

GÜNÜMÜZDEN 0.2 MY ÖNCE ORTA ANADOLU'DA YER MANYETİK ALAN ŞİDDETİ

THE INTENSITY OF THE GEOMAGNETIC FIELD IN CENTRAL ANATOLIA AT 0.2 MA BEFORE PRESENT

N. Kaya^{1,*}, Z.M.Hisarlı¹, Ö.Makaroğlu¹ ve N. Baydemir¹

¹İstanbul Üniversitesi Müh. Fak. Jeofizik Mühendisliği, Avcılar 34850, İstanbul,

Yayına Geliş (Recieved): 16.11.2017, Yayına Kabul (Accepted): 10.12.2017

Basım (Published): Nisan/April 2018

*Sorumlu yazar/Corresponding author: nurcan.kaya@istanbul.edu.tr

ÖZ

Bu çalışmada, Orta Anadolu Bölgesi'nin Kuvaterner volkanizmasında, günümüzden 0.2 My önce Yermanyetik Alan Şiddet değerinin saptanması amaçlanmıştır. Paleosiddet değerlerinin saptanmasında kullanılan ölçüler 'Geliştirilmiş Thellier Yöntemi'ni temel alan Leonhardt Ölçü Protokolü ile yapılmıştır. Bir mevki için elde edilen altı örneğin paleosiddet değerleri güvenilirlik kriterleri çerçevesinde kabul edilmiştir.

NK12 mevkisinden elde edilen altı örneğin toplam alan paleosiddet değerlerinin ortalaması $45.56 \pm 2.95 \mu\text{T}$, meyil açısı 54.8° , sapma açısı 351.3° olarak bulunmuştur. Ayrıca, bu çalışmadan bulunan paleosiddet değerinden Eksenel Dipol Moment (Virtual Dipole Moment-VDM) değeri hesaplanarak bu değer $8.34 \times 10^{22} \text{ Am}^2$ bulunmuştur. Elde edilen VDM değeri IAGA (International Association of Geomagnetism and Aeronomy) verileri ile karşılaştırılmış ve Orta Anadolu Bölgesi'nden elde edilen verilerin IAGA verileri ile uyumlu olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Orta Anadolu, Paleosiddet, Kuvaterner, Thellier Yöntemi, Eksenel Dipol Momenti.

ABSTRACT

In this study, we aimed to determine the variation of intensity of the geomagnetic field intensity obtained from Quaternary volcanism with age of 0.2 my located in the Central Anatolian Plateau. A modified Thellier method including the Leonhardt protocol was used to determine paleointensity values. The paleointensity value obtained from six samples collected from one site was accepted according to the confidence criteria.

The average total paleointensity field value obtained from six samples is $45.56 \pm 2.95 \mu\text{T}$. The average Inclination and Declination values of these samples are 54.8° and 351.3° respectively. The average VDMs (Virtual Dipole Moments) correspond to $8.34 \times 10^{22} \text{ Am}^2$ for the studied site. Our data were correlated with IAGA (International Association of Geomagnetism and Aeronomy) database and the correlation showed that the paleointensity data from the Central Anatolia region are consistent with the IAGA data.

Keywords: Central Anatolia, Paleointensity, Quaternary, Thellier Method, Virtual Dipole Moment

GİRİŞ

Yermanyetik alanı, doğrultusu, yönü ve şiddeti olan vektörel bir büyüklüktür. Geçmiş jeolojik zamanlardaki Yermanyetik alanının doğrultusunu, yönünü ve şiddetini saptamak günümüz teknolojisinde mümkündür.

Geçmiş jeolojik zamanlarda volkanik aktivite sonucunda yeryüzüne çıkan sıcak volkanik malzeme, yermanyetik alanı içinde soğurken yermanyetik alanın doğrultusunda, yönünde ve şiddetinde bir Isıl Kalıntı Mıknatıslanma (IKM) kazanır. Bu kalıntı mıknatıslanma, bozucu bir etkiye maruz kalmadıkça günümüze dek kalır.

Kayaç oluşurken içinde bulunduğu yermanyetik alanının şiddetini, kayaçtaki kalıntı mıknatıslanmadan faydalanarak saptama çalışmalarına ‘Paleoşiddet Çalışmaları’ adı verilir. Yermanyetik alanın o dönemdeki şiddetine de ‘Paleoşiddet’ adı verilir. Paleoşiddet çalışmalarının temel prensibi; volkanik bir kayacın oluşurken kazandığı Doğal Isıl Kalıntı Mıknatıslanma (DIKM)’nin şiddetinin, bu mıknatıslanmaya neden olan yermanyetik alanın şiddeti ile orantılı olmasına dayanır (Koenigsberger, 1938).

Yermanyetik alanının doğrultusu, yönü ve şiddeti birkaç yıldan milyonlarca yıla dek uzanan bir zaman aralığında değişim (uzun süreli değişimler) göstermektedir (Lowrie, 1997). Küresel harmonik analiz sonucu yerin toplam manyetik alanının %80’i dipol alan ile ifade edildiği ortaya konmuştur. Farklı tarihsel dönemler için hesaplanan Gauss katsayıları, yermanyetik alanını doğuran dipol momentin büyüklüğünün düzgün bir şekilde azalmakta olduğunu ortaya koymaktadır. Son dönemde dipol momentin büyüklüğündeki bu azalmanın nedeni bilinmemektedir. Bu olay geçici bir durum olabileceği gibi, yeni bir terslenme habercisi de olabilir. Eğer bu azalma aynı oranda devam ederse iki bin yıl sonra yermanyetik alanı sıfır olacaktır (Leaton ve Malin, 1967; McDonald ve Gunst, 1968; Langel, 1987). Bu nedenle, geçmiş dönemlerdeki yermanyetik alan şiddetindeki değişimlerin belirlenmesi manyetik alanın gelecek değişimlerinin/davranışlarının belirlenmesi için de oldukça önemlidir.

Bu çalışmada Orta Anadolu Bölgesi’nde 0.2 My yaşındaki volkanik kayaç örneğinden, Yermanyetik alan şiddetinin değişiminin saptanması amaçlanmıştır. Paleoşiddet değerlerinin saptanmasında kullanılan ölçüler “Geliştirilmiş Thellier Yöntemi”ni temel alan Leonhardt Ölçü Protokolü ile yapılmıştır. Bu protokole göre, bir mevki için elde edilen 6 örneğin paleoşiddet değerleri güvenilirlik kriterleri çerçevesinde kabul edilebilir bulunmuştur.

vesinde kabul edilebilir bulunmuştur.

Dünya yerbilimleri literatürüne bakıldığında paleoşiddet konusunda birçok yayın bulunmasına rağmen Türkiye’de volkanik kayaçlardan elde edilen paleoşiddet çalışmalarında birkaç çalışmanın dışında (Baydemir, 1996; Baydemir ve diğ., 2012; Kaya ve diğ., 2015) veri eksikliği vardır. Bu amaçla, yermanyetik alanının değişimini ortaya koymak için ülkemizden yeni veriler ile katkı sağlamak literatüre de önemli katkı koyacaktır.

Bu çalışmada, Günümüzden Önce (GÖ) 0.2 My’da meydana gelmiş volkanik kayaç örneği üzerinde paleoşiddet çalışmasının temel prensiplerinin gösterilmesi ve bu dönemdeki yermanyetik alan şiddetinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylelikle, Türkiye’de bu konudaki veri eksikliğinin giderilmesi için önemli bir adım atılmış olacaktır.

