

TÜRKİYE JEOLojİ BÜLTENİ

Geological Bulletin of Turkey

Aralık 2017 Cilt 60 Sayı 4

ISSN 1016-9164

December 2017 Volume 60 Issue 4



Özel Sayı / Special Issue

Türkiye'de Kuvaterner Araştırmaları / Quaternary Research in Turkey

TMMOB JEOLojİ MÜHENDİSLERİ ODASI
Chamber of Geological Engineers of Turkey

TMMOB
JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI
Chamber of Geological Engineers of Turkey

YÖNETİM KURULU / EXECUTIVE BOARD

Hüseyin ALAN	Başkan / <i>President</i>
Yüksel METİN	İkinci Başkan / <i>Vice President</i>
Faruk İLGÜN	Yazman / <i>Secretary</i>
D. Malik BAKIR	Sayman / <i>Treasurer</i>
Canan DEMİRAL	Mesleki Uygulamalar Üyesi / <i>Member of Professional Activities</i>
Düzgün ESİNA	Sosyal İlişkiler Üyesi / <i>Member of Social Affairs</i>
Murat AKGÖZ	Yayın Üyesi / <i>Member of Publication</i>

TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ
Geological Bulletin of Turkey

Yayın Kurulu / Publication Board

Editör / Editor

Prof. Dr. Orhan TATAR
orhantatar@cumhuriyet.edu.tr

Yardımcı Editör / Associate Editor

Doç. Dr. B. Levent Mesci
mesci@cumhuriyet.edu.tr

İngilizce Editörü / English Editor
Margaret SÖNMEZ

Yazı İnceleme Kurulu / Editorial Board

AKGÜN Funda (İzmir, Türkiye)	ÖZMEN Bülent (Ankara, Türkiye)
AKSOY Ercan (Elazığ, Türkiye)	PARLAK Osman (Adana, Türkiye)
ALDANMAZ Ercan (Kocaeli, Türkiye)	PAVLIDES Spyros (Selanik, Yunanistan)
ALTUNEL Erhan (Eskişehir, Türkiye)	PIPER John D.A. (Liverpool, İngiltere)
BABA Alper (İzmir, Türkiye)	PIPIK Radovan Kyska (B. Bystrica, Slovakya)
BATI Zühtü (Ankara, Türkiye)	POLAT Ali (Windsor, Ontario, Kanada)
BOZKURT Erdin (Ankara, Türkiye)	ROBERTSON Alastair (Edinburgh, İngiltere)
CAPUTO Ricardo (Ferrara, İtalya)	ROJAY Bora (Ankara, Türkiye)
DEMİREL İsmail Hakkı (Ankara, Türkiye)	SAN Bekir Taner (Antalya, Türkiye)
EKMEKÇİ Mehmet (Ankara, Türkiye)	SARI Erol (İstanbul, Türkiye)
EYÜBOĞLU Yener (Trabzon, Türkiye)	SEYİTOĞLU Gürol (Ankara, Türkiye)
GENÇ Yurdal (Ankara, Türkiye)	SÖZBİLİR Hasan (İzmir, Türkiye)
GÜL Murat (Muğla, Türkiye)	ŞENGÜLER İlker (Ankara, Türkiye)
GÜLEÇ Nilgün (Ankara, Türkiye)	TEKİN Uğur Kağan (Ankara, Türkiye)
GÜLER Cüneyt (Mersin, Türkiye)	TEMEL Abidin (Ankara, Türkiye)
GÜRİSOY Halil (Sivas, Türkiye)	TOPUZ Gültekin (İstanbul, Türkiye)
HELVACI Cahit (İzmir, Türkiye)	TÜYSÜZ Okan (İstanbul, Türkiye)
JOLIVET Laurent (Orleans, Fransa)	ÜNLÜ Taner (Ankara, Türkiye)
KARAYİĞİT Ali İhsan (Ankara, Türkiye)	ÜNLÜGENÇ Ulvi Can (Adana, Türkiye)
KAZANCI Nizamettin (Ankara, Türkiye)	VAŞELİ Orlando (Floransa, İtalya)
KUSKY Timothy (Wuhan, Çin)	YAĞBASAN Özlem (Ankara, Türkiye)
KUŞÇU İlkay (Muğla, Türkiye)	YALÇIN Hüseyin (Sivas, Türkiye)
MAMEDOV Musa (Bakü, Azerbaycan)	YALÇIN Gürhan (Antalya, Türkiye)
NAZİK Atike (Adana, Türkiye)	YALTIRAK Cenk (İstanbul)
OBERHANSKI Roland (Potsdam, Almanya)	YAVUZ Fuat (İstanbul, Türkiye)
OKAY Aral (İstanbul, Türkiye)	YILMAZ İsmail Ömer (Ankara, Türkiye)
ÖZCAN Ercan (İstanbul, Türkiye)	YİĞİTBAŞ Erdinç (Çanakkale, Türkiye)
ÖZDEMİR Yavuz (Van, Türkiye)	YUSUFOĞLU Halil (Ankara, Türkiye)
ÖZDEN Süha (Çanakkale, Türkiye)	ZAGORCHEV Ivan (Sofya, Bulgaristan)
ÖZKUL Mehmet (Denizli, Türkiye)	

Yazışma Adresi

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası
PK. 464 Yenişehir, 06410 Ankara
Tel: (0312) 434 36 01
Faks: (0312) 434 23 88
E-Posta: jmo@jmo.org.tr
URL: www.jmo.org.tr

Corresponding Address

UCTEA Chamber of Geological Engineers of Turkey
PO Box 464 Yenişehir, TR-06410 Ankara
Phone: +90 312 434 36 01
Fax: +90 312 434 23 88
E-Mail: jmo@jmo.org.tr
URL: www.jmo.org.tr

Yayın Türü	: Yaygın Süreli Yayın
Yayın Şekli	: 4 Aylık Türkçe - İngilizce
Yayın Sahibi	: TMMOB JMO Adına Hüseyin ALAN
Sorumlu Yazı İşleri Müdürü	: Hüseyin ALAN
Yayının İdari Adresi	: Hatay 2 Sokak No: 21 Kocatepe / Ankara Tel: 0 312 432 30 85 Faks: 0 312 434 23 88
Baskı (Printed by)	: ERS Matbaacılık Kazım Karabekir Cad. Altıntop İşhanı No: 87/7 İskitler / Ankara Tel: 0 312 384 54 88
Baskı Tarihi	: Ocak 2018
Baskı Adedi	: 1000

TÜRKİYE JEOLJİ BÜLTENİ

Geological Bulletin of Turkey

Aralık 2017 Cilt 60 Sayı 4

December 2017 Volume 60 Issue 4

ISSN 1016-9164

İÇİNDEKİLER CONTENTS

- Cihan Bayrakdar, Zeynel Çılığın, Faize Sarış**
Karadağ'da Pleyistosen Buzullaşmaları, Batı Toroslar, Türkiye
Pleistocene Glaciations in Karadağ, Western Taurus Mountains, Turkey 451
- Z. Bora Ön, M. Sinan Özeren, Sena Akçer-Ön, M. Namık Çağatay**
Spectral Features of 250 kyr Long Lake Van Sediments: Milankovitch Cycles and Their Harmonics
250 Bin Yıl Uzunluğundaki Van Gölü Çökelleri'nin Spektral Özellikleri: Milankoviç Döngüleri ve Onların Harmonikleri 471
- Eren Şahiner, Mehmet Korhan Erturaç, Niyazi Meriç**
Termal-Asistan Optik Uyarmalı Lüminesans (TA-OSL) Tekniğiyle Milyon Yıl Mertebesindeki Jeolojik Örneklerin Tarihlendirilmesi: Gediz Taraçaları, Kula/Manisa
Dating of geological samples over millions of years by Thermally Assisted Optically Stimulated Luminescence (TA-OSL) technique: Gediz River Terraces, Kula/Manisa 489
- Hakan Gür**
Geç Kuvaterner Buzul Buzullararası Döngülerinin Anadolu'nun Biyolojik Çeşitliliği Üzerine Etkileri
The Effects of the Late Quaternary Glacial-Interglacial Cycles on the Biodiversity of Anatolia 507
- Yavuz Aydın**
Pleyistosen Dönem'den Bir Alt Paleolitik Kesit: Karain
A Lower Paleolithic Section from the Pleistocene Period: Karain 529
- Sabri Karadoğan, M. Tahir Kavak**
Diyarbakır Havzasında İklim Üzerinde Etkili Olan Yer Şekilleri ve Litolojik Faktörlerin MODIS Uydu Görüntüsü Verileri İle İncelenmesi
Investigation the Effects of Landforms and Lithological Factors on the Climate in Diyarbakır Basin Using MODIS Satellite Data 557
- Sena Akçer-Ön**
Küçük Buz Çağı'nda Güneş Etkisine Bağlı İklim Değişimleri: Köyceğiz Gölü Çökel Kayıtları (GB Anadolu)
Climatic variability related to solar activity during the Little Ice Age: Lake Köyceğiz Sediment Records (SW Anatolia) 569
- Serdar Vardar, Ertuğ Öner, Rifat İlhan**
Bağlararası Höyüğü Çevresinde Paleocoğrafya ve Jeoarkeoloji Araştırmaları (Çeşme-İzmir)
Paleogeography and Geoarcheology Researches in Surroundings of the Bağlararası Mound (Çeşme-İzmir) 589
- M. Korhan Erturaç, Nafiye Güneç Kıyak**
Yeşilirmak Taraçalarında (Orta Kuzey Anadolu) Geç Pleyistosen İklim Değişiklikleri ve Düşey Yönlü Deformasyona Akarsu Cevabının Araştırılması
Investigating the Fluvial Response to Late Pleistocene Climate Changes and Vertical Deformation: Yeşilirmak Terrace Staircases (central north Anatolia) 615
- Ozan Erdal**
Küçük Memeli Paleontolojisinin Türkiye'deki Kuvaterner Çalışmalarına Katkısı: Tanımlar ve Uygulamalar
Contribution of Micromammal Palaeontology to Quaternary Studies in Turkey: Definitions and Applications 637
- Alper Gürbüz, Nizamettin Kazancı**
Dünya'da ve Türkiye'de Kuvaterner Jeolojisi Haritalarının Hazırlanması ve Karşılaşılan Sorunlar
Quaternary Geological Mapping in the World and Turkey, and Encountered Problems 665

Türkiye Jeoloji Bülteni makale dizin ve özleri:

GeoRef, Geotitles, Geoscience Documentation, Bibliography of Economic Geology, Geology, Geo Archive,
Geo Abstract, Mineralogical Abstract, GEOBASE, BIOSIS ve ULAKBİM TR Dizin
Veri Tabanlarında yer almaktadır.

Geological Bulletin of Turkey is indexed and abstracted in:

*GeoRef, Geotitles, Geoscience Documentation, Bibliography of Economic Geology,
Geo Archive, Geo Abstract, Mineralogical Abstract, GEOBASE, BIOSIS and ULAKBİM TR Dizin Databases*

TÜRKİYE JEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI
Chamber of Geological Engineers of Turkey

Önsöz

Türkiye Jeoloji Kurultayları, 1947 yılından itibaren uzun soluklu yıllık programları içerisinde Türkiye yer bilimlerinin araştırma önceliklerinin nabzını tutmuş, devamlılığı önce Türkiye Jeoloji Kurumu ve sonrasında da Jeoloji Mühendisleri Odası'nın kurumsal kimliği ile sağlanmıştır. Kurultaylar, her yıl değişen kurultay başkanlığı ve temaları ile özgün bir dinamikliğe ulaştığı gibi ulusal ve uluslararası platformda, ülkemizin en saygın bilimsel buluşmaları arasında yerini almıştır.

70. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Prof. Dr. Nizamettin Kazancı başkanlığında ve ODTÜ'nün ev sahipliğinde, 10-14 Nisan 2017 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Kurultay kapsamında ilk defa düzenlenen “Kuvaterner Araştırmaları” oturumu, tam bir günü kapsayan yoğun programı ve özellikle farklı formasyonlara sahip araştırmacıların sunduğu değerli çalışmalarla ilgi toplayan oturumlardan birisi olmayı başarmıştır. Oturumda 13'ü poster olmak üzere toplam 31 bildiri sunulmuş ve “Türkiye’de Kuvaterner Araştırmalarında güncel durum ve gelecek perspektifleri” isimli bir panel gerçekleştirilmiştir. Gösterilen bu ilgiyle, oturumda sunulan bildirimlerin Türkiye Jeoloji Bülteni kapsamında hazırlanacak olan özel bir sayıda hakemli (peer review) makale olarak yayınlanması fikri gündeme gelmiştir.

Türkiye’de Kuvaterner araştırmalarının geçmişi ve bugünü değerlendirmenin kapsamlı bir makalenin konusu olduğu aşikârdır. Bununla birlikte kısa ve genel bir giriş yapılması gerekirse, üç aşamadan (veya kuşaktan) bahsedilebilir. Ülkemizde, Cumhuriyet’in ilk yıllarından itibaren özellikle üniversitelerin coğrafya kürsüsü araştırmacılarının –ilk akla gelen isimler arasında Sırrı Erinç, Oğuz Erol ve Turgut Bilgin’in çağdaşları ve yetiştirdikleri onlarca öğrenci– yaptıkları keşifler ve olağanüstü detayda jeomorfoloji ve klimatoloji çalışmaları günümüz araştırmacılarına yol göstermeye devam etmektedir.

Kuvaterner araştırmalarının ikinci aşaması, 1980’li yılların ortalarında başlar. Bu dönem, Dünya’da geçmiş iklim değişikliklerine verilen önemin artması ve yaygınlaşan uluslararası araştırmalara paralel olarak TÜBİTAK, MTA ve üniversiteler ortaklığında araştırmacıların özellikle deniz ve göl araştırmalarına yoğunlaştığı önemli bir dönemin başlangıcıdır. Bu başlangıç ile özellikle jeoloji kökenli yer bilimciler, Kuvaterner Devrindeki iklim ve çevre değişimlerini araştırmaya yönelmiş, denizel kayıtlar ile jeoloji haritalarında eskiden beri homojen gri renkle gösterile gelen Kuvaterner yaşlı havza dolguları artan detayda çalışılmaya başlanmıştır. Bu döneminin olgunluğa ulaşmasının bir sonucu olarak üniversitelerde Kuvaterner üzerine odaklanmış araştırma grubu, merkezi ve laboratuvarlarının (Ör: EMCOL) kurulması ve periyodik çalıştayların (Ör: TURQUA) düzenlenmesi gerçekleşmiştir.

İkinci aşamanın en önemli sonucu, artan ulusal ve uluslararası proje destekleri ile çeşitli disiplinlerden (Ör: jeoloji, coğrafya, biyoloji, kimya, fizik ve hesaplamalı bilimler) gelen araştırmacıların sadece Kuvaterner Devri –ve kayıtları- üzerine odaklanan doktora çalışmalarına da kaynaklık etmesidir. 17 Ağustos 1999 depremi sonrası kamuoyu ve kurumların desteği ile aktif tektonik çalışmalarına artan ilgi de bu sürece katkıda bulunmuştur. Kuvaterner araştırmalarında günümüzde de aktif olan ikinci kuşağın yanı sıra, ülke genelinde çeşitli kurum ve üniversitelerde çalışan, özgün projeler üreten veya doktora çalışmasını yürüten bu genç araştırmacılar, Türkiye’de Kuvaterner araştırmalarının üçüncü aşamasını yani yakın geleceğini oluşturmaktadır.

İlginize sunduğumuz bu özel sayıda, yer kürenin son 2.58 milyon yıllık geçmişi kapsayan Kuvaterner Devri içerisinde, farklı disiplinlerin sorularına, oldukça renkli, birbiri ile etkileşen yöntem ve sonuçlarla yanıt arayan nitelikli çalışmaları bulacaksınız. Bu makalelerin

tamamı son kuşak araştırmacıların özgün düşünce ve üretimlerinin bir neticesidir. Bunun yanı sıra, makalelerin hakemliklerini yapan 29 uzman Kuvaterner Bilimci de bu kuşağın çeşitli aşamalarında yer alan üyeleridir.

Bayrakdar vd., “*Karadağ’ da (Batı Toroslar) Pleyistosen Buzullaşmaları*” başlıklı çalışmalarında, Teke Yarımadası’nda, Batı Torosların önemli zirvelerinden birisini oluşturan Karadağ’da (2418 m), farklı yönlerde doğru gelişmiş iki adet buzul vadisi ve üç adet sirkten oluşan buzul jeomorfolojisini detaylandırmışlardır. Araştırmacılar, ilk kez bu çalışmada raporlanan bu yer şekillerinin 1800 m seviyelere kadar uzandığını haritalayarak, buzullaşmanın en ileri seviyede olduğunu öngördükleri Son Buzul Maksimum döneminde bölgedeki kalıcı kar sınırını 2080 m olarak hesaplamışlardır.

Ön vd., “*Milankovitch Cycles and Harmonics of Milankovich Cycles in 250 kyr long Lake Van Sediments*” isimli makalelerinde PALEOVAN projesi kapsamında Van Gölü tabanından alınmış, 250 ve 90 binyıllık zaman aralığını kapsayan iki karota ait jeokimyasal verilerin spektral analizi ışığında Pleyistosen içerisindeki iklim değişikliklerinin periyodik doğasını araştırmışlardır. Bu analizlerin sonucunda, Milankovitch döngüleri olarak da bilinen yerin önemli yörüngesel değişikliklerinden, eksen salınımı (41 binyıl) ve ekinoksların presesyonu (21,7 binyıl) ile Holosen için kısa dönemli Bond (1,5 binyıl) ve Hallstadtzeit (2,3 binyıl) döngülerini bulgulamışlardır. İngilizce olarak hazırlanan bu makalenin Türkçe genişletilmiş özeti Milankovitch döngülerinin kısa bir değerlendirmesini de okuyucunun ilgisine sunmaktadır.

Şahiner vd., “*Termal-Asistan Optik Uyarımlı Lüminesans (TA-OSL) tekniğiyle milyon yıl mertebesindeki jeolojik örneklerin tarihlendirilmesi: Gediz Taraçaları, Kula/Manisa*” isimli makalelerinde, son ~150 bin yıl içerisinde depolanmış inorganik çökellerin tarihlendirilmesi

ile Geç Pleyistosen olaylarının gerçekleşme tarihi ve süreçlerinin hızının belirlenmesine önemli bir katkı sunan Optik Uyarımlı Lüminesans (OSL) tekniğini konu almışlardır. Çalışmada, OSL tekniğinin sınırlarının aşılması için araştırılan yöntemlerden TA-OSL protokolü ile Gediz Nehri’nin (Kula) milyon yıl mertebesindeki yüksek taraçası başarı ile tarihlendirilebilmiştir.

Gür, “*Geç Kuvaterner Buzul Buzullararası Döngülerinin Anadolu’nun Biyolojik Çeşitliliği Üzerine Etkileri*” isimli çalışmasında Kuvaterner içerisinde gerçekleşmiş önemli iklimsel döngülere, canlı türlerinin cevabı olan coğrafi dağılımlarındaki değişiklikleri, ekolojik niş modellemesi ve moleküler filocoğrafya yaklaşımı ile irdelemektedir. Makale, konu üzerine güncel yaklaşım ve uygulamaların kapsamlı bir değerlendirmesi niteliği taşımaktadır.

Aydın, “*Pleyistosen Dönem’den Bir Alt Paleolitik Kesit –Karain*” isimli çalışmasında, Türkiye’deki Paleolitik döneme ait en uzun araştırma geçmişi olan Karain Mağarası kazısından dört metrelik bir kesiti detaylandırmaktadır. Bukesit içerisinde ele geçen, 4767 adet yontmataş parça buluntusunun tekno-tipolojik analizleri ile 440-370 binyıllara (Alt Paleolitik) tarihlenen Tayacian ve Acheulean kültür öğelerini bulgulanmıştır. Söz konusu aletlerin büyük çoğunluğunu oluşturan radyolaritlere yönelik kaynak kaya araştırması da makale kapsamı içerisinde tartışılmıştır.

Karadoğan ve Kavak, “*Diyarbakır Havzasında İklim Üzerinde Etkili Olan Yer Şekilleri ve Litolojik Faktörlerin Uzaktan Algılama Teknikleri İle İncelenmesi*” başlıklı çalışmalarında, Diyarbakır havzası kapsamında MODIS spektrometre verilerini kullanarak gündüz ve gece yüzey sıcaklıklarını haritalamışlardır. Bu yaklaşım ile yazarlar, litolojik faktörlerin, yüzey topografyası ile birlikte albedo farklılıklarına yol açarak bölgede kısa mesafeler içinde farklı iklim koşullarının ortaya çıkmasına neden olduğunu bulgulamışlardır.

Akçer-Ön, “*Küçük Buz Çağı’nda Güneş Etkisine Bağlı İklim Değişimleri: Köyceğiz Gölü (GB Anadolu) Çökel Kayıtları*” isimli çalışmasında, Köyceğiz Gölü kapsamında elde edilen dört adet kısa gravimetrik karot boyunca gerçekleştirilen detaylı jeokimyasal ve duraylı izotop incelenmesi ve radyometrik tarihlenmesi/yaş modelini sunmaktadır. Bu veriler, son 500 yıl içerisinde bölgede gerçekleşen iklim değişikliklerinin (Küçük Buzul Çağı) önceki çalışmalarda bulguların güneş patlamaları ile ilişkisini ortaya koymuştur.

Vardar ve diğ., *Bağlararası Höyüğü Çevresinde Paleocoğrafya ve Jeoarkeoloji Araştırmaları (Çeşme– İzmir)* isimli makalelerinde, Karaburun Yarımadası’nda yer alan ve Bronz Çağına (~4600 yıl) tarihlenen bir kıyı yerleşim alanının, Holosen boyunca dört farklı dönemde paleocoğrafik değişimini, kıyı-akarsu dolgusunu kesen 11 adet sondajdan elde ettikleri verilerle haritalamışlardır. Sondajlarda rastlanılan Santorini patlamasına ait volkanik küller (MÖ 1640-1650), kronolojik belirteç olarak kullanılmış, böylelikle ilgi zaman aralığında kıyı çizgisinin konumu ortaya konulmuştur.

Erturaç ve Kıyak, “*Geç Pleyistosen Yeşilirmak Nehri Taraça Sistematiğinin Kronolojisi: Bölgesel Düşey Yönlü Deformasyon ve İklim Değişiklikleri*” başlıklı çalışmalarında, KAFZ güneyinde (Amasya) Yeşilirmak Nehri üzerinde gelişmiş, en çok +70 m yüksekliğinde konumlanan üç taraça basamağını OSL yöntemi ile tarihlendirmişlerdir. Sonuçlar, taraçaların MIS5a, MIS3 ve LGM sonu dönemleri içerisinde depolandığını ortaya koymaktadır. Yazarlar, depolanma/aşınma dönemlerini bölgesel iklim kayıtları ile karşılaştırarak taraça oluşumunun belirgin iklim değişikliklerine (kurak/yağışlı dönemler) karşılık geldiğini önermektedir. Her

üç taraçanın terkedilme zamanı ve konumu oranlanarak bölge için ortalama 0.94 ± 0.26 mm/yıl yükselme hızı hesaplamışlardır.

Erdal, “*Küçük Memeli Paleontolojisinin Türkiye Kuvaterner Çalışmalarındaki Katkısı: Tanımlar ve Uygulamalar*” isimli derleme makalesinde küçük memelilerin genel tanımını ve bazı tür örneklerinin, morfolojik özelliklerini, genel sınıflandırmasını, türlerin zaman içerisinde geçirdiği evrimsel değişiklikleri, göreceli yaş ve biyozon prensiplerini konu edinmiştir. Yazar ayrıca, küçük memeliler özelinde Türkiye’de omurgalı paleontolojisi üzerine gerçekleştirilen bazı araştırma ve kazanımların kısa bir tarihçesini sunarak gelecek perspektifleri üzerine çıkarımlarda bulunmaktadır.

Gürbüz ve Kazancı, “*Dünya’da ve Türkiye’de Kuvaterner Jeolojisi Haritalarının Hazırlanması ve Karşılaşılan Sorunlar*” başlıklı değerlendirme makalesinde, hızla artan insan nüfusu ve buna koşut olarak büyük oranda genç tektonik ovaların Kuvaterner yaşlı dolgularının üzerinde genişleyen şehirlerin tespitinde bulunmaktadır. Yazarlar, Kuvaterner Jeolojisi haritalarının hazırlanmasında izlenen yaklaşımlar ve karşılaşılan başlıca sorunlara dair mevcut durum değerlendirmesi yaparak, dünyanın çeşitli bölgelerinden ve ülkemizden örnekler sunmaktadır.

Türkiye’de Kuvaterner araştırmaları üzerine gerçekleştirilmiş ilk özel sayının, bu sene 60. sayısını kutlayan Türkiye Jeoloji Bülteni içerisinde kendine yer bulmasını sağlayan editörü Prof. Dr. Orhan Tatar’a tüm eser sahipleri adına teşekkürü bir borç bilirim.

Misafir Editör
Yrd. Doç. Dr. M. Korhan Erturaç



Karadağ'da Pleyistosen Buzullaşmaları, Batı Toroslar, Türkiye
Pleistocene Glaciations in Karadağ, Western Taurus Mountains, Turkey

Cihan Bayrakdar¹ , Zeynel Çılğın² , Faize Sarıç³ 

¹ *İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, İstanbul*

² *Munzur Üniversitesi, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Tunceli*

³ *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Çanakkale*

Geliş/Received : 22.08.2017 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received : 30.09.2017 • Kabul/Accepted : 07.10.2017 • Baskı/Printed : 29.12.2017

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Karadağ, Teke Yarımadasında Beydağları, Akdağ ve Sandıras gibi Pleyistosen buzullaşmasına maruz kalmış dağlardan biridir. Karadağ, Fethiye Körfezi'nin hemen kuzeydoğusunda 30 km kuş uçuşu mesafede 2418 m zirveye ulaşır ve 2300 m üzerinde birçok yükseltiyeye sahiptir. Teke Yarımadasında Pleyistosen buzullaşmalarına uğramış dağlardan, Sandıras ve Akdağ ile ilgili buzul araştırmalarına ve buzullaşmaların yaşlandırılmalarına yönelik çalışmalar varken, Beydağları'nda Pleyistosen buzullaşmalarından sadece çok genel hatları ile bahsedilmiş, Karadağ ile ilgili buzullaşma olgusu bilinmemekte, başka bir deyişle buzullardan bahseden hiçbir çalışma bulunmamaktadır. Oysaki Karadağ yüksek zirve düzlüklerinin yamaçlarında belirgin sirk ve morenler barındırır. Yapılan arazi çalışmalarında, Karadağ'da iki gelişmiş buzul vadisi, farklı büyüklükte ve yönlerde gelişmiş üç tane sirk ve bunların önlerinde 1800 m seviyelerine inen cephe ve tümseksi (hummocky) morenleri gözlenmiştir. Bu çalışma ile Türkiye'de yeni bir buzullaşma sahası tespit edilmiş ve Türkiye Buzullaşma Envanteri'ne katkı yapılmıştır. Yeni buzullaşma alanının jeomorfolojik, klimatolojik özelliklerini ortaya koymayı hedefleyen bu çalışmada; tektonik, iklimik ve karstik özellikler göz önüne alınarak Karadağ'da Pleyistosen'deki jeomorfolojik gelişimi açıklanmaya çalışılmıştır. Arazi çalışmaları, insansız hava aracı ve meteoroloji istasyonlarının verilerinden elde edilen mekânsal veriler coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak analiz edilmiş, sonuç harita ve çıktılar oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Batı Toros Dağları, Karadağ, Pleyistosen buzullaşmaları

Abstract: Karadağ is one of the mountains subjected to the Pleistocene glaciations in the Teke Peninsula (Western Taurus) along with Beydağları, Akdağ, and Sandıras Mountains. Karadağ, which reaches 2418 m summit at a 30 km straight distance from the northeast of Fethiye Bay, has many peaks over 2300 m. There are plenty of glacial researches and dating studies aim to reveal Pleistocene glaciation chronology of the mountains such as Sandıras and Akdağ in the Teke Peninsula. On the other hand, glaciations in Beydağları were mentioned superficially and in general terms. Lastly, there has not been known any glaciation phenomenon in Karadağ, in other words there are not any studies concerning the glaciation on the mountain. However, Karadağ has distinctive cirques and moraines on the slopes of high elevations near the peak. In this study, we identified glacial valleys, cirques developed in different sizes and aspects and lastly frontal and hummocky moraines in front of these cirques. They are descending to the elevation of 1800 m. With this study, a new glacial area was identified in Turkey and made a contribution to the glaciation inventory of Turkey. This study aims to reveal the geomorphological and climatological characteristics of this area with regard to tectonic, climatic and karstic characteristics during Pleistocene. Maps and relevant outputs were created and analyzed by geographic information systems using the spatial data obtained from the field studies, unmanned aerial vehicles and meteorological stations.

Keywords: Karadağ, Pleistocene glaciations, Western Taurus

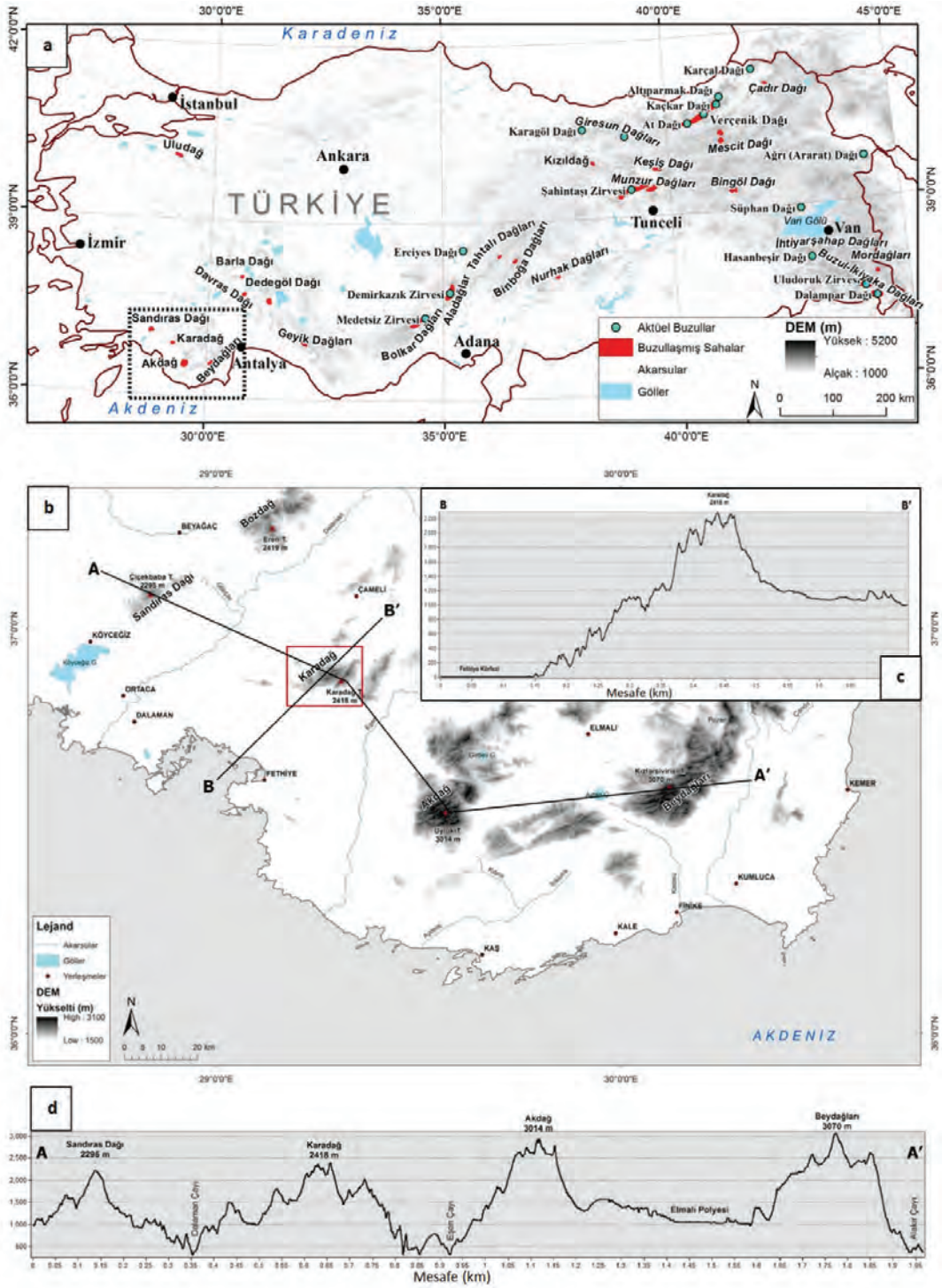
GİRİŞ

Türkiye, Alp-Himalaya dağ sistemi içerisinde yer alan dağlık bir ülke olarak tanımlanır. Dağların geniş alanlar işgal ettiği Türkiye’de özellikle Doğu Karadeniz Dağları, Toros Dağları, Doğu Anadolu’nun yüksek kesimleri ve İç Anadolu’nun yüksek volkanik dağları Kuvaterner süresince birçok kez buzullar tarafından işgal edilmiş, bu buzulların bir kısmı halen dağların korunaklı kısımlarında hızlı bir erime sürecine rağmen günümüze kadar kalabilmiştir. Buzulların tamamen eridiği kısımlarda buzul jeomorfolojisine ait şekiller tazeliğini büyük ölçüde korumuştur (Şekil 1). Bu şekillerden hareketle ülkemizde buzul jeomorfolojisine yönelik çalışmalar 19.yy dan itibaren başlamış olup (Çiner, 2003) son yıllarda bu çalışmalar nicel tarihlendirme yöntemleri ile desteklenerek devam etmektedir. Bu tarihlendirme yöntemleri ile buzullaşmaların seyri hakkında ve paleoiklim şartları hakkında güvenilir veriler sağlanmaya başlanmıştır. Bu kapsamda Doğu Karadeniz Dağları, Toros Dağları ve Anadolu’nun çeşitli bölgelerindeki yüksek dağlarında kozmojenik yüzey örneği alınmış olup elde edilen sonuçlara göre, Türkiye’de bilinen en eski Geç Pleyistosen buzul ilerlemesinin MIS 4 (71 bin yıl önce)’de başlayarak, MIS 3 (29-35 bin yıl önce) sonuna kadar devam etmiştir (Sarıkaya ve Çiner 2017). Buzullaşma en geniş boyutlarına 21 bin yıl önceki Son Buzul Maksimumu (Last Glacial Maximum; SBM) sırasında ulaşmıştır. SBM sonrasında Geç Buzul (Late Glacial) (19-13 bin yıl önce) ve Genç Dryas (Young Dryas) (13-11.7 bin yıl önce) dönemlerinde buzullaşmalar yaşanmıştır (Akçar vd. 2017; Sarıkaya ve Çiner 2017).

Teke Yarımadasında Geç Pleyistosen’e ait buzul izlerini gösteren dört adet dağ bulunmaktadır. Bu dağlar batıdan doğuya doğru Sandıras, Karadağ, Akdağ ve Beydağları’dır. Bu dağlardan Sandıras (2295 m) ve Karadağ (2418)

m nispeten alçak yükseltilere sahip kütleler iken, Akdağ (3014 m) ve Beydağları (3070 m) 3000 metrenin biraz üzerinde yükseltilere sahip olup alanının en yüksek kütlelerini oluşturmaktadırlar (Şekil 1).

Teke Yarımadasında buzullaşmaya uğramış dağlardan en batıda Sandıras Dağı yer alır. Akdeniz’e oldukça yakın olan Sandıras Dağı’nın kuzeyinde üç vadide buzul jeomorfolojisine ait aşınım ve birikim şekilleri net bir şekilde görülebilmektedir. Sandıras Dağı’ndaki buzul izlerinin varlığına ilk kez Philippon (1915) değinmiştir. Daha sonra Planhol (1953), buzul dillerinin dağın kuzey bölümünde 1900 m’ye kadar indiğini belirtmiştir. Erinç, 1971 yılında yayınlanan çalışmasında bu dağı, Anadolu’da kalıcı kar sınırının en fazla alçaldığı alanlar arasında göstermektedir. Messerli (1967), Sandıras Dağı’nda alçak buzullaşma seviyesini yerel iklimik şartlara bağlamıştır. Sandıras Dağı’ndaki buzullaşma ve buzul şekilleri ile ilgili en detaylı çalışmalar Doğu (1993), Sarıkaya vd. (2008), Doğan (2011) tarafından yapılmıştır. Doğu (1993), Sandıras Dağı’nın zirve bölümündeki az arızalı yüzeyi ve dağın kuzey ile kuzeydoğu yamaçlarındaki buzul şekillerini tanımlamış ve haritalamıştır. Doğan (2011) tarafından Sandıras Dağı, Türkiye’de Son Buzul Maksimum’da (SBM) kalıcı kar sınırının da en düşük (2000 m) olduğu yer olarak gösterilmiştir ve bu özelliklerin ortaya çıkmasında, dağın konumu dolayısıyla sahip olduğu yerel iklim özelliklerinin etkili olduğu belirtilmiştir. Sarıkaya vd. (2008), iki farklı vadiden, dört moren sırtına ait, dokuz örnekte kozmojenik ³⁶Cl yüzey tarihlendirmesi yapmış ve Sandıras Dağı buzullarının SBM’de en geniş boyutlarına ulaştıktan sonra Geç Buzul döneminde ufak ilerlemeler ve/veya durağanlıklar meydana getirerek Holosen başlamadan ortadan kalkmış olduğunu belirtmiştir (Sarıkaya vd., 2008; Sarıkaya ve Çiner, 2015).



Şekil 1. Karadağ'ın lokasyon özellikleri (a, b, c, d), Türkiye'de buzullaşma sahaları (a), Teke Yarımadası'nda buzullaşma sahaları (b) ve topografik profilleri (d), Karadağ'ın topografik profili (c).

Figure 1. Location of the study area (a, b, c, d). Glacierized and glaciated areas in Turkey (a), glaciated areas in Teke Peninsula (b) and their topographic profiles (d), topographic profile of Karadağ (c).

Teke Yarımadasında Karadağ'a yakın ve benzer litostratigrafik özelliklere sahip diğer bir buzul bölgesi de Akdağ'dır. Akdağ ile ilgili Onde (1952), Planhol ve İnandık, (1958) Doğu vd. (1999), Bayrakdar (2012), Sarıkaya vd. (2014), Bayrakdar vd. (2017) buzul araştırmaları ve buzullaşmaların yaşlandırmalarına yönelik çalışmalar yapmışlardır. Bayrakdar (2012), Akdağ Kütlesi'nde farklı etken (karst-buzul-tektonizma) ve süreçlerin ürünü polijenik bir jeomorfoloji geliştiğini belirtmiştir. Bayrakdar (2012)'e göre Akdağ Kütlesi'nde etkili olan Pleyistosen buzul dönemleri, büyük ölçüde karstik yapıya uyumlu gelişmiş ve 2500 m ve üzerindeki paleo-karstik depresyonlarda kalın plato buzulları gelişmiştir. Bu buzulların ürünü buzul birikinti depolarından alınan örneklerle ait OSL tarihlendirmelerinde 20.24 ± 3.01 , 17.66 ± 4.44 , 17.83 ± 3.58 bin yaşları çıkmıştır ki bu da son buzul maksimumuna denk gelmektedir (Bayrakdar vd. 2017). Akdağ'da OSL dışında 41 adet moren bloğu kozmojenik ^{36}Cl yöntemi ile yaşlandırılmıştır (Sarıkaya vd., 2014). SBM'den önce, günümüzden yaklaşık 35 bin yıl öncesinde buzulların 2150 m seviyelerine kadar ulaştıkları tespit edilmiştir. SBM'de ise buzullar 21.7 ± 1.2 bin yıl öncesinde en geniş pozisyonlarına (denizden 2050 m yüksekliğe) ulaşmıştır. Daha sonra, yaklaşık 15.1 bin yıl öncesinde, Geç Buzul döneminde buzullar bir miktar geri çekilmiş ve kısa bir süre yerlerinde sabit kalmışlardır (Sarıkaya vd., 2014).

Teke Yarımadasında en doğuda bulunan Beydağları ise Pleyistosen buzullaşmalarından nispeten daha az etkilenmiştir. Beydağlarındaki buzullaşmalar ile ilgili doğrudan bir çalışma olmayıp Anadolu'da buzul çağıının morfolojik izleri (Louis, 1944) ve Akdeniz'de buzul çağı ve mevcut buzullaşma (Messerli, 1967) çalışmalarında bahis konusu olmuştur. Louis (1944), Beydağlarında sirklerin 2500-2700 m seviyelerinde geliştiğini ve morenlerin 1800 m seviyelerine kadar indiğini belirtmiştir. Yine Messerli (1967), würm daimi kar sınırını Beydağları için 2600 m seviyelerinde olduğunu belirtmiştir.

Karadağ, farklı ölçekteki topoğrafya haritalarında Boncuk Dağları, Güntutan Dağı ve Akdağ, yerel halk tarafından da Karkın Dağı olarak da isimlendirilir (Şekil 1). Karadağ ile ilgili buzullaşmadan bahseden hiçbir çalışma bulunmamaktadır. Buna karşın, Avşarcan (1999) "Fethiye Körfezi Kuzeyindeki Dağlık Kesimde Jeomorfoloji Araştırmaları" adlı çalışmasında Karadağ Kütlesi'nde son buzul çağında kalıcı kar seviyesinin alçalarak dağın zirveler kısmına yaklaşması nedeniyle periglasiyal şekillerin varlığından bahsetmiş, ancak glasiyal şekillere rastlanmadığını ifade etmiştir.

Bu çalışmada da Batı Toroslar'da yer alan ve daha önce literatürde değinilmemiş yeni bir buzullaşma sahası olan Karadağ'ın buzul jeomorfolojisine ait ilk bulgular aktarılmıştır. Yine morfolojik delillerden yola çıkılarak paleo-buzulların rekonstrüksiyonu CBS ortamında modellenmiş ve jeomorfolojik gelişim açıklanmıştır. Karadağ'nın jeokronolojisini ve paleoiklimsel değişikliklerinin ortaya konması amacıyla kozmojenik yaş tayin yöntemi için 20 adet örnek alınmış olup projelendirme ve analizler bitirildiğinde konu daha kapsamlı bir çalışma ile tekrar ele alınacaktır.

Yöntem

Çalışmanın veri kaynaklarını, 1:25,000 ölçekli topografya haritaları, 1:25,000 ölçekli jeoloji haritaları, eş yükselti eğrilerinden üretilen 10 m çözünürlüklü Sayısal Yükselti Modeli (SYM/DEM), GPS ölçümleri, Uydu Görüntüleri ve farklı dönemlerde yapılan (2016 ve 2017 yaz dönemi) arazi çalışmaları sonucunda üretilen haritalar oluşturmaktadır. Ayrıca insansız hava araçları (İHA) ile sahanın anahtar yerlerinde ortofotolardan 1 metrenin altında hassasiyete sahip yükselti verisi ile amaca uygun haritalar üretilmiştir. Klimatolojik analizler için gerekli veriler Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden elde edilmiştir. CBS kullanılarak oluşturulan sayısal veri tabanına, çözünürlüğü yüksek uydu

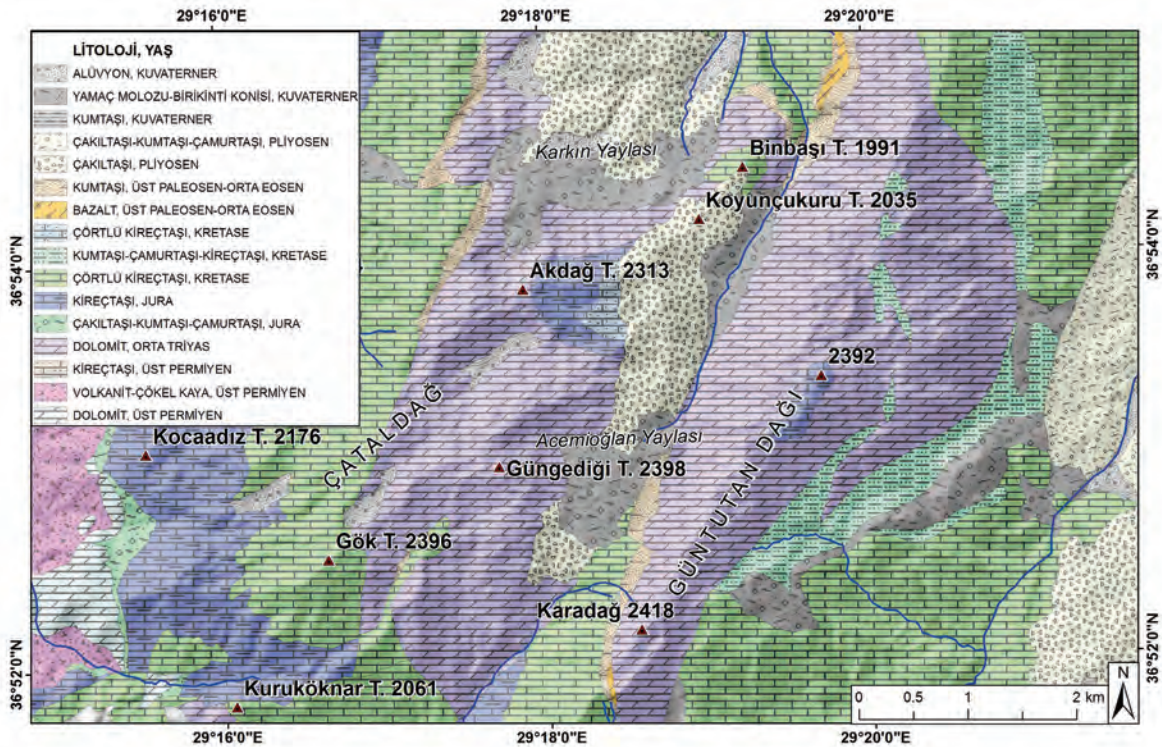
görüntüleri ve İHA görüntüleri yardımıyla 3 boyutlu ve mekânsal analizler uygulanmıştır. SBM alıcı kar sınırının tespiti için yüzölçümü motodu kullanılmıştır. Bu kapsamda buzullar tarafından işgal edilen alanların hipsometrik eğrisi çıkarılmış ve rölatif alanda 0.65 ile keşişen yükselti kalıcı kar sınırı vermiştir (Porter, 2001; Hubbard ve Glasser, 2005).

JEOLOJİ

Karadağ'ın içinde bulunduğu Batı Toroslarda, birbirinden farklı jeomorfolojik birimlerin iç içe geçmelerinde, kaya birimleri ve yapısal özellikleri ile oluştukları havza bakımından, birbirinden farklı olan tektonik birliklerin, yatay ve düşey blok hareketleriyle yan yana ve üst üste gelmeleri etkili olmuştur (Şenel, 1997). Bu birlikler Üst Devoniyen'den günümüze değin oluşmuş çoğunlukla allokton bir kısmı ise otokton

konumludur. Karadağ Kütlesi ve yakın çevresinde temeli oluşturan Beydağları otoktonu üzerine konulanmış allokton konumlu Likya Napları (Tavas Napı, Marmaris Ofiyolit Napı, Gülbahar Napı, Domuzdağ Napı, Dumanlıdağ Napı, Bodrum Napı) yer alır. Güneybatı Türkiye'de Menderes Masifi ile Beydağları otoktonu arasında kalan jeolojik ünite Likya Napları olarak bilinir (Şenel, 1997).

Karadağ'ın zirve kısımları büyük ölçüde karbonatlı kayalardan oluşmakla birlikte Likya Naplarına bağlı olarak gelişen karmaşık litolojik yapıdan dolayı alttan veya ofiyolit ve geçirimsiz birimlerce geçişlidir. Karadağ Kütlesi'nde en geniş yayılıma sahip birimler Orta Triyas dolomitleri, Jura kireçtaşları ve Kretase çörtlü kireçtaşlarıdır. Karstik şekiller ve sirk ve buzul vadileri büyük ölçüde Orta Triyas yaşlı dolomitler içerisinde gelişmişlerdir (Şekil 2).



Şekil 2. Karadağ Kütlesi'nin Jeoloji Haritası (MTA'nın 1/25.000 ölçekli jeoloji haritalarından hazırlanmıştır.)

Figure 2. Geological map of Karadağ (produced from 1/25.000 scale geological maps of MTA)

BULGULAR

İKLİM

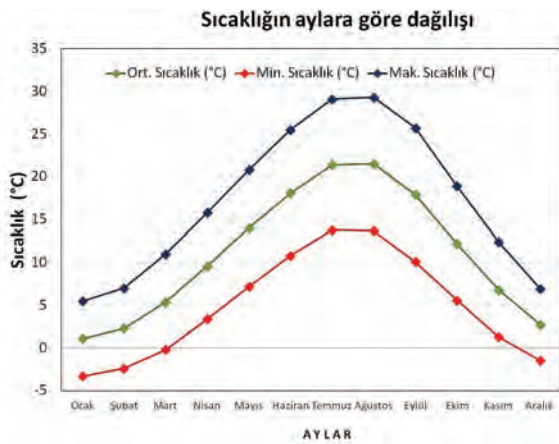
Akdeniz Havzası, güneyindeki subtropikal yüksek basınç ve kuzeyindeki alçak basınç sistemleri arasında bir geçiş özelliği gösterir ve mevsimsel olarak farklı basınç sistemi ve salınımlardan etkilenir. Oldukça geniş bir havza olan Akdeniz havzasında hava koşullarının zamansal değişimi üzerinde dinamik atmosferik süreçler etkili olurken, mekansal dağılışı kontrol eden fiziki ve coğrafi süreçler ise yükseklik, orografi, karadeniz etkileşimleri gibi görece küçük ve yerel ölçekli süreçlerdir (Lolis vd. 1999; Xoplaki vd. 2000, Trigo vd. 2002, Flaounas vd. 2015). Büyük bir havza olan Akdeniz siklon gelişimi için önemli bir enerji ve nem kaynağını temsil eder ve havzadaki kompleks topografik unsurlar hava akımlarının yönlendirilmesinde önemli bir rol oynar (Bartzokas vd. 1994; Trigo vd. 1999; Maheras vd. 2001, Ulbrich vd. 2009, Turoğlu, 2015). Akdeniz ikliminin en önemli özelliği yağışın mevsimselliğinin oldukça belirgin olmasıdır. Bu durum, Yaz-Kış yağış kontrastı ve yıllık toplam yağışın önemli bir bölümünün kışın gerçekleşmesi ile karakterize olur. Yaz döneminde Azor yüksek basıncı etkiliyken, kış döneminde Polar havanın güneye inmesi ve yukarıda ifade edildiği gibi Akdeniz'in siklojeniz için uygun nem ortamını sağlaması Akdeniz depresyonlarının etkili olmasına neden olur (Almazroui ve Awad, 2016).

Doğu Akdeniz'deki önemli bir siklojeniz alanı da Ege Havzası'dır (Trigo vd. 2002, Flocas vd. 2010). Karadağ'ın da içinde yer aldığı Güneybatı Anadolu'da kış döneminde etkili olan bu sistem yağış rejimi üzerinde hakimdir ve bu nedenle bu bölüm Türkiye'nin Güney ve Batı bölgeleri içerisinde en fazla yağış alan bölümdür (Türkeş vd., 2008; Sariş vd., 2010). Güneybatı Anadolu, Türkiye'ye ait iklimsel sınıflandırmalarda Akdeniz İklimi ile karakterize

olur. İklim tipi olarak yarı nemli (Erinç İndisi), step-nemli (De Martonne), yarı-kurak, az nemli, mezotermal (Thornthwaite) olarak tanımlanmıştır (MGM, 2017). Kış mevsiminde yağışın fazla (kıyılarda yağmur, yükseklerde kar) dolayısıyla su fazlasının çok kuvvetli olduğu, yazları ise sıcak ve kuvvetli buharlaşma oranlarının gözlemlendiği bir bölümdür.

Karadağ'ı doğrudan temsil edebilecek bir meteorolojik gözlem istasyonu bulunmadığı için, sıcaklık rejiminin analizi için 1325 m yükseklikte ve Karadağ'ın yaklaşık 20 km kuzeyinde yer alan Çameli meteoroloji istasyonunun ve 30 km güneybatısında yer alan Fethiye istasyonunun (3 m) MGM bültenleri temin edildi. Ancak Çameli istasyonunun bülten verileri eksik olduğundan (1 yıldan az) Climate-data.org adresindeki iklim modeli verilerinden yararlanıldı (CLIMATE-DATA, 2017). CLIMATE-DATA veri kaynağı olarak, dünya genelinde binlerce meteoroloji istasyonunun 1982 ve 2012 yılları arasındaki sıcaklık ve yağış verilerini ve "openstreetmap" üzerinden de konum verilerini kullanarak 220 milyon kaynaktan 30 milisaniyede sorgulanmış veri sunar.

Sıcaklık rejiminin tanımlanmasında yükselti olarak daha yakın olduğu için Çameli istasyonu değerlendirildi. Çameli'nde yıllık ortalama sıcaklık 11°C olup, maksimum sıcaklık 29.3°C ile Ağustos ayı, minimum sıcaklık ise -3.3°C ile Ocak ayında görülür (Şekil 3). Aylara göre sıcaklığın dağılışı incelendiğinde geniş kış dönemi (Aralık-Mart) dönemi boyunca sıcaklıkların 0°C ve altında gerçekleşmesi sıcaklık rejiminde yükselti ve karasallığın etkisini gösterir. Dağlık alanlarda yükselti, bakı, eğim ve karasallık gibi özelliklerle gerçekleşen farklı klimatolojik koşullardan söz edilebilir. Sıcaklık analizi için seçilen Çameli istasyonun konumu ve yükseltisi dikkate alındığında, Karadağ için sıcaklık açısından daha düşük değerlerin olması kuvvetle beklenir.



Şekil 3. Çameli'de ortalama, maksimum ve minimum sıcaklıkların aylara göre dağılışı

Figure 3. Monthly distribution of average, maximum and minimum temperatures in Çameli.

Karadağ'ın yağış özelliklerini yorumlamak için Fethiye ve Çameli istasyonları birlikte değerlendirildi. Akdeniz-Karasal iklim geçişinde yer alan Çameli'nde yağış mevsimsellik olarak Akdeniz'i temsil etse de, tutar açısından daha düşük değerler sergiler. Yıl içerisinde toplam 655 mm yağış alan Çameli'nde, yağışın önemli bir bölümü Akdeniz depresyonlarının etkili olduğu kış döneminde gerçekleşir (%50'si) ki bu durum Akdeniz İklimine özgü yağıştaki mevsimselliğin tipik bir örneğidir (Şekil 4). Fethiye'de yağışın mevsimselliği benzer özellikler gösterir ancak yıllık toplam yağış tutarı 862 mm'dir.

Bu istasyonlardan yola çıkarak Karadağ'ın sıcaklık ve yağış rejimine ilişkin bazı saptamalar yapılabilir. Karadağ'da yükselti etkisiyle daha düşük sıcaklık dönemine bağlı olarak yağışın önemli bir tutarda kar yağışı olarak gerçekleşmesi ve orografik etkiyle cephesel sistemlerin kuvvetlenerek yerel olarak daha yüksek tutarlarda yağışın düşmesi olasıdır. Nitekim, Fethiye ve Çameli istasyonlarının yağış verisine Schreiber formülü (Dönmez, 1990) uygulanarak gerçekleştirilen hesaplamalarda, Karadağ için yükselti farkına bağlı olarak yıllık toplam yağış tutarının 1300 ile 2000 mm arasında değişebileceği belirlendi.



Şekil 4. Fethiye ve Çameli'de toplam yağışın aylara göre dağılışı.

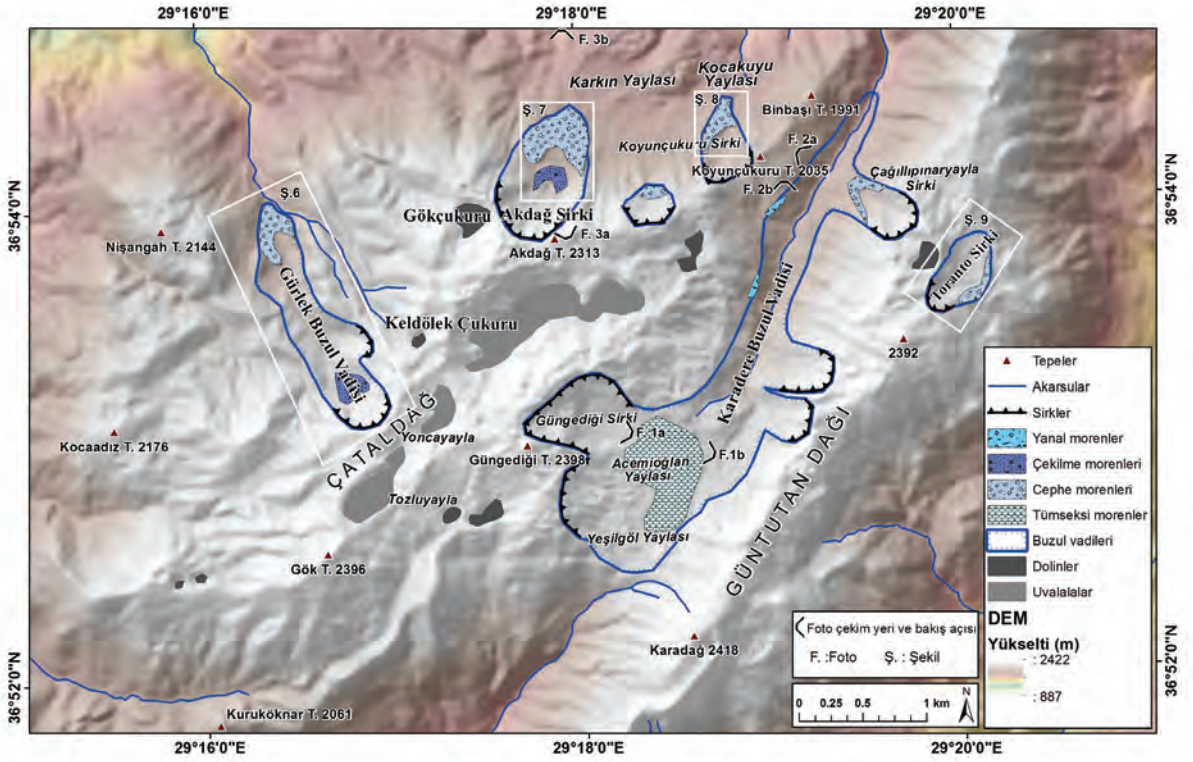
Figure 4. Monthly distribution of total precipitation in Fethiye and Çameli.

BUZUL JEOMORFOLOJİSİ

Karadağ; Batı Torosların batısında, Fethiye-Burdur Fay Zonu üzerinde, Fethiye Körfezi ile Çameli-Göhlhisar havzalarının arasında, en yüksek kısmı 2418 m olan ve 2300 m üzerinde birçok zirve (Gök T. 2396 m, Güngediği T. 2398 m, Akdağ T. 2313 m) ve 2100-2300 m seviyelerinde geniş karstik depresyonlar barındıran yüksek bir kütledir.

Karadağ, Türkiye'de daha önce literatürde bahsedilmeyen Pleyistosen buzullaşmalarının izlerinin net ve yaygın bir şekilde görüldüğü bir sahadır. Karadağ'da farklı yönler (kuzeye, batıya ve doğuya) bakan sirkler ve bunların önünde tazeliğini koruyan belirgin cephe, tümseksi ve yan morenlerin varlığı, Kuvaterner'in soğuk dönemlerinde büyük çaplı buzullar tarafından işgal edildiğinin göstergesi niteliğindedir.

Karadağ'da farklı büyüklükte iki buzul vadisi ve üç sirk tespit edilmiştir. Bunlar; Karadere buzul vadisi, Gürlek buzul vadisi, Akdağ, Koyunçukuru ve Toranto sirkleridir. Bu sirklerin yönü büyük ölçüde kuzeye doğru gelişmiş olsalar da kuzeydoğuya, doğuya, batıya ve kuzeybatıya gelişen sirkler de mevcuttur. Karadağ'da tespit edilen buzul vadileri kuzeye ve kuzeybatıya gelişmişlerdir (Şekil, 5).



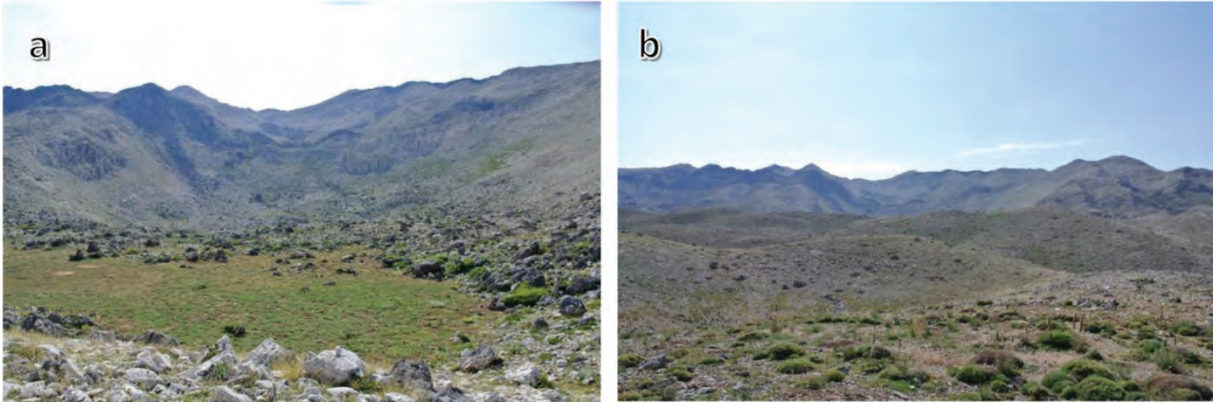
Şekil 5. Karadağ Kütleli'nin Jeomorfoloji Haritası.

Figure 5. Geomorphological Map of Karadağ.

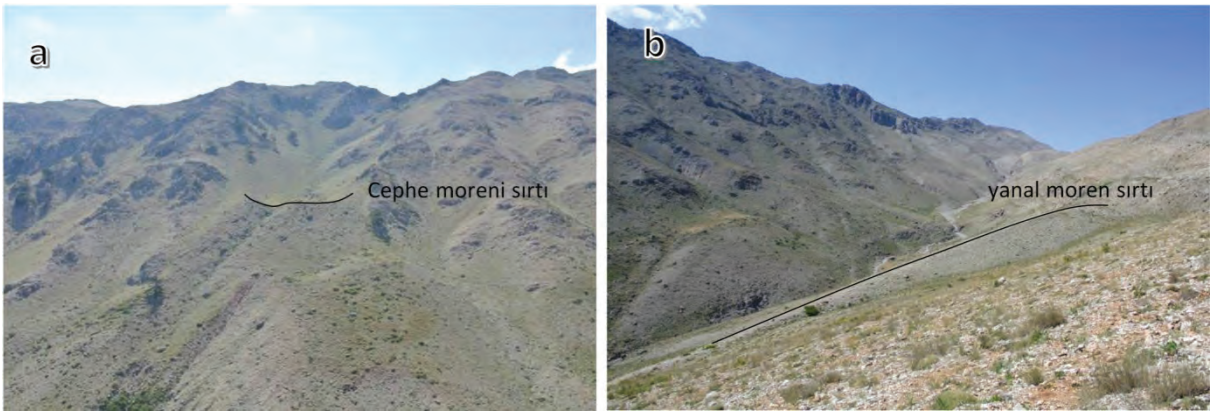
Karadere Buzul Vadisi

Karadağ'daki en büyük buzullaşma sahası güney-kuzey yönlü 3 km uzunluğundaki Karadere buzul vadisidir. Bu buzul vadisi 2398 m yüksekliğindeki Güngedığı Tepe'nin batısındaki büyük bir sirkle başlar ve önünde önce cephe morenleri sonrasında da geniş bir alanı işgal eden tümseksi morenlerle dikkat çeker (Şekil 6). Bu tümseksi morenler paleo-karstik depresyonu işgal edip büyük ölçüde kuzeye yöneldiler de kısmen güneye doğru yönelmiş ve eşikten cephe morenleri ile sarkmıştır. Karadere

buzul vadisi Acemioğlu yaylası mevkiinden kuzeye yönelerek tipik bir tekne vadisi karakteri ile 3 km kadar kuzeye devam edip 1800 metrelerde son bulmaktadır. Karadere buzul vadisinin doğu yamacında gelişmiş üç sirk de yer alır. Bunlardan en kuzeydeki Çığıllıpınaryayla sirkinin önünde ilksel formunu büyük ölçüde korumuş bir cephe moreni tespit edilmiştir (Şekil 7a). Ayrıca bu buzul vadisinin her iki yamacında yanallı morenlerde yer almaktadır. Bu yanallı morenler buzul vadisinin batı yamacında buzulun hareketi yönünde bir sırt şeklinde 100 m kadar uzanış gösterir (Şekil 7b).



Şekil 6. Karadağ'da Güngediği Tepenin (2398 m) doğusunda gelişen sirk (a) ve önündeki tümseksi morenler (b).
Figure 6. The cirque developed on the eastern slope of Güngediği Peak (2398 m) in Karadağ (a) and the hummocky moraines in front of the cirque (b).

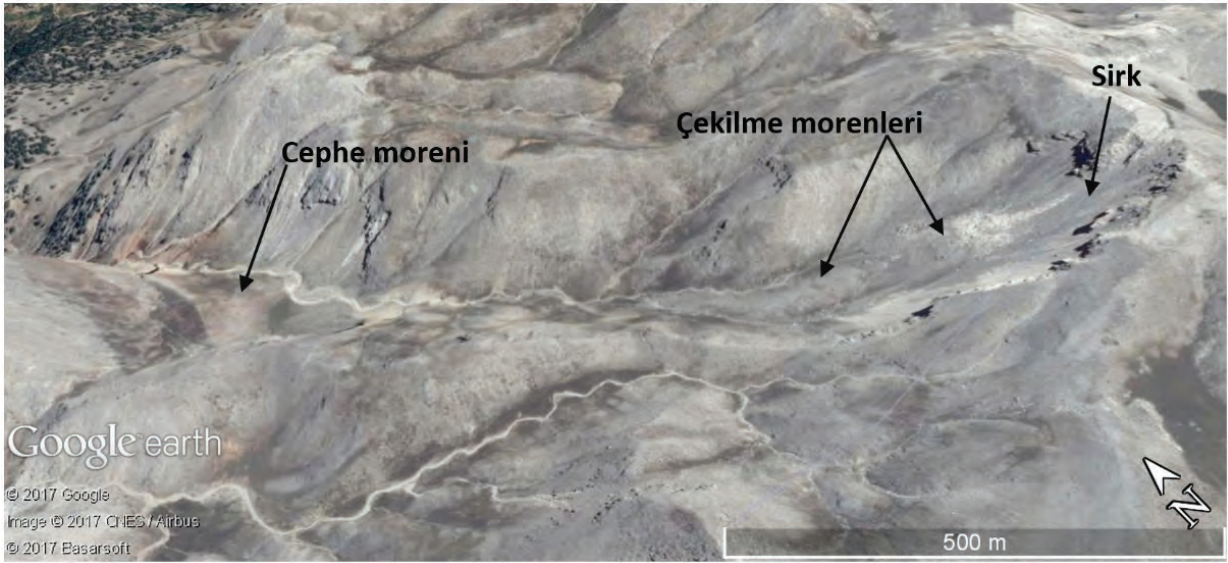


Şekil 7. Karadağ'da kuzeye doğru gelişen Karadere buzul vadisi doğu yamacındaki Çığıllıpınar sirki ve önündeki cephe moreni (a) ve vadinin batı yamacında gelişen yanıl moren (b).
Figure 7. North oriented Çığıllıpınar cirque developed on the eastern slope of the Karadere glacier valley in Karadağ and the frontal moraine in front of the cirque (a) and lateral moraines patched on the western slope (b).

Gürlek Buzul Vadisi

Diğer bir buzul vadisi ise Çataldağ'ın kuzeybatısında olgun bir sirk ile başlayıp 2 km kuzeybatıya yöneldikten sonra cephe morenleri ile sonlanan Gürlek buzul vadisidir. 2345 m

zirvelere sahip Çataldağ kuzeybatısında gelişen sirk in hemen önünden 2080 metrelere kadar genç morenler yer alır. Tipik bir tekne vadi formunda devam eden buzul vadisi 1900 m seviyelerinde cephe moreni ile son bulur (Şekil 8).



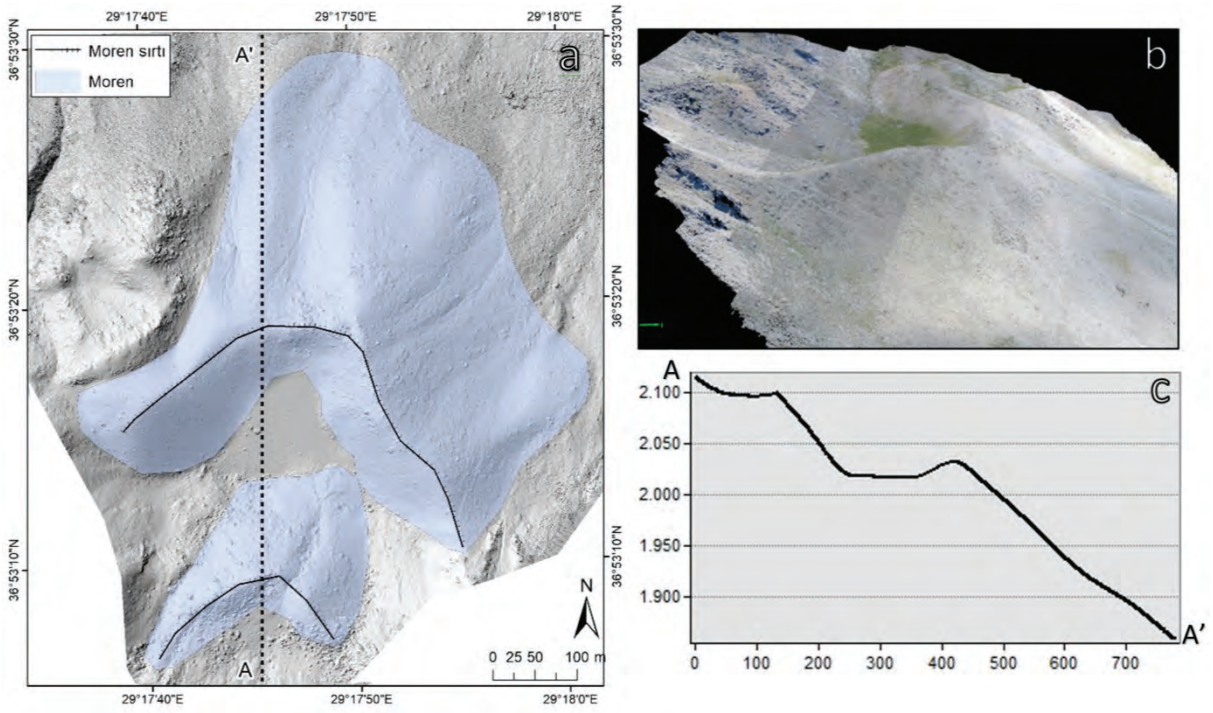
Şekil 8. Gürlek buzul vadisinin Google Earth üzerinde kuzeydoğuya bakışla oblik görünümü gösteren uydu görüntüsü.

Figure 8. NE looking oblique view of Gürlek glacial valley using Google Earth

Akdağ Sirki

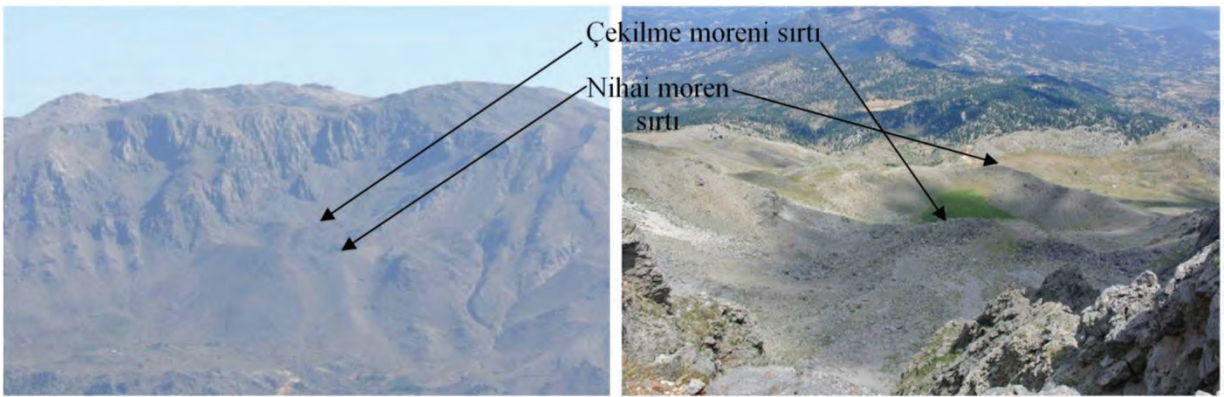
Karadağ'da buzul vadilerinin dışında dağın kuzeye bakan yamaçlarında belirgin sirk ve önündeki gelişmiş cephe morenleri de dikkat çekicidir. Bunlardan en büyüğü Akdağ tepenin kuzeyinde gelişen Akdağ Sirki'dir. 2300 metrelerden başlayan sirk in önünde iki kademe halinde henüz ilksel formları bozulmamış cephe morenleri yer almakta olup bu morenler 1800 m seviyelerine kadar inmiştir (Şekil 9, 10). Akdağ sirki büyük ölçüde yüzeysel sularca deforme edilmiş olsa da "C" formunu korumaktadır. Sirk in önünde bulunan morenler ise yüzeysel aşınım da daha az etkilenmiş olup bu alandaki morenler Karadağ'daki en

büyük ve en karakteristik morenler olarak dikkat çekmektedir. En dıştaki cephe moreni 2030 m seviyesindeki dil çanağını 20-30 metreyi bulan sırtlarla hilal şeklinde çevirerek düzenli bir eğimle 1800 m seviyelerine kadar inmiştir. Dil çanağını kuşatan morenler henüz yüzeysel sular yarılmamış ve tabanı düz ve ince taneli malzeme ile kaplanmış kapalı bir depresyon görünümündedir. Bu özelliği ile bir dolini andırırsa da tipik bir buzul dil çanağıdır. Bu cephe morenin gerisinde sirke doğru daha üst seviyelerde (2100 m) daha küçük ve daha iri bloklardan oluşan bir çekilme moreni setti yer alır. Bu set yüzeysel sularca yarılmış olmasına rağmen 5-10 m kadar moren sırtları gözlenebilmektedir (Şekil 9).



Şekil 9. Akdağ Sirkinin İHA ile elde edilmiş DEM'i (1 m çözünürlükte) (kesikli siyah çizgi profil doğrultusunu göstermektedir) (a), ortomozaik görüntüsü (b) ve güneyden kuzeye profili (c).

Figure 9. The DEM (1 m resolution) obtained from UAV (dotted blackline shows the profile direction) (a), orthomosaic image (b) and south to north profile (c) of Akdağ cirque.

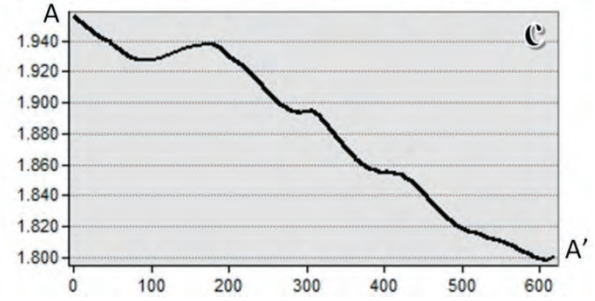
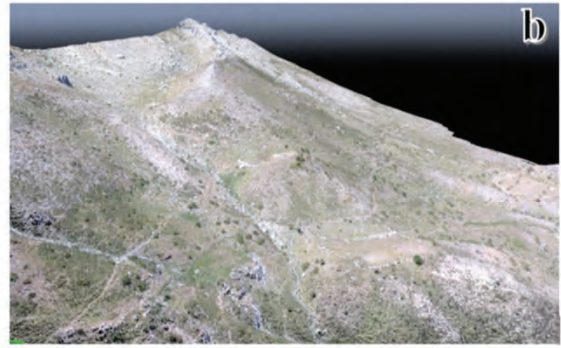
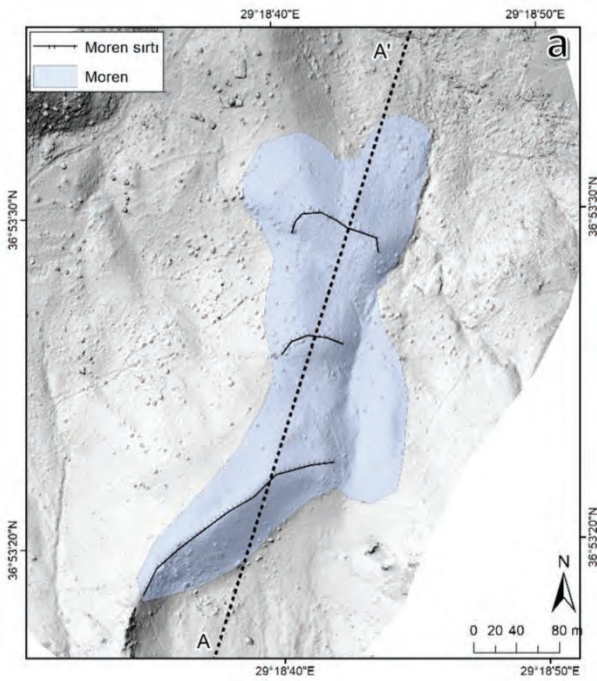


Şekil 10. Akdağ Tepenin (2313 m) kuzeyinde gelişen sirk ve önündeki iç içe geçmiş morenlerin cepheden (a) ve üstten (b) görüntüsü.

Figure 10. Images of the cirque developed on the north slope of Akdağ Peak (2313 m) and the image of nested moraines in front of the cirque (a) and the top (b).

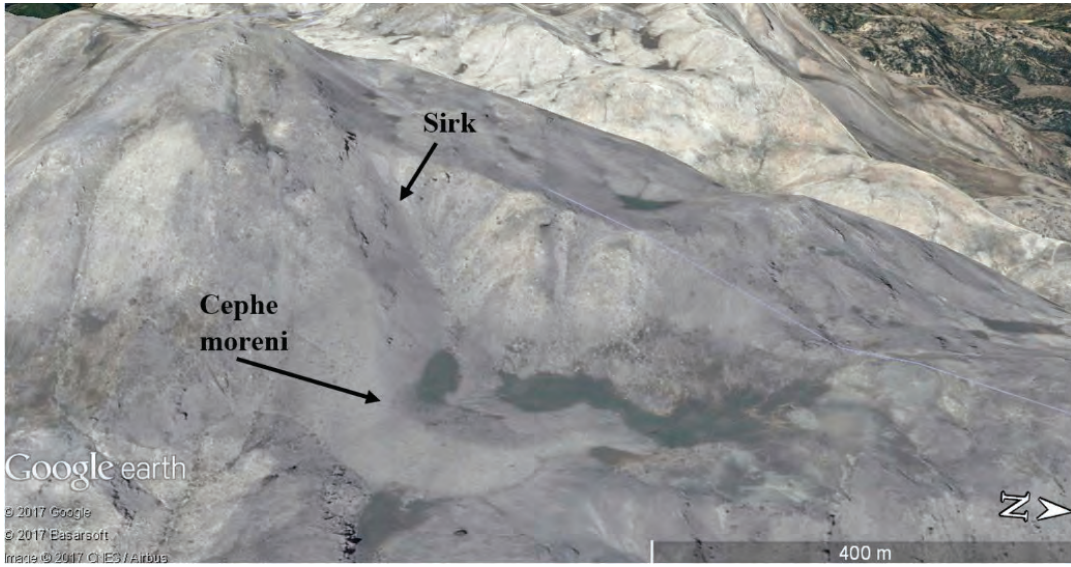
Koyunçukuru Sirk

Yine Akdağ tepenin doğusunda kuzeye, Karadere buzul vadisinin doğu yamaçlarında batıya gelişmiş küçük ölçekli sirkler mevcuttur. Bunlardan en belirginini Koyunçukuru sirkidir. 2035 m seviyelerinden Koyunçukuru tepenin kuzeyinde gelişen sirk büyük ölçüde yüzeysel sularla deforme edilmesine rağmen önünde gelişen moren üç kademe halinde 1800 m seviyelerine kadar inmiştir (Şekil 11).



Şekil 11. Koyunçukuru Sirkinin İHA ile elde edilmiş DEM'i (1 m yersel çözünürlükte) (a), ortomosaik görüntüsü (b) ve topografik profili (c).

Figure 11. The DEM (1 m ground resolution) obtained from UAV (a), orthomosaic image (b) and topographic profile (c) of Koyunçukuru cirque.



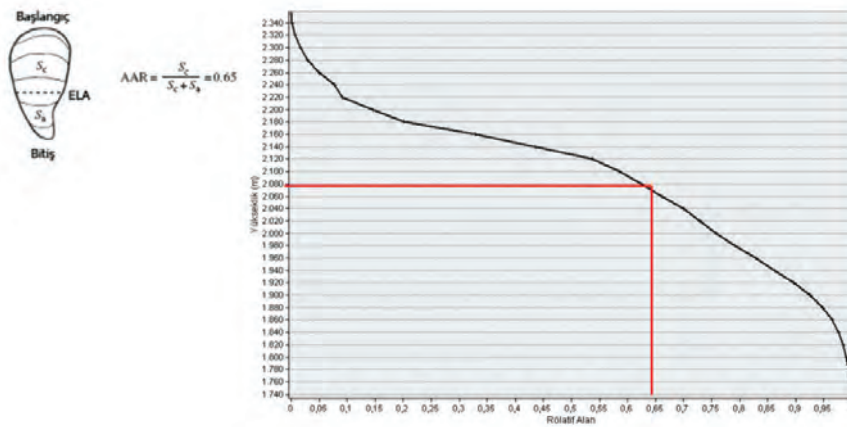
Şekil 12. Toranto Sirkinin Google Earth üzerinde güneybatıya bakışla oblik görünümü.

Figure 12. SW looking oblique view of Toranto cirque using Google Earth.

Buzul Rekonstrüksiyonu ve Kalıcı Kar sınırı

Pleyistosen'de Karadağ Kütlesi'nde 2000 m ve üzerindeki sahalarda buzullaşma yaşanmıştır. Özellikle kuzeye bakan vadiler içerisinde buzullar çok daha geniş alanları işgal etmiştir. Bu deliller ışığında çalışma sahasında da yersel buzul maksimumuna ait daimi kar sınırı ortaya

konulmuştur. Bu işlem için yüzölçümü metodu uygulanmıştır. Bu metod sonucunda Karadağ için daimi kar sınırı 2080 m olarak tespit edilmiş olup, bu değer Batı Toroslar'daki diğer Pleyistosen'de buzullaşmış dağlara göre (Sandıras Dağı hariç) oldukça alçak bir değerdir (Şekil 13).



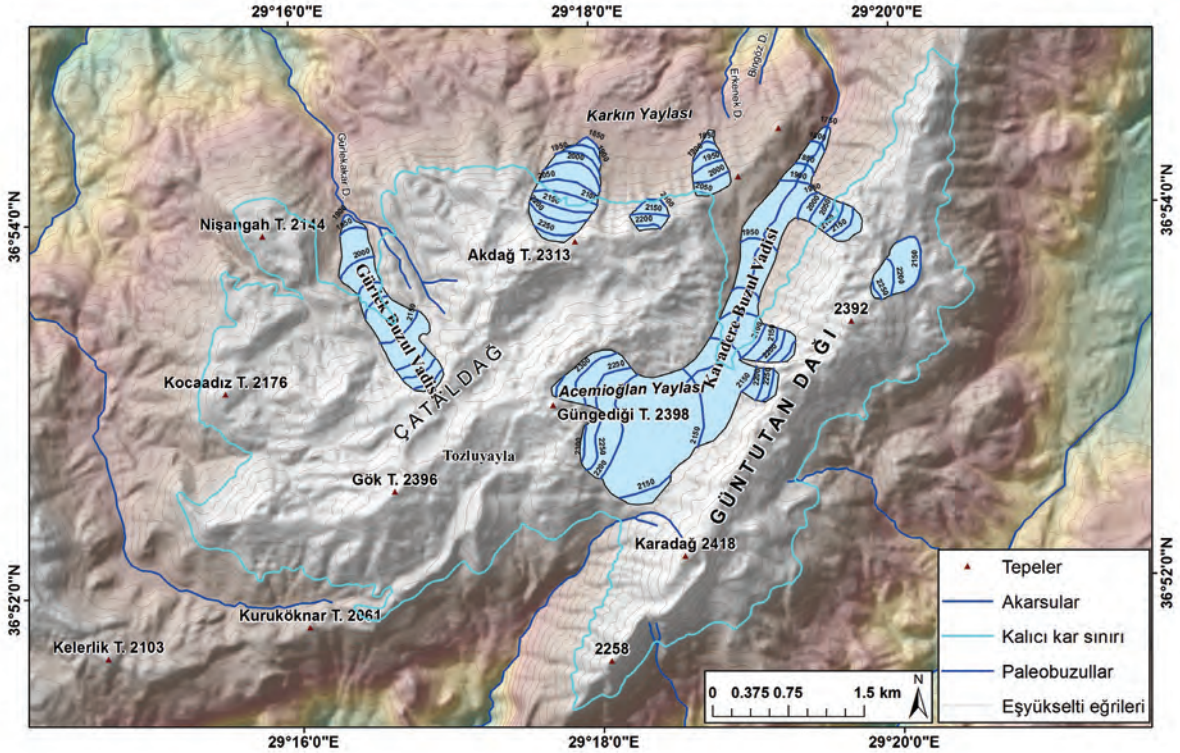
Şekil 13. Karadağ Kütlesi'ndeki tüm buzul vadilerinin yüzölçümü metodu ile genelleştirilmiş daimi kar sınırı (2080 m) (Porter, 2001; Hubbard ve Glasser, 2005).

Figure 13. Equilibrium Line Altitude of Karadağ (2080 m) using Accumulation-area ratio (AAR) method (Porter, 2001; Hubbard and Glasser, 2005).

Yine jeomorfolojik veriler ışığında Karadağ Kütlesi'nin son buzul maksimumundaki buzul rekonstrüksiyonu yapılmıştır (Şekil 14). Buzul rekonstrüksiyonunda, morenlerin konumları ve yayılış alanları önemli veriler sağlamıştır. Cephe morenleri buzulların ulaştığı en düşük kotları ve dış uzanımlarının sınırını ortaya koyarken, yan morenleri ise buzul kalınlıkları hakkında fikir vermiştir. Belirtilen jeomorfolojik deliller yardımıyla ortaya çıkarılan buzul rekonstrüksiyonunda, Pleyistosen'de Karadağ'da buzullaşma yaşandığı net bir şekilde görülebilmektedir. Bu veriler ışığında Karadağ'da Karadere buzul vadisi 3 km² alan kaplarken maksimum 100 m kalınlığa ulaşmıştır. Gürlek buzul vadisi 0.6 km² alana ve en fazla 70 m kalınlığa ulaşmıştır.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Karadağ'ın zirve kısımları büyük ölçüde karbonatlardan oluşmakla birlikte Likya Naplarına bağlı olarak gelişen karmaşık litolojik yapıdan dolayı temelden ve çevreden ofiyolit ve geçirimsiz birimlerce çevrelenmiştir. Bu özelliği nedeniyle Karadağ'ın 2100 m ve üzerindeki sahalarda etkili olan sıg yüzey karstlaşmasına bağlı olarak çok sayıda dolin ve uvalayı görmek mümkündür. Karadağ bu görünümü ile yüksek bir karstik kütle izlenimi vermesinin yanında Pleyistosen'de büyük ölçüde buzullaşmalara maruz kalmıştır. Karadağ, Akdeniz üzerinden gelen GB sektörlü nemli hava kütlelerine doğrudan açık olduğundan orografik karakterli yağışların oluşumuna imkân tanır. Bu durum, Pleyistosen'in soğuk dönemlerinde buzulların beslenmesini ve buna bağlı olarak da buzullaşmaların seyrini etkilemiştir.



Şekil 14. Karadağ Kütlesi'nin buzul rekonstrüksiyonu.

Figure 14. Glacier reconstruction of Karadağ.

Karadağ, Türkiye'de daha önce literatürde bahsedilmeyen Pleyistosen buzullaşmalarının izlerinin net ve yaygın bir şekilde görüldüğü bir sahadır. Özellikle Anadolu'nun genelinde periglasiyal şekillerin bile zorlukla görüldüğü bir yükseltide farklı yönlere (kuzeye, batıya ve doğuya) gelişmiş sirkler ve bunların önünde tazeliğini koruyan belirgin cephe, tümseksi ve yanal morenlerin varlığı Karadağ'ın Kuvaterner'in soğuk dönemlerinde büyük çaplı buzullar tarafından işgal edildiğinin göstergesi niteliğindedir. Özellikle 1800 m seviyelerine inen iç içe geçmiş cephe morenleri bize son buzul maksimumundan günümüze buzulların çekilme seyri hakkında bilgi vereceği gibi geç Kuvaterner buzullaşmasının delillerini sunabilir. Ayrıca Güngediği Tepenin doğusunda kuzeye ve güneye yönelmiş 2100 m seviyesindeki tümseksi morenler bu alanda gelişmiş bir plato buzullaşmalarının da göstergesidir. Hem Anadolu'nun genelinde hem de Batı Toroslarda bu seviyelerde bu kadar gelişmiş bir buzullaşmanın varlığı bize Karadağ'daki buzullaşmaların yerel iklim özellikleri ve dağın litostratigrafik özellikleri ile yakın bir ilişkisi olduğunu düşündürmektedir.

Teke Yarımadasında Pleyistosen buzullaşmalarından etkilenen diğer dağlarla kıyaslandığında Karadağ'da yerel iklim ve litostratigrafik özelliklerin etkisi daha da netleşmektedir. Teke Yarımadasında Pleyistosen buzullaşması ve bunun ürünü olan buzul jeomorfolojisine ait şekillerin boyutu ve alansal dağılışı doğudan batıya doğru farklılıklar içermektedir. Bunda yerel iklim özelliklerinin etkisi belirgindir. Teke Yarımadası üç tarafı denizlerle çevrili bir yapısı gereği denizel etkilere son derece açıktır. Dağların denizin hemen sonrasında başlaması ve 2500- 3000 metrelere kadar ulaşması nedeniyle yağışları çoğunlukla dağların denize dönük yamaçları ile bu dağlarla kıyı arasında bulunan geniş veya dar kıyı ovaları alır. Bu nedenle Sandıras, Karadağ ve Akdağ'ın denize dönük yamaçları, diğer yamaçlarına oranla

daha fazla yağış alır. Teke Yarımadası'ndaki en yüksek dağ olan Beydağları (3070 m) ise doğudan Tahtalı Dağları (2366 m) güneybatıdan 2000 m üzerindeki kütlelerle çevrelenmiş olması nedeniyle diğer dağlar kadar denizel etkilere açık değildir. Pleyistosen'deki iklim şartlarının da benzer yerel özelliklerinden etkilendiği göz önüne alınırsa buzul dönemlerinde bu dağların çoğu iyi beslenmiş olmalıdır. Yerel iklim koşulları ile ilişkili olarak Teke Yarımadası'ndaki buzullaşmaya uğramış dağların SBM kalıcı kar sınırları doğudan batıya doğru alçalmaktadır. Batıda iyi beslenen Sandıras ve Karadağ'da kalıcı kar sınırı 2100 m altına düşerken Akdağ'da bu oran 2500 m civarındayken Beydağları'nda 2600 m seviyelerindedir.

Yerel iklim koşullarının yanında litostratigrafik yapı da belirleyici olmuştur. Sandıras dışındaki dağlar büyük ölçüde karbonatlardan oluşmakta olup karstik şekiller yaygın olarak gözlenmektedir. Fakat Karadağ ve Akdağ'da yatay karstlaşmaya bağlı olarak kalıcı kar sınırı üzerinde gelişmiş uvalalar buzulların yerleşmesi ve gelişmesine uygun ortam sağlarken Beydağları'nda dikey karstlaşma daha çok düden konumlu dikey mağara ve dolinlerin gelişmesine imkan tanımış ve soğuk dönemlerde buzulların yerleşip gelişeceği ortamlar diğer dağlardaki kadar uygun olmamıştır.

Tüm bu jeomorfolojik göstergeler nicel tarihlendirme yöntemleri ve bölgenin orografik karakterinin iklim üzerindeki etkisi ortaya konacak meteorolojik ölçümlerle anlam kazanacaktır. Bu bağlamda Türkiye'de yeni bir buzullaşma sahası olan Karadağ buzul depolarında kozmojenik tarihlendirme yöntemi kullanılarak nicel verilerin elde edilmesi ve bu verilerin yerel iklimik şartlarla ilişkisi kurularak ülkemizin Kuvaterner iklim koşullarının modellenmesine katkı sunması bu çalışmanın bir sonraki hedefidir. Bu kapsamda Karadağ'da cephe ve yanal morenlerden kozmojenik ³⁶Cl yaş tayini yöntemi için 20 adet örnek alınmış ve yaşlandırmalar için gerekli maddi desteğin sağlanması için projelendirilmiştir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Biriminin SYD-2016-21383 no'lu projesi ile desteklenmiştir. Bu çalışma esnasında İHA'nın kullanımı konusundaki yardımlarından dolayı Yrd. Doç. Dr. Tolga Görüm ve arazi çalışmaları sırasında verdikleri desteklerinden ötürü Onur Yasan ve Onur Altınay'a teşekkürü bir borç biliriz.

EXTENDED SUMMARY

There are four mountains having glacial evidences of Late Pleistocene in the Teke Peninsula (Western Taurus). These mountains are Sandıras, Karadağ, Akdağ and Beydağları from west to east. While Sandıras (2295 m) and Karadağ (2418 m) are relatively low mountain massif, Akdağ (3014 m) and Beydağları (3070 m) have elevations slightly above 3000 meters and constitute the highest masses of the area.

In this study, a new glacial area was identified in Turkey and made a contribution to the glaciation inventory of Turkey. This study aims to reveal the geomorphological and climatological characteristics of this new glaciated area, Karadağ, with regard to tectonic, climatic and karstic characteristics during Pleistocene. Maps and relevant outputs were created and analyzed by geographic information systems using the spatial data obtained from the field studies, unmanned aerial vehicles and meteorological stations.

Karadağ, located on the Fethiye-Burdur fault zone between the Fethiye Gulf and the Çameli-Göhlhisar basins in the west of the Western Taurides, has several high peaks (the highest peak is 2418 m and many other peaks over 2300 m such as Gök P. 2396 m, Güngediği P. 2398 m, Akdağ P. 2313 m. The mountain is a high massif containing large karstic depressions at the elevations of 2100-2300 m.

Karadağ is one of the mountains subjected to the Pleistocene glaciations in the Teke Peninsula

(Teke Region) such as Beydağları, Akdağ, and Sandıras. There are plenty of glacial researches and dating studies aim to reveal Pleistocene glaciation chronology of the mountains in the Teke Peninsula such as Sandıras and Akdağ. On the other hand, glaciations in Beydağları were mentioned superficially and in general terms and lastly it has not been known any glaciation phenomenon in Karadağ, in other words there are not any studies concerning the glaciation on the mountain. However, Karadağ has distinctive cirques and moraines on the slopes of higher elevation near the peaks. In the field studies, we identified glacial valleys, cirques developed in different sizes and aspects and lastly frontal and hummocky moraines in front of these cirques (descending at the altitude of 1800 m).

Different glaciation units have been identified in Karadağ. These are Karadere glacial valley, Gürlek glacial valley, Akdağ cirque, Koyunçukuru cirque, and Toranto cirque. Although the aspects of the cirques in these glacial units have developed to the north to a great extent, there are also cirques that develop in the northeast, east, west and northwest. Two glacier valleys have been identified in Karadağ and they have developed north and northwest. The equilibrium line altitude (ELA) for Karadağ was 2080 m, which was quite low compared to other Pleistocene glacial mountains in the Western Taurus except Sandıras. The glacier reconstruction revealed by morphological evidence indicates a severe glaciation in Karadağ. In the light of this data, Karadere glacier valley covers 3 km² in Karadağ and the maximum thickness of extant glacier reached 100 m in the valley. The Gürlek glacial valley occupied a total area of 0.6 km² and the maximum thickness of the glacier reached 70 m.

Karadağ is a glaciated area in Turkey where the traces of the Pleistocene glaciations, which were not mentioned in the literature before, can be seen clearly and widely.

Especially, at these elevations (Karadağ summit is 2418 m), even the periglacial landforms are hardly visible throughout Anatolia, the developed cirques looking at different aspects (north, west and east) and the presence of prominent frontal, hummocky and lateral moraines protecting their freshness in front of them, are indicative of occupation by glaciers during cold periods of Quaternary.

In the Teke Peninsula, the size and areal distribution of the Pleistocene glaciations and related glacial landforms show differences from east to west. The effect of local climate characteristics is evident on this situation. In the Teke Peninsula, in relation to local climatic conditions, the ELA of glaciated mountains during LGM declined from east to west. While the ELA depressions descended below 2100 m in Sandıras and Karadağ due to receiving more precipitation from the westerly winds resulting in well-fed glaciers, in Akdag the ELA was around 2500 m and in Beydağları it was around 2600 m. In addition to local climatic conditions, the litho-stratigraphic structure was also played a role in the glaciations. Except for Sandıras, all the mountain in Teke Peninsula are largely made up of carbonates and karstic landforms are widely observed. However, due to the epikarst in Karadağ and Akdag, the uvalas developed above the ELA provided a suitable environment for the emplacement and development of the glaciers. On the other hand, endokarst in Beydağları allowed for the development of vertical swallow hole caves and dolines and the environments where the glaciers settled and developed in cold periods were not as suitable as other mountains.

All geomorphologic indicators will become meaningful with quantitative dating methods and meteorological measurements that will reveal the effect of the orographic characteristic of the climate on the region. In this context, it is the next objective of this study to obtain quantitative data in Karadağ glacier deposits -a new glaciated area in Turkey- by using cosmogenic dating method

and to contribute to the modelling of Quaternary climatic conditions of our country by linking these data with local climatic conditions. Within this context, 20 samples were taken for the cosmogenic ³⁶Cl dating method from frontal and lateral moraines in Karadağ and a project was designed to provide the necessary financial support for the dating.

ORCID

Cihan Bayrakdar  <https://orcid.org/0000-0001-5542-700X>

Zeynel Çılğın  <https://orcid.org/0000-0002-8132-8774>

Faize Sarıç  <https://orcid.org/0000-0002-1721-4959>

DEĞİNİLEN BELGELER

- Akçar, N., Yavuz, V., Yeşilyurt, S., Ivy-Ochs, S., Reber, R., Bayrakdar, C., Kubik, P.W., Zahno, C., Schlunegger, F. ve Schlüchter, C. 2017. A synchronous Last Glacial Maximum across the Anatolian peninsula. In: Hughes, P. D. & Woodward, J. C. (eds) Quaternary Glaciation in the Mediterranean Mountains. Geological Society, London, Special Publications, 433. First published online 11 December, 2015.
- Almazroui, M. ve Awad, A. M. 2016. Synoptic regimes associated with the eastern Mediterranean wet season cyclone tracks. Atmospheric Research. 180, 92–118.
- Avşarcan, B. 1999. “Fethiye Körfezi Kuzeyindeki Dağlık Kesimde Jeomorfoloji Araştırmaları”, İstanbul Üniversitesi Coğrafya Dergisi, ss.325-56.
- Bayrakdar, C. 2012. Akdağ Kütlesi'nde (Batı Toroslar) Karstlaşma-Buzul İlişkisinin Jeomorfolojik Analizi. İstanbul Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, Doktora Tezi, p. 201
- Bayrakdar C., Çılğın Z. Doker M.F., Canpolat E. 2015a. “Evidence Of An Active Glacier In The Munzur Mountains, Eastern Turkey”, Turkish Journal of Earth Sciences, vol.24, pp.56-71.

- Bayrakdar C., Akçar N., Görüm T., Ivy-Ochs S., Vockenhuber C.. 2015b. "Glacio-Karstic And Chronological Evolution Of The Akdağ Rockslide (Sw Turkey)", EGU General Assembly 2015, Viyana, AVUSTURYA, 12-17 Nisan 2015, pp.1-1
- Bayrakdar C., Akçar N. , Görüm T., Ivy-Ochs S., Vockenhuber C., 2015c. "Morphology And Chronology of The Akdag Landslide (SW Turkey)", XIX INQUA 2015, Nagoya, JAPONYA, 26 Temmuz - 2 Ağustos 2015, pp.140-140.
- Bartzokas, A., Metaxas, D. A. ve Ganas, I. S. 1994. Spatial and temporal sea-surface temperature covariances in the Mediterranean. *International Journal of Climatology*. 14, 201-213.
- CLIMATE-DATA. 2017. Link: <https://tr.climate-data.org/location/26526/> (Erişim: 06/08/2017).
- Çiner, A. (2003). Türkiye'nin Güncel Buzulları ve Genç Kuvaterner Buzul Çökelleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni Cilt 46, Sayı 1* , 55-78.
- Doğan, M. 2011. "Sandıras Dağı'nda (Muğla) Buzullaşma Ve Buzul Şekilleri", *Ege Coğrafya Dergisi*, 20/1(2011), 29-52.
- Doğu, A. F. 1993. "Sandıras dağındaki buzul şekilleri", *Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi*, Ankara Üniversitesi, 263-274.
- Doğu, A. F., Çiçek, I., Gürgen, G., Tunçel, H. 1999. "Akdağ'ın jeomorfolojisi ve bunun beşeri faaliyetler üzerindeki etkisi (Fethiye-Muğla)", *Ankara Üniversitesi, Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi*, 7, 95-120.
- Dönmez Y. 1990. Umumi Klimatoloji ve İklim Çalışmaları, İst. Üniv. Yay No:3648, Ed. Fak. Yay. No: 3248, İstanbul.
- Erinç, S., 1971. Jeomorfoloji II (Genişletilmiş 2. Baskı). İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayınları, No: 23, İstanbul.
- Flaounas, E., Raveh-Rubin, S., Wernli, H., Drobinski, P. ve Bastin, S. 2015. The dynamical structure of intense Mediterranean cyclones. *Climate Dynamics*. 44,2411-2427.
- Flocas, H.A., Simmonds, I., Kouroutzoglou, J., Kevin, K., Hatzaki, M., Bricolas, V. ve Asimakopoulos, D. 2010. On cyclonic tracks over the eastern Mediterranean. *Journal of Climate*. 23, 5243-5257.
- Hubbard, B. ve Glasser, N. 2005. *Field Techniques in Glaciology and Geomorphology*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.
- Lolis, C. J., Bartzokas, A. ve Metaxas, D. A. 1999. Spatial covariability of the climatic parameters in the Greek area. *International Journal of Climatology*. 19, 185-196.
- Louis, H.L. 1944. "Evidence for Pleistocene glaciation in Anatolia (in German)", *Geologische Rundschau*, 34 (7-8), 447-481.
- Maheras, P., Flocas, H. A., Patrikas I. ve C. Anagnostopoulou 2001. A 40 year objective climatology of surface cyclones in the Mediterranean region: Spatial and Temporal distribution. *International Journal of Climatology* 21, 109-130.
- Messerli, B. 1967. "Die eiszeitliche und die gegenwärtige Vergletscherung in Mittelmeerraum", *Geographica Helvetica*, 22, 105-228.
- MGM. 2017. Link: https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari.pdf (Erişim: 06/08/2017)
- Onde, H. 1952. Formes Glaciaires dans le Massif Lycien de l'Akdağ. XIXe Congres Geologique International, Alger Fasc. XV, (s. 327-335).
- Philippson, A., 1915. *Reisen und Forschungen im westlichen Kleinasien*, Gotha, Petermanns Geogr. Mitteilungen Heft 1-5, 167-183.
- Planhol, X. 1953. Les Formes Glaciaires du Sandıras Dağ et la Limite Des Neiges Eternelles Quaternaires Dans le so de Anatolie. *Compte Rendu Sommaire de la Societe Geologique de France* , 263- 265.
- Planhol, X. ve İnandık, H. 1958. La Limite de La Glaciation Quaternaire Dans Le Massif du Yeşil Göl Dağ (Anatolie du Sud-Quest). *Review 4* , 33-35.
- Porter, S. C. 2001. Snowline Depression in the Tropics Druing the Last Glaciation. *Quaternary Science Reviews*, 20. , 1067-1091.
- Sarıkaya, M. A., Zreda, M., Çiner, A., Zweck, C., 2008. "Cold and wet Last Glacial Maximum on Mount Sandıras, SW Turkey, inferred from cosmogenic dating and glacier modeling", *Quaternary Science Reviews* 27 (7-8), 769-780.
- Sarıkaya, M.A., Çiner, A., Haybat, H., Zreda, M. 2014. "An early advance of glaciers on Mount Akdağ, S W Turkey, before the global Last Glacial Maximum; insights from cosmogenic nuclides and glacier modeling", *Quaternary Science Reviews*, 88, 96-109.

- Sarıkaya, M.A, Çiner, A. 2015. The Late Quaternary glaciations in the Eastern Mediterranean, In: Quaternary Glaciation in the Mediterranean, Editors: Philip D. Hughes and Jamie C. Woodward, Geological Society of London, Special Publications, 433,
- Sarıkaya, M.A., Çiner, A. 2017. Late Quaternary glaciations in the eastern Mediterranean. In: Hughes, P. D. & Woodward, J. C. (eds) Quaternary Glaciation in the Mediterranean Mountains. Geological Society, London, Special Publications, 433. First published online 11 December, 2015.
- Sarış F., Hannah D.M. ve Eastwood W.J. 2010. Spatial Variability Of Precipitation Regimes Over Turkey. Hydrological Sciences Journal. 55, 234-249.
- Şenel, M. 1997. 1/250.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları no:2 , Fethiye paftası. Ankara: MTA.
- Trigo, I. F., Davies T. D. ve Bigg, G. R. 1999. Objective climatology of cyclones in the Mediterranean Region. Journal of Climate 12, 1685-1696.
- Trigo, I. F., Bigg G. R. ve Davies, T. D. 2002. Climatology of Cyclogenesis Mechanisms in the Mediterranean. Monthly Weather Review 130, 549-569.
- Turoğlu, H. 2015. "Tarihlandırılmış Bazı Jeomorfolojik Verilere Dayandırılan, Anadolu'nun Kuvaterner İklim Özellikleri Rekonstrüksiyonu" Prof. Dr. h.c. İbrahim ATALAY'ın 45. Meslek yılına armağan Kitabı, Recep Efe,(Ed.) pp.75-102, Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Türkeş M., Koç T ve Sarış F. 2008. Spatiotemporal Variability Of Precipitation Total Series Over Turkey. International Journal Of Climatology. 29: 1056-1074.
- Ulbrich, U, Leckebusch, G.C. ve Pinto, J.G. 2009. Extratropical cyclones in the present and future climate: a review. Theoretical and Applied Climatology. 96,117–131.
- Xoplaki, E., Luterbacher, J., Burkard, R., Patrikas, I. ve P. Maheras 2000. Connection between the large-scale 500 hPa geopotential height fields and precipitation over Greece during wintertime. Climate Research. 14, 129-146.



Spectral Features of 250 kyr Long Lake Van Sediments: Milankovitch Cycles and Their Harmonics

250 Bin Yıl Uzunluğundaki Van Gölü Çökelleri'nin Spektral Özellikleri: Milankoviç Döngüleri ve Onların Harmonikleri

Z. Bora Ön¹ , **M. Sinan Özeren²** , **Sena Akçer-Ön¹** , **M. Namık Çağatay³**

¹ Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 48000, Kötekli, Muğla
² İTÜ, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, 34469, Ayazağa, İstanbul
³ İTÜ, EMCOL, Maden Fakültesi, 34469, Ayazağa, İstanbul

Geliş/Received : 21.08.2017 • Düzeltmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received : 11.09.2017 • Kabul/Accepted : 19.10.2017 • Baskı/Printed : 29.12.2017

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Abstract: Lake Van, which is the largest soda lake of the earth, lies in the Eastern Anatolian High Plateau. Two different composite cores, that span the last 250 kyr and 90 kyr, were drilled in Lake Van within the framework of PALEOVAN project (ICDP). In order to test the theories of quasi-periodic behavior of climate, generated by astronomical and solar forces, this study investigates the cycles in Lake Van sediment geochemistry data by the Lomb-Scargle Periodogram (LSP) spectral method. The results are correlated with the Eastern Mediterranean LC21 sediment core, Soreq and Sofular Cave speleothem stable isotope data with LSP results. The analyses show the presence of the Milankovitch cycles, harmonics of the Milankovitch cycles, Holocene Bond cycles and the Hallstattzeit solar cycle. However, the results do not give a 1500 year cycle for 11.5-75 kyr BP interval.

Keywords: Eastern Mediterranean, Holocene Bond cycles, Lomb-Scargle periodogram, paleoclimate, solar cycles

Öz: Dünya'nın en büyük sodalı gölü olan Van Gölü, Doğu Anadolu Yüksek Platosu'nda yer almaktadır. ICDP projesi olan PALEOVAN kapsamında, Van Gölü'nden son 250 bin yılı ve 90 bin yılı temsil eden iki karot alınmıştır. Bu çalışmada, astronomik ve solar döngülerin etkileri ile oluştuğu düşünülen, iklimin yarı periyodik davranışını sınamak amacıyla Van Gölü çökelleri jeokimya verileri Lomb-Scargle Periyodogramı (LSP) spektral yöntemi ile analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, Doğu Akdeniz LC21 çökel karotu ve Soreq ile Sofular Mağaraları speleotem duraylı izotop verileri LSP sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Analizler Milankoviç döngülerini, harmoniklerini, Holosen Bond döngülerini ve Hallstattzeit güneş döngüsünü vermiştir. Ancak, GÖ 11,5-75 bin yılları arasında 1500 yıllık bir döngü gözlenmemiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğu Akdeniz, Holosen Bond döngüleri, Lomb-Scargle periyodogramı, paleoiklim, güneş döngüleri

INTRODUCTION

Climate is a dynamical phenomenon and possibly involves many nonlinear components. Therefore, even for a short period in geological sense, forecasting has many pitfalls and forecasts' statistical significance boundaries are loose. On the other hand, it was claimed that climate must have behaved in a periodic manner due to the changes in insolation in geological timescales (Croll, 1875; Milankovitch, 1941; Sonett et al., 1991; Hoyt and Schatten, 1997).

Search for the periodicity of climate has been a matter of interest since the 19th century (e.g. Lockyer, 1874). The theory of astronomical forces acting on the climate system (Croll, 1875; Milankovitch, 1941) are now well-established (Hays et al., 1976; Imbrie et al., 1984; Elkibbi and Rial, 2001), still with explanatory issues, though (Muller and MacDonald, 2000; Paillard, 2015). Also, some shorter cycles that govern the dynamics of the climate system have been theoretically hypothesized (e.g. Ghil and Le Treut, 1981; Le Treut et al., 1988; Hagelberg, 1994; Rial and Anaclerio 2000) or observed through geological data (e.g. Dansgaard et al., 1984; Bond et al., 1997; Mayewski et al., 1997; Sonett et al., 1997). Furthermore, within instrumental records some shorter solar cycles have also been directly observed (Lean, 2010). The periodical behavior of the climate system is important in understanding the past, and essential to make better projections into the future. There are still ongoing debates about the behavior of some of these phenomena, such as the Dansgaard-Oeschger events (DO) of the Late Pleistocene or Bond cycles of the Holocene. The discussions are mainly centered on the origin of periodic behavior of the cycles (Bond et al., 2001; Schulz, 2002; Debret et al., 2007; Braun and Kurths, 2010) or their global characteristics (Clark et al., 1999) or dynamics that govern these events (Grootes and Stuiver, 1997; Sakai and Peltier, 1999; Bond et al. 2001; Turney et al., 2005; Braun et al., 2005).

Long and highly-resolved geological data are scarce in Eastern Mediterranean. The LC21 core of Mediterranean (Grant et al., 2012), Soreq and Peqiin Cave isotope records (Bar-Matthews et al., 2003) and Sofular Cave isotope record (Fleitmann et al., 2009; Badertscher et al., 2011) are almost continuous and the longest (spanning the last 150 kyr, 185kyr, 250 kyr and 670 kyr, respectively) records in the region up to now. In Lake Van, a drilling campaign has been carried out in 2010, within the framework of International Continental Scientific Drilling Program (ICDP), in order to investigate past climate changes as recorded in the sediments of the lake (Litt and Anselmetti, 2014). Two sites, namely, Ahlat Ridge (AR) and Northern Basin (NB) were drilled. The former has been drilled at 360 m below present day lake level which is 219 m long, and the latter at 245 m below present day lake level which is 145 m long. The AR core spans the last 600 kyr with some discontinuities. The NB core spans the last 90 kyr. In this study we have searched for the potential periodicities in geochemical data of Lake Van sediment cores which were previously published in Çağatay et al. (2014), Kwiecen et al. (2014) and Stockhecke et al. (2014). By doing so, we will test current theories of climate periodicities, which have been mentioned in the previous paragraph. To find the representative chemical proxies, we first applied principal component factor analysis to the data and then looked for the periodicities by Lomb-Scargle Periodogram and tested the hypotheses about quasi-periodic behavior of climate in the Pleistocene.

Regional Setting

Lake Van lies in the heart of the Eastern Anatolian High Plateau. It is surrounded by semi active volcanoes to the west and north, and by Eastern Taurides to the south (Figure 1). The lake level is 1650 m above sea level. It has approximately 3600 km² surface area which makes it the fourth largest

closed lake on Earth and it is highly alkaline (Wong and Degens, 1978; Degens et al., 1984). The lake is a volcanic dammed lake (Şaroğlu and Güner, 1981), which formed, according to Çukur et al., (2014), at least 600 kyr ago, and was originally a part of the Zilan, Bendimahı and Murat river system. Lake Van-Muş Basin was separated into two sub-basins as a consequence of eruption of Nemrut Volcano.

While evaluating the climate of the region, one should keep in mind the topographic and geographic complexity of the whole Anatolian Peninsula. It is surrounded by three major seas, the Eastern Mediterranean Sea to the south, the Aegean Sea to the west and the Black Sea to the north. Anatolia is like an inclined plane, the altitude gently increases through the east. Summer climate of the peninsula is mainly under the influence of two macro scale atmospheric phenomena. The first one is the subtropical high pressure system, which migrates to the north in summer and the second one is the low pressure system settled on Persian Gulf that carries a continental dry system over Eastern Anatolia (Rohling and Hilgen, 1991). This dry system changes its character over the Black Sea by getting saturated with the warm Black Sea waters, which makes Black Sea summer and fall precipitation sum more than winter and spring precipitation sum (Bozkurt and Şen, 2011; Göktürk et al., 2011). On the other hand, even though the low pressure system cools over Black Sea and passes over the warm Aegean

Sea, Western Anatolia and Eastern Mediterranean is almost dry during summer, due to its complex interactions with the subtropical high pressure cell on Atlantic Ocean. Goldreich (2003) calls this condition as “summer paradox” and discusses in detail. In winter, the Eastern Mediterranean region is mainly affected by the maritime low pressure system to the west and the high pressure system to the north (Bozkurt et al., 2012). The precipitation and lake levels in the peninsula are mainly affected by the North Atlantic Oscillation (NAO) winter index (Türkeş and Erlat, 2003; Krichak and Alpert, 2005; Küçük et al., 2009). Cullen and deMenocal (2000) and Cullen et al. (2002) reported that NAO enters the function of the Middle Eastern rivers’ streamflow amount, which are mainly fed by the precipitation through Eastern Anatolian High Plateau, as a variable. These atmospheric systems shapes the Anatolian Climate, but distinctive topography and orography renders the system too complex to be characterized by these large-scale atmospheric features. Lake Van, most probably because of the orographic sharpness of the Eastern Taurides at the south of the lake, forms the climatologic border of Continental Mediterranean and Continental Eastern Anatolia (Türkeş, 1996; Ünal et al., 2003). Precipitation mainly occurs as snow in winter and as rain in late fall and late spring (Stockhecke et al., 2012). Annually, the lake loses 4.2 km³ of water by evaporation and this loss is balanced by 1.7 km³ river discharge, and by 2.5 km³ precipitation in volume.

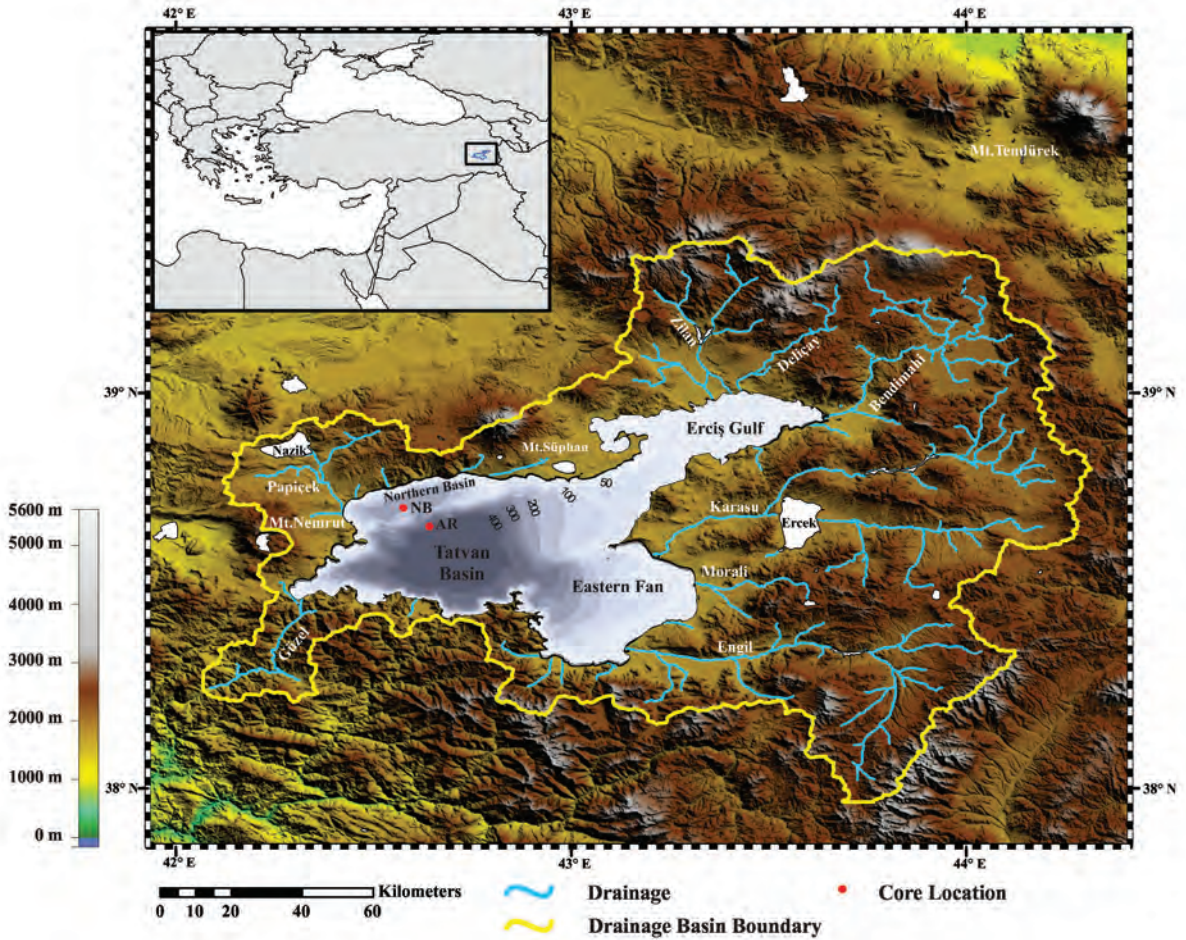


Figure 1. Lake Van location and drainage basin map. The red dots show the AR and NB core locations. The digital elevation is constructed from SRTM 90 m data (Jarvis et al., 2008).

Şekil 1. Van Gölü lokasyon ve akaçlama havzası haritası. Gölün içindeki kırmızı noktalar AR ve NB karot lokasyonlarını göstermektedir. Dijital yükseklik SRTM 90 m verisi kullanılarak oluşturulmuştur (Jarvis vd., 2008).

MATERIALS AND METHODS

Lake Van Ahlat Ridge and Northern Basin Geochemistry Records

Sediment samples of the AR core were subjected to stable oxygen isotope analyses from bulk carbonate and micro-X-ray fluorescence (μ -XRF) analysis by Kwiecien et al. (2014). Furthermore, for the same core, total organic carbon (TOC) and total inorganic carbon analyses were conducted by Stockhecke et al. (2014). Similarly, the samples of the NB core were subjected to stable oxygen

and carbon analyses of the bulk carbonate, μ -XRF elemental analysis and TOC analyses by Çağatay et al. (2014). Because the machines and tubes used during the μ -XRF analyses of the AR and NB cores are different, elemental intensities of the analyses differ. For this study we have used Si, K, Ca, Fe and Mn ratios of the AR core and Ti, Fe, Ni, Mn, Ca and Sr ratios of the NB core, along with TOC, $\delta^{18}\text{O}_{\text{bulk}}$ of AR and NB and $\delta^{13}\text{C}_{\text{bulk}}$ of NB.

According to the published age models, AR and NB cores span the last 600 kyr and 90 kyr,

respectively. The dating methods and the errors are explained in detail in Stockhecke et al. (2014), Kwiecen et al. (2014) and Çağatay et al. (2014). In this study we used the 0-250 kyr interval of the AR record, since discontinuities exist before 250 kyr. The mean uncertainty in the age model of the AR core for the 0-250 kyr period is ~908 years and in the NB core for the 0-90 kyr period is ~232 years. The mean temporal resolutions of the AR core μ -XRF, $\delta^{18}\text{O}_{\text{bulk}}$ and TOC data on average are 57.35, 787 and 153 years, respectively. The mean temporal resolutions of the NB core μ -XRF, $\delta^{18}\text{O}_{\text{bulk}}/\delta^{13}\text{C}_{\text{bulk}}$ and TOC data on average are 2.12, 314 and 315 years, respectively (Table 1). The mean temporal resolutions of the AR core μ -XRF data and the NB core μ -XRF data in Holocene are 57.21 and 0.79 years respectively.

Factor Analysis

Principle component factor analysis (PCFA) is a simple and an effective method to explore the linear relations between variables and is an effective way of dimension reduction in multivariate data sets. In PCFA, it is assumed that linear relations between the variables exist and these hypothetical relations are revealed by a predefined model.

The general model for the PCFA is as follows;

$$X_{d \times n} - \bar{X}_{d \times n} = A_{d \times k} F_{k \times n} + E_{d \times n} \quad (1)$$

where $X_{d \times n}$ is the data matrix with d observations of n variables - $\bar{\cdot}$ represents the mean of X . $F_{k \times n}$ is the factor scores matrix with k hypothetical or statistically determined factors. $A_{d \times k}$ is the factor loading matrix and is the specific factor matrix. The factor loading and factor scores matrix of PCFA are determined, according to the spectral decomposition of the covariance matrix of $X_{d \times n}$, by;

$$A_{d \times k} = \Gamma_{d \times k} \Lambda_{k \times k}^{1/2}, \quad (2)$$

$$F_{k \times n} = \Lambda_{k \times k}^{-1/2} \Gamma_{d \times k}^T (X_{d \times n} - \bar{X}_{d \times n}), \quad (3)$$

where $\Lambda_{k \times k}$ is the diagonal matrix with the first k selected eigenvalues with decreasing order lying on the diagonal and $\Gamma_{d \times k}$ is the matrix of the corresponding eigenvectors as columns of the first k eigenvalues (Koch, 2014).

Since factor analysis methods depend on the correlation of the data, outlier values within the data should be eliminated before factor analysis. Multivariate outlier analysis methods do exist but we have chosen the Wilk's method and the Yang and Lee (1987) significance test, which uses the F-test (Rencher and Christensen, 2012). The significance level has been chosen to be 0.05 for all the outlier analyses. In order to determine the number of factors for each analysis, we chose the number of the factors according to the corresponding principle components which are greater than 1.

Detrending and Filtering

Natural time series are generally considered as a combination of the signal and noise, plus a trend (Mudelsee, 2014). Long-term climate time series may show long-term trends and these trends can cause small pseudo-frequencies which should be removed before spectral analyses (Muller and MacDonald, 2000). In this study, in order to detrend a single time series, we have subtracted the best fit line of the data, obtained by the least squares method, from the data vector. Furthermore, to remove the high frequency noise, which is most of the time a result of measurement errors, we have preferred the Savitzky-Golay smoothing filter, since it allows filtering unevenly spaced time series. The Savitzky-Golay method fits a polynomial on the window chosen and then picks up the value for the mid element for the chosen window vector (Press et al., 2007). We believe that, in order to get rid of the noise one should not manipulate the data excessively. Therefore, we

have chosen first order polynomials while using Savitzky-Golay filters.

