

BATI ANADOLU'NUN PALEOMANYETİZMASI VE JEODİNAMİK GELİŞİMİ^(*)

Paleomagnetism of Western Anatolia and Geodynamic Evolution

N. ORBAY¹, M. SANVER², F.ÖZÇEP¹, T.İŞSEVEN²,
M. HİSARLI¹ ve C. TAPIRDAMAZ³

ÖZET

Bu çalışmada, Batı Anadolu'da genişleme rejimi etkisi ile açıldığı düşünülen körfezlerin ve genişleme rejimi etkilerinin paleomanyetik olarak kanıtlarını bulmak amaçlanmıştır. Bu amaçla Saroz körfezi, Gökçeada, Bozcaada ve Dikili-Bergama yörelerinden yönlü kayaç örnekleri alınmıştır. Ayrıca, Batı Anadolu'nun iç kesimlerinde Ege bölgesi genişleme rejiminin etkilerini paleomanyetik verilerle belirlemek amacıyla Balıkesir, Gediz, Kula ve civarlarında Kuaterner-Alt Miyosen yaşlı kayaç örnekleri alınmıştır. Çalışmada daha önce yapılmış paleomanyetik verilerden de yararlanılmıştır. Kalıntı mıknatıslanma doğrultuları arasındaki farklılığın Çandarlı Körfezinin açılması ile ilişkili olabileceği söylenebilir. Yunanistan ve Anadolu levhalarının Üst Miyosen'e kadar tek bir levha olarak birlikte hareket ederek saat yönünde dönmeye maruz kaldıkları gözönünde tutularak Saroz ve Çandarlı Körfezlerinin açılma öncesi paleocoğrafik konumları belirlenmiştir.

ABSTRACT

In this study, our aim is to determine the paleomagnetic evidence of opening of Gulfs in the coast of Aegean Sea, such as Candarli and Saros which it is considered to be opened by the effect of the Western Anatolian Extension regime. For this aim, it was collected oriented rock samples from Gökçeada, Bozcaada and Dikili-Bergama region. The second aim of this project is to point out the effect of the extension regime of the inner part of the Western Anatolia by using of paleomagnetic data. Previously obtained paleomagnetic results are also used together with the new results. Differences between remanent magnetization directions may be related to the opening of Candarli Gulf. Until to Miocene, Greek and Anatolian Plates act or behave as a single plate and show clockwise rotations. Pre-opening paleogeographic positions of Saros and Candarli Gulfs was modelled. The remanent magnetization directions obtained from western and eastern parts of

1. İstanbul Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Avcılar, 34850, İstanbul
E Mail: ferozcep@istanbul.edu.tr; norbay@istanbul.edu.tr
2. İstanbul Teknik Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Maslak, İstanbul
3. TÜBİTAK MAM Yer Bilimleri Enstitüsü.
(*) Ulusal Jeofizik 2000 Ankara Toplantısında sunulmuştur.

İç kesimlerde elde edilen kalıntı mıknatıslanma doğrultuları incelendiğinde, bunların Balıkesir-Demirci hattının batısında kalanların saatin tersi ve doğusunda kalanların da saat yönünde dönme gösterdiği görülür. Bölgede, Balıkesir-Demirci hatları arasında kalan bölgenin saatin tersi yönünde dönme göstermesi, bölgenin Karlıova benzeri bir yapı gibi genişleyerek döndüğünün kanıtı olarak görülmektedir.

the Balıkesir-Demirci line are exhibit counter-clockwise and clockwise rotations, respectively. The counter-clockwise rotation of the Western Anatolia which is situated between Balıkesir-Demirci and Fethiye-Burdur lines could be explained by extension and rotation events like the Karlıova structure.

GİRİŞ

Jeofizikçiler yerkürenin yalnız zamanımızdaki fizik özelliklerini ve iç yapısını değil, jeolojik devirler boyunca evrimini de inceler. Günümüzde bir çok fiziksel parametre büyük bir duyarlılıkla ölçülebilmektedir. Bu parametrelerin en önemlileri yerçekiminin doğurduğu ivme, ısı akısı, elastik dalga hızları ve yer manyetik alanıdır. Sözü edilen bu parametrelerden sadece birini, yermanyetik alanının geçmişteki durumunu saptayabilmekteyiz. Bu özellikten yararlanılarak yapılan paleomanyetik çalışmalarla kara kütlelerinin jeolojik devirlerdeki konumlarını belirlemek olanaklı olmaktadır.

Afrika-Avrasya levhalarının çarpışmasının son aşamasında Apula-Anadolu mikro levhaları da Avrasya'ya kenetlenmiş ve Akdeniz'in jeodinamik gelişimi başlamıştır (Biju-Duval ve diğ. 1977, Channell ve diğ. 1979, Şengör ve Yılmaz 1981, Vergely 1984). Bu iki levhanın Mezozoyik bağlı hareketi Atlantik ve Hint Okyanuslarından elde edilen manyetik anomalilerden saptanmıştır (Patriat ve diğ. 1982; Olivet ve diğ. 1982). Bu anomalilerin değerlendirilmesi, Ege bölgesinin Tersiyer'deki tektonik gelişimini, bölgede

şiddetli deformasyonların olmasından dolayı tam olarak yansıtamaz. Ege bölgesinde, Oligosen-Miyosen zaman aralığında İyon-Likya yayının varlığı jeolojik çalışmalarla (Mercier ve diğ. 1979) belirlenmiştir. Ayrıca, bölgede Eosen-Orta Miyosen aralığında büyük bir sıkışma, daha sonrada genişleme rejimlerinin hüküm sürdüğü (Şengör ve diğ. 1984) ileri sürülmüştür. Genişleme rejimi sonunda bölgede genellikle doğu-batı gidişli graben sistemleri oluşmuş ve grabenler normal faylarla sınırlandırılmıştır. Fay düzlemi çözümlerinin ilk hareketin doğu-batı doğrultulu normal faylanma olduğu göstermiştir (McKenzie 1972 ve 1977, Alptekin 1973).

Ege Bölgesi için ortaya konan modeller temel olarak sismik ve tektonik verilere dayanmaktadır. Oysa levhaların jeolojik devirlerdeki coğrafik konumları ve dönme hareketleri bu tür çalışmalarla saptanamaz. Bu amaçlar için en uygun yöntem paleomanyetizma olarak görülmektedir.

Ege Bölgesinde, kuzey batı Yunanistan'da (Horner ve Freeman 1983, Kissel ve diğ. 1985 ve 1986) ve Batı Anadolu'da Karaburun Yarımadasından Biga Yarımadasına kadar olan bölgenin kıyı kesimlerinde ve Bey dağları civarında Lauer (1984), Kondopoulou ve

Lauer (1984), Kissel ve diğ. (1986), tarafından paleomanyetik çalışmalar yapılmıştır. Sonuçta kuzeybatı Yunanistan'ın saat yönünde 45°, Batı Anadolu'nun İzmir-Bergama bölgesinde Karaburun mevkiilerinin aksine saatin tersi yönünde 30° civarında bir dönmenin varolduğu ileri sürülmüştür.

Bu çalışmanın amacı Batı Anadolu'dan paleomanyetik çalışmalar sonunda Saroz, Edremit ve Çandarlı körfezlerinin açılımları ile ilgili modelleri ortaya koymaktır. Ayrıca, Batı Anadolu bölgesinin daha geniş bir alan üzerinde paleomanyetik verilerini elde etmek ve kıyı kesimlerinde yapılmış olan paleomanyetik çalışmalarla etkisi açıkça görülmüş olan genişleme rejiminin bölgenin iç kesimlerinde nereden başladığını belirlemeye yöneliktir.

