığı ile görülmektedir [1].

Canlı dokusu ve paramanyetik bileşenler için manyetik alınganlık ölümünde manyetik alan içinde yönelim hareketinde bulunan bir manynelim bakteri türü olan E-Coli nin ve çeşitli paramanyetik bileşenlerin, bilgisayar girişli fiber optik sensörlü bir elektronik devre kartı kullanılarak manyetik alınganlıkları hesaplanmıştır [2].

Soma termik santrali kömür küllerinin manyetik alınganlık ölümünde kömürlerin yanmasıyla ortaya çıkan küllerde manyetik alandan etkilenmektedir. Kömürde yanmayan maddelerin manyetizasyonu, küllerin manyetik alandaki tepkileriyle ölçülebilir. Küllerin de kirlilik oranları bulunabilir. Kömürdeki kurşun, çinko, kadmiyum, karbon, kükürt, magnezyum, nikel, demir gibi maddeler manyetik alandan etkilenmektedir [3].

Manyetik alınganlık ölümleri benzer bilgilerin sağlandığı X-ışını saçılımlı veya ağır mineral analizi gibi diğer tekniklerden daha kolay gerçekleştirilir [6].

BÖLÜM 2 MANYETİK ALINGANLIK HAKKINDA GENEL BİLGİ VE TEORİK YAKLAŞIMLAR

2.1 MANYETİK ALAN

SI birim sisteminde manyetik alan birimi Tesla (T) yani metrekare başına Weber dir. CGS birim sisteminde ise Gauss (G) kullanılır.

$$1T = 10^4 G$$

Mıknatıslanmış maddedeki manyetik momentler; elektronların çekirdek etrafında ve çekirdekteki protonların birbirleri etraflarında dolanmalarından ileri gelen akımlardan oluşur. Bir elektronun net manyetik momenti, yörüngesel ve spin hareketinden kaynaklanır.

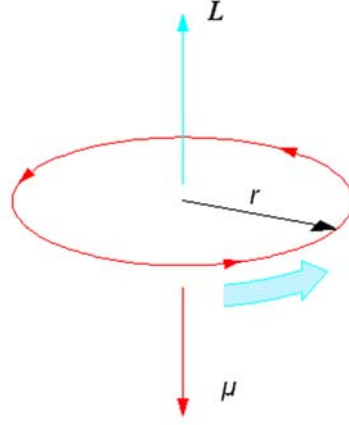
Maddeler manyetik özellikleri bakımından;

- Paramanyetik
- Ferromanyetik
- Diyamanyetik

olmak üzere üç bölümde incelenebilir [4-6].

Paramanyetik ve ferromanyetik maddeler sürekli manyetik dipol momentli atomlara sahip olan maddelerdir. Diyamanyetik maddelerin atomlarıysa sürekli manyetik dipol momente sahip değildir.

Klasik atom modelinde; yörüngede dolanan elektron küçük bir akım ilmeği olarak düşünülür. (Şekil 2.1)



Şekil 2.1 r Yarıçaplı Çember Etrafında Dönen Bir Elektron

Çekirdek etrafında r yarıçaplı dairesel yörüngede sabit v hızıyla hareket eden elektronun tam bir dolanım süresindeki hızı;

$$v = \frac{2\pi r}{T} \quad (2.1)$$

olur. Buradaki akım ise; elektron yükünün T dolanım süresine oranına eşittir.

$$I = \frac{e}{T} = \frac{e\omega}{2\pi} = \frac{ev}{2\pi r} \quad (2.2)$$

Akım ilmeğinin oluşturduğu manyetik moment;

$$\mu = IA \quad (2.3)$$

$A = \pi r^2$ yörüngenin içindeki alandır [4,7]. Bu alanı, (2.2) denkleminde bulduğumuz akım değerini ve elektronun yörünge açısal momentumu, $L = mvr$ büyüklüklerini manyetik momente uygularsak yörünge manyetik moment için;

$$\mu_{\ell} = \left(\frac{e}{2m} \right) L \quad (2.4)$$

sonucuna ulaşırız. Elektronun manyetik momenti yörüngesel açısai momentum ile doğru orantılıdır.

Kuantum fiziğine göre yörünge açısai momentumu kesikli ve $\hbar = h/2\pi = 1,06 \cdot 10^{-34}$ J.s nin tam katı olmalıdır. Burada h Planck sabitidir. $\ell = 0, 1, 2, \dots$ yörünge açısai kuantum sayısı olmak üzere yörüngesel açısai momentumu;

$$L = \ell \hbar \quad (2.5)$$

Manyetik momentin sıfır olmayan en küçük değeri;

$$\mu = \frac{e}{2m} \hbar \quad (2.6)$$

dir. Elektronların yörüngesel hareketlerinden oluşan manyetik etki sıfır ya da çok küçüktür [4,8]. Elektron çekirdek etrafında yörüngesel hareketini yaparken aynı zamanda kendi eksenini etrafında da dönmektedir. Bu dönme bir manyetik moment oluşturur. Kuantum teorisine göre spin açısai momentumunun büyüklüğü;

$$S = \frac{\hbar}{2} = 5,2729 \cdot 10^{-35} \text{ J.s} \quad (2.7)$$

ve dolayısıyla elektronun spininden kaynaklanan iç manyetik momentin büyüklüğü;

$$\mu_B = \frac{e}{2m} \hbar = 9,27 \cdot 10^{-24} \text{ J/T} \quad (2.8)$$

ifadesiyle verilir ve buna Bohr Magnetonu denir [7]. Bir atomun toplam manyetik momentini, yörüngesel ve spin manyetik momentlerinin vektörel toplamıdır. Bir atomda çekirdekdeki protonlar ve nötronlar da çekirdek manyetik momentine neden olurlar. Ancak bu moment elektronun manyetik momentinin yanında çok küçük kalır ve genellikle ihmal edilir [4,8].

Maddelerin manyetiklikleri, mıknatıslanma vektörü (M) ile anlatılır. Büyüklüğü, maddenin birim hacmindeki net manyetik momente eşittir. Maddenin birim hacmindeki atom sayısı n ile gösterilirse;

$$M = \frac{n \mu_\ell}{V} \quad (2.9)$$

olur ve M ye mıknatıslanma şiddeti veya manyetizasyon da denir. Maddedeki manyetik alan, uygulanan dış alana ve maddenin mıknatıslanmasına bağlıdır [4].

Akım taşıyan bir iletkenin neden olduğu B_0 manyetik alanının oluşturduğu bölgeyi manyetik bir madde ile doldurursak toplam manyetik alan;

$$B = B_0 + B_m \quad (2.10)$$

olur. Buradaki B_m manyetik maddenin neden olduğu alanı göstermektedir. Bunu mıknatıslanma vektörü cinsinden de yazabiliriz;

$$B = B_0 + \mu_0 M \quad (2.11)$$

Buradaki $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Wb/A.m}$ boşluğun manyetik geçirgenliğidir. Eğer burada

$H = \frac{B_0}{\mu_0}$ manyetik alan şiddetini tanımlarsak daha kolay ifade edebiliriz;

$$H = \frac{B}{\mu_0} - M \quad (2.12)$$

ya da

$$B = \mu_0 (H + M) \quad (2.13)$$

SI birim sisteminde H ve M nin boyutu da A / m dir. Akım taşıyan iletkenin iç bölgesini bir boşluk gibi düşünürsek $M = 0$ olur ve

$$B = B_0 = \mu_0 H \quad (2.14)$$

İletkenin içindeki alan $B_0 = \mu_0 n I$ ise

$$H = \frac{B_0}{\mu_0} = \frac{\mu_0 n I}{\mu_0} \quad (2.15)$$

$$H = n I \quad (2.16)$$

olur. Yani bu sonuca bakarak iletkenin içindeki manyetik alan şiddeti, sarımlarından geçen akımdan ileri gelmektedir yargısına ulaşabiliriz. İletkenin içi madde ile doldurulur ve akım sabit tutulursa; maddedeki H şiddeti, büyüklüğünü koruyarak değişmeden kalır. Çünkü H yalnız iletkendeki akıma bağlıdır. Ancak toplam B alanı değişir. (2.13) denklemine bakarsak, bunları görebiliriz.

2.2 MANYETİK ALINGANLIK

Özellikle paramanyetik ve diyamanyetik maddelerde mıknatıslanma M , H manyetik alan şiddetiyle orantılıdır. Lineer maddelerde;

$$M = \chi_m H \quad (2.17)$$

olur. Bu eşitlikteki χ_m ye manyetik alinganlık (süseptibilite) denir. χ_m birimsizdir. Ve bu yüzden M ve H aynı birimdedir. χ_m Pozitif ise M ile H aynı yönde ve madde paramanyetiktir, χ_m negatif ise M ile H ters yönde ve madde diyamanyetiktir [5,8].

Lineer maddeler için geçerli olan (2.17) denklemi ferromanyetik maddeler için geçerli değildir. (2.17) denkleminde verilen M değerini (2.13) denklemine uygularsak;

$$B = \mu_0 (H + M)$$

$$B = \mu_0 (H + \chi_m H)$$

$$B = \mu_0 (1 + \chi_m) H$$

$$B = \kappa_m H \quad (2.18)$$

Denklemine ulaşırız. Bu eşitlikteki κ_m sabitine maddenin geçirgenliği denir [4,5]. Bu basit bir bağıntı olsa da, ferromanyetik maddelerde M , H nin lineer bir fonksiyonu olmadığından, yorumu farklıdır. κ_m maddenin karakteristik bir özelliği değildir ancak maddenin önceki durumlarına ve geçirdiği işlemlere

bağlıdır. Maddelerin manyetiklik bakımından üç kısımda incelendiğini söylemiştik. κ_m nin μ_0 a bağlı hallerine göre maddeler;

$\kappa_m < \mu_0$	Diyamanyetik
$\kappa_m > \mu_0$	Paramanyetik
$\kappa_m \gg \mu_0$	Ferromanyetik

olarak sınıflandırılabilir. Paramanyetik ve diyamanyetik maddeler için χ_m çok küçük değerler alır bu yüzden,

$$\kappa_m \cong \mu_0$$

olur: Bunun yanı sıra ferromanyetik maddelerde κ_m , μ_0 dan birkaç bin kez daha büyük olabilir.

2.3 DİYAMANYETİZMA

Konunun başında maddelerin sınıflandırılmasında bahsettiğimiz gibi, atomları sürekli manyetik dipol momente sahip olmayan maddelere diyamanyetik maddeler denir. Kapalı elektron kabuğu altındaki elektronları çiftleşmiş dolayısıyla $\sum \mu_\ell = 0$ olan helyum (He), neon (Ne)... gibi soygazlar ve bizmut (Bi), gümüş (Ag) gibi bazı maddeler bir manyetik alan etkisinde kaldıklarında, uygulanan alana zıt yönde zayıf bir manyetik dipol moment oluştururlar. Her çeşit madde de diyamanyetizmanın etkisi vardır ancak bu etki ferromanyetizma ve diyamanyetizmaya göre zayıftır [4,5].

Bir atomda çekirdeğin etrafında çekirdekten kaynaklanan merkezci kuvvet etkisinde aynı hızla zıt yönlerde dolanan iki elektron düşünelim. Elektronların manyetik moment büyüklükleri eşit fakat zıt yönlü olduklarından birbirlerini yok

ederler ve dipol moment sıfır olur. Manyetik alan uygulandığında elektronlara $q\vartheta \times B$ ile gösterilen bir kuvvet daha etkir. Bu etki sonucu elektronların merkezci kuvvetleri eşit olamaz.

$$F_C - F_L = \frac{2q^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} - q\vartheta_1 B = \frac{m\vartheta_1^2}{r} \quad (2.19)$$

$$F_C + F_L = \frac{2q^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} + q\vartheta_2 B = \frac{m\vartheta_2^2}{r} \quad (2.20)$$

Bu elektronlardan manyetik momenti alana antiparalel olanın yörüngesel hızı artarken, paralel olanın hızı azalır. Dolayısıyla elektronların manyetik momentleri birbirini yok edemez ve maddede manyetik alana zıt yönde bir dipol moment oluşur.

$$\mu_\ell = \frac{q\vartheta_2 r}{2} - \frac{q\vartheta_1 r}{2} = \frac{qr}{2} (\vartheta_2 - \vartheta_1) \quad (2.21)$$

Bu manyetik moment alanla aynı doğrultudadır. (2.19) ve (2.20) denklemlerinde verilen değerleri taraf tarafa çıkartırsak;

$$qB(\vartheta_2 + \vartheta_1) = \frac{m}{r} (\vartheta_2^2 - \vartheta_1^2) \quad (2.22)$$

buradaki sadeleştirmeleri yaparsak;

$$\vartheta_2 - \vartheta_1 = \frac{qBr}{m} = \frac{q\mu_0 Hr}{m} \quad (2.23)$$

bu değeri (2.21) denkleminde yerine yazarsak,

$$\mu_\ell = -\frac{q^2 r^2 \mu_0 H}{2m} \quad (2.24)$$

Denkleme ulaşırız. Bu denklemdeki (-) işaretinin anlamı μ_ℓ ve H nin zıt yönelmeleridir. Őimdi burada (2.9) denklemini göz önüne alıp bulduğumuz sonuçları yerine yazarsak M mıknatıslanma Şiddeti için;

$$M = -\frac{nq^2 r^2 \mu_0}{2m} H \quad (2.25)$$

Sonucuna ulaşırız [4,5,9]. Bu sonuca bakarak bir kez daha M nin H ile orantılı olduğunu da görebiliriz ve (2.17) denkleme bakarak manyetik alınganlık için;

$$\chi_m = -\frac{q^2 r^2 n \mu_0}{2m} \quad (2.26)$$

Değerine ulaşılabilir [5,8]. Bu bulunan denklem çeşitli maddeler için yapılan hesaplamalarla, deneysel sonuçlarının en azından merteye olarak uyduğunu göstermiştir. Bu sonuçlara bakarak diyamanyetik alınganlığın öncelikle negatif olduğuna dikkat etmeliyiz. Diyamanyetik alınganlık atomlardaki yk dağılımina bağlıdır. Zaten bunun kolay gözlenmesinin nedeni de atomik enerji kabuklarının tamamıyla dolu olmasındır. Açık olarak sıcaklığa bağlı değildir ancak küçük etkilenmeler olabilir. Diyamanyetizma dış manyetik alan kaldırıldıktan sonra hemen yok olur.

