

Küçükçekmece Lagünü'nde (İstanbul) “Küçük Buzul Çağı” ve “Orta Çağ Ilık Dönemi” çökel kayıtları

Sena AKÇER ÖN^{*1}, Namık ÇAĞATAY², Mehmet SAKINÇ¹

¹İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, Yer Sistem Bilimi Programı, 34469, Ayazağa, İstanbul

²İTÜ Maden Fakültesi, Jeoloji müh. Bölümü, 34469, Ayazağa, İstanbul

Özet

*Küçükçekmece Lagünü çökellerinde Günümüzden Önce (GÖ) 1300 yıldaki iklim değişimleri ile Avrupa'da soğuk dönem olan Küçük Buz Çağı (GÖ 600-100) ve öncesinde yaşanan Orta Çağ Ilık Dönemi'in (GÖ 1000-600) İstanbul'daki koşulların karşılaştırmasını amaçlamaktadır. Bu nedenle Küçükçekmece Lagünü'nden uzunlukları 0.6 ve 4.5 m olan iki çökel karotunda; 5 mm çözünürlükle Çok Sensörlü Karot Logu Alıcısı (Multi Sensor Core Logger, MSCL) ile manyetik duyarlılık, P-Dalga hızı, yoğunluk ve öz direnç; 0.2 mm çözünürlükle XRF (X-Ray Fluorescence) tarayıcısı ile 25 elementin analizi ve 50 mm çözünürlükle toplam inorganik (TIC)–organik (TOC) karbon analizleri yapılmıştır. Ayrıca 50 mm aralıkla örnekler yıkayıp elenerek elde edilen çökeller içinden belirlenen ostrakod (*Loxococoncha* sp.) ve bentik foraminifer (*Ammoniasp.*) türleri toplanarak duraylı oksijen ve karbon analizleri yapılmıştır. Karotlar AMS ¹⁴C yöntemleri ile yaşlandırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Küçük Buz Çağı'nın (GÖ 600-100) GÖ 250-100 yılları arasındaki son bölümünde yağışlı; ilk bölümünde (GÖ 600-250 yılları arası) ise bölgede kurak koşulların egemen olduğu anlaşılmıştır. Buna göre, Ortaçağ Ilık Dönemi (GÖ 1000-600 yılları) ve Karanlık Çağ Soğuk Dönemi'nin (GÖ 1500-1000 yılları) son evresini içeren GÖ 1200-600 yılları arasında yağışlı ve GÖ 1300-1200 yılları arasında ise kuraktır.*

Anahtar Kelimeler: Küçükçekmece Lagünü (İstanbul), Küçük Buz Çağı, Ortaçağ Ilık Dönemi.

*Sena AKÇER ÖN akcer@itu.edu.tr; Tel: (212) 285 63 02.

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, Yer Sistem Bilimi Programı'nda tamamlanmış olan "Küçükçekmece Lagünü, Yeniçağa, Uludağ Buzul ve Bafa Gölleri (Batı Türkiye) Geç Holosen İklim Kayıtları" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 27.06.2011 tarihinde dergiye ulaşılmış, 14.07.2011 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 29.02.2012 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

Bu makaleye “Akçer Ön, S., Çağatay, N., Sakinç, M., (2011) ‘Küçükçekmece Lagünü'nde (İstanbul) “Küçük Buzul Çağı” ve “Orta Çağ Ilık Dönemi” çökel kayıtları’, İTÜ Dergisi/D Mühendislik, 10: 4, 131-140” şeklinde atıf yapabilirsiniz.

Sedimentary records of Little Ice Age and Medieval Warm Period in Küçükçekmece Lagoon.

Extended abstract

This study focuses on the sedimentary records of climatic changes in the Küçükçekmece Lagoon over the last 1300 a. The main objective of the study is to investigate the environmental conditions in Istanbul during the Little Ice Age (LIA, 600-100 a BP) and Medieval Warm Period (MWP, 1000-600 a BP), which occurred in Europe during the last millenia.

The Küçükçekmece Lagoon is situated on the northern shoreline of the Sea of Marmara, west of İstanbul. It has a surface area of 15 km², maximum depth of 20 m and water volume of 145x10⁶m³. The lagoon is connected to Sea of Marmara via a 2 km long natural narrow channel. The main freshwater input is mainly from small streams and groundwater springs (Altun et al., 2009).

The Little Ice Age was a period of mountain glacier expansion during 16th–mid 19th century period during which European climate was strongly impacted (Bradley and Jones, 1993; Jones et al., 1998; Mann et al., 1998, 1999; Mann, 2002). This period begins with a trend towards enhanced glacial conditions in Europe following the warm conditions of the so-called MWP. The LIA terminated with a dramatic retreat of the Alpine glaciers during the 20th century. During this period the temperature was 0.5-0.7°C lower than 1950's average. The previous Holocene climate studies in Turkey are rare and mostly confined to the Black Sea and Central Anatolia regions (e.g., Jones et al. 2006; Fleitmann et al, 2009; Kuzucuoğlu et al, 2011). In view of the variability of the present-day climate of Turkey mainly because of its geographic location and topography, and scarcity of data in NW Turkey, the recovery of late Holocene climate records from Küçükçekmece Lagoon (İstanbul) is very important.

For this purpose we collected one short interface core (0.6 m) and one 4.5 m long piston core from the Küçükçekmece lagoon. The cores were analyzed for physical properties (magnetic susceptibility: MS, gamma density, and resistivity) at 5 mm resolution using Multi Sensor Core Logger (MSCL), and multi-elemental analysis at 0.2 mm resolution using XRF (X-Ray Fluorescence) core scanner. The cores were then sampled at 50 mm intervals for total inorganic carbon (TIC), total organic carbon (TOC), and mic-

ropaleontological (ostracoda and benthic foraminifera) analysis. The micropaleontological analysis was made in the sand size fraction under binocular microscope. The ostracoda and benthic foraminifera individuals are identified. Suitable species of ostracoda (*Loxoconcha* sp.) and benthic foraminifera (*Ammonia* sp.) were picked and analyzed for the stable oxygen and carbon isotope analysis. Four samples were dated using AMS ¹⁴C analysis. The ages were calibrated to calendar year by CALIB 6.0 software using INTCAL 9.0 and MARINE 9.0 options.

The short and long cores were correlated using the MS profiles and a continuous composite section was constituted. The lithology of the composite core section in general consists of homogenous olive green mud that rarely includes layers of plant remains and laminated intervals. The benthic foraminifera and ostracoda distribution suggests that the lagoon has been brackish over the last 1300 a. The age model was obtained from the calibrated AMS C-14 datings of two total bulk organic carbon and two plant remain layers.