ORTA ANADOLU BÖLGESİ’NDE VOLKANİZMA

Orta Anadolu’daki volkanizma Neo-Kuvaterner döneminde Arap ve Avrasya plakaları arasındaki çarpışmaya bağlanmaktadır. Üst Miyosen-Kuvaterner sürecinde yoğun bir volkanik etkinliğe sahne olan Kapadokya bölgesi birimleri sıra sıra volkanlar volkanoklastik depozitler ile peribacaları adı verilen tüflerden oluşmaktadır (Beekman, 1966; Pasquare, 1968; Innocenti ve diğ., 1975; Le Pennec ve diğ., 1994; Toprak, 1998). Volkanik kayaçlardan elde edilen radyometrik veri 13.7 My ve 0.0019 My arasındadır (Innocenti vd., 1975; Besang ve diğ., 1977; Bigazzi ve diğ., 1993; Platzman ve diğ., 1998; Doğan, 2011; Aydar ve diğ., 2013). Konya ile Kayseri arasındaki bölgede oluşmuş Genç Tersiyer-Kuvaterner yaşlı volkanik faaliyetin ürünleri (lav kubbeleri, lav akıntıları, lav konileri, kraterler, volkanik tuf ve aglomeralar) GB-KD doğrultusunda uzanan bir kuşak oluşturur. Erenlerdağı-Alacadağ masifinde, Karadağ’da, Karapınar çevresinde, Hasandağ-Erciyesdağ volkan sahalarında ve Nevşehir dolaylarında yüzlek verir.

Orta Anadolu’daki senozoyik zamandaki volkanik faaliyetlerin ürünleri olan lav ve tüfler genellikle kalkalin nitelikte andezit, dasit, riyodasitlerle alkalın nitelikte bazalt, trakit, fanolitlerdir (Ercan; 1986). Hasandağ ve Erciyes dağı görkemli yüksek volkan konileri, Karapınar ve Nevşehir dolaylarında ufak çaplı kraterler maarlar ve geniş alanlara yayılmış serpilmiş tüfler, Göreme (Ürgüp) yöresinin peribacaları gibi oluşuklar Orta Anadolu’daki bu genç volkanik faaliyetin doğal anıt özelliğini taşırlar.

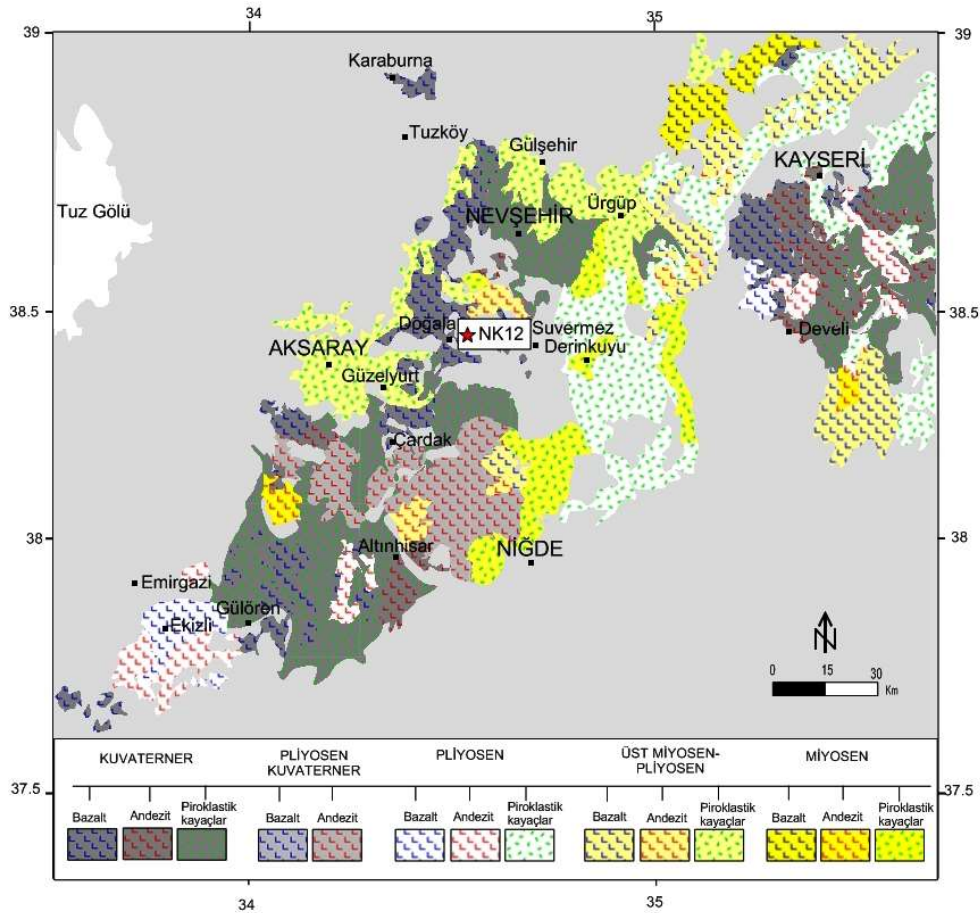
ÖRNEK YERİ VE JEOLJİSİ

Bölgede magmatik, metamorfik, volkano-tortul ve volkanik kayalar yüzeylenmektedir. Metamorfik kayalar Pre-Mezozoyik, magmatikler Üst Kretase öncesi, volkano-tortul ve volkanik kayalar Üst Miyosen–Kuvaterner sonu (Şekil 1) yaş aralığında yayılım göstermektedir (Ayhan ve diğ.,1988).

Siyah, kiremit renkli ince taneli, sıkı, midye ka- buğumsu kırılma yüzeyi gösteren Kızıldağ bazaltı, Sassano (1964) tarafından adlandırılmış bir bazalttır.

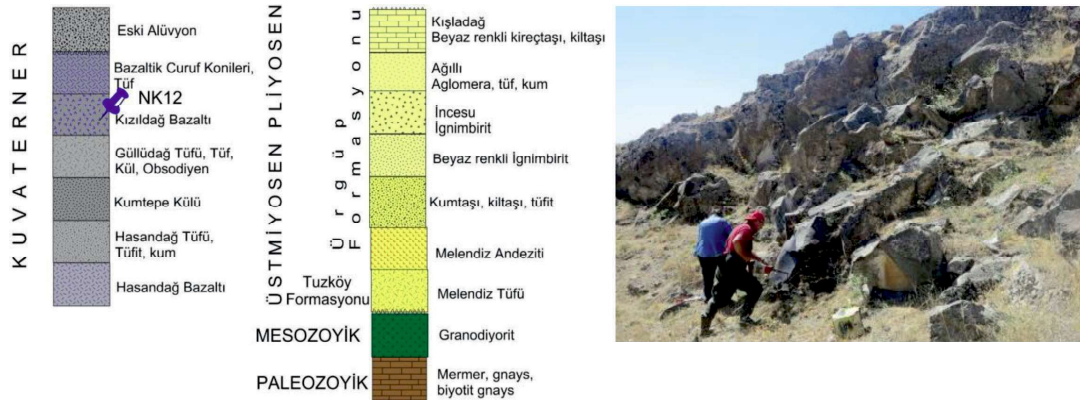
Jeokimyasal inceleme sonucunda bazaltların bir bölümünün andezit olduğu saptanmıştır. Bu tip volkanitlerin ince kesitlerinde andezitik olanlara porfirik yapı gözlenirken, bazaltlarda ofitik yapı olduğudur (Batum, 1978).

NK12 Kızıldağ bazaltlarından (Şekil 1, Şekil 2) bir mevkiden 6 adet volkanik kayaç örneği portatif karot alma aleti ile yönlü olarak alınmış olup yaş verisi için referans olarak Platzman ve diğ. (1998) kullanılmıştır.



Şekil 1. Orta Anadolu Bölgesi'nin Neojen-Kuvaterner volkanik birimlerin dağılımı ve örnek yeri (1/500000 ölçekli Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) jeoloji haritasından değiştirilerek çizilmiştir).

Figure 1. Sample site and distribution of the Neogene-Quaternary volcanic rocks in Central Anatolia (geological map redrawn after 1/500000 scaled geological map of General Directorate of Mineral Research and Exploration).



