

MARMARA DENİZİ DOĞUSUNDA KUZEY ANADOLU FAY HATTI ÜZERİNDE KAROT ÇALIŞMALARI: DENİZ SEVİYESİ DEĞİŞİMİ VE FAY ETKİNLİĞİ İLE İLGİLİ BULGULAR

Erol SARI * ve Namık ÇAĞATAY **

ÖZ.- Marmara Denizi doğusunda Kuzey Anadolu Fay zonu (KAFZ) üzerinde bulunan BUC-10A ve İZ-30 sediment karotları, sırasıyla Büyükçekmece'nin 12 km açığından ve İzmit Körfezi'nden alınmıştır. Bu karotların çökel istifi tektonik ve paleo-oşinografik süreçleri araştırmak amacıyla sedimentolojik ve jeokimyasal yöntemlerle incelenmiştir. BUC-10A sediment karotunda toplam inorganik karbonat (TİK, toplam kalsiyum karbonat olarak) miktarı ve toplam organik karbon (TOK) içeriği sırasıyla %12.1-34.3 ve %0.5-4.1 aralığında değişir. Söz konusu sediment karotun da 1.60-2.43 m arasında organik maddece zengin sapropel tabakası ayırt edilmiştir. Aynı karotun metal konsantrasyonlarının değişim aralıkları Cr: 55-96, Cu: 21-37, Ni: 63 39-74, Mn: 345-693, Pb: 19-34, Zn: 79-143 ppm, Fe: % 2.30-3.15'dir. İZ-30 karotunda TOK , TİK, Cr, Cu, Fe, Ni, Mn, Pb ve Zn değerlerinin değişim aralıkları sırasıyla % 0.40-1.70, %0.25-31.1, 39-87 ppm, 13-32 ppm, % 2.10-4.80, 18-41 ppm, 315-528 ppm, 7-21 ppm ve 78-185 ppm'dir. Alınan karotlarda yapılan kalkofil metal (Fe, Mn, Cu, Pb, ve Zn) analizleri hidrotermal etkinliğe bağlı herhangi bir zenginleşmeyi göstermemektedir. Sedimentolojik çalışmalarla İZ 30 karotunda günümüzden önce (GÖ) 3276±48 takvim yılı yaşında, muhtemelen tektonik aktivite ile tetiklenmiş bir kütle akması saptanmıştır. Bu karotun tabanına yakın bir bölümünde günümüz su seviyesine göre -49,5 m derinlikte GÖ 9364±64 yıl olarak yaşlandırılan eski bir kıyı çizgisi bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Su seviyesi değişimi, Kuzey Anadolu Fayı, hidrotermal etkinlik, denizaltı heyelanı, Marmara Denizi.

ABSTRACT.- Sediment cores BUC-10A and İZ-30 located on the North Anatolian Fault Zone (NAFZ), 12 km south of Büyükçekmece and İzmit Gulf in the eastern part of the Sea of Marmara, respectively, were studied to investigate tectonics and paleo-oceanographic processes, using sedimentological and geochemical methods. Total inorganic carbon (TIC as total calcium carbonate) and total organic carbon (TOC) contents in core BUC-10A range between 12.1-34.3 and 0.5-4.1 dry wt. %, respectively. The organic matter-rich sapropel unit was identified between 1.60 and 2.43 m below sea floor (bsf) in this core. The concentration ranges of the metals in core BUC-10A were: Cr: 55-96, Cu: 21-37, Ni: 63 39-74, Mn: 345-693, Pb: 19-34, Zn: 79-143 ppm and Fe: 2.30-3.15 dry wt. %. The concentration ranges of TOC, TIC, Cr, Cu, Fe, Ni, Mn, Pb and Zn in core İZ-30 were 0.40-1.70 %, 0.25-31 %, 39-87 ppm, 13-32 ppm, % 2.10-4.80, 18-41 ppm, 315-528 ppm, 7-21 ppm and 78-185 ppm, respectively. Chalcophile element (Fe, Mn, Cu, Pb, and Zn) concentrations in cores İZ-30 and BUC-10A give no evidence of hydrothermal activity. A debris flow characterized in core İZ-30 and dated 3276±48 a (calendar) before present (BP) was most likely triggered by tectonic activity in the İzmit Gulf. Sediments of 49.5 mbsf palaeo-shoreline dated 9364±64 a BP was also identified in the same core from the İzmit Gulf.

Key words: Sea of Marmara, Sea level change, North Anatolian Fault, hydrothermal activity, submarine mass flow.

GİRİŞ

Marmara Denizi, Çanakkale Boğazı ile Akdeniz'e ve İstanbul Boğazı ile de Karadeniz'e bağlanmaktadır. Bu yüzden Marmara Denizi üstte az tuzlu (18 - 22 ppt) Karadeniz suyu ile altta daha tuzlu (37,5 - 38.5 ppt) Akdeniz kökenli su-

ların oluşturduğu iki tabakalı su ve akıntı sistemine sahiptir (Ünlüata ve diğerleri, 1990; Beşik-tepe ve diğerleri, 1994). Bu farklı tuzluluk iki yönlü bir akıntı sisteminin oluşmasına neden olur. Dolayısıyla Marmara Denizi sadece kendi içinde oluşmuş değişimlerle birlikte komşu denizler ile onları çevreleyen kara kütlelerindeki iklimsel ve

* İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Vefa İstanbul.

** İTÜ Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Maslak İstanbul.

tektonik değişimlerin de kayıtlarını içermektedir. Marmara Denizi'nde yapılan önceki karot çalışmaları yaklaşık GÖ. 20 bin yılda çökelmiş istif, fosil içeriğine göre iki birime ayrılmıştır (Çağatay ve diğerleri, 1999, 2000). Üstte yer alan Birim-1, Akdeniz suyunun etkisi altında, normal denizel koşullarda; alttaki Birim-2, genel olarak tatlı su, göl koşullarında çökelmiştir. İki ana birimi ayıran sınırın radyometrik yaşı GÖ 12.000 yıl olarak bulunmuştur (Çağatay ve diğerleri, 2000, 2003; Abrajano ve diğerleri, 2002; McHugh ve diğerleri, 2008).

Kuzey Anadolu Fay hattının Marmara Denizi'ndeki geometrisi, sismik aktivitesi ve kinematığı bir çok araştırmacı tarafından çalışılmıştır (Alpar 1999; Halbach ve diğerleri, 2000, 2002; Gürbüz ve diğerleri, 2000; McClusky ve diğerleri, 2000; Okay ve diğerleri, 2000; İmren ve diğerleri, 2001; Gökaşan ve diğerleri, 2001, 2002, 2003; Le Pichon ve diğerleri, 2001, 2003; Rangin ve diğerleri, 2001, 2004; Armijo ve diğerleri, 2002, 2005; Alpar ve Yaltrak 2002; Meade ve diğerleri, 2002; Polonia ve diğerleri 2002, 2004; Yaltrak, 2002; Demirbağ ve diğerleri, 2003; Kuşçu ve diğerleri, 2009). Marmara Denizi yamaçlarındaki kütle akmaları, fay hattı boyunca akışkan çıkışları (Patzold ve diğerleri, 2000; Sarı 2004; Kuşçu ve diğerleri, 2005; Sarı ve Çağatay 2006; Mchugh ve diğerleri, 2006, Beck ve diğerleri, 2007, Zitter ve diğerleri, 2008) ve tsunami olayları (Alpar ve diğerleri, 2003, 2004; Hebert ve diğerleri, 2005; Altınok ve Alpar 2006; Tinti ve diğerleri, 2006) hakkında yoğun çalışmalar varken, bu fayın çökeller üzerindeki jeokimyasal etkileri konusunda daha kısıtlı sayıda araştırmalar yapıldığı görülmektedir (Halbach ve diğerleri, 2000, 2002; Armijo ve diğerleri, 2005, Kuşçu ve diğerleri, 2005; Zitter ve diğerleri, 2008). Bu çalışmalar da çoğunlukla fay hattı boyunca soğuk su çıkışları üzerine yoğunlaşmıştır. Fay hattı boyunca sıkışmalı zonlarda; çökellerde önemli gaz ve gözenek suyu çıkışı olmaktadır. Bunun aksine, gerilmeli fay zonlarında ise deniz suyu çökel içerisine çekilmektedir. Bu akışkanlar çökellerle tepkimeye girerek ve zaman içinde organik büyümeler se-

dimentin bünyesine dahil olarak, sediment bileşiminde önemli değişimlere neden olabilmektedir.