2.4 PARAMANYETİZMA

Her atomda diyamanyetik maddelerde olduğu gibi dış elektron katmanı tam dolu olmayabilir. Böyle atomlarda çiftlenmemiş elektronlar olur ve bunlar bir manyetik momente sahip olurlar. Bunun sonucu olarak da bir manyetik alınganlığa sahip olurlar. Bu alınganlık pozitif fakat küçüktür ($0 < \chi_m \leq 1$). Bu atomlar bir dış

manyetik alan olmadığı zaman rasgele bir yönlenme gösterirler. Dış manyetik alan uygulandığında, atomik dipoller alan yönünde yönlenmeye zorlanır. Böyle maddelere paramanyetik maddeler denir [4,5,8].

Deneysel sonuçlar göstermiş ki paramanyetik bir maddenin mıknatıslanması mutlak sıcaklıkla ters, manyetik alanla doğru orantılıdır;

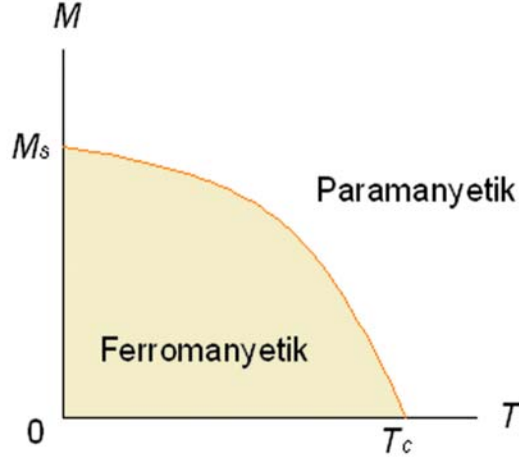
$$M = C \frac{B}{T} \quad (2.27)$$

Bu eşitliğe Pierre Curie nin anısına Curie Yasası denir. C bir sabittir ve Curie sabiti adını alır. Bu eşitliği (2.17) denklemiyle karşılaştırırsak;

$$\chi_m = \frac{M}{H} = \frac{C}{T} \quad (2.28)$$

Denklemine ulaşabiliriz. Bu koşul hemen hemen her paramanyetik madde için oda sıcaklığında sağlanır. Manyetik alan sıfırsa mıknatıslanma sıfırdır. Çünkü dipol momentler rasgele yönelmiştir [5].

Çok yüksek alanlarda veya çok düşük sıcaklıklarda mıknatıslanma maksimum olur ve doyum değerine yaklaşır. Tüm manyetik dipol momentler uygulanan alan yönünde dizilirler ve bu durumda (2.28) denklemi artık sağlanamaz. Ferromanyetik bir madde Curie sıcaklığına ulaştığında madde kendiliğinden mıknatıslanmasını kaybeder ve paramanyetik duruma geçer.



Şekil 2.2 Ferromanyetik Maddenin Mutlak Sıcaklıkla Değişimi

Şekil 2.2 ye göre ferromanyetik bir madde T_c ile gösterilen Curie sıcaklığının altında manyetik momentleri paralel olarak sıralandıklarından ferromanyetik madde davranışı sergilerken, T_c nin üstünde ısısal enerji yüksek olduğundan paramanyetik madde gibi davranır [4].

2.5 FERROMANYETİZMA

Demir, nikel, kobalt gibi bazı özel maddeler çok yüksek mıknatıslanma gösterirler. Bu gibi maddelere ferromanyetik maddeler denir.

Peryodlar çizelgesindeki geçiş elementlerinin hepsi metaliktir ve bu elementlerde 4. periyottaki elementlerin 3d, 5. periyottakilerin 4d, 6. periyottakilerin 5d alt grupları tamamen dolmadan 4s, 5s, 6s alt gruplarından elektron almaya başlarlar. Dolayısıyla son elektron kabuklarında çiftlenmemiş elektron olur ve bunlar bir manyetik momente neden olurlar.

Sürekli mıknatıs yapımında ferromanyetik maddeler kullanılır. Ferromanyetiklere zayıf bir manyetik alan uygulansa bile birbirine paralel yönelmeye çalışan atomik manyetik dipol momentlere sahip oldukları gözlenir. Ve bu momentler

paralel hale geldikten sonra manyetik alan kaldırılırsa bile bu maddeler mıknatıslanmış olarak kalır. Yani manyetik alandan bağımsız sıfırdan farklı net bir manyetik momente sahip olurlar. Böyle bir durum da madde içinde başka bir alanın daha varlığıyla açıklanabilir. Bu alan kavramı ilk kez P.Weiss tarafından ortaya konulmuştur [4-6,10].

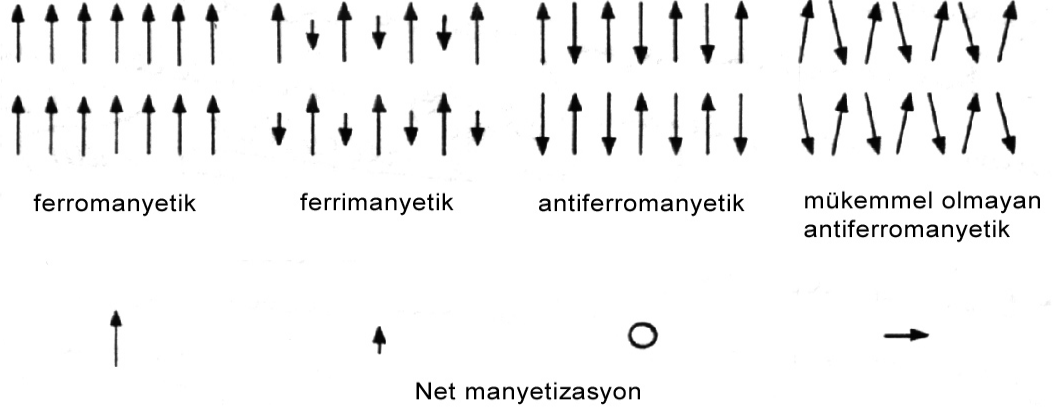
2.6 FERRİMANYETİZMA

Doğal materyallerdeki ferri ve antiferromanyetik davranışlar özellikle demir ve manganez gibi elementlerin (birinci geçiş sırasındaki) tam dolmamış 3d kabuklarındaki elektronların spin manyetik momentinden kaynaklanır [1].

Feritler demir oksitlerle bakır, manganez, çinko, nikel ya da kobalt gibi iki değerlikli bir başka metal karışımıdır. Daha çok, atomik çapta antiferromagnetik cisimlere benzerler. Yalnızca ferromanyetik cisimlerle ferrimanyetik cisimler magnetik özellikleri yönünden kullanılırlar, çünkü bunlar kuvvetle mıknatıslandırılabilirler gibi aralarından birçoğu da bu durumda kalabilir. Bu cisimler pusulalar, kapı kapama düzenekleri, magnetik ayırıcılar, elektrik motorları ve elektromagnetik üreteçler, teypler ve videolarda kullanılır [2].

2.7 ANTİFERROMANYETİZMA

Krom, magnezyum florür gibi maddeler çok zayıf mıknatıslanma gösterirler, ama kendilerini mıknatıslayan cisimler tarafından çekilirler. Böyle maddelere antiferromanyetik maddeler denir. Şekil 2.3 de spin yönelmeleri gösterilmiştir. Spin yöneliminden kaynaklanan antiferromanyetik yapıya doğal kristallerden hematit minerali örnek verilebilir.



Şekil 2.3 Ferromanyetik, Ferrimanyetik, Antiferromanyetik ve Mükemmel Olmayan Antiferromanyetik Manyetik Momentlerin Dizilimi [1].

2.8 DOMENLER (WEISS BÖLGELERİ) VE DOMEN DUVARLARI

Ferromanyetik ortamlarda ortamın manyetik geçirgenliği (μ) diğer maddelere kıyasla çok daha büyüktür. Madde, zayıf bir manyetik alan altında manyetik alan yönünde yönelir. Curie sıcaklığının altındaki ferromanyetik maddeler de manyetik dipoller, alan yönünde yönelirler ve bu maddeler içinde domen (weiss bölgeleri) denilen mikroskopik bölgeler oluşur. Bunu ilk defa P. Weiss önerdiğinden bu bölgelere Weiss Bölgeleri de denilmiştir [3,5,6,10].

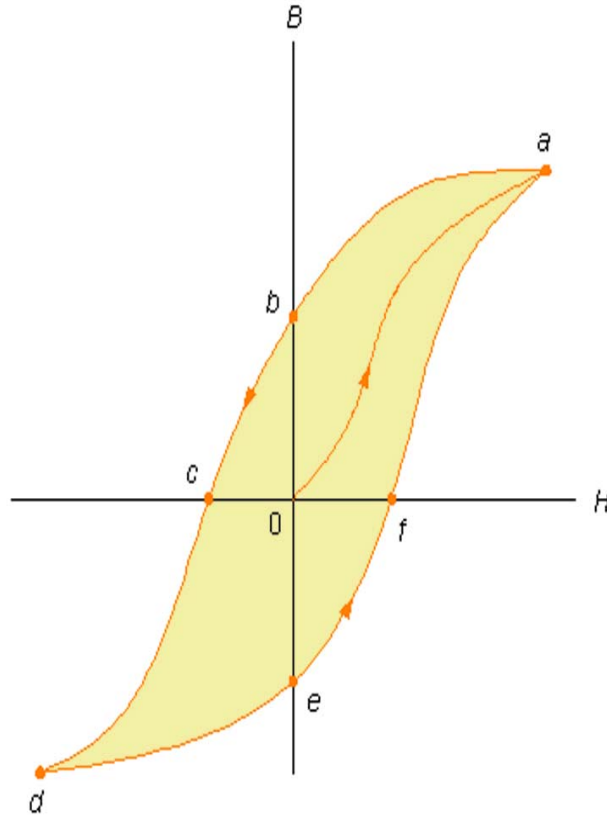
Düşük toplam enerji üretildiği için domenler oluşur. Domenlerin hacimleri yaklaşık $10^{-12} - 10^{-8} \text{ m}^3$ ve içlerinde $10^{17} - 10^{21}$ atom bulunabilir.

Mıknatıslanmamış bir maddede, bölgeler net manyetik moment sıfır olacak şekilde rasgele yönelmişlerdir. Bu maddeler manyetik alana konulduğu zaman bölgeler yavaş yavaş yönelme yaparak alan yönüne dönerler. Bu kademeli olarak gerçekleşen bir olaydır. Maddede manyetik alan kritik bir değere ulaştığında bütün domenler alan doğrultusunu alır. Bu nokta mıknatıslanmanın doyumu olarak adlandırılır [4,5].

Normal sıcaklıklarda madde içindeki ısısal uyarımlar manyetik momentlerin yönelmesini bozamaz. Bloch, domenlerin sınırlı kalınlıklardaki bölgelere ayrılabilceğini ileri sürmüştür [1]. Farklı yönemlere sahip olan bu maddelerdeki bölgeler arasındaki bu sınırlara Domen Duvarları denir.

Ferromanyetik maddelerin önemli özelliklerinden biri H manyetik alan şiddetiyle B manyetik indüksiyon (manyetizasyon) arasındaki histerezis olayıdır. Maddeye sıfırdan başlayarak artış gösteren bir manyetik alan uygulandığında alan yönündeki domen duvarları genişleyip B toplam alanını da artırır.

2.8.1 Histerezis Olayı



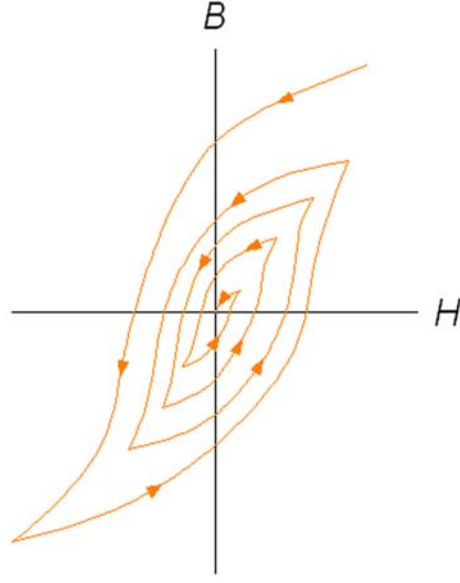
Şekil 2.4 Ferromanyetik Bir Maddenin Histerezis Eğrisi

O noktasında domenler rasgele yönelmiştir. Bu noktada $B_m = 0$ olur. Manyetik alan arttırıldıkça domenler yönelmelerini tamamlama eğilimi içinde olurlar. **a** noktasında hemen hemen hepsi paralel hale gelerek bu noktada doyma sınırına ulaşılır. Bu noktadan sonra manyetik alan arttırılsa bile B sabit kalır. Doymu büyük bir manyetik alan sonucunda mıknatıslanmaya sebep olur. Manyetik alan azaltılırsa B de azalmaya başlar fakat bazı domenler eski hallerine dönemediğinden **ab** yolunu izler. **b** noktasında manyetik alan sıfır olduğu halde B alanı sıfır olmaz. Çok fazla domen manyetik alan etkisiyle manyetik alana paralel hale geçmiş ve artık madde kalıcı mıknatıslanmıştır. Bu noktada $B = B_m$ olur. Manyetik alan sıfır olduktan sonra yönü değiştirilip tekrar arttırılırsa madde **c** noktasında mıknatıslanana kadar domenler yön değiştirir ve $B = 0$ olur. Manyetik alan daha da arttırılırsa bu sefer **d** noktasında ters yönde bir doyma ulaşılır [3,4].