Şekil 2. Örnek yeri litolojisi (Ayhan ve diğ. 1988) ve arazi görüntüsü.

Figure 2. Generalized stratigraphic column section of the study area and field photo of sampling site.

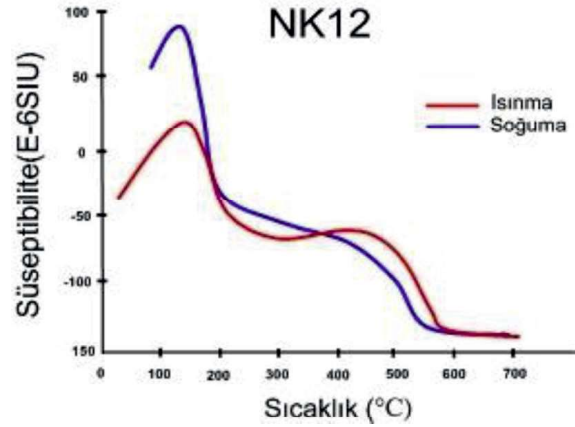
KAYA MANYETİZMASI ÇALIŞMALARI

Kaya manyetizması çalışmalarıyla kalıntı mıknatıslanmadan sorumlu manyetik mineralin tanımı, alterasyonu, domen yapısı, koersif kuvveti, manyetik duyarlılığı tespit edilebilmektedir. (Stacey ve Banerjee, 1974; Butler ve Banerjee, 1975; Senanayake ve McElhinny, 1981 ve 1982; Collinson, 1983; Tarling, 1983; Fuller ve Cisowski, 1987; O'Reilly, 1984; Dunlop ve Özdemir, 1997). Kaya manyetizması çalışmaları, paleoşiddet ölçümlerinde uygun kayaç örneğine ve dolayısıyla güvenilir sonuca ulaşma hususunda önem taşır. Kaya manyetizması çalışmaları adı altında uygulanacak testler: Sıcaklık-Süseptibilite ölçümleri, Eş-Isıl Kalıntı Mıknatıslanma ölçümleri (EIKM), EIKM Bileşeninin Üç Eksende Isısal Temizleme İşlemi, Histeresiz ölçümleridir. Özellikle Sıcaklık-Süseptibilite ölçümleri önem taşımaktadır.

Kaya manyetizması çalışmaları kapsamında yapılan ölçümler İstanbul Üniversitesi Doç. Dr. Yılmaz İspir Paleomanyetizma Laboratuvarı ve Berlin Potsdam GFZ Paleomanyetizma Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

Sıcaklık-Süseptibilite Ölçümleri

Paleoşiddet tayini yöntemlerinde örnekler ısıtma işlemine tabi tutulmaktadır. Bu ısıtma işlemine bazı örnekler kimyasal bozulmaya uğrar ve bu bozulmalarda hatalı sonuçlara neden olurlar. Yöntemler uygulanırken gözlemlenen uyumluluk testlerinin dışında örnekler bazı güvenilirlik testlerine de tabi tutulurlar. Bu testlerin en önemlileri; örneklerin sıcaklık-süseptibilite eğrilerini elde ederek bir bozulma olup olmadığını görmek ve ısıtmadan önce ve sonra örneklerin mıknatıslanma katsayılarında bir değişiklik olup olmadığını kontrol etmektir.



Şekil 3. NK12 nolu örneğin sıcaklık- süseptibilite eğrisi.

Figure 3. Typical temperature-susceptibility curves for the sample NK12 (The heating and cooling curves are shown by red and blue lines, respectively).

Şekil 3'de NK12 numaralı örneğe ait sıcaklık-süseptibilite eğrisi gösterilmiştir. Kırmızı ve mavi çizgiler sırasıyla ısınma ve soğuma esnasındaki süseptibilite değişimlerini göstermektedir. Örneğin ısınma eğrisinde 200 °C'de görülen ani düşüş örnek içerisinde titanyumca zengin titanyumlu manyetit varlığına işaret eder. Hem soğuma hem ısınma eğrilerinde Curie sıcaklığı 580 °C'de elde edilmektedir. Isınma ve soğuma eğrilerinin arasındaki farkın az olması nedeniyle NK12 numaralı örneğin Paleoşiddet çalışmalarında kullanılabilir olduğuna karar verilmiştir.

EIKM Ölçümleri ve EIKM Bileşeninin Üç Eksende Isısal Temizleme İşlemi

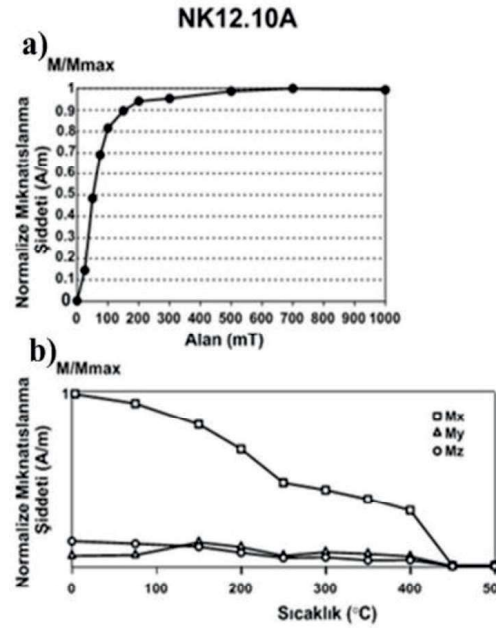
Kaya manyetizması çalışmaları kapsamında EIKM eğrisiyle mıknatıslanmadan sorumlu manyetik mineralin koersif kuvvetinin küçük mü büyük mü

olduğu belirlenebilmektedir. Bu şekilde mineralin tanımı yapılabilmektedir (Şekil 4).

Kalıntı mıknatıslanması olmayan örneğe (temizleme işlemiyle kalıntı mıknatıslanması yok edilmiş) oda sıcaklığında adım adım (0.025; 0.050; 0.075; 0.100; 0.150; 0.200; 0.250; 0.300; 0.350; 0.400; 0.500; 0.700; 0.900; 1 T) şiddeti arttırarak uygulanan dış alandan sonra örneğin kazanacağı kalıntı mıknatıslanma şiddeti manyetometreyle ölçülür. Örnek uygulanan alanın yönünde ve uygulanan alanın şiddetine bağlı olarak şiddeti artan bir kalıntı mıknatıslanma kazanır (EIKM). Dış alanın şiddeti doygunluğa ulaştıktan sonra alan ne kadar arttırılırsa arttırılırsın kazanılan EIKM değeri değişmez.

EIKM yolu ile kazanılan kalıntı mıknatıslanma ikincil mıknatıslanmadır. Ferrromanyetik minerallerin tanımlanması için doygun EIKM bileşenine adım adım ısısal temizleme işlemi uygulanır (Heller, 1978). Koersif kuvvetleri benzer olan mineraller çoğunlukla farklı bloklanmama sıcaklıkları gösterir. Üç farklı koersif kuvvete sahip bileşen elde etmek için doygun EIKM sahip örneğe üç yönde (x, y, z) farklı alan uygulanır. Sırasıyla z yönünde 1 T (zaten eş-ısısal doygun mıknatıslanma sırasında uygulanmış) sonra y eksenini yönünde 0.4 T, son olarak x eksenini yönünde 0.12 T alan uygulanan bileşenlere ısısal temizleme yöntemi uygulanır. Böylece her bir bileşenin kalıntı mıknatıslanmasının yitirdiği sıcaklığa bağlı olarak mıknatıslanmasından sorumlu mineral tanımı yapılabilmektedir.

