

DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE PALEOMANYETİZMA: GEÇMİŞ, GÜNÜMÜZ VE GELECEK

Paleomagnetism in the World and in Turkey: Past, Present and Future

Naci ORBAY¹ ve Ferhat ÖZÇEP¹

ÖZET

Manyetik mineralleri içeren kayaçların incelenmesi, jeofizikte iki büyük uygulama alanına sahiptir. Bunlardan birincisi, yer kabuğundaki jeolojik yapıların yer manyetik alanında oluşturduğu yerel değişimlerinden yararlanarak bu yapıların yerlerinin ve konumlarının saptanması; ikincisi de, yer manyetik alanının uzak geçmişteki (arkeolojik, jeolojik ve hatta kozmik) davranışının belirlenmesidir. Bu çalışmanın konusu Paleomanyetizma disiplininin Dünya'daki ve Türkiye'deki geçmişi, bugünü ve geleceği üzerinedir. Bu amaçla, Türkiye'de ve dünyada geçmişte yapılan paleomanyetik çalışmalar değerlendirilecek, günümüzdeki durum ortaya konacak ve bu disiplinin geleceğine ilişkin kestirimler yapılacaktır. Paleomanyetizma gelişim süreci içinde, kara kütlelerinden alınan kayaç örneklerinin incelenmesiyle kara kütlelerinin milyonlarca yıllık jeodinamik gelişiminin anlaşılmasına nicel bir kanıt sağlamış, diğer taraftan da uzaydan alınan örneklerin incelenmesiyle evrenin yapısı ve evrimi konusunda önemli katkılar sağlamıştır.

ABSTRACT

Rocks contain magnetic minerals can be investigated in geophysics for two purposes. Firstly, it is determined underground location and position of the geological (magnetic) structures by measuring the variations of earth's magnetic field. Secondly, it is also determined the behavior of geomagnetic field from ancient to modern times (in Cosmic, Geologic and Archeological Periods). Last investigations are known as a Paleomagnetic Studies. The subject of this paper is to point out the Past, Present and Future of the Paleomagnetic Studies in the World and Turkey, as a part of World. For this aim, it will be evaluated historical development, present status and the future implications of the paleomagnetism in the world and in Turkey. In the its development period, paleomagnetism provided the quantitative evidences about the dynamic responses of the large land masses and micro blocks on the Earth. In the other hand, paleomagnetism has been applied to the materials obtained from the Moon and other planets.

¹ İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 34850 Avcılar İstanbul,

GİRİŞ

Manyetizma, fizik biliminin en eski dallarından biri olmasına rağmen onun önemli ve dikkate değer özellikleri günümüzde yapılan çalışmalarla açığa çıkmıştır. Manyetik özelliklere sahip mineraller, yer kabuğu içinde geniş ölçekte bir dağılıma sahiptir. Bu manyetik mineralleri içeren kayaların incelenmesi, jeofizikte iki büyük uygulama alanına sahiptir. Bunlardan birincisi, yer kabuğundaki jeolojik yapıların yermanyetik alanında oluşturduğu lokal değişimlerinden yararlanarak bu yapıların yerlerinin ve konumlarının saptanması; ikincisi de, yermanyetik alanının uzak geçmişteki (arkeolojik, jeolojik ve hatta kozmik) davranışının belirlenmesidir. İlk uygulamada, süseptibilite ve kalıntı mıknatıslanmaya sahip kayacın manyetik özellikleri, yerel gravite anomalilerinde yoğunluk parametresinin oynadığı role benzer bir rol oynar. Genellikle, kalıntı mıknatıslanmanın kullanıldığı ikinci uygulama ise paleomanyetizma çalışmalarını temelini oluşturur.

Yeryuvarı'nın sismisite, gravite ve elektrik özellikleri geçmişlerinde açık bir iz bırakmadan ayrılan geçici özelliklerdir. Bunların ancak **günümüzdeki** değişimlerini ölçebiliriz. Kayalar yer kabuğunda oluştuğu zaman, o zamanki yermanyetik alana paralel bir mıknatıslanma sergilerler. Bu mıknatıslanma süreci ikincil, üçüncül vb. mıknatıslanma süreçleri ile gelişebilir. Manyetik özelliğin, zaman boyunca evrimleşen Yeryuvarı'nın **geçmişte** ve günümüzde nicel bir biçimde ölçülebilen tek jeofizik özelliği olması, onu sismisite, gravite vb. gibi diğer jeofizik özelliklerden ayrıcalıklı kılan bir durumdur. Günümüzde gelişen teknolojik avantajlarla, yermanyetik alanın şiddeti ve yönü; arkeolojik, jeolojik ve hatta kozmik zaman ölçeklerinde incelenebilir ve adı geçen ölçeklerde gerek yermanyetik alanının davranışı ve gerekse yer kabuğunun dinamik olayları hakkında bilgi edinilebilir.

Bu çalışmanın konusu, Jeofizik biliminin ana bileşenlerinden olan Paleomanyetizma disiplininin Dünya'daki ve Türkiye'deki geçmişi, bugünü ve geleceği üzerinedir. Bu amaçla, Türkiye'de ve dünyada geçmişte yapılan paleomanyetik çalışmalar değerlendirilecek, günümüzdeki durum ortaya konacak ve bu disiplinin geleceğine ilişkin kestirimler yapılacaktır. Dünya çapında paleomanyetik veriler belirli bir yoğunluğa ulaştığında bu türden çalışmalar yapılagelmektedir. Örneğin Cox ve Doel (1950) benzer çalışmayı 1950 yılına kadar elde edilmiş olan paleomanyetik veriyi kullanarak yapmışlardır.

ÜLKEMİZDE VE DÜNYA'DA

PALEOMANYETİZMA

Dünya'da Paleomanyetik Çalışmaların Gelişimi ve Son Çalışmalar

Jeomanyetizma ve Paleomanyetizmanın tarihçesi, mıknatıstaşı (lodestone) olarak bilinen kayacın (ki bu kayacın magnetitçe zengindir) yöne bağlı özelliklerinin ilk çağlara kadar uzanan keşfi ile yakından ilişkilendirilmesine rağmen, ancak yakın zamanlarda bu özellikler daha ayrıntılı olarak bilim dünyasının ilgi odağını oluşturmuştur.

Bir çok jeofizik ve fiziksel coğrafya araştırmalarının öncüsü olan Von Humboldt; mıknatıslanma etkisini yıldırım etkisi ile ilişkilendirmiştir (Humboldt, 1797). Volkanik kayaların manyetik özelliklerinin ilk ayrıntılı incelenmesi, onların soğuma anında mıknatıslanma kazandıkları sonucunu elde eden Dellese (1849) ve Meloni (1853) den gelmiştir. Bu ilk çalışmalar Folgerhaiter (1894, 1895, 1899) tarafından genişletilmiş ve volkanik kayaların sadece soğuma anında mıknatıslanma kazandıkları aynı zamanda daha genç volkanikler için elde edilen mıknatıslanma yönünün yermanyetik alana paralel ve bazı daha yaşlı volkanikler için zıt yönde mıknatıslanmış yönünde sonucuna ulaşmıştır. Folgerhaiter, ayrıca rastgele davranan 2000 yıldır gömülü bulunan vazolardaki kalıntı mıknatıslanmayı göstererek Mercaton (1918)'un yaptığı gibi ısıtılmış çanak-çömlekleri de incelemiş ve her bir vazunun bu zaman periyodu için kendi birincil mıknatıslanmasının yönünü saklamakta olduğunu söylemiştir. Boyle (1691), yermanyetik alanında soğuyan tuğlaların mıknatıslanma kazandıklarını göstermiştir. Tuğlalar, ayrıca, David (1904) tarafından incelenmiştir.

Japonya'da, Nakamura ve Kikuchi (1912) volkanik kayaların soğuma anında içinde buldukları manyetik alana paralel bir mıknatıslanma kazandığını göstermiştir. Chevallier (1925) 2000 yıllık uzun süreli (secular) değişimlerin kaydının oluşturulmasına yönelik olarak Etna'dan elde edilen lavlar üzerindeki çalışmalardan sağladığı ayrıntılı sonuçları yayınlamıştır. Benzer uzun süreli değişim incelemeleri sonra Japonya'da Kato ve Nagata (1949) tarafından da yapılmıştır. Avrupa'da Mercaton (1926, 1931) kuzey Atlantik bölgesindeki mevkiilerden (Greenland, İzlanda, Skotland vb) elde ettiği kayaları ve Avustralya'dan elde ettiği normal ve ters

polariteleri incelemiştir. Ayrıca, bulduğu yermanyetik alanın ortalama doğrultusunun, eksenel jeosentrik dipol ile uyumlu olduğunu göstermiştir. Mercator böyle gözlemlerin kutupların dolaşımı (polar wandering) ve kıtaların kayması teorisinin kanıtlanmasına yönelik olarak kullanılabileceğini önermiştir. 1938'de gelinen nokta, Koenigsberg'in kaya manyetizması çalışmalarının sonraki paleomanyetik çalışmalarda çok etkili olduğu yönündedir. Ancak Thellier (1936, 1937a,b, 1938a,b)'in çalışmaları, pişirilmiş arkeolojik materyalleri kullanarak ısıl kalıntı mıknatıslanma kazanmanın fiziksel olarak anlaşılması için bir temel olduğu kadar arkeolojik çalışmaların kurulmasında da bir temel olmuştur. Bunun için fiziksel temel, Neel (1948, 1952a,b) tarafından oluşturulmuş ve geniş olarak Nagata (1953, 1961) ve Stacey (1963) tarafından geniş kitlelere yayılmıştır. Daha sonraki gelişme, fiziksel temelin kurulması sonrası elde edilen verinin analizinde Fisher (1953) tarafından verilen istatistik modelin kurulması ile izlenir.