Manyetik alan sıfıra düşürülüp daha sonra arttırılırsa benzer olaylar gerçekleşir ve mıknatıslanma **def** yolunu takip ederek **a** noktasına geri döner. Bu kapalı zincire **manyetik histerezis** denir. Bu ilmeğe ise **histerezis ilmek** denir.

İlmeklerin büyüklüğü ve şekli maddeye uygulanan alana ve maddenin özelliğine bağlıdır. Histerezis ilmekleri 'sert' ferromanyetik maddelerde geniş, 'yumuşak' ferromanyetik maddelerde dardır. Sert ferromanyetik maddelerin mıknatıslığı bir dış alanla kolaylıkla ortadan kaldırılamazken, yumuşak ferromanyetik maddelerin mıknatıslığı kolaylıkla ortadan kaldırılabilir. Histerezis olayı ferromanyetik bir maddenin mıknatıslanmasının, manyetik alan şiddetine bağlı olduğu kadar maddenin özelliğine de bağlı olduğunu gösterir.

Ferromanyetik bir maddenin, uygulanan dış alanı azaltarak ard arda histerezis ilmeklerden geçirerek mıknatıslığı ortadan kaldırılabilir. Ferromanyetik davranışlar yalnızca katı fazlarda gözlenir. Paramanyetiklikten bahsederken deyinilen, ısıtılarak gaz veya sıvı hale getirilen ferromanyetik maddeler, Curie sıcaklığının üzerinde paramanyetik hale geçerler.



Şekil 2.5 Ferromanyetik Bir Maddenin Ard Arda Histerezis Uygulaması

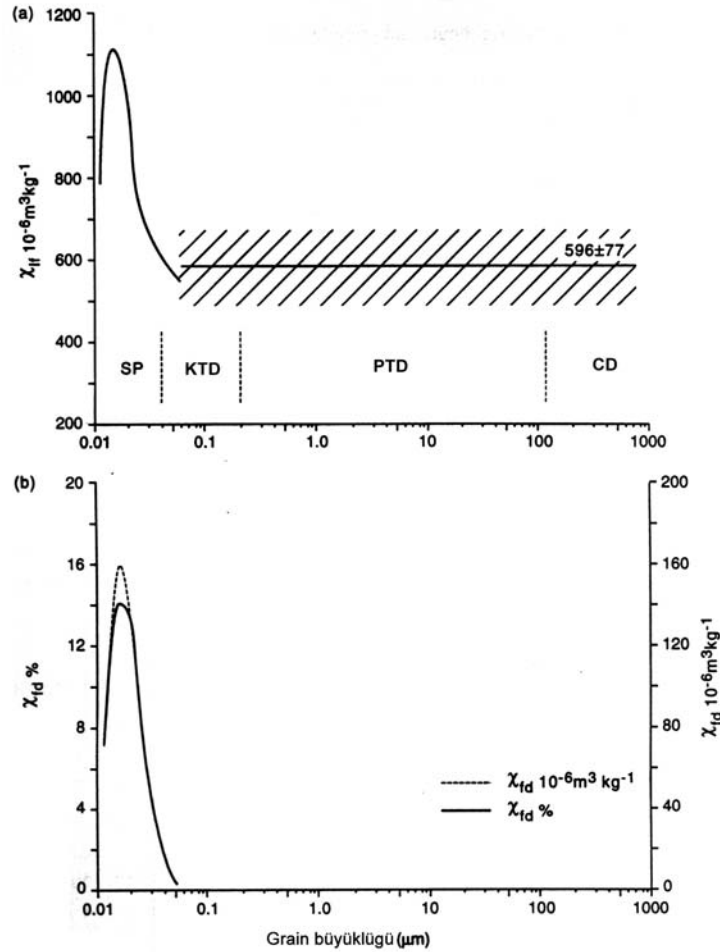
2.8.2 Tanecik Etkileşmeleri

Manyetik domenler birbirine çok yakın sıralandıklarında aralarında manyetostatik etkileşim ortaya çıkar. Bu etkileşim alanın manyetik davranışını değiştirir. Tanecik etkileşimlerinde manyetizasyon, daha zor yapılma eğiliminde olmasına karşın manyetizasyon daha kolay olma eğilimindedir. Manyetostatik enerjideki değişmelerden tanecik büyüklüğü artar. Manyetik toplamın alınganlığı manyetik etkileşimler tarafından düşürülür [11].

2.8.3 Tanecik Boyutu İle Frekansa Bağlı Alınganlık

Toprak içindeki manyetik özelliklerin büyük bir kısmı ferrimanyetik maddeler tarafından oluşturulur. $\sim 100\mu\text{m}$ çaplı magnetit tanecik **çokludomen (CD)** olarak adlandırılır. $0,2\ \mu\text{m}$ den küçük tanecikler ise içlerinde sadece tek bir domen buldurmaya izin verdiklerinden **tek domen (TD)** olarak adlandırılırlar. $0,2-110\mu\text{m}$ arasında birden fazla domen buldurmaya yatkın ancak tek

domenin manyetik özelliklerini gösteren domenlere **pseudo–tek domen (PTD)** denilmiştir. (Şekil 2.6) alınganlıktaki önemli değişimlerin kristal büyüklüğünü ve domen yapısını göstermektedir.



Şekil 2.6 Manyetik Alınganlığın Magnetit Mineralinin Tanecik Büyüklüğü İle Değişmesi **a)** Düşük Frekans Altında Gösterilen Çizgili Bölge 0,09-6000μm lik Tanecikler İçin **b)** % Frekans Değişimi İle Tanecik Büyüklüğü Arasındaki İlişki [12,13].

Büyüklükleri 0,03μm den küçük tanecikler **süperparamanyetik (SP)** olarak adlandırılmaktadır ve alınganlık değerleri $1000 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ değerini geçer.

Süperparamanyetik tanecikler dışında tanecik çapları 0,09–6000 μm arasında çeşitlilik gösteren **çokludomen, psuedo - tek domen ve kararlı tek domen (KTD)** taneciklerin alınganlıkları yaklaşık $3.1 \pm 0,4$ SI, kütle alınganlık eşdeğeri de $596.10^{-6} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ ($\pm 77.10^{-6} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$) civarındadır. **SP** taneciklerin farklı frekanslar altında alınan manyetik alınganlık ölçümlerine verdiği tepki bize tanecik boyutu hakkında bir bilgi verir [12].

2.8.4 Frekansa Bağlı Alınganlık

$\sim 0,03\mu\text{m}$ den küçük süperparamanyetik kristallerin manyetik davranışı zamanla çok hızlı değişmektedir. Bu kristaller manyetik alana konulduklarında ve bu alandan çıkarıldıklarında 10^{-4} saniye gibi bir sürede kazandıkları manyetizasyonu kaybederler. Çünkü bu maddelerdeki termal enerji, manyetik alanın sebep olduğu enerjiden büyüktür.

Frekansa bağlı manyetik alınganlık tayini, incelenecek örnek için iki farklı frekansta ölçüm yapar. Düşük frekans (0,465 kHz) alınganlık ölçümlerinde (standart alınganlık ölçümü χ_{lf}) kararlı tek domen kristaller ile süperparamanyetik kristaller tamamen alınganlığa katkıda bulunurlar. Yüksek frekansta bu katkı olmaz [12,13].

Yüksek frekans, süperparamanyetik ve kararlı tek domen tanecikleri kristal boyundan daha küçük domen sınırlarına kaydırıcı etki yapar. Kararlı paramanyetik domen gibi davranan süperparamanyetik tanecikler alınganlık değerinin düşmesine sebep olur (Şekil 2.6). İki farklı frekansta alınan ölçümler arasındaki fark, süperparamanyetik minerallerin bulunduğunu ve miktarını göstermektedir. $\% \chi_{fd}$ (yüzde frekans değişimi) değerine karşı χ_{lf} ya da χ_{fd} grafiği; tanecik büyüklüğü ve domen durumu, manyetik özellikleri

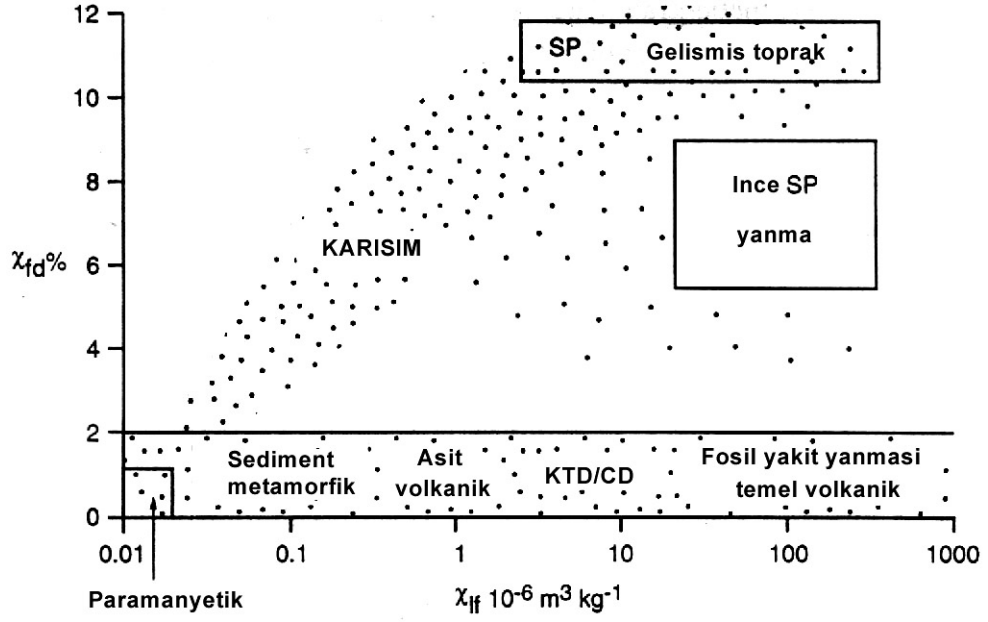
sınıflandırmaya ve Çizelge 2.1 de gösterildiği gibi minerallerin kaynağını bulmaya yardımcı olur.

Çizelge 2.1 Domen Büyüklüğü İle Maghemit / Magnetitlerin Kökeni [12].

	CD	PTD	KTD	SP
Magnetite/titanomagnetit	×	×	(×)	(×)
Yakıt Yanmaları	×	×	(×)	(×)
Pedogenesis		(×)	×	×
Bakteri kökenli manyetik oluşumlar		(×)	×	(×)
Bakteri kökenli magnetit				×
Yanma			(×)	×
CD=çoklu domen, PTD=Pseudo-tek domen, KTD=Kararlı tek domen, SP=süperparamanyetik, (×) = bazen karşılaşılr.				

Şekil 2.7 de genel olarak karşılaşılan χ_{lf} - $\% \chi_{fd}$ dağılım grafiği gösterilmiştir. Grafikte büyük tanecikli süperparamanyetik olmayan, volkanik kaya yada yanma sonucu oluşmuş ferrimanyetik örnekler görülmektedir.

$\% \chi_{fd} < \%5$ den küçük çıkması toplam örnekte süperparamanyetik olmayan taneciklerin baskın olması ya da örnekte $0,005 \mu\text{m}$ den aşırı küçük taneciklerin süperparamanyetik taneciklerden daha çok olması durumunda karşılaşılr.



Şekil 2.7 Çeşitli Domen ve Kaynaklarının $\chi_{Lf} - \% \chi_{Fd}$ Dağılımı [12].

$\% \chi_{fd}$ değeri $\%10$ - $\%14$ arasında değişmekteyse süperparamanyetik taneciklerin toplam kütlede baskın olduğunu gösterir. Paramanyetik ve antiferromanyetik mineraller grafikte orijine yakın çizilmiştir. Çizelge 2.2 de frekansa bağlı alınganlık değerleri gösterilmiştir [12,14].

Çizelge 2.2 Alınganlık ve $\% \chi_{Fd}$ ile SP Madde Konsantrasyonu [12].

Düşük $\% \chi_{fd}$	<2.0	Hemen hemen SP tanecik yok (< $\%10$)
Orta $\% \chi_{fd}$	2.0 – 10.0	SP tanecikler ile SP olmayan taneciklerin bir karışımı, ya da $0,005 \mu\text{m}$ den küçük aşırı ince tanecikler
Yüksek $\% \chi_{fd}$	10.0 – 14.0	Hemen hemen tümü SP tanecik (> $\%75$)
Oldukça Yüksek $\% \chi_{fd}$	>14.0	Nadiren görülen bir değer, hatalı ölçüm, anizotropi, zayıf örnek yada kirlenmiş örnek

2.8.5 Zaman Bağımlı Manyetizasyon

Zamanın manyetik olaylara etkisi önemlidir. Özellikle jeolojik zaman ölçeklerinde, zaman ile manyetizasyon arasındaki değişiklikler viskoz olarak bilinir. Viskozitenin termal aktivasyon olayı çok önemlidir. Geniş çoklu tanecikler içindeki termal aktivasyon, domen duvarlarını harekete geçirir ve duvarların diğer tarafına geçmelerine yol açarak manyetik viskoziteye sebep olurlar. Termal çalkantı, tek domen manyetik taneciklerin bir minimum enerji pozisyonundan, potansiyel enerji engelleri üstünden başka pozisyonlara dönmesine neden olur. Manyetik viskozite manyetizasyonun hem kaybına hem de büyümesine yol açabilir [12].