NK12 örneğinin 400 mT'da doygunluğa ulaştığı gözlemlenmiştir (Şekil 4a). Düşük koersiviteli bileşenin 450 °C'de temizlendiği, bunun da örnek içerisinde titanyumlu manyetit varlığına işaret ettiği görülmüştür (Şekil 4b). Bu örnekte orta ve yüksek koersiviteli bileşenin herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür (Şekil 4b). Bu sonuç NK12 örneğinin palöşiddet çalışması için kullanışlı bir örnek olduğunu gösteren bir diğer önemli bulgudur.



Şekil 4. NK12.10A no'lu örneğe ait; a) EIKM eğrisi b) Üç eksenli temizleme eğrisi. Mx=Düşük alan bileşeni My=Orta alan bileşeni, Mz=Yüksek alan bileşeni

Figure 4. Thermal demagnetization of the three axis IRM acquired in three orthogonal directions in field of 1 T along the sample Z – axis, 0.4 T along the Y – axis and 0.12 T along the X – axis for representative sample.

Histeresiz Ölçümleri

Histeresiz ölçümleri, mıknatıslanma şiddeti ile manyetik alan arasındaki ilişkiyi gösterir. Bu yöntem histeresiz eğrisinden histeresiz parametrelerinin elde edilmesi ve domen yapılarının belirlenmesine dayanmaktadır. Histeresiz parametreleri ve tane yapısı ilişkisi (Thompson ve Oldfield, 1986) Tablo 1'de verilmiştir.

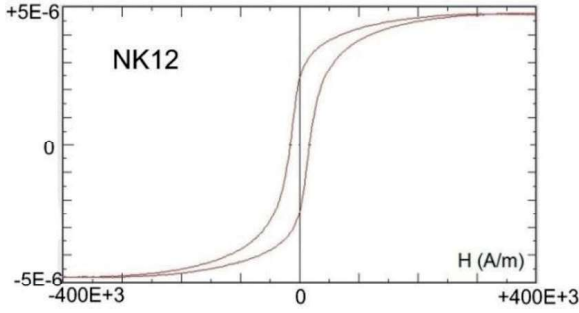
Tablo 1. Histeresiz parametreleri ve tane yapısı ilişkisi
Table 1. Hysteresis parameters and grain structure relation

Histeresiz Parametreleri	Tek Domenli Daneler (TD)	Çok Domenli Daneler (ÇD)	YalancıTek Domenli Daneler (YTD)
J_r/J_s	≥ 0.5	< 0.1	0.1-0.5
H_c/H_c	1-2	> 4	2-4
H_c	10-15 mT	< 10	10-15 mT

NK12 örneğine ait dar histeresiz döngüsü manyetik mineralinin varlığını göstermektedir (Şekil 5).

Histeresiz ölçümü neticesinde elde edilen Histeresiz parametrelerinden (örneğin koersif kuvveti (H_c); kalıntı mıknatıslanma kazandıgı koersif

kuvveti (H_c); doygun mıknatıslanma şiddeti (J_s) ve kazandığı kalıntı mıknatıslanma şiddeti (J_{rs}) H_c/H_c : 1.32 ve J_{rs}/J_s : 0.51 değerleri bulunmuştur. Tablo 1'e göre NK12 nolu örnek, tek domenli bir yapıya sahiptir. Paleoşiddet çalışmaları kapsamında örneklerin tek domenli olması güvenilirlik açısından önemlidir.



Şekil 5. NK12 örneğine ait Histeresiz çevrim eğrisi.

Figure 5. Representative hysteresis loop for sample NK12.

PALEOŞİDDET ÖLÇÜMLERİ

Paleoşiddet ölçümleri; volkanik kayacın oluşurken kazandığı MT doğal ısı kalıntı mıknatıslanma (DIKM) şiddetinin, bu mıknatıslanmaya neden olan H yermanyetik alan şiddeti ile orantılı olması özelliğine dayanır (Koenigsberger, 1938). Buna göre, $M_T = C_1 H$ dir. C_1 : kayacın manyetik özelliklerine bağlı bir orantı sabitidir. M_T ile H arasındaki bu ilişki, yermanyetik alanı gibi zayıf şiddetteki alanlarda doğrusaldır. Diğer taraftan laboratuvarında aynı kayaç örneğine ısı kalıntı mıknatıslanma (IKM) kazandırma işlemi sonucunda, örneğin kazandığı kalıntı mıknatıslanma şiddeti M_L ve uygulanan alan şiddeti H_L ise, bu iki büyüklük arasındaki ilişkidir. $M_L = C_2 \cdot H_L$ dir. Laboratuvardaki ısıtma işlemi sonucunda kayaçın manyetik özellikleri değişmişse $C_1 = C_2$ dir. Buradan;

$$M_T / M_L = C_1 H / C_2 H_L$$

orantısı yardımıyla kayacın oluştuğu zamandaki yermanyetik alanın H şiddeti bulunabilir.

Paleoşiddet tayininde başlıca iki yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi "Geliştirilmiş Thellier Yöntemi" diğeri ise "Shaw Yöntemi" dir. Bu çalışma kapsamında ölçümlerinde (Coe, 1967a, b) tarafından önerilen Geliştirilmiş Thellier Yöntemi kullanılmıştır.

Geliştirilmiş Thellier Yöntemi ; Paleoşiddet tayini için klasik yöntem Thellier tarafından pişmiş arkeolojik malzemelerle çalışmak için geliştirilmiştir.

Fakat bu yöntem aynı zamanda Isıl Kalıntı Mıknatıslanma (IKM) kazanan diğer malzemeler (kayaçlar) için de kullanılmıştır. (Thellier and Thellier, 1959 a, b). Çoğu araştırmacılar tarafından kullanılan yöntemler gerçekte orijinal tekniğin geliştirilmiş / değiştirilmiş şekilleridir. Bu geliştirilme / değiştirme işlemleri Coe (1967a, b), Smith (1967a), Domen (1977) ve Kono (1978) tarafından tartışılmıştır. Bütün bu teknikler Thellier'in kısmi ısı kalıntı mıknatıslanma (kIKM) kanunu'na dayanmaktadır. kIKM kanununa göre; herhangi bir sıcaklık aralığında kazanılan veya kaybedilen IKM'ler birbirlerinden bağımsızdır.

Yöntemin uygulamasında kayaç örneği oda sıcaklığından Ti sıcaklığına kadar ısıtılır ve alansız ortamda soğutulduktan sonra kalan (DIKM) şiddeti ölçülür. Daha sonra örnek tekrar Ti sıcaklığına dek ısıtılır ve bilinen bir manyetik alanında (laboratuvarında) soğutulur (bu çalışma için 35µT belirlenmiş) ve IKM ölçülür (Kısmi ısı kalıntı mıknatıslanma = kIKM kazandırma). Bu işlem belirlenen Ti sıcaklık adımlarında tekrarlanarak yüksek sıcaklıklara (600°C) dek devam ettirilir. Daha sonra her sıcaklık adımı için kaybedilen DIKM'lerin ve kazanılan kIKM'lerin değerleri karşılıklı olarak grafiklenir (Arai Grafiği). İdeal durumda bu grafik bir doğru olur. Doğrudan sapmaları belirleyebilmek amacıyla Leonardt ve diğ. (2003) tarafından önerilen ek ölçümler için ölçü protokolü (Tablo 2) uygulanmıştır.

Paleoşiddet ölçümleri için İstanbul Üniversitesi Doç.Dr. Yılmaz İspir Paleomanyetizma Laboratuvarı'nda bulunan Manyetik Measurements MMTD80 modeli ısısal temizleme fırını kullanılmıştır.