For the $\delta^{18}\text{O}_{\text{bulk}}$ record of the AR, and $\delta^{18}\text{O}_{\text{bulk}}$, $\delta^{13}\text{C}_{\text{bulk}}$ and TOC record of NB record, we have applied the 3-point frame size Savitzky-Golay filter. For the TOC record of AR, we have applied a 7-point frame size filter and then resampled 1 point from each consecutive 7-points. Similarly, for K and Ca/K record, we have applied a 15 point frame size filter and resampled 1 from each 15-points.

Before applying the spectral analyses for the Holocene μ -XRF record of NB, we have applied a 51-point frame size Savitzky-Golay filter and then resampled 1 point from each consecutive 51 points.

Lomb-Scargle Periodogram

There exist several methods to pick up the frequencies in a given time series (for a detailed discussion see Muller and MacDonald, 2000). For unevenly spaced data it is possible to transform the data into an evenly spaced one by interpolation. But the LSP, which fits the data to sinusoidals by the method of least squares, allows applying spectral analysis on unevenly spaced data without suffering loss of information obtained by interpolation. (Lomb, 1976; Scargle, 1982; Press et al., 2007). The final formula of the method is follows:

$$P(2\pi f) = \frac{1}{2\sigma^2} \left\{ \frac{[\sum_{k=0}^{N-1} (h_k - \bar{h}) \cos(2\pi f(t_k - \tau))]^2}{[\sum_{k=0}^{N-1} \cos^2(2\pi f(t_k - \tau))]} + \frac{[\sum_{k=0}^{N-1} (h_k - \bar{h}) \sin(2\pi f(t_k - \tau))]^2}{[\sum_{k=0}^{N-1} \sin^2(2\pi f(t_k - \tau))]} \right\} \quad (4)$$

where, h_k s are unevenly spaced time series of t_k for $k=1, \dots, N$ and \bar{h} and σ^2 are the mean and variance

of the data respectively $P(2\pi f)$ the power spectrum as a function of each frequency f . Here τ is defined as:

$$\tan(4\pi f\tau) = \frac{\sum_{k=0}^{N-1} \sin 4\pi f t_k}{\sum_{k=0}^{N-1} \cos 4\pi f t_k} \quad (5)$$

In order to distinguish the significant frequencies from the insignificant ones, Scargle (1982) stated that the normalized LSP obeys the exponential distribution, and Horne and Baliunas (1986) showed that, for a chosen M value, the statistical significance level of the peaks can be calculated for the chosen level z as:

$$P(Z > z) = 1 - (1 - e^{-z})^M. \quad (6)$$

Horne and Baliunas (1986) empirically showed that, unless the data is clumped, the value of M can be chosen as equal to the length of the dataset N . Since our data is more or less evenly sampled, we preferred to be equal to the length of the data sets.

The results of the periodogram of different proxy records may slightly differ due to noise within the data, errors in age models, the resolution of the data, and different laboratory analyses which introduce different instrumental noise. Therefore, in order to test the hypotheses of the periods found, we applied the t-test (since the cardinalities of the resultant sets are relatively small) for the consistency of the numbers declared

under each band (see Results and Discussion), within the 0.05 significance level.

RESULTS AND DISCUSSIONS

In paleolimnology studies TOC records are representatives of lake productivity and can be used as proxies for the analysis of long term climate cycles (Cohen, 2003). $\delta^{18}\text{O}_{\text{bulk}}$ and $\delta^{13}\text{C}_{\text{bulk}}$ are considered as reliable isotope records, if the source of the bulk is known. $\delta^{18}\text{O}_{\text{bulk}}$ may represent the changes in both temperature and hydrology (Cohen, 2003). For Lake Van, since it is a terminal lake, $\delta^{18}\text{O}_{\text{bulk}}$ record is considered as representative for water balance, precipitation/evaporation ratio and lake level, i.e. it is mainly affected by climate variability. $\delta^{13}\text{C}_{\text{bulk}}$ depends on the photosynthetic activity which is affected by the organic productivity and climatic conditions in and around the lakes. For closed large lakes, like Lake Van, $\delta^{13}\text{C}_{\text{bulk}}$ and $\delta^{18}\text{O}_{\text{bulk}}$ data show covarying behavior and $\delta^{13}\text{C}_{\text{bulk}}$ can also be used as a climatic indicator (Stuiver, 1970; Kelts and Talbot, 1980; Leng and Marshall, 2004)

While μ -XRF elemental data of lake sediments have traditional interpretations, there may be different views (cf. Davies et al., 2015). After removing the outliers, we applied principal component factor analysis on the μ -XRF elemental profiles, in order to group the profiles and test the traditional approaches adapted by Çağatay et al. (2014) and Kwiecien et al. (2014). The results of the analysis of AR core give a single factor which is led by two opposite elemental profiles (Table 2). The first group is defined by Fe and K and the contrasting element is Ca. The factor analysis of the NB core gives two main factors (Table 3). The first factor is characterized by Fe, Ti and K, the second factor is characterized by Ca and Sr. For both cores, even the highest communality of the first factor is Fe, which may have two meanings, either reflecting redox conditions or the detrital flux. On the other hand, except for highly saline lakes, K resembles erosional features. (Cohen, 2003). Therefore, we preferred to use K as the proxy for detrital input in the AR data. Since, through the elemental profiles analyzed in NB,

Ti is the most immobile element, it is chosen as a proxy for detrital flux. Ca, which is the other main elemental profile, may precipitate authigenically or result from detrital input. Therefore, we used here the Ca/K ratio for the NB core and Ca/Ti ratio for the AR core as proxy for the relative concentration of detrital versus authigenic material (Çağatay et al., 2014).

The LSP applied to the geochemical data picks the sinusoidal frequencies, which lie in the data, and the frequencies found in this study are interpreted as paleoclimate cycle signals. There exist almost infinitely many choices of intervals to check for periodicities, but we have chosen four main intervals, which are:

- i. The last 0-250 kyr BP,
- ii. The Late Pleistocene (0-90 kyr BP, for the whole NB record)
- iii. 11.5-75 kyr BP, to test the periodic behavior of Dansgaard/Oeschger events, and
- iv. The Holocene Period (0-11.5 kyr BP)

Table 1. Temporal resolution of the data in years, used in this study.

Çizelge 1. Bu çalışmada kullanılan verilerin zamansal çözünürlüğü

Region	μ -XRF	Stable isotopes	TOC
AR	57.35	787	153
NB	2.12	314	315

Table 2. Factor loading matrix of AR μ -XRF data. Fe, K and Ca represent the same factor, however Ca is negatively correlated with Fe and K.

Çizelge 2. AR μ -XRF verisi faktör yüklemesi matrisi. Bu matrise göre, Fe ve K aynı faktörü temsil ederken, Ca ise bu element profilleri ile ters davranış göstermektedir.

μ -XRF _{AR}	Component 1
Ca	1.00
Fe	-0.97
K	-0.93
Si	-0.75
Mn	-0.59

Table 3. Factor loading matrix of NB μ -XRF data.

Çizelge 3. NB μ -XRF verisi faktör yüklemesi matrisi. Bu matrise göre, Fe, Ti ve K aynı faktörü temsil ederken, Ca ve Sr diğer faktörü temsil etmektedir.

μ -XRF _{NB}	Component 1	Component 2
Ca	-0.099	-0.99
Sr	-0.44	-0.81
Fe	0.94	0.33
Ti	0.90	0.34
K	0.88	0.06
Mn	0.72	0.24
Ni	0.63	0.15

The power spectrum results, which exceed 95% significance level, of the last 250 kyr period of AR and the last 90 kyr period of NB are listed in Table 4.

The first observation on the results (Figure 2) of 250 kyr of the AR core and of 90 kyr of

the NB core gives the Milankovitch bands, i.e. the obliquity (~41 kyr) and the precession of the equinoxes (~21.7 kyr). In order to test the consistency of the periods under the 21.7 kyr band, we used the t-test with the null hypothesis that the mean of the numbers under the band is 21.7 kyr. According to result, it is 95% statistically significant that the mean of the band is 21.7 kyr. On the other hand, the resultant periodicities under the 41 kyr band, cannot succeed to pass the t-test. It must be because of the relatively low number of results, but we believe that the cycles under the 41 kyr band reflect the obliquity cycle. It is surprising not to see the 41 kyr cycle at $\delta^{18}\text{O}_{250\text{kyrAR}}$. However, it is possible that the relatively low resolution may hide the cycle. And the reason for the lack of 41 kyr cycle at NB dataset is the shortness of time span of the dataset. To detect a cycle through spectral analysis methods, the timespan of the data should be at least 2.5 times of the temporal length of the queried cycle.

Table 4. Spectral analysis results of the AR, NB, LC21 and Soreq Cave records, which exceed the statistical significance.

Çizelge 4. AR, NB, LC21 ve Soreq Mağarası verilerinin istatistiksel anlamlılık eşiğini aşan spektral analiz sonuçları.

Region	AR (0-250 kyr BP)			NB (0-90 kyr BP)			LC21 (0-156 kyr BP)	Soreq (0-184 kyr BP)
	$\delta^{18}\text{O}$	TOC	Ca/K	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^{13}\text{C}$	TOC	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^{18}\text{O}$
62 kyr band	62.4	62.3	66.5				62.7	60.7
	47.6							
41 kyr band		39.9	39.9				39.2	38.3
30 kyr band	33.3	29.3	28.5	32.9	32.9	36.2	29.8	29.1
	24.4	25.6					24.1	24.3
21.7 kyr band	21.7	23.7	22.7	21.3	21.3	22.6	20.2	20.2
16.2 kyr band	15.4			15.7	16.4	17.2	16.9	18.2
12.3 kyr band	11.4			12	12.5	12.5		12.3
10 kyr band	9.4				10.3	10.95		
				6.7				
5.8 kyr band				5.8	5.8	5.8		5.4
				4.2				
3.5 kyr band				3.65	3.65	3.4		3.6
						2.6		

Other results of LSP through 250 kyr and 90 kyr intervals of AR and NB records reveal the ~62 kyr, ~30 kyr, ~16.2 kyr, ~12 kyr, ~10kyr, ~5.8 kyr and ~3.5 kyr bands. Similar to 21.7 kyr band, according to t-test within %95 significance level, means of each band satisfy the band average indicated in Table 4. An explanation to these cycles is given by Le Treut and Ghil (1983). According to their model, the interactions between the ice sheet, the crust beneath and the ocean produce a dynamical behavior, which give rise to the harmonics, subharmonics, i.e. linear combinations of the Milankovitch frequencies. The main idea beneath the model is that the long term change in insolation is reflected in the ice sheets with a lag, because of the visco-elastic behavior of the underlying crust. The resulting lagged behavior of the visco-elastic crust affects the equilibrium line altitude. Therefore, the ice sheet and the crust beneath oscillate not on the exact periodic timescales of insolation and the model gives a nonlinear climatic oscillator (Ghil and Le Treut, 1981; Le Treut and Ghil, 1983; Le Treut et al., 1988). The evidences of this theory have been mentioned in some studies (Pestiaux et al., 1988; Yiou et al., 1991; Nobes et al., 1991; Yiou et al., 1994; Mommersteeg et al., 1995; Mayewski et al., 1997; Ortiz et al., 1999; Wara et al. 2000). Therefore, we believe that, changes in insolation and their effects on the behavior of the ice sheet are global climate drivers in the long term. On the other hand, there exist some other explanations brought to the 30 kyr, 12 kyr and 10 kyr cycles found through this study. Beaufort et al. (2001) reports the 30 kyr cycle in various records of Indo-Pacific Ocean and also in Antarctica CO₂ records. According to Beaufort et al. (2001), 30 kyr cycle is a consequence of the boreal summer monsoon's effect on the thermocline. Short et al. (1991) argue that, a ~10 ka and a ~12 ka climatic cycle must persist on equatorial and subtropical regions according to their energy balance climate model. However, they add that tropical convective

processes may export these oscillations to higher latitudes. Our tests are not meant to find an explanation to the physical mechanisms of the aforementioned cycles. The existence of most of the cycles mentioned by Le Treut et al. (1988) support their hypothesis; though, we cannot neglect the latter mentioned ones.

The other interesting consequence of the analyses is the absence of the periodic behavior of the DO events (~1500 years) which is especially reported in the previous studies through North Atlantic and Greenland data of Late Pleistocene (Mayewski et al., 1997; Yiou et al., 1997; Bond et al., 1999; Alley et al., 2001; Schulz, 2002) and also in the uranium data of AR core for the 13-75 kyr BP interval (Baumgarten and Wonik, 2014). The test on NB and AR proxies, for the 11.5-75 kyr BP time interval, failed to show a significant cycle in the 1500 year band. In order to test the 1500 year cycle, we have applied similar analyses on the available Eastern Mediterranean data, namely $\delta^{18}\text{O}_{\text{rub}}$ records of the LC21 core drilled in the Eastern Mediterranean (Grant et al., 2012) and the Soreq Cave $\delta^{18}\text{O}$ record (Bar-Matthews et al., 2003). The LC21 record spans the last 156 kyrs with 260 years of resolution and the Soreq record the last 184 kyrs with a resolution of approximately 468 years. The results of the spectral analyses of whole LC21 and Soreq record (Table 4) almost coincide with Lake Van results, which support the Milankovitch theory and the harmonics/subharmonics theory of Le Treut et al. (1988). On the other hand, the spectral analyses of the 11.5-75 kyr interval of the LC21 and Soreq data show no evidence of 1500 years of periodicity.

The results on the 11.5-75 kyr interval reveal the possibilities that, the DO events may not be really periodic. On the other hand, high latitude studies (Dansgaard et al., 1984; Grootes and Stuiver, 1997; Mayewski et al., 1997; van Kreveld et al., 2000) and Western Mediterranean studies (Moreno et al., 2005) show that the DO events may be periodic. It is claimed that the physics behind

the DO events is similar to the physical setting of the NAO (Sánchez Goñi et al., 2002; Moreno et al., 2005). If the DO events are really periodic, then we can claim that, within the longer timescales the climate of the Eastern Mediterranean, which is thought to be at the border of NAO's influence (Cullen and deMenocal, 2000), is not directly connected to North Atlantic or the signal is being disturbed by some other mechanisms. Second alternative to the previous assertion is, since the

region is at the border of NAO's influence, the DO periodicity may be masked and the power of the periodic events is lessened. According to this power diminish, the spectral analyses may not detect the periodic behavior. Furthermore, it is reported that the absence of ~1500 year periodicity for the Sofular stalagmite record of 15-50 kyr interval (Fleitmann et al., 2009) supports our results.

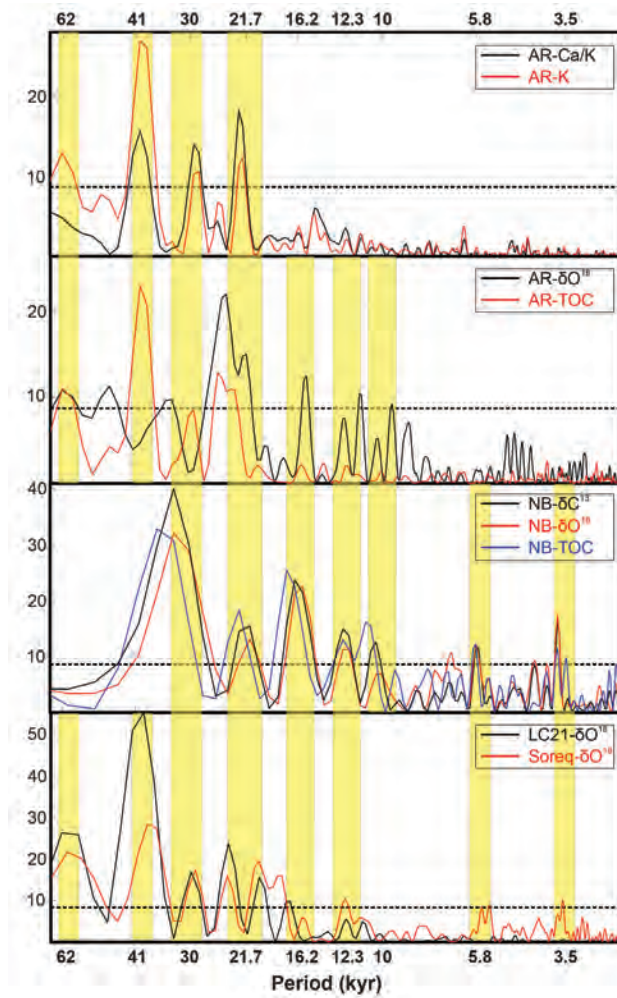


Figure 2. Spectral analysis results of Lake Van AR core (top two plots), NB core (third plot), LC21 and Soreq Cave stable oxygen data (bottom plot). The yellow bands show the statistical significant periods of each group. The y axes show the spectral power of each analysis and they are unitless.

Şekil 2. Üstteki iki grafik Van Gölü AR, üstten üçüncü grafik NB, alttaki grafik ise LC21 ve Soreq mağarası verilerinin spektral analiz sonuçlarıdır. Sarı bantlar ise her grup için istatistiki anlamlılık eşiğini aşan değerleri göstermek için kullanılmıştır. Grafiklerde y eksenleri her analiz için spektral gücünü göstermektedir ve birimsizdir.

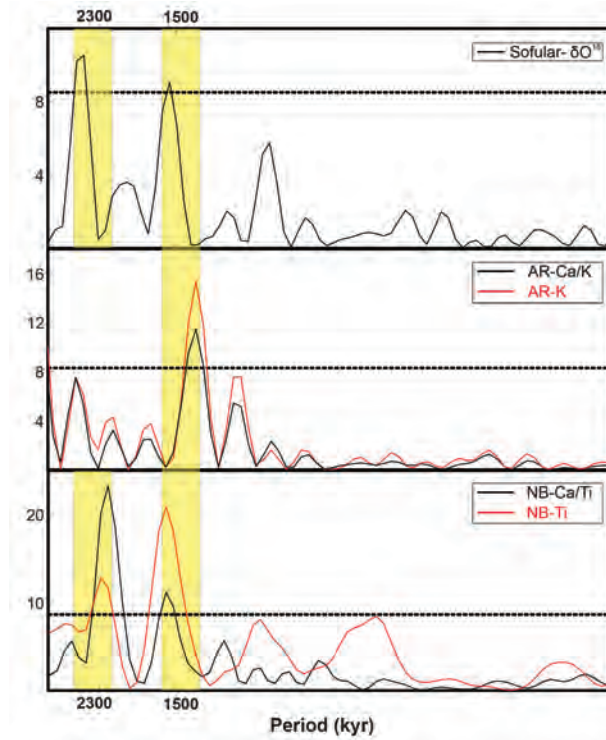


Figure 3. Spectral analysis results of Sofular Cave $\delta^{18}\text{O}$ data (uppermost plot), AR and NB cores μ -XRF data (second and third plot respectively) for the Holocene period. The yellow bands show the statistical significant periods of each group. The y axes show the spectral power of each analysis and they are unitless.

Şekil 3. Üstteki grafik Sofular mağarası $\delta^{18}\text{O}$ verisinin, ikinci ve üçüncü grafikler sırasıyla AR ve NB μ -XRF verisinin spektral analiz sonuçlarıdır. Sarı bantlar ise her grup için istatistiki anlamlılık eşiğini aşan değerleri göstermek için kullanılmıştır. Grafiklerde y eksenleri her analiz spektral gücünü göstermektedir ve birimsizdir.

Table 5. Spectral analysis results of the AR, NB, and Sofular records for the Holocene (0-11.5 kyr BP).

Çizelge 5. AR, NB ve Soreq Mağarası verilerinin Holosen için (GÖ 0-11.5 binyıl) istatistiki anlamlılık eşiğini aşan spektral analiz sonuçları.

Region	AR	NB	Sofular
Data	Ca/K	Ca/K	$\delta^{18}\text{O}$
2300 yr band		2155	2570
1500 yr band	1373	1560	1540

The power spectrum results (Figure 3) for the Holocene, i.e. for the last 11500 years, are listed at Table 5. According to the results of the Holocene, the most prominent value is the ~1500 year band.

This value is accepted to be the period of Bond cycles of Holocene. It is thought that the cause of the Bond cycles may be solar forcing (Bond et al., 2001) or an internal oscillation of the oceanic thermohaline circulation (Bianchi and McCave, 1999), which are accepted to be one of the driving mechanism of the climate in millennial timescales (Broecker et al., 1990). Contrary to our results, Rohling et al. (2002) reports that, for the Aegean Sea record they have, there is no evidence for a ~1500 year cycle. On the other hand, analysis on $\delta^{18}\text{O}$ of Sofular in Holocene gives almost similar results to Lake Van data.

The other prominent result, which is missing in the AR record, is the ~2300 year band of periodicity. It is almost accepted that, the 2300

years of periodicity represents the solar variation, namely Hallstadtzeit (or Charvátová) cycle, and its effect on climate is extensively discussed (Charvátová, 2000 and references therein). For the Holocene period, this cycle was also reported in the Aegean Sea records (Rohling et al., 2002).

One question arises after the Holocene results. If the Holocene Bond events are solar originated, then why is this effect not seen in the Late Pleistocene records of Eastern Mediterranean? We think that, if there are solar originated changes in the oceanic circulation (Braun et al., 2005; Braun and Kurths, 2011), the influences of these changes may not reach up to Eastern Mediterranean because of the distance. But the changes in solar output would surely affect the climate of the region. Therefore, the solar cycle which is observed through the Holocene must have existed through the Late Pleistocene as well. But the effects of the changes in the solar output are limited relative to large climatic oscillations of glacial times, which are masked in the analyses.

CONCLUSIONS

The aim of this study is to test the debated long term climate cycles by using Lake Van sediment geochemistry data. The results of the spectral analyses of Lake Van sediment cores imply

- 1 The Milankovitch cycles, namely the obliquity cycle (41 kyr) and the precession of the equinoxes cycle (21.7 kyr), pass the test through Lake Van data. In order to support the results, we also applied the same analyses on the LC21 and Soreq data. Their results also support the Milankovitch theory.
2. We also observe the harmonics and subharmonics of the Milankovitch theory. Among the theories on these shorter cycles, the results of the theory of Le Treut et al. (1988) almost fit to our results, which are 62, 30, 16.2, 12.3, 10, 5.8 and 3.5 kyrs of cycles.

3. For the 11.5-75 kyr interval there is no evidence of a 1500 year cycle neither in Lake Van data nor in LC21 and Soreq data.
4. The Holocene interval shows two prominent cycles which are 1500 year of Bond cycle and 2300 year of Hallstadtzeit solar cycle.

According to the third and the fourth conclusions, the straightforward climatic connection of Eastern Anatolia and Eastern Mediterranean in the geological timescale needs a more complex reasoning, which goes beyond this study and should be further investigated.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank to the EMCOL team and Paleovan team for their field and laboratory work. Emre Damcı and Olga Kwiecien were kind through sharing and explaining the data. M. Ersen Aksoy helped through making the map. We thank to Jerome Kaiser and Ozan Mert Göktürk for their suggestions and corrections. All the computations and plots are made through a commercial software (MATLAB 8.2, The MathWorks Inc., Natick, MA, 2013). The map and the drainage basin has been created using ArcGIS software by Esri.

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Avrupa'nın bir zamanlar buzullarla kaplı olması gerektiği fikri ortaya atıldıktan sonra buzullaşmaların birden fazla kez ve periyodik olabileceği ilk kez Esmark (1827) tarafından dile getirilmiştir. Esmark'a göre buzullaşmalar Yer'in ilk zamanlarından kalma olgulardır ve periyodik olarak oluşmuşlardır. Esmark'a göre, Dünya olduğu ilk zamanlarda, bir kuyruklu yıldız gibi yörünge eliptikliği çok büyüktü. Eliptik yörüngede Güneş etrafında dönerken, Güneş'ten uzak dönemlerde bir buzullaşma yaşanırken, yaklaştığında ise buzullar eriyordu. Ancak Esmark'ın bu fikirleri üzerine

dayandırdığı astronomik teoriler yanlıştır. Çünkü, Esmark'ın iddia ettiği gibi Dünya oluşumunun ilk zamanlarında, bir kuyruklu yıldız gibi, eksantrisitesi çok büyük olan bir eliptik yörüngeye sahip değildi.

Esmark'tan sonra Adhémar (1842), buzullaşmaların ekinoksların presesyonu ile yaklaşık 22.000 yıllık periyotlarla güney ve kuzey yarımkürelerde salınım yapması gerektiğini söylemiştir. Bugün kabul gören iklimlerin astronomik döngülerle şekillendiğine dair hipotezlerin temelini Adhémar atmıştır denebilir. Ekinoksların presesyonu, Dünya'nın dönme ekseninin, bir topaç gibi, yalpalamasına ve aynı zamanda dünyanın güneş etrafında dönme ekseninin de rotasyonu ile oluşan duruma verilen isimdir. Presesyon, etimolojik olarak Latince geriye gitmek demektir. Bu astronomik harekete bu ismin verilmesinin sebebi kuzey kutbundan kuşbakışı bakan bir gözlemcinin ekinoksların eliptik düzlemde meydana geldikleri noktaların zaman içinde saat yönünde döndüklerini görecektir olmasıdır. Buna göre ekinokslar ve gündönümleri eliptik düzlemde farklı zamanlarda başka noktalarda bulunmaktadır. Örneğin, bugün kuzey yarımkürede kış gündönümü neredeyse Dünya Güneş'e en yakın noktadayken gerçekleşirken, yaklaşık 11.000 yıl önce güneşe en uzak noktada gözlemlenmekteydi.

Adhémar'ın çalışmalarından haberdar olan Croll (1875), ekinoksların presesyonunun Dünya'nın iklimine olan etkisi fikrini genişletmiştir. Croll'a göre Dünya'nın eliptik ekseninin eksantrisitesinin (eksenin daha dairesel ve daha eliptik durumları arasında hareketi, yani elipsin odaklarının birbirlerine olan uzaklıklarının değişmesi) yaklaşık 100.000 yıllık döngülerle değişmekte olması ekinoksların presesyonunun klime olan etkisinde temel olan kavramdır. Bunun dışında, Dünya'nın dönme ekseninin eğimi (bugün yaklaşık 23.5°'lik bir eğime sahiptir) yaklaşık 41.000 yıllık salınımlarla yaklaşık 21.5° ila 24.5° eğimlere ulaşmaktadır ki bu da Dünya iklimini,

özellikle yüksek enlemlerde, etkilemektedir. Croll, yarımkürelerin en az güneşlenen kışlarda buzul çağlarına gireceğini düşünmekteydi. Buna göre, yörünge eksantrisitesinin fazla, Dünya 21 Aralık günü güneşe en uzak olduğunda, eğim açısı da fazla ise kuzey yarımküre kendini bir buzullaşmanın içinde bulacaktı. Croll'un iklim bilimine yaptığı katkılar sadece bunlarla sınırlı değildir. Hipotezini, hem buzun albedosunun yüksekliğinden kaynaklanan geri besleme kavramıyla hem de okyanus akıntılarının geri beslemesi kavramıyla genişletmiştir.

Croll'un hipotezi jeomorfolojik gözlemlerle örtüşmediği için 20. yüzyılın başında popülerliğini kaybetmeye başlar. Ancak, Milutin Milankoviç (1941) Croll'un fikirlerini kaldığı yerden alıp geliştirecektir. Milankoviç, Croll'dan farklı olarak buzullaşmanın olabilmesi için kuzey yarımküre yazlarının kışlarından daha soğuk olması gerektiği fikrini (Murphy, 1869) benimsemiştir. Bunun dışında, yıl içinde güneşlenmenin en fazla olduğu yarıyıl için kullanılan bir tabir olan kalorik mevsimlerin güneşlenme değerinin gereken bütün matematiksel hesaplarını son 600.000 yıl için elliptik integraller yardımıyla yapmıştır ve bunların grafiklerini çizmiştir.


Milankoviç çizdiği eğrideki tepe noktalarını sayarak güneşlenmenin 20.700 (ekinoksların presesyonu), 40.040 (eksen salınımı) ve 91.800 (elliptik yörünge eksantrisitesindeki değişim) yıllık periyotlarla salındığını belirlemiştir. Ancak daha kesin sonuçlar Berger'in (1973, 1977) çalışmalarından sonra, spektral analiz sonuçlarıyla ortaya çıkmıştır. Buna göre ortalaması 21.700 yıl olan ekinoksların presesyonu, en güçlü bileşeni 41.000 yıl olan eksenin salınımı ve en güçlü 2 bileşeni 412.000 yıl ve ortalamada 100.000 yıl olan yörünge eksantrisitesindeki değişimler, yerin iklimi üzerinde etkili en önemli astronomik parametrelerdir. Hays vd. (1976) yılında, Hint Okyanusu'ndan alınmış karotta, planktonik foraminifer kavrıklarından elde edilmiş duraylı oksijen izotopu eğrilerine uyguladıkları

spektral analiz yöntemi ile elde ettikleri sonuçlar, Milankoviç teorisinin en önemli teyidi kabul edilmektedir. O günden beri yapılan küresel ölçekteki çalışmaların büyük çoğunluğu Hays vd. (1976)'nin sonuçlarını desteklemektedir.

Teori bazı sorunlara çözüm getirdiği gibi, birçok problemi de beraberinde getirmiştir. Bunlardan en önemlisi, son bir milyon yıldaki en güçlü periyodik bileşen olan 100.000 yıllık döngünün gücü Milankoviç'in teorisinde yok denecek kadar azdır. Bir diğer büyük sorun da güneşlenmedeki salınım en düşükken (MIS-12, MIS-11 geçişinde olduğu gibi) iklim sistemi çok güçlü salınımlar yapmakta ve güneşlenmedeki salınım en güçlüyken ise (MIS-7 gibi) sistem düşük salınımlar yapmaktadır. Teorinin sorunları hakkında daha fazla bilgi için okuyucu Muller ve MacDonanld (2000), Paillard (2015) gibi kaynaklara danışabilir. Tarihsel perspektif için Imbrie ve Imbrie (1979), Bard (2004) ve Berger (2012), içlerindeki referanslarla beraber uygun kaynak görevi görmektedirler.

Biz bu çalışmada, Doğu Anadolu'da bulunan Van Gölü'nden alınmış, son 250 bin yılı ve son 90 bin yılı temsil eden iki karotun jeokimyasal verilerinde (μ -XRF, TOC ve duraylı oksijen/karbon izotopu) Lomb-Scargle periyodogramı yöntemi ile bölgenin iklim döngülerini araştırdık. Sonuçların tutarlılığını desteklemek için Doğu Akdeniz'den alınmış LC21 karotu duraylı oksijen izotopu verisi, Soreq ve Sofular mağaraları duraylı izotop verilerine de aynı analizi uyguladık. Verilere spektral analiz uygulamadan önce Savitzky-Golay filtresinden geçirildi ve verilerin üzerindeki lineer trend kaldırıldı. Sonuçlar Doğu Akdeniz verilerinde Milankoviç döngüleri, Milankoviç döngülerinin harmoniklerini, Holosen Bond döngülerini ve bir solar döngü olduğu düşünülen Hallstadtzeit döngüsünü vermiştir. Ancak, 11.5-75 bin yıl önce aralığında başka çalışmalarda var olan 1500 yıllık döngü ile bu çalışmada karşılaşmamıştır.

ORCID

Zeki Bora Ön  <https://orcid.org/0000-0002-8684-3476>

Mehmet Sinan Özeren  <https://orcid.org/0000-0003-2295-4289>

Sena Akçer-Ön  <https://orcid.org/0000-0002-0708-8629>

REFERENCES

- Alley, R.B., Anandkrishnan, S., Jung, P., 2001. Stochastic resonance in the North Atlantic. *Paleoceanography* 16, 190-198.
- Badertscher, S., Fleitmann, D., Cheng, H., Edwards, R.L., Göktürk, O.M., Zumbühl, A., Leuenberger, M. and Tüysüz, O., 2011. Pleistocene water intrusions from the Mediterranean and Caspian seas into the Black Sea. *Nature Geoscience*, 4(4), 236-239.
- Bar-Matthews, M., Ayalon, A., Gilmour, M., Matthews, A., Hawkesworth, C.J., 2003. Sea-land oxygen isotopic relationships from planktonic foraminifera and speleothems in the Eastern Mediterranean region and their implication for paleorainfall during interglacial intervals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 67, 3181-3199.
- Bard, E. 2004. Greenhouse effect and ice ages: historical perspective. *Comptes Rendus Geoscience* 336:603-638
- Baumgarten, H., Wonik, T., 2014. Cyclostratigraphic studies of sediments from Lake Van (Turkey) based on their uranium contents obtained from downhole logging and paleoclimatic implications. *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)*, 1-16.
- Beaufort, L., de Garidel-Thoron, T., Mix, A.C., Pisias, N.G., 2001. ENSO-like Forcing on Oceanic Primary Production During the Late Pleistocene. *Science* 293, 2440-2444.
- Berger, A. 1973. *Théorie Astronomique des Paléoclimats*. Dissertation doctorale, Université catholique de Louvain, Belgium, 2 volumes.
- Berger, A. 1977. Support for the astronomical theory of climate change. *Nature*, 269, 44-45.
- Berger, A. 2012. A Brief History of the Astronomical Theories of Paleoclimates. In *Climate Change* (pp. 107-129). Vienna: Springer Vienna.
- Bianchi, G.G., McCave, I.N., 1999. Holocene periodicity in North Atlantic climate and deep-ocean flow south of Iceland. *Nature* 397, 515-517.
- Bond, G., Kromer, B., Beer, J., Muscheler, R., Evans, M.N., Showers, W., Hoffmann, S., Lotti-Bond,

- R., Hajdas, I., Bonani, G., 2001. Persistent Solar Influence on North Atlantic Climate During the Holocene. *Science* 294, 2130-2136.
- Bond, G., Showers, W., Cheseby, M., Lotti, R., Almasi, P., deMenocal, P., Priore, P., Cullen, H., Hajdas, I., Bonani, G., 1997. A Pervasive Millennial-Scale Cycle in North Atlantic Holocene and Glacial Climates. *Science* 278, 1257-1266.
- Bond, G. C., Showers, W., Elliot, M., Evans, M., Lotti, R., Hajdas, I., Johnson, S. 1999. The North Atlantic's 1-2 Kyr Climate Rhythm: Relation to Heinrich Events, Dansgaard/Oeschger Cycles and the Little Ice Age. In P. U. Clark, R. S. Webb, L. D. Keigwin (Eds.), *Mechanisms of Global Climate Change at Millennial Time Scales* (pp. 35–58). American Geophysical Union
- Bozkurt, D. and Sen, O.L., 2011. Precipitation in the Anatolian Peninsula: sensitivity to increased SSTs in the surrounding seas. *Climate dynamics*, 36(3-4), 711-726.
- Bozkurt, D., Turuncoglu, U., Sen, O., Onol, B., Dalfes, H.N., 2012. Downscaled simulations of the ECHAM5, CCSM3 and HadCM3 global models for the eastern Mediterranean–Black Sea region: evaluation of the reference period. *Clim Dyn* 39, 207-225.
- Braun, H., Christl, M., Rahmstorf, S., Ganopolski, A., Mangini, A., Kubatzki, C., Roth, K., Kromer, B., 2005. Possible solar origin of the 1,470-year glacial climate cycle demonstrated in a coupled model. *Nature* 438, 208-211.
- Braun, H., Kurths, J., 2010. Were Dansgaard-Oeschger events forced by the Sun? *Eur. Phys. J. Spec. Top.* 191, 117-129.
- Broecker, W.S., Bond, G., Klas, M., Bonani, G., Wolfli, W., 1990. A salt oscillator in the glacial Atlantic? 1. The concept. *Paleoceanography* 5, 469-477.
- Çağatay, M.N., Öğretmen, N., Damcı, E., Stockhecke, M., Sancar, Ü., Eriş, K.K., Özeren, S., 2014. Lake level and climate records of the last 90ka from the Northern Basin of Lake Van, eastern Turkey. *Quaternary Science Reviews* 104, 97-116.
- Charvátová, I., 2000. Can origin of the 2400-year cycle of solar activity be caused by solar inertial motion? *Annales Geophysicae* 18, 399-405.
- Cohen, A.S., 2003. *Paleolimnology: The History and Evolution of Lake Systems*. Oxford University Press, NY.
- Croll, J., 1875. *Climate and Time in their Geological Relations: A Theory of Secular Changes of the Earth's Climate*. Appleton, NY.
- Çukur, D., Krastel, S., Schmincke, H.-U., Sumita, M., Çağatay, M.N., Meydan, A.F., Damcı, E., Stockhecke, M., 2014. Seismic stratigraphy of Lake Van, eastern Turkey. *Quaternary Science Reviews* 104, 63-84.
- Cullen, H., Kaplan, A., Arkin, P., deMenocal, P., 2002. Impact of the North Atlantic Oscillation on Middle Eastern Climate and Streamflow. *Climatic Change* 55, 315-338.
- Cullen, H.M., deMenocal, P.B., 2000. North Atlantic influence on Tigris–Euphrates streamflow. *International Journal of Climatology* 20, 853-863.
- Dansgaard, W., Johnsen, S.J., Clausen, H.B., Dahl-Jensen, D., Gundestrup, N., Hammer, C.U., Oeschger, H., 1984. North Atlantic Climatic Oscillations Revealed by Deep Greenland Ice Cores, *Climate Processes and Climate Sensitivity*. American Geophysical Union, pp. 288-298.
- Davies, S.J., Lamb, H.F. and Roberts, S.J., 2015. Micro-XRF core scanning in palaeolimnology: recent developments. In *Micro-XRF studies of sediment cores* (pp. 189-226). Springer Netherlands.
- Debret, M., Bout-Roumazeilles, V., Grousset, F., Desmet, M., McManus, J.F., Massei, N., Sebag, D., Petit, J.R., Copard, Y., Trentesaux, A., 2007. The origin of the 1500-year climate cycles in Holocene North-Atlantic records. *Clim. Past* 3, 569-575.
- Degens, E.T., Wong, H.K., Kempe, S., Kurtman, F., 1984. A geological study of lake van, Eastern Turkey. *Geol Rundsch* 73, 701-734.
- Elkibbi, M., Rial, J. A. 2001. An outsider's review of the astronomical theory of the climate: is the eccentricity-driven insolation the main driver of the ice ages? *Earth-Science Reviews*, 56(1–4), 161–177.
- Esmark, J. 1827. Remarks tending to explain the geological history of the Earth, *Edinburgh New Philosophical Journal*, 2: 107–121.
- Fleitmann, D., Cheng, H., Badertscher, S., Edwards, R.L., Mudelsee, M., Göktürk, O.M., Fankhauser, A., Pickering, R., Raible, C.C., Matter, A., Kramers, J., Tüysüz, O., 2009. Timing and climatic impact of Greenland interstadials recorded in stalagmites from northern Turkey. *Geophysical Research Letters* 36, n/a-n/a.

- Ghil, M., Le Treut, H., 1981. A climate model with cryodynamics and geodynamics. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 86, 5262-5270.
- Goldreich, Y., 2003. The climate of Israel: observation, research and application. Springer, NY, 270p.
- Göktürk, O.M., Fleitmann, D., Badertscher, S., Cheng, H., Edwards, R.L., Leuenberger, M., Fankhauser, A., Tüysüz, O. and Kramers, J., 2011. Climate on the southern Black Sea coast during the Holocene: implications from the Sofular Cave record. *Quaternary Science Reviews*, 30(19), 2433-2445.
- Grant, K.M., Rohling, E.J., Bar-Matthews, M., Ayalon, A., Medina-Elizalde, M., Ramsey, C.B., Satow, C., Roberts, A.P., 2012. Rapid coupling between ice volume and polar temperature over the past 150,000 years. *Nature* 491, 744-747.
- Grootes, P.M., Stuiver, M., 1997. Oxygen 18/16 variability in Greenland snow and ice with 10^{-3} - to 10^5 -year time resolution. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 102, 26455-26470.
- Hagelberg, T.K., Bond, G., deMenocal, P., 1994. Milankovitch band forcing of sub-Milankovitch climate variability during the Pleistocene. *Paleoceanography* 9, 545-558.
- Hays, J.D., Imbrie, J., Shackleton, N.J., 1976. Variations in the Earth's Orbit: Pacemaker of the Ice Ages. *Science* 194, 1121-1132.
- Horne, J.H., Baliunas, S.L., 1986. A Prescription for Period Analysis of Unevenly Sampled Time Series. *The Astrophysical Journal* 302, 757-763.
- Hoyt, D.V., Schatten, K.H., 1997. The Role of the Sun in Climate Change. Oxford University Press, NY, 279p.
- Imbrie, J., Hays, J.D., Martinson, D. G., McIntyre, A., Mix, A. C., Morley, J. J., Shackleton, N. J. 1984. The orbital theory of Pleistocene climate: Support from a revised chronology of the marine $\delta^{18}O$ record. *Milankovitch and Climate: Understanding the Response to Astronomical Forcing*. Springer, NY, 873p.
- Imbrie J, Imbrie K.P. 1979. Ice ages, solving the mystery. Enslow, Berkeley Heights, 224p.
- Jarvis, A., H.I. Reuter, A. Nelson, E. Guevara, 2008, Hole-filled SRTM for the globe Version 4, available from the CGIAR-CSI SRTM 90m Database (<http://srtm.csi.cgiar.org>).
- Kelts, K., Talbot, M. 1990. Lacustrine Carbonates as Geochemical Archives of Environmental Change and Biotic/Abiotic Interactions. In M. M. Tilzer C. Serruya (Eds.), *Large Lakes: Ecological Structure and Function* (pp. 288–315). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Koch, I., 2014. *Analysis of Multivariate and High-Dimensional Data*. Cambridge University Press, USA.
- Krichak, S.O., Alpert, P., 2005. Signatures of the NAO in the atmospheric circulation during wet winter months over the Mediterranean region. *Theor. Appl. Climatol.* 82, 27-39.
- Küçük, M., Kahya, E., Cengiz, T.M., Karaca, M., 2009. North Atlantic Oscillation influences on Turkish lake levels. *Hydrological Processes* 23, 893-906.
- Kwicien, O., Stockhecke, M., Pickarski, N., Heumann, G., Litt, T., Sturm, M., Anselmetti, F., Kipfer, R., Haug, G.H., 2014. Dynamics of the last four glacial terminations recorded in Lake Van, Turkey. *Quaternary Science Reviews* 104, 42-52.
- Le Treut, H., Ghil, M., 1983. Orbital forcing, climatic interactions, and glaciation cycles. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 88, 5167-5190.
- Le Treut, H., Portes, J., Jouzel, J., Ghil, M., 1988. Isotopic modeling of climatic oscillations: Implications for a comparative study of marine and ice core records. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 93, 9365-9383.
- Lean, J.L., 2010. Cycles and trends in solar irradiance and climate. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* 1, 111-122.
- Leng, M. J., Marshall, J. D. 2004. Palaeoclimate interpretation of stable isotope data from lake sediment archives. *Quaternary Science Reviews*, 23(7–8), 811–831.
- Litt, T., Anselmetti, F.S., 2014. Lake Van deep drilling project PALEOVAN. *Quaternary Science Reviews* 104, 1-7.
- Lockyer, J.N., 1874. *Contributions to Solar Physics*. Macmillan and Co., London.
- Lomb, N.R., 1976. Least-squares frequency analysis of unequally spaced data. *Astrophys Space Sci* 39, 447-462.
- Mayewski, P.A., Meeker, L.D., Twickler, M.S., Whitlow, S., Yang, Q., Lyons, W.B., Prentice, M., 1997. Major features and forcing of high-latitude northern hemisphere atmospheric circulation using a 110,000-year-long glaciochemical series. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 102, 26345-26366.

- Milankovitch, M. 1941. Kanon der Erdbastrahlung und seine Anwendung auf des Eiszeitenproblem. Special Publication 132, Section of Mathematical and Natural Sciences, vol 33, p 633. Belgrade, Royal Serbian Academy of Sciences ('Canon of Insolation and the Ice-Age Problem', translated from German by the Israel Program for Scientific Translations and published for the U.S. Department of Commerce and the National Science Foundation, Washington DC, 1969. Reprinted by Zavod za udzbenike i nastavna sredstva in cooperation with Muzej nauke i tehnike Srpske akademije nauka i umetnosti, Beograd, 1998)
- Mommersteeg, H., Loutre, M.F., Young, R., Wijmstra, T.A., Hooghiemstra, H., 1995. Orbital forced frequencies in the 975 000 year pollen record from Tenagi Philippon (Greece). *Clim Dyn* 11, 4-24.
- Moreno, A., Cacho, I., Canals, M., Grimalt, J. O., Sánchez-Goñi, M. F., Shackleton, N., Sierro, F. J. 2005. Links between marine and atmospheric processes oscillating on a millennial time-scale. A multi-proxy study of the last 50,000yr from the Alboran Sea (Western Mediterranean Sea). *Quaternary Science Reviews*, 24(14-15), 1623-1636.
- Mudelsee, M., 2014. *Climate Time Series Analysis: Classical Statistical and Bootstrap Methods*, 2nd ed. Springer, Dordrecht.
- Muller, R.A., MacDonald, G.J., 2000. *Ice Ages and Astronomical Causes: Data, Spectral Anaysis and Mechanisms*. Praxis Publishing, UK.
- Murphy, J.J., 1869. On the Nature and Cause of the Glacial Climate. *Quarterly Journal of the Geological Society*, 25, 350-356.
- Nobes, D.C., Bloomer, S.F., Mienert, J., Westall, F., 1991. Milankovitch cycles and nonlinear response in the Quaternary record in the Atlantic sector of the South oceans. *Proceedings ODP, Scientific Results*, Vol. 114, pp. 551-576.
- Ortiz, J., Mix, A., Harris, S., O'Connell, S., 1999. Diffuse spectral reflectance as a proxy for percent carbonate content in North Atlantic sediments. *Paleoceanography* 14, 171-186.
- Paillard, D. 2015. Quaternary glaciations: From observations to theories. *Quaternary Science Reviews*, 107, 11-24.
- Pestiaux, P., Van Der Mersch, I., Berger, A., Duplessy, J.C., 1988. Paleoclimatic variability at frequencies ranging from 1 cycle per 10 000 years to 1 cycle per 1000 years: Evidence for nonlinear behaviour of the climate system. *Climatic Change* 12, 9-37.
- Press, W.H., Teukolsky, S.A., Vetterling, W.T., Flannery, B.P., 2007. *Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing*, 3rd ed. Cambridge University Press, USA.
- Rencher, A.C., Christensen, W.F., 2012. *Methods of Multivariate Analysis*, 3rd ed. John Wiley & Sons, Inc, Canada.
- Rial, J.A., Anaclerio, C.A., 2000. Understanding nonlinear responses of the climate system to orbital forcing. *Quaternary Science Reviews* 19, 1709-1722.
- Rohling, E., Mayewski, P., Abu-Zied, R., Casford, J., Hayes, A., 2002. Holocene atmosphere-ocean interactions: records from Greenland and the Aegean Sea. *Clim Dyn* 18, 587-593.
- Rohling, E.J., Hilgen, F.J., 1991. The eastern Mediterranean climate at times of sapropel formation: a review. *Geologie en Mijnbouw* 70, 253-264.
- Sakai, K., Peltier, W.R., 1999. A Dynamical Systems Model of the Dansgaard-Oeschger Oscillation and the Origin of the Bond Cycle. *Journal of Climate* 12, 2238-2255.
- Sánchez Goñi, M., Cacho, I., Turon, J., Guiot, J., Sierro, F., Peypouquet, J., Grimalt, J., Shackleton, N., 2002. Synchronicity between marine and terrestrial responses to millennial scale climatic variability during the last glacial period in the Mediterranean region. *Clim Dyn* 19, 95-105.
- Şaroğlu, F., Güner, Y., 1981. Factors effecting the geomorphological evolution of the Eastern Turkey: relationships between geomorphology, tectonics and volcanism. *Bulletin of the Geological Society of Turkey* 24, 39-50.(in Turkish)
- Scargle, J.D., 1982. *Studies in Astronomical Time Series Analysis. II. Statistical Aspects of Spectral Analysis of Unevenly Spaced Data*. *The Astrophysical Journal* 263, 835-853.
- Schulz, M., 2002. On the 1470-year pacing of Dansgaard-Oeschger warm events. *Paleoceanography* 17, 4-14-9.
- Short, D.A., Mengel, J.G., Crowley, T.J., Hyde, W.T., North, G.R., 1991. Filtering of milankovitch cycles by earth's geography. *Quaternary Research* 35, 157-173.

- Sonett, C.P., Giampapa, M.S., Matthews, M.A., 1991. *The Sun in Time*. The University of Arizona Press, USA, p. 995.
- Sonett, C.P., Webb, G.M., Zakharian, A., 1997. The quest for evidence of long-period solar wind variability, in: Jokipii, J.R., Sonett, C.P., Giampapa, M.S. (Eds.), *Cosmic Winds and the Heliosphere*. Arizona University Press, USA, pp. 67-110.
- Stockhecke, M., Anselmetti, F.S., Meydan, A.F., Odermatt, D., Sturm, M., 2012. The annual particle cycle in Lake Van (Turkey). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 333–334, 148-159.
- Stockhecke, M., Sturm, M., Brunner, I., Schmincke, H.-U., Sumita, M., Kipfer, R., Cukur, D., Kwiecień, O., Anselmetti, F.S., 2014. Sedimentary evolution and environmental history of Lake Van (Turkey) over the past 600 000 years. *Sedimentology* 61, 1830-1861.
- Stuiver, M. 1970. Oxygen and carbon isotope ratios of fresh-water carbonates as climatic indicators. *Journal of Geophysical Research*, 75(27), 5247–5257.
- Türkeş, M., 1996. Spatial and Temporal Analysis of Annual Rainfall Variations in Turkey. *International Journal of Climatology* 16, 1057-1076.
- Türkeş, M., Erlat, E., 2003. Precipitation changes and variability in Turkey linked to the North Atlantic oscillation during the period 1930–2000. *International Journal of Climatology* 23, 1771-1796.
- Turney, C., Baillie, M., Clemens, S., Brown, D., Palmer, J., Pilcher, J., Reimer, P., Leuschner, H.H., 2005. Testing solar forcing of pervasive Holocene climate cycles. *Journal of Quaternary Science* 20, 511-518.
- Ünal, Y., Kındap, T., Karaca, M., 2003. Redefining the climate zones of Turkey using cluster analysis. *International Journal of Climatology* 23, 1045-1055.
- van Kreveld, S., Sarnthein, M., Erlenkeuser, H., Grootes, P., Jung, S., Nadeau, M.J., Pflaumann, U., Voelker, A., 2000. Potential links between surging ice sheets, circulation changes, and the Dansgaard-Oeschger Cycles in the Irminger Sea, 60–18 Kyr. *Paleoceanography* 15, 425-442.
- Wara, M.W., Ravelo, A.C., Revenaugh, J.S., 2000. The pacemaker always rings twice. *Paleoceanography* 15, 616-624.
- Wong, H.K., Degens, E.T., 1978. The bathymetry of Lake Van, eastern Turkey, in: Degens, E.T., Kurtman, F. (Eds.), *The Geology of Lake Van*. MTA Press, Ankara, pp. 6-10.
- Yang, S.S., Lee, Y., 1987. Identification of a Multivariate Outlier, *Proceedings of the Annual Meeting of the American Statistical Association*, San Francisco, CA.
- Yiou, P., Genthon, C., Ghil, M., Jouzel, J., Le Treut, H., Barnola, J.M., Lorius, C., Korotkevitch, Y.N., 1991. High-frequency paleovariability in climate and CO₂ levels from Vostok Ice Core Records. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 96, 20365-20378.
- Yiou, P., Ghil, M., Jouzel, J., Paillard, D., Vautard, R., 1994. Nonlinear variability of the climatic system from singular and power spectra of Late Quaternary records. *Clim Dyn* 9, 371-389.
- Yiou, R., Fuhrer, K., Meeker, L.D., Jouzel, J., Johnsen, S., Mayewski, P.A., 1997. Paleoclimatic variability inferred from the spectral analysis of Greenland and Antarctic ice-core data. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 102, 26441-26454.



**Termal-Asistan Optik Uyarmalı Lüminesans (TA-OSL) Tekniğiyle Milyon Yıl
Mertebesindeki Jeolojik Örneklerin Tarihlendirilmesi: Gediz Taraçaları, Kula/Manisa**
*Dating of geological samples over millions of years by Thermally Assisted Optically Stimulated
Luminescence (TA-OSL) technique: Gediz River Terraces, Kula/Manisa*

Eren Şahiner¹ , Mehmet Korhan Erturaç² , Niyazi Meriç¹ 

¹Ankara Üniversitesi, Nükleer Bilimler Enstitüsü, Lüminesans Tarihlendirme Araştırma Laboratuvarı,
06100 Beşevler, Ankara

²Sakarya Üniversitesi, Fen Edebiyat Fak., Coğrafya Bölümü, 54187 Serdivan/Sakarya

Geliş/Received : 11.11.2017 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received : 20.11.2017 • Kabul/Accepted : 22.11.2017 • Baskı/Printed : 29.12.2017

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Kuvaterner Devri (~2.6 milyon yıl) üzerine yoğunlaşan çalışmalar, yeryüzünün yakın dönem jeolojik geçmişini, özellikle iklim değişiklikleri, tektonik ve volkanik aktivitenin canlılar ile etkileşimini ilişkilendirerek araştırmaktadır. Bu tarz çalışmalar, günümüzde arkeoloji, jeoloji, paleoantropoloji, coğrafya, paleosismoloji vb. farklı bilim dallarınca, disiplinler arası işbirliği ile sürdürülmektedir. Bu anlamda yerin geçmişini araştıran bu bilim dallarının, “neden”, “nasıl”, “nerede” sorularının yanı sıra özellikle “ne zaman” sorularının cevabını araştırmak için en çok faydalandıkları temel bilimler, fizik ve kimya’dır. Çünkü temel bilimlerin katkısıyla yer süreçleri sonucu gerçekleşen çeşitli ölçekte tekil olayların gerçekleşme zamanlarının ve bununla birlikte bu süreçlerinin hızının ölçülebilmesi amacıyla farklı tarihlendirme teknikleri geliştirilmiştir ve bu tekniklerin, güncel bilgiler ışığında, hassaslıklarının artırılması ve uygulama sahalarının genişletilmesi konusunda araştırmalar hızla devam etmektedir.

Bu çalışmaların temel veri kaynaklarından olan inorganik çökellerin depolanma kronolojisi, önemli ölçüde, Optik Uyarmalı Lüminesans (OSL) ve Termolüminesans (TL) yaş tayini çalışmalarıyla, birkaç yüz bin yıla kadar ulaşan zaman için, desteklenmektedir. Bununla birlikte kristal yapılarındaki lüminesans oluşum mekanizması ve tuzak-yük yapısını inceleyen yeni gelişmeler kullanılarak lüminesans tarihlendirme yöntemlerinin milyon yıllar mertebesindeki yaş aralığını kapsamak adına oldukça iyi bir potansiyele sahip olduğu gösterilmektedir.

Bu çalışmada, Manisa Kula Volkanik Bölgesi içerisinde, aktivite kronolojisi çok iyi bilinen bir lav akıntısı tarafından örtülen ve milyon yıl mertebesinde depolanma tarihçesine sahip çökel katmanların yaş tayinlerinin, çeşitli lüminesans teknikler ile karşılaştırmalı olarak analizi konu edilmektedir. Bu amaçla lüminesans tarihlendirme analizlerinde yaygın olarak kullanılan doğal minerallerin sıradan tuzaklarına göre daha derinde olan tuzakları, Termal asistan OSL (TA-OSL) tekniği ile araştırılarak tarihlendirmesi literatürde ilk defa gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuç (1066±90 binyıl), radyometrik tarihlendirme ile önerilen 1200±22 binyıl yaş ile 88±10% oranında uyumludur.

Anahtar Kelimeler: Çok derin tuzaklar (VDT), Gediz taraçaları, Kula Volkanizması, Lüminesans tarihlendirme, Termal-Asistan Optik Uyarmalı Lüminesans (TA-OSL), yaş limitleri

Abstract: Studies focusing on the Quaternary, the last period of the Earth’s history (~ 2.6 Ma) is involved with interaction of biosphere with significant earth processes such as climate changes, tectonic and volcanic activities. These studies are interdisciplinary in nature, which combines questions, techniques and methodologies of archeology, geology, paleoanthropology, geography and paleoseismology. In order to understand the main questions, such as “why”, “where” and “how” in earth processes, we consult physics and chemistry to answer the question “when”.

Fundamental sciences provide independent dating techniques to determine the exact timing and also rate of significant events. These techniques continuously develop by means of accuracy, integrity, sensitivity and also field of application.

One of the basic sources of information of these studies, inorganic sediments, are successfully dated by Optically Stimulated Luminescence (OSL) and Thermoluminescence (TL) methods for the Late Quaternary time interval (100-200 ka). Recent developments in luminescence technique involves the study of formation of luminescence signal and nature of trap-charge structures in crystal lattice reveal possibility of dating older sediments deposited over million years ago.

In this study, we investigated the luminescence age of a high fluvial terrace in Kula (Manisa) Volcanic Field which is previously dated by constraining its deposition age with the radiometric dates of overlying lava flow (~1200 Ma) by employing Thermally Assisted (TA) OSL protocol. TA-OSL stimulates deeper traps than the ordinary OSL methods extending the age limit significantly. The result of TA-OSL age (1066±90 ka) coincides (88±10%) with the mean of radiometric dates (1200±22 ka), showing a promising success of a developing technique.

Keywords: Age limits, Gediz Terraces, Kula Volcanism, Luminescence Dating, TA-OSL, Very Deep Traps (VDT)

GİRİŞ

Lüminesans araştırmaları, malzeme karakterizasyonu, iyonize radyasyon dozimetri, kaza dozimetri, jeokronoloji, arkeolojik örneklerin sahtecilik testi vb. birçok araştırma alanında kritik rol oynamaktadır (McKeever, 1985; Boter-Jensen vd. 2003). TL (Termolüminesans) ve OSL (Optik Uyarmalı Lüminesans) yöntemleri bu araştırmalar arasında oldukça önemli bir yere sahiptir. 1970'lerde temelleri atılan bu yaş tayini tekniği, günümüze kadar ivmeli bir şekilde gelişme göstererek inorganik malzemelerin yaş tayini çalışmalarında anahtar rol oynayan bir teknik haline gelmeyi başarmıştır. Geç Kuvaterner (son 100-200 bin yıl) içerisinde depolanan çökel katmanların en son ışığa maruz kaldığı (gömülme) tarih ve arkeolojik teknoloji ürünlerinin (çanak, çömlek, seramik, briket, harç vb.) üretim tarihi bu teknikler aracılığıyla hesaplanabilir. Özellikle son yıllarda geliştirilen SAR (Single Aliquot Regenerative Dose; Wintle ve Murray, 2000) gibi protokollerle % 3-10 hata ile yaş tayini yapılabilen teknik, radyokarbon ve radyoizotop yaş tayini yöntemleri ile birlikte yaygın kullanıma girerek yer bilimleri literatüründe kabul edilmiştir.

Lüminesans tarihlendirme ve retrospektif dozimetri; kuvars, feldspat vb. doğal minerallerin iyonize radyasyonu soğuran birer dozimetri

gibi davranarak birim zamanda birim kütle başına soğurduğu enerjinin ölçülmesi temeline dayanır. Doğadaki sabit düşük seviyeli iyonize radyasyonun kaynağı uzay merkezli kozmik radyasyon ve ²³²Th, ⁴⁰K, ⁸⁷Rb, doğal U serilerinin bozunumunda yayınlanan dalga veya parçacık halindeki enerjidir. Bu radyasyon dozu kuvars, feldspat vb. doğal minerallerin kristal yapısı içerisindeki elektron ve hol tuzaklarında elektron ve hollerin birikmesine neden olur ve dışarıdan bir etki gelmediği sürece kararlı olarak zamanın bir fonksiyonu olarak birikmeye devam eder. Bu durum ancak dışarıdan ısı, ışık, mekanik vb., gibi bir etki geldiğinde bozulur. Bu etkilere doğal süreçlerden örnek olarak ayrışma, aşınma ve taşınma süreçleri ile ışığa maruz kalma ya da deprem, volkanik aktivite gibi ısı açığa çıkaran olaylar örnek verilebilir. Bu etkiler sonrası kristal yapısı içerisindeki tüm tuzaklar hızla boşalır ve böylece lüminesans saati sıfırlanmış olur. Gömülme sonrası tuzakların yeniden sabit bir hızla dolmaya başlamasıyla lüminesans saatin yeniden çalıştığı varsayılmaktadır. Tarihlendirilmesi istenen çökel katmanı ya da arkeolojik buluntunun, yerinde, ışık görmeden örneklenmesi, hedef minerallerin laboratuvar ortamında güvenli ışık koşullarında ayıklanması, kristal yapısı içerisindeki tuzakların yapısının ve yükünün kontrollü olarak araştırılması ile en son ısıya ve ışığa maruz kalınan zamana

geri dönülebilir. Laboratuvar ortamında kontrollü uyarma işlemi ısıyla yapılırsa; termolüminesans (TL), ışıkla yapılırsa; optik uyarımlı lüminesans (OSL) tekniği olarak isimlendirilir (Aitken, 1985).

Kristal yapının daha iyi anlaşılmasına dair yapılan güncel çalışmalar, kristallerin bant yapısı hakkında daha detaylı bilgiler elde etmemize neden olmuştur. Bu sayede tuzak-yük yapısı, tuzaklanmış elektronların yeniden birleşmesi ve tuzak derinliği hakkında önemli bilgiler üretilmiştir. Lüminesans tarihlendirmenin temeli olan kuvars ve feldspat vb. minerallerin bant yapısı içinde daha derinde daha kararlı tuzaklara sahip olduğu gösterilmiştir. Bu tuzaklardan elde edilecek çıktılar, arkeolojik/jeolojik yaş limitinin arttırılması ve yüksek doz dozimetri gibi konu hakkında yeni araştırmalara yol açacağı gibi mevcut rutin lüminesans tarihlendirme çalışmalarında da örnek hazırlama sürecini basitleştirecek son derece kritik bilgilere ulaşılmasını mümkün kılacaktır.

Kuvars mineralinin OSL sinyalinin hızlı bileşen kısmından (ilk 1-5 sn) yapılabilen tarihlendirme çalışmaları, OSL doz-cevabın doyuma ulaşmasından dolayı yaklaşık 100–200 binyıl civarında sınırlanmaktadır. Bununla birlikte güncel çalışmalarda yapılan deneylerde kuvars mineralinin 200-300°C’de ısıtıldığında Termal-Transfer (TT-OSL) sinyali olduğu gözlenmiştir. Bu sinyalin doyumunun daha yüksek dozlarda olduğu ve 1 milyon yıla kadar yaş tayini yapılabileceği, lüminesans özellikleri ile birlikte Wang vd. (2006a, b) tarafından gösterilmiştir. Ayrıca Wang vd. (2007) tarafından lös depolarının SAR tekniği ile başarılı bir şekilde 780 binyıl yıla tarihlendirilmiştir. Jacobs vd. (2011) Güney Afrika Cape sahillerine ait denizel örneklerin 400 binyıla kadar tarihlendirmiştir.

Yaş limitlerini arttırmaya yönelik diğer çalışmalar da mor (violet) ışık ile uyarma üzerine yoğunlaşmıştır. Mor ışık mavi ışığa göre daha derindeki tuzakları uyarabileceği için daha ölçülebilen doz limitlerini arttırabilir (Ankjærgaard

vd. 2013, 2015, 2016). Ankjærgaard vd. (2016), Çin lös sekansından elde edilmiş örneklerden ayıklanan kuvars mineralinde, uyarım ışığı olarak maviden daha enerjik olan mor ışığı kullanarak, 600 bin yıla ulaşan yaş tayin etmişlerdir.

Bahsi geçen tekniklerin uygulama sahası ve fizik prensipleri üzerine tartışmalar halen devam ederken yukarıda belirtildiği şekilde bazı başarılı uygulamaları bulunmaktadır. Bu çalışmada kullanmış olduğumuz Termal Asistan (Isı-Destekli, TA) OSL tekniği de sıradan lüminesans tuzaklarında göre daha derindeki tuzaklardan eşdeğer doz değerlendirmesi yapabildiği oldukça önemli bir tekniktir.

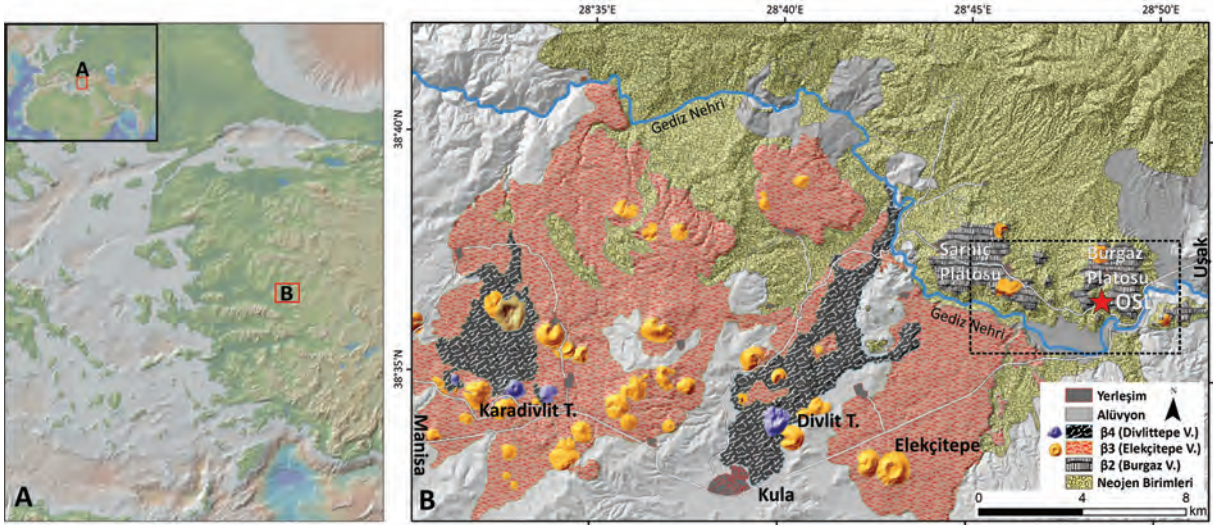
Bu araştırmada volkanik bir kayaç ile örtülen akarsu çökelinden alınan yaşlı (standart lüminesans tekniklerine göre) çökel örneğinin TA-OSL yöntemi ile tarihlendirilmesi yapılmıştır. Bu kapsamda çalışmayla gerçekleştirilecek çıktılar hem jeolojik hem de metodolojik açıdan önem arz etmektedir. TA-OSL tekniği ile lüminesans tarihlendirme yaş sınırlarının milyon yıllar mertebesine çıkarılabileceği gösterilmiştir.

İNCELEME ALANI

İnceleme alanı, Batı Anadolu’da Manisa İl sınırları içerisinde yer alan Kula Volkanik Bölgesinde (KVB) yer almaktadır (Şekil 1). Bu bölgede Orta-Geç Kuvaterner içerisinde üç farklı evrede (sırasıyla Burgaz, Elekçitepe ve Divlittepe volkanikleri) gelişen bazaltik volkanizmaya ait ürünler (lav akıntıları, skorya konileri vb.) yaygın olarak gözlenir (Ercan vd., 1983; Ercan, 1993; Şen vd., 2017; Şekil 1B). Kula Volkanizması, geçmişten günümüze yürütülen çalışmalarla jeolojik özellikleri (Ercan, 1983; Richardson-Banbury, 1996), özellikle de son dönemde yapılan çalışmalarla üretilen radyometrik tarih ve paleomanyetik ölçümler ile aktivite kronolojisi (Borsi vd., 1972; Richardson-Banbury, 1996; Westaway vd., 2003, 2004; Maddy vd., 2005,

2012a, 2012b, 2015, 2017; Heineke vd., 2016) en iyi bilinen volkanik bölgelerimizden birisidir. KVB'nin doğu kesiminde, ilk volkanik evreye (Burgaz Volkanitleri, β_2) ait lav akıntıları belirgin bir plato morfolojisi sunar (Şekil 1B ve Şekil 2; Erinç, 1970).

bu seviyeler, en alt taraçanın (T-1) kanal çakılları içerisinde bulunan bir taş alet nedeniyle ayrı bir öneme sahiptir (Maddy vd., 2015). Taraçaların tarihlendirilmesi, seviyelerin konumları ve taraça çökellerinin radyometrik (Ar/Ar) yaş tayinleri ile gerçekleştirilmiştir (Maddy vd. 2015 ve 2017).

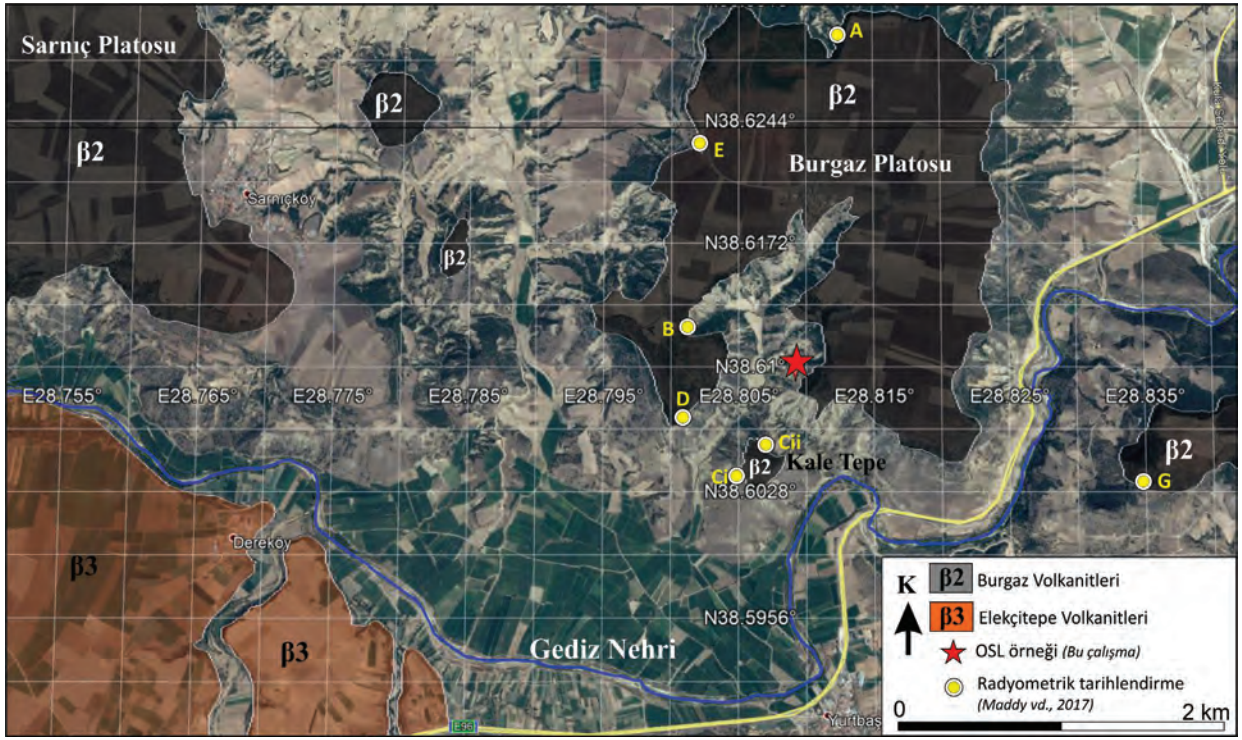


Şekil 1. A. İnceleme alanının batı Anadolu'daki konumu (Geomapapp) B. Kula Volkanik Bölgesi'nin orta ve doğu kesiminin Neojen-Kuvaterner jeoloji haritası (Şen vd., 2017'den düzenlenerek), çalışma alanı KVB'nin doğu sınırında yer alan Burgaz Platosu GB sınırında yer almaktadır.

Figure 1. A Location map of the study area in western Anatolia, B. Quaternary Geological map of the western portion of the KVF (modified after Şen et al., 2017) detailing the position of Burgaz basalt plateau and sample site.

Yakın dönemde, bu evreye ait lav akıntıları tarafından örtülen Gediz Nehri'ne ait taraça sistematığı kapsamlı olarak çalışılmıştır (detaylı bir derleme için: Maddy vd., 2017). İlk olarak Westaway vd. (2003 ve 2004) tarafından tanımlanan ve Batı Anadolu'nun Kuvaterner boyunca tektonik gelişimi (Maddy vd., 2005, 2012) ve drenaj sisteminin evriminin (Veldkamp vd., 2015) anlaşılması için anahtar özelliği olan

Buna göre sistematığın 11 ayrı basamak olarak, denizel izotop katları (MIS) 52 ile 38 arasında geliştiği önerilmektedir (Maddy vd., 2017). Buna göre sistematik olarak en genç taraça (T-1), Burgaz Platosunun güney yamacında, Miyosen yaşlı Ahmetler formasyonu (Ersoy vd., 2010) ve Burgaz Volkanitleri ile sınırlanmaktadır (Şekil 3).



Şekil 2. Çalışma alanının Google Earth™ görüntüsü üzerinde görünümü. Sarı daireler Maddy vd. (2017) de değerlendirilen radyometrik tarihlendirme örneklerinin, kırmızı yıldız ise OSL örneğinin konumunu göstermektedir.
Figure 2. Detailed map of the study area over Google Earth™ image. Yellow circles show the position of radiometric ages and red star shows the location of OSL sample

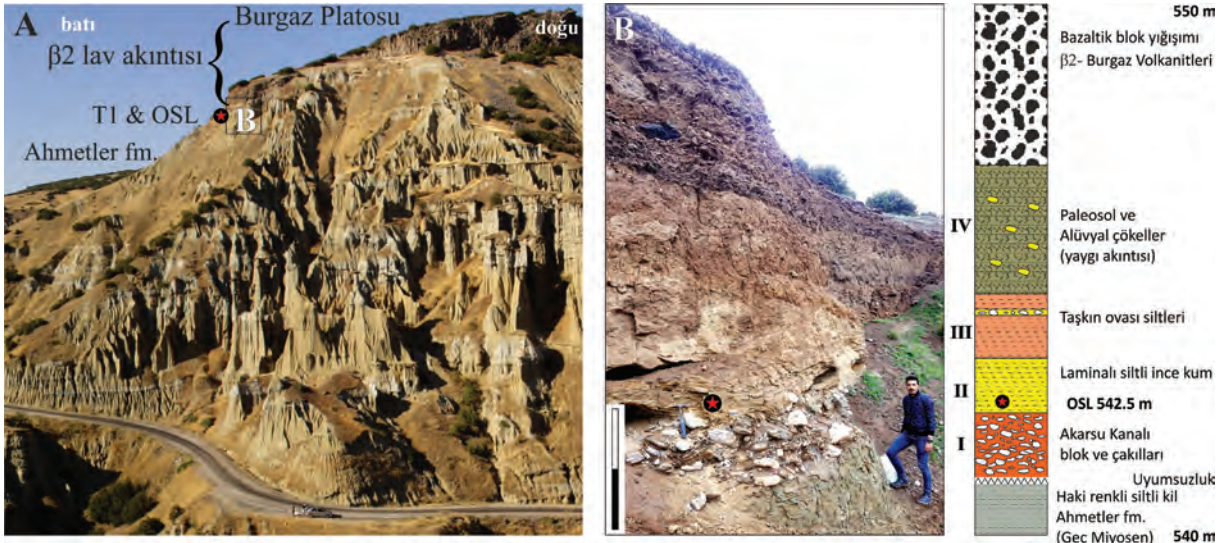
Bu çalışma için elde edilen OSL örneği, geç Miyosen yaşlı karasal Ahmetler formasyonuna ait haki renkli killi seviye üzerine uyumsuz olarak gelen ve belirgin bir akarsu deposu niteliği sunan taraça seviyesi içerisinde alınmıştır (Şekil 2 ve Şekil 3). Toplam kalınlığı 3.5 metre olan bu taraça seviyesi, altta 1 metre kalınlığında kaba kanal çakıl ve blokları ile başlar (I). Bu seviyeyi ~60 cm kalınlığında yer yer çapraz tabakalı ve tekne yapılı siltli ince kum seviyesi izler (II). Üste doğru 1 m kalınlığında taşkın ovası siltleri bulunmaktadır (III). Taraça kesiti, üst kısmında 1 m kalınlığında yaygın akıntısı silt ve çakılları ile paleosol seviyesi (IV) ile sonlanır. Bu seviye, Kula Volkanizması'nın ilk evresine (Burgaz Volkanitleri) ait bazaltik kül ile bloklar ve sonrasında da masif lav akıntısı ile örtülmektedir (Şekil 3B). Örnek, taraça tabanında yer alan kanal çakıllarının üzerinde yer alan ~60

cm kalınlığındaki siltli ince kum seviyesinde siyah PVC tüp çakılarak alınmıştır. Örneğinin deniz seviyesinden yüksekliği 542.5 metre, günümüz yüzeyden derinliği ise 7.5 m olarak ölçülmüştür. Bu seviye, konumu ve yüksekliği göz önünde bulundurularak, Maddy vd. (2015 ve 2017) Gediz taraça sistematığı sınıflandırmasına göre T-1 olarak değerlendirilmiştir. Kula bölgesinde yer alan Elekçitepe (~250 binyıl) ve Divlittepe (40-10 binyıl) fazlarına ait lav akıntıları önce eğim yönünde sonra da Gediz Nehri vadisi içerisinde akmaktadır. Bu nedenle günümüz Gediz Nehri ana kanalı, KVB içerisinde kuzeye doğru büküm yapmakta ve yatağını volkanizma ile eş zamanlı terketmektedir (Ozener, 1992; Gorp vd., 2014). Buna göre taraçaların çökme yaşı, örten bazalt akıntısı ile sınırlandırılabilir. Bundan hareketle, T1 seviyesinin Burgaz Volkanitlerinin Ar/Ar

tarih analizleri sonucu MIS38 içerisinde (~1280 binyıl) depolandığı önerilmiştir (Maddy vd., 2017). Gediz Nehri'nin güncel taşkın ovasından ~150 m yukarıda bulunan bu çökeller ~0.16 mm/yıl bölgesel yükselme hızı hesaplanmasına olanak sağlamaktadır (Maddy vd., 2005).

Bu çalışmada temel alınan hipotez, Gediz Nehri taraça çökellerinin literatürde de önerildiği gibi volkanizma ile eş yaşlı olduğu yönündedir. Bu hipotez, TA-OSL tarihlendirme yöntemi ile test edilmiştir.

uyarmanın yollarından biri 500°C'nin üstündeki sıcaklıklarda okuma yapmaktır ancak, yüksek sıcaklıklara çıkıldıkça örnek akkor haline gelmeye başlayacak ve siyah cisim ışması lüminesansdan daha baskın hale gelecektir. Ayrıca okuma için geliştirilen günümüz cihazlarının okuyabildiği maksimum sıcaklıklar 500-700°C'dir. Bu tuzaklara ulaşmanın yollarından biri Termal Asistan OSL (TA-OSL) tekniğidir. Bu teknik TL ve OSL tekniğinin bir kombinasyonudur. Örnek önce uygun sıcaklığa kadar ısıtılır ve bu sıcaklıkta



Şekil 3. A. Ahmetler formasyonu ile Burgaz Volkanitlerine ait lav akıntıları arasında sınırlanan Gediz taraça kesitinin (T1) A. genel konumu B. ölçülü taraça kesiti üzerinde laminalı siltli ince kum fasiyesinden alınan OSL örneğinin konumu, ölçek 1 m uzunluğundadır.

Figure 3. (A) Position of Gediz River Terrace section in between Burgaz Volcanics and Ahmetler formation (B) measured section of the terrace layer, facies and the position of OSL sample (scale is 1 m long)

MATERYAL VE YÖNTEM

Çok Derin Tuzaklar (VDT)

Çoğu TL, OSL fosfor malzemeleri geniş bant aralığına (1-12eV) ve yukarıda bahsedilen tuzakların dışında daha derin enerji seviyelerinde tuzaklara sahiptirler (Kittel, 2004). Bunlara çok derin tuzaklar (Very Deep Traps, VDT) denir ve ancak 500°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda uyarılabilirler (Şahiner, 2015). Bu tuzakları

iken ışıkla uyarma yapılır. Derin tuzaklarda kullanabilmek için önce 500°C'ye kadar bir TL okuması yapılır (Şahiner, 2015). Bu sıcaklığa kadar olan tuzakların sıfırlandığı gözlemlendikten sonra örnek uygun sıcaklıkta ısıtılır ve bu sıcaklıkta iken OSL okuması yapılır. Literatürde $\text{CaF}_2:\text{N}$, $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{C}$, kuvars, feldspat, polimineral ve apatit gibi malzemeler bu teknikle incelenmiştir (Bulur ve Göksu, 1999; Kitis vd., 2010; Polymeris vd., 2010; Polymeris ve Kitis, 2012; Kitis vd.,

2013; Polymeris vd., 2015 a, b; Şahiner, 2015). Bu tür derin tuzakların radyasyon dozimetrisi ve yaş tayininde kullanımının bazı avantajları bulunmaktadır. Bu tuzaklar kendilerinden daha sığ olan tuzaklara göre daha kararlı ve daha uzun ömre sahiptir (Şahiner, 2015). Bu özellikler TL ve OSL uygulamaları açısından çok büyük öneme sahiptir. Bu şekilde daha hassas ve geniş doz aralığında eşdeğer doz tespiti yapılabilir ve dolayısıyla tarihöncesi arkeoloji ve Kuvaterner jeolojisi uygulamalarında daha geniş aralıkta ve hassasiyetle yaş hesabı yapılabilir (Şahiner, 2015).

TA-OSL Protokolü

Kula volkanik bölgesinde, Gediz Nehri yüksek taraça kesitinden lüminesans tarihlendirmeye uygun olarak ışık geçirmez karotlar yardımıyla alınan numune, zayıflatılmış kırmızı (güvenli) ışık altında uygun laboratuvar koşullarında karanlık odada hazırlanmıştır. Buna göre örnek, 90-300 µm boyutlarında ıslak eleme tekniği ile elendikten sonra yalnızca bileşimindeki organiklerin ayrıştırılması amacıyla H₂O₂ kimyasalı uygulanmış, tepkime sonlandıktan sonra 35°C'de etüvde kurumaya bırakılmıştır. Yani numune son derece yalın bir örnek hazırlama sürecinden geçirilerek polimineral olarak hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler 1 cm çapındaki ölçüm kaplarına 10 (±%20) miligram olacak şekilde yerleştirilmiştir.

Bu çalışma kapsamında tüm lüminesans ölçümleri ve ışınlama işlemleri Riso TL/OSL-20 sistemi aracılığıyla yapılmıştır. Sistem bialkali EMI 9235QB foto çoğaltıcı tüp ve 0.120 ± 0.05 Gy/s doz hızına sahip ⁹⁰Sr/⁹⁰Y beta kaynağına sahiptir. Uyarıcı ışık olarak 470 ± 20 nm dalga boylu mavi ışık ve salınan lüminesansın dedekte edilmesinde Hoya-U340 filtresi kullanılmıştır.

Eşdeğer doz ölçümlerinde Çizelge 1'de sunulan geliştirilmiş-SAR protokolü (Murray ve Wintle, 2000) kullanılmıştır. Bu teknikte

numunenin artan dozlara karşı lüminesans şiddeti, hazırlanan diskin tekrarlanabilirliği ve hassasiyeti her artan doz adımımda hesaba katılarak değerlendirilir.

Hesaplamalarda 32 disk kullanılarak istatistik yaklaşım yapılmıştır. İstatistiksel değerlendirmenin ilk çıktısı, disklerden elde edilen eşdeğer dozların saçılma oranıdır (Over Dispersion, OD). OD değerinin kabul edilebilir (<%20) olması durumunda ölçümlerin tutarlı sonuç verdiği kabul edilerek örneğin yaşı (CAM, Central Age Model) ile belirlenir. Araştırılan tuzaklar çok derinde ve sıradan tuzaklara göre daha kararlı tuzaklar olduğu için sönmeye dayalı lüminesans kaybı ihmal edilmiştir.

Çizelge 1. TA-OSL SAR protokolü (Şahiner vd., 2017)

Table 1. TA-OSL SAR protocol (Şahiner et al., 2017)

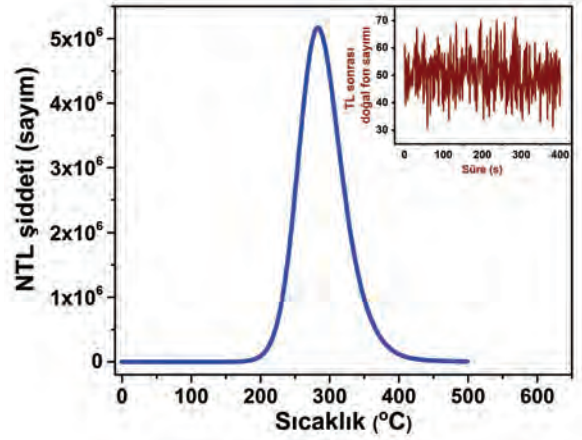
Adım	Uygulama	Gözlenen
1	Işınlama, D _i	
2	TL, 500°C, 5°C/s	
3	Mavi uyarım, 200s 180°C, 2°C/s,	L_i
4	Ağartma	
	Test Dozu	
5	TL, 500°C, 5°C/s	
6	Mavi uyarım, 200s 180°C, 2°C/s,	T_i
7	Ağartma	
8	İlk adıma dönüş	

Çizelge 1'deki protokole göre 2. adımda uygulanan TL uyarması sonucu sıradan tüm lüminesans sinyalleri boşaltılır. Bu adımdan sonra sıradan tuzakların sıfırlandığı oda sıcaklığında mavi uyarma sonucu lüminesans salımının izlenmesi ile kontrol edilmiştir (Şekil 4). 3. adımdaki uygun sıcaklıkta OSL uyarması sonucu salınan lüminesans sinyali ise çok derin tuzaklardan alınan sinyallerdir. SAR protokolü gereğince her artan ışınlama döngüsünde test dozu uygulanarak hassasiyet düzeltilmesi yapılarak eşdeğer doz hesaplanmıştır.

Yıllık doz hesabında kullanılmak üzere numunenin bileşimindeki doğal radyoaktif çekirdekleri (U, Th, K, Rb) yüksek saflıkta germanyum dedektör ve kütle spektrometresi analiz teknikleriyle tespit edilmiştir (Çizelge 2). Gama spektrometresi analizleri Şahiner (2015)'te uygulanan protokole bağlı kalarak hem mutlak hem de karşılaştırmalı radyoaktivite analiz tekniklerine göre yapılmıştır. Yıllık doz hesapları Ademiec ve Aitken (1998)'te belirtilen doz dönüşüm katsayıları kullanılarak yapılmıştır.

SONUÇLAR

Şahiner 2015 ve Şahiner vd. 2017 TA-OSL tekniğiyle birkaç bin Gray (Gy) eşdeğer dozun kuvars ve polimineral örneklerde hesaplanabileceğini literatürde ilk defa göstermiştir. Ayrıca Polymeris vd. 2015a, 2015b çalışmalarında kuvars ve feldspat minerallerinin TA-OSL sinyallerine ait dozimetrik özellikler, uygun uyarım sıcaklığı ve tuzak yük yapısına ait önemli bilgiler gösterilmektedir. Bu kapsamda incelenecek numune yaşı literatürde iyi bilinen ve milyon yıl mertebesinde (1280 bin yıl; Maddy vd., 2017) değerlendirilen Kula bölgesinden seçilmiştir (Şekil 2). Hazırlanan disklere Çizelge1'deki protokol uygulanarak eş değer doz hesap edilmiştir. Örneğin doğal termoluminesans (NTL) sinyali Şekil 4'de gösterilmektedir. NTL sinyalinin milyon sayım mertebesinde olduğu

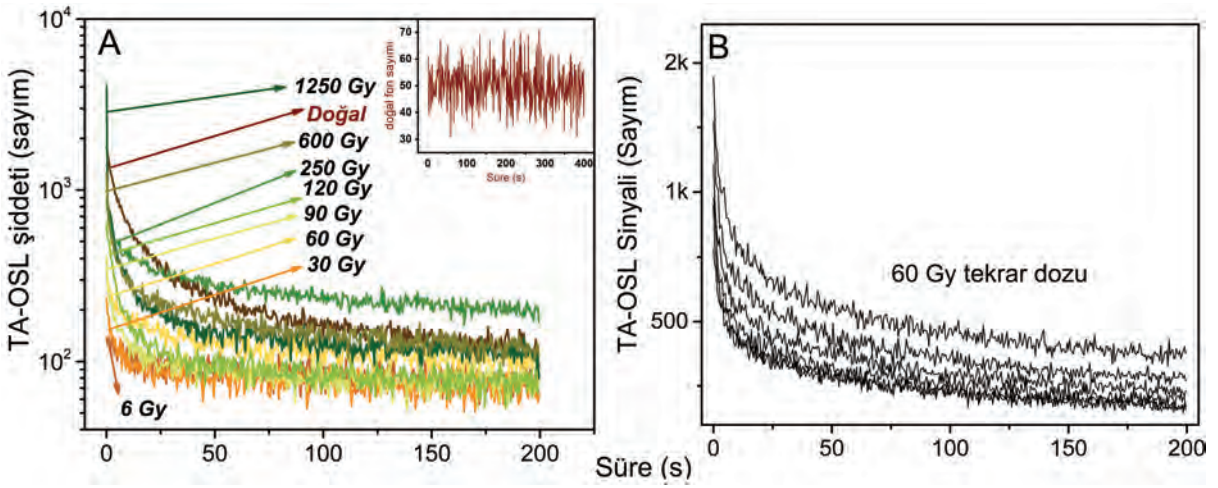


Şekil 4. Doğal TL (NTL) sinyali ve sonrasında arkaplan (background) ışınması

Figure 4. Natural TL signal and background lamination (inset)

gözlenmektedir. Bu örneğin yaşlı olduğunu ve tüm tuzaklarının yeterli seviyede dolu olduğunu göstermektedir.

Doğal TL (NTL) sinyali ve fototüpün arkaplan (background) ışınması kontrol edilmiştir. Şekil 4'de görüldüğü gibi TL sinyali oldukça parlaktır. Arkaplan ışınması hemen TL okumasının ardından alınmıştır ve okuma sonrası fototüpte herhangi bir problem ve izotermal ışınma gözükmemektedir. Bu işlem sonrasında tekrar TL ve oda sıcaklığında OSL okumalarında sinyal şiddetleri arkaplan ışınması seviyesindedir. Yani sıradan tüm tuzakların boşaltıldığı söylenebilir.



Şekil 5. Çizelge 1’deki protokole göre 180°C ’de elde edilen TA-OSL sinyalleri (A), Artan beta dozlarına karşı TA-OSL sinyalleri (B) Verilen 60 Gy beta tekrar dozuna göre TA-OSL sinyalleri

Figure 5. Obtained TA-OSL signals due to the protocol detailed in Table 1. (A), TA-OSL signals with increasing beta doses. (B) TA-OSL signals with a 60 Gy repeat beta dose.

Şekil 5A’da yapay artan ışınlatma yapılmış ve doğal TA-OSL sinyallerinin yanı sıra iç şekilde arkaplan/doğal fon ışınması (background) gösterilmektedir. Şekil 5’e göre yaklaşık 10 saniye içerisinde TA-OSL sinyalinde tuzaklarda hızlı bir boşalma olduğu anlaşılmaktadır. Ancak kuyruk kısmının da ışınlatma ile birlikte arttığı gözlenmektedir. Bu durum Kütahya-Simav’dan alınmış örneklerde de gözlenmiş ve kuyruk bileşeni olarak adlandırılmıştır (Polimeris vd., 2015a, 2015b; Şahiner, 2015). TA-OSL uyarım sıcaklığı ise daha önce yapılmış çalışmalarda bulgular ışığında 180°C olarak seçilmiştir (Polimeris vd., 2015a, 2015b; Şahiner, 2015). TA-OSL sinyallerinin bozunum şekilleri sentetik kristaller (Al_2O_3 , $\text{CaF}_2:\text{N}$) ile kıyaslandığında farklı olduğu görülmektedir. Sentetik kristallerde lüminesans sinyali başlangıç bölgesinde önce artıp daha sonra azalırken incelemiş olduğumuz örnekte, sıradan sürekli dalga boyu (CW-OSL) lüminesansına benzer şekilde zamanla azalan bir bozunum göstermektedir. Benzer sonuçlar Şahiner (2015) tarafından kuvars ve polimineral numunelerde de gözlenmiştir. Bu farkın nedeni doğal minerallerde safsızlıkların miktarının çok

olmasından dolayı tuzaklanmış elektronların uyarıldıktan sonra iletkenlik bandına geçmeden en yakın komşuluğundaki bir merkezle lokalize yeniden birleşme yapmış olması olabilir (Şahiner, 2015).

Doz hassasiyet kontrolü için diskler aynı dozda ışınlanarak 180°C sıcaklıkta TA-OSL sinyalleri incelenmiştir (Şekil 5B). Ölçümlerde tekrarlanabilirlik gözlenmektedir. Bu durumun Şahiner, 2015 ve Polymeris vd., 2015a, 2015b çalışmasıyla çeliştiği söylenebilir. Çünkü bu çalışmalarda aynı kütlede farklı disklere ait TA-OSL sinyallerinde birbiriyile uyumlu bir tekrarlanabilir sinyal gözlenmemiştir.

Gediz Nehri (Kula) Taraçası TA-OSL yaşı

Gediz Nehri’nin Kula bölgesindeki yüksek taraçalarından alınan örnek içerisindeki kuvars kristallerinin çok derin tuzaklarının TA-OSL sinyali ile uyarılması, Çizelge 1’deki geliştirilmiş-SAR tekniği protokolü kullanılarak başarılı olarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 6A’da numuneye ait çok derin tuzaklarından alınan TA-OSL sinyallerine bağlı doz-cevap grafiği gösterilmektedir.

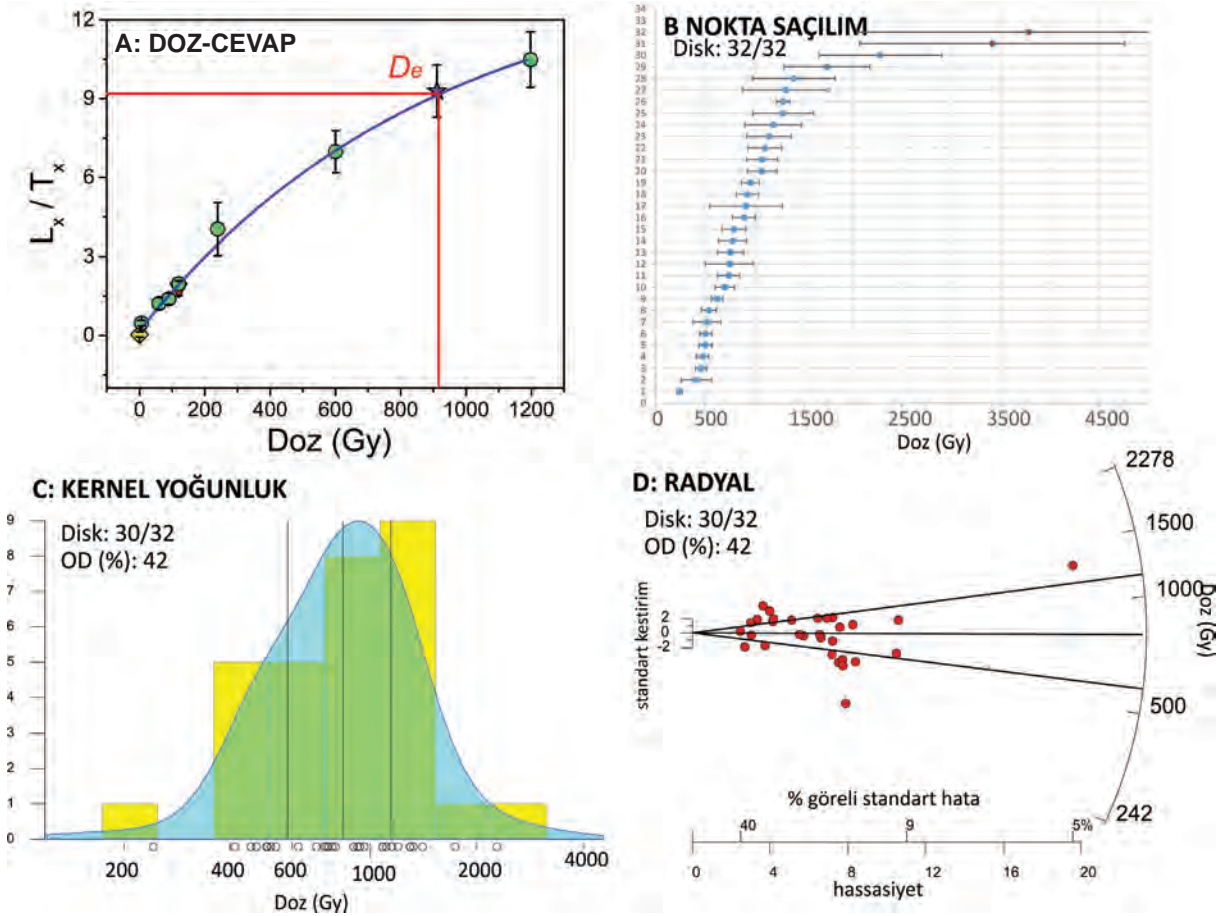
Test dozu olarak 60 Gy seçilmiştir ve eşleme işlemi *lineer+eksponansiyel* denklemine göre yapılmıştır. Şekilde her bir SAR döngüsünden sonra T_x/T_n oranı kontrol edilerek hassasiyet değişimi düzeltilmiştir.

Çalışma kapsamında 32 disk kullanılarak ölçülen eşdeğer dozların farklı disklere göre nokta dağılımı, hata payları ile birlikte Şekil 6B'de sunulmaktadır. Bu grafikte ölçüm aralığının çok dışında kalarak ekstrem değerler sunan ve çok yüksek hata payına sahip (~%40) iki ölçüm sonuçları kırmızı renkle gösterilmiş ve bu değerler istatistiksel değerlendirmenin dışarısında bırakılmıştır. Yaş değerlendirmesinde kullanılan 30 diskin ölçüm hata payları ortalama %20 olarak hesaplanmıştır.

Lüminesans tarihlendirmede ölçülen eş değer doz değerlerinin istatistiksel değerlendirmesi önemli bir aşamadır. Bu değerlendirmenin ilk çıktısı, disklerden elde edilen eşdeğer dozların saçılma oranıdır (Over Dispersion, OD). OD değerinin kabul edilebilir (<%20) olması durumunda, ölçümlerin tutarlı sonuç verdiği kabul edilerek, örneğin yaşı, merkezi yaş modeli (CAM, Central Age Model) ile belirlenir (Galbraith ve Roberts, 2012). Kula örneğinin CAM eş değer dozu (808±69 Gy) olarak hesaplanmaktadır ancak

%42 oranında yüksek saçılım gösterir. Bu yüksek saçılım oranı, ölçümlerde farklı popülasyon gruplarının değerlendirilmesinin gerekliliğini ortaya koyar (Galbraith ve Roberts, 2012). Bu amaçla sonlu karışım modeli (Finite mixture model, FMM) analizi uygulanmıştır. Bu modelin sonuçlarına ait kernel yoğunluk histogramı Şekil 6C'de, radyal dağılım grafiği de Şekil 6D'de sunulmaktadır. Bu analiz sonuçlarına göre De topluluklarından %53'ü 1141±43 Gy; %43'ü 582±27 Gy değerlerinde toplulaşmaktadır. En düşük yaş modeline (MAM) göre hesaplanan De ise 242±31 Gy'dir (Çizelge 3).

Lüminesans yaş denkleminin bir diğer ana bileşeni çevresel doz hızıdır (Dr). Bu değer, örneğin konum, yükseklik ve yüzeyden derinlik bilgileri ile örneğin çevresindeki doğal radyoaktif elementlerin (U, Th, K) konsantrasyonları kullanılarak hesaplanır. Bu çalışma kapsamında, taraça çökellerindeki doğal radyoaktif elementlerin değerleri ICP-MS (ALS minerals) ve gama spektroskopisi (AÜ) teknikleriyle ölçülmüştür. Analiz sonuçları Çizelge 2'de karşılaştırılmalı olarak sunulmaktadır. Bu değerlerin, U, Th ve K için sırasıyla ~% 8 , %6 ve ~%10 farkla birbiri içerisinde tutarlı olduğu gözlenmiştir.



Şekil 6. Çok Derin Tuzakların TA-OSL sinyallerinin geliştirilmiş-SAR tekniğine göre eşdeğer doz değeri değerlendirilmesi (A) örnek bir diske ait doz-cevap grafiği. Ölçülen D_e değeri, (B) nokta saçılım dağılımı (C) kernel yoğunluk dağılımı (D) Eşdeğer dozların radyal dağılımı

Figure 6. Equivalent dose evaluation of TA-OSL signal of very deep traps (A) dose response curve of sample disc (B) scatter plot (C) Kernel density histogram (D) radial plot of D_e values

Çizelge 2. Kula örneğinin konum ve jeokimyasal değeri ile çevresel doz hızı

Table 2. Location and geochemical values of Kula Sample and calculated environmental dose rate

Örnek Kod	Konum		Yükseklik (m)	Derinlik(m)	Tane boyu (μm)	U (ppm) ICP-MS/ Gama Spek.	Th (ppm) ICP-MS/ Gama Spek.	K (%) ICP-MS/ Gama Spek.	Suya doyum yüzdesi (%)	Kozmik doz hızı (Gy/binyıl)	Dr (Gy/binyıl)
K1 (Kula)	30.61K	28.81D	542.5	7.5	90-300	1.22±0.08	3.70±0.14	0.50±0.08	35±5	0.038±0.012	1.07±0.05
						1.33±0.04	3.92±0.05	0.55±0.07			

İstatistiksel yaklaşımla hesaplanan farklı eş değer doz değerlerinin (De), çevresel doz hızına (Dr) oranlanması ile hesaplanan yaş tablosu Çizelge 3’de sunulmaktadır.

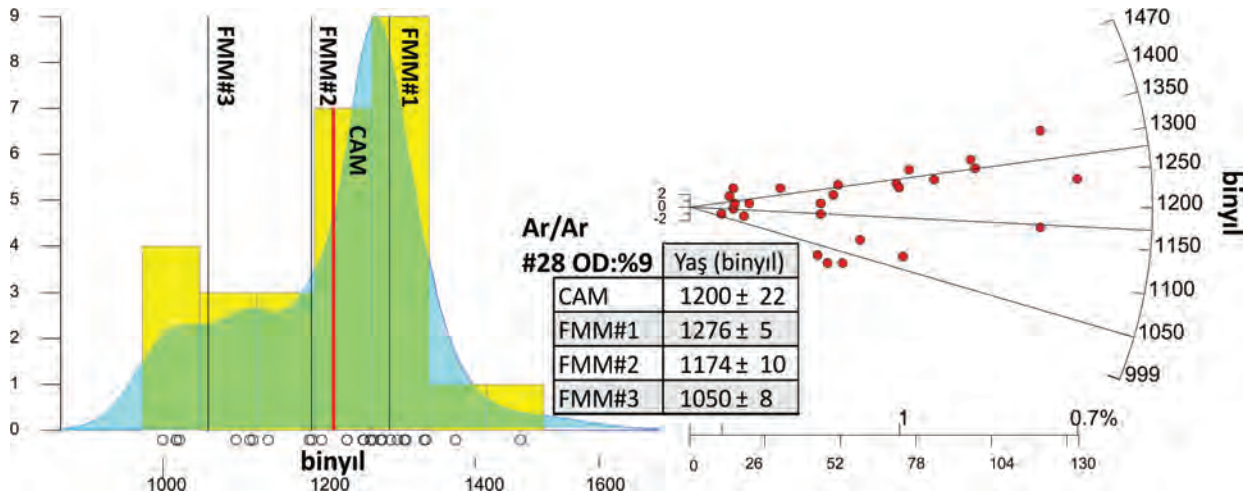
Çizelge 3. Kula örneğinin istatistiksel analiz sonuçları ve yaş kestirimleri

Table 3. Results of the statistical analysis and age determinations

Model	De (Gy)	Olasılık (%)	Dr (Gy/binyıl)	Yaş (binyıl)
CAM	808±69	*	1.07±0.05	755±99
FMM#1	1141.00±43	53		1066±22
FMM#2	582±27	43		544±51
MAM	242±31	*		226±40

Gediz Nehri (Kula) Taraçası Radyometrik Yaşları

Kula OSL örneğinin alındığı taraça seviyesi, Maddy vd., (2017) tarafından T-1 basamağı olarak ve depolanma yaşı 1280 binyıl (MIS 38) olarak önerilmiştir. Bu önermede, Kula’nın ilk evre volkanik faaliyetinin ürünlerinden bazaltik lav akıntısının Gediz Nehri’nin yatağını ve o dönemki taşkın ovasını örttüğü, dolayısıyla da volkanizma ile taraçanın fosilleşmesinin eş zamanlı olduğu kabul edilmiştir. Şekil 7’de Burgaz Volkanitlerinden elde edilen 28 adet radyometrik (K/Ar ve Ar/Ar) yaş analizinin (Richardson-Banbury, 1996; Westaway vd., 2004, 2006; Maddy vd., 2015, 2017) istatistiksel değerlendirilmesi sunulmaktadır. Buna göre lav akıntılarında elde edilen yaşların saçılım miktarı %9, ortalama değeri ise 1200±22 binyıldır., taraçayı örten lav akıntısının radyometrik yaşların merkezi ortalaması ile taraçadan TA-OSL yöntemi kullanılarak elde ettiğimiz 1066±90 binyıl tarihin %88±10 oranında örtüştüğü görülmektedir.



Şekil 7. OSL örneğinin alındığı taraça birimini üzerleyen Burgaz Volkanitlerine ait lavların önceki çalışmalardan derlenmiş 28 adet Ar/Ar ve K/Ar radyometrik yaş tayinin (Richardson-Banbury, 1996; Westaway vd., 2004, 2006; Maddy vd., 2015, 2017) kernel yoğunluk ve radyal diyagramlarında saçılımın çok düşük olduğu (%9) ve ortalama yaşın 1200±22 binyıl olduğu görülmektedir.

Figure 7. Statistical analysis of 28 radiometric dates /K/Ar and Ar/Ar) of Burgaz Volcanics (Richardson-Banbury, 1996; Westaway et al., 2004, 2006; Maddy et al., 2015, 2017). Kernel density and radial plot reveals the overdispersion is low (9%) and the mean value is 1200±22 ka.

DEĞERLENDİRME

Bu çalışma ile TA-OSL SAR tekniğinin potansiyeli ve doğruluğu, Kula volkanik bölgesinde yer alan Gediz Nehri'ne ait yüksek taraça seviyesinden alınan ve çökme yaşı önceki çalışmalarda radyometrik tayinlerle sınırlanan bir örnekle sınanmıştır. Bu kapsamda çalışmanın önemli çıktısı ve sonuçlarını aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

- Yerbilimlerinde milyon yıl mertebesindeki problemlere farklı yaklaşımlar getirebilen OSL tarihlendirme için yeni bir protokol önerilmiştir.
- TA-OSL tekniğiyle lüminesans dozimetri/tarihlendirme çalışmalarda kullanılan sıradan ısı ve ışık ile uyarıma teknikleriyle uyarılamayan çok derin tuzaklardan salınan lüminesans sinyalleri incelenmiştir.
- TA-OSL tekniği ile çok derin tuzakların kararlılığı, sönümü ve tekrarlanabilirliği incelenmiş ve lüminesans tarihlendirme çalışmalarında örnek hazırlama işlemlerinin basite indirgenebileceği gösterilmiştir.
- Bu tür özel tuzakların tarihlendirme çalışmalarında kullanılabilirliğinin mümkün olduğu ve yaşlı örneklere ait sıradan OSL tuzakları ile hesaplanması oldukça zor olan eşdeğer dozların hesaplanabileceği söylenebilir.
- TA-OSL sinyalleri için aynı diske verilen tekrar dozlarında kararlılık gözlenmiştir. Bu durum lüminesans tarihlendirme uygulanabilirliği açısından oldukça kritiktir.
- Literatürdeki diğer çalışmalara paralel olarak bu numunede de lüminesans hassasiyeti gözlenebilmiştir.
- Eşdeğer dozlarda gözlenen yüksek saçılmanın nedenlerini araştırmaya yönelik ileri çalışmalar yapılarak bu tür çok derin tuzakların lüminesans mekaniği araştırılmalıdır.

- TA-OSL tekniğinin bu çalışmadaki başarı oranı, diğer radyometrik yaş tayinlerine (Ar/Ar) dayanan sınırlandırmaya kıyasla 88 ± 10 olarak hesaplanmıştır.
- Bu fark henüz geliştirilmekte olan bir protokol için oldukça başarılı bir değeri ve yöntemin radyometrik yaş kontrolü bulunmayan sahalarda, kırıntılı çökel kayalarda uygulanma potansiyelini ortaya koymaktadır.
- TA-OSL tekniği benzer yaş kontrolü olan çökel paketleri üzerinde daha fazla numune, mineral tipi ve bölge üzerinde test edilmelidir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 117Y208 ve 115Y132 kodlu araştırma projeleri kapsamında desteklenmiştir.

EXTENDED SUMMARY

Research on luminescence plays a critical role on research fields such as material characterization, ionized radiation dosimetry, accident dosimetry, geochronology and detection of forgery in archaeological artifacts (McKeever, 1985; Boter-Jensen et al. 2003). TL (Thermoluminescence) and OSL (optically stimulated luminescence) dating techniques, which were theorized in 1970's, have improved rapidly and are used to date inorganic material. Calculating the age of the sedimentary sequences deposited during the Late Quaternary (100-150 ka) and also the production date of archaeological artifacts (pottery, ceramics, brick, mortar etc.) is leading applications of these techniques. Applications using protocols such as SAR (Single Aliquot Regenerative Dose; Wintle and Murray, 2000) luminescence methods can estimate radiometric ages with minimum 3-10% error and widely accepted as a reliable dating method among radiocarbon and radioisotope techniques.

Depending on trap-charge mechanism of crystal, natural quartz mineral's OSL signal usually compose from three regions namely fast, medium and slow components. Conventional OSL dating method focuses on the fast component (initial part of signal) of luminescence signal within the quartz crystal because it can be easily bleached by natural processes. The medium and slow components saturate higher dose limits nonetheless they suffer from bleaching problem. Therefore fast component quartz OSL dating is accepted as a reliable method among the luminescence dating society. On the other hand, the fast component part of quartz OSL tends to saturate at ~100-200 ka with enough bleaching with regular sun light. Making OSL dating inadequate for most long-term Quaternary geology problems. Although IRSL (InfraRed Stimulated Luminescence) signal of feldspars are particularly attractive to achieve an extended dating range compared to quartz, it has been well-know, that the potential of IRSL has not been exploited because of the loss of trapped charge with anomalous fading problem (Wintle, 1973). Recently, experiments on the physics of quartz mineral luminescence mechanism revealed a Thermal Transfer (TT) phenomena under temperatures up to 200-300 °C. Wang et al. (2006a, b) presented that the saturation of this signal is much higher and enable to date to one million years. These signals were used to successfully used to date Chinese loess sequence with SAR protocol to 780 ka (Wang et al., 2007) and coastal sediments at South Africa Cape coasts to 400 ka (Jacobs et al., 2011). Another application concerns deploying violet light to stimulate deeper traps in quartz crystal lattice and successfully applied to Chinese loess sequence up to 600 ka (Ankjærgaard et al., 2016).

Alternatively, Thermally Assisted (TA) phenomena has been introduced for higher dose estimations using deeper traps of minerals. In this study, we used Thermally Assisted (TA) optically stimulated luminescence technique (Polymeris et

al., 2015a, b; Şahiner et al., 2017), a combination of TL and OSL methods to investigate the signal stored within the very deep traps (VDT) of in quartz crystal lattice which can be stimulated at higher temperatures (ie. 500 °C), to date a sedimentary layer know to be deposited beyond the conventional OSL limit. Study of these traps has certain advantages where they are more stable, preserving luminescence signal for longer duration and have higher saturation limits.

The sample used on this research, is derived from a high terrace level deposited by Gediz River, at Kula Volcanic Field (KVF), western Turkey (Figure 1 and 2). The age of the sedimentary layer is constrained by overlying basaltic lava flow, which belongs to the first phase of volcanism in KVF. This phase (namely Burgaz Bolcanics β₂), is dated extensively by radiometric methods, K/Ar and Ar/Ar (Borsi et al., 1972; Richardson-Banbury, 1996; Westaway et al., 2003, 2004; Maddy et al., 2005, 2012a, 2012b, 2015, 2017), and appearing as a basalt plateau covering the former terrace staircases of the Gediz River. Results of recent research, combining the detailed chronology of the volcanism show that these terrace levels (II) are well correlated with Quaternary climatic cycles (MIS 52-38) where our focus terrace (T1) is attributed to MIS38 (~1280 ka) (Maddy et al., 2005, 2017).

Figure 3 shows the detailed location (A) and measured section (B) of the OSL sample. The 3.5 m long section starts with a meter thick well-rounded cobbles and boulders of the bed load (I) uncomfortably overlying the fine grained silt-clay facies of the Late Miocene Ahmetler fm. (Ersoy et al., 2010). The overlying facies is a cross bedded fine silty sand layer in 60 cm thickness (II) followed with 60 cm thick silty flood plain silts (III). The terrace section ends with a 1.2 m thick sheet flood alluvial silt and paleosol intercalation (IV) and covered first with basaltic ash and cobbles then the ~5 m thick basaltic lava flow. The OSL sample is achieved by hammering a 20 cm long, 7 cm in

diameter, black PVC core to the facies II. The core was tightly sealed at each end for avoiding further light exposure.

The main hypothesis of this study accepts the luminescence age of the terrace sample should be either predate closely or synchronous with the timing of volcanism. The first assumption is based on the sudden migration of the Gediz River channel with response to lava flow, and the second assumes thermal bleaching of the quartz crystals while being covered with the lava flow (~900 °C). This hypothesis is tested using TA-OSL method.

The sample core is extracted in a safe light laboratory, wet sieved for 90-300 µm fraction and treated only with H₂O₂ to remove organic material. This separation procedure is very simple, compared with conventional OSL mineral extraction methods, and significantly reduces the laboratory time. All measurements are held with Riso TL/OSL-20 system. The system works with bialkaline EMI 9235QB photomultiplier tube and ⁹⁰Sr/⁹⁰Y beta source with 0.120 ± 0.05 Gy/s dose rate. We used 470 ± 20 nm wavelength blue light source for stimulation and Hoya-U340 filter for detection of luminescence signal.

We measured equivalent doses (De) for 32 disks using the enhanced-SAR protocol (Murray and Wintle, 2000) adapted for TA-OSL technique detailed in Table 1. The TL stimulation at the second step extracts all the ordinary traps in crystal lattice, then OSL stimulation is applied and the luminescence signal is detected. We selected 60 Gy for the test dose for sensitivity correction to calculate Tc/Tn ratio at each SAR cycle. Environmental dose rate is determined by measuring natural radioactive isotopes (U, Th, K, Rb,) with both germanium detector and ICP-MS analysis (Table 2). These two-different determination method is consistent for U, Th and K concentrations with 8%, 6% and 10%, respectively. Moreover, cosmic dose rate contribution theoretically accounts for due to

geographical coordinates and depth from the surface of the sample.

The Natural Thermoluminescence (NTL) signal of a sample disc is shown in Figure 4. The NTL signal is very bright and over million counts and expressing the sample is old and all traps are adequately full. The background radiation of the phototube is measured right after the TL measurement and no saturation problem or isothermal radiation is detected. Figure 5A shows overlapping TA-OSL signal after exposing the disks with increasing artificial doses. The signals show a fast discharge in 10 seconds but a build-up in the tail section with increasing exposure to artificial radiation. This phenomenon was also reported by Polymeris et al. (2015 a, b) and Şahiner (2015) and named as the tail component.

Figure 6 summarizes the results of TA-SAR protocol, where A shows the dose response curve of a sample disc, fitting is calculated using linear+exponential equation. B shows the radial plot distribution, C shows the kernel density histogram and D is the scatter plot drawn by the De values of the all 32 discs. The error rates of the measurements is high by mean of 20% also reported in previous studies (Şahiner, 2015). The statistical evaluation after dismissing the extreme measurements with high error values reveals a high overdispersion value (42%) with a CAM value of (808±69 Gy). This high dispersion value requires statistical approach in order to determine the age of the sample (Galbraith and Roberts, 2012). We employed finite mixture model (FMM) to calculate dose populations where 53% of the measurements populate at 1141±43 Gy and 43% 582±27 Gy, the minimum age model (MAM) shows 242±31 Gy (Table 3).


We evaluated 28 radiometric ages retrieved from the Burgaz Volcanic phase of KVP (Figure 7). The central age of these ages is 1200±22 ka with dispersion value as 9%. This age coincides (88±10%) with the TA-OSL age (1066±90 ka)

showing a promising success of a developing technique.

ORCID

Eren Şahiner  <https://orcid.org/0000-0002-7159-2491>

M. Korhan Erturaç  <https://orcid.org/0000-0002-6501-760X>

Niyazi Meriç  <https://orcid.org/0000-0003-1562-1312>

DEĞİNİLEN BELGELER

- Adamiec, G., and Aitken, M. J., 1998. Dose-rate conversion factors: update. *Ancient TL*, 16, 2, 37-50.
- Aitken, M. J., 1985. Thermoluminescence dating. Academic press, Orlando, Florida.
- Ankjærsgaard, C., Guralnik, B., Buylaert, J. P., Reimann, T., Yi, S. W., & Wallinga, J., 2016. Violet stimulated luminescence dating of quartz from Luochuan (Chinese loess plateau): Agreement with independent chronology up to ~ 600 ka. *Quaternary Geochronology*, 34, 33-46.
- Ankjærsgaard, C., Guralnik, B., Porat, N., Heimann, A., Jain, M., & Wallinga, J., 2015. Violet stimulated luminescence: geo-or thermochronometer?. *Radiation Measurements*, 81, 78-84.
- Ankjærsgaard, C., Jain, M., and Wallinga, J., 2013. Towards dating Quaternary sediments using the quartz Violet Stimulated Luminescence (VSL) signal. *Quaternary Geochronology*, 18, 99-109.
- Borsi, M., Ferrara, G., Innocenti, F., Mazzuoli, R., 1972. Geochronology and petrology of recent volcanics of Eastern Aegean Sea, *Bull. Volcan.*, 36/1, 473-496.
- Bøtter-Jensen, L., McKeever, S. W., Wintle, A. G., 2003. Optically stimulated luminescence dosimetry. Elsevier.
- Bulur, E., Göksu, H.Y. 1999. Phototransferred thermoluminescence from a-Al₂O₃:C using blue light emitting diodes. *Radiation Measurements* 30, 203-206.
- Ercan, T., 1993. Interpretation of geochemical, radiometric and isotopic data on Kula volcanics (Manisa-western Anatolia). *Geol. Bull. Turk.* 36 (1), 113-129.
- Ercan, E., Türkecan, A., Dinçel, A., Günay, E., 1983. Kula-Selendi (Manisa) Bölgesinin Jeolojisi. *Jeoloji Mühendisliği* 17, 3-28.
- Ersoy, Y., Helvacı, C., Sözbilir, H., 2010. Tectono-stratigraphic evolution of the NE-SW-trending superimposed Selendi basin: implications for late Cenozoic crustal extension in Western Anatolia, Turkey. *Tectonophysics* 488, 210-232.
- Erinç, S., 1970. Kula-Adala arasında genç volkan röliyesi. *İ.Ü. Coğrafya Ens. Derg.* 17, 148-167.
- Galbraith, R.F. and Roberts R.G., 2012. Statistical aspects of equivalent dose and error calculation and display in OSL dating: An overview and some recommendations. *Quaternary Geochronology*, 11, 1-27.
- Gorp, W., Veldkamp, A., Temme, A.J.A.M., Maddy D., Demir T., van der Schriek T., Reimannf, T., Wallinga J., Wijbrans J., Schoorl, J.M. 2013. Fluvial response to Holocene volcanic damming and breaching in the Gediz and Geren Rivers, western Turkey, *Geomorphology* 201, 430-448.
- Heineke, C., Niedermann, S., Hetzel, R., & Akal, C. (2016). Surface exposure dating of Holocene basalt flows and cinder cones in the Kula volcanic field (Western Turkey) using cosmogenic ³He and ¹⁰Be. *Quaternary Geochronology*, 34, 81-91.
- Jacobs, Z., Roberts, R.G., Lachlan, T.J., Karkanis, P., Marean, C.W., Roberts, D.L., 2011. Development of the SAR TT-OSL procedure for dating Middle Pleistocene dune and shallow marine deposits along the southern Cape coast of South Africa. *Quat Geochronology* 6:491-513.
- Kitis, G., Kiyak, N.G., Polymeris, G.S. and Pagonis, V. 2010. Investigation of OSL signals from very deep traps in unfired and fired quartz samples. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 268, 592-598.
- Kitis, G., Polymeris, G.S., Pagonis, V. and Tsirliganis, N.C. 2013. Anomalous Fading of OSL signals originating from very deep traps in Durango apatite. *Radiation Measurements* 49 73-81.
- Kittel, C. 2004. *Introduction to Solid State Physics*, 8th Edn, John Wiley and Sons, Ltd. 675p.
- Maddy, D., Demir, T., Bridgland, D., Veldkamp, A., Stemerdink, C., van der Schriek, T., Westaway, R., 2005. An obliquity-controlled Early Pleistocene river terrace record from Western Turkey? *Quat. Res.* 63, 339-346.

- Maddy, D., Demir, T., Veldkamp, A., Bridgland, D.R., Stemerding, C., van der Schriek, T., Schreve, D., 2012. The obliquity-controlled early Pleistocene terrace sequence of the Gediz River, Western Turkey: a revised correlation and chronology. *J. Geol. Soc. Lond.* 169, 67-82.
- Maddy, D., Schreve, D., Demir, T., Veldkamp, A., Wijbrans, J.R., van Gorp, W., van Hinsbergen, D.J.J., Dekkers, M.J., Scaife, R., Schoorl, J.M., Stemerding, C., van der Schriek, T., 2015. The earliest securely-dated hominin artefact in Anatolia? *Quat. Sci. Rev.* 109, 68-75.
- Maddy, D., Veldkamp, A., Demir, T., van Gorp, W., Wijbrans, J.R., van Hinsbergen, D.J.J., Dekkers, M.J., Schreve, D., Schoorl, J.M., Scaife, R., Stemerding, C., van der Schriek, T., Bridgland, D.R., Aytac, A.S., 2017. The Gediz River fluvial archive: A benchmark for Quaternary research in Western Anatolia. *Quat. Sci. Rev.* 166, 68-75.
- McKeever, S. W. 1988. Thermoluminescence of solids (Vol. 3). Cambridge University Press.
- Murray, A. S., and Wintle, A. G. 2000. Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol. *Radiation measurements*, 32(1), 57-73.
- Ozener, F.S., 1992. Detecting the polycyclic drainage evolution in Kula region (western Turkey) using aerial photographs. *ITC J.* 1992-1993, 249-253.
- Polymeris, G.S. and Kitis, G. 2012. Thermally assisted photo transfer OSL from deep traps in Al₂O₃:C grains exhibiting different TL peak shapes. *Applied Radiation and Isotopes*, 70(10), 2478-2487.
- Polymeris, G.S., Raptis, S., Afouxenidis, D., Tsirliganis, N.C. and Kitis, G. 2010. Thermally assisted OSL from deep traps in Al₂O₃:C. *Radiation Measurements* 45, 519-522.
- Polymeris, G.S., Şahiner, E., Meriç, N. and Kitis, G. 2015a. Experimental features of natural thermally assisted OSL (NTA-OSL) signal in various quartz samples; preliminary results. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms.* 349, 24-30.
- Polymeris, G.S., Şahiner, E., Meriç, N. and Kitis, G. 2015b. Thermal assistance in TA - OSL signals of feldspar and polymineral samples; comparison with the case of pure quartz. *Radiation Measurements.* 81, 270-274.
- Richardson-Bunbury, J.M., 1996. The Kula volcanic field, western Turkey: the development of a Holocene alkali basalt province and the adjacent normal faulting graben. *Geol. Mag.* 133, 275-283.
- Şahiner, E., 2015. Paleosismolojik çalışmalarda TL/OSL ve ESR yöntemlerinin kullanılması: Kütahya-Simav ve Kuzey Anadolu fay hattı. Doktora tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Mühendisliği Anabilim Dalı. 216s.
- Şahiner, E., Meriç, N., & Polymeris, G. S. (2017). Thermally assisted OSL application for equivalent dose estimation; comparison of multiple equivalent dose values as well as saturation levels determined by luminescence and ESR techniques for a sedimentary sample collected from a fault gouge. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 392, 21-30.
- Şen, E., Erturaç, M.K., Gümüş, E. 2017. Quaternary monogenetic volcanoes scattered on a horst: the bountiful landscape of Kula. In: *Landscapes and Landforms of Turkey*. Chapter:34, Ed. Kuzucuoglu, C., Çiner, A., Kazancı, N. Springer.
- Veldkamp, A., Candy, I., Jongmans, A.G., Maddy, D., Demir, T., Schoorl, J.M., Schreve, D., Stemerding, C., van der Schriek, T., 2015. Reconstructing Early Pleistocene (1.3 Ma) terrestrial environmental change in western Anatolia: did it drive fluvial terrace formation? *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 417, 91-104.
- Wang, W-D., Xia, J-D., Zhou, Z-X., 2006a. Thermoluminescence dating of the ancient Chinese porcelain using a regression method of saturation exponential in pre-dose technique. *Sci China Ser E: Technol Sci* 49:194-209
- Wang, XL., Lu, YC., Wintle, AG., 2006b. Recuperated OSL dating of fine-grained quartz in Chinese loess. *Quat Geochronol* 1:89-100
- Wang, XL., Wintle, AG., Lu, YC., 2007. Testing a single-aliquot protocol for recuperated OSL dating. – *Radiation Measurements* 42:380-391
- Westaway, R., Pringle, M., Yurtmen, S., Demir, T., Bridgland, D.R., Rowbottom, G., Maddy, D., 2004. Pliocene and Quaternary regional uplift in western Turkey: the Gediz river terrace staircase and the volcanism at Kula. *Tectonophysics* 391, 121-169.
- Westaway, R., Guillou, H., Yurtmen, S., Beck, A., Bridgland, D.R., Demir, T., Rowbottom, G., 2006.