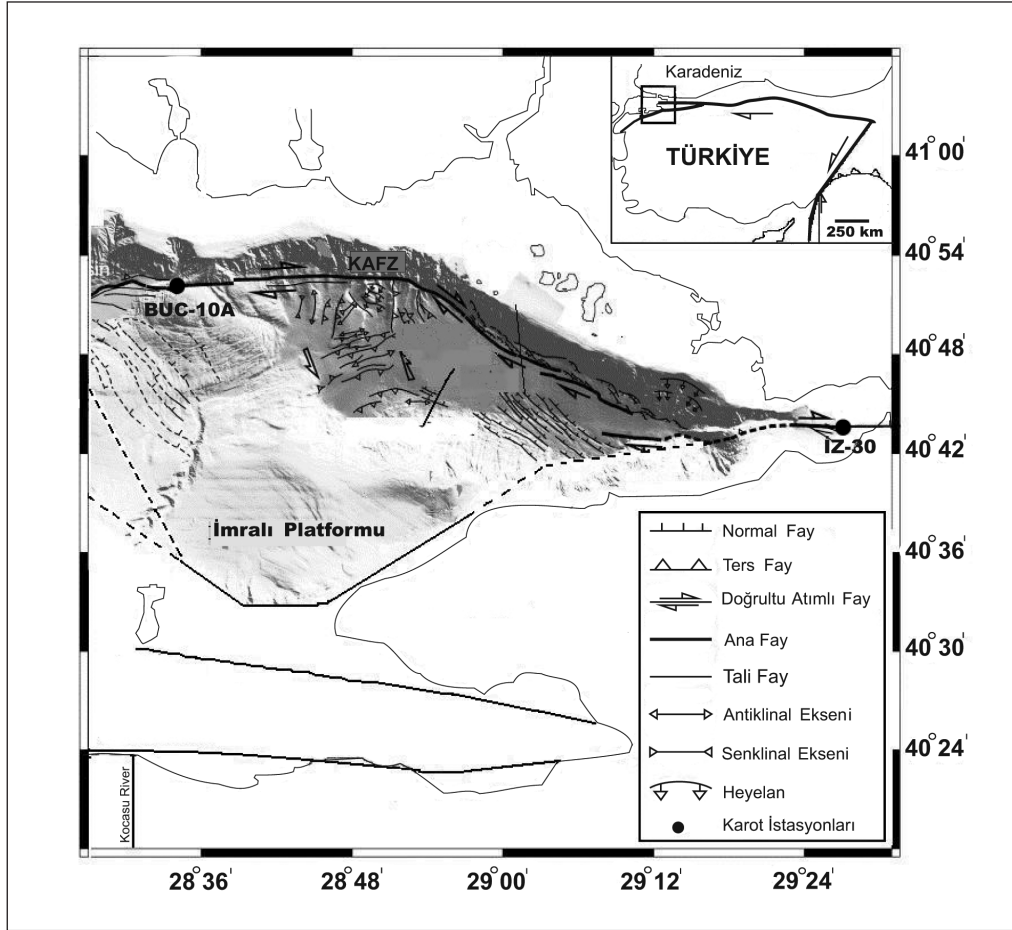
Bu çalışmada KAF'nın kuzey kolu üzerinde alınmış iki karot istifinde kütle akması, tektonik yükselme, hidrotermal etkinlik, diyajenetik ve deniz düzeyi değişimi gibi paleo-oşinografik süreçler ve fay aktivitesi karot sedimentlerinin sedimentolojik ve jeokimyasal özellikleriyle araştırılmıştır. İZ-30 ve BUC-10A sediment karotları 2001 yılında İtalyan R/V Urania gemisi ile İzmit Körfezi Hersek Deltası önünden ve Büyükçekmece'nin 12 km açığından alınmıştır (Şekil 1). Karotlar sedimentolojik ve jeokimyasal (TİK, TOK ve ağır metal içeriği) yöntemler kullanılarak incelenmiştir.

YÖNTEM

İZ-30 ve BUC-10A sediment örnekleri gravite karotu kullanılarak sırasıyla -46.5 m ve -380 m su derinliğinden alınmış olup, 3.50 ve 3.60 m uzunluğundadır. Karot örnekleri labortuvarda açılmış ve litolojik tanımları yapılmıştır. Örneklemeler her 5 cm'de bir bazen de karotların litolojik özellikleri göz önüne alınarak daha sık aralıklarda yapılmıştır. Karot örneklerinin TİK, TOK ve toplam ağır metal analizleri İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü laboratuvarlarında yapılmıştır.

TİK miktarını tespit etmek için gazometrik yöntem kullanılmıştır. Bu metod % ağırlıklı CaCO_3 olarak örneklerin %10'luk HCl ile tepkimeye bırakılmasından çıkan CO_2 gazının hacimsel olarak ölçülmesine dayanır (Loring ve Rantala, 1992).

TOK analizi Walkley - Black yöntemine göre yapılmıştır. Yöntemin esası potasyum dikromat ile organik maddenin oksidasyonu ve fazlalık dikromatın difenilamin indikatörlüğünde demir (II) amonyum sülfat ile titrasyonuna dayanmaktadır (Gaudette ve diğerleri, 1974; Loring ve Rantala, 1992).



Şekil 1- Karot örneklerinin yeri ve Marmara Denizi'nin batimetrik fay haritası (Le Pichon ve diğerleri 2001).

Metal analizleri için, sediment örnekleri teflon beher içerisine alınarak 10 ml HNO_3 ilave edilir ve 30 dakika kadar 120°C de ısıtılır. Daha sonra teflon kaba 5ml HClO_4 ve 5 ml HF ilave edilerek teflon kapağı kapatılıp 30 dakika daha ısıtılır. Beherin ağzı açılıp beyaz yoğun duman çıkıyorsa, HClO_4 'ın tamamı buharlaştırılır. Daha dayanıklı sedimentleri çözmek için teflon kaba tekrar 5 ml HF ilave edilir 30 dakika daha çözünürleştirme işlemine devam edilir. Teflon kaptaki kalan çözelti 180°C de ısıtılarak buharlaştırılır. Kalan tortuya 1 molar HCl'den 10 ml ilave edilerek tekrar çözünürleştirilir ve 1 molar HCl ile 50 ml'ye

seyreltilip plastik şişelerde buzdolabında saklanır (Loring ve Rantala 1992, Tessier ve diğerleri 1979). Bütün metallerin ölçümü toplam çözünürleştirme işleminden sonra atomik absorpsiyon spektrofotometresinde (AAS) yapılmıştır.

AMS (accelerator mass spectrometry) ^{14}C yaş tespiti Woods Hole Oşinografi Enstitüsü İzotop Kimyası Laboratuvarları'nda bentik foraminiferler ve kabuklu fosiller kullanılarak elde edilmiştir (Çizelge 1). Yaşlar ^{13}C düzeltmesi yapılarak, $\sigma \pm 1$ hata payları dahilinde hesaplanmış ve GÖ ^{14}C yılı olarak verilmiştir. Bu çalışmadaki karbon

Çizelge 1- İZ-30 karotu seçilmiş örneklerinde radyokarbon ve kalibre edilmiş yaşlar.

Karot No	Seviye (cm)	Yaşlandırılan malzeme	¹⁴ C yaşı	Kalibre edilmiş yaş (takvim yılı)
İZ-30	223-224	Foraminifer	3455 ± 35	3276 ± 48
İZ-30	330	Mollusc	8740 ± 64	9364 ± 64

yaşları takvim yılına dönüştürülürken, rezervuar yaşı 385 yıl (Siani ve diğerlerine 2000) alınarak Stuiver ve Brazianus'a (1993) göre hesaplanmıştır.

BULGULAR

Karotların litolojik tanımlamaları

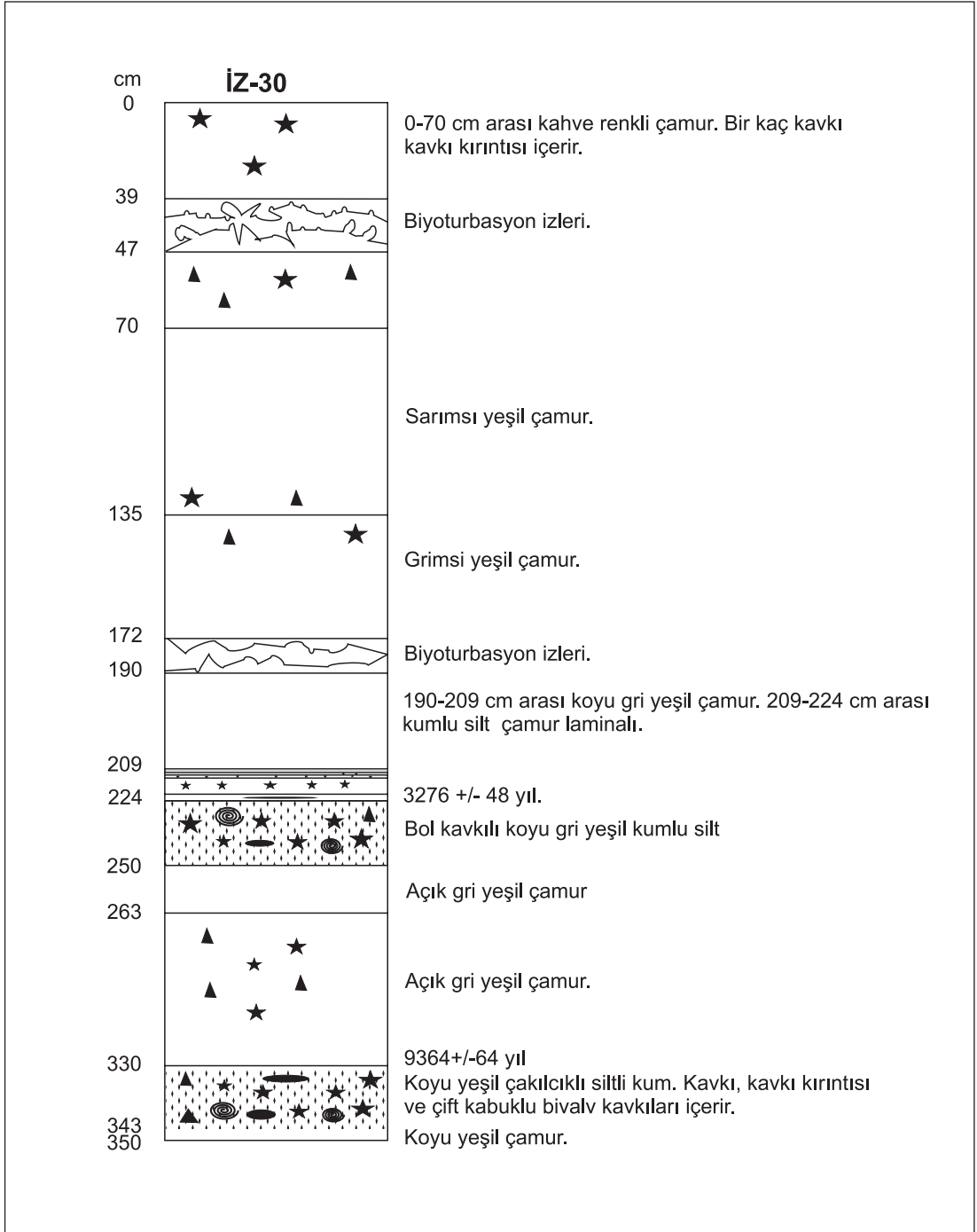
İZ-30 nolu karot kahve renkli (0-0.70 m), sarımsı yeşil (0.70-1.35 m), grimsi yeşil (1.35-1.72 m) ve koyu gri yeşil (1.72 -2.09 m) çamur litolojisinden oluşur. Sediment karotunda 0.39- 0.47 m ve 1.72-1.90 m aralıklarında biyotürbasyon izleri ile bütünsel makro kavkılar ve kavkı kırıntıları tespit edilmiştir (Şekil 2). İZ-30 korunun 2.09 ile 2.24 m'leri arası koyu yeşil renkli ince kumlu silt birimi çamur ile paralel laminalı ardalanma gösterir. Laminalı birimin hemen altında 2.24 ile 2.50 m kötü derecelenmeli bol kavkılı kumlu silt birimi, altındaki ve üstündeki sedimentlerle keskin sınırlarla ayırt edilmiştir. Kayma (slump) sediment istifi gösteren birimin üst sınırında ¹⁴C yaşlandırma yöntemi ile GÖ 3276 ± 48 takvim yılı yaşı belirlenmiştir (Şekil 2). İZ-30 karotu 2.50 m ile 3.30 m aralığında koyu gri yeşil renkli çamur litolojisine sahiptir. Homojen çamur biriminin hemen altında, 13 cm kalınlığında (3.30-3.43 m), altındaki ve üstündeki birimlerden keskin sınırla ayırt edilebilen koyu yeşil ince çakıllı, siltli kum birimi gözlenmiştir. Söz konusu birim içinde *Turritella turbana*, kavkı kırıntısı ve bütünsel bivalv kavkıları tespit edilmiştir. 3.30 m'de yapılan yaşlandırmada GÖ 9364±64 takvim yılı yaşı