Tüm ölçümlerin sonuçları Leonardt ve diğ., (2004) software programıyla saptanmıştır. Software programından elde edilen Aria grafiklerinden şiddet değerleri ve diğer istatistiksel parametreler elde edilmiştir (Şekil 6, Tablo 3). Bu İstatistiksel parametreler; St.S: Lineer regrasyonun standart sapması, N: Lineer ilişkinin gözlemlendiği adımların sayısı, F: DIKM nın bölüntülük derecesi, G: Veri dağılımının ölçüsü q:Lineer ilişkinin standart hatası ile ilgili kalite faktörü, w: Ağırlık faktörü, I: Eğim açısı, D: Sapma açısı, Mad: Ortalama açısal sapma, d(*): Rölatif genişleme, d(TR): İlk ve tekrarlamada demanyetizasyon adımı şiddet farkı, d(AC): kIKM kontrolü ile ilave kontrol arasındaki fark, S: Sınıf, S.S.: Standart sapma olarak verilir. İstatistiksel parametrelere bakılarak paleoşiddet değerlerinin kriterlere uyup uymadığı sınıflandırılır (Tablo 4).

Tablo 2' de açıklanan protokol çerçevesinde

6 adet örneğin ölçüleri gerçekleştirilmiş ve Arai grafikleri çizilmiştir (Şekil 6). Arai grafiklerindeki içi boş daireler Tablo 2' de verilen adımlarda kazan-dırılan kIKM'leri (xxx.11), içi boş üçgenler kIKM kontrol ölçülerini (xxx.12), kırmızı kareler ise toplamsal kontrol ölçülerini (xxx.14) göstermektedir. Arai grafiklerin eğrilerinden doğrusal olan parçalarının eğiminden kayaçın ilk oluştuğu zamana ait yermanyetik alan şiddeti elde edilmiştir. Doğruların elde edilen şiddet değerleri ve diğer istatistiksel parametreler hem grafik üzerinde (Şekil 6) hem de Tablo 3'de standart sapmalarıyla verilmiştir. Değerlendirilen ölçülerin kalitesini belirlemek amacıyla ölçü sınıfı tasnif edilmiştir. Ölçü sınıfı kalitesi olarak verilen C sınıfı değerlendirilme dışıdır. Bu çalışmada çalışılan tüm örneklerin ölçü kalitesi (Tablo 4) A ve B sınıfı kalitesinde bulunduğundan tüm ölçümler değerlendirilmeye alınmıştır.

Bu değerlendirme sonuçlarına göre yaşı 0.2 My, olan NK12 numaralı mevkiden 6 ölçü örneğinin paleoşiddet hesaplamalarında kullanılmasının uygun olduğu sonucuna varılmıştır

Elde edilen paleoşiddet değerinin doğruluğunu test etmek için Dünya üzerinde diğer bölgelerden

elde edilen paleoşiddet değerleri (IAGA database) ile karşılaştırılır. Ancak yerin merkezinde olduğu varsayılan manyetik dipolden kaynaklanan yermanyetik alanın özelliğinden dolayı iki paleoşiddet değerinin birbiri ile karşılaştırılması üç şekilde mümkün olabilir.

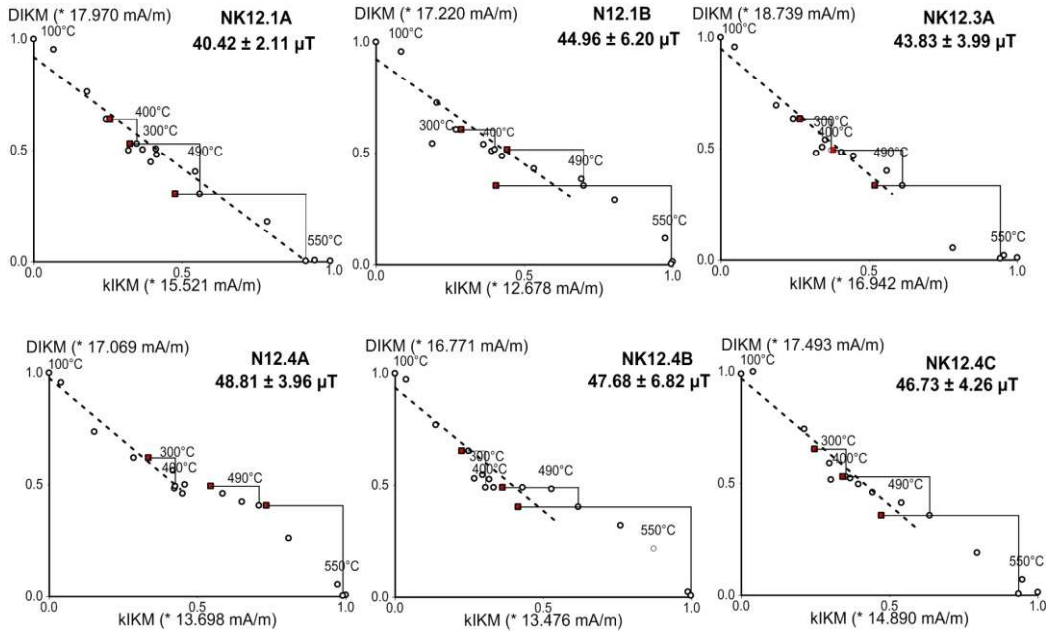
a) Aynı jeomanyetik enlemde olan değerler karşılaştırılabilir.

b) Belli bir enlem veya çoğunlukla yapıldığı gibi ekvatora indirgenen değerler karşılaştırılabilir.

c) Paleoşiddet değerinden hesaplanan VDM değerleri karşılaştırılabilir.

Paleoşiddet değerlerinden hesaplanan VDM değerleri; bir mevkiden elde edilen F paleoşiddet değeri ve I eğim açısının $VDM = 4\pi/\mu_0 a^3 F (1 + 3 \sin^2 \phi)^{-1/2}$ bağıntısında yerine konularak bulunur. Bağıntıda "a" yerkürenin yarıçapı, "φ" ise jeomanyetik enlem açısıdır ve $\tan I = 2 \tan \phi$ bağıntısından elde edilir. Manyetik geçirgenlik $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$ 'dir.

Bu çalışmada, NK12 no'lu mevkiden elde edilen paleoşiddet değerinden hesaplanan VDM değerleri (Tablo 3) IAGA Database'den seçilen verilerle karşılaştırılmış ve yoruma gidilmiştir.



Şekil 6. Ölçü protokolü çerçevesinde ölçülen 6 ölçü örneğinin Arai grafikleri.

Figure 6. Arai plots for 6 different samples after Leonhardt protocol.

Tablo 2. Paleosiddet tayini için yapılan ölçülerde kullanılan Leonhardt Ölçü Protokolü. 1. sütun örnek numarasını, 2. sütun uygulanacak olan sıcaklık aralığını ve uygulanacak olan işlemi (örneğin 100.00 kodunun tam sayısı uygulanacak olan sıcaklık aralığını, yüzdelik kısım ise 6. kolonda verilen işlemi göstermektedir), 3. sütun mıknatıslanma şiddetini, 4. sütun sapma açısını, 5. sütun eğim açısını ve 6. sütun ise uygulanacak olan işlemi göstermektedir.

Table 2. Measurement protocol after Leonhardt for paleointensity determinations. 1. column: sample number, 2. column: applied temperature interval and the process (e.g. even number of 100.00 indicates the temperature interval whereas the percentage shows the process in column 6), 3. column: intensity, 4. column: declination, 5. column: inclination, 6. column: process.