BATI ANADOLU'NUN TEKTONİK GELİŞİMİ

Türkiye'nin tüm cephelerinde sıkışma rejiminin başlangıcı Şengör ve Yılmaz (1981) tarafından Geç Kretase olarak belirlenmiştir. Geç Eosen ve Erken Miyosen aralığında kuzey-güney yakınlaşması devam etmiş ve Anatolid'lerin batı kesimi göreceli olarak yükselmiştir. Sıkışmanın devam etmesi ile artan kıtasal materyel alta dalmış ve bu Menderes Masifinin yükselmesini kolaylaştırarak yeniden ısınmasına neden olmuştur. Menderes Masifinin 15 my civarında başlayan yükselmesi Batı Anadolu'nun Tortoniyen'de (10.5 my) başlayan genişleme rejimine kadar devam etmiştir. Menderes Masifinin yükselmesi ile eş zamanlı olarak Likya-Toros'da güney doğrultulu sürüklenme, batı Pontid'lerde ve Sakarya kıtasında kuzey doğrultulu

rötroşaryaj devam etmiştir (Şengör ve Yılmaz 1981, Yılmaz 1981). Sıkışmanın artması sonucu olarak, Batı Türkiye'de yapı taşınma doğrultusunda adım adım daha genç olan karmaşık nap sistemlerinin etkisi altına girmiştir.

Erken Miyosen, Likya naplarının son yerleşme zamanıdır. 100 km'lik Miyosen sürüklenmeleri ilk kabuk bindirmesinin en son adımını göstermektedir (Gutnic ve diğ. 1979). Eosen sonrası kuzey-güney kıta içi daralmanın sonucu olarak aşırı kalınlaşmış kabuğun ortalama kalınlığının 60 km üzerinde olabileceği Şengör ve diğ. (1984) tarafından ileri sürülmüştür.

Arabistan ve Anadolu levhalarının çarpışması sonucu olarak Ege bölgesi genişleme rejimi, Doğu Anadolu'dan tetiklenmiş ve birbirini takip eden jeolojik olayların sonucu olarak Orta Miyosen'de başlamıştır (Şengör ve Yılmaz 1981). Doğu Anadolu'daki tetikleme olayı, sıkışma sonucu oluşan kuzey ve doğu Anadolu transform faylarının arasında kalan Anadolu levhasının sıkışmayı rahatlatmak için batıya kaçıışı ile başlamıştır. Dewey ve Şengör (1979) ve Şengör (1980)'e göre, Yunan yırtılma zonunun şekline uygun Kuzey Anadolu Fay Zonunun güneybatıya doğru bükülmesi batı Anadolu'da doğu-batı sıkışmasını başlatmıştır. Bu sıkışma Totoniyen'den buyana bölgedeki kuzey-güney genişleme ile rahatlamaya başlamıştır. Dewey ve Şengör (1979) Ege bölgesindeki genişlemeyi bu şekilde açıklarken McKenzie (1978) de güney Ege arkasında yay gerisi genişlemeyi ileri sürmüştür.

Batı Anadolu'nun günümüzdeki kabuk kalınlığı 30-40 km civarında hesaplanmıştır (Şengör 1982, Le Pichon ve Angelier 1981). Bu gözönüne alındığında,

genişlemenin başlangıcından beri genişleme miktarının 50% dolayında olduğu söylenebilir. Genişleme rejimi altında Batı Anadolu'da, kuzeydoğu ve Orta Ege'de yaklaşık doğu-batı gidişli graben sistemleri gelişmiştir. Sözü edilen grabenler doğuda birbirine daha yakındır ve Euboea'nın doğu kenarından Rodos'a bir hat boyunca batıya doğru son bulur (Arpat ve Bingöl 1969, Ketin 1970). Grabenler aktif normal faylarla sınırlanmıştır (Zeschke 1954, Arpat ve Şaroğlu 1975, McKenzie 1977). Fay çözümleri ilk hareketin doğu-batı doğrultulu normal faylanma ve küçük sağ yönlü kayma olduğunu ortaya koymuştur (McKenzie 1972, Alptekin 1973).

Batı Anadolu'da horst-graben sistemi, genişleme rejiminin başlaması ile kalınlaşmış ve alt seviyeleri kısmen ergimiş olan kabuğun gerilmeye başlaması sonucu oluşmuştur (Yılmaz, 1990). Söz konusu sistemler NW-SE ve NE-SW doğrultularında gelişen doğrultu atımlı ve listrik faylarla birçok küçük bloğa bölünmüştür.

PALEOMAĞNETİK ÇALIŞMALAR

Laboratuar çalışmalarına tüm örneklerin doğal kalıntı mıknatıslanmalarının (DKM) ölçülmesiyle başlanmış ve daha sonra her mevkiyi temsil edecek şekilde bir adet pilot örneği seçilmiştir.

Bilindiği gibi, kayalar oluştukları andaki yermanyetik alanının etkisi ile mıknatıslanma kazanmaktadırlar ve mıknatıslanmanın yönü de o andaki yermanyetik alanının yönünde olmaktadır. Paleomanyetik çalışmalarda amaç bu mıknatıslanma

yönünü saptamaktır. Ancak, geçen çok uzun zaman içinde yermanyetik alanının çeşitli değişimleri yanısıra fiziksel ve kimyasal koşullarında değişmesinden dolayı kayaların ikincil mıknatıslanma kazanabildikleri de bilinmektedir. İstenmeyen bu ikincil mıknatıslanmaların kayaç örneği üzerindeki etkilerinin yok edilmesi gerekir. Bu amaçla, seçilen herbir pilot örneğe alternatif manyetik alan veya ısı alan uygulanarak gerçek mıknatıslanma doğrultusunun belirlenmesine çalışılır. Laboratuarda seçilen pilot örnekler üzerine yüksek veya düşük mıknatıslanma şiddetlerine göre sırasıyla 50,75,100,.....,600,... (Oe veya C°) ve 10,20,30,40,.....,250,... (Oe veya C°) temizleme aralıkları uygulanmıştır. Temizleme işleminin uygulanmasından sonra pilot örneklerinin ölçülen kalıntı mıknatıslanma doğrultuları Wulf stereografik ve Zijderveld projeksiyonlarında verilmiştir. Her aşamadaki kalıntı mıknatıslanma şiddet değerlerinin doğal kalıntı mıknatıslanma şiddet değerine bölümü ile normalize edilerek grafiklenmiş ve bu verilerden pilot örneklerin ikincil mıknatıslanmalarının giderileceği temizleme aralıkları saptanmıştır.

Tüm mevkiilerin birincil mıknatıslanma doğrultuları belirlendikten sonra mevki ortalamalarının elde edilmesi için verilere Fisher istatistik yöntemi uygulanarak mevkiilerin ortalama sapma (D) ve eğim (I) açıları, güvenlik çemberlerinin yarıçapları (α_{95}) ve k duyarlılık parametreleri saptanmış ve daha önce bölgede çalışan araştırmacıların verileriyle Çizelge 1, 2, 3, 4'de verilmiştir.