ölçülmüştür. Karot tabanı 7 cm kalınlığında koyu yeşil çamur biriminden oluşur.

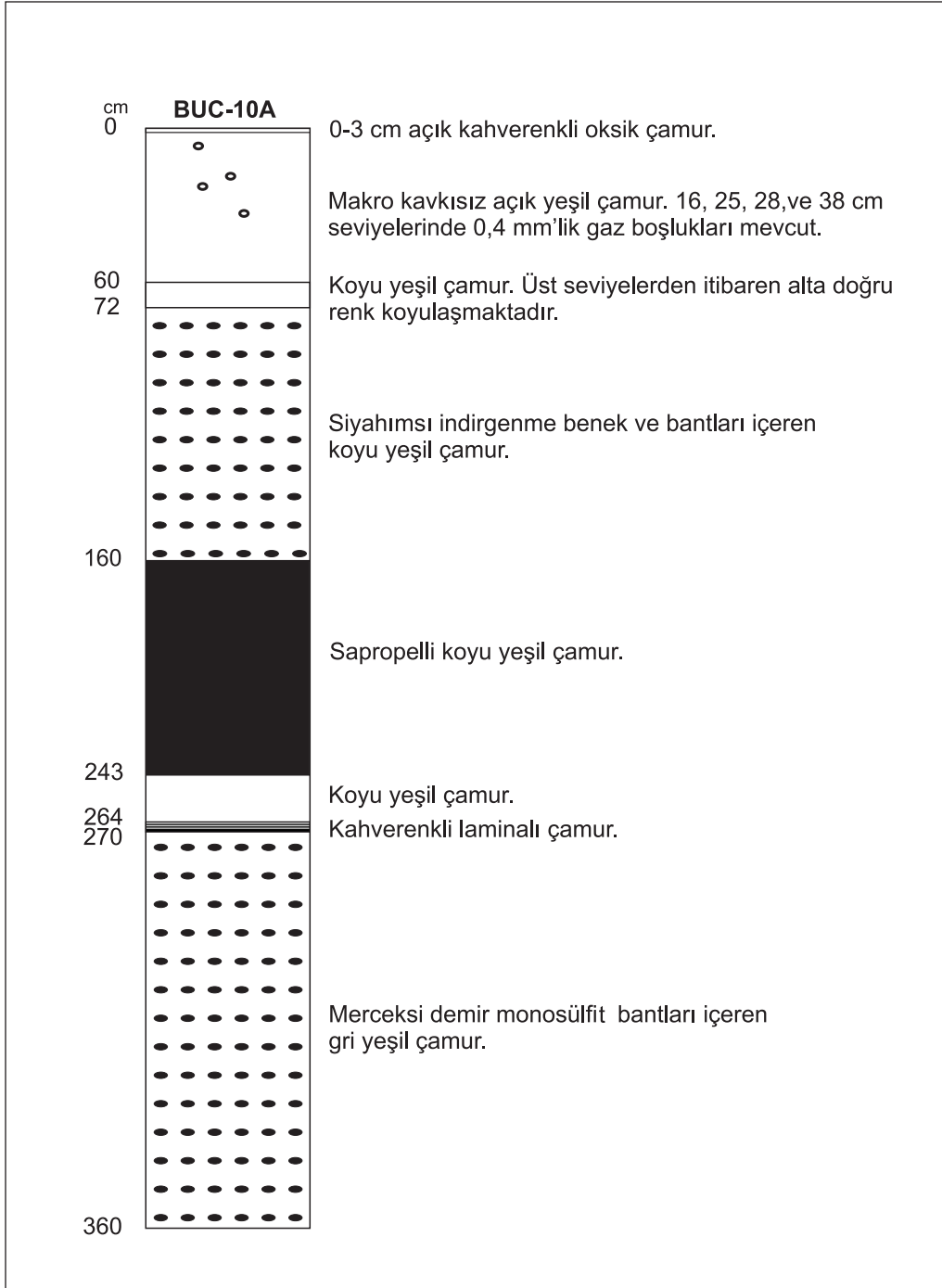
Büyükçekmece'nin 12 km açığından alınan BUC10-A karotu göl ve deniz ortamında çökeliş iki birimden oluşmaktadır (Şekil 3). Üstte 2.70 m kalınlıkta ve denizel koşullarda çökeliş birim 1 bulunmaktadır. Karot, üstten alta doğru 0-3 cm arasında açık kahve renkli çamur, 0.03-0.60 m arasında açık yeşil, gaz boşlukları içeren homojen çamur, 0.60 - 0.72 ve 2.43 - 2.64 m'ler arasında koyu yeşil homojen çamur birimi içermektedir. Karotun 0.72 m ile 1.60 m'leri arası siyahımsı indirgenme benek ve bantları içeren koyu yeşil çamurdan oluşur. 1.60 -2.43 m'leri arasında sapropelli koyu yeşil çamur birimi altındaki ve üstündeki birimlerden keskin sınırlarla ayırt edilir. Birim 1'in en son gözlendiği seviye 2.64 ile 2.70 m arasında olup, kahve renkli laminalı çamurdan oluşur. BUC-10A karotunda 2.70 - 3.60 m aralığında önceki araştırmacıların (Çağatay ve diğerleri 2000) Birim 2 olarak isimlendirdikleri günümüzden 12 bin yıl önce göl koşullarında depolanmış çökel istifi tespit edilmiştir. Birim 2, siyahımsı renkli ve merceksi demir monosülfid bantları içeren, makro fosilsiz, gri yeşil homojen çamurdan oluşur.

Sediment karotlarının toplam organik karbon ve karbonat dağılımı

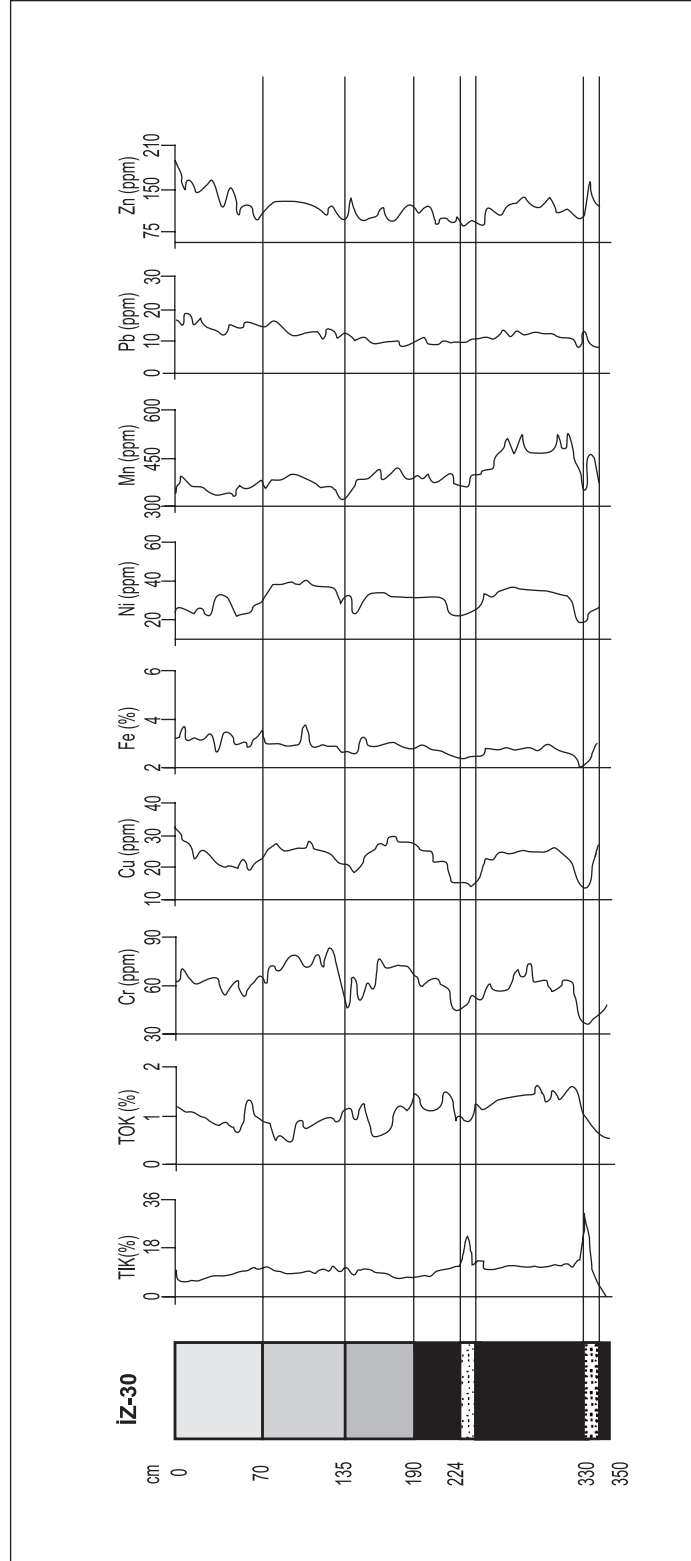
İZ-30 sediment karotunda TOK miktarı ağırlıklı olarak %0.40-1.70 arasında değişmektedir (Şekil 4). Yüksek organik karbon değerleri (> %1.0) 0-0.18, 0.55-0.63, 1.35-1.43 ve 1.76-2.24 m ara-



Şekil 2- İZ-30 sediment karotunun litolojisi.