Paleomanyetizma ve arkeomanyetizmanın başlangıcında, sedimenter kayalar gibi çok zayıf olarak mıknatıslanmış materyallerin kalıntı mıknatıslanmasını belirlemek için varolan aletler çok duyarsız olduğu için, volkanik materyallerin incelenmesi egemen olmuştur. Bununla birlikte Spiner magnetometrelerindeki gelişimin yanısıra gyrogenic magnetometrelerin de devreye girmesiyle, günümüzde glasiyer sedimentler ve varve'lar gibi zayıf olarak mıknatıslanmış kayalardaki kalıntı mıknatıslanmanın yönü ve şiddetinin değerlendirilmesi olanaklı olmuştur (McNish ve Johnson 1938, Johnson ve diğ. 1948, Rusnak 1957, Granar 1958). Gözlemler, yermanyetik alanın seküler değişiminin kayıtlarının saklanmış olduğunu göstermiştir. Sedimanter kayalarda kalıntı mıknatıslanma kazanma üzerine çalışmalar, değişik kayaç türleri için oluşturulmuştur. Örneğin, Nagata (1953) depolanma deneylerinde ezilmiş bazaltlar kullanmıştır. Permo-Triyas kırmızı kumtaşlarının ilk incelemeleri, İngiltere'de yapılmış ve Amerika'ya doğru incelemeler genişletilmiştir (ör. Creer ve diğ. 1958). İngiltere ve Kuzey Amerika'dan elde edilen (Runcorn 1956a, b, Collison ve Runcorn 1960) Permo-Triyas yaşlı kayaların paleomanyetik yönlerinin karşılaştırılması, bu kıtaların daha önce tek parça olduğu yönünde ilk net jeofizik kanıtı sağlamıştır. Bu bulguları izleyerek paleomanyetik araştırma güney Afrika gibi çoğu diğer kıtalara geliştirilmiştir. Rusya'da kayaların süseptibilitesi ve manye-

tik ölçümlerdeki kaya manyetizmasına yönelik ilk çalışmaları, paleomanyetik çalışmalara öncü olmamış sadece kaya manyetizması düzeyinde kalmıştır (Grabousky 1953, Khramov ve Sholpo 1967).

Paleomanyetik çalışmaların başlangıç nedeni çoğu zaman temelde jeomanyetik amaçlı çalışmalar olmuştur, çünkü 1950'lerdeki ilk deneylere, levha tektoniği kavramının varolmadığı bir zamanda girilmiştir. Böyle jeomanyetik çalışmaların bir bölümü olarak, Hosper (1951) İzlanda lavlarının magnetostratigrafisini belirlemeye başlamıştır.

Okyanusal manyetik anomaliler, onların okyanus tabanının tarihlenmesinin kullanımından çok önceleri bilinmekteydi. Fakat böyle anomalilerin çok duyarlı navigasyon yöntemleri varolana kadar önemi kavranamamıştır (Mason 1958, Menard ve Vaquier 1958, Menard 1959). Vine ve Matthews (1963) kuzeybatı Hint okyanusu incelemiş ve manyetik anomalilerin, süseptibilite farkından daha çok mağmatik okyanus tabanının normal ve ters olarak mıknatıslanmalar nedeniyle daha kolay yorumlanacağını iddia etmiştir. Bu verilerin ayrıca Hess'in (1962) düşüncesiyle -ki Hess yeni okyanusal kabuğun sürekli olarak okyanus sırtlarında üretilmekte olduğunu ve o zaman bu yeni kabuğun sırtlardan uzaklaşacak biçimde yayıldığını düşünmüştür- uyumlu olduğunu göstermiştir.

Paleomanyetik çalışmalar ile günümüzde, yerkabuğunun kinematik ve dinamik özelliklerini ve evrimini açıklayan "Levha Tektoniği" kuramı sıkı bir ilişki içindedir (Mc Elhinny 1973, Cox 1973). Paleomanyetizmanın gelişiminin başlangıç yıllarında amaç daha ziyade yermanyetik alanının yakın ve uzak geçmişteki (arkeo, paleo ve kozmik ölçeklerde) davranışının ortaya konulmasına yönelik olmuştur. Paleomanyetizma ve levha tektoniği konusunda günümüze değin gerek mikro ve gerekse makro ölçekte kara kütlelerinin hareketi konusunda oldukça yoğun çalışmalar yapılmıştır. Bütün kıtaların başlangıçta tek parça olduğu kavramı oldukça eski bir görüştür (Oliver 1996). Fakat bununla birlikte, ancak paleomanyetik çalışmalarla bu kavram nicel bir temele oturmuştur. Paleomanyetik çalışmalar, levha tektoniği gibi büyük ölçekli tektonik hareketlerin belirlenmesine yönelik çalışmaları içermesine rağmen mikro ölçekli tektonik hareketlerin belirlenmesine yönelik olarak da uygulanmaktadır.

1960'ların ortalarından beri, arkeomanyetizma ve paleomanyetizma çalışmaları yapan merkezlerin sayısında olağanüstü bir artma olmuştur. Bunda, paleomanyetizmanın yapısal jeolojiye olan olağanüstü katkılarının payı büyüktür. Bu konu üzerine çeşitli kavramlar için, standart kaynaklar oluşmuştur (Irwing 1964, Collinson ve diğ. 1967, Strangway 1970, Tarling 1971 ve 1983, McElhinny 1973 ve Collinson 1983, Butler 1992). Aynı zamanda, teknolojik gelişmeler bir çok kavramı yeniden sınamak zorunda bırakmıştır. Örneğin Yerküre'deki uzay teknolojisi Ay örneklerinin alınmasına izin vermiş ve diğer gezegenlerin manyetik alanlarının incelenmesi Güneş siteminin gelişimi ve kökeni üzerine düşünceleri devrime uğratmıştır. Aynı zamanda paleomanyetik teknikler, kayaç oluşumu ve deformasyonunu anlamak için artan oranda mikro ölçekteki yapılara uygulanmaktadır.

Ülkemizde Paleomanyetizmanın Gelişim Tarihi ve Son Yapılan Çalışmalar

Türkiye'de, ilk paleomanyetik çalışma Alp Orejenik hareketlerinin Alp sisteminden uzak bölgelerde görülüp görülmeyeceğini araştırmak amacıyla Gregor ve Zijderveld (1964) tarafından Amasya bölgesinde üç ayrı yerden alınan Permian Kırmızı Kumtaşları üzerinde yapılmıştır. Sonuç olarak, araştırmacılar bölgenin Avrupa Kalkanının güney kıyısında yükselmiş bir blok olduğunu ve Kuzey Anadolu Fay Zonu ile Permian'den buyana sağa doğru 80 derecelik dönmenin var olduğunu iddia etmişlerdir.

Van der Voo (1968) Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun güneyinde kalan Tunceli Bölgesinden topladığı Jura, Kretase ve Eosen yaşlı volkanik ve tortul kayaçlar üzerine yaptığı paleomanyetik çalışmasının sonucunda elde ettiği kutup pozisyonlarını, Arabistan, Afrika ve Avrupa'da elde edilmiş olan kutup pozisyonları ile karşılaştırmış ve Türkiye'nin Kretase'den bu yana saatin tersi yönünde 50 derece dönmesi gerektiği sonucuna varmıştır.

Sanver (1968) Kuvarterner volkanik kayaçları ile yaptığı paleomanyetik çalışmada bu son jeolojik devirdeki yermanyetik alanının seküler değişimini saptamayı amaçlamıştır. Elde edilen sonuçlar, Brunhes ve Matayuma jeomanyetik devirleri için bulunan kutup pozisyonlarının günümüzdeki kutup pozisyonuna % 95 oranında uygunluk sağladığını göstermektedir.

Türkiye'de kaya manyetizması ve dolayısıyla paleomanyetizma çalışmalarının bize özgü tarihi, o zamanki adıyla, İstanbul Üniversitesi Jeofizik Kürsüsü bünyesinde kurulan "Alternatif Alan Temizleme Sistemi" ile başlatılmıştır Orbay (1975). Bundan önceki çalışmalar ya yabancı araştırmacılar tarafından ya da yurtdışı olanaklarından yararlanan Türk araştırmacılar tarafından yapıldığı için yüzde yüz yerli değildir.