The multiproxy data were used to analyze the evaporation/precipitation changes in sediment cores. Increasing MS (SI), Ti (cps) values and decreasing of $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^{13}\text{C}$ (‰ VPDB), Ca/Ti, Sr/Ca ratio and TOC (%wt) values were interpreted to show wet conditions. We also modified the Leng and Marshall's (2004) $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^{13}\text{C}$ model for the Küçükçekmece Lagoon.

The multi-proxy physical properties, geochemical and stable O- and C-isotope data in Küçükçekmece Lagoon show that wet conditions prevailed during ca 220-70 a BP, 1300-750 a BP and dry conditions during ca 70- 0 a BP, 750-220 a BP. The late (250-100 a BP) and early episodes (600- 250 a BP) of the Little Ice Age period was wet and dry, respectively. During the Medieval Warm Period (1000-600 a BP) wet conditions occurred in the region. The climate records also show that decadal-scale wet periods occurred during 340-270 a BP and 680-610 a BP, and dry periods during ca 1050 – 1000 a BP, 1130-1080 a BP and 1260-1210 a BP.

Climatic records of Küçükçekmece Lagoon shows similarity with European records in Little Ice Age and Medieval Warm Period.

Keywords: Küçükçekmece Lagoon (İstanbul), Little Ice Age, Medieval Warm Period.

Giriş

Holosen'de gözlenen Küçük Buz Çağı (*Little Ice Age*) ve Ortaçağ ılık Dönemi (*Medieval Warm Period*) tarihsel dönemde dünya ikliminde saptanan önemli değişimlerdir. Küçük Buz Çağının, farklı yerlerde farklı zamanlarda gözlenmesiyle beraber bu konudaki en yaygın görüş, Günümüzden Önce (GÖ) 370-100 (MS 1580-1850) yılları arasında meydana geldiğidir (Muller ve McDonald, 2000; Mann, 2002). Bu dönemde sıcaklığın 1950 yılı ortalamasından sadece 0.5-0.7°C düşük olmasına karşın; Avrupa'da göl, kanal ve nehirlerin donduğu, buzulların alt enlemlere doğru ilerlediği ve bunun sonucu olarak da açlık, toplumsal karmaşa ve savaşların başgösterdiği bilinmektedir (Tuchman, 1978). Ancak bunun küresel bir soğuma olabileceği ve sebepleri hala tartışılmaktadır (Bond ve diğ., 1997; Winkler, 2000). Bu çağın en soğuk dönemi olan Geç Maunder Minimum'un (GÖ 300-200 yılları, M.S.1650-1750) çok belirgin kayıtları Karadeniz çökellerinde bulunmuştur (Çağatay vd., 2005; Güngör ve Çağatay, 2007).

Küçük Buz Çağı'nın hemen öncesinde Ortaçağ ılık Dönemi, GÖ 1050- 570 (M.S. 900-1380) yılları arasında gözlenmiştir. Bu dönemde Avrupa'da sıcaklıklar 1950 yılı ortalama sıcaklığından 0.5-0.8°C daha yüksektir. Avrupa'da refah ve üretim artmış, "Karanlık Dönemden" çıkış yaşanmıştır. Bu olumlu dönem; ani olarak, fırtınalar ve sellerin görüldüğü bir iklim süreci ile son bulmuştur. Kuzey Atlantik ve çevresinde gözlenmesine karşın bu olayların küresel boyutta olduğu da halen tartışılmaktadır (Bradley vd., 2003).

Son zamanlarda Türkiye'de Holosen'de iklim değişimleri ile ilgili göl, speleotem, dendrokronoloji, modelleme çalışmaları yapılmasına karşın; Küçük Buzul Çağı ve Ortaçağ ılık Dönemi kapsayan son 1300 yılın iklim değişimleri ile ilgili çok fazla çalışma bulunmamaktadır.

Nar krater Gölü'nde (Niğde) yüksek çözünürlüklü iklim çalışmaları son 1700 yılı içermektedir (Jones vd., 2006). Otojenik karbonatlarda yapılan $\delta^{18}\text{O}$ ölçümlerine göre GÖ 1650-1450 (MS 300-500 yılları) yılları ve MS 1400-1960

yılları arasında kurak, GÖ 1400-1200 (MS 550-750) ve GÖ 950-550 (MS 1000-1400) yılları arasında daha yağışlı koşullar mevcuttur. Bafa (Muğla) ve Yeniçağa (Bolu) Göllerinde çökel multiproksi ve duraylı izotop kayıtlarına göre batı Anadolu'da GÖ 1700-1250 (MS 250-750), GÖ 600-250 (MS 1350-1700) ve MS 1880-1950 yılları arasında kurak; GÖ 1200-600 (MS 750-1350) ve GÖ 250- 70 (MS 1700-1880) yılları arasında ise yağışlı koşulların kanıtları saptanmıştır. Kuzucuoğlu ve diğerleri (2011) Tecer Gölü'nün (Sivas) litostratigrafisini analiz ederek son 6000 yılda iklim değişimlerini irdelemiş, yağışlı ve kuru dönemleri belirleyerek çökel istiflerindeki devamsızlıkları (hiatus) ortaya koymuştur. Bu çalışmada Orta Anadolu'da Küçük Buzul Çağı üç değişik iklim dönemi halinde izlenmiştir. GÖ 800-500 yılları arasında yazların sıcak ve kurak; GÖ 500-400 yılları arasında yağışlı; GÖ 400-200 yılları arasında yağışın arttığı ve kışların ve yazların daha yağışlı olduğu; GÖ 200 yılından günümüze ise kurak olduğu bulunmuştur. Eastwood ve diğerleri (2007) Gölhisar Gölü'nde (Burdur) endojenik karbonatların $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{13}\text{C}$ analizlerini yapmıştır. Bu çalışmacılar $\delta^{18}\text{O}$ değerlerinin büyük ölçüde diğer Doğu Akdeniz göllerine benzer şekilde yağış/buharlaşmaya bağlı değiştiği gerçeğinden hareketle GÖ 6800-5200 yılları arasında ve Bizans Döneminde (GÖ 1650-500: MS 300-1450 yılları arası) bugünden daha yağışlı olan koşulların son 1300 yılda daha kurak hale dönüştüğünü belirtmiştir.

Türkiye ikliminin Holosen dönemi boyunca değişimlerini araştıran çalışmaların son yıllarda artmasına karşın; coğrafik dağılım ve çözünürlük açısından henüz yeterli değildir. Örneğin, iklim kayıtları Orta ve Doğu Anadolu ile Batı Karadeniz'de görece olarak daha yoğun olmasına karşın; Trakya ve Batı Anadolu'da kısıtlıdır. Ülkemizin coğrafik konumu ve morfolojik özelliklerinden dolayı ikliminin önemli ölçüde değişkenlik göstermesi sebebiyle Küçükçekmece Lagününde çökel iklim kayıtlarının elde edilmesi genel olarak KB Türkiye'deki iklim değişimlerinin araştırılması açısından önemlidir. Ayrıca, medeniyetin önemli merkezlerinden biri olan İstanbul'un tarihi iklim arşivleri ile kıyaslanabilme olanağı sunması, Küçükçekmece iklim kayıtlarının önemini ayrıca artırmaktadır.