Şekil 3- BUC-10A sediment karotunun litolojisi.



Şekil 4- İZ-30 sediment karotunun TOK, TIK ve metal değerlerinin dağılımı.

lıklarında tespit edilmiştir. Karot boyunca ölçümü yapılan 71 adet sediment örneğinin ortalama TOK miktarı %1.05'tir. TİK miktarı ağırlıklı olarak %0.25 ile %31.10 arasında değişmektedir (Şekil 4). Karottaki karbonat içeriğinin önemli bölümünü bentik organizmaların karbonatlı kavkı ve kavkı kırıntıları oluşturmaktadır. TİK içeriği karot boyunca bol kavkılı birimlerin bulunduğu 2.36-2.37 (%22.90) ve 3.30-3.33 m (%31.10) aralıkları dışında dar bir aralıkta (%0.25-14.20) değişmektedir.

BUC-10A karotunda TOK değerleri %0.5 ile %4.1 arasında değişmektedir (Şekil 5). En yüksek TOK değeri (%4.1) 1.60-1.63 ve 1.70-1.73 m seviyelerinde bulunmuştur. Sapropelli koyu yeşil çamurun bulunduğu 1.60-2.43 m aralığında TOK değerlerinin tümü %2'den büyüktür. BUC-10A karotunda TİK miktarı %12.10-34.30 aralığında değişmekte olup, genel olarak karot yüzeyinden karot tabanına doğru artarak 2.83 m'de en yüksek değerine ulaşır (Şekil 5). Bu seviyeden itibaren karot tabanına doğru toplam inorganik karbonat değeri azalarak 3.53 m'de %19.30 değerine düşer.

Karotlarda Cr, Cu, Fe, Ni, Mn, Pb ve Zn dağılımı

İZ-30 karotunda toplam 71 seviyede Cr, Cu, Fe, Ni, Mn, Pb ve Zn değerleri tespit edilmiştir. Bu metallerin değişim aralıkları sırası ile 39-87 ppm, 13-32 ppm, % 2.10-4.80, 18-41 ppm, 315-528 ppm, 7-21 ppm ve 78-185 ppm'dir; Bu metallerin ortalama konsantrasyon değerleri Cr için 65 ppm, Cu için 23.50 ppm, Fe için % 3, Mn için 393 ppm, Ni için 31 ppm, Pb için 12 ppm ve Zn için 112 ppm'dir (Şekil 4). Cr, Cu ve Ni dağılımları İZ-30 karotu boyunca benzer davranışlar gösterir (Şekil 4). Bu metallerin birlikte hareket ettikleri gerek karot boyunca olan dağılımlarından, gerekse aralarında normal pozitif korelasyon katsayısından ($r > 0.5$) da anlaşılmalıdır (Çizelge 2). Fe, Mn, Pb ve Zn ile TİK ve TOK değerleri aralarında zayıf pozitif ya da negatif korelasyon katsayıları gösterirler. İZ-30 karotunda çinko

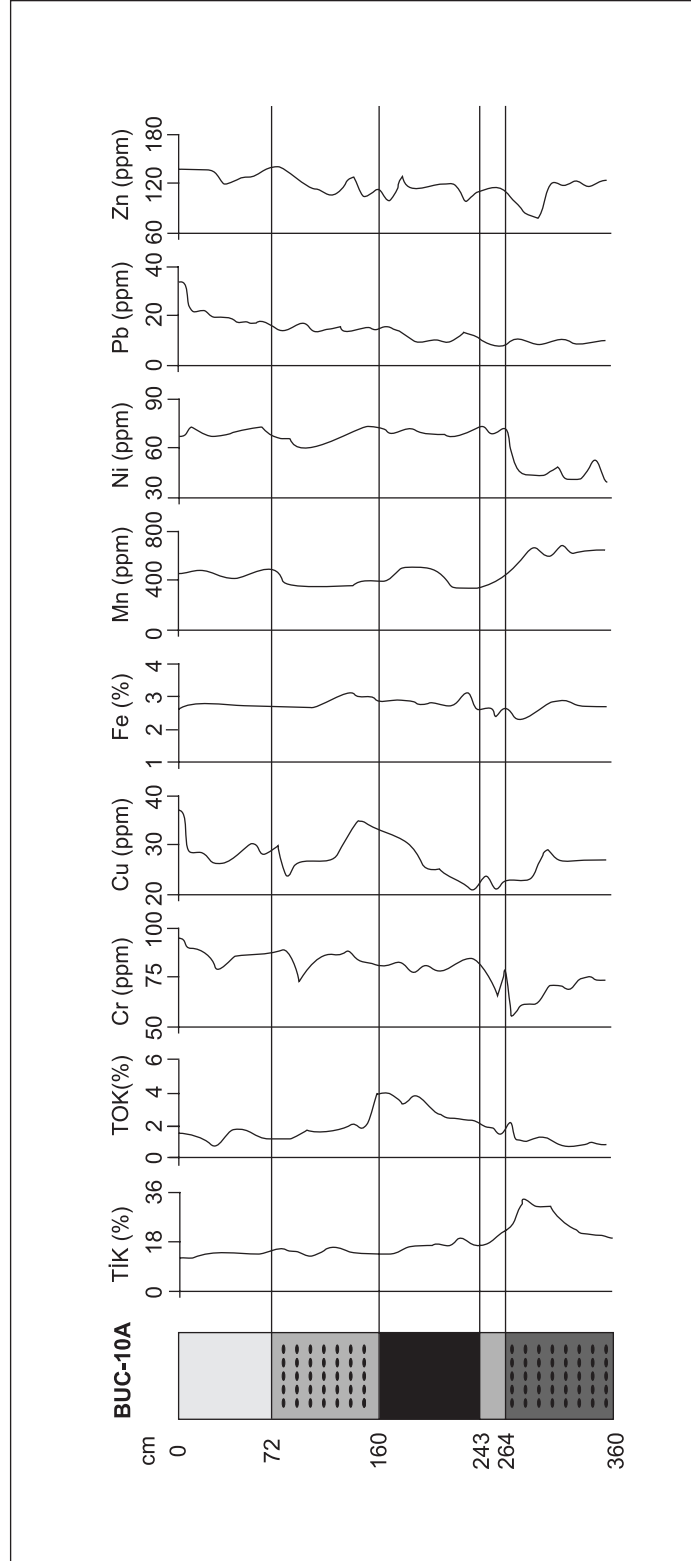
değerleri dışında ölçümü yapılan ağır metallerin tümü dünya şeyl ortalamasındaki değerlerinden (Krauskopf 1985) düşüktür.

BUC-10A sediment karotunda 37 numunede Cr, Cu, Fe, Ni, Mn, Pb ve Zn değerleri ölçülmüştür (Şekil 5). Bu elementlerin ortalama değerleri ve değişim aralıkları (parantez içinde verilmiş): Cr 80 ppm (55-96 ppm), Cu 27 ppm (21-37 ppm), Fe %2.75 (% 2.30-3.15), Ni 63 ppm (39-74 ppm), Mn 468 ppm (345-693 ppm), Pb 15 ppm (9-34 ppm) ve Zn 118 ppm (79-143 ppm). BUC-10A karot sedimentlerinde saptanan ağır metaller dünya geneli ortalama şeyl metal değerleri (Krauskopf, 1985) ile kıyaslandığında; Cr, Cu, Fe, Ni, Mn ve Pb konsantrasyonları şeyl ortalamasının altında kalmakta, oysa Zn konsantrasyonları şeyl ortalamasının 1.43 katına ulaşmaktadır. Karot yüzeyinde (0-3 cm aralığında) Cu, Cr ve Pb konsantrasyonları en yüksek değerlerde iken, toplam inorganik karbonat miktarının yüksek olduğu ($> \%30$ CaCO₃, Şekil 5) 2.80-3.03 m aralığında en düşük konsantrasyon değerleri gösterir. Metallerin birbirleri ile, TİK ve TOK ile aralarında yapılan korelasyon katsayıları dağılımı çizelge 3'de verilmiştir. Bu çizelgeye göre normal pozitif korelasyon katsayıları Zn ile Cu ($r=0.74$), Cr ile Ni ($r=0.68$), Ni ile Fe ($r=0.55$), Pb ile Zn ($r=0.52$) çiftleri arasında tespit edilirken, diğer elementler birbirleri ile zayıf pozitif veya negatif korelasyon katsayısı gösterir.