Örnek	Sıcaklık (°C)	M, (mA/m)	Sapma Açısı (D)	Eğim Açısı (I)	Uygulanan İşlem
NK12.3A	20	1.873.904	151.9	-11.6	Doğal Isıl Kalıntı Mıknatıslanma (DIKM)
NK12.3A	100.00	1.791.731	159.3	-10.6	Isıl temizleme (00)
NK12.3A	100.11	1.761.337	157.7	-12.5	Bilinen alanda kIKM kazandırma(11)
NK12.3A	200.00	1.294.772	162.9	-12.3	Isıl temizleme (00)
NK12.3A	200.11	1.326.139	162.5	-23	Bilinen alanda kIKM kazandırma(11)
NK12.3A	200.13	1.358.395	155.6	-13.4	Tekrarlanan ısı temizleme (13)
NK12.3A	250.00	1.181.022	159.3	-12.7	Isıl temizleme (00)
NK12.3A	100.12	1.171.557	152	-12.4	kIKM kontrolü (12)
NK12.3A	250.11	1.293.942	157.9	-28.1	Bilinen alanda kIKM kazandırma (11)
NK12.3A	300.00	1.009.643	160.8	-11.9	Isıl temizleme (00)
NK12.3A	300.11	1.085.278	159.7	-29.7	
NK12.3A	340.00	8.939.541	155	-13.1	
NK12.3A	250.12	1.017.317	162.2	-21.2	
NK12.3A	340.11	1.059.304	156.9	-28.3	
NK12.3A	370.00	947.208	158.3	-14.7	
NK12.3A	370.11	1.074.477	161.4	-30	
NK12.3A	400.00	9.184.258	160.4	-13.5	
NK12.3A	340.12	1.033.993	163	-27.3	
NK12.3A	400.11	1.010.487	162.8	-33	
NK12.3A	250.14	9.828.575	161.8	-24	Ek kontrol (14)
NK12.3A	400.13	9.379.723	159.5	-16.1	
NK12.3A	430.00	9.032.176	158.1	-15.1	
NK12.3A	430.11	1.012.082	162.5	-30.7	
NK12.3A	460.00	8.690.063	159.3	-15.3	
NK12.3A	400.12	9.397.664	163	-28.3	
NK12.3A	460.11	983.175	160.2	-35.3	
NK12.3A	490.00	7.494.658	157.6	-13.8	
NK12.3A	490.11	9.711.395	159.8	-43.8	
NK12.3A	510.00	6.207.358	155.9	-13	
NK12.3A	460.12	7.317.623	162.4	-37.2	
NK12.3A	510.11	8.979.856	160	-53	
NK12.3A	400.14	790.902	166.5	-44.8	
NK12.3A	530.00	0.952326	158.2	-16.5	
NK12.3A	530.11	6.564.693	158.8	-80.8	
NK12.3A	550.00	0.327661	169	-16.1	
NK12.3A	510.12	3.363.882	178.6	-83.2	
NK12.3A	550.11	9.228.786	194.4	-87.5	
NK12.3A	550.13	0.649099	177.4	-68.3	
NK12.3A	570.00	0.125644	161.6	-31.8	
NK12.3A	570.11	1.002.536	214	-86.8	
NK12.3A	600.00	0.0773	8 169.5	-49.1	
NK12.3A	550.12	9.281.169	208.6	-86.1	
NK12.3A	600.11	9.048.149	225.7	-86.4	
NK12.3A	510.14	7.472.777	195.9	-86.6	

Tablo 3. Çalışmada elde edilen sonuçlar (Mevki: Öçü örneğinin kodu, PŞ: Paleoşiddet (mikroTesla), St.S: Lineer regresyonun standart sapması, N: Lineer ilişkinin gözlemlendiği adımların sayısı, F: DKM'nin bölüntülük derecesi, G: Veri dağılımının ölçüsü, q: Lineer ilişkinin standart hatası ile ilgili kalite faktörü, w: Ağırlık faktörü, I: Eğim açısı, D: Sapma açısı, Mad: Ortalama açılma sapma, d(t*): Relatif genişleme, d(TR): İlk ve tekrarlı demanyetizasyon adımlarında şiddet farkı, d(AC): KIKM kontrolü ile ilave kontrol arasındaki fark, S: Sinif, VDM: Eksenele Dipol Momenti, S.S.: Standart sapma.

Table 3. Results after this study (Sample: Code of the sample, PŞ:Paleointensity (microTesla), St.S: Standard deviation of the linear regression, N: Steps of linear correlation, F:Partition degree of Natural Remanent Magnetization (NRM), Accuracy of data distribution, q: Quality factor of linear standard deviation, w: Weighting factor, I:Inclination D:Declination Mad: Mean angular deviation, d(t*):Relative spread, d(TR): Difference in intensity between initial and iteration demagnetization step, d(AC): Difference between pTRM control and addition control, S: Grade, VDM: Axial dipol moment, S.S.: Standard deviation).

MEVKİ	PŞ	St.S	N	Slope	F	G	q	w	I	D	Mad	d(t*)	d(TR)	d(AC)	S	VDM	S.S
NK12.1A	40.42	2.10	16	-1.15	1	0.84	16.2	4.3	53.8	347.3	2.8	5.3	8.3	8.7	B*	7.51E+22	
NK12.1B	44.95	6.20	12	-1.28	0.66	0.83	4.0	1.2	57.1	351.5	4.7	4.4	2.2	4.2	B*	8.01E+22	
NK12.3A	44.83	3.98	12	-1.25	0.69	0.82	6.2	1.9	53.2	344.7	3.7	0	3.5	2.6	A*	8.40E+22	
NK12.4A	48.80	3.96	8	-1.39	0.50	0.75	4.7	1.9	54.6	354.0	4.1	7.0	3.9	5.8	B*	8.95E+22	
NK12.4B	47.67	6.82	12	-1.36	0.64	0.83	3.7	1.1	51.7	356.0	3.0	3.8	3.4	6.8	B*	9.06E+22	
NK12.4C	46.73	4.26	12	-1.33	0.69	0.82	6.2	1.9	58.5	354.4	3.2	5.0	1.4	1.0	B*	8.16E+22	
ORTALAMA	45.56	2.95							54.8	351.3						8.34E+22	5.87E+21

Tablo 4. Paleşiddet sonuçlarının sınıflandırılmasında kullanılan kriterler. A ve B sınıfına uymayan veriler C sınıfı olarak nitelendirilmiştir.

Table 4. Criterion used in classification of the paleointensity results. Data which not matches to A and B grade are described as C grade.

A Sınıfı	B Sınıfı
Lineer Kriterleri	
N nokta sayısı ≥ 5	N nokta sayısı ≥ 5
Standart sapma ≥ 0.1	Standart sapma ≥ 0.15
DIKM (f) ≥ 0.5	DIKM (f) ≥ 0.3
Kalite faktörü (q) ≥ 5	Kalite faktörü (q) ≥ 5
Doğrultu Kriterleri	
MAD (Merkeze Yönlendirilmiş) ≤ 6	MAD (Merkeze Yönlendirilmiş) ≤ 15
Alfa ≤ 15	Alfa ≤ 15
Alterasyon kriterleri	
Rölatif kontrol hatası (d(CK)) ≤ 5	Rölatif kontrol hatası (d(CK)) ≤ 7
Kontrol farklarının toplamı (d(pal)) ≤ 5	Kontrol farklarının toplamı (d(pal)) ≤ 10
Tekrarlanan temizleme Adımları	
kIKM'nin normalize edilmiş tail kontrolü d (t*) ≤ 3	kIKM'nin normalize edilmiş tail kontrolü d (t*) ≤ 5
Rölatif şiddet farklarının toplamı d(TR) ≤ 10	Rölatif şiddet farklarının toplamı d(TR) ≤ 15
Toplamsal Kontrol	
Rölatif AC hatası (d(AC)) ≤ 5	Rölatif AC hatası (d(AC)) ≤ 10

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, GÖ 0.2 My zamanındaki paleşiddet tayinin yapılması için Orta Anadolu Bölgesi'ndeki 0.2 My yaşındaki volkanik kayaçtan (Kızıldağ bazaltından) alınan NK12 mevkisine ait 6 örneğin paleşiddet ölçümleri yapılmıştır.