Çizelge 1. Saros Körfezi, Biga Yarımadası ve Dikili-Bergama Yöresi örneklerinin temizleme öncesi ve sonrası kalıntı mıknatıslanma doğrultuları ve istatistik parametreleri

Table 1. Remanant magnetism directions and statistical parameters of the samples taken from Saros bay Biga peninsula and Dikili-Bergama region. (Before and after cleaning treatment)

				Doğal Kalıntı Mıknatıslanma			Temizleme Sonrası Kalıntı Mıknatıslanma			
Örnek No	Cins	Yaş	Örnek Sayısı	D	I	α_{d}	D	I	α_{d}	K
BOZ1	Latit	Üst Miyosen	11	312.0	48.0	20.1	321.0	54.0	8.3	39.0
BOZ2	Latit	Alt Miyosen	9	62.0	41.0	52.6	29.0	66.0	20.8	11.3
DIK1	Andezit	Alt Miyosen	6	209.0	-47.0	8.4	207.0 (27)	-49.0	7.7	76.5
DIK2	Andezit	Alt Miyosen	8	216.0	-40.0	21.2	203.0 (23)	-25.0	9.9	46.5
Ortalama							205.0 (25)	-37.0	9.2	
EGT1		Üst Miyosen	10	286.0	35.0	5.1	283.0	33.0	5.3	84.8
GÖK1	Andezit	Miyosen	11	140.0	-33.0	6.0	139. (319)	-37.0	4.8	92.4
GÖK2	Andezit	Oligosen	10	16.0	67.0	11.6	5.0	73.0	11.4	21.4
? LAP1		Eo-Oli		128.0	-65.0		199.0 (19)	-63.0		
MM1		O. Miyosen	11	7.0	36.0	12.9	350.0	49.0	4.0	149.9
MRF1	Andezit	Alt Miyosen	8	256.0	-39.0	9.5	243.0 (63)	-40.0	4.0	149.9
MFR2	Andezit	Alt Miyosen	9	193.0	-30.0	27.3	207.0 (27)	-53.0	6.1	83.0
Ortalama							225.0 (45)	-47.0	5.0	
PT1	Dasit	O.Ü.Miyosen	10	357.0	-42.0	48.5	339.0	21.0	16.3	17.9
PT2	Dasit	O.Ü.Miyosen	12	348.0	12.0	25.9	349.0	8.0	6.3	79.4
Ortalama							344.0	14.5	11.3	
SAR1	B. Andezit	Oligosen	9	183.0	4.0	180.0	200.0 (20)	-36.0	11.4	24.7
SAR2	Andezit	Oligosen	9	4.0	18.0	49.0	231.0 (51)	-70.0	15.0	17.3
SMN1	Andezit	O.Miyosen	9	338.0	4.0	35.4	357.0	31.0	13.0	22.6
SMN2	Andezit	O.Oligosen	6	22.0	28.0	20.3	358.0	47.0	16.9	21.5
Ortalama							357.5	39.0	15.0	

Çizelge 2. Trakya, Biga Yarımadası ve Dikili-Bergama Yöresinden daha önceki çalışmalardan elde edilen kalıntı mıknatıslanma doğrultuları.

Table 2. Remanant magnetism directions obtained previous Studies in Thrace, Biga peninsula and Dikili-Bergama region.

Örnek No	Yaş	D	I	a_{95}	Kaynak
BR	O-Ü.Miyosen	349.4	68.5	6.4	Orbay ve diğ., 1993
BY	Alt Miyosen	336.4	54.6	4.9	" "
ÇA	Üst Miyosen	351.1	74.1	3.9	" "
DL	Orta Miyosen	349.3	63.4	7.7	" "
DT	Orta Miyosen	352.1	41.6	13.5	" "
FO	Alt Miyosen	30.5	54.2	11.4	" "
IZ22	Orta Miyosen	10.0	48.0	2.4	Kissel, 1986
IZ44	Orta Miyosen	342.0	71.4	1.6	" "
IZ45	Orta Miyosen	344.0	4.0	4.3	" "
OV	Üst Miyosen	339.1	63.6	16.6	Orbay ve diğ., 1993
BA5	Üst Miyosen	343.0	58.0	4.7	Orbay ve diğ., 1995
BA7	Orta Miyosen	31.0	53.0	13.6	" "
BA6	Üst Miyosen	337.0	67.0	6.9	" "
BA4	Alt Miyosen	214.0	-64.0	9.1	" "
BA16	Oligosen	152.0	-51.0	7.3	" "
BA17	Oligosen	138.0	-45.0	6.5	" "
B2	Üst Miyosen	131.0	-62.0	6.3	" "
B4	Alt Miyosen	42.0	53.0	9.1	" "
B10	Üst Miyosen	331.0	50.0	3.6	" "
IZ53	Alt Miyosen	209.4	-18.0	23.7	Kissel, 1986
IZ50	Alt Miyosen	194.0	-65.0	10.0	" "
TR10	Oligosen	5.0	46.0	7.8	Tapırdamaz ve Yaltırak, 1995
TR11	Oligosen	3.0	33.0	3.7	" "
TR19	Oligosen	194.0	-42.0	3.6	" "
TR21	Miyosen	116.0	-39.0	6.6	" "
TR20	Pliosen	179.0	-50.0	6.1	" "
TR13	Üst Miyosen	356.0	69.0	7.2	" "

Çizelge 3. Batı Anadolu'nun iç kesimlerine ait örneklerin temizleme öncesi ve sonrasında kalıntı mıknatıslanma doğrultuları ve istatistik parametreleri.

Table 3. Remanent magnetism directions and statistical parameters of the samples taken from inner areas of the Western Anatolia (Before and after cleaning treatment).

Mevki Adı	Yaş	Kayaç Cinsi	N	D	I	α_{95}	k	D	I	α_{95}	k
KULA1	200.000	Bazalt	4	357	65	12.2	57.7	352	60	9.3	53.0
KULA2	200.000	Bazalt	5	349	17	67.9	2.2	354	38	11.0	70.2
KULA4	300.000	Bazalt	8	348	62	6.1	84.3	350	54	7.0	75.7
KULA5	300.000	Bazalt	8	360	55	6.3	78.3	3	52	5.9	104.0
DER	Üst Pliyosen	Bazalt	10	228	-21	24.2	4.9	225 (45)	-21 (21)	5.6	99.9
ILI	Üst Pliyosen	Bazalt	11	200	-57	5.5	70.7	199	-60	5.1	81.3
NAS3	Üst Pliyosen	Bazalt	9	11	9	6.1	20.6	25	35	8.5	37.3
BOY	Alt-Orta Pliyosen	Andezitik Tüf	10	31	70	3.2	229.2	33	70	3.2	226.2
GOR	" "	"	9	131	-52	4.8	118.1	136 (316)	-52 (52)	3.9	179.2
KAB	" "	Bazalt	7	189	-30	35.1	3.9	177 (357)	-34 (34)	10.6	41.1
BAS1	Üst Miyosen	Bazalt	10	109	-65	7.7	40.4	121 (301)	-66 (66)	5.1	89.8
ORN	" "	Andezit	12	65	22	17.5	7.1	48	22	10.9	26.6
SAP	" "	Bazalt	9	60	59	4.2	153.7	64	60	4.7	119.5
SAP1	" "	Bazalt	9	354	61	6.1	73.0	348	56	5.8	91.5
SIN	" "	Andezit	8	219	-31	5.0	122.4	218 (38)	-31 (31)	5.0	122.5
ALC	Orta Miyosen	Andezit	9	316	-79	11.9	19.7	276	80	6.5	87.3
HOT	" "	Andezit	9	18	36	9.1	33.0	21	36	8.6	42.5
KAY	" "	Traki andezit	11	333	64	8.4	30.2	332	63	8.9	27.3
KUT	" "	Andezit	8	16	21	16.2	12.7	8	12	3.5	34.8
MND	" "	Bazalt	8	322	83	8.0	49.3	278	85	8.3	45.5
ÇDK1	Alt Miyosen	Andezit	8	174	11	78.4	1.5	8	12	3.5	34.8
ISK	" "	Andezitik Tüf	7	19	56	9.1	45.2	18	58	10.1	37.0
KRK	" "	Andezit	11	349	34	14.8	10.5	348	6	1.3	81.3
BLK1	Miyosen	Dasit	10	104	-60	4.6	113.5	109 (289)	-64 (64)	3.8	159.9
BLK3	"	Dasit	9	254	-25	13.6	15.4	154 (334)	-50 (50)	8.4	34.3
BLK4	"	Andezit	10	173	2	9.3	28.2	175 (355)	-10 (10)	5.6	75.8
BLK5	"	Andezit	9	154	-48	4.9	109.6	154 (334)	-49 (49)	4.2	134.8