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Fay boyunca akışkan çıkışlarının çökellerdeki olası etkileri

İZ-30 ve BUC-10A karotları KAFZ üzerinde alınmıştır. Bu nedenle söz konusu karotların sedimentolojik ve jeokimyasal açıdan KAFZ'dan gelen akılardan bir şekilde etkilenmiş olması beklenen bir durumdur. Aktif fay zonlarında hidrotermal çıkışlara yakın yerlerde hidrotermal cevherleşme grubu elementlerinden Ba, Co, Cu, Ni, Pb, V ve Zn'nin zenginleştiği görülür (Hodkinson ve Cronan, 1995; Gamberi ve diğerleri, 1997; Kuhn



Şekil 5- BUC-10A sediment karotunun TOK, TİK ve metal değerlerinin dağılımı.

Çizelge 2- İZ-30 sediment örneklerinin parametreleri arasında korelasyon katsayıları.

	Mn	Fe	Cu	Ni	Pb	Cr	Zn	TOK	TİK
Mn	1								
Fe	-0.24	1							
Cu	0.16	0.51	1						
Ni	0.31	0.20	0.56	1					
Pb	-0.26	0.53	0.32	0.02	1				
Cr	-0.01	0.51	0.73	0,71	0.31	1			
Zn	0.29	0.41	0.33	-0.04	0.65	0.20	1		
TOC	0.47	-0.15	0.08	0.08	-0.11	-0,02	-0.06	1	
TİK	0.26	-0.54	-0.44	-0.14	-0.30	-0.32	-0.34	0.17	1

Çizelge 3- BUC-10A sediment örneklerinin parametreleri arasında korelasyon katsayıları.

	Mn	Fe	Cu	Ni	Pb	Zn	Cr	TOK	TİK
Mn	1								
Fe	-0.22	1							
Cu	-0.03	0.36	1						
Ni	-0.73	0.37	0.31	1					
Pb	-0.23	0.12	0.59	0.41	1				
Zn	-0.13	0.26	0.36	0.33	0.54	1			
Cr	-0.53	0.37	0.45	0.70	0.62	0.61	1		
TOC	-0.40	0.42	0.35	0.59	0.004	-0.18	0.16	1	
TİK	0.54	-0.49	-0.56	-0.72	-0.65	-0.60	-0.84	-0.32	1

ve diğerleri, 2000). Cronan ve Hodkinson (1997) Pasifik güney batısı Lau havzasında metallerin birikim hızlarını Mn 32.000 $\mu\text{g cm}^{-2} \text{ka}^{-1}$, Fe 52.100 $\mu\text{g cm}^{-2} \text{ka}^{-1}$, Ba 604 $\mu\text{g cm}^{-2} \text{ka}^{-1}$, V 234 $\mu\text{g cm}^{-2} \text{ka}^{-1}$, Co 29 $\mu\text{g cm}^{-2} \text{ka}^{-1}$, Ni 109 $\mu\text{g cm}^{-2} \text{ka}^{-1}$, Cu 266 $\mu\text{g cm}^{-2} \text{ka}^{-1}$, Zn 125 $\mu\text{g cm}^{-2} \text{ka}^{-1}$ ve Pb 44 $\mu\text{g cm}^{-2} \text{ka}^{-1}$ olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmalar gösteriyor ki hidrotermal kökenli sedimentler yüksek Fe, Mn, Cu, Zn, ve Pb değerleri içerir. KAFZ üzerinde alınan İZ-30 ve BUC-10A sediment karotlarında bu metallerin zenginleşmediği tespit edilmiştir (Şekil 4, 5). Söz konusu hidrotermal cevher grubu metallerde herhangi bir zenginleşme olmayıp, değerler normal yarı-pelajik çökel değerlerini temsil etmektedir. Çinko'daki zenginleşmenin yüzeye yakın (0-0.5 m) kısımlarda olması antropojenik girdiler ile açıklanabilir. Sonuç olarak İZ-30 ve BUC-10A karotlarının alındığı yerde hidrotermal bir akışkan verisi tespit edilememiştir. Meriç ve Suner (1995), Meriç ve diğerleri (1995) İzmit Körfezi Kaba Burun ile Hersek Burnu arasındaki karot verilerinden hareketle foraminiferlerin fay boyunca gelen akışkanlardan ve gaz çıkışlarından etkilendiğini ve bir takım değişimlere uğradıklarını tespit etmişlerdir. Bu veri 1999 Kocaeli depreminden sonra İzmit Körfezi'nde Alpar (1999), Kuşçu ve diğerleri (2002, 2005)'nin deniz tabanında gaz çıkışları olduğunu tespit etmeleriyle de desteklenmektedir. Bütün bu veriler BUC-10A karotunun hemen yüzeyindeki (0-0.40 m aralığında) 0.4 mm çapındaki boşlukların gaz çıkışı izleri olabileceğini göstermektedir. Marmara Denizi'ndeki son araştırmalar tektonizmanın Marmara Denizi'nin farklı kesimlerinde fay zonu boyunca hidrotermal sıvı ve gaz çıkışlarının oluşmasında önemli faktör olduğunu göstermiştir (Armijo ve diğerleri, 2005; Zitter ve diğerleri, 2008; Geli ve diğerleri, 2008 ve Bourry ve diğerleri, 2009). Bütün bu çalışmalara rağmen Marmara Denizi'nde hidrotermal akışkan çıkışına rastlanılmamıştır.

Karotlarda tektonik faaliyet bulguları

KAFZ üzerinden alınan İZ-30 sediment karotu boyunca litolojik doku kavkı ve kavkı kırıntılı

fosillerinde yer aldığı kaba tane boyutlu çökellerle 2.24-2.50 ve 3.30-3.43 m aralıklarında bariz bir şekilde bozulmuştur (Şekil 2). İZ-30 karotundaki bu değişim toplam inorganik karbonat dağılım eğrisi ile desteklenmektedir (Şekil 4). 2.24-2.50 m arasında alt ve üst sınırlarının oldukça keskin dokuaklı, kötü derecelenmeli, bol kavkılı ve kavkı kırıntılı kumlu silt birimi tanımlanmıştır. Bu özelliklere sahip istifler kütle akmaları olarak tanımlanırlar (Johson, 1970; Hampton, 1972; Middleton ve Hampton, 1973; Shanmugan ve diğerleri., 1995). Bu birimin hemen üstünde (2.23-2.24 m) AMS ^{14}C yaşlandırması GÖ 3276 \pm 48 yılını vermiştir. Normal denizel ortamlarda kütle akmalarını tetikleyen unsurlar; volkan patlamaları (Kastens ve Cita 1981; Cita ve Rimoldi 1997), yüksek gelgit (Bjerrum 1971; Wisenam ve diğerleri. 1986), düşük deniz seviyesi (Hampton ve diğerleri., 1996; Lee ve diğerleri., 1996), şelf kenarında ve üst yamaçta hızlı çökel birikimi, fırtına dalgaları, gaz hidrat bozuşmalarına bağlı olarak gaz çıkışları (Hampton ve diğerleri. 1996; Lee ve diğerleri 1996) ve depremlerdir. Marmara Denizi ve çevresinde son birkaç yüz bin yılda volkanik aktivite gözlenmemiştir. Marmara denizine en yakın tarihteki volkan patlaması günümüzden 3500 yıl önce Ege Denizi'ndeki Santorini'de gerçekleşmiştir (Druitt ve diğerleri, 1989). Bu volkanik patlama çalışma alanında ayırt edilen kütle akmasından yaklaşık 200 yıl önce gerçekleşmiştir. Bu nedenle İzmit Körfezi'ndeki kütle akmasının tetikleyen gücün volkanik patlama olması mümkün değildir. Kütle akmasını tetikleyen faktörlerden gelgit akıntıları ise çalışma alanının küçük bir iç deniz olması ve düşük ölçekli (8-10 cm) gelgit salınıminin (Damoc 1971; Alpar ve Yüce 1998) olması nedeni ile göz ardı edilebilir. Marmara Denizi'ndeki su seviyesinin günümüzden 12 bin yıl önce yükselmeye başlaması (Aksu ve diğerleri.1999, 2002; Çağatay ve diğerleri, 2000; Hiscott ve Aksu 2002; Kaminski ve diğerleri. 2002; Elmas ve diğerleri 2008) ve günümüz su seviyesi koşulları 4000 yıl öncesinden itibaren gelişmiş olması (Çağatay ve diğerleri, 2000; Mc Hugh ve diğerleri 2008), kütle akmalarını tetikleyen nedenlerden biri olarak gösterilen düşük de-

niz seviyesi ihtimalini zayıflatmaktadır. İzmit Körfezi fırtına dalgalarının (10-15 m) oluşması için uygun bir körfez değildir. Bu sebeple fırtına dalgaları İzmit körfezindeki kütle akmalarını tetikleyen unsur olarak görülmez. İzmit Körfezi'ne boşalan derelerin boylarının kısa, drenaj alanlarının dar ve debilerinin düşük olması nedeniyle şelf kenarında ve üst yamaçta hızlı depolanmaya neden olmazlar. Ayrıca güncel depolanmanın kıyıya yakın bir yerde olması, İZ-30 karotunun dere ağızlarına uzak oluşu, kütle akmalarını tetikleyen nedenlerden biri olarak gösterilen şelf kenarında ve üst yamaçta hızlı çökel birikimi olasılığını zayıflatmaktadır. İzmit Körfezi su derinliği gaz hidrat oluşumuna uygun değildir. Gaz hidratlar genelde 14 °C sıcaklıkta ve 1000 m'den daha derin sedimentlerde oluşurlar (Kvenvolden, 1993). Ancak Marmara Denizi'de aktif fay hareketlerine bağlı olarak fay kırıklarında gaz ve sıvı çıkışlarının olduğu bilinmektedir (Alpar, 1999; Kuşçu ve diğerleri 2005, 2008; Geli ve diğerleri 2008; Zitter ve diğerleri 2008). Sonuç olarak, İZ-30 karotundaki kütle akmasını büyük bir olasılıkla depremler ve depremler sırasında açığa çıkan gazlar tetiklemektedir. Çalışma alanı tektonik olarak oldukça aktiftir. Son 2000 yılda tarihsel dönemde olmuş ve şiddeti 9'a eşit veya büyük olan deprem sayısı 20 civarında iken, aletsel dönemde 5 ve 5'ten büyük 73 deprem meydana gelmiştir (Ambraseys ve Finkel 1991; Ambraseys 2002). Bölgede sismik aktivitesinin bu denli yüksek olması, ayrıca Marmara Denizi'nin değişik alanlarında karot sediment örneklerinde tarihsel depremlerle eş zamanlı sismo türbiditik seviyeler ayırt edilmesi (Başaran 2002; Sarı 2004; Sarı ve Çağatay 2006; McHugh ve diğerleri, 2006) gibi veriler kütle akmalarını tetikleyen en önemli faktörün tektonik aktivite olduğunu gösterir.