Late Cenozoic uplift of western Turkey: improved dating and numerical modelling of the Gediz river terrace staircase and the Kula Quaternary volcanic field. *Glob. Planet. Change* 51, 131-171.

Wintle, AG., 1973. Anomalous fading of thermoluminescence in mineral samples. *Nature* 245: 143–144



**Geç Kuvaterner Buzul Buzullararası Döngülerinin Anadolu'nun
Biyolojik Çeşitliliği Üzerine Etkileri**
The Effects of the Late Quaternary Glacial-Interglacial Cycles on the Biodiversity of Anatolia

Hakan Gür 

Anadolu Biyocoğrafyası Araştırma Grubu, Ahi Evran Üniversitesi, Kırşehir

Geliş/Received : 14.10.2017 • Düzeltmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received : 09.11.2017 • Kabul/Accepted : 11.11.2017 • Baskı/Printed : 29.12.2017

Derleme Makalesi/Review Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Büyük kıtasal buz tabakaları, Kuzey Yarımküre’de Kuvaterner boyunca birçok kez ilerlemiş ve geri çekilmiştir. Büyük kıtasal buz tabakalarının olduğu dönemler buzul dönemler, diğer dönemler ise buzullararası dönemler olarak bilinmektedir. Buzul buzullararası döngülere eşlik eden iklim değişiklikleri, ya türlerin yer değiştirmesine, değişen çevresel koşullara uyum sağlamasına ya da yok olmasına neden olur. Coğrafi dağılım değişiklikleri, türlerin bu iklim değişikliklerine verdiği en çarpıcı ve en iyi belgelenmiş cevaplardır. Türlerin Geç Kuvaterner buzul buzullararası döngülerine eşlik eden küresel iklim değişikliklerine nasıl cevap verdiğini anlamak için, ekolojik niş modellemesi, son zamanlarda biyocoğrafi çalışmalarda moleküler filocoğrafya ile birlikte yaygın olarak kullanılmaktadır. Ekolojik niş modellemesi, moleküler filocoğrafya ile birlikte, Anadolu’da yaşayan türlerin Kuvaterner dinamiklerini/evrimsel tarihini ve böylece Anadolu’nun biyocoğrafyasını anlamamıza katkı sağlayacaktır. Bu yazıda, yukarıdaki içerik açısından kuş ve memeli türleri ile ilgili birkaç örnek verilmiş ve gelecek perspektifleri tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyocoğrafya, coğrafi dağılım değişiklikleri, ekolojik niş modellemesi, iklim değişikliği, kuşlar, memeliler

Abstract: Large continental ice-sheets in the Northern Hemisphere have grown and retreated many times throughout the Quaternary. Times with and without large continental ice-sheets are known as glacial and interglacial periods, respectively. Strong climatic fluctuations accompanying glacial-interglacial cycles forced species to either move to locations that remain suitable, adapt to changing environmental conditions, or go extinct. Range shifts are the most conspicuous and best documented responses of species to these climatic fluctuations. To understand how species have responded to global climate changes through the Late Quaternary glacial-interglacial cycles, ecological niche modelling, together with molecular phylogeography, has been widely used in recent biogeographic studies. Ecological niche modelling, together with molecular phylogeography, will extend the Quaternary dynamics and evolutionary history of species living in Anatolia and therefore the understanding of the biogeography of Anatolia. In this article, a few examples regarding bird and mammal species were given to illustrate the above-mentioned contents, and the future perspectives were discussed.

Keywords: Biogeography, birds, climate change, ecological niche modelling, mammals, range shifts

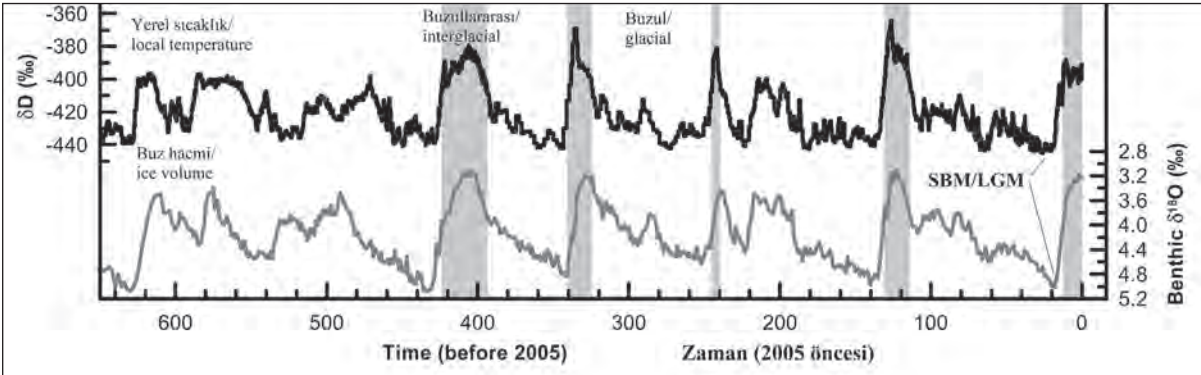
GİRİŞ

Bu yazıda, ilk olarak Son Buzul Maksimum örneği üzerinden Geç Kuvaterner iklim değişiklikleri, bu iklim değişikliklerinin (özellikle coğrafi dağılımlardaki değişiklikler üzerinden) biyolojik çeşitliliği nasıl etkilediği ve coğrafi dağılımlardaki değişiklikleri çalışırken yaygın olarak kullanılan ekolojik niş modellemesi yaklaşımı üzerinde durulmuştur. Daha sonra, Geç Kuvaterner iklim değişiklikleri ile Anadolu'nun biyolojik çeşitliliği arasındaki ilişki, kendi çalışmalarımızdan birkaç örnek ile tartışılmaya çalışılmıştır.

GEÇ KUVATERNER İKLİM DEĞİŞİKLİKLERİ

Dünya, Senozoyik (66 milyon yıl öncesinden günümüze kadar geçen zaman; bkz. jeolojik zaman çizelgesi için, www.stratigraphy.org/index.php/ics-chart-timescale, Cohen vd. 2013) boyunca, daha doğrusu yaklaşık 50 milyon yıl öncesinden (Erken Eosen İklimsel Optimumundan) günümüze kadar yavaş yavaş soğumuştur. Bu soğuma sırasında, yaklaşık 40 milyon yıl önce Antarktika kıtasında

buz tabakaları oluşmuştur. Kuzey yarımkürede buzullaşmanın ilk işaretleri, çok daha yakın bir zamanda (yaklaşık 10 milyon yıl önce) ortaya çıkmıştır (Past Interglacials Working Group of PAGES 2016). Kuzey yarımkürede büyük kıtasal buz tabakalarının ilerlediği ve gerilediği zaman dilimleri, sırasıyla buzul ve buzullararası dönemler olarak bilinir. Buzullararası dönemlerin buzul dönemleri birbirinden ayırdığı (veya tersi) buzul buzullararası döngüler ise, ilk kez Kuvaterner (yaklaşık 2,6 milyon yıl öncesinden günümüze kadar geçen devir) ve Pleistosen (yaklaşık 2,6 milyon yıl öncesinden 12 bin yıl öncesine, Holosen devresinin başlangıcına kadar geçen devre) başlangıcında belirlemiştir. 1,2–0,6 milyon yıl önce yaklaşık 40 bin yıllık periyoda sahip zayıf döngüler, tekrarlama periyodu yaklaşık 100 bin yıl olan daha güçlü döngülere dönüşmüştür. Bu dönüşüm, Orta-Pleistosen Geçişi veya Devrimi olarak bilinir (Past Interglacials Working Group of PAGES 2016). Her buzul buzullararası döngünün küçük bir bölümü (örneğin, son 430 bin yıldaki her döngünün ortalama % 20'si, normal olarak 10–30 bin yılı) buzullararası dönemde geçmiştir (Jansen vd. 2007; Şekil 1).



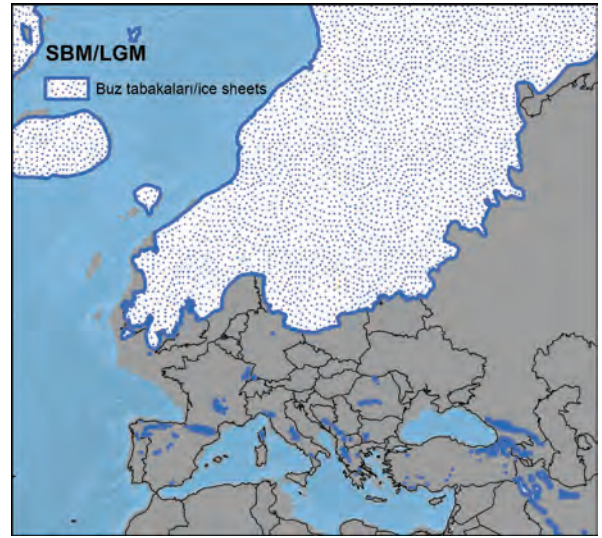
Şekil 1. Benthik $\delta^{18}\text{O}$ (küresel buz hacminin bir göstergesi) ve δD (döteryum, yerel sıcaklığın bir göstergesi) duraylı izotoplarında son 650 bin yılda gözlenen değişkenlikler (Jansen vd. 2007'den değiştirilerek). SBM, Son Buzul Maksimum.

Figure 1. Variations of benthic $\delta^{18}\text{O}$ (a proxy for global ice volume) and δD (deuterium, a proxy for local temperature) stable isotopes throughout 650 ka (from Jansen vd. 2007). LGM, the Last Glacial Maximum.

Peki, buzul buzullar arası döngüler nasıl oluşur? Milutin Milankoviç (1879–1958) tarafından geliştirilen ve Dünya'nın hareketlerini uzun dönemli iklim değişiklikleri ile ilişkilendiren teoriye göre, dönemsellik sergileyen orbital parametreler dış merkezlik, eğiklik ve yalpalama (Milankoviç döngüleri olarak bilinir; bkz. bilgilendirici bir simülasyon için, <http://cimss.ssec.wisc.edu/wxfest/Milankovitch/earthorbit.html>), atmosferin üst kısmına gelen solar radyasyonun mevsimsel ve enlemsel dağılımını değiştirir. Böylece, 65. kuzey enlem civarına yaz mevsiminde gelen solar radyasyonun minimuma ulaşması, kış boyu yağın karın yıl boyu kalmasına ve böylece kuzey yarımkürede buz tabakaları oluşturacak şekilde birikmesine neden olarak buzul dönemleri tetikler. Örneğin, 65. kuzey enleme haziran ayında gelen solar radyasyon, son buzul dönemin başlangıcında (116 ± 1 bin yıl önce) günümüzde olduğundan 40 W/m^2 daha azdı (Jansen vd. 2007).

Son buzul dönem, 115 bin yıl öncesi ile 12 bin yıl öncesi (Holosen devresinin, yani içinde bulunduğumuz buzullararası dönemin başlangıcı) arasında yaşanmıştır. Bu dönemin kıtasal buz tabakalarının maksimum yüzölçümüne ulaştığı zamanı (18–22 bin yıl öncesi), Son Buzul Maksimum olarak bilinir (Cowie 2007). Binlerce kilometre kalınlığındaki kıtasal buz tabakaları, Son Buzul Maksimum'da Avrupa kıtasında kuzey Avrupa'nın çoğunu, İskandinavya'yı ve kuzey Britanya Adaları'nı kaplamıştır (Cowie 2007; Şekil 2). Tüm Avrupa kıtası, Son Buzul Maksimum'da günümüzden daha soğuk ve özellikle Akdeniz çevresi hariç daha kuraktı. Örneğin, yıllık ortalama sıcaklık, Son Buzul Maksimum'da günümüzden kuzey Avrupa'da $> 20 \text{ }^\circ\text{C}$, güney Avrupa'da ise $< 8 \text{ }^\circ\text{C}$ daha düşüktü (Şekil 3). Günümüz ile kıyaslandığında, Son Buzul Maksimum'da alışılmadık iklimsel koşullar, kuzey/kuzeydoğu Avrupa'da gözlenmiştir (Şekil 4). Yani, Son Buzul Maksimum ile günümüz arasında iklimsel koşullarda gözlenen farklılıklar, özellikle kuzey

Avrupa'da daha fazladır (Şekil 3 ve 4). Ayrıca, Son Buzul Maksimum ile günümüz arasında iklimin uzamsal/alansal yer değiştirme hızı [= iklim değişikliği velositesi (örneğin, sıcaklık için, $\text{km yıl}^{-1} = \text{ }^\circ\text{C yıl}^{-1} / \text{ }^\circ\text{C km}^{-1}$) – iklimin yılda kaç km yer değiştireceğini ve böylece türlerin yer değiştirirken ne kadar hızlı olmaları gerektiğini ifade eder; Hamann vd. 2015], kuzey Avrupa'da daha yüksektir (Sandel vd. 2011). Böylece, güney Avrupa (İberya, İtalya, Balkanlar ve Anadolu), genel olarak buzul buzullararası döngülerden daha az etkilenmiştir.



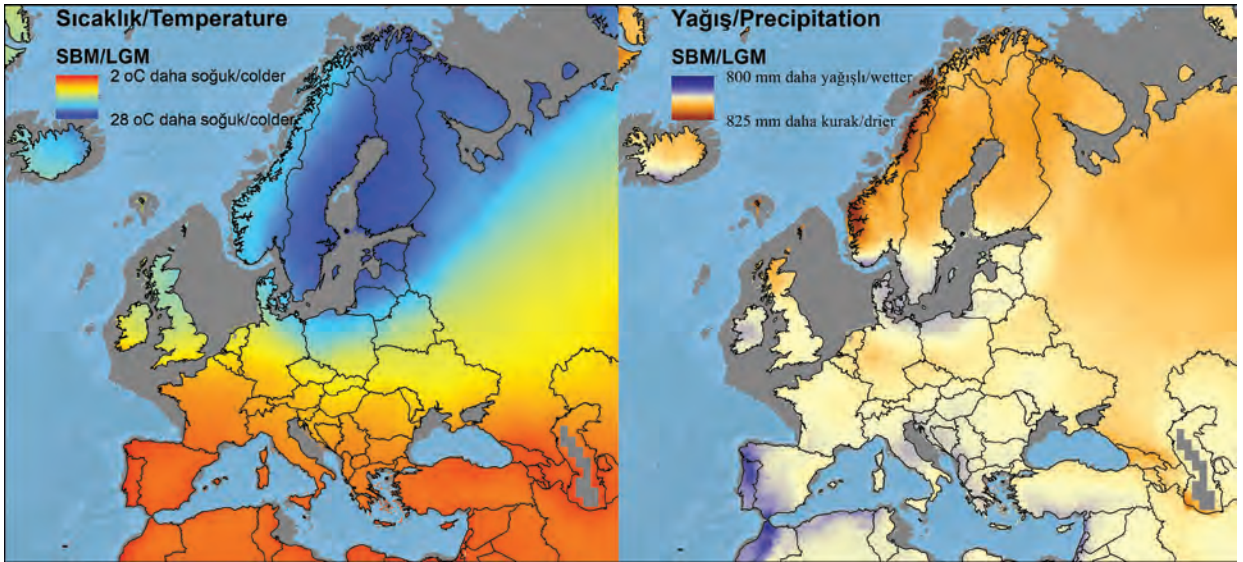
Şekil 2. Son Buzul Maksimum (SBM)'da Avrupa kıtasında buz tabakaları ve buzullar (Ehlers vd. 2011'e dayanarak çizilmiştir). Karasal alanlar, Son Buzul Maksimum ile günümüz arasında farklıdır.

Figure 2. Ice sheets and glaciers in Europe in the Last Glacial Maximum (LGM) (drawn based on Ehlers vd. 2011). Land areas differ between the Last Glacial Maximum and the present.

Son Buzul Maksimum'da kuzeydeki alanlar kıtasal buz tabakaları ile kaplanırken, güney Avrupa'daki Akdeniz'i çevreleyen dağlarda da buzullar gelişmiştir (Hughes and Woodward 2017). Son Buzul Maksimum'da günümüzden daha soğuk olan ve (yağış genel olarak değişmez iken) kuzeyi biraz daha az ve güneyi ise daha fazla yağış

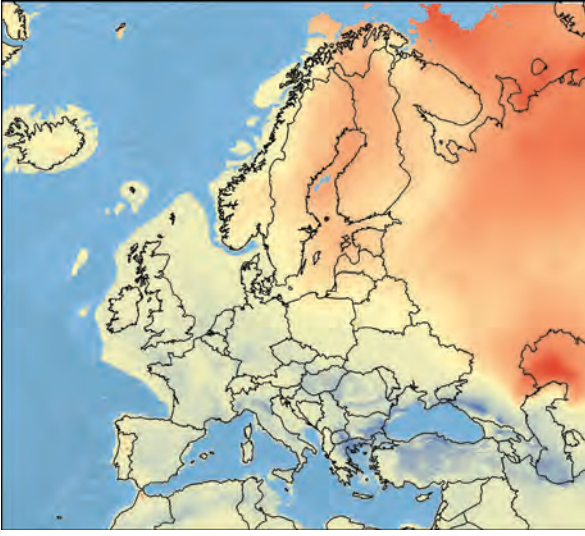
alan Anadolu'da (Şekil 5, ayrıca bkz. Şekil 3 ve paralel bir paleoklimsel yorum için, Sarıkaya and Çiner 2015) ise üç bölgede buzullar oluşmuştur: Toros Dağları, Doğu Karadeniz Dağları ve dağınık ve tekil olarak bulunan yüksek dağlar ve volkanlar (Sarıkaya vd. 2011; Sarıkaya and Çiner 2015, 2017; Akçar vd. 2017; Şekil 6, ayrıca bkz. Şekil 2). Bu buzullar, maksimum pozisyonlarına ortalama 20.9 ± 1.5 bin yıl önce ulaşmıştır. Daimi kar sınırı ise, günümüze göre, yaklaşık 1000 metre kadar düşmüştür (Akçar vd. 2017). Son Buzul Maksimum'da Anadolu'da buzulların geliştiği bilinen dağların coğrafi dağılımı, iklimsel değişkenler (özellikle yaz sıcaklığı) ile yüksek bir doğrulukta kestirilebilmektedir (Şekil 6). Bu

dağların iklimsel koşullar açısından sergilediği en önemli özellikler, yaz sıcaklığının düşük ve yaz sıcaklığı ile kış yağışı arasında pozitif bir ilişkinin var olmasıdır (Şekil 7). Yaz sıcaklığının düşük olması, kış boyu yağın yıl boyu kalmasına ve böylece buzulları oluşturacak şekilde birikmesine neden olur. Ancak kış boyu yağın yıl boyu kalması ve böylece buzulları oluşturabilmesi, yaz sıcaklığının daha yüksek olduğu dağlarda kış yağışının daha fazla olması ile mümkündür. Örneğin, Son Buzul Maksimum'da yaz sıcaklığının daha yüksek olduğu güneybatı Anadolu dağlarında kış yağışı da daha fazladır (Şekil 7).



Şekil 3. Son Buzul Maksimum (SBM) ile günümüz arasında gözlenen iklimsel farklılıklar. İklimsel veri, yıllık ortalama sıcaklığı ve yağışı içerir ve WorldClim veri tabanından (versiyon 1.4, www.worldclim.org) elde edilmiştir. Son Buzul Maksimum verisi, üç farklı küresel iklim modelinin ortalamasıdır: CCSM4, MIROC-ESM ve MPI-ESM-P. Karasal alanlar, Son Buzul Maksimum ile günümüz arasında farklıdır.

Figure 3. Climatic differences between the Last Glacial Maximum (LGM) and the present. Climatic data include annual mean temperature and precipitation, and were downloaded from the WorldClim database (version 1.4, www.worldclim.org). Last Glacial Maximum data are the average of three different global climate models: CCSM4, MIROC-ESM ve MPI-ESM-P. Land areas differ between the Last Glacial Maximum and the present.



Şekil 4. Günümüz ile kıyaslandığında, Son Buzul Maksimum'da alışılmadık iklimsel koşulların gözlendiği alanlar (kırmızı). Sonuçlar, çok değişkenli çevresel benzerlik yüzeyi analizi ile elde edilmiştir (Elith vd. 2010). İklimsel veri, yıllık ortalama sıcaklığı, sıcaklık mevsimselliğini, yaz ve kış ortalama sıcaklıklarını, yıllık yağışı, yağış mevsimselliğini ve yaz ve kış yağışlarını içerir ve WorldClim veri tabanından (versiyon 1.4, www.worldclim.org) elde edilmiştir. Son Buzul Maksimum verisi, CCSM4 küresel iklim modeline dayanır. Diğer küresel iklim modelleri, benzer sonuçlar vermiştir. Karasal alanlar, Son Buzul Maksimum ile günümüz arasında farklıdır.

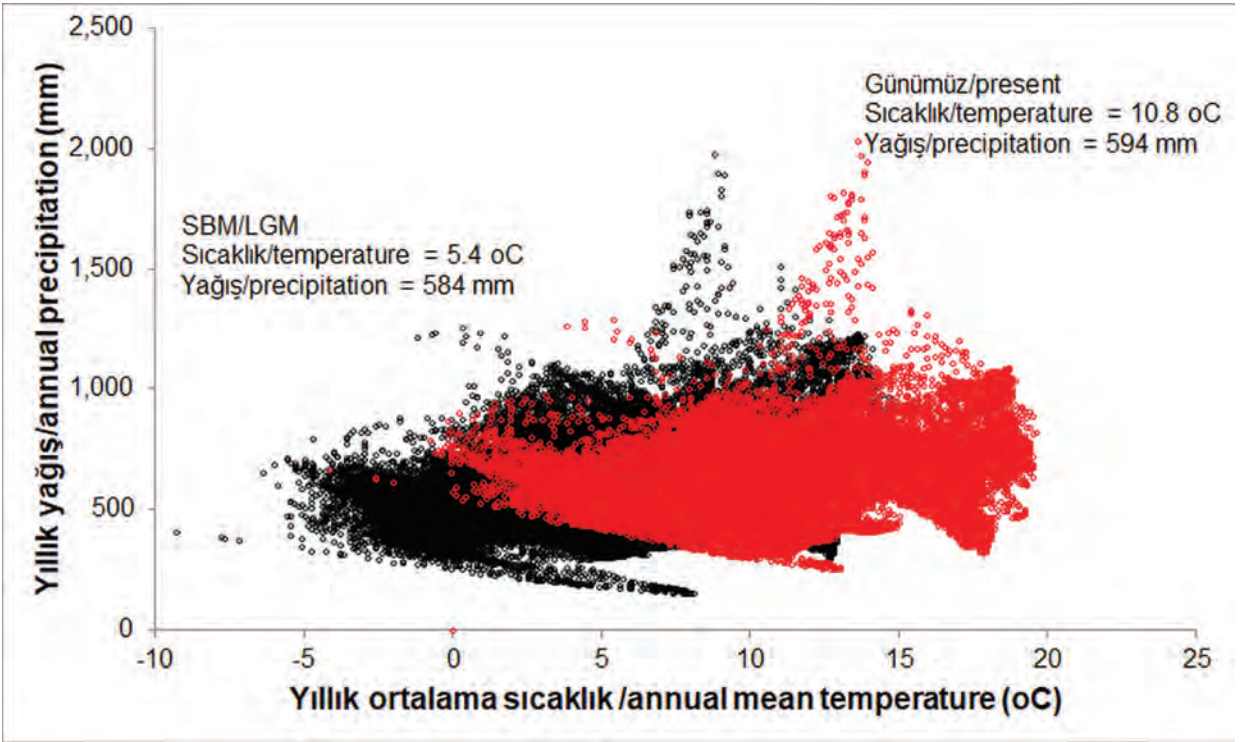
Figure 4. Areas (red) of novel climatic conditions in the Last Glacial Maximum, compared with the present. The results were obtained by the multivariate environmental similarity surface analysis (Elith vd. 2010). Climatic data include annual mean temperature, temperature seasonality, summer and winter mean temperatures, annual precipitation, precipitation seasonality, and summer and winter precipitations, and were downloaded from the WorldClim database (version 1.4, www.worldclim.org). Last Glacial Maximum data are based on the CCSM4 global climate model. The other global climate models gave similar results. Land areas differ between the Last Glacial Maximum and the present.

GEÇ KUVATERNER İKLİM DEĞİŞİKLİKLERİ VE COĞRAFI DAĞILIMLARDAKİ DEĞİŞİKLİKLER

Türler, buzul buzullararası döngülere eşlik eden güçlü iklimsel dalgalanmalara yerlerini (yani, coğrafi dağılımlarını) değiştirerek ve/veya değişen çevresel koşullara uyum/uyarlanma (= doğal seçim yoluyla evrimleşen ve bireylerin uyum gücünü arttıran karakter veya karakterin belirli bir durumu; Gür 2016a) yoluyla veya yok olarak cevap verir (Jansson and Dynesius 2002). O dönem fosil balıklar konusunda dünyanın önde gelen uzmanı olan Louis Agassiz (1807–1873), 1840 yılında yayınladığı ve Buzul Çağı (Ice Age veya Eiszeit) fikrini (ki bu kavram, kendisine bir meslektaşı, botanikçi Karl Schimper tarafından önerilmiştir) tartıştığı '*Buzul Araştırmaları*' (*Études sur les glaciers, Studies of glaciers*) kitabında bunu şöyle tasvir etmiştir (Gribbin 2002; Gribbin and Gribbin 2002):

"Bu dev buz örtülerinin gelişimi, yeryüzündeki bütün organik yaşamın yıkımına sebep olmuş olsa gerektir. Daha önce tropik bitkilerle kaplı ve dev fil sürüleri, kocaman hipopotamlar ve devasa etoburlara ev sahipliği yapan Avrupa toprakları birdenbire göz alabildiğince yayılmış buzla kaplı düzlükler, göller, denizler ve platoların altına gömüldü. Onu ölümün sessizliği izledi..."

Coğrafi dağılımlardaki değişiklikler, bu cevaplardan en çarpıcı ve en iyi belgelenmiş olanıdır. Charles Robert Darwin (1809–1882), 1859 yılında yayınlanan '*Doğal Seçim Yoluyla Türlerin Kökeni Üzerine veya Yaşam Savaşında Avantajlı Irkların Korunması*' (*On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*) adlı kitabında buna şöyle değinmiştir (Darwin 1859):



Şekil 5. Son Buzul Maksimum (SBM, siyah noktalar) ve günümüzde (kırmızı noktalar) Anadolu ve yakın çevresinin iklimsel uzamı (bkz. Şekil 6). İklimsel veri, yıllık ortalama sıcaklığı ve yağışı içerir ve WorldClim veri tabanından (versiyon 1.4, www.worldclim.org) elde edilmiştir. Bu veri, CCSM4 küresel iklim modeline dayanır.

Figure 5. Climatic space of Anatolia and surrounding areas in the Last Glacial Maximum (LGM, black points) and the present (red points) (see Figure 6). Climatic data include annual mean temperature and precipitation, and were downloaded from the WorldClim database (version 1.4, www.worldclim.org). These data are based on the CCSM4 global climate model.

“... Soğuşun gücünü hissettirmesiyle ve daha güney kuşakların gitgide arktik canlılara daha uygun ve önceki daha ılıman sakinlere daha uygunsuz duruma gelmesiyle, ılıman sakinler yerlerini arktik üretimlere bırakacaktır. Daha ılıman kesimlerin sakinleri, bariyerler yoluyla durdurulmadıkları sürece güneye doğru ilerleyecek, değilse yok olup gidecektir. Dağlar kar ve buzla kaplanacak ve bu dağların daha önceki alpin sakinleri ovalara inecektir. Soğuk had safhaya ulaştığında, Avrupa'nın orta kesimlerini, güneyde Alplere ve Pirenelere, hatta İspanya'nın iç kesimlerine kadar kaplayan tek biçimli bir arktik fauna ve flora ortaya çıkacaktır. ...”

Sıcaklığın artmasıyla arktik formlar kuzeye doğru çekilecek, daha ılıman kesimlerin üretimleri de hızla onları izleyecektir. Dağların eteklerindeki karlar eridikçe, arktik formlar açılan ve buz çözülen toprakları ele geçirecek ve kardeşleri kuzeye olan yolculuklarını sürdürürken, onlar sıcaklığın artmasıyla gitgide daha yükseğe çıkacaktır. ...”

Bilim tarihinin en önemli kitaplarından biri olan bu kitap, iki temel kurama sahiptir: (1) Değişerek türeme. Bu kuram, yaşayan ve soyu tükenen tüm türlerin ortak bir kökene sahip olduğunu belirtir. (2) Doğal seçim. Bu kuram, ‘Türlerin Kökeni’nin gerçek katkısıdır;

değişerek türemeden sorumlu mekanizmayla ilgilidir ve Lamark'ın bireysel organizmaların değiştiği transformasyonel kuramından farklı olarak popülasyonların değiştiği varyasyonel bir kuramdır (Gür 2016a).

Türler, buzul buzullararası döngülere cevap olarak, coğrafi dağılımlarını döngüsel bir şekilde daraltır ve genişletir. Bir türün bir buzul buzullararası döngü boyunca dağılım gösterdiği coğrafi bölge veya bölgeler (ki bu bölgeler, türün coğrafi dağılımındaki maksimum daralmayı temsil eder), Kuvaterner sığınakları olarak tanımlanır. Genel olarak üç tip sığınaktan bahsedilebilir: buzul sığınakları, buzullararası sığınaklar ve okyanusal-kıtasa gradient (Stewart vd. 2010; bkz. alternatif bir sınıflandırma için, Bennett and Provan 2008). Bu sığınak tipleri, genel olarak türlerin enlemsel (ilk iki tip) ve boylamsal hareketine vurgu yapar. Bir diğer sığınak tipi, rakımsal hareketlerdir ve türlerin rakımsal hareketine vurgu yapar (Bennett and Provan 2008; Stewart vd. 2010). Ancak, bu tür sınıflandırmaların (ister coğrafi dağılımlardaki değişiklikler, ister genel olarak biyolojik bilimlerdeki diğer varyasyonlar açısından olsun) örüntüleri anlamamızı kolaylaştırdığı, ancak aşırı bir basitleştirme olduğu unutulmamalıdır!

Buzul sığınaklar, ılıman kuşak türlerinin (örneğin, sarı boyunlu orman faresi, *Apodemus sylvaticus*; su sıçanları, *Arvicola* spp.; çayır çekirgesi, *Chorthippus parallelus*; küçük beyaz dişli böcekçil, *Crocidura suaveolens*; kirpiller, *Erinaceus* sp.; meşeler, *Quercus* spp.; semenderler, *Triturus* spp.; bozayı, *Ursus arctos*) coğrafi dağılımlarının buzul dönemlerde genel olarak güneydeki coğrafi bölgelere (güney sığınakları) daralmasını ifade eder. Bu sığınaklar, genel olarak buzul buzullararası döngülerden daha az etkilenen güney Avrupa'da (İberya, İtalya, Balkanlar ve Anadolu) konumlanır. İliman kuşak türleri, coğrafi dağılımlarını buzullararası dönemlerde buzul sığınaklardan başlayarak kuzey Avrupa'ya doğru genişletir (Stewart vd. 2010). Ancak bu

buzul sığınakların her zaman bir bütün olarak tek bir sığınak gibi davrandığı düşünülmemelidir. Akdeniz'e doğru uzanan bu yarımadalar, kendi içinde özellikle endemik ve/veya yerel türler için birden fazla sığınak içerebilir. Bu durum, coğrafi dağılımların döngüsel bir şekilde daralması ve genişlemesinin bu sığınaklar içinde de gerçekleştiğini gösterir ve 'sığınaklar içinde sığınaklar' modeli olarak bilinir (Gómez and Lunt 2007). Ayrıca, buzul sığınakların bazı ılıman kuşak türleri (örneğin, altın otu, *Asplenium ceterach*; parmaksaz, *Carex digitata*; kırmızı sırtlı fare, *Clethrionomys glareolus*; orman böcekçili, *Sorex araneus*) için beklenenden daha kuzeyde olduğu bilinmektedir (kriptik kuzey sığınakları; Stewart vd. 2010). Burada belirtilmesi gereken önemli bir nokta, diğer buzul sığınaklarda olduğu gibi, Avrupa'nın biyolojik çeşitliliğinin şekillenmesi açısından Anadolu'nun buzul sığınak rolünün daha iyi anlaşılması gerektiğidir. Bu tür çalışmalar, son yıllarda yaygınlaşmaktadır (örneğin, Rokas vd. 2003; Koch vd. 2006; Ansell vd. 2011; Korkmaz vd. 2014; Perктаş vd. 2015a; Bilgin vd. 2016).

Buzullararası sığınaklar, soğuğa uyum sağlayan türlerin (örneğin, kutup tilkisi, *Alopex lagopus*; lemmingler, *Dicrostonyx* spp. ve *Lemmus* spp.; misk sığırı, *Ovibus moschatus*; Ren geyiği, *Rangifer tarandus*) coğrafi dağılımlarının buzullararası dönemlerde genel olarak kuzeydeki coğrafi bölgelere (polar-kuzey sığınakları) daralmasını ifade eder. Bu sığınaklar, genel olarak Avrasya'nın kuzeyinde konumlanır. Soğuğa uyum sağlayan türler, coğrafi dağılımlarını buzul dönemlerde buzullararası sığınaklardan başlayarak genişletir. Ayrıca, buzullararası sığınakların soğuğa uyum sağlayan bazı türler (örneğin, bodur huş, *Betula nana*; bir mübarekotu türü, *Dryas octopetala*; bir kınkanatlı böcek türü, *Helophorus lapponicus*; kaya kar tavuğu, *Lagopus mutus*; kutup tavşanı, *Lepus timidus*) için beklenenden daha güneyde olduğu bilinmektedir (kriptik güney sığınakları; Stewart vd. 2010).

Türlerin buzul buzullararası döngülere cevabında bugüne kadar sıklıkla göz ardı edilen bir diğer biyocoğrafi boyut, okyanusal-kıtasal gradiyenttir. Okyanusal daha nemli ve daha az mevsimsel iklime, kıtasal ise daha kurak ve mevsimsel iklime uyumu belirtir. Bu gradiyent, kuzey ve güney sığınakların enlemsel konumlanmasının tersine, sıklıkla boylamsal olarak konumlanır. Böylece, kıtasal uyum sağlayan türlerin coğrafi dağılımlarının buzullararası dönemlerde genel olarak kıtanın iç kesimlerine doğru (kıtasal sığınaklar), okyanusal uyum sağlayan türlerin ise coğrafi dağılımlarının buzul dönemlerde genel olarak kıtanın dış kısımlarına doğru (okyanusal sığınaklar) daralması beklenir. Kıtasal ve okyanusal uyum sağlayan türler, coğrafi dağılımlarını sırasıyla buzul ve buzullararası dönemlerde kıtasal ve okyanusal sığınaklardan başlayarak genişletir. Ayrıca, bazı ılıman kuşak türleri için kriptik kuzey sığınaklarına ve bazı soğuğa uyum sağlayan türler için kriptik güney sığınaklarına benzer bir olgu, boylamsal bir ekseninde gerçekleşir [örneğin, kıtasal sığınakların kıtasal uyum sağlayan bazı türler (örneğin, yalancı iğde, *Hippophae rhamnoides*; güney huş faresi, *Sicista subtilis*) için beklenenden daha batıda olması gibi; Stewart vd. 2010]. Stewart vd. (2010), fosil kayıtları ve modern coğrafi dağılımların karşılaştırılmasına dayanarak, bazı Avrasya memeli türlerinin (örneğin, yer sincapları, *Spermophilus* spp.; bozkır antilopu, *Saiga tatarica*; ıslıklı veya cüce tavşanlar, *Ochotona* spp.) bugün Palaeartik'te daha sınırlı bir kıtasal dağılıma sahipken, son buzul dönemde Britanya Adaları'na kadar uzanan daha geniş bir dağılıma sahip olduğunu belirtmiş; ancak bu kıtasal örüntü ile ilgili herhangi bir filocoğrafi çalışmanın olmadığını da eklemiştir (Gür 2013, bu açıdan ilk çalışmadır; bkz. aşağıya). Aynı şekilde, okyanusal örüntü ile ilgili de iyi bir örnek bilmediklerini belirtmişlerdir.

Rakımsal hareketler, özellikle dağ türlerinin coğrafi dağılımlarının buzul dönemlerde düşük rakımlara, buzullararası dönemlerde ise yüksek rakımlara doğru değişmesini ifade eder (Bennett and Provan 2008; Stewart vd. 2010).

Aslında bu sığınak tipleri, türlerin buzul buzullararası döngülere eşlik eden iklim değişikliklerine genel olarak nasıl cevap verdiğini (coğrafi dağılımın ne zaman ve hangi coğrafi bölgeye doğru daraldığını ve ardından genişlediğini) tanımlar. Bu cevap, türlerin coğrafi genetik çeşitlilik örüntüsünü şekillendiren ana etkenlerden biridir: genel olarak genetik çeşitlilik sığınak alanlarda daha yüksek, bu sığınak alanlardan son zamanlarda kolonize edilen bölgelerde ise daha düşüktür. Örneğin, genetik çeşitlilik, ılıman kuşak türleri için genel olarak güney Avrupa'da kuzeyde olduğundan daha yüksektir. Bu durum, 'güney zenginliği ve kuzey saflığı' olarak bilinir (Hewitt 2000, 2004a,b) ve aynı zamanda güney Avrupa'nın yüksek biyolojik çeşitliliğini ve endemizmini (Sandel vd. 2011) de açıklar (bkz. aşağıya).

COĞRAFİ DAĞILIMLARDAKİ DEĞİŞİKLİKLERİ ÇALIŞMAK

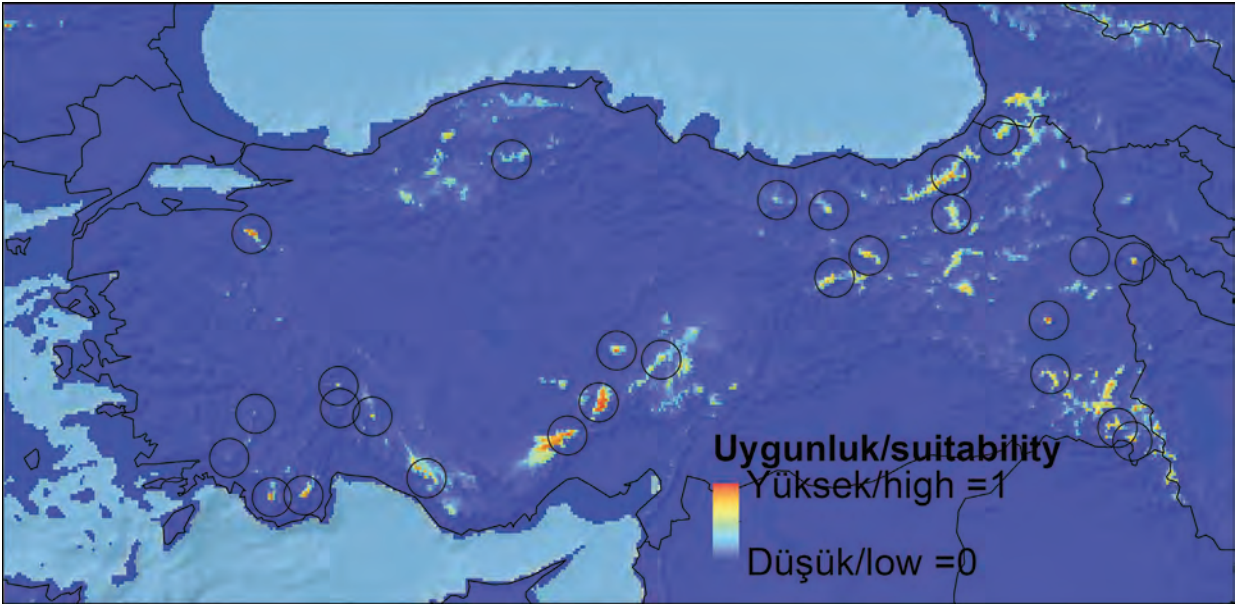
Türlerin buzul buzullararası döngülere eşlik eden iklim değişikliklerine nasıl cevap verdiğini anlamak için, ekolojik niş modellemesi, son zamanlarda biyocoğrafi çalışmalarda moleküler filocoğrafya ile birlikte yaygın olarak kullanılmaktadır (Perktaş and Gür 2015). Moleküler filocoğrafya, yakın ilişkili türler arasında veya tür içinde genetik varyasyonun dağılımını etkileyen süreçleri anlamaya çalışır. Bu yaklaşım, nötral genetik varyasyon örüntüsünün türün demografik tarihi ile ilgili bilgi vermesi temeline dayanır. Demografik tarih, populasyon büyüklüğündeki dalgalanmalar, populasyon ayrılmaları (vikaryant olaylar ve/veya migrasyon ile farklılaşma) gibi genetik varyasyon

örüntüsünü üreten demografik olaylardan oluşur (Avisé vd. 1987; Avisé 2000).

Ekolojik niş modellemesi, bir türün coğrafi dağılımını tahmin etmek için, ilk olarak o tür için uygun çevresel koşulları ve daha sonra bu çevresel koşulların alansal dağılımını belirler. Ancak bir türün uygun çevresel koşullara sahip tüm coğrafi yerlerde dağılmasını engelleyen birçok neden (örneğin, dispersali sınırlayan coğrafi bariyerler, diğer türler ile rekabet) vardır. Yine de, bu yaklaşım, değerli biyocoğrafi bilgiler sunar. Böylece, ekolojik niş modellemesi, tür dağılım verisini (coğrafi koordinat cinsinden türlerin gözlemlendiği yerler) bu yerlerin çevresel ve/veya alansal özellikleri [coğrafi bilgi sistemine dayalı bir yaklaşım kullanılarak elde edilen çok sayıda çevresel (örneğin, iklimsel) ve/veya alansal (örneğin, rakım) değişken] ile ilişkilendirerek, türlerin coğrafi dağılımını tahminleyen [coğrafi uzamdaki tür dağılım verisinden ve çevresel veriden oluşturulan ve çevresel uzamda n boyutlu bir hiperhacim olarak düşünülen ekolojik nişi (Hutchinson 1957) coğrafi uzama taşıyan] bir model oluşturur. Bu model, türlerin geçmişteki veya gelecekteki coğrafi dağılımlarını tahmin etmek için, küresel iklim modellerine dayanarak yeniden oluşturulan geçmiş ve/veya öngörülen gelecek iklim verilerine uygulanır (Peterson vd. 2011).

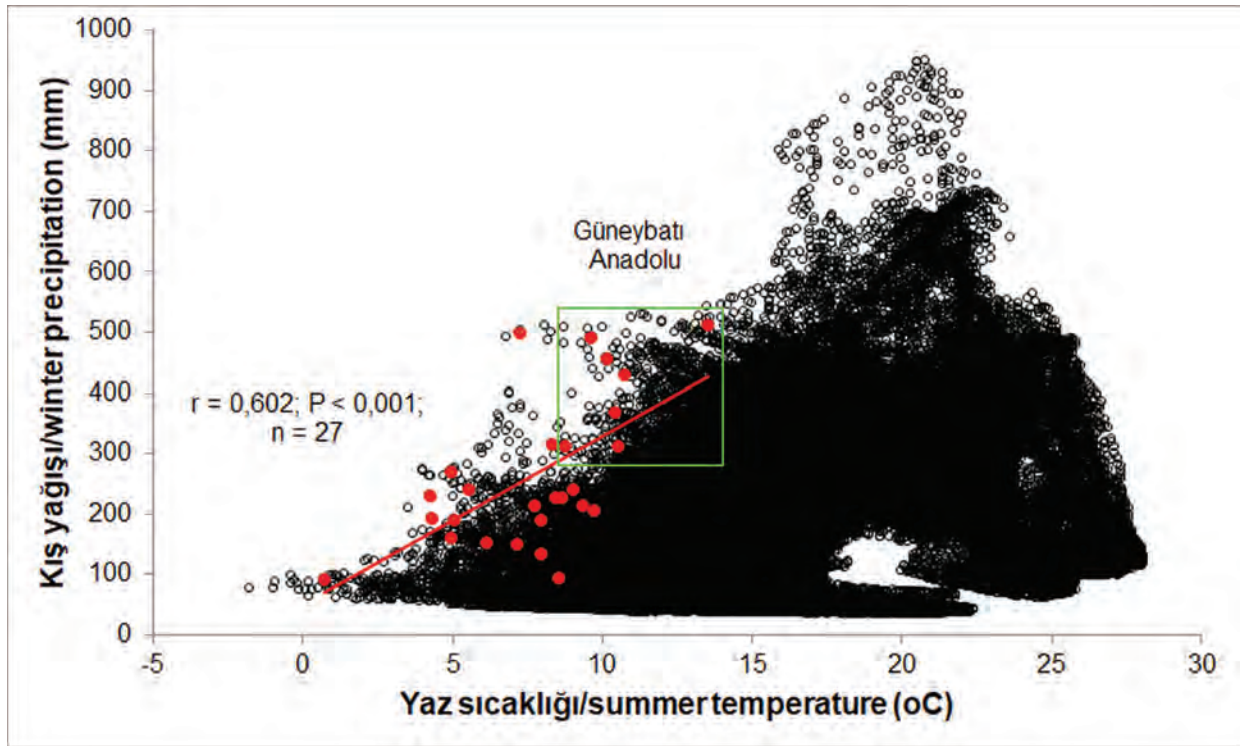
Ekolojik niş modellemesi için gereken veri, tür dağılım verisi (coğrafi koordinat cinsinden türlerin sadece gözlemlendiği veya hem gözlemlendiği hem de gözlenmediği yerler) ve çevresel (örneğin, biyoiklimsel) veridir. Tür dağılım verisi, tür dağılım veri tabanlarından elde edilebilir (bkz. Richards vd. 2007). Örneğin, Global Biodiversity Information Facility (www.gbif.org), yaklaşık 838 milyon (~ % 90'ı coğrafi koordinat cinsinden) dağılım kaydının serbest kullanımına izin veren bir veri tabanıdır (siteye erişim tarihi, 16 Eylül 2017). Çevresel veri, iklim veri tabanlarından elde edilebilir (bkz. Richards vd. 2007). Örneğin, WorldClim (www.worldclim.org), en sık kullanılan ve tüm dünya için 19 değişkenden oluşan biyoiklimsel verinin serbest kullanımına izin veren bir veri tabanıdır. Bu veri, geçmiş [son buzullararası dönem (~140-120 bin yıl önce), Son Buzul Maksimum (~22 bin yıl önce) ve Orta Holosen (~6 bin yıl önce)], günümüz (~1960-1990) ve gelecek (2041-2060, 2061-2080) için mevcuttur.

Ekolojik niş modellemesi, aynı zamanda tür dağılım ve çevresel verilere ek olarak, modelleme tekniklerine (algoritmalara) ihtiyaç duyar. Bu algoritmaların (bkz. Richards vd. 2007) en etkinlerinden biri, MAXENT yazılımındaki (Phillips vd. 2006; Elith vd. 2011) maksimum entropi makine öğrenme algoritmasıdır (Elith vd. 2006).



Şekil 6. Son Buzul Maksimum iklimsel koşulları altında Anadolu’da buzul gelişimi için iklimsel olarak uygun alanlar. Sonuçlar, ekolojik niş modellemesi yaklaşımı kullanılarak, MAXENT yazılımındaki (versiyon 3.3.3k) maksimum entropi makine öğrenme algoritması ile elde edilmiştir (bkz. ana metin). Buzulların coğrafi dağılımı (çemberler, $n = 27$), Sarıkaya vd. (2011)’den alınmıştır. İklimsel veri, yaz ve kış ortalama sıcaklıklarını ve yağışlarını içerir ve WorldClim veri tabanından (versiyon 1.4, www.worldclim.org) elde edilmiştir. Bu veri, üç farklı küresel iklim modeline dayanır: CCSM4, MIROC-ESM ve MPI-ESM-P. Karasal alanlar, Son Buzul Maksimum ile günümüz arasında farklıdır.

Figure 6. Climatically suitable areas for development of glaciers in Anatolia under Last Glacial Maximum climatic conditions. The results were obtained by the maximum entropy machine learning algorithm in the software MaxEnt (version 3.3.3k), using ecological niche modelling approach (see main text). The geographical distribution of glaciers (circles, $n = 27$) is from Sarıkaya vd. (2011). Climatic data include summer and winter mean temperatures and precipitations, and were downloaded from the WorldClim database (version 1.4, www.worldclim.org). These data are based on three different global climate models: CCSM4, MIROC-ESM ve MPI-ESM-P. Land areas differ between the Last Glacial Maximum and the present.



Şekil 7. Son Buzul Maksimum'da Anadolu ve yakın çevresinin (siyah noktalar) ve bu bölgedeki buzulların geliştiği bilinen dağların (kırmızı noktalar) iklimsel uzamı (bkz. Şekil 6). İklimsel veri, yaz ortalama sıcaklığını ve kış yağışını içerir ve WorldClim veri tabanından (versiyon 1.4, www.worldclim.org) elde edilmiştir. Bu veri, CCSM4 küresel iklim modeline dayanır.

Figure 7. Climatic space of Anatolia and surrounding areas (black points) and mountains (red points) in which glaciers were formed in this region (see Figure 6). Climatic data include summer mean temperature and winter precipitation, and were downloaded from the WorldClim database (version 1.4, www.worldclim.org). These data are based on the CCSM4 global climate model.

GEÇ KUVATERNER İKLİM DEĞİŞİKLİKLERİ VE ANADOLU'NUN BİYOLOJİK ÇEŞİTLİLİĞİ

Bir bölge, biyolojik çeşitlilik sıcak noktası olarak tanımlanabilmesi için, iki katı ölçütü sağlamalıdır: (1) En az 1500 endemik damarlı bitki türüne ev sahipliği yapmalı; diğer bir deyişle, yeri doldurulamaz, eşsiz olmalıdır! (2) Özgün doğal vejetasyonunun en fazla %30'una sahip (yani, en az %70'ini kaybetmiş); diğer bir deyişle, tehdit altında olmalıdır! Dünyada bu ölçütleri sağlayan 36 biyolojik çeşitlilik sıcak noktası vardır. Bu sıcak noktalar, yeryüzünün sadece %2.3'ünü kaplar, ancak endemik bitki türlerinin yarısından

fazlasına, iki yaşamlı, sürüngen, kuş ve memeli türlerinin ise yaklaşık %43'üne ev sahipliği yapar (Conservation International 2017).

Anadolu, jeolojik olarak Alp-Himalaya orojenik kuşağında yer alır (Şengör and Yılmaz 1981) ve dünyadaki 36 biyolojik çeşitlilik sıcak noktasından üçünün karşılaştığı ve etkileştiği biyocoğrafi olarak ilginç, ancak çok iyi anlaşılmamış bir bölgedir. Bu sıcak noktalar şunlardır: Akdeniz Havzası, İran-Anadolu ve Kafkasya biyolojik çeşitlilik sıcak noktaları (Conservation International 2017; Şekil 8). Yani, Anadolu, yüksek bir biyolojik çeşitliliğe ve endemizme sahiptir, ancak özgün doğal

vejetasyonunun çoğunu kaybetmiştir. Diğer bir deyişle, Anadolu, sahip olduğu biyolojik çeşitlilik açısından yeri doldurulamaz, ancak zaten özgün doğal vejetasyonunun çoğunu kaybetmiş, yoğun tehdit altında olan bir bölgedir. Anadolu'nun bu yüksek biyolojik çeşitliliği ve endemizmi, belli ölçüde Avrupa, Orta Doğu, İç Asya ve Afrika'nın bağlantı noktasındaki konumu ve geçmişteki ve günümüzdeki jeolojik ve iklimsel dinamikler ile ilişkilidir (Şekercioğlu vd. 2011; Tavşanoğlu 2016; Gür 2016b; 2017; ayrıca bkz. aşağıya).

kendi çalışmalarımızdan birkaç örnek verilecektir. Bu çalışmalarda, ekolojik niş modellemesi ve moleküler filoğrafya yaklaşımları birlikte kullanılmıştır. Ancak bu yazıda, anlaşılacağı gibi, coğrafi dağılımlardaki değişiklikleri örneklemek açısından sadece ekolojik niş modellemesi sonuçlarına kısaca değinilecektir. Burada belirtilmesi gereken önemli bir nokta, her iki yaklaşımın sonuçlarının uyum içinde olduğudur (bkz. Gür 2013, 2016c,d; Perктаş vd. 2015a,b; Perктаş 2017; Gür vd. 2017).



Şekil 8. Anadolu'da biyolojik çeşitlilik sıcak noktaları (Conservation International 2017'ye dayanarak çizilmiştir).

Figure 8. Biodiversity hotspots in Anatolia (drawn based on Conservation International 2017).

Anadolu'da yaşayan türlerin buzul buzullararası döngülere eşlik eden iklim değişikliklerine nasıl cevap verdiklerini (geçmiş) anlamak, hem Kuvaterner dinamiklerini/evrimsel tarihlerini, böylece Anadolu'nun biyocoğrafyasını/biyolojik çeşitliliğini çözümlmek hem de yakın gelecekteki iklim değişikliğine nasıl cevap vereceklerini (geleceği) öngörmek, böylece koruma stratejilerini yönlendirmek açısından kritiktir. Aşağıda yukarıdaki içerik açısından

Yeşil Ağaçkakan

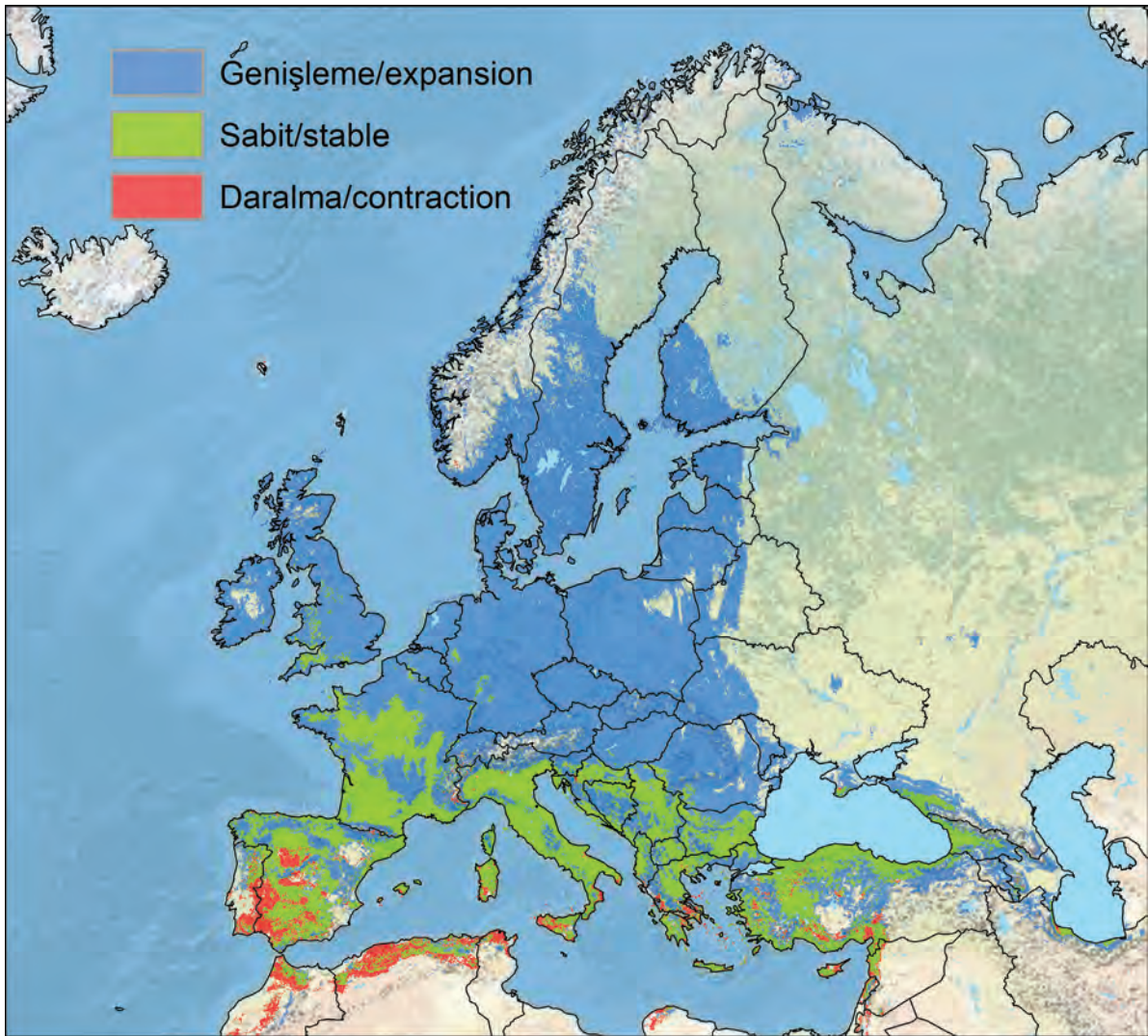
Yeşil ağaçkakan (*Picus viridis*), özellikle İberya ve İskandinavya hariç Avrupa kıtasının çok çeşitli yarı açık habitatlarında yaşayan diurnal (gündüzcül) bir kuş türüdür (Perктаş vd. 2011; BirdLife International 2016a).

Ekolojik niş modellemesi sonuçlarına göre, yeşil ağaçkakanın coğrafi dağılımı, Son Buzul Maksimum'dan günümüze genel olarak güney Avrupa'dan (İtalya, Balkanlar ve Anadolu)

Avrupa'nın kuzeyine doğru genişlemiştir (Perktaş vd. 2015a; Perktaş 2017; Şekil 9). Bu genişleme örüntüsü, buzul sığınak tipinin ifade ettiği coğrafi dağılım değişiklikleri ile uyumludur. Ayrıca, yeşil ağaçkakan için Son Buzul Maksimum'da Fransa'da biyoiklimsel olarak uygun alanların olması, bu tür için bu bölgenin kriptik kuzey sığınak rolüne işaret eder (Şekil 9).

Anadolu Yer Sincabı

Anadolu yer sincabı (*Spermophilus xanthoprimum*; Şekil 10), İç ve Doğu Anadolu, batı Ermenistan ve kuzeybatı İran'ın bozkır ve alpin çayırlarında yaşayan (toprak altında uyuyan ve kış geçiren, toprak üstünde ise beslenen) diurnal ve hibernasyona (kış uykusuna) giren bir memeli türüdür. Neredeyse Anadolu'ya endemiktir (Kart Gür and Gür 2010). Yılın yaklaşık olarak yarısını veya daha uzun bir süreyi (Ağustos/Eylül ayından



Şekil 9. Son Buzul Maksimum'dan günümüze Yeşil ağaçkakanın (*Picus viridis*) coğrafi dağılımındaki değişiklikler.
Figure 9. Range shifts from the Last Glacial Maximum to the present in Green woodpecker (*Picus viridis*).

Mart/Nisan ayına kadar) hibernasyonda geçirir (Gür and Kart Gür 2005; Kart Gür and Gür 2015, 2017).

Ekolojik niş modellemesi sonuçlarına göre, daha kurak ve mevsimsel iklime kıtasal uyum sağlayan Anadolu yer sincabının coğrafi dağılımı, öngörüldüğü gibi, Son Buzul Maksimum'dan günümüze Anadolu'nun iç kesimlerine doğru daralmıştır (Şekil 11). Bu daralma örüntüsü, okyanusal-kıtasal gradientin kıtasal sığınaklar ayağı ile uyumludur (Gür 2013).



Şekil 10. Anadolu yer sincabı (*Spermophilus xanthoprymnus*). Hilmi Şimşek (<http://hilmisimsek.blogspot.com.tr/>)

Figure 10. Anatolian ground squirrel (*Spermophilus xanthoprymnus*). Hilmi Şimşek (<http://hilmisimsek.blogspot.com.tr/>)

Anadolu Sıvacı Kuşu

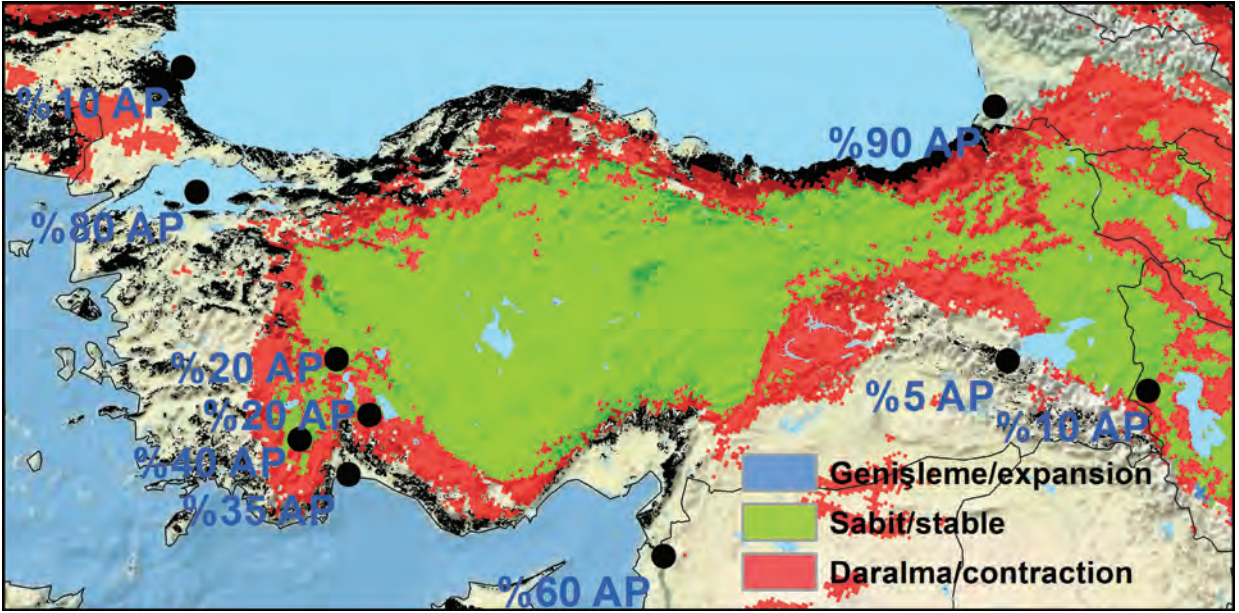
Anadolu sıvacı kuşu (*Sitta krueperi*), Rusya'nın en güneyi, Gürcistan, Türkiye ve Midilli Adası'nın deniz seviyesinden 2,400 m'ye kadar yayılan ılıman iğne yapraklı ormanlarında yaşayan diurnal bir kuş türüdür. Coğrafi dağılımı, büyük oranda Anadolu'nun kıyı kuşağından oluşur (Albayrak vd. 2012; Perктаş vd. 2015b; BirdLife International 2016b).

Ekolojik niş modellemesi sonuçlarına göre, Anadolu sıvacı kuşunun coğrafi dağılımı, Son Buzul Maksimum'dan günümüze genel olarak Anadolu'nun iç kesimlerine doğru genişlemiştir (Perктаş vd. 2015b; Perктаş 2017; Şekil 12). Bu genişleme örüntüsü, okyanusal-kıtasal gradientin okyanusal sığınaklar ayağı ile uyumludur ve Anadolu sıvacı kuşunun daha nemli ve daha az mevsimsel iklime uyum sağladığını ileri sürer.

Toros Yer Sincabı

Toros yer sincabı (*Spermophilus taurensis*), Erenler Dağı ve Geyik Dağları'nın bozkır ve alpin çayırlarında yaşayan (toprak altında uyuyan ve kışı geçiren, toprak üstünde ise beslenen) diurnal ve hibernasyona giren bir memeli türüdür. Batı Toros Dağları'na endemiktir. Anadolu yer sincabı ile karşılaştırıldığında, fizyolojisi, ekolojisi ve evrimi üzerine daha az bilgi mevcuttur (Gür vd. 2017).

Son Buzul Maksimum'da Akdeniz Bölgesi (Hughes and Woodward 2017) ve Anadolu'daki (Sarıkaya vd. 2011; Sarıkaya and Çiner 2015, 2017; Akçar vd. 2017) dağlarda olduğu gibi, Geyik Dağları'nda da buzullar gelişmiştir (Çiner vd. 2015). Geyik Dağları, Namaras Vadisi'ndeki dağ eteği buzullarının ilerlemesi ve gerilemesi, sırasıyla $> 19.1 \pm 3.4$ ve 18.0 ± 1.0 bin yıl öncesinde gerçekleşmiştir. Bu buzullar, yaklaşık



Şekil 11. Son Buzul Maksimum'dan günümüze Anadolu yer sincabının (*Spermophilus xanthoprimum*) coğrafi dağılımındaki değişiklikler. Siyah noktalar Son Buzul Maksimum'daki ağaç poleni (AP) yüzdelerini (Şenkul and Doğan 2013'den), siyah alanlar ise günümüzde orman örtüsünün %50'nin üzerinde olduğu yerleri gösterir (Forest Europe 2011'e dayanarak çizilmiştir).

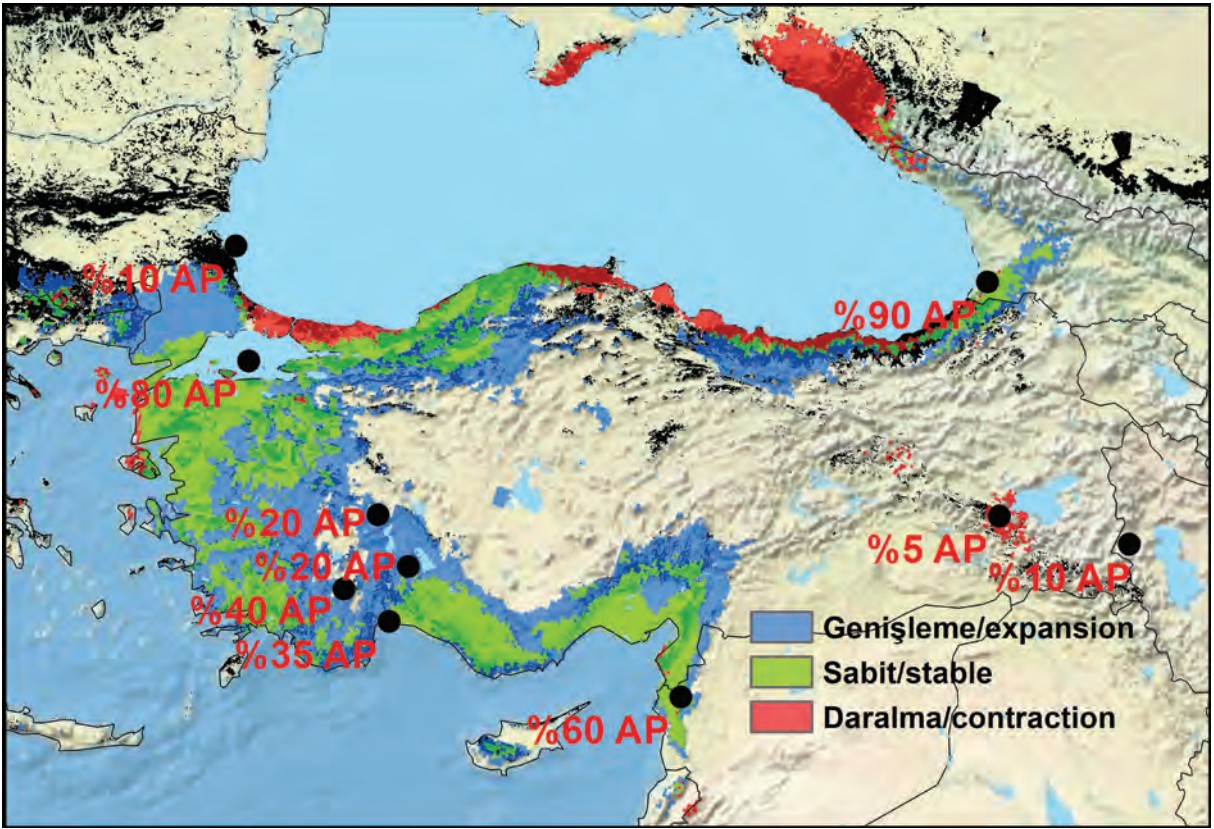
Figure 11. Range shifts from the Last Glacial Maximum to the present in Anatolian ground squirrel (*Spermophilus xanthoprimum*). Black points show arboreal pollen (AP) percentages in the Last Glacial Maximum (from Şenkul and Doğan 2013) and black areas the areas where forest cover is $\geq 50\%$ in the present (drawn based on Forest Europe 2011).

2000 m'ye kadar inmiş ve yaklaşık 4 km uzunluğa ulaşmıştır (Çiner vd. 2015). Böylece, ekolojik niş modellemesi sonuçlarına göre, Toros yer sincabının coğrafi dağılımı, öngörüldüğü gibi, Son Buzul Maksimum'dan günümüze genel olarak düşük rakımlardan yüksek rakımlara doğru değişmiştir. Yani, düşük rakımlar terk edilirken, yüksek rakımlar kolonize edilmiştir (Gür vd.2017). Özellikle Geyik Dağları'nın denize bakan yamaçlarını Toros yer sincabı terk ederken, ormanlar kolonize etmiştir (Şekil 13).

Son Buzul Maksimum'da Anadolu'da buzul gelişimi için iklimsel olarak uygun alanlar (bkz. Şekil 6), aynı zamanda rakımsal hareketleri çalışmak açısından da en uygun alanlar olarak

değerlendirilebilir. Toros yer sincabının Geyik Dağları'nın buzul tarihi ile ilişkili rakımsal hareketleri, bunu doğrular niteliktedir.

Bu yazıda, sadece buzullararası sığınaklar açısından bir örnek verilememiştir. Ancak Anadolu'dan verilebilecek örnek, soğuğa uyum sağlayan türler ve (bu sığınakların genel olarak kuzey Avrasya'da konumlandığı düşünüldüğünde) kriptik güney sığınaklar ile ilgili olabilir. Yani, Anadolu, Son Buzul Maksimum'da coğrafi dağılımı daha geniş, günümüzde (içinde bulunduğumuz buzullararası dönemde) ise ana dağılımı kuzey Avrupa'da olan, ancak Anadolu'nun dağlarında da yaşayan soğuğa uyum sağlayan türler için kriptik güney sığınak olarak düşünülebilir.

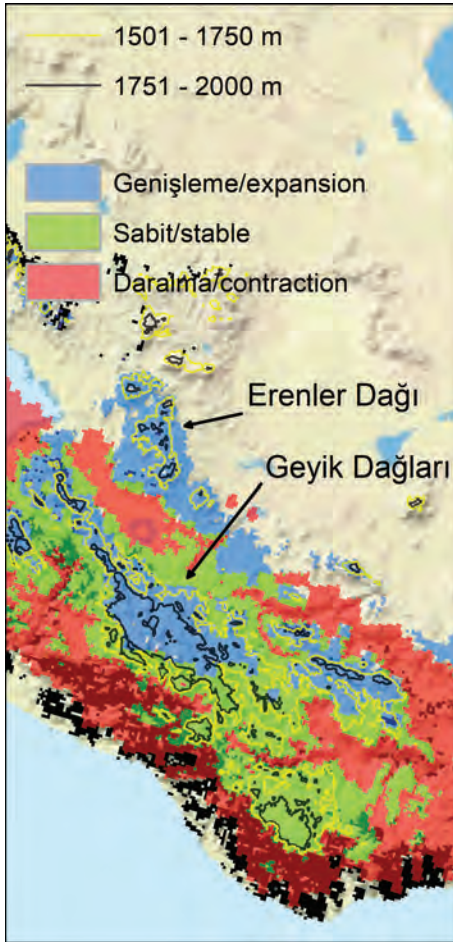


Şekil 12. Son Buzul Maksimum'dan günümüze Anadolu sıvacı kuşunun (*Sitta krueperi*) coğrafi dağılımındaki değişiklikler. Siyah noktalar Son Buzul Maksimum'daki ağaç poleni (AP) yüzdelerini (Şenkul and Doğan 2013'den), siyah alanlar ise günümüzde orman örtüsünün %50'nin üzerinde olduğu yerleri gösterir (Forest Europe 2011'e dayanarak çizilmiştir).

Figure 12. Range shifts from the Last Glacial Maximum to the present in Krüper's nuthatch (*Sitta krueperi*). Black points show arboreal pollen (AP) percentages in the Last Glacial Maximum (from Şenkul and Doğan 2013) and black areas the areas where forest cover is $\geq 50\%$ in the present (drawn based on Forest Europe 2011).

Peki, tüm bu örnekler, Son Buzul Maksimum'dan günümüze Anadolu'nun bitki örtüsündeki değişiklikler açısından nasıl yorumlanabilir? 23-19 bin yıl önceleri (Son Buzul Maksimum'da) Anadolu'nun kuzeyinde, özellikle de kıyı kuşağında soğuk veya serin ve nemli iklim koşulları altında yoğun bir orman örtüsü (ağaç poleni oranı % 90) vardı. Benzer şekilde, Anadolu'nun Akdeniz kıyı kuşağında soğuk ve nemli iklim koşulları altında bütün vejetasyonun %50-60'ını orman oluşturuyordu (Şenkul and Doğan 2013; bkz. Şekil 11 ve 12). Yani, Son Buzul Maksimum'da Anadolu'nun kıyı kuşağı orman örtüsüne sahipti (bkz. ayrıca

Tarkhishvili vd. 2012). Anadolu'nun özellikle iç kesimlerini içerecek şekilde Yakın Doğu'da ise soğuk ve kurak iklim koşulları altında bozkır örtüsü yaygındı (Atalay 1998). Genel olarak, Son Buzul Maksimum'dan günümüze Anadolu'nun iç kesimlerine doğru bozkırlar daralmış, ormanlar ise genişlemiş olmalıdır. Tüm bu örnekler, Son Buzul Maksimum'dan günümüze Anadolu'nun bitki örtüsündeki değişiklikler ile uyumludur. Örneğin, Son Buzul Maksimum'dan günümüze ormanların genişlemesine paralel olarak Anadolu sıvacı kuşu coğrafi dağılımını genişletmiş, bozkırların daralmasına paralel olarak Anadolu yer sincabı ise coğrafi dağılımını daraltmıştır.



Şekil 13. Son Buzul Maksimum'dan günümüze Toros yer sincabının (*Spermophilus taurensis*) coğrafi dağılımındaki değişiklikler. Siyah alanlar, günümüzde orman örtüsünün %50'nin üzerinde olduğu yerleri gösterir (Forest Europe 2011'e dayanarak çizilmiştir).

Figure 13. Range shifts from the Last Glacial Maximum to the present in Taurus ground squirrel (*Spermophilus taurensis*). Black areas show the areas where forest cover is $\geq 50\%$ in the present (drawn based on Forest Europe 2011).

Anadolu'da yaşayan türlerin buzul buzullararası döngülere eşlik eden iklim değişikliklerine nasıl cevap verdiklerini (geçmiş) anlamının yakın gelecekteki iklim değişikliğine nasıl cevap vereceklerini (gelecek) öngörmek açısından önemli olduğunu vurgulamıştık. Bunu, yukarıdaki örneklerden biri açısından

detaylandırılm. Özellikle günümüz gibi buzullararası dönemlerde coğrafi dağılımlarını daraltan türlerin 21. yüzyılda gerçekleşecek iklim değişikliğinin etkilerine daha açık olmaları beklenir (Ashcroft 2010); diğer bir deyişle, 21. yüzyılda küresel sıcaklığın daha da artması, zaten günümüzde (diğer buzullararası dönemlerde olduğu gibi) coğrafi dağılımlarını daraltmış olan türleri daha fazla tehdit edecektir. Anadolu yer sincabının coğrafi dağılımının buzullararası dönemlerde genel olarak Anadolu'nun iç ve/veya doğu kesimlerine (kıtasal sığınaklara) doğru daralması, daha kurak ve mevsimsel iklime kıtasal uyum sağladığı düşünüldüğünde ve okyanusal-kıtasal gradiente dayanarak, tam da öngörüldüğü gibidir. Bu, Anadolu yer sincabının coğrafi dağılımının 21. yüzyılda küresel sıcaklığın daha da artması ile birlikte daralmaya devam edeceğini ileri sürer (bkz. önsel sonuçlar için, Gür 2016c,d).

Anadolu'da hem geçmişini anlamak hem de geleceği öngörmek açısından bu tür çalışmalar, özellikle biyolojik çeşitlilik ile ilgili ulusal veri tabanlarına ve alansal ve zamansal olarak çeşitlendirilmiş iklim modellerine gereken önem verilerek, yüksek takson (örneğin, tüm kuşları, memelileri vb. içerecek şekilde) düzeyinde gerçekleştirilmelidir!

SONSÖZ

Tüm bu örnekler, Anadolu'nun buzul buzullararası döngülerden daha az etkilendiğini ve buna rağmen, 'sığınaklar içinde sığınaklar' modeli ile uyumlu olarak, yine de coğrafi dağılımların döngüsel bir şekilde daralması ve genişlemesine sahne olduğunu doğrular. Sonuç olarak, (1) buzul buzullararası döngülerden daha az etkilenmesi, böylece türlere/popülasyonlara daha uzun dönemli ev sahipliği yapması (ki bu, genetik çeşitliliğin birikmesi için daha uzun bir zaman anlamına gelir); (2) bu döngülerden daha az etkilenmesine rağmen, yine de coğrafi dağılımların döngüsel bir şekilde daralması ve genişlemesine sahne

olması, böylece genetik çeşitlilik birikirken, aynı zamanda türlerin/popülasyonların farklılaşmasına izin vermesi ve (3) sığınak rolünün karmaşık doğası (örneğin, hem buzul hem de kıtasal sığınak olması; ki bu, hem konumu hem de jeolojik ve iklimsel dinamikleri ile ilişkilidir), Anadolu'nun biyolojik çeşitliliğini şekillendiren önemli etkenler arasındadır.

KATKI BELİRTME

Türkiye Jeoloji Bülteni'nin bu özel sayısına katkı sunmak için beni davet eden misafir editör M. Korhan Erturaç'a ve önerileri için hakemlere ve Çağatay Tavşanoğlu'na teşekkür ederim. Ayrıca, akademik yaşamımda birçok çalışmayı birlikte gerçekleştirdiğimiz meslektaşlarım Ahi Evran Üniversitesi'nden Mutlu Kart Gür'e ve Hacettepe Üniversitesi'nden Utku Perktaş'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

EXTENDED SUMMARY

Large continental ice-sheets in the Northern Hemisphere have grown and retreated many times throughout the Quaternary. Times with and without large continental ice-sheets are known as glacial and interglacial periods, respectively (Past Interglacials Working Group of PAGES 2016). The last 430 kyr have been dominated by 100-kyr glacial-interglacial cycles, a minor proportion (on average 20% or 10 to 30 kyr) of which was spent in interglacial periods (Jansen et al. 2007). Strong climatic fluctuations accompanying these glacial-interglacial cycles forced species to either move to locations that remain suitable, adapt to changing environmental conditions, or go extinct (Jansson and Dynesius 2002). Latitudinal and altitudinal range shifts are the most conspicuous and best documented responses of warm-adapted temperate and cold-adapted montane species to these climatic fluctuations, respectively. As warming has occurred since the Last Glacial Maximum,

temperate and montane species shifted their range towards higher (northern) latitudes and altitudes, respectively (Bennett and Provan 2008; Stewart et al. 2010). These range shifts have left signals of high genetic diversity in refugia and low genetic diversity in regions recently colonized from refugia (Hewitt 2000, 2004a,b). Understanding how species have responded to strong climatic fluctuations accompanying glacial-interglacial cycles is critical to predicting their likely responses to future global climate changes, and therefore can help guide conservation strategies.

To understand how species have responded to global climate changes through the Late Quaternary glacial-interglacial cycles, ecological niche modelling, together with molecular phylogeography, has been widely used in recent biogeographic studies (Perktaş and Gür 2015). Molecular phylogeography uses DNA sequences from throughout the geographic distribution of species to understand the spatial arrangements of genetic diversity in the past and in the present (Avice et al. 1987; Avice 2000). Ecological niche modelling relates georeferenced species occurrence data to environmental data, and can be used to get insights into possible climate-driven range shifts in the past (e.g. the Last Glacial Maximum) and in the future (Peterson et al. 2011).

Anatolia is geologically located in the Alpine-Himalayan orogenic belt (Şengör and Yılmaz 1981), and a biogeographically interesting, but under-explored region where three of the world's 36 biodiversity hotspots meet, and interact, with high levels of species diversity and endemism (Conservation International 2017). Ecological niche modelling, together with molecular phylogeography, will extend the Quaternary dynamics and evolutionary history of species living in Anatolia and therefore the understanding of the biogeography of Anatolia. In this article, a few examples regarding bird and mammal species (Gür 2013; Perktaş et al. 2015a,b; Gür et al. 2017) were given to illustrate the above-

mentioned contents, and the future perspectives were discussed.

ORCID

Hakan Gür  <https://orcid.org/0000-0003-4554-4370>

DEĞİNİLEN BELGELER

- Akçar, N., Yavuz, V., Yeşilyurt, S., Ivy-Ochs, S., Reber, R., vd., 2015. A synchronous Last Glacial Maximum across the Anatolian peninsula. In: Quaternary Glaciation in the Mediterranean Region. Hughes, P.D. and Woodward, J.C. (eds.) Geological Society, London, Special Publications, 433, pp. 251-269.
- Albayrak, T., Gonzalez, J., Drovetski, S.V. and Wink, M., 2012. Phylogeography and population structure of Krüper's Nuthatch *Sitta krueperi* from Turkey based on microsatellites and mitochondrial DNA. *Journal of Ornithology*, 153 (2) 405-411.
- Ansell, S.W., Stenoien, H.K., Grundmann, M., Russell, S.J., Koch, M.A., vd., 2011. The importance of Anatolian mountains as the cradle of global diversity in *Arabis alpina*, a key arctic-alpine species. *Annals of Botany*, 108 (2) 241-252.
- Ashcroft, M.B., 2010. Identifying refugia from climate change. *Journal of Biogeography*, 37 (8) 1407-1413.
- Atalay, İ., 1998. Paleoenvironmental conditions of the Late Pleistocene and Early Holocene in Anatolia, Turkey. In: Quaternary Deserts and Climatic Change. Alsharhan, A.S., Glennie, K.W., Whittle, G.L. and Kendall, C.G.St.C. (eds.) A.A. Balkema, Rotterdam, pp. 227-237.
- Awise, J.C., 2000. Phylogeography: the History and Formation of Species. Harvard University Press, Cambridge.
- Awise, J.C., Arnold, J., Ball, R.M., Bermingham, E., Lamb, T., vd., 1987. Intraspecific phylogeography: the mitochondrial DNA bridge between population genetics and systematics. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 18 (1) 489-522.
- Bennett, K.D. and Provan, J., 2008. What do we mean by 'refugia'? *Quaternary Science Reviews*, 27 (27-28) 2449-2455.
- Bilgin, R., Gürün, K., Rebelo, H., Puechmaille, S.J., Maracı, Ö., vd., 2016. Circum-Mediterranean phylogeography of a bat coupled with past environmental niche modeling: a new paradigm for the recolonization of Europe? *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 99 323-336.
- BirdLife International. 2016a. *Picus viridis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T22725022A87292744.
- BirdLife International. 2016b. *Sitta krueperi*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T22711184A94282660.
- Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L. and Fan, J-X., 2013. The ICS international chronostratigraphic chart. *Episodes*, 36 (3) 199-204.
- Conservation International, 2017. Conservation International: Hotspots. <http://www.conservation.org/how/pages/hotspots.aspx> Erişim tarihi 10 Ekim 2017.
- Cowie, J., 2007. Climate Change: Biological and Human Aspects. Cambridge University Press, Cambridge.
- Çiner, A., Sarıkaya, M.A. and Yıldırım, C., 2015. Late Pleistocene piedmont glaciations in the Eastern Mediterranean; insights from cosmogenic ³⁶Cl dating of hummocky moraines in southern Turkey. *Quaternary Science Reviews*, 116 44-56.
- Darwin, C., 1859. On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life. John Murray, London. Çeviri: Kılıç, B., 2017. Türlerin Kökeni. Alfa Yayıncılık, İstanbul.
- Ehlers, J., Gibbard, P.L. and Hughes, P.D., (eds.) 2011. Quaternary Glaciations - Extent and Chronology, A Closer Look. Elsevier, Amsterdam.
- Elith, J., Kearney, M. and Phillips, S., 2010. The art of modelling range-shifting species. *Methods in Ecology and Evolution*, 1 (4) 330-342.
- Elith, J., Graham, C.H., Anderson, R.P., Dudík, M., Ferrier, S., vd., 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29 (2) 129-151.
- Elith, J., Phillips, S.J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y.E., vd., 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17 (1) 43-57.
- Forest Europe, 2011. State of Europe's Forests 2011 – Status and Trends in Sustainable Forest Management in Europe, jointly prepared by Forest Europe Liaison Unit Oslo, the United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) and

- the Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO).
- Gómez, A. and Lunt, D.H., 2007. Refugia within refugia: patterns of phylogeographic concordance in the Iberian Peninsula. In: *Phylogeography of Southern European Refugia*. Weiss, S. and Ferrand, N. (eds.) Springer, Netherlands, pp. 155-188.
- Gribbin, J., 2002. *Science: A History 1543–2001*. Allen Lane. Çeviri: Gönülşen, B., 2014. *Bilim Tarihi*. Alfa Yayıncılık, İstanbul.
- Gribbin, J. and Gribbin, M., 2002. *Ice Age: How a Change of Climate Made Us Human*. Penguin Books Ltd, London.
- Gür, H., 2013. The effects of the late Quaternary glacial-interglacial cycles on Anatolian ground squirrels: range expansion during the glacial periods? *Biological Journal of the Linnean Society*, 109 (1) 19-32.
- Gür, H., 2016a. Doğal seçim yoluyla evrim, güncel bir örnek: alacabaykuş. *Evrimin Işığında*. Akış, I. ve Altınışik, N.E. (Editörler) Yazılama Yayınevi, İstanbul, s. 197-206.
- Gür, H., 2016b. The Anatolian diagonal revisited: testing the ecological basis of a biogeographic boundary. *Zoology in the Middle East*, 62 (3) 189-199.
- Gür, H., 2016c. *İklim değişikliği ve bir step hayvanı olan Anadolu yer sincabı – 1: İklim değişikliği nedir, biyolojik sistemleri nasıl etkiler? Bilim ve Gelecek*, 143 78-83.
- Gür, H., 2016d. *İklim değişikliği ve bir step hayvanı olan Anadolu yer sincabı – 2: İklim değişikliği Anadolu yer sincabını nasıl etkiliyor? Bilim ve Gelecek*, 144 76-81.
- Gür, H., 2017. Anadolu diyagonalı: bir biyocoğrafi sınırın anatomisi. *Kebikeç, İnsan Bilimleri İçin Kaynak Araştırmaları Dergisi*, 43 177-187.
- Gür, H. and Kart Gür, M., 2005. Annual cycle of activity, reproduction, and body mass of Anatolian ground squirrels (*Spermophilus xanthoprimum*) in Turkey. *Journal of Mammalogy*, 86 (1) 7-14.
- Gür, H., Perктаş, U. and Kart Gür, M., unpublished. Do climate-driven altitudinal range shifts explain the intraspecific diversification of a narrow ranging montane mammal, Taurus ground squirrels?
- Hamann, A., Roberts, D., Barber, Q., Carroll, C. and Nielsen, S., 2015. Velocity of climate change algorithms for guiding conservation and management. *Global Change Biology*, 21 (2) 997-1004.
- Hewitt, G., 2000. The genetic legacy of the Quaternary ice ages. *Nature*, 405 (6789) 907-913.
- Hewitt, G.M., 2004a. Genetic consequences of climatic oscillations in the Quaternary. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 359 (1442) 183-195.
- Hewitt, G.M., 2004b. The structure of biodiversity - insights from molecular phylogeography. *Frontiers in Zoology*, 1 (1) 4.
- Hughes, P.D. and Woodward, J.C., 2017. Quaternary glaciation in the Mediterranean mountains: a new synthesis. In: *Quaternary Glaciation in the Mediterranean Region*. Hughes, P.D. and Woodward, J.C. (eds.) Geological Society, London, Special Publications, 433, pp. 1-23.
- Hutchinson, G.E., 1957. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 22 415-427.
- Jansen, E., Overpeck, J., Briffa, K.R., Duplessy, J.-C., Joos, F., vd., 2007. Palaeoclimate. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., vd. (eds.) Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, pp. 433-497.
- Jansson, R. and Dynesius, M., 2002. The fate of clades in a world of recurrent climatic change: Milankovitch oscillations and evolution. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 33 741-777.
- Kart Gür, M. and Gür, H., 2010. *Spermophilus xanthoprimum*. *Mammalian Species*, 42 (1) 183-194.
- Kart Gür, M. and Gür, H., 2015. Age and sex differences in hibernation patterns in free-living Anatolian ground squirrels. *Mammalian Biology*, 80 (4) 265-272.

- Kart Gür, M. and Gür, H., 2017. Küçük bir memeli türünün ekofizyolojisi ve evrimsel coğrafyası: Anadolu yer sincabı. *Kebikeç, İnsan Bilimleri İçin Kaynak Araştırmaları Dergisi*, 43 189-198.
- Koch, M.A., Kiefer, C., Ehrich, D., Vogel, J., Brochmann, C., vd., 2006. Three times out of Asia Minor: the phylogeography of *Arabis alpina* L.(Brassicaceae). *Molecular Ecology*, 15 (3) 825-839.
- Korkmaz, E.M., Lunt, D.H., Çıplak, B., Değerli, N. and Başıbüyük, H.H., 2014. The contribution of Anatolia to European phylogeography: the centre of origin of the meadow grasshopper, *Chorthippus parallelus*. *Journal of Biogeography*, 41 (9) 1793-1805.
- Past Interglacials Working Group of PAGES, 2016. Interglacials of the last 800,000 years. *Reviews of Geophysics*, 54 162-219.
- Perktaş, U., 2017. Filocoğrafya: coğrafi varyasyon örüntüleriyle geçmişe bakmak. *Kebikeç, İnsan Bilimleri İçin Kaynak Araştırmaları Dergisi*, 43 143-156.
- Perktaş, U. and Gür, H., 2015. Guest editors' introduction to the special issue: integrating phylogeography and ecological niche modelling. *Folia Zoologica*, 64 (3) 185-186.
- Perktaş, U., Barrowclough, G.F. and Groth, J.G., 2011. Phylogeography and species limits in the green woodpecker complex (Aves: Picidae): multiple Pleistocene refugia and range expansion across Europe and the Near East. *Biological Journal of the Linnean Society*, 104 (3) 710-723.
- Perktaş, U., Gür, H. and Ada, E., 2015a. Historical demography of the Eurasian green woodpecker: integrating phylogeography and ecological niche modelling to test glacial refugia hypothesis. *Folia Zoologica*, 64 (3) 284-295.
- Perktaş, U., Gür, H., Sağlam, İ.K. and Quintero, E., 2015b. Climate-driven range shifts and demographic events over the history of Kruper's Nuthatch *Sitta krueperi*. *Bird Study*, 62 (1) 14-28.
- Peterson, A.T., Soberón, J., Pearson, R.G., Anderson, R.P., Martinez-Meyer, E., vd., 2011. *Ecological Niches and Geographical Distributions*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P. and Schapire, R.E., 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190 (3) 231-259.
- Richards, C.L., Carstens, B.C. and Lacey Knowles, L., 2007. Distribution modelling and statistical phylogeography: an integrative framework for generating and testing alternative biogeographical hypotheses. *Journal of Biogeography*, 34 (11) 1833-1845.
- Rokas, A., Atkinson, R.J., Webster, L., Csóka, G. and Stone, G.N., 2003. Out of Anatolia: longitudinal gradients in genetic diversity support an eastern origin for a circum Mediterranean oak gallwasp *Andricus quercustozae*. *Molecular Ecology*, 12 (8) 2153-2174.
- Sandel, B., Arge, L., Dalsgaard, B., Davies, R.G., Gaston, K.J., vd., 2011. The influence of late quaternary climate-change velocity on species endemism. *Science*, 334 (6056) 660-664.
- Sarıkaya, M.A. and Çiner, A., 2015. Late Pleistocene glaciations and paleoclimate of Turkey. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 151 107-127.
- Sarıkaya, M.A. and Çiner, A., 2017. Late Quaternary glaciations in the eastern Mediterranean. In: *Quaternary Glaciation in the Mediterranean Region*. Hughes, P.D. and Woodward, J.C. (eds.) Geological Society, London, Special Publications, 433, pp. 289-305.
- Sarıkaya, M.A., Çiner, A. and Zreda, M., 2011. Quaternary glaciations of Turkey. In: *Quaternary Glaciations - Extent and Chronology, A Closer Look*. Ehlers, J., Gibbard, P.L. and Hughes, P.D. (eds.) Elsevier, Amsterdam, pp. 393-403.
- Stewart, J.R., Lister, A.M., Barnes, I. and Dalén, L., 2010. Refugia revisited: individualistic responses of species in space and time. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 277 (1682) 661-671.
- Şekercioğlu, Ç.H., Anderson, S., Akçay, E., Bilgin, R., Can, Ö.E., vd., 2011. Turkey's globally important biodiversity in crisis. *Biological Conservation*, 144 (12) 2752-2769.
- Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey - a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75 (3-4) 181-241.
- Şenkul, Ç. and Doğan, U., 2013. Vegetation and climate of Anatolia and adjacent regions during the Last Glacial period. *Quaternary international*, 302 110-122.

Tarkhnishvili, D., Gavashelishvili, A. and Mumladze, L., 2012. Palaeoclimatic models help to understand current distribution of Caucasian forest species. *Biological Journal of the Linnean Society*, 105 (1) 231-248.

Tavşanoğlu, Ç., 2016. Anadolu'nun yüksek biyoçeşitliliği: evrim bunun neresinde? Akış, I. ve Altınışık, N.E. (Editörler) Yazılama Yayınevi, İstanbul, s. 207-225.



Pleyistosen Dönem’den Bir Alt Paleolitik Kesit: Karain
A Lower Paleolithic Section from the Pleistocene Period: Karain

Yavuz Aydın 

*Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Arkeoloji Bölümü,
Tarih Öncesi Arkeolojisi Anabilim Dalı, 06100 Sıhhiye/Ankara*

Geliş/Received : 25.08.2017 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received : 15.11.2017 • Kabul/Accepted : 17.11.2017 • Baskı/Printed : 29.12.2017
Arştırma Makalesi/Research Article *Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey*

Öz: Bu çalışmanın konusunu oluşturan yontmataş materyali barındıran Alt Paleolitik tabakalar Karain Mağarası’nın E gözünde yer almaktadır. E gözünde yer alan arkeolojik dolgular yaklaşık olarak 11 m kalınlık gösterir. Buna karşın bizi ilgilendiren ve Alt Paleolitik seviyeleri içeren kısmı sadece 4 m’dir. Bu kısımda birbirinden ayırt edilebilen 7 farklı jeolojik birim tespit edilmiştir. Bu jeolojik birimlerin her biri bize oldukça önemli yontmataş buluntuları sunmaktadır.

Söz konusu yontmataş buluntular üzerinde tekno-tipolojik analizler gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar kapsamında hammadde, teknoloji ve yontmataş alet analizlerine dair sonuçlar ortaya konulmuştur. Bu analizlerin sonuçları, bize Karain Mağarası’nın Alt Paleolitik Dönem yontmataş endüstrisi hakkında önemli fikirler vermiştir.

Toplam 4767 adet yontmataş parça üzerinde tekno-tipolojik analizler gerçekleştirilmiştir. Bunlar arasındaki temel endüstri unsurları, düzeltilmiş yongalar ve aletler ile çekirdek ve çekirdek parçalarından oluşmaktadır. Bu unsurlar, belirlenmiş kriterlere göre sınıflandırılmış ve gözden geçirilmiştir. Bu incelemeler sonucunda, yaklaşık olarak GÖ. 440.000-370.000 arasındaki bir sürece ait olan yontmataş materyalin, Alt Paleolitik Dönem’in Tayacian ve Acheulean kültür öğelerini bir arada barındırdığı tespit edilmiştir.

Türkiye’de karşılaştırma yapabilecek yeterli sayıda yerleşim birimi ve materyal kalıntısı bulunmamasına rağmen Yakınoğu’da Levant Bölgesi içinde Karain yontmataş endüstrisinin özelliklerini gösteren bazı yerleşim alanları bilinmektedir. Bu durum, kültürlerin makro boyutta farklı coğrafyalardaki dağılımına, dolayısıyla uzun mesafelerde gerçekleşen insan hareketlerine (göç) ışık tutmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Alt Paleolitik, Karain, Tekno-tipoloji, Yontmataş

Abstract: *The Lower Paleolithic layers containing chipped stone material that make up the subject of this work, are located in the E cavity of the cave. The archaeological deposits located in the E cavity is approximately 11 m thick. On the other hand, the part that concerns us and contains Lower Paleolithic layers is only 4 m. In this layer, 7 different geologic units which can be distinguished from each other have been determined. Each of these geological units has given us very important chipped stone finds.*

Techno-typological analyzes have been carried out on the mentioned chipped stone finds. Within the scope of these studies, the results of raw material, technology and chipped stone tool analyzes are presented. The results of these analyzes gave us important ideas about the Karain Lower Paleolithic chipping stone industry.

Techno-typological analysis were made on 4767 pieces of chipped stone in total. The basic industrial elements between them consist of unretouched flakes, tools and also cores and core fragments. These elements have been classified and reviewed considering to specific criteria. As a result of these examinations, it was discovered that the

chipped stone materials belong to a period approximately 440,000-370,000 years ago contained both Tayacian and Acheulean cultural elements of the Lower Paleolithic Period together.

There are no settlements and materials that can make much comparisons in Turkey, but there are some settlements in the Levant Region of the Near East that show the characteristics of the Karain chipping stone industry. This situation sheds light on the distribution of cultures in different geographical locations in the macro-scale, and therefore to the human movements like long-distance migrations.

Keywords: Chipped Stone, Karain, Lower Paleolithic, Techno-typology

GİRİŞ

Mağaralar doğal birer oluşum olmakla birlikte insanlık tarihi açısından önemli bir konuma sahiptirler. İnsanlık tarihinin çok büyük bir bölümünde mağaralar yaşam alanı olarak tercih edilmiş ve tehlikelere karşı güvenli birer sığınak olarak görülmüşlerdir. Bu açıdan bakıldığında mağaraların içerisinde yer alan dolgular jeologların ve mağara bilimcilerinin olduğu kadar arkeologların da odak noktasındadır. Bir takım jeolojik süreçleri yansıtan mağara dolguları içerisinde insan iskânına işaret eden kültür tabakaları da yer alabilmektedir. Bu durumu göz önüne aldığımızda söz konusu tabakalardan ele geçmiş olan kültürel bulguların ayrıntılı bir şekilde incelenmesi ve sonuçlarının ortaya konması oldukça önemlidir. Bununla birlikte bu kültürel bulguları, içerisinden ele geçmiş olduğu jeolojik birimden ayrı tutmak mümkün değildir. İnsan elinden çıkmış olan buluntuları barındıran jeolojik birimler söz konusu dönemin iklimi, çevresel koşulları, flora ve faunası hakkında da önemli bilgiler verebilir. Bu noktada arkeoloji ve jeoloji disiplinlerinin birlikte çalışması, insanlığın geçmişine yönelik olarak yapılacak yorumların şüphesiz ki daha sağlam bir temele oturmasını sağlayacaktır. Ayrıca Türkiye’de zaten az sayıda olan Paleolitik Çağ araştırma ve kazılarının en önemli eksikliklerinden bir tanesi de tarihlendirme çalışmalarının yetersizliğidir. Bu durum Türkiye’nin Paleolitik Çağ kronolojisini oluşturma açısından önemli bir eksiklik olarak göze çarpmaktadır. Bu eksiklik şüphesiz ki disiplinler arası çalışmalarla aşılabilecek bir durumdur.

Yukarıda da bahsetmiş olduğumuz gibi günümüze kadar geçen süreçte Türkiye’de oldukça az sayıda Paleolitik Çağ kazısı gerçekleştirilmiştir. Bunların en önemlilerinden bir tanesi ise Karain Mağarası kazısıdır. Antalya il merkezinin yaklaşık olarak 30 km kuzeybatısında yer alan Karain, Türkiye’de kazısı yapılmış olan az sayıdaki Pleistosen Dönem mağara yerleşimlerinden bir tanesidir. Mağara, Paleolitik Çağ’a ait oldukça önemli dolguları içermektedir. İlk kez 1946 yılında İsmail Kılıç Kökten tarafından keşfedilen (Kökten, 1947) mağaradaki kazı çalışmaları, kendisinin vefatından sonra da devam etmiştir. 1985 yılında Karain kazısını devralan Işın Yalçınkaya (Yalçınkaya, 1987) emekli olana kadar çalışmalarını sürdürmüş, 2015 yılında ise Harun Taşkırın başkanlığında üçüncü dönem kazıları başlamıştır (Taşkırın vd., 2017). Karain Mağarası’ndaki kazı çalışmaları günümüzde halen devam etmektedir.

Kronolojik olarak baktığımızda, çalışmamız açısından önemli olan Alt Paleolitik seviyelerden bilinen üst tarih (V. jeolojik birim) yaklaşık olarak GÖ. 440 – 370 bindir. Söz konusu tarihler paleo-iklimsel korelasyonlar temelinde tespit edilmiş olan tarihlerdir (Otte vd., 1996: 152; Otte vd., 1998: 418). Buna göre Karain Mağarası’nın, Pleistosen Dönem’in orta evresi (GÖ. 781 – 126 bin) içerisinde (Grandstein, 2012) iskân edildiği anlaşılmaktadır. Paleomanyetik veriler açısından bakıldığında bu evrenin 773 bin yıl öncesine denk gelen Brunhes / Matuyama sınırı içerisinde yer aldığı görülmektedir (Subcommission on Quaternary Stratigraphy, 2013). Orta Pleistosen evresi, denizel izotop serilerine (Marine Isotope

Stages) göre hazırlanan kronoloji tablosunda ise MIS 19 – 6 aralığındadır (Ehlers ve Gibbard, 2008: 213).

Yukarıda belirtmiş olduğumuz tarihi veren seviyeler kültürel açıdan Alt Paleolitik Dönem'e denk gelmektedir. Söz konusu seviyeler içerisinde, o dönemdeki yaşam biçimi hakkında fikirler veren buluntular tespit edilmiştir. Bunlar içerisindeki en önemli grubu yontmataş buluntular oluşturmaktadır. Bu çalışma kapsamında Karain Mağarası'nın Alt Paleolitik seviyelerinden ele geçmiş olan yontmataş buluntuların tekno-tipolojik analizleri gerçekleştirilmiştir. Tekno-tipolojik analizler kapsamında, yontmataş endüstri içerisinde kullanılmış olan hammadde cinslerine yönelik olarak çalışmalar yapılmış ve elde edilen verilere göre Karain Alt Paleolitik yontmataş endüstrisinin hangi kültür grubu ya da grupları içerisinde değerlendirilmesi gerektiği tartışılmıştır. Son olarak aynı kronolojik sınırlar içerisinde kalan bazı yerleşimlerin endüstrileriyle karşılaştırmalar yapılarak küçük ve büyük ölçekli kültürel yayılıma bir ölçüde ışık tutabilmek amaçlanmıştır.

Yukarıda bahsetmiş olduğumuz amaçlar doğrultusunda, Karain'in Alt Paleolitik seviyelerinden ele geçmiş olan toplam 4767 adet yontmataş buluntu üzerinde tekno-tipolojik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda yontmataş endüstri öğeleri tiplerine göre ayrılmış ve her bir grup kendi içerisinde değerlendirilmiştir. İlk olarak hammaddeye yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Daha sonra ise gruplara ayrılmış olan yontmataş parçalar üzerinde tekno-tipolojik gözlem ve ölçümler yapılmıştır. Temel endüstri öğeleri yongalama ürünleri, çekirdekler ve aletler olarak gruplandırılmıştır. Geriye kalan parçalar ise yontma artıklarından oluşmaktadır. Yongalama ürünleri ve çekirdekler üzerinde teknolojiyi, aletler üzerinde ise tipolojiyi anlamaya yönelik gözlem ve ölçümler gerçekleştirilmiştir. Söz konusu analizler, Karain Alt Paleolitik yontmataş endüstrisi içerisinde hammadde temininden itibaren yontmataş endüstrinin ortaya

çıkartılmasına kadar uzanan işlem zincirini (*chaine opératoire*) ortaya koymayı ve bu süreç içerisinde görülen yongalama teknikleri gibi konulara açıklık getirmeyi hedeflemiştir. Böylece endüstrinin net bir şekilde tanımlanması amaçlanmıştır.

JEOLJİK VE ARKEOLOJİK STRATİGRAFI

Konumuzu oluşturan yontmataş buluntuların ele geçmiş olduğu Alt Paleolitik dolgu toplam 7 farklı jeolojik birimden oluşmaktadır (Şekil 1). Söz konusu dolgunun yüksekliği yaklaşık 4 m'dir (3,90 m). Yaklaşık 4 m yüksekliğinde olan bu dolgu arkeolojik açıdan, her biri 10'ar cm genişliğe sahip 39 farklı seviyeye ayrılmıştır (53 – 91).

Jeolojik birimler yukarıdan aşağıya doğru V, V.1, V.1.1, V.1.2, V.2, V.3 ve VI şeklinde isimlendirilmişlerdir (Şekil 2). Alt Paleolitik seviyeler V. jeolojik birim ile başlamaktadır. V. jeolojik birim genel olarak 53 ve 59. arkeolojik seviyeler arasına denk gelen, dikey olarak yaklaşık 60 cm'lik alanı kaplayan bir jeolojik birimdir. V.1.1 ise yaklaşık olarak 50 cm genişliğindeki bir alanı kaplamaktadır (59. ve 64. arkeolojik seviyeler arası). Dalgalanma gösteren V.1.2 birimi 62-69. ve 82. arkeolojik seviyeler arasına denk gelmektedir. Oldukça sert bir yapıdaki V.2 jeolojik birimi ise V.1.2 içerisinde gelişmiş bir yapı olarak göze çarpmaktadır. Bir alttaki birim olan V.3 jeolojik birimi 68-78. ve 85-86. arkeolojik seviyeler arasında uzanım göstermektedir. Genişliği 80 ile 170 cm arasında değişmektedir. Söz konusu jeolojik birimin genişliğinin bu kadar değişken olması çok fazla dalgalanma göstermesinden kaynaklanmaktadır (Şekil 2). Karain Alt Paleolitik stratigrafisi içerisindeki son birim ise VI. jeolojik birimdir. VI. jeolojik birim 85-86. ve 91. arkeolojik seviyeler arasına denk gelmektedir. 50 – 60 cm arasında bir genişliğe sahiptir.

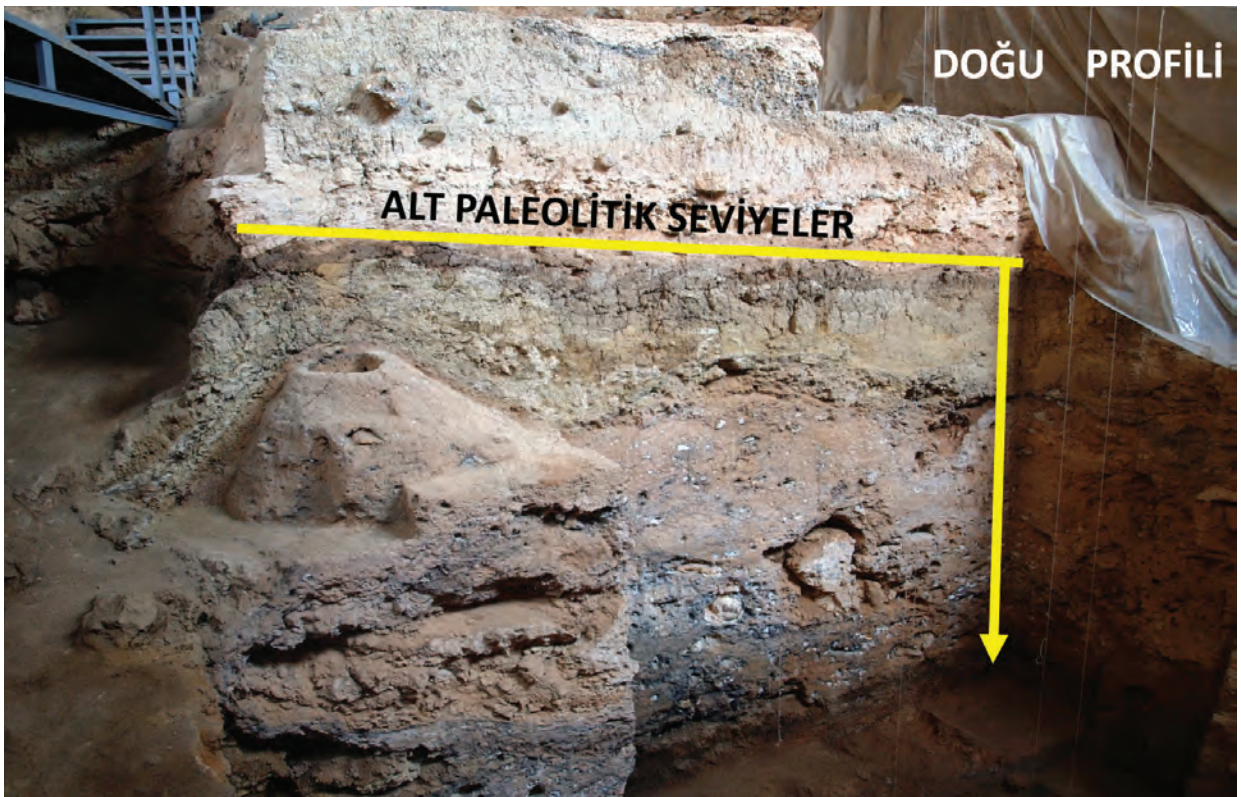
Söz konusu kesite arkeolojik açıdan baktığımızda buluntu yoğunluğunun belli seviyelerde arttığı görülmektedir. Özellikle 63. ve 86. arkeolojik seviyeler arasında kalan

yaklaşık 2,30 m'lik bir alanda buluntu yoğunluğu artmaktadır. Yapmış olduğumuz çalışmalar sonucu söz konusu arkeolojik seviyelerin V.1.2, V.2 ve V.3 jeolojik birimlerine denk geldiği anlaşılmıştır (Şekil 3).

HAMMADDE ANALİZLERİ

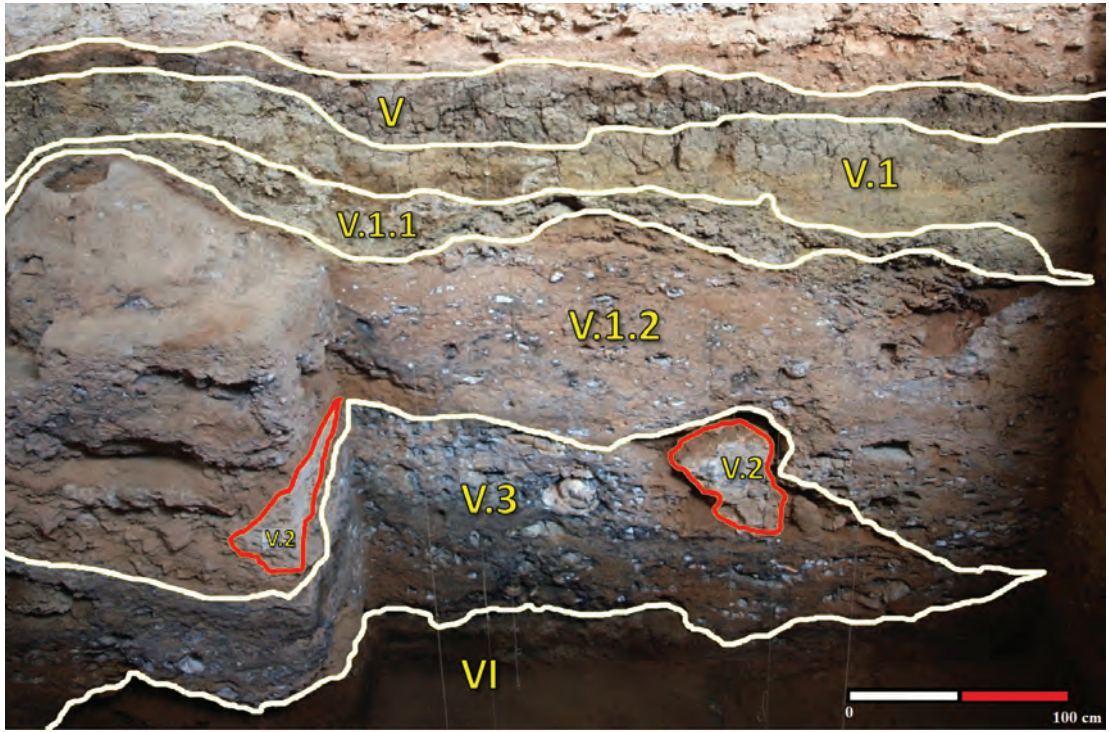
Yontmataş çalışmaları içerisinde hammadde analizleri oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Bu

analizler kapsamında hangi kaynakların tercih edilmiş olduğu, hammaddenin ne şekilde yerleşime getirildiği, hammadde kaynağında veya yerleşim içerisinde ne gibi işlemlerden geçtiği gibi sorulara cevap bulunabilir. Kısacası yontmataş işlem zincirini ortaya koymak açısından hammadde üzerinde yapılacak analizler oldukça önem arz etmektedir. Bu bağlamda Karain Alt Paleolitik yontmataş endüstrisi üzerinde hammadde analizleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Karain Mağarası E gözünde yer alan ana dolgu ve Alt Paleolitik seviyeler.

Figure 1. The main block and lower Paleolithic layers in Karain E chamber



Şekil 2. Alt Paleolitik jeolojik birimler.

Figure 2. Lower Paleolithic geological layers.



Şekil 3. Yoğun olan arkeolojik ve jeolojik seviyeler.

Figure 3. The intensive archaeological and geological layers

Karain Alt Paleolitik yontmataş endüstrisi içerisinde kullanılmış olan temel hammadde cinsi radyolarittir. Radyolariti çok daha az bir oranda çakmaktaşı takip etmektedir. Radyolaritin endüstri içerisinde bu sıklıkta görülmesi yakın çevrede çok yoğun bir şekilde var olmasından kaynaklanmaktadır. Karain çevresinde bilinen 3 farklı hammadde kaynağı mevcuttur (Şekil 4). Bu kaynaklar Kızılın Deresi, Çakmak Tepesi ve Burhan Deresi'dir (Taşkiran, 2007). Bunlar içerisinde Karain'e en yakın mesafedeki kaynaklar ise Kızılın Deresi ve Çakmak Tepesi'dir. Her iki kaynağın da Karain'e olan mesafesi yaklaşık olarak 3 km'dir. Gerek yontmataş endüstri üzerindeki gerekse de hammadde kaynaklarındaki gözlemlere göre

Kızılın Deresi radyolaritlerinin daha fazla tercih edilmiş olduğu görülmektedir. Yapmış olduğumuz gözlemlerde Kızılın Deresi radyolaritlerinin diğer kaynaklardaki radyolaritlere nazaran daha kaliteli ve yontma işlemi açısından daha uygun oldukları görülmüştür. Bu durumun en büyük sebeplerinden bir tanesi sellerin aşındırıcı etkisidir. Söz konusu bölgede yapılan araştırmalara göre yağışlar ve sonrasında oluşan seller sırasında silisli kayaların kolay ufalanabilen kısımlarından arındığı ve sağlam hammadde blokları şeklinde kaldıkları tespit edilmiştir (Kayan, 1990: 18). Alanda yapmış olduğumuz gözlemlere göre Kayan'ın bahsetmiş olduğu kaliteli radyolarit yumrularına günümüzde dahi sıklıkla rastlanmaktadır.



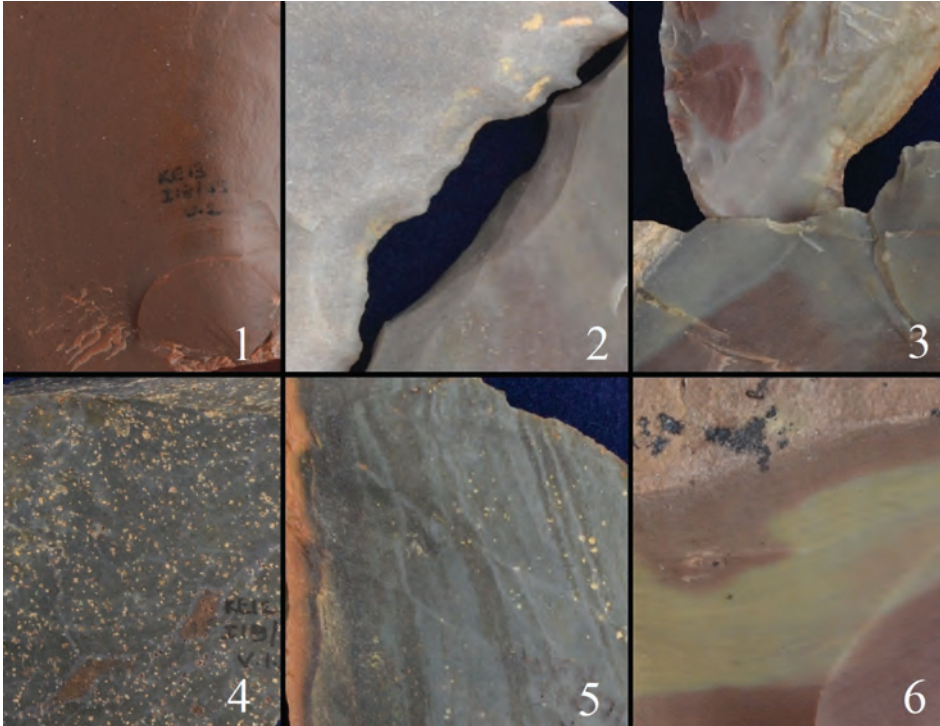
Şekil 4. Karain Mağarası çevresindeki radyolarit hammadde kaynakları (28.04.2017 tarihli Google Earth uydu görüntüsü).

Figure 4. Radiolarite raw material sources around of Karain Cave (Google Earth satellite image dated 28.04.2017).

Karain'e yakın mesafede yer alan bir diğer radyolarit kaynağı ise Çakmak Tepesi'dir. Pawlikowski'nin ayrıntılı olarak çalıştığı söz konusu kaynağın mesafesi de yaklaşık olarak 3 km'dir. Bu alanda yer alan ince radyolarit formasyonları tektonik kökenli kırılmalar sonucu ortaya çıkmıştır (Pawlikowski, 1995: 35).

Kızılın Deresi ve Çakmak Tepesi'ne göre Karain'e daha uzak bir mesafede yer alan bir diğer radyolarit kaynağı ise Burhan Deresi'dir. Karain'e yaklaşık olarak 10 km mesafede yer alan bu kaynak hammadde çeşitliliği açısından Kızılın Deresi'ne nazaran daha zengindir. Bunun sebebi, nehrin pek çok kolunun farklı ve uzak noktalardan kopardıkları hammaddeleri yatağa taşımış olmasından kaynaklanmaktadır (Taşkıran, 2007: 210). Söz konusu alandaki radyolaritler yuvarlanmış dere çakılları şeklinde yer almaktadırlar.

Hammadde analizlerinin ikinci aşamasında radyolarit endüstri öğeleri üzerinde gözlemler gerçekleştirilmiştir. Çalışılmış seviyeler içerisinde tespit edilmiş olan radyolaritler renk ve yapısal özellikler açısından farklılıklar göstermektedir. Yapmış olduğumuz makroskopik gözlemler sonucu renk açısından 21 farklı radyolarit cinsi tespit edilmiştir. Bununla birlikte bu radyolaritlerin içerisinde özellikle bazı cinslerin (1. grup radyolaritler) daha fazla tercih edilmiş oldukları görülmektedir (Şekil 5). Söz konusu radyolarit cinslerinin daha çok tercih edilmesinde birtakım ölçütlerin dikkate alınmış olduğu söylenebilir. Bunlardan en önemlileri şüphesiz ki bu cinslerin yoğun olarak görüldüğü hammadde kaynağının yerleşime olan yakınlığı (Kızılın Deresi), söz konusu cinslerin hammadde kaynağındaki yoğunlukları ve yine bu cinslerin yontma işlemi açısından kaliteli yapıda olmalarıdır.



Şekil 5. En sık tercih edilen radyolarit cinsleri. 1. kahverengi radyolaritler; 2. gri radyolaritler; 3. kahverengi-gri radyolaritler; 4. yeşilimsi gri radyolaritler; 5. yeşil radyolaritler; 6. kahverengi-yeşil radyolaritler.

Figure 5. The most preferred types of Radiolarites. 1. brown radiolarites; 2. grey radiolarites; 3. brown-grey radiolarites; 4. greenish grey radiolarites; 5. green radiolarites; 6. brown-green radiolarites.

Hammadde kalitesi açısından bakıldığında odak noktası parçanın yontma işlemi açısından uygun olup olmadığıdır. Bu açıdan işlem zincirine alınacak olan hammaddenin damarlı olup olmaması önemlidir. Parçanın damarlı olması yongalama işlemi açısından tercih edilen bir durum değildir. Bu sebepten dolayı incelemiş olduğumuz her bir yontmataş endüstri ögesi üzerindeki damar oranlarına bakılmıştır. Buna göre işlem zinciri içerisinde hammadde tercihi büyük oranda damar taşımayan radyolaritlerin tercih edilmiş olduğu anlaşılmıştır. Yontma işlemi için en fazla tercih edilmiş olan radyolaritlere baktığımızda bu gruptaki parçaların %77,83'ünün damar taşımadığı görülmüştür (Tüm radyolarit endüstri ögeleri içerisinde damar taşımayan parçaların oranı %77,20). Bu veriye göre Alt Paleolitik Dönem insanların kaliteli hammadde temini konusunda seçici davrandıkları anlaşılmaktadır. En çok tercih edilmiş radyolarit cinslerinin özellikle Kızılın Deresi'nde en sık görülen cinsler olması da bu tercihte önemli bir rol oynamıştır. Bu durum aynı zamanda avcı-toplayıcı grubu içerisinde, hammadde tercihi konusunda uzmanlaşmış bireylerin varlığını, dolayısıyla grup içerisindeki iş bölümünü ortaya koymasından oldukça önemli bir veridir.

İşlem zincirini daha iyi anlayabilmek açısından fikir verebilecek bir diğer veri ise radyolaritler üzerindeki ham yüzey oranlarıdır (Radyolarit doğada ince tabakalar veya bantlar şeklinde bulunan bir kayaç cinsidir [Erkan, 2000: 86]. Dolayısıyla, genelde yumrular şeklinde bulunan çakmaktaşlarında görülen kalsiyum karbonatlı bir kabuk yapısına sahip değildir. Bu sebepten dolayı çalışmamız kapsamında

parçaların işlenmemiş yüzeyleri için radyolaritler açısından ham yüzey, çakmaktaşları açısından ise kabuk terimleri tercih edilmiştir). Parçalar üzerindeki ham yüzey oranları, hammaddenin yerleşime ne şekilde taşındığı veya kaynağında ne oranda bir işleme tabi tutulduğu konularında fikir verebilir. Bu doğrultuda hammaddesi radyolarit olan yontmataş endüstri ögeleri üzerindeki ham yüzey oranları ölçülmüştür (Çizelge 1). Buna göre tüm radyolarit yontmataş endüstri ögelerinin %55,48'inde belli oranlarda ham yüzey tespit edilmiştir. %44,52'sinde ise herhangi bir ham yüzey kalıntısına rastlanmamıştır. Bu oranlar dikkate alındığında işlem zinciri içerisinde hammaddenin kaynağında temin edildikten sonra çok fazla bir işleme tabi tutulmadan yerleşime getirilmiş olduğu anlaşılmaktadır. Bunun sebepleri arasında yukarıda da değinmiş olduğumuz gibi radyolarit kaynağının yakın ve kolay ulaşılabilir olmasının yanında kaynakta yer alan blok ve çakılların genelde küçük boyutlarda olması gösterilebilir.