Çizelge 4. Batı Anadolu iç kesimlerine ait daha önceki çalışmalardan elde edilmiş olan kalıntı mıknatıslanma doğrultuları ve istatistik parametreler.

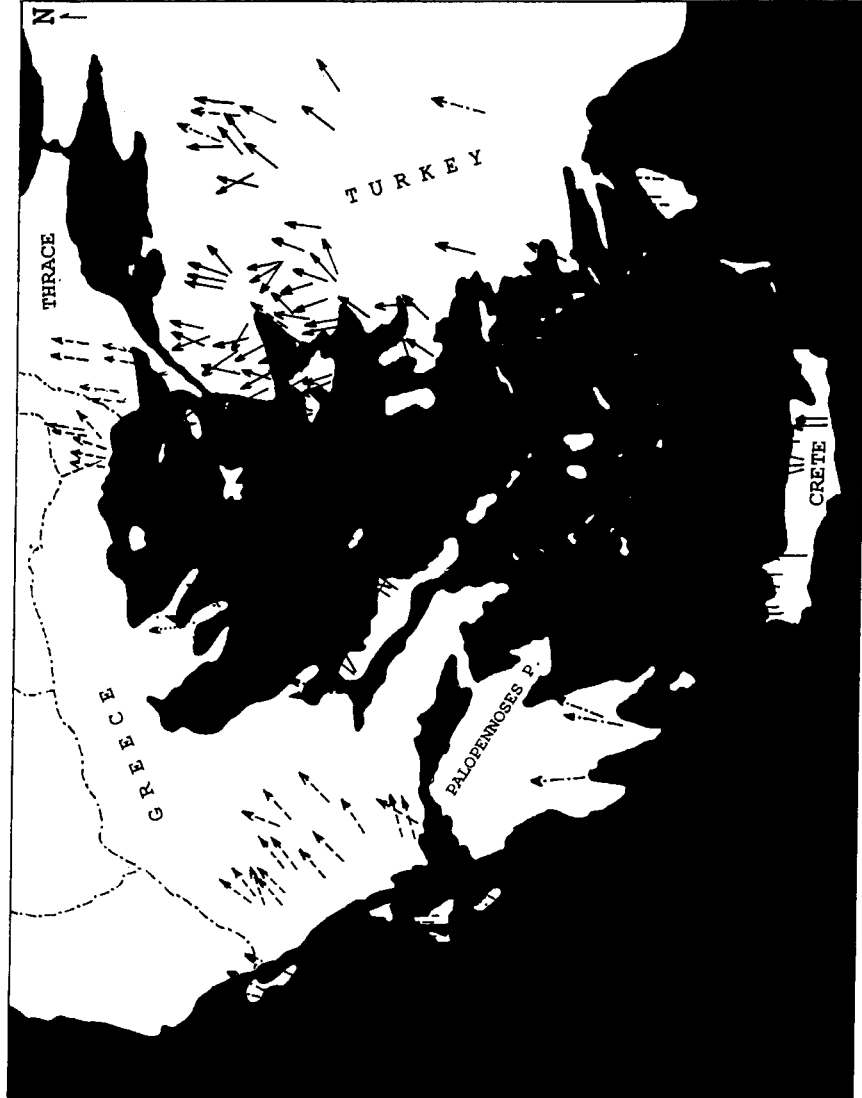
Table 4. Remanant magnetism directions and statistical parameters obtained from previous studies in the inner areas of Western Anatolia.

Mevki Adı	Yaş	Kayaç Cinsi	D	I	α_{95}	k
DA	Pliyosen	Andezit	12.4	40.4	4.1	88.3
KR	Pliyosen	Andezit	7.0	42.6	5.3	87.3
SA	Pliyosen	Andezitik tüf	189.1 (9.1)	-27.6 (27.6)	3.1	280.5
TU	Pliyosen	Andezit	11.6	19.2	5.3	229.2
AK	Üst Miyosen	Andezit	47.2	63.4	11.4	37.6
BK	Üst Miyosen	Andeit	322.3	47.3	18.6	18.9
DU	Üst Miyosen	Andezit	234.2 (54.2)	-68.9 (68.9)	16.6	23.8
KP	Üst Miyosen	Andezit	229.3 (49.3)	-51.4 (51.4)	3.8	451.2
TA	Üst Miyosen	Andezit	204.1 (24.1)	-42.6 (42.6)	5.4	132.7
BH	Orta-Üst Miyosen	Andezit	332.0	48.0	15.6	27.0
ÇN	Alt Miyosen	Bazalt	337.2	43.0	16.4	14.6
AD	Alt-Orta Miyosen	Bazalt	30.1	48.6	3.7	471.8
GK	Alt Miyosen	Andezit	19.4	26.8	7.7	82.9
KE	Alt-Miyosen	Andezit	216.5 (36.5)	-40.5 (40.5)	7.3	122.7
MR	Alt Miyosen	Andezit	326.0	33.0	12.0	45.2
SF1	Alt Miyosen	Andezit	336.0	39.0	5.9	59.2
DN	Miyosen	Andesit-Dasit	183.8 (3.8)	-62.2 (62.2)	15.8	26.4

SONUÇLAR

Elde edilen sonuçların yorumuna geçmeden önce değerlendirmeye temel oluşturacağını düşündüğümüz Yunanistan, Ege Denizi ve Batı Anadolu'dan elde edilmiş olan paleomanyetik verilerin genel olarak incelenmesini yapmak uygun olacaktır. Laj ve diğ. (1982), Kissel ve diğ. (1985), Dolapchieva ve diğ. (1986), Kondopoulou (1986), Spais (1987), Kondopoulou ve Westphal (1986), Pavlides ve diğ. (1988), Nazharov ve diğ. (1990), Westphal ve diğ. (1991), Orbay ve diğ. (1993;1995) tarafından günümüze kadar sözü edilen bölgede Eosen'den Pliyosen yaşına kadar volkanik kayalar üzerinde paleomanyetik çalışmalar yapmışlardır. Bu verilere göre, Yunanistan ve Ege Adalarından elde edilmiş olan doğrultuların Batı Anadolu'dan elde edilmiş olanlara oranla çok daha düzgün dağılım göstermesi göze çarpan ilk özelliktir. İkinci özellik, kuzey-güney yönde genişleme etkisinde olan Ege Denizinin kuzey Trakya bölgesindeki Oligosen ve güneydeki Girit ve Rodos adalarında ve hatta bir dereceye kadar Polepenez Yarımadasından elde edilen Miyosen ve Pliyosen yaşlı kayalardan elde edilen kalıntı mıknatıslanma doğrultularındaki dönme miktarı sıfıra çok yakın olmasıdır. Bu da genişleme doğrultusunda dönmenin olmadığını ancak her iki tarafta bulunan kara kütlelerinin dönmeye maruz kaldıklarını göstermektedir. Üçüncü ve en önemli özellik, bir kısım Miyosen yaşlı kalıntı mıknatıslanma doğrultuları da dahil olmak üzere tüm bölge doğrultularının saat yönünde bir dönme göstermesidir ki bu Yunanistan ve Batı Anadolu bölgelerinin yaklaşık olarak Miyosen sonlarına kadar tek bir levha olarak birlikte dönmeye maruz kaldıklarını göstermektedir. Benzer sonuç Oral ve diğ. (1995) tarafından da ifade edilmiştir (Şekil 1).