Günümüzde yermanyetik alanın F toplam alan şiddetinin Orta Anadolu Bölgesi'ndeki değeri yaklaşık 47 μ T civarındadır. Bu çalışmada aynı bölgeden elde edilen ortalama F toplam alan paleşiddet değeri $45.56 \pm 2.95 \mu$ T olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuca göre, 0.2 My yaşında paleşiddet değerinin günümüz Yermanyetik Alan Şiddet değerinden küçük olduğu belirlenmiştir.

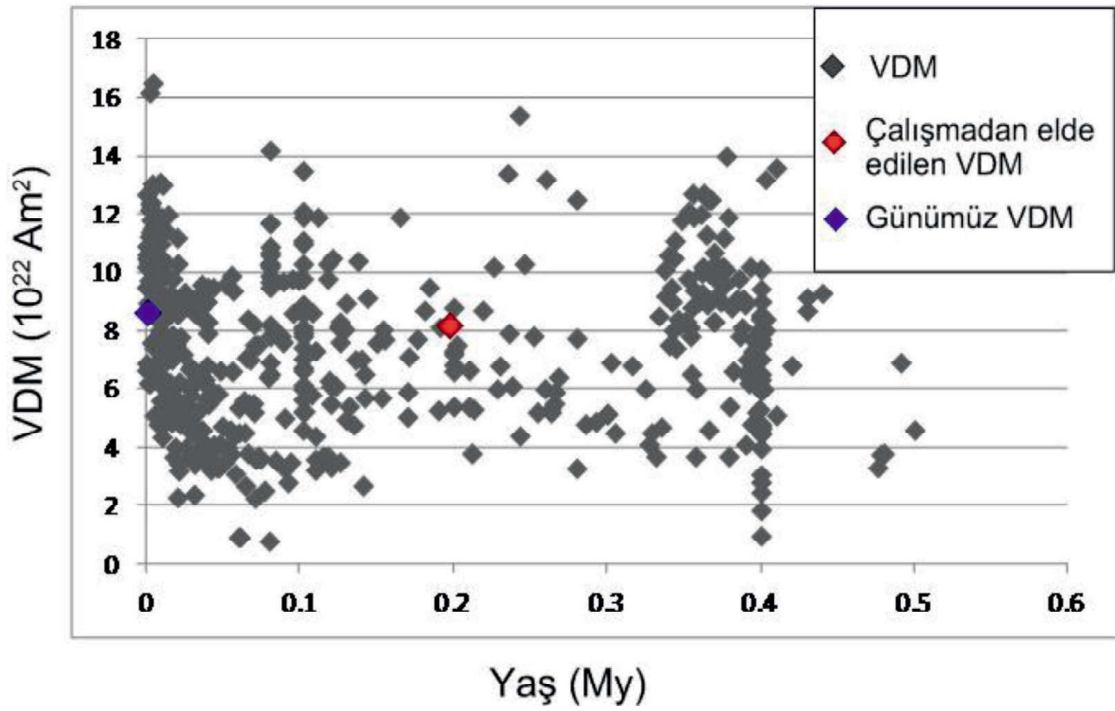
Mevkiden elde edilen örneklerin ortalama eğim açısı: 54.8° ve ortalama sapma açısı: 351.3° bulunmuştur. Bu veriler o dönemin yaş verisiyle birlikte değerlendirildiğinde "Brunhes Normal Polarite" dönemine denk geldiğini göstermektedir.

0.2 My yaşlı elde edilen bu tek mevkinin paleşiddet değerlerinden VDM değeri hesaplanmış ve $8.34 \times 10^{22} \text{ Am}^2$ bulunmuştur (Tablo 3, Şekil 7). Çalışmada elde edilen VDM değeri IAGA veri

tabanından alınan veriler ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmayı yapmak için IAGA veri tabanından alınan veriler, yaş aralığı günümüzden 0.5 My'a kadar olan ve sadece kIKM kontrollü Thellier yöntemi kullanılarak elde edilen VDM değerlerinden seçilmiştir. Şekil 7'de bu çalışmadan elde edilen VDM değeri (kırmızı sembol), IAGA very tabanından seçilen VDM (siyah sembol) ve günümüz VDM değeri (mavi sembol) işaretlenmiştir.

Sonuç olarak, çalışmadan hesaplanan VDM değerinin dünya ölçeğindeki VDM'lerle uyumlu olduğu gözlenmiştir. Bu sonuç bölgede ve Türkiye'de farklı yaşlarda oluşmuş olan diğer volkanizmalarda da bu yönetim uygulanabileceğini göstermiş ve Türkiye için eksik olan bir paleşiddet veri setinin oluşturulması için öncül bir veri sağlamıştır.

Hem benzer yaş hem de farklı yaşlar için bölgede alınacak örneklerden çalışma devam ettirilip veri sayısının artırılması geçmiş jeolojik zamandan günümüze kadar paleşiddet değişiminin saptanmasına olanak tanıyacaktır. Ayrıca sonuçların istatistiksel olarak güvenilirliğini test etmekte de önemli rol oynayacaktır.



Şekil 7. IAGA veri tabanından alınan 0.5 milyon yıl öncesinden günümüze dek olan dönemler için VDM dağılımı ve bu çalışmadan elde edilen VDM sonuçları.

Figure 7. VDM distribution obtained from IAGA database for the past 0.5 m.y. to present together with the VDM results from this study.

SUMMARY

In geological times, as the result of the volcanic activity, the hot material on the earth acquires a magnetization in its direction and magnitude to the geomagnetic field. This magnetization is carried in the volcanic rocks until the present day. The intensity of the earth geomagnetic field in the past geological periods can be determined by palaeointensity studies.

There are just a few paleointensity studies performed on the Quaternary volcanic rocks in Turkey. It is clear that there is a lack of paleointensity record on volcanic rocks from Turkey. For this reason, we aimed to determine the variation of dipol moment intensity by paleointensity investigations on the volcanic rock from Central Anatolian region with the age of 0.2 Ma.

To determine magnetic minerology of the samples, we performed rock magnetic measurements, including hysteresis, thermomagnetic analysis and IRM. Afterwards, the samples with primary minerology and stable remanent magnetization components are used for a paleointensity determination. A modi-

fied Thellier method including the Leonhardt protocol was used to determine paleointensity values.