Su seviyesi değişimi bulguları

Son buzul maksimum döneminin sona ermesiyle dünya denizlerinin su seviyesi giderek yükselmiş (Fairbanks, 1989) ve Akdeniz suları günümüzden 12 000 yıl önce Çanakkale boğazını

aşarak Marmara Denizi'ne akmaya başlamıştır (Çağatay ve diğerleri, 2000, 2003; Aksu ve diğerleri, 2002; Kaminski ve diğerleri, 2002; McHugh ve diğerleri, 2008). Bu bağlantıdan itibaren Marmara Denizi'ndeki su seviyesi dünya deniz seviyesine paralel olarak yükselmiştir. (Çağatay ve diğerleri, 2000; Algan ve diğerleri, 2001; Aksu ve diğerleri, 2002; Kerey ve diğerleri, 2004; Eriş ve diğerleri, 2007; Elmas ve diğerleri, 2008). Fakat buzul döneminden buzul arası döneme geçişte yükselen su seviyesinin Marmara Denizi'nde 'Younger Dryas' (G.Ö. 11-10 bin yılları) süresince kesintiye uğradığı -65 m'deki eski kıyı çizgisi ve taraça seviyelerinin varlığından da anlaşılmaktadır (Çağatay ve diğerleri, 2003; Newman 2003; Eriş ve diğerleri, 2007). İZ-30 karotunun homejen çamur yapısı karot tabanına yakın 3.30-3.43 m arasında tekrar bozulmuştur. Bu seviye kavkı ve kavkı kırıntılı yuvarlanmış çakılcıklı siltli kum birimi içermiş olup, yüksek enerjili eski bir kıyı olarak yorumlanmıştır. Bu kıyı seviyesinin hemen üzerinde 3.30 m'de AMS ¹⁴C yaş tayini GÖ 9364±64 yıl yaşını vermektedir. Bu yaş ve derinlik (-49.5 m) dünya su seviyesi değişim eğrisiyle (Fairbanks 1989) ve İstanbul Boğazı'nın doğusunda bulunan Kurbağalı Dere Delta paketi ile uyumludur (Göktaşan ve diğerleri, 2005; Eriş ve diğerleri, 2007).

Büyükçekmece'nin 12 km açığından alınan BUC10-A karotu denizel (0-2.70 m) ve gölsel (2.70-3.60 m) ortam koşullarında çökeliş birimlerinden oluşmaktadır (Şekil 3). Marmara Denizi için karottaki TOK dağılımı önemli kronostratigrafik ve paleo-öşinografik bulgular içerir (Şekil 4 ve 5). BUC-10A sediment karotunda, 1.60-2.43 m aralığında sapropel sediment tabakası ayırt edilmiştir. Bu çökelin oluşum yaşı önceki araştırmacılar tarafından GÖ 10.6-6.4 bin yıl (kalibre edilmemiş) olarak bulunmuştur (Çağatay ve diğerleri, 1999, 2000). Fosil bulguları bu tabakanın çökeliş sırasında dip suyunda oksijenin azaldığına işaret etmektedir (Çağatay ve diğerleri 1999, 2000). Marmara Denizi sapropellik çökellerinin organik maddesi büyük ölçüde karasal

kökenlidir ve günümüze yaklaştıkça yükselen su seviyesi ile birlikte karot alınan yerin karadan uzaklaşması sonucu çökellerdeki denizel kökenli organik malzeme oranının arttığı görülmüştür (Tolun 2002).

KATKI BELİRTME

Bu çalışma İstanbul üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliği (proje T-1189/01112001) kapsamında gerçekleştirilmiştir. Karot alımlarını gerçekleştiren RV Urania gemisi kaptanı ve çalışanlarına, makaleyi inceleyen hakemlerden Dr. İsmail KUŞÇU ve diğer iki hakeme yararlı görüş ve önerilerinden dolayı teşekkürlerimizi sunarız.

Yayına verildiği tarih, 20 Mayıs 2009

DEĞİNİLEN BELGELER

- Abrajano, T., Aksu, A.E., Hiscott, R.N. ve Mudie, P.J. 2002. Aspects of carbon isotope biogeochemistry of late Quaternary sediments from the Marmara Sea and Black Sea. *Marine Geology*, 190,151-164.
- Aksu, A.E., Hiscott, R.N. ve Yafiar, D. 1999. Oscillating Quaternary water levels of the Marmara Sea and vigorous outflow into the Aegean Sea from the Marmara Sea-Black Sea drainage corridor. *Marine Geology*, 153, 275-302.
- _____, _____, Kaminski, M.A., Mudie, P.J., Gillespie, H., Abrajano, T. ve Yafiar, D. 2002. Last glacial-Holocene palaeoceanography of the Black Sea and Marmara Sea: stable isotopic, foraminiferal and coccolith evidence. *Marine Geology*, 190, 119-149.
- Algan, O., Çağatay, M.N., Tchepalyga, A., Ongan, D., Eastoe, C. ve Gökaşan, E., 2001. Stratigraphy of the sediment infill in Bosphorus Strait: water exchange between the Black and Mediterranean Seas during the last glacial-Holocene. *Geo-Marine Letter*, 20, 209-218.
- Alpar, B. 1999. Underwater signatures of the Kocaeli earthquake of 17 August 1999 in Turkey. *Turkish Journal of Marine Sciences*, 5, 111-130.
- _____, ve Yüce, H. 1998. Sea-level variations and their interactions between the Black Sea and the Aegean Sea. *Estuar Coast Shelf Sciences*, 46, 609-619.
- _____, ve Yalıtırak, C. 2002. Characteristic features of the North Anatolian Fault in the eastern Marmara region and its tectonic evolution. *Marine Geology*, 190(1-2), 329-350.
- _____, Altınok, Y., Gazioğlu, C. ve Yücel, Z.Y. 2003. Tsunami hazard assesment in İstanbul (İstanbul'da tsunami tehlikesinin değerlendirilmesi). *Turkish Journal of Marine Sciences*, 9(1), 3-29.
- _____, Gazioğlu, C., Altınok, Y., Yücel, Z.Y. ve Cengiz, Ş. 2004. Tsunami hazard assessment in İstanbul using by high resolution satellite data (IKONOS) and DTM, XXth Congress International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 12- 23 July 2004, İstanbul. Commission TS, WG VII/5 (printed in CD).
- Altınok, Y. ve Alpar, B. 2006. Marmara Island Earthquakes of 1265 and 1935; Turkey. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 6, 999-1006.
- Ambraseys, N. N. 2002. The seismic activity of the Marmara Region over the last 2000 years. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 92, 1-18.
- _____, ve Finkel, C.F. 1991. Long-term seismicity of İstanbul and of the Marmara Sea region. *Terra*, Oxford, 3, 527-539.
- Armijo, R., Meyer, B., Navarro, S. ve King, G. 2002. Asymmetric slip partitioning in the Sea of Marmara pull-apart: a clue to propagation processes of the North Anatolian Fault? *Terra Nova*, 13, 80-86.