Radyolarit ögeleri açısından endüstri içerisinde dikkat çekici özelliklerden bir tanesi ise birincil yongalara ait tek bir örneğe bile rastlanmamış olmasıdır. Bu parçalar kabuk soyma yongası olarak da bilinen, tüm üst yüzü ve topuk kısmı ham yüzle kaplı olan parçalardır. Hammaddenin doğal haliyle ilk kez yerleşim içerisinde yongalanmış olduğundan bahsedebilmemiz için bu parçaların ele geçiyor olması gerekmektedir (Inizan vd., 1992: 20). Söz konusu parçalara ait tek bir örneğin bile olmaması yukarıda da bahsetmiş olduğumuz gibi radyolarit yumrularının az da olsa belli bir işleme tabi tutulduktan veya denendikten sonra yerleşime taşınmış olduklarını göstermektedir.

Çizelge 1. Radyolaritler üzerindeki ham yüzey oranları.

Table 1. Raw surface proportions on radiolarites

Radyolarit endüstri öğeleri	Ham yüzey oranları					Toplam
	Yok	<1/2	1/2	>1/2	Belirsiz	
Yongalama ürünü	104	92	7	-	1	204
Alet	91	98	11	4	1	205
Çekirdek	12	34	7	2	1	56
Toplam	207	224	25	6	3	465
Oran	%44,52			%55,48		

Karain Alt Paleolitik endüstrisi içerisinde radyolaritin ardından görülen bir diğer hammadde cinsi ise çakmaktaşıdır. Çakmaktaşı sert ve dayanıklı bir yapıda olmakla birlikte kavkısallı kırılmaya olanak sağlamasından dolayı Paleolitik Çağ'da en çok tercih edilen hammadde cinslerinden bir tanesi olmuştur. Çakmaktaşı Karain'in yakın çevresinde sıklıkla karşılaşılan bir hammadde cinsi değildir. Bilinen en yakın çakmaktaşı kaynağı Burhan Deresi'dir. Karain'e yaklaşık olarak 10 km mesafede yer alan bu kaynaktan çok yoğun olmamakla birlikte çakmaktaşı yumrularına rastlanmaktadır. Bunun dışında, 1984 yılında İlhan Kayan ve Angela M. Déroche'un katılımıyla Işın Yalçınkaya başkanlığında gerçekleştirilen Batı Toroslar Prehistorik Yüzey Araştırması'nda, Antalya ve Fethiye körfezleri arasındaki bölgede yer alan Elmalı çevresinde çakmaktaşı yataklarından bahsedilmektedir (Yalçınkaya, 1986; Minzoni-Déroche, 1987). Söz konusu bölge Karain Mağarası'nın yaklaşık olarak 120 km batısında yer almaktadır. Bununla birlikte söz konusu alanın, Karain Alt Paleolitik insanları açısından potansiyel bir kaynak olmakla birlikte ne oranda tercih edildiğiyle ilgili net bir şey söylemek mümkün değildir.

Karain Alt Paleolitik endüstrisi içerisinde tespit edilmiş olan çakmaktaşıları üzerinde de gözlem ve analizler gerçekleştirilmiştir. Bu analizler çakmaktaşı açısından gerçekleşen işlem zinciri hakkında bize birtakım fikirler vermiştir.

İlk olarak endüstri içerisinde en çok görülen çakmaktaşı tiplerinin tespiti gerçekleştirilmiştir. Sonrasında ise çakmaktaşıları üzerindeki damar ve kabuk gibi öğelerin oranları tespit edilmiştir.

Çakmaktaşıları üzerindeki damar oranlarını belirlemeye yönelik olarak gerçekleştirilen gözlemlere göre tüm çakmaktaşıların %73,87'sinin damarsız ve diğerlerine göre daha kaliteli oldukları tespit edilmiştir. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda radyolarit tercihinde olduğu gibi çakmaktaşı tercihinde de kaliteli hammaddeye yönelik bir seçimin ön planda tutulduğu anlaşılmaktadır.

Çakmaktaşı açısından hammaddenin yerleşim alanına ne şekilde taşınmış olabileceğini daha iyi anlayabilmek için hammadde üzerindeki kabuk oranlarına bakmak gereklidir. Buna göre endüstri içerisindeki tüm çakmaktaşılarının %60,36'sında herhangi bir kabuk kalıntısı görülmemiştir. Çakmaktaşılarının %39,64'ü ise belli oranlarda kabuk taşımaktadır (Çizelge 2). Söz konusu oranların radyolaritler üzerinde tespit edilmiş olan ham yüzey oranlarına göre oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Buradan yola çıkarak, çakmaktaşılarının yerleşime taşınmadan önce büyük oranda kabuğundan arındırıldığı anlaşılmaktadır. Bu duruma göre çakmaktaşı kaynaklarının radyolarit kaynaklarına nazaran daha uzak mesafelerde yer almasının Alt Paleolitik insanları tarafından göz önünde bulundurulmuş olduğu anlaşılmaktadır. Paleolitik

Çağ insanların kat ettikleri mesafeler göz önünde bulundurulduğunda, yukarıda değinmiş olduğumuz çakmaktaşı kaynaklarının yerleşime olan uzaklıkları çok fazla gibi gözükme de yükü azaltması açısından hammaddenin kabuğundan arındırılması, enerji tasarrufu anlamında da insan grubuna bir katkı sağlayacaktır.

Çakmaktaşı açısından son olarak alet yapımındaki tercihlerle ilgili bir oranlama yapılmıştır. Buradaki amaç yontma işlemi açısından daha kaliteli olan çakmaktaşının özellikle bazı tip aletlerin yapımında daha fazla tercih edilip edilmediğinin saptanmasıdır. Buna göre Karain Alt Paleolitik alet tipleri arasındaki temel tipler olan kenar kazıyıcılar, dişlemeli aletler, düzeltili yongalar ve çontuklu aletler içerisinde çakmaktaşı tercihi anlamında çok büyük farkların olmadığı anlaşılmıştır. Radyolaritlere nazaran çakmaktaşı tercihinin oranı kenar kazıyıcılarda %26,32, dişlemeli aletlerde %29,82, düzeltili yongalarda %23,68 ve çontuklu aletlerde ise %20,69 olarak belirlenmiştir. Öte yandan her bir hammadde cinsi için, alet üretimi açısından bir değerlendirme yapıldığında çakmaktaşının daha verimli kullanılmış olduğu anlaşılmaktadır. Endüstri içerisindeki tüm radyolaritlerin %44,09'u alet olarak değerlendirilmiştir. Söz konusu oran çakmaktaşlarında ise %50,45'dir. Dolayısıyla çakmaktaşları içerisinde alet üretimine yönelik tercih oranının daha yüksek olduğu görülmektedir.

Çizelge 2. Çakmaktaşları üzerindeki kabuk oranları.

Table 2. Cortex proportions on flints

Çakmaktaşı endüstri öğeleri	Kabuk oranları					Toplam
	Yok	<1/2	1/2	>1/2	Belirsiz	
Yongalama ürünü	29	13	1	-	-	43
Alet	30	23	2	1	-	56
Çekirdek	8	4	-	-	-	12
Toplam	67	40	3	1	-	111
Oran	%60,36		%39,64			

YONTMATAŞ TEKNO-TİPOLOJİ ANALİZLERİ

Tekno-tipolojik analizler kapsamında, Karain Alt Paleolitik seviyelerinden ele geçmiş olan 4767 adet yontmataş buluntu üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu buluntular ilk olarak belli bir sınıflandırmaya tabi tutulmuştur. Buna göre yontmataş buluntular, yongalama ürünleri, çekirdekler, aletler ve yontma artıkları şeklinde ayrılmıştır. Bu parçalar içerisinde en yoğun grubu yontma artıkları (Çalışmamız kapsamında 10 mm'den küçük olan yongalar ile yongalama işlemi esnasında ortaya çıkan her türlü atık parça yontma artığı olarak değerlendirilmiştir) oluşturmaktadır (4184 adet). Temel endüstri öğeleri içerisinde ise en yoğun grup yontmataş aletlerdir (%45,28). Bunu yongalama ürünleri (%42,88) ile çekirdekler (%11,84) takip etmektedir (Çizelge 3).

Tekno-tipolojik analizler 2 aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. İlk olarak yontmataş endüstri içerisindeki yongalama ürünleri ile çekirdekler üzerinde teknolojiye yönelik analizler gerçekleştirilmiştir. Sonrasında ise yontmataş aletler üzerinde tipolojik çalışmalar yapılmıştır.

Teknolojik Analizler

Teknolojik analizler yongalama ürünleri ile çekirdek ve çekirdek parçaları üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3. Yontmataş endüstri içerisindeki temel öğeler.

Table 3. The main elements in chipped stone industry

Temel endüstri öğesi	Sayı	Oran
Yongalama ürünleri	250	%42,88
Aletler	264	%45,28
Çekirdek ve çekirdek parçaları	69	%11,84

Yongalama ürünleri içerisindeki baskın öğeler yongalardır (%94,80). Yongaları çok daha az bir oranla dilgiler takip etmektedir (%5,20). Teknolojik analizler kapsamında söz konusu parçalar üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bunlar tip, boyut, topuk, kopma açısı ve vurma yumrusu analizlerdir. Çekirdekler üzerinde yapılan teknolojik analizlerde ise tip, vurma düzlemi, çıkarım yönü ve boyut gibi unsurlar dikkate alınmıştır. Söz konusu analizler endüstri içerisinde kullanılmış olan yongalama teknikleri hakkında fikir verebilecek analizlerdir. Bu kapsamda yongalama ürünleri üzerinde yapılan topuk analizlerine göre düz topuk taşıyan parçaların baskın olduğu görülmüştür (Çizelge 4).

Çizelge 4. Yongalama ürünleri üzerinde tespit edilmiş olan topuk tipleri.

Table 4. Determined butt types on flaking products.

Topuk durumu	Topuk tipi	Sayı	Oran
Yok	Kırık	59	%23,60
	Düz	155	%62,00
	Ham	29	%11,60
Var	Ezilmiş	4	%1,60
	İkiyüzlü	2	%0,80
	Yüzcüklü	1	%0,40
Toplam		250	%100

Yongalama ürünlerinin kopma açlarına baktığımızda ise söz konusu parçaların çok büyük

bir oranda 90°'nin üzerinde kopma açlarına sahip oldukları görülmektedir (Çizelge 5). Yine teknoloji hakkında fikir verebilecek vurma yumrusu analizlerinde ise söz konusu alanı (proksimal) sağlam olan parçaların %80,88'inin belirgin vurma yumrularına sahip oldukları görülmüştür (Çizelge 6).

Çizelge 5. Yongalama ürünleri üzerindeki kopma açıları.

Table 5. Flaking angles on flaking products.

Kopma açısı	Yongalama ürün sayısı	Oran
Yok	14	
90°	64	%27,12
>90°	172	%72,88

Çizelge 6. Yongalama ürünleri üzerindeki vurma yumruları.

Table 6. Percussion bulbs on flaking products.

Vurma yumrusu	Yongalama ürün sayısı	Oran
Yok	46	
Belirgin	165	%80,88
Oldukça belirgin	39	%19,12

Yongalama ürünleri üzerindeki son analizler ise boyut analizleri olmuştur. Boyut analizlerinde yongalama ürünlerinin hem genel hem de standart boyut ortalamaları tespit edilmiştir. Buna göre yongalama ürünlerinin genel uzunluk ortalaması 41,5 mm olarak ölçülmüştür. Ancak oldukça az sayıdaki büyük boyutlu örneklerin bu ortalamayı arttırdığı görülmüştür. Bu açıdan yongalama ürünlerinin gerçek boyut standartlarını öğrenebilmek için belli boyut aralıklarında yer alan örneklerin sayıları tespit edilmiştir. Buna göre 20 – 49 mm uzunluk grubuna giren yongalama ürünlerinin en yoğun grubu oluşturduğu görülmüştür. Yongalama ürünlerinin genişlikleri açısından ise standardın 10 – 49 mm olduğu anlaşılmıştır (Çizelge 7).

Teknolojik analizlerin ikinci aşamasında ise çekirdekler üzerinde bir takım gözlem ve ölçümler gerçekleştirilmiştir. Çekirdeklerin tüm yontmataş endüstri içerisindeki oranı %11,84 olarak tespit edilmiştir. Çekirdekler hazırlanmış ve hazırlanmamış tipler olarak ikiye ayrılmışlardır (Şekil 6). Söz konusu tipler içerisinde baskın olan grup hazırlanmamış çekirdeklerdir (Şekil 6/1-4; 6-7). Çekirdekler üzerinde gerçekleştirilmiş olan vurma düzlemi gözlemlerine göre ise çok büyük bir oranda düz vurma düzlemlerli parçaların baskın olduğu görülmüştür (Çizelge 8). Bu sonucun yukarıda değinmiş olduğumuz yongalama ürünleri üzerindeki topuk analizleriyle örtüştüğü görülmektedir (çekirdekten koparılan parçalar olan yongalama ürünlerinde düz topuk baskındır). Çekirdekler üzerinde yapılan bir diğer analiz ise çıkarım yönlerini belirlemeye yöneliktir. Buna göre çekirdeklerin çoğunluğunun düzensiz vurma düzlemine (çok yönlü) sahip olduğu tespit edilmiştir (%56,52). Diğer gruplar ise tek (%23,19) ve merkezci (%13,04) vurma düzlemlerli çekirdeklerdir (Çizelge 9). Birer adet örnekle temsil edilen iki ve çapraz kutuplu örnek dışında çekirdeklerin %4,35'inin ise vurma düzlemi belirlenememiştir.

Çizelge 7. Yongalama ürünlerinin uzunluk ve genişlik standartları.

Table 7. Standard dimensions of flaking products.

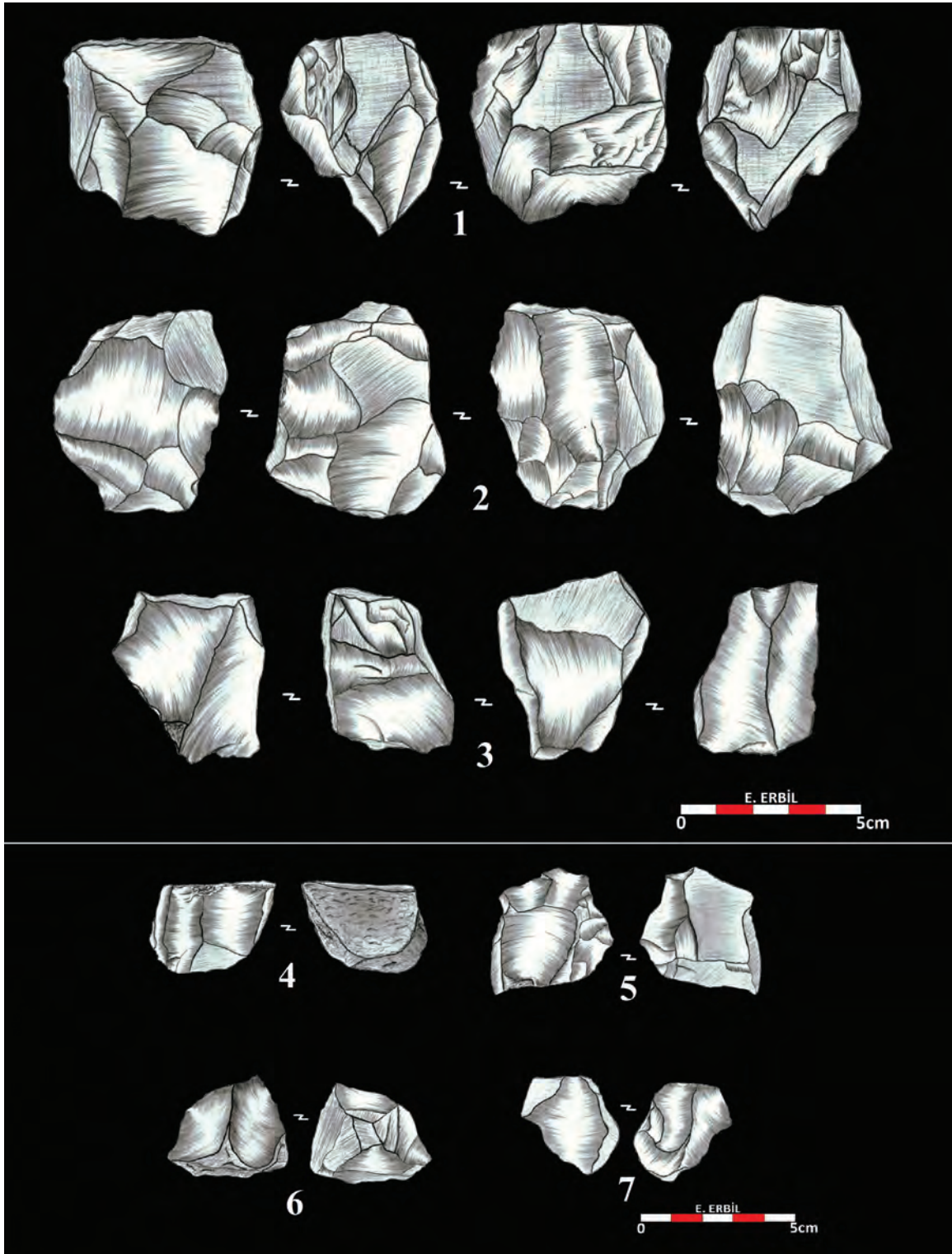
Uzunluk aralığı (mm)	Yongalama ürün sayısı
10 – 19	11
20 – 29	55
30 – 39	54
40 – 49	31
50 – 59	9
60 – 69	2

Genişlik aralığı	Yongalama ürün sayısı
10 – 19	21
20 – 29	103
30 – 39	62
40 – 49	18
50 – 59	5
60 – 69	2

Çizelge 8. Hazırlanmamış çekirdekler üzerindeki vurma düzlemi tipleri.

Table 8. Striking platform types on unprepared cores.

Hazırlanmamış Çekirdek tipi	Vurma düzlemi tipi				
	Düz	Ham	Düz / ham	Belirsiz	Kırık
Şekilsiz	30	5	7	-	1
Çekirdek parçası	16	-	1	2	-
Denenmiş	2	2	-	-	-



Şekil 6. Çekirdek örnekleri. 1-4, 6-7 hazırlanmamış çekirdekler; 5 Proto-levallois çekirdek.

Figure 6. core samples. 1-4, 6-7 unprepared cores; 5 Proto-levallois core

Çekirdekler üzerinde son olarak boyut analizleri gerçekleştirilmiştir. Yongalama ürünlerinde olduğu gibi çekirdekler üzerinde de genel ve standart boyutları belirlemeye yönelik ölçümler alınmıştır. Genel ortalamaya göre çekirdek uzunlukları 61 mm iken standart çekirdek uzunluk ortalamasının 20 – 49 mm aralığında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 10).

Çizelge 9. Çekirdekler üzerindeki çıkarım yönleri.

Table 9. Flaking directions on cores.

Çekirdek çıkarım yönü	Çekirdek sayısı	Oran
Düzensiz (çok yönlü)	39	%56,52
Tek	16	%23,19
Merkezcil	9	%13,04
Belirsiz	3	%4,35
İki	1	%1,45
Çapraz	1	%1,45

Çizelge 10. Çekirdeklerin uzunluk standartları.

Table 10. Standard dimensions of cores.

Uzunluk aralığı (mm)	Çekirdek sayısı
10 – 19	2
20 – 29	10
30 – 39	15
40 – 49	13
50 – 59	5
60 – 69	2
70 – 79	-
80 – 89	1
90 – 99	1
100 – 109	1

Yongalama ürünleri ve çekirdekler üzerinde yapılan analizler, Karain Alt Paleolitik endüstrisi içerisinde tercih edilmiş olan yongalama tekniği hakkında birtakım fikirler vermiştir. Özellikle

vurma yumrusu (belirgin) ve kopma açısı ($>90^\circ$) gibi teknolojik göstergelere baktığımızda endüstri içerisinde sert (taş) vurgaçla doğrudan yongalama tekniğinin hâkim olduğu anlaşılmaktadır. Özellikle Alt Paleolitik'in Clactonian endüstrilerinde görülen örs üzerinde yongalamaya dair bir iz görülmemiştir. Endüstri içerisinde en sık tercih edilen hammadde cinsi olan radyolaritler açısından baktığımızda da söz konusu kayaca ait yumruların örs üzerinde yongalama açısından çok uygun olmadıkları görülmektedir. Yakın çevrede yer alan radyolaritler genelde küçük boyutlu yumrular halinde görülmektedir. Yine teknolojik veriler ışığında, özellikle Orta Paleolitik Dönem'de görülen, bununla birlikte Alt Paleolitik Dönem'in sonunda da örneklerine rastladığımız Levallois teknolojiye ait tek örnek dışında herhangi bir kalıntıya rastlanmamıştır. Söz konusu teknolojinin önemli göstergelerinden bir tanesi olan çekirdek hazırlama işlemine dair izler ne çekirdekler ne de yongalama ürünleri üzerinde gözlemlenmiştir. Endüstri içerisinde Levallois teknolojiyi çağrıştıracak tek örnek Proto-Levallois bir çekirdektir (Şekil 6/5).

Tipolojik Analizler

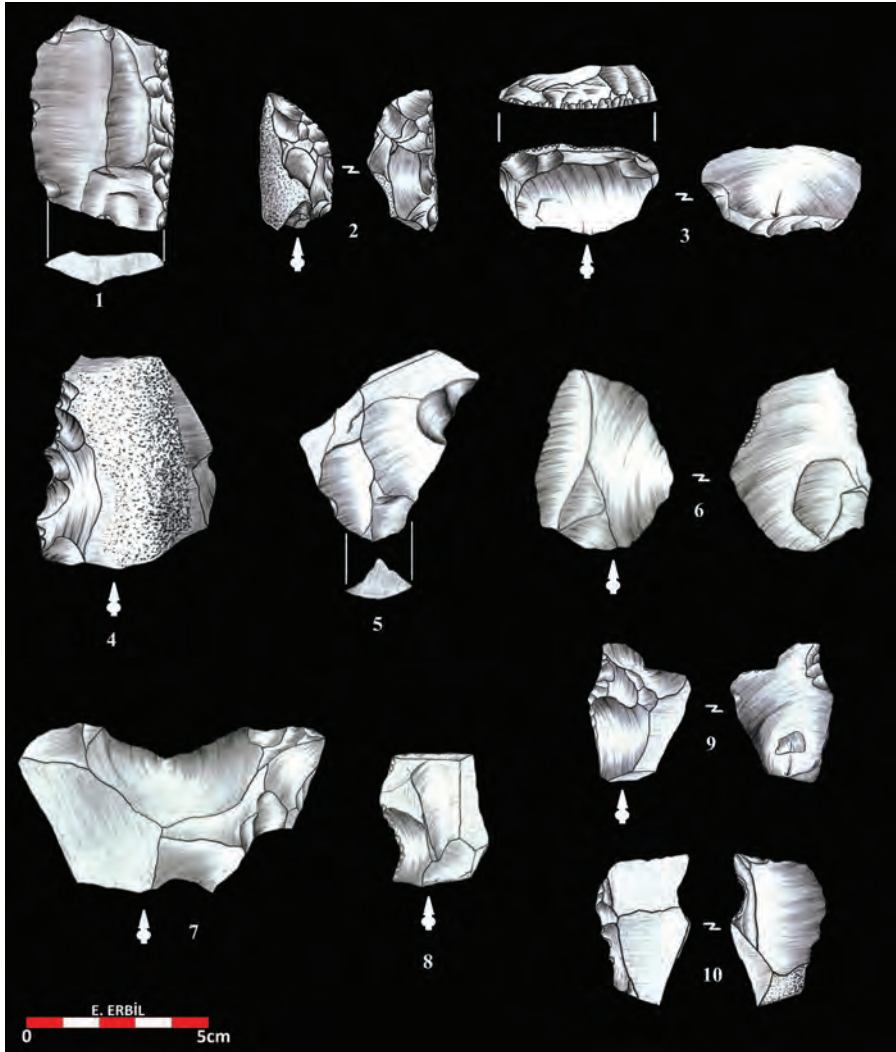
Yontmataş endüstriyi tanımlamaya yönelik olarak yapmış olduğumuz çalışmalardan bir diğeri olan tipolojik analizler aletler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Aletler temel yontmataş endüstri öğeleri içerisinde %45,28 oranına sahiptir. Alt Paleolitik seviyelerden ele geçmiş olan yontmataş aletler tip ve alt tiplerine göre sınıflandırılmışlardır. Buna göre kenar kazıyıcı (%25,91) ve dişlemeli alet (%25,91) olarak isimlendirilen tipler tüm aletler içerisinde en fazla orana sahip gruplar olarak dikkat çekmektedirler. Bu grupları düzelteli yongalar (%17,27), diğer aletler (%14,55), çontuklu aletler (%13,18) ve bileşik aletler (%3,18) takip etmektedir (Şekil 7).

Yontmataş aletler üzerinde yapılan düzelteli analizlerine göre baskın düzelteli tipinin pulcuklu

düzeltili olduğu tespit edilmiştir (%39,85). İkinci sırada ise basamak pulcuklu düzeltiye sahip olan parçalar gelmektedir (%22,99). Basamak pulcuklu düzeltilerin özellikle kenar kazıyıcı grubunda tercih edilmiş olduğu görülmektedir (Çizelge 11).

Yontmataş aletler üzerinde yapılmış olan kabuk ve ham yüzey analizleri, söz konusu parçaların daha çok, çekirdekler üzerinden koparılan ikincil yongalar üzerine yapılmış

olduklarını göstermektedir. Yapılan analizler sonucu yontmataş alet taşımalarının büyük bir çoğunluğunun çok az oranlarda kabuk ya da ham yüzey taşıdığı tespit edilmiştir. Tüm aletlerin %46,74'ü herhangi bir kabuk ya da ham yüzey kalıntısı taşımamaktadır. %46,36'sı ise çok az oranlarda kabuk ya da ham yüzeye sahiptir. Bu açıdan bakıldığında taşımaları tercihinde kabuk ya da ham yüzey oranı oldukça az olan parçaların seçilmiş olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 7. Yontmataş alet örnekleri. 1-3 kenar kazıyıcılar; 4-5 dişlemeli aletler; 6 düzeltili yonga; 7-8 çontuklu aletler; 9-10 bileşik aletler.

Figure 7. Chipped stone tool samples. 1-3 side scrapers; 4-5 denticulates; 6 retouched flake; 7-8 notches; 9-10 multiple tools.

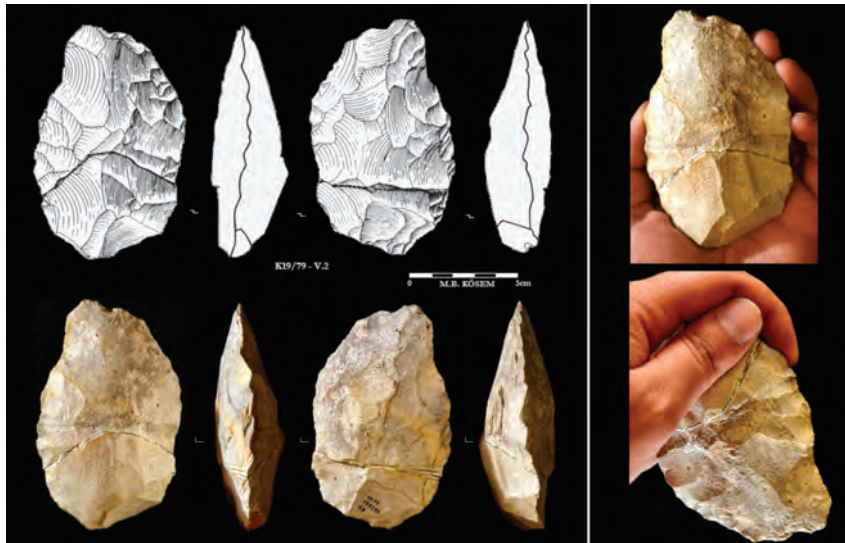
Yongalama ürünleri ve çekirdeklerde olduğu gibi aletler üzerinde de boyut analizleri gerçekleştirilmiştir. Boyut analizlerine göre alet tiplerinin büyük çoğunluğuna ait ortalamaların yongalama ürünleri ile benzer olduğu görülmektedir. Kenar kazıyıcı olarak sınıflandırılmış aletlerin ise taşımalık boyutlarının diğer endüstri öğelerine göre daha büyük olduğu tespit edilmiştir (standart uzunluk 20 – 59 mm / standart genişlik 20 – 49 mm). Bu durum göz önünde bulundurulduğunda kenar kazıyıcıların özellikle daha büyük taşımalıklar üzerine yapılmış oldukları anlaşılmaktadır.

Çizelge 11. Yontmataş aletlerde en sık görülen düzelti tiplerine ait oransal dağılımlar.

Table 11. Percentages of retouch types on chipped stone tools.

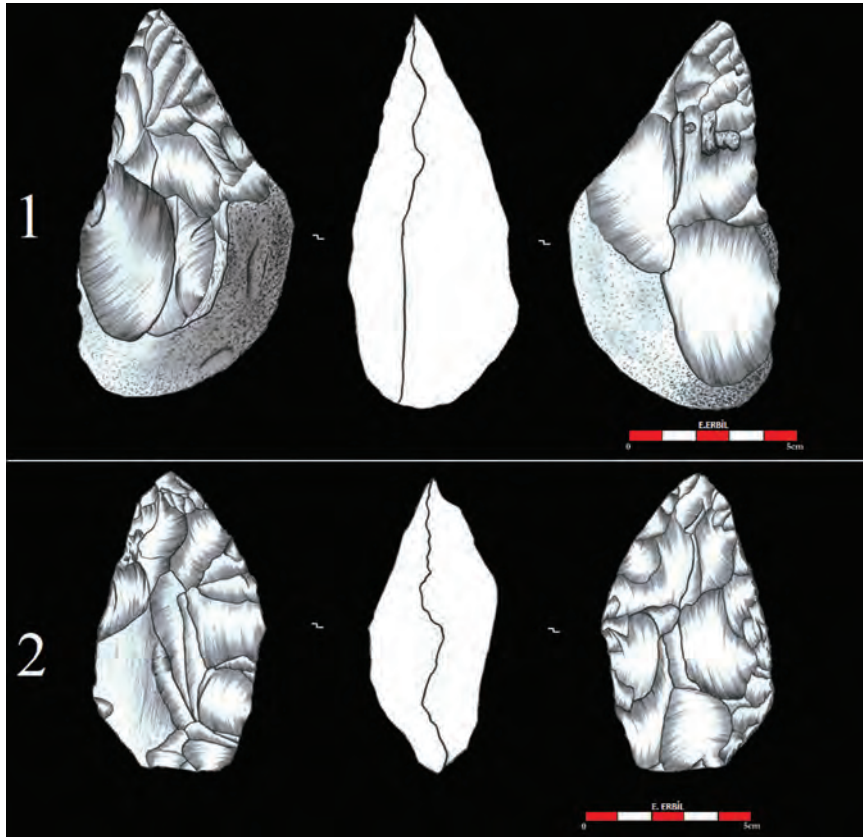
Yontmataş alet düzelti tipi	Oran
Pulcuklu	%39,85
Basamak pulcuklu	%22,99
Kullanım	%10,34
Kemirim	%9,58
Yongalama	%6,51

Karain Alt Paleolitik alet tipleri içerisinde en önemli gruplardan bir tanesi iki yüzeyle aletlerdir. Alt Paleolitik Dönem içerisinde gelişen ve *Homo erectus* insanına atfedilen bir yontmataş kültürü olan Acheulean'ın karakteristik alet tipleri olan iki yüzeylilere ait Karain endüstrisi içerisinde 3 adet örnek mevcuttur. Bu örnekler Acheulean kültürün ve dolayısıyla *Homo erectus*'ün yayılımına ışık tutması açısından oldukça önemli parçalardır. Söz konusu örneklerden bir tanesi 2007 yılı kazıları sırasında (Yalçinkaya vd., 2009) K19 plankaresinin 79. arkeolojik seviyesinden ele geçmiş olan bir örnektir (Şekil 8). Diğer örnekler ise İ. Kılıç Kökten (Kökten, 1957) tarafından ilk dönem kazılarında tespit edilmiş olan parçalardır (Şekil 9/1, 2). Biçimsel olarak bakıldığında söz konusu örneklerden iki tanesi badem biçimli sınıfa sokulmaktadır (Şekil 8; Şekil 9/2) (F. Bordes'un İki yüzeyle alet ölçüm sistemi kullanılmıştır). Diğer örnek ise Micoquian tiplere benzemektedir (Şekil 9/1). Aynı parça üzerinde analiz ve ölçümler gerçekleştirmiş olan Işın Yalçinkaya'da söz konusu parçanın, iç bükey kenarları, ileriye doğru çıkmış ucu ve yuvarımsı dibiyile Micoquian iki yüzeylilerin tanımına uyduğunu belirtmiştir (Yalçinkaya, 1989: 106).



Şekil 8. İki yüzeyle alet (Badem biçimli).

Figure 8. Biface (Amygdaloidal).



Şekil 9. İki yüzeyli aletler. 1 Micoquian tip; 2 badem biçimli.

Figure 9. Bifaces. 1 Micoquian; 2 Amygdaloidal.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

Çalışmamız kapsamında Karain Alt Paleolitik Dönem yontmataş endüstrisi içerisinde yer alan toplam 4767 adet endüstri ögesi üzerinde hammadde ve tekno-tipoloji analizleri gerçekleştirilmiştir. Buradaki ilk amacımız endüstri öğelerinin ayrıntılı tekno-tipolojik özelliklerini ortaya koyarak buluntu topluluğunu yontmataş kültürü açısından tanımlayabilmek olmuştur. Sonrasında ise Türkiye ve özellikle Levant Bölgesi'nin çağdaş kültürleriyle karşılaştırmalar yapılarak kültürel yayılıma belli ölçüde ışık tutabilmek amaçlanmıştır.

Karain Alt Paleolitik yontmataş endüstrisi üzerinde yapmış olduğumuz hammadde analizleri bize yontmataş işlem zinciri hakkında birtakım

fikirler vermiştir. Buna göre yerel hammadde kullanımının baskın olduğu görülmektedir. Yontmataş endüstri ortaya çıkarılırken yakın çevrede yer alan radyolarit yatakları sıklıkla tercih edilmiştir. Endüstri içerisindeki radyolaritler üzerinde yapılan ham yüzey analizlerine göre söz konusu hammaddenin yerleşime taşınmadan önce az da olsa belli bir işlemden geçirildiği anlaşılmaktadır. Bu işlem büyük ihtimalle hammaddeyi denemek için yapılmış olan bir yongalama işlemidir. Hammadde bloğu üzerinden bir veya birkaç deneme yongası alındıktan sonra yerleşime taşınmış olduğu anlaşılmaktadır. Bu konudaki fikirlerimizi güçlendiren bir diğer veri ise radyolaritler üzerindeki damar oranlarıdır. Yontmataş endüstri içerisinde en sık tercih edilen

radıolaritlerin %77,83'ünde damar bulunmaması söz konusu parçaların büyük oranda kaynağında denendikten sonra yerleşime taşınmış olduklarını göstermektedir. Bu durumu destekleyen bir diğer veri ise endüstri içerisinde, tüm üst yüzü ham yüzeyle kaplı (birincil yonga) tek bir yonganın bile olmamasıdır. Bu veri radıolaritlerin yerleşime kesinlikle deneme işleminden sonra getirildiklerini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte Alt Paleolitik seviyeler içerisinde tespit edilmiş olan çok sayıdaki yontma artığı, hammaddenin yerleşime taşınma işleminden sonra büyük oranda yerleşim içerisinde yongalanmış olduğunu göstermektedir. Çakmaktaşı açısından baktığımızda ise endüstri öğeleri üzerindeki düşük kabuk oranı, söz konusu hammaddenin yerleşime taşınırken kabuğundan daha fazla arındırılmış olduğunu göstermektedir. Bu tercihte çakmaktaşı kaynaklarının daha uzak mesafelerde yer almasının bir etken olduğu düşünülebilir.

Hammadde analizlerinden sonra yontmataş endüstri öğeleri üzerinde tekno-tipolojik analizler gerçekleştirilmiştir. Söz konusu analizlere göre çalışılmış olan tüm seviyelerden ele geçmiş yontmataş buluntuların aynı teknolojik süreci işaret etmekte olduğu anlaşılmıştır. Söz konusu sürecin özelliklerine baktığımızda, genelde kalın ve küçük boyutlu yongalama ürünlerinin geniş topuk ve belirgin vurma yumrularına sahip oldukları görülmektedir. Yongalama ürünlerinin çok büyük bir çoğunluğu 90°'den büyük kopma açılara sahiptir. Söz konusu parçaların büyük çoğunluğunun şekilsiz çekirdeklerden düzensiz (çok yönlü) bir şekilde yongalanmış oldukları anlaşılmıştır. Yontmataş endüstri içerisinde özellikle Orta Paleolitik Dönem'de görülen Levallois teknolojiye ait bir iz yoktur. Levallois teknolojiyi çağrıştıran tek örnek Proto-Levallois bir çekirdektir. Yukarıda bahsetmiş olduğumuz gibi endüstri öğelerinin küçük boyutlarda olması teknolojik bir tercih olabileceği gibi daha çok kullanılan hammadde kaynaklarıyla ilişkili bir durum gibi gözükmektedir. Zira temel

hammadde kaynağı olan radıolaritler özellikle Kızılın Deresi'nde küçük çakıllar şeklinde ele geçmektedir.

Karain Alt Paleolitik Dönem yontmataş endüstrisi içerisinde teknolojik özellikler dışında tipolojik özellikler açısından da seviyeler arası bir farklılık gözükmemektedir. Yontmataş öğelerin yoğun olarak ele geçmiş olduğu tüm seviyelerdeki aletlerin tipolojik özellikleri birbirine yakındır. Kenar kazıyıcılar ve dişlemeli aletlerin neredeyse tüm seviyelerdeki baskın alet tipi oldukları belirlenmiştir. Alet tipleri içerisinde şüphesiz ki iki yüzeylilerin varlığı çok önemlidir. Söz konusu örnekler yaklaşık olarak 400 bin yıl öncesindeki bir süreçte Anadolu'nun güneyinde *Homo erectus*'un varlığını ortaya koymasından oldukça önemli bir konuma sahiptir.

Yukarıda ayrıntılı bir şekilde vermiş olduğumuz Karain Alt Paleolitik endüstrisi, tekno-tipolojik özellikleri bakımından özellikle Levant Bölgesi'ndeki bazı yerleşimlerden çok iyi bir şekilde tanımlanan Tayacian kültür grubunun özelliklerini yansıtmaktadır. Levant Bölgesi'nde yaklaşık olarak 400 bin yıl öncesine tarihlenen bazı yerleşimlerde iki yüzeyli teknolojisinin olmadığı ya da çok ender olarak görüldüğü, genellikle küçük boyutlu yonga endüstrileriyle tanımlanan bir kültürel sürecin varlığı bilinmektedir. Bu süreç Levant Bölgesi'nde Tayacian olarak isimlendirilmiştir. Tayacian, söz konusu bölgede Orta Acheulean sonu ve Üst Acheulean'ın bir kısmını kapsayan aralıkta (GÖ. 480 – 415 bin) görülmektedir (Mercier vd., 2000; Zaidner vd., 2003). Karain ve Levant Bölgesi Tayacian endüstrileri arasındaki benzerlikler özellikle hammadde tercihi, yongalama teknikleri, yongalama ürünlerinin tip ve boyutları ile genel alet tipleri açısından öne çıkmaktadır. Bununla birlikte Karain Alt Paleolitik endüstrisi içerisinde az sayıda da olsa iki yüzeyli aletlere rastlanması Acheulean kültür öğelerinin de var olduğunu ortaya koymaktadır. Benzer bir durumla Levant Bölgesi'ndeki bazı yerleşimlerde

de karşılaşılmaktadır. Örnek olarak Suriye'nin kuzeydoğusundaki Hummal (Le-Tensorer vd., 2007a; Le-Tensorer vd., 2007b; Copeland, 2003) ve İsrail'de yer alan Revadim (Marder vd., 2011; Malinsky-Buller vd., 2011a; Malinsky-Buller vd., 2011b) yerleşimlerinde, Karain'de olduğu gibi küçük boyutlu yonga endüstrilerinin yanında az sayılarda Acheulean iki yüzeylilerin de varlığı bilinmektedir. Bu durum yaklaşık olarak 400 bin yıl öncesindeki bir süreçte, Yakındoğu coğrafyasındaki bazı yerleşimlerde Acheulean ve Tayacian endüstrilerin bir arada görüldüğü kültür gruplarının yer aldığını göstermektedir. Levant Bölgesi'nde, söz konusu yerleşimler dışında Ras Beirut (Cordon Littoral) (Copeland, 2003), Umm Qatafa (Neuville, 1931; Copeland, 2003), Kefar Menachem (Barzilai vd., 2006), Bizat Ruhama (Ronen, 2006; Zaidner vd., 2003; Ronen vd., 1998), Tabun (Jelinek vd., 1973; Mercier vd., 2000; Copeland, 2003), Bezez (Copeland, 1983; 2003) ve Yabrud (Mercier vd., 2000; Copeland, 2003) gibi yerleşimler, Karain Alt Paleolitik endüstrisi ile tekno-tipolojik açıdan oldukça benzer özellikler sergileyen endüstriler sunmaktadır.

Yukarıda bahsetmiş olduğumuz Levant yerleşimlerinden tespit edilmiş olan Tayacian endüstri öğelerinin tekno-tipolojik özelliklerine biraz daha ayrıntılı bakıldığında Karain Alt Paleolitik buluntularıyla olan benzerlikler daha net bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Söz konusu yerleşimlerden birisi olan Bizat Ruhama'da 480±120 bin tarihi ile yaşlandırılmış olan C seviyesinden tespit edilmiş olan yontmataş endüstri "Mikrolitik Acheulean" ya da "Küçük Alet Geleneği" olarak isimlendirilmiştir (Zaidner vd., 2003; Ronen vd., 1998). Aletler içerisinde kalın yongalar üzerine yapılmış deliciler ve dik düzeltilemlerle işlenmiş kenar kazıyıcılar dikkat çekmektedir. Söz konusu buluntuların tespit edilmiş olduğu seviyede iki yüzeylilere ait bir iz yoktur. Yine İsrail'de yer alan bir diğer yerleşim olan Kefar Menachem'de de tespit edilmiş olan endüstri benzer özellikler göstermektedir.

Çok yönlü, merkezci ve prizmatik yongalama teknolojilerinin görüldüğü endüstrideki ürünlerin büyük çoğunluğu ezilmiş topuklar ve belirgin vurma yumruları taşımaktadır. Bu durumun sert vurgaç kullanımıyla bağlantılı olduğu düşünülmektedir. Kefar Menachem'in alet çantası içerisinde düzeltile yongalar, kazıyıcılar, çontuklular, dişlemeliler, deliciler ve az sayıda çekirdek kıyıcılar yer almaktadır (Barzilai vd., 2006).

Tekno-tipolojik açıdan Karain Alt Paleolitik endüstrisiyle bir takım benzerlikler gösteren bir diğer Levant yerleşimi ise Umm Qatafa'dır. Söz konusu mağarada Üst Acheulean seviyenin hemen altında yer alan E3, F ve G1-2 seviyeleri Tayacian'e atfedilmiştir. Buluntular küçük ve kaba görünümdeki yonga ve dilgilerden oluşmaktadır. Endüstrinin çok büyük bir çoğunluğu Levallois olmayan ürünlerden oluşmaktadır. Yalnızca bir adet Proto-Levallois yonga tespit edilmiştir. Aletler içerisinde atipik kenar kazıyıcılar, çontuklular, dişlemeliler ve kaba uçlar yer almaktadır (Copeland, 2003).

Levant Bölgesi'nde yer alan ve tekno-tipolojik verileri itibariyle Tayacian geleneğine atfedilen bir diğer yerleşim ise Ras Beirut'dur. Burada tespit edilmiş olan yongalama ürünlerinin sert vurgaçla yongalanmış oldukları ifade edilmiştir. Taşmalıklar kalın olup düz topuk taşımaktadırlar. Aynı zamanda yüksek kopma açıları ve belirgin vurma yumruları sergilemektedirler (Copeland, 2003). Başlıca alet grupları arasında ham sırtlı bıçaklar, kenar kazıyıcılar, dişlemeliler ve çontuklular yer almaktadır. Genelde düz vurma düzlemine sahip olan çekirdekler tek kutuplu yassı ve prizmatik olmak üzere iki gruba ayrılmaktadırlar. Çekirdek grubu içerisinde yalnızca bir adet Proto-Levallois örnek mevcuttur. Söz konusu endüstri içerisinde boyut ölçümlerine göre üç grup belirlenmiştir. Buna göre en büyük boyutlu grubun ortalaması 16x10x3.7 cm, orta grubun uzunluk ortalaması 6 – 9 cm ve en küçük grubun ortalaması ise 3.7x2.8x0.8 cm olarak belirlenmiştir (Copeland, 2003).

Levant coğrafyasında mutlak tarihlendirilmesi yapılmış az sayıdaki Tayacian yerleşimden bir tanesi Tabun'dur. GÖ. 415±27 bin (Mercier vd., 2000) tarihini veren G seviyesinden (Tabunian) düzensiz ve küçük boyutlu yongaların bulunduğu, oldukça az sayıda dilginin tespit edilmiş olduğu bir endüstri ele geçmiştir. Dere ve sahil çakıllarından yongalanmış olan bu parçalar üzerlerinde çentikler ve kullanım düzeltileri taşımaktadırlar. Bunlar dışında küçük kaba kıyıcıların da ele geçmiş olduğu bildirilmiştir (Copeland, 2003).

Lübnan sınırları içerisinde kalan Bezez Mağarası'nda Acheulo-Yabrudian seviyenin hemen altında Tayacian'e atfedilmiş bir endüstri tespit edilmiştir. Endüstri öğeleri içerisinde Clactonian tip sert vurgaç kullanımının ve Levallois olmayan yongalama ürünlerinin baskın olduğu tespit edilmiştir. Ürünlerin büyük çoğunluğu düz topuklu ve geniş kopma açılıdır. Taşımaklar küçük boyutlardadırlar. Söz konusu parçaların basit ve prizmatik çekirdeklerden yongalanmış oldukları anlaşılmıştır (Copeland, 1983; 2003).

Levant Bölgesi'nin küçük boyutlu yonga endüstrileri sunan bir diğer Alt Paleolitik yerleşimi Yabrud Kaya Sığınağı'dır. Tayacian'e atfedilen ve Shemsian olarak da bilinen IV. seviye oldukça önemli buluntular sunmuştur. Ham sırtlı bıçakların yoğunlukta olduğu endüstri içerisinde çoğunluğu Clactonian tip olan çontuklular, dişlemeliler ve yine taşımakları Levallois olmayan yonga ve dilgilerden oluşan düzeltili parçalar ele geçmiştir. Yongalama ürünleri, sert vurgaç yardımıyla el içerisinde gerçekleştirilmiş olan bir yongalama tekniğine işaret etmektedir. Bunun sonucu olarak geniş kopma açılı ve belirgin vurma yumrulu parçalar ortaya çıkmıştır. Söz konusu parçaların topuk kısımları çok büyük bir oranda düzdür (Copeland, 2003).

Yukarıda bahsetmiş olduğumuz küçük boyutlu yonga endüstrileriyle temsil edilen yerleşimler dışında aynı bölgede yine küçük boyutlu yonga

endüstrilerinin baskın olduğu ancak az sayıda da olsa iki yüzeylilerle karşılaşılan yerleşimler de mevcuttur. Söz konusu yerleşimlerden birisi olan Revadim GÖ. 500 ile 300 bin yıl (U-th) arasındaki sürece ait buluntular sunmuştur (Malinsky-Buller, vd., 2011a; 2011b). Çok sayıda iki yüzeyli aletin ele geçmiş olduğu B2 ve C5 seviyelerinin altında yer alan C1 – C4 seviyeleri küçük boyutlu çok sayıda yonga ve yonga aletin baskın olduğu bir endüstri topluluğu sunmuştur. Yongaların ortalama uzunlukları 25 mm'dir. Alet tipleri içerisinde kenar kazıyıcılar, dişlemeliler ve çontuklular yoğunluktadır. Kenar kazıyıcılar üzerinde tespit edilmiş olan düzeltiler genellikle dik ve yarı dik şekilde işlenmiş basamak pulcuklu ya da kaplayan tip düzeltilerdir. 4 seviye içerisinde ele geçmiş olan binlerce parçanın içerisinde yalnızca 6 adet iki yüzeyli alet tespit edilmiştir (Malinsky-Buller vd., 2011a).

Tayacian kültür öğeleriyle birlikte az sayıda Acheulean buluntunun da ele geçmiş olduğu yerleşimlerden bir diğeri ise El-Kown havzasında yer alan Hummal'dır. Tayacian buluntular söz konusu yerleşimin 13 – 18. seviyeleri arasından ele geçmiştir (Le-Tensorer vd., 2007b; Copeland, 2003). İlerleyen yıllarda söz konusu seviyelerden 2 adet tipik Acheulean iki yüzeylinin ele geçmiş olması bu seviyelerdeki kültürün Acheulo-Tayacian olarak isimlendirilmesine sebep olmuştur (Le-Tensorer vd., 2007a).

Yukarıda değinmiş olduğumuz, Tayacian ve kısmen de Acheulean kültür öğelerini barındıran yerleşimler ile Karain Alt Paleolitik endüstrisi arasında çok büyük oranda benzerlikler olduğu gibi bazı noktalarda farklılıkların da olduğu tespit edilmiştir.

Teknolojik açıdan baktığımızda Karain dâhil olmak üzere yukarıda değinilen tüm yerleşimlerde sert vurgaçla basit bir yongalama tekniğinin kullanılmış olduğu anlaşılmaktadır. Söz konusu endüstrilerin neredeyse hiç birisinde Levallois teknoloji görülmemiştir. Karain, Umm Qatafa

ve Ras Beirut endüstrilerinde birer adet Proto-Levallois örnek tespit edilmiştir. Yerleşimlerin büyük çoğunluğunda yongaların düz topuk taşıdıkları, bununla birlikte yongalama tekniğiyle bağlantılı olarak belirgin vurma yumrulu ve 90°'den büyük kopma açısına sahip olan parçaların yoğunlukta olduğu belirtilmiştir. Yine söz konusu endüstrilerin yongalama ürün boyutları açısından ortak özelliklere sahip oldukları görülmektedir. Tüm endüstrilerdeki yongalama ürün boyutlarının küçük olduğu anlaşılmaktadır. Boyut ölçümleri yapılan Ras Beirut buluntuları 3 gruba ayrılmış ve en küçük boyutlu grubun ortalama uzunluğunun 37 mm olduğu belirtilmiştir. Revadim'de ise yonga boyutları daha da küçüktür (25 mm). Karain Alt Paleolitik endüstrisine de baktığımızda yongalama ürün ortalamasının 41,5 mm olduğu görülmektedir. Tayacian'e atfedilen yontmataş kültür gruplarının karakteristik bir özelliği olan küçük boyut olgusu hammaddeye bağlı bir durum gibi gözükmektedir. Karain'e de baktığımızda endüstrinin temel hammaddesi olan radyolaritin çevre kaynaklarda küçük çakıllar şeklinde bulunduğu görülmektedir. Bununla birlikte Ras Beirut endüstrisi üzerinde yapılmış olan teknolojik çalışmalara göre, çekirdek olarak özellikle kırılmış çakılların tercih edilmiş olması (Copeland, 2003: 102, 103), kimi durumlarda özellikle küçük taşmalık üretimine yönelik olarak bir tercihin yapılmış olabileceğini düşündürmektedir.

Teknolojik verilerde olduğu gibi tipolojik veriler doğrultusunda da Karain Alt Paleolitik endüstrisinin Levant Bölgesi'nin Tayacian kültür öğeleriyle benzerlikler taşıdığı görülmektedir. Alet tipleri açısından baktığımızda yukarıda değinilen Tayacian yerleşimlerin çoğunda en yaygın tiplerin kenar kazıyıcılar, dişlemeliler, düzeltili yongalar ve çontuklular olduğu belirtilmektedir. Yine Karain Alt Paleolitik endüstrisi içerisinde, yapmış olduğumuz tipolojik sınıflamaya göre baskın grup olan kenar kazıyıcılar ve dişlemelileri düzeltili yongalar ve çontuklu aletler takip etmektedir. Tayacian yerleşimlerde görülen ham sırtlı

bıçaklara ait örneklere Karain endüstrisi içerisinde de rastlanmaktadır (Şekil 10/3, 4). Bunun dışında nadiren de olsa küçük kaba kıyıcı veya kıyıcı aletlerin varlığından bahsedilmektedir. Yine Karain Alt Paleolitik endüstrisine baktığımızda birer adet kıyıcı (Şekil 10/1) ve kıyıcı aletin (Şekil 10/2) tespit edilmiş olduğunu görmekteyiz.

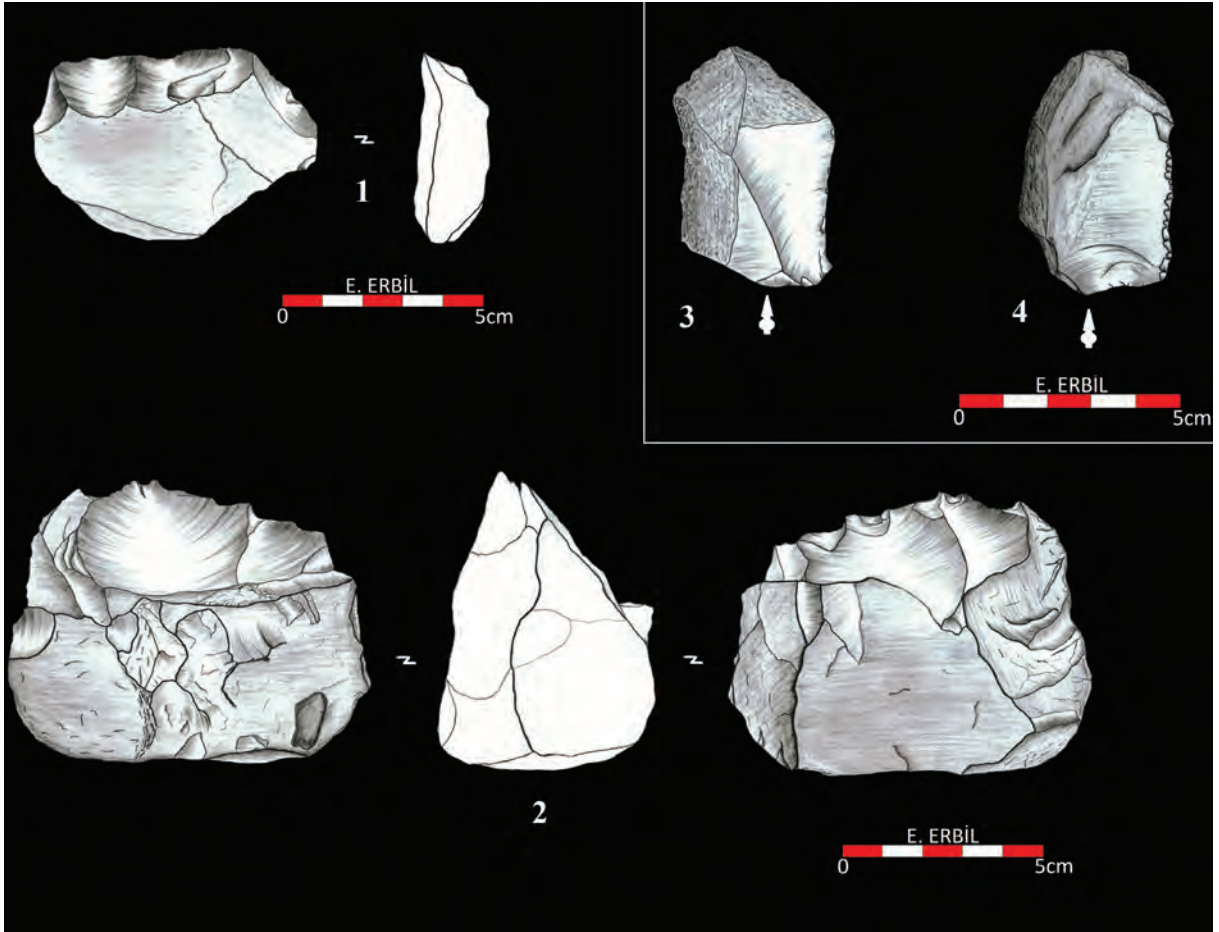
Yukarıda da belirtmiş olduğumuz gibi Tayacian endüstri gruplarının karakteristik özelliklerinden bir tanesi söz konusu gruplar içerisinde iki yüzeyli aletlerin yokluğu ya da çok az sayılarda ele geçiyor olmasıdır. Bu durumun örneklerini Hummal ve Revadim yerleşimlerinde görmekteyiz. Yine benzer bir durumla Karain Alt Paleolitik endüstrisi içerisinde de karşılaşmaktayız. Bu durum aslında Tayacian ve Acheulean kültür öğelerini yaratan insan gruplarının aynı olduğunu ortaya koyması açısından oldukça önemli bir veri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Aletler üzerindeki düzelti tipleri açısından da Levant ve Karain endüstrileriyle bir takım karşılaştırmalar yapılmıştır. Levant Bölgesi'nin Tayacian endüstrileri açısından aletlerin genelde basit düzeltiler taşıdıklarından bahsedilmektedir. Karain Alt Paleolitik endüstrisi içerisinde görülen düzelti tiplerinden en yoğunu pulcuklu düzeltilerdir (Çizelge 11). Yine basit tipte kullanım ve kemirim düzeltilerine de rastlanmaktadır (Çizelge 11). Bununla birlikte diğer alet tiplerine nazaran özellikle kenar kazıyıcıların büyük çoğunluğunda basamak pulcuklu düzeltilerin hâkim olduğu görülmüştür. Aynı zamanda söz konusu örneklerde düzelti açıları büyük oranda dik ve yarı diktir. Benzer bir duruma Revadim yerleşiminde rastlanmaktadır. Söz konusu endüstri içerisinde yer alan kenar kazıyıcıların dik ve yarı dik şekilde işlenmiş basamak pulcuklu düzeltiler taşıdıkları belirtilmiştir. Bu durum taşmalık boyutlarıyla paralellik göstermektedir. Daha iri boyutlardaki iki yüzeyliler ve yontuk çakılları bir kenara koyduğumuzda Karain küçük alet grubu içerisinde yer alan aletlerden taşmalık boyutları en iri olanlar kenar kazıyıcılarıdır. Ortalama

boyutlar açısından (uzunluk x genişlik x kalınlık) 60x45,5x19,5 mm ölçüleriyle kenar kazıyıcılar ön plana çıkmaktadır. Bu açıdan bakıldığında kenar kazıyıcıların yapımında özellikle daha büyük ve kalın taşmalıkların tercih edilmiş olduğu anlaşılmaktadır.

Yarımburgaz Mağarası, Niğde sınırları içerisinde kalan Kaletepe Deresi 3 yerleşimi ve Konya yakınlarındaki Dursunlu açık hava yerleşimidir.

Yarımburgaz Mağarası sunmuş olduğu çok sayıda yontuk çakıl buluntusuyla Karain'e



Şekil 10. Diğer yontmataş aletler. 1 kıyıcı; 2 kıyıcı alet; 3-4 ham sırtlı bıçak.

Figure 10. Other chipped stone tools. 1 chopper; 2 chopping tool; 3-4 naturally backed knife.

Türkiye coğrafyasına baktığımızda ise Levant Bölgesi'nin aksine karşılaştırma yapılabilecek yerleşim sayısının oldukça az olduğu görülmektedir. Bunun en büyük sebebi tabakalı olarak Alt Paleolitik bulguları sunan yerleşimlerin oldukça az sayıda olmasıdır. Söz konusu yerleşimler İstanbul yakınlarındaki

göre daha arkaik bir görünüm sergilemektedir. Bununla birlikte Yarımburgaz Alt Paleolitik endüstrisi içerisinde yongaların baskın olduğu belirtilmektedir (Arsebük vd., 1990; Kuhn, 2010). Yine alet tipleri açısından baktığımızda da Karain ve Yarımburgaz endüstrilerinin baskın alet tiplerinin kenar kazıyıcılar ve dişlemeliler

olduğu görülmektedir (Kuhn, 2010). Karain Alt Paleolitik endüstrisi içerisinde yongaların baskınlığı söz konusu olmakla birlikte yontuk çakıl diyebileceğimiz yalnızca 2 adet örnek mevcuttur (Şekil 10/1, 2). Ayrıca Karain endüstrisi içerisinde görülen iki yüzeylilere Yarımburgaz Mağarası'nda rastlanmamaktadır. Karain ve Yarımburgaz Alt Paleolitik endüstrileri bir takım tekno-tipolojik özellikler açısından benzer olsa da zengin yontuk çakıl topluluğu ve iki yüzeylilerin yokluğu, Yarımburgaz yerleşiminin Anadolu Alt Paleolitik kronolojisinde Karain'den daha eski bir evreye bağlanması gerektiğini göstermektedir.

Konya yakınlarında yer alan Dursunlu, Türkiye coğrafyası içerisinde in situ olarak ele geçmiş olan en eski yontmataş buluntu topluluğunu sunmaktadır. GÖ. 900 – 780 bin yıl (Güleç vd., 2002) aralığına denk gelen buluntular tamamıyla yonga ve yonga parçalarından oluşmaktadır. Yonga ve yonga aletlerin önemli bir kısmı (%85,3) parçalıdır. Endüstride yer alan yongaların vurma düzlemlerinin genel olarak düz olduğu belirtilmiştir (Güleç vd., 2009). Dursunlu endüstrisi teknolojik açıdan, herhangi bir çekirdek hazırlama işleminin olmadığı, oldukça arkaik ve küçük boyutlu bir yontmataş endüstrisi olarak tanımlanabilir. Tipolojik açıdan ise çok fazla bir bilginin olmaması karşılaştırma yapma imkânını ortadan kaldırmaktadır. Mevcut kronolojik veriler dikkate alındığında Dursunlu endüstrisinin de Karain Alt Paleolitik endüstrisinden daha eski bir sürece ait olduğu söylenebilir.

Kaletepe Deresi 3 yerleşimi de tabakalı Alt Paleolitik bulguları sunan az sayıdaki yerleşimlerden bir tanesidir (Slimak vd., 2005; 2007; 2008). 12 seviyeli bir stratigrafi sunan yerleşimde özellikle III. ve IV. seviyeler, Karain açısından baktığımızda dikkat çekicidir. Söz konusu seviyeler az sayıda iki yüzeylinin olduğu bir endüstri sergilemektedir. III. seviyede hazırlanmamış çekirdeklerden tek kutuplu yongalamayla elde edilmiş olan kalın, düz topuklu ve 90°'den büyük kopma açılı yongalar ele

geçmiştir (Slimak vd., 2008: 105). Söz konusu endüstrinin Karain'den farkı ise daha büyük boyutlu olmasıdır. Bu durum da Karain'de olduğu gibi hammadde kaynaklı bir durumdur. Kaletepe endüstrisi içerisinde kullanılmış olan obsidiyen, andezit ve riyolit gibi kayalara yerleşim çevresinde büyük bloklar şeklinde rastlandığı bilinmektedir. Kaletepe'nin IV. seviyesinde de benzer büyük yongalama ürünlerinin yanında küçük yonga ve aletleri de kapsayan bir tekniğin varlığından bahsedilmiştir. Bununla birlikte III. seviyenin alet tipleri açısından çontuklu ve dişlemelilerin varlığından söz edilmektedir. Ayrıca yine aynı seviyede yer alan iki yüzeylilerin Acheulean tip oldukları belirtilmektedir (Balkan-Atlı vd., 2008). Kaletepe Deresi 3 yerleşiminin VI-XII. seviyeleri arasındaki endüstri de net bir şekilde Acheulean olarak karakterize edilmektedir. Asimetrik ve bir kenarı düz diğer kenarı dışbükey formların yer aldığı iki yüzeyliler mevcuttur. Aynı zamanda iki yüzeyli üretimine işaret eden yongalar da tespit edilmiştir (Slimak vd., 2008). VI-XII. seviyeler iki yüzeylilerin varlığı ve yonga endüstrilerinin baskınlığıyla Karain'le benzerlikler taşımaya rağmen yukarıda belirtilmiş olan mevcut tekno-tipolojik verilere göre Kaletepe Deresi 3 yerleşiminin III. ve IV. katlarının, Karain'de tespit etmiş olduğumuz Tayacian ve Acheulean öğeleri bir arada barındıran endüstriye daha yakın olduğu görülmektedir. Dolayısıyla Karain ve Kaletepe Deresi III – IV'ün tekno-tipolojik veriler açısından çağdaş oldukları düşünülebilir. Kronolojik açıdan baktığımızda ise net bir durum söz konusu değildir. Kaletepe Deresi 3 yerleşiminden elde edilmiş olan tarih 1.1 milyon (K-Ar) yıldır (Tryon vd., 2009: 638). Ancak bu tarih riyolit ana kayadan elde edilmiş olan bir tarihtir. Bahsetmiş olduğumuz III. ve IV. seviyelere ait mutlak bir tarih yoktur. Bununla birlikte Kaletepe'nin 500 – 600 bin yıl öncesine kadar inebileceği varsayımında bulunmaktadır (Balkan-Atlı vd., 2006).

Türkiye coğrafyası açısından baktığımızda yukarıda değinmiş olduğumuz Alt Paleolitik

yerleşimlerden tespit edilmiş buluntular dışında, yeni ve eski dönem araştırmaları sonucu elde edilmiş olan bir takım bulgular söz konusudur. Son dönemde gerçekleşen kazı çalışmalarından bir tanesi “Uşak – Sürmecik Paleolitik Çağ Kurtarma Kazısı”dır. Söz konusu alanda Prof. Dr. Harun Taşkiran başkanlığında yürütülen kazılarda çok önemli Paleolitik bulguların tespit edildiği bildirilmiştir (Taşkiran, 2017). 2013 yılında başlayan “Sakarya İli Tarih Öncesi Arkeolojisi Yüzeysel Araştırması” da Alt Paleolitik anlamında oldukça önemli buluntular sergilemiştir (Kartal vd., 2015; 2016). Son dönem araştırmalarında Denizli ili de oldukça önemli buluntulara sahne olmuştur. Kocabaş yakınlarında bulunan ve Türkiye'nin en önemli Alt Paleolitik buluntularından bir tanesi olan *Homo erectus* (Kappelman vd., 2008; Lebatard vd., 2014) kalıntıları dışında, bölgede başlatılan “Denizli İli Prehistorik Dönem Yüzeysel Araştırması”, Alt Paleolitik'in Batı Anadolu'daki yayılımı hakkında önemli fikirler vermiştir (Özçelik vd., 2016). Fırat ve Dicle havzalarında Prof. Dr. Harun Taşkiran başkanlığında yürütülmüş olan yüzeysel araştırmaları (Taşkiran, 2002a; 2008) ise çok zengin Alt Paleolitik koleksiyonlarıyla özellikle Acheulean'ın ve dolayısıyla *Homo erectus*'un yayılımı hakkında çok önemli sonuçlar sunmaktadır. Yine son dönem araştırmalarından bir tanesi olan “Van İli Pleistosen Dönem Yüzeysel Araştırması”nda tespit edilmiş olan Gürgürebaba Tepesi buluntuları ile (Baykara vd., 2016; 2017) İzmir yakınlarındaki Karaburun yarımadasında tespit edilmiş buluntular (Çilingiroğlu vd., 2016) Türkiye'deki Alt Paleolitik buluntuların dağılımı açısından oldukça önemlidir.

Son dönemde gerçekleştirilen söz konusu kazı ve araştırmaların dışında eski dönem araştırmalarında da birçok alanda Alt Paleolitik bulgulara rastlanmıştır. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda Türkiye'nin Alt Paleolitik Dönem açısından önemli bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Bu açıdan bakıldığında söz konusu potansiyele sahip olan alanlarda

araştırma ve kazıların yoğunlaştırılması oldukça önemlidir. Bununla birlikte yürütülecek olan arkeolojik araştırmalarda disiplinler arası bir anlayışın geliştirilmesi, alınacak olan sonuçların daha sağlıklı temellere oturması açısından önemlidir. Özellikle Pleistosen Dönem arkeolojik araştırmalarında kronolojik açıdan birtakım sıkıntılar bulunmaktadır. Türkiye'de Paleolitik Çağ arkeolojisi açısından uzman olan az sayıdaki araştırmacının buluntuları yorumlama anlamında hiçbir sıkıntısı bulunmamaktadır. Bununla birlikte kazısı gerçekleştirilen arkeolojik alanların pek çoğunda mutlak tarihlendirmeler açısından boşluklar bulunmaktadır. Bu durum arkeolojik verilerin daha sağlam bir temelde yorumlanması açısından birtakım sıkıntılar doğurmaktadır. Söz konusu sıkıntıyı aşmak için arkeoloji ve jeoloji disiplinlerinin mutlaka bir arada çalışması ve böylelikle daha güvenilir verilerin bilim âlemine sunulması oldukça önemlidir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma, 2010 – 2016 yılları arasında hazırlanmış olduğumuz doktora tez çalışmasına ait bazı sonuçları kapsamaktadır. Söz konusu tez çalışmasında danışmanlığımı yürüten ve dolayısıyla bu makaledeki bilimsel katkılarını reddedemeyeceğim Prof. Dr. Harun Taşkiran ile yontmataş parçaların çizimlerini gerçekleştiren Arş. Gör. Eşref Erbil'e, ayrıca gerçekleştirmiş oldukları araştırmalarla Türkiye Prehistoryasına önemli katkılarda bulunmuş, aramızda olan veya olmayan tüm bilim insanlarına teşekkürlerimi borç bilirim.

EXTENDED SUMMARY

Caves have a very important position in human history. They preferred as living area and a safe shelter in a vast majority of mankind history. Therefore, the remains that belong to many periods of human history are found frequently

in the caves. However, the caves must have some certain features such as proximity to the water, food and raw material sources for human settlement. The Karain cave, which is the focal point of our work, has all of these criteria that we have mentioned. The settlement which is located about 30 km northwest of the center of Antalya has considerable archaeological sequences in terms of the Paleolithic of Turkey. In this point of view this settlement is one of the earliest settlements of Turkey.

Techno-typological analyses have been carried out on the chipped stone material from the Lower Paleolithic levels of Karain Cave in this work. The date of Lower Palaeolithic levels starts from about 440 – 370 ka BP.

Karain Lower Paleolithic levels are divided into 7 different units geologically. These levels are referred as V.V.1, V.I.1, V.I.2, V.2, V.3 and VI. There are archaeologically 39 different levels (53 - 91) in these units. The total thickness of the levels that contain the Lower Paleolithic finds is 3.90 m.

Firstly raw material analyses were carried out on Lower Palaeolithic material. According to this analysis, the use of local raw materials is dominant in the production of chipped stone industry. Radiolarite, which are frequently encountered in the nearby of the Karain, are the most preferred species of rocks in the production of the Lower Paleolithic industry. Strikingly, Kızılın Deresi and Çakmak Tepesi, which are located approximately 3 km away from the settlement, are the nearest sources of radiolarites. Especially Kızılın Deresi, contains good quality, rounded radiolarite nodules. According to the macroscopic observations made on the chipped stone industry, it is understood that the Kızılın Deresi radiolarites are preferred more frequently.

Another raw material encountered within the lithic industry is a flint. The closest source of flint stone to the settlement is Burhan Deresi, where is about 10 km away. Gölova - Elmalı, which is

located about 120 km outside of this area, draws attention as another potential flint stone source.

In order to understand better to the chaîne opératoire, some analyses have been carried out on different raw materials. According to the cortex / raw surface analyzes made, it was understood that there were less processing on the radiolarite material than the flint before they had been moved to the settlement. The biggest indicator of this is the ratio of the high raw surface area on the radiolarites (55.48%). The percentage of cortex on the flint is much lower (39.64%).

After the analyzing of the raw materials, the techno-typological analyses on the industrial material were carried out. Totally 4767 pieces were recovered from Lower Paleolithic levels, according to this study. The most intensive group (45.28%) in the main industrial elements is chipped stone tools except 4184 pieces of débitage. Other basic chipped stone industry elements consist of the flaking products (42.88%) and the cores (11.84%). While the typological analysis made on the chipped stone tools, technological analysis made on flaking products and the cores.

According to the analysis made on the flaking products, it was understood that the biggest group consisted of flakes (94.80%). According to some technological analysis, it observed that the flakes had a plain butts (62%), marked bulb the percussion (80.88%) and large flaking angle that bigger than 90°. This data shows us that the chipped stone industry is a direct flaking with hard hammer stone. When we look at the dimensions of the flakes, it is determined that the standard length is between 20 and 49 mm. The standard width is 10 - 49 mm. Considering the dimensions, it turns out that the Karain Lower Palaeolithic industry is a small-sized industry. One of the biggest factors in this is the presence as small nodules of radiolarites which are the predominant raw material in local.

The second part of the technological analysis is made on the cores. It seems that the

non-prepared cores have a very large amount in cores. In general, these cores have a plain striking platforms. When viewed from the direction of the flaking, it is generally understood that this multi-directional flaking process has been performed. These fragments are followed by unipolar and centripetal flaked samples. When looking at the core dimensions, it is seen that the standard core length is in between 20 and 49 mm as same as in the flake products.

As a result of the typological study, many different types of chipped stone tools have been identified. The most common tool types in the industry were side scrapers and denticulates (25.91%). Also, this is followed by retouched flakes, other tools, notches and multiple tools. One of the most important groups in the Karain Lower Paleolithic is the bifaces. This tools is the characteristic tool type in Acheulean culture that developed during the Lower Paleolithic period. Bifaces also provide important information on the distributions of Homo erectus in different geographical areas. They represented by three samples in The Karain Lower Paleolithic industry. According to the morphological typology two of these bifaces are represented by amygdaloidal form. Another example is the Micoquian type biface. These examples show that Homo erectus existed in the region about 400 thousand years ago.

The Lower Paleolithic period of Karain is very similar with the Tayacian industries which are described very well in some settlements in the Levant Region, chronologically and also technologically. Tayacian, is a culture which from BP. 480 - 412 years, that progresses simultaneous with the Acheulean cultures has bifaces and also has different techno-typological characteristics. The Tayacian industry has similarities in the Karain and Levant Region, especially the raw material preference, flaking techniques, type and dimensions of flaking products together with general tool types. Nevertheless, the presence

a small number of bifaces in Lower Paleolithic finds, present the Acheulean culture is also in the industry.

In Turkey, except Karain, the numbers of the settlements that present the Lower Paleolithic finds in layers are not much. The most important ones are the Yarımburgaz Cave, Kaletepe Deresi 3 and Dursunlu open-air settlements. Dursunlu and Yarımburgaz settlements are much older than Karain in order to their lithic materials. However, the comparison that we have made has revealed some similarities with the technological data of the levels III and IV of Kaletepe Deresi 3 and the Karain Lower Paleolithic industry. At the beginning of these similarities is the fact that Acheulean bifaces are found beside the rich chipped stone industries. This situation gave significant results about spread of Acheulean culture and therefore Homo erectus in the geographical Turkey.

ORCID

Yavuz Aydın  <https://orcid.org/0000-0002-0347-9462>

DEĞİNİLEN BELGELER

- Arsebük, G., Howell, F. C., Özbaşaran, M., 1990. Yarımburgaz 1988. Kazı Sonuçları Toplantısı, 11(1), 9-38.
- Balkan-Atlı, N., Slimak, L., Kuhn, S., Açıkgöz, F., 2008. Kömürcü-Kaletepe Obsidyen Atölyesi Paleolitik Dönem 2006 Yılı Kazısı. Kazı Sonuçları Toplantısı 29(2), 53-70.
- Baykara, İ., Dinçer, B., Şahin, S., Baykara, D., Bolkan, İ. H., 2017. 2015 Yılı Van İli Pleistosen Dönem Yüzey Araştırması. Araştırma Sonuçları Toplantısı 34(1), 295-314.
- Baykara, İ., Dinçer, B., Şahin, S., Koç, E., Silibolatlaz-Baykara, D., Özer, İ., Sağır, M., 2016. 2014 Yılı Van İli Neojen ve Pleistosen Dönemleri Yüzey Araştırması. Araştırma Sonuçları Toplantısı 33(2), 539-552.
- Barzilai, O., Buller, A. M., Ackermann, O., 2006. Kefar Menachem West: A Lower Paleolithic Site in the Southern Shephela, Israel. Journal of the Israel Prehistoric Society 36, 7-38.

- Copeland, L., 1983. The Paleolithic Industries at Adlun. In Roe D. A. (Editors), *Adlun in the Stone Age: The Excavations of D. A. Garrod in the Lebanon 1958-1963, Part I*, pp. 89-366.
- Copeland, L., 2003. The Tayacian of the Cordon Littoral, Ras Beirut (Lebanon) and its Relations with Other Tayacian Sites in the Levant. *Paléorient*, 29(2), 87-108.
- Çilingiroğlu, Ç., Dinçer, B., Uhri, A., Gürbıyık, C., Baykara, İ., Çakırlar, C., 2016. New Palaeolithic and Mesolithic Sites in the Eastern Aegean: The Karaburun Archaeological Survey Project. *Antiquity* 90 (353) Project Gallery, 1-6.
- Ehlers, J., Gibbard, P., 2008. Extent and Chronology of Quaternary Glaciation, Episodes 31(2), 211-218.
- Erkan, Y., 2000. Sedimanter Petrografi. Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayın no: 44, Ankara.
- Grandstein, F. M., 2012. Introduction. In Grandstein, F. M., Ogg, M. D., Schmitz, G. M. (Editors), *The Geologic Time Scale 2012*, pp. 1-29.
- Güleç, E., Howell, F. C., White, T. D., Karabıyıkoglu, M., 2002. Anadolu'da İlk İnsan İzleri: Dursunlu Alt Paleolitik Buluntu Yeri. *Antropoloji* 15, 79-90.
- Güleç, E., White, T., Kuhn, S., Özer, İ., Sağır, M., Yılmaz, H., Howell, F. C., 2009. The Lower Pleistocene Lithic Assemblage from Dursunlu (Konya), Central Anatolia, Turkey. *Antiquity* 83, 11-22.
- Inizan, M. L., Roche, H., Tixier, J., 1992. Technology and Terminology of Knapped Stone. *Préhistoire de la Pierre Taillée Tome 3*, France.
- Jelinek, A. J., Farrand, W. R., Haas, G., Horowitz, A., Goldberg, P., 1973. New Excavations at the Tabun Cave, Mount Carmel, Israel 1967-1972: A Preliminary Report. *Paleorient*, 1(2), 151-183.
- Kappelman, J., Alçiçek, M. C., Kazancı, N., Schultz, M., Özkul, M., Şen, S., 2008. First Homo erectus from Turkey and Implications for Migrations into Temperature Eurasia. *American Journal of Physical Anthropology*, 135(1), 110-116.
- Kartal, M., Karakoç, M., Erbil, E., 2015. Sakarya İli Tarih Öncesi Arkeolojisi Yüzey Araştırması (I). *Araştırma Sonuçları Toplantısı* 32(1), 9-26.
- Kartal, M., Erbil, E., Karakoç, M., 2016. Sakarya İli Tarih Öncesi Arkeolojisi Yüzey Araştırması (II). *Araştırma Sonuçları Toplantısı* 33(2), 387-408.
- Kayan, İ., 1990. Tarih Öncesi Yerleşme Yerleri Olarak Antalya Mağaralarının Jeomorfolojik Özellikleri. *Ege Coğrafya Dergisi* 5, 10-31.
- Kökten, İ. K., 1947. Bazı Prehistorik İstasyonlar Hakkında Yeni Gözlemler. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi* 2(5), 223-239.
- Kökten, İ. K., 1957. Antalya'da Karain Mağarasında Yapılan Tarihöncesi Araştırmalarına Toplu Bir Bakış. *Türk Arkeoloji Dergisi* VII(1), 46-48.
- Kuhn, S. L., 2010. The Yarımburgaz Lithic Assemblage. In Howell, F. C., Arsebük, G., Kuhn, S. L., Özbaşaran, M., Stiner, M. C. (Eds.), *Culture and Biology at a Crossroads: The Middle Pleistocene Record of Yarımburgaz Cave (Thrace, Turkey)*. İstanbul. 93-129.
- Le-Tensorer, J-M., Schmid, P., Muhesen, S., Al Sakhel, H., 2007a. Rapport Préliminaire des Fouilles Préhistoriques de la Mission Syro-Suisse Concernant les Gisements de Hummal et Nadaouiyeh (El-Kown, Syrie Centrale): Résultats de la Campagne 2007. *Institut de Préhistoire de L'Université de Bale Centre de Recherches Tell Arida*.
- Le-Tensorer, J-M., Jagher, R., Rentzel, P., Hauck, T., Ismail-Meyer, K., Pümpin, C., Wojtczak, D., 2007b. Long-Term Site Formation Processes at the Natural Springs Nadaouiyeh and Hummal in the El-Kown Oasis, Central Syrie. *Geoarchaeology: An International Journal*, 22(6), 621-639.
- Lebatard, A.-E., Alçiçek C. M., Rochette, P., Khatip, S., Vialet, A., Boulbes, N., Bourlès, D. L., Demory, F., Guipert, G., Mayda, S., Titov, V. V., Vidal, L., de Lumley, H., 2014. Dating the Homo erectus Bearing Travertine from Kocabaş (Denizli, Turkey) at least 1.1 Ma. *Earth and Planetary Science Letters* 390, 8-18.
- Malinsky-Buller, A., Grosman, L., Marder, O., 2011a. A Case of Techno-Typological Lithic Variability & Continuity in the Late Lower Palaeolithic. *Before Farming: The Archaeology and Anthropology of Hunter-Gatherers*, 2011/1(3), 1-32.
- Malinsky-Buller, A., Hovers, E., Marder, O., 2011b. Making Time: Living Floors, Palimpsests and Site Formation Processes – A Perspective from the Open-air Lower Paleolithic Site of Revadim Quarry, Israel. *Journal of Anthropological Archaeology* 30, 89-101.
- Marder, O., Malinsky-Buller, A., Shahack-Gross, R., Ackermann, O., Ayalon, A., Bar-Matthews, M.,

- Goldsmith, Y., Inbar, M., Rabinovich, R., Hovers, E., 2011. Archaeological Horizons and Fluvial Processes at the Lower Paleolithic Open-air Site at Revadim. *Journal of Human Evolution* 60, 508-522.
- Mercier, N., Valladas, H., Froget, L., Joron, J.-L., Ronen, A., 2000. Datation par Thermoluminescence Gisement Paléolithique de Tabun (Mount Carmel, Israel). *Earth and Planetary Sciences* 330, 731-738.
- Minzoni-Déroche, A., 1987. Kocapinar, Site Moustérien d'Anatolie, étude de l'industrie. *Bulletin de la Société préhistorique française* 84(9), 272-277.
- Neuville, R., 1931. L'Acheuléen Supérieur de la Grotte d'Oumm Qatafa (Palestine). *L'Anthropologie* XLI, 13-51.
- Otte, M., Yalçinkaya, I., Kozłowski, J., Taşkıran, H., Bar-Yosef, O., 1996. Paléolithique ancien de Karain (Turquie). *Anthropologie et Préhistoire*, 107, 149-156.
- Otte, M., Yalçinkaya, I., Kozłowski, J., Bar-Yosef, O., Bayon, I. L., Taşkıran, H., 1998. Long-Term Technical Evolution and Human Remains in the Anatolian Paleolithic. *Journal of Human Evolution*, 34(4), 413-431.
- Özçelik, K., Kartal, G., Fındık, B., 2016. Denizli İli Prehistorik Dönem Yüzev Araştırması. *Araştırma Sonuçları Toplantısı*, 33(1), 377-396.
- Pawlikowski, M., 1995. Karain and Öküzini Caves, Turkey, General Geology of Area, Preliminary Report. *A.Ü. Türkiye Coğrafyası Dergisi* 3, 351-369.
- Ronen, A., 2006. The Oldest Human Groups in the Levant. *Palevol*, 5(1-2), 343-351.
- Ronen, A., Burdukiewicz, J.-M., Laukhin, S. A., Winter, Y., Tsatskin, A., Dayan, T., Kulikov, O. A., Vlasov, V. K., Semenov, V. V., 1998. The Lower Palaeolithic Site Bizat Ruhama in the Northern Negev, Israel: Preliminary Report, 1996 Excavations. *Archäologisches Korrespondenzblatt*, 28(2), 163-173.
- Slimak, L., Balkan-Atlı, N., Binder, D., Dinçer, B., 2005. Installations Paléolithiques en Cappadoce. *État des Connaissances de cinq Années de Recherche sur les Premiers Peuplements Humains en Anatolie Centrale. Anatolia Antiqua* 13, 287-294.
- Slimak, L., Kuhn, S., Balkan-Atlı, N., Binder, D., Grenet, M., Dinçer, B., 2007. Kaletepe Deresi 3: de l'Acheuléen au Moustérien en Anatolie Centrale. *Anatolia Antiqua* 15, 257-273.
- Slimak, L., Kuhn, S. L., Roche, H., Mouralis, D., Buitenhuis, H., Balkan-Atlı, N., Binder, D., Kuzucuoğlu, C., Guillon, H., 2008. Kaletepe Deresi 3 (Turkey): Archaeological Evidence for Early Human Settlement in Central Anatolia. *Journal of Human Evolution* 54, 99-111.
- Subcommission on Quaternary Stratigraphy, 2013. Business Meeting Strati 2013, Lisbon / Portugal 5th July 2013.
- Taşkıran, H., 2002a. Karkamış Baraj Gölü Alanında Yapılan Paleolitik Çağ Yüzev Araştırması Üzerine Genel Bir Değerlendirme. *İdol* 13, 8-10.
- Taşkıran, H., 2007. The Supply Areas of Karain Cave in Southwest Anatolia. *Bar International Series* 1725, 207-211.
- Taşkıran, H., 2008. Réflexions sur l'Acheuléen d'Anatolie. *L'anthropologie* 112, 140-152.
- Taşkıran, H., 2017. Kişisel Görüşme. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Arkeoloji Bölümü Tarih Öncesi Arkeolojisi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye.
- Taşkıran, H., Özçelik, K., Kartal, G., Aydın, Y., Fındık, B., Bulut, H., Erbil, E., Kösem, M. B., 2017. 2015 Yılı Karain Mağarası Kazıları. *Kazı Sonuçları Toplantısı* 38(1), 521-538.
- Tryon, C. A., Amelia, M., Logan, V., Mouralis, D., Kuhn, S., Slimak, L., Balkan-Atlı, N., 2009. Building a Tephrostratigraphic Framework for the Paleolithic of Central Anatolia, Turkey. *Journal of Archaeological Science* 36, 637-652.
- Yalçinkaya, I., 1986. Batı Toroslarda Paleolitik Çağ Yüzev Araştırmaları 1984. *Araştırma Sonuçları Toplantısı* 3, 429-447.
- Yalçinkaya, I., 1987. 1985 Yılı Karain Kazıları. *Kazı Sonuçları Toplantısı* 8(1), 21-37.
- Yalçinkaya, I., 1989. Alt ve Orta Paleolitik Yontmataş Endüstrileri Biçimsel Tipolojisi ve Karain Mağarası. *Türk Tarih Kurumu Yayınları* VI (29), Ankara.
- Yalçinkaya, I., Taşkıran, H., Kartal, M., Özçelik, K., Kösem, M. B., Kartal, G., 2009. 2007 Yılı Karain Mağarası Kazıları. *Kazı Sonuçları Toplantısı* 30(2), 285-300.
- Zaidner, Y., Ronen, A., Burdukiewicz, J.-M., 2003. The Lower Palaeolithic Microlithic Industry of Bizat Ruhama, Israel. *L'Anthropologie*, 107(2), 203-222.



**Diyarbakır Havzasında İklim Üzerinde Etkili Olan Yer Şekilleri ve Litolojik Faktörlerin
MODIS Uydu Görüntüsü Verileri İle İncelenmesi**

*Investigation the Effects of Landforms and Lithological Factors on the Climate in Diyarbakır Basin
Using MODIS Satellite Data*

Sabri Karadoğan¹ , M. Tahir Kavak² 

¹ *Dicle Üniversitesi, Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi, Coğrafya Eğitimi Anabilim Dalı, Diyarbakır*

² *Dicle Üniversitesi, Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi, Fizik Eğitimi Anabilim Dalı, Diyarbakır*

Geliş/Received : 21.08.2017 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received : 14.11.2017 • Kabul/Accepted : 16.11.2017 • Baskı/Printed : 29.12.2017

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Yeryüzünde iklim üzerinde etkili olan faktörlerden biri de yer şekilleri ve kayaç özellikleridir. Yer şekilleri hava kütleleri önünde engel oluşturarak yoğunlaşma, bakı ve fön olaylarının oluşmasında etkili olur. Litolojik faktörler de farklı kayaçların güneş radyasyonunu farklı yansıtma (albedo) nedeniyle farklı yer ışınlarına, dolayısıyla yeryüzünün farklı bölgelerinin farklı ısınmasına neden olur. Bu çalışmada Diyarbakır havzasında söz konusu koşulların iklim üzerindeki etkisinin belirlenebilmesi amacıyla uzaktan algılama teknikleri ve verileri kullanılmıştır. Bu amaçla havzanın yüzey sıcaklığı verilerini elde etmek için TERRA uydusunun MODIS spektrometresine ait 7 Nisan 2010 tarihli gündüz ve gece görüntüleri elde edilmiştir. Yüzey sıcaklık verilerinden faydalanılarak yüzey sıcaklığı haritaları oluşturulmuş ve yüzey ağları modeli ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca baskın hava kütleleri ve farklı yeryüzü şekilleri dikkate alınarak oluşturulan kesit hatları boyunca hem gündüz hem de gece verileri üzerinden yüzey sıcaklığı değişim grafikleri oluşturulmuştur.

Yapılan çalışmalar sonucu hem litolojik faktörlerin, hem de baskın hava kütleleriyle birlikte orografik faktörlerin farklı yer ışınması ve fön olaylarına bağlı olarak Diyarbakır havzasında kısa mesafeler içinde farklı iklim koşullarının ortaya çıkmasına neden olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Diyarbakır Havzası, İklim, Uzaktan Algılama, Yeryüzü Sıcaklığı, MODIS

Abstract: One of the factors affecting the climate on the earth is the features of rocks and ground form. The shape of the ground is an obstacle in front of the air masses and it is effective in the formation of condensation, aspect and Föhn. Lithological factors cause different rocks to have different zones of solar radiation due to their different reflectances, thus different heating of different regions of the earth. In this study, remote sensing techniques and data were used in Diyarbakır basin in order to determine the effect of such conditions on the climate. To obtain surface temperature of the basin, day and night images for the date of 7 April 2010 (9:15 and 20:20 at local time respectively) were obtained from TERRA-MODIS satellite. Using surface temperature data, surface temperature maps are created and surface networks are registered with the model. In addition, graphs of surface temperature changes were created both through day and night data along the section lines formed by considering dominant air masses and different earth shapes. In addition, graphs of surface temperature changes were created both through day and night data along the section lines formed by considering dominant air masses and different earth shapes.

The results showed that along with lithological factors and dominant air masses; surface albedo of different orographic features, as well as Föhn event cause different climatic condition in a short distance.

Keywords: Climate, Diyarbakır Basin, Earth Temperature, MODIS, Remote Sensing

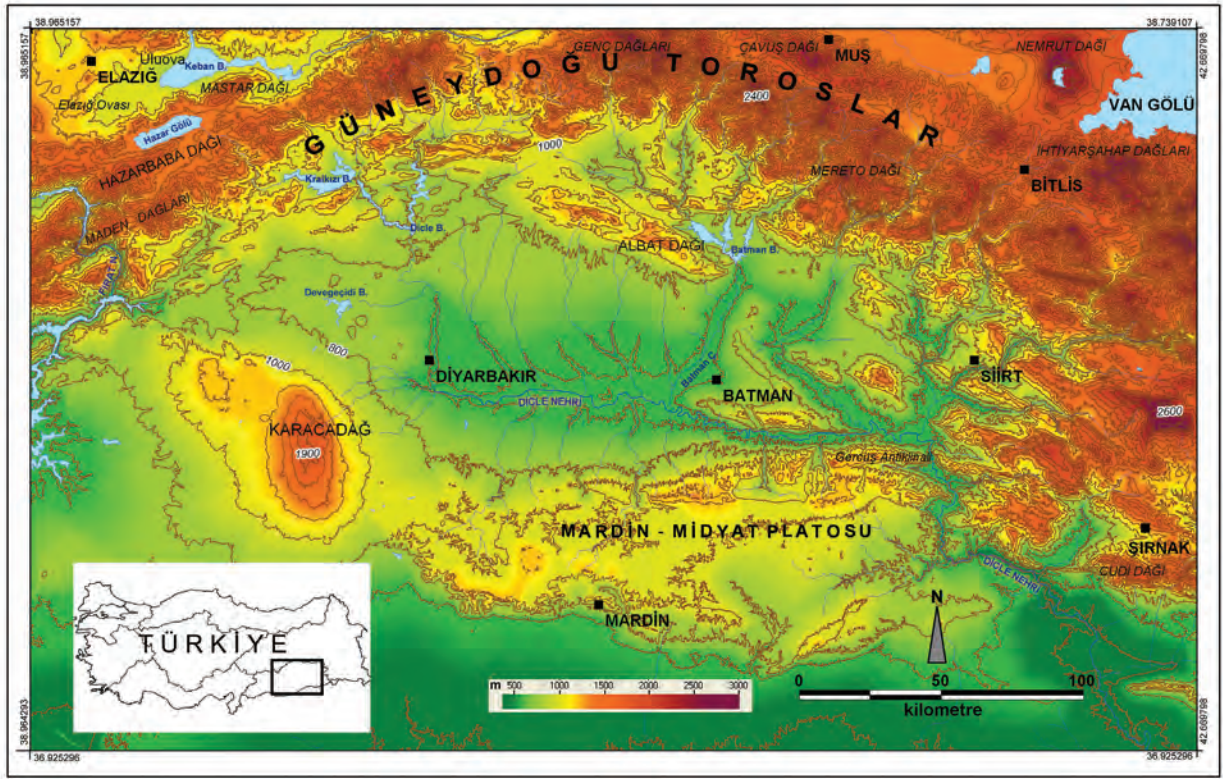
GİRİŞ

Bir bölgedeki iklimi belirleyen ana unsurlar genel atmosfer dolaşımı ve hava kütleleri, iklim elemanlarının (sıcaklık, basınç, rüzgarlar, nem, yağış) özellikleri ve coğrafi faktörlerdir.

Konumu ve fiziki yapısı nedeniyle Güneydoğu Anadolu bölgesinin, özellikle Diyarbakır havzasının daha çok tropikal kökenli olan ve Arap yarımadası üzerinden bölgeye sokulan, çöl karakterli hava akımının etkili olduğu düşünülebilir. Ancak hem planeter faktörler (Genel atmosfer dolaşımı ve hava kütleleri) hem de yerel jeolojik jeomorfolojik faktörler çok farklı iklim koşullarının oluşmasına neden olur.

Türkiye'yi etkileyen hava kütlelerinin başlıcaları; maritim polar (mP), kontinental polar (cP), maritim tropikal (mT) ve kontinental tropikal (cP) hava kütleleridir. Bu hava kütlelerine ait cephe hareketleri karşılaşmalarına bağlı olarak farklı ve değişken hava olayları görülür (Erol, 1984:345).

Türkiye'nin kış koşullarını genel olarak, ekim ayı sonundan başlayıp Mayıs'a kadar süren bir dönemde farklı bölgelerden Akdeniz havzasına ulaşan hava kütlelerine bağlı cephe sistemleri ve alçak basınç oluşumları yönetir.



Şekil 1. Araştırma alanının lokasyon haritası.

Figure 1. Location map of the study area.

Kuzey Ege veya Adriyatik üzerinde zaman zaman Akdeniz'e doğru akan bu hava kütlelerinin, güneyden gelen daha sıcak hava tropikal hava kütleleri (mT veya cT) ile birleşmesiyle batıdan doğuya doğru depresyonların (alçak basınçların) geçişi başlar ve böylece Doğu Akdeniz havzasında baskın bir dolaşım tipi meydana gelir (Koçman, 1993).

Türkiye yağışları, kışın esas olarak bölgesel atmosferik dolaşım koşullarına ve basınç merkezlerine büyük bir bağımlılık göstermektedir. Buna karşılık yazın, yağış oluşum koşullarının yerleştiği ve yağışın esas olarak sinoptik ya da bölgesel ölçekte daha küçük atmosferik sistemlerce, esas olarak da yerel konvektif etkinliklerce ve orografik katkıyı da içeren fiziki coğrafya koşullarınca oluşturulduğu söylenebilir (Türkeş vd. 2003).

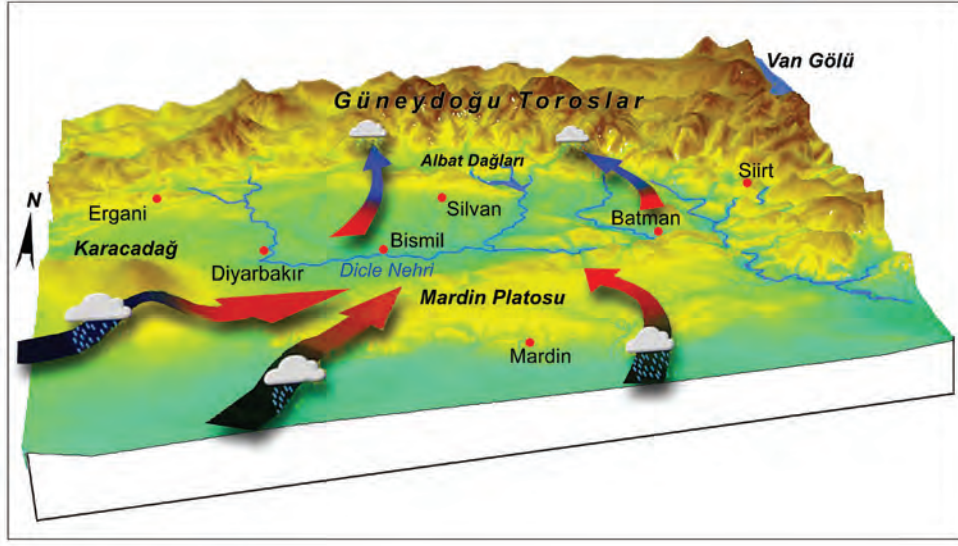
Kuzey ve güney sektörlü farklı basınç karakterine sahip hava kütleleri arasında kalan Güneydoğu Anadolu bölgesi; genel reliyef yapısı ve deniz seviyesine göre olan yükseklik koşulları bakımından dolayı, farklı yağış koşulları göstermekle beraber, Türkiye genelinde olduğu gibi Güneydoğu Anadolu bölgesinde de yağışların büyük bir çoğunluğunun ilkbahar-kış döneminde düştüğü söylenebilir. Bu durum bölgesel ölçekli atmosferik basınç merkezleri ile ilgili bir oluşumdur.

Bölgenin sıcaklık ve yağış koşullarını belirleyen, daha çok Kafkasya (Sibirya menşeli), termik yüksek basınç ve Basra termik alçak basınç merkezleri arasındaki hava basınç sirkülasyonlarının alansal olarak etki sahalarını

genişletmeleri ile ilgilidir. Ancak yerel orografik-jeomorfolojik ve litolojik koşullar havzanın iklim koşullarının belirlenmesinde etkili olmaktadır (Özgen, 2007:70). Bu duruma örnek olarak, kış döneminde Hazar/ Kafkasya bölgesi yüksek basınç alanından, Anadolu'ya doğrudan oluşan cP hava kütlelerinin getirdiği kuru ve soğuk hava koşullarının doğu ve iç bölgelerimizdeki kadar etkili olmamakla birlikte, Güneydoğu Anadolu bölgesine kadar ulaşarak, hava sıcaklığının önemli oranda düşmesi verilebilir (Gürgen, 2002). Özellikle çevresi yükseltile çevrili havza tabanına çöken kuzey kökenli soğuk hava kütleleri havzada sıcaklık terselmesi olayları nedeniyle şiddetli kış soğuklarının yaşanmasına neden olmaktadır.

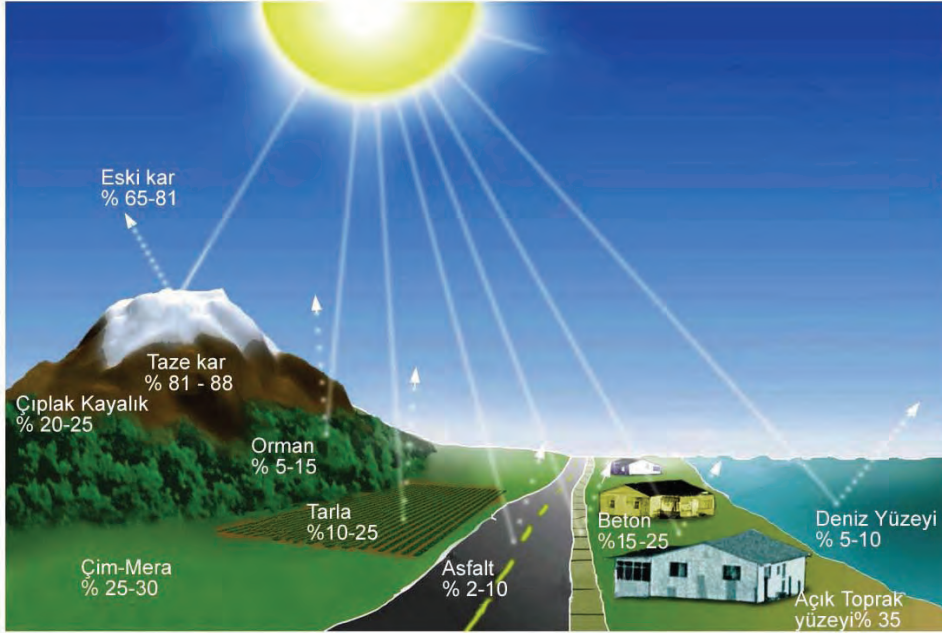
Yine kış ve ilkbahar hatta yaz aylarında etkili olan güney ve güneybatı sektörlü hava kütleleri havzayı Sınırlayan belirgin yükseltilerin etkisiyle fön etkisi oluşturmakta, dolayısıyla havza içinde çok yakın mesafelerde sıcaklık ve yağış koşullarında birbirine zıt şartlar ortaya çıkmaktadır (Şekil 2).

Yeryüzü güneşten gelen ışıklardan çok yeryüzünden yansıyan ve atmosferde tutulan ışıklarla ısınmaktadır. Dolayısıyla atmosferin nemlilik ve bulutluluk durumu ile birlikte yeryüzünün yüzey örtüsü ve özellikleri de sıcaklığın dağılımında önemli bir faktördür. Yüzey örtüsünü meydana getiren toprak ve bitki örtüsünün yanısıra yüzeydeki kayaların da güneş ışıklarını tutma ve yansıtma kabiliyetleri (albedo) sıcaklık üzerinde oldukça belirleyicidir (Gómez-Heras vd. 2006; Carter ve Viles, 2004; Hapke, 1973; Ramírez ve Muñoz, 2012, Şekil 3).



Şekil 2. Diyarbakır havzasında fön ve orografik yağış olaylarını gösteren blok diyagram.

Figure 2. Block diagram showing the events of Föhn and orographic precipitation in Diyarbakır basin.



Şekil 3. Farklı yüzey ve malzemelerin tipik albedo değerleri (European Concrete Paving Association, 2009).

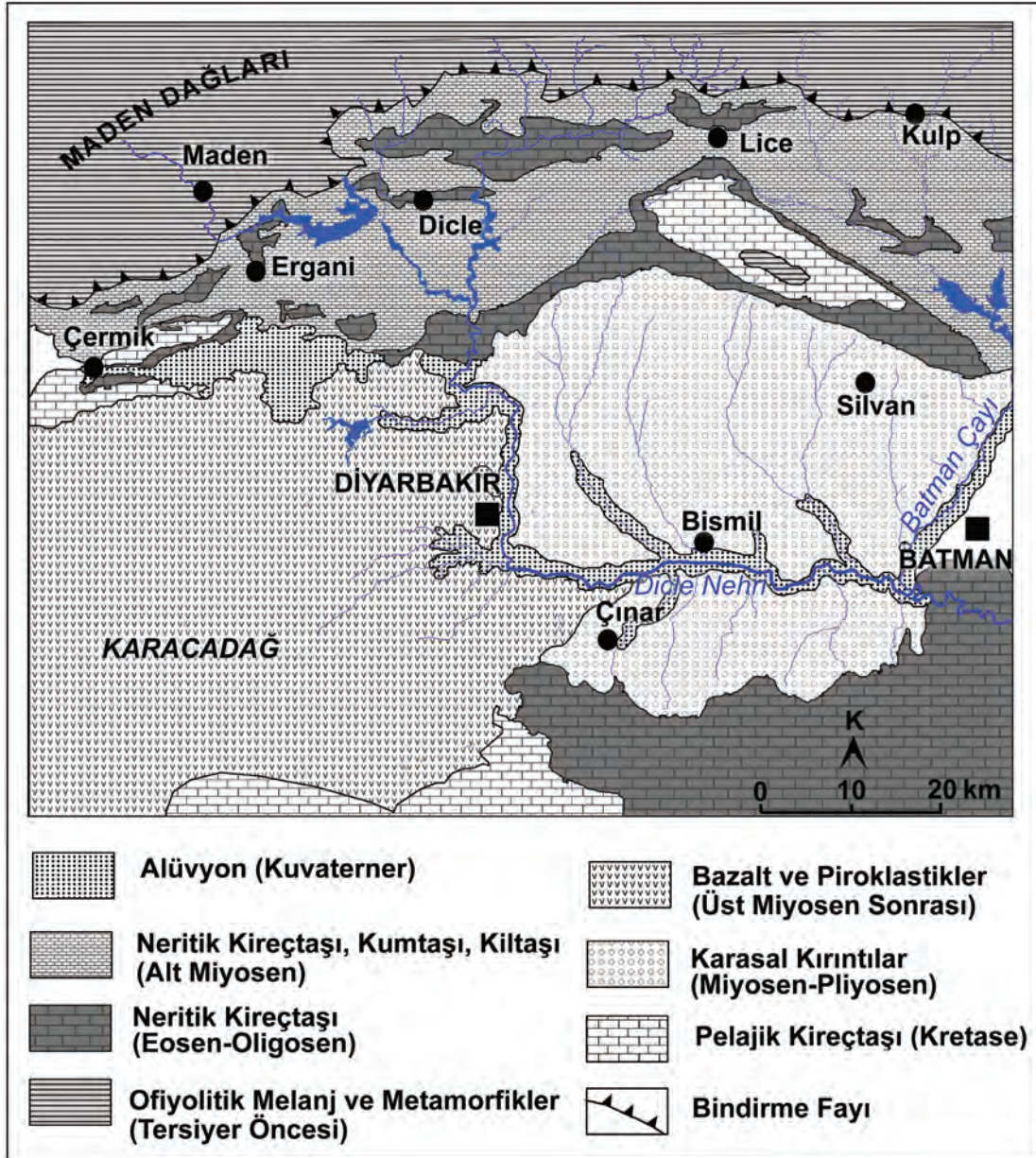
Figure 3. Typical albedo values of different surfaces and materials (European Concrete Paving Association, 2009).

Diyarbakır havzası farklı jeolojik zaman dilimlerinde, farklı fasiyelerde oluşmuş çeşitli litolojilerden oluşmaktadır. Havzanın batı-güneybatısını Üst Miyosen'den Pleyistosen'e

kadar sürmüş volkanizmanın eseri olan Karacadağ bazaltları örter. Doğu ve kuzeydeki antiklinallerin önemli bir bölümü Eosen'den Miyosen kadar devam eden bir zaman diliminde denizel

ortamda oluşmuş kireçtaşlarından meydana gelmektedir. Bu antiklinalleri bölen senklinallerde ve aşındırılmış depresyonlarda ise çoğunluğu Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı volkano sedimanter karmaşık birimler yüzlek vermektedir (Türkünal, 1980). Havza tabanında tersiyer gölsel karasal kumtaşı kiltası konglomeralar, bunların

üzerinde Pliyo-Kuvaterner yaşlı karasal dolgular, vadi tabanlarında ise Kuvaterner alüvyonlar çökelmiştir (Sütçü, 2008; Şekil 4). Bu kadar çok çeşitli litolojilerden meydana gelen yüzeyin geri ışımaya karakterleri farklı olacak, bu da farklı yüzey sıcaklıklarına, dolayısıyla az veya çok farklı yerel iklim koşullarına neden olacaktır.



Şekil 4. Diyarbakır havzası ve çevresinin genelleştirilmiş jeoloji haritası (Sütçü, 2008'den faydalanılarak).

Figure 4. Generalized geological map of the Diyarbakır basin and its surroundings (Sütçü, 2008).

MATERYAL YÖNTEM

Belirtilen faktörlerin etkisinin araştırılması açısından Yer Yüze Sıcaklığı (LST, Land Surface Temperature), yer yüzeyi ve atmosfer arasında enerji değişimini kontrol ettiği için önemli bir parametredir.

Devlet Meteoroloji İşleri'nin kurduğu bölgesel istasyonlarda yüzey sıcaklıkları ölçülür. Ancak söz konusu istasyonlarda günün belirli saatlerinde belli bir noktanın yer yüzey sıcaklığı değerleri ölçülmektedir. Oysa iki meteoroloji istasyonu arasında kilometrelerce mesafe ve sayısız topoğrafik eşik ve morfolojik değişimler söz konusudur.

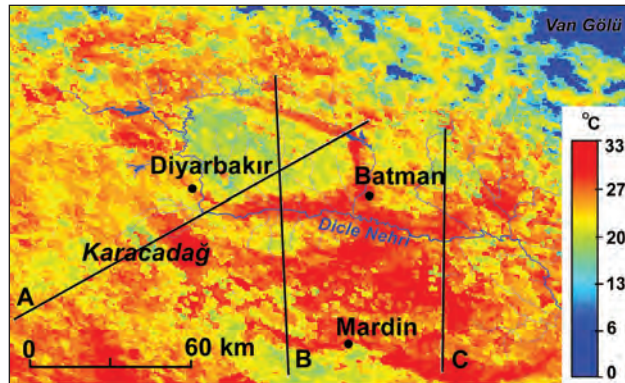
Bu nedenle yer yüzey sıcaklık değerini ölçmek için daha etkili yöntem olan uzaktan algılama tekniğinden faydalanılabilir. Uydu görüntüleri, rüzgâr alanlarının belirlenmesi, bulutluluk, nem, yer yüzey ve deniz yüzey sıcaklıkları, sis ve don seviyelerinin belirlenmesi, buzul alanların tespiti, yağış miktarının ölçülmesi ve vejetasyon indeksi, yüzey basıncı, toplam ozon miktarının belirlenmesinde kullanılmaktadır (Şahin 2008).

Bu amaçla incelemeye konu olan Diyarbakır havzasının örnek LST verilerini elde etmek için TERRA-MODIS uydusundan 7 Nisan 2010 tarihine ait yerel saat ile 09:15 ve 20:20 görüntüleri kullanılmıştır (Şekil 5 ve 6).

MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*-Orta Çözünürlüklü Görüntülerin Tayfsal Işınım Ölçeri), NASA tarafından geliştirilmiş hem TERRA (1999) hem de AQUA (2002) uzay aracı üzerinde çalışan görünür ışıklı ve kızılötesi alanlarla çalışan radyometrik cihazlardır.

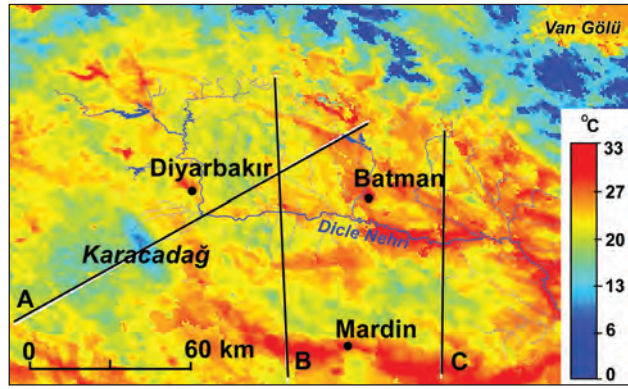
MODIS, 2,330 km'lik bir görüntüleme şeridi genişliğine sahiptir ve Dünyanın her yüzeyini her iki günde bir görüntülemektedir. Algılayıcıları 0.405 ile 14.385 μm arasında 36 spektrum bandı ölçmekte ve 250 m, 500 m ve 1000 m'lik üç mekansal çözünürlükte veri toplamaktadır.

Veriler, Yer Yüzeyi Sıcaklığı (LST)'ndan, kalite değerlendirmesinden, gözlem zamanından, görüş açılarından ve yayılma (emissivity) verilerinden oluşur. Günlük Yer Yüzeyi Sıcaklığı (LST) ve yayılma verileri 1 km'lik piksellerde genelleştirilmiş bölme penceresi algoritması ile ve 6 km'lik ızgaralarda gündüz/gece algoritması ile alındı. Gündüz/gece algoritmasında, gündüz ve gece LST'leri ve yüzeyden yayılan ışınım, yedi TIR (Thermal Infrared, Termal Kızılötesi) bandında gece ve gündüz MODIS gözlem çiftlerinden meydana gelir. Bölünmüş pencere algoritmasında, 31 ve 32 bantlarındaki yayılma (emissivity), arazi örtü tiplerinden, atmosferik kolondaki su buharı ve alt sınır hava yüzeyi sıcaklığından optimum alınım için çekilebilir alt alanlara ayrılmıştır.



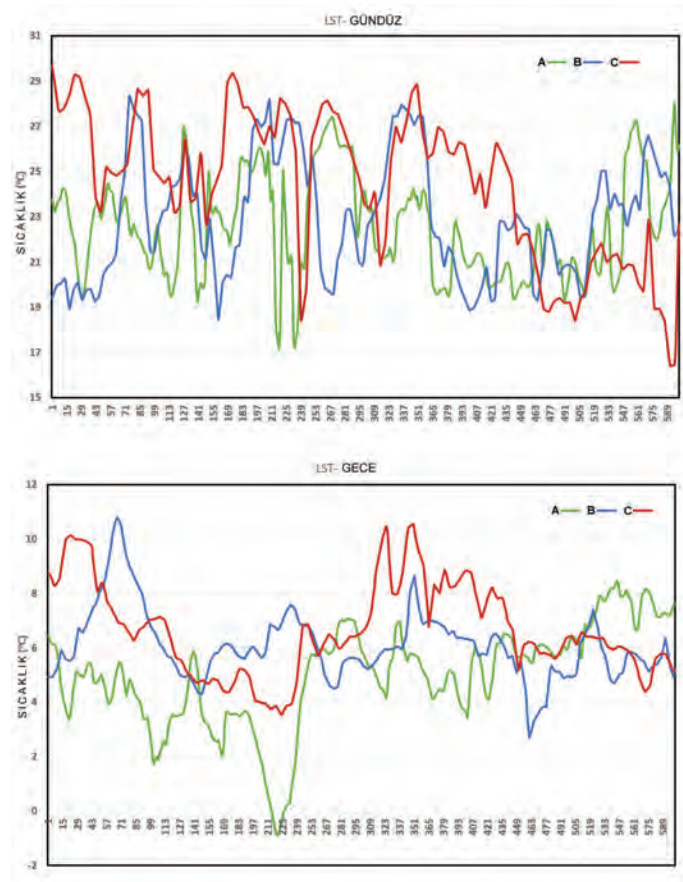
Şekil 5. TERRA-uydusu üzerindeki MODIS 7 Nisan 2010 tarihine ait yerel saat ile 09:15 görüntüsünden elde edilen Diyarbakır havzası yüzey sıcaklığı haritası.

Figure 5. Diyarbakır basin surface temperature maps obtained from TERRA-MODIS satellite on 7 April 2010 at 09:15 am local time.



Şekil 6. TERRA-uydusu üzerindeki 7 Nisan 2010 tarihine ait yerel saat 20:20 görüntüsünden elde edilen Diyarbakır havzası yüzey sıcaklığı haritası.

Figure 6. Diyarbakır basin surface temperature maps obtained from TERRA-MODIS satellite on 7 April 2010 at 20:20 local time.



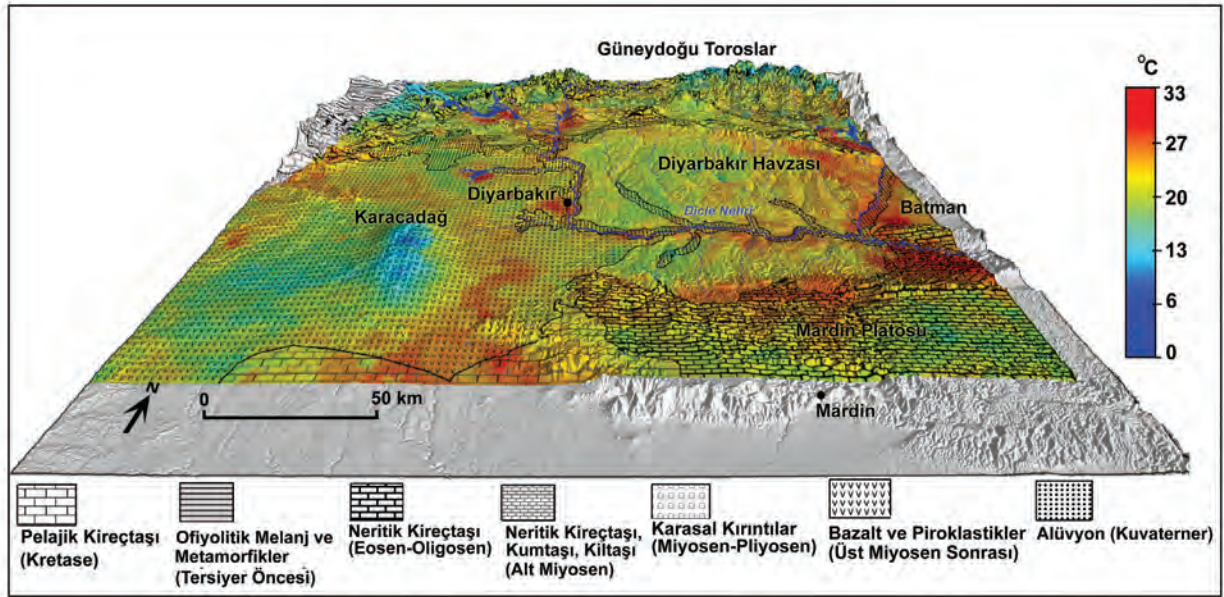
Şekil 7. Diyarbakır havzası gündüz ve gece yüzey sıcaklığı haritası üzerinde belirlenen profil hatları boyunca oluşturulan yüzey sıcaklığı değişim grafiği.

Figure 7. Temperature changes along profile lines defined on day and night surface temperature maps of Diyarbakır basin.

Elde edilen yüzey sıcaklığı haritaları üzerinde bölgeyi etkileyen baskın hava kütleleri ve farklı yeryüzü şekilleri dikkate alınarak oluşturulan kesit hatları boyunca hem gündüz hem de gece verileri üzerinden yüzey sıcaklığı değişim grafikleri oluşturulmuştur (Şekil 7).

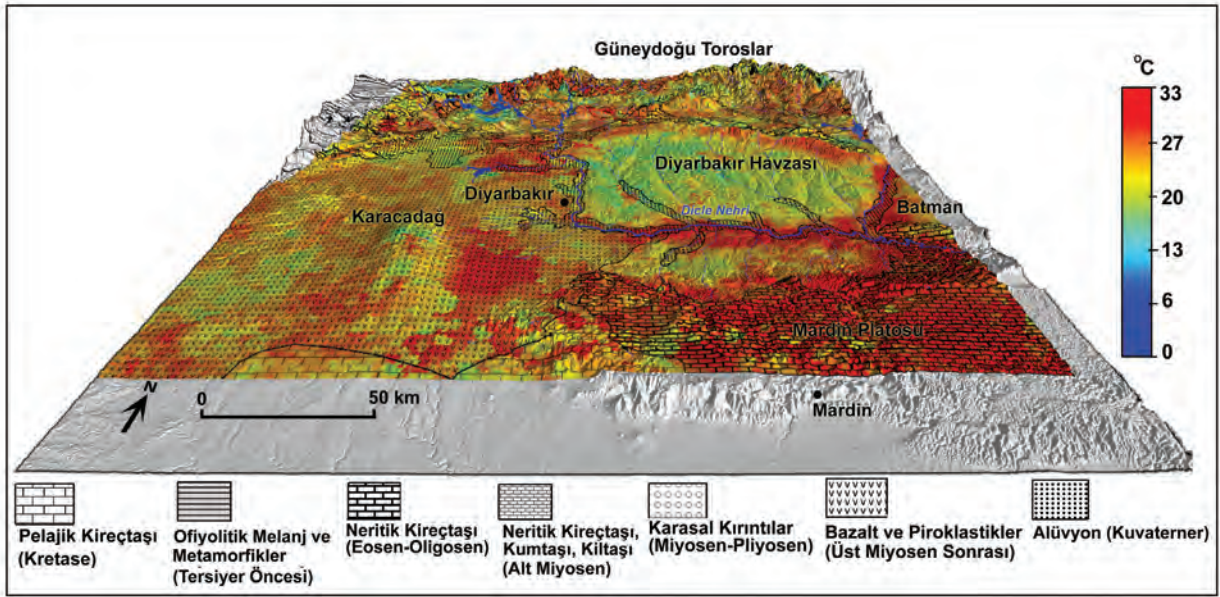
Yüzey sıcaklığı topoğrafya ilişkilerinin bir arada gözlenebilmesi ve fiziksel arazi yüzeyini yansıtabilmek amacıyla daha sonra üretilen yüzey sıcaklığı haritaları GETASSE30 (Global Earth Topography and Sea Surface Elevation at 30 arc second resolution) Veri Setinden türetilen sayısal yükseklik modeli DEM (Digital Elevation Model) ile TIN (Triangulated Irregular Network) Yüzey ağları modeli oluşturulmuş ve yüzey sıcaklık verileriyle karşılaştırılmıştır (Şekil 8 ve 9).

GETASSE30, diğer dört DEM veri kümesinin bir bileşimidir. SRTM30 (Shuttle Radar Topography Mission Global Coverage at 30 arc-sec) veri seti, ACE (Altimeter Corrected Elevations) veri seti ve Ortalama Deniz Yüzeyi (MSS, Mean Sea Surface) verileri EGM96 elipsoidi kaynak olarak kullanır. Elde edilen GETASSE30 veri seti, 30 Ark (~900 m, 30 arc-sec) çözünürlükte WGS84 elipsoidi ile Dünya topoğrafya ve deniz yüzeyi yüksekliğini temsil etmektedir. Veri setinde eksik değer bulunmamakla birlikte, kutupsal ve Antarktika kıtalarının kavşağında ACE veri kümesine özgü bazı negatif değerler (-700 m'ye kadar) mevcuttur. Tüm enlem/boylam değerleri, köşelerinden değil, bir pikselin merkezini belirtir. GETASSE30 veri kümesi birden fazla döküme olarak düzenlenmiştir. Her katman, GETASSE30 Okuyucu kullanılarak VISAT'a aktarılabilen ilişkili dosyada saklanır.



Şekil 8. Diyarbakir havzası gündüz yüzey sıcaklığı ve litoloji haritası ile karşılaştırılmış TIN (Triangulated Irregular Network) Yüzey ağları modeli.

Figure 8. TIN (Triangulated Irregular Network) surface networks model fitted with day surface temperature and lithological maps of Diyarbakir basin.



Şekil 9. Diyarbakır havzası gece yüzey sıcaklığı ve litoloji haritası ile çakıştırılmış TIN (Triangulated Irregular Network) Yüzey ağırları modeli.

Figure 9. TIN (Triangulated Irregular Network) surface networks model fitted with night surface temperature and lithological maps of Diyarbakır basin.