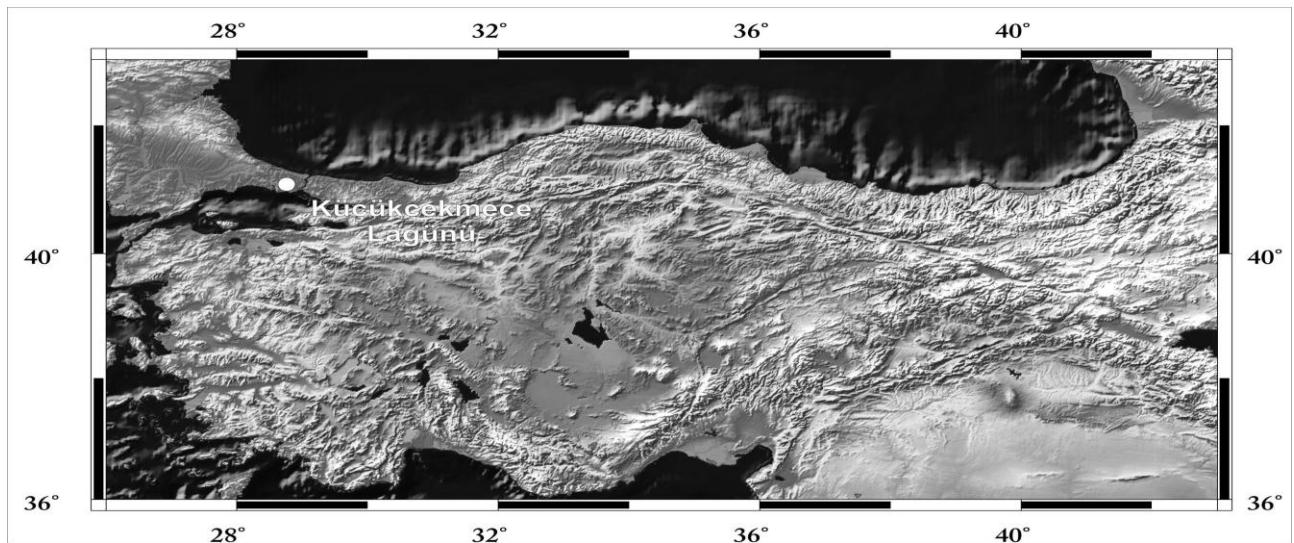
Küçükçekmece Lagünü İstanbul'un 15 km batısında, 41°00'K / 28°43'D' konumunda yer alan ve 15.22 km²'lik bir sulak alanı kaplamaktadır. Lagün, son buzul döneminin sonunda deniz seviyesinin yükselmesi ile önce koy sonra da bir kum seti ile kapanarak lagün haline gelmiştir (Şekil 1). Lagünü açık denizden ayıran kum seti, doğu ucunda Lagünün 1.5 m derinliğinde bir kanal ile kesintiye uğrar. Bu nedenle lagünün suyu yarı tuzludur. Lagünün en derin yeri 20 m'dir. Lagüne kırıntılı malzeme girişini sağlayan Nakkaş Dere (Halkalı Dere), Sazlıdere, Eşkinöz Deredir. Yaklaşık 40 km. uzunluğunda olan Sazlıdere, Küçükçekmece Lagünü'ne döken en önemli akarsudur.

Materyal ve yöntem

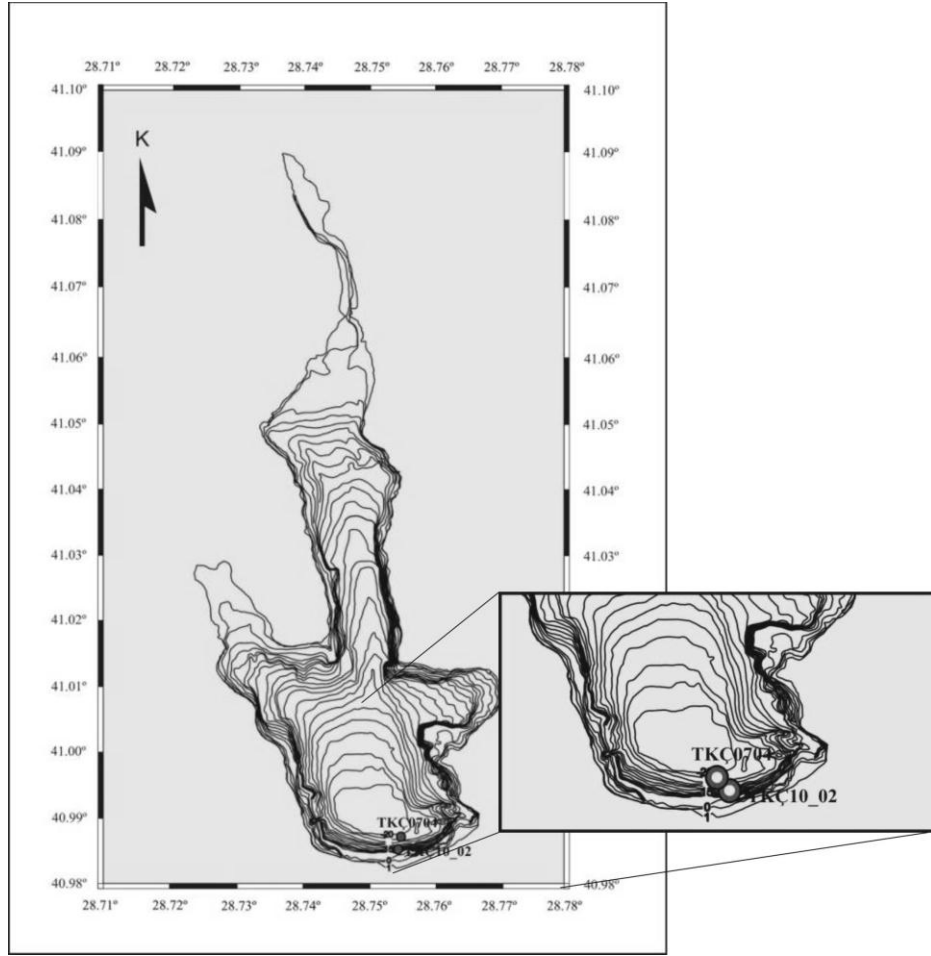
Küçükçekmece Lagünü'nden yaklaşık 16 m derinlikten portatif platform kullanılarak sırası ile K40°59'11"/D28°45'28" ve K40°59'06"/D28°45'27" lokasyonlarından bir adet TKÇ0704 No'lu uzun (4510 mm) piston karotu ve bir adet TKÇ10_02 No'lu üstü korunmuş kısa (580 mm) ara yüzey (interface) karotu alınmıştır (Şekil 2). Litolojik tanımlaması yapılan karotlar, fiziksel özellikleri (manyetik duyarlılık, P-dalga hızı, öz direnç ve yoğunluk) için Çok Sensörlü Karot Log Alıcısı (MSCL) ile 5 mm çözünürlükle: jeokimyasal çoklu element (Al, Si, Ca, K, Fe, Mn, S, Ti, P, Cl, V, Cr, Co, Ni, Zn, As, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, Pb, Th, U) analizleri için XRF (X-Ray Fluorescence) tarayıcısı ile 0.02 mm çözünürlükle taranmıştır. Kısa ve uzun karotla-