Jeofizik Kürsü'sünde kurulan Paleomanyetizma Laboratuvarında, Orbay (1976) Türkiye'de bu konuda yapılan ilk doktora düzeyinde çalışma yaparak Varto, Kızılırmak ve Bolu yörelerinden topladığı Alt ve Üst Kretase ile Eosen yaşlı volkanik kayaçlarla yaptığı çalışması ile Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun güneyinde kalan Anadolu Levhasının Kretase'den günümüze kadar duraylı Avrupa'ya göre saatin tersi yönünde 50 derecelik ve Üst Kretase-Eosen zamanından günümüze yine saatin tersi yönünde 30 derecelik döndüğü sonucunu saptamıştır.

Tonger (1978) Galatya masifi üzerine yaptığı Paleomanyetizma çalışmalarında elde ettiği sonuçları çeşitli kara parçalarından elde edilen sonuçlarla ve daha önce yapılan çalışmalarla karşılaştırdığında, çalışılan bölgede rotasyonel levha hareketlerinin Oligosen içerisinde son bulduğunu ve bugünkü konumunu aldığı sonucuna ulaşmıştır.

Orbay ve Bayburdi (1979), Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Kuzeyi ile doğu Karadeniz kıyısı arasında kalan Mesudiye bölgesinden topladıkları Üst Kretase ve Eosen yaşlı tüf ve damar kayaçlarından elde edilen kutup pozisyonlarını Türkiye'de daha önce yapılan çalışma sonuçları ile birlikte inceleyerek bu jeolojik devirler içinde Türkiye'nin Üst Kretase'den günümüze kadar Avrupa'ya göre saatin tersi yönünde 40-45 derece dönmüş olduğunu saptamışlardır.

Paleomanyetizma ve Kaya Manyetizması paralelinde araştırma yapmak üzere İTÜ ve Kandilli Rasathanesi işbirliği ile KANTEK Paleomanyetizma Laboratuvarı 1974 tarihinde kurulmuştur.

Sanver ve Ponat (1980, 1981) bu laboratuvarın olanaklarından yararlanarak, Kırşehir Masifi'nin kuzey kenarı üzerinde yer alan üst Kretase ve Eosen (Lutesyen) mağmatiklerinden toplanan örneklerini kullanarak yaptıkları çalışmada Üst Kretase ve Lutesyen arasında kalan

zaman süresi içinde örneklerin toplandığı bölgenin saat ibresinin tersi yönünde 90 derece kadar döndüğünü saptamışlardır. Lutesyen'den günümüze kadar geçen zaman süresi içinde aynı bölgenin yine aynı yönde 10-15 derece döndüğü anlaşılmıştır.

Orbay (1987) Türkiye ve İran'da Üst Kretase ve Eosen yaşlı kayaçlar üzerine yapılmış olan çalışmaları birlikte ele alarak değerlendirmiş ve sonuçta Üst Kretase'den beri Türkiye ve İran'ın Afrika'ya göre sırasıyla saatin tersi yönünde 30-35 derece ve İran'ın da saat yönünde 45 derece dönmüş olduklarını ifade etmiştir. Bunun nedeni, Arabistan levhasının kuzeye hareketi olarak yorumlanmıştır.

Orbay ve Baydemir (1987) Hasançelebi yöresinden toplanan Üst Kretase yaşlı 36 el örnekten elde edilen kutup pozisyonunun daha önce yapılmış çalışmaların sonuçlarıyla büyük uygunluk içinde olduğunu ve sözü edilen jeolojik devir için bağlı dönme hareketinin Avrupa'ya göre saatin tersi yönünde 45-50 derece olduğunu saptamışlardır.

Sarıbudak ve diğ. (1986,1989), Batı Pontidlerin Mezozoik ve Tersiyer'deki gelişimlerine açıklık getirmek amacıyla, İstanbul çevresindeki Alt Triyas yaşlı kayaçlarla Ereğli ve Samsun arasında yüzeylenen Kretase ve Eosen yaşlı kayaçları paleomanyetik açıdan incelemişler ve Alt Trias yaşlı mevkilerden elde edilen eğim açılarının birbirleriyle uyum içinde olduğunu ifade etmişlerdir. Ortalama 50 derece olarak bulunan eğim açısı çalışma alanının Alt Triyas'da Lavrasya'nın güney kenarına karşılık geldiğini göstermektedir. Sapma açıları ise hem Kilyos ve hem de Gebze civarında önemli farklı dönemler göstermektedir. Kilyos mevki saatin tersi yönünde 68 derece, Gebze ise saat yönünde ortalama 45 derece dönmüştür. Samsun'un güneyinde Alt Kretase yaşlı volkanik kayaçlardan elde edilen 3° lik eğim açısı ekvator civarını konumlar, sapma açısında ise dönme olmadığı görülmüştür.

Sarıbudak ve diğ. (1988) ve Sarıbudak (1989) Pontidlerin bloklu yapısının paleomanyetik verilerle saptanması amacıyla önelik çalışmalarında, Pontidlerin ada yayı voklanizmasından Alt-Üst Kretase yaşlı kayaç örnekleri toplamışlardır. Çalışma alanı güneyden Kuzey Anadolu Fayı, Kuzeyden Karadeniz ile sınırlıdır. Paleomanyetik sapma açılarının dağılımı incelendiğinde sapma açılarının kendi içinde tutarlı olduğu 4 blok gözlen-

miştir. Birincisi Kuzey Anadolu Fayı'nın yay yaptığı orta kesimin kuzeyinde, Bartın Samsun arasında saptanan paleomanyetik sapma açılarında dönme yoktur. Bu dönmenin olmayışı süphesiz bölgenin Üst Kretase-Eosen'den bu yana kuzey güney sıkıştırma kuvvetinin etkisi altında kaldığını vurgulamaktadır. Ayrıca, bölgedeki kıvrım eksenleri ve bindirmenin gidişinin doğu-batı olması paleomanyetik verileri destekler niteliktedir. İkincisi, Sinop Yarımadası'nda saptanan sapma açıları bu yarımadanın saatin tersi yönünde 20 derece dönmüş olduğunu göstermektedir. Bu dönmenin yarımadayı kuzeyden ve güneyden sınırlayan fayların etkisiyle olduğu sanılmaktadır. Üçüncüsü, saatin tersi yönünde 20 derece dönen diğer bir blok da Bartın'ın doğusunda Ereğli, Devrek ve Bolu yöreleridir. Bu bölgede tektonik hatlar kuzeydoğu-güneybatı yönünde uzanırlar. Dördüncü bloğun sınırı yaklaşık Samsun, Gümüşhane arasındadır. Bu blok saatin tersi yönünde ortalama 30 derece dönmüştür.

Sarıbudak (1989a,b,c) Karadeniz'in Üst Kretase'de açılmış bir adayı arkası havza mı yoksa Erken Mezozoik okyanusunun bir kalıntısı mı olduğunu araştıran bir inceleme yayınlamıştır. Bu incelemeye göre, Karadeniz çevresindeki paleomanyetik veriler bölgenin jeolojik gelişimi ile ilgili hipotezleri test etmek amacıyla değerlendirilmiştir. Doğu Avrupa platformunun (DAP) güney kenarı (Bulgaristan, Kırım) Üst Jura'da 39 derece paleoenleminde bulunurken, Pontidler Üst Jura, Alt Kretase'de 10-15 derece paleoenleminde konumlanırlar. Yine aynı dönemde büyük Kafkas bölgesi yaklaşık 25 derece paleoenleminde. Üst Kretase-Eosen döneminde ise Pontidler, 23 derece paleoenleme hareket ederken DAP'nun güney kenarı yaklaşık Üst Jura'daki konumunu korumuştur. Büyük Kafkaslar ise bu dönemde (Konrasiyen) DAP ile çarpışarak Avrasya'ya dahil olurlar. Pontid'lerle Avrasya'nın güney kenarı arasındaki uzaklık gerek Jura gerekse Üst Kretase'de en azından bir kaç bin kilometredir. Ayrıca, Pontid'lerden elde edilen paleomanyetik kutup pozisyonları Avrasya yerine Afrika kutup pozisyonları ile uyumludur. Diğer bir deyişle, Pontid'lerin Jura ve Kratese'de Avrasya'ya ait olduğu yaygın görüşünü paleomanyetik veriler desteklemez. Bu incelemenin sonucu Karadeniz'in Pontid Adayayı arakası (back arc basin) olmayıp aksine Karadeniz'in Avrasya ve Afrika kıtaları arasında Mezozoik ve öncesinde (?) varlığını sürdürmüş olan eski bir okyanus kalıntısı olduğu savını destekler niteliktedir.