BULGULAR

Karacadağ kütlelerinin en sıcak yüzeyleri güney-güneybatı yamaçları olması gerekirken (bakı-expozisyon etkisinden dolayı) tam aksine en sıcak yüzeyli yamaçlar kuzeydoğu yamaçlarıdır. Bu yamaçlarda yüzey sıcaklığı 27°C - 33°C arasındadır. Bu durum fön olayının açık bir kanıtıdır. Havzanın kuzeyindeki Güneydoğu Toroslar kütlelerinin Albat dağlarının ve Mardin-Midyat platosunun güney-güneybatı yamaçları bakı etkisinden dolayı en sıcak yüzey alanlarını oluşturmaktadır. Havzadaki en düşük yüzey sıcaklıkları Karacadağ'ın yüksek kesimleri ile kenar kıvrımlarının kuzey yamaçlarını oluşturan dar bir kesim dışında genellikle Neojen tortullarından oluşmuş havza tabanı düzlükleridir (13°C - 20°C arasında). Aynı durum Kızıltepe-Derik-Viranşehir ovalarında da dikkati çekmektedir. Oysa bu alanlar gelişmiş bir toprak örtüsüyle kaplıdır. Toprak örtüsünden yoksun veya zayıf bir toprak örtüsüne sahip bazalt ve kalker litolojili alanların

genellikle yüksek yüzey sıcaklıkları gösterdiğini, bu litolojiye sahip Karacadağ kuzeybatısı, Çınar Savur, Gercüş, Batman çevresinde fön olaylarının da etkisiyle yüzey sıcaklıkları daha da artmaktadır. Bu nedenle söz konusu alanlarda yüksek ve kavurucu yaz sıcaklıklarından dolayı kuraklık artmakta ve şiddetli tarımsal su ihtiyacı kaçınılmaz olmaktadır. Kayaç özelliklerinden dolayı bazalt ve kalker litolojisine sahip kayaçların bulunduğu alanların bitki örtüsü yönünden de zengin olduğunu belirtmek gerekir. Yükselti yanında kayaçların boşluklu çatlaklı karakteri özellikle köklerden sürgün veren meşe türlerinin sahada tutunmasına imkan sağlamaktadır. Bitki örtüsünün yansıtılabilirliği/beyazlığı (albedo) düşürücü etkisi de yüzey sıcaklıklarının yükselmesinde etkili olabilir.

Havzada gece gündüz yer yüzeyi sıcaklık farklarının en yüksek olduğu kesim Karacadağ ve çevresidir. Gündüz ortalama 33 °C'yi bulan yüzey sıcaklığı gece eksi değerleri bulur.

Günlük yüzey sıcaklık farklarının yüksek olması etkisini kayaçlardaki fiziksel ayrışmanın şiddetli olmasında, dolayısıyla toprak oluşum sürecinin hızlı seyretmesinde kendini göstermektedir.

Tabanlarında su bulunduran akarsu vadileri ve genç alüvyal sahalar nemlilik şartlarından dolayı yüzey sıcaklıklarının yüksek olduğu diğer alanlardır.

Elde edilen yüzey sıcaklığı haritaları üzerinde bölgeyi etkileyen baskın hava kütleleri ve farklı yeryüzü şekilleri dikkate alınarak oluşturulan profil hatları boyunca yüzey sıcaklığı değişim grafikleri oluşturulmuştur.

Gündüz yüzey sıcaklık profillerinde güneşe bakan güney güneybatı yamaçlar yüksek yüzey sıcaklık değerleri göstermekte ancak en yüksek değerler Karacadağ'ın ve Mardin Midyat antiklinalinin kuzey kuzeydoğu yamaçlarında ve akarsu vadilerinde görülmektedir. En düşük yüzey sıcaklık değerleri ise havza tabanında Pliyo-Kuvaterner yüzeyleri üzerindedir.

Gece A profili oldukça dikkat çekicidir. Karacadağ kütesinin güneybatı yamaçları boyunca yüzey sıcaklığı diğer güney ve güneybatı yamaçlarının aksine sürekli düşüş göstermekte ve Karacadağ'ın zirvesinde ışıma (radyasyon) penceresi özelliğinden dolayı havzanın en düşük değerlerine ulaşmaktadır. Ancak kuzeybatı yamaçları boyunca yüzey sıcaklığı havza kuzeyine kadar sürekli artış eğilimi göstermektedir.

SONUÇ

Yerel coğrafi faktörler, özellikle jeoloji ve jeomorfoloji yerel iklim koşullarının oluşmasında önemli bir yere sahiptir. Bir yerin iklim özellikleri belirlenirken bakı (expozisyon), dulda yamaçlar, baskın hava hareketleri, yerel rüzgarlar, fön olayları ve yüzey örtüsünün ışıma karakterlerinin (yer radyasyonu) iyi araştırılması gerekir. Söz konusu yeryüzü özelliklerinin iklim koşulları, özellikle sıcaklık elemanı üzerindeki etkisinin belirlenmesinde en etkili metotlardan biri de

uzaktan algılama teknikleridir. Bu amaçla çok farklı yeryüzü şekillerine ve farklı fasiyeste jeolojik formasyonlara sahip Diyarbakır havzasının Nisan 2010 gece ve gündüz MODIS uydusu görüntülerinden elde edilen yeryüzü sıcaklık haritaları ve diyagramları yukarıdaki görüşü doğrular niteliktedir. Nitekim havzanın batı ve güneyini çevreleyen Karacadağ ile Mardin Midyat platosunun güneş radyasyonuna maruz kalan güney ve batı yamaçları kadar kuzey ve kuzeybatı yamaçları da hem gündüz hem de gece yüksek yüzey sıcaklık değerleri göstermektedir. Bu durum ilkbahar mevsiminde bölgeyi etkileyen egemen hava kütlelerinin Doğu Akdeniz kökenli olmasından dolayı gerçekleşen fön olaylarının etkisiyle olmalıdır. Nitekim sözkonusu topoğrafik eşikleri aşan hava kütleleri aksi yamaçlarda adiyabatik olarak ısınmakta kurutucu ve kavurucu etki yapmaktadır. Ayrıca ayrılmış bir toprak örtüsüne sahip havza tabanının düşük albedo göstermesi gerekirken, yüzeyin ısı kaybı nedeniyle düşük yüzey sıcaklığı değerleri göstermesi dikkat çekicidir.

EXTENDED SUMMARY

Geologic-geomorphological factors affect the climate. The shape of the ground is an obstacle in front of the air masses, and it has an effect on the formation of coagulation, exposition and Föhn events. In the geological factors, Lithology causes the solar radiation of different rocks to differently coalesce due to different albedo, thus different heating of the different regions of the earth. Both factors cause different climatic conditions to emerge in Diyarbakır basin. In this study, remote sensing techniques and data were used to determine the effect of such conditions on the climate.

For this purpose, 9:15 and 20:20 images of 7 April 2010 were used from TERRA-MODIS compliance to obtain sample LST data of Diyarbakır basin which was subject to

examination. Graphs of surface temperature over daytime and night time data were plotted along profile lines created by taking into consideration the dominant air masses and different earth shapes that are effective on the surface temperature maps.

In order to observe the surface temperature topography relations and to reflect the physical terrain surface, TIN (Triangulated Irregular Network) Surface Nets model was created with the digital elevation model (DEM) derived from the surface temperature maps GETASSE30 Data Set produced later and superimposed with surface temperature data.

According to the findings obtained, the hottest surfaces of the Karacadağ mass must be the south-southwest slopes (due to the influence of exposure), on the contrary the hottest slopes are the northeastern slopes. This is a clear proof of the Föhn phenomenon. The south and southwestern sector air masses which are effective in winter, spring and even summer make Föhn effect due to elevations that sweep the basin like a wall, so there are opposite conditions in temperature and precipitation conditions at very close distances within the basin.

The hottest surface areas due to the influence of the Albat Mountains of the Southeastern Taurus mass north of the basin and the south-southwest slopes of the Mardin-Midyat plateau.

It is interesting that low surface temperatures in the basin are basin plains which are usually composed of Neogene sediments. Basalt and limestone lithological areas are areas where surface temperatures are high due to low albedo because of their both rock properties and their richness in plant cover. Karacadağ and its surroundings are the areas where the surface temperature differences are highest at day and night. The night surface temperature reaches the lowest values of the basin due to the radiation window feature at the summit of Karacadağ.

ORCID

Sabri Karadoğan  <https://orcid.org/0000-0002-0680-5745>

M.Tahir Kavak  <https://orcid.org/0000-0002-3059-7915>

DEĞİNİLEN BELGELER

- Carter, N.E.A. ve Viles, H.A., 2004. Lichen hotspots: raised rock temperatures beneath *Verrucaria nigrescens* on limestone. *Geomorphology*, 62(1), 1-16.
- Erol, O., 1984. Genel Klimatoloji, İstanbul Üniversitesi Yay. No: 3526, Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enst. Yay. No: 310, İstanbul
- European Directive 2002/91/CE: "Directive on the Energy Performance of Buildings" "Energy Technology Perspectives: Scenarios & strategy to 2050", International Energy Agency, OECD/IEA, Paris, 2010
- Gómez-Heras, M., Smith, B.J. ve Fort, R., 2006. Surface temperature differences between minerals in crystalline rocks: Implications for granular disaggregation of granites through thermal fatigue. *Geomorphology*, 78(3), 236-249.
- Gürgen, G., 2002. Güneydoğu Anadolu Bölgesinin İklimi. Dicle Üniversitesi, Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Yay. no: 12, Sayfa: 7-8, Diyarbakır.
- Hapke, B., 1973. Darkening of silicate rock powders by solar wind sputtering. *The Moon*, 7(3-4), 342-355.
- Koçman A., 1993. Türkiye İklimi, Ege Üniversitesi, Edebiyat Fak. Yay. No: 72, sayfa: 2, İzmir.
- Özgen N., 2007. Bismil İlçesi'nin Coğrafyası. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Ramírez, A.Z. ve Muñoz, C.B., 2012. Albedo effect and Energy efficiency of cities. INTECH Open Access Publisher.
- Şahin, M., 2008. Yer Yüzey Sıcaklığı, Atmosferik Nem Açıklığı ve Yağış Miktarının Uydu Verileri Kullanılarak Belirlenmesi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 153s.
- Sütçü, Y.V., 2008. Türkiye Jeoloji Haritaları, 1/100.000 ölçekli, No: 72 (L45 paftası), No: 73 (M44 paftası), No: 74 (M43 paftası), No: 75 (L44 paftası), Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

Türkeş, M., Kutiel, H. ve Hirsch-Eshkol T. R. 2003. Türkiye’de aylık kurak ve yağışlı koşullarla ilişkili deniz seviyesi basıncı desenleri. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Bilimsel ve Teknik Sunumlar 2002, Seminerler Dizisi 3: 59-78, Ankara.

Türkünel, S., 1980. Doğu ve Güneydoğu Anadolu’nun Jeolojisi, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, No: 08, ANKARA



**Küçük Buz Çağı'nda Güneş Etkisine Bağlı İklim Değişimleri:
Köyceğiz Gölü Çökel Kayıtları (GB Anadolu)**
*Climatic variability related to solar activity during the Little Ice Age:
Lake Köyceğiz Sediment Records (SW Anatolia)*

Sena Akçer-Ön 

*Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kötekli, 48000 Muğla*

Geliş/Received : 29.11.2017 • Düzeltmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received : 13.12.2017 • Kabul/Accepted : 15.12.2017 • Baskı/Printed : 29.12.2017

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Köyceğiz Gölü Batı Anadolu'da bulunan doğal bir kanal olan Dalyan ile Akdeniz'e bağlanan iki havzadan oluşan bir doğal kıyı baraj gölüdür. Çalışma kapsamında gölün kuzeyinden, Köyceğiz havzasından iki adet, güneyde Sultaniye havzasından bir adet ve iki havzayı ayıran Gedova Sırtından bir adet olmak üzere toplam dört adet kısa (maksimum 800 mm) gravite karot alınmıştır. Alınan bu karotların litolojik tanımlamaları yapıldıktan sonra 5 mm aralıklarla μ XRF element taraması (ITRAX), ve Çok Sensörlü Karot Tarayıcısı (MSCL) ile Manyetik Duyarlılık (MS) ölçümleri yapılmıştır. Üç karotta 20 mm aralıklar ile *Cyprideis torosa* (ostracoda) kavkısından $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{13}\text{C}$ analizleri ile belirlenen seviyelerden toplanan kavkılardan C-14 yaşlandırması yapılmıştır. Elde edilen yaşlar ve önceki çalışmalardan bilinen sedimantasyon hızına ve Akdeniz lagünlerinin bilinen sert su/lokal rezervuar etkisine göre hesaplanarak Köyceğiz havzasında 2100±90 yıl olduğu varsayılmış ve karotların yaş modelleri oluşturulmuştur. Modellere göre, karotlar yaklaşık son 500 yıllık sedimanter istifi temsil etmektedir. Çoklu belirteç verilerinin sonuçlarına göre, Küçük Buz Çağı'nın gözlemlendiği karotlarda Güneşteki patlamaların azalmasına bağlı olan Spörer, Maunder ve Dalton Minimum dönemlerinin Köyceğiz Gölü çökel kayıtlarında soğuk/kuru dönemlere denk geldiği gözlenmiştir. Buna göre, bölge ikliminin güneşteki lekelerin artıp azalmasına bağlı olarak değişkenlik gösterdiği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Dalton Minimum, Geç Holosen, Köyceğiz Gölü (Muğla), Maunder Minimum, Paleoiklim, Spörer Minimum.

Abstract: Lake Köyceğiz, at Southwest Anatolia, is natural coastal dam lake that have two basins and is connected to Mediterranean via a natural channel called Dalyan. In the scope of this study, two of the four short (max 800 mm) gravity cores were recovered from Köyceğiz Basin (north of the lake), one from Sultaniye Basin (south of the lake) and one core from the ridge between these two basins. Recovered cores are lithologically described and cores are analyzed for multi-element geochemical analyses at 5 mm resolution using μ XRF core scanner (ITRAX) and Multi Sensor Core Logger (MSCL) for Magnetic Susceptibility. *Cyprideis torosa* (ostracoda) shells were picked and analyzed for ^{18}O and $\delta^{13}\text{C}$ analysis at 20 mm resolution. The cores were dated through AMS ^{14}C analysis of various shells. The results of AMS ^{14}C analysis are corrected by assuming the hard water/local reservoir ages effect as 2100±90 years; according to the sedimentation rates from previous studies and known hard water/reservoir effects in Mediterranean lagoons. According to the age models, the cores span approximately last 500 years. Multi-proxy results suggest that Lake Köyceğiz cores cover Little Ice Age and show good correlation with decreases in Solar Activity spells, namely, Spörer, Maunder and Dalton Minimum. These periods are characterized as cold/dry periods in Lake Köyceğiz sediment records. So we can say that, climate of the region depends on the variability of sunspot numbers.

Keywords: Dalton Minimum, Lake Köyceğiz (Muğla), Late Holocene, Maunder Minimum, Paleoclimate, Spörer Minimum.

GİRİŞ

Günümüzde göllerde paleoklim çalışmaları Türkiye’de giderek yaygınlaşmakta ve gelişmektedir. Göllerde gerçekleştirilen gerek nicel gerekse de çok disiplinli çalışmaların başarısı, göl çalışmalarının önemini arttırmaktadır. Göl ve denizlerde dip çökellerinin fiziksel, jeokimyasal, biyolojik değişimlerini ve su seviyesini kontrol eden mekanizmaların başında iklim gelmektedir. İklim değişimlerinin özellikle göllerde daha hassas saptanabilmesinin arkasında göllerin kapalı sistemler olması yatmaktadır. Göllerde yersel iklim değişimlerini bölgesel ve küresel değişimlerden ayırt edebilmek daha kolay olduğundan, benzer çalışmaların göllerde yapılması ile elde edilecek bulguların daha sağlıklı ve doğru olması beklenmektedir. Holosen boyunca özellikle Avrupa’nın kuzeyinde iklim salınımları görülür. Bu değişimlere güneşteki patlamaların, volkanik aktivitenlerin, eriyen buzulların termohaline olan etkisinin sebep olduğu düşünülmektedir. Geç Holosen’de gözlenen Küçük Buz Çağı, Ortaçağ İklim Anomalisi veya Güneş Etkisine (Solar Activity) bağlı iklim değişimleri tarihsel ve yazılı kayıtlarla dünya literatüründe gözlenmektedir.

Küçük Buz Çağı (Little Ice Age), farklı bölgelerde farklı zamanlarda gözlenmesiyle beraber en yaygın görüş, 1450-1850 yılları arasında olduğudur (Masson-Delmotte vd., 2013). Bu soğumanın etkisi, özellikle kuzey yarıkürede dağlık bölgelerde gözlenmiştir. Sıcaklığın 1950 ortalamasından sadece 0.5-0.7°C düşük olmasına karşın; Avrupa’da, bugün gözlenemeyen bir durum olan, kışları göl, kanal ve nehirlerin donduğu, buzulların alt kotlara doğru ilerlediği ve soğumanın sonucu olarak da açlık, toplumsal karmaşa ve savaşların baş gösterdiği bilinmektedir (Muller ve McDonald, 2000; Mann, 2002; Tuchman, 1978). Fakat bunun küresel bir değişim olup olmadığı ve soğumanın sebepleri hala tartışılmaktadır (Winkler, 2000). Bu çağın en soğuk dönemi olan Late Maunder Minimum’un (M.S.1675-1715, Luterbacher vd., 2001) çok belirgin kayıtları

Karadeniz çökellerinde bulunmuştur (Çağatay ve diğ., 2005; Güngör ve Çağatay, 2007). Aynı zamanda Güneş Etkisine bağlı iklim değişimleri henüz tartışmalı bir konu olmasına rağmen, güncel iklim kayıtlarında da gözlenmekte ve gelecek iklim projeksiyonlarına değişken olarak eklenmektedir (Lean, 2010). Ayrıca, geçmiş iklim kayıtlarında hem makro ölçekte (Ör: Chambers vd., 1999; Bond vd., 2001; Magny, 2004), hem de yerel ölçekte gözlenmiştir (Ör: Danladi ve Akçer-Ön, 2017).

Bu çalışma kapsamında Batı Anadolu’da Geç Holosen iklim ve ortam değişimlerinin anlaşılabilmesi için Köyceğiz Gölü’nden (Muğla) dört farklı lokasyondan kısa gravite karotlar alınmıştır. Elde edilen çökel istiflerinde çoklu-belirteçler (jeokimyasal, fiziksel özellikler) kullanılarak Geç Holosen iklim değişimleri araştırılmıştır.

Çalışma Alanı

Köyceğiz Gölü, güneybatı Anadolu’da Muğla İli sınırları içerisinde yer alır (Şekil 1). Köyceğiz ve Dalaman çöküntüleri Akdeniz’in bir koyu iken bugün alüvyonlar ile dolmaları neticesinde, ovaya dönüşmüşlerdir. Bu çöküntülerin tam olarak ne zaman Akdeniz’den ayrıldığı bilinmese de batı Anadolu’da benzer jeomorfolojik değişimler görülmektedir (Ör: Bafa Gölü). Büyük ihtimalle, Kuvaterner’deki iklim salınımları ve yerel tektonik olaylar ile bu çöküntüler dolarak Dalaman Çayı’nın Dalyan civarında geliştirdiği set ile, buradaki körfez kapanarak Köyceğiz Gölünü oluşturmuş olmalıdır (Yeşertener, 1986). Göl havzası, Toros tektonik kuşağının batı ucunda yer alır. Gölün çevresi üç ayrı kaya-stratigrafik istiften oluşmuştur; alttan üste doğru otokton karbonatlar ve detritikler, alloktan Likya Napları (kireçtaşı, dolomit) ve ofiyolit napıdır (peridotit, harzburgit, dünit ve serpantin). Pliyo-kuvaterner yaşlı post-orosenik sedimanlar bu birimlerin üzerinde yer alır (Graciansky, 1968; Gülenbay, 1982, Yeşertener,

1986). Günümüzde göl ile Akdeniz arasındaki bağlantıyı sağlayan Dalyan kanalı ise göle boşalan akarsuların (Namnam ve Yuvarlakçay) denize ulaşmak üzere açtıkları doğal bir yarık olarak değerlendirilmektedir (Bayarı vd., 1995; Bayarı ve Kurttaş, 2000).

Göl, KD-GB yönünde 20 km. uzunluğunda olup en geniş yeri 12 km'dir, güneye doğru daralarak 8 km.ye iner (Şekil 1). Yaklaşık 55 km²'lik yüzey alanına sahip meromiktik bir göldür. Alttaki oksijence fakir, hidrojen sülfürlü ve üstte oksijence zengin iki farklı su tabakasından oluşur (Bayarı ve Kurttaş, 2000) ve yaklaşık 14 km uzunluğunda, doğal bir kanal olan Dalyan üzerinden Akdeniz'e bağlanır. Deniz seviyesinden 7 m yukarıdadır. Yaklaşık 750 milyon m³ su içeren gölün Sultaniye havzasındaki en derin yeri 32 m, Köyceğiz havzasında ise 26 m'dir (Avşar vd. 2016; Avşar vd. 2017). Güney kıyıda bulunan Sultaniye sıcak su kaynağından göle 7 milyon m³/yıl düzeyinde su boşalmaktadır. Gölün güney havzasında (Sultaniye) sualtı sıcak su çıkışları da bulunmaktadır (Avşar vd, 2017). Yapılan çalışmalarda alt tabaka sularının yenilenme süresi, Sultaniye havzası için yaklaşık 18 yıl, Köyceğiz havzası için yaklaşık 25 yıl olarak belirlenmiştir (Bayarı ve Kurttaş, 2000).

Bölge, Akdeniz iklimi etkisi altındadır. Yazları sıcak ve kurak, kışları oldukça yağışlı ve ılıman geçmektedir. Bu denli yüksek mevsimsel yağış farklarının olduğu gölde, Sultaniye havzasında varlı sedimentler gözlenmiştir. Avşar vd. (2016) 90 cm uzunluğundaki karotta yaklaşık 370 yılı temsil eden sürekli varlıları gözlemlenmiştir. Köyceğiz havzasına ait ortalama yıllık sıcaklık

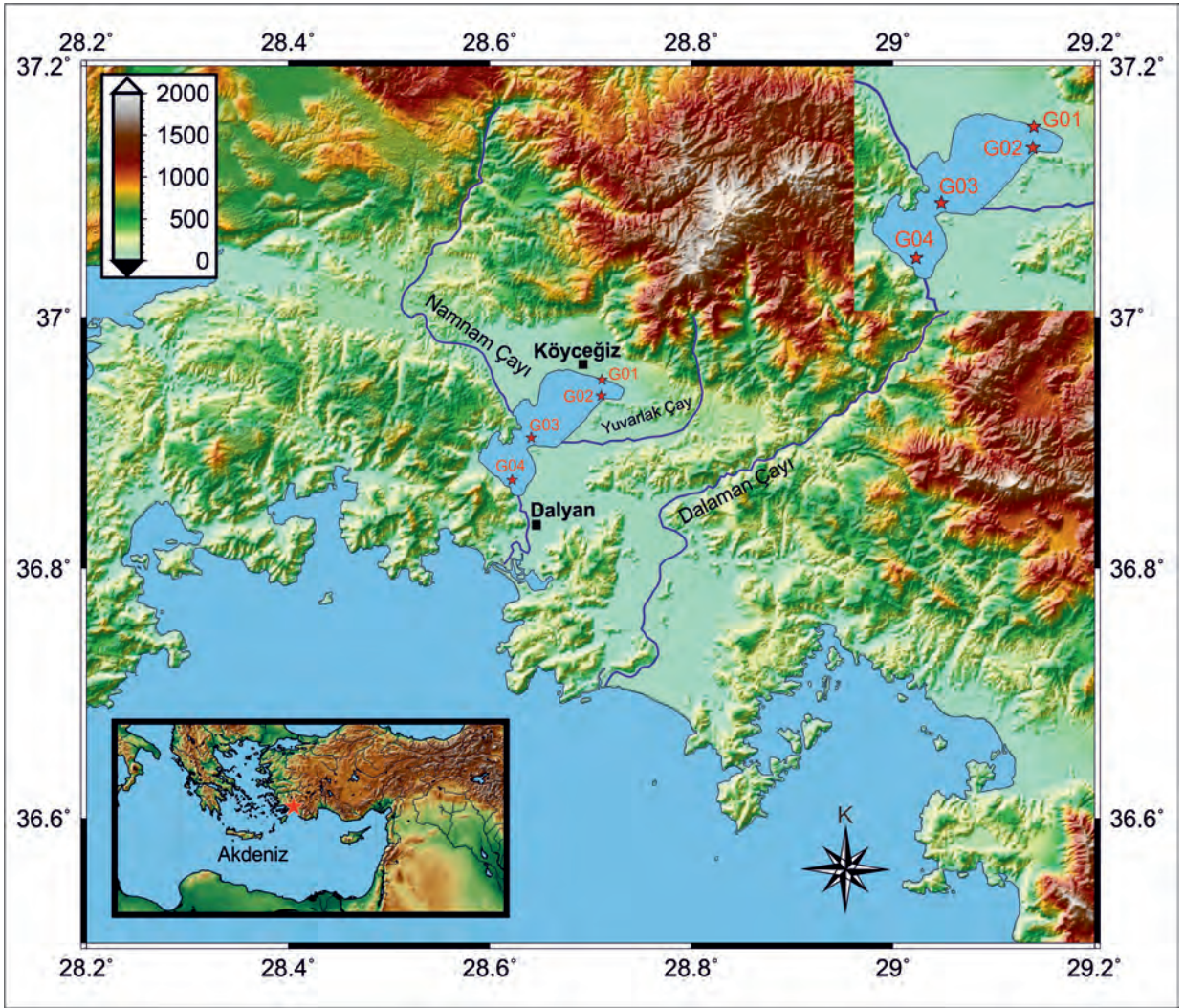
değeri 17.9 °C, ortalama yıllık yağış değeri 1300 mm/m²/yıl olarak belirlenmiştir. Ortalama yıllık potansiyel buharlaşma miktarı 1464 mm/m²/yıl olarak saptanmıştır. Gölü çevreleyen alüvyondan sızma ile beslenme 76 milyon m³/yıl düzeyindedir (Güner, 1997).

MALZEME VE YÖNTEM

Karotların alınması

Eylül 2013'te Köyceğiz Gölü'nden tekneyle farklı derinliklerden gravite yöntemi ile dört adet karot alınmıştır. Karotların iki tanesi (KÖYC-G01 ve G02) kuzeyde Köyceğiz havzasından, bir tanesi iki havza arasındaki sırttan (KÖYC-G03) ve bir tanesi de güneyde Sultaniye Havzası'ndan (KÖYC-G04) alınmıştır. Karotların lokasyonları Şekil 1'de, su derinlikleri, uzunlukları ve koordinatları ise ve Çizelge 1'de verilmektedir.

µXRF Karot tarayıcısı: İTÜ EMCOL (Eastern Mediterranean Centre for Oceanography and Limnology) Karot Analiz Laboratuvarındaki µXRF-EDS (X-ışınları floresans – enerji saçım spektroskopisi) cihazı (Itrax XRF Core Scanner; Cox Analytical Systems) ile 5 mm çözünürlükte çoklu element (Al, Si, P, S, Cl, Ar, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Cs, Ba, Ta, W, Pb, Th, U) taramaları yapılmıştır. Ölçümler Molibden tüp ile 50 kV, 50 mA ile 8 saniye sayım ile gerçekleştirilmiştir. µXRF taramaları yarı kantitatif olup; standartlar kullanılarak CPS (count per second, saniyede sayım) verileri ppm veya % ağırlık değerlerine çevrilebilmektedir. Bu çalışmada yarı-kantitatif saniyede sayım değerleri kullanılmıştır.



Şekil 1. Köyceğiz Gölü yer bulduru haritası ve alınan karotların lokasyonları. Harita, ücretsiz bir program olan, GMT (versiyon 5.2.1) kullanılarak oluşturulmuştur (Wessel vd., 2013).

Figure 1. Location map of Lake Köyceğiz and recovered cores. Map is constructed by free software; GMT (version 5.2.1., Wessel et al., 2013).

MSCL (Çok Sensörlü Karot Tarayıcısı): İstanbul Teknik Üniversitesi, EMCOL Karot Analiz Laboratuvarında bulunan MSCL cihazı (GEOTEK) ile çökel istiflerin manyetik duyarlılık, yoğunluk, gözeneklilik ve p-dalgası hızı gibi fiziksel özellikleri 0.5 cm çözünürlükte taramış ve bu parametrelerin karot boyunca değişimleri elde edilmiştir (Weaver ve Schultheis, 1990; Weber vd., 1997). Bu çalışmada elde edilen sonuçlardan

sadece Manyetik Duyarlılık (MS; $SI \times 10^{-6}$) verisi değerlendirilmiştir.

Faktör analizleri: Faktör Analizi veride varolan lineer ilişkileri bulabilmek için kullanılan bir yöntemdir. Ancak, varyans-kovaryans matrisi üzerinden tanımlandığı için aykırı değerlere duyarlıdır. KOYC-G01 karotu μ XRF verileri üzerine faktör analizi uygulamadan önce aykırı değerler (toplamda 1 satır) Mahalanobis uzaklığı

kullanarak, Wilks metodu ile %95 güven aralığında MATLAB yazılımında temizlenmiştir (Rencher, 2002; Trujillo-Ortiz vd., 2006). Aykırı değerlerin ayrılmasından sonra 3 faktör belirlenmiştir ve bu faktörler toplam varyansın %84'ünü ifade etmektedirler.

Çizelge 1. Köyceğiz Gölü'nden alınan karotların koordinatları, uzunlukları ve alındıkları derinlikler.

Table 1. Recovered cores' coordinates, lengths and water depths from Lake Köyceğiz.

Karot	Koordinatlar	Su derinliği	Karot Uzunlukları
KÖYC-G01	36°57'.007 K 028°42'.677 D	7.1 m	600 mm
KÖYC-G02	36°56'.239 K 028°42'.633 D	9.0 m	580 mm
KÖYC-G03	36°54'.221 K 028°38'.469 D	5.60 m	560 mm
KÖYC-G04	36°52'.201 K 028°37'.332 D	15.0 m	820 mm

Duraylı oksijen ve karbon izotop analizleri:

Arizona Üniversitesi İzotop Jeokimyası Laboratuvarında 20 mm aralıklar ile karbonat örneklerinde (*Ostrakod kavkısı-Cyprideis torosa*) $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{13}\text{C}$ analizleri, Finnigan MAT 252 kütle spektrometresi ve buna bağlanmış KIEL-III marka otomasyonlu karbonat hazırlama cihazı kullanılarak yapılmıştır. Toz numuneler susuz fosforik asitle işlendikten sonra, izotop oranları NBS-19 and NBS-18 standartları kullanılarak tespit edilmiştir. Metodun tekrar edilebilirliği (precision) (1 sigma) $\delta^{18}\text{O}$ için ‰ ± 0.1 ; $\delta^{13}\text{C}$ için ‰ ± 0.06 'dır.

C¹⁴ yaşlandırma yöntemi ve yaş modelinin oluşturulması: Çökel karotlarından belirlenen seviyelerden alınan CaCO₃'lü kavkılar (bivalvia, ostrakoda, foraminifer) AMS (accelerated mass spectrometry) radyokarbon yöntemi ile Arizona Üniversitesi'nde analiz edilmiştir. Yaşlar ve hata payları, ¹³C düzeltilmesi yapıldıktan sonra günümüzden önce (G.Ö.) ¹⁴C yılı olarak

hesaplanmıştır (Çizelge 2). KÖYC-G01 karotunun yaş modeli Bacon paketinde, 2100±90 yıllık ΔR değeri ile, Marine 13 kalibrasyonu kullanılarak oluşturulmuştur (bkz Bulgular ve Tartışma bölümü). Diğer karotlardaki radyokarbon yaşları, Sultaniye Baseninde Köyceğiz Baseninden farklı seviyede bir sert su / rezervuar etki yaşı olması gerektiği düşünüldüğünden kalibre edilmemiştir. KÖYC-G02, G03 ve G04 yaş modelleri, KÖYC-G01 karotundan elde edilen yaş modeline göre belirteçler yeniden çizildikten sonra, tüm karotlardan elde edilen Inc/Coh verileri ile görsel olarak AnalySeries 2.0 programı (Paillard vd., 1996) ile denestirilerek oluşturulmuştur.

BULGULAR VE TARTIŞMA

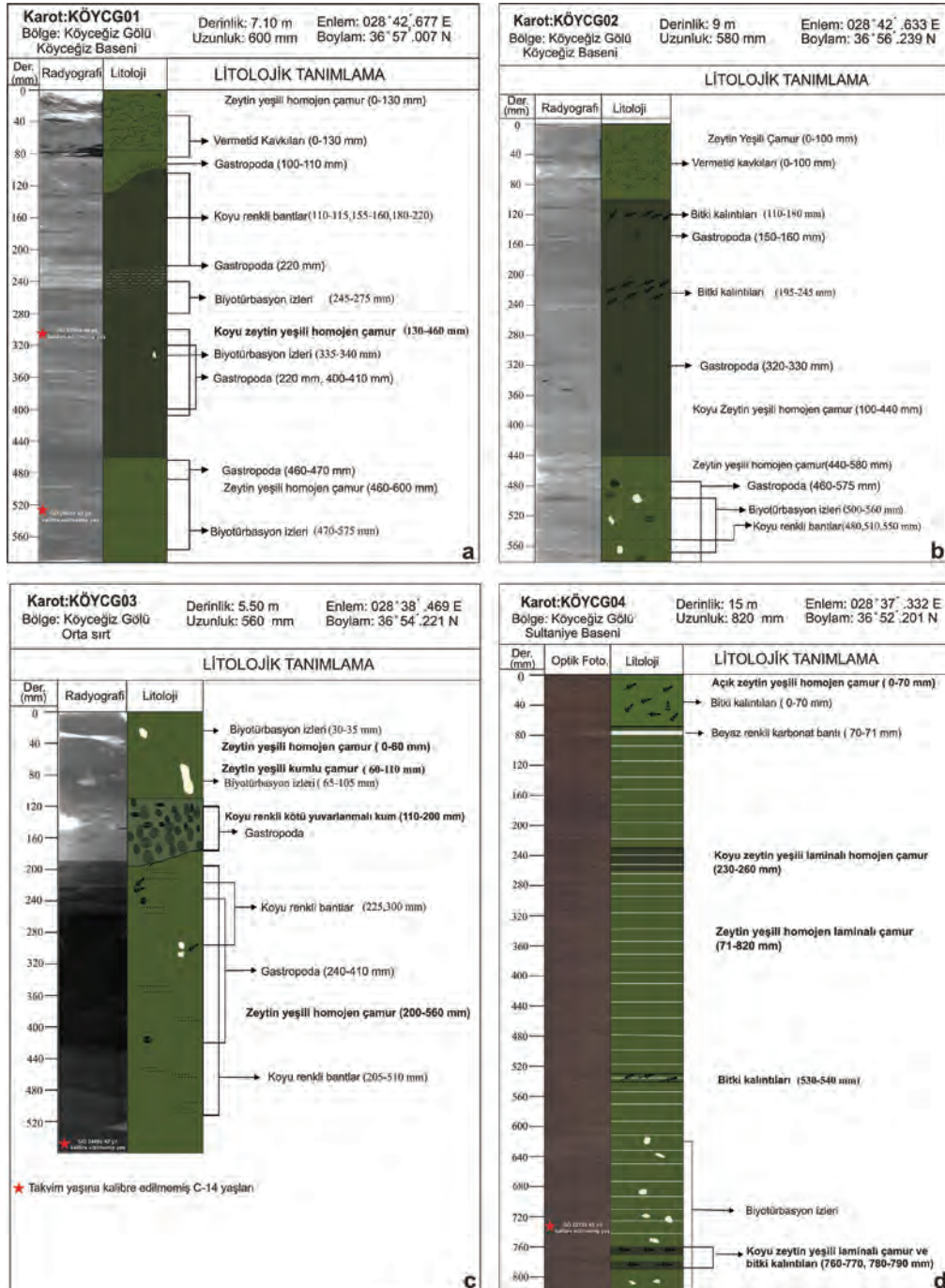
Litostratigrafi

Köyceğiz Gölü, kuzeyde Köyceğiz havzasından, 7.1 m derinlikten alınan 600 mm uzuluğundaki KÖYC-G01 karotunun alttan 50 mm'si zeytin yeşili homojen çamurdan oluşmaktadır. Yer yer biyotürbasyon izlerinin görülmesi çamurun yerinde çökeldiğini göstermektedir (Şekil 2a). 470-460 mm arasında gastropod kavkılarında rastlanmıştır. 460-130 mm arasında koyu zeytin yeşili homojen çamur gözlenmiştir. Bu seviyeler içinde yine yer yer biyotürbasyon izlerine ve gastropod kavkılarında rastlanmaktadır. 110-115 mm, 155-160 mm, 180-220 mm arasında koyu renkli bantlar görülür. 130-0 mm arasında ise bol miktarda vermetid gastropod kavkılarında gözlenmiştir. Karotun en tepesi çamurlu vermetid kavkılarında oluşmaktadır.

Yine Köyceğiz havzasından, 9 m derinlikten alınan 580 mm uzunluğundaki KÖYC-G02 karotunda 580-440 mm arasında zeytin yeşili homojen çamur gözlenmektedir (Şekil 2b). Biyotürbasyon izleri ve gastropod kavkılarında çeşitli seviyelerde görülmektedir. Yer yer koyu renkli bantlar görülür. 440-100 mm arasında koyu zeytin yeşili homojen çamur içinde gastropod kavkılarında

(160-150 mm), bitki kalıntıları (245-195 mm ve 180-110 mm) görülmektedir. Yine karotun

tepesinde (100-0mm) bol miktarda çamurlu vermetid gastropod kavrıkları mevcuttur.



Şekil 2. Köyceğiz Gölü'nden alınan karotların litolojik tanımlamaları. a) KÖYC-G01 karotu, b) KÖYC-G02 karotu, c) KÖYC-G03 karotu, d) KÖYC-G04 karotu.

Figure 2. Lithological description of cores that recovered from Lake Köyceğiz. a) KÖYC-G01 core, b) KÖYC-G02 core, c) KÖYC-G03 core, d) KÖYC-G04 core.

Gölün iki havzasının ortasında bulunan sırttan, yaklaşık 5.5 m su derinliğinden alınan 560 mm uzunluğundaki KÖYC-G03 karotunun alttan 360 mm'si (560-200 mm) zeytin yeşili homojen çamurdan oluşmaktadır (Şekil 2c). Yer yer koyu renkli bantların (510-205 mm) ve gastropod kavkılarının (410-240 mm) bulunduğu bu seviyenin üstünde koyu renkli, kötü yuvarlanmalı kum tabakası görülür (200-110 mm). 110-60 mm arasında zeytin yeşili kumlu çamur, 60-0 mm arasında ise yine aynı renkte homojen çamur görülmektedir. Yer yer biyotürbasyon izleri ve gastropod kavkıları karot boyunca gözlenir.

Sultaniye havzasından, 15 m derinlikten alınan 820 mm uzunluğundaki KÖYC-G04 karotunun 820-70 mm arasında zeytin yeşili laminalı çamur gözlenmektedir (Şekil 2d). Yer yer biyotürbasyon izleri, bitki kalıntıları görülür. 260-230 mm arasında koyu zeytin yeşili laminalı çamur mevcuttur. Karotun en üst seviyesinde, 70-0 mm arasında açık zeytin yeşili, bitki kalıntıları içeren homojen çamur ve hemen altında 71-70 mm arasında beyaz renkli karbonat çökeliği görülmektedir. Bu karotun radyografisi alınamadığından optik fotoğrafı litolojik loga eklenmiştir.

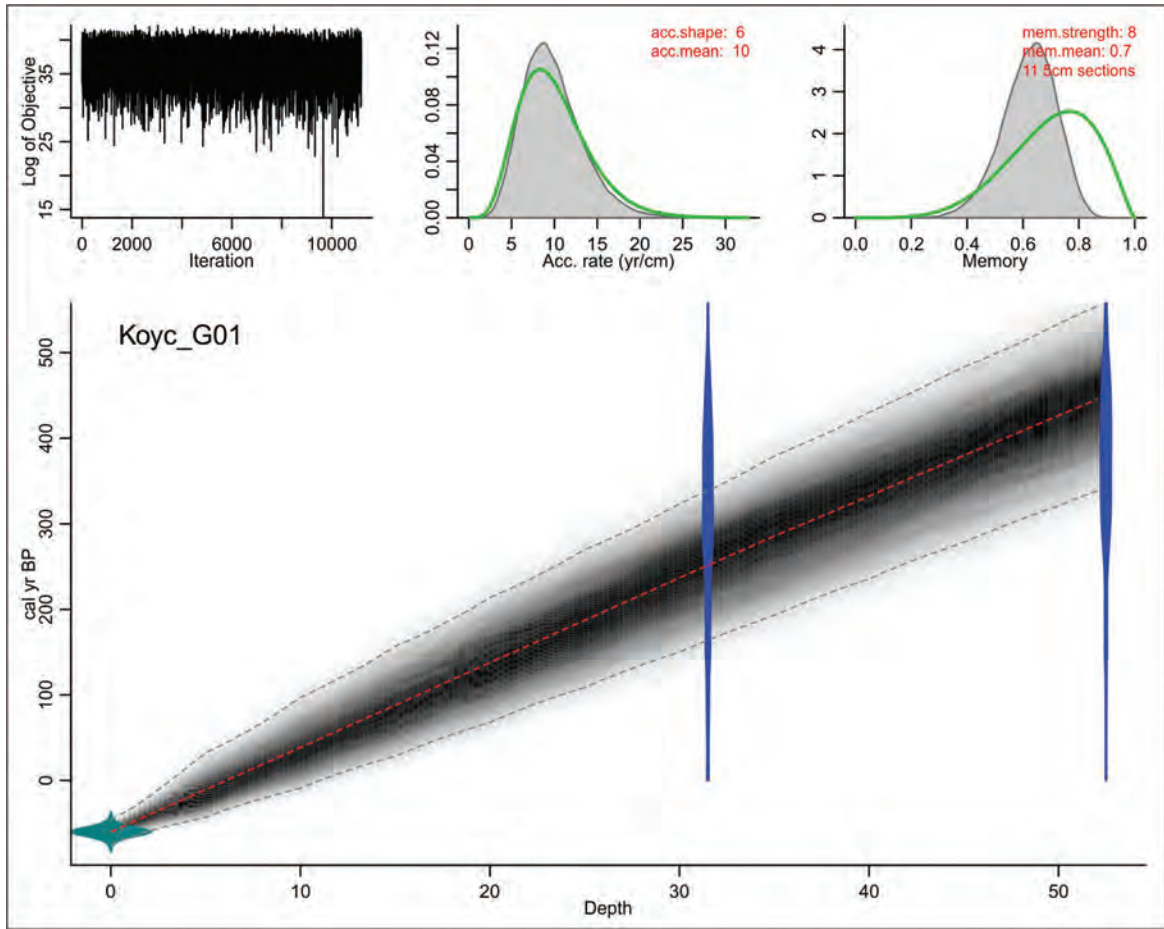
C-14 Yaşlandırma ve yaş modeli

Köyceğiz Gölü'nden alınan yaşlar, 300 ila 750 mm uzunluğundaki karotlardan alınmalarına rağmen hepsi 2000 yıldan fazla radyokarbon yaşı vermektedir (Çizelge 2). Özellikle, KÖYC-G01 karotundaki ~315 mm derinlikte GÖ 2780±40 ve ~525 mm derinlikte GÖ 2845±40 radyokarbon yaşları, karotun en üst seviyesinin bugüne (yani GÖ -60 yıl) karşılık geldiği düşünülünce, toplanan kavkılarının sert su etkisinde olması ve/veya lokal rezervuar yaşının fazla olması gerektiğini düşündürmektedir. Akdeniz'de, bölgelerin jeolojik

yapısı ve drenaj havzası gibi etkilerle beraber, ΔR (Delta R) değerinin göreceli olarak yüksek bulunduğu lagünler vardır. Örneğin, Sabatier vd. (2010), KB Akdeniz'de yer alan Pierre Blanche Lagünü için 605±30 yıllık ΔR değeri ve Akçer-Ön vd. (hazırlanmakta) Bafa Gölü'nün lagünel fazında 973±58 yıllık bir ΔR değeri öngörmüşlerdir. KÖYC-G01 karotu 16445 ve 16446 kodlu örnekler, ΔR -400 alınarak, Calib programında (Stuiver vd., 2017) Marine-13 kalibrasyonuna (Reimer ve diğ., 2013) tabi tutulduğunda %95 güven aralığında sırasıyla GÖ 2848-3109 (medyan değer GÖ 2975) ve GÖ 2935-3190 (medyan değer GÖ 3064) yıllarında çıkmaktadır. Elimizde ΔR değerini bulmak için herhangi bir materyal yoktur. Yukarıda bahsedilen iki seviye için sabit sedimantasyon hızı kabul edersek, yaklaşık 200 mm'lik bu bölümün 100 ila 350 yıllık bir sürede çökeldiği görülmektedir. Bu bilgiler ışığında sabit sedimantasyon hızını ~1mm/y kabul edersek 315 mm seviyesi yaklaşık GÖ 255 yıl, 525 mm seviyesi ise yaklaşık GÖ 465 yıl çıkmaktadır. Bu seviyelerde ΔR hesaplaması yapıldığında (Reimer ve Reimer, 2017) sırasıyla, 2192±92 ve 2026±94 yıl elde edilmektedir. Bu iki değer yaklaşık ortalaması olan 2100±90 yıllık ΔR değeri kabul edilmiş ve R yazılımında (R Core Team, 2017), Bacon (Bayesian accumulation) paketi (Blauw ve Christen, 2011) kullanarak Marine 13 kalibrasyonu ile yaş modelini oluşturulmuştur (Şekil 3). Model sonuçlarına göre 315 mm ve 525 mm derinlikte yaşlar sırasıyla GÖ 252 ve 450 yıl çıkmıştır. Buna göre KÖYC-G01 lineer yaş modeline göre sedimantasyon hızı yaklaşık 1.2 mm/y hesaplanmıştır. Ulaş Avşar ile yapılan kişisel görüşmede (Kasım, 2017), yayınlanmamış veriye göre, Köyceğiz havzasında günümüz çökelleme hızlarının 1.5-2 mm/y olduğunu belirtmiştir. Bu bilgiler, ΔR değerinin iyi bir varsayım olduğunu düşündürmektedir.

Çizelge 2. Köyceğiz Gölü karotlarında kavkılardan yapılan C-14 yaşlandırma analizi sonuçları.**Table 2.** C-14 dating results from Lake Köyceğiz core shells

Lab. Kodu	Örnek adı	Malzeme	Ham yaşlar (GÖY)	d13C
16445-AA104032	KÖYC-G01 310-320 mm	Kavkı parçaları	2780±40	-12.0
16446-AA104033	KÖYC-G01 510-540 mm	Kavkı parçaları	2845±40	-10.7
16447-AA104034	KÖYC-G03 560-570 mm	Kavkı parçaları	2400±40	-10.0
16448-AA104035	KÖYC-G04 720-730 mm	Kavkı parçaları	2270±45	-9.9

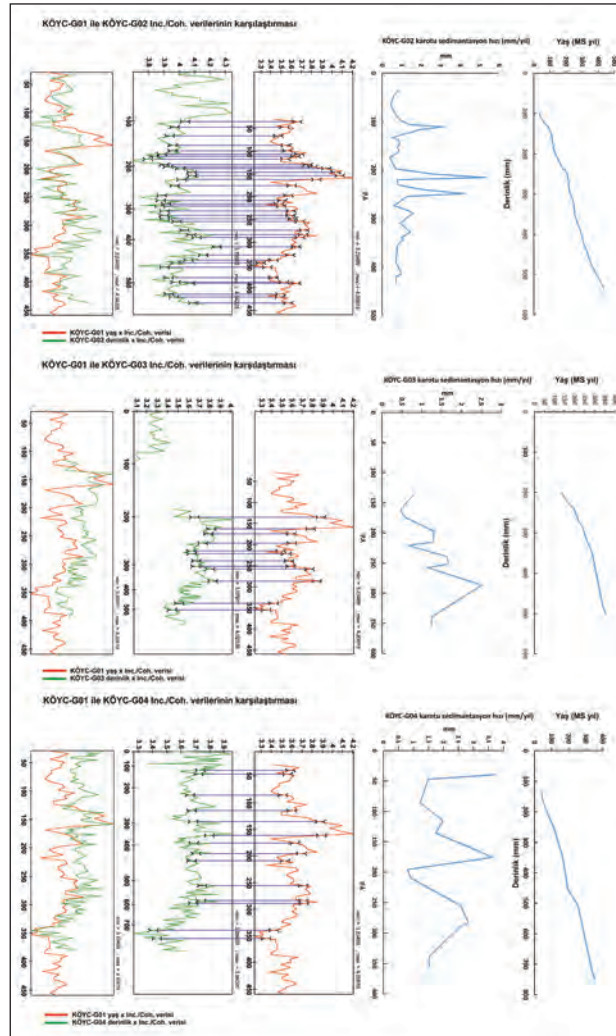
**Şekil 3.** KÖYC-G01 karotunun Bacon paketi ile oluşturulmuş yaş modeli.**Figure 3.** Construction of age model of core KÖYC-G01 with Bacon package

Güneyde yer alan Sultaniye havzası, kuzeydeki Köyceğiz havzasından Gedova Boğazı ile ayrılmaktadır. Gedova Boğazı ortalama 6 m derinliğe sahiptir. Gedova Boğazı'nın, gölün iki farklı havzasında tabakalanmaya güçlü bir katkısı vardır (Bayarı ve Kurttaş, 2000).

Tabakalanma Sultaniye havzasında yaklaşık 12 m derinlikte görülürken, Köyceğiz havzasında 12-16 m derinlikte görülmektedir. Bu iki havzanın radyokarbon karakterlerinin farklı olabileceği, alınan yaşlarda da görülmektedir. Ayrıca, Sultaniye havzasının hem rezervuar yaşı

daha düşük olan Akdeniz ile olan irtibatı, hem de termal kaynaklarla beslenmesinden dolayı, karstik kaynaklarla beslenen Köyceğiz havzasına göre karbonatça daha fakirdir (bkz. Bayarı ve Kurttaş, 2000, Şekil 12). Bu yaklaşıma göre, Sultaniye havzasından alınan yaşların daha düşük ΔR değerlerine sahip olması beklenir. Elimizde KÖYC-G03 ve KÖYC-G04 karotları için yeterince veri olmadığı için, bu karotlarda radyokarbon yaşlarını kalibre etmek yerine Inc/Coh eğrileri

KÖYC-G01 Inc/Coh eğrisi ile denştirilerek yaş modelleri oluşturulmuştur (Şekil 4). Sonuç olarak elde edilen yaş-derinlik modeline göre bu havzada -sedimentasyon hızı Köyceğiz havzasından daha hızlı; yaklaşık 2 mm/yıl hesaplanmıştır. Avşar vd., 2016) çalışmalarında Sultaniye havzasında sedimentasyon hızını 2.3 mm/y hesaplamışlardır. Buna göre sedimentasyon hızları iki çalışmada da benzer görülmektedir (Bkz Avşar vd., 2016, Şekil 2 (c)).



Şekil 4. KÖYC-G01 karotu ile diğer karotların Analy.Series (2.0) programı ile denştirilmesi sonucu elde edilen sedimentasyon hızı ve yaş-derinlik grafikleri.

Figure 4. Sedimentation rate and age-depth plots as results of correlation of KÖYC-G01 with the rest of the cores, through Analy.Series (2.0) software

Faktör analizi sonuçları

KÖYC-G01 karotu μ XRF taramaları sonucunda elde edilen sonuçlardan 400 (cps, saniyede sayım-count per second)'nin üzerinde olan ve çevresel değişimler ile ilişkilendirilebilecek anlamlı elementler (K, Ca, Ti, Mn, Fe, Sr) ile toplam organik karbon temsilcisi belirteç olan Inc./Coh. (Rodriguez-Germade vd., 2014) sayımları üzerinde faktör analizi uygulanmıştır. Buna göre üç faktör elde edilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Faktör analizi sonuçları

Table 3. Result of Factor analysis

Faktör yükleme matrisi	faktör1	faktör2	faktör3
K	-0.723044	0.1051748	0.6393486
Ca	0.7695887	-0.591209	-0.103678
Ti	-0.76004	-0.086701	0.5339422
Mn	0.105799	-0.714247	0.1101949
Fe	-0.717375	0.1194875	0.6664085
Sr	0.8500509	-0.275566	-0.199282
Inc/Coh	0.17867	0.1797859	-0.824842

Faktör 1'de K, Ti ve Fe elementleri beraber davranırken bu elementlerle ters ilişkili olup kendi içinde ilişkili olan Ca ve Sr elementleri görülür. Faktör 1'de bulunan K, Ti ve Fe elementleri havzaya kırıntılı olarak gelen detrital elementlerini, bunlarla ters ilişkili olan Ca ve Sr elementleri ise havzada otojenik çökelen elementleri temsil etmektedir.

Faktör 2'de ise Ca ve Mn yüksek ilişkili görülmektedir. Bu ilişkiye göre kırıntı girdisiyle gelebilecek bu iki elementin diğer K, Ti ve Fe ile ilişkili olmaması, sedimanda biyojenik (kavkılının etkisi) ve/veya kimyasal (karbonat-bikarbonat oluşumu ve indirgenme-yükseltgenme) etki ile çökelmiş olabileceğini düşündürmektedir.

Faktör 3 ise kırıntılı malzeme girdisini gösteren K, Ti ve Fe elementlerinin Inc/Coh oranı (Toplam Organik Karbon) ile ters ilişkili olduğunu

göstermiştir. Buna göre Toplam Organik Karbon (Inc/Coh) kırıntılı malzeme girdisinin arttığı dönemlerde azalmakta, azaldığı dönemlerde de arttığının belirteci durumundadır.

Çoklu-belirteç verileri

Yaş modeli oluşturulan karotlarda geçmiş iklim ve ortam değişimlerinin belirlenebilmesi için üç faktörün temsilcileri; Ca, Fe, Inc./Coh ve Ca/Fe, Sr/Ca, Mn/Fe, MS (manyetik duyarlılık), duraylı oksijen ve karbon izotop verileri bu çalışmada verilmektedir.

Faktör 1 temsilcisi olan Fe elementi bu çalışmada havzaya kırıntılı malzeme girdisini temsil etmektedir. Artan neme bağlı yağışlar ile kırıntılı malzeme girdisinin artması, kurak dönemlerde de azalması beklenir. Kırıntılı elementler (Fe, Ti, K) ile ters ilişkili olan Ca ve Sr elementlerin ise nemli/sıcak dönemlerde azalması, nispeten soğuk/kurak dönemlerde ise artması suda endojenik olarak artan karbonat çökelimini temsil etmektedir. Ca ve Sr elementleri her ne kadar baskın olarak endojenik çökeliyi gösterse de aynı zamanda kırıntılı malzemeler ile havzaya gelebilmektedir bu sebeple Ca/Fe normalize edilerek otojenik çökeliyi temsilen grafiklerde gösterilmiştir. Sr/Ca oranı bu çalışmada sıcak dönemlerde artan kuraklığa bağlı çökeliyi temsil eder. Mineralojik çalışma olmadığından dolayı burada kafes yapısı daha durağan olan aragonit çökelinin kalsit çökeline oranını gösterdiği kabul edilmiştir. Buna göre Sr/Ca oranının arttığı dönemler nispeten daha sıcak dönemleri vermektedir. Bir diğer belirteç ise Toplam Organik Karbon temsilcisi olan Inc./Coh. belirteçidir. Faktör analizi sonuçlarında f3'de kırıntılı malzeme girdisinin temsilcisi K,Ti ve Fe ile ters ilişkili sonuç veren bu belirtecin nispeten soğuk/kurak dönemlerde arttığı görülür. Bu da toplam organik karbon miktarının kırıntılı malzeme girdisinden çok göldeki biyojenik/kimyasal olaylar ile ilişkili olduğunu düşündürmektedir. Manyetik duyarlılık

(MS) belirteci ise çamurda bulunan ferromanyetik minerallerin miktarına bağlı olarak değişmektedir. Hematit, manyetit gibi minerallerin fazla olması MS değerlerinin yüksek olmasına sebep olmaktadır. Genelde redoks koşullarının baskın olmadığı ortamlarda bu mineraller, detrital elementler ile benzer değişimler gösterir ve kırıntılar halinde taşınarak havzaya gelir. Bu çalışmada MS değerlerinin nispeten sıcak/nemli olan dönemlerde arttığı görülmektedir.

Mn, Fe elementine oranla redoks koşullarına daha duyarlıdır. Buna göre Mn/Fe oranının arttığı dönemlerde göl suları oksijen bakımından zenginleşmektedir (Mackereth, 1966; Wersin vd., 1991; Naehrer vd., 2013). Tabakalı göllerde, anoksik su kolonu koşullarında Fe, Mn elementine göre daha az indirgenir. İndirgenen dip suyu koşullarında Mn⁺⁺ iyonları anoksik dip sularında kalır ve sedimanda azalır, bu da Mn/Fe değerlerinin azalmasından anlaşılabilir. Oksik su kolonu koşullarında ise Mn, Mn oksit olarak çökeler ve çökelerde Mn/Fe artmasına sebep olur. Köyceğiz'in meromiktik (sürekli tabakalanma) bir göl olmasından dolayı sürekli tabakalanma görülmektedir. Buna göre dipte bulunan anoksik koşullarda; günümüz sıcak/nemli koşullarda Mn/Fe oranının az olması, daha soğuk/kurak koşullarda ise artması beklenmektedir.

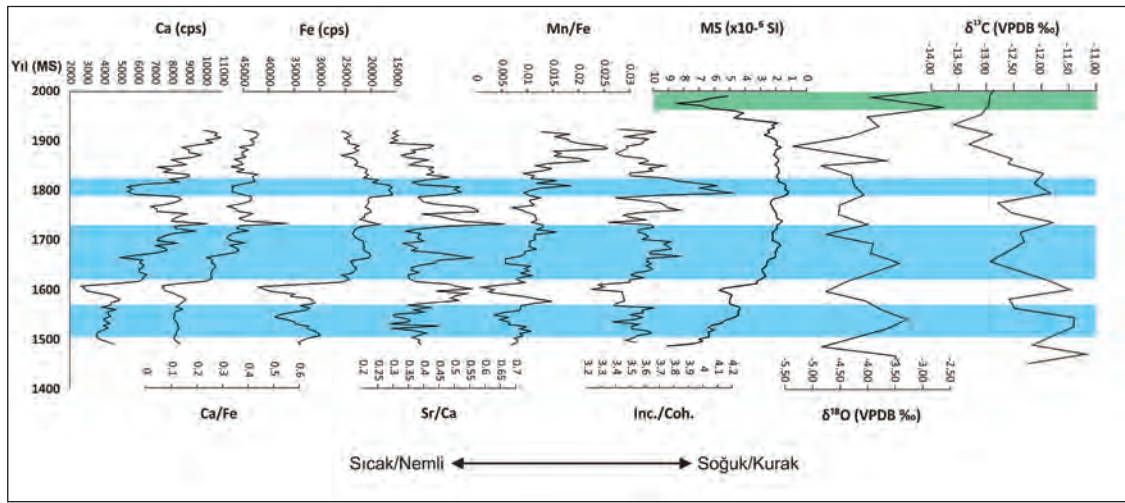
Duraylı oksijen ve karbon izotop analizi sonuçlarında $\delta^{18}\text{O}$ değerlerinin değişimi çevrenin hidrolojik özellikleri, analizin yapıldığı malzemenin türü ve bunlara bağlı özellikleri ile ilişkilidir. Bu çalışmada bölgenin hidrolojik özellikleri ile ilgili detaylı bir çalışma yapılmamış fakat genel olarak iklime bağlı değişimlerin etken olduğu varsayımı ile yola çıkılarak çoklu belirteçler ile birlikte değerlendirilmiştir. Analizler, *Cyprideis torosa* ostrakod türünün kavkısından yapılmıştır. Bu çalışmada evaporasyona bağlı olarak $\delta^{18}\text{O}$ değerleri kurak dönemlerde artış göstermekte,

nispeten nemli dönemlerde ise azalmaktadır. Buna sebep yağmur suyunun izotop değerlerinin daha düşük olması gösterilebilir.

$\delta^{13}\text{C}$ izotoplarının değişimleri ise göldeki biyolojik özelliklere, atmosfer karbondiyoksit miktarının değişimine, çözünmüş inorganik karbon miktarına bağlı olarak değişebilmektedir. Bunun dışında analizin yapıldığı malzemenin özellikleri de farklılık yaratabilir. Bu çalışmada $\delta^{13}\text{C}$ izotoplarının kendi içinde göreceli değişimleri ile iklimsel değişimler belirlenmeye çalışılmıştır. Genelde kapalı sistemlerde $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{13}\text{C}$ birlikte değişim göstermektedir. Köyceğiz Gölü'nün Dalyan sistemi ile Akdeniz'e bağlı olmasına rağmen $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{13}\text{C}$ izotop değerlerinin birlikte değiştiği (co-vary) gözlenmektedir. Buna göre $\delta^{13}\text{C}$ izotop değerleri kurak dönemlerde nispeten artmakta, nemli dönemlerde ise azalmaktadır.

Köyceğiz havzasından alınan KÖYC-G01 karotu yaklaşık son 600 yılı (MS 1400) kapsamaktadır (Şekil 5). En üst seviyede vermedit kavkılarının yoğunluğundan dolayı μXRF verileri elde edilememiştir. Yaklaşık MS 1500-1950 yılları arasında kısa salınımların dışında Ca elementinde, MS, Mn/Fe, Ca/Fe, Inc./Coh. belirteçlerinde genel olarak artan bir eğim görülür. Fe elementi ve MS değerleri ise azalmaktadır. Duraylı oksijen ve karbon izotoplarının ise birlikte değişimi gözlenir. 1950 yılından günümüze MS ve $\delta^{18}\text{O}$ değerlerinin artışı birbiriyle çelişkilidir. Fakat insan etkisinin en yoğun olduğu bu dönem hakkında sadece çevresel faktörlere bağlı yorum yapmak doğru değildir. Bu sebeple karotun en üst seviyesinin gerek yoğun vermedit kavkı ile kaplı olmasından analizlerin tam yapılamaması gerek de insan etkisi sebebiyle değerlendirilmemesi uygun olacaktır.

Bu veriler ışığında yaklaşık 1500-1580 yılları, 1620-1720 yılları arasında ve 1800 yılı civarında nispeten daha kurak/soğuk dönemler olduğu gözlenmiştir.



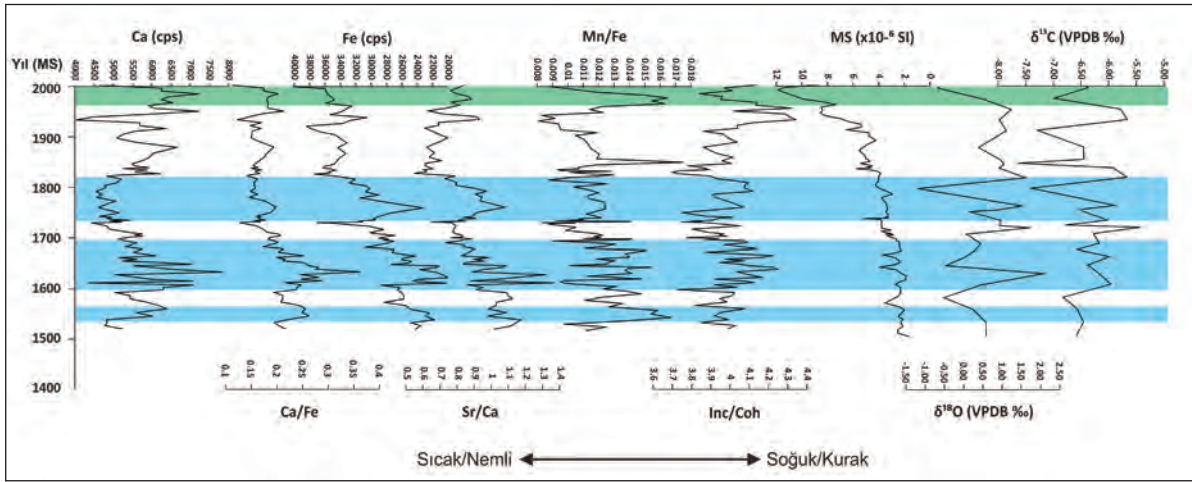
Şekil 5. KÖYC-G01 karotu, yaşa (MS yılı) göre çoklu belirteç grafiği. Mavi; soğuk/kurak, yeşil ise sıcak/nemli dönemleri göstermektedir.

Figure 5. Multi-proxy vs age plot of KÖYC-G01 core. Blue and green indicate cold/dry and warm/wet spells, respectively.

KÖYC-G01 karotu ile aynı havzadan alınan KÖYC-G02 karotu yaklaşık son 500 yılı (MS 1500) temsil etmektedir (Şekil 6). Bu karotta ise yaklaşık MS 1600-1700 yılları arasında Ca, Ca/Fe, Mn/Fe, Inc./Coh., $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinde artış görülürken Fe ve MS değerleri azalmaktadır. $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinde salınımların gözlenmesinin sebebi analiz çözünürlüğünün düşük olması olabilir. Yakından alınan KÖYC-G01 karotunun aksine yaklaşık 1650-1800 yılları arasında Ca ve Ca/Fe değerleri nispeten düşük olmasına rağmen diğer belirteçlerde (MS ve Fe hariç) artış görülmektedir. Soğuk/kurak bir dönem olduğu düşünülen MS 1720-1810 yılları arasında Ca

ve Ca/Fe değerlerinin nispeten düşük olması artan kırıntılı malzemenin bu dönemde karbonat çökelimini seyreltmış olmasından kaynaklanabilir.

Buna göre yaklaşık MS 1550 yılı civarında, 1600-1700 yılları arasında ve 1720-1810 yılları arasında nispeten soğuk/kurak ve 1980-2000 yılları arasında nispeten nemli/sıcak dönemler gözlenmiştir. Kıyıda daha uzaktan alınan bu karotta KÖYC-G01 karotunda olduğu kadar insan etkisinin gözlenmesi beklenmese de 1950 yılından sonraki verilerin çevresel değişimler açısından güvenilirliği yine de çok fazla olmadığı akılda tutulmalıdır.



Şekil 6. KÖYC-G02 karotu, yaşa (MS yılı) göre çoklu belirteç grafiği. Mavi; soğuk/kurak, yeşil ise sıcak/nemli dönemleri göstermektedir.

Figure 6. Multi-proxy vs age plot of KÖYC-G02 core. Blue and green indicate cold/dry and warm/wet spells, respectively.

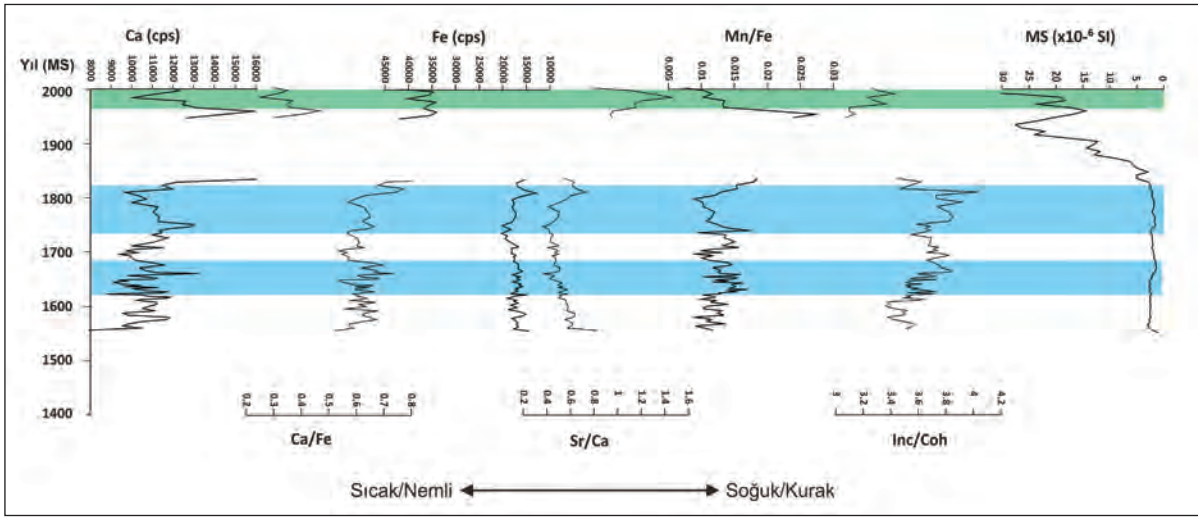
Köyceğiz ve Sultaniye havzalarının orta sırtından alınan KÖYC-G03 karotu yaklaşık son 450 yılı (MS 1550) kapsamaktadır (Şekil 7). Karotun üst-ara seviyesinde bulunan kumlu seviyeden dolayı buradan (MS 1800-1950 yılları arası) μ XRF verisi elde edilememiştir. Karotun en üst seviyesinin de kumlu çamur olmasından dolayı μ XRF verileri çok sağlıklı olmayabilir. Ca, Ca/Fe, Mn/Fe, Inc./Coh. değerleri MS yaklaşık 1550-1800 yılları arasında 1950-2000 yılları arasına oranla oldukça düşüktür. MS, Fe elementi ve Sr/Ca değerleri ise tam tersi yüksektir.

Bu da kısa bölünmeler dışında MS yaklaşık 1500-1800 yılları arasının nispeten soğuk/kurak, 1950-2000 yılları arasının ise sıcak/nemli olduğunu göstermektedir.

Sultaniye havzasından alınan KÖYC-G04 karotu yaklaşık son 400 yılı (MS 1600) kapsamaktadır (Şekil 8). Bu karotun da en üst seviyesinde (1950-2000 yılları arası) bulunan bitki kalıntılarının yoğunluğundan dolayı μ XRF verileri elde edilememiştir. MS 1600-1900 yılları arasında Ca, Ca/Fe, Sr/Ca değerleri daha durağan ve salınımlar daha az gözlenmektedir. 1900

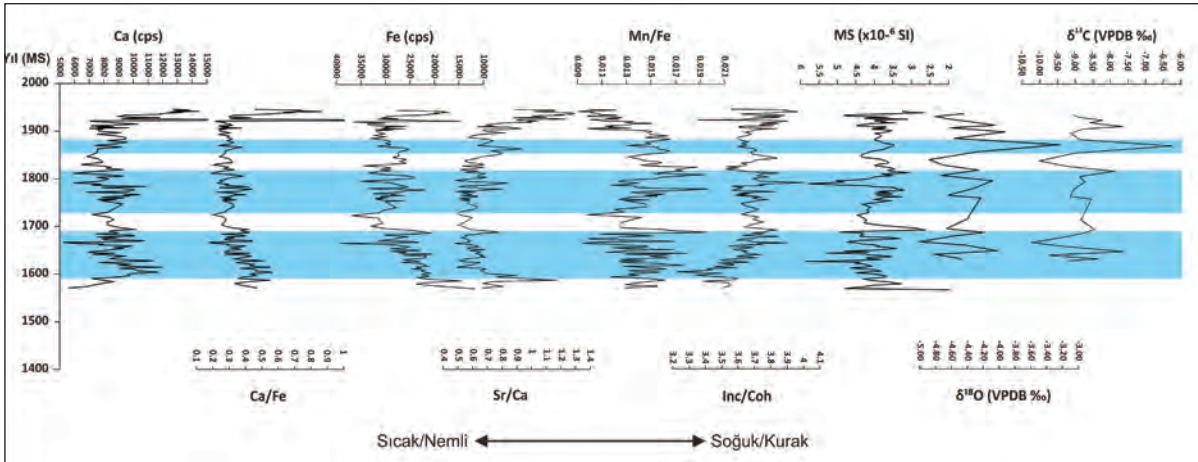
yılından günümüze doğru Ca, Ca/Fe, Sr/Ca, Inc./Coh. değerlerinde artış, Fe, MS ve duraylı izotop değerlerinde ise azalma görülmektedir. Tüm belirteçler birlikte değerlendirildiğinde yaklaşık MS 1600-1700, 1720-1810 yılları arası ve 1850 yılı civarında iklimin nispeten soğuk/kurak olduğu görülür.

Tüm karotlar birlikte değerlendirildiğinde yaklaşık MS 1600-1850 yılları arasının kısa dönem salınımlar dışında daha kurak/soğuk olduğu görülmektedir. Bu da küresel ölçekte gözlenen Küçük Buz Çağı'na (MS 1450-1850) denk gelmektedir. Küçük Buz Çağı'nın sebepleri hala tartışmalı olsa da küresel olarak gözlenmektedir. Anadolu'da Sofular Mağarası speleotem (KB Anadolu), Nar Gölü (İç Anadolu), Çubuk Gölü (İç Anadolu), Salda Gölü (GB Anadolu), Küçükçekmece Lagünü (Marmara Bölgesi) çökellerinde ve GB Anadolu ağaç halkası verilerinde gözlenmiştir (Göktürk vd., 2011, Jones vd., 2006, Ocakoğlu vd., 2016, Danladi ve Akçer-Ön, 2017, Akçer-Ön vd., 2011, Touchan vd., 2007).



Şekil 7. KÖYC-G03 karotu, yaşa (MS yılı) göre çoklu belirteç grafiği. Mavi; soğuk/kurak, yeşil ise sıcak/nemli dönemleri göstermektedir.

Figure 7. Multi-proxy vs age plot of KÖYC-G03 core. Blue and green indicate cold/dry and warm/wet spells, respectively.



Şekil 8. KÖYC-G04 karotu, yaşa (MS yılı) göre çoklu belirteç grafiği. Mavi; soğuk/kurak, dönemleri göstermektedir.

Figure 8. Multi-proxy vs age plot of KÖYC-G04 core. Blue indicates cold/dry and warm/wet spells.

Elde edilen diğer önemli bir sonuç toplam organik karbon belirteci olan Inc./Coh oranının nispeten soğuk/kurak dönemlerde gösterdiği artıştır. Faktör analizi sonucundan elde edilen veriler ışığında kırıntılı malzeme girdisiyle ters ilişkili olan Inc/Coh oranı sıcak/nemli dönemlerde

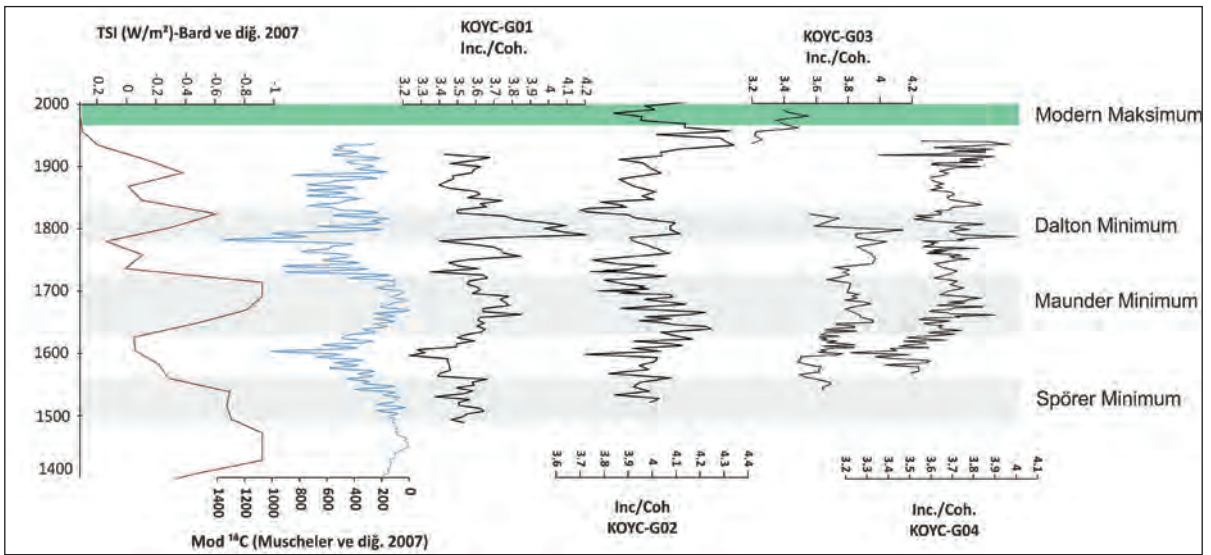
azalmakta, soğuk/kurak dönemlerde ise göreceli artış göstermektedir.

Toplam Organik Karbon'un arttığı seviyeler Küçük Buz Çağı dönemi içindeki Güneşteki patlamaların sayıca azaldığı Spörer (MS 1460-1550), Maunder (MS 1645-1715) ve Dalton

Minimum (MS 1790-1830) dönemlerine denk gelmektedir. Toplam Solar Parlaklık (Total Solar Irradiance) ve C-14'e bağlı Solar Modülasyon Fonksiyonu (Solar Modulation Function; kozmojenik radyonükleid) grafikleri ile Köyceğiz Gölü'nden alınan karotlardaki Inc/Coh. grafiklerinin karşılaştırması Şekil 9'da verilmektedir. Güneş Etkinliğine bağlı bu iki referans veriye (Bard vd., 2007 ve Steinhilber vd., 2012) göre Inc/Coh verilerinin oldukça uyumlu olduğu görülmektedir. Buna göre Güneşteki lekelerin azalması ve iklimin nispeten soğuması ile göl sedimanlarında oluşan toplam organik karbon miktarı artmaktadır.

SONUÇLAR

Bu çalışmada Köyceğiz Gölü'nden alınan kısa karotlar ile yaklaşık son 500 yılın (1500-2000 yılları arası) iklim değişimleri değerlendirilmiştir. Köyceğiz Gölü karotları yaş modeline göre küresel olarak gözlenen Küçük Buz Çağı dönemine (MS 1450-1850) denk gelmektedir. Bu dönem içinde üç soğuk/kurak dönem gözlenmiştir. Bu soğuk dönemlerin güneşteki lekelerin azalmasına bağlı soğuma dönemleri ile uyumlu olduğu görülmektedir. Anadolu'da daha önceki çalışmalarda gözlenen Küçük Buz Çağı döneminde son 500 yılda güneş etkisi ile iklim değişimleri



Şekil 9. MS 1400-2000 yılları arası Toplam Solar Parlaklık (TSI, Bard vd., 2007), Mod ¹⁴C (Muscheler vd., 2007) grafikleri ile Köyceğiz Gölü Inc./Coh. verilerinin karşılaştırması. Gri ile gösterilen bölgeler soğuk/kurak dönemleri, yeşil ise nispeten sıcak/nemli dönemi göstermektedir. Buna göre Spörer, Maunder ve Dalton Minimumları ve Modern Maksimum grafiklerde gösterilmiştir.

Figure 9. Comparison of Total Solar Irradiance ((TSI, Bard et al., 2007), Mod ¹⁴C (Muscheler et al., 2007) vs Inc./Coh. data of Lake Köyceğiz cores the dates between AD 1400-2000. Grey and green zones indicates cold/dry and relatively warm/wet spells, respectively. So the Spörer, Maunder and Dalton Minimums and Modern Maximum has shown on plot.

ve bunların göller üzerindeki jeokimyasal ve fiziksel etkileri güneybatı Anadolu'da Salda Gölü verilerinden sonra ilk defa Köyceğiz Gölü kayıtlarında da gözlenmiştir. Buna göre Yaklaşık MS 1490-1570, 1620-1710 yılları arası ve 1800 yılı civarında artan soğuk/kurak koşullar sırasıyla; Spörer Minimum, Maunder Minimum ve Dalton Minimum olarak adlandırılmış güneş etkilerinin azaldığı dönemlere denk gelmektedir.

KATKI BELİRTME

Çeşitli katkılarından dolayı Zeki Bora Ön, Dursun Acar, Zeynep Ankut, Sebahat Ercan, Taner Korkmaz ve Cannur Eroğlu'na teşekkür ederim. EMCOL laboratuvar imkanlarını bana açan Prof. Dr. Namık Çağatay, Doç.Dr.Kadir Eriş ve Y.Müh. Dursun Acar'a çok teşekkür ederim. Bu makaleyi değerlendiren hakemler; Demet Biltekin ve Ulaş Avşar'a ve özel sayının editörü Mehmet Korhan Erturaç'a katkılarından dolayı teşekkür ederim.

EXTENDED SUMMARY

Lakes and lagoons are important archives for past climate and past environment studies. Especially, closed lake systems are very sensitive to small changes, where evaporation-precipitation regime is sensitive and important.

Since the beginning of the Earth, climate has varied at different time scales. Orbital variations, continental drift, solar output, variations in Earth's albedo, changes in greenhouse gas concentrations and evolution of the sun are believed to be the causes of climate variations. The global nature of the Holocene climate variations are still a matter of debate. Sunspots, volcanic activities, effects of melting-glacials on thermohaline circulation could be the origin of these variations. Different centennial-scale climatic variations such as Little Ice Age, Medieval Climate Anomaly and Solar activity records observed in North Europe and America are also expected to be detected in Western Anatolia Lakes. Comparison of the Western

Anatolian climate records with the regional and global climate records is important and useful in understanding human history and predicting future climate changes, where Holocene climate studies are still scarce in Anatolia.

*For this purpose, I collected four short interface cores (max 800 mm) from Lake Köyceğiz (Figure 1, Table 1). Two cores were recovered from the northern basin; called Köyceğiz, one from the southern basin; called Sultaniye and the last one is from the ridge between these two basins. The split cores were lithologically described and analyzed for physical properties (magnetic susceptibility: MS) at 5 mm resolution using Multi Sensor Core Logger (MSCL) and multi elemental analysis at 3 mm resolution using μ XRF (X-Ray Fluorescence) core scanner. Most abundant and continuous ostracoda species (*Cyprideis torosa*) were picked at 30 mm resolution from three of the cores, and analyzed for $\delta^{18}O$ and $\delta^{13}C$. The cores were dated through AMS ^{14}C analysis of various carbonate shells. The results are corrected for hard water/local reservoir ages as assuming 2100 ± 90 years, according to the previous studies' sedimentation rates and known hard water/local reservoir effects in Mediterranean lagoons, and consequently, age model is constructed for KÖYC-G01. Other cores' age models are constructed by comparison of KÖYC-G01 core by AnalySeries 2.0 software (Fig.4). In this study, the results of principal component factor analysis of μ XRF data, which have more than 400 count per seconds (K, Ca, Ti, Mn, Fe, Sr elemental profiles) are presented and interpreted.*

Köyceğiz Lake cores can mainly be described as olive green colored homogenous mud and each of them consist of vermedite shells for the upper 100 mm, except for the KÖYC-G03 which was recovered on the ridge (Figure 2). All cores have gastropod shells, plant remains and bioturbation tracks in various levels. KÖYC-G03 core has a sand level between 200-120 mm. Laminations are observed at KÖYC-04 core which was recovered from Sultaniye basin.

In order to calibrate the radiocarbon dates, there is no available data to find the hard water effect. Therefore, two radiocarbon dates in KÖYC-G01 core have been calibrated without the any reservoir age correction through MARINE-13 calibration. Then the sedimentation between these two levels has been assumed constant through the core, and accordingly by assuming the top of the core present, a linear age model is constructed. The dates, according to this model, of the levels with dated material give approximately 2100 ± 90 years of hard water effect. Consequently an age model is constructed with this assumed hard water effect via Bacon package (Figure 3). The results show that, KÖYC-G01 covers approximately the last 500 years BP (~ AD 1450, Figure 5). The age model of the rest of the cores have been constructed through Analy.Series 2.0 software, since according to the radiocarbon dates, different basins have different hard water effects. KÖYC-G02, G03 and G04 represents approximately 500 years BP (Figure 6, 7, 8).

The result of factor analysis on μ XRF data gives three different factors; i) K, Ti, Fe and negatively correlated with Ca, Sr; ii) Ca and Mn, iii) K, Ti, Fe negatively correlated with Inc./Coh. F1 refers to K, Ti, Fe detrital input to the basin and negatively correlated with carbonate precipitation in lake sediments. F2 refers to Ca and Mn as both detrital materials but Ca also refers to chemical and/or biological precipitation and Mn refers to redox conditions in sediment. The correlation is not so high in this factor. The last factor; 3 refers to detrital input elements versus Inc./Coh. Ratio that is assumed as total organic carbon. Accordingly, increase of detrital input results in a decrease of the total organic carbon (Inc/Coh) amount.

In this study Ca, Ca/Fe, Fe, Sr/Ca, Mn/Fe, Inc/Coh, Ms, $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ proxies are used to understand past climate changes for last BP 500 years. Fe (f1) refers the detrital input to the basin and negatively correlated to Ca element, which is assumed as a proxy for carbonate precipitation.

In warmer/wetter (colder/drier) conditions, detrital input has increased (decreased) and carbonate precipitation decreased (increased). Ca is normalized to Fe to ignore detrital input of Ca to basin and assumed as CaCO_3 precipitation in the sediment. Sr/Ca ratio is assumed and used as a proxy aragonite/calcite ratio. During Warm/dry conditions aragonite/calcite ratio is expected to increase and cold/wet conditions and vice versa. Mn/Fe ratio is mostly used to understand redox reactions. Mn element is more sensible than Fe element for oxygenation. So increasing Mn/Fe ratio refers to enrichment of oxygenation. Inc/Coh ratio is used as total organic carbon. As it is seen from factor 3, total organic carbon concentration is negatively correlated with detrital input elements, (Fe, K, Ti) that means TOC is enriched in colder/drier conditions. $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ mostly covary in closed systems. Even Lake Köyceğiz may not be counted as a closed system (outflows to Mediterranean), it can be seen that $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ covaries for all three cores. $\delta^{18}\text{O}$ is mostly related to evaporation-precipitation regime in Eastern Mediterranean. So it is expected to have high values during dry periods and low values during wet periods.

According to the results, between AD 1470-1570, 1620-1710 years and around AD 1800 it colder/drier in Lake Köyceğiz (Fig., 4, 5, 6, 7). This time interval has been known as Little Ice Age (AD 1450-1850) which is a cold spell and has been observed globally. Furthermore these periods show good visual correlation with the decreases in total solar irradiance (Fig. 9). These, decreased sunspot number spells, are named as Spörer Minimum (AD 1460-1550), Maunder Minimum (AD 1645-1715) and Dalton Minimum (AD 1790-1830).

ORCID

Sena Akçer Ön  <https://orcid.org/0000-0002-0708-8629>

DEĞİNİLEN BELGELER

- Akçer-Ön, S., Greaves, A.M., Manning, S., Ön, Z.B., Çağatay, N., Sakinç, M., Oflaz, A., Tunoğlu, C., yayınlanmamış. The evolution and environmental history of Bafa Gölü, SW Turkey: New dating models and interpretative methods for investigating historic lagoon formation.
- Akçer Ön, S., Çağatay, N., & Sakinç, M., 2011. Küçükçekmece Lagünü'nde (İstanbul)" Küçük Buzul Çağı" ve" Orta Çağ Ilık Dönemi" çökel kayıtları. *ITU Journal Series D: Engineering*, 10(4).
- Avşar Ö., Avşar U., Arslan Ş., Kurtuluş B., Niedermann S., Güleç N., 2017. Subaqueous hot springs in Köyceğiz Lake, Dalyan Channel and Fethiye-Göcek Bay (SW Turkey): Locations, chemistry and origins. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 345, 81–97.
- Avşar, U., Jónsson, S., Avşar, Ö., & Schmidt, S., 2016. Earthquake-induced soft-sediment deformations and seismically amplified erosion rates recorded in varved sediments of Köyceğiz Lake (SW Turkey). *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 121(6), 4767-4779.
- Bard, E., Raisbeck, G., Yiou, F., Jouzel, J., 2007. Comment on "Solar activity during the last 1000 yr inferred from radionuclide records" by Muscheler et al. (2007). *Quat. Sci. Rev.* 26, 2301-2308.
- Bayarı, C.S., Kazancı, N., Koyuncu, H., Çağlar, S.S; And Gökçe, D., 1995. Determination Of The Origin Of The Waters Of Köyceğiz Lake, Turkey; *Journal Of Hydrology* ,166,171-191 P.
- Bayarı, C.S., Kurttaş, T., 2000. Türkiye Gölleri Hidrojeolojik, Hidrojeokimyasal, Jeokimyasal ve Çevresel İzotopik İncelenmesi Pilot Projesi Köyceğiz Gölü, TÜBİTAK Projesi No: YDABÇAG-201.
- Blaauw, M., Christen, J.A., 2011. Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process. *Bayesian Anal.* 6, 457-474.
- Bond, G., Kromer, B., Beer, J., et al., 2001. Persistent solar influence on North Atlantic climate during the holocene. *Science* 294, 2130-2136.
- Chambers, F.M., Michael, I.O., Jeffrey, J.B., 1999. Palaeoenvironmental evidence for solar forcing of holocene climate: linkages to solar science. *Prog. Phys. Geogr.* 23 (2), 181-204.
- 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, pp.85-96.
- Danladi, I. B., & Akçer-Ön, S. 2017. Solar forcing and climate variability during the past millennium as recorded in a high altitude lake: Lake Salda (SW Anatolia). *Quaternary International*.
- Graciansky, P.C., 1968. Teke Yarımadası (Likya) Toroslarının Üst Üste Gelmiş Ünitelerinin Stratigrafik Dinamo-Toroslardaki Yeri, M.T.A. Dergisi, 71, s.73-92.
- Göktürk, OM, Fleitmann, D., Badertscher, S., Cheng, H., Edwards, R.L., Leuenberger, M., Fankhauser A., Tüysüz, O., Kramers, J., 2011. Climate on the Southern Black Sea Coast during the Holocene: Implications from the Sofular Cave record. *Quaternary Science Reviews*, Manuscript Number: JQSR-D-11-00029R1
- Gülenbay, A., 1982. Aşağı Dalaman Havzası Karst Hidrojeoloji İncelemesi, D.S.İ. Genel Müdürlüğü, Yeraltısuları Dairesi Başkanlığı, Yüce-tepe-Ankara.
- Güner, N., 1997. Köyceğiz Gölü Havzasının Hidrojeoloji İncelenmesi, Yüksek Mühendislik Tezi, HÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 91s.
- Güngör ve Çağatay, 2007. Karadeniz'de son 3000 yıldaki ani çevresel değişimler. *İTÜ Dergisi*, 5(4): 23-33.
- Jones, M.D., Roberts, C.N., Leng, M.J. 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.
- Lean, J. L. (2010). Cycles and trends in solar irradiance and climate. *Wiley interdisciplinary reviews: climate change*, 1(1), 111-122.
- Luterbacher, J., Rickli, R., Xoplaki, E., Tinguely, C., Beck, C., Pfister, C., & Wanner, H. 2001. The late Maunder minimum (1675–1715)—a key period for studying decadal scale climatic change in Europe. *Climatic Change*, 49(4), 441-462.
- Mackereth, F.J.H., 1966. Some chemical observations on post-glacial lake sediments. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. Ser. B Biol. Sci.* 250, 165-213.

- Magny, M., 2004. Holocene climate variability as reflected by mid-European lake level fluctuations and its probable impact on prehistoric human settlements. *Quat. Int.* 113, 65e79.
- 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., Vol:1, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, p:544-549.
- Masson-Delmotte, V., M. Schulz, A. Abe-Ouchi, J. Beer, A. Ganopolski, J.F. González Rouco, E. Jansen, K. Lambeck, J. Luterbacher, T. Naish, T. Osborn, B. Otto-Bliesner, T. Quinn, R. Ramesh, M. Rojas, X. Shao and A. Timmermann, 2013: Information from Paleoclimate Archives. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Muller ve Mac Donald, 2000. Ice Ages and Astronomical Causes: Data, spectral analysis and mechanisms, *Praxis Publishing*, UK.
- Naeher, S., Gilli, A., North, R.P., Hamann, Y., Schubert, C.J., 2013. Tracing bottom water oxygenation with sedimentary Mn/Fe ratios in Lake Zurich, Switzerland. *Chem. Geol.* 352, 125-133.
- Ocañoğlu, F., Dönmez, E.O., Akbulut, A., Tunoğlu, C., Kır, O., Açıklan, S., Erayık, C., Yılmaz, Ö.E., Leroy, S.A., 2016. A 2800-year multi-proxy sedimentary record of climate change from Lake Çubuk (Göynük, Bolu, NWAnatolia). *Holocene* 26 (2), 205-221.
- Reimer, R., & Reimer, P., 2017. An Online Application for ΔR Calculation. *Radiocarbon*, 59(5), 1623-1627.
- Reimer, P., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J., Blackwell, P., Ramsey, C., Buck, C.E., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hafliadson, H., Hajdas, I., Hatté, C., Heaton, T.J., Hoffman, D.L., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Manning, S.W., Niu, M., Reimer, R., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Staff, R.A., Turney, C.S.M., Van der Plicht, J., 2013. IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0–50,000 Years cal BP. *Radiocarbon*, 55(4), 1869-1887.
- Paillard, D., Labeyrie, L., Yiou, P., 1996. Macintosh Program performs time-series analysis. *Eos Trans. AGU* 77 (39), 379-379.
- Rencher, A. C., 2002, *Methods of Multivariate Analysis*. 2nd. ed. New-Jersey: John Wiley & Sons. Chapter 13 (pp. 408-450).
- R Core Team, 2017. R: a Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rodriguez-Germade, I., Rubio, B., Rey, D., 2014. XRF scanners as quick screening tool for detecting toxic pollutant elements in sediments from Marin harbour in the Ria de pontevedra (NW Spain). *Mar. Pollut. Bull.* 86, 458e467.
- Sabatier, P., Dezileau, L., Blanchemanche, P., Siani, G., Condomines, M., Bentaleb, I., & Piquès, G., 2010. Holocene variations of radiocarbon reservoir ages in a Mediterranean lagoonal system. *Radiocarbon*, 52(1), 91-102.
- Steinhilber, F., Abreu, J.A., Beer, J., Brunner, I., Christl, M., Fischer, H., Heikkila, U., Kubik, P.W., Mann, M., McCracken, K.G., Miller, H., Miyahara, H., Oerter, H., Wilhelms, F., 2012. 9,400 years of cosmic radiation and solar activity from ice cores and tree rings. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences Published Ahead of Print April 2, 2012.* <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1118965109>.
- Stuiver, M., Reimer, P.J., and Reimer, R.W., 2017, CALIB 7.1 [WWW program] at <http://calib.org>, accessed 2017-11-30
- Touchan, R., Akkemik, Ü., Erkan, N., 2007. MayeJune precipitation reconstruction of southwestern Anatolia, Turkey during the last 900 years from tree rings. *Quat. Res.* 68, 196-202.
- Trujillo-Ortiz, A., R. Hernandez-Walls, A. Castro-Perez and K. Barba-Rojo., 2006. MOUTLIER1: Detection of Outlier in Multivariate Samples Test. A MATLAB file. URL <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/loadFile.do?objectId=12252>
- Tuchman, G., 1978, *Making news*. New York: Free Press.
- Weaver P.P.E. and Schultheiss P.J., 1990. Current methods for obtaininig, logging and splitting marine sediment cores. *Marine Geophysical Researches*, 12:85-100.

- Weber M.E., Niessen F., Kuhn G., Wiedicke M., 1997. Calibration and application of marine sedimentary physical properties using a multi-sensor core logger. *Marine Geology*, 136: 151-172.
- Wersin, P., Höhener, P., Giovanoli, R., Stumm, W., 1991. Early diagenetic influences on iron transformations in a freshwater lake sediment. *Chem. Geol.* 90, 233-252.
- Wessel, P., Smith, W. H., Scharroo, R., Luis, J., & Wobbe, F., 2013. Generic mapping tools: improved version released. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 94(45), 409-410.
- Yeşertener, C., 1986. Aşağı Dalaman (Fethiye KB) Havazsının Karst Hidrojeolojisi İncelemesi, H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji (Hidrojeoloji Anabilim Dalı) Yüksek Mühendislik Tezi, 275s.



**Bağlararası Höyüğü Çevresinde Paleocoğrafya ve
Jeoarkeoloji Araştırmaları (Çeşme– İzmir)**
*Paleogeography and Geoarcheology Researches in Surroundings of the Bağlararası Mound
(Çeşme–İzmir)*

Serdar Vardar¹, * , Ertuğ Öner² , Rifat İlhan² 

¹ *İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Sosyal ve Beşeri Bilimler Fakültesi, Coğrafya Bölümü,
Balatlık, Çiğli, İzmir*

² *Ege Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Bornova, İzmir*

Geliş/Received : 31.08.2017 • Düzeltmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received : 13.12.2017 • Kabul/Accepted : 15.12.2017 • Baskı/Printed : 29.12.2017

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Anadolu'nun Ege kıyıları çağlar boyunca uygun toplumsal yaşam için coğrafi koşullara sahip olmuştur ve yaşam için elverişli alanlar olarak ortaya çıkmıştır. Bunlardan biri de Çeşme yöresidir. Bu dönemlerde kıyılarda liman kentleri olarak kurulan eski yerleşmeler, giderek kıyı çizgisinden oldukça içerilerde kalmış ve önemlerini kaybetmişler, çoğu terk edilmiştir. Çeşme Bağlararası kazı alanlarındaki MÖ 2. bin ve 3. bin yerleşmelerinin Tunç Çağı'na ait olduğu ve o dönemde doğal çevrenin bugünden çok farklı olduğu anlaşılmaktadır. Çeşme Bağlararası düzlüğü, Liman Deresi'nin alüvyonlarıyla ve daha çok yamaç sellerinin kolüvyal sedimanlarıyla dolmuş KB-GD doğrultulu bir tektonik çöküntünün tabanıdır. Oldukça küçük bir drenaj havzasına sahip olan Liman Deresi, Çeşme Garajı'ndan başlayarak, KB yönünde limana kadar yaklaşık 600 m uzanan ve 500 m eninde sığ bir kıyı çukurluğunu doldurmuştur. Tarihsel doğal çevre değişimlerinin izleri çöküntüyü dolduran bu tortul katmanlarda gizlidir. Bu nedenle, Bağlararası çevresinin paleocoğrafya özelliklerini belirlemek, kıyı çizgisi ve deniz seviyesi değişimlerini ortaya koyabilmek ve bazı arkeolojik sorulara cevap bulabilmek için Eylül (2016) ayında Bağlararası Höyüğü ve çevresinde 10 delgi sondaj gerçekleştirilmiştir. İlk bulgular, denizel dolguların ve kıyı-kıyı bataklığı-bataklık gibi geçiş ortamlarının yorumlarının fosil analizlerine dayanarak hassas yapılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Sondaj sonuçlarına göre birimlerin stratigrafisi, temelde Miyosen kilitaşı-kumtaşı anakayası üzerine uyumsuz olarak gelen Erken-Orta Holosen denizel çökelleri, Orta-Geç Holosen yaşlı höyük dolguları ve tüm birimleri örten yine Orta-Geç Holosen yaşlı alüvyal-kolüvyal dolgulardan oluşmaktadır. Alanda öncelikle denize daha yakın olan üçüncü bin yerleşiminin başlaması doğrudan Bronz Çağ regresyonu ile uyumlu görülmektedir. Bu regresyonun sonrasında ikinci bin yerleşiminin nispeten daha iç kesimlerde kurulduğu belirlenmiştir. Bunların yanında ilginç bir veri olarak, Santorini'deki Minoan volkanik patlamasına ait küller Bronz (Tunç) Çağı kültürel dolguları içinde bulunmuş, bunların element analizleri yapılmış ve kronostratigrafik yorumlarda kılavuz seviye olarak değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bağlararası höyüğü, Çeşme, İzmir, jeoarkeoloji, paleocoğrafya

Abstract: *The Aegean coasts of Anatolia have appropriate geographical setting during the historical ages and have emerged as suitable places for settlement. It was understood that 2nd and 3rd. Millennium BC settlements belong to Bronze Age and natural environment at the time was different from the present. Çeşme Bağlararası plain is a NW-SE direction tectonic depression that was shaped by the alluvium of the Liman Creek and the colluvium from neighboring slopes. Liman Creek which has a very small drainage basin filled the shallow shore basin has 500 meters in width and 600 meters in length beginning from the bus station of Çeşme to actual harbor towards the NW. The traces of the environmental changes are registered within the alluvium infill this depression. Therefore core drillings were done in Bağlararası alluvial plain to determine the paleogeographical-geoarchaeological characteristics*

of the surroundings of the mound in order to detect the past coast line and sea level positions and answer the archaeological questions. 10 core drillings carried out at the September 2016 in the surroundings of the Bağlararası mound. Grain size, hydrometer, calcimeter, microfossil and elemental analysis of drilling samples have been done. Preliminary results indicate that the interpretations of paleo-environments such as marine infills and coast-coastal swamp must be based on microfossil analysis and be done meticulously. According to results of the core drillings, Holocene stratigraphy of the fill can be identified in a chronostratigraphic order as: on the clay-sandstone basement is overlain by Holocene transgression fills (Early Holocene), coastal swamp (Middle Holocene), anthropogenic mound fills (Middle-Late Holocene) and alluvial-colluvial fills (Late Holocene). Starting of the 3th millennium BC, the settlement was closer to the coast which is consistent with the Bronze Age regression. During the 2nd Millennium BC, the settlement migrated inwards the land. The chemical analysis of a tephra layer, which is found within the cultural fills of the Bronze Age period, correlates well with the tephra emitted from Minoan volcanic eruption of Santorini. This layer is used as a key layer in chronostratigraphic interpretations.

Keywords: Bağlararası mound, Çeşme, geoarchaeology, İzmir, paleogeography

GİRİŞ

Coğrafya, insanlar ve doğal çevreleri ile aralarındaki etkileşimi inceleyen bir bilim alanıdır. İnsanlar, yerleşik yaşama geçişle birlikte coğrafi çevrelerinden etkilenmiş ve çevrelerini etkilemişlerdir. Arkeoloji, insan topluluklarının hayatlarını sürdürmek için ürettikleri her türlü alet, araç, yapı gibi materyalin (maddi varlığını, yapıtların) bugüne ulaşan kalıntılarını inceleyerek insanlığın kültürel geçmişini, değişimini ve gelişimini araştıran bir bilim alanıdır. Günümüzde bu amaçla yapılan çalışmalarda birçok bilim alanının katkılarından yararlanılmaktadır. “Jeoarkeoloji” adı altında toplanan bu katkıların önemli bir kısmını eski dönemlerdeki coğrafi çevre özelliklerinin belirlenmesi araştırmaları oluşturur. Bu araştırmalar, geçmişin coğrafyasını ifade eden “Paleocoğrafya” kavramı içinde değerlendirilir. Bu çalışmada, Holosen’de Batı Anadolu kıyılarımızdaki bazı antik yerleşmeler çevresinde meydana gelen doğal çevre değişimleri ile ilgili bulgu ve değerlendirmelerimiz verilecektir. Bu amaçla bu kıyılarımızdaki alüvyal alanlarda delgi sondajlar ile çökel örnekleri alınarak, laboratuvarda sedimantolojik ve paleontolojik incelemeler yapılmış, çökelme alanlarının zaman içinde değişimleri belirlenmiştir. Tarihleme analizleri yapılabildiği ölçüde, bu değişmelerin zamanı da verilmiştir.

Son buzul çağında -130 metrelerde olan Dünya denizlerinin seviyesi, Orta Holosen’e

kadar bugünkü seviyesine yükselmiş ve özellikle akarsu ağzlarına karşılık gelen alçak kıyılarda iç kesimlere sokulup koy ve körfezler oluşturmuştur. Orta Holosen’de deniz seviyesi yükselmesinin durmasıyla bu kez koy ve körfezler alüvyonlarla dolarak kıyı çizgisi deniz yönünde ilerlemiştir. Bu dönemlerde kıyılarda liman kentleri olarak kurulan eski yerleşmeler, giderek kıyı çizgisinden oldukça içerilerde kalmış ve önemlerini kaybetmişlerdir.

Çeşme ilçesi Bağlararası kazı alanı yukarıda sözü edilen deniz seviyesi değişimleri ile ilgili küreseleğilimleri test etmek için elverişli alanlardan biridir. Bu çalışmada Bağlararası Höyüğü Bronz (Tunç) Çağı antik yerleşimi civarında meydana gelen kıyı çizgisi değişimleri ele alınmıştır. Çeşme Bağlararası mevki günümüzdeki Marina alanına yakın yeni yapılaşmanın devam ettiği bir kıyı düzlüğüdür. Marina’dan kıyı yoluna kadar olan kesim sonradan yapılmış bir dolgu alanıdır.

Çeşme Bağlararası mevki Çeşme Marina’sının 50 m kadar kara tarafında bulunmaktadır (Şekil 1). Bu mevkideki kazı alanı yerin ismi ile anılmakta ve Bağlararası olarak adlandırılmaktadır.

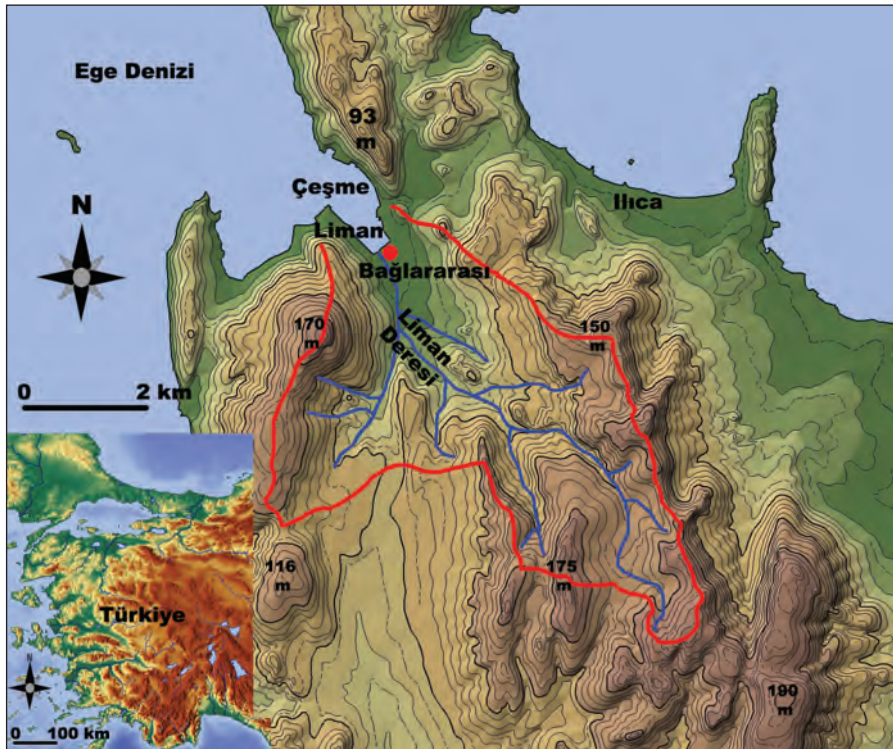
Bağlararası yerleşimi Minos uygarlığına ait izleri barındırdığı için arkeolojik olarak özel bir öneme sahiptir. Çeşme Bağlararası kazı alanlarındaki MÖ 2. bin ve 3. bin yıl yerleşmelerinin Tunç Çağı’na ait olduğu ve o dönemde doğal çevrenin bugünden çok farklı olduğu anlaşılmaktadır (Şahoğlu vd. 2014). Söz konusu

antik yerleşme, 2001 yılında İzmir ili, Çeşme ilçesinde, şehir merkezinde yer alan Bağlararası Mevkii'nde tesadüf eseri Çeşme Müzesi tarafından keşfedilmiştir. Çeşme Bağlararası arkeolojik kalıntıları gerekli önlemlerin anında alınması sayesinde yok olmaktan kurtulmuş, bunun ötesinde Anadolu arkeolojisi içinde çok az bilinen bir konunun da gün ışığına çıkmasını sağlamıştır.

2002-2005 yılları arasında Çeşme Arkeoloji Müzesi ile Ankara Üniversitesi Sualtı Arkeolojik Araştırma ve Uygulama Merkezi'nin (ANKÜSAM) ortak gerçekleştirdikleri bir kazı olan bu proje, Prof. Dr. Hayat Erkanal'ın bilimsel başkanlığında sürdürülmüştür. Üç yıllık bir aranın ardından 2009 yılından itibaren yeniden başlayan bu merkezdeki kazılar, ANKÜSAM faaliyetleri çerçevesinde Prof. Dr. Vasıf Şahoğlu başkanlığında sürdürülmektedir. Çeşme Bağlararası'nın yerleşim tarihi, şu ana kadar gerçekleştirilen çalışmalar ışığında günümüzden

4600 yıl kadar geriye gitmektedir. O dönemde, taş temelli kerpiç duvarlara sahip yapılarda yaşayan en eski Çeşmeliler, denizcilik ve tarımla uğraşmaktaydılar (<http://ankusam.ankara.edu.tr/cesme/>).

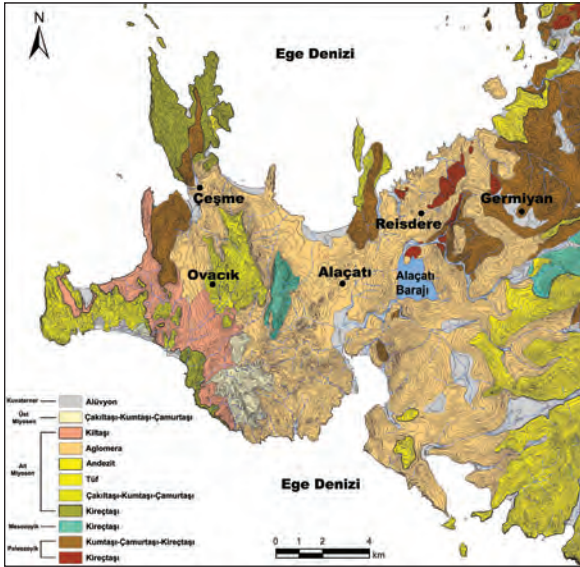
Çeşme Bağlararası düzlüğü Liman deresinin alüvyonları ve daha çok yamaç sellerinin biriktirdiği kolüvyal sedimanlarla şekillenmiş bir tektonik çöküntü tabanıdır (Şekil 1, 2). KB-GD yönlü 600 m uzunlukta ve 500 m genişlikte olan depresyon tabanı, oldukça küçük bir su toplama alanına sahip olan Liman deresi tarafından (Çeşme Garajı'ndan başlayarak KB yönünde limana kadar) doldurmuştur. Çeşme limanı bu depresyonun KB kenarında denize açıldığı kesimdedir ve derinliği liman düzenlenmesinden önce 4 m'den azdır (Şekil 1). Liman düzenlemeleri sırasında koy tabanı derinleştirilerek ana kayaya ulaşılmış ve parçalanmış dip dolgusunun atılması sonrasında 8-10 metre derinlik meydana gelmiştir.



Şekil 1. Çeşme ve Bağlararası kazı alanı lokasyon haritası.

Figure 1. Location Map of Çeşme and Bağlararası Excavation Area

Liman deresi depresyonunun batı kenarında 172 m ye kadar yükselen Karadağ tepesi Liman deresi havzasının en yüksek noktasıdır. Depresyon çevresindeki tepelerde anakaya olarak neritik kireçtaşları (Orta Triyas), Alt, Orta ve Üst Miyosen yaşlı karasal çökeller (kireçtaşı-marn-kiltaşı) dikkati çekmiştir. Bunun yanında havzanın iç kesimlerinde Miyosen yaşlı piroklastik kayalar ve andezit-dasit-riyolitler yüzeylemektedir (Şekil 2). Depresyonun uzanışı Batı Anadolu'nun KB-GD uzanımlı yapısal hatları ile büyük ölçüde uyumlu olup havzanın geneli KD-GB doğrultulu daha eski ve D-B doğrultulu daha genç kafesli tektonik zonları ile uyumludur (Kayan 1999).



Şekil 2. Çeşme Yarımadası'nın Jeoloji Haritası (MTA 2017)

Figure 2. Geological Map of The Çeşme Peninsula (MTA 2017)

Kuvaterner'de ve özellikle Holosende kıyı bölgelerimizde hızlı jeomorfolojik değişimler meydana gelmiştir (Kayan 1995, 1996, 1997, 1999; Öner 2016). Son buzul çağında -130 metrelerde olan Dünya denizlerinin seviyesi, Orta Holosen'e kadar bugünkü seviyesine yükselmiş ve özellikle

akarsu ağızlarına karşılık gelen alçak kıyılarda iç kesimlere sokulup koy ve körfezler oluşturmuştur. Orta Holosen'de deniz seviyesi yükselmesinin durmasıyla bu kez koy ve körfezler alüvyonlarla dolarak kıyı çizgisi deniz yönünde ilerlemiştir (Kayan, 1988, 1996 ve 2012; Waelbroeck vd., 2002 ve Brückner vd., 2010). Bu dönemlerde kıyılarda liman kentleri olarak kurulan eski yerleşmeler, giderek kıyı çizgisinden oldukça içerilerde kalmış ve önemlerini kaybetmişlerdir (Kayan, 1995, 1997 ve 1999; Öner, 2013 ve 2016). Paleocoğrafya ve jeoarkeoloji araştırmalarımızla Çeşme civarında ortaya koyduğumuz tarihsel gelişim günümüzde bazı kesimleri alüvyonlarla örtülen bu tip antik yerleşmelerde süren arkeolojik kazı çalışmalarına katkılar sağlayacaktır.

Paleocoğrafya araştırmalarının arkeolojiye olan katkıları yanında, geçmiş dönemlerdeki coğrafi çevre değişimlerinden hareketle, gelecekte olabilecek bu tür değişimlerin olumlu ya da olumsuz etkilerini yorumlamak ve gerekli önlemleri alabilmek açısından da önemi fazladır. Liman Deresi depresyonunda ve Bağlararası'nda bulunan eski yerleşmelerin de ilk kuruldukları dönemden bugüne doğal/coğrafi çevreleri oldukça değişmiştir. Bu alanda kıyı çizgisinin en fazla nereye kadar sokulduğu, Bağlararası'na kadar ulaşıp ulaşmadığı bu alandaki önemli sorulardır. Alüvyal alanda yapılan delgi sondajlarla Bağlararası çevresinin paleocoğrafya özellikleri, kıyı çizgisi ve deniz seviyesi değişimleri araştırılmış ve arkeolojik sorular yanıtlanmaya çalışılmıştır. Doğal çevre değişimlerinin izleri bu depresyonu kaplayan alüvyal-kolüvyal dolguların içinde kayıtlıdır.

ÇEŞME BAĞLARARASI ARKEOLOJİK SİT ALANI VE LİMAN DERE VADİ TABANINDA GERÇEKLEŞTİRİLEN DELGİ SONDAJ ÇALIŞMALARI

Bağlı deniz seviyesi değişimleri ile tarih öncesi çağlardan beri süren insan-çevre ilişkilerine ışık

tutabilecek fiziki çevre değişmelerinin belirlenmesi için temel veri kaynaklarından birini farklı ortamlarda birikebilen çökeller oluşturmaktadır. Bir havzada biriken sedimanter katmanları ayrıntılı olarak incelemek için ise temel yöntemi delgi sondajları oluşturmaktadır. Delgi sondaj çalışmaları bu alanda 4600 yıl öncesine ulaşan ilk yerleşimlerden günümüze kadar geçen sürede meydana gelen çevresel değişimlerin belirlenmesi amacı ile yapılmıştır. 2016 yılının Eylül ayında sit alanı ve yakın çevresinde, derinlikleri 2 ila 9 metre arasında değişen toplam 10 adet alüvyal delgi sondaj yapılmıştır (Şekil 3). Bu sondajların amacı öncelikle kıyı çizgisi değişmelerini, ilk yerleşim yüzeyini ve o dönemden günümüze

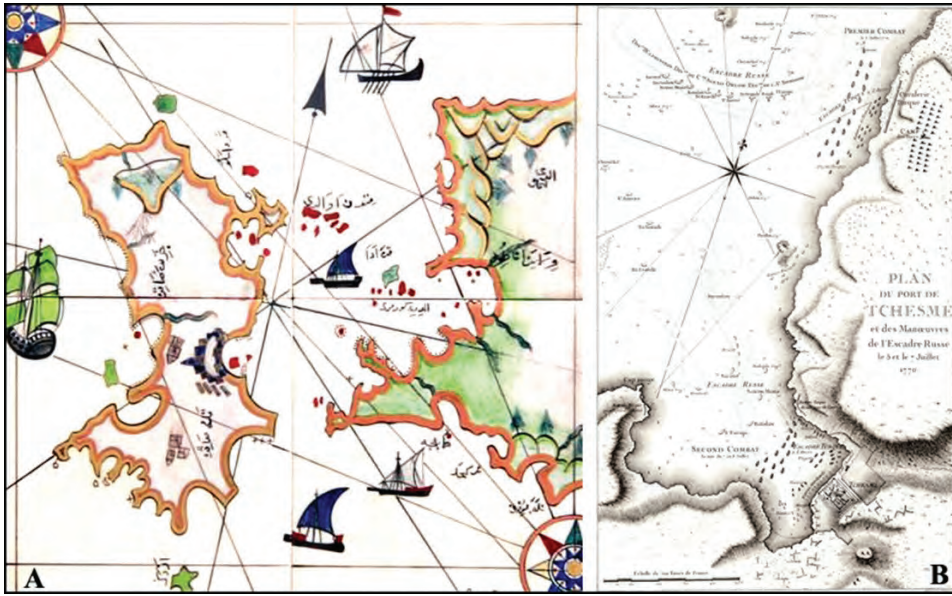
çevresel değişimleri belirlemektir. Örneğin ÇB-10 numaralı sondajın bulunduğu alanda Piri Reis haritalarında bir derenin varlığı araştırılmıştır (Şekil 4A). Yakın geçmişe ait haritalarda bile kıyı çizgisinin günümüzdekinden biraz farklı olduğu dikkati çekmektedir (Şekil 4B).

Bu gelişme aşamalarına zaman açısından bir yorum katabilmek için radyokarbon tarihlendirme analizleri yaptırılması gerekmektedir. Henüz tarihlendirme analizleri gerçekleştirilmemiştir. Gerçekleştirilen 10 adet sondajın arazideki gözlemleri, mikrofossil incelemelerine ve laboratuvar analiz sonuçlarına dayanılarak aşağıdaki değerlendirmeler yapılmıştır.



Şekil 3. Çeşme Limandere depresyonu ve Bağlararası kazı alanlarında delgi-özel sondajların konumları.

Figure 3. The Çeşme Limandere Depression and the locations of the Core-Private Drillings in Bağlararası, Excavations



Şekil 4 A-B. Çeşme kıyıları; A-Piri Reis haritasında, B-1770’li yıllardaki bir haritada görünümü.

Figure 4. Çeşme shores; A-In The Piri Reis Map, B-Çeşme in The Map of 1770’s

Bağlararası ÇB-01 sondajı

ÇB-01 sondajında arazide yapılan ilk gözlemlere göre yüzeyden itibaren 50 cm bölüm taşkın ovası-kolüvyal sedimanlardan oluşmakta olup daha aşağıya doğru arkeolojik dolgulara sedimanlara girilmektedir (Şekil 3 ve 5). Arkeolojik dolgunun içinde yüzeyden 155 cm aşağıda volkanik kül katmanına ulaşılmıştır. Hem sondajdan hem de yanındaki açmadan toplam 4 volkanik kül örneği alınmıştır. İnce ve kaba unsurların bir arada olduğu bu küllerin element analizleri yapılmıştır. Bu analizler özellikle “ince kül partiküllerinin” (Çeşme-1) günümüzden 3640 yıl önce Santorini adasındameydanagelmişolanMinoanpatlamasının külleri ile uyumlu olduğunu göstermiştir (Vardar ve Öner 2016a) (Çizelge 1). İnce küller içerdiği %72,86 oranındaki SiO_2 ve 3,39 oranındaki K_2O nedeniyle Minoan patlamasının element değerleri ile uyumlu görünmektedir. Bağlararası kazı katmanları içinde Erken Minos 1a tabakasının üzerine gelen küller Arkeolojik olarak da Mionan patlamasının meydana geldiği MÖ 1640’lı yıllara isabet etmektedir. Farklı sondajlarda esilen volkanik kül tabakası bunların deneştirilmesinde,

başka değişle paleocoğrafyanın kurgulanmasında olanaklar sağlamaktadır (Vardar ve Öner 2016b). Bu konu ilerleyen çalışmalarımızda daha ayrıntılı bir şekilde değerlendirilecektir.

Sondajın 50 cm ile 4 m derinlikleri arasındaki arkeolojik dolgular geçilirken 500-560 cm arasında kavkılı denizel kumlara ulaşılmıştır. Bu birim denizel mikrofosiller içermektedir (Şekil 5). 560 cm’nin altında yeşilimsi renkli kil taşı ankayasına girilmiş ve 770 cm’den itibaren karbonatlı anakayaya geçilmiştir. ÇB-01 sondajının gerek arazi gerekse laboratuvar analizleri ile yapılan bütün incelemeler sonucu şu değerlendirmeler yapılabilmştir; Sondajın yüzeyden itibaren ilk 440 cm’lik bölümü kolüvyal karasal dolgular ve bunlarla karışık insana ait kültür kalıntılarında oluşmuştur. 440 cm’den itibaren kıyı bataklığı ile başlayan denizel ortama geçilmekte, 600 cm’lerde de killi ana kayaya ulaşılmaktadır. Bu sondajın yüzey yükseltisi 170 cm olduğuna göre, bugünkü deniz seviyesinin 270 cm aşağısında denizel ortama geçildiği anlaşılmaktadır. Bu sondajda Minoan tufüne kültür katmanı arasında yüzeyden 1,5 metre kadar aşağıda rastlanmıştır. Bu kül

seviyesi arkeolojik kazı çukuru yamacında da gözlenmektedir.

Bağlararası ÇB-02 sondajı

ÇB-02 sondajının derinliği 700 cm olup yaklaşık 150 cm aşağıda kazı çukuru içinde gerçekleşmiştir. Böylece yüzeyden 850 cm derine inilmiştir (Şekil 3 ve 6). Yüzeyden 160 cm derine kadar arkeolojik dolgu geçilmiştir. 160-300 cm arası bol bitki kalıntılı ve bol odun kömürü ve seramik parçaları içeren bir tabaka içinde geçilmiştir. 300-420 arasında bol kavkılı çamur geçilmiştir. Bu birim denizel mikrofosiller içermektedir (Şekil 6). 420 cm'nin altında anakayaya ulaşılmıştır. Bu durumda yüzey kotuna ulaşmak için gereken 150 cm eklendiğinde yüzeyden 4 m aşağıya kadar arkeolojik dolgu, onun altında bitki katkılı ve kavkılı sığ denizi yansıtan katman geçilmiş ve 560-570 cm derinlikte anakayaya girilmiştir (Şekil 6). ÇB-02 sondajı yüzey yükseltisi 170 olan kenar kesimden 150 cm derinlikte açılmış kazı çukuru tabanında yapıldığı düşünüldüğünde, doğal yüzeyden 310 cm (150+160 cm) derinliğe kadar kolüvyal karasal dolgular ve bunlarla karışık insana ait kültür kalıntılarında oluşmuştur. Yine kazı çukuru üstünde kalan doğal yüzey düşünüldüğünde, 310-390 cm'ler arasında kıyı bataklığı ile birlikte fosilleriyle tanımlanan denizel ortama girilmekte ve 590 cm'lere kadar bu sığ deniz ortamı devam etmektedir. 590 cm'lerden itibaren killi; 750 cm'lerde killi-siltli anakayaya geçilmektedir.

Bağlararası ÇB-03 sondajı

ÇB-03 sondajında yüzeyden 160 cm aşağıda kazı çukurunda yapılmış ve çukur tabanından 150 cm aşağıda duvar kalıntıları geçilememiştir (yüzeyden 310 cm aşağıda). Bu nedenle anlatımda şekil kullanılmamıştır. Bu sondajın tüm sediman örnekleri arkeolojik dolgu niteliğindedir. ÇB-03 Numaralı sondajın yorumu bunun tamamen kolüvyal karasal dolgular ve bunlarla karışık

insana ait kültür kalıntılarında oluşmuş bir ortamda oluştuğunu göstermektedir.

Bağlararası ÇB-04 sondajı

ÇB-04 sondajı Bağlararası kazısı içinde yükseltisi 170 cm olan doğal yüzeyden 170 cm aşağıdaki tabanda yapılmıştır (Şekil 3 ve 7). Sondajda 600 cm derine inildiğinden, yüzeye kadar olan 170 cm de dikkate alınır, toplan derinliğin 770 cm oluşu görülür. Yani karot tabanı, bugünkü deniz seviyesinin 6 metre altında bulunur. Bu sondajda höyük çukuru tabanından itibaren 50-400 cm arası arkeolojik dolgu, 400-460 cm arasındaki katman sığ deniz içindeki höyük sedimanları, 460 cm den derinde ise anakaya bulunmaktadır. Bu değerlere 170 cm'lik yüzey kotu farkı eklendiğinde anakayaya 640 cm'de girildiği görülmektedir. Bu durumda 2. Bin yerleşiminin 3. Bin yerleşimine komşu köşesinden denize doğru anakaya yüzeyinin eğimli olduğu ve ÇB-01 sondajı ile 1m'lik kot farkı yaptığı düşünüldüğünde yaklaşık 3°'lik bir eğim olduğu anlaşılmaktadır. ÇB-04 numaralı sondajın gerek arazi gerekse laboratuvar analizleri ile yapılan bütün değerlendirmeler sonucu yorumlanmasıyla şu değerlendirmeler yapılabilmektedir; Bu sondaj 170 cm yükseltiye sahip doğal yüzeyden 170 cm aşağıdaki kazı çukuru tabanında yapılmıştır. Bu durumda bugünkü deniz seviyesi "0 m" sondajın başlangıç düzeyini oluşturur. Sondajın ilk 1 metresi kolüvyal karasal dolgulardan oluşur. Yaklaşık 1 ila 2 metre seviyeleri arasında yapılar ait mermer ve taş parçaları kesilmiş durumdadır. Buna göre kazı çukuru üzerindeki doğal yüzey seviyesi olan 170 cm de eklendiğinde 370 cm'lik kısmın karasal kolüvyalardan oluştuğu ve içinde kültürel kalıntılar bulunduğu söylenebilir. 200 cm'lerden 460 cm'lere kadar olan bölüm denizel sedimanlardan oluşmaktadır. Bu birim denizel mikrofosiller içermektedir (Şekil 7). Bu durumda bugünkü deniz seviyesinin 2 metre altında denizel sedimanlara girildiği ve yaklaşık 260 cm derinlikte sığ denizel ortamın bulunduğu anlaşılır. Daha derinde ise killi anakayaya geçilir (Şekil 7).