rına magnetik susceptibilite (MS) değerlerinin denştirilmesi ile birleştirilmiş (composite) istif elde edilmiştir. 50 mm aralıklarla örneklenen çökeller dondurulma (freeze dryer) yöntemi ile kurutulmuş ve havanda dövülerek homojenleştirildikten sonra inorganik ve organik karbon analizleri için hazırlanmıştır. Aynı aralıkta ayrılan yaş örnekler mikropaleontolojik analizler için 63 mikron elekte az basınçlı suda yıkanarak iki gün etüvde kurutulmuştur.

Kurutulan örneklerin binoküler mikroskop altında ostrakod ve bentik foraminifer tayinleri yapılmış, karot boyunca sürekliliği olan türler saptanmıştır. Ayıklanan ostrakod (*Loxoconcha* sp) ve bentik foraminifer (*Ammonia* sp.) kavkılarında duraylı oksijen ve karbon izotop analizleri Arizona Üniversitesi Duraylı İzotop Laboratuvarında yapılmıştır. Kısa TKÇ10_02 karotunda toplam organik karbon (ağırlıkça %) değeri yüksek olan seviyeden bir adet ve uzun TKÇ0704 karotunda bitki kalıntılarının bulunduğu üç seviyeden hazırlanan örneklerin Hızlandırılmış Kütle Spektrometrisi (Accelerated Mass Spectrometry: AMS) C-14 yöntemi ile tarihlendirilmesi, Arizona Üniversitesi Laboratuvarlarında yaptırılmıştır. Elde edilen C-14 yaşları Calib 6.0 programı kullanılarak takvim yaşına kalibre edilmiştir (Tablo 1) (Reimer vd., 2004). Takvim yılına kalibre edilmiş yaşlardan AnalySeries 2.0 programı (Paillard vd., 1996) kullanılarak yaş modeli elde edilmiş ve sedimentasyon hızları hesaplanmıştır.



Şekil 1. Çalışılan bölge; Küçükçekmece Lagünü (İstanbul)



Şekil 2. Küçükçekmece Lagünü batimetri haritası (DSİ) ve karot lokasyonları

Analiz sonuçları

Litostratigrafik ve mikropaleontolojik özellikler

TKÇ10_02 karotu: Genel olarak homojen zeytin yeşili olan çökel istifli, yer yer laminalı, az siltli ve bitki kalıntılı seviyeler içerir. Bentik foraminifer türlerinden; *Astronionion stelligerum*, *Ammonia tepida* ile ostrakod türlerinden; *Xestaleberis* sp., *Loxoconca* sp., *Cyprideis* sp., *Cyprideis torosa*, *Leptocythere* sp. görülür. 500-580 mm arasında tüm mikrofaunada artış görülmektedir (Şekil 3).

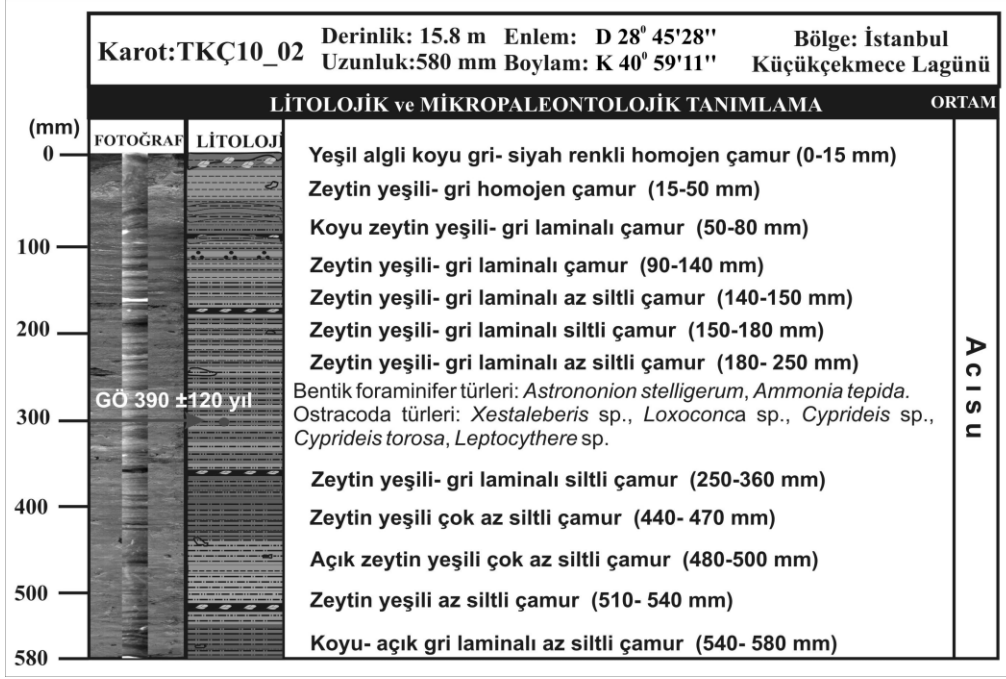
TKÇ0704 karotu: Uzunluğu 4510 mm olan TKÇ0704 karotu genelinde homojen zeytin yeşili çamur görülmektedir. Yer yer az siltli laminasyonlar, bitki kalıntıları ve bivalvia kırıkları içerir. Karot boyunca bentik foraminifer türlerinden; *Asterionionion stelligerum*, *Ammonia inflata*, *A. tepida*, *Elphidium* sp. ile ostrakod türle-

rinden; *Xestaleberis* sp., *Loxoconca* sp., *Cyprideis* sp., *Cyprideis torosa*, *Cypridopsis parva* görülmektedir. Bu türlerin yoğunluğu ve çeşitliliği acı su koşullarını gösterir (Şekil 4).