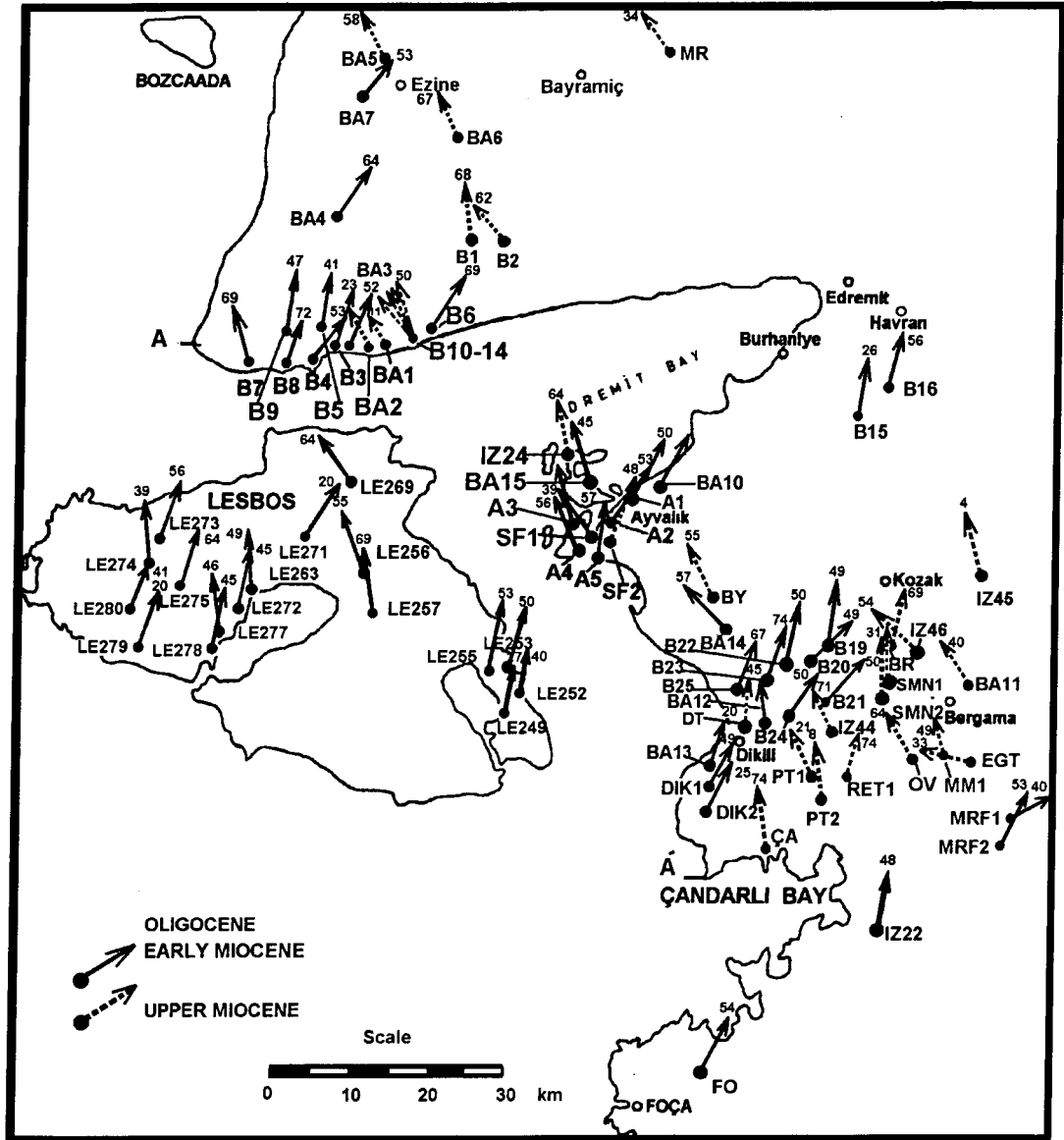
Saroz Körfezi ve civarından elde edilen kalıntı mıknatıslanma doğrultularına bakıldığında (Şekil 2); Saroz Körfezinin kuzeyinde Trakya bölgesinde Oligosen (TR10, TR11, TR19), Üst Miyosen (TR13), Pliyosen (TR20) ve Yunanistan'daki Oligosen yaşlı kalıntı mıknatıslanma doğrultularının hemen hemen hiç dönme göstermemesine karşın Saroz Körfezindeki adalar, Gökçeada, Bozcaada, Gelibolu ve Biga Yarımadasılarından elde edilen farklı yaşta kalıntı mıknatıslanma doğrultuları farklı dönme göstermektedirler. Saroz Körfezi 30° lik bir açıya sahiptir. Trakya'dan Biga Yarımadasının güneyine kadar elde edilen kalıntı mıknatıslanma doğrultuları incelendiğinde, Gelibolu Yarımadası'ndan elde edilen Miyosen yaşlı TR21 örneğinin kalıntı mıknatıslanma doğrultusunun Saroz Körfezinin açılımını yansıttığı izlenebilir. Biga Yarımadası'ndan ve Bozcaada'dan elde edilen tüm Üst Miyosen yaşlı kayaların ortalama kalıntı mıknatıslanma doğrultusunun saatin tersi yönünde 37° döndüğü açıkça görülmektedir. Trakya verileri ile Biga ve Bozcaada verileri arasında görülen bu saatin tersi yönündeki 37° lik dönme ve TR21'in kalıntı mıknatıslanma doğrultusu ile yine Biga Yarımadası arasındaki açısal fark Saroz Körfezinin açılmasını yansıtmaktadır. Ayrıca, Alt Miyosen yaşlı olan IZ50 ve IZ53 örneklerinin saat yönünde 25° dönme gösteren kalıntı mıknatıslanma doğrultularına Orta-Üst Miyosen döneminin 37° lik dönmesinin düzeltilmesi uygulandığında, bunların yaklaşık olarak saat yönünde 62° lik bir dönme gösterdiği ortaya çıkmaktadır ki bu durumda bu veriler Yunanistan'dan aynı yaşlı veriler için elde edilmiş olan doğrultularla uygunluk sağlanmaktadır. Benzer işlem BA4, Ba7, B4 ve BOZ2 örneklerine de uygulandığında, Saroz Körfezinin 30° lik dönmesi ile bu doğrultuların saatin tersi yönünde dönerek ölçülen değerleri aldığı açıkça görülür.



Şekil 1. Yunanistan, Ege Denizi ve Batı Anadolu için Eosen'den Pliyosen'e değin Paleo-Alan Yönleri
Figure 1. Paleo-field directions in Greece, Aegean Sea and Western Anatolia from Eocene to Pliocene.