Sarıbudak ve diğ. (1989), Batı Pontidlerde Alt Triyas ve Orta Triyastan elde edilen paleomanyetik verinin ön sonuçlarını yayınlamışlardır. Bu yayında; karakteristik mıknatıslanma, üç ayrı mevkiiden alınan 41 örnekten türetilmiş olarak 50 derece ortalama eğim açısı değerine sahip olduğunu göstermektedir. Bu üç mevkinin sapma açıları ile İstanbul'un kuzeyinde yer alan Gümüşdere mevki saatin tersi yönünde 68 derecelik dönmeye sahiptir. Buna karşın İstanbul'un güneyindeki Tavşancıl ve Denizköy ortalama saat yönünde 40 derece dönmüştür.

Kissel ve Poisson (1986, 1987)'in yaptıkları paleomanyetik çalışma sonucu, sırasıyla Langhian'dan ve Eosen'den beri Isparta dirseğinin batı kanadında saatin tersi yönünde 30° ve doğu kanadında saat yönünde 40° dönmeler elde edilmiştir

Evans ve diğ. (1990) kalıntı mıknatıslanmaların, duraylı bileşenlerini, Batıda Kocaeli Yarımadası'ndan doğuda Zonguldak-Bartın bölgesini içerecek biçimde İstanbul Nap'ı üzerindeki 12 mevkiiden 9'unun örneğini Paleozoik'ten almışlardır. Rotasyon miktarı, bölgenin kompleks yapısal tarihini yansıtan Kocaeli Yarımadası ve Zonguldak-Bartın yakınındaki kesimde değişmektedir. Gözlenmiş dönmeler, önerilen Paleozoik, Mezozoik levha tektoniği modelleri ile açıklanmaktadır.

Beyhan (1992), Kretase ve Eosen yaşlı 22 el örneği ile yaptığı çalışmada, Pontidlerin Üst Kretase'de 17 derece kuzey enleminde bulunduğunu ve günümüze kadar kuzeye doğru itilerek bugünkü konumunu aldığı sonucuna erişmiştir.

Orbay ve diğ. (1993a, b), Batı Anadolu'nun tektonik gelişimine ve ortaya konacak tektonik modellere temel oluşturacak olan paleomanyetik sonuçları, bölgenin yaygın Neojen volkanizması üzerinde 45 sahadan, 152 yönlendirilmiş el örneği olarak gerçekleştirmişlerdir. Duraylı örneklerden elde edilen kalıntı mıknatıslama doğrultularının Çandarlı-Soma-Dursunbey hattının kuzeyinde Balya civarı hariç, saatin teri yönünde ortalama 30 derecelik bir dönme gösterdiği bulunmuştur. Ayrıca, Foça'dan Ayvalık'a doğru mıknatıslanma doğrultularında saat yönünden saatin tersi yönüne olan değişim Pliyo-sen'de Edremit Körfezi'nin açılımı ile açıklanmaktadır.

Batı Anadolu'da elde edilen farklı eğim açıları bölgenin kuzeye doğru hareketini göstermekle birlikte genişleme rejimi etkisi altında, listrik faylarla oluşan blok-

ların farklı eğimlere sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Aynı bölge'de daha önce yaptığı çalışmasında Kissel (1986), Biga Yarımadasının kuzeyindeki mevkiilerden elde ettiği mıknatıslanma doğrultularında önemli bir dönmenin olmadığı ifade etmektedir. Orbay ve diğ. (1993a,b) tarafından ise aynı bölgedeki iki mevkiiden elde edilen kalıntı mıknatıslanmaların saatin tersi yönünde 28 ve 34 derece dönme gösterdiği saptanmıştır. Karaburun ve İzmir civarı için Lauer (1984) saat yönü ve saatin tersi yönünde dönmelerin olduğunu ifade etmelerine karşın Orbay ve diğ. (1993a, b) saat yönünde dönmelerin olduğunu ifade etmişlerdir. Genel bir sonuç olarak, Orbay ve diğ. (1993a, b) bu bölgede paleomanyetik verilerin saat ve saatin tersi yönünde önemli dönme hareketleri gösterdiklerini bunu da Ege genişleme rejimi sırasında oluşan küçük blokların dönme hareketine bağlamışlardır. Ayrıca yermanyetik dipol alanın bu bölge için beklenen eğim açısı değerinin yaklaşık 58 derece olduğunu, fakat Miyosen volkanik kayalardan elde edilen eğim açısı değerlerinin beklenenden düşük ve yüksek çıkmasını "Hanging Wall" bloklarının birbirlerine göre bağlı düşey hareketleri ile açıklamaktadırlar.

Orbay ve diğ. (1995) ve İşseven ve diğ. (1995), Batı Anadolu'nun tektonik evrimine açıklık getirmek amacıyla, Çanakkale-Foça arasında kalan ve doğuda Bergama hizasından sınırlanan çalışma alanından aldıkları Üst Oligosen, Alt-Orta Miyosen ve Üst Miyosen yaşlı örneklerden Kuzeybatı Anadolu'nun Neojen'den bu yana saatin tersi yönünde döndüğünü ve bu dönme sırasında Edremit Körfezi'nin Kuzey ve güney kesimindeki levhaların birbirlerine göre farklı hızla hareket etmesi sonucu Edremit Körfezi'nin açıldığı kanısına varmışlardır.

Karavul (1995) Güneydoğu Anadolu'nun paleomanyetizmasını incelediği çalışmasında aşağıdaki sonuçları elde etmiştir: Anatolid'ler üzerinde bulunan Yozgat ve Yıldızeli (Sivas) bölgelerinin Eosen'den günümüze kadar, saatin tersi yönünde sırasıyla 24° ve 12° döndükleri saptanmıştır. Anatolidler üzerinde bulunan Şarkışla bölgesinin Paleosen'den günümüze kadar saatin tersi yönünde 29°, Nevşehir bölgesinin ise Üst Miyosen'den günümüze kadar yine aynı yönde 19° dönmüş olduğu saptanmıştır. Torid'ler üzerinde yer alan Divriği (Sivas) bölgesi Eosen'den günümüze saatin tersi yönünde 29°, Darende-Balaban (Malatya) bölgesi ise Orta Miyosen'den günümüze kadar aynı yönde 51° dönmüştür. Torid'ler üzerinde bulunan Şarkışla-Adatepe (Sivas)

bölgesinin Pliyosen'den günümüze saatin tersi yönünde 17° döndüğü saptanmıştır. Arabistan levhası üzerinde bulunan Yavuzeli (Gaziantep) bölgesinden elde edilen paleomanyetik verilerden levhanın Üst Miyosen'den günümüze kadar saatin tersi yönünde 35° döndüğü ve yılda ortalama 4.1 cm lik bir hareket miktarı ile kuzeye doğru hareket ettiği saptanmıştır.

Tatar ve diğ. (1995), Kuzey Anadolu Fay Zonu ile ilişkili Nixsar bölgesi içinde ve yakınında paleomanyetik çalışmalarını kıtasal deformasyonu incelemişlerdir. İncelenen kaya formasyonları 1) Geç Kretase yaşlı kırmızı kireçtaşları 2) Eosen yaşlı mafik lavlar 3) Kuzey Anadolu Fay Zonu içindeki Nixsar Pull-Apart havzasından alınan Pliyosen-Kuarterner yaşlı volkanik kayalardır. Afrika ve Arap levhalarının görünür kutup dolanım eğrilerinden hesaplanan referans paleo-alan yönleri ile karşılaştırmalar bölgesel ve lokal iki ölçekte tektonik dönmelere işaret etmektedir.

Orbay ve diğ. (1997a ve b, 1998), Güney Trakya ve Kuzey Biga Yarımadası üzerinde yaptıkları paleomanyetik çalışmada, Oligosen yaşlı örneklerden saptanan küçük dönmenin, Biga ve Çanakkale Yarımadalarındaki Alt Miyosen mevkilerinde görülen saatin tersi yönündeki ortalama 38°'lik dönme etkisi ile oluştuğu ve bu etkinin giderilmesi durumunda Oligosen yaşlı örneklerin aslında saat yönünde 40°'lik dönmeyle sahip oldukları sonucuna ulaşmışlardır. Trakya'daki Üst Miyosen yaşlı kalıntı miknatıslanma doğrultularında saat ve saatin tersi yönünde görülen dönmelerin bölgedeki sıkışma ve genişleme alanlarının varlığından kaynaklandığı ifade edilmiştir. Ganos dağı ile Korudağ bölgesinde sıkışma ve genişleme alanları birbirinin tersi yönünde olduğundan oluşan kuvvet çifti, Korudağ Antiklinalinin saatin tersi yönünde dönmelerini sonuçlandırmıştır. Hisarlıdağ yükseliminde ise bunun tersi sözkonusu olduğundan bölge saat yönünde dönme göstermektedir.