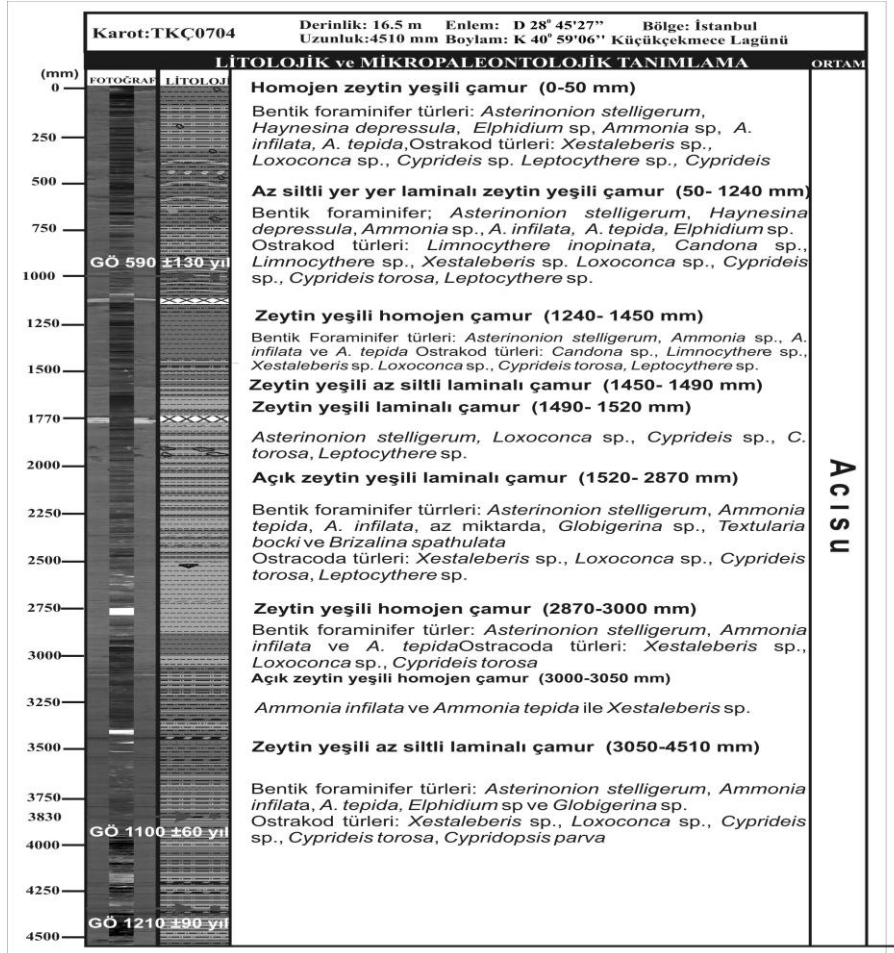
Kronostratigrafi

Küçükçekmece Lagünü istifinde 540 ve 1240 mm'den toplam organik karbondan alınan yaşlar deniz-göl etkisinde INTCAL09 ve MARINE09 yönteminin birlikte kullanıldığı bir seçenikle %50 oranı ve 405 yıl rezervuar yaşı kullanılarak kalibre edilmiştir. 4070 ve 4540 mm'de bitki örneklerinden alınan yaşlar için INTCAL09 kalibrasyon yöntemi kullanılmıştır (Tablo 1).

Oluşturulan yaş modeline göre çökme hızları, 0-540 mm arasında 0.7 mm/y, 540-1240 mm arasında 3.5 mm/y, 1240-4070 mm arasında 5.6 mm/y ve 4070-4540 mm arasında 4.3 mm/y'dir.



Şekil 3.TKÇ10_02 karotunun litostratigrafik ve mikropaleontolojik tanımlaması



Şekil 4.TKÇ0704 karotunun litostratigrafik ve mikropaleontolojik tanımlaması

Tablo 1. Kalibre edilmiş C-14 yaşları

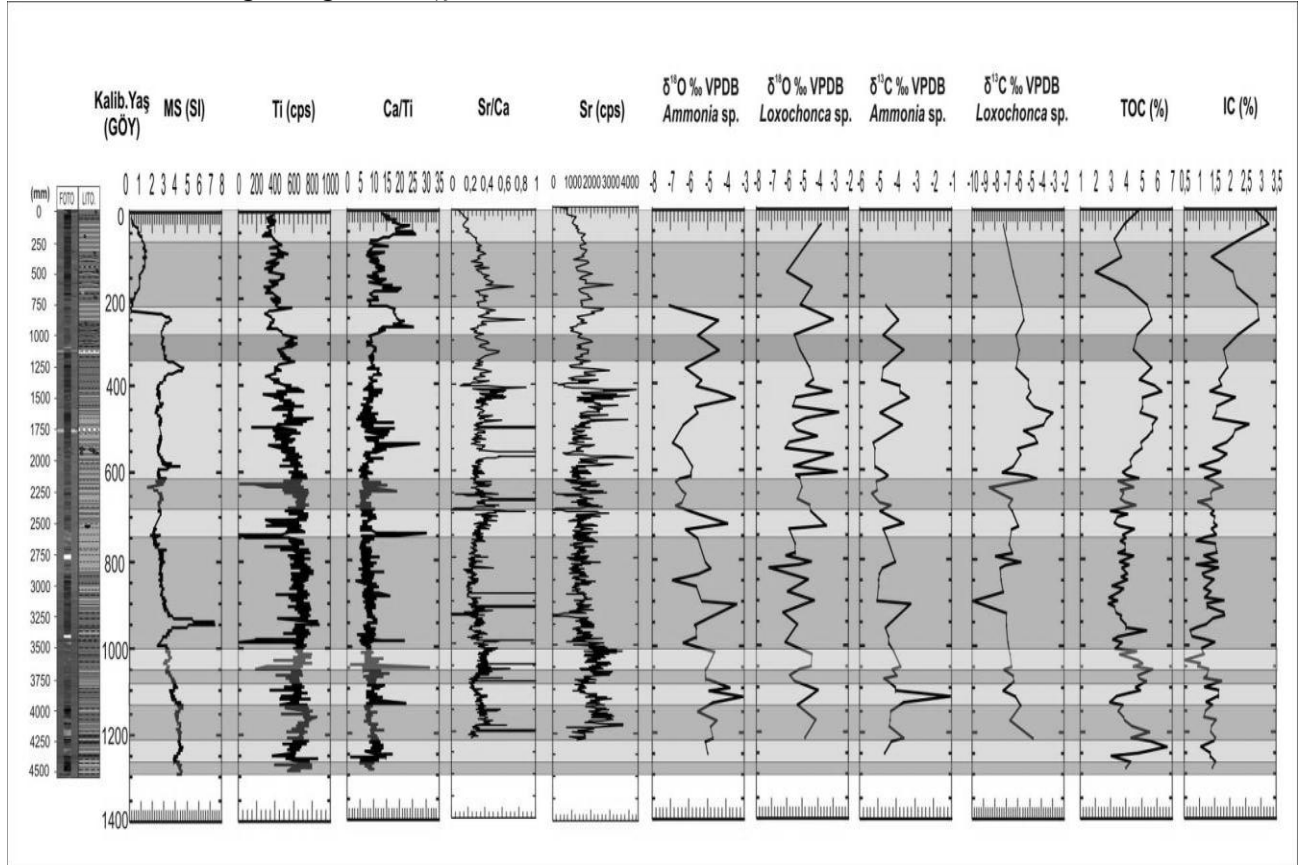
Seviye (mm)	Malzeme	Yaş (Göy)	Hata Payı (yıl)
TKÇ10_02 300 mm (=540 mm)	Organik karbon	390	±120 (1σ)
TKÇ0704 1000 mm (=1240mm)	Organik karbon	590	±130 (1σ)
TKÇ0704 3830 mm (=4070 mm)	Bitki	1100	±60 (2σ)
TKÇ0704 4300 mm (=4540 mm)	Bitki	1210	±90 (1σ)