Yunanistan ve Anadolu levhalarının Üst Miyosen'e kadar tek bir levha olarak birlikte hareket ederek saat yönünde dönmeye maruz kaldıkları gözönünde tutularak Saroz ve Çandarlı Körfezlerinin açılma öncesi paleocoğrafik konumları belirlenebilir. Saroz Körfezini, körfezin bitim noktasını esas alarak kapatacak olursak, kapanma sonrası Gelibolu Yarımadası'ndaki TR21 mıknatıslanma doğrultusunun Trakya'daki mıknatıslanma doğrultuları ile hemen hemen aynı olduğu görülebilir. Ayrıca Biga Yarımadası'ndaki Üst Miyosen yaşlı B2, B10, BA5 ve BA6 örneklerinin ortalama kalıntı mıknatıslanma doğrultularının saatin tersi yönünde 30° dönme göstermesi de Saroz Körfezinin 30° lik dönmesi ile de uyum sağlamaktadır. Bunun dışında, Gökçeada (GÖK1) ve Bozcaada'dan (BOZ1) elde edilen mıknatıslanma doğrultularının Saroz Körfezi içindeki adalardan (SAR1,2) elde edilen Oligosen mıknatıslanma doğrultuları ile Yunanistan'daki Oligo-Miyosen doğrultularının aynı doğrultuyu göstermesi için adaları saat yönünde döndürdüğümüz ve Saroz Körfezinin açılımı kadar sıkıştırdığımız zaman bu adaların Gelinolu Yarımadası'nın hemen önünde yer aldığını görebiliriz. Biga Yarımadası'ndan elde edilen Alt Miyosen yaşlı B4, BA4 ve BA7 mevkiilerinin kalıntı mıknatıslanma doğrultularının da Gökçeada ve Bozcaada'dan elde edilen doğrultularla uyum sağladığı açıkça görülebilir. Bu üç ada Saroz Körfezinin açılması ile eş zamanlı olarak buldukları konumdan saatin tersi yönünde dönerek ayrılırken Saroz Körfezinin tamamen açılması ile birlikte birbirlerinden de ayrılarak günümüzdeki konumlarını kazanmışlardır. Bu durum açılma öncesi ve sonrasında adalar ve Trakya ve Biga Yarımadası arasındaki uzaklıklar ölçülerek açılmanın oranı saptanabilir. Bu oran 50% olarak hesaplanmıştır. Bu durum veri olmamasına karşın Somathraki adasının da diğer adalarla birlikte olduğu olasılığını arttırmaktadır.

Çalışmanın ikinci aşaması Dikili-Bergama yöresinden elde edilen verilerin sonuçlarını içermektedir. Gerek bu çalışmadan ve gerekse daha önce yapılan çalışmalardan elde edilen kalıntı mıknatıslanma doğrultuları incelendiğinde (Şekil 3) DIK, MRF, IZ22 ve FO mevkiilerinin dışında kalan tüm kalıntı mıknatıslanma doğrultularının saatin tersi yönünde dönme gösterdiği görülmektedir. Bu mıknatıslanma doğrultuları arasındaki farklılığın Çandarlı Körfezinin açılması ile ilişkili olabileceği söylenebilir. Alt Miyosen yaşlı MRF1 ve 2 mevkiilerinin sapma açılarının ortalaması 45° dir. Alt ve Orta Miyosen yaşlı FO ve IZ22 mevkiilerinin yaklaşık 20° lik kalıntı mıknatıslanma doğrultusu ile MRF mevkiinin sapma açısı arasındaki yaklaşık 25° lik saatin tersi yönündeki dönme farkı Çandarlı Körfezinin açılımına uygun gelmektedir. Bu durumu ÇA ile IZ22 mevkiilerinin sapma açıları arasında da görmek olasıdır. Bu mevkiilerin dışında kalan Orta -Üst Miyosen yaşlı olan DT, PT1 ve 2, RET1, IZ44, SMN1 ve 2, OV, MM1 ve IZ45 örneklerinin göstermiş olduğu saatin tersi yönündeki 15° lik dönmenin Üst Miyosen'den günümüze kadar Anadolu levhasının güneybatıya olan dönme hareketi ile ilişkili olabileceği ifade edilebilir. Söz konusu olan 15° lik bu dönme miktarı, saat yönünde ortalama 45° dönme gösteren Alt Miyosen yaşlı MRF verisine eklendiğinde 60° elde edilir ki bu değer, Biga Yarımadası kuzeyinde bulunan Alt Miyosen yaşlı IZ50 ve IZ53 verilerinin daha önce ifade edilen 62° lik dönme miktarı ile aynı değeri gösterir.



Şekil 3. Çandarlı ve Edremit körfezi ile ilgili kalıntı mıknatıslanma doğrultuları.

Figure 3. Remanent magnetism directions in the Çandarlı and Edremit bay region.

Bu bölgede de açılma öncesi ve sonrasında uç noktalar arasındaki uzaklıkların oranı hesaplanırsa açılma miktarının burada da 50% olduğu görülür ki bu sonuç, Şengör (1979) tarafından ifade edilen Batı Anadolu'nun genişleme miktarı ile bire bir uyum sağlamaktadır.

Batı Anadolu bölgesinin kıyı kesimlerinde yukarıdaki paragrafta ifade edilen genişleme rejiminin etkilerinin bölgenin iç kesimlerinde etkisini nereye kadar veya nerelerde hissettirdiğini belirlemeye yönelik olarak yapılan çalışma oldukça ilginç sonuçlar göstermektedir.

Eldeki Batı Anadolu kalıntı mıknatıslanma doğrultularının Balıkesir-Demirci doğrultusunun ayırdığı iki bölgede (Şekil. 4) farklı yönlerde dönme göstermesi şu şekilde açıklanabilir: Bu bölümün başında ifade edildiği gibi, Batı Anadolu ve Yunanistan Üst Miyosen'e kadar birlikte ve saat yönünde dönme gösteren bir levha konumunda idi. Bu nedenle, Batı Anadolu'daki tüm kalıntı mıknatıslanma vektörlerinin de saat yönünde dönme göstermesi gerekir. Gerçekten de, Balıkesir-Demirci hattının doğusunda bu durum açıkça görülmektedir. Hattın batısında saatin tersi yönünde dönmelerin görülmesi, kuzeydoğuda Balıkesir-Demirci hattı ile güneydoğuda Fethiye-Burdur hattının arasında kalan bölgenin Ege Bölgesi genişleme rejimi etkisi altında, Karlıova benzeri bir açılmaya maruz kalarak dönmesi ile açıklanabilir. GPS verilerine dayanan benzer model Barka ve Reilinger (1997) tarafından da ortaya konmuştur. Gördes civarındaki Pliyosen yaşlı kayaların ortalama kalıntı mıknatıslanması saatin tersi yönünde 44° dönme göstermektedir. Bu değer, Orta-Üst Miyosen verilerine düzeltme olarak eklendiğinde, günümüzde saatin tersi yönünde dönme gösteren bu kalıntı mıknatıslanma doğrultularının aslında saat yönünde 20-30° lik bir dönmeye sahip oldukları ve bu durumda, Balıkesir-