Orbay ve diğ. (1997a,b) Saros Körfezi'nin açılmasına yönelik paleomanyetik kanıtlar sunmuşlardır. Orbay ve diğ. (1998) çalışmalarında, Batı Anadolu bölgesinden elde ettikleri çok daha geniş bir alandaki paleomanyetik veriler ile kıyı kesimlerinde etkisi açıkça görülen genişleme rejiminin bölgenin iç kesimlerinde nereden başladığını belirlemeye yönelik çalışmışlardır. Bu çalışmalardan elde edilen veriler ışığında Batı Anadolu'nun Balıkesir-Demirci ve Fethiye-Burdur hatları ara-

sında kalan bölgenin Karlıova benzeri bir yapıyla genişleme gösterdiği ve bu genişlemenin Üst Miyosen sonları veya Pliyosen'de geliştiği ifade edilmektedir.

Platzman ve diğ. (1998) Orta Anadolu Neojen volkanizmasına ait paleomanyetik ve jeokronolojik çalışmaları sunmuşlardır. Bu çalışmalarını sonucunda, son 10-12 My'lık periyotta bu bölgede saatin tersi yönünde dönmenin olduğunu saptamışlar ve bunun sonucu, Anadolu ile Arap levhalarının Bitlis Suture zonu boyunca çarpışmasının bir sonucu olarak yorumlamışlardır.

Gürsoy ve diğ. (1998), Karaman ve Karapınar volkanik bölgelerinden aldıkları yaşları Miyosen'den günümüze kadar olan zaman aralığını kapsayan örnekler üzerine Torid orejeni ile sınır olan deformasyonları çözmek amacıyla paleomanyetik ve kaya manyetizması çalışmaları yapmışlardır. Karaman Volkanik kompleks'in net saatin tersi yönünde 5.7±6.9°'lik bir dönme gösterdiğini, Karapınar Volkanik alanının (Brunhes epokuna ait) -23.1±12.0° dönme gösterdiğini, Karacadağ Volkanik Kompleksinin (Geç Miosen-Pliosen) ve Hasandağ altındaki Orta Miyosen lavların -8.1±5.9° ve -16.4±8.9° dönme gösterdiği sonucuna ulaşmışlardır. Bu sonuçları, dönme miktarlarının (tektonik kaçışın neden olduğu kabuksal inceleme nedeniyle) Pliyosen sonrası zamanlarda ivmelendiği şeklinde yorumlamışlardır.

Özçep (1999) Anatolide kuşağı boyunca Neojen volkanizmasının paleomanyetizmadaki izleri ve bölgenin tektonik evrimine katkılarını incelemiştir. İnceleme alanı Anatolide kuşağının (İç Batı Anadolu'nun ve Orta Anadolu'nun Afyon Bölgesi, Nevşehir Bölgesi, Hasandağ-Melendiz Dağı, Karadağ -Karacadağ-Karapınar Bölgesi) bazı kesimlerini kapsamaktadır. Afyon bölgesi volkanizmasından alınan Pliyosen yaşlı örneklerin kalıntı miknatıslanmalarının sapma açısı değerlerinin ortalama sırasıyla saatin tersi yönünde olmak üzere 20° ve 39° bulunmuştur. Aynı bölgeden alınan daha yaşlı (Miyosen)-MT lokasyonu gene saatin tersi yönünde ortalama 55°'lik bir dönme göstermektedir. Nevşehir bölgesi volkanizmasından alınan Plio-Kuverterner yaşlı örnekler, sırasıyla saatin tersi yönünde ortalama 18° ve 7° dönme gösterirken, gene aynı bölgeden alınan Üst Miyosen yaşlı Ağılı-Çakılı birimi gene saatin tersi yönünde ortalama 26°'lik bir dönme sergilemektedir. Hasan Dağı-Melendiz Dağı bölgesi volkanizmasının iki farklı lo-

kasyonundan alınan Pliyosen-Kuarterner yaşlı örneklerde, sırasıyla saatin tersi yönünde ortalama 13° ve ortalama 11° dönmeler gözlenmiştir. Karadağ Volkan sahasından alınan Pliyosen yaşlı birimlerdeki elde edilen dönme saatin tersi yönünde ortalama 6° 'dir. Karapınar yöresinde Plio-Kuarterner yaşlı çok genç volkanik oluşuklardan alınan örneklerden elde edilen değer saatin tersi yönünde ortalama 22° 'dir. Karacadağ yöresinden ($11,9$ My) alınan örnekler saatin tersi yönünde ortalama 18° lik bir dönme gösterirler. Bölge için elde edilen sapma açıları ortalamaları genel olarak değerlendirildiğinde, bu değerlerin bölge için beklenen sapma açısı ortalamalarının biraz üzerinde çıkması; değerlerin lokal tektonik olaylardan etkilendiği ve/veya bölgenin genel olarak çok genç (güncel) bir süreçte çok hızlı bir deformasyon süreci geçirdiğinin kanıtı olabilirler biçiminde yorumlanmaktadır. Bölgede elde edilen tüm Neojen yaşlı verilere bakıldığında, genel olarak, bölgede saatin tersi yönündeki dönmelerin egemen olduğu göze çarpmaktadır. Bu da Anadolu bloğunun batıya kaçışının bir göstergesi olarak yorumlanmıştır.

Orbay ve diğ. (1999, 2000); Karaburun Yarımadası ve civarının tektonik gelişimine açıklık kazandırmak amacıyla, bölgeden aldıkları kayaç örnekleri üzerine paleomanyetik çalışma yapmışlardır. Alt ve Üst Miyosen verilerinden elde edilen sonuçlara göre, Bölgenin Alt Miyosen'den günümüze kadar saat yönünde ortalama olarak $40-45^\circ$ ve Üst Miyosen'den de günümüze yaklaşık olarak saatin tersi yönünde ortalama 45° döndüğü ifade edilmiştir. Dönme miktarlarında görülen bu farklılık bölgenin Üst Miyosen'de Kuzey Anadolu Fayı'nın etkisiyle birlikte Anadolu Bloğu'nun batıya kaçışı ve Ege bölgesi N-S genişleme rejimi etkisi altında kalarak bölgenin çok aktif tektonik hareketlere maruz kalması ile açıklanmış ve bunun yanısıra, İzmir Körfezi; Karaburun Yarımadası'nın kuzeybatı yönünde bulunan NW-SE yönlü normal faylanma ile herhangi bir dönmeyle maruz kalmadan güneybatıya doğru kayması ile açılmış olabileceği ifade edilmiştir.

Ülkemizde paleomanyetizma ve kaya manyetizmasının genel olarak ilkeleri ve çeşitli uygulama örnekleri için standart kitaplar Orbay (1980), Özdoğan ve diğ. (1986) ve Sanver (1992)'ye bakılabilir.

PALEOMANYETİZMADA GÜNCEL DURUM

Paleomanyetizma kara kütlelerinden alınan kayaç örneklerinin incelenmesiyle kara kütlelerinin milyonlarca yıllık jeodinamik gelişiminin anlaşılmasına nicel bir kanıt sağlamış, diğer taraftan da özellikle Ay yüzeyinden alınan örneklerin incelenmesiyle yapısı ve evrimi konusunda önemli katkılar elde edilmiştir.

Paleomanyetik Laboratuvarlar, Oxford Üniversitesi, Caltech, Münih Üniveritesi, IPGP ve benzeri pek çokları gibi dünyanın saygın üniveristeleri ve bilim kuruluşlarının vazgeçilmez laboratuvarları haline gelmiştir. Dünya çapında 30.000'i aşkın bilim insanının üyesi bulunduğu Amerikan Jeofizik Birliği, Geomagnetism ve Paleomagnetism Section'ı ile bilimsel toplantılar düzenleyerek senede iki kez (ilkbahar ve güz) paleomanyetizma konusunda yapılan son çalışmaların sunulduğu/tartışıldığı standart bir forum haline gelmiştir. Benzer şekilde, Avrupa Jeofizik Kurumu (European Geophysical Society), Katı Yerküre Section'ı içinde Paleo-Kaya-Çevre Manyetizmaları birimini kurmuş ve bu birim her yıl yapılan Genel Kurulda paleomanyetizma, kaya manyetizması ve çevre manyetizması konusunda yapılan çalışmalarının sunulduğu/tartışıldığı ortam olmuştur. Paleomanyetizma konusunda çeşitli bilimsel çalışmalar "Journal of Geophysical Research, Geophysical Journal International, Tectonophysics, Tectonics ve benzeri gibi dergilerde kendine yer bulabilmektedir.