Çoklu belirteç (Multi-Proxy) analizleri ve genel yorumu

Litostratigrafik ve mikropaleontolojik tanımlama ile beraber değerlendirilen sonuçlara göre 4750 mm uzunluğundaki istif son 1300 yıl içerisinde çökelmiştir.

GÖ 1300-750 yılları arasında $\delta^{18}\text{O}$ (BF ve Ost.), $\delta^{13}\text{C}$ (BF ve Ost.), Ca/Ti, TOC ve MS değerlerinde azalan bir eğilim görülür (Şekil 5). Buna

karşın Ti değerleri göreceli olarak artmaktadır. Nispeten yağışlı olan bu dönemde yaklaşık GÖ 1250-1200 ve 1150-1100 yılları arasında buna zıt bir ilişki görülmektedir. GÖ 750-200 yılları arasında ise $\delta^{18}\text{O}$ (BF ve Ost.), $\delta^{13}\text{C}$ (BF ve Ost.), Ca/Ti, TOC ve TIC değerleri göreceli olarak artmaktadır. Bu zaman aralığında MS değerleri sabit devam ederken Ti değerlerinde azalma eğilimi mevcuttur. Bu da kuraklaşmanın bir göstergesidir. Yaklaşık GÖ 670-600 ve 350-300 yılları arasında izotop ve Ca/Ti değerlerinde yerel minimumların, Ti değerlerinde ise yerel maksimumların görülmesi bu zamanlarda kısa aralıklı yağışın arttığına işaret etmektedir. GÖ 200-70 yılları arasında $\delta^{18}\text{O}$ (Ost.), $\delta^{13}\text{C}$ (Ost.), Ca/Ti, TOC ve TIC değerleri azalırken, MS ve Ti değerlerinin artması bu zaman aralığında yağış/ buharlaşmanın arttığını gösterir. GÖ son 70 yılda MS ve Ti değerleri nispeten azalırken diğer proksilerde artış görülmesi buharlaşmanın artması ile açıklanabilir.

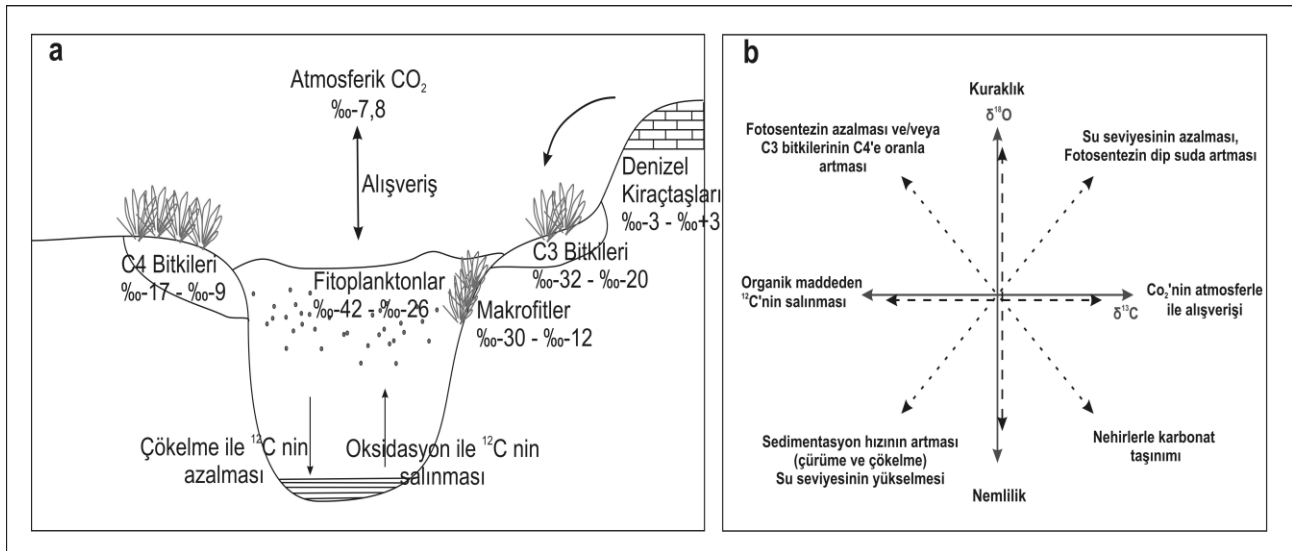


Şekil 5. Küçükçekmece Lagünü analiz sonuçlarının kalibre edilmiş yaşlara göre dağılımı ve belirlenen yağışlı (koyu gri) ve kurak (açık gri) dönemler