Bir viskoz örnek manyetik alanda saklanırsa manyetizasyonu artacaktır ve değişmez bir viskoz artık manyetizasyon kazanabilir. Birçok durumda viskoz manyetizasyonundaki değişmelerin zamanın logaritmasıyla orantılı olduğu bulunmuştur [11,12].

2.9 Manyetik Alınganlık Ölçümlerinin Avantajları

- Tüm malzemelere uygulanabilir
- Ölçümler güvenilir, hızlıdır
- Ölçülen toprak örneğine zarar verici değildir
- Ölçümler laboratuvar ve arazi üzerinde alınabilir
- Ölçümler birçok başka tipteki çevresel analizleri tamamlayıcı niteliktedir [1,10,12].

2.10 Manyetik Alınganlık Ölçüm Sisteminin Kullanım Alanları

- Örnek içinde hangi minerallerin bulunduğunun tanımlanması
- Minerallerin konsantrasyonlarını veya yüksek çözünürlükle toplam hacminin hesaplanması

- Farklı tipteki malzemeleri sınıflandırma
- Bu maddelerin biçimlenme veya geçiş işlemlerini tanımlama
- Karşılaştırılan materyaller için “çevresel parmak izi” oluşturma
- Farklı kaya türlerini belirlemek ve ayırt etmekte
- Toprak yüzeyindeki üst aşınmayı belirlemede
- Yer yapısının yumuşak olduğu, buzul yığını veya diğer çökmemiş sedimentlerden oluşan yerlerdeki birikimin kaynağını belirleme
- Dünyanın jeomanyetik alanında, sedimentleri ve kayaları belirleyebilmek için manyetik mineral konsantrasyonunu tayin etme
- Selde ve göl sedimentlerinde bulunan maddelerin tayininde
- Sığ toprağın özelliklerini belirlemede
- Yüzey toprak tabakasının ve eğimli yerlerdeki aşınmış sedimentlerin dağılım haritasının çizilmesinde
- Akarsulardan, yüzey toprağı ve kanal kıyıları gibi özel yöresel kaynaklardan gelen katkıları belirlemede
- Toprak örneklerinin parçacık büyüklüğünün yorumlanması
- Kirlilik içeren materyallerin kirlilik derecesi hakkında bilgi edinilmesi
- Bataklıklar, göller, bentler ve okyanuslardan alınan sediment katmanlarının incelenmesi atmosferik birikimin tarihsel kaydını belirlemede [3,10,12].

BÖLÜM 3 GÜBRE VE YAPISI

3.1 GÜBRE

Bitkiler toprağa bağlı canlılardır, besinlerinin büyük bir kısmını kökleriyle topraktan alırlar ve yaşamlarını sürdürebilmeleri için topraktaki mineral maddelerin yeterli seviyede olması gerekir. Bitki besin maddeleri içindeki azot, fosfor ve potasyum, gübreleme açısından önemlidir. Bunlar bitkilerin en fazla ihtiyaç duydukları besin maddeleridir ve tarım topraklarında genellikle yetersizdirler. Toprağın yapısında kimyasal olarak, basit yapılı tuzlar, organik ve inorganik bileşikler vardır [16-18].

İçerisinde bir veya birkaç bitki besin maddesini birada bulunduran bileşiklere **gübre** denir. Gübrelerin toprağa veya doğrudan doğruya bitkiye verilmesi işlemine de **gübreleme** denir. Gübreler yapılarına göre işletme ve ticari gübre olmak üzere iki gruba ayrılır [16].

3.1.1 İşletme Gübreleri

- **Hayvan Gübresi** : Ahır hayvanlarının katı dışkıları ile yataklıklarının artıklarından oluşan karışıma ahır gübresi denir. Bu gübre toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini düzenlediği gibi toprağın su tutma kapasitesini artırır, geçirgenliğini olumlu yönde etkiler. Ahır gübresi, suyun toprak yüzeyinden bağımsızca akmasına buharlaşmasına ve tarıma elverişli toprakları taşıyıp götürmesine engel olur.
- **Yeşil Gübre** : Baklagiller havanın azotundan yararlanarak, köklerinde azot depolayan ve toprağın azotça zenginleşmesini sağlayan bitkilerdir [16,17].

3.1.2 Ticaret Gübreleri

En sık kullanılan gübre türü, ticaret gübreleridir. Gübre bayilerinde satılan ticaret gübreleri, bileşimlerinde bir veya birden fazla bitki besin maddesini bir arada bulundururlar. İşletme gübrelerinden farklı olarak yüksek miktarda bitki besin maddesi içerir ve suda kolayca çözünürler.

- **Azotlu Gübreler** : Amonyum Sülfatta % 21 azot bulunur. Amonyum Nitratta kireç vardır ve 100 kg ında 20 ile 26 kg arasında saf azot bulunur. Üre içerisinde en fazla azot bulunduran gübredir. Suda tamamen erir [16].
- **Fosforlu Gübreler** : Süperfosfatta; % 16–18 oranında suda eriyebilen fosfor asidi vardır. Triple süperfosfatta; 100 kilogramında 43–46 kilo arasında fosfor asidi vardır.
- **Potasyumlu Gübreler** : Türkiye’de topraklar genelde potasyum bakımından yeterli durumda olduğundan, potasyumlu gübre tüketimi de sınırlıdır. Potasyum sülfat; %48–52 oranında potasyum bitki besin maddesi içerir. Potasyum nitrat ise %46 oranında potasyum bitki besin maddesi içermektedir.
- **Kompoze Gübreler** : Kompoze gübreler birden fazla bitki besin maddesini bir arada bulundururlar. Kompoze gübrenin içerisinde azot, fosfor, potasyum bitki besin maddeleri vardır[16-18].

Kimyasal gübrelerde bulunan bitki besin maddeleri, gübre etiketinde yan yana yer alan üç rakamla ifade edilir. Bu rakamlar sırasıyla azotu (N), fosforu (P_2O_5) ve potasyumu (K_2O) simgelemektedir. Örneğin 15–15–15 etiketli bir kompoze gübrenin 100 kg ında, 15 kg saf azot (N), 15 kg fosfor (P_2O_5), 15 kg da potasyum oksit (K_2O) var demektir [18].

20–20–0 kompoze gübrenin 100 kg ında, 20 kg saf azot, 20 kg saf fosfor var; potasyum oksit ise yok demektir. Gri-kahverengi granüller halindedir. Uygun Őartlarda uzun süre saklanabilir ve her türlü toprakta kullanılabilir.

Türkiye gübre sektöründe 5 tane özel, 2 tanede kamu sektörüne ait 7 gübre üretici kuruluŐ faaliyet göstermektedir. Bu kuruluŐlara ait fabrikalar Mersin, Bandırma, Yarımca, İskenderun, Ceyhan, Kütahya, Gemlik, Samsun, ElazıŐ ve AliaŐa' da bulunmaktadır [16].

AliaŐa'da bulunan Ege Gübre Sanayi A.Ő. 1973 yılında kurulmuŐ, 1974 yılında kompoze gübre tesislerinin temelleri atılmıŐ ve 11 Mart 1978 de gübre üretimine baŐlanmıŐtır. Üretilen gübreler, 20–20–0, 15–15–15, 26–13–0, 18–46–0 (DAP), 25–5–10, 12–30–12 kompoze gübreler, MAP, re amonyum sülfat, kalsiyum amonyum nitrat, amonyum nitrat ve TSP dir [16].

Erozyon ve tarım nedeniyle toprakta azalan doŐal besinleri yerine koymak, dolayısıyla verim ve kaliteyi artırmak amacıyla kullanılan fosforlu ve potasyumlu gübreler bazı radyonüklidleri iŐerirler. Fosfatlı gübrelerin yaygın kullanımı, o bölgede radyasyon seviyesinde ölçülebilen bir artıŐa neden olur. Bu gübrelerin kullanımı, topraktaki radyasyon art-ortamında da artıŐa neden olabilir. Suda znmŐ halde bulunan bu radyonüklidler ilk olarak bitkilere, daha sonra da besin zinciri yoluyla insanlara geŐebilir [17].

Gübre iÇerisinde de aŐır metaller bulunabilir. AŐır metaller, maddelerin manyetik alınganlıŐını arttırır. AŐır metallerin analizinde ICP-OES sistemlerinden yararlanılır. AŐır metaller evre iÇin ciddi sorunlar teŐkil etmektedir [19].

BÖLÜM 4 MATERYAL ve METOD

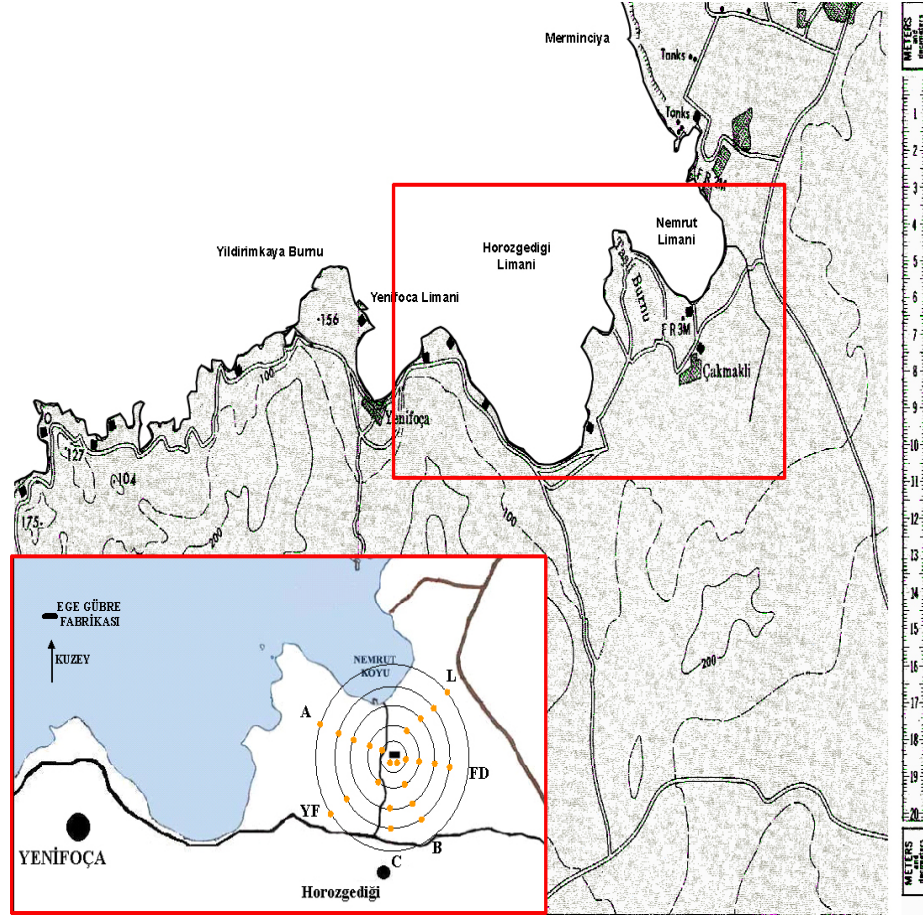
4.1 Materyal

Foça'da yer alan Ege Gübre Fabrikası merkez alınarak 500m aralıkla 6 farklı doğrultuda 2500m uzaklığa kadar gidilerek 23 tane toprak örneği alınmıştır. Ege Gübre Fabrikası civarından alınan toprak örneklerinden elde edilen sonuçları karşılaştırmak için belirlediğimiz Küçük Menderes kontrol bölgesinden de 36 tane toprak örneği alınmıştır. Son örnek grubu da Ege Gübre Fabrikasından temin edilen 15-15-15 ve 20-20-0 kompoze gübreleridir. Tüm bu toprak örneklerinin ve gübrelerin manyetik alınganlık ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kontrol bölgesinden alınan toprak örnekleri katmanlarına göre alınmış ve farklı katmanların alınganlık değerleri de incelenmiştir.

4.2 Örnekleme Bölgesi

Ege Gübre Fabrikası, İzmir'e 60 km. uzaklıkta, İzmir - Çanakkale karayoluna ve Devlet Demir Yoluna 1.700 m mesafede Aliağa Nemrut Körfezi kıyısında, Nemrut Sanayi Bölgesi'nde 679,648 m²'lik bir saha üzerinde kurulmuştur (Şekil 4.1). Fabrika sahasının coğrafi konumu enlem 38° 45' 65" N ve boylam 26° 55' 68" E şeklindedir.

Küçük Menderes kontrol bölgesinin coğrafi konumu ise; 38° 41' 05" ve 37° 53' 08" kuzey enlemleri ile 28° 24' 36" ve 26° 11' 48" doğu boylamları arasındadır.



Şekil 4.1 Foça Bölgesinin Genel Bir Haritası Görülmektedir. Küçük Harita da İse Örneklerin Toplandığı 6 Farklı Doğrultu Yakından Görülmektedir.

4.3 Deney Sistemi

4.3.1 Bartington MS2 Ölçüm Sistemi ve MS2B Sensörü

Bu tez çalışmasında Foça'daki Ege Gübre Fabrikası çevresinden, kontrol bölgesi olarak seçtiğimiz Küçük Menderes çevresinden alınan toprak örneklerinin ve gübrelerin manyetik alınganlıklarının ölçülmesinde Bartington MS2 ölçüm sistemden yararlanılmıştır. Bartington MS2 ölçüm sistemi dünyada birçok üniversite ve araştırma merkezinde manyetik alınganlık ölçümünde kullanılmaktadır.