Bağlararası ÇB-05 sondajı

ÇB-05 sondajı Bağlararası kazı alanında MÖ 3. binyıl yerleşmesinin köşesinde yapılmıştır (Şekil 3 ve 8). Kazı alanının yanındaki doğal yüzeyin yükseltisi 188 cm olup sondaj bu seviyeden 145 cm aşağıdaki kazı çukuru tabanında başlamıştır. Buna göre sondaj noktası yükseltisi 43 cm'dir. Sondajda yüzeyden 425 cm derine kadar arkeolojik bir dolgu geçilmiştir. 4. metreden sonra bol kumlu taş parçalı ve bitki artıkları ile büyük odun parçaları içeren kavkılı bir katman geçilmiş ve bu katmanın tabanında temiz kıyı kumu niteliğindeki bir tabaka (40 cm kalınlığında) geçilerek doğrudan anakayaya ulaşılmıştır. Bu durumda transgresyon yüzeyini temsil eden kumlu bir birim ve daha sonra Bronz Çağı regresyonu ile birlikte yerleşimin başladığı ve kültür katının taban bölümünde bir kıyı bataklığının geliştiği anlaşılmaktadır. Eski höyüğün kazı tabanında yapılan ÇB-05 numaralı sondajın verileri ile değerlendirmeler yapılabilmektedir; Sondaj yüzeyinden 120 cm derinliğe kadar kolüvyal karasal dolgular, 120-325 cm'ler arasında sediman ve içerdiği fosillerle tanımlanan (Şekil 8) kıyı bataklığı, 340 cm'lerden 575 cm'lere kadar tabanı kıyı bataklığı ile sona eren, sediman özellikleri ve fosilleri ile sığ deniz ortamı geçilmiştir. Bu derinlikten itibaren de killi anakayaya girilmiştir. Sondaj 700 cm (doğal yüzeyden ise 845 cm) derinlikte sona ermiştir. Bu noktada da 5 metreye yaklaşan derinlikte sığ deniz ortamının bulunduğu anlaşılır (Şekil 8).

Bağlararası ÇB-06 sondajı

ÇB-06 sondajı kıyıda en uzak sondaj olup Otobüs Terminal caddesinden bir önceki sokaktaki boş arsa kenarında yapılmıştır (Şekil 3 ve 9). Sondaj noktasının yüzey yükseltisi 310 cm olarak ölçülmüş olup 600 cm derine inilmiştir. Böylece sondajın tabanı bugünkü deniz seviyesinden 290 cm daha aşağıdadır (Şekil 9). Bu sondajda yüzeyden 4 metre derine kadar olan bölüm karasal kolüvyal bir dolguyu temsil etmekte, 4-5 metreler arası anakaya yüzeyini örten bozunmuş bir dolgu ve onun altında 5. metreden itibaren anakayaya girilmektedir. ÇB-06 sondajı Liman deresi depresyonunun kıyıda 500 m içerisinde ve GD bölümünde yapılmıştır. Bu sondaj ve hemen yakınındaki özel sondajlardan ÖS-02 ve ÖS-03 denizin iç kesimlere hiçbir dönemde sokulmadığını göstermektedir. Özel sondaj ÖS-01'de ise bir kıyı bataklığının uzantısı yakalanmış olabilir. Bu noktada gelecek çalışma döneminde bir seri sondaj yapılması önem kazanmıştır. Her üç özel sondaj ve ÇB-06 verilerine göre bu alanda akarsu sedimanı bulunmamaktadır. Daha çok yüzey selleri ile süpürülerek biriktirilen kolüvyal dolgular hâkimdir (Şekil 9). ÇB-06 Numaralı sondajın gerek arazi gerekse laboratuvar analizleri ile yapılan bütün değerlendirmeler sonucu yorumlanmasıyla tamamen kolüvyal karasal dolgular ve üstten 1 metresinde bunlarla karışık insana ait kültür kalıntılarından oluşmuş bir ortam olduğu anlaşılmıştır. Sondajın 5. metresinde killi anakayaya ulaşılmış olup deniz ortamında birikmiş sedimana rastlanmamış ve alınan örneklerde fosil de bulunmamıştır (Şekil 9).

Çizelge 1. Bağlararası tephra tabakasının kimyasal analiz sonuçları ve bazı Minoan tüferi ile karşılaştırılması
Table 1. *Element Analysis of Tephra layer of Bağlararası and its comparison with Minoan tephra*

TEPHRA ELEMENT ANALİZLERİ		TEPHRA ELEMENT ANALİZLERİ										TEPHRA katmanı				
Örnek yeri	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	Elementler (%)			CaO	Na2O	K2O	Cl	F	Uyumlu Tephra	Çalışma Anf	Tephra katmanı Kalınlık (cm)	
Eşen	74,32	0,31	13,84	2,09	MnO	MgO	0,29	1,3	4,57	3,28	0	0	Santorini	E.Öner	10	
Bayraklı-1 (7)	74,23	0,29	13,97	2,11	0	0,28	1,28	1,31	4,55	3,29	0	0	Santorini	I.Kayan	5	
Bayraklı-2a (8 down)	74,48	0,29	13,89	2,12	0	0,28	1,31	1,46	4,36	3,27	0	0	Santorini	I.Kayan	5	
Bayraklı-2b (8 top)	69,06	0,41	16,02	3,92	0,06	0,34	1,46	3,96	4,41	4,34	0,34	0,02	No Ref. ?	I.Kayan	5	
Gölcük-1	74,26	0,31	14,07	2,09	0	0,29	1,35	1,37	4,35	3,28	0	0	Santorini	S.Vardar	8	
Gölcük-2	74,27	0,29	14,08	2,01	0	0,28	1,37	4,42	4,42	3,28	0	0	Santorini	S.Vardar	10	
Gölcük-3	74,28	0,29	14,06	2,01	0	0,28	1,38	4,41	4,41	3,29	0	0	Santorini	S.Vardar	8	
Çeşme-1 ince küller	72,86	0,33	15,05	2,38	0	0,31	1,29	4,39	4,39	3,39	0	0	Santorini	S.Vardar	5	
Çeşme-1 kaba küller	67,44	0,42	16,87	3,04	0,09	0,41	1,9	4,81	4,56	0,38	0,08	0,08	No Ref. ?	S.Vardar	5	
Analizleri yapanlar: Şennur Günter and Serdar Vardar.																
Cihaz-metod: ICP, AAS, SFM.																
Laboratuvarlar: Demirci Ziraat Odası Lab.,																
Celal Bayar Univ MERAL Lab., İzmir Katip Çelebi Univ. Lab.																
Referans tephra: Santorini																
Sample Location	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	Elements (%)			CaO	Na2O	K2O	Cl	F				
Santorini	74,92	0,21	12,94	2,09	MnO	MgO	0,3	1,28	4,86	3,4	0	0				
Eastwood, W.J.; Pearce, N.J.G.; Westgate, J.A.; Perkins, W.T.; Lamb, H.F.; Roberts, N., (1999)																
Geochemistry of Santorini Tephra in Lake Sediments from Southwest Turkey.																
Referans tephra örneği:																
Gölcük																
Sample Location	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	Elements (%)			CaO	Na2O	K2O	Cl	F				
Gölcük	74,29	0,3	14,12	2,12	MnO	MgO	0,3	1,43	4,27	3,17	0	0				
Sullivan D. (1988)																

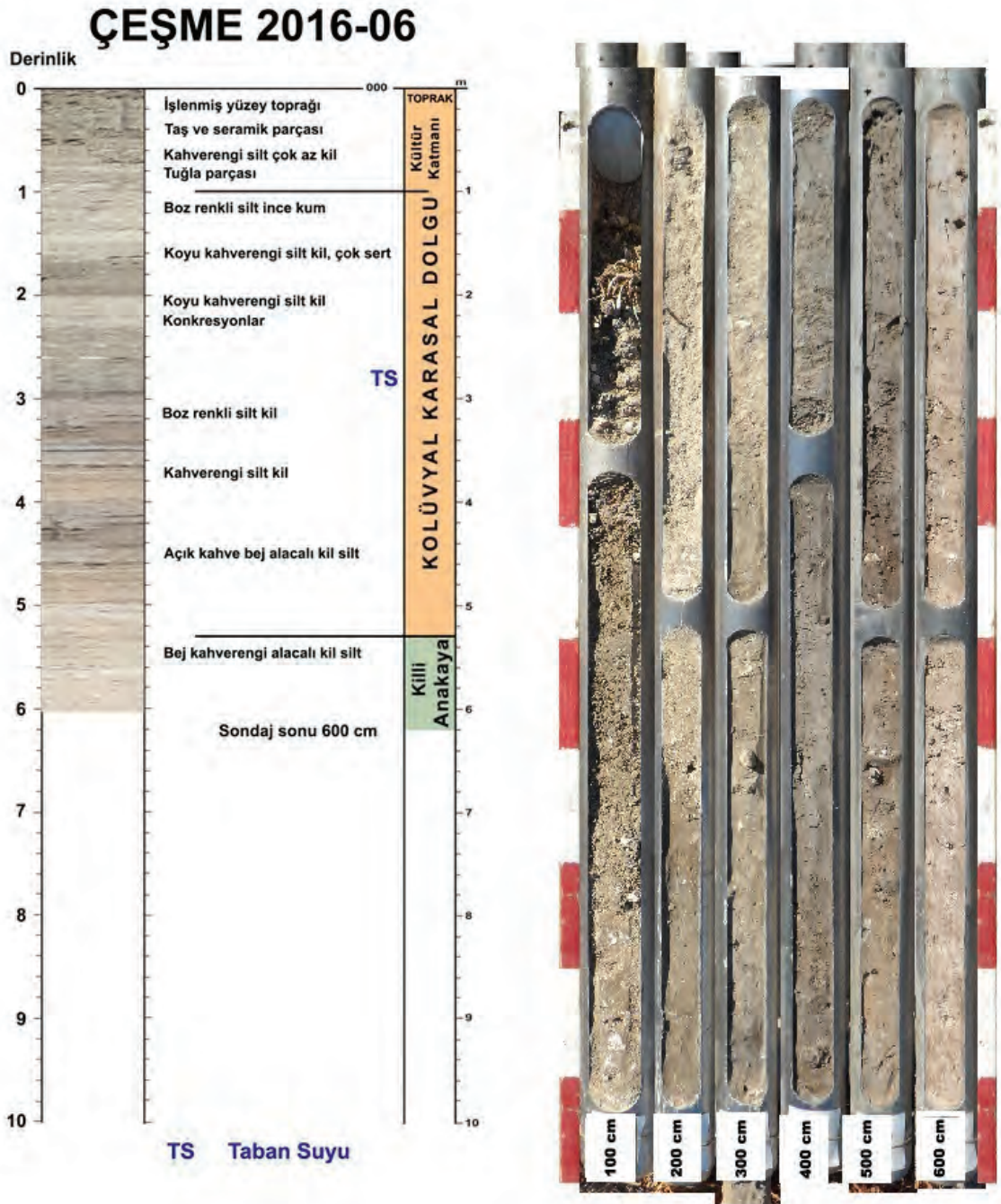
Bağlararası ÇB-07 sondajı

ÇB-07 sondajı Liman deresi depresyonunun KB kenarında kıyıya 20 m mesafede, Bağlararası çevresinde yapılan kıyıya en yakın sondajdır (Şekil 3 ve 10). Bağlararası ÇB-07 sondajı 100 cm yükseltiden başlamış olup 800 cm derine inilmiştir. Buna göre bugünkü deniz seviyesinin 700 cm altına ulaşılmıştır (Şekil 10). Sondajın yüzeyden 625 cm derinliklerinde killi, 700 cm'lerinde ise marn anakayaya girilmiştir. Yüzeyden itibaren ilk 250 cm'lik bölümü karasal ortamı temsil eden alüvyal-kolüvyal dolgulardır. 250 cm'den daha derine doğru sığ denizel koşulları gösteren fosil içermeyen, gleyi andıran mavimsi-grimsi renkli bir katman geçilmiştir. 500-580 cm'ler arası bol bitki artıkları, odunsu parçalar ve tabanında mermer parçaları bulunan az sayıda seramik (muhtemelen taşınmış) bulunan bir kıyı bataklığı geçilmiştir. 580-640 cm arasında fosilli (Şekil 10) iyi boylanmış kumlar geçilmiş ve daha sonra anakayaya girilmiştir. ÇB-07 de yerleşimin bulunduğu döneme ait katmandan yıkanan malzeme su ortamına taşınabildiği için kıyı bataklığı içinde seramiklerin bulunması olağandır. Kıyıya bu kadar yakın olunmasına rağmen sığ denize ait ince tabakaların dışında denizel tabakaların bulunmaması Limandere depresyonunun KB kenarındaki kıyı bölümünün geçmişte de sığ bir denizel ortam olduğu anlaşılmaktadır. ÇB-01 sondajında bulunan volkanik kül tabakasına da bu sondajda kıyı bataklığı tabanında rastlanmıştır (Şekil 10).

Bağlararası ÇB-08 sondajı

Sondaj ÇB-09 ÇB-08'in tekrarı olduğu için ÇB-08'in anlatımında şekil kullanılmamıştır. ÇB-08 sondajı ÇB-04 ile ÇB-06 noktaları arasındaki kesiti tamamlamak amacıyla yapılmıştır. Ayrıca her iki yerleşim arasındaki en yakın nokta olması

bakımından tercih edilmiştir. Taban suyu oldukça yüksek olduğu için örnekler tam anlamıyla iyi alınmamıştır. Bu nedenle bu sondajın yaklaşık 5 metre yakınında ÇB-09 noktasında yeni bir sondaj yapma gereği duyulmuştur. Bağlararası ÇB-08 sondajı MÖ 3. binyıl höyüğü kazı alanı içinde yapılmıştır. Sondaj kazı çukurluğunun kenarındaki doğal yüzeyden 210 cm aşağıda tabanda yapılmış olup, kazı öncesi yüzey yükseltisi 188 cm ölçüldüğü için, bu sondajın başlangıç noktası bugünkü deniz seviyesinden -22 cm daha aşağıda bulunmaktadır. ÇB-08 sondajında çukur tabanından 600 cm derine kadar ulaşılmıştır (Şekil 11). Bağlararası ÇB-08 sondajı kazı çukuru tabanında yüzeyden 22 cm derinde yapılmıştır. Sondaj 600 cm derine indiği için deniz seviyesinden 622 cm aşağı ulaşmıştır. Sondajın üst 200 cm'lik bölümü kolüvyal karakterli karasal dolgudan oluşmaktadır. 200 cm ile 500 cm'ler arasında sediman ve fosilleri ile tanımlanan üstte turba karakterli kıyı bataklığı ile başlayan denizel ortama ait sedimanlar bulunmaktadır. Sondajın 500 cm'den itibaren de killi anakayaya geçilmekte ve 600 cm'de sondaj sona ermektedir. Buna göre ÇB-08 sondaj noktasının bulunduğu alanda Holosen transgresyonu ile denizin killi ana kaya üzerine ilerlediği ve yaklaşık 3 metre derinlikte sığ deniz ortamının bulunduğu ve bu alanın kolüvyal dolgularla karalaşması ile çevrede yerleşimlerin başladığı anlaşılmaktadır (Şekil 11). Bu noktada bugünkü deniz seviyesinin 200 cm altında karasal birime geçilmesi, Bronz Çağı regresyonu ile deniz seviyesinin alçaldığı dönem akla gelmektedir. Bu konuda turba karakterli kıyı bataklığı biriminden alınan örneklerin tarihlenmesinden sonra daha kesin sonuca ulaşmak mümkün olabilecektir. Sondajın 200-260 cm'leri arasında turbamsı kıyı bataklığı içindeki yapı kalıntıları, seramik ve kemik parçalarının bulunması kıyı çizgisinin bu kesimde olduğu zamanda insanların buraya yakın kesimde yerleştiğini göstermektedir.



Şekil 9. ÇB-06 numaralı sondaj çalışması, logu-karotu ve ortam özellikleri.

Figure 9. Work of drilling ÇB-06, log-core and environmental characteristics

Çeşme Bağlararası ÇB-09 sondajı

MÖ 3. binyıl yerleşmesi kazı çukuru tabanındaki ÇB-08 sondajının 5 metre yanında yapılmıştır (Şekil 3). İlk iki metre arkeolojik dolgulardan oluşmaktadır. Bunun altında 200-360 cm arasındaki katman bol bitki kalıntıları, odunsu parçalar ve bol taş (mermer) parçaları ile az seramik kırıntısı içeren bir birime ulaşılmıştır. 370-450 cm'ler arası bol kumlu (çoğu yıkanmış temiz ve iri) dolguya ulaşılmıştır. Daha aşağıda 450 cm'den itibaren anakayaya girilmiştir. Bu stratigrafik durum Bağlararası MÖ 2. ve MÖ 3. binyıl yerleşmelerinin bulunduğu alandaki sondajlarda genel bir istifin yakalanmasını sağlamıştır. En altta anakaya (500 cm'lerde) onun üzerinde 50 cm ortalama kalınlıkta bol kavkılı denizel kumlar, onun üzerinde bol taş parçalı ve bitkili, odunsu parçalar içeren turba görümlü bataklık birimi, yüzeye kadar olan son 2-3 metrede ise arkeolojik dolgular dikkati çekmektedir.

ÇB-09 sondajı da ÇB-08 sondajına benzer ortam özelliklerine sahiptir (Şekil 11). Yüzeyden ilk 200 cm'lik bölüm kolüvyal karasal dolgulardan, 200-450 cm'ler arası ise yine üstte kıyı bataklığı ile başlayan sığ deniz ortamından oluşmakta olup 450 cm derinde de killi anakayaya girilmektedir. ÇB-09 noktasında da killi anakaya üzerine transgresyonla gelen 250 cm derinlikte sığ bir deniz ortamının bulunduğu ve bugünkü deniz seviyesinin 220 cm kadar altında denizel ortamdan kıyı bataklığı ile karasal dolgulara geçildiği bunun da Bronz çağı regresyonu ile uyumlu olduğu anlaşılır.

Bağlararası ÇB-10 sondajı

MÖ 2. binyıl yerleşmesi kazı alanı giriş kapısı karşısındaki park içinde yapılmıştır (Şekil 3 ve 12). ÇB-10 sondajı Bağlararası yerleşiminden kuzeyindeki yamaca doğru anakayanın gidişini ve yamaç bölümündeki dolguları belirlemek için yapılmıştır. Ayrıca bu kesimde silik etek

rölyefinin güney kenarı boyunca Piri Reis haritalarında görülen bir derenin var olup olmadığı sorgulanmıştır (Şekil 4A). Bu sondajın yüzey kotu 190 cm'dir. Yüzeyden 200 cm derine kadar kolüvyal dolgu ile karışmış halde bulunan höyük süprütüsü arkeolojik dolgular geçilmiştir (Şekil 12). Sondajın 200-290 cm arası kıyı bataklığı, 290-540 cm arasında siyahımsı killi-kumlu, kavkılı-mikrofosilli denizel sedimanları geçilmiştir (Şekil 12). 540 cm'de anakayaya girilmek sureti ile sondaj 600 cm derinliğe ulaşılarak tamamlanmıştır. ÇB-01 sondajında 570-580 cm de girilen anakaya yüzeyi yaklaşık 30 cm'lik bir yükselme ile ÇB-10 sondajına doğru uzanmaktadır. Her iki sondajda da anakaya yüzeyi yıkanmış bol kavkılı kumlar ile örtülmüştür. Bu durum tüm sondajlarda genel olarak gözlemlenen transgresyonun direk anakaya üzerine geldiği görüşünü doğrulamıştır.

ÇEŞME BAĞLARARASI SONDAJ VERİLERİNİN YORUMLANMASI

Çeşme Bağlararası kazı alanı çevresinde ve Liman deresi depresyonunda yapılan sondajlarda depresyon tabanındaki Miyosen anakaya üzerinde Holosen transgresyonundan günümüze biriken alüvyal dolgularda 4 ana birim ayrılmıştır. Bu birimler anakayanın üzerinde yaşlıdan gence doğru; denizel çökeller (Erken Holosen transgresyonu), Kıyı Bataklığı çökelleri (Orta Holosen), kıyı düzlüğü karasal dolgusu (Orta-Geç Holosen) ve Bağlararası höyük dolgularıdır (Orta-Geç Holosen) (Şekil 13).

Holosen Transgresyonu ve Denizel Ortam (Erken Holosen)

Batı Anadolu'da Troia ve Bayraklı gibi alanlarda ulaşılan sonuçlar deniz seviyesinin Bronz Çağı'nda -2 m ye kadar düştüğünü göstermektedir. Son buzul maksimumunda başlayan bir transgresyonla günümüzden yaklaşık 7000 yıl önce deniz seviyesi günümüzdeki deniz seviyesine ulaşmıştır (Kayan 1988). Günümüzden 6000-5000 yıl önce deniz

seviyesi kabaca bugünkü seviyesinde iken GÖ 5000-3000 yılları arasında -2 m civarında kalmıştır. Daha sonra günümüze doğru deniz seviyesi sürekli yükselmiş ve günümüzdeki seviyesine ulaşmıştır (Kayan 1988). Bağlararası mevkiinde Holosen transgresyonu ile yükselen deniz seviyesine bağlı olarak Limandere depresyonu tabanında bulunan Miyosen anakayanın üzerine doğrudan denizel çamurlar gelmektedir (Şekil 13). Zamanla anakayayı kaplayan deniz sığ ve zengin bir faunaya sahiptir. Bu ortama ait ilk değerlendirmeler denizel ortamı temsil eden foraminiferlerin bol miktarda bulunduğunu göstermiştir. Bu konuda detaylı çalışmalarımız devam etmektedir. Bol kavkı ve Bittium içeren koyu gri renkli denizel çamurlar Limandere depresyonunun ve Bağlararası mevkiinin en yaşlı birimi denizel çökellerdir (Şekil 13).

Bağlararası mevkiinde Limandere depresyonu tabanındaki anakaya yüzeyinde denizel birimi anakayadan ayıran çok ince bir katman bulunmaktadır. Bu katman denizel birimin içinde olup en altındadır. Açık gri renkli katman Holosen transgresyonu yüzeyini temsil etmektedir. Bu yüzey dikkate alındığında günümüzden 7000-6000 yıl önce kıyı günümüzdeki kıyıdan yaklaşık 280 m içeriye kadar sokulmuştur (Şekil 14A, 15A).

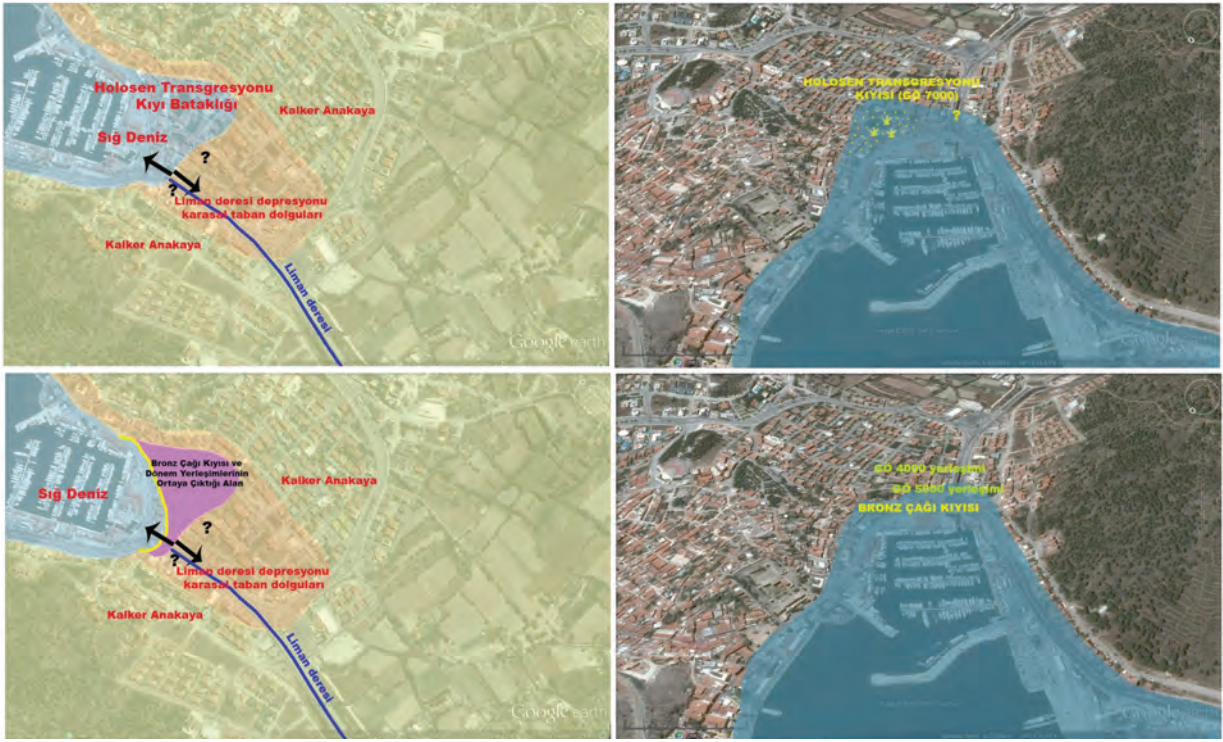
Kıyı Bataklığı (Orta Holosen)

Bağlararası Limandere depresyonunun denizel biriminin üzerinde kıyı bataklığı sedimanlarının oluşturduğu 1-3 m kalınlığındaki bir katman yer almaktadır. Holosen transgresyonu sonrası hızla yükselen deniz seviyesinin GÖ 5000 yılından itibaren alçalmaya başlaması ve -2 m kadar gerilemesi daha önce sığ bir denizle kaplı olan alanda kıyı bataklığı koşullarının ortaya çıkmasını sağlamıştır (Şekil 13). Kıyı bölümünde bugünkü Bronz Çağ kazı alanlarının bulunduğu alan bir kıyı bataklığı halini almıştır. Kıyı bataklığında kıyı bataklığı bitkilerine ait gövde ve diğer parçalar ile odunsu bitki unsurları bulunmaktadır.

Bu bataklık katmanının üst bölümlerinde karasal koşulların ortaya çıkmasıyla yerleşime uygun bir zemin ortaya çıkmıştır. Yerleşime ait kültür katmanının çok ince bir bataklık katmanı üzerinde GÖ 5000 yılından itibaren Bronz Çağı regresyonu ile başlaması giderek karalaşan alanda gelişmesi ve GÖ 4000 yerleşiminin de bu alanda devamlılık gösterecek şekilde var olması, Bağlararası kıyısında yerleşimin Bronz Çağ regresyonu ile uyumlu olarak ortaya başladığını göstermektedir (Şekil 13). Bronz Çağı regresyonuna ait yerleşimle bağlantılı izlerin Bayraklı ve Troia'da da bulunduğu bilinmektedir (Kayan 1988). Kıyı bataklığında kıyı bataklığı bitkilerine ait gövde ve diğer parçalar ile odunsu bitki unsurları bulunmaktadır. Bu bitkilerden yapılan botanik çalışması halen sürmektedir.

Bağlararası Höyük Dolguları ve Tephra Katmanı (Orta-Geç Holosen)

Bağlararası höyük dolguları yukarıda ifade edildiği gibi bataklık katmanının üzerine gelmektedir. Höyük dolgularının kalınlığı 4 m ye kadar ulaşmaktadır. Denize daha yakın olan MÖ 3. Bin yerleşimi (GÖ 5000) ile daha iç kesimde kalan MÖ 2. Bin yerleşimi (GÖ 4000) Tunç Çağı buluntu alanlarıdır (Şekil 13). Tarihi günümüzden 46000 yıl öncesine kadar götürülen bu alandaki kültür dolgularının tabanı bataklık katmanının üst kısmı ile karışmış olarak bulunmaktadır. Kültür katmanının tabanı dışındaki kesimlerinde yapı izleri, duvarlar ve diğer belirgin arkeolojik öğeler yer almaktadır. Koyu kahve renkli yerleşim katmanı yanmış materyallere ait izler ve odun kömürü içermektedir. Kültür katmanı içindeki yapısal unsurlardan kuzey kenardaki duvarın hemen kenarında bugünkü yüzeyden 155 cm kadar aşağıda Tephra katmanı bulunmuştur. 2-3 cm kalınlığındaki bu katmanın element analizleri Santorini adasındaki Minoan patlaması ile uyumludur (Şekil 13).



Şekil 14 A - B. Liman deresi vadisi ve Bağlararası çevresinin Holosen transgresyonu ile oluşan kıyısı (A); Liman deresi vadisi ve Bağlararası çevresinin Bronz (Tunç) Çağı Kıyısı (B).

Figure 14 A - B. Shoreline position with the Holocene transgression (A); Bronze Age shore of the Liman stream valley and Bağlararası (B).

Tephra katmanı erken Minos 1A katmanının üzerine gelmektedir. Bu kültürel stratigrafik konumu GÖ 1640 civarına tarihlenen Santorini patlaması ile uyumludur. Bu bilgilere göre tephra örneklerinin element analizleri ve arkeolojik katman yaşı Minoan patlamasının sonucu olduğunu doğrulamaktadır. Ancak küllerin içinde bulunan daha kaba kül parçalarının farklı element analiz sonucu vermesi ikinci bir külün var olup olmadığı sorusunu gündeme getirmiştir. Bu konu halen daha detaylı bir şekilde araştırılmaktadır. ÇB-07, ÇB-05, ÇB-09 ve ÇB-01 sondajlarında tephra katmanı bulunmuştur. Tephra katmanının biriktiği yüzey MÖ 1640 yılına ait kıyı düzlüğünün yüzeyini vermektedir (Şekil 13). Diğer bir deyişle Minoan patlaması sırasındaki kıyı düzlüğü yüzeyidir. Bu süreçte Bağlararası çevresi kıyı bataklığı haline almıştır. Bu bataklığın üzerindeki katmanda

bulunan izlere göre, Bağlararası’nda ilk yerleşim Bronz Çağı regresyonu ile karalaşarak ortaya çıkan bugünkü yüzeyden 4-4,5 m derindeki (deniz seviyesinden 2-2,5 m aşağıda) bölümde var olan eski bir yüzeyde başlamıştır (Şekil 14B). Yapılan kazı çalışmalarına göre antik yerleşim Minos kültürüne ait önemli izler taşımaktadır ve Bronz Çağı’na aittir. Her iki yerleşime ait kültür katmanı yaklaşık 4 m kalınlığındadır. (Şekil 13). Bronz Çağı yerleşiminde Erken Minos 1a tabakasının üzerinde yaklaşık MÖ 1640-1650 yıllarına isabet eden Santorini’nin Minoan patlamasına ait kül tabakasına ulaşılmıştır. Bu küller dört sondajda takip edilmiş ve MÖ 1640’lü yıllara ait kıyı düzlüğünün yüzeyi belirlenmiştir. Bu yüzeyin depresyon geneline yayılabilmesi için Liman deresi kenarları boyunca ve kazı alanlarının güney kesiminde yeni sondajlar yapılması planlanmıştır.

Ancak Çeşme Bağlararası mevki turistik bir alanın içinde kaldığı için sondaj yapmak için uygun yer sayısı oldukça azdır. Bunun yanında, Bağlararası mevkiinin güney ve kuzey kesiminde Holosen transgresyonun sokulduğu kesim ve günümüzden 7000 yıl önceki kıyı belirlenememiştir. Bu sorunun da cevaplanabilmesi için kazı alanındaki çalışmaların 2017 Eylül ayından sonra biteceği de dikkate alınarak Ağustos-Eylül aylarında yeni sondajlar yapılacaktır. Bu sondajlardan alınacak örneklerin analizleri alandaki bilgileri ve yorumları tekrar değerlendirme fırsatı sunacaktır.

EXTENDED SUMMARY

Geography is a science that studies the interactions between humankind and their environment. Cultural development of societies has always been influenced by their geographical environs. Archaeology is the study of past cultures through analysis of physical remains to understand something about the culture of the people. At the present day, contributions from various disciplines are used in archeology. These contributions are mainly on the research and interpretation of geographical environment of ancient populations. The aim of this paper is to report on the changes of geographical environment of the West Anatolian coasts of Turkey during the late Holocene, by using results from our research focusing on ancient settlements. Sedimentological and paleontological analyses were performed on the samples derived from core drillings on the alluvial plains, and characteristics of the changing environmental is determined. The sea level, which was about -130 m during the last glacial period, rose nearly to the present level in the Mid-Holocene and formed bays and gulfs on the mouths of rivers. By the end of rapid sea-level rise in the Mid-Holocene, the bays and gulfs started to be filled up by alluvial deposits and the coastlines prograde. Thus, the ancient harbors which had been established on the coasts of former bays in the mouths of big rivers,

silted up gradually and lost their importance. Our paleogeographical and geoarchaeological research on some of such archaeological sites, contributed valuable interpretations to understand relation between geographical changes and cultural development. Geoarchaeological and paleogeographical research makes a great contribution to archaeology. This is also important to comprehend the future changes of geographical environment.

The Aegean coasts of the Anatolia have appropriate geographical conditions during the historical ages and have emerged as suitable places for settlement. Significant environmental changes happened in the surroundings of settlements established along the coasts, depending on rising of sea level (from -130 m drop at last Glacial Maximum). The sea intruded towards the former river valleys forming bays and gulfs until Middle Holocene. In time, alluvial materials filled bays and gulfs, and as a result, the coast line started to advance towards the sea. During these periods, settlements which were established as a harbor cities, have been gradually left backshore and have loosen their values where the majority of them have been abandoned. It was understood that 2nd and 3rd millennium BC settlements of the Bronze Age and natural environment was different from present. Çeşme Bağlararası plain is a NW-SE direction tectonic depression that was shaped by filled alluvium of the Liman stream and also a thick colluvium (Figure 1, 3). Liman stream, which has a very small basin filled the shallow shore basin is 500 meters in width and 600 meters in length extending from the bus station of Çeşme Town to recent harbor towards to the NW. The traces of the environmental changes are hidden within the alluvium filling of this depression. Core drillings were done in Bağlararası alluvial plain to determine the paleogeographical-geoarchaeological features of surroundings of the mound in order to detect the changes in coast line and sea level, in order

to answer archaeological questions. 10 core drillings carried out at the September 2016 in surrounding of the Bağlararası mound (Figure 3). Grain size, hydrometer, calcimeter, microfossil and element analysis of the drilling samples has been done. According to results of the core drillings, Holocene stratigraphy of the fill can be identified as; (1) basement clay-sandstone bedrock, (2) Early Holocene transgression (marine) deposits, coastal swamp (Middle Holocene), mound fills (Middle-Late Holocene) and alluvial-colluvial fills (Late Holocene). Starting of 3rd Millennium BC settlement was closer to the coast which is consistent with the Bronze Age regression. Beside this it was determined that the 2nd Millenium settlement was established in inner parts of the coastal plain after regression.

The chemical analysis of a tephra layer, which is found within the cultural fills of the Bronze Age period, correlates well with the tephra emitted from Minoan volcanic eruption of Santorini. This layer is used as a key layer in chronostratigraphic interpretations. (Table 1). This finding correlates well with the 1.5-2 cm thick volcanic ash layer which was determined above archaeologic remains, containing stones and ceramic samples of Late Minos IA (middle of the 17th century BC.) (Şahoğlu et. al. 2014). According to the stratigraphic position of the ash layer, it is interpreted as tephra emitted during Minoan eruption of Santorini. These ash layers can be used for correlation of for adjacent Aegean and Anatolian archeological sites (Şahoğlu et. al. 2014), but always with the geochemical analysis to avoid discrepancies (such as Nysiros tephra; Kazancı et. al. 2011).

Volcanic ash layer of Minoan is used for both relative dating and supporting environmental evaluations for paleogeography-geoarchaeology of Bağlararası mound and its surroundings. For that reason paleogeographical research for whole Çeşme area and geoarchaeological research for Bağlararası mound are needed. The approach

by the core drills it can be reached deeper layers and a new chronostratigraphic evaluation can be made. Thus environmental changes can be carried out and can provide stronger chronostratigraphic base within the alluvial strata of the Çeşme Bağlararası coastal plain, the surface of 1640 BC is determined according to depth and distribution of the Minoan tephra (Figure 13). Similarly, such this relief for old bottom surface of the lake Gölcük and between Eşen plains old alluvial layers were revealed (Vardar and Öner 2016 a and b).

ORCID

Serdar Vardar  <https://orcid.org/0000-0002-8448-9290>

Ertuğ Öner  <https://orcid.org/0000-0002-9712-5277>

Rifat İlhan  <https://orcid.org/0000-0001-8392-9349>

DEĞİNİLEN BELGELER

- Brückner, H., Kelterbaum, D., Marunchak, O., Porotov, A., Vött, C., 2010. "The Holocene Sea Level Story since 7500 BP- Lessons from the Eastern Mediterranean, the Black and the Azov Seas", *Quaternary International* 225 (2), 160-179.
- Ankara Üniversitesi Sualtı Arkeolojik Araştırma ve Uygulama Merkezi (ANKÜSAM), 2016, <http://ankusam.ankara.edu.tr/cesme/>, 21 Aralık 2016.
- Kazancı N., Boyraz S., Özkul M., Alçıçek M.C. , Kadioğlu Y.K., 2011. Late Holocene terrestrial tephra record at western Anatolia, Turkey: Possible evidence of an explosive eruption outside Santorini in the eastern Mediterranean, *Global and Planetary Change* 80 (2012) 36–50.
- Kayan, İ., 1988. "Late Holocene sea-level changes on the Western Anatolian coast", *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 68, (2-4), 205-218, Special Issue: Quaternary Coastal Changes. Ed. by P. A. Pirazzoli - D. B. Scott. (A selection of papers presented at the IGCP-200 meetings) Elsevier Science Publishers B. V. Amsterdam. The Netherlands.
- Kayan, İ., 1995. "The Troia bay and supposed harbour sites in the Bronze Age", *Studia Troica*, Band 5., s. 211-235. Philipp von Zabern.

- Kayan, İ., 1996. "Holocene coastal development and archaeology in Turkey", *Zeitschrift für Geomorphology*. Supplementband 102. Field Methods and Models to Quantify Rapid Coastal Changes. Ed. by D.H. KELLETAT and N.P. PSUTY. p. 37-59. Berlin. Germany. International Geographical Union. Commission on Coastal Systems. Proceedings of the Field Symposium Crete, Greece, April 1994.
- Kayan, İ., 1997. "Türkiye'nin Ege ve Akdeniz kıyılarında Deniz Seviyesi ve Kıyı Çizgisi Değişimleri", *Türkiye Kıyıları 97 Konferansı Bildiriler Kitabı*, E. Özhan (Editör), s. 735-746. Ankara.
- Kayan, İ., 1999. "Holocene stratigraphy and geomorphological evolution of the Aegean coastal plains of Anatolia", The Late Quaternary in the Eastern Mediterranean Region. 1-4 April 1997 Ankara. Proceedings. *Quaternary Science Reviews* 18 (4-5), 541-548. Elsevier.
- Kayan, İ., 2012. "Kuvaterner'de deniz seviyesi değişimleri", *Kuvaterner Bilimi*. (Ed. N. Kazancı, A. Gürbüz. 570 s), Ankara Üniversitesi Yay. No: 350. s. 59-78. Ankara.
- Lambeck, K., 1995. "Late Pleistocene and Holocene sea-level change in Greece and south-western Turkey: a separation of eustatic, isostatic and tectonic contributions", *Geophys. J. Int.*, 122, 1022-1044.
- MTA 1/500.000 Ölçekli Jeoloji Haritası, 2017. <http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/doc/DENIZLI.pdf>, 27.07.2017.
- Öner, E. 2013. *Likya'da Paleocoğrafya ve Jeoarkeoloji Araştırmaları*, Ege Üniversitesi Yayınları, Edebiyat Fakültesi Yayın No: 182, 479 s., Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir.
- Öner, E. 2016. "Ege ve Akdeniz kıyılarımızda paleocoğrafya-jeoarkeoloji araştırmaları", *Ege Coğrafya Dergisi* 25/1, 51-66.
- Şahoğlu, V., Büyükelsoy, Ü.Ç., Erbil, Y.H., Erkanal, H, Tuğcu, İ., 2014. "2012 yılı Çeşme -Bağlararası kazıları", *Anatolia* 40, 179-198.
- Vardar, S., Öner, E. 2016a. "Investigation on Distribution of the Santorini (Thera) Tephra in West Anatolia and Paleogeographical-Geoarchaeological Features of the Çeşme-Bağlararası mound", *Proceedings of III. International Çeşme-Chios History, Culture and Tourism Symposium*. 3-4 Kasım, 78-96, Çeşme-İzmir, Turkey.
- Vardar S., Öner, E., 2016b. "Batı ve Güneybatı Anadolu'nun Paleocoğrafyası ve Jeoarkeolojisinde Santorini (Thera) Küllerinin Önemi", *A.Ü. Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Coğrafi Bilimler Dergisi*, Cilt 14, Sayı 1, 15-37.
- Waelbroeck, C., Labeyrie, L., Michel, E., Duplessy, J.C., Mcmanus, J.F., Lambeck, K., Balbon, E., Labracherie M., 2002. "Sea-Level and Deep Water Temperature Changes Derived from Benthic Foraminifera Isotopic Records", *Quaternary Science Reviews* 21, 295-305.



Yeşilirmak Taraçalarında (Orta Kuzey Anadolu) Geç Pleyistosen İklim Değişiklikleri ve Düşey Yönlü Deformasyona Akarsu Cevabının Araştırılması
Investigating the Fluvial Response to Late Pleistocene Climate Changes and Vertical Deformation: Yeşilirmak Terrace Staircases (central north Anatolia)

M. Korhan Erturaç^{1,*} , Nafiye Güneç Kıyak^{2,3} 

¹ *Sakarya Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, 54186, Serdivan, Sakarya*

² *Işık Üniversitesi, Fizik Bölümü, İstanbul*

³ *OSLAB İstanbul, Lüminesans Araştırma ve Arkeometri Laboratuvarı, İstanbul*

Geliş/Received : 29.11.2017 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received : 13.12.2017 • Kabul/Accepted : 15.12.2017 • Baskı/Printed : 29.12.2017

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Fosilleşmiş taşkın ovası çökelleri olarak da tanımlanan akarsu taraça basamaklanması, akarsuların gelişim süreci üzerindeki iklim, kaide seviyesi ve genç tektonik etkinin analitik olarak belirlenmesi için önemli kayıtlar sunmaktadır. Bu çalışmanın odağında bulunan Yeşilirmak Nehri'nin Çekerek Irmağı ile birleştiği Geldingen Ovası'nın (Amasya) güney kesiminde, her iki akarsuyun kenarlarında bulunan depolanmalı taraça sistemi çalışılmıştır. Bu taraça sistemi, güncel nehir taşkın ovasından +70 metre üst kotlara kadar ulaşan üç basamaktan oluşmaktadır. Bu basamakların gelişim süreci, farklı seviyelerinden elde edilen toplam 12 adet örneğin lüminesans yöntemi kullanılarak tarihlendirilmesi ile araştırılmıştır.

Elde edilen sonuçlar, taraça seviyelerinin Son Buzul Çağı içerisinde güncel taşkın ovasından T3 (+70), T2 (+35) ve T1(+15) metre göreceli konumlarda, sırasıyla MIS5a, MIS3 ve LGM sonu dönemleri içerisinde depolandığını ortaya koymaktadır. Elde edilen depolanmalı/aşınmalı dönemlerin, Türkiye ve yakın çevresinde gerçekleştirilen iklim değişikliği kayıtları ve Karadeniz seviye değişimleri ile karşılaştırılması, inceleme alanında taraça oluşumunun, son buzul dönemi içerisinde Doğu Akdeniz için tanımlanan yağışlı/kurak dönemlerle uyumlu olduğunu göstermektedir. Her üç taraçanın terkedilme zamanı ve konumu oranlandığında, Kuzey Anadolu Fayı Zonu'nun içbükey sıkışmalı bir büklüm yaptığı orta kesiminde ortalama 0.94 ± 0.26 mm/yıl yükselme hızı hesaplanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Akarsu taraçaları, İklim değişikliği, Kuzey Anadolu Fay Zonu, Optik Uyarmalı Lüminesans (OSL), tektonik yükselme hızı, Yeşilirmak.

Abstract: River terraces are remnants of former river floodplains that are fossilized above present-day river channels, often in staircase systems. The formation of terrace staircases is attributed to both tectonic, climate and sea/base level changes. Variations in tectonic and climatic conditions cause perturbations in the fluvial system, which, over time, lead to widening of valley floors, aggradation and incision, thereby producing terraces representing the complex response of the fluvial system to the changes in variables listed above.

This study reports on the formation of terrace staircases at Yeşilirmak River system of central northwest Anatolia, near Geldingen Plain (Amasya). The depositional steps reaching +70 m (above today's recent floodplain), have been mapped and dated by using luminescence method which reveals that terrace formation started at early late Pleistocene and continued within Last Glacial Period. The terrace steps, namely T3 (+70 m), T2 (+35 m) and T1 (+15) were deposited during MIS5a, MIS3 and end of LGM. The correlation with the adjacent climate archives reveals that the terraces are formed primarily in response to climatically induced fluctuations in river discharge and sediment supply. Relative positions of the terrace risers and abandonment ages, enables us to calculate a long-term vertical uplift rate of 0.94 ± 0.26 mm/year at the study area, located to the south of the North Anatolian Fault Zone.

Keywords: River Terraces, Climate Change, Optically Stimulated Luminescence (OSL), tectonic uplift rate, Yeşilirmak, North Anatolian Fault Zone

GİRİŞ

Bir bölgenin jeomorfolojik gelişimini kontrol eden temel bileşenler olarak aktif tektonik deformasyonun nitelik ve niceliğinin belirlenmesi ile kısa (bin ve yüz yıl) ve uzun dönem (onbin-yüzbin yıl) iklim değişikliklerinin anlaşılması, özellikle Kuvaterner yaşlandırma yöntemlerinin gelişmesi ve yaygınlaşması sayesinde, son yıllarda yer bilimlerinin en popüler araştırma konularından olmuştur. Geçmişte yaşanan iklim değişikliklerinin anlaşılmasının, günümüz ve daha önemlisi gelecek kestirimlerinde başlıca veri kaynaklarını oluşturduğu fikri, konu üzerinde çalışan çok sayıda araştırmacı tarafından ortak paylaşılan bir görüştür (Elias, 2007). Son 50 yıl içerisinde küresel ölçekte gerçekleştirilen önemli çalışmalar sonucu (DSDP, ODP, GRIP programları vb.) elde edilen sekans verileri, ölçme tekniklerinin gelişmesi ve hem küresel hem de yerel iklim salınımlarını hassas olarak yansıtan vekillerin (Proxy) artmasıyla, geçmişte buzul çağı olarak tanımlanan dönemler içerisinde de belirgin iklim salınımları olduğu anlaşılmıştır. Böylelikle Kuvaterner Devri stratigrafisinin temelini oluşturan Alpin buzul çağı terminolojisi (Würm, Riss, Günz, Mindel vb.) terk edilerek, radyometrik yöntemlerle kesin olarak tarihlenmiş, sınırları olan izotop katları kronolojisine geçilmiştir. Denizel İzotop Katı (MIS) olarak tanımlanan bu stratigrafide çift rakamlar görece soğuk ve kurak tek rakamlar ise ılıman dönemlere karşılık gelmektedir. Geçmişe doğru uzanan kayıtlar değerlendirildikçe bu değişimlerin, 20. yüzyılın başlarında tanımlanan Milankovitch döngüleriyle paralellik gösterdiği anlaşılmıştır. Bunun yanı sıra yer sisteminin bu astronomik çevrimlere cevabı oldukça karmaşıktır. Böylelikle buzul/buzul arası dönemler içerisinde görece ılıman ve soğuk (interstadial ve stadial) bölümler bulunabilmektedir. Günümüzde geçmiş iklim araştırmalarında temel amaç, bu ana ve ara dönemlere yer sisteminin bileşenlerinin verdiği cevabın anlaşılmasıdır (Elias 2007).

Akarsular, yeryüzünün iç ve dış dinamikleri kontrolünde gelişen ve bu süreçlerin zaman

içerisindeki değişimleri/etkilerini yansıtan önemli jeomorfolojik öğelerdir (Bull, 2008; Pazzaglia, 2013). Bir akarsuyun akaçlama havzasından aşındırdığı kırıntılı çökel paketlerinden oluşan taşkın ovasının, akarsuyun kaide seviyesi değişimlerine gösterdiği tepkiye bağlı olarak derine kazarak asılı kalması ile oluşan çökel paketlerine Türkçe literatürde akarsu taraçası, akarsu terası ya da akarsu sekisi adı verilmektedir (Erinç, 1982). Akarsuların akış rejimi ve ilişkili olarak çökel taşıma kapasitesi, nihai kaide seviyesi olan deniz seviyesinin değişimleri (Schumm, 1993) ile yağışlı/kurak dönem geçişlerine (Blum and Törnqvist, 2000; Vandenberghe, 2002; Bridgland ve Westaway, 2008; Macklin vd., 2012; Faust ve Wolf, 2017) belirgin bir cevap verir. Bu cevap, akarsuyun evrimi içerisinde vadi tabanını derinleştirilmesi ve genişletmesi, geriye doğru aşındırma hızının artması ile biriktirme ya da aşınma olarak ifade bulmaktadır (Bull, 2008). Özellikle genç ve gençleşen morfojenetik bölgelerde önemli akarsuların ana kolları üzerinde belirgin taraça sistemi (basamaklanma) oluşumu gözlenir (Erinç, 1982; Bull, 2008). Taraçalar morfoloji ve çökel birikimine göre iki sınıfta değerlendirilmektedir. Bunlardan ilki temel ya da bir önceki alüvyal deponun kazılması ile oluşan aşındırma (strath) taraçalarıdır (Bull, 2008). Bu tür taraçalar yer yer görece ince bir çökel örtü içerirler ve akarsu kanalının yanal ve düşey yönde belirgin göçünü ifade ederler. Diğer sınıf ise eski taşkın ovası dolgusunun asılı kalması ile oluşan, bir diğer deyişle kalın ve iyi gelişmiş flüvyal fasiyeslerden oluşan biriktirmeli taraçalardır (Pazzaglia, 2013). Bir akarsu havzası boyunca bu iki ana sınıfa (ve alt sınıflara) ait taraçalar depolanma/aşınma dönemlerine karşılık gelmektedirler. Yer şekillerinin oluşum süreçleri içerisinde, özellikle tektonik olarak aktif bölgelerde, akarsuların aşınmalı ve depolanmalı yapıları olarak gelişen taraça sistemleri, düzenli olarak gençleşen bir bölgede bu gençleşmenin kanıtlarını içerisinde barındırmaktadır (Bridgland, 2000; Lave ve Avouac, 2001; Demoulin vd., 2017,

Olszak, 2017). Taraçaların birbirleri ile mekânsal ve zamansal olarak ilişkilendirilmesi, oluşum kökenleri ve daha önemlisi, geniş anlamda, nedenleri hakkında önemli bilgi kaynağıdır.

Taraça oluşumu bir akarsuyun enerjisindeki değişimlere bağlı olarak gerçekleşir. Jeomorfolojik çevrim içerisinde olgun olarak tanımlanan akarsu sistemlerinde, yerin yörüngesel özelliklerine bağlı olarak gerçekleşen küresel iklim değişiklikleri (ör: buzul ve buzul arası dönemleri), bölgenin hidrolojik bütçesine ve deniz seviyesinde belirgin değişimlere yol açarak kazılma/biriktirme dönemlerini kontrol eder (Schumm, 1993; Blum and Törnqvist, 2000; Macklin vd., 2012). Özellikle orta Pleyistosen'de gerçekleşen değişim ile 41 bin yıllık yerine, 100 bin yıllık döngülerin egemenliğine geçişle birlikte akarsuların derine kazma hızının arttığı ve akarsuların daha belirgin taraçalar oluşturduğu düşünülmektedir (Bridgland ve Westaway, 2008). Bununla birlikte flüvyal sistemin iklim değişikliklerine gösterdiği cevap birden çok etkin bileşene bağlıdır; örneğin akarsuyun akaçlama ağı kapsamında, buzul dönemi içerisinde gerçekleşen yağışlı (aşınmalı) bir dönem, küresel deniz seviyesinin çok düşük olduğunu dönem ile örtüşebilir. Bu gibi durumlar, buzul çağları içerisindeki stadial ve interstadial dönemler nedeniyle halen tartışılmakta olan bir konudur ve akarsu kayıtları önemli yerel iklim değişimleri üzerine değerli bilgiler sunar (Vandenberghe, 2008; Faust ve Wolf, 2017).

Akarsu taraçalarının mutlak tarihlendirilmesi, radyokarbon yönteminin kullanılmaya başlandığı 20. yüzyılın ikinci yarısında başlar. Yöntemin kullanımının artmasıyla özellikle Holosen içerisindeki taşkın ovası ve akarsu kanalı evrimi çalışmaları mutlak tarihlendirme ile birlikte değerlendirilmeye başlamıştır (Blum ve Törnqvist, 2000). Ar/Ar ve K/Ar vb. tarihlendirme yöntemleri, özellikle sürekli volkanizma etkisi altındaki bölgelerdeki akarsu taraça seviyelerini fosilleştiren volkanik malzemenin (lav ve tüf) yaşlandırılarak bu yapıların tarihlendirilmesinde

kullanılmıştır (ör: Doğan, 2011; Maddy vd., 2017). Son 20 yıl içerisinde kırıntılı çökellerin dolaysız tarihlendirilmesine yönelik yöntemler geliştirilerek uygulama ve laboratuvar anlamında yaygınlık kazanmıştır (Rixhon vd., 2017). Optik /Kızılötesi Uyarımlı Lüminesans (OSL/IRSL) ve kozmojenik radyonüklid tarihlendirmeleri günümüzde akarsu çökellerinde en yaygın kullanılan Kuvaterner tarihlendirme yöntemleri arasındadır (Wallinga, 2002; Rhodes, 2011, Rixhon vd., 2017).

Yeryüzünde farklı jeolojik ve coğrafik özelliklere sahip önemli nehirlerin üzerine sayıları ve detayları hızla artan çalışmalar ile taraça gelişiminin nedenlerini açıklayan küresel ve bölgesel etkilerin tartışılması mümkün olmuştur. Bu çalışmalarla taraça oluşumunda birbiriyle çatışan etmenlerin etkileşimleri daha da anlaşılakta ve klasik soğuk dönem taraça depolanması görüşüne alternatif modeller öne sürülmektedir (tartışmalar ve değerlendirme makaleleri için bakınız: Blum ve Törnqvist, 2000; Bridgeland ve Westaway, 2008; Vandenberghe, 2008; Macklin vd., 2012; Faust ve Wolf, 2017). Bu etmenlerden küresel etkinliğe sahip olanların başında buzul / buzul arası (ve geçiş) dönemleri gelmektedir (Schumm, 1993; Blum ve Törnqvist, 2000). Buzul çağları boyunca belirgin deniz seviyesi değişimleri, akarsuların kıyıya yakın kesimlerde hızla derine kazmasına yol açmıştır. Bu etkinin kıyı gerisine doğru uzanımının miktarı, kara ve deniz tabanı morfolojisinde (örneğin akarsu profili ve şelf eğimi) ölçülebilir birçok parametreye bağlıdır ve literatürde iyi tanımlanmış durumdadır (Schumm, 1993; Demoulin vd., 2017). Kronolojik çalışmalar, aktif dağ kuşağı oluşum bölgelerinde taraça gelişiminin, bilinen önemli iklim değişikliklerine karşılık geldiğini ortaya koymakla birlikte, özellikle jeomorfolojik döngü içerisinde olgun olarak tanımlanan, denge profiline ulaşmış ve büyük drenaj alanına sahip akarsularda, taraça gelişimi için sürekli tektonik yükselme bir ön koşul olarak kabul edilmektedir (Pazzaglia, 2013). Flüvyal jeomorfoloji çalışmalarında taraçalar, paleo-jeodezik nirengi noktaları olarak

değerlendirilmektedir. Bu yaklaşımın temel çıkış noktası, zamansal ve mekânsal olarak iyi tanımlanmış akarsu taraçalarının güncel taşkın ovası seviyesi ile olan yükseklik farkının, kabuk deformasyonunun sonucu olarak ortaya çıkan yükselme oranını belirlemede kullanılma potansiyelidir (Lave ve Avouac, 2001; Demoulin vd., 2017, Olszak, 2017). Tektonik yükselmenin etkisi, taraça yüksekliği/ yaş ilişkisi göz önünde alınarak belirlenebilmektedir. Buna göre tektonik aktivitesi yüksek bölgelerde, belirgin yüksekliklere ulaşabilen bir taraça sistematığı Geç Pleyistosen içerisinde gelişebilirken (örn: Himalayalar'da Burbank vd., 1996 ve Doğu Asya'da, Pan vd., 2003) bölgesel ve yavaş bir yükselme gösteren bölgelerde benzer bir sistematığın oluşması milyon yıl mertebesine yaklaşmaktadır (ör. Paris havzası nehirleri: Antoine vd., 2000; Kızılırmak: Çiner vd., 2015).

Bu çalışmada, Yeşilirmak Nehri ile önemli bir yan kolu olan Çekerek Çayı'nın birleşme noktası olan Geldingen Ovası'nın (Amasya) güney kesiminde yer alan, her iki akarsuyun kenarlarında bulunan depolanmalı taraça sistemi araştırılmıştır. Bu taraça sistematığı, güncel nehir taşkın ovasından +70 metre üst kotlara kadar ulaşan üç basamak şeklinde bulunur. Bu basamakların, farklı seviyelerinden elde edilen toplam 12 örneğin lüminesans yöntemi ile tarihlendirilmesiyle, taraça oluşumunda etkin olan depolanma (kurak) aşınma (yağışlı) dönemleri tanımlanmış, Doğu Akdeniz ve inceleme alanı yakın çevresindeki (Şekil 1) diğer geçmiş-iklim kayıtlarıyla karşılaştırılması yapılmıştır. Böylelikle taraça basamaklarının göreceli konumları ve yaşları göz önünde bulundurularak bölgenin yükselmesi üzerine bir model sunulmaktadır.



Şekil 1. İnceleme alanının Doğu Akdeniz'in genel fizyografisi içerisindeki konumu. Mavi daireler, bu çalışmada kullanılan iklim kayıtlarının yerlerini göstermektedir. Dikdörtgen Şekil 2'nin kapsamını göstermektedir. Altlık harita GeomapApp programı ile üretilmiştir (Ryan vd., 2009)

Figure 1. Physiography including major rivers of Eastern Mediterranean Region and locations of the paleoclimatic archives referred in this study. Box shows extend of Figure 2. Base map is drawn using GeomapApp software (Ryan et al., 2009).

İNCELEME ALANI

Bu çalışmaya konu olan taraça sistematığı Anadolu'nun orta-kuzey kesiminin büyük bir kısmını akaçlayan Yeşilirmak Nehri drenaj alanının orta kesiminde, nehrin Karadeniz'e döküldüğü Çarşamba Deltasına ~150 km uzaklıkta yer alır (Şekil 2). Bu bölgede, nehir iki ana koldan oluşur. Bunlardan Yeşilirmak 6300 km², Çekerek (Çorum) Çayı ise 11700 km² akaçlama alanına sahiptir (Şekil 2). İnceleme alanı, Karasal İç Anadolu (CCAN, Continental Central Anatolia, Türkeş, 1996) olarak, serin yağışlı baharlar ve soğuk yağmurlu kışlar ile tanımlanan yarı-kurak step iklimi içerisinde sınıflanmaktadır. Nehirlerin havzaları gözetildiğinde ise Çekerek-Çorum çayları için (622 mm/yıl), Yeşilirmak ise (853 mm/yıl) yıllık ortalama yağış almaktadır (Şekil 2, yağış verisi: Ustaoglu, 2011). Durucasu istasyonu (Şekil 2) 35 yıllık rasat sonuçlarına göre Yeşilirmak Nehri'nin debisi ortalama 65.4 m³/sn, taşıdığı çökel yük miktarı ise ortalama 2.866.293 ton/yıl olarak ölçülmüştür (EIE, 2000). İnceleme alanı, Kuzey Anadolu Fayı'nın iç bükey büküm yaptığı orta kesiminde, ana fay kolundan ayrılan en önemli sentetik yan kol olan D-B doğrultulu Ezinepazar Fayı ve KD-GB doğrultulu Sungurlu Fayları arasındaki keskin (~45°) geçiş bölgesinde yer alır (Barka ve Kadinsky-Cade, 1988; Şekil 2). Sağ yönlü doğrultu atımlı bir makaslama zonu olan Ezinepazar Fayı'nın (Erturaç ve Tüysüz, 2012) farklı geometrilerdeki segmentleri kontrolünde yüksek ve çizgisel uzanan dağların arasında gelişen Geldingen Ovası, 380 m ortalama yüksekliğe sahip geniş bir düzlük morfolojisine sahiptir. Ovanın aktif olarak çöken orta-kuzey kısmı, en çok 200 m çökel kalınlığına sahiptir (Karaalioğlu, 1983; Erturaç ve Tüysüz, 2012) ve aynı zamanda Yeşilirmak Nehri'nin birçok yan kolunun (Yeşilirmak, Çekerek ve Deliçay)

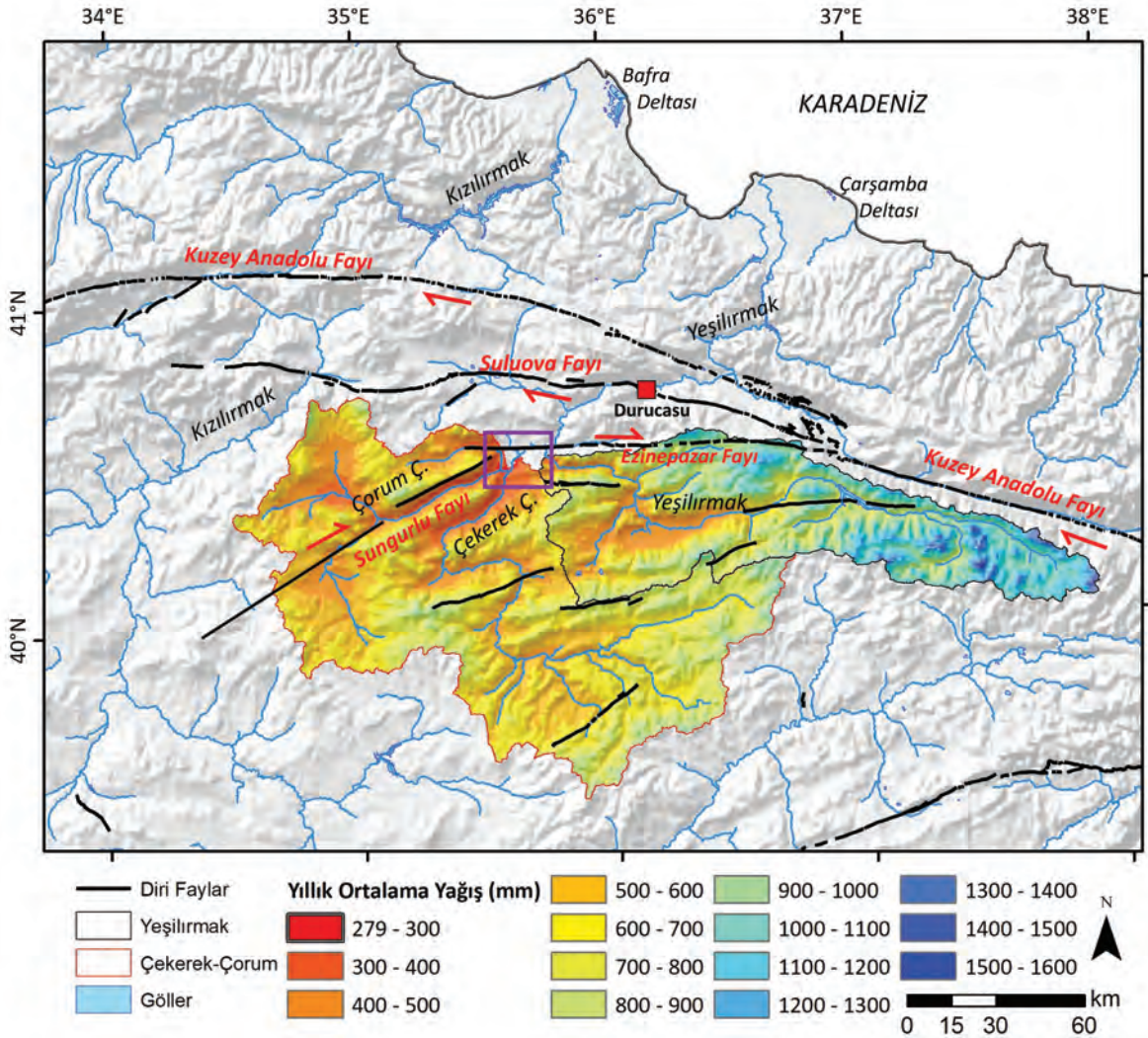
birleşme yeri özelliğindedir (Şekil 2). Bölgede Triyas yaşlı Yeşilirmak metamorfikleri (fillat ve mermer blokları), Geç Eosen yaşlı ortaç-bazik volkanitler ile nummulitli kireçtaşları temel kayalar (Tüysüz, 1992 ve 1996) oluşturur. Ova'nın özellikle batı kesiminde geç Miyosen-erken Pliyosen yaşlı Geldingen formasyonu (Erturaç ve Tüysüz, 2012) farklı fasiyeslerde akarsu kırıntılarından oluşmaktadır ve özellikle tane litolojisi ile güncel taraça çökellerinden ayrılır (Şekil 3).

Bu çalışmada ayrıntılandırılan taraça basamaklanması, Geldingen Ovası'nın güneyinde, akarsuların oluşturduğu Bektemur ve Şahinkaya boğazlarının ve Terziköy vadisinin iki yakasında gözlenmektedir (Şekil 3).

Metodoloji

Haritalama

İnceleme alanında yer alan, farklı konum ve yüksekliklere sahip taraça basamaklanması, 1/25.000 ölçekli topografik haritalar (Çorum G-35 c4, d3, d4 ve H35 a1 ve a2 paftaları), 10 m çözünürlükteki sayısal yükseklik modeli (DEM), 1/15.000 ölçekli hava fotoğrafları (1992) ve arazi çalışmaları yardımıyla haritalanmıştır. Taraçaların taban ve tavan konumları, GPS cihazı yardımıyla sürekli ölçüm ile elde edilen noktasal verilerin DEM ile karşılaştırılması ile ±5 m hassasiyetle belirlenmiştir. Taraçaların tavan -ve gözlenmesi halinde taban seviyesinin- yüksekliği ilişkili akarsuya en yakın olduğu kesimdeki taşkın ovasının ortalama yüksekliğinden çıkarılarak göreceli yükseklik olarak hesaplanmıştır. Taraçalarda açılmış doğal ve yapay yüzlekler incelenerek çökel fasiyesler ve depolanma ortamları tanımlanmıştır.



Şekil 2. İnceleme alanında, diri faylar, Yeşilirmak ve Çekerek-Çorum Çayları'nın akaçlama alanları ile Durucasu istasyonunun konumu ve yıllık yağış ortalaması dağılımı (Ustaoglu, 2011). Mor kutu taraçaların konumlarını göstermektedir (Şekil 3).

Figure 2. Active faults, drainage basins, position of Durucasu station and distribution of mean annual precipitation for Yeşilirmak and Çekerek (Çorum) Rivers (precipitation model from Ustaoglu, 2011). Purple box represents the location of terraces (Figure 3).

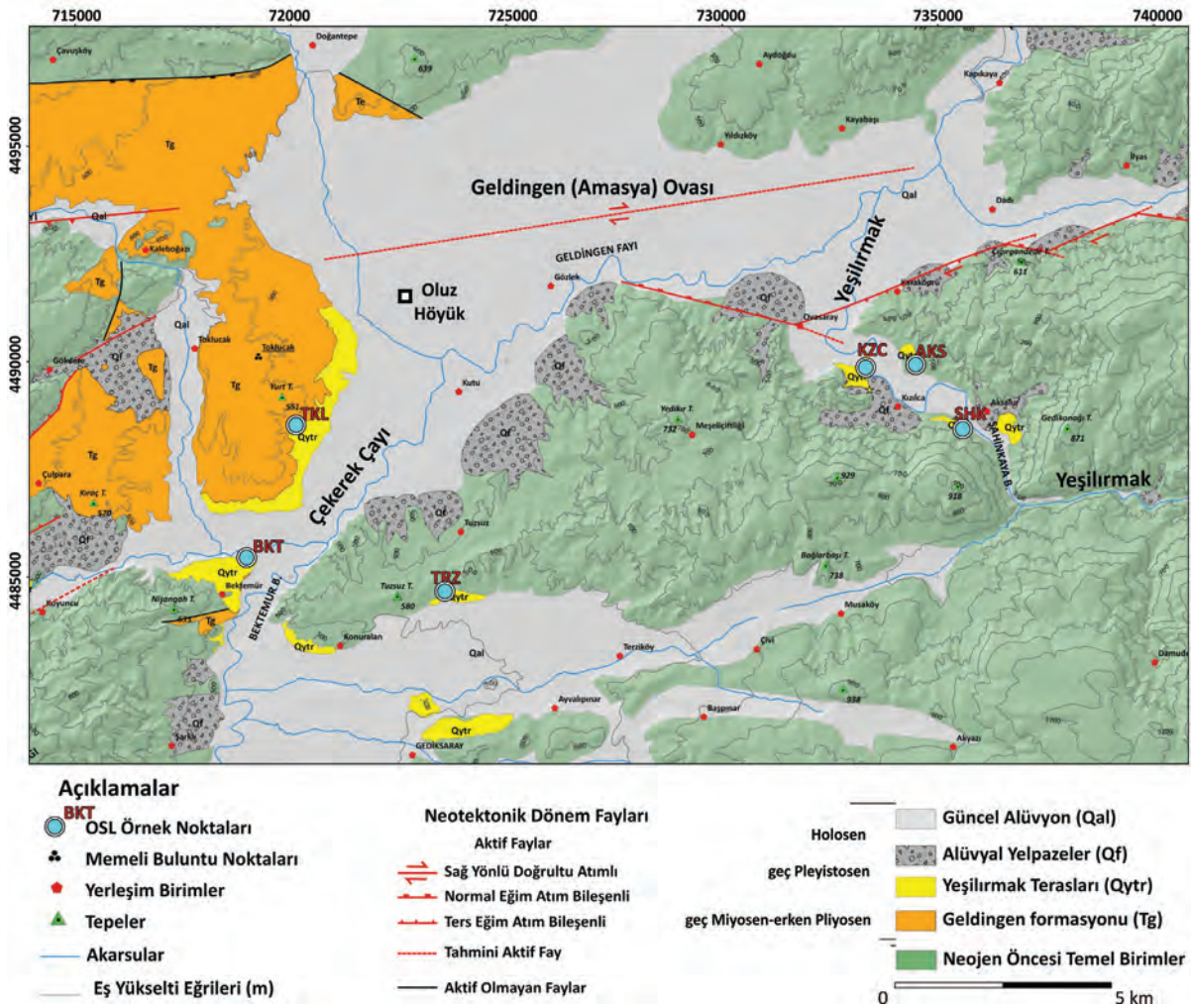
Optik Uyarımlı Lüminesans (OSL) tarihlendirme yöntemi

Bu çalışmada taraçaların tarihlendirilmesi, inorganik çökeller kullanılarak Optik Uyarımlı Lüminesans (OSL) yöntemi ile yürütülmüştür. OSL tarihlendirme, çökel tanelerin içerisindeki lüminesans sinyalinin ölçülmesi olarak

tanımlanabilir (Aitken, 1998), Yaygın silikat mineralleri olan kuvars ve potasyum feldispat kristalleri içerisinde, mineralin oluşumu ve sonrasında da iyonize edici radyasyona maruz kalmasıyla, kafes yük yapısında bozulmalar gerçekleşir. Bu kafes yapıda oluşan bozukluklar yapıları, çeşitli derinlik tuzaklarında elektron saklamaya olanak vermektedir. ~1.3 ile 3 meV

bandında biriken elektronlar zaman bileşenine bağlı ölçülebilir lüminesans emisyonlarının kaynağıdır. Mineral kafesi içerisinde ve minerali kuşatan malzeme içinde radyoaktif bozulma gösteren ^{235}U , ^{238}U ve ^{232}Th elementleri, radyoaktif özelliğe sahip, ^{40}K izotopu ve daha düşük oranda da olsa ^{85}Rb ile kozmik kaynaklarından yayılan radyasyon ile serbest elektronlar üretilir. ^{40}K izotopunun radyoaktif bozulması beta ve gamma, U ve Th elementleri de alfa ve bir miktar da beta ve gamma ışınımı yayar (Aitken, 1998,

Duller, 2008; Forman, 2015). Mineraller aşınma ve taşınma süresince gün ışığına maruz kalarak mineral yapıdaki elektron tuzaklarını saniyeler mertebesinde boşaltır. Depolanma ve gömülme sonrası kristaller içerisindeki lüminesans tuzakları yeniden çevre radyasyonu etkisiyle elektronla dolmaya başlar ve lüminesans saati başlamış olur. Işığa maruz bırakmadan dikkatli bir örneklemeden sonra, tarihlendirme amacıyla laboratuvar ortamında mineral ayıklama, ölçüm ve değerlendirme aşamaları başlar (Duller, 2008).



Şekil 3. İnceleme alanının Kuvaterner jeoloji haritası, diri fayları ve taraçaların konumları. Neojen öncesi temel birimler yeşil renkle gösterilmiştir. Yükseklik kontur aralığı 100 metredir (Erturaç ve Tüysüz, 2012’den düzenlenerek).

Figure 3. Quaternary geology map and active faults of the study area and location of the terraces. Pre-Neogene basement is represented with dark green shade (modified after Erturaç and Tüysüz, 2012).

Örnekleme

Çalışma kapsamında hedef taraça seviyeleri içerisinde depolanmanın başlangıcı ve sonunu ifade eden tarihler elde edebilmek için, akarsu çökelleri içerisinde ince taneli fasiyesler (taşkın ovası ve kum barları) örneklenmiştir. Örnekleme 7.5 cm çapında ve 20 cm uzunluğunda PVC ve çelik karotların temizlenmiş kesit yüzeyine çakılması ile gerçekleştirilmiştir. Örnekleme yerinin yükseklik, yüzeyden derinlik bilgileri not edildikten sonra, karotlar kesitten alınarak alüminyum folyo ile sıkıştırılmış ve ışık geçirmez poşet ve bant ile gün ışığından izole edilmiştir. Çalışma kapsamında, T1 taraça seviyesinden (3), T2 seviyesinden (6), T2 seviyesini örten lös çökeline(1), T3 seviyesinden (2), olmak üzere toplam 12 örnek OSL yöntemi ile tarihlendirilmiştir.

Tarihlendirme

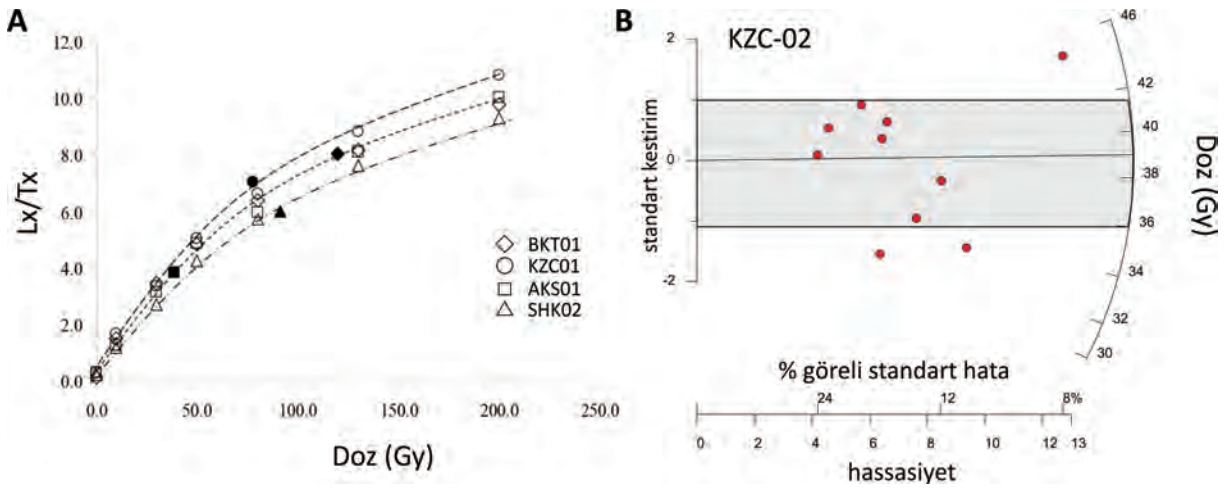
Bu çalışmada, OSL tarihlendirmenin tüm aşamaları (mineral ayıklama ve eşdeğer doz ölçümleri) Işık Üniversitesi, Lüminesans Araştırma ve Arkeometri Laboratuvarı'nda yürütülmüştür. Kullanılan yöntemlerin teknik detayları Kıyak ve Erturaç (2008) çalışmasında detaylı olarak sunulmaktadır.

Mineral ayıklama işlemleri, karot içerisinde örneklenen ince taneli kırıntılılardan kuvars kristallerinin ayrılması amacıyla karanlık odada kırmızı ışık altında yürütülmektedir. Mineral topluluğu, önce ıslak eleme yöntemi ile 90-180 µm aralığına elenir. Ardından karbonatların ayrıştırılması için %10 derişimli HCl, organiklerin uzaklaştırılması için %10 derişimli H₂O₂ ile işleme tabii tutulur. Manyetik mineraller, mıknatıs ile uzaklaştırılır. Kalan çökel, ağır sıvıda (sodium-polytungstate, 2.62, 2.7 ve 2.58 g/cm³)

yüzdürülerek sırasıyla kuvars, ağır mineral ve K-feldispat bileşenlerine ayrılır. Kalan kuvars topluluğu 40 dakika HF (%40) solüsyonu içerisinde bekletilerek minerallerin dış ~10 µm kısmının ve olası kalıntı minerallerin eritilmesi sağlanarak saflaştırılır.

Eşdeğer doz (De) ölçümleri, laboratuvarda bulunan Risø TL/OSL DA-15 model sayıcının SAR protokolü (Murray ve Wintle, 2003) ile programlanması ile yürütülmüştür. Bu protokol, kuvars kristal topluluklarının yerleştirildiği çelik disklerin, ön ısıtmalar sonrası kızılötesi ve mavi ışık altında uyarılması, U-340 filtre ile lüminesans sinyalinin ölçülmesi ve doz cevap eğrisinin oluşturulması için ⁹⁰Sr/⁹⁰Y (0.1 Gy/s) beta radyasyon kaynağı ile dozlanması aşamalarından oluşmaktadır. Şekil 4 A'da çeşitli örneklerin artan radyasyon dozuna verdiği cevabın (lüminesans sinyali) eksponansiyel karakterdeki artış eğrisi sunulmaktadır (Kıyak ve Erturaç, 2008). Bu eğri üzerine ilk aşamada ölçülen doğal sinyal Lx/Tx oranına göre yerleştirilerek eş değer doz (De, Gray) hesaplanmaktadır. Şekil 4 B'de KZC-02 örneğinden 10 diske ait De ölçümlerinin radyal dağılımı gösterilmektedir. Bu gösterim yöntemi, ölçümlerin merkezi yaş modeline (CAM, Galbraith ve Roberts, 2012) uygunlukta düşük saçılmaya (%6) sahip olduğunu ortaya koyar.

Lüminesans yaş denkleminin bir diğer önemli bileşeni olan yıllık çevre dozu oranı (Dr) ölçümleri, arazide taşınabilir gamma spektrometre (Target identiFINDER modeli) ile gerçekleştirilmiştir. Bu cihaz, örnekleme yerinde 7200 saniye sürekli ölçümle U, Th ve K elementlerinin gamma ışımasını kaydetmektedir. Ölçümler, daha sonrasında diğer parametrelerle birlikte (nemlilik, yüzeyden derinlik, konum ve yükseklik) Dr hesaplamasında kullanılmaktadır.



Şekil 4. A. Tarihlendirilen çeşitli örneklerin artan yapay radyasyon altında gösterdiği doz/cevap (büyüme) eğrisi (Kıyak ve Erturaç, 2008'den düzenlenerek). B. KZC-02 örneğinde 10 diskten ölçülen eşdeğer doz dağılımlarının radyal gösterimi.

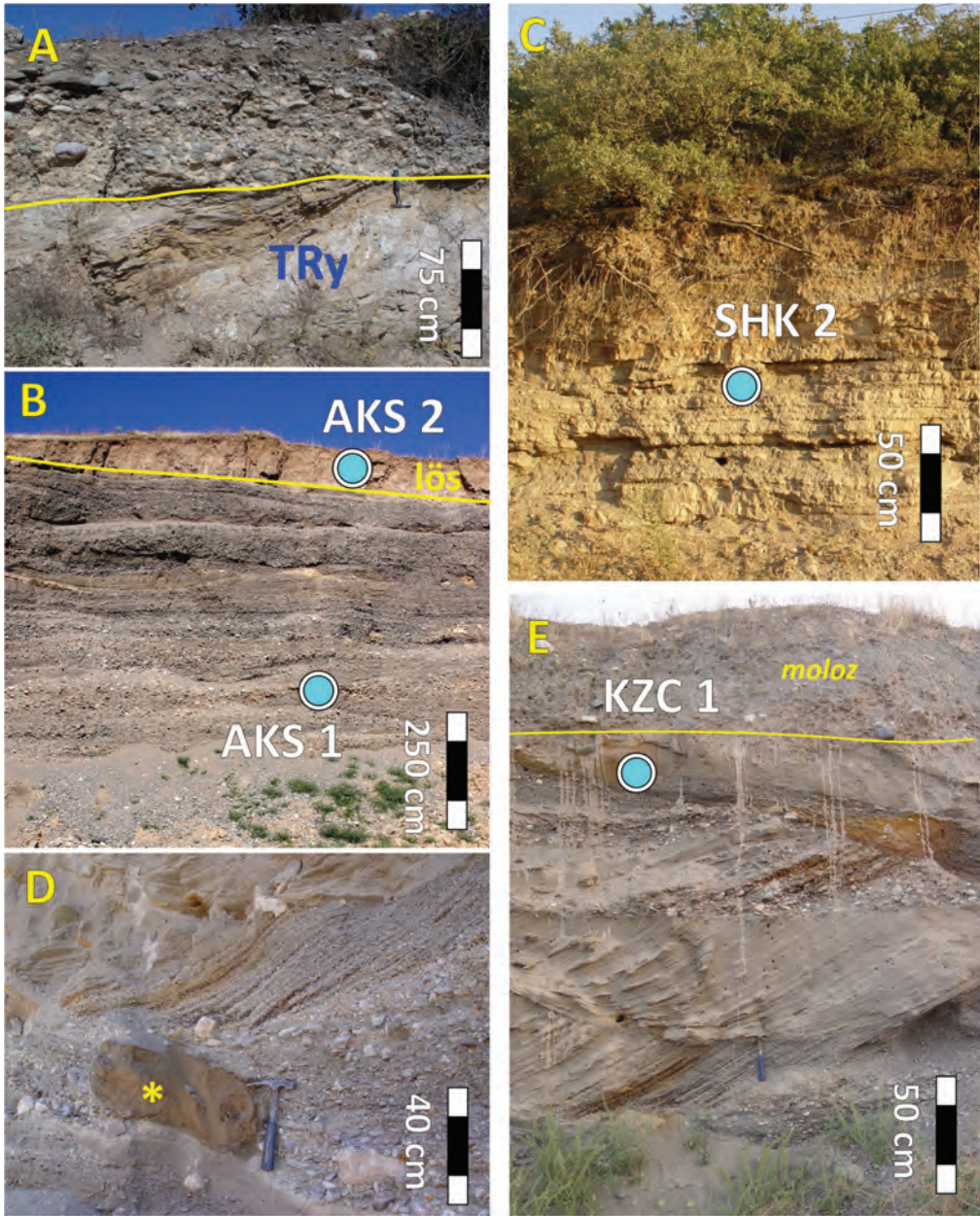
Figure 4. A. Dose/response curves of different samples under increasing beta radiation exposure (Kıyak and Erturaç, 2008) B. Radial plot of De distribution of KZC-02 sample measured from 10 aliquots.

SONUÇLAR

Yeşilirmak Taraça Basamaklanması

Yeşilirmak boyunca Şahinkaya Boğazi ile Geldingen Ovası arasında kalan alanda gözlenen taraça basamaklanması (Şekil 3), kum işletmeleri ve yol yarmaları ile belirgin kesitler oluşturan yüzlelerde gözlenmektedir. Bu kesitler Kızılca (KZC, T1), Aksalur (AKS, T2) ve Şahinkaya (SHK, T2) olarak isimlendirilmiştir. Şekil 5'de bu kesitlere ait arazi görünümleri sunulmaktadır. Basamaklanma içerisinde T2 seviyesi, nehrin doğu yakasında yer alan Aksalur kesitinde, tabanda Yeşilirmak metamorfite (TRy) üzerine uyumsuz olarak +15 m göreceli yüksekte yerleşmektedir (Şekil 5A). Kum ocağı olarak işletilen kesit, toplam 20 metre kalınlığı boyunca tamamen kaba taneli kanal çökelleri ve aralarda da kum barı fasiyeslerinden oluşmaktadır (Şekil 5B). AKS-1 örneği tabana en yakın kum barından elde edilmiştir. Kesitin en üst kısmında ~2 m kalınlığında, tabakalanma göstermeyen silt seviyesi bulunmaktadır. Bu seviye lös çökeli olarak yorumlanmış ve AKS-2 örneği bu

seviyeden örneklenmiştir. Bu taraça seviyesinin eşleniği nehrin batı kesiminde Şahinkaya kesitinde de bulunmaktadır. Taraça tabanının gözlenmediği 2 m yüksekliğindeki bu yol yarması, ince tabakalı, yer yer laminalı siltli ince kum seviyelerinden oluşur (Şekil 5C). Bu seviye, fasiyes özellikleri ve konumu ile (+33 m) T2 taraçasının tavan seviyesi olarak yorumlanmıştır. Kızılca kesiti kum ocağı olarak işletilmektedir, tabanı gözlenmemekle birlikte ~8 m gözlenebilir kalınlığa sahiptir. Kesit tabanda ~5 m kalınlığında yatak yükü çökellerinden oluşmaktadır, üste doğru tekne çapraz tabakalı nokta barı çökelleri izlenir (Şekil 5D). Kanal çakılları içerisinde gözlenen köşeli ince kum bloğu (*), olasılıkla taşkın ovasından koparak kanala taşınmış ve hızla depolanmıştır (Şekil 5D). Bloğun dağılmamasının nedeni büyük ihtimalle aşındığı esnada donmuş olmasıdır. Bu gözlem, taraça oluşum sürecindeki hava sıcaklığı hakkında fikir vermektedir. Bu kesitten elde edilen 3 adet OSL örneği, üst kesimlerdeki yatay tabakalı, siltli ince kumlu taşkın ovası fasiyesinden alınmıştır (Şekil 5D). Taraçanın tavan seviyesinin yüksekliği +10 metredir.



Şekil 5. Yeşilırmak Nehri taraça sisteminin farklı seviyelerinin arazi görünümü. Mavi daireler OSL örnek yerlerine karşılık gelmektedir. A. Aksalur kesitinde T2 taraçasının Triyas yaşlı Yeşilırmak metamorfileri ile dokanağı, B. T2 taraçasının kanal çökelleri, kum barı ara seviyeleri ve bu seviyeyi üzerleyen lös deposu, C. Şahinkaya kesitinde, T2 taraçası tavan kesimini ifade eden ince siltli ince kum (taşkın ovası) tabakalaşması, D Kızılca kesiti tabanında T1 taraçasının kanal çökelleri içerisinde donmuş kum küpü (*), E. Kızılca kesiti çapraz tabakalı nokta kum setleri

Figure 5. Field view from different levels of the Yeşilırmak River terraces. Blue circles represent OSL sample locations A. The contact between channel gravels of T2 terrace and the Yeşilırmak metamorphics of Triassic age at the Aksalur section B. Bedload deposits intercalated with sand bars of T2 terrace, overlain with loess deposits at the Aksalur section. C. Floodplain deposits representing the top of T2 terrace at the Şahinkaya section, D. Channel gravels of T1 terrace at the Kızılca section, * donates a frozen sandy block, E. Cross bedded point bar deposits at the Kızılca section.

Çekerek Taraça Basamaklanması

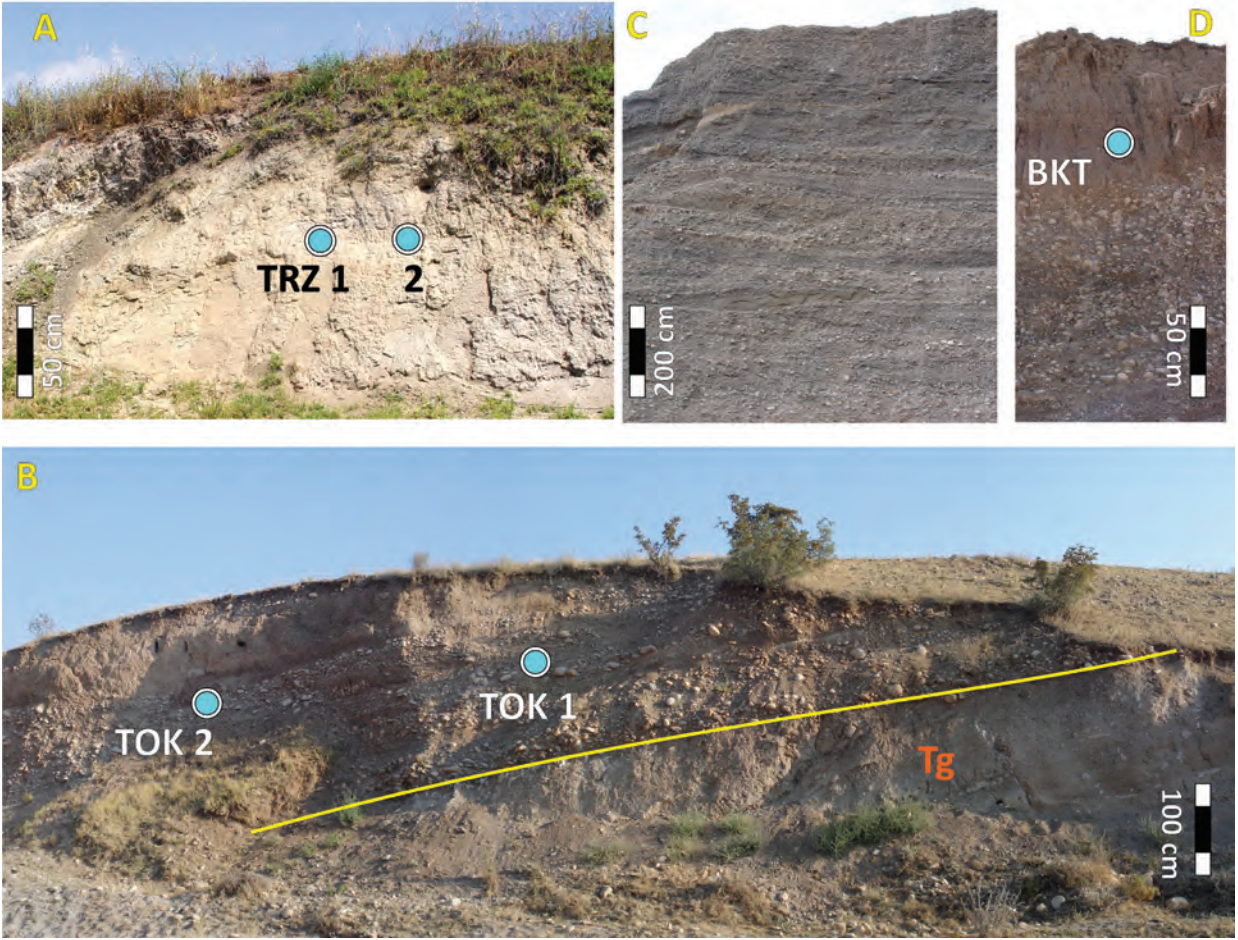
Çekerek Çayı ve yakın çevresinde taraça basamaklanması nehrin batısında ve yakın yan kolu olan Terziköy Deresi'nin sağ ve sol yakalarında gözlenmektedir. Terziköy kesiti (TRZ), 528 metre yüksekliğe sahiptir, derenin güncel seviyesinden göreceli yüksekliği ise +70 m olarak hesaplanmıştır. Bu taraça, Terziköy Deresi'nin kaide seviyesi olan Çekerek Çayı sistematığı içerisinde T3 seviyesi olarak yorumlanmıştır. Kesit ~1.5 m yüksekliğinde, lamine ince silt ve kum araldanmasından oluşmaktadır (Şekil 6A) ve bu seviyelerden 2 adet OSL örneği alınmıştır. Çekerek Çayı'nın batısında Toklucak Köyü yolu üzerindeki yol yarmasında (TKL), Geldingen formasyonu (Tg) ve taraça seviyesinin dokanağı gözlenmektedir (Şekil 6B). Bu seviye 2 m kalınlığında ve kanal çakılları ile kum seviyeleri araldanmasından oluşmaktadır. Kesitin üst kesimleri büyük oranda aşınmıştır. Göreceli konumu +25 m yüksekliğinde olan bu seviyeden 2 OSL örneği alınmıştır. Bektemur kesiti (BKT), 8 metre yüksekliğe sahip, yüksek enerjili bir akarsu fasiyesinde depolanmıştır, kaba taneli (kaba çakıl ve yer yer blok boyulu) çökel paketleri arasında yer yer çapraz tabakalı çakıl setleri ve kum barları bulunmaktadır (Şekil 6C). Bu kesitin üst kesimlerinde +35 m konumunda yer alan taşkın ovası çökelleri içerisinde tarihlendirme örneği alınmıştır.

Yeşilirmak Nehri'nin bütünleşik taraça sistemi ve kronolojisi

Yeşilirmak ve Çekerek akarsularına ilişkin taraça basamaklanmaları, ait oldukları

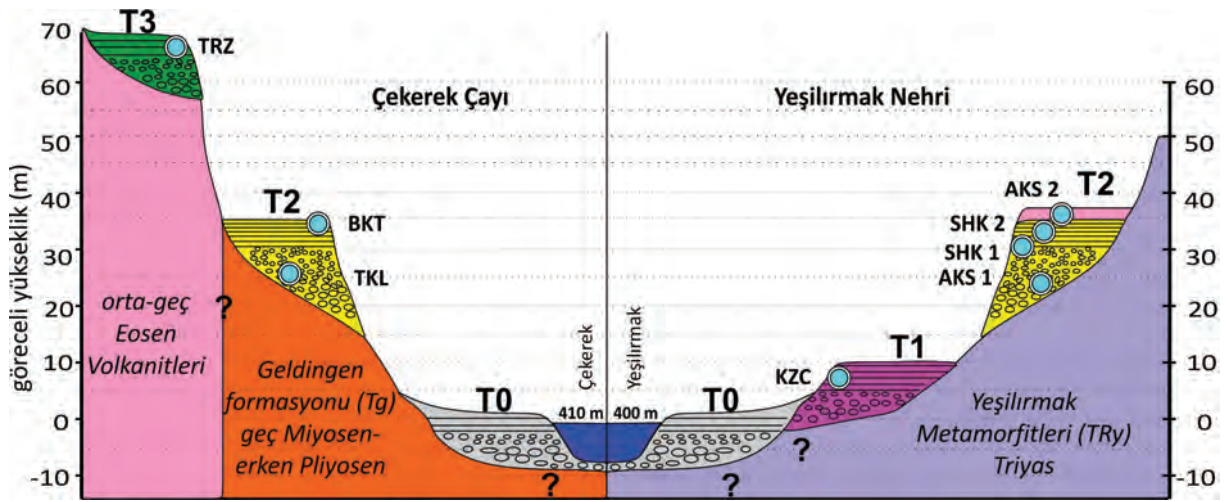
göreceli konumlarına göre sınıflanmıştır. Bu sınıflandırmanın sonuçları, her iki basamaklanma için üretilen sentetik profilde sunulmaktadır (Şekil 7). Buna göre inceleme alanında 3 farklı basamakta taraça gelişimi bulunmaktadır. T3 taraçasının tabanı gözlenmemekle birlikte tavan yüksekliği +70 metredir. T2 seviyesi hem Çekerek hem de Yeşilirmak basamaklanmasında temel üzerine +15 m yüksekliğinde gelmekte ve 20 m kalınlığa sahiptir. T1 seviyesine ait kesitler sadece Yeşilirmak'ta gözlenmektedir. Çökel kalınlığı 8 metreden fazla olup tavan yüksekliği +15 metredir.

Tanımlanan taraça kesitlerinden elde edilen lüminesans tarihleri Çizelge 1'de sunulmaktadır. OSL yaş analizlerinin hata payları, bu çalışma kapsamında kullanılan 12 tarih için ortalama %10 olarak hesaplanmıştır. Buna göre T3 seviyesinin depolanması, iki örnek (TRZ 1+2) ile ortalama 72.9 ± 4.4 binyıl önce sona ermiştir. Yaklaşık 25 bin yıl süren bir aşınma dönemini takiben T2 seviyesi tabanı TKL 2 ve AKS 2 örneği ile temsil edilmektedir ve taraça depolanmasının en geç 47.75 ± 3.5 bin yıl önce başladığını ifade eder. Taraçanın üst seviyesinden elde edilen 2 örnek (SHK 1 ve BKT 1) ise 34.95 ± 4.7 binyıl önce aşınmaya başlamıştır. Kızılca kesitinin üst kesimlerinden elde edilen 3 OSL örneğinin yaşları, depolanmanın ortalama 18.5 ± 2.1 binyıl önce sona erdiğini ortaya koymaktadır. Kesit kalınlığı göz önünde bulundurulduğunda depolanmanın Son Buzul Maksimum (LGM) dönemi sonunda başladığı ve H1 soğuk/kurak dönemine kadar sürdüğü öngörülebilmektedir. Bu dönemde eşzamanlı olarak AKS kesitinde T2 seviyesini örten lös çökeli de depolanmıştır.



Şekil 6. Çekerek Çayı taraça sisteminin farklı seviyelerinin arazi görünümü. Mavi daireler OSL örnek yerlerine karşılık gelmektedir. A. Terziköy kesitinde T3 seviyesinin tavan kesimine karşılık gelen laminalı siltli çok ince kum, B Toklucak kesitinde T2 taraçasının geç Miyosen-erken Pliyosen yaşlı Geldingen formasyonu ile dokanağı. C. Bektemir kesitinde T2 taraçasının kanal çökelleri, kum barı ara seviyeleri D. Bektemir kesiti üst seviyelerinde taşkın ovası çökelleri ve toprak örtüsü

Figure 6. Field view from different levels of Çekerek River terrace staircases. Blue circles represent OSL sample locations A. Laminated silt and fine sand level at top of T3 terrace, the Terziköy section B. The contact between channel gravels of T2 terrace and the Geldingen formation of late Miocene-early Pliocene age at the Toklucak section C. Bedload deposits of T2 terrace intercalated with sand bars at the Bektemur section D. Close-up view of the Bektemur section where channel gravels are overlain by floodplain silt-fine sand and soil



Şekil 7. Yeşilirmak ve Çekerek taraça sisteminin sentetik profilleri. Yükseklikler göreceli olarak akarsuların güncel taşkın ovasından yüksekliğe göre hesaplanmıştır. Mavi daireler OSL örnek yerlerine karşılık gelmektedir.

Figure 7. Synthetic profiles of the Yeşilirmak and Çekerek terrace staircases. Elevations are relative and are calculated based on the recent floodplain of related rivers. Blue circles represents the position of OSL samples.

DEĞERLENDİRME VE TARTIŞMA

Karasal yarı-kurak iklime sahip bölgelerin, küresel iklimde yağış ve sıcaklığın denetiminde gerçekleşen değişimlere duyarlı olduğu bilinmektedir (Bull, 2008; Faust ve Wolf, 2017). Bu bölgelerde yer alan açık ve kapalı hidrolojik sistemler (ör: göl, akarsu ve mağara) değişimlere belirgin ancak değişen çözünürlükte tepki gösterirler. Sürekli bir sekans oluşturan depolanma sistemlerinde (ör: Göl seviyeleri ve çökelleri ile mağara kayıtları) iklim değişimine yönelik kayıtlar (ör: duraylı izotop oranları ve polen oranı değişimi) yüksek çözünürlük sunarken, akarsu kayıtlarında ise bu cevap, belirgin depolanma ve aşınma dönemleri

olarak karşılık bulmaktadır (Blum ve Törnqvist, 2000; Faust ve Wolf, 2017). Depolanma dönemleri, akarsuyun debisinin düştüğü ve çökel taşıma kapasitesinin azaldığı kurak dönemler olarak yorumlanmaktadır. Akarsuyun taşkın ovasını terk ederek yanal ve düşey yönde aşındırdığı dönemler ise yağış rejimi/debi artışına karşılık gelebilir. Bir diğer parametre olan deniz seviyesi değişiklikleri, akarsuyun mutlak kaide seviyesindeki düşmeye bağlı olarak potansiyel enerjisinde artışla ve aşındırmayla, tersi durumda ise depolanmayla sonuçlanabilir (Schumm, 1993). Karadeniz'e 150 km uzaklıktaki inceleme alanı özelinde, bu değişimlerin etkisinin yakın kıyı bölgelerine göre az olacağı öngörülmüştür.

Çizelge 1. İnceleme alanındaki taraça sisteminden elde edilmiş lüminesans yaşları (* Kıyak ve Erturaç, 2008; # Erturaç, 2010)

Table 1. Luminescence ages of the terrace staircases (* Kıyak and Erturaç, 2008; # Erturaç, 2010)

Kod	Enlem (K)	Boylam (D)	h (m)	z (m)	Ölçüm Sayısı	Eşdeğer Doz, De (Gray)	Çevresel Doz Hızı, Dr (Gray/ka)	Yaş (binyıl)
AKS-1*	35.767	40.527	448	2	14	38.5±5.6	2.09±0.02	18.5±2.7
AKS-2*	35.767	40.527	435	15	16	93.4± 4.2	1.99±0.02	47.0± 2.2
SHK-1*	35.779	40.515	457	2	14	76±15	2.15±0.02	35.2±6.9
SHK-2*	35.781	40.513	438	3	12	91.3±09.1	2.10±0.02	43.4±4.4
KZC-1#	35.754	40.525	422	3	6	39.04±5.97	2.13±0.03	18.4±2.8
KZC-2#	35.754	40.526	422	3	7	39.20±2.98	2.14±0.04	18.3±1.4
KZC-3#	35.755	40.521	427	2	6	40.46±4.44	2.15±0.04	18.8±2.1
TKL-1#	35.597	40.518	475	2	8	57.94±4.06	1.27±0.04	45.7±3.6
TKL-2#	35.599	40.518	459	2	8	61.99±5.87	1.28±0.04	48.5±4.9
BKT-1*	35.585	40.490	459	2	14	44.2± 3.1	1.27± 0.02	34.7± 2.5
TRZ-1#	35.639	40.483	528	3	8	91.82 ± 4.5	1.26 ± 0.04	73.1 ± 4.4
TRZ-2#	35.639	40.483	528	3.1	9	91.35 ± 4.62	1.26 ± 0.04	72.8 ± 4.5

Yeşilirmak bütünleşik taraça sistemi, güncel taşkın ovasının da oluşumu göz önüne alındığında, son buzul devri içerisindeki (son 85 binyıl) dört belirgin aşınma ve depolanma dönemine işaret etmektedir. Buna göre, OSL yaşlarının hata payları da göz önüne alındığında bu çalışmada tarihlendirilebilen depolanma dönemleri MIS 5a, MIS3, MIS2 (LGM) sonu ve Geç Holosen boyunca sürmüştür. Bu dönemlerin Geç Pleyistosen için tanımlanmış iklim kronolojisi (Denizel İzotop Kayıtları, MIS; Heinrich stadial dönemleri H; Genç Dryas, YD olayı) içerisinde Anadolu ve Doğu Akdeniz'deki geçmiş iklim kayıtları (Şekil 1) ile karşılaştırılması Şekil 8'de sunulmaktadır. Karşılaştırmada kullanılan kayıtlar, kuzey yarımkürede (30°K) Haziran ayı için hesaplanan güneşlenme değerlerinin değişimi (Berger ve Loutre, 1991), Karadeniz seviye değişiklikleri (Panin ve Popescu, 2007; Yanchilina vd., 2017), Van Gölü seviyesi (Çağatay vd., 2014), Lisan Gölü seviyesi ve belirgin yağış rejimi değişikliği dönemleri (Torfstein vd., 2013), Montecchio Gölü

karotunda odunsu türlerin polen oranları değişimi (Allen vd., 1999) ve GB Karadeniz şelfi 25-GC1 karotu (Schumilovskikh vd. 2014) kayıtları; Dim (Ünal-İmer vd., 2015) ve Sofular (Fleitmann vd., 2009) mağaraları $\delta^{13}C$ sekans kayıtlarıdır. Bunlara ek olarak, Son Buzul Maksimum (LGM) dönemi için Konya Gölü (Fontugne vd., 2009) ve buzul kayıtları (Sarıkaya ve Çiner, 2015) iklim yorumları da karşılaştırmada kullanılmıştır.

İnceleme alanında tanımlanan depolanmalı ve aşınmalı dönemlerin, yerkürenin yörüngesel özelliklerindeki değişimleri uyarınca, kuzey yarımkürede (30°K) Haziran ayı için hesaplanan güneşlenme değerlerinin değişimi ile belirgin bir korelasyon sunduğu görülmektedir (Şekil 8 A). Benzer bir şekilde taraça gelişimi Van (MIS5a'daki olası zamansal kayma hariç) ve Lisan Gölü seviyeleri ve Montecchio Gölü odunsu türler polen oranı değişimi ve GD Karadeniz şelfinde tanımlanan kurak/yağışlı dönemler ile değişen oranlarda eşleşmektedir. Bununla birlikte taraça kayıtlarının, mevcut çözünürlükle,

buzul dönemleri içerisinde gözlenen kısa süreli soğuk/kurak (stadial) ve ılıman/yağışlı (interstadial) dönemleri yansıtmaktan uzak olduğu görülmektedir.

MIS5a aşınma ve MIS5b Depolanma dönemi

Yeşilirmak taraça sisteminde T3 seviyesine karşılık gelen MIS5a, günümüzden 72.9 ± 4.4 binyıl önceye tarihlendirilmiştir. Başlangıcı tarihlendirilememiş olsa da bu dönemin, bölgede belirgin bir yağışlı dönemin sonrasında başlayan kurak iklim koşullarına karşılık geldiği yorumlanmıştır (Şekil 8A). Van Gölü seviyesinde belirgin bir düşüm öncesindeki yüksek seviyelere karşılık gelen bu dönemin bitişi, Karadeniz seviyesinin MIS4 boyunca süren düşümüne (Şekil 8C) karşılık gelmektedir. İtalya Montecchio Gölü polen kayıtlarında MIS5b döneminde %90 değerlerine ulaşan odunsu türler 77 binyıldan itibaren belirgin olarak azalmış ve %20 seviyelerine gerilemiştir. Dim mağarası $\delta^{13}C$ değerlerinde artış gözlenmektedir.

MIS4 aşınma ve MIS3 depolanma dönemi

Yeşilirmak taraça sisteminde en detaylı tarihlendirilen T2 taraça seviyesinin depolanması, MIS4 boyunca ve MIS3 başlangıcına kadar süren uzun bir aşınma dönemi sonrasında, 47 binyıl önce başlamıştır (Şekil 8A). Aşınma döneminin başlangıcı, güneşlenme değerlerinin artışına, Karadeniz seviyesinde belirgin düşmeye, Lisan Gölü kayıtlarında belirgin bir yağışlı döneme (Şekil 8B) ve yüksek göl seviyelerine (Şekil 8 D) karşılık gelir. Van Gölü seviyesi ise günümüzdekenden düşüktür ve dönem boyunca ritmik değişkenlik göstermektedir. Güney Karadeniz şelfi MIS4 sonunda bölgede süregelen kurak koşulları yansıtmaktadır ancak MIS3 başlangıcından itibaren yağışlı/ılıman dönemleri egemen (Şekil 8 B ve E) olmuştur. Anadolu dağlarında vadi buzullaşmasının bu dönemde

başladığı öngörülmektedir (Sarıkaya ve Çiner, 2015)

Depolanma dönemi, MIS3 içerisinde yaklaşık 12 binyıl sürmüştür (Şekil 8A ve 8B). Bu dönem Karadeniz seviyesinin günümüz seviyesine yaklaştığı, GD Karadeniz şelfi kayıtlarında ise belirgin bir kurak döneme karşılık gelmektedir. Van ve Lisan gölleri bu süre zarfında düşük seviyededir.

MIS3 sonu ve LGM aşınma ile LGM sonrası depolanma dönemi

Yeşilirmak taraça sisteminde T1 seviyesine karşılık gelen ve ortalama 18.5 ± 2.1 binyıl öncesine tarihlendirilen son depolanma dönemi, MIS 3 sonunda başlayıp, LGM boyunca süren belirgin bir aşınma dönemi sonrasında gelişmiştir (Şekil 8A). Bu depolanma/aşınma dönemleri değerlendirilen geçmiş-iklim verileri ile en yüksek eşleşmeye sahiptir. Aşınma dönemi, küresel olarak soğuk ve kurak ancak Doğu Akdeniz ve Anadolu'da görece yağışlı iklim koşullarına karşılık gelmektedir. Bu aşınma döneminde GD Karadeniz, uzun süren yağışlı bir dönem içerisinde (Şekil 8 B) ancak dış denizlerden bağlantısı kopuk, tatlı su gölü olarak seviyesi günümüze göre -140 m düşüktür (Şekil 8 C). Bu dönemde Lisan Gölü en yüksek seviyeye ulaşmış, Van Gölü seviyesi ise günümüzden yüksekte bulunmaktadır (Şekil 8D). Bu dönemde İç Anadolu'da bulunan dış drenaja kapalı plüvyal göller (ör: Konya Gölü, Fontugne vd., 1999 ve Tuz Gölü, Kashima, 2002) en yüksek seviye ve alansal yayılıma sahiptir. Bu dönem içinde (21.5-18.5 binyıl) Anadolu vadi buzulları en ileri seviyeye ulaşmıştır. Örneğin, Sandıras Dağı (Batı Toros Dağları; Şekil 1) buzulları, günümüze göre soğuk ancak iki kat yağışlı iklim koşullarını ifade etmektedir (Sarıkaya ve Çiner, 2015). T1 taraçasının depolanma dönemi LGM sonundan H1 stadial dönemine kadar devam etmiştir. Bölgesel olarak, Konya Gölü'nün hızla ortadan kalkması (~17 binyıl, Fontugne vd., 1999), Tuz Gölü'nün

daralması (~17 binyıl; Kashima, 2002). Lisan Gölü seviyesinde 200 m düşüm (Torfstein vd., 2013) ve Anadolu mağara kayıtlarında artan $\delta^{13}C$ değerleri ile ifade olmaktadır. T2 taraçasını örten lös seviyesi ve Kızılca kesitinde gözlenen donmuş kum bloğu bu dönemin son derece kurak ve soğuk olduğunu işaret eden kayıtlardır. İç Anadolu'da Kızılırmak Nehri'nin Nevşehir yakınlarında LGM boyunca devam eden kazılma dönemi sonrasında güncel taşkın ovasının oluşumu da bu dönem içerisinde (~ 19 binyıl) başlamaktadır (Doğan, 2010). Bu depolanma döneminin başlangıcı, orta kuzeybatı Anadolu için (Kütahya), günümüzden 14 bin yıl kadar önceye tarihlendirilmektedir (Ocakoglu vd., 2017).

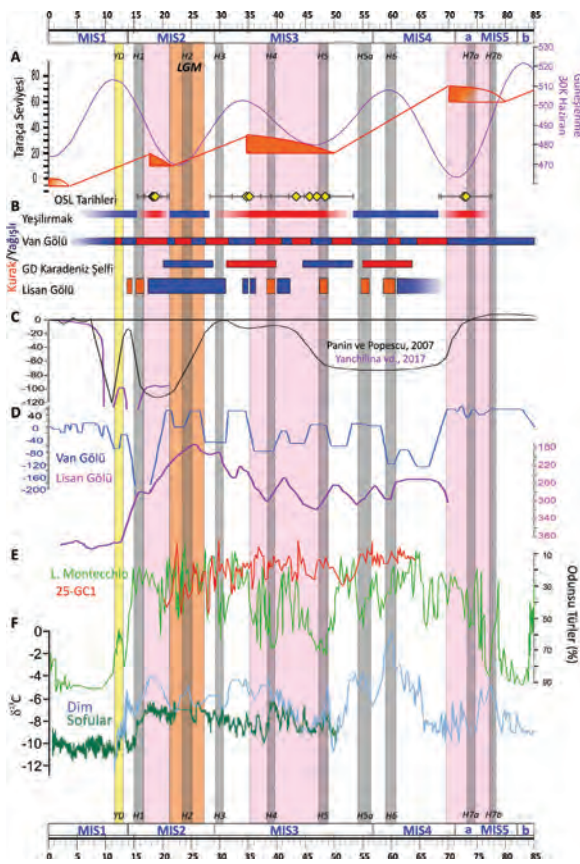
Geç Buzul-Erken Holosen aşınma dönemi ve güncel taşkın ovasının oluşumu

İnceleme alanında T1 taraçasının aşınması, günümüzden 17-18 binyıl önce ılıman koşulların ortaya çıkmasıyla başlamıştır, bölgesel olarak önemli ancak kısa süreli YD dönemi flüvyal kayıta yer almamaktadır. Van Gölü seviyesi bu dönemde günümüz seviyesine yükselmiştir. Bartın Sofular mağarası $\delta^{13}C$ kaydı (Göktürk vd., 2011) erken Holosen (~9.36-5.4 binyıl) için yağış rejiminde belirgin bir artışa işaret etmektedir. İnceleme alanında güncel taşkın ovasının (T0) oluşumunun, bu yağışlı (aşınma) dönemin sonunda başladığı öngörülebilir. Geldingen Ovası'nın batısında bulunan ve tarihçesi günümüzden 5.5-5 binyıl önce başlayan Oluz Höyük (Şekil 3, Dönmez ve Yurtsever-Beyazıt, 2016) yerleşimi bu yorumu desteklemektedir. Bununla birlikte Amasya il merkezinde yer alan ve geç Roma

dönemine tarihlenen kemerli köprü (Alçakköprü), yapılışından günümüze 3 metre kalınlığında çökelle örtülmüş ve Geç Osmanlı döneminde ek sütunlarla yükseltilmiştir (Erturaç, 2017).

Tektonik yükselme

Bu çalışmada elde edilen üç farklı seviyedeki depolanmalı taraçaların terkedilme (aşınma) yaşları ve güncel taşkın ovasından göreceli yükseklikleri (± 5 m hata payı ile) Çizelge 2'de sunulmaktadır. Bu değerlerin oranlanması ile hesaplanan yükselme/kazılma hızı değerleri yılda 0.81-1.01 mm arasında değişmektedir ve standart sapması 0.09 olarak hesaplanmıştır. Buna göre, inceleme alanında Geç Pleyistosen için sabit yükselme değeri ortalama 0.94 ± 0.26 mm/yıl olarak tanımlanabilir. Bu değer, KAF kuzeyi (0.28 mm/yıl, Yıldırım vd., 2013) ve İç Anadolu (0.05-0.06 mm/yıl; Çiner vd., 2015) benzer yaklaşımla elde edilen diğer yükselme hızlarından oldukça yüksektir. Elde ettiğimiz yükselme değerleri, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) iç bükey sıkışmalı bir büklüm yaptığı kesim için bölgesel (1) ya da Ezinepazar Fayı'nın geometrisi içerisinde yerel sıkışma ya da Geldingen Ovası için çökme hızına (2) karşılık geldiği yönünde değerlendirilebilir. İlk hipotezin test edilmesi için alansal olarak dağılmış yeni veri setlerine ihtiyaç duyulmaktadır. İkinci hipotez doğru kabul edildiği takdirde ovanın (200 m çökel kalınlığı göz önüne alınarak) oluşum yaşı 200-250 bin yıl öncesine tarihlenebilir. Bu yorum Erturaç ve Tüysüz (2012) tarafından önerilen Ezinepazar Fay Zonu'nun gelişim ve batıya doğru ilerleme zamanlamasıyla uyumludur.



Şekil 8. Son Buzul Çağı süresince (85 binyıl-günümüz) Yeşilirmak-Çekerek taraça sisteminin iklim ve deniz seviyesi kayıtları ile karşılaştırması. A. Bütünleşik taraça sisteminin göreceli pozisyonları, OSL yaşları ve depolanma dönemleri ile 30K Haziran ayı güneşlenme değerleri (Berger ve Loutre, 1991), B. Yeşilirmak (bu çalışma) Van Gölü (Çağatay vd., 2014); GD Karadeniz Şelfi (25 GC-1; Schumilovskikh vd., 2014) ve Lisan Gölü (Torfstein vd., 2013) tanımlanmış kurak/yağışlı dönemler, C. Karadeniz seviye değişiklikleri (Panin ve Popescu, 2007; Yanchilina vd., 2017); D. Van (Çağatay vd., 2014) ve Lisan (Ürdün, Torfstein vd., 2013) Göl seviyesi değişiklikleri, E. Montecchio Gölü (İtalya) ve GD Karadeniz Şelfi (25 GC-1; Schumilovskikh vd., 2014) sondaj karotlarından elde edilen odunsu türlerine ait polenlerin % değişimi grafikleri F. Dim (Ünal-İmer vd., 2015) ve Sofular (Fleitmann vd., 2009) sarkıt/dikit kayıtlarında $\delta^{13}C$ değişimi. Kısaltmalar: MIS: Denizel izotop katları, LGM: Son Buzul Maksimum; YD. Genç Dryas; H: Heinrich kurak/soğuk dönemlerini ifade etmektedir.

Figure 8. Comparison of the Yeşilirmak-Çekerek terrace staircases with the climate and sea level

records since the last 85 ka A. OSL ages, relative positions of integrated terrace staircases and 30N June insolation values (Berger and Loutre, 1991), B. Humid vs. Dry periods inferred from the Yeşilirmak terraces (this study), Lake Van (Çağatay et al., 2014); SE Black Sea shelf (25 GC-1; Schumilovskikh et al., 2014) and Lake Lisan (Torfstein et al., 2013), C. Black Sea level changes (Panin and Popescu, 2007; Yanchilina et al., 2017); D. Lake level variations at Lake Van (Çağatay et al., 2014) and Lisan (Jordan, Torfstein et al., 2013) E. Change in % values of pollen of woody taxa for Lake Montecchio (Italy) and SE Black Sea Shelf (25 GC-1; Schumilovskikh et al., 2014) cores, F. $\delta^{13}C$ record of stalagmites from Dim (Ünal-İmer et al., 2015) and Sofular (Fleitmann et al., 2009) caves. Abbreviations: MIS: Marine Isotope Stage, LGM: Last Glacial Maximum; YD. Younger Dryas; H: Heinrich stadials.

ÖNERİLER

Bu çalışmada elde edilen taraça konum ve yaşlandırma verileri, İç Anadolu'nun kuzey kesimi için Son Buzul Devrinde gerçekleşen önemli hidrolojik (iklim) değişimlere ve düşey yönlü deformasyona yönelik bir yaklaşım sunmaktadır. Bölgede gözlem, ölçüm ve tarihlendirme hassasiyetinin artırılması, bölgesel karşılaştırmalar ile daha hassas yorumlara gidilmesini sağlayacaktır.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma, ilk yazarın doktora çalışması süresince elde edilen arazi ve tarihlendirme verilerinin yeniden yorumlanması ile üretilmiştir. İlk yazar, arazi çalışmasındaki desteklerinden ötürü Amasya Valiliği, Yeşilirmak Kalkınma Birliği, ADK kurucu üyeleri Aydın Babacan ve Hasan Varış'a teşekkürü bir borç bilir. Çalışmanın bilimsel yaklaşımı, Catherine Kuzucuoğlu ve Zeki Bora Ön ile yapılan tartışmaların yanı sıra; makaleyi titizlikle değerlendiren Faruk Ocaoğlu ve Serkan Üner'in değerli öneri ve katkılarıyla ilerlemiştir.

Çizelge 2. Taraça yaş ve konum verileri ile yıllık yükselme hızı**Table 2.** Uplift rates calculated using terrace positions and ages

Örnek	Taraça	Seviye	Yaş (binyıl)		Göreceli Yükseklik (m)			Yükselme Hızı (mm/yıl)		
BKT-1	Çekerek	T2	34.7	± 2.5	35	± 5	1.01	±	0.22	
TRZ-1-2	Çekerek	T3	72.9	± 4.4	70	± 5	0.96	±	0.13	
KZC-1-2-3	Yeşilirmak	T1	18.5	± 2.1	15	± 5	0.81	±	0.36	
SHK-1	Yeşilirmak	T2	35.2	± 6.3	35	± 5	0.99	±	0.32	
ORTALAMA							0.94	±	0.26	
STD							0.09			

EXTENDED SUMMARY

River terraces are remnants of former river floodplains that are fossilized above present-day river channels, often in staircase systems (Erinç, 1982; Bull, 2008; Pazzaglia, 2013). The formation of terrace staircases is attributed to both tectonic uplift (e.g. Bridgland, 2000, Lavé and Avouac, 2001; Bridgland and Westaway, 2008; Demoulin et al., 2017), climate and sea/base level changes (e.g. Schumm, 1993; Blum and Törnqvist, 2000; Vanderberghe, 2002, 2003; Macklin et al., 2012; Faust and Wolf, 2017). Variations in tectonic and climatic conditions cause perturbations in the fluvial system, which, over time, lead to widening of valley floors, subsequent aggradation and incision, thereby producing terraces (Pazzaglia, 2013), representing the complex response of the fluvial system to the variables listed above (Bull, 2008). River incision creates terrace risers and isolates each terrace step, thus making terraces more evident in the landscape and form valuable archives when their chronostratigraphical frameworks can be reconstructed (e.g. Wallinga, 2002; Rixhon et al., 2017). Under certain tectonic environments, these steps can be even more distinct and be used to calculate the rate of vertical deformation (eg. Olzsak, 2017). The mechanisms of terrace staircase formation, or contribution and interaction of each variable is still under debate (cf. Faust and Wolf, 2017) but they have potential to provide data on major shifts in the earth system especially on regional settings.

This paper reports on data achieved from the terrace staircases formed at lower reaches of Yeşilirmak (Iris) River, south of the Geldingen Plain, Central North Anatolia (Figure 1). A well-developed three step terrace systematic, located at max +70 m (above today's recent floodplain), is investigated with mapping surveys and the chronology is established by using luminescence (OSL) dating. Precise relative positions and ages of the initiation and termination of depositional periods led us to enhance our understanding of the fluvial response (duration of major erosional and depositional periods) to regional climate since the last ~85 ±5 ka to recent. We correlated our findings with insolation curve for N30 June (Berger and Loutre, 1991) and with several paleo-climatic archives of Anatolia and central to eastern Mediterranean such as changes in Black Sea levels (Panin and Popescu, 2007; Yanchilina et al., 2017), environmental and level changes in Van (Çağatay et al., 2014), Konya (Fontugne et al., 1999) and Lisan (Torfstein et al., 2013) lakes, stable isotope ($\delta^{13}\text{C}$) variations in two stalagmite records located to the south and north of Anatolia; Dim (Ünal-İmer et al., 2015) and Sofular (Fleitmann et al., 2009) caves, glacier records of Anatolian mountains (Sarıkaya and Çiner, 2015), variations in arboreal pollen from Montecchio Lake (Allen et al., 2009) and Black Sea core 25-GC1 (Schumilovskikh et al., 2014) in order to test our chronology and climatic interpretations (see Figure 1 for locations and Figure 8 for correlation graph).