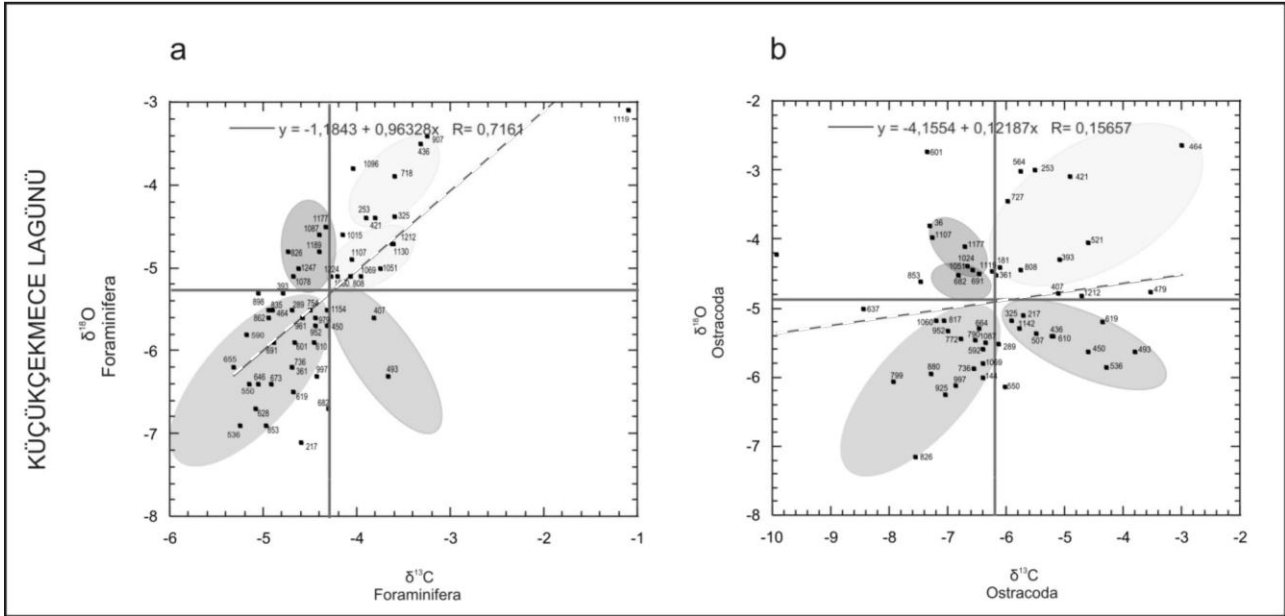
Duraylı izotop verileri ve genel yorumu

Hidrolojik olarak kapalı göllerde $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^{13}\text{C}_{\text{TDIC}}$ birlikte değişim gösterir. Yüksek izotop değerleri, Toplam Çözünmüş İnorganik Karbon (TDIC) ile atmosferik CO_2 alışverişini (*exchange*) ve buharlaşma ile ^{16}O 'nın göreceli azalmasını yansıtır. Yeraltı ve nehir suları $\delta^{13}\text{C}_{\text{TDIC}}$ değerleri, bitki respirasyonu ve havzadaki toprağın CO_2 üretimine bağlı olarak düşüktür (Leng ve Marshall, 2004; Şekil 6). Uyarlanan Leng ve Marshall (2004) modeline göre Küçükçekmece Lagünü bentik foraminifer ve ostrakod kavkılarının $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^{13}\text{C}$ izotop grafikleri değerlendirilmiştir (Şekil 6). Grafiklerdeki yorumlar izotop değerlerinin birbirlerine göre değişimi üzerinden yapılmaktadır. Küçükçekmece Lagünü çökellerinden ayıklanan bentik foraminifer türü *Ammonia* sp.'dir. Bu tür, tuzluluğu az olan acı sularda, lagün benzeri ortamlarda yaşar (Sakinç, 1998). *Ammonia* sp. kavkılarında elde edilen izotop verilerine göre G.Ö. 250-450 ve 1000-1250 yılları arasında I.Bölge'de bir dağılım görülür (Şekil 7.a). Bu dönemlerde kurak bir iklim gözlenir. Azalan MS ve Ti değerlerine göre kırıntı malzeme girdisi azdır; buna karşın TOC ve TIC değerleri artmaktadır. GÖ 1050-1200 yılları arasında II. Bölge'de bir dağılım mevcuttur. Bu dönemde TOC değerleri yüksek iken; TIC değerleri daha düşüktür. GÖ 550-900 yıllarına ait

veriler III. Bölge'de yer almaktadır. Bu dönemde yağış artmış, nehir ve yüzey sularının artması ile sedimantasyon hızında artış izlenmektedir. Buna bağlı olarak MS ve Ti değerleri ile TOC ve TIC değerlerinde göreceli artışlar görülür. Çökelpenin artması çürümenin hızlanması karbonatlarda ^{12}C 'nin zenginleşmesine ve $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin azalmasına sebep olmaktadır. IV. Bölge'de dağılımlar GÖ 400-500 yıllarına denk gelmektedir. Nehirler ile karbonat ve biyo kütle taşınımları Ti, MS, TIC ve TOC değerlerini arttırmaktadır. Bu dönemde yağışlı koşullar mevcuttur. Lagünün çökel istifinde yoğun olarak görülen ostrakod türü, *Loxococoncha* sp.'dir ve bu nedenle izotop analizi için seçilmiştir. *Loxococoncha* sp. sığ sularda ve lagünel ortamlarda yaşamaktadır (Şafak, 2003). *Loxococoncha* sp. kavkılarında yapılan izotop $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^{13}\text{C}$ grafikleri değerlendirildiğinde; GÖ 500-200 yılları arası verileri I.Bölge'de, GÖ 700-600 ve 1150-1000 yılları arası verileri II. Bölge'de görülür (Şekil 7.b). Bu dönemlerde kuraklık artmıştır. GÖ 1000-600 yılları arasındaki veriler III. Bölge'de; GÖ 600-300 yılları arasındaki veriler ise IV. Bölge'de bulunmaktadır. III. ve IV. Bölgeler yağışlı dönemleri temsil eder. Yaş dağılımları düşük çözünürlü olduğundan bazı bölgelerde çakışmaların gözükmesi, arada göreceli koşul değişikliklerinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 6. a) Göl sisteminde karbon izotop döngüsü (Leng ve Marshall, 2004), b) Değişen $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^{13}\text{C}$ izotoplarının bölgelere ayrılması ve çalışma alanına göre modeli (Leng ve Marshall, 2004'ten uyarlanmıştır)



Şekil 7. Küçükçekmece Lagünü *Ammonia sp.* (a) ve *Loxococoncha sp.* (b) kavkılarında yapılan izotop analizi sonuçlarının $\delta^{18}O$ - $\delta^{13}C$ izotop grafikleri. Noktaların üzerinde yazılı sayılar GÖ yılı, orta ek-senler ortalama değerleri, kesikli doğrular ise regresyon doğrusunu göstermektedir

Sonuçlar

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Küçükçekmece Lagünü çökel kayıtlarına göre MS 1880-1950 yılları ve GÖ 750-220 yılları arasında kurak, GÖ 220-70 ve 1300-750 yılları arasında yağışlı koşullar görülmektedir. GÖ 340-270 ve GÖ 680-610 yılları arasında ara nemli dönemler ve GÖ 1050-1000, GÖ 1130-1080 ve GÖ 1260-1210 yılları arasında ise ara kurak dönemler belirlenmiştir.
- Batı Avrupa'da GÖ 600-100 yılları arasına denk gelen Küçük Buzul Çağı Küçükçekmece Lagünü çökel kayıtlarına göre iki evrede gözlenmektedir. GÖ 220-70 yılları arasında göreceli olarak yağışlı; GÖ 750-220 yılları arasında ise kurak koşullar mevcuttur.
- Küçük Buz Çağı'nın en soğuk olduğu dönem Geç Maunder dönemi (GÖ 300-200 yılları arası) Küçükçekmece kayıtlarına göre kurak döneme denk gelmektedir.
- Bu çalışmada, Batı Avrupa'da gözlenen Orta Çağ ılık Dönemi'ne (GÖ 600-1000 yılları ara-

sı) denk gelen zaman aralığında yağışlı koşullar görülür.