Şekil 4.2 Bartington MS2 Ölçüm Sistemi ve MS2B sensörü



Şekil 4.3 Bartington MS2 Ölçüm Sistemi

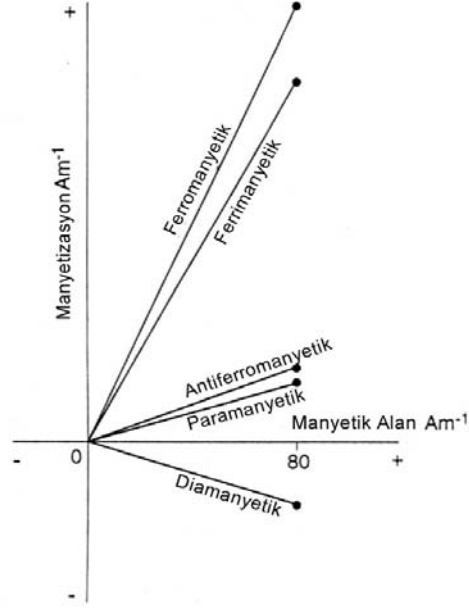
MS2B Sensörü : Bartington MS2 ölçüm sisteminin MS2B sensörü kullanılarak, alçak ve yüksek frekans (0,465 kHz ve 4,65 kHz) altında, kütle ve hacim alınganlık değerleri ölçülmüştür. MS2B sensörü aynı zamanda çift frekans sensörü olarak da bilinir. Bu sistem Bölüm 2’de manyetik alınganlık ölçümlerinin avantajlarında belirtildiği gibi diğer ölçüm metotlarına göre daha hızlı ve güvenli sonuç vermektedir.

Farklı frekanslarda ölçümün avantajı toprak içindeki taneciklerin boyutunun bir ölçütünü verir. Çünkü yüksek frekanslarda çok küçük taneciklerin manyetizasyonu çok hızlı değiştiğinden % frekans değişimleri büyük olmaktadır. Düşük frekansta alınan ölçümlerin sonuçlarına göre örnekleme sahasının manyetik alınganlık haritası çıkarılabilir.



Şekil 4.4 Bartington MS2B Sensörü

Ölçüm sistemi örneğe $250\mu\text{T}$ lık değişken bir manyetik alan uygulayarak, örnekte indüklenen manyetizasyonu ölçmektedir. Bu şekilde manyetizasyon-manyetik alan grafiğinin eğimi ile manyetik alınganlık değeri bulunabilmektedir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 Manyetizasyonun Manyetik Alanla Değişimi [12]

4.3.2 MS2B Sensörünün Teknik Özellikleri

Örnek Haznesi Çapı	: 36 mm
İşlem Frekansı	: LF- 0,465 kHz HF- 4,65 kHz
Uygulanan Manyetik Alan Genliği	: 250 μ T zirve \pm (LF ve HF)
Maksimum Çözünürlük	: 2.10 ⁻⁷ CGS (LF ve HF)
Doğruluk	: %1
Sıcaklığa Bağlı Birikme	: $\pm 1^{\circ}$ C/hr düzensiz çevre sıcaklığı değişiminde dakikada $\pm 0,5.10^{-6}$ CGS lik bir değişim.
Ölçüm süresi	
CGS de x1 bölgesinde	: 1,2 s
CGS de x1 bölgesinde	: 12 s
Alan Şiddeti	: 80 A/m rms

4.3.3 MS2 Sisteminin Kalibrasyonu

Bartington MS2 Sistemi elektronik olarak kalibre edilmiştir. Ölçümlerin güvenilirliğini test etmek için kalibrasyon örnekleriyle sistemin çalışması test edilmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 Kalibrasyon Malzemelerinin Kütle ve Hacim Alınanlık Değerleri.

Malzeme	Manyetik Davranışı	Kütlesi (g)	Hacim Alınanlığı (κ) (Boyutsuz)
Saf Su	Diyamanyetik	10,0	-0,9
%1 Demir İçeren Örnek	Ferrimanyetik	12,0	150

4.4 Örneklerin Hazırlanması



A

B

Şekil 4.6 A) Örneklerin Dövüldüğü Havan B) Kapların Mikroterazide Pot Ağırlığının Ölçümü.

Pot ağırlığı ölçülen kaplar, örnekler konulmadan önce içerilerinde hiçbir kalıntı kalmayacak şekilde saf suyla iyice temizlendi. Ölçümünü yapmak istediğimiz

örnekleri dövme ve eleme işlemleriyle toz haline getirildikten sonra (Şekil 4.6 A) 10ml'lik plastik kaplar (pot) tam dolacak şekilde konulup mikrotarazide tekrar toplam ağırlıkları ölçüldü (Şekil 4.6 B).



Şekil 4.7 Örneklerin Kaplara Yerleştirilmesi ve Toplam Ağırlıklarının Ölçülmesi.

Örnek kaplarındaki etiketlere örnek adının yanına bir ok işareti de koyduk. Bu işareti koyma sebebimiz, manyetik alınganlık ölçümlerinde karşılaşılan anizotropi (yönbağımlılığı) dir. Örneklerdeki anizotropi yüzünden, örneği farklı açılarda MS2B sensörüne yerleştirdiğimizde farklı alınganlık ölçüm sonuçları elde ederiz. Etikete koyduğumuz ok sayesinde her örnek MS2B sensörünün içine aynı yönde konulmuş, LF ve HF alınganlık ölçümleri hep aynı yönde gerçekleştirilmiştir.

Örneklerin hepsinin bir gün içinde ölçülmesi, çevre farklarından meydana gelecek değişimlerin ve ölçüm hataların minimuma indirgenmesi içindir. Çünkü; sıcaklık, toprak örneklerinin oksitlenmesi gibi çevre koşulları manyetik alınganlığı değiştirir.



Şekil 4.8 Örnek Etiketinin İşaretlenmesi

4.5 Manyetik Alınganlık Ölçümleri

MS2 ölçüm sistemi yüksek gerilimle çalışan elektronik aygıtlardan, motor ve diğer manyetik alan oluşturan araçlardan, ölçüm alanı yakınındaki metal eşyalardan ve titreşimden korunmalıdır. Deney sırasında laboratuvar sıcaklığı, oda sıcaklığında tutulmalı ve sıcaklık farkı olmamalıdır. Bu amaçla ölçümlerden bir gün önce, oda sıcaklığı sabit tutulmuş deney sırasında sıcaklık değişimi olmamıştır. Ölçümlerin alınmasında kullandığımız MultiSus bilgisayar programı ile toprak örneği kabının diyamanyetik etkisi, havanın ölçümlere olan etkisinin düzeltilmesi ve hacim-kütle alınganlığının hesaplanması sağlanmıştır.

Haritalandırma için toprak örneklerinin kütle alınganlığı (χ) kullanılmıştır. MS2 ölçüm sistemi ile boyutsuz hacim alınganlığını (κ) ölçebileceğimiz gibi,

$$\chi_{if} = \frac{\kappa}{\rho} \quad (4.1)$$

bağıntısıyla χ kütle alınganlığına geçmek mümkündür, burada ρ örneğin yoğunluğudur ve birimi $m^{-3}kg$ olduğundan χ kütle alınganlığının birimi m^3kg^{-1} olur [12]. Yoğunluğu tayin etmek için toprak örneğinin kütlesi mikroterazi ile

ölçülerek MultiSus programına değeri girildi. Örneğin alınganlığı ölçülmeden önce, havanın alınganlığı ölçüldü. Örnek MS2B sensörüne yerleştirildikten sonra örneğin ölçüm işlemi gerçekleştirildi. Örnek sensörden çıkarıldıktan sonra tekrar hava ölçümü alınarak,

$$\kappa \text{ (düzeltmiş)} = \text{örneğin } \kappa \text{ değeri} - \{(birinci \text{ hava } \kappa + \text{ ikinci hava } \kappa) / 2\} \quad (4.2)$$

düzeltilmesi yapıldı. Bu şekilde hava değişiminden kaynaklanan farklar giderilmiş oldu [12]. Bu işlem her bir örnek için alçak ve yüksek frekansta tekrarlandı. Alçak ve yüksek frekans farkından ölçüm frekansı ile alınganlık değişim yüzdesi bulunur. İkinci ölçümler alınırken; manyetik anizotropiden kaynaklanabilecek hatalar, örnekler ilk ölçüm yapılan doğrultuda sensöre yerleştirilerek giderilmeye çalışıldı. Sonuçta elde edilen frekans değişimi – düşük frekans kütle alınganlık grafiği “Bulgular” kısmında verilmiştir.

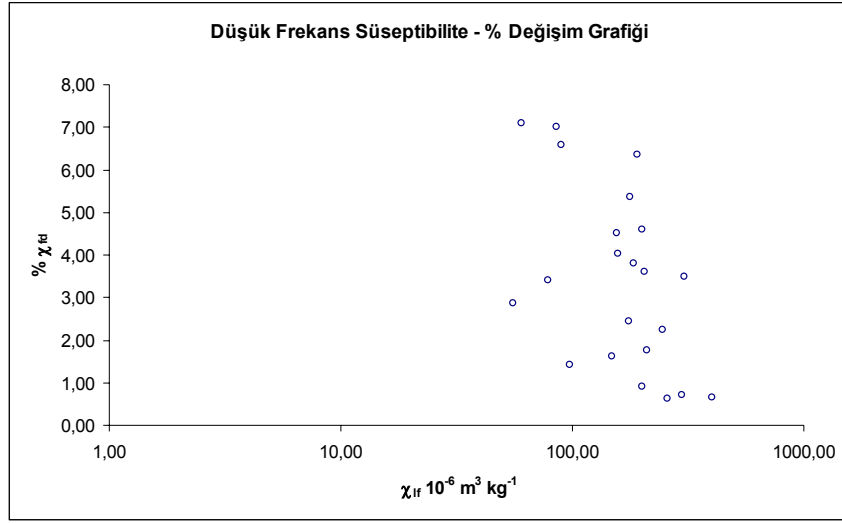
4.6 ICP-OES Ölçümleri

İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresini (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer, ICP-OES) toprak örnekleri ve gübrelerdeki ağır metal konsantrasyonlarını belirlemek için kullandık. Bu sistemle çok sayıda element aynı anda ölçülebilir [21,22].

Toprak örneklerimiz ve 2 tane gübre, Berghof marka Mikrodalga Parçalama (Microwave Digestion, MWD) sisteminde çözüldü. Çözmede %65'lik HNO₃ ve %37'lik HCl, 1/3 oranında kullanıldı. Toprak örnekleri ve gübreden 0.5 g teflon reaksiyon kabına konulmuş üzerine 10 mL altın suyu ilave edilerek kapakları kapatılıp MWD sistemi içerisine yerleştirilmiştir. MWD sisteminin sıcaklığını 100°C den başlayıp maddelerin çözünmesine göre sıcaklığı arttırdık [20].

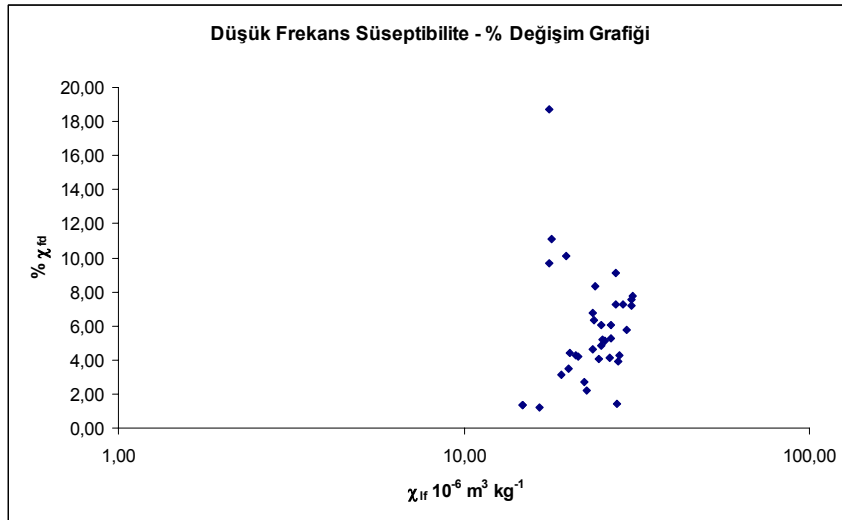
Belirlediğimiz toprak örnekleri ve gübre, İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresinde (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission

Spectrometer, ICP-OES) analiz edilmiştir . ICP-OES cihazında çözeltiler halindeki maddeler gaz fazına geçerler ve atomlarına ayrılırlar. Gaz halindeki atomlar, plazmada uyarılmış hale geçip bir süre sonra rezonans ışını yayarlar. Oluşan rezonans ışınının hangi elemente ait olduğu belirlenerek ölçüm yapılmış olur [22].



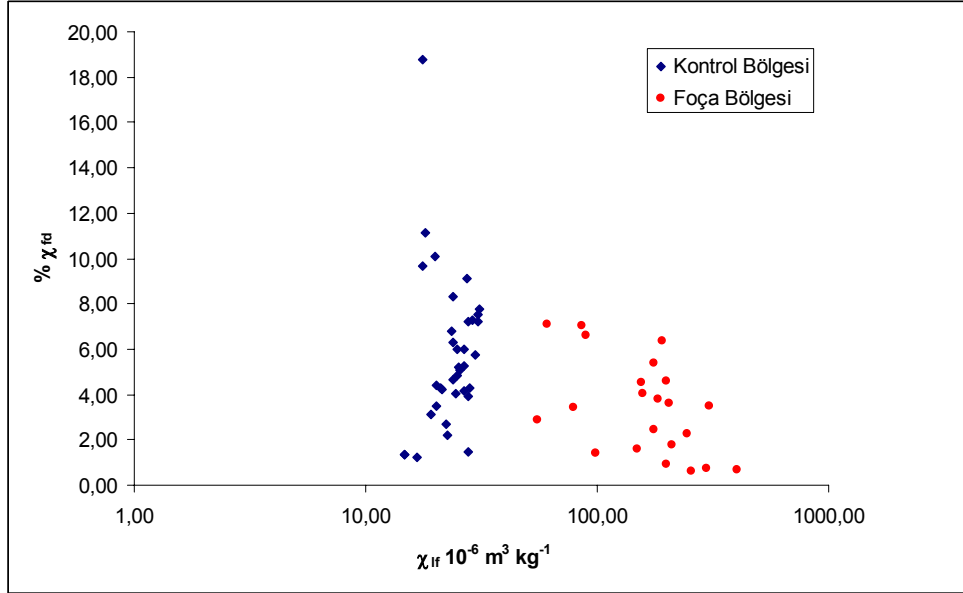
Şekil 5.2 Foça Bölgesinin Düşük Frekansa Karşılık % Frekans Değişimi

Şekil 5.2 de görülen grafikte, Foça bölgesinden alınan örneklerin düşük frekans alınganlık ölçümlerinin büyük bir çoğunluğunun $100 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ den büyük olduğu görülmektedir. Şekil 2.7 den, Foça bölgesinden alınan örneklerin fosil yakıt yanması, temel volkanik özellik taşıdığı anlaşılmaktadır. Örneklerin ince SP yanma ürünleri olduğu da görülmektedir.