Dünyadaki gelişim sürecinden ülkemiz de olumlu yönde nasibini almıştır. Son yıllarda yapılan çalışmalarını proje bazlı çalışmalar, bölgesel çalışmalar ve yüksek lisans ile doktora düzeyinde yapılan çalışmalar olarak sınıflandırılabilir. Proje bazlı çalışmalar genellikle ya Üniversitelerin Araştırma Fonları ya da TÜBİTAK destekli projeler şeklinde olmuştur. TÜBİTAK içinde oluşturulan çeşitli programlar, örneğin Ulusal Deniz Jeolojisi ve Jeofiziği Programı gibi programların da paleomanyetizmanın ülkemizdeki gelişimine olumlu yönde katkıları olmuştur. Son yıllarda yapılan paleomanyetik çalışmalarda dikkati çeken önemli bir özellikte bölgesel jeodinamik evrimi açıklamaya yönelik çalışmalar olmuştur. Bu çalışmalara örnek olarak Batı Anadolu'da yapılan paleomanyetik çalışmalar verilebilir. İstanbul Üniversitesi ve İTÜ Jeofizik Mühendisliği Bölümlerinin Batı Anadolu'nun tektonik gelişimini ortaya koymak üzere ortak olarak yürüttükleri paleomanyetik projeler bu yönde çok olumlu örnekler olarak durmaktadır. Ayrıca,

Cumhuriyet Üniversitesi'nin Liverpool Üniversitesi Jeomanyetizma Laboratuvarı ile ortaklaşa yürüttükleri projeler de bir diğer önemli örnek olarak sayılabilir. Yüksek Lisans ve Doktora düzeyinde gerek İstanbul Üniversitesi'nde ve gerekse İTÜ ve Boğaziçi Üniversitesinde yapılan çalışmalarla İç Batı Anadolu, Orta Anadolu, Güneydoğu Anadolu gibi bölgelerde son yıllarda yapılan akademik düzeyde çalışmalar adı geçen bölgelelerin jeodinamik gelişiminin açıklanmasına yönelik net nicel kanıtlar sağlamıştır.

PALEOMANYETİZMA: GELECEK

Paleomanyetizma dünyada özellikle sedimentler üzerine yapılan son yıllarda gelişen çok duyarlı kalıntı mıknatıslanma ölçümleriyle yeni bir boyut kazanmıştır. Uzun bir süre sadece volkanik örneklerle mahkum olan ve sadece onların kalıntı mıknatıslanmalarını ölçebilecek teknolojiye sahip bulunan paleomanyetizma çalışanları, yakın zamanlarda sedimanlar gibi bir zamanlar ölçemedikleri çok zayıf kalıntı mıknatıslanmalara sahip materyalleri artık ölçebilecek bir teknolojiye ulaşmışlar ve gelişimin sonucu dünyada sediment manyetizması konusunda yapılan çalışmalarda yoğun bir artış gözlenmiştir. Sediment manyetizması üzerine yapılan çalışmalar yeni bir paleomanyetizma disiplinini Çevre Manyetizması'nı (Environmental Magnetism) oluşturmuştur. Bu gelişimin sonucu olarak, Çevre Manyetizması tüm bilimsel toplantıların ayrı bir oturumu olarak yerini almış ve bölgesel olarak jeolojik havza analizinden lokal olarak göl kirlenmelerine kadar çok geniş bir aralıkta uygulanmış ve ilk meyvelerini vermeye başlamıştır.

Bu son derece ileri alet teknolojisi gerektiren gelişim, Türkiye'deki Paleomanyetik Laboratuvarların ancak volkanik örnekleri ölçebilecek düzeyde olması nedeniyle, henüz Türkiye'ye yansımamıştır. Paleomanyetizmanın gelişimi Türkiye'de -dünyada da olduğu gibi- iki yönlü olacaktır: Birincisi mikro düzeyde mineral ve kayaç fizikinin anlaşılmasına yönelik olarak yapılan çalışmalardan gelebilecek katkı - ki bu yapılan bir kaç çalışma dışında ihmal edilmiş bir konudur- , ikincisi ise makro ölçekte Türkiye'nin içinde bulunduğu jeodinamik sistemin getirdiği sorunlara karşı paleomanyetizmanın getirdiği ve gelecekte getireceği katkıdır. Bu son durum da kendi içinde iki ana bölümde incelenebilir: ilki volkanik

kayaçların incelenmesi ile elde edilecek bilimsel sonuçlar, ikincisi ise teknolojik olanaksızlıklar nedeniyle bugün henüz yapılamayan sediment manyetizması çalışmalarıyla gelecek katkıdır. Sediment manyetizması ya da çok zayıf materyallerin kalıntı mıknatıslanmalarının ölçülmesi, lokal olarak çevre sorunlarından bölgesel olarak havza analizlerine kadar (örneğin bu ölçümlerle Marmara Denizi'nin oluşumunun nicel bir temele oturulması) çok geniş aralıkta bilimsel katkılar sağlayacağına kuşku yoktur.

SONUÇLAR

Paleomanyetik teknikler mekansal boyutta üç ana grup çalışmalarıya sınıflandırılabilir:

- a) Mikro (atomik) ölçekte yapılan çalışmalar
- b) Yerküre ölçeğinde yapılan çalışmalar
- c) Uzay ölçeğinde yapılan çalışmalar

Volkanik örneklerle uzun bir dönem çalışmalarını sürdüren paleomanyetikçiler, yakın zamanlarda sedimanlar gibi bir zamanlar ölçemedikleri çok zayıf kalıntı mıknatıslanmalara sahip materyalleri artık ölçebilecek bir teknolojiye ulaşmışlar ve gelişimin sonucu paleomanyetizmada yeni bir bilimsel ufuk açılmıştır.

Paleomanyetizmanın kazandığı bu yeni durum, bölgesel olarak jeolojik havza analizinden, jeodinamik evrim, lokal olarak göl kirlenmelerine vb çalışmalara çok geniş bir aralıkta uygulanabilir ve sonuçları alınabilir.

Bu ileri alet teknolojisi gerektiren gelişim, Türkiye'deki Paleomanyetik Laboratuvarların ancak volkanik örnekleri ölçebilecek düzeyde olması nedeniyle, henüz Türkiye'ye yansımamıştır.

Paleomanyetizmanın gelişimi Türkiye'de -dünyada da olduğu gibi- iki yönlü olacaktır: Birincisi mikro düzeyde mineral ve kayaç fizikinin anlaşılmasına yönelik olarak yapılan çalışmalardan gelebilecek katkı - ki bu yapılan bir kaç çalışma dışında ihmal edilmiş bir konudur- , ikincisi ise makro ölçekte Türkiye'nin içinde bulunduğu jeodinamik sistemin getirdiği sorunlara karşı paleomanyetizmanın getirdiği ve gelecekte getireceği katkıdır. Bu son durum da kendi içinde iki ana bölümde incelenebilir: ilki volkanik kayaçların incelenmesi ile elde edilecek bilimsel sonuçlar, ikincisi ise teknolojik

olanaksızlıklar nedeniyle bugün henüz yapılamayan sediment manyetizması çalışmalarıyla gelecek katkıdır.

Bu nedenle, sediment manyetizması ya da çok zayıf materyallerin kalıntı miknaslanmalarının ölçülmesi yönündeki paleomanyetik çalışmalara Türkiye bir an önce başlamalı ve bu yönde bilimsel projeler oluşturmalıdır. Bu türden çalışmalarla, örneğin ülkemizin yoğun bir deprenselliğini barındıran sedimentler bir havza olarak ta düşünülebilen Marmara Denizi'nin oluşumunun nicel bir temele oturtulması olanaklı hale gelir ve gelecekteki olası davranışlarının kestirilmesine olanak sağlayabilir. Bu çalışmalar sadece Marmara özelinde değil, bugüne kadar incelenmemiş sedimanter manyetizma çalışmaları için bakir bir alan olan Türkiye genelinde her bölgeye uygulanabilir.