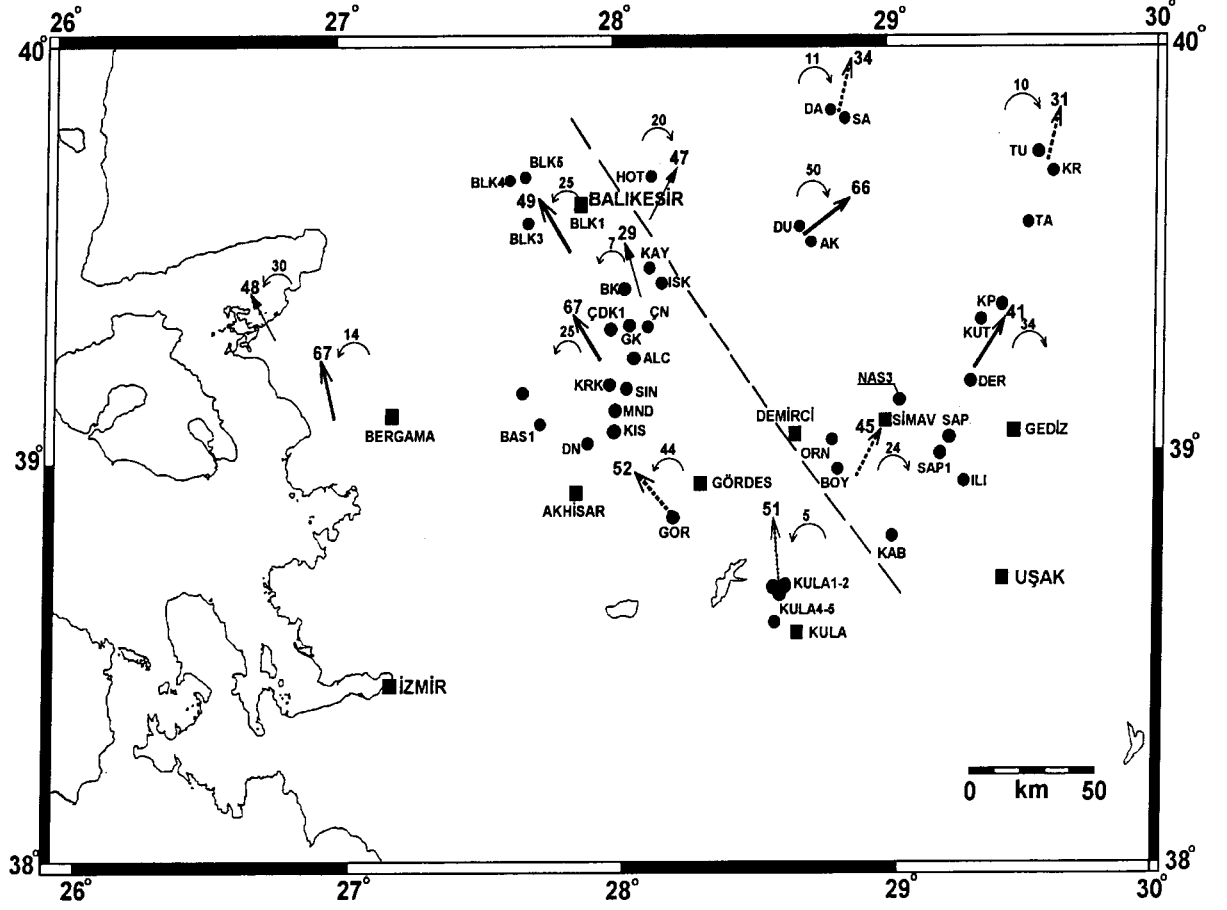
Demirci hattının doğusunda kalan kalıntı mıknatıslanma doğrultuları ile büyük bir uyum içinde olduğu görülür.

Bu çalışmadan elde edilen veriler ışığı altında, Batı Anadolu'nun Balıkesir-Demirci ve Fethiye-Burdur hatları arasında kalan bölgesinin Karlıova benzeri bir yapı ile genişleme gösterdiği ve bu genişlemenin de Üst Miyosen sonları veya Pliyosen'den itibaren geliştiği ifade edilebilir.

Yaşları 200.000-300.000 yıl olan Kula mevki örneklerinin ise saatin tersi yönünde ortalama 5° lik dönme göstermesi, bölgenin halen saatin tersi yönündeki dönmelerinin devam etmekte olduğunun bir kanıtı olarak görülebilir. Bölgede yapılan GPS ölçümleri de (Barka ve Reilinger,1997) bu sonuçla uyum sağlamaktadır.

Katkı Belirtme

TÜBİTAK Yerbilimleri, Deniz, Atmosfer ve Çevre Araştırma Grubunun desteği ile Prof. Dr. Naci Görür'ün koordinatörlüğünde "Ulusal Deniz Jeolojisi ve Jeofiziği Programı" içerisinde İ.Ü.Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği ve İ.T.Ü., Maden Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümleri tarafından yürütülen bu çalışma "Ege Bölgesi Genişleme Rejiminin Paleomanyetik Verilerle İncelenmesi I ve II (TÜBİTAK Projesi. Proje No: 232-G) projeleri kapsamında yapılmıştır. Çalışma, İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği ile B.Ü.Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsünün ortak kuruluşu olan KANTEK Paleomanyetizma laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle, Enstitü Müdürü Prof. Dr. A.Mete Işıkkara'ya ve özellikle TÜBİTAK Ulusal Deniz Jeolojisi ve Jeofiziği Programının koordinatörü Prof.Dr. Naci Görür'e teşekkür ederiz.



Şekil 4. İç Ege'de birbirine yakın olan mevkiilerin yaşlarına göre ortalaması alınarak elde edilmiş olan kalıntı mıknatıslanma doğrultuları ve dönme miktarları.

Figure 4. Remanent magnetism directions and rotation amounts obtained from averaged data of the near locations in Aegean region.

KAYNAKLAR

- Alptekin, Ö., 1973, Focal Mechanism of Earthquake in Western Turkey and Their Tectonic Implication, (Ph.D.), New Mexico Inst. Mining and Technology, Scorro, New Mexico.
- Arpat, E. ve Bingöl, E., 1969, Ege Bölgesi Graben Sistemlerinin Gelişimi Üzerine Düşünceler, M.T.A. Dergisi, No: 73, p.1.
- Arpat, E. ve Şaroğlu, F., , 1975, Türkiyedeki Bazı Önemli Genç Tektonik Olaylar, Türkiye Jeol. Kur.Bül., V. 18, p:91.
- Barka, A. and Reilinger, R., 1997, Active tectonics of the Eastern Mediterranean: Deduced from GPS, neotectonic and seismicity, *Annali Di Geofisica*, V.XL, N.3, pp: 587-610.
- Buji-Dual, B., Dercourt, J. and Le Pichon, X., 1977, From the Tethys ocean to the Mediterranean Seas: A Plate Tectonic Model of the evolution of Western Alpin System, in *Historie Structurale des Basins Mediterranean*, Eds: Buji-Dual and L.Montadert, Paris, p:143.
- Channell, J. E. T., D'argenio, B.,and Horvath, F., 1979, Adria the African Promontory in Mesozoic Mediterranean Paleogeography, *Earth Sci. Rev.*, 15, P:219.
- Dewey, J.F. and Şengör, A.M.C., 1979, Aegean and Surrounding Regions: Complex multiplate and continium tectonics in a convergent zone, *Geol. Soc. Am. Bull.*, I, 90, pp:87-92.
- Dolapchieva, M., Nozharov, P. and Petkov, N., 1986, Paleomagnetic Characteristic of the Young Volcanites, *Bul. Geophys. J.*, XII (2), pp:114-126.
- Gutnic, M., Monod, O, Poission, A and Dumont, F.D., 1979, Geologie des Taurides occidentales (Turqie), *Mem. Soc. Geol., France*, N, 5, p:58.
- Horner, F., and Freeman, R., 1983, Paleomagnetic Evidence from Pelagic Limenstones for Clockwise Rotation of the Ionian Zone, Western Greece, *Tectonophysics*, 98, p.11.
- Ketin, İ., 1970, Batı Anadolu Neojen Havzalarının Sismotektonik Durumu, Gediz Depremi Simpozyumu, İnşaat Müh. Od. Ankara, p:8.
- Kissel, C., Laj, C., Mercier, J.L., Poission, A., Savaşçın, Y., and Simeakis, K., 1985, Tertiary Rotational Deformation in the Aegean Domain, *Terra Cognita*, 5, p. 139.
- Kissel, C., Laj, Poission, A., Savaşçın, Y., Simeakis, K. and Mercier, J.L., 1986, Paleomagnetic Evidence for Neogene Rotational Deformations in the Aegean Domain, *Tectonics*, 5, 5, p:783.
- Kondopoulou, D., 1986, Tertiary rotational deformation in the Greek Serbomacedonian massif, *Bulg. Geophys. J.*, XIII-4, pp:71-80.
- Kondopoulou, D. and Lauer, J.P., 1984, Paleomagnetic Data on the Northern Parth and a Tentative Overview on Neogene Rotation in the Aegean Zone, *Spec. Publ. Geol. London*, Eds: Dixon, J.E. and Robertson, A.H.F., p. 681.