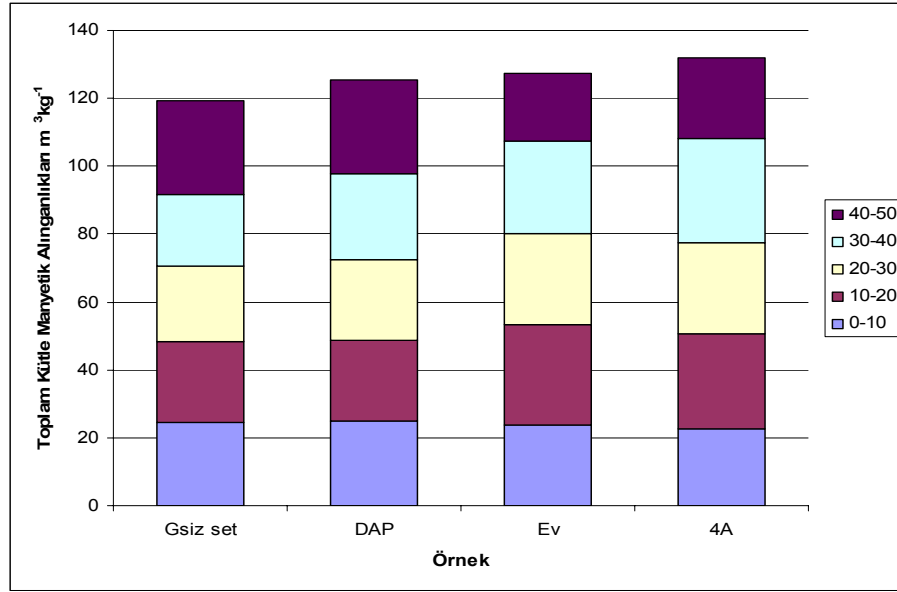
Şekil 5.3 Kontrol Bölgesinin Düşük Frekansa Karşılık % Frekans Değişimi

Şekil 5.3 de görülen grafikten Küçük Menderes kontrol bölgesinden alınan toprak örneklerinin KTD (kararlı tek domen) veya CD (çoklu domen) yapıda oldukları manyetizasyonlarının kökeninde magnetit olduğu söylenebilir. Süperparamanyetik ve süperparamanyetik olmayan grainlerin bir karışımı olan gelişmiş toprak oldukları söylenebilir. Foça bölgesindeki toprak örnekleriyle karşılaştıracak olursak alınganlık değerlerinin çok daha düşük olduğunu görebiliriz ayrıca % frekans bağılılığı yaklaşık 19 civarında çıkan örneğin çok zayıf olması ya da anizotropi nedeniyle bu değerde olduğunu söyleyebiliriz.

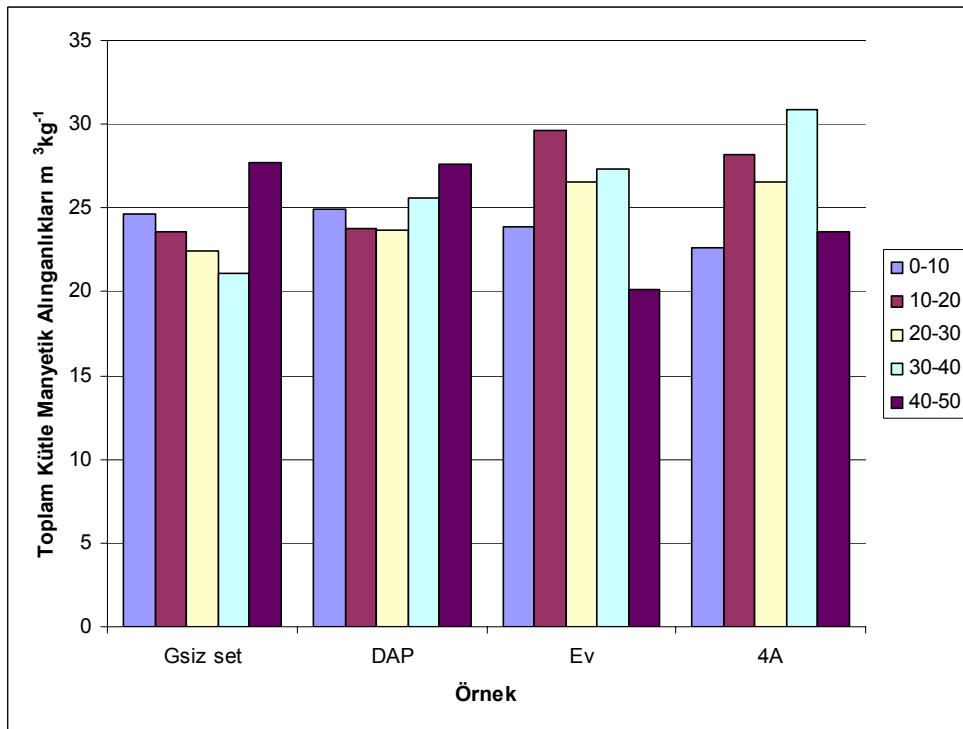


Şekil 5.4 Kontrol ve Foça Bölgesinin Karşılaştırmalı % Frekans Değişimi

Şekil 5.4 te görülen grafik kontrol bölgesi ile Foça bölgesinden alınan örnekler arasındaki farkı belirtmektedir. Alınganlığı yüksek Foça bölgesi çoğunlukla yanma ürünlerinden meydana gelmiştir. Kontrol bölgesi ise gelişmiş toprak özellikleri taşır.



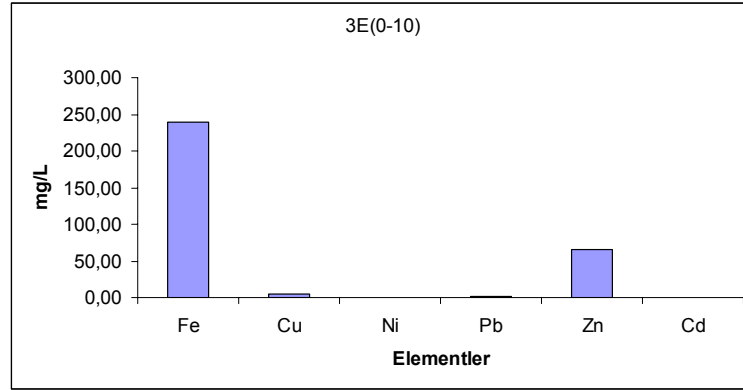
Şekil 5.5 Kontrol Bölgesinin Bazı Örneklerinin Toplam Kütle Manyetik Alinganlıkları



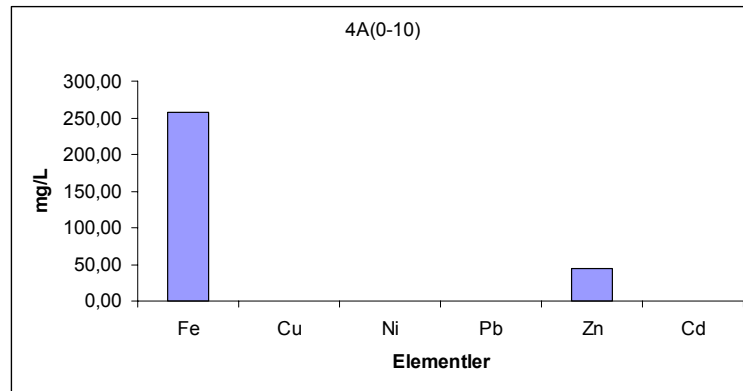
Şekil 5.6 Kontrol Bölgesinin Bazı Örneklerinin Katmanlarına Göre Kütle Manyetik Alinganlıkları

Şekil 5.5 te bazı noktalardan alınan örneklerin tüm katmanlarının toplam manyetik alınganlığı görülmektedir. Bu grafikte **Gübresiz Set** noktasının toplam manyetik alınganlığının en düşük değere sahip olduğu görülmektedir. **4A** noktasının manyetik alınganlığı bu noktalar içinde en yüksektir. Şekil 5.6 dan da görüleceği gibi (40-50) katmanı dışında Gübresiz set en düşük manyetik alınganlık değerlerine sahiptir. **4A** noktası yüzey toprağı (0-10) en düşük olmasına rağmen diğer katmanların alınganlık değerlerinin çok yüksek olduğu görülür. Ancak bu iki grafikte de topraktan beklenebilecek normal bir manyetik alınganlıktan bahsedebiliriz. Tüm kontrol bölgesi örneklerinin alınganlığı normal değerlerde çıkmıştır.

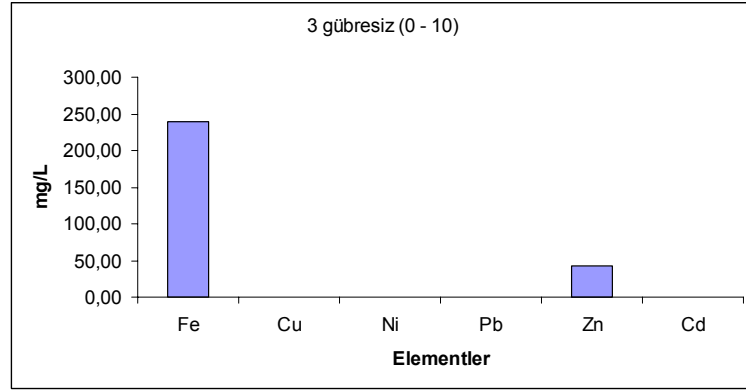
5.2 ICP-OES Ölçüm Bulguları



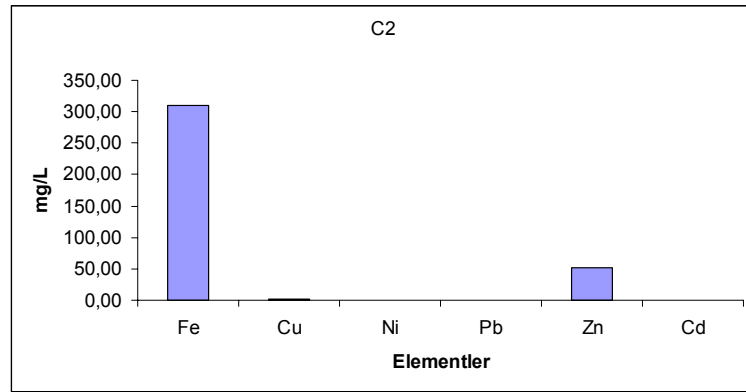
Şekil 5.7 Alınganlığı $24 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ olan 3E(0-10) Örneğinin ICP Sonuçları



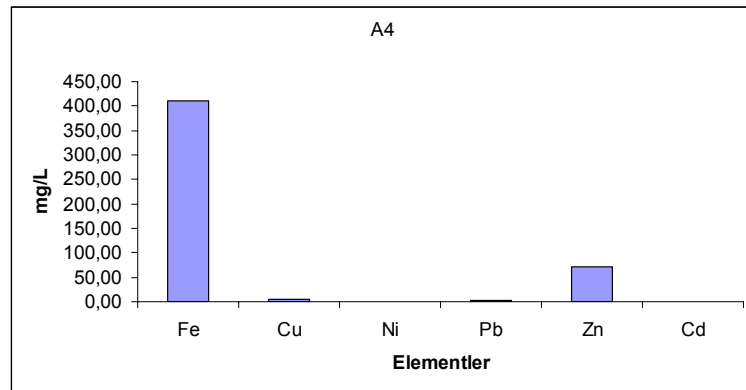
Şekil 5.8 Alınganlığı $22,6 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ olan 4A(0-10) Örneğinin ICP Sonuçları



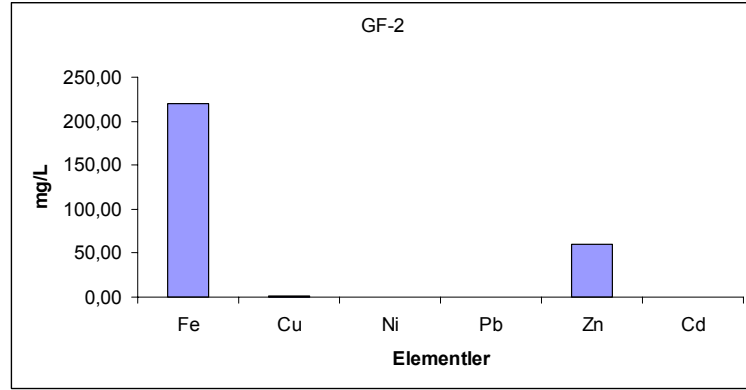
Şekil 5.9 Alınganlığı $21,4 \cdot 10^{-8} \text{m}^3 \text{kg}^{-1}$ olan 3Gübreziz (0-10) Örneğinin ICP Sonuçları.