KAYNAKLAR

- Aitken, M. 1958, Magnetic dating, *Archeometry*, 1, 16-20.
- Bayburdi, A. 1978, Kuzeybatı İran'ın paleomanyetizması, İ.Ü. Fen Fak., Jeofizik Böl. (Dok. Tezi), İstanbul.
- Beyhan, G. 1992, Havza ile Ladik arasında bölgenin paleomanyetizması, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Anabilim Dalı (Yük. Lisans Tezi), İstanbul.
- Boyle, R. 1691, Chymico Magnetical Experiments And Observations, In *Experimenta & Observationes Physicae*, London, Chapter 1.
- Butler, R.F. 1992, *Paleomagnetism: Magnetic Domains To Geologic Terranes* Blackwell Science Inc.
- Chevallier, R. 1925, L'aimantation des laves de l'etna et l'orienttaion de champ terrestre en Sicile de XIe Au XVIIe siÈcle, *Ann. Phys.* 4, 5-162.
- Colinson, D. W. 1983, *Methods in Paleomagnetism And Rock Magnetism*, Chapman And Hall, London, P.500.
- Colinson, D. W. Creer, K.M. and Runcorn, S.K., 1967, *Methods in Paleomagnetism*, Elsevier Pub., London.
- Colinson, D. W. and Runcorn, S.K. 1960, Polar wandering and continental drift, evidence from paleomagnetic observations in the United States, *Bull. Geol. Soc.Amer.*,71, 915-958.
- Cox, A. 1973, *Plate Tectonic And Geomagnetic Reversals*, Freeman Comp.
- Cox, A. and Doel, R.R. 1950, Review of paleomagnetism, *Geol. Soc. Amer. Bull.*71, 645-768.
- Creer, K.M. Irving, E., Nairn, A.E.M., and Runcorn, S.K.1958, Paleomagnetic results from different continents and their relation to the problem of continental drift., *Ann. Geophys.* 15, 492-501.
- David, P. 1904, Sur la stabilitÈ de la direction d'aimantation dans quelques roches volcaniques, *C.R. Acad. Sci. Paris*, 138, 41-42.
- Dellese, A. 1849, Sur le magnÈtisme polair dans les mineraux et dand le roches, *Ann., Chim. Physique*, 25, 194-209.
- Evans, I. S., Hall, A.S., Carman, M.F., Senalp, M. and Coskun, S. 1982, A paleomagnetic study of the Bilecik limenstones (Jurassic) Northwestern Anatolia, *Earth Palnet Sci. Lett.* 61, 199-208.
- Evans, I, Hall, A.S, Sarıbudak, M. and Akyol, A. 1990, Preliminary paleomagnetic results from Paleozoic rocks of İstanbul-Zonguldak region, *AGU Fall Meeting*, San Francisco, USA.
- Fisher, R.A. 1953, Dispersion on a sphere, *Proc. R. Soc.* A217, 295-205.
- Folgerhaiter, G. 1894,1895, Origina del magnetismo nelle roccie vulcaniche del Lazio Et Al. *Att. D. R. ala Accad. Lincei*, 3, 53, 117, 165. 4, 78, 203.
- Folgerhaiter, G. 1899a, Sur les variations seculaires de l'inclinason magnetique dans antiquitÈ, *J. Phys.*, 8, 5-16.
- Folgerhaiter, G. 1899b, Sur les variations seculaires de l'inclinason magnetique dans antiquitÈ, *Arcieves Scie. Phys. Naturelles*, 8, 660.
- Grabovsky, M.A. 1953, Thermoremanent magnetism of rocks, *Izv. Akad. Nauk SSSR. Ser. Geofiz.* No.3, 214-224.
- Granar, L. 1958, Magnetic measurement on Svedish varved sediments, *Arkiv. F. Geofysik*, 3, 1-40.

- Gregor, C.B., and Zijdeveld, J.D.A. 1964, The magnetism of some Permian red sandstone from North Western Turkey, *Tectonophysics*, 1, (4), 289.
- Gürsoy, H., Piper, J.D.A., Tatar, O. and Mesci, L. 1998, Palaeomagnetic study of the Karaman and Karapınar volcanic complexes, Central Turkey: Neotectonic rotation in the south-central sector of the Anatolian Block, *Tectonophysics* Vol. 299 (1-3) Pp: 191-211
- Hess, H. H. 1962, History of ocean basins, In *Petrological Studies : A Volum İn Honor Of A. F. Buddington* (Eds. Engels Et Al.), Geol. Soc. Amer., New-york Pp. 599-620.
- Hospers, J. 1951, Remanent magnetsim of rocks and the history of geomagnetic field, *Nature*, 168, 1111-1112.
- Humboldt, A.Von 1797, Über die merkwürdige magnetische plaritat einer gebirgskuppe von serpentinstein, *Greuneues J. Physik*, 4, 136-140.
- Irwing, E. 1964, *Paleomagnetism and Its Applications to Geological and Geophysical Problems*, John Willey And Sons. Inc.
- İşseven, T., Tapırdamaz, M.C., Özçep, F., Hısarlı, M., Orbay, N.ve Sanver, M. 1995, Kuzeybatı Anadolu'nun tektoniği ve paleomanyetik sonuçlar, *Nezihi Canitez Sempozyumu, İTÜ, İstanbul*.
- Johnson, E.A., Murphy, T. and Torreson, O.W. 1948, The prehistory of Earth's magnetic field, *Terr. Mag. Atmos. Elect.*, 53, 349-372.
- Karavul, C. 1995, Güneydoğu Anadolu bölgesinin paleomanyetizması, *Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*.
- Kato, Y. and Nagata, T. 1949, On the secular variation in geomagnetic declination in the historic time of Japan, *Proc. 7th Pasific Sci. Cong.* 2, 562-564.
- Khranov, A.N. and Shoplo, L.Y. 1967, Synoptic Tables of USSR Paleomagnetic Data, *Trans. E.R. Hope from Paleomagnetism*.
- Kissel, C. 1986, Apport Du Paleomagnetisme A La Comprehension De L'evolution Geodynamique Tertiaire Du Domanie Eggen De L'epire A L'anatolie Occidentale, /Le Grade De Docteur Es Sciences), A L'universite De Paris Sud Center D'orsay.
- Kissel, C. ve Poission, A. 1986, Etude paleomagnetique preliminaire des formations Neogenes du bassin D'Antalya (Taurides Occidentales, Turquie), *C.R. Acad. Sci. Paris*, 302(10), 711-716.
- Kissel, C. and Poission, A. 1987, Etude paleomagnetique preliminaire des formations Cenozoiques Bey Dağları (Taurides Occidentales, Turquie), *C.R. Acad. Sci. Paris*, 304(8), 343-348.
- Laj, C., Jamet, M., Sorel, D. and Valente, J.P. 1982, First paleomagnetic results from Mio-Pliocene series of the Hellenic sedimentary arc, *Tectonophysics*, 86, Pp: 45-67.
- Lauer, J. P. 1984, Geodynamic evolution of Turkey and Cyprus based on paleomagnetic data, *The Geological Evolution Of The Eastern Mediterranean*, Eds: Dixon, J.E. And Robertson, Spec. Publ. Geol. Soc., London, A.H.F., 17, P:483.
- Mason, R.G. 1958, A magnetic survey of the west coast of the United States between latitudes 32 and 36 N and longitude 121 and 128 W, *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, 1, 320-329.
- McElhinny, N.W. 1973, *Paleomagnetism and Plate Tectonics*, Cambridge Univ. Press.
- McNish, A.E. and Johnson, E.A. 1938, Magnetization of unmetamorphozed varves and marine sediments, *J. Terr. Mag.*, 43, 401-407.
- Melloni, M. 1853, Du magnétisme des roches, *C.R. Acad. Sci. Paris*, 37, 966-968.
- Menard, H.W. 1959, Geology of the Pasific sea floor, *Experimentia*, 15, 205-213.
- Menard, H.W. and Vacquier, V. 1958, Magnetic survey of the deep sea floor of the coast of California, *Office Naval Research, Research Rev.*, 1-8.
- Mercanton, P.L. 1918, Etat magnetique de quelques tres cuites prÈ-historiques, *C.R. Acad.Sci. Paris*, 166, 681.
- Mercanton, P.L., 1926, Inversion de l'inclinaison magnetique terrestre aux ages geologiques, *Ter. Magn. Atmos. Elect.*, 31, 187-190.