- Armijo, R., Pondard, N., Meyer, B., Uçarkuş, G., Mercier de Lepinay, B., Malavieille, J., Dominguez, S., Gustcher, M.A., Schmidt, S., Beck, C., Çağatay, N., Çakır, Z., Imren, C., Eris, K., Natalin, B., Özalaybey, S., Tolun, L., Lefevre, I., Seeber, L., Gasperini, L., Rangin, C., Emre, Ö. ve Sarıkavak, K. 2005. Submarine Fault scarps in the Sea of Marmara pull-apart (North Anatolian Fault): implications for seismic hazard in Istanbul. *Geochemistry, Geophysics and Geosystems*, 6, 1-29.
- Başaran, S. 2002. Marmara Denizi'nde kütle hareketi kökenli depoların sedimentolojik özellikleri. İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi 72 sayfa (yayımlanmamış).
- Beck, C., Mercier de Lepinay, B., Schneider, J.-L., Cremer, M., Çağatay, N., Wendenbaum, E., Boutareaud, S., Menot-Combes, G., Schmidt, S., Weber, O., Eris, K., Armijo, R., Meyer, B., Pondard, N., Gutcher, M.-A., Turon, J.L., Labeyrie, L., Cortijo, E., Gallet, Y., Bouquerel, H., Görür, N., Gervais, A., Castera, M.H., Londeix, L., de Resseguier, A. ve Jaouen, A. 2007. Late quaternary co-seismic sedimentation in the Sea of Marmara's deep basins. *Sedimentary Geology*, 199 (1-2), 65-89.
- Beşiktepe, T., Sur, H. I., Özsoy, E., Latif, M. A., Oğuz, T. ve Ünlüata, U. 1994. The circulation and hydrography of the Marmara Sea. *Progress in Oceanography*, 34, 285-334.
- Bjerrum, L. 1971. Subaqueous slope failures in Norwegian fjords. *Norwegian Geotechnical Institute Bulletin*, 88, 1-8.
- Bourry, C., Chazallon, B., Charlou, J. L., Donval, J. P., Ruffine, L., Henry, P., Geli, L., Cagatay, M. N., Inan, S. ve Moreau, M. 2009. Free gas and gas hydrates from the Sea of Marmara, Turkey. Chemical and structural characterization. *Chemical Geology*, 264 (1-4), 197-206.
- Cita, M. B. ve Rimoldi, B. 1997. Geological and geophysical evidence for the Holocene tsunami deposit in the eastern Mediterranean deep-sea record. *Journal of Geodynamics*, 24 (1-4), 293-304.
- Cronan, D. S. ve Hodkinson, R. A. 1997. Geochemistry of hydrothermal sediments from ODP Sites 834 and 835 in Lau Basin, Southwest Pacific. *Marine Geology*, 141, 237-268.
- Çağatay, N., Algan, A., Sakıncı, M., Eastoe, C., Ongan, D. ve Caner, H. 1999. A Late Holocene sapropellic sediment unit from the southern Marmara shelf and its palaeoceanographic significance. *Quaternary Geology Reviews*, 18, 531-540.
- _____, Görür, N., Algan, A., Eastoe, C.J., Tchapylyga, A., Ongan, D., Kuhn, T. ve Kuşcu, İ. 2000. Late Glacial-Holocene palaeoceanography of the Sea of Marmara: timing of connections with the Mediterranean and the Black Sea. *Marine Geology*, 167, 191-206.
- _____, Polonia, A., Demirbağ, E., Sakıncı, M., Cormier, M.-H., Capotondi, L., McHugh, C., Emre, Ö. ve Eriş, K. 2003. Sea level changes and depositional environments in the İzmit Gulf, eastern Marmara Sea, during the late glacial-Holocene period. *Marine Geology*, 202, 159-173.
- DAMOC 1971. Master plan and feasibility report for water supply and sewerage for Istanbul region. Prepared by the DAMOC Consortium for WHO, Los Angeles, CA, vol. III, part II and III.
- Demirbağ, E., Rangin, C., Le Pichon, X. ve Şengör, C. A. M. 2003. Investigation of the tectonics of the main Marmara Fault by means of deep-towed seismic data. *Tectonophysics*, 361, 1-19.
- Druitt, T. H., Mellors, R. A., Pyle, D. M. ve Sparks, R. S. J. 1989. Explosive volcanism on Santorini, Greece. *Geological Magazine*, 126 (2), 95-126.

- Elmas, K. E., Algan, O., Öngen, Ö. İ., Struck, U., Altenbach A. V., Sağular, E. K. ve Nazik., A 2008. Palaeoenvironmental investigation of sapropelic sediments from the Marmara Sea: A biostratigraphic approach to palaeoceanographic history during the Last Glacial-Holocene. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17, 129-168.
- Eriş, K. K., Ryan, W. B. F., Çağatay, M. N., Sancar, U., Lericolais, G., Ménot, G. ve Bard, E., 2007. The timing and evolution of the post-glacial transgression across the Sea of Marmara shelf south of İstanbul. *Marine Geology* 243, 57-76.
- Fairbanks, R. G. 1989. A 17,000 - year glacio-eustatic sea level record: influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation. *Nature*, 342, 637-642.
- Gamberi, F., Marani, M. ve Savelli, C. 1997. Tectonic, volcanic and hydrothermal features of a submarine portion of the Aeolian arc (Tyrrhenian Sea). *Marine Geology*, 140, 167-181.
- Gaudette, H., Flight, W., Tanner, L. ve Folger, D.W. 1974. An inexpensive titration method for the determination of organic carbon in recent sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*, 44, 249-253.
- Geli, L., Henry, P., Zitter, T., Dupre, S., Tryon, M., Çağatay, M.N., Mercier de Lepinay B., Le Pichon, X. , Şengör , A. M. C., Görür, N., Natalin, B., Uçarkuş, G., Özeren, S., Volker, D., Gasperini, L., Burnard, P. ve Bourlange, S. 2008. The Marnaut Scientific Party, 2008. Gas emissions and active tectonics within the submerged section of the North Anatolian Fault zone in the Sea of Marmara. *Earth and Planetary Science Letters*, 274, 34-39.
- Gökaşan, E., Alpar, B., Gazioğlu, C., Yücel, Z.Y., Tok, B., Doğan, E., ve Güneysu, C. 2001. Active tectonics of the İzmit Gulf (NE Marmara Sea): from high resolution seismic and multi-beam bathymetry data. *Marine Geology*, 175 (1-4), 271-294.
- Gökaşan, E., Gazioğlu, C., Alpar, B., Yücel, Z. Y., Ersoy, Ş., Gündoğdu, O., Yalıtırak, C. ve Tok, B. 2002. Evidences of NW extension of the North Anatolian Fault Zone in the Marmara Sea; a new approach to the 17 August 1999 Marmara Sea earthquake. *Geo-Marine Letters*, 21, 183 - 199.
- _____, Ustaömer, T., Gazioğlu, C., Yücel, Z.Y., Öztürk, K., Tur, H., Ecevitöğlü, B., ve Tok, B. 2003. Active tectonics of the Marmara Sea. Morpho-tectonic evolution of the Marmara Sea inferred from multi-beam bathymetric and seismic data. *Geo-Marine Letters*, 23(1),19-33.
- _____, Algan, O., Tur, H., Meriç, E., Türker, A. ve Şimşek, M. 2005. Delta formation at the southern entrance of İstanbul Strait (Marmara Sea, Turkey): a new interpretation based on high-resolution seismic stratigraphy. *Geo-Marine Letters*, 25, 370-377.
- Gürbüz, C., Aktar, M., Eyidoğan, H., Cisternas, A., Haessler, H., Barka, A., Ergin, M., Türkelli, N., Polat, O., Üçer, S. B., Kuleli, S., Barış, S., Kaypak, B., Bekler, T., Zor, E., Biçmen, F. ve Yörük, A. 2000. The seismotectonics of the Marmara Region (Turkey): results from a microseismic experiment. *Tectonophysics*, 316, 1-17.
- Halbach, P., Kuşçu, İ., Kuhn, T., Pekdeğer, A. ve Seifert, R. 2000. Methane in sediments of the deep Marmara Sea and its relation to local tectonic structures: NATO Advanced Research Seminar: integration of earth sciences research on the 1999 Turkish and Greek earthquakes and needs for future cooperative research seminar abstract book 74-75, 14-17 May 2000, İstanbul.
- _____, _____, Inthorn, M., Kuhn, T., Pekdeğer A. ve Seifert, R. 2002. Methane in sediments of the deep Marmara Sea and its relation to local tectonic structures. In: Görür, N., Papadopoulos, G. A., Okay, N. (eds) *Integration of*

Earth Science Research on the Turkish and Greek 1999 Earthquakes. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, NATO Science Series, IV. Earth and Environmental Sciences, 9, 71-85.

- Hampton, M. A. 1972. The role of subaqueous debris flow in generating turbidity currents: *Journal of sedimentary Petrology*, 42, 775-793.
- _____, Lee, H. J. ve Locat, J. 1996. Submarine landslides. *Reviews of Geophysics*, 34, 33-59.
- Hebert, H., Schindele, F., Altınok, Y., Alpar, B. ve Gazioğlu, C. 2005. Tsunami hazard in the Marmara Sea (Turkey): a numerical approach to discuss active faulting and impact on the İstanbul coastal areas. *Marine Geology*, 215, 23-43.
- Hiscott, R. N. ve Aksu, A. E. 2002. Late Quaternary history of the Marmara Sea and Black Sea from high-resolution seismic and gravity-core studies. *Marine Geology*, 190, 261-282.
- Hodkinson, R. A. ve Cronan, D. S. 1995. Hydrothermal sedimentation at ODP sites 834 and 835 in relation to crustal evolution of the Lau Backarc Basin. In: Parson, L. M., Walker, C. L., Dixon, D. R., (Eds.), *Hydrothermal vents and processes*. The Geological Society of London, 87, 231-248
- İmren, C., Le Pichon, X., Rangin, C., Demirbağ, E., Ecevitöğlü, B. ve Görür, N. 2001. The North Anatolian Fault within the Sea of Marmara: a new interpretation based on multi-channel seismic and multi-beam bathymetry data. *Earth and Planetary Science Letters*, 186, 143-158.
- Johnson, A. M. 1970. *Physical Processes in Geology*: San Francisco (Freeman, Cooper and Co) Calif., 577 p.
- Kaminski, M. A., Aksu, A., Box, M., Hiscott, R.N., Filipescu, S. ve Alsalamien, M. 2002. Late glacial to Holocene benthic foraminifera in the Marmara Sea: implications for Black Sea-Mediterranean Sea connections following the last deglaciation. *Marine Geology*, 190, 165-202.
- Kastens, K. A. ve Cita, M. B. 1981. Tsunami induced sediment transport in the Abyssal Mediterranean Sea, *Bulletin of Geological Society of America*, 92, 845-857.
- Kerey, I.E., Meriç, E., Tunoğlu, C., Kelling, G., Brenner, R.K. ve Doğan, A.U., 2004. Black sea-Marmara Sea Quaternary connections: new data from the Bosphorus, İstanbul, Turkey. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 204, 277-295.
- Krauskopf, K. B. 1985. *Introduction to geochemistry*, 2nd edition Mc Grawhill. Singapore, 617 p.
- Kuhn, T., Burger, H., Castrodiri, D. ve Halbach, P. 2000. Volcanic and hydrothermal history of ridge segments near the Rodrigues Triple Junction (Central Indian Ocean) deduced from sediment geochemistry. *Marine Geology*, 169, 391-409.
- Kuşçu, I., Okamura, M, Matsuoka, H. ve Awata, Y. 2002. Active faults in the Gulf of İzmit on the North Anatolian Fault, NW Turkey: a high-resolution shallow seismic study. *Marine Geology*, 190, 421-443.
- _____, _____, _____, Gökaşan, E., Awata, Y., Tur, H. ve Şimşek, M. 2005. Seafloor gas seeps and sediment failures triggered by the August 17, 1999 earthquake in the eastern part of the Gulf of İzmit, Sea of Marmara, NW, Turkey. *Marine Geology*, 215, 193-214.
- _____, Halbach P, Inthorn M., Kuhn T. ve Seifert R. 2008. 5The R/V Meteor Cruise Leg M44/1 in February 1999 in the Sea of Marmara: The First Multibeam Bathymetric Study and Analysis of Methane in Sediment and Water Columns.