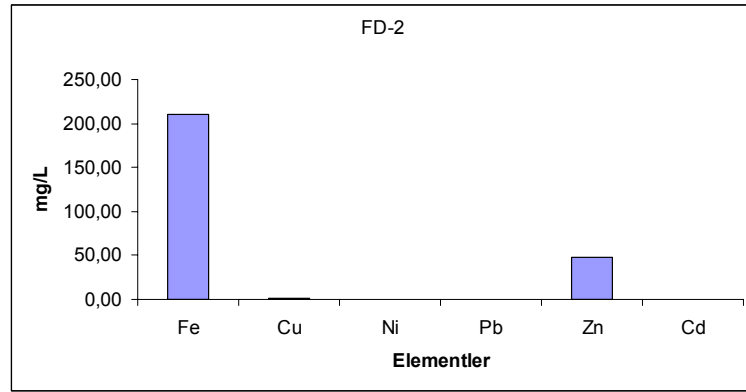
Şekil 5.10 Alınganlığı $402,50 \cdot 10^{-8} \text{m}^3 \text{kg}^{-1}$ olan C-2 Örneğinin ICP Sonuçları.



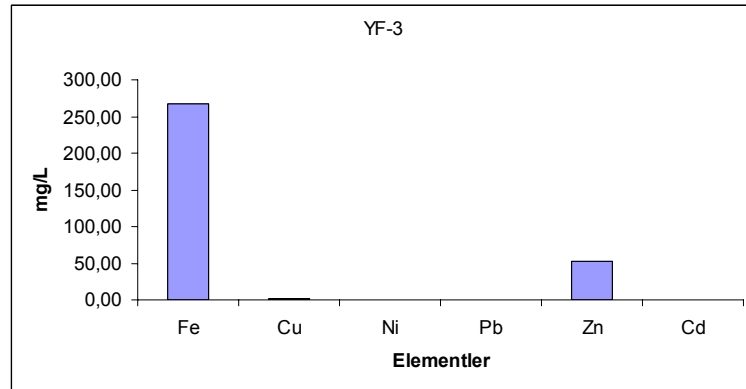
Şekil 5.11 Alınganlığı $304,10 \cdot 10^{-8} \text{m}^3 \text{kg}^{-1}$ olan A-4 Örneğinin ICP Sonuçları.



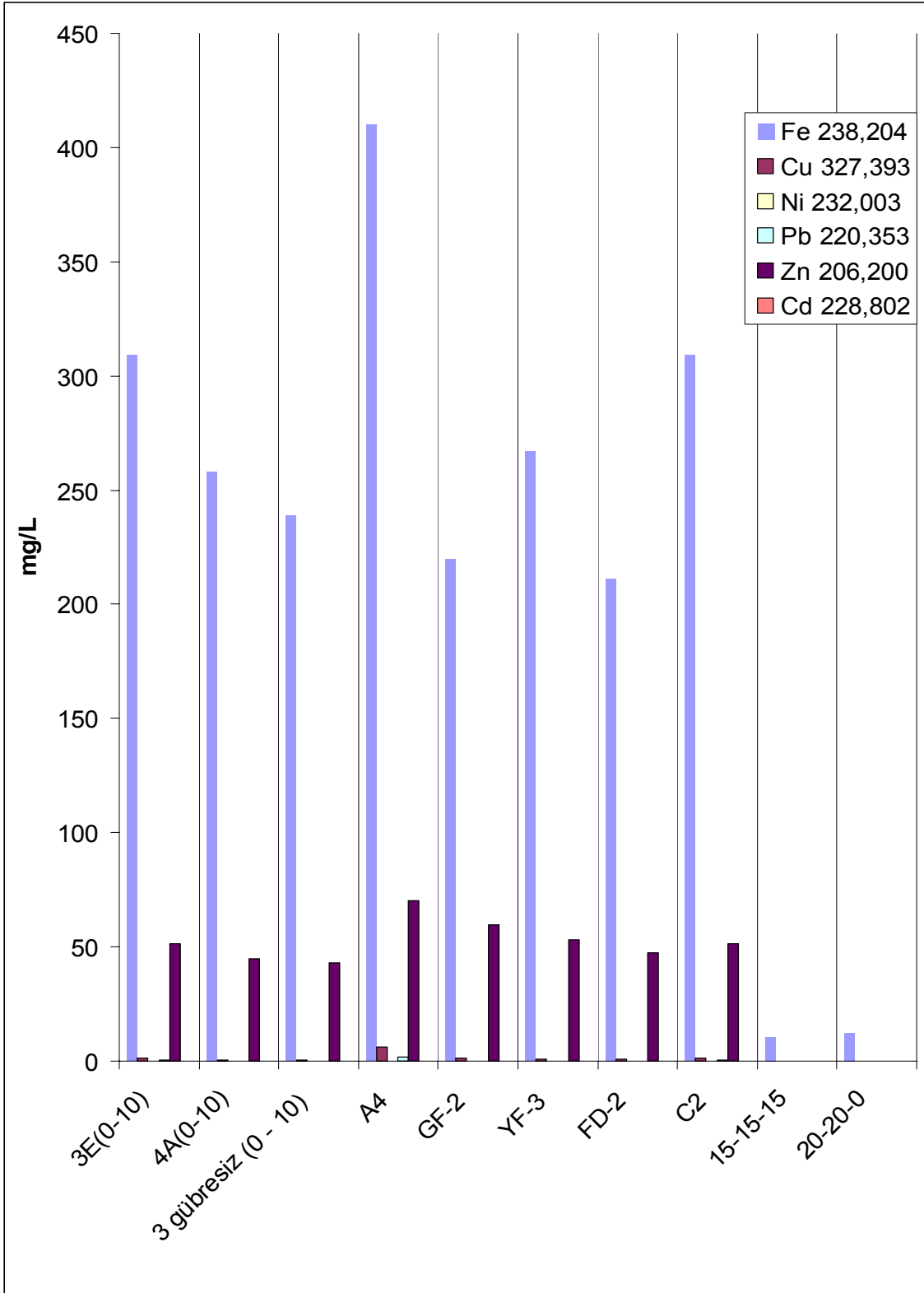
Şekil 5.12 Alınganlığı $254,40 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ olan GF-2 Örneğinin ICP Sonuçları.



Şekil 5.13 Alınganlığı $246,10 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ olan FD-2 Örneğinin ICP Sonuçları.



Şekil 5.14 Alınganlığı $40,40 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ olan YF-3 Örneğinin ICP Sonuçları.



Şekil 5.15 ICP Ölçümü Yapılan Örneklerin Ağır Metal Konsantrasyonları

ICP ile yapılan madde analizlerinin sonuçlarını gösteren çizelgeden(Çizelge 5.1) incelenen Fe, Cu, Ni, Pb, Zn, Cd elementlerinin konsantrasyonlarından görülebileceği gibi örneklerin hiç birinde Cd bulunmamaktadır. Bunun dışında Ni sadece A4 noktasında 0,169 mg/L tayin edilmiştir. Pb konsantrasyonu da sadece üç noktada gözlenmiş bu noktalar 3E(0-10), A4 ve C2 noktalarıdır. ICP ölçümü alınan elementlerden Fe ve Zn dışında diğerlerinin litre başına mg değerleri oldukça düşük çıkmıştır. 15-15-15 ve 20-20-0 gübre örneklerinde Fe dışında araştırılan elementlerden hiçbirine rastlanmamıştır. Çizelgede, kontrol bölgesinden seçilmiş noktaların ICP analiz sonuçları beyaz, Foça bölgesinden seçilen noktalar açık gri ve iki gübre örneğinin ICP analiz sonuçları koyu gri gösterilmiştir.

Çizelge 5.1 Seçilen Noktalar İçin ICP Analizlerinin Sonuçları

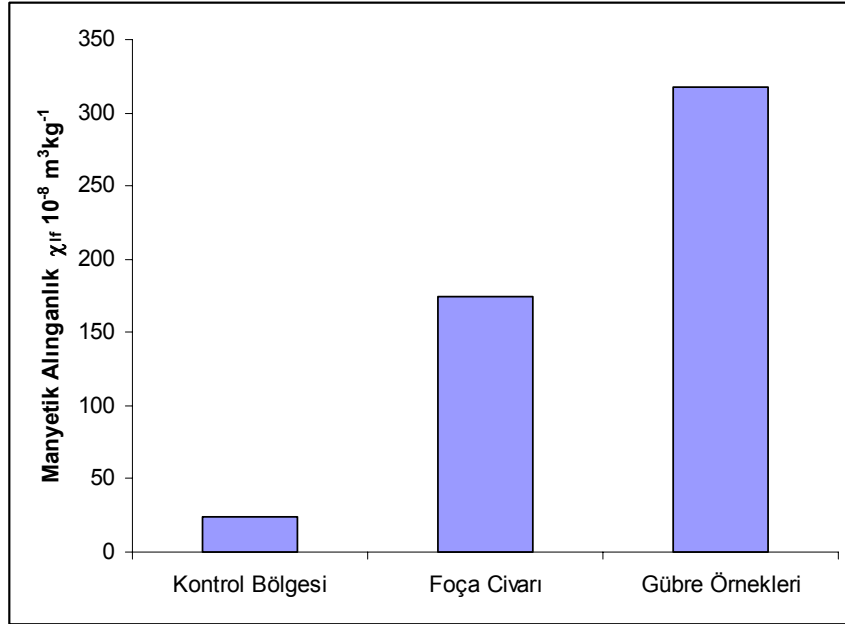
Element [λ (nm)]*	3E (0-10)	4A (0-10)	3 gübresiz (0 - 10)	A4	GF-2	YF-3	FD-2	C2	15-15-15	20-20-0
Fe 238,20	239,00	258,00	239,00	410,00	220,00	267,00	211,00	309,00	10,40	12,50
Cu 327,39	5,41	0,59	0,45	6,05	1,30	0,90	0,80	1,31	0	0
Ni 232,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
Pb 220,35	0,99	0,00	0,00	1,55	0,00	0,00	0,00	0,45	0	0
Zn 206,20	66,00	44,70	42,90	70,30	59,60	53,20	47,40	51,30	0	0
Cd 228,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0

* Belirtilen değerler ICP analizinde sözü edilen elementin yayınladığı emisyonlardan en uygun olanının dalgaboyudur.

BÖLÜM 6, SONUÇ ve TARTIŞMA

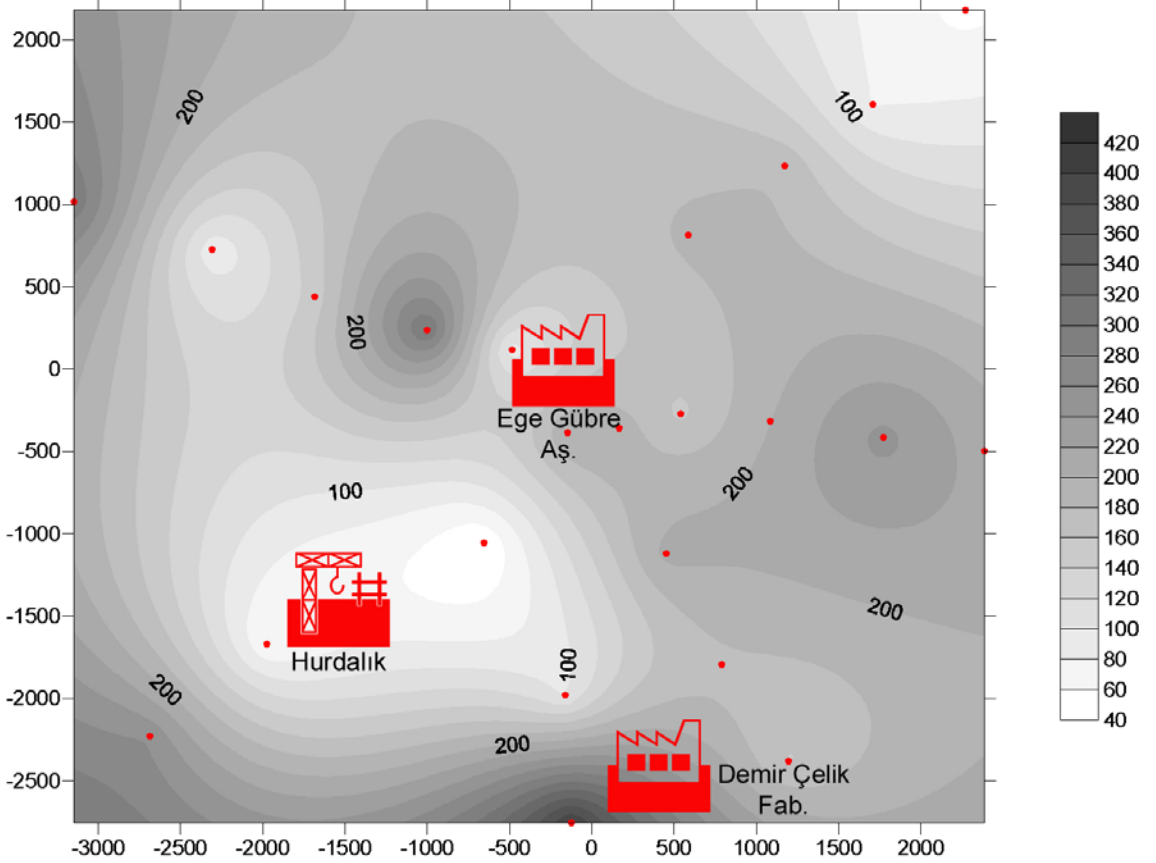
Ege Gübre Sanayi A.Ş. den temin ettiğimiz 15-15-15, 20-20-0 gübrelerinin manyetik alınganlıkları toprağa göre oldukça yüksek çıkmıştır. Küçük Menderes kontrol bölgesindeki toprak örneklerinin alınganlıklarına da göre de Şekil 6.1 de görüldüğü gibi son derece yüksektir.