- Mercanton, P.L. 1931, Inversion inclination magnétique aux ages géologiques, C.R. Acad.Sci. Paris, 192, 978.
- Morris, A., and Tarling, D.H. 1996, Paleomagnetism and tectonics of the Mediterranean region, Geological Society Special Pub., No: 105, London.
- Nagata, T. 1953, Rock Magnetism, Maruzan, Tokyo, P.225.
- Nagata, T. 1961, Rock Magnetism, 2nd Edition, Maruzan, Tokyo, P.350.
- Nakamura, S. and Kikuchi, S. 1912, Remanent magnetism of volcanic rocks, Proc. Tokyo Math. Phys. Soc., 6, 268-275.
- Neel, L. 1948, Propriétés magnétiques de ferrites, ferrimagnétisme et antiferromagnétisme, Ann. Physiques, 3, 137-198.
- Neel, L. 1952a, Théorie du trainage magnétiques de diffusion, J. Phys. Radium, 12, 249-264.
- Neel, L. 1952b, Antiferromagnetism and ferrimagnetism, Proc. Phys.Soc. A65, 869-885.
- Oliver, J. 1996, Shocks and rocks: Seismology in the plate tectonics revolution: The story of the earthquakes and the great Earth science revolution of the 1960's, History of Geophysics Vol. 6, American Geophysical Union, USA.
- Orbay, N. 1975, Alternatif alan temizleme sistemi, Jeofizik, C.IV, Sayı: 3, Türk Jeofizik Derneği, Ankara.
- Orbay, N. 1976, Kuzey Anadolu Fayının paleomanyetizması, İ.Ü. Fen Fakültesi Jeofizik Böl. (Dok. Tezi), İstanbul.
- Orbay, N., and Bayburdi, A. 1979, Paleomagnetism of dikes and tuffs from the Mesudiye region and rotation of Turkey, Geophy. J. R. Astr. Soc., 59, 437-444.
- Orbay, N. 1980, Kayaçların Miknatıslanma Özellikleri, İ.Ü. Yer Bilimleri Fakültesi Yay., İstanbul.
- Orbay, N. ve Baydemir, N. 1987, Hasaңcelebi Yöresi Üst Kretase volkaniklerinin paleomanyetizması, Jeofizik, C.1, Sayı: 2, 167-175, Ankara.
- Orbay, N. 1987, Türkiye ve İran'ın Kretase ve Eosen paleomanyetik verilerinin değerlendirilmesi, Jeofizik, C.1, Sayı: 2, 160-166, Ankara.
- Orbay, N., Düzigit, Z., Gündođdu, O., Hisarlı, M. ve Özçep, F. 1993a, Batı Anadolu'nun Paleomanyetizması ve Tektonik Evrimi, TÜBİTAK Projesi. Proje No: YBAG-0017.
- Orbay, N., Düzigit, Z., Gündođdu, O., Hisarlı, M. ve Özçep, F. (1993b): Batı Anadolu'nun tektonik yapısına paleomanyetik yaklaşım, Jeofizik Mühendisleri Odası, Türkiye 13. Jeofizik Kurultayı, Ankara.
- Orbay, N., Sanver, M., Tapırdamaz, C., Hisarlı, M. ve Özçep, F. 1995, Batı Anadolu'nun Mikro-bloklarının Paleomanyetizması ve Genç Tektonik Evrimi, TÜBİTAK Projesi (YBAG-127).
- Orbay, N., Özçep, F., Hisarlı, M., Sanver, M., Tapırdamaz, C. and İşseven, T. 1997a, Paleomagnetic evidence on opening of Gulf of Saros, NW Turkey, "European Geophysical Society General Assembly Vienna 1997, Annales Geophysicae, Supplement to Vol.15, Pp. C109, Part I, Society Sempesia, Solid Earth Geophysics and Natural Hazards.
- Orbay, N., Özçep, F., Hisarlı, M., Sanver, M., Tapırdamaz, C. and İşseven, T. 1997b, Geodynamic evolution of Southern Thrace and Northern Biga Peninsula (NW Turkey) by means paleomagnetic data, IASPEI 97, Abstracts of 29th General Assembly of International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior, P.24, in Thsaloniki, Greece.
- Orbay, N., Sanver, M., İşseven, T., Özçep, F. ve Hisarlı, M. 1998, Batı Anadolu genişleme merkezinin paleomanyetik göstergesi, Türkiye Deniz Araştırmaları: Deniz Jeolojisi, N. Görür (koordinatör), Workshop-IV, Vefa, İstanbul.
- Orbay, N., Sanver, M., Hisarlı, M., İşseven, T. ve Özçep, F. 1999, Karaburun Yarımadası (İzmir) ve civarı paleomanyetizması, İ.Ü.Araştırma Fonu Projesi. Proje No:1010/250897.
- Orbay, N., Sanver, M., Hisarlı, M., İşseven, T. ve Özçep, F. 2000, Karaburun Yarımadasının paleomanyetizması ve tektonik evrimi, Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu, BADSEM 2000, İzmir.

- Özçep, F. 1999, Anatolid kuşağı boyunca Neojen volkanizmasının paleomanyetizmadaki izleri ve bölgenin tektonik evrimine katkıları, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı (Doktora Tezi), İstanbul.
- Özdoğan, İ., Işıkara, A. M., Orbay, N. ve Düzgüt, Z. 1986, Arz Manyetizması: İlkeler ve Uygulamalar, İ.Ü. Müh. Fak. Yay.
- Platzman, E. S., Tapırdamaz, C. and Sanver, M. 1998, Neogene anticlockwise rotation of Central Anatolia (Turkey): Preliminary palaeomagnetic and geochronological results, *Tectonophysics* Vol. 299 (1-3) Pp. 175-189.
- Runcorn, S. K. 1956a, Paleomagnetic comparisons between Europe and North America, *Proc. Canad. Assoc. Geol.*, 8, 77-85.
- Runcorn, S. K. 1956b, Paleomagnetism. Polar wandering and continental drift, *Geol. En Mijnb.* 18, 253-256.
- Rusnak, G. A. 1957, Orientation of sand grains under conditions of "unidirectional" flow, I. Theory And Experiments, *J. Geol.*, 65, 384-409.
- Sanver, M. 1968, A paleomagnetic study of Quarternary volcanic rocks from Turkey, *Phys. Earth Planet. Interiors*, 1, 403-421.
- Sanver, M., ve Ponat, E. 1980, Paleomagnetism of the Magmatic Rocks in Kırşehir and Surrounding Area, Kandilli Observatory Paleomagnetism Dept., İstanbul.
- Sanver, M., ve Ponat, E. 1981, Kırşehir ve dolaylarına ilişkin paleomanyetik bulgular- Kırşehir Masifinin rotasyonu, İ.Ü. Yer Bilimleri, C.2., Sayı: 3-4, Sayfa: 231, İstanbul.
- Sanver, M. 1992, Paleomanyetizma, İTÜ Maden Fak. Yayınları.
- Sarıbudak, M., Sanver, M. ve Ponat, E., 1986, Batı Pontidlerdeki Triyas, Kretase ve Eosen yaşlı kayaçların paleomanyetik sonuçları, Türkiye 1. Jeotravers Projesi, İTÜ, İstanbul.
- Sarıbudak, M., Sanver, M. ve Ponat, E. 1988, Pontidlerin bloklu yapısının paleomanyetik verilerle saptanması, Türkiye Jeofizik Kurultayı, Ankara.
- Sarıbudak, M., Sanver, M., Görür, N. ve Şengör, A.M.C. 1988, On a possible 180 rotation of the Almacık Flack, Bolu and Adapazarı provinces, Northwestern Turkey: Nato Advaned Research Workshop, Paleomagnetic Rotations and Continental Deformation, Lotro Edipsos, Greece.
- Sarıbudak, M. 1989, New results and a paleomagnetic overview of the Pontids in Northern Turkey, EUG Meeting, 5, Strassbour, France.
- Sarıbudak, M. 1989a, Karadeniz; Üst Kretrase'de açılmış bir ada yayı arkası havzası mı? Yoksa Erken Mezozoik okyanusunun bir kalıntısı mı? Paleomanyetik bir yaklaşım, Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara.
- Sarıbudak, M. 1989b, Did the Black Sea as a result of back arc rifting or was it remnant of Early Mesozoic Thetys?, 1st Hellenic Geophysical Congress, Athens, Greece.
- Sarıbudak, M. 1989c, A paleomagnetic approach to the origine of the Black Sea, *Geophy. J. Int.*, 99, 247-251.
- Sarıbudak, M., Sanver, M. And Ponat, E. 1989, Location of the Western Pontides, NW Turkey, during Triassic time: Preliminary paleomagnetic results, *Geophy. J. Int.*, 96, 43-50.
- Sarıbudak, M. 1989, New results and a paleomagnetic overview of the Pontides in Northern Turkey, *Geophy. J. Int.*, 99, 521-531.
- Stacey, F. D. 1963, Physical theory of rock magnetism, *Adv. Phys.*, 12, 46-133.
- Strangway, D.W. 1970, The History of Earth Magnetic Field, McGraw-Hill Book. Com., London.
- Tarling, H.D. 1971, Principles and Applications of Paleomagnetism; Chapman And Hall, London, P.164.
- Tarling, H.D. 1983, Paleomagnetism-Principles and Applications in Geology, Geophysics, And Archeology, Chapman And Hall, London.
- Tatar, O., Piper, D.A., Park, R.G. and Gürsoy, H. 1995, Palaeomagnetic study of block rotations in the Niksar overlap region of the North Anatolian Fault Zone, Central Turkey, *Tectonophysics* Vol. 244 (4)

Pp. 251-266.

Theilier, E. 1936, Détermination de la direction de l'aimandation permanente des roches, C.R. Acad. Sci. Paris, 203, 743-744.

Theilier, E. 1937a, Sur la disparition de l'aimandation permanente des terres cuites, par réchauffement en champ magnétiques nul, C.R. Acad. Sci. Paris, 205, 334-336.

Theilier, E. 1937b, Aimandation permanente des terres cuites, C.R. Acad. Sci. Paris, 204, 184-186.

Theilier, E. 1938a, Sur l'aimandation des terres cuites et ses applications géophysiques, Phd. Thesis, Paris

Theilier, E. 1938b, Sur l'aimandation des terres cuites et ses applications géophysiques, Ann. Inst. Phys. Globe, 16, 157-302.

Tonger, S. 1978, Galatya volkanik masifinin paleomanyetizması, İ.Ü. Fen Fakültesi Jeofizik Böl. (Dok. Tezi), İstanbul.

Van Der Voo, F. 1968, Paleomagnetism and Alpin tectonics of Euroasia, Part 4, Jurassic, Cretaceous and Eocene pole positions from NE Turkey, Tectonophysics, 6, (3), 251.

Vine, F. I. and Matthews, D.H. 1963, Magnetic anomalies over oceanic ridges, Nature, 199, 947-949.