- Turkish Journal of Earth Sciences, 17, 461-480.
- Kuşçu, İ., Okamura, M., Matsuoka, H., Yamamori, K., Awata, Y. ve Özalp, S. 2009. Recognition of active faults and stepover geometry in Gemlik Bay, Sea of Marmara, NW Turkey. *Marine Geology*, 260, 90-101.
- Kvenvolden, K. A. 1993. Gas Hydrates-Geological Perspective and Global Change. *Reviews of Geophysics*, 31, 173-187.
- Le Pichon, X., Şengör, A. M. C., Demirbağ, E., Rangin, C., Imren, C., Armijo, R., Görür, N., Çağatay, N., Mercier de Le'pinay, B., Meyer, B., Saatçılar, R. ve Tok, B. 2001. The active main Marmara Fault. *Earth and Planetary Science Letters*, 192, 595-616.
- _____, Chamot-Rooke, N., Rangin, C., ve Şengör, A. M. C. 2003. The North Anatolian Fault in the Sea of Marmara. *Journal of Geophysical Research*, 108 (B4), 2179.
- Lee, H. J., Chough, S. K. ve Yoon, S. H. 1996. Slope-stability change from late Pleistocene to Holocene in the Ulleung Basin, East Sea (Japan Sea). *Sediment Geology*, 104, 39-51.
- Loring, D. H. ve Rantala, R.T.T. 1992. Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter. *Earth-Science Reviews*, 32, 235-283.
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadariya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M. N. ve Veis, G. 2000. Global positioning system constraints on plate kinematics and dynamics in the Eastern Mediterranean and Caucasus. *Journal of Geophysical Research*, 105, 5695-5719.
- McHugh, C.M.G., Seeber, L., Cormier, M.-H., Dutton, J., Çağatay, M. N., Polonia, A., Ryan, W. B. F. ve Görür, N. 2006. Submarine earthquake geology along the North Anatolia Fault in the Marmara Sea, Turkey: A model for transform basin sedimentation. *Earth And Planetary Science Letters*, 248 (3-4), 661-684.
- _____, Gurung D., Giosan L., Ryan W. B. F., Mart Y., Sancar U., Burckle L. ve Çağatay, M. N. 2008. The last reconnection of the Marmara Sea (Turkey) to the World Ocean: A paleoceanographic and paleoclimatic perspective. *Marine Geology*, 255, 64-82.
- Meade, B. J., Hager, B. H., McClusky, S. C., Reilinger, R. E., Ergintav, S., Lenk, O., Barka, A. ve Öze-ner, H. 2002. Estimates of seismic potential in the Marmara Sea region from block models of secular deformation constrained by global positioning system measurements. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 92 (1), 208-215.
- Meriç, E., Yanko, V. ve Avşar, N. 1995. İzmit Körfezi (Hersek Burnu-Kaba Burun) Kuvaterner istifinin foraminifer faunası. İzmit Körfezi Kuvaterner İstifi, (Ed. Meriç, E.), 105-151, İstanbul.
- _____, ve Suner, F. 1995. İzmit Körfezi (Hersek Burnu-Kaba Burun) Kuvaterner istifinde gözlenen ter-mal veriler. İzmit Körfezi Kuvaterner istifi (Ed. E. Meriç), 81-90, İstanbul.
- Middleton, G. V. ve Hampton, M. A. 1973. Sediment gravity flows: mechanics of flow and deposi-tion. İn: Middleton, G. V., Bouma. A. H. (Eds.), *Turbidites and Deep - Water Sedimentation*. Pacific section Society of Economic Paleon-tologists and Mineralogists, Los Angeles CA, 1-38.
- Newman, K. R. 2003. Using Submerged Shorelines to Constrain Recent Tectonics in the Marmara Sea, Northwestern Turkey, Department of Geology, Senior Thesis, Smith College 49 p.

- Okay, A. I., Kaşlılar-Özcan, A., İmren, C., Boztepe-Güney, A., Demirbağ, E. ve Kuşçu, İ. 2000. Active faults and evolving strike-slip basins in the Marmara Sea, northwest Turkey: a multi-channel seismic reflection study. *Tectonophysics*, 321, 189-218.
- Patzold, J., Halbach, P. E., Hempel, G. ve Weikert, H. 2000. Ostliches Mittelmeer-Nordliches Rotes Meer 1999. Cruise No. 44, 22 January-16 May 1999. Meteor Berichte 00-3, Universität Hamburg, 240 p.
- Polonia, A., Cormier, M. H., Çağatay, N., Bortoluzzi, G., Bonatti, E., Gasperini, L., Seeber, L., Görür, N., Capotondi, L., McHugh, C., Ryan, W. B.F., Emre, Ö., Okay, N., Ligi, M., Tok, B., Blasi, A., Buseti, M., Eriş, K., Fabretti, P., Fielding, E. J., İmren, C., Kurt, H., Magagnoli, A., Morazzi, G., Özer, N., Penitenti, D., Serpi, G. ve Sarıkavak, K. 2002. Exploring submarine Earthquake Geology in the Marmara Sea. *Eos, Transactions. American Geophysical Union*, 83 (21), 235-236.
- _____. Gasperini, L., Amorosi, A., Bonatti, E., Bortoluzzi, G., Çağatay, M. N., Capotondi, L., Cormier, M. H., Görür, N., McHugh, C. M. G. ve Seeber, L. 2004. Holocene slip rate of the North Anatolian Fault beneath the Sea of Marmara. *Earth and Planetary Science Letters*, 227, 411-426.
- Rangin, C., Demirbağ, E., İmren, C., Crusson, A., Normand, A., Le Drezen, E. ve Le Bot, A. 2001. Marine Atlas of the Sea of Marmara (Turkey). 11 plates and 1 booklet. Special publication (ISBN 2-84433-068-1) by IFREMER Technology Center, Brest, France.
- _____. Le Pichon, X., Demirbağ, E. ve İmren, C. 2004. Strain localization in the Sea of Marmara: propagation of the North Anatolian Fault in a now inactive pull-apart. *Tectonics*, 23, 1-18.
- Sarı E. 2004. Marmara Denizi doğusunda çökel jeokimyası ve sedimentolojisi yöntemleri ile fay etkinliğinin araştırılması. İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü Doktora Tezi, 166 sayfa.
- Sarı E. ve Çağatay N. 2006. Turbidites and their association with past earthquakes in the deep Çınarcık Basin of the Marmara Sea. *Geo-Marine Letters*, 26, 69-76.
- Shanmugam, G., Bloch, R. B., Mitchell, S. M., Beamish, G. W. J., Hodgkinson, R. J., Damuth, J. E., Straume, T., Syvertsen, S. E. ve Shields, K. E. 1995. Basin - floor fans in the North Sea: sequence - stratigraphic models vs. sedimentary facies. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 79, 477-512.
- Siani, G., Paterne, M., Arnold, M., Bard, E., Metivier, B., Tisnerat, N. ve Bassinot, F. 2000. Radiocarbon reservoir ages in the Mediterranean Sea and Black Sea. *Radiocarbon*, 42, 271-280.
- Stuiver, M. ve Braziunus, T. 1993. Modelling atmospheric ¹⁴C influences and ¹⁴C ages of Marine Samples to 10,000 B.C. *Radiocarbon*, 35, 215-230.
- Tessier, A., Cambell, P.G.C. ve Bisson, M. 1979. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Analytical Chemistry*, 51, 844-850.
- Tinti, S., Armigliato, A., Manucci, A., Pagnoni, G., Zaniboni, F., Yalçiner, A.C ve Altınok, Y. 2006. The generating mechanisms of the August 17, 1999 İzmit Bay (Turkey) tsunami: Regional (tectonic) and local (mass instabilities) causes. *Marine Geology*, 225, 311-330.
- Tolun, L., Çağatay, N. ve Carrigan, W. J. 2002. Organic Geochemistry and Origin of Late Glacial-Holocene Sapropelic Layers and Associated Sediments in Marmara Sea. *Marine Geology*, 190, 47-60.
- Ünlüata, Ü., Oğuz, T., Latif, M. A. ve Özsoy, E. 1990. On the physical oceanography of the Turkish

- Straits. In: The Physical Oceanography of Sea Straits Pratt, L.J. (Ed.) NATO/ASI Series, Kluwer, Dordrecht, 25-60.
- Wisenam, W. J. Jr., Fan, Y. B., Bornhold, B.D., Keller, G.H., Su, Z. Q., Prior, D. B., Yu, Z. X., Wright, L. D., Wang, F. Q. ve Quian, Q. Y. 1986. Suspended sediment advection by tidal currents off the Huanghe (Yellow River) delta. *Geo-Marine Letters*, 6, 107-113.
- Yaltrak, C. 2002. Tectonic evolution of the Marmara Sea and its surroundings. *Marine Geology*, 190(1-2), 493-529.
- Zitter, T.A.C., Henry, P., Aloisi, G., Delaygue, G., Çağatay, M.N., Mercier de Lepinay B., Al-Samir, M., Fornacciari, F., Tesmer, M., Pekdeğer, A., Wallmann, K. ve Lericolais, G. 2008. Cold seeps along the main Marmara Fault in the Sea of Marmara Turkey. *Deep-Sea Research I*, 55, 552-570.
-