The study area is located at the center of one of the biggest river systems of northern Anatolia, Yeşilirmak (Iris) River ~150 km to the south of Black Sea. The terrace staircases are adjacent to Geldingen Plain (~380 amsl), which is formed under acute geometrical relationships between Ezinepazar and Sungurlu faults, synthetic splays of North Anatolian Fault (Figure 2, Barka and Kadinsky-Cade, 1988; Erturaç and Tüysüz, 2012). Geldingen Plain, also acts as a joining site of the two major tributaries of river system, Yeşilirmak and Çekerek-Çorum Rivers draining 6300 km² and 11700 km² area respectively within a region classified as semi-arid steppe climate (Türkeş, 1996). We have calculated the total mean annual precipitation of the drainage basins as 1475 mm/yr by using precipitation grid data from Ustaoglu (2011). Within this climatic setting, the mean annual discharge of the Yeşilirmak River System is 65.4 m³/s, carrying ~2.9 million tons of suspended sediment to Black Sea, measured at Durucasu Station (EIE, 2000).

We mapped the terrace staircases in detail, measured positions of the contact with the basement and the terrace risers using handheld GPS accompanied with standard topographical maps and 10 m resolution DEM with ± 5 m accuracy. The sections are carefully examined for facies classification where we sampled low energy, fine grained layers for optically stimulated luminescence (OSL) dating. Here we represent 12 OSL ages (Table 1) from the terrace staircases which were previously reported by Kıyak and Erturaç (2008) and Erturaç (2010) where the laboratory procedures and measurement techniques of dating are detailed in Kıyak and Erturaç (2008).



We identified three depositional steps along the gorges of Yeşilirmak (Figure 5) and Çekerek Rivers (Figure 6). The position and geometry of these steps are represented with a joint synthetic profile (Figure 7). OSL dating reveals that these

terrace steps, namely T3 (+70 m), T2 (+35 m) and T1 (+15) are deposited during MIS5a, MIS3, late LGM and eroded during the time periods in between (Figure 7). The terrace deposition (erosion) can be correlated with decreasing (increasing) values of insolation (Figure 8A). Especially the intense erosional (humid) LGM period is also clearly evident in adjacent paleoclimate archives (Figure 8). Despite a significant drop in Black Sea Level (Panin and Popescu, 2007), there is an apparent rise in lake levels (Lake Van; Çağatay et al., 2014; Lake Lisan, Torfstein et al., 2013; Lake Konya; Fontugne et al., 1999) and glaciers in Anatolian mountains advancing to their maximum (Sarıkaya and Çiner, 2015). Post-LGM, the region witnessed a severely cold and dry period, at ca. 18.5 \pm 2.1 ka, which is evident in fluvial architecture of T1 and also with a 2 m thick loess deposit overlying the T2 terrace (Figure 5 B and D). It is well known that the extensive ephemeral lakes of LGM (Konya and Lisan) could not recover from this dry period.

To conclude, we claim that (1) terrace formation is related with major climatic shifts affecting the hydrological system of the river (2) our age constraints yield comparable and consistent results with adjacent paleoclimatic archives of eastern Mediterranean region.

Relative positions of the terrace risers and abandonment ages for each terrace, enables us to calculate a long-term vertical deformation at the study area, located to the south of the North Anatolian Fault, uplifting at a constant rate of 0.94 \pm 0.26 mm/year with 0.09 standard deviation (Table 2). This deformation can be either local, related with the geometry of active faults, or express a regional uplift rate for the southern block of the North Anatolian Fault Zone at its wide convex bend. Each hypothesis should be tested by extending our data geographically and temporally from adjacent terrace systematics.

ORCID

M. Korhan Erturaç  <https://orcid.org/0000-0002-6501-760X>
 Nafiye Güneç Kiyak  <https://orcid.org/0000-0002-5429-2825>

DEĞİNİLEN BELGELER

- Aitken, M.J., 1998. An Introduction to Optical Dating: The Dating of Quaternary Sediments by the Use of Photon-Stimulated Luminescence. Oxford University Press, New York, 267
- Allen, J.R., Brandt, U., Brauer, A., Hubberten, H.W., Huntley, B., Keller, J., Kraml, M., Mackensen, A., Mingram, J., Negendank, J.F. and Nowaczyk, N.R., 1999. Rapid environmental changes in southern Europe during the last glacial period. *Nature*, 400(6746),740-743.
- Antoine, P., Lautridou, J.-P. and Laurent, M., 2000. Long-term fluvial archives in NW France: response of the Seine and Somme rivers to tectonic movements, climatic variations and sea-level changes. *Geomorphology*, 33: 183-207.
- Barka A.A. and Kadinsky-Cade, K. 1988. Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. *Tectonics* 7, 663–684.
- Berger A. and Loutre M.F., 1991, Insolation values for the climate of the last 10 million of years. *Quaternary Sciences Review*, Vol. 10 No. 4 pp. 297-317.
- Blum, M.D., Törnqvist, T.E., 2000. Fluvial responses to climate and sea-level change: a review and look forward. *Sedimentology* 47, 2–48.
- Bridgland, D.R., 2000. River terrace systems in north-west Europe: an archive of environmental change, uplift and early human occupation. *Quat. Sci. Rev.* 19, 1293–1303.
- Bridgland, D.R., Westaway, R., 2008. Climatically controlled river terrace staircases: a worldwide Quaternary phenomenon. *Geomorphology* 98, 286–315.
- Bull, W.B., 2008. *Geomorphic Response to Climate Change*, 326 pages. The Blackburn press.
- Burbank, D.W., Leland, J., Fielding, E., Anderson, R.S., Br ozovic, N., Reid, M.R., Duncan, C., 1996. Bedrock incision, rock uplift and threshold hill slopes in the northwestern Himalayas. *Nature* 379, 505–510.
- Çağatay, M.N., Öğretmen, N., Damcı, E., Stockhecke, M., Sancar, Ü., Eriş, K.K. and Özeren, S., 2014. Lake level and climate records of the last 90ka from the Northern Basin of Lake Van, eastern Turkey. *Quaternary Science Reviews*, 104, 97-116.
- Çiner, A., Doğan, U., Yıldırım, C., Akçar, N., Ivy-Ochs, S., Alfimov, V., Kubik, P.W. and Schlüchter, C., 2015. Quaternary uplift rates of the Central Anatolian Plateau, Turkey: insights from cosmogenic isochron-burial nuclide dating of the Kızılırmak River terraces. *Quaternary Science Reviews*, 107: 81-97.
- Demoulin, A., Mather, A., Whittaker, A., F, 2017. Fluvial archives, a valuable record of vertical crustal deformation. *Quaternary Science Reviews*, 166, 10-37.
- Doğan, U., 2010. Fluvial response to climate change during and after the Last Glacial Maximum in Central Anatolia, Turkey. *Quaternary International*, 222, 221-229.
- Doğan, U., 2011. Climate-controlled river terrace formation in the Kızılırmak Valley, Cappadocia section, Turkey: inferred from Ar–Ar dating of Quaternary basalts and terraces stratigraphy. *Geomorphology*, 126, 66-81.
- Dönmez, Ş. ve Yurtsever-Beyazıt, A., 2016. Oluz Höyük Kazısı Dokuzuncu Dönem (2015) Çalışmaları: Değerlendirmeler ve Sonuçlar. 38. Kazı Sonuçları Toplantısı, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayın No: 3490, 3. Cilt, 537-552.
- Duller, G.A.T., 2008. *Luminescence Dating: Guidelines on Using Luminescence Dating in Archaeology*. English Heritage, Swindon.
- EİE, 2000. Türkiye Akarsularında Süspanse Sediment Gözlemleri ve Sediment Taşınım Miktarı. Elektrik İşleri Genel Müdürlüğü, Özel Sayı 20/17, Ankara.
- Elias, A.S., (ed), 2007. *Encyclopedia of Quaternary Science*, Elsevier Ltd. Publications, ISBN: 978-0-444-52747.
- Eriç, S., 1982. Jeomorfoloji 1. Genişletilmiş 2. baskı, , 2931. 736 sf., İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi Yayınları, 736 sf.
- Erturaç, M.K., 2017. *Landscape Evolution and Occupation History in the Vicinity of Amasya*. Artical 22 in *Landscapes and Landforms of Turkey*, Eds: Catherine Kuzucuoğlu, Atilla Çiner, Nizamettin Kazancı, Springer.
- Erturaç, M.K., 2010. *Amasya ve Çevresinin Morfotektonik Evrimi (yayınlanmamış doktora tezi)*, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü).

- Erturaç, M. K., ve Tüysüz, O., 2012. "Kinematics and basin formation along the Ezinepazar-Sungurlu fault zone, NE Anatolia, Turkey." *Turkish Journal of Earth Sciences*, 21, 4, 497-520.
- Faust, D. and Wolf, D., 2017. Interpreting drivers of change in fluvial archives of the Western Mediterranean-A critical view. *Earth-Science Reviews*. 53-83. 10.1016/j.earscirev.2017.09.011.
- Fleitmann, D., Cheng, H., Badertscher, S., Edwards, R.L., Mudelsee, M., Göktürk, O.M., Fankhauser, A., Pickering, R., Raible, C.C., Matter, A., Kramers, J., Tuysuz, O., 2009. Timing and climatic impact of Greenland interstadials recorded in stalagmites from northern Turkey. *Geophys. Res. Lett.* 36, L19707.
- Fontugne, M., Kuzucuoğlu, C., Karabiyikoğlu, M., Hatte, C. and Pastre, J.F., 1999. From Pleniglacial to Holocene: a 14 C chronostratigraphy of environmental changes in the Konya Plain, Turkey. *Quaternary Science Reviews*, 18, 573-591.
- Forman, S.L., 2015. Luminescence Dating in Paleoseismology. In Beer, M., Kougioumtzoglou, I.A., Patelli, E., Au, I.S.-K. (Eds.) *Encyclopedia of Earthquake Engineering*, Springer.
- Galbraith, R.F. and Roberts, R.G. 2012. Statistical aspects of equivalent dose and error calculation and display in OSL dating: an overview and some recommendations. *Quaternary Geochronology* 11, 1-27.
- Göktürk O.M., Fleitmann D, Badertscher S., Cheng, H., Edwards, R.L., Leuenberger, M., Frankhauser, A., Tüysüz, O., Kramers, J., 2011. Climate on the southern Black Sea coast during the Holocene: Implications from the Sofular Cave record. *Quaternary Science Reviews* 30: 2433-2445.
- Karaalioglu, B. 1983. Geldingen Ovasının Hidrojeolojik Etüdü, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Kiyak, N. and Erturaç, M., 2008. Luminescence ages of feldspar contaminated quartz from fluvial terrace sediments. *Geochronometria*, 30, 55-60.
- Kashima, K., 2002. Environmental and climatic changes during the last 20,000 years at Lake Tuz, central Turkey. *Catena* 48, 3-20.
- Lave, J. and Avouac, J.P., 2001. Fluvial incision and tectonic uplift across the Himalayas of Central Nepal. *Journal of Geophysical Research*, 106(B11): 26,561-26,591.
- Macklin, M.G., Lewin, J., Woodward, J.C., 2012. The fluvial record of climate change. *Phil. Trans. R. Soc. A* 370, 2143-2172.
- Maddy, D., Veldkamp, A., Demir, T., van Gorp, W., Wijbrans, J.R., van Hinsbergen, D.J.J., Dekkers, M.J., Scahreve, D., School, J.M., Scaife, R., Stemerink, C., van der Schriek, T., Bridgland, D.R., Aytac, A.S., 2017. The Gediz River fluvial archive: A benchmark for Quaternary research in Western Anatolia. *Quat. Sci. Rev.* 166, 68-75.
- Murray, A.S. and Wintle, A.G. 2003 The single aliquot regenerative dose protocol: potential for improvements in reliability. *Radiation Measurements*, 37, 377-381.
- Ocakoğlu, F., Potoğlu-Erkaya, İ., Çilingiroğlu, Ç., Dinçer, B., Unan, S., 2017. Kureyşler (Kütahya Batısı) Bölgesinin Paleoklimatolojik İncelemesi ve Höyüktepe Höyüğü Arkeolojisi ile İlişkisi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Araştırma Fonu Projesi*. 74 s.
- Olszak, J., 2017. Climatically controlled terrace staircases in uplifting mountainous areas. *Global and Planetary Change*, 156, 13-23.
- Pan, B., Burbank, D., Wang, Y., Wu, G., Li, J., Guan, Q., 2003. A 900 k.y. record of strath terrace formation during glacial-interglacial transitions in Northwest China. *Geology* 31, 957-960.
- Panin, N. and Popescu, I., 2007. The northwestern Black Sea: climatic and sea-level changes in the Late Quaternary. *The Black Sea Flood Question: Changes in Coastline, Climate and Human Settlement*. Springer, Dordrecht, 387-405.
- Pazzaglia, F.J., 2013. Fluvial Terraces. In: J.F. Shroder (Editor), *Treatise on Geomorphology*. Vol:9.22, Academic Press, San Diego, pp. 379-412.
- Rhodes, E.J., 2011. Optically Stimulated Luminescence Dating of Sediments over the Past 200,000 Years. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 39: 461-488.
- Rixhon, G., Briant, R.M., Cordier, S., Duval, M., Jones, A. and Scholz, D., 2017. Revealing the pace of river landscape evolution during the Quaternary: recent developments in numerical dating methods. *Quaternary Science Reviews*, 166, 91-113.
- Ryan, W.B., Carbotte, S.M., Coplan, J.O., O'Hara, S., Melkonian, A., Arko, R., Weissel, R.A., Ferrini, V., Goodwillie, A., Nitsche, F. and Bonczkowski, J., 2009. Global multi resolution

- topography synthesis. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 10.
- Sarıkaya, M.A. ve Çiner, A., 2015. Türkiye Geç Pleyistosen Buzullaşması ve Paleoiklimi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 151, 111-132.
- Schumilovskikh, L.S., Fleitmann, D., Nowaczyk, N.R., Behling, H., Marret, F., Wegwerth, A. and Arz, H.W., 2014. Orbital and millennial-scale environmental changes between 64 and 25 ka BP recorded in Black Sea sediments. *Climate of the Past*, 10, 939-945.
- Schumm, S.A., 1993. River response to base level change: implications for sequence stratigraphy. *J. Geol.* 101, 279-294.
- Torfstein, A., Goldstein, S.L., Stein, M. and Enzel, Y., 2013. Impacts of abrupt climate changes in the Levant from Last Glacial Dead Sea levels. *Quaternary Science Reviews*, 69, 1-7.
- Türkes, M., 1996. Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey. *Int. J. Climatol.* 16, 1057-1076.
- Tüysüz, O. 1992. Çorum G-35-c ve G-35-d paftalarının 1/50.000 ölçekli jeoloji haritaları. TPAO harita serisi (yayınlanmamış).
- Tüysüz, O. 1996. Amasya ve çevresinin jeolojisi. Türkiye 11. Petrol Kongresi, Ankara. 32-48.
- Ustaoglu, B., 2011. Türkiye’de A2 Emisyon Senaryosuna Göre Ortalama Yağış Tutarlarının Olası Değişimi, (2010-2099). *Fiziki Coğrafya Araştırmaları Sistematik ve Bölgesel*. Prof. Dr. M.Y. Hoşgören’e Armağan Kitabı, sf. 473- 484, Türk Coğrafya Kurumu Yayınları. ISBN:978-975-6686-03-4.
- Ünal-İmer, E., Shulmeister, J., Zhao, J.X., Uysal, I.T., Feng, Y.X., Nguyen, A.D. and Yüce, G., 2015. An 80 kyr-long continuous speleothem record from Dim Cave, SW Turkey with paleoclimatic implications for the Eastern Mediterranean. *Scientific reports*, 5, 13560.
- Vandenberghe, J., 2002. The relation between climate and river processes, landforms and deposits during the Quaternary. *Quat. Int.* 91, 17-23.
- Vandenberghe, J., 2003. Climate forcing of fluvial system development: an evolution of ideas. *Quat. Sci. Rev.* 22, 2053-2060
- Vandenberghe, J., 2008. The fluvial cycle at cold-warm-cold transitions in lowland regions: A refinement of theory, *Geomorphology*, 98, 3-4, 275-284.
- Wallinga, J., 2002. Optically stimulated luminescence dating of fluvial deposits: a review. *Boreas* 31, 303-322.
- Yanchilina, A.G., Ryan, W.B., McManus, J.F., Dimitrov, P., Dimitrov, D., Slavova, K. and Filipova-Marinova, M., 2017. Compilation of geophysical, geochronological, and geochemical evidence indicates a rapid Mediterranean-derived submergence of the Black Sea’s shelf and subsequent substantial salinification in the early Holocene. *Marine Geology*, 383, 14-34.
- Yıldırım, C., Schildgen, T., Echter, H., Melnick, D., Strecker, M.R., Bookhagen, B., Çiner, A., Niederman, S., Merchel, S., Martschini, M. and Steier, P., 2013. Tectonic implications of fluvial incision and pediment deformation at the northern margin of the Central Anatolian Plateau based on multiple cosmogenic nuclides. *Tectonics* 32, 1-14.



**Küçük Memeli Paleontolojisinin Türkiye'deki Kuvaterner Çalışmalarına Katkısı:
Tanımlar ve Uygulamalar**
*Contribution of Micromammal Palaeontology to Quaternary Studies in Turkey:
Definitions and Applications*

Ozan Erdal 

İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, 34469 Maslak, İstanbul

Geliş/Received : 29.11.2017 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received : 13.12.2017 • Kabul/Accepted : 15.12.2017 • Baskı/Printed : 29.12.2017

Derleme Makalesi/Review Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Anadolu, özellikle omurgalıların evrimsel süreçlerinde Afrika, Avrupa ve Asya arasında bir köprü görevi gördüğü gibi, bu süreçleri aydınlayabilecek fosilleri potansiyel olarak barındırmaktadır. Bu kapsamda bakıldığında, ülkemizde yapılan memeli paleontolojisi çalışmalarının ekseriyetle Paleojen Devrine ve en çok da Miyosen Devresine odaklandığı görülür. Her ne kadar Senozoyik Zamanda yürütülmüş herhangi bir çalışma gerek Anadolu gerek diğer coğrafyalar için çok önemli olsa da, Batı ülkeleriyle kıyaslandığı zaman, özellikle Kuvaterner Devri faunasına ait çalışmaların az olduğu görülür. Bu durumda memeli paleontolojisinin bir alt dalı sayılan küçük memeli paleontolojisi çalışmalarının çok daha az olduğunu tahmin etmek zor olmaz.

70. Türkiye Jeoloji Kurultayı Kuvaterner özel oturumunda, bu devri araştırma konusu eden farklı bilim alanlarından biri olan küçük memeliler paleontolojisi hakkında bir “durum değerlendirmesi” yapılmıştır ve eski çalışmalar ile günümüzdeki eksikliklere değinilmiştir. Bu çalışmada ise, küçük memeli paleontolojisinin Türkiye’deki Kuvaterner Bilimine katkılarının altını çizip, genel problemlere dikkat çekerek geleceğe dair perspektifler sunmak amaçlanmıştır. Bunun için, küçük memeli paleontolojisi hakkında temel bilgi ve işlevler değerlendirilmiştir. Ayrıca, Türkiye’de omurgalı paleontolojisinin tarihine ve Kuvaterner Devriyle ilgili olarak bugüne kadar yapılmış ve hala sürmekte olan bazı çalışmalara kısaca değinildikten sonra bir yer bulduru haritasında ilgili lokaliteler referanslarla birlikte gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Anadolu, Kuvaterner, küçük memeliler, Rodentia.

Abstract: *Anatolia plays an important role as a bridge between Africa, Europe and Asia for the evolutionary course of vertebrates. It is potentially rich in fossil bearing deposits which would greatly serve to contribute the understanding of vertebrate evolution. However, paleontological research conducted in Turkey is mainly focused on Paleogene and Miocene deposits. Although it is obvious that any studies of mammalian paleontology dealing with any interval of Cenozoic in Anatolia is worthful because of its potential, one must point out that Quaternary mammalian fauna is still not well known when compared to European equivalent. In this manner, it is not difficult to estimate how micromammalian paleontology is less dealt.*

During the 70th Geological Congress of Turkey, a special session was dedicated to diverse trends of Quaternary research where many topics are discussed within the scope of a veritable “state of the art” and perspective, including micromammal paleontology. The present study deals with some general definitions and fields of application of micromammals (mostly rodents) besides a short history of vertebrate paleontology in Turkey as well as brief summaries of all conducted or ongoing studies on the Quaternary micromammalian fauna in Anatolia. The latter is also displayed on a location map providing localities and relevant references. The main motivation of this study is to underline the potential contribution of micromammal paleontology to Quaternary research in Turkey and to provide a perspective, despite of encountered problems.

Keywords: *Anatolia, micromammals, Quaternary, Rodentia.*

GİRİŞ

Kuvaterner Devri, diğer tüm devirlere kıyasla daha kısadır ve tüm jeolojik zaman temel alındığında, “göz açma-kapama süresi” benzetmesi pek yanlış olmaz (Wicander ve Monroe, 2010). İnsan evrimini şekillendiren bu dönemin önemi, ülkemizde jeomorfoloğlar dışında kabaca 1970’li yıllara kadar göz ardı edilmiştir (bkz. Kazancı, 2012). Fakat Kuvaterner, tüm dünyada olduğu gibi artık Türkiye’de de birçok disiplini ve disiplinler arası çalışmaları içeren ayrı bir bilim olarak ele alınmaktadır (ör. jeoloji, jeomorfoloji, arkeoloji, palinoloji, biyoloji, moleküler filogeni ve paleontoloji gibi). Kuvaterner devrelerinden, hala içinde bulunduğumuz Holosen ve onu önceleyen Pleistosen, yakın geçmişimizdeki biyotik ve abiyotik faktörlerin birbirleriyle etkileşimini anlamamıza ve geleceğe dair öngörüler edinebilmemize olanak sağlayan birçok bilgi barındırır.

Edward Forbes’in 1846 yılında Buzul Çağı olarak tanımladığı Kuvaterner Devri’nin ilk akla gelen özelliği, iklimsel dalgalanmalar ve buzul-buzul arası döngüleridir (Lowe ve Walker, 2015). Aslında Senozoyik Zaman boyunca da sıcak-soğuk dönemler yaşanmıştır (Zachos vd., 2001). Fakat Kuvaterner’i farklı kılan, bu iklimsel salınımların yüksek şiddet (amplitüd) ve sıklıkta (frekansta) birbirini izlemesi ve soğuk dönemlerin daha yoğun olmasıdır. Son 2,58 milyon yıl boyunca yaşanmış bu döngüler de doğal olarak bitki ve hayvan topluluklarının yayılımlarına, türleşmelerine ve göçlerine zaman içinde yön vermiş, bazı soyların tükenmesine neden olmuş, coğrafi dağılımlarını etkilemiştir (van Kolfshoten, 2013; Escudé vd., 2013 ve içindeki referanslar). Örneğin, Afrika, Avrupa ve Asya arasında yer alan Anadolu, bu kıtalar arasında hem büyük hem de küçük boyutlu hayvanların dağılımında köprü görevi görür (Ünay, 1996; Sen 2013; Albayrak 2016; Erdal vd., 2016). Diğer taraftan, Kuvaterner boyunca iklimsel değişikliklerin etkisiyle kimi türlerin soğuk dönemlerde sığınma alanını oluşturur

(glacial refugia), adaptasyonla yayılma (adaptive radiation) gösteren kimi türler için de bir koridor görevi üstlenir (örn. kör fareler, tarla fareleri, Anadolu yer sincabı gibi; Gür, 2013; Tougard, 2016). Kaldı ki, kimi yazarlara göre (Chaline, 1987) bu alanlar yeni türleşmelerin tetikleyicisidir. Bunun gibi sebeplerle Anadolu, günümüzde olduğu gibi, geçmişte yaşamış canlılar açısından da önemli bilgiler barındırır.

Bu çerçevede, yukarıda bahsi geçen disiplinlerden biri olan paleontoloji, jeoloji-biyoloji-evrim üçgeninin merkezinde, yer bilimleri ile canlı bilimleri arasında geçmiş zamanın somut kalıntıları olan fosiller aracılığıyla bağ kuran önemli bir bilim dalıdır. Tarihsel açıdan özellikle Avrupa’da 18. yüzyıl öncesine dek uzansa da, paleontolojinin gerçek gelişimi 19. yüzyılda yaşam tarihi üzerine olan varsayımların tartışılması, doğa tarihi müzelerinin kurulması ve geliştirilmesi, bunlara paralel olarak da bilimsel araştırmaların zamanla artması ve yeni sonuçlar üretmesiyle olmuştur (bakınız. Benton ve Harper, 2009). Bu gelişme paleontolojiye birçok alt bilim kazandırmış, uzmanlaşmaların doğmasını sağlamıştır. Bu uzmanlık alanlarından biri de memeli paleontolojisidir ve bizlerin de dâhil olduğu memeliler sınıfına giren canlıların çökeller içinde korunmuş fosil kalıntılarını inceler.

Memeli paleontolojisi, önemi ve işlevleri açısından bakıldığı zaman, canlıların evrimini fosiller üzerinden morfolojik kıyaslamalarla inceler ve türlerin evrimsel akrabalık bağlarını (filogeni) ortaya çıkarmada moleküler filogeniyle beraber ışık tutar. Öte yandan, radyometrik yaş tayinlerinin yapılamadığı zamanlarda karasal çökel paketlerinin tarihlendirilmesi (ör. biyozonlar), türlerin paleobiyocoğrafik dağılımları ve olası göç yollarının bağlantılarının anlaşılması, paleoiklim, paleoflora ve paleoekolojilerinin aydınlatılması için de kullanılır. Bir fosilin tür tayini yapıldığı takdirde, duraylı izotop analizleri ile canlıların beslenme şekli (diyet), habitatı ve iklimsel koşulları hakkında da bilgiler edinilebilir. (Kohn ve McKay, 2012; Saraç, 2012).

Ülkemizde yürütülen çalışmalar bugüne kadar ekseriyetle orta-geç Paleojen ve Neojen üzerine odaklanmıştır. Kuvaterner memelileri üzerine çalışmalar da yaklaşık son yirmi yılda yeni bulgu yerlerinin keşfedilmesi ve incelenmesiyle başlamıştır (Saraç, 2003, 2012). Bu durum elbette, sadece Kuvaterner değil, tüm Senozoyik Zaman için önem arz eden memeli paleontolojisinin bir alt dalı olan küçük memeli (ya da mikromemeliler, ör. kemirgenler, tavşanlar, böcekçiller ve hatta yarasalar) paleontolojisi için de geçerlidir.

Bu çalışmada ağırlıklı olarak kemirgenler üzerinde durulmuştur. Bu küçük memelilerin tanımının yanı sıra, paleontolojik, ekolojik, stratigrafik ve bazı diğer kullanım alanlarına genel olarak değinilmiş ve ülkemizdeki küçük memeli paleontolojisi çalışmalarından örnekler verilmiştir.

KÜÇÜK MEMELİLER

Tanım

Küçük memeli terimi, doğada kolayca fark edilemeyecek kadar küçük olan memeli hayvan türlerinden bahsederken kolaylık için kullanılan ve esasında taksonomik değeri olmayan bir terimdir (Hillson, 2005). Bu gruba kemirgenler (Rodentia: fareler, sincaplar, köstebekler, kunduzlar, hamsterlar, oklu kirpiller vb.), tavşanımsılar (Lagomorpha), “böcekçil” memeliler (örn. Soricidae, Scandentia) ve yarasalar (Chiroptera) dâhildir. Bu terimin taksonomik geçerliliğinin olmaması, yukarıda söz edilen taksonlar arasında direkt akrabalık bağı kurulmaması, başka bir deyişle kladistik açıdan monofiletik bir grup oluşturmamalarıdır (Rodentia ve Lagomorpha hariç; bakınız. Glires). Öte yandan, fosil olarak elde edilmiş yöntemleri genelde aynıdır (ıslak eleme ve kalan kumu ayıklama; bakınız. Saraç, 2003; Schreve, 2013) ve binoküler mikroskop altında beraber bulunabilirler. Kısaca bu terim, bir nevi kullanım kolaylığı sağlamaktadır.

Yukarıda sözedilen küçük memeliler arasındaki en önemli grup, hiç şüphesiz kemirgenler takımıdır. Paleontolojik verilere göre Geç Paleosen'de (örn. Ischyromyidae veya Paramyidae; Hartenberger, 1998) veya moleküler çalışmalara göre Erken Paleosen'de ortaya çıkmışlardır (örn. Wu vd., 2012). Günümüzde 30 civarı familya ile 2277'den daha fazla olduğu tahmin edilen tür sayısı ile yaşayan tüm memeli türlerinin % 42'sini oluşturmaktadırlar (Carleton ve Musser, 2005). Öte yandan fosil kayıtları göz önünde bulundurulursa, günümüzdeki tür sayısının geçmişle yarışamayacağı, bu sebeple fosilce de zengin bir grup olduğu bilinir (Chaline ve Mein, 1979; Fejfar vd., 2011; Vianey-Liaud ve Marivaux, 2016).

Tür zenginliğine ek olarak, Antarktika hariç bütün kıtalarda bulunmaları ve ağaç, yer altı, çöl, step veya ormanlık alanlar ve hatta sulak ortamlar gibi doğal habitatları dışında, insanların yaşam alanları gibi neredeyse tüm habitatlara uyum sağlamış olmaları, kemirgenlerin ne denli evrimsel bir başarı elde etmiş olduğunu gösterir. Bu başarı, ekseriyetle hızlı üremeleri ve birey ömrünün kısa olması sonucu adaptasyonla yayılma (=adaptive radiation) ve özellikle bu gruba özel diş-çene morfolojileri sayesinde mümkün olmuştur (Şekil 1).

Morfolojik Özellikler ve Genel Sınıflandırma

Tüm kemirgenlerin ortak özelliklerinden biri, sürekli kemirmeye uygun, yani aşındıkça uzamaya devam eden, köksüz, üst ve alt çenede ikişer tane bulunan kesici dişleridir. Bu dişler, ön kısmındaki dayanıklı mine tabakası kemirme esnasında daha geç aşındığı için adeta bir keski halini alır ve odun, fındık, tohum veya meyve kabukları gibi sert materyallere karşı oldukça işlevseldir.

Kesici dişler ile sağ ve solda üçer tane bulunan azı dişleri (molar) arasında, hem alt hem üst çenede diastema denilen bir boşluk bulunur. Bir

başka deyişle, köpek dişi (canine) ve ön azı dişleri (premolar), bazı istisnalar hariç (örn. Sincaplarda her yarı çenede bir adet premolar) tamamıyla körelmiştir (Şekil 1A). Kemirgenler, farklı besin türüne göre farklı morfolojide azı dişlerine sahiptirler. Ayrıca, çene hareketlerini yöneten çene kasları, onların bağlantı şekli ve buna paralel bir şekilde evrimleşmiş göz çukuru önünde bulunan deliğin (infraorbital foramen, İOF) farklılaşması sonucu dört tipte gruplandırılan zigomasseterik kas sistemi geliştirmişlerdir. Bu dört yapı kemirgenlerin kabaca dört gruba ayrılmasında kullanılır (Şekil 1B–E). Diğer taraftan, altçene yapısına göre de kemirgenler Sciurognathi ve Hystricognathi olmak üzere iki gruba ayrılabilir (Şekil 1F–G; bakınız. Wolff ve Shermann 2007, Tablo 2.2).

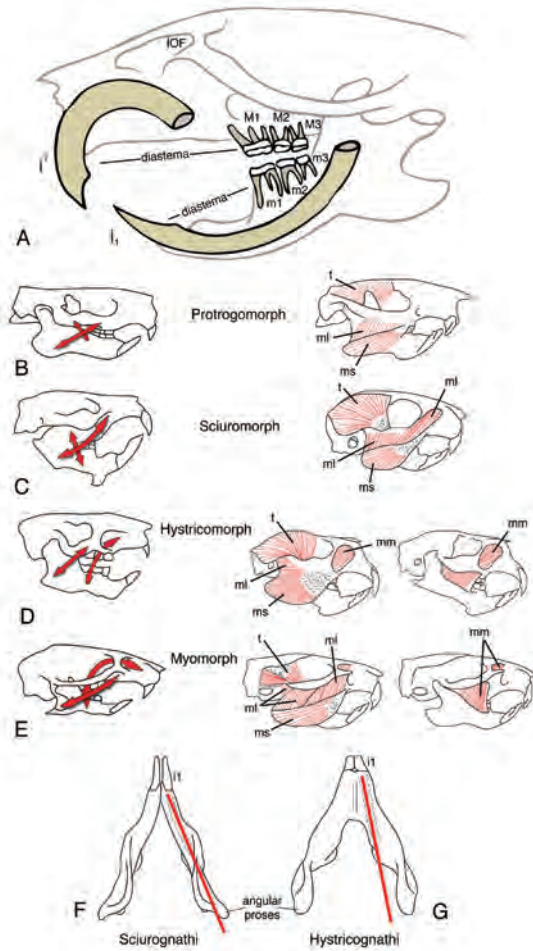
Çene kas sistemleri, (1) görece daha ilksel bir yapıda olan, Eosen–Oligosen kemirgenlerinde ve günümüzde yaşayan dağ kunduzunda (*Aplodontia rufa*) görülen “protrogomorph”, (2) oklu kirpi ve Kobaygilleri de bünyesinde barındıran “hystricomorph”, (3) sincap ve kunduz gibi kemirgenlerde görülen “sciuromorph” ve (4) tarla fareleri, ev sıçanları, cricetidler (hamsterlar) gibi gruplara özgü “myomorph” kas sistemleridir. Burada dikkat edilen husus, masseter temporalis, masseter medialis, masseter lateralis, masseter superficialis kaslarının bağlantıları ve infraorbital foramenin yeri ve yapısıdır (Şekil 1B–E). Özellikle medial masseter kası son üç grupta burun kemiğinden (nasal) gittikçe daha ileriye bağlanır (Wood, 1965; Carroll, 1988; Hautier vd., 2008; Benton, 2015). İlk olarak Brandt (1855) tarafından öne sürülen bu dört grup, bazı yazarlar tarafından geliştirilerek alttakım (subordo) sınıflandırması olarak kullanılmaya başlanmıştır: Anomaluroomorpha–“pul kuyruklu uçan sincapımsılar”, Castorimorpha–“kunduzumsular”, Sciuroomorpha–“sincapımsılar”, Hystricomorpha–“oklu kirpimsiler” ve Myomorpha–“faremsiler” (Musser ve Carleton, 2005).

Öte yandan, Tullberg (1899), yukarıda bahsi geçen ve altçenenin morfolojik yapısına,

yani kesici dişler ile çene kemiğinin angular çıkıntısıyla (angular proses) oluşturduğu açığa göre de ikili alttakım sınıflandırması (Sciurognathi ve Hystricognathi) önermiştir. Bunlardan sciurognath çene yapısına sahip olanlarda, kesici diş, angular çıkıntı ile aynı düzlemdeyken (Şekil 1F), hystricognathlarda angular çıkıntı daha yanalda oluşur (Şekil 1G). Her ne kadar bu sınıflandırmanın geçerliliği hâlâ tartışma konusu olsa da Hystricognath altçene morfolojisine sahip tek takson, yukarıda bahsedilenler arasında hystricomorph'lardır (Musser ve Carleton, 2005) ve Türkiye’de güncel olarak yaşayan 60’ın üzerinde türle temsil edilen tüm kemirgenler (Krystufek ve Vohralik, 2001), Sciurognathi alttakımına dâhil edilir (Krystufek ve Vohralik, 2005).

Evrimsel başarıları sonucu çeşitlenen kemirgen aile ve türlerinin, kafa ve çene morfolojisindeki bu denli az farklılıklarla günümüze kadar gelmiş olması, muhtemelen ekolojik ve beslenme fonksiyonu üzerindeki çevresel baskılar sebebiyledir. Marivaux vd. (2002)’nin yaptığı kladistik analiz sonuçlarına göre, Paleojen kemirgenlerinde hystricognath çene yapısı, sciurognath’a nazaran daha yeni bir evrimsel özelliktir; hystricognath olmayan grup içerisinde türemiştir. Sciurognathi grubundaki çene yapısı olası tüm atasal türlerde gözlemlendiği için (pleziomorfi), filogenetik açıdan ayırt etmeye yardımcı olmayan bir özellik olarak tanımlanır (Marivaux vd., 2002). Güncel Hystricognathi üyeleri ise morfolojik açıdan monofiletiktir (tek ortak atadan türeme). Burada vurgulanması gereken nokta, altçene morfolojisiyle kas sistemlerinin arasındaki ilişkieski atasal türlerde de gözlenmektedir. Kafa ve çene yapısında, çene kaslarının bağlantılarında ve dişlerde gözlemlenen morfolojik özellikler kemirgen grupları içinde birbirlerinden bağımsız olarak birkaç defa ortaya çıkabilmektedir. Bir başka deyişle, mozaik evrim söz konusudur (Hautier vd., 2011). Sonuç olarak, güncel kemirgenlerde yürütülen filogenetik

çalışmalar, familia üstü bu sınıflandırmaların çok sağlam olmadığını göstermektedir. Buna çözüm olarak, fosillerin morfometrik çalışmalarla detaylandırılması önerilmektedir (Hautier vd., 2008, 2011 ve içindeki referanslar).



Şekil 1. (A) Küçük memelilerden kemirgenlere ait genel kafa-çene ve dişlerin yanıl morfolojisi (Hillson, 2005'ten uyarlanarak), (B-E) temel sınıflandırmada kullanılan zigomasseterik kas sistemlerine göre oluşturulan dört ve (F-G) alt çenelerinde kesici diş ile angular prosesin düzlemine göre oluşturulan iki grup (Carroll, 1988 ve Benton, 2015'ten uyarlanarak). İ ve i, üst ve alt kesici dişler; M1-M3 ve m1-m3, üst ve alt öğütücü diş serisi (molar); İOF, infraorbital foramen; t, masseter temporalis; ml, masseter lateralis; ms, masseter superficialis; mm, masseter medialis.

Figure 1. (A) Some morphological features of rodents displayed in lateral view of generalized skull, mandible and teeth (modified after Hillson, 2005), (B-E) four types of zygomatic muscle system and (F-G) two mandibular morphology based on the plan of incisor-angular process which are both used for suprafamilial classification (modified after Carroll, 1988 and Benton, 2015). İ and i, upper and lower incisors; M1-M3 and m1-m3, upper and lower molar series; İOF, infraorbital foramen; t, masseter temporalis; ml, masseter lateralis; ms, masseter superficialis; mm, masseter medialis.

Bu denli evrimsel başarı gösteren “kalabalık” bir memeli takımında sistematik çalışması yapmak, ister tür seviyesinde olsun ister familia ya da alttakım (taksonlar), elbette kolay değildir. Buna rağmen, uygulamalarda ekseriyetle küçük farklılıklar olsa da, geniş kapsamda kabul gören kemirgen sistematigi için Musser ve Carleton (2005) referans kabul edilir. Sistematik çalışmalarda güncel canlılar, hem moleküler hem morfolojik açıdan değerlendirilirken, fosil türler sadece morfolojik temelde incelenebilir. Akrabalık ilişkilerini ortaya koymak için ise, gözlemlenen moleküler ve / veya morfolojik karakterler filogenetik analizlerde kullanılmaktadır. Bu analizler, seçilen türlere, karakterlere, jeolojik zamana, fosil ve moleküler örneklerine göre değişik sonuçlar verebilir (Şekil 2). Örneğin, fosiller üzerinden morfolojik karakterlerle Marivaux vd. (2004) tarafından yapılan çalışmanın sonuçlarıyla, Wu vd. (2012) tarafından güncel örnekler ile elde edilen moleküler filogenetik sonuçları, familia üzeri büyük monofiletik gruplar (klad) göz önüne alınırsa, birbirlerine benzerlik gösterir (ör. Şekil 2A-B). Bu iki kladogramda, Ctenohystrica (kobaygiller, oklukirpiler vb.) grubu, diğer gruplara nazaran daha bazal pozisyonda yer alarak öteki kladogramlardan ayrılırken (Şekil 2C-E), Myodonta infra-takımına (fareler, sıçanlar, kör fareler, hamsterlar, vb.) en yakın gruplar, sırasıyla Castorimorpha (kunduzumsular) ve Sciuroomorpha (sincapımsılar)'dır. Burada dikkat edilmesi gereken husus, fosil malzeme

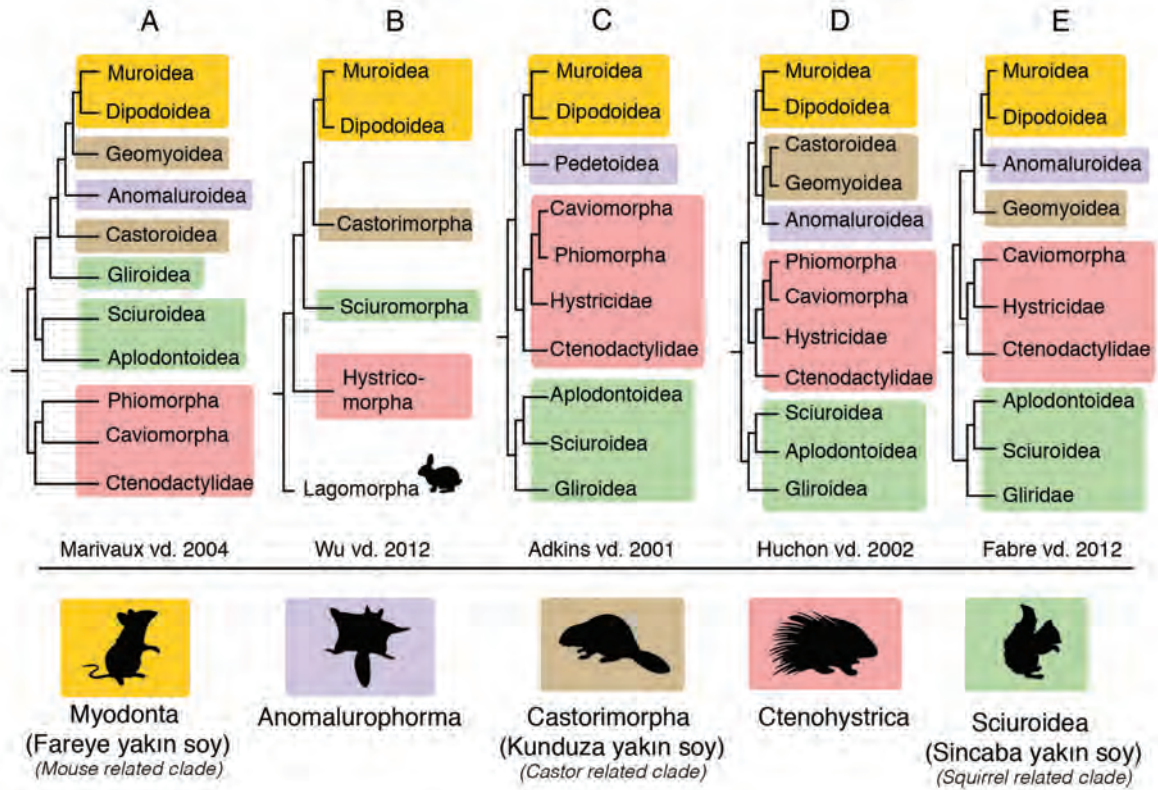
üzerinden yapılan çalışmada (Şekil 2A), Gliroidea ve Castoroidea üstfamilyalarının, modern türler üzerinden yapılan çalışmalara kıyasla, parafiletik özellik göstermesidir. Bunun sebebi, ilk kladogramı oluşturan 91 taksonun genellikle Paleojen fosillerinden ibaret olmasıdır (Marivaux vd., 2004, appendix 3). Diğer bir deyişle, Ctenohystrica dışında kalan tüm gruplar, güncel türler kadar evrimsel değişikliği henüz Paleojen’de gerçekleştiremedikleri için bir nevi “atasal stok” olarak betimlenmektedir. Bu nedenle de tüm grubun, soyu tükenmiş türler ile güncel türleri kapsayacak şekilde “Ischyromyiformes” olarak adlandırılması önerilmiştir. Geri kalan kladogram örneklerinde ise, Sciuromorpha bazal grubu oluştururken, genel olarak Myodonta + Castorimorpha grubuna Ctenohystrica kardeş grup olarak katılır (Şekil 2C–E). İster fosiller, ister genetik materyal üzerinde çalışılmış olsun, bir sonraki bölümde bahsedilen kemirgenlerin en kalabalık familyalarını içeren Myodonta (=Myomorpha) infra-takımının monofiletik olduğu barizdir. Hiç şüphesiz ki yeni fosil materyaller eklendikçe, analiz sonuçlarında ufak değişiklikler olmaya devam edecektir.

KEMİRGENLERİN KUVATERNER PALEONTOLOJİSİNDEKİ YERİ

Fosil kayıtlarda kara memelileri söz konusu olduğunda, günümüzde yaşayan birçok memelinin, özellikle Avrupa ve Asya dikkate alınacak olursa, Pliyosen sonu ve Kuvaterner’de ortaya çıktığı görülür. Bu hayvanların adaptasyonları, dağılım ve hatta endemisiteleri hep Kuvaterner çevre koşulları

sayesinde olmuştur. Öyle ki, Orta–Geç Miyosen faunası ile Kuvaterner faunası karşılaştırıldığında büyük bir değişim (faunal turnover) gözlemlenmektedir (Lister, 2004). Bu gruba elbette kemirgenler de dâhildir. Batı ülkelerinde fosil kemirgenler ile yapılan çalışmaların bir çok amaca yönelik olduğu görülür: kompleks evrimsel değişim mekanizmaları ve kökenleri (örn. Chaline vd., 1999; Fejfar vd., 2011), jeolojik anlamda biyostratigrafi (ör. Sala ve Masini, 2007) ve biyozonlar ile ilgili tarihlendirme (biyokronoloji; örn. Mein, 1975; Fejfar vd., 1997; Maul ve Markova, 2007), ekolojik açıdan paleoklim ve paleoçevre (ör. Escudé vd., 2013; Popov vd., 2014; Bennasar vd., 2016; Lopez-Garcia vd., 2017) veya tafonomik incelemeler (örn. Jenkins, 2012). Bu konularda yapılan araştırmalar elbette Kuvaterner bilimine de katkıda bulunur.

Kemirgenler gibi küçük hayvanlar büyük memelilere kıyasla daha kısıtlı habitatlarda bulunur, göç etmezler (mevsimsel) ve hızlı ürerler. Dolayısıyla iklimsel ve çevresel değişimlere hızlı tepki verirler (adapte olurlar), Kuvaterner fosil kayıtlarında bol bulunurlar ve günümüzde de yaşayan cins veya türlerle de temsil edilmeleriyle, fosil tayinlerinin ve yukarıda bahsedilen çıkarımların kalitesini arttırlar (Renfrew ve Bahn, 2012; Royer vd., 2013; van Kolfschoten, 2013; Rook vd., 2013). Özellikle Türkiye’nin güncel kemirgenleri üzerine Krystufek ve Vohralik (2001, 2005, 2009) tarafından yapılan çalışmalar, fosil olarak elde edilen kemirgenlerin geçmişte ne gibi habitatlarda yaşadıkları, yayılım alanları, hatta beslenme, üreme ve yaşam tarzları hakkında da önemli bilgiler sağlamaktadır.



Şekil 2. Moleküler ve morfolojik karakterler kullanılarak yapılan filogenetik analizler sonucu literatürden seçilmiş farklı topolojiler (Adkins vd., 2001; Huchon vd., 2002; Marivaux vd., 2004; Wu vd., 2012; Fabre vd., 2012). Renk kodları, her ne kadar çalışmalarda farklı taksonomik sıra (ör. alttakım, üstfamilya, familya vb.) ve bağlanmalar gösterse de, hepsinde ortak olan beş temel kladı temsil etmektedir.

Figure 2. Different topologies of rodents selected from literature based on phylogenetic analyses after molecular or morphologic data (Adkins et al., 2001; Huchon et al., 2002; Marivaux et al., 2004; Wu et al., 2012; Fabre et al., 2012). Note that the colour codes represent five major relevant clades common in each study although involving different taxonomic rank (i.e. subordo, superfamily, family etc.) with different branching.

Dişler

Paleontolojik bir çalışmada öncelikle elde edilen fosilin detaylı morfolojik tanımlanması yapılır. Gözlenen özelliklerin tümü dikkate alınarak sistematik açıdan en alt seviyelere kadar (örn. cins veya tür) tayininin yapılmasına çalışılır. Bu tayinlerde ekseriyetle, her ne kadar bir önceki bölümde ana sınıflandırmalar için kafa ve çene morfolojisinin kullanıldığı vurgulanmış olsa da, küçük memeli paleontolojisinde en yararlı fosil kalıntıları olan dişler esas alınır. Zira dişler, bu denli evrimsel aşamaların bir sonucu olarak

özellikle kemirgenler arasında familyadan familyaya çok büyük morfolojik farklar gösterir (Şekil 3). Böylece sağladıkları bir dolu bilgi (örn. cins-tür tespiti, birey yaşı, beslenme şekli, duraylı izotop analizleri vb.) dişlerden elde edilebilir. Diğer taraftan dişler, organizmanın en dayanıklı ve sert dokusuna sahip oldukları için tafonomik süreçlere oldukça dirençlidir ve günümüze kadar ulaşma şansı en yüksek fosil materyaldir. Bunları takiben elbette kafa ve çene örnekleri veya eklem yerleri belirgin etraf kemikleri de (apendiküler kemikler; kol, bacak, ayak, kürek kemikleri vb.) değerlendirme ve tayin açısından önem

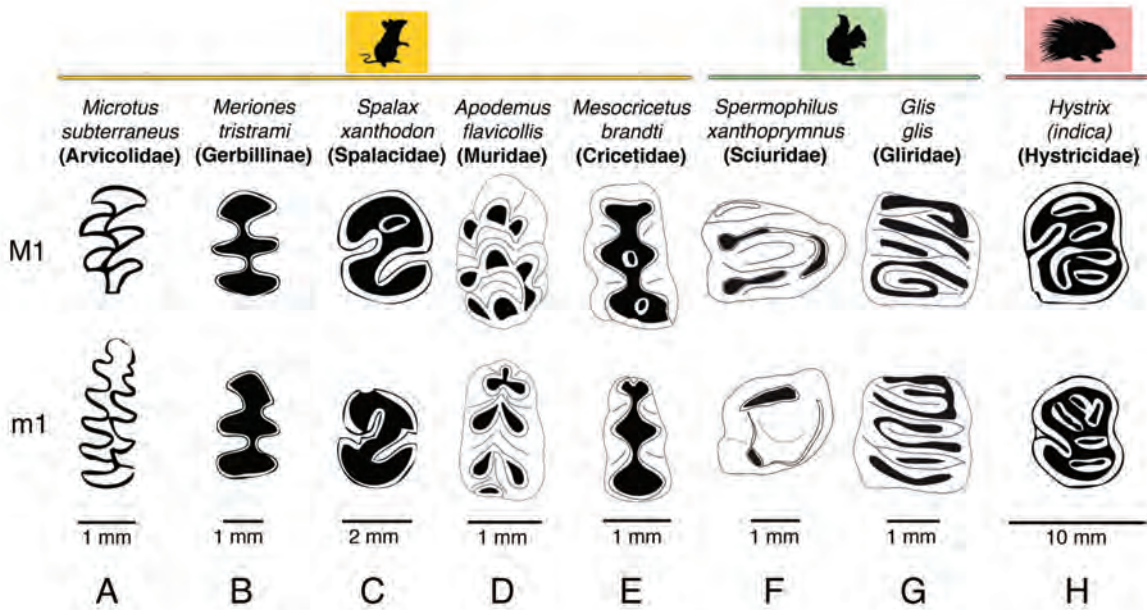
arz eder. Dişlerin vücuttaki en sağlam kemik olması, dişin en dış katmanında bulunan ve %96 oranında biyoapatit içeren mine (enamel) tabakası sayesinde. Bu yüzden dişlere fosil kayıtlarında daha sık rastlanır (Saraç, 2003; Clementz, 2012).

Dişler bilindiği gibi beslenmede önemli rol oynar. İklimsel ve çevresel süreçlerdeki değişimlerin vejetasyona etkisi, otobur memelilerin evrimsel süreçlerinde büyük rol oynar. Çoğu otçul olan kemirgenlerde, habitat ve türevlendiği soylarla alakalı olarak farklı diş morfolojileri ortaya çıkmıştır (Şekil 3). Dişlerin özellikle çiğneme yüzeylerinde (oklüzal) görülen morfolojik farklar elbette, türler arası karşılaştırma seviyesinden, diğer taksonomik seviyeler olan cinsler, altfamilyalar veya familyalar arası karşılaştırmalarda giderek artar. Hatta aynı türe atfedilen bazı örnekler bile kendi aralarında çeşitlilik (varyasyon) gösterebileceği için tanımlamalarda güçlükler yaşanabilir. Öte yandan, canlı henüz yaşarken dişleri her ne kadar dayanıklı olsa da aşınmaya maruz kalır. Aşınma derecesi canlının birey yaşıyla orantılıdır. Sonuç olarak, cins ve tür tayini için genellikle kırık olmayan ve çok aşınmamış dişler incelenir. Dişlerin yapısal özelliklerini tanımlamak için gruplara göre değişen, ama ortak kullanımda kabul görmüş terminolojiler kullanılır (örn. Mein ve Freudenthal, 1971; van der Meulen, 1974; Pasquier 1974; Rabeder, 1981; Rekovets ve Nadachowski, 1995; Sarica ve Sen, 2003; Hordijk ve de Bruijn, 2009; García-Alix vd., 2009; Lazzari vd., 2010). Diş yapısı tanımlanırken çiğneme yüzeyinin şekli, bu yüzeydeki girinti ve çıkıntılar (lof, küspid, ikincil küspidler, sırtlar, vb), mine tabakası kalınlıkları, en-boy-yükseklik gibi ölçülebilen özellikleri, kök sayısı ve köklerin yapısı dikkate alınır. Cins-tür tayini de bu elemanların bilinen başka fosillerle karşılaştırılmasıyla mümkün olur.

Kemirgenler takımının tür açısından en zengin grubu, sciurognath çene yapısına sahip Myodonta (=Myomorpha), yani tüm faregiller ve yakın akraba taksonları içeren gruptur. Erken Eosen'de ortaya çıkan bu grup, Miyosen'den

itibaren çarpıcı şekilde çeşitlenmiştir. Bu infra-takımdaki Muroidea (Sıçanımsılar) ve Dipodoidea (Cırboğamsılar) üstfamilyalarından ilki, tüm kemirgenlerin en zengin iki familyasını içerir: Muridae ve Cricetidae. Muridae ailesi (Sıçangiller) 5 altfamilya, 146 cins ve 735 tür ile temsil edilirken, Cricetidae ailesi (Avurtlaklar ya da Hamstergiller) bünyesinde 6 altfamilya, 130 cins ve 681 tür barındırır (Musser ve Carleton, 2005 verilerine dayanarak). Şüphesiz, olası yeni keşiflerle bu tür sayısında gelecekte farklılıklar olabilir. Zira yazarların 1993 yılında verdikleri tür sayısı ve sınıflandırma, 2005 yılındaki çalışmalarına göre daha farklıdır (ör. Musser ve Carleton, 1993; Michaux vd., 2001).

Muridae ailesinden bir grup, Arvicolinae altfamilyasına ait tarla fareleridir (Şekil 3 ve 4). Geç Pliyosen'den itibaren Pleyistosen ve Holosen boyunca bariz bir şekilde devamlı morfolojik değişikliğe uğrayan bu grup, stratigrafik önemi ile kemirgenler arasında özel bir yere sahiptir. Meulen (1973), Maul (1996), Fejfar vd. (2011) gibi bazı araştırmacılar, tarla farelerindeki zengin çeşitlilik sebebiyle altfamilya yerine familya olarak (Arvicolidae) gruplandırılmasını savunurlarken, bazıları da (örn. Musser & Carleton, 2005) Cricetidae familyasına dahil ederler (diğer örnekler için bakınız Krystufek ve Vohralik, 2005, tablo 30). Krystufek ve Vohralik, 2005, tablo. 30). İster familya olsun ister altfamilya, yukarıda örneği verilen bu grubun üyeleri, özellikle Kuzey yarımkürede güncel 100 türü aşkın bir çeşitlilik sunar. Kuvaterner boyunca coğrafi yayılımları yaş tayini ve bölgeler arası korelasyonlar için anahtar veriler içerir. Bu grupta en çok değişime uğrayan dişler, alt sırada en önde bulunan öğütücü diş ile (m1), üst sıradaki en arka diştir (M3). Bu sebeple arvicolinlerde, biyostratigrafik veya taksonomik açıdan en çok bilgi sağlayan ve fosil bulgu anlamında en değerli olan dişler, m1 ve M3'tür. Örneğin Rekovets ve Nadachowski (1995) Ukrayna'nın Pleyistosen devresi tarla farelerini derledikleri çalışmalarında neredeyse sadece bu iki diş üzerinde durmuştur.



Şekil 3. Anadolu'daki bazı güncel kemirgen türlerini ve ait oldukları grupları temsilen üst ve alt öğütücü diş örnekleri (Krystufek ve Vohralik, 2005, 2009'dan uyarlanarak). Myodonta: (A) Bayağı çam sıçanı, (B) Tristram çöl faresi, (C) Anadolu körfaresi, (D) Sarıboyunlu orman faresi, (E) Türk hamster; Sciuroidea: (F) Anadolu yer sincabı, (G) Bayağı yediuyur; Ctenohystrica: (H) Hint oklukirpisi. M1, üst birinci molar; m1, alt birinci molar. Renk kodları ve görselleri için Resim 2'ye bakınız.

Figure 3. The representative upper and lower first molars of some extant species and relevant families from Anatolia (modified after Krystufek and Vohralik, 2005, 2009). Myodonta: (A) common pine vole, (B) Tristram's jird, (C) Anatolian mole rat, (D) Yellow-necked wood mouse, (E) Turkish hamster; Sciuroidea: (F) Anatolian ground squirrel, (G) Edible dormouse; Ctenohystrica: (H) Indian porcupine. See Figure 2 for colour code and symbols.

Değişen Karakterler ve Biyozonlar

Bu farelerin evriminde gözlemlenen ilk değişiklik, öğütücü dişlerdeki taç yüksekliğinin zaman içerisinde tedrici olarak uzaması, başka bir deyişle, brakiodont olan (diş yüzey uzunluğu \geq taç yüksekliği) dişlerin zamanla hipsodont'a (taç yüksekliği \geq diş yüzey uzunluğu) dönüşmesidir (Şekil 4B). Bu devamlı uzama diş minesiyile aynı hızda olmadığı için, gerek diş yüzeyinde gerek yan kısımlarında mine tabakasından yoksun (enamel free) alanlar oluşmaya başlar. Böylece, normalde diş etiyle diş tacının bulunduğu yerde mine tabakası sınırında da (*linea sinuosa*) farklılaşmalar görülür. Bir başka değişen özellik, dişin farklı yerlerindeki girinti ve çıkıntılarının yapısıdır. İlkel türlerin m1 ve

M3'lerinde bulunan oval mine adacıkları (enamel islets) ve *Miomys* tipi çıkıntının (*Miomys*-fold) popülasyondaki oranı Geç Pleyistosen boyunca azalır, sonunda kaybolur (Lozano-Fernandez vd., 2013). Öte yandan Orta Pleyistosen'in ikinci yarısından itibaren birçok grupta diş kökleri tamamen kaybolur ve devamlı uzama gösteren (hypsodont) öğütücü dişlere sahip türler ortaya çıkar. Buna ek olarak, birçok tarla faresi soyunda "taç çimentosu" (crown cement) oluşumu dişlerin yanal girintilerinde boy göstermiş, bazılarında da diş çiğneme yüzeyleri, dişlere yeni üçgen yapılarının eklenmesiyle daha karmaşık hale gelmiş ve dolayısıyla uzamıştır. Bütün bunların yanı sıra, diş minelerinin kalınlıkları da tür-zaman ilişkisi açısından farklılık gösterir. Örneğin

fosil bir cins olan *Mimomys*'in alt dişlerinde mine kalınlığı dişin çeşitli bölümlerinde pek farklılaşma göstermezken, güncel *Microtus* türlerinde bu farklılaşma son derece belirgindir (Rabeder, 1981; Carls ve Rabeder, 1988). Genel olarak bakıldığı zaman, Pliyosen arvicolid faunasında dominant türlerin dişleri köklü ve görece daha kısa taçlıdır (Örn. *Mimomys polonicus*). Pleyistosen tarla farelerinden birçok grupta dişler köklerini kaybetmeye başlar, giderek hipsodont hale gelir ve yukarıda sözedilen diğer morfolojik değişikliklerle günümüze ulaşırlar. Bu değişikliklere neden olan faktörlerin başında soğuyan iklim gösterilebilir. Bu iki devre boyunca gittikçe daha soğuk bir iklimin hâkim olmaya başlaması, artan kuraklığın vejetasyona doğrudan etki etmesi ve neticede daha aşındırıcı besinlerle beslenmek zorunda kalmaları, bahsi geçen kemirgenlerdeki diş aşınmasına karşı evrimleşen karakterleri açıklar. Her ne kadar buradaki değişimler filetik tedrici (phyletic gradualism) bir evrim olarak görülse de, bu grubun evrimi farklı soy ve bölgelerde eşzamanlı gerçekleşmez. Bu grubun evrimsel tarihi konusunda çalışmalar hala devam etmektedir ve bu da tarla farelerinin Kuvaterner araştırmalarındaki önemini yansıtır (bkz. von Koenigswald ve van Kolfschoten 1996; Fejfar vd., 1997, 2011; Chaline vd., 1999; Maul vd., 2000, 2014; Maul ve Markova, 2007; Kalthoff vd., 2007; Bogicevic vd., 2012, 2017; Lozano-Fernandez vd., 2013; van Kolfschoten, 2013; Rook vd., 2013; Rekovets vd., 2014 ve içindeki referanslar).

Yukarıda bahsi geçen morfolojik değişimleri temel olarak belirli türlerin evrimine ve jeolojik zamandaki yerlerine değinecek olursak, özellikle Avrasya'da *Mimomys savini*–*Arvicola mosbachensis*–*Arvicola terrestris* soyu (lineage), Orta Pleyistosen–Geç Pleyistosen arasındaki geçişi belgeler. Diş köklerine sahip fosil *M. savini* yerini, kökleri olmayan ve devamlı büyüme gösteren dişlere sahip *A. terrestris*'e bırakır. Yine fosil bir tür olan *A. mosbachensis*

ise gerek bazı popülasyonlarda tam oluşmamış kök yapıları sergilemesi (örn. Maul vd., 2000), gerek negatif mine kalınlaşması göstermesiyle, *Mimomys* ile Geç Pleyistosen'de ortaya çıkan ve güncel tür olan *A. terrestris* arasında, hem zamansal hem de morfolojik bağlantıyı sağlar. Öte yandan, *Arvicola* ile *Mimomys* türlerinin beraber bulunması, geç Erken Pleyistosen (geç Bihariyen) Avrupa faunasında ender rastlanan bir durum olarak değerlendirilmesine rağmen (Sen vd., 1991), Emirkaya-2 (Seydişehir) faunasında beraber bulunmuşlardır ve bir nevi geçiş faunasına örnek teşkil eder (Sen vd., 1991; Montuire vd., 1994). Erken Pleyistosen'in daha geç evrelerinin biyozonlarını oluşturan soy, hali hazırda kökleri bulunmayan dişlere sahip *Microtus (Allophaiomys)–Microtus (Microtus)*'tur. Zaman içerisinde *Microtus* cinsi, diş mine kalınlıklarında gözlemlenen değişikliklerin yanı sıra, daha kompleks diş yüzey morfolojileriyle yeni türlerle temsil edilir hale gelir ve geniş coğrafi yayılım gösterirler (örn. *M. (Stenocranius) hintoni*, *M. (Stenocranius) gregaloides*, *M. (Stenocranius) gregalis*, *M. (Terricola) arvalidens* ve *subterraneus*, *M. (Microtus) arvalis* gibi; Maul ve Markova, 2007 ve içindeki referanslar). Pliyosen–Erken Pleyistosen'de ise en önemli soy olarak *Mimomys occitanus*–*Mimomys hajackensis*–*Mimomys polonicus*–*Mimomys pliocaenicus* örneği verilir (Şekil 4; ör. Maul ve Markova, 2007; Fejfar vd., 2011).

Bahsedilen kemirgen soylarının Kuvaterner boyunca geniş coğrafi dağılımları, fosil kayıtlarında görece bol bulunmaları ve hızlı evrimleri bir anlamda onları karasal biyostratigrafinin anahtar fosil grubu haline getirmiştir. Belirli taksonların jeolojik zamanda bir fauna topluluğundaki varlığı (ilk ortaya çıkışı), yokluğu (soy tükenmesi), birlikte bulunması ve faunadaki bolluğu (dominant olması) gibi kriterlerle Kuvaterner biyostratigrafik ünitelere ayrılmıştır. Görelî tarihlendirmelerde ve korelasyonlarda kullanılmak üzere karasal memeli yaş aralıkları (mammal age; *sensu* Fejfar

ve Heinrich, 1989) belirlenmiştir. Tıpkı büyük kara memelileri için kullanılan yaşlar gibi (örn. Villafransiyen, Galeriyen) küçük memeliler için de, Kretzoi (1965) tarafından Erken ve Orta Pleyistosen için önerilen ve daha sonra geliştirilen üç temel yaş aralığı, Kuvaterner içinde yaygın biçimde kullanılmaktadır. Bunlar Villaniyen, Bihariyen ve Toringiyen'dir (Şekil 4 A). Bazı yazarlar tarafından bu yaşlar, "karasal katlar" (stages) olarak isimlendirilse de (örn. Saraç, 2012) görelî olmalarından ötürü pek doğru bulunmamaktadır (Lindsay, 1989; van Kolfschoten, 2013). Burada dikkat edilmesi gereken bir diğer husus ise, Pleyistosen'in alt sınırının 1,8 Ma'dan 2,58 Ma'ya (Mega-annum; milyon yıl önce) çekilmesidir (Gibbard ve Head, 2009a,b; Gibbard vd., 2010). Bu nedenle başlangıcı yaklaşık 3,6–3,7 milyon yıl öncesine tarihlenen Villaniyen'in bir kısmı da Kuvaterner'e dâhil olmuştur. Bütünlük açısından Pliyosen'in bir kısmı ile beraber bakıldığında, bu üç yaşın her biri aynı zamanda üç ayrı süperzondur. Her süperzon da, yukarıda sözedilen soy örneklerinden yola çıkılarak farklı kemirgen zonlarıyla sınırlandırılmıştır (bakınız. Şekil 4A, "Küçük Memeliler" ve Şekil 4B). Villaniyen faunasında, *Mimomys* türleri ağırlıkta görülürken, *Microtus* türleri bulunmaz ya da oldukça azdır. Bihariyen faunası ise genelde *Microtus-Mimomys* türlerini beraber barındırır. Toringiyen'e gelindiğinde, *Mimomys* ortadan kalkmış, yerini *Arvicola* türlerine bırakmıştır. En büyük ve keskin kemirgen faunası değişimi (turnover), Villaniyen ile Bihariyen arasında, köklerini kaybetmiş *Microtus (Allophaiomys)* türlerinin ortaya çıkmasıyla gerçekleşir. Bu olay eskiden Olduvai manyetik dönemin başı olarak tarihlenirken, dolaylı olarak Pliyosen–Pleyistosen sınırının da 1,8 Ma olmasını destekler görünüyordu. Fakat Tesakov (1998), Tegelen (Hollanda) faunasındaki bulgularına dayanarak bu faunal değişimin Olduvai terslenmesinden çok daha önceki (2,1–2,2 Ma) bir zaman aralığına denk geldiğini öne sürmüştü. Bunun dışında *Microtus*

(*Allophaiomys*) türlerinin soylarının tükendiği erken Bihariyen–geç Bihariyen sınırının Jaramillo terslenmesinin öncesine tarihlenmesinde genelde fikir birliği sağlanmıştır. Bihariyen–Toringiyen geçişi ise (~0,5 Ma), daha önce de bahsedildiği gibi *Mimomys savini*'nin yerini *Arvicola*'ya bırakmasıyla belirginleşir. Fakat burada Maul ve Markova (2007), *Mimomys* türünün Batı Avrupa'ya kıyasla Doğu Avrupa'da daha uzun süre varlığını sürdürdüğünü belirtirler (Fejfar ve Heinrich, 1989; van Kolfschoten, 1992, 2013; Maul, 1996; von Koenigswald ve van Kolfschoten, 1996; Fejfar vd., 1997, 2011; Chaline vd., 1999; Maul ve Markova, 2007; Sala ve Masini, 2007; Popov, 2017 ve içindeki referanslar).

Yukarıda bahsedilen memeli yaşları, süperzon ve kemirgen zonlarına ek olarak, Avrupa'da Paleojen, Neojen ve Kuvaterner için görelî tarihlendirmede oldukça yaygın kullanılan bir sistem daha geliştirilmiştir. Hem büyük hem de küçük kara memelilerinin cins veya türleri temel alınarak fosil kayıtlarında ilk belirme zamanı, oluşturdukları topluluk (assemblage zone) veya bolluk (abundance zone) zonlarından yola çıkılarak, Paleojen 30 zona (Mammal Paleogene, MP1–30; Schmidt-Kittler vd., 1987), Neojen 17 zona (Mammal Neogene, MN1–17; Mein, 1975, 1989; de Bruijn vd., 1992) bölünmüştür. Son olarak Kuvaterner, bazı kaynaklarda farklı öneriler sunulmuş olsa da (örn. Cordy, 1982), geç Villaniyen'e tekabül eden MN17'den devam ettirilerek, MNQ18–26 olarak toplam 9 zona bölünmüştür (Guérin, 1989). Fakat son yıllarda Kuvaterner alt sınırının 2,58 Ma'ya çekilmesi sonucu MN17'nin bir kısmı da Kuvaternere katılmış olur. Bu zonların kısa tarihçesi için Guérin (1989)'e bakılabilir (bkz. Şekil 4A, "Fransa MN-MNQ").

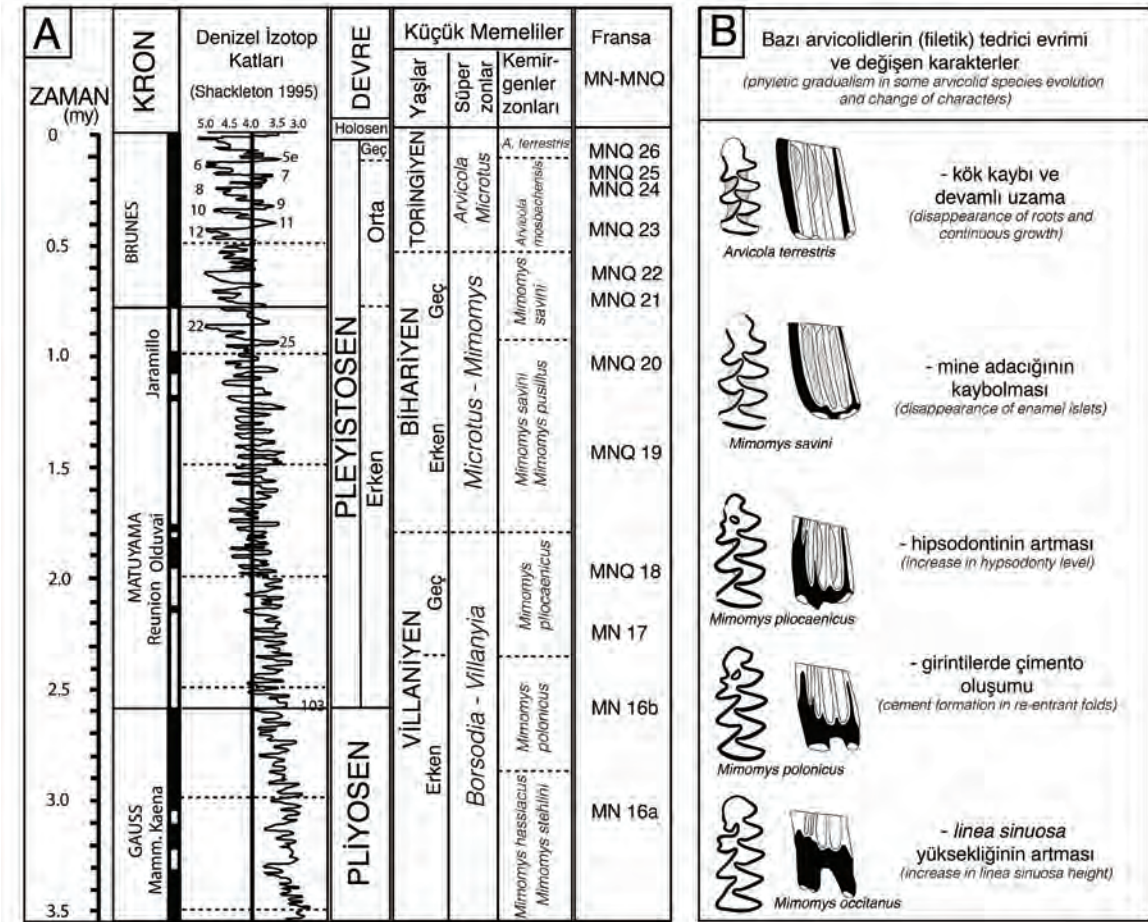
Bu zonlara ek olarak, Anadolu'ya özgü Neojen Devri karasal memelileri zonlaması, Muroidea ve Dipodoidea süper familyalarından bazı cins ve türlerin Avrupa örnekleriyle kıyaslanarak oluşturulmuş, böylece MP30–MN17 arasındaki

zonlar, Geç Oligosen'den (Chattian veya Arvernian) başlayarak Pliyosen sonuna kadar A–P olarak 16 zonla denkleştirilmiştir (Ünay vd., 2003, Tablo 1). Burada hatırlatılması gereken, MN17'ye denk gelen Anadolu "P" zonu Erken Pleyistosen'e, dolayısıyla Kuvaterner'e dâhil edilmelidir (Örn. van den Hoek Ostende vd., 2015).

TÜRKİYE'DE MEMELİ VE KÜÇÜK MEMELİ PALEONTOLOJİSİ

Kısa Tarihçe

Türkiye'de yapılmış ve yapılmakta olan Kuvaterner küçük memeli çalışmalarından bahsetmeden önce, paleontoloji biliminin Anadolu'daki tarihinden kısa örnekler vermek yararlı olabilir. Tarihsel açıdan bakıldığında, ülkemizde yer bilimlerinin



Şekil 4. Pliyosen'in ikinci yarısı ve Kuvaterner'i kapsayan (A) jeolojik zaman cetveli, kutup terslenmeleri, denizel izotop katları, devreler ve küçük memeliler baz alınarak oluşturulan zonlar (Masini ve Sala, 2007 ve Popov, 2017'den uyarlanarak); (B) *Mimomys*–*Arvicola* soyu filetik evrimiyle tedrici olarak değişen m1 karakterleri (Neraudeau vd., 1995 ve Chaline vd., 1999'dan uyarlanarak). Detaylar için metne bakınız.

Figure 4. A combined chart concerning the second half of Pliocene and Quaternary which involves (A) geological timescale, polarity chrons, marine isotope stages, epochs and ages after micromammalian biozones (adapted from Masini and Sala, 2007 and Popov, 2017); (B) Phyletic gradualism in *Mimomys*–*Arvicola* lineage displaying some gradually changed characters observed on m1 (adapted from Neraudeau et al., 1995 and Chaline et al., 1999). See text for further details.

ve kısmen de paleontolojinin temellerinin atılması 1800'lü yıllara dayanır. Arkeoloji, coğrafya, jeoloji gibi alanlara ilgi duyan Avrupalı kâşif ve araştırmacılar, “voyages d'études” (araştırma seyahatleri) adı altında gerçekleştirdikleri ve bazen Çin'e kadar uzanan seferlerle bugün Türkiye'nin bulunduğu toprakları incelemiş ve adı geçen alanlardaki gözlemlerini yayınlamışlardır. Birinci Dünya Savaşı ve Cumhuriyet'in kuruluşuna kadar yoğun olan bu seferlerde, Osmanlı İmparatorluğu sınırlarını da içine alan bölgelerde ekseriyetle coğrafi ve jeolojik gözlemler yapan başlıca bilim adamları Edward Forbes, Petr Alexandrovich Tchihatchef'dir. Cumhuriyetin ilanından sonra azalan bu seferlerde ise önde gelen isim Ernest Chaput'dur. Bu araştırmacılar ülkemizde jeoloji biliminin temellerinin atılmasında büyük rol oynamış sayılırlar. Bu kişiler paleontolog olmadıkları için, topladıkları fosilleri Avrupa'daki müzelere göndermiş, oralarda çalışan uzmanlarla irtibatta bulunup, fosillerin sistematik tayini ve içinde buldukları kayaçların yaşı (biyostratigrafi) üzerine bilgiler elde ederek yayınlamışlardır (Şen, 2016).

Ülkemizi ilgilendiren en eski memeli paleontolojisi çalışmaları ise Calvert ve Neumayr (1880) tarafından, Çanakkale Boğazı çevresi Geç Miyosen çökellerinde zürafagiller ve hortumlular üzerine yapılmıştır (Şen, 2003). Türk araştırmacılarının ürettiği ilk omurgalı paleontolojisi yayını 1933'de Malik ve Nafiz imzasını taşıyan ve Küçükçekmece Geç Miyosen lokalitesi memeli bulgularını konu alan yayındır. Daha önce yabancı araştırmacılar birkaç sayfalık notlarda dağınık halde bulunmuş omurgalı fosil kayıtlarından söz etmiştir. Ama bu lokalitenin önemini ilk defa anlayan Malik ve Nafiz (1933), tüm faunayı detaylıca inceleyip verileri bir monograf halinde yayınlamışlardır ilk defa Türk akademisyenlerin yaptığı bu ilginç çalışmayı gerçekleştirmişlerdir (detaylar için bakınız. Şen, 2003, 2016).

Güncel Durum

Gerçek anlamda paleontoloji çalışmaları Avrupa ülkelerine kıyasla (örn. Kiessling vd., 2010; Servais vd., 2012) bizde çok daha geç başlamış olmasına rağmen gelinen nokta Nazik ve Özer'in (2013) derlemesine göre sevindirici bir tablo göstermemektedir. Bunun olası sebepleri yine Şen (2016) tarafından detaylıca ve cesurca, tüm tarihi gelişmeler göz önünde bulundurularak ortaya konmuştur. Nazik ve Özer'in (2013) sağladıkları verilere göre MTA (Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü) bünyesinde 21'i mikropaleontoloji (ör. foraminifer, diatom, ostrakod vb.), 5'i makropaleontoloji (gastropod, mercan, rudist vb.), 4'ü memeli paleontolojisi (hortumlular, etçiller vb.) ve bir tane de izfossil uzmanı bulunmaktadır. Toplamda 34 üniversitenin jeoloji bölümü bünyesinde ise bu dağılım, mikropaleontolojide 39 (85%), memeli paleontolojisinde 4 (9%) ve makropaleontolojide 3 uzman (6%) olarak görülmektedir. MTA bünyesinde küçük memeli çalışmaları açısından önemli katkılar sağlamış iki uzman emekliye ayrılmış ve hali hazırda bu kurumda bir ardıl muhtemelen bulunmasa da, aktif olarak üniversitelerde çalışan küçük memeli uzmanı sayısı oldukça azdır.

Küçük Memeli Paleontoloji Çalışmaları (1975–2012)

Türkiye'de küçük memeli buluntuları üzerine yapılan ilk detaylı ve bütünlük arz eden çalışma, Fransa'daki Ulusal Tabiat Tarihi Müze'sinde yürütülen (Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris) bir doktora tezi çalışmasıdır (Şen, 1977). Bu çalışmada, Ankara'nın yaklaşık 60 km Kuzey Batısında bulunan Pliyosen yaşlı Çalta lokalitesinde (geç Russiniyen, MN15) hem omurgalı (“sürüngenler”, kuşlar, amfibiler ve memeliler) hem de görece omurgasızlarca (ör. gastropod) zengin bir faunadan elde edilen ve aralarında yeni türlerin de bulunduğu dokuzu kemirgen ve biri tavşanımsı örneklerin,

sistematik, filogenetik, biyocoğrafi, paleoekolojik incelenmesi yapılmıştır (Şen, 1977; Şen vd., 1998; ayrıca bakınız. Şen, 2003).

Genel olarak yüzde elliden fazlası Neojen ve Kuvaterner çökel ortamlarıyla kaplı olan ülkemizde (Şen, 2003), 1950–2012 arasını kapsayan dönem içinde keşfedilen 400’den fazla fosil memeli lokalitesi bulunmaktadır (Saraç, 2003, 2012). Bu sayı hiç şüphesiz ki, artmaya devam edecektir. Ancak bu lokalitelerin birçoğunun sadece Sickenberg vd., (1975) tarafından raporlanmış olması veya değinilen fosil bulguların modern anlamda detaylandırılmaması bir eksiklik olarak sayılabilir. Öte yandan bilinen lokalitelerin devrelere göre dağılımına bakılacak olursa, sayıca en fazla 176 ile Geç Miyosen, 63 ile Orta Miyosen ve 47 lokalite ile Erken Miyosen’e ait olduğu görülür. Pliyosen’in zaman aralığının kısalarak Kuvaterner’e eklenmesine rağmen, Pliyosen’den keşfedilmiş-çalışılmış lokaliteler 70 tanedir ve aşağıda detaylıca bahsedeceğimiz güncel çalışmalara rağmen hala Kuvaterner’den sayıca daha fazladır (Saraç, 2012 verileri).

Kuvaterner Devri memeli paleontoloji çalışmaları yine Sickenberg vd. (1975) ile başlar ve raporlanmış 37 bulgu yerinde (Saraç, 2003), 19 yayından 11’i küçük memeliler üzerine üretilmiştir (Şekil 5.1–18, Storch, 1988; Şen vd., 1991; Hir, 1992, 1993; Montuire vd., 1994; Ünay vd., 1995; Ünay ve de Bruijn, 1998; Ünay ve Göktaş, 1999; Ünay vd., 2001; Suata-Alpaslan, 2011a,b).

Bu çalışmalara göz atmak gerekirse, Türkiye’de ilk defa çatlak dolgu (karstik) içerisinde, amfibi, “sürüngen” ve kuş kalıntılarının yanı sıra, 16’sı kemirgen olmak üzere 28 memeli türü Seydişehir’in güneyindeki Emirkaya-2 lokalitesinde (Şekil 5.2) bulunmuş (Sen vd., 1991) ve daha sonra Montuire vd. (1994) tarafından kemirgenler üzerine detaylı sistematik ve paleoekolojik çıkarımlar elde edilmiştir. Bu lokalitedeki çalışmaların en önemli yanı, Avrupa’daki geç Bihariyen kemirgen faunasında

ender olarak rastlanan *Mimomys savini* ve *Arvicola mosbachensis* (=cantiana) türlerinin bir arada bulunmuş olmasıdır. Diğer bir deyişle, bu iki türün birlikte bulunması, geç Bihariyen–erken Toringiyen sınırını işaret etmektedir. Bu bulgu, faunanın ve dolayısıyla lokalitenin yaşı hakkında önemli bilgiler sağladığı gibi, daha sonraki çalışmalara başka familyadan başka kemirgen türlerinin morfolojik kıyaslanmasını mümkün kılacak materyaller sağlamıştır.

Öte yandan Hir (1992, 1993), Bolkar Dağ’larında (Mersin), Karagöl’ün kuzeyindeki 3000 metre rakımda bir mağarada, Holosen Devresi hamstergil subfosillerini (örn. *Mesocricetus*, *Cricetulus*, *Allocricetus* vb.) çalışarak bu devreye ait hem morfometrik hem de morfolojik önemli veriler üretmiştir (Şekil 5.3).

Ünay vd. (1995), Büyük Menderes grabeninin kuzey kısmında, Söke (Aydın) ilçesinin Kuzey-Doğusunda ve Nazilli yakınlarında yer alan birkaç lokaliteden elde ettikleri Arvicolidae familyası örneklerinin yukarıda bahsedildiği evrimsel soy ardılığına ve türün varlığı veya yokluğuna dayanarak (örn. *Microtus* (*Allophaiomys*), Havuççulu), geç Villaniyen, geç Villaniyen–erken Bihariyen, geç Bihariyen–erken Toringiyen ve Toringiyen gibi dört biyokronolojik yaş vermiştir (Şekil 5.4–5). Daha sonra Ünay ve Göktaş (1999), Söke’nin Batı kısmındaki çökelleri aynı şekilde incelemiş, yeni bir kaç lokaliteyle (Burçaktepe, Bihariyen-günümüz; Şekil 5.4) bulgularını bir önceki çalışmanın bir kısmını da kapsayacak şekilde genelleştirilmiş stratigrafik kesit ile ortaya koymuştur.

Ünay ve de Bruijn (1998), yukarıda bahsi geçen Büyük Menderes grabeni faunasının sadece üzerinden geçmekle kalmamış, Kuzey Anadolu Fay Zonu’ndaki Havza, Tosya ve Çerkeş, doğuda ise, Pasinler ve Muş havzalarındaki bazı lokalitelerden kemirgen faunası elde etmişlerdir (Şekil 5.4–15). Yazarların da belirttiği gibi aslında bu çalışma, bir “keşif” olarak değerlendirilebilir,

zira birçok lokaliteden çok az numune alınmış ve incelenmiştir. Fosil materyal ve türler, sayıca fazla olmamakla birlikte lokalitenin zenginliği açısından umut vericidir. Yine de elde edilen spesifik türler, ilgili lokalitelerin yaşları ve az da olsa paleoekolojik ortamı hakkında fikir verir.

Bu çalışmalarda (Ünay ve Göktaş, 1999 hariç) ne yazık ki temel eksiklik, fosillerin elde edildiği katmanların stratigrafik bir kesit dâhilinde gösterilmemesidir. Bu nedenle de birbirine yakın lokalitelerin korelasyonunu, havzaların açılma ve depolanma zamanlarının tespiti veya faunal ardıllığı görmek için bu verilerin değerlendirilmesi oldukça zordur. Örneğin, Ünay ve de Bruijn (1998)'de, Yenice-1 ve 2 (Havza havzası, Samsun) lokaliteleri arasında yaklaşık iki milyon yıllık fark olması (MN16–Toringiyen), yine aynı havzadaki Hamamayağı lokalitesinin ise arada bir döneme denk gelmesi (Bihariyen), havzanın oluşumu hakkında ancak stratigrafik kesitler üzerinden incelendiğinde bir anlam katabilir. Fakat yazarlar bu havzadaki yoğun tektonizma sonucu lokalitelerin süperpozisyonunu belirlemenin zorluğundan yakınır. Ayrıca gözden kaçırmamak gereken bir diğer husus, söz konusu makalelerin yazıldığı dönemde MN17 ya da geç Villaniyen hâlâ Pliyosen devrine dâhildi. Bu sebeple örneğin Ünay ve de Bruijn (1998) çalışması yorumlanırken, güncel bilgiler ışığında 22 lokaliteden MN17 olarak yaşlandırılmış sekiz tanesinin Kuvaterner'e dâhil edilmesi gerekmektedir (örn. Havuççulu, Bozköy, Şevket'in Dağı, Hamamayağı vs.).

Yine KAF (Kuzey Anadolu Fayı) kontrolünde oluşan Adapazarı Çek-Ayrır Havza'sında Ünay vd. (2001) çalışmalarında, KAF'ın kuzey kolunda Karapürçek Formasyonu Değirmendere üyesinden iki (Değirmendere ve Çaybaşı), Kumbaşı üyesinden bir lokalitede (Kumbaşı) mikromemeli fosilleri derlediler. Her üç lokalite de faunanın en zengin grubu arvicolidlerden oluşur ve bu gruptan bir de yeni tür, *Tibericola sakaryaensis* [= *Microtus (Allophaiomys) sensu* Agusti, 1991]] tanımlanmıştır (Şekil 5.16).

Avrupa'daki fauna ile karşılaştırdıklarında, Değirmendere ve Kumbaşı lokaliteleri için geç Villaniyen–erken Bihariyen (Erken Pleyistosen), daha genç olan Çaybaşı lokalitesi için ise geç erken Bihariyen yaşları önerilmiştir. Fakat çalışmalarında geç Villaniyen'in Geç Pliyosen'e dâhil olmasından ötürü, Adapazarı Havza'sının oluşumunu Geç Pliyosen olarak açıklamışlar ve bunu diğer çalışmalarla (örn. Toker ve Şengüler, 1995; Emre vd., 1998) desteklemişlerdir. Ancak bugün kullanılan stratigrafik çizelgedeki Pliyosen–Pleyistosen sınırı dikkate alınırca, bu lokalitelerin hepsi Erken Pleyistosen yaşlıdır, bu da bu havzada depolanmanın Erken Pleyistosen veya biraz öncesinde başladığını gösterir. Sonuç olarak, gerek yeni lokalite veya yeni fosil bulguları ışığında, gerek eldeki materyalin revize edilmesiyle bu çalışmanın güncellenmesi ve geliştirilmesi yararlı olabilir.

Daha yakın dönemlerde gerçekleştirilen ve Adıyaman yakınlarındaki Gölbaşı lokalitesinde (Şekil 5.17), yaş, paleoçevre ve paleobiyocoğrafya üzerine çıkarımlar elde etmek için yapılan bir çalışmada (Suata-Alpaslan, 2011a), üç kemirgen familyasından altı cins ve dört tür tanımlanmış, daha önce bahsedildiği üzere arvicolidlerden “köklü” ve “köksüz” dişlerin bir arada bulunmasıyla (örn. Emirkaya-2 faunası), *Mimomys* – *Arvicola* geçişi olduğu düşünülerek, geç Bihariyen–erken Toringiyen yaşı (ca. 0,6–0,5 Ma) önerilmiştir. Faunada arvicolidlere ek olarak özellikle *Apodemus* (orman fareleri) ve hamstergillerden *Mesocricetus* ile *Cricetulus* türlerinin bulunmasıyla beraber, bolluklarına göre step, kayalık ve yer yer akarsuların olduğu ormanlık alanlara işaret eden bir paleoçevreden bahsedilir.

Aynı yazarın yine benzer çıkarımları içeren bir başka çalışmada ise, Hatay'ın güneybatısında bulunan Üçağızlı Mağarasında (Şekil 5.18) Üst Paleolitik olarak tarihlenen iki katman ve Epipaleolitik'e ait bir tabakadan (41–17 ka; Suata-Alpaslan, 2011b) elde edilen küçük

memeli faunası incelenmiştir. Bu mağaradaki Geç Pleyistosen kemirgenler topluluğu gerek güncel Hatay bölgesinin gerek Antalya'nın 30 km Kuzeybatısında bulunan Karain-B mağarasının (Şekil 5.1; Storch, 1988) çağdaş katmanlarındaki kemirgen faunalarıyla ile karşılaştırıldığında, en azından Doğu Akdeniz'de bir farklılık görülmediği belirtilir.

2012 Yılından Sonraki Çalışmalar

Saraç (2012)'de belirtilen çalışmalara günümüze değin yenileri eklenmiştir. Örneğin, Denizli ilinin güneyinde Neojen–Kuvaterner Çameli Havzasındaki Bıçakçı lokalitesinden (Şekil 5.19) elde edilen bulgular bunlardan biridir (van den Hoek Ostende vd., 2015). Bu çalışmada da Kuvaterner küçük memeli çalışmalarının azlığından bahsedilir ve bu sebeple Bıçakçı lokalitesi, hem elde edilen materyallerle bu eksikliğin giderilebilmesine katkı sağlar, hem de Türkiye'nin ilk *Homo erectus* bulgusuna ev sahipliği yapan (bakınız Kappelman vd., 2008) bu güneybatı (Denizli ve çevresi) bölgesinin diğer faunal elemanlarla aydınlatılmasında rol oynar. Paleoekolojik çıkarımların yanı sıra bu çalışma, özellikle sistematik paleontoloji açısından Anadolu küçük memeliler literatürüne değerli katkılar sunmuştur.

Denizli Havzasında küçük memeliler üzerine yapılan bir başka çalışmada, ekseriyeti MN6–MN9 (Orta Miyosen), bir tanesi Erken Pleyistosen (MNQ18–19; geç Villaniyen–erken Bihariyen) olmak üzere yedi yeni lokaliteden fosil materyaller çalışılmıştır (Erten vd., 2015). Kuvaterner açısından ele alındığı zaman, güncel bir cins olan *Mus*'un (ev fareleri) Anadolu'daki ilk fosil buluntusu yeni bir tür atfıyla bu havzadaki Gökpınar lokalitesinden (Şekil 5.20) tanımlanmıştır (bkz. *Mus denizliensis*). Aynı lokalitede gerçekleştirilen daha sonraki çalışmalarda Muridae familyasından yeni bir cins ve tür (*Extrarius orhuni* Erten 2017a) ve güncel körfareleri içeren *Spalax* cinsine ait yeni bir türü (*Spalax denizliensis* Erten 2017b) literatüre kazandırmıştır. Fakat burada *Extrarius*'u

ilginç kılan olgu, bu cinsin henüz kökenini veya olası akraba gruplarla ilişkisini ortaya koyacak bir materyal bulunmamasıdır (Erten, 2017a). Körfareler açısından irdelenecek olursa, halihazırda bu familya (Spalacidae) bir çok yazar tarafından monofiletik olarak kabul edilmekle beraber (Ünay, 1996; Sarıca ve Şen, 2003; Şen ve Sarıca, 2011), azı dişlerinin çiğneme yüzeyinin kompleks yapısı ve aşınma sonucu bu morfolojik bilgileri kaybeden yüzey yapısı, bu grubu çalışmayı esasen hem keyifli ama bir o kadar da zor kılmaktadır. Öte yandan, bu familyanın en eski üyesi *Debruijnia arpati* Bolu yakınlarındaki Erken Miyosen (MN3) yaşlı Keseköy lokalitesinden gelir (Ünay, 1996). Aynı şekilde, bu familyanın evrimi Neojen–Kuvaterner boyunca özellikle Anadolu'da gerçekleştiği için, Anadolu körfarelerinin incelenmesi, stratigrafi ve ortam koşullarının aydınlatılması açısından ilginç sonuçlar elde etmeye uygundur. Zira *Debruijnia* dışında Anadolu'da bulunan *Heramys*, *Sinaposlavax* ve *Pliospalax* gibi Miyosen–Pliyosen fosil cins ve türlerinin aksine, 13 güncel *Spalax* türünden bugüne kadar sadece *S. odessanus* Ukrayna ve Yunanistan Pliyosen (MN15) lokalitelerinden tanımlanmıştır (Topachevski, 1969; de Bruijn, 1984). Sonuç olarak yazarın da belirttiği üzere *S. denizliensis*'in bu cinsine ait en genç ve Anadolu'dan ilk fosil olması, ileriki çalışmalarda bu familyanın filogeni, evrimi ve adaptasyonla yayılmalarını daha iyi anlamak için yararlı olabilecektir.

Pasinler Havzasında (Erzurum) Yayladağ yöresindeki bir Erken Pleyistosen lokalitesinde (Şekil 5.21) Vasilyan vd. (2014) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada sadece kemirgenler değil, gastropod (karındanbacaklılar), bivalv (çift kavkılılar), amfibiler (çift yaşamlılar), kemikli balıklar (Teleostei) ve “sürüngeçenler” de incelenmiş, eski çalışmalardan bazılarının gözden geçirilmesi önerilmiş ve paleoekolojik-paleocoğrafik çıkarımlar elde edilmiştir. Bu lokalitede bulunan tek küçük memeli fosili *Microtus (Allophaiomys)* cf. *pliocaenicus* ile bu havzanın yaşı, bilinen diğer

buluntularla karşılaştırılarak 1,5–1 Ma olarak (erken Bihariyen) belirlenmiştir.

Yukarıda verilen örnekler ve haritadaki bulduru yerlerinden de anlaşılacağı üzere, Kuvaterner küçük memelileri üzerine olan eski ve yeni çalışmalar ekseriyetle Batı, Kuzey ve Doğu Anadolu bölgelerinde yoğunlaşmıştır. Özellikle kuzeyde aktif tektonik ve jeolojik açıdan çok önemli olan Kuzey Anadolu Fay (KAF) hattı boyunca bu fayın kontrolünde gelişmiş havzaların açılma zamanları tam kesin değildir. Fakat bölgede yapılan stratigrafi, sedimantoloji ve palinoloji çalışmaları, bu havzaların kronolojisi ve Neotektonik evrimi hakkında değerli bilgiler sunmuş ve havzaların oluşmaya başlama yaşı genel olarak Geç Miyosen olarak kabul görmüştür (örn. Irritz, 1972; Barka, 1985; Aktimur vd., 1992; Barka vd., 2000). Fakat küçük memeli paleontolojisini kapsayan çalışmalar kısıtlı olduğu gibi (Ünay ve de Bruijn, 1998; Ünay vd., 2001; Erturaç, 2009; Erturaç ve Tüysüz, 2012), çoğunlukla biyostratigrafi ve dolayısıyla yaş sınırlaması açısından da yeterli değildir.

Hem bu eksikliğin giderilmesine katkıda bulunmak, hem de ülkemizde hali hazırda sayıca çok az olan küçük memeli paleontoloji uzmanı yetiştirebilmek amacıyla, KAF Zonlarında gelişmiş üç havzada, bazı yeni lokalitelerin keşfinin yanı sıra yeni materyallerin elde edilmesi amaçlanarak küçük memeliler üzerine bir doktora tezi çalışması yürütülmektedir. Araştırmaların yapıldığı Kuvaterner Devri çökel paketlerini barındıran bu havzalar doğudan batıya sırasıyla Niksar (Tokat; Erdal vd., *teslim safhasında*), Suluova (Amasya; Erturaç vd., *hazırlık safhasında*) ve Tosya (Kastamonu; Erdal vd., *hazırlık safhasında*)'dır (Şekil 5.7–9, 22–23). Ayrıca Niğde'de 2000 yılından beri yürütülen Tepecik-Çiftlik Neolitik dönem arkeolojik kazısından ilk kez elde edilen kemirgenler faunası da yazar tarafından yayına hazırlanmıştır (Şekil 6.24; Erdal vd., *teslim aşamasında*).

Niksar Havzası'nın güneyinde, Umurlu köyü yakınlarındaki bir lokalitede daha önce yapılan bir çalışmada (Erturaç ve Tüysüz, 2012) *Microtus* aff. *arvalis* kalıntısı temel alınarak, havzanın açılmasıyla da örtüşür şekilde *ca.* 0,6 Ma (erken Orta Pleistosen, geç Bihariyen) yaşı önerilmiştir. Aynı lokalitede yapılmış en son çalışmada (Erdal vd., *teslim safhasında*) küçük memeli faunası olarak *Arvicola*, *Microtus*, *Clethrionomys*, *Apodemus*, *Mesocricetus*, *Cricetulus*, *Nannospalax* gibi kemirgenlere ait 281, böcekçil soricidlere ait 44 azı dişi ve 100'ün üzerinde kesici diş yanında birkaç kertenkele (lacertilian) çene parçaları ve bolca gastropod bulunarak fauna zenginleştirilmiştir. Sadece kemirgenlerin oldukça detaylı sistematik paleontolojisi yapılmış, paleoklimsel ve paleoçevresel özelliklere değinilmiş ve ilgili taksonların Orta ve Doğu Avrupa'daki çağdaşlarıyla biyozonlar üzerinden yaş sınırlaması oldukça kesin bir şekilde saptanmış ve böylece havzanın oluşumuyla ilgili görüşlere katkıda bulunulmuştur.

Tosya Havzasında yürütülmekte olan çalışma ise, Ünay ve de Bruijn (1998)'ün hızlıca inceledikleri 22 farklı lokaliteden birine odaklanmıştır. Allüvyal yelpaze çökelleri üzerinde ve doğudan batıya doğru sırasıyla Ortalica (MN15, geç Russiniyen) ve Karasapaca (MN17, Erken Pleistosen) lokaliteleri yeniden "keşfedilmiş", örneklenen alanlar stratigrafik kesitler alınarak arttırılmaya çalışılmış ve Sapaca ile Kumkapı olmak üzere iki yeni lokalite çalışmaya dâhil edilmiştir (Şekil 5.7–9). Daha önceki lokalitelerden çıkan materyaller çok farklılık göstermese de, görece bol olmaları faunayı olası varyasyonları da göz önünde bulundurarak güncelleme açısından yararlı olacaktır. Öte yandan en batıdaki Kumkapı lokalitesinin barındırdığı kemirgen fosilleri, havzanın güney-batı kısmının çok daha genç olduğunu işaret etmektedir. Hiç şüphesiz hem fosil bulgularının detaylı karşılaştırmalarla incelenmesi, hem de (biyo-) stratigrafik kesitler üzerinde gösterilmesi, havza evrimi hakkında önemli bilgiler sunacaktır.

Suluova Havzasının stratigrafisi, sedimentolojisi ve memeli paleontolojisi üzerine nitelikli çalışmalar literatürde mevcuttur (ör. Sickenberg vd., 1975; Saraç, 2003; Erturaç, 2009; Albayrak ve Lister, 2012). Kayseri ve Akgün (2008) tarafından yapılan palinoloji çalışmaları her ne kadar havza yaşını Orta Miyosen olarak işaret etse de, memeli fosil buluntulara göre bu havzalar daha gençtir (Saraç, 2003). Özellikle Erturaç (2009)'ın detaylı tez çalışmasında bahsedilen Yolpınar formasyonu içerisinde Kurnaz ve yeni örneklenen Kerimoğlu lokaliteleri (geç Villaniyen), Eraslan formasyonundan Kızıleğrek (Bihariyen), Harmanağılı formasyonundan ise Yolpınar lokalitelerinden (Toringiyen; Şekil 5.23) ilginç mikromemeli fosilleri elde edilmiştir. Bu havza, Niksar ve Tosya havzaları kadar zengin küçük memeli buluntular barındırmasa da, bulunan cricetid, arvicolid ve murid gibi gruplar tür seviyesine kadar tanımlanabilmiştir. Öte yandan zürafagillerden *Sivatherium*, hamstergillerden *Mesocricetus arameus* altçenesi gibi buluntular da ileriki zamanlarda çalışılıp literatüre dâhil edilecektir (Erturaç vd., hazırlanmakta).

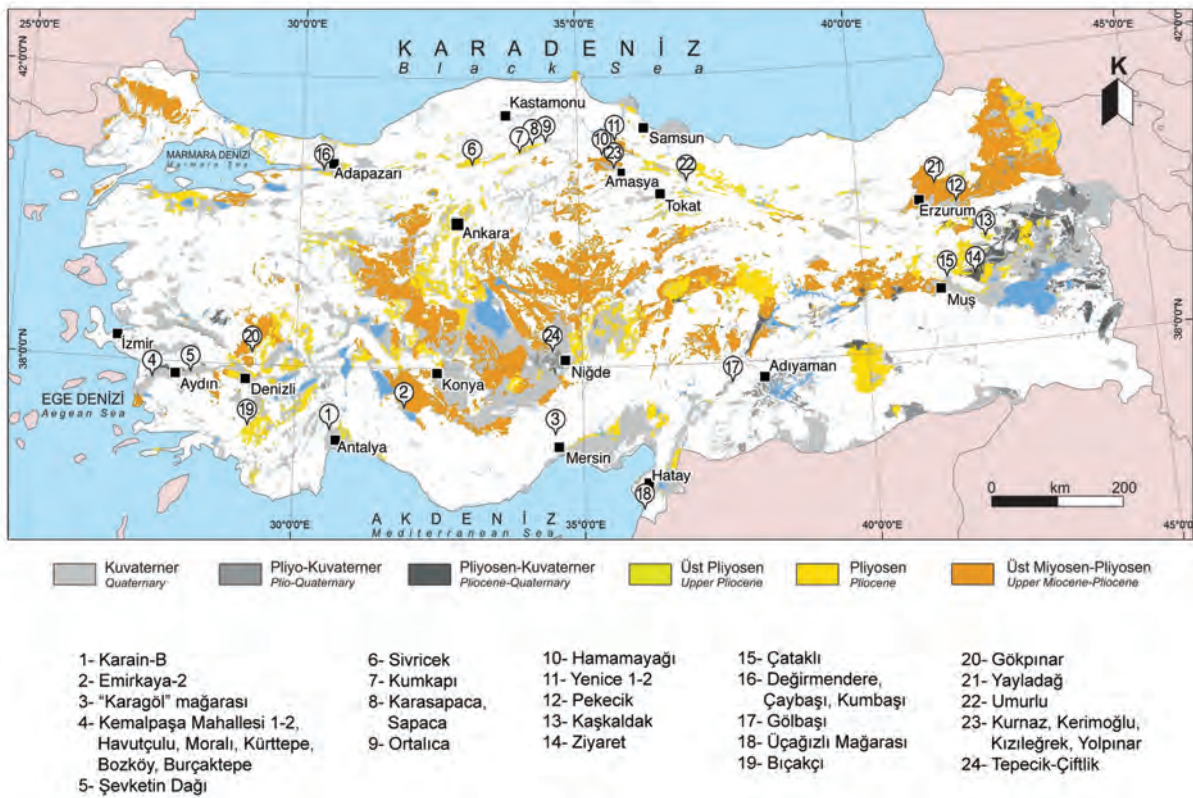
Son olarak, Türkiye'de Holosen Devresi'ne ait kemirgenler hakkında bilgilerimizi arttırabilecek bir fırsat sunan çalışma, Niğde ili Çiftlik ilçesinde, Anadolu'nun en eski höyük şeklinde insan yerleşim alanlarından biri olan Tepecik-Çiftlik Neolitik dönem kazısında yürütülmektedir (Şekil 5.24). Bu höyük, beş farklı medeniyete ait kalıntıları barındıran katmanlara göre geç Neolitik'ten Roma-Bizans dönemine kadar uzanır ve kemirgen faunasının elde edildiği seviyeler yaklaşık M.Ö. 6650–5900 yıl öncesine tarihlenmiştir (Bıçakçı vd., 2012, 2017). Bu kazıda şimdiye kadar *Microtus* (tarla faresi), *Arvicola* (su sıçanı), *Mus* (ev faresi), *Spermophilus* (yer sincabı), *Mesocricetus* (hamster) ve *Spalax* (körfare) türleri, zengin çene ve azı dişleri ile tanımlanmışlardır. İç Anadolu'nun günümüz faunasıyla kıyaslanarak, paleoekolojik çıkarımlar elde edilmiştir. Kazı alanındaki açma, ünite ve

seviyelerine göre bu grupların tafonomisine az da olsa değinilmeye çalışılmıştır (Erdal vd., *teslim aşamasında*). Buradaki türlerin ortak habitat özellikleri göz önüne alınırsa, seyrek bitki örtüsü veya çok yıllık kısa boylu çayırılık alanların hâkim olduğu kuru bir step ortamı görülür. Öte yandan, *Arvicola*'nın varlığı bize ortamda ayrıca akarsuların veya bataklık gibi ortamların da var olabileceğini işaret eder.

SONUÇ VE PERSPEKTİF

Avrupa'da yaklaşık 200 yıldan beri Kuvaterner Bilimlerine olan ilgi ve bilgi birikimi, birçok alt disiplinin gelişmesine vesile olmuşken (Lowe ve Walker, 2015 ve içindeki referanslar), ülkemizde gösterilen ilgi ne yazık ki yetersizdir ve Kuvaterner araştırmaları açısından geri kalmıştır. Öte yandan Kuvaterner, sadece jeolojik bir devir değildir; birçok uzmanlık gerektiren, koordineli bir şekilde disiplinler arası çalışmaları kapsayan başlı başına bilim alanıdır. İşte küçük memeliler paleontolojisi de bu disiplinlerden biridir.

Kuvaterner araştırmalarının yadsınamaz bir parçası olan memeli paleontolojisi söz konusu olduğunda, Anadolu'nun, dolayısıyla ülkemizin bu alanda ne kadar önemli olduğu anlaşılacaktır. Zira Anadolu, küçük ve büyük kara memelileri açısından Avrupa, Asya ve Afrika kıtaları arasında bir köprü oluşturur. Haliyle canlıların, adaptasyonla yayılmalarına, göçlerine veya sığınmalarına (refugia) etki eden bir koridor konumundadır. Bu özelliğiyle Anadolu, canlıların evrimsel süreçlerinde ne kadar önemli bir rol üstlendiğini gösterir. Bu açıdan bakılır ve bugüne kadar yapılmış paleontolojik çalışmalar dikkate alınırsa, Anadolu'nun memeli paleontolojisi açısından oldukça zengin bir potansiyele sahip olduğu öngörülebilir. Öte yandan, ülkemizdeki paleontolojik çalışmalar genelde Paleojen ve Miyosen'e yoğunlaşmışken, Pliyosen ve Kuvaterner'de yapılmış çalışmalar kısıtlı kalmıştır (Şen, 1977; Şen vd., 1991, 2017; van den Hoek Ostende vd., 2015; Saraç, 2003, 2012).



Şekil 5. 1:500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritasında geç Neojen–Kuvaterner çökellerinin dağılımı ve Kuvaterner yaşlı 37 lokaliteden küçük memeliler paleontolojisi üzerine yapılmış/yapılmakta olan 20 çalışmanın yer bulduru noktaları (Gürbüz ve Kazancı, 2017'den uyarlanarak). Lokalite referansları: (1) Storch, 1988; (2) Sen vd. 1991; Montuire vd. 1994; (3) Hir, 1992, 1993; (4) Ünay vd., 1995; Ünay ve de Bruijn, 1998; Ünay ve Göktaş, 1999; (5) Ünay vd. 1995; Ünay ve de Bruijn, 1998; (6) Ünay ve de Bruijn, 1998; (7) Erdal vd., hazırlık safhası; (8) Ünay ve de Bruijn, 1998; Erdal vd., hazırlık safhası; (9) Ünay ve de Bruijn, 1998; Erdal vd., hazırlık safhası; (10–15) Ünay ve de Bruijn, 1998; (16) Ünay vd., 2001; (17) Suata-Alpaslan, 2011a; (18) Suata-Alpaslan, 2011b; (19) van den Hoek Ostende vd., 2015; (20) Erten vd., 2015; Erten, 2017a,b; (21) Vasilyan vd., 2014; (22) Erdal vd., teslim safhası; (23) Erturaç, 2009; Erturaç vd., hazırlık safhası; (24) Erdal vd., teslim safhası. Detaylar için metne bakınız.

Figure 5. Dispersal of late Neogene–Quaternary deposits on the Geological Map of Turkey at 1:500,000 scale and location spots concerning 37 localities where 20 studies (completed or ongoing) are conducted for micromammalian paleontology of Quaternary in Anatolia (modified after Gürbüz and Kazancı, 2017). References of localities: (1) Storch, 1988; (2) Sen et al., 1991; Montuire et al., 1994; (3) Hir, 1992, 1993; (4) Ünay et al., 1995; Ünay and de Bruijn, 1998; Ünay and Göktaş, 1999; (5) Ünay et al., 1995; Ünay and de Bruijn, 1998; (6) Ünay and de Bruijn, 1998; (7) Erdal et al., in prep.; (8) Ünay and de Bruijn, 1998; Erdal et al., in prep.; (9) Ünay and de Bruijn, 1998; Erdal et al., in prep.; (10–15) Ünay and de Bruijn, 1998; (16) Ünay et al., 2001; (17) Suata-Alpaslan, 2011a; (18) Suata-Alpaslan, 2011b; (19) van den Hoek Ostende et al., 2015; (20) Erten et al., 2015; Erten, 2017a,b; (21) Vasilyan et al., 2014; (22) Erdal et al., in submission; (23) Erturaç, 2009; Erturaç et al., in prep.; (24) Erdal et al., in submission. For further details see text.

Ülkemizdeki memeli paleontolojisi çalışmaları temel alınrsa, 1950'lilerden 2012'ye kadar Kuvaterner Devri fosil lokaliteleri Saraç (2012) raporuna göre 37'dir. Toplamda üretilen yayın sayısı 19 ile sınırlıdır ve bunlardan 11 tanesi küçük memelileri konu eder. 2012 sonrasında ise beş verimli yayın daha literatüre kazandırılmıştır (Vasilyan vd., 2014; van den Hoek Ostende vd., 2015; Erten vd., 2015; Erten, 2017a,b; Şekil 5). Bunlara ek olarak, yazarın doktora tezi kapsamında yürütülen Kuzey Anadolu Fay zonlarında gelişmiş Niksar, Suluova ve Tosya havzalarından elde edilen materyaller ile Tepecik-Çiftlik Neolitik dönem arkeoloji kazısından toplanmış küçük memeli kalıntıları da yayına hazırlanmaktadır. Görece kısa zaman aralığında bu kadar çalışmanın olması, Kuvaterner bilimi için umut verici gözükmektedir. Zira literatüre bir bütün olarak bakılırsa, Avrupa, Afrika ve hatta Uzak Doğu'da bu konu üzerine birçok çalışma yapıldığı görülür. Bu çalışmalar bir noktada canlıların evrimsel süreçlerine, filogenetik bağlarına, göç yollarına ve atasal kökenlerine değinir. İşte bu noktada Anadolu'nun coğrafi konumu ve bölgemizde yapılacak çalışmalar, global ölçekteki bu yap-bozun parçasını zamanla tamamlayabilecek seviyeye gelebilmesi açısından önemlidir. Aksi takdirde, körfareler gibi atasal kökeni ülkemize uzanan spesifik taksonlar gibi konular haricinde, bilgi azlığı ve dağınıklığı sebebiyle araştırmacılar tarafından Anadolu, önemi bilinmesine rağmen göz ardı edilebilmektedir.

Türkiye'nin yüz ölçümünün yaklaşık yüzde elliden fazlası Neojen ve Kuvaterner çökelleriyle kaplıdır (Şen, 2003). Potansiyel fosil bulguları açısından bu denli zengin bir coğrafyadaki araştırmaların azlığı, ilgi eksikliği ve araştırmacı sayısındaki yetersizlik ile açıklanabilir (Saraç, 2012). Örneğin birçok ilimizin üniversitelerindeki jeoloji bölümleri, ekseriyetle mikropaleontoloji uzmanları yetiştirip, denizel çökellerin yaşlandırılması ve ortam-iklim koşulları üzerine çalışan elemanları bünyelerine kazandırmaya

çalışır. Hiç şüphesiz mikropaleontoloji gibi paleontolojinin her uzmanlığı çok önemlidir. Fakat, jeolojik süreçler boyunca canlıların geçmişini ve evrimini anlamak bir yana, jeolojide oldukça önem arz eden yaş sorularına da katkı sağlayabilecek omurgalı, memeli veya küçük memeli paleontolojisinde uzmanlaşma pek teşvik edilmemektedir. Bunun sebeplerinden biri de muhtemelen paleontolojinin, jeolojinin bir alt dalı olarak görülmesi ve genelde jeoloji temelli öğrencilerin yetiştirilmeye çalışılmasıdır. Hâlbuki birçok Avrupa eğitim kurumunda paleontoloji, jeoloji ve biyoloji gibi iki farklı bilimden gelen insanları ortak bir noktada buluşturmaktadır. Sonuç olarak ülkemizde omurgalı veya memeli paleontolojisine ilgi duyan birçok genç araştırmacı, ne yazık ki başvuracak enstitü, fakülte veya yardım isteyebilecek uzman bulmakta zorlanmaktadır.

Bu eksiklik, kültürel ve jeolojik miras anlamında da ele alınabilir. Mesela bir ülke coğrafyasının belleğini oluşturan tabiat tarihi müzelerine verilen önem ne kadar fazla olursa, onun işlevi ve bilimsel açıdan üretkenliği de o kadar güçlü olur. Böylece biyolojik, arkeolojik, paleontolojik ve jeolojik anlamda toplumsal ve kültürel hafıza da, bilinç de arttırılmış olur. Ne yazık ki bu hususta ülkemizin bulunduğu durum pek iç açıcı değildir.

Bu çalışmayla, hem yukarıda sözedilen eksikliklere dikkat çekilmeye çalışılmış, hem de Kuvaterner Devri küçük memeliler paleontolojisi üzerine bugüne kadar yapılmış çalışmalar derlenmiştir. Ayrıca konunun gerektirdiği temel bilgileri Türkçe kaynak olarak bir nebze sağlayabilmek amacıyla genel kavramlar, tanımlamalar, sınıflandırmalar ve kullanım amaçları hakkında bilgiler sunulmaya çalışılmıştır.

KATKI BELİRTME

70'inci Türkiye Jeoloji Kurultayı Kuvaterner özel oturumuna konuşmacı ve Türkiye Jeoloji Bülteni'nin bu özel sayısına katkıda bulunmak için

beni davet eden ve bana bu şansı veren Nizamettin Kazancı (Ankara Üniversitesi) ve konuk editör M. Korhan Erturaç'a (Sakarya Üniversitesi) teşekkür ederim. Bu çalışmanın daha verimli, eksiksiz ve paleontolojik bilgiler açısından daha doyurucu hale gelmesine katkısı için doktora tezi eş danışmanım Şevket Şen'e (Paris Tabiat Tarihi Müzesi, Fransa) ve değerli eleştirileriyle gözümünden kaçan önemli noktalara dikkatimi çeken hakemler Canan Çakırlar (Groningen Üniversitesi, Hollanda) ve Hakan Gür'e (Ahi Evran Üniversitesi) teşekkürü borç bilirim. Yazar, bu metinde doktora çalışmasının bir parçasını sunmuştur ve TÜBİTAK 115Y132 numaralı proje ile desteklenmiştir.

EXTENDED ABSTRACT

The present paper is a consequence of a special session organized during the 70th Geological Congress of Turkey. It aims to deal with the state of the art in Quaternary studies of micromammal paleontology in Turkey.

*In this regard, the importance of Quaternary Period is briefly underlined (i.e. climatic oscillations and its effect on mammalian dispersal events, adaptive radiations, evolutionary trends), and micromammals are defined by means of general morphology (Figure 1). In addition, some systematic classification examples as a result of several morphological and molecular phylogenetic analysis are illustrated (Figure 2). Afterwards, some extant rodent species from Turkey are illustrated by their molar occlusal morphology (Figure 3) in order to draw attention how they are diversified during their course of evolution. We have to note that rodents represent the most abundant taxon among the class Mammalia by 42% (Musser & Carleton, 2005). As a biostratigraphical tool, arvicolids and their evolutionary lineages are described and their evolutionary process is reported on a chronostratigraphic chart with "classical" *Mimomys*–*Arvicola* lineage evolution (Figure 4).*

Besides, concepts of mammal ages, super zones, rodent zones and MN-MNQ biozones are discussed. Also, many exemplary studies are mentioned for diverse aims of micromammal paleontology: evolutionary trends, radiations and origins (e.g. Chaline et al., 1999; Fejfar et al., 2011); biostratigraphy (e.g. Sala and Masini, 2007); biochronology (e.g. Mein, 1975; Fejfar et al., 1997; Maul and Markova, 2007); paleoclimate and paleoenvironment (e.g. Escudé et al., 2013; Popov et al., 2014; Bennasar et al., 2016; Lopez-Garcia et al., 2017) and taphonomic investigations (e.g. Jenkins, 2012). Hence, a general knowledge on micromammal paleontology as well as its fields of application are exemplified at once and in Turkish. The necessity of such a work is based on the fact that the mammal paleontology in Turkey is rather less developed than in European countries, despite its potentially rich deposits in fossils.

The Anatolia is considered as a bridge between Africa, Europe and Asia, and is known by its important role in the evolution of small and large mammals (Ünay, 1996; Sen 2013; Albayrak 2016; Erdal et al., 2016). Historically, first geographical and geological observations within the Ottoman Empire territories date back to 1800s, made by European explorers and researchers thanks to their "voyages d'études" (e.g. Edward Forbes, Petr Alexandrovich Tchihatchef and much later, Ernest Chaput; see Sen, 2016). The first study of mammal paleontology undertook by Calvert and Neumayr (1880) on large mammals from the Late Miocene of Dardanelles (Sen, 2003). Finally, the first detailed vertebrate paleontology study conducted by Turkish scholars, Malik and Nafiz (1933), deals with the Late Miocene Küçükçekmece locality (Istanbul; see Sen, 2003, 2016 for further details).

Actually, more than 400 fossil mammal localities are known from Anatolia (Saraç, 2003, 2012), discovered between 1950 and 2012. On the other hand, many studies in Turkey are focused rather on Paleogene and mostly Miocene, whereas Pliocene and Quaternary studies are relatively

few. Note also that more than half of the country is covered by Neogene and Quaternary deposits. Despite this, when the micromammal paleontology is concerned, the studies are unfortunately much scarce. For instance, for 37 Quaternary mammal localities discovered between 1975–2012 (Saraç, 2012), 20 publications are produced and 11 of them deal with micromammals (e.g. Storch, 1988; Sen et al., 1991; Montuire et al., 1994; Hir, 1992, 1993; Ünay et al., 1995; Ünay and de Bruijn, 1998; Ünay and Göktaş, 1999; Ünay et al., 2001; Suata-Alpaslan, 2011a, b; see also Figure 5).

Since 2012, five important works are published (e.g. Vasilyan et al., 2014; van den Hoek Ostende et al., 2015; Erten et al., 2015; Erten, 2017a, b). In addition, four ongoing studies of which three are concerned with three basins developed along the North Anatolian Fault Zone such as Niksar (Erdal et al., in submission), Suluova (Erturaç et al., in prep) and Tosya (Erdal et al., in prep). The fourth deals with the rodent remains from Tepecik-Çiftlik (Niğde) which constitutes one of the oldest human settlements in Anatolia during the Neolithic period (Bıçakçı et al., 2017).

In conclusion, some future perspectives are provided. For example, the mammal and hopefully the micromammal paleontology studies in Turkey seem to increase in the last few years. However, it is also pointed out that universities, institutions or even individuals (not need to mention natural history museums which are already few) seem to have neglected this science, except micropaleontology of marine deposits. Turkish territory probably preserves many unearthed vertebrate fossils, and they need peculiar attention and general awareness in order to increase the number of researchers, quality of the studies as well as support of young and motivated students.