- Küçük Buzul Çağı ve Orta Çağ ılık döneminde Küçükçekmece Lagünü iklim kayıtları Avrupa'da izlenen kayıtlarla genel bir benzerlik gösterir.

Teşekkür

Ostrakod tayinlerini yapan Prof.Dr. Cemal Tunoğlu (Hacettepe Üni.), portatif platform yapımında yardımcı olan Prof.Dr Mahir Vardar (İTÜ) ve arazide destek sağlayan Prof.Dr. Yıldız Altınok'a (İ.Ü.) teşekkür ederim. Bu çalışma İTÜ BAP ve TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Altun, Ö., Saçan, M., Erdem, A., (2009). Water quality and heavy metal monitoring in water and sediment samples of the Küçükçekmece Lagoon, Turkey (2002-2003), *Environmental Monitoring and Assessment*, **151**, 345-362.
- Bond, G.C., Showers, W., Cheseby M., Lotti R., Almasi P., de-Menocal P., Priore P., Cullen H., Hadjas I., Bonani G., (1997). A pervasive millennial-scale cycle in North Atlantic Holocene and glacial climate, *Science*, **278**, 1257-1266.

- Bradley, R S and Jones, P D (1993). "Little Ice Age" Summer Temperature Variations: their Nature and Relevance to Recent Global Warming Trends, *Holocene*, **3**, 367–376.
- Bradley, R. S., Vuille M., Hardy D., Thompson L. G., (2003). Low latitude ice cores record Pacific sea surface temperatures, *Geophysical Research Letters*, **30**, 4, 1174.
- Çağatay, M.N., Güngör N., Yılmaz Y.Z., Sarı E., (2005). Rapid changes in the ecological conditions of the Black Sea over the last 3kyr: Evidence from sediment geochemistry. In: Özerler, M. and Sayın, E. (eds.), *The Role of Marine Studies in Ecosystems*, ECOSYSTEM 2003, Izmir, Turkey, 85-96.
- Eastwood WJ, Leng MJ, Roberts M ve Davis B. (2007). Holocene climate change in the eastern Mediterranean region: A comparison of stable isotope and pollen data from Lake Golhisar, southwest Turkey, *Journal of Quaternary Science*, **22**, 327–341.
- Fleitmann, D., Cheng, H., Badertscher, S., Edwards, R.L., Mudelsee, M., Gokturk, O.M., Fankhauser, A., Pickering, R., Raible, Matter, A., Kramers, J. ve Tüysüz, O. (2009). Timing and climatic impact of Greenland interstadials recorded in stalagmites from northern Turkey, *Geophysical Research Letters*, **36**, L19707.
- Güngör, E. ve Çağatay M.N., (2007). Karadeniz'de son 3000 yıldaki ani çevresel değişimler. *İTÜ Dergisi*, **5**, 4, 23-33.
- Jones MD, Roberts CN, Leng MJ ve Türkeş M., (2006). A high-resolution late Holocene lake isotope record from Turkey and links to North Atlantic and monsoon climate, *Geology*, **34**, 5, 361–364.
- Jones, P D, Briffa, K R, Barnett, T P, and Tett, S F B (1998). High-resolution Palaeoclimatic Records for the Last Millennium: Interpretation, Integration and Comparison with General Circulation Model Control Run Temperatures, *Holocene*, **8**, 477–483.
- Kuzucuoğlu C, Dorfler W ve Kunesch S., (2011). Mid- to late-Holocene climate change in central Turkey: The Tecer Lake record, *Holocene*, **21**, 1, 173–188.
- Leng, M.J. ve Marshall, J.D. (2004). Palaeoclimate interpretation of stable isotope data from lake sediment archives, *Quaternary Science Reviews* **23**, 811–831.
- Mann, M E, Bradley, R S, and Hughes, M K (1998). Global-scale Temperature Patterns and Climate Forcing Over the Past Six Centuries, *Nature*, **392**, 779–787.
- Mann, M E, Bradley, R S, and Hughes, M K (1999). Northern Hemisphere Temperatures during the Past Millennium: Inferences, Uncertainties, and Limitations, *Geophysical Research Letters*, **26**, 759–762.
- Mann, M.E., (2002). Little Ice Age, Medieval Climatic Optimum, Encyclopedia of Global Environmental Change, Volume 1, The Earth System: Physical and Chemical Dimensions of Global Environmental Change Ed: Munn T., Wiley J., Ghil M., John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, 544-549.
- Muller, R.A. ve Mac Donald, G.J., 2000. Ice Ages and Astronomical Causes: Data, spectral analysis and mechanisms, *Praxis Publishing*, UK.
- Paillard, D., Labeyrie, L., Yiou, P., 1996. Macintosh program performs time-series analysis. *Eos Trans., AGU*, **77**, 39, 379.
- Reimer, P. J., Baillie M. G. L., Bard E., Bayliss A., Beck J. W., Bertrand C. J. H., Blackwell P. G., Buck C. E., Burr G. S., Cutler K. B., Damon P. E., Edwards R. L., Fairbanks R. G., Friedrich M., Guilderson T. P., Hogg A.G., Hughen K.A., Kromer B., McCormac F.G., Manning S.W., Ramsey C.B., Reimer R.W., Remmele S., Souton J.R., Stuiver M., Talamo S., Taylor F. W., Van der Plicht J., Weyhenmeyer C. E., (2004). IntCal04 Terrestrial radiocarbon age calibration, 26-0 ka BP, *Radiocarbon*, **46**, 1029-1058.
- Sakıncı, M. (1998). İstanbul Boğazı (Haliç-Sarayburnu-Üsküdar) Bentik Foraminifer (Holosen) Paleobiyofasiyesleri: Akdeniz-Karadeniz su geçişi üzerine yeni bir yaklaşım, *MTA Dergisi*, **120**.
- Şafak, Ü., (2003). Yumurtalık Koyu (Adana) Ostrakod Topluluğu. *MTA Dergisi*, **126**. 1-10.
- Tuchman, G. (1978). Making news. New York: *Free Press*.
- Winkler, S., (2000). The 'Little Ice Age' maximum in the Southern Alps, New Zealand: preliminary results at Mueller Glacier, *Holocene*, **105**, 643–647.