The average total paleointensity field values, indicated by F , are $45.56 \pm 2.95 \mu\text{T}$ for the age of 0.2Ma. The average Inclination and Declination degree of these samples are 54.8 and 351 respectively. The average VDMs (Virtual Dipol Moments) correspond to $8.34 \times 10^{22} \text{ Am}^2$ for the studied site. Our data were correlated with IAGA database and the correlation showed that the paleointensity data from the Central Anatolia plateau considerably agree with the IAGA data.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 25933 numaralı projesi ile desteklenmektedir. Çalışmada kullanılan veri Nurcan Kaya'nın doktora çalışması sırasında topladığı örneklerden bir mevkiye aittir. Kaya manyetizması ölçümleri için laboratuvar desteği sağlayan Dr. Norbert R. Nowaczyk 'e teşekkür ederiz.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Ayhan, A., Papak, İ., Atabey, E., 1988**, Gölcük (Misli)-Derinkuyu-Sulucaova civarının jeolojisi, MTA Raporu, derleme no.8345 Ankara (yayımlanmamış).
- Aydar, E., Çubukçu, H.E., Şen, E., Akın, L., 2013**, Central Anatolian Plateau, Turkey: incision and paleoaltimetry recorded from volcanic rocks. In: "Late Cenozoic Evolution of the Central Anatolia Plateau", Çiner, A., Strecker, M.R., Bertotti, G. (eds.), Turkish Journal of Earth Sciences 22, 691-714/739-746.
- Batum, İ., 1978**, Nevşehir güneybatısındaki Gölüdağ ve Acıgöl yöresi volkanitlerinin jeolojisi ve petrografisi, *Yerbilimleri Dergisi*, c.4, s.1-2 s.50-69.
- Baydemir, N., 1996**, Mesudiye (Ordu) bölgesinin Miyosen (?) -Pliyosen yaşlı kayaçlarından saptanan yermanyetik alanının paleo-şiddet değeri. *TÜBİTAK Turkish Journal of Earth Sciences*, 5, 11-19.
- Baydemir, N., Hisarlı, Z. M., Çinku, M. C., Keskin, M., Kaya, N., 2012**, Doğu Anadolu Bölgesi Kuvaterner Yaşlı Bazaltik Kayaçlardan Yer-manyetik Alan Şiddetinin Saptanması, *İstanbul Yerbilimleri Dergisi*, cilt: 25, sayı: 2.
- Beekman, P.H., 1966**, The Pliocene and Quaternary volcanism in the Hasan Dağ&Melendiz Dağ region. *Bull. Miner. Res. Explor. Inst. Turk.*, 66: 90-105.
- Besang, C., Eckhardt, F.J., Harre, W., Kreuzer, H., Müller, P., 1977**, Radiometrische Altersbestimmungen an Neogenen Eruptivgesteinen der Türkei. *Geol. Jb. B* 25, 3-36.
- Bigazzi, G., Yeğingil, Z., Ercan, T., Oddone, M., Özdoğan, M., 1993**, Fission track dating obsidi-ans of central and northern Anatolia. *Bull. Volcanol.* 55, 588-595.
- Butler R. F., Banerjee S. K. 1975**, Theoretical single-domain grain size range in magnetite and titanomagnetite. *J. Geophys. Res* 80, 4049-4058.
- Coe, R. S., 1967a**, The determination of paleointensities of the earth's magnetic field with emphasis on mechanisms which could cause non-ideal behaviour in Thellier's method. *J. Geomag. Geoelect.*, 19, 157-179.
- Coe, R. S., 1967b**, Paleointensities of the earth's magnetic field determined from Tertiary and Quaternary rocks. *J. Geophys. Res.*, 72, 3247-3262.
- Collinson, M.E., 1983**, Fossil Plants of the London Clay. 121 pp. Palaeontological Association Field Guides to Fossils Number 1, Palaeontological Association, London
- Doğan, U., 2011**, Climate-controlled river terrace formation in the Kızılırmak Valley, Cappadocia section, Turkey: inferred from Ar-Ar dating of Quaternary basalts and terraces stratigraphy. *Geomorphology* 126, 66-81.
- Domen, H., 1977**, A single heating method of paleomagnetic field intensity determination applied to old roof tiles and rocks, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 13, 315-318.
- Dunlop ve Özdemir Ö., 1997**, Rock magnetism: fundamentals and frontiers Cambridge University Press, Cambridge, UK, 572pp.
- Ercan T., 1986**, Orta Anadolu'daki Senozoyik volkanizması, *Maden Teknik ve Arama (MTA) Dergisi Turkey* 107 119-140.
- Fuller, M., ve Cisowski, S.M., 1987**, Lunar paleomagnetism. In: Jacobs, J.A. (Ed.). *Geomagnetism 2*. Academic Press, Orlando, pp. 307-455.
- Heller, F., 1978**, Rockmagnetic studies of Upper Jurassic limestones from southern Germany, *J. Geophys.*, 44, 525-543.
- Innocenti, F., Mazzuoli, G., Pasquare, F., Radicati Di Brozolo, F., Villari, L., 1975**, The Neogene calcalkaline volcanism of Central Anatolia: geochronological data on Kayseri-Niğde area. *Geol. Mag.* 112 4., 349-360.
- Kaya N., Baydemir N., Cengiz Çinku M., Hisarlı Z.M., Keskin M., Leonhardt R., 2015**, Intensity Of The Earth'S Magnetic Field Over The Past 6 Million Years ; A Case Study From Basaltic Rocks In East Anatolian, EGU General Assembly 2015, Viyana, AVUSTURYA.
- Konigsberger, J. G., 1938**, Natural residual magnetism of eruptive rocks. Part1 and 2. *Terr. Magn. Atmos. Elect.*, 43, 119-127.
- Kono, M., 1978**, Reliability of palaeointensity methods using alternating field demagnetization and anhysteretic remanence, *Geophys. J. R. astron. Soc.*, 54, 241-261.
- Langel, R.A., 1987**, The main geomagnetic field, in *Geomagnetism*, ed. Jacobs, J.A., Academic Press, London.1, 249-512.
- Leaton, B. R. ve Malin, S. R. C. 1967**, Recent changes in the magnetic dipole moment of the earth. *Nature*, 213, 1110.
- Le Pennec, J.-L., Bourdier, J.-L., Froger, J.-L.,**

- Temel, A., Camus, G., Gourgaud, A., 1994**, Neogene ignimbrites of the Nevşehir plateau central Turkey.: stratigraphy, distribution and source constraints. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 63, 59–87.
- Leonhardt, R., Matzka, J. ve Menor, E.A., 2003**, Absolute paleointensities and paleodirections of Miocene and Pliocene lavas from Fernando de Noronha, Brazil. *Phys. Earth Planet. Int.*, 139, 285-303.
- Leonhardt, R., C. Heunemann, ve D. Krasa, 2004**, Analyzing absolute paleointensity determinations: Acceptance criteria and the software Thellier-Tool4.0, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 5, doi:10.1029/GC000807.
- Lowrie, W., 1997**, *Fundamentals of Geophysics*. Cambridge University Pres. United Kingdom, pp. 354.
- McDonald, K L ve Gunst, R H, 1968**, Recent trends in the earth's magnetic field: *Jour Geophys Research*, 73, 6, 2057-2067.
- O'Reilly, W., 1984**, *Rock and mineral magnetism*. Blackie & Son, Glasgow, 220.
- Pasquare', G., 1968**, Geology of the Cenozoic volcanic area of Central Anatolia. *Atti Accad. Naz. Lincei* 9, 53–204.
- Platzman H. S., Tapırdamaz C. , Sanver M., 1998**, Neogene anticlockwise rotation of central Anatolia (Turkey) : preliminary paleomagnetic and geochronological results. *Tectonophysics*, 99, 175-189.
- Sassano, C., 1964**, Acıgöl (Nevşehir) bölgesi Kuvaterner volkanizması, *MTA Dergisi*, 63, s.16-21.
- Senanayake, W.E. ve McElhinny, M.W., 1981**, Hysteresis and susceptibility characteristics of magnetite and titanomagnetites: Interpretation of results from basaltic rocks. *Phys. Earth. Int.*, 26, 47-55.
- Senanayake, W.E. ve McElhinny, M.W., 1982**, Variations in the geomagnetic dipole, 1: The past 50,000 years. *Journal Geomagnetism and Geoelectricity*, v. 34, 39–51.
- Smith, P. J., 1967**, The intensity of the Tertiary geomagnetic field. *Geophys. J.*, 12, 239-258.
- Stacey, F.D., Banerjee, S.K., 1974**, *The Physical Principles of Rock Magnetism*. Elsevier, Amsterdam, 195 pp.
- Tarling, D.H., 1983**, *Principles and Applications of Paleomagnetism*, Chapman and Hall, London.
- Thellier, E. ve Thellier, O., 1959a**, Sur l'intensite du champ magnetique terrestre dans le passe historique et geologique. *Ann. Geophys. Ser.*, 15, 285-376.
- Thellier, E. ve Thellier, O., 1959b**, The intensity of the geomagnetic field in the historical and geomagnetic past. *Akad. Nauk. SSR. Izv. Geophys. Ser.*, 1296-1331.
- Thompson, R. ve Oldfield, F., 1986**, *Environmental Magnetism*. 227, London: Allen and Unwin, London.
- Toprak, V., 1998**, Vent distribution and its relation to regional tectonics, Cappadocian Volcanics, Turkey. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 85, 55-67.