Şekil 6.1 de Küçük Menderes kontrol bölgesi, Foça bölgesi ve iki gübre örneğinin ortalama alınganlık değerleri görülmektedir. Kontrol bölgesinden alınan toprak örneklerinin ortalama manyetik alınganlıkları $23,76 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ bulunmuşken, iki gübre örneğinin ortalama alınganlıkları yaklaşık 13 kat daha yüksektir. Bu sonuç gübrenin toprağa göre ne kadar yüksek bir alınganlık değeri olduğunu gösterir. Foça'da gübre üretimi yapan Ege Gübre Fabrikası civarındaki alınganlığın, kontrol bölgesinden yaklaşık 7 kat yüksek çıkması, bu bölgede toprağın manyetik alınganlığına bir katkı olduğunu göstermektedir.



Şekil 6.1 Çalışma Bölgelerinin ve Gübre Örneklerinin Ortalama Manyetik Alınganlıkları

Şekil 5.1 de görüldüğü gibi Foça bölgesinin yüksek manyetik alınganlıklılı çıkmasının sebebi gübre üretiminde kullanılan ve yanma sonucunda meydana gelen ürünlerin rüzgarla çevreye saçılmasıdır.



Şekil 6.2 Foça Bölgesinin Manyetik Alınganlık Haritası Üzerinde Tesis ve Fabrikaların Gösterimi. Eksenler Metre Cinsinden, Manyetik Alınganlık $10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ Cinsinden Verilmiştir.

Şekil 6.2 de Foça bölgesinden alınan örneklerden elde edilen manyetik alınganlık haritası üzerinde, bölgedeki tesis ve fabrikalar gösterilmiştir. Şekilde Ege Gübre Sanayi A.Ş. ve Demir Çelik Fabrikası etrafındaki topraklar yüksek

manyetik alınganlık değerine sahiptir. Yine bölge içinde bulunan hurdalığın etrafında alınganlığın değerinin fabrika çevresine kıyasla daha düşük olduğu gözlenmektedir. Bu durum; fabrikadan çıkan kl vb. yanma ürünlerinin ve tozların etraflarındaki, manyetik alınganlığı arttırdığını düşündürmektedir. Şekil 5.2 de Foça bölgesi için çizdiğimiz düşük frekansa karşılık % frekans değişim grafiği bu düŐüncemizi desteklemektedir.

Toprak rneklerinin fosil yakıt yanması ve Őiddetli manyetizasyonlarının, magnetit gibi toprak minerallerinden kaynaklanmadığını söylemek mümkündür. Magnetit ve hematit gibi toprağın manyetik özelliklerini belirleyen mineraller Fe içermektedir. Şekil 5.15 deki ICP analizine bakacak olursak, kontrol bölgesinden alınan toprak rnekleriyle Foça bölgesinden alınan toprak rneklerinin Fe oranlarında çok büyük fark bulunmamasına rağmen alınganlıkları oldukça farklı çıkmıştır. Buradan manyetik alınganlığın yüksek olmasındaki sebebin sadece Fe olmadığı sonucuna varılır. Bu durum, incelemediğimiz başka element ve bu elementlerin bileŐiklerinden geldiğini düşündürür. Bu düŐüncemizi de; gübre rneklerinin ICP sonuçları desteklemektedir. Çünkü gübrelerde çok az miktarda Fe olması ve incelediğimiz elementlerden diğerlerinin (Cu, Ni, Pb, Zn ve Cd) bulunmamasına rağmen alınganlıkları yüksek çıkmıştır. 20-20-0 gübresinin alınganlığı $418,80 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$; 15-15-15 gübresinin de $216,90 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ dir.

Küçük Menderes kontrol bölgesinden elde ettiğimiz bulgular da incelenebilir. Şekil 5.3 ten yararlanarak bir noktadan, farklı farklı katmanlardan alınmış toprak örneklerinin manyetik alınganlıklarına baktığımızda bu bölgedeki toprağın süperparamanyetik ve süperparamanyetik olmayan taneciklerin karışımı olan gelişmiş bir toprak olduğunu söyleyebiliriz. Bu bölgedeki **Gübresiz Setin** tüm katmanlarının en düşük toplam manyetik alınganlığa sahip olduğu da görülmektedir. Bu durumun dışında kontrol bölgesindeki noktaların farklı katmanlarından alınan toprak örneklerinde; alınganlıkla toprak katmanları arasında bir ilişki görülememiŐtir. Ancak kontrol bölgesinde belirlenen

noktaların; Fe ve Zn oranları arttıkça alınganlıklarının da arttığı gözlenmiştir. Tekrar vurgulamak gerekirse Foça bölgesindeki toprak örnekleri için yapılan ICP incelemesinde araştırılan elementlerin dışında başka elementlerin ve bu elementlerin bileşiklerinin alınganlığı arttırdığı söylenebilir.

Manyetik alınganlıkla ilgili yapılan çalışmalardan Sanayi tesislerinin bulunduğu bölgelerde, bu tesislerin yanma ürünlerinin yayıldığı alanlarda alınganlık değerinin yüksek olduğu görülmektedir. Bu çalışma sonucunda da Foça'daki Ege Gübre Sanayi A.Ş: civarından alınan topraklarda da ferromanyetik bir kirlilik olduğu görülmektedir. Gübrenin de oldukça yüksek alınganlık değerine sahip olduğu tespit edilmiştir.

EKLER

Ek A : Foça Bölgesinden Alınan Örneklerin Manyetik Alınganlık Ölçüm Sonuçları

Örnek Adı	Pot. Ağırlık (g)	Top. Ağırlık (g)	Manyetik Alınganlık ($10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$)		% Frekansa Bağlılık
			Düşük Frekans	Yüksek frekans	
GF-1	4,18	16,03	200,00	198,20	0,90
GF-2	4,31	15,56	190,10	178,00	6,37
A-1	4,13	13,82	297,80	295,70	0,71
A-2	4,29	13,88	85,60	79,60	7,01
A-3	4,17	14,95	149,00	146,60	1,61
A-4	4,29	16,31	304,10	293,50	3,49
A-5	4,22	15,92	89,60	83,70	6,58
L-1	4,17	15,00	55,60	54,00	2,88
L-2	4,14	15,08	79,00	76,30	3,42
L-3	4,16	14,89	175,60	171,30	2,45
L-4	4,29	16,00	184,00	177,00	3,80
FD-1	4,18	15,69	211,20	207,50	1,75
FD-2	4,16	14,60	246,10	240,60	2,23
FD-3	4,17	14,31	199,60	190,40	4,61
FD-4	4,20	15,52	155,60	148,60	4,50
B-1	4,16	15,67	158,40	152,00	4,04
B-2	4,17	16,54	177,10	167,60	5,36
B-3	4,16	14,30	205,60	198,20	3,60
C-2	4,18	13,99	402,50	399,90	0,65
C-3	4,17	14,83	98,20	96,80	1,43
YF-1	4,15	14,76	256,90	255,30	0,62
YF-2	4,12	15,51	60,60	56,30	7,10
YF-3	4,18	15,80	40,40	39,30	2,72

Ek B : Küçük Menderes Kontrol Bölgesinden Alınan Örneklerin Manyetik Alınganlık Ölçüm Sonuçları

Örnek Adı	Pot. Ağırlık (g)	Top. Ağırlık (g)	Manyetik Alınganlık ($10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$)		% Frekansa Bağlılık
			Düşük frekans	Yüksek frekans	
1A(0-10)	4,17	16,69	30,50	28,30	7,21
1A(10-20)	4,14	14,66	28,90	26,80	7,27
1A(20-30)	4,13	16,35	26,50	25,40	4,15
1A(30-40)	4,21	14,17	25,50	24,20	5,10
2A(10-20)	4,15	16,52	24,90	23,70	4,82
2A(20-30)	4,14	15,79	25,10	23,80	5,18
2A(30-40)	4,18	14,04	17,60	14,30	18,75
2A(40-50)	4,16	14,73	27,50	25,00	9,09
GSET(0-10)	4,13	18,32	24,60	23,60	4,07
GSET(10-20)	4,17	18,42	23,60	22,00	6,78
GSET(20-30)	4,15	17,21	22,40	21,80	2,68
GSET(30-40)	4,14	17,05	21,10	20,20	4,27
GSET(40-50)	4,12	16,84	27,70	27,30	1,44
GSET(50-60)	4,18	16,19	30,60	28,30	7,52
3E(0-10)	4,17	14,58	24,00	22,00	8,33
3E(10-20)	4,27	17,25	19,10	18,50	3,14
3E(40-50)	4,18	18,10	14,80	14,60	1,35
DAP(0-10)	4,14	16,51	24,90	23,40	6,02
DAP(10-20)	4,18	16,05	23,80	22,30	6,30
DAP(20-30)	4,20	15,57	23,70	22,60	4,64
DAP(30-40)	4,18	16,04	18,00	16,00	11,11
DAP(40-50)	4,17	15,94	27,60	25,60	7,25
EV(0-10)	4,14	15,09	14,80	14,60	1,35
EV(10-20)	4,14	15,90	29,60	27,90	5,74
EV(20-30)	4,28	15,33	26,60	25,20	5,26
EV(30-40)	4,27	15,63	17,60	15,90	9,66
EV(40-50)	4,27	16,86	20,10	19,40	3,48
3GSİZ(0-10)	4,14	16,32	21,40	20,50	4,21
3GSİZ(10-20)	4,15	17,24	20,30	19,40	4,43
3GSİZ(20-30)	4,17	15,95	27,90	26,80	3,94
3GSİZ(30-40)	4,18	18,86	16,60	16,40	1,20
4A(0-10)	4,17	14,63	22,60	22,10	2,21
4A(10-20)	4,14	15,90	28,20	27,00	4,26
4A(20-30)	4,28	16,40	26,60	25,00	6,02
4A(30-40)	4,14	15,36	30,90	28,50	7,77
4A(40-50)	4,13	15,94	19,80	17,80	10,10

Ek C : 20-20-0 ve 15-15-15 Gübrelerinin Manyetik Alınganlık Sonuçları

Örnek Adı	Pot. Ağırlık (g)	Top. Ağırlık (g)	Manyetik Alınganlık (10⁻⁸ m³kg⁻¹)
15-15-15	4,13	14,77	418,80
20-20-0	4,16	14,34	216,90

KAYNAKLAR

- [1]. **Ayvacıklı M.**, 2001, Manyetik Alınganlık Ölçüm Sisteminin Kurulması ve Kalibrasyonu, Yüksek Lisans Tezi
- [2]. **Öz Ö.**, 2003, Canlı Dokusu ve Paramanyetik Bileşenler için Manyetik Duygunluk Hesabı, Yüksek Lisans Tezi
- [3]. **Şabikoğlu İ.**, 2003, Soma Termik Santrali Kömür Küllerinin Manyetik Süseptibilite Tayini, Yüksek Lisans Tezi
- [4]. **Çolakoğlu K.**, Serway, Fen ve Mühendislik için Fizik
- [5]. **Durlu T. N.**, Katıhal Fiziğine Giriş
- [6]. **Gündüz E.**, Modern Fiziğe Giriş
- [7]. **Önengüt G., Beiser A.**, Modern Fiziğin Kavramları
- [8]. **Ertaş, İ.**, 1996, Denel Fizik Dersleri cilt: II E.Ü. Fen Fakültesi Kitapları Serisi No:55
- [9]. **İkiz R.**, 1999, BSM-2 Manyetik Süseptibilite Ölçme Sistemi ile Metal İyonları Katılmış Sentetik Zeolitlerin Manyetik Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi
- [10]. **Kaykal B., Sönmez N., Çelikçakır Ö., Duman S., İstenger S., Sakacı S., Ögütçenler Y.**, 2002, Manyetik Süseptibilite Ölçüm Sisteminin Kurulması ve Kalibrasyonu
- [11]. **Dearing J.A., K. Hay,S.M.J Baban, A.S. Huddleston, E.M.H. Wellington, P.J. Loveland**, 1996, Magnetic Susceptibility Of Soil: An Evaluation Of Conflicting Theories Using A National Data Set, Geophys. J. Int.,127, 728-734
- [12]. **Dearing J. A.**, 1994-1999, Environmental Magnetic Susceptibility, Using the Bartington MS2 System
- [13]. **Dearing J.A., R.J.L. Dann, K. Hay, J.A.Lees, P.J. Loveland, B.A. Maher**, 1996, Frequency-Dependent Susceptibility Measurement Of Environmental Materials, Geophys. J. Int., 124, 228-240
- [14]. **Mulay L.N.**, 1963, Magnetic Susceptibility, John Wiley & Sons, Usa

- [15]. **Huggett R. J.**, 2001, Soil Chronosequences, Soil Develepment, and Soil Evolution:a Critical Review
- [16]. <http://www.tarim.gov.tr/arayuz/1/icerik.asp?efl=gubre/index.htm&curdir=hizmetler\yayinlar\e-kitap\gubre&fl=ders1.htm>
- [17]. **Ekdal E., Karali T., Saç M.M.**, 2004, ^{210}Po and ^{210}Pb in Soil and Vegetables in Kucuk Menderes Basin of Turkey (In Press)
- [18]. **Ege Gübre Fabrikası**, İnternet Sitesi <http://www.egegubre.com.tr>
- [19]. **Banat K.M., Howari F.M., Al-Hamad A.A.**, 2004, Heavy Metals In Urban Soils of Central Jordan: Should We Worry About Their Environmental Risks?
- [20]. **Sert Ş.**, Eskişehir – Beylikahır Cevher Konsantresinde Th ve Ce un Diğer Nadir Toprak Elementlerinden Anyon Değiştirici Reçine ile Ayrılması
- [21]. **Aközcan S.**, 2002, Manisa İli Yerleşim Alanı Topraklarında ICP-AES ve Gama Spektrometresi ile Element Analizleri, Yüksek Lisans Tezi
- [22]. **Aydın M.E., Yıldız S.**, Konya Ana Tahliye Kanalında Ağır Metal Kirliliğinin ICP-AES Tekniği ile İncelenmesi