- Kondopoulou, D. and Westphal, M., 1986, Paleomagnetism of the Tertiary Intrusives from Chalkidiki (Northern Greece), *J. Geophysical Res.*, 59, pp: 62-66.
- Kondopoulou, D., 1986, Tertiary Rotational Deformation in the Geek Serbomacedonian Massif, *Bulg. Geophys. J.*, XIII-4, pp: 71-80.
- 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.
- Le Pichon, X. and Angelier, J., 1981, The Aegean Sea, *Phil. Trans. Roy. Soc., London*, A-300, p:357.,
- McKenzie, D.P., 1972, Active Tectonics of the Mediterranean Area, *Geophys. Jour. Roy. Astr. Soc.*, V. 30, p:109.
- McKenzie, D.P., 1977, Can Plate Tectonic Describe Continental Deformation ? in B.Biju-Duval and L. Montadert, Edts, *Structural History of the Mediterranean Basins*, Editions Technip, Paris, p:189.
- McKenzie, D.P., 1978, Active tectonics of the Alpid-Himalayan belt: the Aegean Sea and Surrounding Regions (Tectonic of Aegean region): *Geophys. J. R Astr. Soc.*, 55, pp:217-254.
- Mercier, J. L., Delibasis, M., Gauthier, A., Jarrige, J. L., Lemeille, F., Philip., H., Sebrier, M. and Sorel, D., 1979, La Neotectonique de l'Arc Egeen, *Rev. Geol. Dyn. Geogr. Phys.*, 21, p.61.
- Nazharow, P., Dolapchieva, M. and Petkor, N., 1990, Paleomagnetism of the Young Magma Rocks from the Rhodope Massif, *Geol. Rhodopica*, 2, pp: 17-25.
- Olivet, J.L., Ronnin, J., Beuzart, P. and Auzende, J. M., 1982, Cinematique des Plaques et Paleogeographie: Une Revue, *Bull. Soc. Geol. Fr.*, 24(7), Part 5-6, p:875.
- Oral, B., Relinger, R.E., Toksöz, M.N., King, R.W., Barka, A., Kınık, I. and Cenk, O., 1995, Global Positioning System Offers Evidence of Plate Motions in Eastern Mediterranean, *EOS*, 76, 2, 9.
- Orbay, N., Düzgit, Z., Gündoğdu, O., Hisarlı, M. ve Özçep, F., 1993, Batı Anadolu'nun Paleomanyetizması ve Tektonik Gelişimi, TÜBİTAK Projesi (YBAG-017).
- Orbay, N., Sanver, M., Tapırdamaz, C., Hisarlı, M., Özçep, F., 1995, Batı Anadolu'nun Mikro Bloklarının Paleomanyetizması ve Genç Tektonik Evrimi, TÜBİTAK Projesi (YBAG-127).
- Pavrides, S., Kondopoulou, D., Kilios, A. and Westphal, M., 1988, Complex Rotational deformations in the Serbo-Macedonian Massif (N. Greece): Structural and Paleomagnetic Evidence, *Tectonophysics*, 145, pp: 329-335.

- Patriat, P., Segoulin, J., Schlich, R., Coslin, J., Auzende, J. M., Beuzart, P., Bonnin, J. and Olivet, J. L., 1982, Les mouvements relatifs de l'Inde, de l'Afrique et de l'Eurasie, Bull. Soc. Geol. Fr., 24(7), Part 2, p:363.
- Spais, C., 1987, Paleomagnetic and Magnetic Fabric Investigation of Tertiary Rocks from the Alexandroupolis Area, NE Greece, Ph.D. Thesis Univ. of Southampton.
- Şengör, A.M.C., 1979, On some 50 % Extension in Aegean Area and Its Implications for Orogenic Contractions in the Taurides, Papp. Comm. Int. Mer. Medit., 25/26, 2a, pp: 41-42.
- Şengör, A.M.C., 1980, Türkiye'nin Neotektoniğinin esasları, Türkiye Jeol. Kur. Yayını, 40, Ankara.
- Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y., 1981, Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach, Tectonophysics, 75, p: 181.
- Şengör, A.M.C., 1982, Ege'nin Neotektonik Evrimini Yöneten Etkenler, Türkiye, Jeol. Kur. Yayını, Ankara.
- Şengör, A.M.C., Satır, M. and Akkök, R., 1984, Timing of Tectonic Events in the Menderes Massif, Western Turkey: Implications for Tectonic Evolution and Evidence for Pan-African Basement in Turkey, Tectonics, 3, 693-707.
- Şengör, A.M.C., Satır, M. and Akkök, R., 1984, Timing of Tectonic Events in the Menderes Massif, Western Turkey: Implications for Tectonic Evolution and Evidence for Pan-African Basement in Turkey, Tectonics, 3, 693-707.
- Tapırdamaz, C. ve Yaltırak, C., 1995, Trakya'da Genç Volkanik Kayaçlar Üzerinde Yapılan Paleomanyetik Çalışma Sonuçları, Jeofizik, 9, 10, pp:213-218.
- Yılmaz, Y., 1981, Sakarya Kıtası Güney Kenarının Tektonik Evrimi, İstanbul Yerbilimleri Derg., 1/1-2, p:33.
- Yılmaz, Y., 1990, An Approach to the Origin of Young Volcanic Rocks of Western Turkey, Tectonic evolution of The Tethyan Region, ed: A.M.C. Şengör, Kluwer Academic Publ., p. 159.
- Westphal, M., Kondopoulou, D., Edel, J.B. and Pavlidess, 1991, Paleomagnetism of the late Tertiary and Plio-Pleistocene formations from N. Greece., Bull. Geol. Soc. Greece, XXV (3), pp: 239-250.
- Vergely, P., 1984, Tectonique des ophiolites dans les Hellenides Internes (Deformations, Metamorphismes et Phenomes Sedimentaires), Consequences sur l'evolution des regions Tethysiennes occidentales, (These d'etat), Univ. d'Orsay, France.
- Zeschke, C., 1954, Der Simav-Graben und Seine Gesteine, Türkiye Jeol. Kur. Bül., V.5, p: 179.