ORCID

Ozan Erdal  <https://orcid.org/0000-0003-3622-5546>

DEĞİNİLEN BELGELER

- Adkins, R.M., Gelke, E.L., Rowe, D., Honeycutt, R.L. 2001. Molecular phylogeny and divergence time estimates for major rodent groups: evidence from multiple genes. *Molecular Biology and Evolution* 18: 777–791.
- Agusti, J. 1991. The *Allophaiomys* complex in southern Europe. *Geobios*, 25(1), 133-144.
- Aktimur, T., Ateş, S., Yurdakul, E., Tekirli, E. Keçer, M. 1992. Niksar-Erbaa ve Destek Dolayının Jeolojisi. *MTA Dergisi* 114, 25-37.
- Albayrak, E. 2016. A new primitive elephantid from Turkey. *Quaternary International*, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.09.029>
- Albayrak, E., Lister, A. M. 2012. Dental remains of fossil elephants from Turkey. *Quaternary International*, 276, 198-211.
- Barka, A.A. 1985. Kuzey Anadolu Fay Zonundaki bazı Neojen-Kuaterner havzalarının jeolojisi ve tektonik evrimi. *Ketin Simpozyumu Kitabı, Türkiye. Jeoloji Kurumu, Ankara*, sf. 209–27.
- Barka, A.A., Akyüz, S.H., Cohen, H.A. Watchorn, F. 2000. Tectonic Evolution of the Niksar and Tasova-Erbaa pull-apart basins, North Anatolian Fault Zone: their significance for the motion of the Anatolian block. *Tectonophysics*, 322, 243-264.
- Bennásar, M., Cáceres, I., Cuenca-Bescós, G. 2016. Paleocological and microenvironmental aspects of the first European hominids inferred from the taphonomy of small mammals (Sima del Elefante, Sierra de Atapuerca, Spain). *Comptes Rendus Palevol*, 15(6), 635-646.
- Benton, M. 2015. *Vertebrate palaeontology*. 4th eds. John Wiley Sons.
- Benton, M. J., Harper, D. A. T. 2009. *Introduction to paleobiology and the fossil record*. Chichester, West Sussex, UK: Wiley-Blackwell.
- Bıçakçı, E., Godon, M. Çakan, Y.G. 2012. Tepecik-Çiftlik. In: M. Özdoğan, N. Başgelen and P. Kuniholm (eds.), *The Neolithic in Turkey* 3:89–134. İstanbul: Archaeology and Art Publications.
- Bogicevic, K., Nenadic, D., Mihailovic, D. 2012. Late Pleistocene voles (Arvicolinae, Rodentia) from the Baranica Cave (Serbia). *Geologica Carpathica*, 63(1), 83–94. <https://doi.org/10.2478/v10096-012-0006-6>
- Bogicevic, K., Nenadic, D., Milosevic, S., Mihailovic, D., Vlastic, S., Tosovic, R. 2017. A Late Pleistocene

- rodent fauna (Mammalia: Rodentia) from Hadži Prodanova Cave near Ivanjica (Western Serbia). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia* 123:1.
- Brandt, J.F. 1855. Beiträge zur nähern Kenntniss der Säugetheire Tussland's. Memoir Adademic, Imperial Science St. Petersburg (6):1–365.
- Calvert, F. ve Neumayr, M., 1880. Die Jungen Ablagerungen am Hellespont. *Denkschriften der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften / MathematischNaturwissenschaftliche Klasse* 40: 357–378.
- Carleton, M. D., Musser, G. G. 2005. Order rodentia. In: D. E., Wilson, DA. M. Reeder, (eds.) *Mammal species of the World. A taxonomic and geographic reference*. 3rd ed., 2: 745–2142. John Hopkins University Press, Baltimore.
- Carls, N., Rabeder, G. 1988. Die Arvicoliden (Rodentia, Mammalia) aus dem Ältest-Pleistozän von Schernfeld (Bayern). *Beiträge zur Paläontologie von Österreich*, 14, 123-237.
- Carroll, R. L. 1988. *Vertebrate paleontology and evolution*. Freeman and Company, New York, xiv, 698 p.
- Chaline, J. 1987. Arvicoline data (Arvicolinae, Rodentia) and evolutionary concepts. — *Evolutionary Biology* 21: 237–310.
- Chaline, J., Brunet-Lecomte, P., Montuire, S., Viriot, L. Courant, F. 1999. Anatomy of the arvicoline radiation (Rodentia): palaeogeographical, palaeoecological history and evolutionary data. — *Ann. Zool. Fennici* 36: 239–267.
- Chaline, J., Mein, P., 1979. *Les rongeurs et l'évolution*. Edition Doin, Paris, 235 pp.
- Clementz, M. T. 2012. New insight from old bones: stable isotope analysis of fossil mammals. *Journal of Mammalogy* 93:368–380.
- Cordy, J. M. 1982. Biozonation du Quaternaire postvillafanchiencontinental d'Europe occidentale à partir des grands mammifères. *Annales de la Société géologique de Belgique*. (105)2: 303–314.
- de Bruijn, H. 1984. Remains of the mole-rat *Microspalax odessanus* Topachevski, from Karaburun (Greece, Macedonia) and the family Spalacidae. In: *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen. Series B. Palaeontology, geology, physics and chemistry* (Vol. 87, No. 4, pp. 417-425). North-Holland.
- de Bruin, H., Daams, R., Daxner-Höck, G., Fahlbusch, V., Ginsburg, L., Mein, P., Morales, J. 1992. Report of the RCMNS Working Group on fossil mammals, Reisenburg 1990. *Newslett. Stratigr.* 26, 65-118.
- Emre Ö., Erkal T., Tchepalyga A., Kazancı N., Keçer M., Ünay E. 1998. Neogene–Quaternary Evolution of the Eastern Marmara Region, Northwest Turkey, *Bull. Min. Res. Expl. Turkey* 120, 119–145.
- Erdal, O., Antoine, P. O., Sen, S. 2016. New material of Palaeoamasia kansui (Embrithopoda, Mammalia) from the Eocene of Turkey and a phylogenetic analysis of Embrithopoda at the species level. *Palaeontology*, 59(5), 631–655. <https://doi.org/10.1111/pala.12247>
- Erten, H. 2017a. A new genus and species of Muridae (Rodentia) from the Quaternary deposits of the Denizli Basin, South-Western Turkey. *Palaeontologia Electronica* 20.1.12A: 1-7.
- Erten, H. 2017b. *Spalax denizliensis* sp. nov. (Spalacidae, Rodentia) from an Early Pleistocene-aged locality in the Denizli Basin (southwestern Turkey). *Turkish Journal of Zoology*, 41.
- Erten, H., Sen, S. Sagular, E. K. 2015. Miocene and early Pleistocene rodents (Mammalia) from Denizli Basin (southwestern Turkey) and a new species of fossil Mus, *Journal of Vertebrate Paleontology*, doi: 10.1080/02724634.2015.1054036
- Erturaç, M.K. 2009. Amasya ve çevresinin morfolotektonik evrimi. *Doktora Tezi, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü*, 360 sf.
- Erturaç, M.K. Tüysüz, O. 2012. Kinematics and Basin Formation Along the Ezinepazar-Sungurlu Fault Zone, NE Anatolia, Turkey. *Ezinepazar-Sungurlu Fayının Evrimi, Kinematığı ve Havza Oluşumu, KD Anadolu, Türkiye*. *Turkish Journal of Earth Sciences* Vol.21 pp 497-520.
- Escudé, É., Renvoisé, É., Lhomme, V., Montuire, S. 2013. Why all vole molars (Arvicolinae, Rodentia) are informative to be considered as proxy for Quaternary paleoenvironmental reconstructions. *Journal of Archaeological Science*, 40(1), 11-23.
- Fabre, P. H., Hautier, L., Dimitrov, D., Douzery, E. J. 2012. A glimpse on the pattern of rodent diversification: a phylogenetic approach. *BMC evolutionary biology*, 12(1), 88.
- Fejfar O., Heinrich. W.-D., Pevzner M.A. Vangengeim E.A. 1997. Late Cenozoic sequences of mammalian sites in Eurasia: an updated

- correlation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 133, 259–288, 5 text-figs., Amsterdam.
- Fejfar, O., Heinrich, W.-D. 1989. Muroid Rodent Biochronology of the Neogene and Quaternary in Europe. In: Lindsay, E. H., Fahlbusch, V. Mein, P. (eds): *European Neogene Mammal Chronology*, NATO ASI Series, (A) 180: 91–117. New York: Plenum Press.
- Fejfar, O., Heinrich, W.-D., Kordos, L. Maul, L. C. 2011. Microtoid cricetids and the early history of arvicolids (Mammalia, Rodentia). *Palaeontologia Electronica* Vol. 14, Issue 3; 27A:38p.
- García-Alix, A., Minwer-Barakat, R., Suárez, E. M., Freudenthal, M. 2009. Small mammals from the early Pleistocene of the Granada Basin, southern Spain. *Quaternary Research*, 72(2) 265–274.
- Gibbard P.L., Head M.J., Walker M.J.C. the Subcommittee on Quaternary Stratigraphy 2010. Formal ratification of the Quaternary System/Period and the Pleistocene Series/Epoch with a base at 2.58 Ma. *Journal of Quaternary Science* 25: 96–102.
- Gibbard, P. L. Head, M. J. 2009a. The Definition of the Quaternary System/Era and the Pleistocene Series/Epoch, *Quaternaire*, 20(4), 125–133.
- Gibbard, P. L., Head, M. J. 2009b. IUGS ratification of the Quaternary System/Period and the Pleistocene Series/Epoch with a base at 2.58 Ma. *Quaternaire* 20(4), 411–412.
- Guérin, C. 1989. Biozones or Mammal Units? Methods and limits in biochronology In: Lindsay, E. H., Fahlbusch, V. Mein, P. (eds): *European Neogene Mammal Chronology*, NATO ASI Series, (A) 180: 119–130. New York: Plenum Press.
- Gür, H. 2013. The effects of the Late Quaternary glacial–interglacial cycles on Anatolian ground squirrels: range expansion during the glacial periods?. *Biological Journal of the Linnean Society*, 109(1), 19–32.
- Gürbüz, A. Kazancı, N. 2017. Dünya’da ve Türkiye’de Kuvaterner Jeolojisi Haritalarının Hazırlanması ve Karşılaşılan Sorunlar, *Türkiye Jeoloji Bülteni, Kuvaterner Araştırmaları Özel sayı*, Şekil 18.
- Hartenberger, J.L. 1998. Description de la radiation des Rodentia (Mammalia) du Paléocène supérieur au Miocène; incidence phylogénétiques. *Comptes Rendus Académie des Sciences Paris, Sciences de la terre et des planètes*, 326:439–444.
- Hautier, L., Lebrun, R., Saksiri, S., Michaux, J., Vianey-Liaud, M. Marivaux, L. 2011. Hystricognathy vs sciurognathy in the rodent jaw: a new morphometric assessment of hystricognathy applied to the living fossil *Laonastes* (Diatomyidae). *PloS one*, 6(4), e18698.
- Hautier, L., Michaux, J., Marivaux, L. Vianey-Liaud, M. 2008. The evolution of the zygomatic construction in Rodentia, as revealed by a geometric morphometric analysis of the mandible of *Graphiurus* (Rodentia, Gliridae). *Zoological Journal of the Linnean Society* 154: 807–821.
- Hillson, S. 2005. *Teeth*. 2nd ed. Cambridge Manuals in Archaeology.: Cambridge University Press, Cambridge.
- Hir, J. 1992. Sufossil *Mesocricetus* population from the Toros Mountains (Turkey) (Mammalia). *Folia Historico Naturalia Musei Matraensis* 17: 107–130.
- Hir, J. 1993. *Cricetulus migratorius* (PALLAS 1773) (Rodentia, Mammalia) population from the Toros Mountains (Turkey) (With a special reference to the relation of *Cricetulus* and *Allocricetus* genera). *Folia Historico Naturalia Musei Matraensis*, 18, 17–34.
- Hordijk, K. de Bruijn, H. 2009. The succession of rodent faunas from the Mio/Pliocene lacustrine deposits of the Florina-Ptolemais-Servia Basin (Greece). *Hellenic Journal of Geosciences*, 44, 21–103.
- Huchon, D., Madsen, O., Sibbald, M.J.J.B., Ament, K., Stanhope, M.J., Catzeflis, F., de Jong, W.W., Douzery, E.J.P. 2002. Rodent phylogeny and a timescale for the evolution of Glires: evidence from an extensive taxon sampling using three nuclear genes. *Molecular Biology and Evolution* 19: 1053–1065.
- Irritz, W. 1972. Lithostratigraphie und tektonische Entwicklung des Neogens in Nordostanatolien (Kanozoikum und Braunkohlen in der Türkei. 6. Beih. *Geol. Jahrb.*, No. 120, 111 pp.+10 plates.
- Jenkins, E. 2012. Mice, scats and burials: unusual concentrations of microfauna found in human burials at the Neolithic site of Çatalhöyük, Central Anatolia. *Journal of Social Archaeology* 12(3): 380–403.
- Kalthoff, D. C., Mörs, T., Tesakov, A. 2007. Late Pleistocene small mammals from the Wannenköpfe volcanoes (Neuwied Basin, western

- Germany) with remarks on the stratigraphic range of *Arvicola terrestris*. *Geobios* 40(5): 609–623.
- Kappelman, J., Alçiçek, M.C., Kazancı, N., Schultz, M., Özkul, M., Sen, S. 2008. First *Homo erectus* from Turkey and implications for migrations into temperate Eurasia. *American Journal of Physical Anthropology* 135, 110–116.
- Kayseri, M.S. Akgün, F. 2008. Palynostratigraphic, Palaeovegetational and Palaeoclimatic Investigations on the Miocene Deposits in Central Anatolia (Çorum Region and Sivas Basin), *Turkish Journal of Earth Sciences*, Vol. 17, 2008, pp. 361–403.
- Kazancı, N. 2012. Kuvaterner Bilimi; Kapsamı ve Gelişimi. In: N. Kazancı, A. Gürbüz (eds), *Kuvaterner Bilimi*, Ankara Üniversitesi Yayınları, 350: 1–16.
- Kiessling, W., Nützel, A., Korn, D., Kröger, B., Müller, J. 2010. German Paleontology in the early 21st century. *Palaeontologica Electronica*, 13(1-2010).
- Koenigswald, W., von Kolfshoten, T. van 1996. The *Miomys*–*Arvicola* boundary and the enamel thickness quotient (SDQ) of *Arvicola* as stratigraphic markers in the Middle Pleistocene. In: Turner C (ed.) *The early Middle Pleistocene of Europe*, pp. 211–226. Rotterdam: Balkema.
- Kohn, M. J., McKay, M. P. 2012. Paleocology of late Pleistocene–Holocene faunas of eastern and central Wyoming, USA, with implications for LGM climate models. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 326–328.
- Kolfshoten, T. van. 1992. Aspects of the migration of mammals to northwestern Europe during the Pleistocene, in particular the re-immigration of *Arvicola terrestris*. *Courrier Forschung Senckenberg*, 153: 213–220.
- Kolfshoten, T. van. 2013. Continental Biostratigraphy. In: Elias, Scott A., and Mock, Cary J., (eds.) *Encyclopedia of Quaternary Science*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 206–214.
- Kretzoi, M. 1965. Die Nager und Lagomorphen von Voigtstedt in Thüringen und ihre chronologische Aussage. *Palaontologische Abhandlungen* 2(3): 587–660.
- Kryštufek, B., Vohralik, V. 2001. Mammals of Turkey and Cyprus. Introduction, Checklist, Insectivora. *Annales Majora, Koper*.
- Kryštufek, B., Vohralik, V. 2005: Mammals of Turkey and Cyprus. Rodentia I: Sciuridae, Dipodidae, Gliridae, Arvicolinae. *Annales Majora, Koper*.
- Kryštufek, B., Vohralik, V. 2009: Mammals of Turkey and Cyprus. Rodentia II. Cricetinae, Muridae, Spalacidae, Calomyscidae, Capromyidae, Hystricidae, Castoridae. *Annales Majora, Koper*.
- Lazzari, V., Aguilar, J., Michaux, J. 2010. Intraspecific variation and micro-macroevolution connection : illustration with the late Miocene genus *Progonomys* (Rodentia , Muridae), *Society*, 36(4), 641–657.
- Lindsay, E. H. 1989. The setting. In: Lindsay, E. H., Fahlbusch, V. Mein, P. (eds): *European Neogene Mammal Chronology*, NATO ASI Series, (A) 180: 1–14. New York: Plenum Press.
- Lister, A. M. 2004. The impact of Quaternary ice ages on mammalian evolution. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* (359): 221–241.
- López-García, J. M., Luzi, E., Peresani, M. 2017. Middle to Late Pleistocene environmental and climatic reconstruction of the human occurrence at Grotta Maggiore di San Bernardino (Vicenza, Italy) through the small-mammal assemblage. *Quaternary Science Reviews*, 168, 42–54.
- Lowe, J. J. Walker, M. J. C. 2015. *Reconstructing Quaternary Environments*. Third edition, New York: Routledge.
- Lozano-Fernández, I., Agustí, J., Cuenca-Bescós, G., Blain, H. A., López-García, J. M., Vallverdú, J. 2013. Pleistocene evolutionary trends in dental morphology of *Miomys savini* (Rodentia, Mammalia) from Iberian peninsula and discussion about the origin of the genus *Arvicola*. *Quaternaire*, 24(2), 179–190.
- Malik, A. & Nafiz, H. 1933. Vertébrés fossiles de Küçük Çekmece. *Bulletin de la Faculté des Sciences de l'Université d'Istanbul*, 8: 1–119.
- Marivaux, L., Vianey-Liaud, M. Jaeger, J.-J. 2004. High-level phylogeny of early Tertiary rodents: dental evidence. *Zoological Journal of the Linnean Society* 142:105–132.
- Marivaux, L., Welcomme, J.-L., Vianey-Liaud, M. Jaeger, J.-J. 2002. The role of Asia in the origin and diversification of hystricognathous rodents. *Zoologica Scripta* 31:225–239.

- Maul, L. C. 1996. Biochronological implications of the arvicolids (Mammalia: Rodentia) from the Pliocene and Pleistocene faunas of Neuleiningen (Rheinland-Pfalz, southwest Germany). *Azc*, 39(1), 349–356.
- Maul, L. C., Markova, A. K. 2007. Similarity and regional differences in Quaternary arvicolid evolution in Central and Eastern Europe. *Quaternary International*, 160(1), 81–99. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2006.09.010>
- Maul, L. C., Masini, F., Parfitt, S. A., Rekovets, L., Savorelli, A. 2014. Evolutionary trends in arvicolids and the endemic murid *Mikrotia*. New data and a critical overview. *Quaternary Science Reviews*, 96, 240–258. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2013.09.017>
- Maul, L. C., Rekovets, L., Heinrich, W. D., Keller, T., Storch, G. 2000. *Arvicola mosbachensis* (Schmidtgen 1911) of Mosbach 2: a basic sample for the early evolution of the genus and a reference for further biostratigraphical studies. *Senckenbergiana lethaea*, 80(1), 129–147.
- Mein, P. 1975. Résultats du groupe de travail des vertébrés. Report on activity of the RCMNS working groups (1971–1975), 78–81. Bratislava.
- Mein, P. 1989. Updating of MN Zones. In: Lindsay, E. H., Fahlbusch, V. Mein, P. (eds): *European Neogene Mammal Chronology*, NATO ASI Series, (A) 180: 73–90. New York: Plenum Press.
- Mein, P., Freudenthal, M., 1971. Les Cricetidae (Mammalia, Rodentia) du néogène moyen de Vieux-Collonges. Partie 1 : le genre *Cricetodon* Lartet, 1851. *Scripta Geol.* 5, 1–51.
- Meulen, van der, A.J. 1974. On *Microtus* (*Allophaiomys*) *deucalion* (Kretzoi, 1969), (*Arvicolidae*, Rodentia), from the Upper Villányian (Lower Pleistocene) of Villány-5, S. Hungary. Hungary. *PN Ned Akad B Phys*, 77, 259–266.
- Meulen, van der, A.J. 1973. Middle Pleistocene smaller mammals from the Monte Peglia (Orvieto, Italy) with special reference to the Phylogeny of *Microtus* (*Arvicolidae*, Rodentia). *Quaternaria* 17: 1–144.
- Michaux, J., Reyes, A., Catzeflis, F. 2001. Evolutionary history of the most speciose mammals: molecular phylogeny of muroid rodents. *Molecular Biology and Evolution*, 18(11), 2017–2031.
- Montuire, S., Sen, S., Michaux, J. 1994. The middle Pleistocene mammalian fauna from Emirkaya-2, Central Anatolia (Turkey): Systematics and Palaeoenvironment. *N. Jb. Paläont. Abh.*, 193(1), 107–144.
- Musser, G. G., Carleton, M. D. 2005. Superfamily Muroidea. In: D. E. Wilson, D. A. M. Reeder (eds.) *Mammal species of the World. A taxonomic and geographic reference*. 3rd ed., (2): 894–1531. John Hopkins Univ. Press, Baltimore.
- Nazik, A., Özer, S. 2013. Paleontoloji çalışma konularının ve uzmanlarının Türkiye’deki dağılımları. 14. Paleontoloji-Stratigrafi Çalıştay (tebliğ).
- Neraudeau, D., Viriot, L., Chaline, J., Laurin, B., Kolfschoten, T. V. 1995. Discontinuity in the Plio-Pleistocene Eurasian water vole lineage. *Palaeontology*, 38(1), 77–86.
- Pasquier, L. 1974. Dynamique évolutive d’un sous-genre de Muridae, *Apodemus* (*Sylvaemus*). Etude biométrique des caractères dentaires de populations fossiles et actuelles d’Europe occidentale. Unpublished Ph.D. Thesis, University of Montpellier.
- Popov, V. V. 2017. Early Pleistocene small mammals (*Eulipothyphla*, Chiroptera, Lagomorpha and Rodentia) from Futjova Cave, North Bulgaria. *Acta Zoologica Bulgarica*, 69(2), 263–282.
- Popov, V. V., Di Canzio, E., Giaccio, B. 2014. Late Quaternary Small Mammals and Paleotemperatures in Bulgaria and Italy. *Acta Zoologica Bulgarica*, 66(1), 89–108.
- Rabeder, G. 1981. Die Arvicoliden (Rodentia, Mammalia) aus dem Pliozän und dem älteren Pleistozän von Niederösterreich. *Beiträge Zur Paläontologie von Österreich*, 8, 1–373.
- Rekovets, L., Čermák, S., Kovalchuk, O., Prisyazhniuk, V., Nowakowski, D. 2014. Vertebrates from the Middle Pleistocene locality Lysa Gora-1 in Ukraine. *Quaternary International*, 326–327, 481–491. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.10.016>
- Rekovets, L., Nadachowski, A. 1995. Pleistocene voles (*Arvicolidae*) of the Ukraine. *Paleontologia i evolucion*, (28–29): 145–245.
- Renfrew, C., Bahn, P. 2012. *Archaeology: theories, methods, and practice*. 6th ed. Thames and Hudson. New York, pp. 656.
- Rook, L., Delfino, M., Ferretti, M. P. Abbazzi, L. 2013. Early Pleistocene. In: Elias, Scott A., and Mock, Cary J., (eds.) *Encyclopedia of Quaternary*

- Science. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 599–604.
- Royer, A., Lécuyer, C., Montuire, S., Escarguel, G., Fourel, F., Mann, A., Maureille, B. 2013. Late Pleistocene (MIS 3–4) climate inferred from micromammal communities and $\delta^{18}\text{O}$ of rodents from Les Pradelles, France. *Quaternary Research*, 80(1), 113–124.
- Sala, B. Masini, F. 2007. Late Pliocene and Pleistocene small mammal chronology in the Italian peninsula. *Quaternary International* (160) 4–16.
- Saraç G. 2003. Türkiye omurgalı fosil yatakları (Fossil vertebrate localities of Turkey). MTA Report No 10609, 218 p. (unpublished).
- Saraç, G. 2012. Kuvaterner Memeli Faunaları ve Türkiye Örnekleri. In: N. Kazancı, A. Gürbüz (eds), *Kuvaterner Bilimi*, Ankara Üniversitesi Yayınları, 350: 103–138.
- Sarıca, N. Sen, S. 2003. Spalacidae. In: M. Fortelius, J. Kappelman and S. Sen, (eds.), *Geology and Paleontology of the Miocene Sinap Formation, Turkey*: 141–162. Columbia University Press, New York.
- Schmidt-Kittler, N. (1987). International symposium on mammalian biostratigraphy and Paleocology of the European Paleogene-Mainz, February 18–21 1987. *Munchner Geowissenschaftliche Abhandlungen, Reihe A*, 10, 1–312.
- Schreve, D. C. 2013. Vertebrate overview. In: Elias, Scott A., and Mock, Cary J., (eds.) *Encyclopedia of Quaternary Science*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 590–597.
- Şen S., Bouvrain G. Geraads D. 1998. - Paleocology, biogeography and biochronology, in Sen S. (ed.), *Pliocene vertebrate locality of Çalta, Ankara, Turkey*. 12, *Geodiversitas* 20 (3) : 497–510.
- Şen, S. 2003. History of Paleontologic Research in Neogene Deposits of the Sinap Formation, Ankara, Turkey. In: Mikael Fortelius, John Kappelman, Sevket Sen Raymond Bernor (eds). *Geology and Paleontology of the Miocene Sinap Formation, Turkey*: Columbia University Press. 1–22.
- Şen, S. 2013. Dispersal of African mammals in Eurasia during the Cenozoic: ways and whys. *Geobios*, 46(1), 159–172.
- Şen, S. 2016. Historical background. In: Sen S. (ed.), *Late Miocene mammal locality of Küçükçekmece, European Turkey*. *Geodiversitas*, 38 (2): 153–173.
- Şen, S., de Bonis, L., Dalfes, N., Geraads, D., Jaeger, J.J. Mazin, J-M. 1991. Première découverte d'un site à mammifères pléistocènes dans une fissure karstique en Anatolie centrale C. R. Acad. Sri. Paris, t. 313, Série H, p. 127–132.
- Şen, S., Delfino, M., Kazancı, N. 2017. Çeştepe, a new early Pliocene vertebrate locality in Central Anatolia and its stratigraphic context. *Annales de Paléontologie*. Elsevier Masson.
- Şen, S., Sarıca, N. 2011. Middle-Late Miocene Spalacidae (Mammalia) from western Anatolia, and the phylogeny of the family. *Yerbilimleri*, 32(1), 21–50.
- Servais, T., Antoine, P. O., Danelian, T., Lefebvre, B., Meyer-Berthaud, B. 2012. Paleontology in France: 200 years in the footsteps of Cuvier and Lamarck. *Palaeontologia Electronica*, 15(1), 2E.
- Sickenberg, O., Becker-Platen, J. D., Benda, L., Berg, D., Engesser, B., Gaziry, W., Heissig, K., Hünermann, K. A., Sondaar, P. Y., Schmidt-Kittler, N., Staesche, U., Steffens, P., Tobien, H. 1975. Die Gliederung des höheren Jungtertiärs und Altquartärs in der Türkei nach Vertebraten und ihre Bedeutung für die internationale Neogen-Stratigraphie. *Geologische Jahrbuch B*, 15: 1–167, Hannover.
- Storch, G. 1988. Eine jungpleistozäne/alholozäne Nager-Abfolge von Antalya, SW-Anatolien (Mammalia, Rodentia). *Z. Säugetierkunde*, 53, 76–82.
- Suata-Alpaslan, F. 2011a. Paleoenvironment and age of the Middle Pleistocene site of Gölbaşı (near Adıyaman, southeastern Turkey): a reconstruction based on rodents. *Eurasian J. Anthropol.* 2(1):48–53.
- Suata-Alpaslan, F. 2011b. Some small mammal fossils of Üçağızlı Cave (Hatay, Turkey). *Turkish Journal of Zoology*, 35(5), 755–768.
- Tesakov, A. S. 1998. Voles of the Tegelen fauna. *Mededelingen Nederlands Instituut Voor Toegepaste Geowetenschappen*, 60, 71–134.
- Toker V., Şengüler, İ. 1995. Nannoplanton, Flora of the Quaternary sequence in the Gulf of İzmit, In: Meriç E. (Ed.), *Quaternary Sequence in the Gulf of İzmit, İzmit Valiliği, İzmit*, pp. 173–178.
- Topachevski, V. A. 1969. Fauna of the U.S.S.R.: Mammals, mole rats, Spalacidae. *Akad. Nauk U.S.S.R. New Ser.* 99, 3, 3, 1–29. (Translated in

- English, Amerind Publ. Co Pvt Ltd. New Delhi, 1976).
- Tougaard, C. 2016. Did the Quaternary climatic fluctuations really influence the tempo and mode of diversification in European rodents?. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 55(1), 46–56.
- Tullberg, T. 1899. Über das system der Nagetiere. Eine phylogenetische studie. *Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis*, Ser. 3, 18:1–514.
- Ünay E. de Bruijn H. 1998. Plio-Pleistocene rodents and lagomorphs from Anatolia. *Meded. Ned. Inst. Toegepaste Geowetenschappen TNO*, 60, 431–66.
- Ünay, E. 1996. On Fossil Spalacidae (Rodentia). R. Bernor, V. Fahlbush H.-W. Mittmann, 246-252.
- Ünay, E., de Bruijn, H., Saraç, G. 2003. A preliminary zonation of the continental Neogene of Anatolia based on rodents. *Deinsea*, 10(35), 539–548.
- Ünay, E., Emre, Ö., Erkal, T. Keçer, M. 2001. The Rodent fauna from the Adapazarı pull-apart basin (NW Anatolia): its bearing on the age of the North Anatolian Fault. *Geodinamica Acta*, 14, 169–75.
- Ünay, E., Göktaş, F. 1999. Söke çevresi (Aydın) geç Erken Miyosen ve Kuvaterner yaşlı küçük memelileri: ön sonuçlar. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 42(2), 99-113.
- Ünay, E., Göktaş, F., Hakyemez, Y. Avşar, M. 1995. Dating the sediments exposed at the northern part of the Büyük Menderes Graben (Turkey) on the basis of Arvicolidae (Rodentia, Mammalia). *Geol. Bull. Turkey*, 38, 2, p. 63–68.
- Vasilyan, D., Schneider, S., Bayraktutan, M. S., Şen, Ş. 2014. Early Pleistocene freshwater communities and rodents from the Pasinler Basin (Erzurum Province, north-eastern Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 23(3), 293–307. <https://doi.org/10.3906/yer-1307-16>
- Vianey-Liaud, M., Marivaux, L. 2016. Autopsie d'une radiation adaptative: Phylogénie des Theridomorpha, rongeurs endémiques du Paléogène d'Europe-histoire, dynamique évolutive et intérêt biochronologique. *Palaeovertebrata* (40):3-el, 1–68.
- Wicander, R., Monroe, J. S. 2010. *Historical geology: Evolution of earth and life through time*. 6th ed. pp. 463. Thompson, USA: Brooks/Cole.
- Wolff, J., Sherman, P. W. 2007. *Rodent societies: An ecological evolutionary perspective*. Chicago: University of Chicago Press.
- Wood, A. E. 1965. Grades and clades among rodents. *Evolution* 19: 115–130.
- Wu, S., Wu, W., Zhang, F., Ye, J., Ni, X., Jimin, S., Edwards, S. V., Meng, J. Organ, C. L. 2012. Molecular and Paleontological Evidence for a Post-Cretaceous Origin of Rodents. *PLoS ONE* 7(10): e46445. doi:10.1371/journal.pone.0046445.
- Zachos, J.C., Pagani, M., Sloan, L., Thomas, E., Billups, K. 2001. Trends, rhythms and aberrations in global climate 65 Ma to present. *Science* 292, 686–693.



Dünya’da ve Türkiye’de Kuvaterner Jeolojisi Haritalarının Hazırlanması ve Karşılaşılan Sorunlar
Quaternary Geological Mapping in the World and Turkey, and Encountered Problems

Alper Gürbüz^{1,3}, Nizamettin Kazancı^{2,3}

¹ Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 51240, Niğde

² Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06830, Gölbaşı, Ankara

³ Kuvaterner Araştırma Grubu (KAG), P.K. 10, 06100, Maltepe, Ankara

Geliş/Received : 31.10.2017 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received : 13.12.2017 • Kabul/Accepted : 15.12.2017 • Baskı/Printed : 29.12.2017

Derleme Makalesi/Review Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Ondokuzuncu yüzyılın ortalarına doğru yerbilimciler arasında, özellikle Kuzey Avrasya ve Kuzey Amerika’da oldukça geniş alanlar kaplayan ve çoğunlukla pekişmemiş halde gözlenen kırıntılı çökeller başlıca tartışma konusuna dönüşmüştür. ‘Kuvaterner’ teriminin bir zaman dilimi olarak ortaya atılması her ne kadar bu dönemlere rastlansa da, bu zaman dilimine ait birimler haritalarda çoğunlukla ‘dilüvyon-alüvyon’ ya da ‘eski/yeni alüvyon’ başlıkları altında gösterilmiştir. Kuvaterner yaşlı bu birimlerin kökenlerinin anlamlandırılmaları oldukça hararetli tartışmalar eşliğinde sürmüş, fakat önemlerini en baştan beri hissettirmişlerdir. Zaman içerisinde daha yaşlı jeolojik birimlerin haritalanmasında büyük aşamalar kaydedilmiş, ancak Neojen ve Kuvaterner birimlerinin uzun yıllar detaylandırılmadığı ve genelde birer yaş birimi olarak kabaca haritalanmış oldukları görülmektedir.

Dünya genelinde yerleşim yerlerinin çok büyük bir kısmı, düzlük alanlara tekabül etmeleri ve su kaynaklarıyla etkileşimli olmaları gibi taşıdıkları coğrafi cazibelerden ötürü, Kuvaterner yaşlı çökellerce kaplanmış olan ova alanlarda konumlanmaktadır. Hızla artan insan nüfusu ve buna koşut gelişen şehirleşmeler neticesinde, bu devre ait birimlerin ‘alüvyon’ nitelemesinin ötesinde detaylı olarak haritalanmalarına duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Yirminci yüzyılın başlarından itibaren, özellikle Kuvaterner birimlerinin Avrupa ölçeğinde haritalanmasına dönük girişimler olmuş, ancak İkinci Dünya Savaşı’ndan ötürü bu girişimler askıya alınmıştır. Kuvaterner birimlerinin haritalamalarında, ilk başlarda yalnızca jeomorfolojik ve litolojik özellikler dikkate alınarak işlenmiş olsalarda günümüzde birçok ülke esas itibarıyla bu özelliklerinin ön planına birimlerin yaşları ve depolanma ortamlarını almışlardır. Bu ölçütün yanı sıra bazı ülkelerde; tane boyu, tane ve mineral bileşeni, eski kıyı ve buzul izleri, hatta mühendislik özellikleri de Kuvaterner haritalarında dikkate alınan diğer parametrelerdir.

Ülkemizde, özellikle 1999 depremlerinin ardından yerleşim yerlerinin üzerinde hızla geliştiği Kuvaterner birimlerinin haritalanması en başta mühendislik amaçlı olarak ihtiyaç haline dönüşmüştür. Aynı zamanda iklim ve aktif tektonik gibi konularda taşıdıkları büyük bilimsel değerleri açısından da önem taşımaları bu birimlerin haritalanmalarına olan ihtiyacı arttırmaktadır. Bu çalışmada, Kuvaterner Jeolojisi haritalarının hazırlanmasında izlenen yaklaşımlar ve karşılaşılan başlıca sorunlara dair mevcut durum değerlendirmesi, dünyanın çeşitli bölgelerinden ve ülkemizden örnekler temelinde yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kuvaterner haritalaması, jeoloji haritası, jeomorfoloji haritası, çökelleme ortamları, Pliyosen sorunu.

Abstract: Towards the mid-nineteenth century, the unconsolidated deposits, which are mostly occupy quite large areas particularly in North Eurasia and North America, have become the main argument among the geoscientists. Although the term ‘Quaternary’ has been suggested as a time unit in that century, this period had often been shown

in the maps under the headings of 'diluvium-alluvium' or 'old/new alluvium'. While the origins of these Quaternary aged units had been discussed under hot debate, these units have felt their importance from the beginning. However, during the mapping studies, the Neogene and Quaternary units have not been elaborated for many years on geological maps and are generally seen to be roughly mapped only as age units.

A large part of the settlements around the world are located in plain areas that covered by the Quaternary deposits because of the attraction of geographical conditions, such as transportation suitability and interaction with water resources. Due to the rapidly increasing human population and urbanization, there is a growing need for detailed mapping of these units beyond their characterization as only 'alluvium'. From the beginning of the twentieth century, attempts have been made to map the Quaternary units, particularly on the European scale, but these attempts have not resulted because of the Second World War. Although the lithology was considered firstly in the early Quaternary geological maps, it is observed that the ages and depositional environments of the units are taken into account in the world generally. In addition to this criterion, grain size, grain and mineral composition, coastal and glacial lines, and engineering characteristics are also considered in the geological mapping of Quaternary in some countries.

In Turkey, the mapping of Quaternary plains, where the settlements developed rapidly on, has become a necessity firstly for engineering purposes, especially after the 1999 earthquakes. At the same time, in terms of their great scientific value for climate and active tectonics researches, their importance also increases the need for mapping of these units. In this study, the evaluation of current approaches in the preparation of Quaternary geological maps and encountered major problems have been made on the basis of examples from various parts of the world and from Turkey.

Keywords: *Quaternary mapping, geological map, geomorphological map, depositional environments, Pliocene problem.*

GİRİŞ

Kuvaterner jeolojisi ve jeomorfolojisi, Yerküre'nin 2,588 my'lık geçmişindeki buzul, akarsu, göl, deniz ve rüzgâr sistemlerinde meydana gelen değişimlerin incelenmesi ve kaynak mekanizmalarının anlaşılması için başvurulan temel disiplini temsil etmektedir (örn. Wright ve Frye, 1965; Flint, 1971; Ehlers, 1996; Forman ve Stinchcomb, 2015). Yerküre üzerinde insan yaşam alanlarının büyük çoğunluğu fizyografik özelliklerinden ötürü doğrudan Kuvaterner birimlerinin üzerinde ya da kenarında konumlanmıştır. Buna karşın bu döneme ait jeolojik birimlerin özellikleri yerel ölçekte detaylandırılmalarına rağmen genel ölçekte iyi bilinmemektedir. Bu eksikliğin en önemli sebebi ise diğer jeolojik dönem ürünlerinin aksine bu döneme ait birimlerin haritalanmalarının çoğu zaman göz ardı edilmesidir. Artan dünya nüfusunun ihtiyaçlarının en başında gelen su ve gıda kaynakları ile ulaşım olanaklarına dönük sahip olduğu imkânlardan ötürü, Kuvaterner birimlerinin göz ardı edilmeleri artık mümkün

değildir. Özellikle yerleşim yerlerinin büyük ölçüde bu döneme ait tortullar üzerinde gelişmesi, deprem, sel ve heyelan gibi doğal afetler açısından da bu alanların jeolojik özelliklerinin daha ayrıntılı ele alınmasını gerekli kılmaktadır. Tam da bu noktada eksik olan ise bu döneme ait birimlerin Uluslararası Stratigrafi Komisyonu (ISC) veya Uluslararası Kuvaterner Birliği (INQUA) gibi kurumlarca tanımlanmış belli kurallara bağlı haritalamalarının eksik olmasıdır (Kazancı, 2012a). Dolayısıyla, ilerleyen bölümlerde de ele alınacağı gibi, bu haritaların hazırlanmasında bir çok ülke ihtiyaçları ve sahip oldukları jeolojik ve jeomorfolojik özellikleri temelinde bağımsız haritalama uygulamaları gerçekleştirmektedirler (örn., Knudsen vd., 2000; Lee ve Booth, 2006). Bu çalışmada Kuvaterner teriminin ortaya atılmasından günümüze değin Dünya'nın farklı bölgelerinden örneklerle Kuvaterner birimlerinin haritalanmalarına dönük yaklaşımlar ve sorunlar irdelenmiş, ülkemiz jeolojisi temelindeki yansımaları ve bu alana katkılar aynı çerçevede değerlendirilerek çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

TARİHSEL ÇATI

Kuvaterner kavramının ortaya atılması 18.yy'ın sonlarına tekabül etmekle beraber, Kuvaterner jeolojisi ve jeomorfolojisinin gelişmesi 19.yy'da sağlanmış, Kuvaterner stratigrafisi ve haritalaması gibi konuların oturması ise büyük ölçüde 20.yy'da meydana gelmiştir.

Dördüncü Çağ kavramı İtalyan bir yerbilimci olan Giovanni Arduino (1714-1795) tarafından tüm Dünya tarihini İtalya'da bölgesel olarak gözlemlediği 'Atesin Alpleri', 'Alpin dağ eteği tepeleri', 'alt-Alpin tepeleri' ve 'Po Nehri Ovası' özelinde dört evre halinde sıralamasına dayanmaktadır (Elias, 2013). Bu yaklaşımla bölge istifi Birinci (Primary), İkinci (Secondary) ve Üçüncü (Tertiary) sıra kayalar olarak kullanmış ve bunların üstündeki gevşek tutturulmuş birimleri de "dördüncü sıra katman" olarak ifade etmiştir (Ell, 2011, 2012). Bu sıralama aynı zamanda Jeolojik Zaman Tablosu'nun da başlangıcı olmuştur (Şengör, 2000). Arduino'ya göre "dördüncü sıra" birimlerini kolüvyonlar, alüvyon yelpaze çökelleri ve düzlüklerdeki akarsu veya eşdeğeri genç tortullar temsil etmiştir (Pillans ve Naish, 2004; Kazancı, 2012b). Fransız bir jeolog olan Jules Pierre François Stanislas Desnoyers (1800-1887; Şekil 1a) ise Paris Havzası'ndaki Genç Tabakaları, alttaki Tersiyer birimlerinden ayırmak için *Kuvaterner* terimini ilk kez kullanmıştır (Desnoyers, 1829) (Şengör, 2000; Ell, 2011; Elias, 2013). Günümüz stratigrafisinin çerçevesi bu şekilde çizilirken, bu süreçten bağımsız olarak kullanılan ve Nuh Tufanı'nın denetiminde çökeldiği düşünülen ova alanlardaki gevşek ve iri taneli tortullar 'dilüvyon' (*diluvium*; su baskını kayaları) terimi, taşkın ardından karalarda akarsular tarafından meydana getirilen tortulları ifade etmek içinde 'alüvyon' (*alluvium*) ifadesi kullanılmıştır (bakınız Kazancı, 2012b). Eski çalışmalarda zaman zaman Dilüvyon ifadesi Pleyistosen ve Buzul Çağı terimleri yerine, Alüvyon da Holosen ile eş anlamlı olarak kullanılmıştır (Erol, 1979).

Kuvaterner periyodunun Pleyistosen katı ise İskoç jeolog Charles Lyell (1797-1875; Şekil 1b) tarafından ortaya atılmış bir terimdir (Lyell, 1839) (Oldroyd ve Grapes, 2008). 1833 yılında yine kendisi tarafından tanımlanan '*Daha yeni Pliyosen*' (Newer Pliocene; Lyell, 1833) teriminin yerine 1839 yılında kendi önermiştir (Elias, 2013). Lyell'in bu önermesi ile hemen hemen aynı dönemde '*Buzul Çağı*' (Ice Age) tanımlaması yapılmış (Forbes, 1846), Miyosen ve Pliyosen'i kapsayacak şekilde Neojen terimi önerilmiştir (Hörnes, 1853). 1873 yılında ise Lyell, Pleyistosen'in 'Pliyosen sonrası' olarak Buzul dönemi için kullanılması gerektiğini ve bu dönemin Buzul sonrası dönem olan 'Güncel' (Recent)'den ayrılması gerektiğini ifade etmiştir (Lyell, 1873). Fransız paleontolog ve entomolog François Louis Paul Gervais (1816-1879; Şekil 1c) ise sonradan bahsi geçen 'Güncel' terimi yerine günümüzde kullanılan 'Holosen' terimini kullanmıştır (Gervais, 1848-1852) (Elias, 2013).

Yukarıda özetlenen çerçevede daha 19. yy sona ermeden günümüz Kuvaterner stratigrafisinin fosillere dayalı olarak büyük ölçüde şekillendiği görülmektedir (Kazancı, 2012b). 20. yy'da ise yeni bir tartışma Neojen ve Kuvaterner arasındaki sınırın tanımlanmasında ortaya çıkmıştır (bakınız van Couvering, 1997; Gibbard vd., 2005; Suguio vd., 2005). Önceden radyometrik tarihlendirmeler kapsamında 1,806 my'luk bir zaman dilimini temsil ettiği kabul edilen Kuvaterner'in (örn. Aguirre ve Pasini, 1985) 2009 yılında Uluslararası Stratigrafi Komisyonu'nun kararı gereğince zaman aralığı 2,588 my'a genişletilmiştir (Mascarelli, 2009; Kazancı, 2009). Bu çerçevede önceden Pliyosen'in üst katını temsil eden Gelasiyen'in Pleyistosen'e katılması kabul edilmiştir (bakınız Cita vd., 2006; Kazancı, 2009; Gibbard vd., 2010). Stratigrafik tanımlamalarındaki bu tartışmalara ve gelişmelere benzer şekilde, Kuvaterner birimlerinin bölgesel olarak oldukça zengin çeşitlilik sunmasından ötürü haritalardaki durumu ve tanımlamalarında da zamansal ve mekânsal olarak daha kapsamlı şekilde tartışmalar ve gelişmeler olmuştur.



Şekil 1. Sırasıyla Kuvaterner, Pleyistosen ve Holosen terimlerini ortaya atan yer bilimciler; **a)** Jules Pierre François Stanislas Desnoyers (1800-1887), **b)** Charles Lyell (1797-1875) ve **c)** François Louis Paul Gervais (1816-1879).

Figure 1. Geoscientists who have put forth the terms *Quaternary*, *Pleistocene* and *Holocene*, respectively; **a)** Jules Pierre François Stanislas Desnoyers (1800-1887), **b)** Charles Lyell (1797-1875) and **c)** François Louis Paul Gervais (1816-1879).

DÜNYA'DAN ÖRNEKLER

Girişte de belirtildiği gibi Kuvaterner jeolojisine dönük haritaların hazırlanmasında birçok ülke sahip oldukları Kuvaterner dönemi ürünlerini temel alarak başlıca jeolojik ve jeomorfolojik özellikler ışığında çoğun birbirilerinden bağımsız haritalama yöntemleri benimsemişlerdir. Bu sebepten ötürü bu kısımda başta Avrupa kıtası ülkeleri olmak üzere Amerika, Asya ve Avustralya kıtalarından örnekler tarihsel gelişimleri göz önünde bulundurularak sunulmuş, böylece bu bölgelerdeki ülkelerin Kuvaterner haritalamalarında izledikleri yaklaşımlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilebilmiştir.

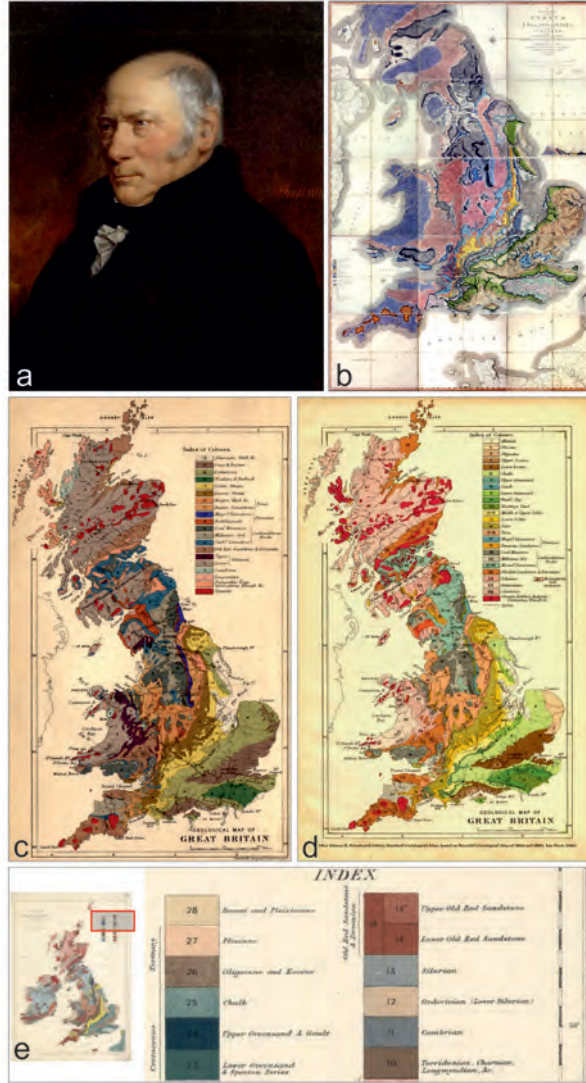
Birleşik Krallık

Jeolojik haritalamanın tarihçesi kuşkusuz İngiltere’de William Smith’in (1769-1839; Şekil 2a) öncü çalışmalarıyla başlamıştır. Bu çalışmalar günümüz haritalarının hazırlanmasına uzanan süreçteki haritalama yaklaşımlarında da esas belirleyici unsur olmuştur. Birleşik Krallık’ın 1815 yılındaki haritası Smith’in litostratigrafik tanımlamasına göre hazırlanmış ve günümüzde

kullanıldığı anlamıyla jeoloji haritalarının ilk örneğini temsil etmektedir (Şekil 2b). Bu çerçevede jeolojik zaman terimlerinden uzak hazırlanan bu Birleşik Krallık haritasının izleyen yüzyıl içerisindeki sürümlerinde Jeolojik Zamanların da kullanılmaya başlandığı dikkat çekmektedir (Şekil 2c-e). Smith’in haritasını izleyen ilk örneklerde ‘alüvyon’ olarak ifade edilen Kuvaterner çökelleri 1906 yılındaki jeoloji haritasında ‘Güncel ve Pleyistosen’ olarak tanımlanmıştır. 20. yy’ın başında bu genellenmiş yaklaşımın izlendiği Birleşik Krallık’ta 1977 yılına gelindiğinde kara alanının tamamını kapsayacak şekilde detaylı bir Kuvaterner haritasının yayımlandığı görülmektedir (Şekil 3). 1:625.000 ölçekli ve 2 pafta halinde (kuzey ve güney) hazırlanan bu harita 1:50.000 ölçeğinde hazırlanan haritalardan derlenerek oluşturulmuş ve genel olarak litolojik tanımlamalara dayalı yapılmıştır. Depolanma ortamlarının kısmen belirtildiği bu 1977 haritası üzerinde arkeolojik yerleşimler de kronolojik olarak gösterilmiştir (örn., Bronz Çağı, Neolitik vb.). 1994 yılında ise bu sefer adanın çevresinde denizel alanların tabanlarının Kuvaterner çökellerini gösterir bir harita yayımlanmıştır (Şekil 4). Bu haritada yine kuzey ve güney paftalar

olmak üzere iki parça halinde hazırlanmıştır. İngiliz Jeoloji Servisi'nin (British Geological Survey) 1:250.000 ölçekli Kuvaterner Jeolojisi Harita Serisi'nden derlenerek üretilmiş olan bu harita da kronoloji ve litoloji beraber sunulmuştur (Şekil 4). Son dönemde İngiliz Jeoloji Servisi'nin Cooper vd., 2014).

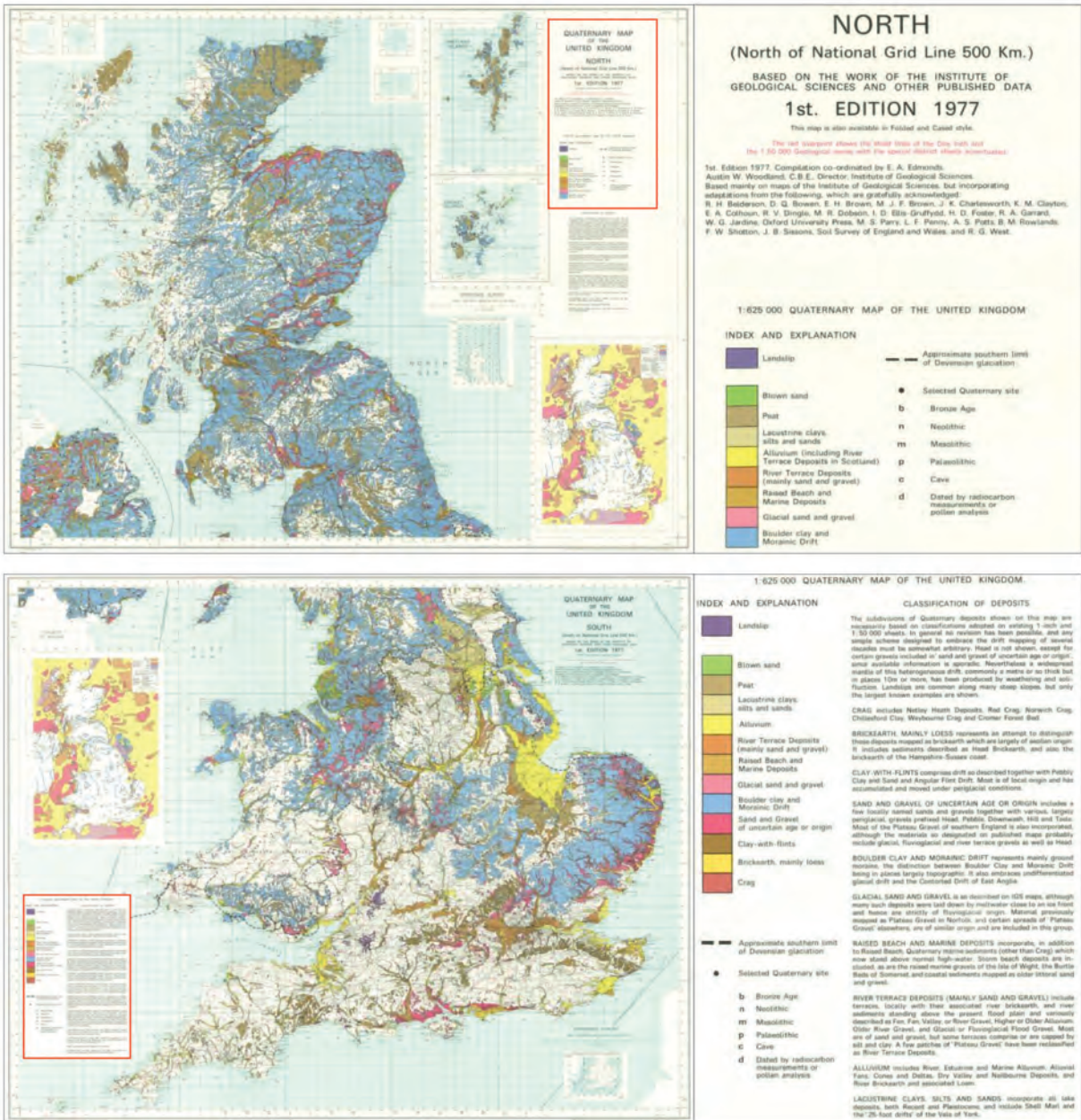
Kuvaterner birimlerinin haritalanmasına dönük olarak yayımlar hazırlaması ve kurslar vermesi yukarıda bahsi geçen Kuvaterner haritalarının mevcut olmasına rağmen özellikle İngiltere'de konuya verilen önemi yansıtmaları açısından oldukça önemlidir (bakınız Lee ve Booth, 2006;



Şekil 2. a) Jeolojik haritalama konusunda büyük ölçüde günümüzdeki sistemi geliştiren William Smith (1769-1839), **b)** litoloji temelli hazırladığı 1815 tarihli İngiltere haritası, **c-e)** Birleşik Krallık'ın farklı araştırmacılarca kısmen litoloji kısmen de yaş esaslı hazırlanmış 1878, 1904, 1906 tarihli jeoloji haritaları. Sırasıyla bu haritalarda Kuvaterner birimleri 'Alüvyon ve Sürüklenim (drift)' (c), 'Alüvyal' (d) ve 'Güncel ve Pleystosen' (e) olarak gösterilmiştir.

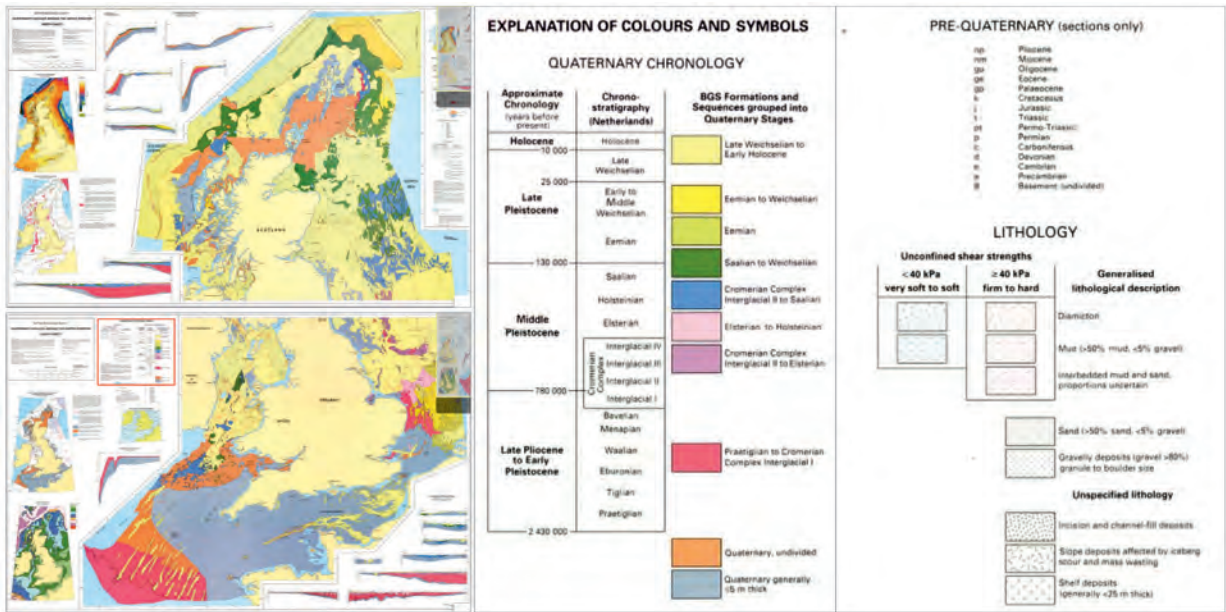
Figure 2. a) William Smith (1769-1839), who majorly developed the current system of geological mapping, **b)** the 1815 map of Great Britain, based on lithology, **c-e)** The geology maps of the United Kingdom in 1878, 1904, 1906

prepared by different researchers partly based on lithology and age. Quaternary units are shown in these maps as 'Alluvium and drift' (c), 'Alluvial' (d) and 'Current and Pleistocene' (e), respectively.



Şekil 3. Jeolojik Bilimler Enstitüsü tarafından 1977 tarihinde iki pafta halinde yayımlandığı 1:625.000 ölçekli Birleşik Krallık Kuvaterner Haritası.

Figure 3. The 1: 625,000 scaled Quaternary Map of the United Kingdom, published by the Institute of Geological Sciences in 1977 as two sheets.



Şekil 4. İngiliz Jeoloji Dairesi'nce 1994 yılında iki pafta halinde yayımlanan 'Birleşik Krallık Çevresinin Kuvaterner Jeolojisi' haritası.

Figure 4. Map of 'Quaternary Geology around the United Kingdom' published in 1994 by the British Geological Survey as two sheets.

İrlanda

İrlanda'da Kuvaterner araştırmaları 1831 yılında kurulan Dublin Jeoloji Cemiyeti ve 1845 yılında kurulan İrlanda Jeoloji Servisi'nin öncü çalışmalarıyla 19. yy'n ilk yarısından itibaren başlamıştır. Daha 19. yy'n ortalarına gelindiğinde doğa tarihçilerinin, akademideki jeologların ve jeoloji servislerinin oluşturduğu ciddi bir Kuvaterner bilgi birikimi ortaya çıkmıştır (Coxon vd., 2017). Kinahan (1865), Close (1867), Kilroe (1888) ve Sollas (1896)'ın haritalama çalışmaları büyük ölçüde İrlanda'nın buzul ve buzularası dönem ürünlerini yansıtmaları bakımından büyük önem taşımaktadırlar. 19. yy'n sonlarına doğru İrlanda'nın Kuvaterner jeolojisi önemli ölçüde haritalanmış, sınıflanmış ve tanımlanmış olarak 1:10000 ve 1:60000 ölçeklerinde derlenmiştir (Coxon vd., 2017). 20. yy'n başlarında az miktardaki akademik yerbilimcinin yanı sıra amatör bilimcilerin büyük katkıları sağladığı İrlanda Kuvaterner'i oldukça ilgi çekmeye

başlamış, dünyanın farklı yerlerinden gelen birçok Kuvaterner jeoloğunun araştırmalarında önemli yer tutmuştur. Kuvaterner bilimi tarihinde önemli bir dönemeci ifade eden 1914 tarihli "The Quaternary Ice Age" (Wright, 1914) kitabının yazarı William Bourke Wright, 1903 yılında Howth ve Dublin Dağları bölgesinde haritalamalar yapmış (Wright ve Muff, 1904), bu çalışmalarıyla Kuvaterner jeologları üzerinde oldukça etkili olmuştur (Coxon vd., 2017). 1950'lilere kadar Kuvaterner haritalamaları genel olarak buzul morfolojilerinin haritalara yansıtılması şeklinde olmuş, ancak bu tarihten itibaren sedimantolojik veriler de jeomorfoloji kadar haritalarda yer bulmaya başlamıştır (örn. Synge, 1950). 1970'lere gelindiğinde buzul tarihçesi, vejetasyon tarihçesi ve arkeolojiye dönük veriler bir arada değerlendirilmeye başlanmış (örn. Mitchell, 1976); 1980'lerde sedimantoloji, stratigrafi ve jeomorfoloji alanlarındaki araştırmacılar İrlanda Kuvaterner'ini artık tüm boyutlarıyla ele alır

olmuşlardır (örn. Dardis ve McCabe, 1983; Dardis vd., 1984, McCabe, 1987). Eyles ve McCabe (1989)'in depolanma sistemleri yaklaşımını izleyerek günümüze kadarki süreçte Kuvaterner çalışmalarında depolanma ortamlarının tanımlanması önem kazanmıştır (Coxon vd., 2017). Ülke çapında sistematik haritalamalar 1990'lı yıllarda İrlanda Jeoloji Servisi bünyesinde yürütülen 'Yeraltı suyu Koruma Planı Haritalaması' projesi kapsamında 1:50.000 ölçekli olarak başlamış ve temel kaya, toprak ve Kuvaterner çökel haritalamaları temelinde yürütülmüştür (Meehan, 2013). Son olarak 2011 yılının sonunda başlatılan 'Kuvaterner Harita Veri Setlerinin Birleştirilmesi' başlıklı çalışma kapsamında 1:25.000 ölçekli Kuvaterner çökel haritaları morfolojik, sedimantolojik ve çökel kalınlığı verileri temelinde sayısal ortamda hazırlanmaya başlanmıştır (bakınız Meehan, 2013).

İskandinav ülkeleri

İskandinav ülkelerinin jeolojik haritalarında Kuvaterner birimlerine yer verilmesi birçok ülkeden önce olmuştur. İsveç, Finlandiya ve Norveç uzun zamana yayılmış bir Kuvaterner araştırmaları tarihçesine sahip ve haritalama konusunda da önemli tecrübeleri olan ülkeleri temsil etmektedirler. Belli bir sistematik dâhilinde olmasa da bu bölgenin özellikle buzul süreçleri ile ilgili çökelme ve aşınma ürünlerine ev sahipliği yapıyor olması kuşkusuz bunda en önemli etkidir. Bahsi geçen ülkelerden Finlandiya Jeoloji Servisi'nin (Geologian Tutkimuskeskus) 1984 yılında tüm Finlandiya 1:1.000.000 ölçekli Kuvaterner haritasını, birimlerin depolanma ortamlarının haritalanması temelinde tamamladığı görülmektedir (Şekil 5).

İsveç Jeoloji Dairesi (Sveriges Geologiska Undersökning) ise Kuvaterner birimlerine ülkenin ilk jeoloji haritalarını da kapsayan ve 1861-1974 arasında yayınlanan Aa serisi paftalarında önemli bir yer vermiş, izleyen süreçte 1964-2015 yılları

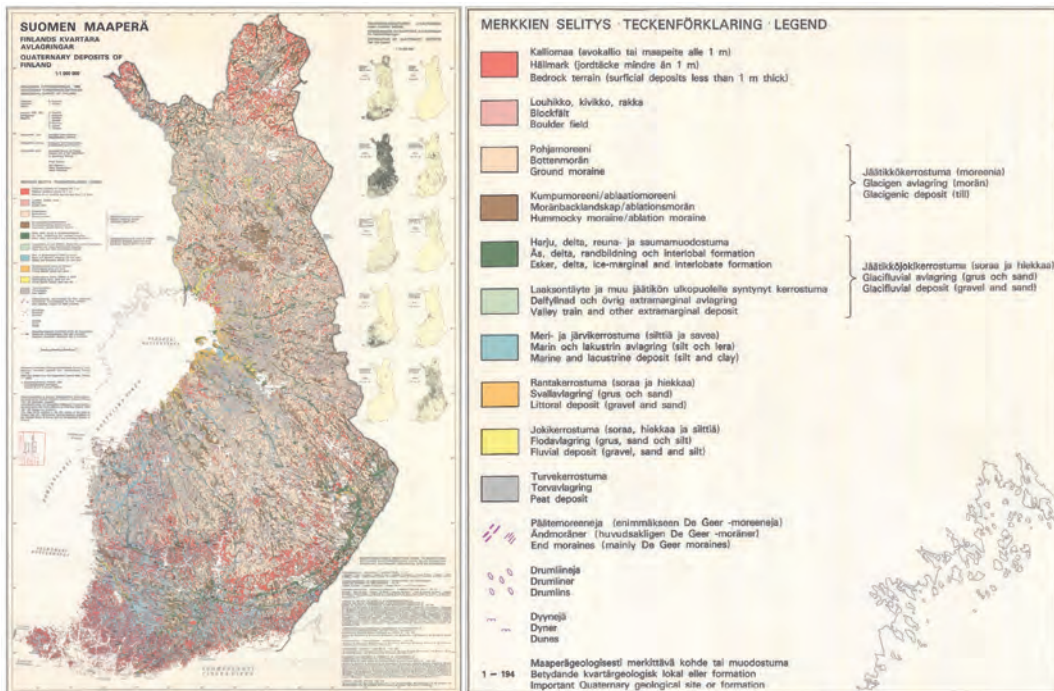
arasında ise doğrudan Kuvaterner haritaları üretmeye başlamıştır. 1:50.000 (Ae serisi - 1964-2003) ve 1: 50.000-1:100.000 (Ak serisi - 1985-2015) ölçekli Kuvaterner haritalarında, Kuvaterner çökellerinin haritalanması esas alınmış, diğer yandan Kuvaterner ve daha eski birimlerin barındırdıkları buzul süreçleriyle ilgili yapılar ve dağılım özellikleri de haritalara işlenmiştir (Şekil 6).

Jeoloji servisi 1858 yılında kurulan Norveç'in jeolojik haritalarının yapılması ise biraz daha öncesine 1840'lı yılların başına rastlamaktadır (Keilhau, 1840-1845). Norveç Jeoloji Dairesi kurulduktan sonra haritalama konusu hemen ele alınmış ve temel kayalar ile kısmen de yüzey çökellerinin bulunduğu ilk haritalar ülkenin güney ve güneydoğu kesimlerini kapsayacak şekilde 1:400.000 ölçekli olarak 1860'lı yılların sonuna yetiştirilmiştir (Kjerulf ve Dahll, 1866). Bu haritada Kuvaterner dönemi ürünleri kabaca denizel killer, kum ve çakıl depoları, tiller ve büyük buzul-kontağı ürünleri olarak başlıca üç grup halinde işlenmiştir (Bargel, 2003). 1870'lerden 1950'li yıllara kadar farklı ölçeklerde ülke çapında haritalamalar sürmüş, bunlar gerek Norveç Jeoloji Dairesi gerekse de bağımsız araştırmacılar tarafından yayınlanmışlardır. Ancak genelde temel birimlere ve buzullaşmalara dönük olan bu haritalarda Kuvaterner jeolojisine dönük ürünler ilk harita sürümlerindeki üç-dört grup birimi geçememiştir (Tanner, 1915; Rekstad, 1922; Holtedahl, 1929; Grønlie, 1940; Undås, 1942; Şekil 7a). Ancak unutmamak gerekir ki, bu haritalarda izlendiği şekliyle yüzey çökellerinin kökensel olarak sınıflandırılarak haritalanmasına birçok ülke çok sonra geçmiştir. Norveç'in seri halindeki ilk Kuvaterner haritalarına dönük arazi çalışmaları 1936 yılında başlamış olmakla beraber, 1:250.000 ölçekli hazırlanan haritalar 1951-1960 yılları arasında yayınlanmışlardır (örn. Holmsen, 1951, 1960). 1970'li yıllarda 1:50.000 ölçekli hazırlanan Kuvaterner haritaları aynı seri halinde 1990'lara kadar ise 1:20.000 ölçeğinde basılmış ve yayımlanmıştır (Thoresen, 1990; Bargel, 2003; Olsen vd., 2013; Şekil 7b-e).

Baltık ülkeleri

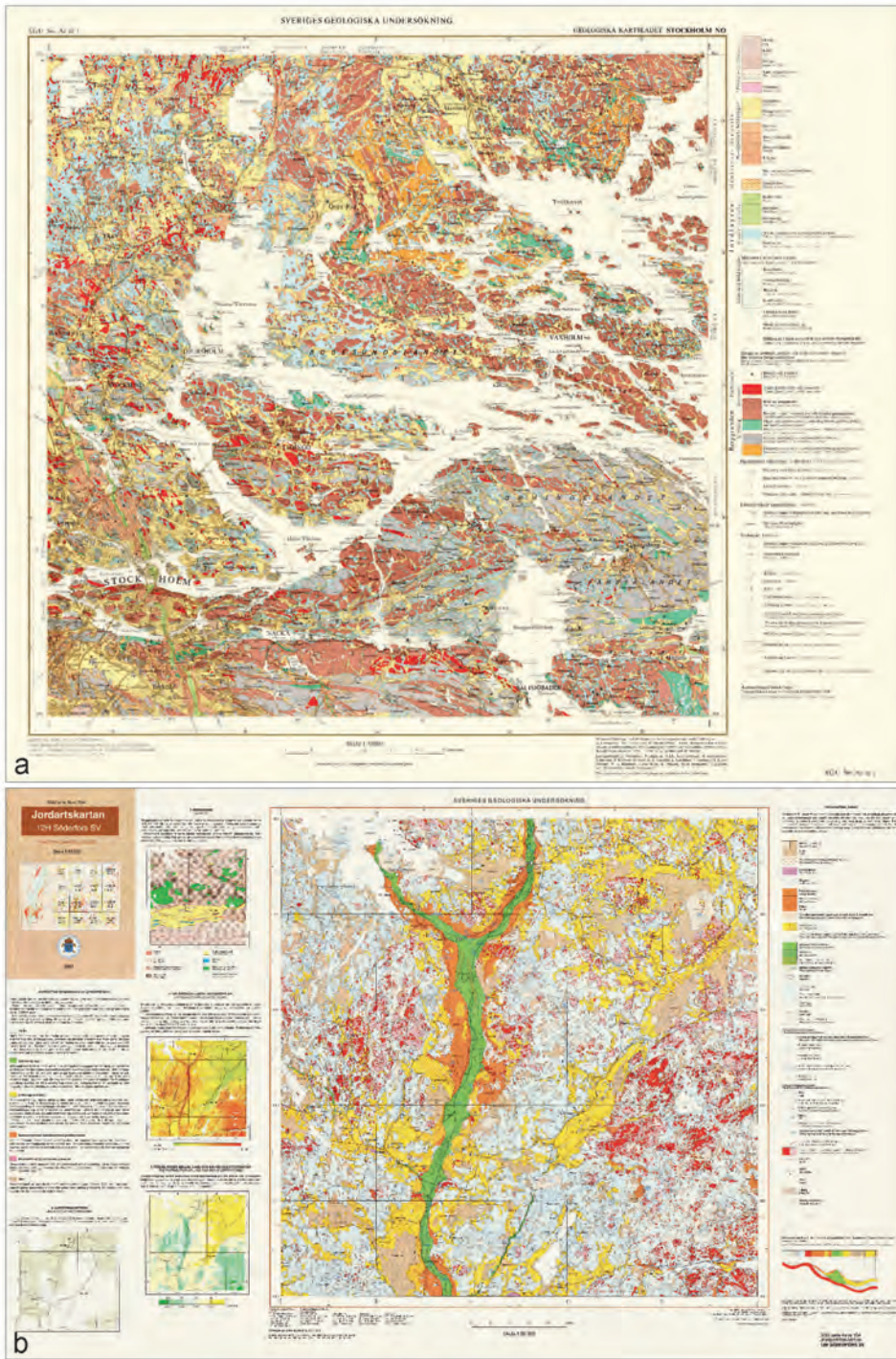
Baltık bölgesi ülkeleri (Estonya, Letonya ve Litvanya) doğa bilimleriyle 1579 yılında kurulan Vilnius ve 1632'de kurulan Tartu üniversiteleri sayesinde uzun bir zaman öncesinde tanışmış olmalarına karşın, jeolojinin doğa felsefesinin bir parçası olduğunun anlaşılması ve Kuvaterner jeolojisinin gelişmesi birçok Avrupa ülkesindeki gibi 1700'lü yılların sonlarına doğru olmuştur (Gaigalas, 2008). Kuvaterner jeolojisine dönük ilk araştırmaların temelleri bölgede sıkça karşılaşılan eratik blokların kökenleri üzerine geliştirilen hipotezlerle atılmıştır. 17. yy'da bu blokların kökenleri Ay'daki volkanik patlamalara ya da patlamış başka gezegen kalıntılarına atfedilmekteyken (bakınız Raukas, 1971), konuya ilişkin ilk yayımlanmış bilgilere, bu blokları oldukça geniş bir alanda gözlemlemiş olan Vasiliy Severgin'in (1765-1826) çalışmalarında rastlamak

mümkündür (Gaigalas, 2008). Severgin (1803), blokların farklı litolojilere sahip olduklarını ifade ederek, bunların farklı bölgelerden taşındıkları fikrinin benimsenmesini sağlamıştır. Kıtasal buzullaşma teorisinin geliştirilmesiyle bu blokların gelişimleri ve taşınımına dair görüşlerde ancak 19. yy'un başında Kuvaterner jeolojisi kapsamında yer bulmuştur (Gaigalas, 2008). 1940'lı yıllarda Jeoloji Servisi'nin kuruluşuna kadar bu birimlere ait çalışmalar bağımsız araştırmacılarca yürütülmüş, bu yıllardan itibaren bölgenin politik değişimi çerçevesinde jeolojik ve jeomorfolojik haritalamanın önem kazanması bu süreçle olmuştur. Baltık bilim insanları Avrupa ölçeğinde bir Kuvaterner haritası üretmek üzere eldeki malzemenin bir araya getirilmesinde aktif rol almalarına rağmen İkinci Dünya Savaşı'nın patlak vermesiyle bu çalışma yayımlanamamıştır (Gaigalas, 2008).



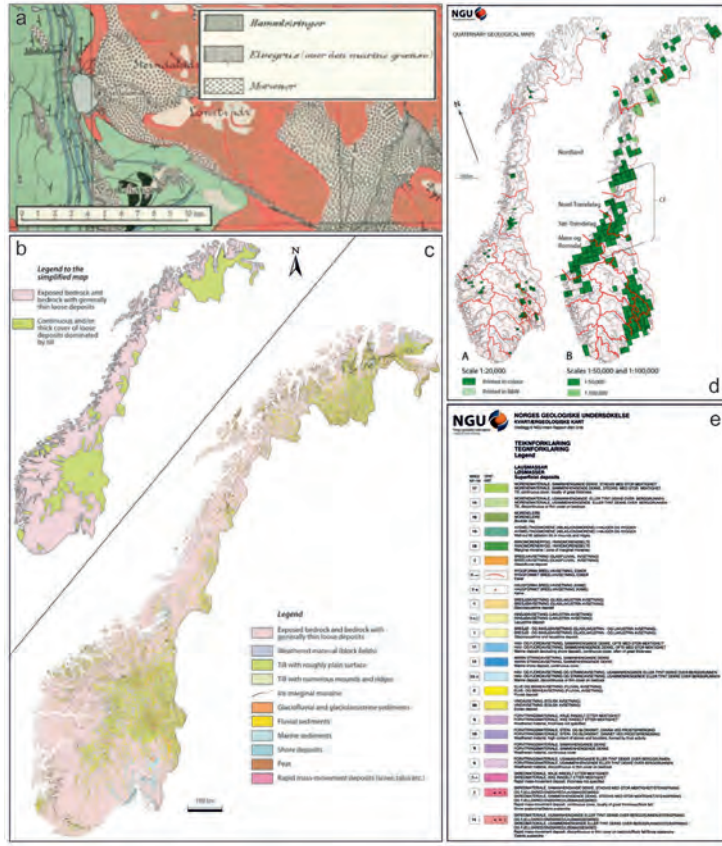
Şekil 5. Finlandiya Jeoloji Dairesi'nce 1984 yılında basılan 1:1.000.000 ölçekli Finlandiya Kuvaterner Çökel Haritası ve lejandı.

Figure 5. 1:1,000,000 scaled map of 'Quaternary Deposits of Finland' and legend published by the Geological Survey of Finland in 1984.



Şekil 6. İsveç Jeoloji Dairesi'nce hazırlanan 1:50.000 ölçekli İsveç Kuvaterner haritalarına ait Ae serisinin **a)** ilk basılan (No:1, 1964) ve **b)** son basılan (No:154, 2003) iki paftası.

Figure 6. a) The first (No. 1, 1964) and **b)** the last sheets (No. 154, 2003) of the Ae series of 1: 50.000 scaled Map of the Quaternary Deposits prepared by the Geological Survey of Sweden.



Şekil 7. a) Kuzey Norveç'in Saltdalen ve Dunderlandsdalen bölgelerinin Kuvaterner jeolojisi haritası (Rekstad, 1913); **b)** Norveç'in genellikle 1 metreden kalın birimlerce örtülmüş alanlarının basitleştirilmiş haritası (Olsen vd., 2013) **c)** 1:1.000.000 ölçekli Kuvaterner Çökel Dağılım haritası (Thoresen 1990; Olsen vd., 2013), **d)** Norveç Jeoloji Servisi'nin günümüzde tamamlanmış olan 1:20.000, 1:50.000 ve 1:100.000 Kuvaterner haritalarına ait pafta dağılımları, **e)** Norveç Jeoloji Dairesi'nin günümüz haritalarında kullandığı lejand (Bergstrøm et al., 2001).

Figure 7. a) Quaternary geology map of northern Norway's Saltdalen and Dunderlandsdalen regions (Rekstad, 1913); **b)** simplified map of covered areas of Norway, by usually 1 meter thickness (Olsen et al., 2013), **c)** 1:1,000,000 scaled distribution map of Quaternary sediments (Thoresen 1990; Olsen et al., 2013), **d)** sheet distributions of 1:20,000, 1:50,000 and 1:100,000 scaled Quaternary maps of the Geological Survey of Norway, **e)** the legend used by the Geological Survey of Norway in current Quaternary maps (Bergstrøm et al., 2001).

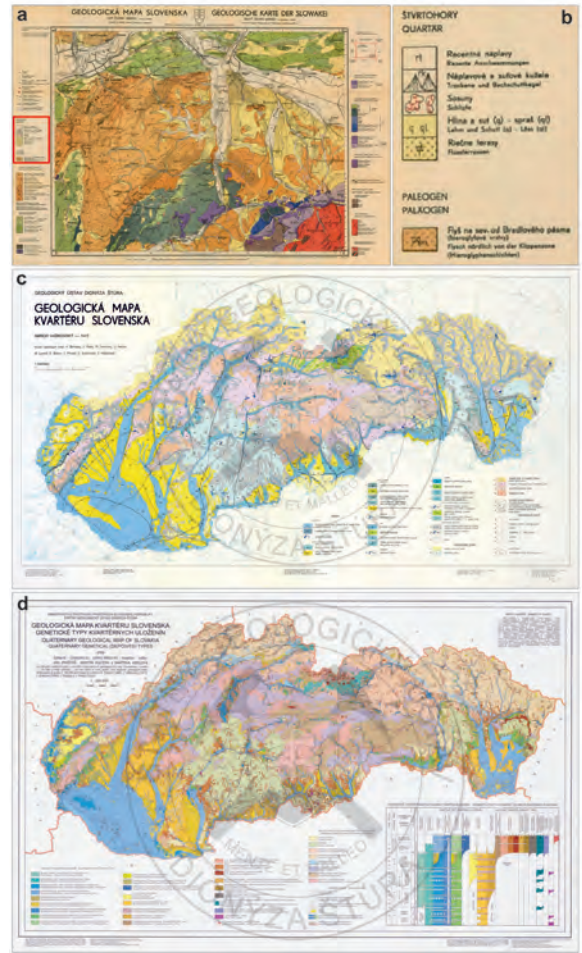
1940'lı yıllarda tarım ve toprak haritalamaları sırasında Kuvaterner çökellerinin plaser özelliklerine dönük haritalamalar bölgeyi işgal eden ülkelerin denetiminde yapılmış, ancak 1970'li yıllardan itibaren 1:50.000 ve 1:200.000 ölçekli jeolojik ve jeomorfolojik haritalamalarla Kuvaterner birimlerine dair detaylı bilgiler toplanabilmiştir (Gaigalas, 2008). Bu bilgiler ışığında Baltık ülkelerinin 1:500.000

ölçekli Kuvaterner ve jeomorfoloji haritaları açıklamalı notlarıyla beraber ancak 1978 yılında derlenebilmiş ve Grigelis (1980a,b) tarafından yayımlanmıştır (Gaigalas, 2008). Bu haritalar, Kuvaterner çökellerinin dağılımları, buzul ve buzulsonrası çökelleri gibi kronolojik ve litolojik tanımlamalar ile buzul ve deniz seviyesi değişimlerinin morfolojilerine dönük bilgiler içermektedir (Gaigalas, 2008). 1990'lı yıllarda

yeniden bir dönüşüm geçiren Baltık ülkelerinde yapılmakta olan güncel Kuvaterner haritaları klimatostratigrafik bölümlenmeler (Kuvaterner buzul, buzularası ve eoliyen dönemleri) yaklaşımını izleyen orta (1:200.000) ve büyük ölçekli (1:25.000 ve 1:50.000) haritalardır (Gaigalas, 2008).

Slovakya

Bir orta Avrupa ülkesi olan Slovakya Kuvaterner jeolojisine dönük haritalamalar konusunda dikkat çekici bir geçmişe sahiptir. Jeoloji haritalarının yayınlanması 1940'lı yıllarda, Çekoslovakya bünyesindeki zamanlarına tekabül eden Slovakya'nın erken dönem haritalarında dahi Kuvaterner dönemi birimlerini detaylandırma çabaları hemen fark edilmektedir (Şekil 8a,b). Ülkeye ait jeoloji haritalarını hazırlayarak yayımlayan Slovakya Jeoloji Servisi (Geological Institute of Dionýz Štúr) 1950'li yıllarda, Kuvaterner birimlerini kapsamayan ancak Avrupa'nın Jeoloji haritalarıyla bütünlük sağlayacak şekilde hazırlanan o zamanki Çekoslovakya'nın 1:200.000 ölçekli jeoloji haritasının yapımını sağlamıştır. 1966 yılında ülkenin özel olarak ilk Kuvaterner haritası hazırlanmıştır (Žebera, 1966). 1:500.000 ölçeğinde hazırlanan bu harita yalnızca Kuvaterner birimlerini içermenin ötesinde aynı zamanda temel kayaların günlenmesi neticesinde oluşan kalıntı örtü birimleri de kapsamaktadır. 1973 yılında hazırlanan Kuvaterner Jeolojisi Haritası'nda (Şekil 8c) önceki sürümündeki yaklaşım izlenerek Holosen ve Pleyistosen dönemlerinin haricinde genel kabul gören 4 buzul evresi ve buzularası dönemler haritalara işlenmeye çalışılmıştır (Vaškovský, 1973). Slovakya'nın güncel Kuvaterner Jeoloji Haritası ise 2009 yılında yine 1:500.000 ölçekli olarak basılmıştır (Maglay vd., 2009; Şekil 8d). Bu haritayı önceki sürümlerinden ayıran en önemli nokta, Kuvaterner birimlerinin daha detaylı bir kökensel tanımlama dâhilinde haritalanmış olmalarıdır.



Şekil 8. a-b) Slovakya'nın 1943 yılına ait 1:25.000 ölçekli jeoloji haritalarında Kuvaterner birimlerinin gösterilişi (Andrusov ve Kuthan, 1943), **c)** 1973 yılına ait 1: 500.000 ölçekli Kuvaterner haritası (Vaškovský, 1973), **d)** Slovakya'nın 2009 tarihli 1:500.000 ölçekli Kuvaterner Jeolojisi Haritası (Maglay vd., 2009).

Figure 8. a-b) Presentation of Quaternary units in 1:25,000 scaled geological maps of Slovakia in 1943 (Andrusov and Kuthan, 1943), **c)** 1:500,000 scaled Quaternary map of 1973 (Vaškovský, 1973), **d)** 1:500,000 scaled Quaternary Geology Map of Slovakia published in 2009 (Maglay et al., 2009).

İsviçre

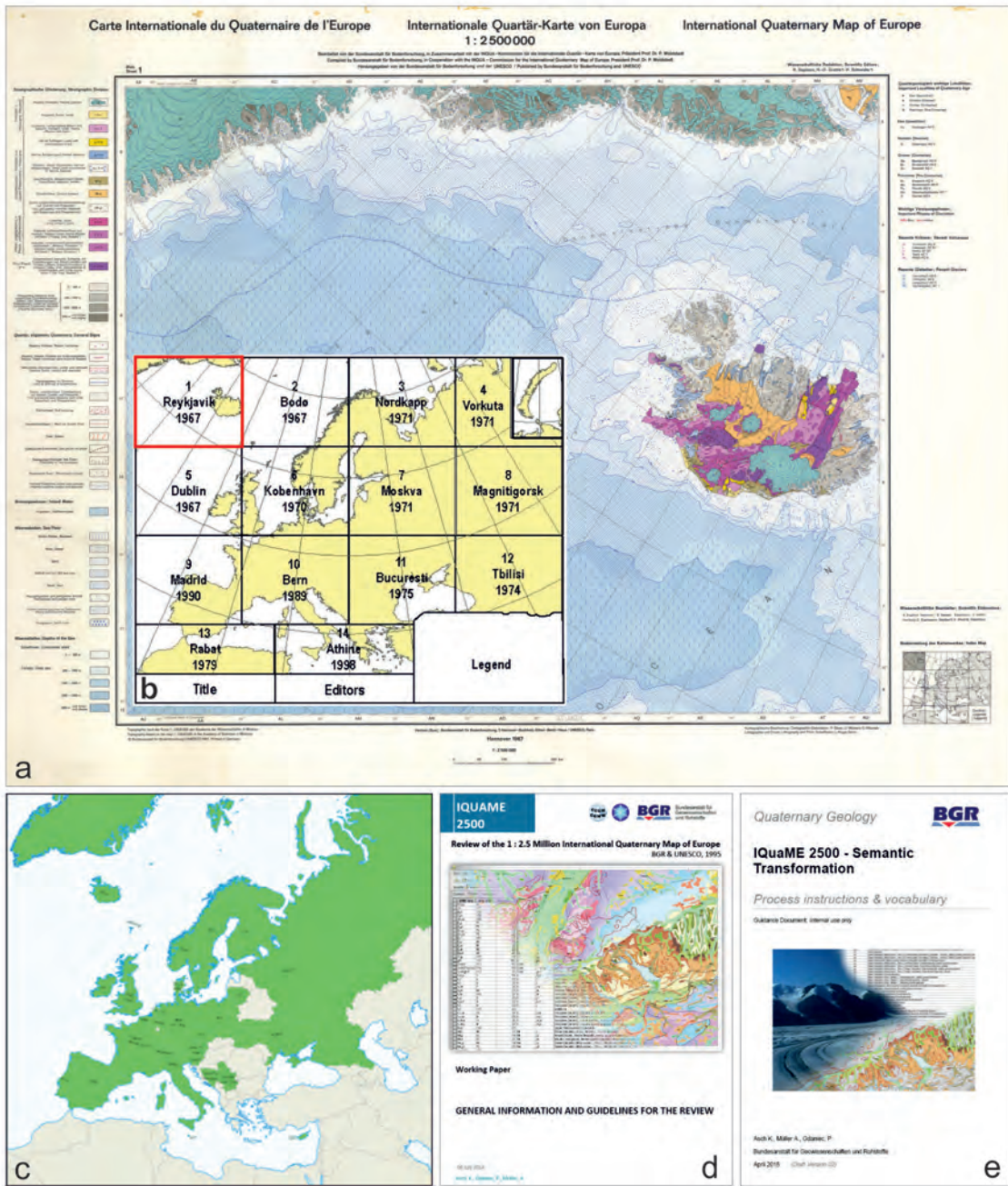
Birçok Avrupa ülkesinde buzul dönemlerinin jeoloji ve jeomorfoloji üzerindeki etkisinin haritalamalar sırasında ciddi anlamda hissedilmesi, Albrecht Penck (1858-1945) ve Eduard Brückner'in (1862-1927) dört buzul evresi yaklaşımının oldukça popüler olmasını sağlamıştır. Neticede Penck ve Brückner (1901-1909)'in güney Almanya özelinde yaptıkları gözlemlerle Günz, Mindel, Riss ve Würm isimlerini vererek sedimantolojik ve morfostratigrafik temelde yapmış oldukları tanımlamalar, tüm Alplerde yaygın kullanım bulmuş ve birçok ülkenin jeoloji haritalarında Kuvaterner birimlerinin gösterilmesinde klasik bir yaklaşım olmuştur. Kuvaterner birimlerini özellikle bu çerçevede değerlendirerek sunan ülkelerin başında ise İsviçre gelmektedir.

İsviçre Jeoloji Atlası'nın eski haritalarında buzul çakıllarının morfostratigrafik olarak belirgin seviyeleri (taraçalar) yerel isimlerle anılmakla beraber Penck ve Brückner (1901-1909)'un dört buzul evresine karşılık olarak tanımlanmışlardır (örn., Höhere Deckenschotter – Günz; Tiefere Deckenschotter – Mindel; Hochterrace – Riss; Niederterrace – Würm; Graf ve Burkhalter, 2016). Fakat güncel çalışmalarda (örn., Schlüchter ve Kelly, 2000; Graf, 2009a, b) bu geleneksel karşılaştırmalardan farklı yorumlamalar da gözlenmektedir (Graf ve Burkhalter, 2016). İsviçre'de Kuvaterner birimlerinin 1:25.000 ölçekli İsviçre Jeoloji Atlası haritalarına işlenmeleri konusunda izlenen güncel yaklaşım yukarıda değinilen 4 temel taraça gelişim kronolojisi altında ve kronostatigrafik, morfostratigrafik ve litostratigrafik özellikleri temelindedir (Graf ve Burkhalter, 2016). Bu çerçevede hazırlanan haritalarda Kuvaterner devresi “q” harfi ile gösterilirken bu harfi baskın litoloji ve ait olduğu birimin ismini ifade eden harflerle yapılan kısaltmalar izler (örn., q_{mB} – Beringen Buzul çökelleri; q_{sW} – Wettingen Çakılları; Graf vd. 2006).

Avrupa Kuvaterner Haritası

Avrupa kıtası ölçeğinde Kuvaterner devresinin ana özelliklerinin ortaya koyulması fikri ilk kez 1932'de Leningrad'da (St. Petersburg) düzenlenen İkinci Uluslararası Kuvaterner Araştırmaları Birliği (INQUA) Kongresinde tartışılmıştır. Almanya'daki Federal Yerbilimleri ve Doğal Kaynaklar Enstitüsü (BGR) ve INQUA işbirliği içinde derlenmeye başlanan 1:2.500.000 ölçekli Avrupa Uluslararası Kuvaterner Haritası'nın ilk paftaları 1967'de basılmış ve hedeflenen tüm alan 1997 yılında bitirilmiştir (Şekil 9a-c). Haritalar BGR ve UNESCO ortaklığıyla yayımlanmışlardır. Haritada, uç morenler, taban moreni, kama, hörgüç kaya, eskerler ve buz sınır çizgileri gibi birçok buzul özelliği temsil edilmektedir. Ayrıca buzul hareketlerinin yönleri, denizdeki transgresyonların sınırları ve faylar gibi diğer birçok Kuvaterner yapısına ve olayına da yine bu haritalar kapsamında yer verilmiştir. Hem jeolojiye dönük hem de tarih öncesi dönemlere ilişkin önemli Kuvaterner keşiflerine ait lokaliteler, batimetrik çizgiler ve deniz tabanını kaplayan son güncel çökellere dönük bilgilerde yine bu haritada yer bulan özelliklerdir. 14 harita paftasının her birinde yer alan lejantlar kapsadıkları bölgelerde göz önünde bulundurularak; Almanca, İngilizce, Fransızca veya Rusça olarak hazırlanmış, genel lejand ise 15 numaralı paftaya yerleştirilmiştir.

2011 yılında Bern'de düzenlenen INQUA toplantısında tartışılan Avrupa Kuvaterner Haritası'nın Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında sayısallaştırılmasına karar verilmiştir. 'IQuaME 2500 Semantik Dönüşüm' başlığında yürütülen sayısallaştırma işlemleri sırasında gerek paftalar arasında daha iyi bir uyum sağlanması, gerekse de uluslararası kullanımlar ışığında ortak bir terminoloji ve sözlük geliştirmesi ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu kapsamda günümüze kadar IQuaME başlığı altında beş çalıştay düzenlenmiş ve varılan fikir birlikleri çerçevesinde kılavuzlar yayınlanmıştır (Şekil 9d,e).



Şekil 9. 1:2.500.000 ölçekli Uluslararası Avrupa Kuvaterner Haritası'nın; **a)** İzlanda'yı içeren 1967 tarihli Reykjavik paftası, **b)** bütün paftaları gösterir pafta anahtarı, **c)** harita projesine doğrudan katkı sağlayan ülkeler, **d-e)** harita projesinin 2014 tarihli bilgilendirme kitapçıklarının kapakları.

Figure 9. 1:2,500,000 scaled International Quaternary Map of Europe **a)** the Reykjavik sheet of 1967 including Iceland, **b)** sheet index showing all sheets **c)** countries directly contributing to the map project, **d-e)** covers of the information booklets for the map project, published in 2014.

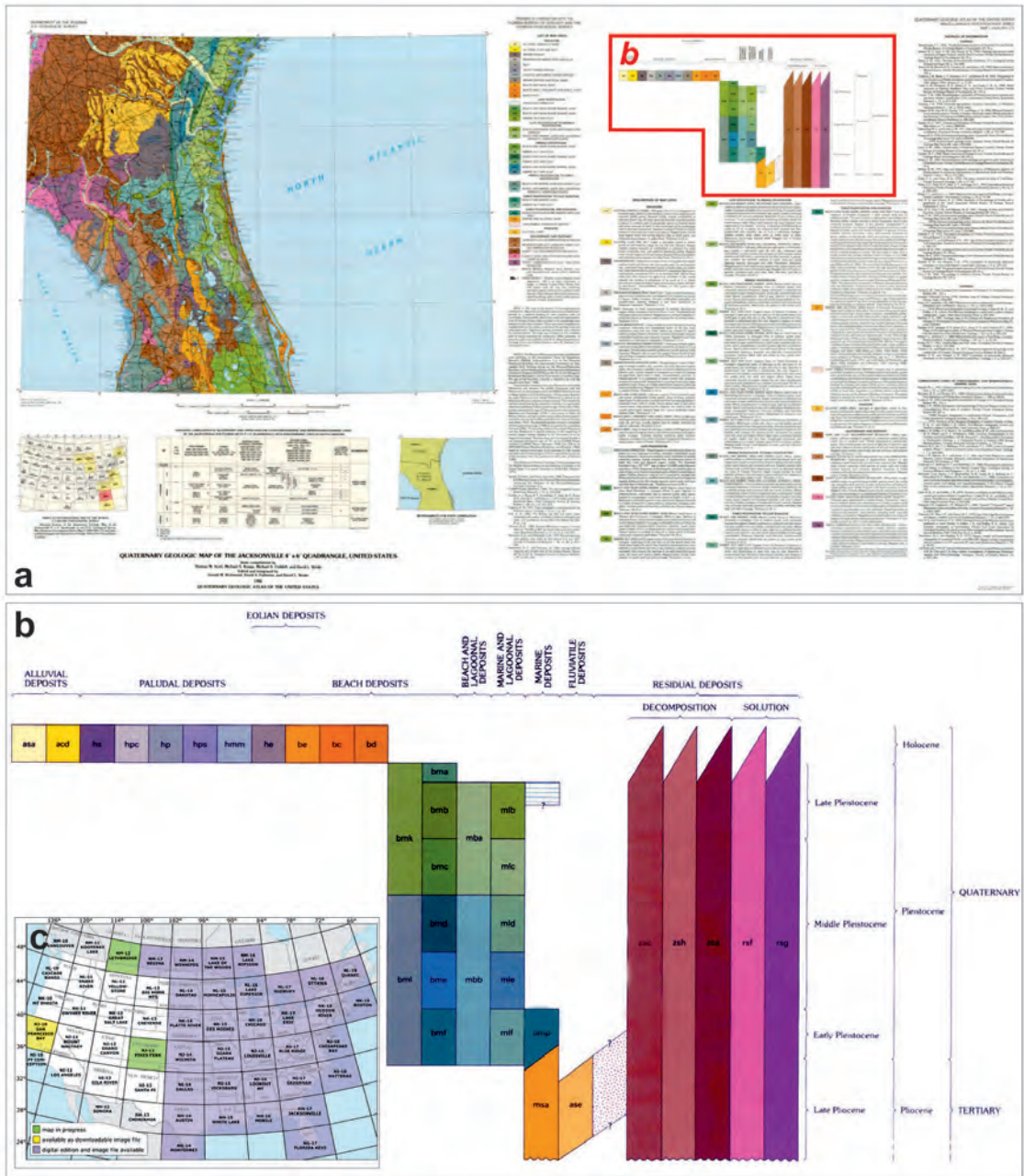
Amerika Birleşik Devletleri

Kuvaterner jeolojisi haritalarının hazırlanmasında en hızlı yol alan ülkelerin başında Birleşik Devletler gelmektedir. Birleşik Devletler'in Kuvaterner Jeolojisi'ne dönük hazırlanmış olduğu haritalar genel olarak Birleşik Devletler Jeoloji Servisi (USGS) bünyesinde, eyalet jeoloji servisleri ve üniversitelerin katkılarıyla hazırlanmıştır (Şekil 10a, b). Aynı zamanda bir kıta olduğu gerçeği de göz önünde bulundurulursa Kuzey Amerika'nın yarısından fazlasına ait Kuvaterner jeolojisi haritalarının tamamlanmış olması kuşkusuz konunun öneminin anlaşılmasındandır (Şekil 10c).

Kuzey Amerika'da Kuvaterner haritalamaları büyük ölçüde buzul haritalamalarına dayalı olarak gelişmiştir. Bunda kuşkusuz Kuvaterner döneminin tamamen buzul gelişimlerinin denetiminde olduğu düşüncesinin filizlendiği erken dönem çalışmacılarının Avrupa'nın akabinde Kuzey Amerika'da da benzeri oluşumları keşfetmeleri etkili olmuştur. Avrupa'da Jean de Charpentier (1786-1855) ve Ignace Venetz'in (1788-1859) geliştirdiği 'buzul teorisi' Louis Agassiz'in (1807-1873) 1840 tarihli '*Études sur les glaciers*' eseriyle yaygınlaşmaya başlamış, Agassiz 1846 yılında Harvard Üniversitesi'nde çalışmak üzere gidince de Kuzey Amerika'da hızla popüler olmuştur. Bu zamandan itibaren harareti tartışmalar eşliğinde yapılan haritalamalar buzul dönemlerinin birden çok olabileceğine işaret etmiştir. Bulgular, bahsi geçen dönemler arasındaki zamanlarda neler olup bittiğinin sorgulanmasına yol açmıştır. Ancak yine de Kuvaterner çalışmaları uzun yıllar yalnızca buzul gelişimleri çerçevesinde değerlendirilmiştir. 1965 yılında Denver'da yapılan INQUA kongresi için hazırlanan "Birleşik Devletler'in Kuvaterner'i" (Wright ve Frey, 1965) başlıklı kitap konunun ele alındığı kapsamın bu çerçevede kaldığına işaret etmektedir (Mickelson ve Colgan, 2004). Bu kitapla çerçevesi somutlaşan Kuzey Amerika Kuvaterner'i, kitabın basılmasını izleyen zamanda ivme kazanarak çalışılmaya devam etmiştir. Nihayetinde ülkenin Kuvaterner yaşlı oldukça

geniş alanlar kaplayan lös ve plüviyal göl gibi buzul kökenli olmayan birimleri dikkat çekmiştir. 1970'li yıllarda Kuvaterner birimlerinin çeşitliliği ve bunların iklimle ilişkilerinin daha detaylı ortaya konması amacıyla haritalama çalışmalarına dönük disiplinlerarası ve çok ortaklı CLIMAP (Climate/Long range Investigation Mapping and Prediction) ve COHMAP (Cooperative Holocene Mapping Project) projeleri geliştirilmiştir (Wright ve Bartlein, 1993). Bu çalışmaları USGS'in 1980'li yıllarda başlattığı 'Birleşik Devletler Kuvaterner Jeoloji Atlası' başlıklı haritalama projesi izlemiştir. 2016 yılı itibarıyla 1:1.000.000 ölçekli 33 pafta tamamlanarak yayımlanmış, 2 pafta ise basım aşamasındadır (Şekil 10c).

Birleşik Devletler Kuvaterner Jeolojisi Atlası haritaları genel olarak başlıca iki unsur temelinde hazırlanmaktadır: yaşlar ve depolanma ortamları (Knudsen vd., 2000; Şekil 10b). Litolojik ve jeomorfolojik unsurlar da bu kapsamda değerlendirilerek işlenmektedir. Oldukça geniş bir alanı temsil eden bu paftalar kapsadıkları alanların jeolojik ve jeomorfolojik özelliklerine göre fasiyesleri bağlamında farklılıklar içerebilmekle beraber, genel olarak karşılaştırılabilir olmalarına dikkat edilerek haritalanmaktadır. Uzun bir zamanda bitirilebilecek bu atlasın tamamlanması sürecinde meydana gelen resmi değişiklikler (örn. Kuvaterner'in zaman aralığının genişletilmesi), haritalama yapan personel çeşitliliği ve değişiklikleri, altlık güncellemeleri gibi sebeplerle paftalar arasında uyumsuzluklar kaçınılmaz olarak gözlenmektedir. Haritalamalarda genel olarak yüzey haritalaması yapılmasına rağmen (litoloji, depolanma ortamları ve jeomorfolojik unsurlar çerçevesinde), mümkün olan alanlarda Kuvaterner birimlerine ait kalınlık ve yüzey altı haritaları da aynı paftalar üzerinde gösterilmeye çalışılmakta, bu şekilde üç boyutta veri sağlanması amaçlanmaktadır. (bakınız Soller, 1992; Soller vd., 2012).



Şekil 10. a) Birleşik Devletler Kuvaterner Jeoloji Atlası'na ait 1986 tarihinde basılmış olan NH-17 no'lu Jacksonville paftası (Scott vd., 1986). **b)** Jacksonville paftasında yer alan Kuvaterner birimlerinin karşılaştırma tablosu. **c)** Birleşik Devletler Kuvaterner Jeoloji Atlası'nın 2016 yılı itibariyle 1:1.000.000 ölçekli yayımlanmış 33 paftası ve basım aşamasındaki 2 paftasına ait pafta anahtarı.

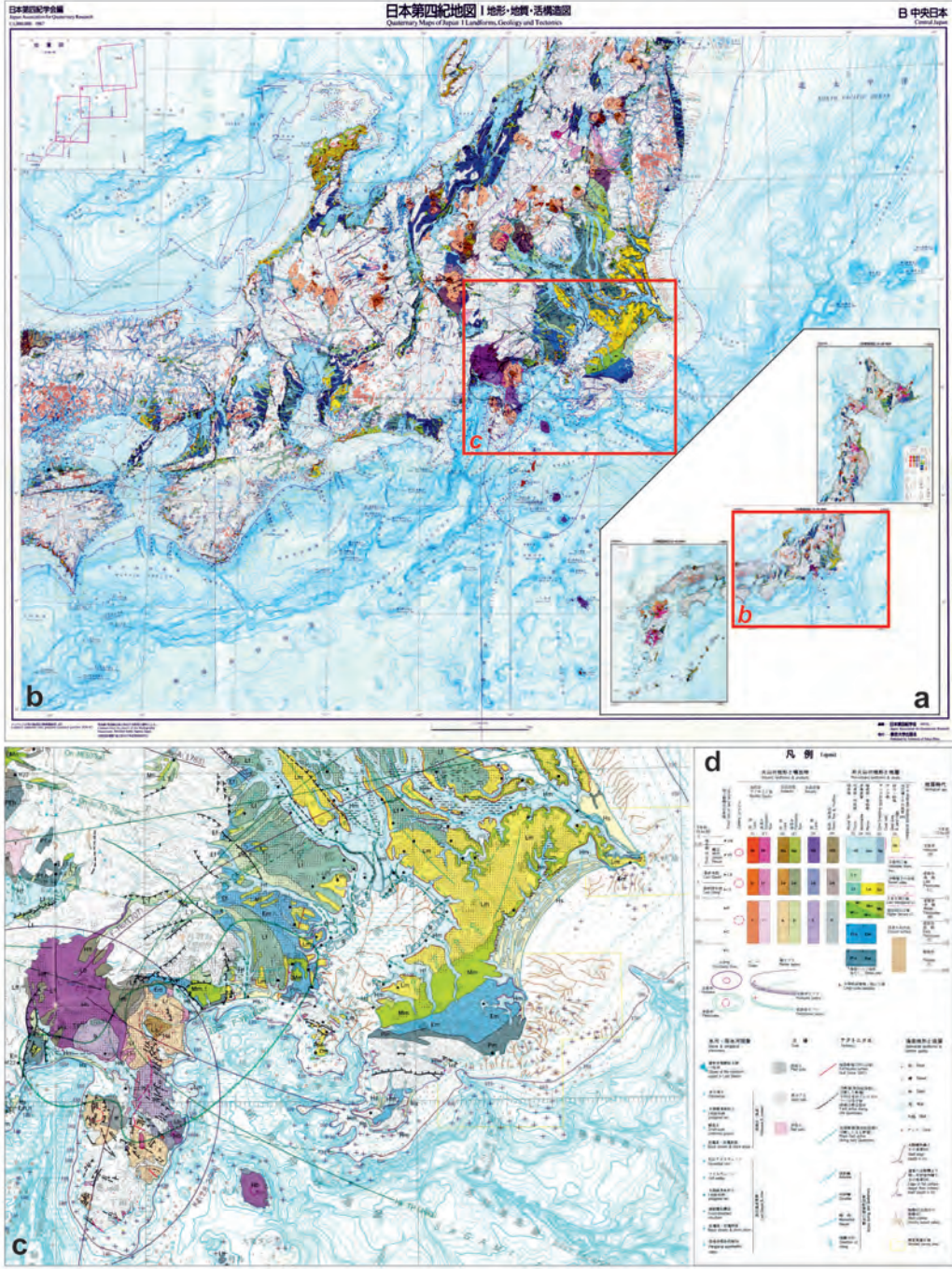
Figure 10. a) NH-17 Jacksonville sheet of the Quaternary Geologic Atlas of the United States, published in 1986. **b)** Correlation chart of Quaternary units shown in Jacksonville sheet. **c)** Sheet index of the Quaternary Geologic Atlas of the United States showing 1:1,000,000 scaled 33 published and 2 in press sheets as in 2016.

Japonya

Japonya’da Kuvaterner araştırmalarının tarihçesi yaklaşık 140 yıl öncesine kadar uzanmaktadır (Saito vd., 2016). İlk incelemeler genelde ülkeye davet üzerine gelen yabancı araştırmacılarca gerçekleştirilmiştir. Kuvaterner birimlerinin jeoloji haritalarında gösterildiği en eski çalışma Japonya’nın Hokkaido (Yesso) adasının haritasını hazırlayan ve bir maden mühendisi olan Benjamin Smith Lyman tarafından hazırlanmıştır (Lyman, 1876). Bu haritada Kuvaterner çökel birimleri ‘*Eski Alüvyon*’ ve ‘*Yeni Alüvyon*’ olarak haritalanmışlardır. ‘*Kuvaterner*’ teriminin Japonya’da ilk kez bir yayında kullanılması Brauns (1881) tarafından ‘*Tokyo çevresinin jeolojisi*’ başlıklı çalışmasında olmuşken, bu birimlerin ülkenin jeolojik haritalarının hazırlanmasından sorumlu Japonya Jeoloji Dairesi’nce (Geological Survey of Japan) jeolojik etüt raporlarına yansımaları 1880/1882 yıllarından itibaren sağlanmıştır (Saito vd., 2016).

Japonya’nın doğrudan Kuvaterner birimlerine dönük ‘Japonya Kuvaterner Haritaları’ ise 1956 yılında kurulan Japonya Kuvaterner Araştırma Birliği’nin (Japan Association for Quaternary Research) 30. yıldönümünde yayımlanmıştır (Kaizuka, 1991). Bu haritalar 2 ayrı formatta ve ölçekte hazırlanmışlardır. Bunlardan ilki 3 pafta

halinde hazırlanan ve yüzey şekilleri, jeoloji ve tektonik bilgileri içeren 1:1.000.000 ölçeklidir (Şekil 11a-d). İkincisi ise 1:4.000.000 ölçekli tek pafta halinde yayınlanmış ve tarih öncesi kalıntılar ve paleocoğrafyaya dönük bilgileri kapsamaktadır. Hazırlanan haritalarda volkanik ve volkanik olmayan yüzey şekilleri ve birimler fasiyesleri (yanal yönde) ve jeolojik yaşları (düşey yönde) göz önünde bulundurularak düzenlenmiştir. Jeolojik yaşlar; Holosen, Geç Pleyistosen, Orta Pleyistosen ve Erken Pleyistosen şeklinde ayrılmışken, Geç Pleyistosen dönemi de kendi içinde Son Buzul ve Son Buzularası olarak ayrılmıştır. Ayrıca haritalar üzerinde bu dönemlerdeki kıyı çizgileri ve deniz altı aktif fayları dahi gösterilmiştir. Japonya’da volkanik kökenli olmayan Kuvaterner birimler ülkenin toplam yüzölçümünün %20’sini, tefra kaplı alanlar hariç volkanik birimler ise %10’nu kaplamaktadır (Kaizuka, 1991). Ülkenin neredeyse 1/3’ünü kaplayan Kuvaterner birimlerinin oldukça detaylı hazırlanan haritalarına bakıldığında ayrıca radyometrik yaşların da sunulmaya çalışıldığı görülmektedir. Eldeki mevcut yaş verileri ışığında Holosen’in başlangıcı (~10000 y), Geç Buzul döneminin başlangıcı (~60000 y), Geç Buzularası’nın başı (~130000 y), Brunhes-Matuyama sınırı (~700000 y) ve Olduvai olayı (~1700000 y) gibi bilinen dönemler de lejantlarda gösterilmiştir (Kaizuka, 1991).



Şekil 11. a) Japonya'nın 1987 yılında 3 pafta halinde hazırlanan ve yüzey şekilleri, jeoloji ve tektonik bilgileri içeren 1:1.000.000 ölçekli Kuvaterner haritası, **b)** bu üç paftadan ülkenin orta kesimini temsil eden orta Japonya paftası, **c)** aynı paftadan detaylı bir bölgenin görünümü ve **d)** haritanın lejandı.

Figure 11. a) 1:1,000,000 scaled Quaternary map of Japan prepared as 3 sheets in 1987 showing landforms, geology and tectonics, **b)** central Japan sheet of these three sheets representing the central part of the country, **c)** a detailed view from the same sheet and **d)** legend of the map.

Avustralya

En eski anakaralardan birini temsil eden Avustralya'da Kuvaterner birimleri ülkenin üzerinde geniş alanlar kaplamaktadır. Ülkenin eski jeoloji haritalarında genelde 'alüvyon' olarak gösterilmiş olan Kuvaterner birimleri, 1:1.500.000 ölçekli en güncel jeoloji haritası üzerinde ise oldukça detaylı bir sunum bulmuştur (Raymond, 2009; Şekil 12a). 2009 yılında 'Avustralya Yüzejeolojisi Haritası' adıyla basılmış bu harita üzerinde Kuvaterner birimleri 14 ayrı başlıkta gösterilmiştir (Şekil 12b). Ancak bu ayırtılma belli bir sistematik izlenmeden yeri geldiğinde litolojik, yeri geldiğinde ortamsal olarak sunulmuştur. Bu genel harita yaklaşımının ötesinde son yıllarda ülkenin özellikle kıyı kesimlerinin Kuvaterner jeolojisine dönük ciddi haritalama çabaları da mevcuttur.

Avustralya'nın kıyı kesimleri gerek yoğun yerleşime maruz kalması, gerek turizm açısından önem taşıması, gerekse de plaser özelliklerinden ötürü jeolojik açıdan detaylandırılmada önem taşımaktadır. Bu çerçevede 2005 yılında Yeni Güney Wales'in temsil ettiği ülkenin güneydoğu kesiminin "Kıyı Kuvaterner'i Haritalaması" başlıklı yürütülen proje kapsamında bu kesimin detaylı Kuvaterner Jeolojisi haritaları yapılmaya başlanmıştır (Şekil 13a-d). Kıyı Kuvaterner Jeolojisi Projesi kapsamında hazırlanan haritalarda farklı bir yaklaşım olarak CBS ortamında ayrı paftalar halinde yüzey ve yüzeyaltı haritaları ayrı ayrı hazırlanmaktadır. Haritalanan birimlerin gösterimi yüksek çözünürlüklü LİDAR görüntülerinden (1-2 m) oluşturulan sayısal yükseklik modelleri üzerine giydirilerek yapılmaktadır. Ülkenin bu kesiminde Kuvaterner birimleri başlıca flüviyal ve denizel fasiyeslerde gelişmiş olmakla beraber (Roy ve Crawford,

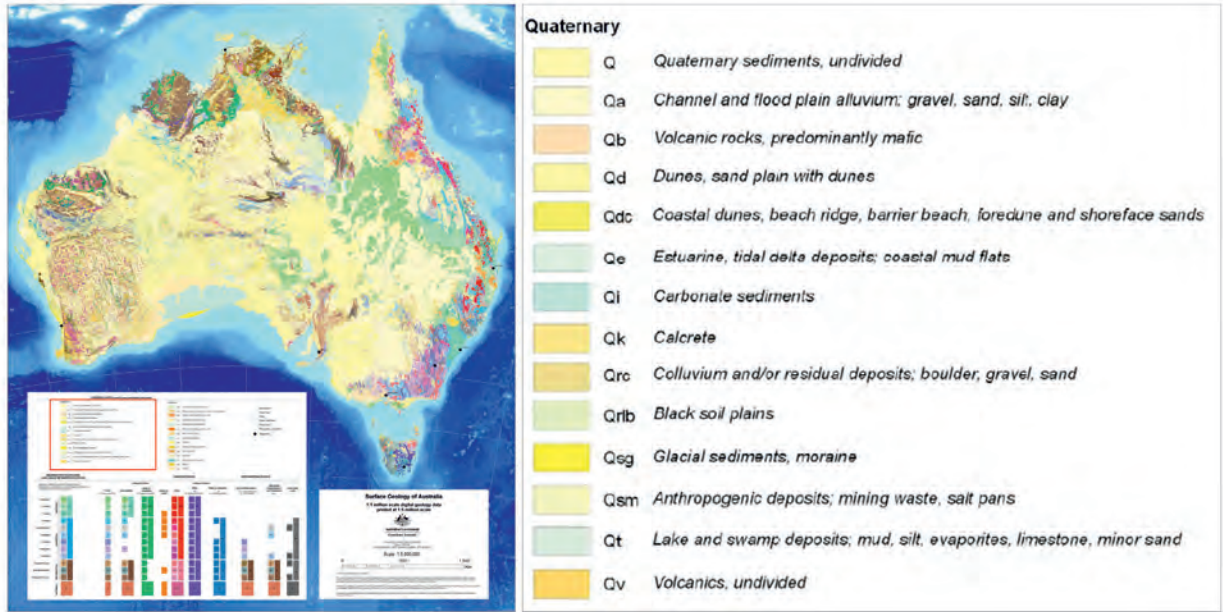
1977; Roy vd., 1980) bu depolanma ortamları 50'ye yakın alt birimle haritalanmıştır (Troedson ve Deysing, 2015; Şekil 13e).

TÜRKİYE'DE KUVATERNER HARİTALARI

"Türkiye gibi geniş ve jeolojik bakımdan oldukça karışık alanlar kaplayan bir haritanın en küçük detaylarına dek eksiksiz ya da kusursuz olması beklenemeyeceği gibi bu mümkün de değildir. Bundan ötürü, yersiz, zamansız ve yıkıcı ya da kuru bir kritik yapmak için değil, büyük emeklerle hazırlanan bu haritaların ileride daha da iyileşmesini arzuladığımız için bazı düşüncelerimizi işaret etmeği uygun bulduk."

İlhan ve Barutoğlu (1963) bu satırlarla Türkiye 1:500.000 ölçekli jeoloji haritalarının tanıtım yazısında, gerek ülkemiz jeolojisinin zenginliğine gerekse de bu zengin jeolojinin karmaşıklığının çözümünde bir eşik olan bu haritalama çalışmasının arkasında yatan emeğin önemine dikkat çekmeye çalışmışlardır. 18 pafta olarak yayınlanan bu harita çalışmasının öncesinde ülke ölçeğinde jeoloji haritalarının ilk örneği Pierre de Tchihatcheff tarafından 140 yıl kadar önce yayımlanmış (Tchihatcheff, 1867-1869) ve bu harita sonradan Uluslararası Avrupa Jeoloji Haritasının Türkiye bölümü olarak kullanılmıştır. Ardından ülke ölçeğinde diğer bir jeoloji haritası 1941-1945 yılları arasında 1:800.000 ölçekli olarak 8 pafta halinde MTA Enstitüsü'nce yayımlanmıştır (İlhan ve Barutoğlu, 1963).

Çalışmanın bu kısmında ülkemizde Kuvaterner birimlerinin jeoloji haritalarında işlenmeye başladıkları sürecin tanıtılmasına çalışılacaktır. Bu haritalamalarının gerçekleştirildiği uzun süreç burada üç ana dönem başlığı altında değerlendirilmiştir.



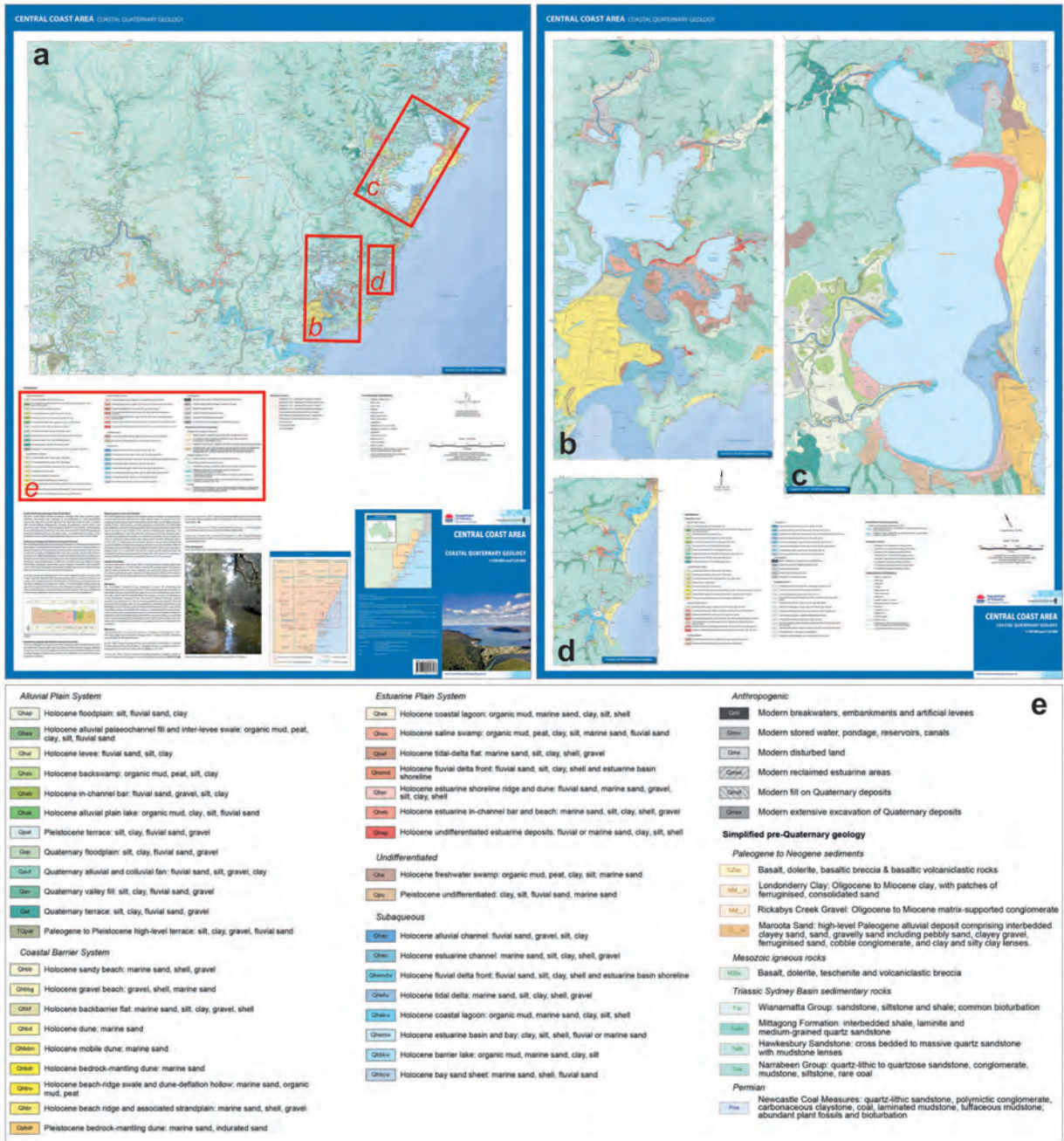
Şekil 12. Avustralya'nın 2009 tarihinde yayımlanan 1:5.000.000 ölçekli Yüzey Jeolojisi Haritası (Raymond ve Retter, 2010) (a) ve bu harita üzerinde detaylı sunulmuş Kuvaterner birimlerine ait lejand (b).

Figure 12. 1:5,000,000 scaled Surface Geology Map of Australia published in 2009 (Raymond and Retter, 2010) (a) and the lejand of detailed Quaternary units on this map (b).

1990'lara kadar ki süreç

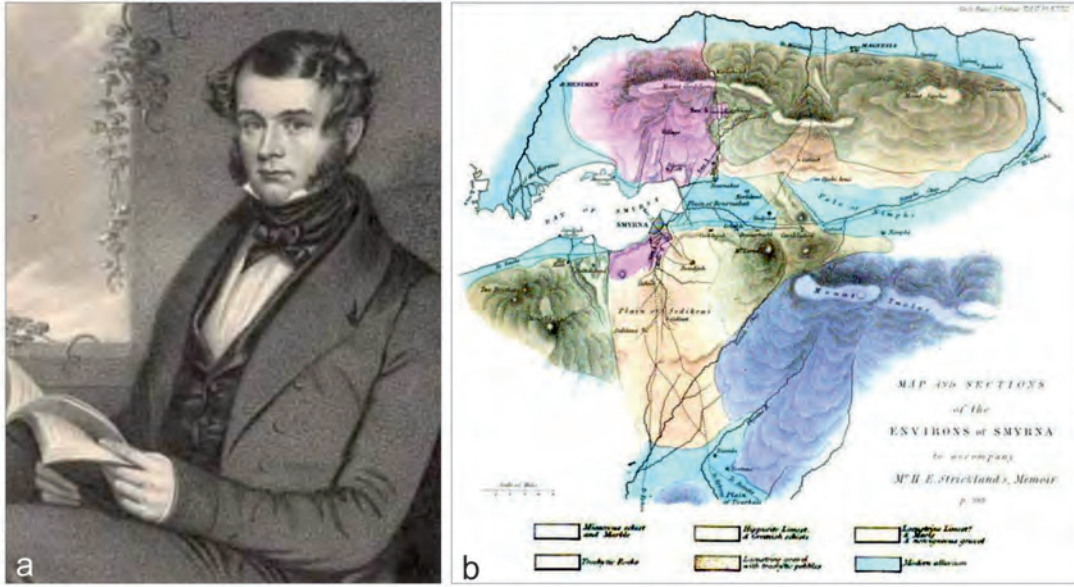
Ülkemiz jeoloji haritalarının ilk örnekleri, yabancı doğa bilimcilerin çabalarıyla 19. yy'ın sonlarında ortaya çıkmıştır (Erguvanlı, 1979; JMO, 1979; Ketin, 1979; Pamir, 1979; Çakmak vd., 1987; Bayraktaroğlu, 2003; Konak, 2004). Bu çerçevede Kuvaterner birimlerinin gösterildiği en eski harita örneklerinden biri ise Hugh Edwin Strickland'ın (1811-1853; Şekil 14a) "On the Geology of the Neighbourhood of Smyrna" başlıklı eserinin ekinde verilmektedir (Strickland, 1840; Şekil 14b). Bu harita, özellikle İzmir Körfezi doğusu, Kemalpaşa Havzası'nın batı ucu ve Gediz'in delta dolgusu ile alüvyon düzlükleri "Modern alluvium" şeklinde göstermekte ve olasılıkla bir jeoloji haritasında alüvyonun renkli olarak ayırtıldığı dünyadaki ilk örneklerden birini temsil etmektedir (Ö. Sümer, 2017 - yazılı iletişim). Özellikle Pierre de Tchihatcheff (Pyotr Alexandrovich Chikhachyov – 1808-1890; Şekil 15a), Alfred

Philippson (1864-1958; Şekil 15b), Ernest Chaput (1882-1943; Şekil 15c)'un hazırladıkları haritalar gerek ülkemizin yaygın olarak bilinen ilk jeoloji harita örneklerini teşkil etmeleri, gerekse de Kuvaterner yaşlı birimlerin bu haritaların yapıldıkları dönemde nasıl algılandıklarını yansıtmaları açısından diğer önemli örnekleri yansıtmaktadırlar. Ancak bugün Kuvaterner yaşlı olarak haritalanmış birçok birimin Tchihatcheff'in ve Philippson'un haritalarında Tersiyer ve Neojen olarak gösterildikleri anlaşılmaktadır (Şekil 16a,b). Ayrıca Tchihatcheff'in haritasında Kuvaterner olarak belirtilen birimlerin içeriğinin o dönemki anlayışla 'dilüvyon' ve 'alüvyon' olarak nitelendikleri görülmektedir. Ayrıca, Strickland'ın haritasındaki yaklaşıma benzer şekilde, Chaput (1931)'in haritasında da uzun yıllar süregelen ve güncel jeoloji haritalarında dahi kendine yer bulan 'eski alüvyon' ve 'yeni alüvyon' kavramlarının Kuvaterner tortulları için kullanıldığı dikkat çekmektedir (Şekil 16c).



Şekil 13. Avustralya'nın orta kıyı kesiminin Kıyı Kuvaterner Jeolojisi projesi kapsamında hazırlanan a) 1:100.000, b-d) 1:25.000 ölçekli Kuvaterner Jeolojisi haritaları ve e) lejandı (Troedson, 2016).

Figure 13. Quaternary Geology maps of Australia's central coastal part prepared under the Coastal Quaternary Geology project a) 1:100,000, b-d) 1:25,000 scaled maps and e) the legend (Troedson, 2016).



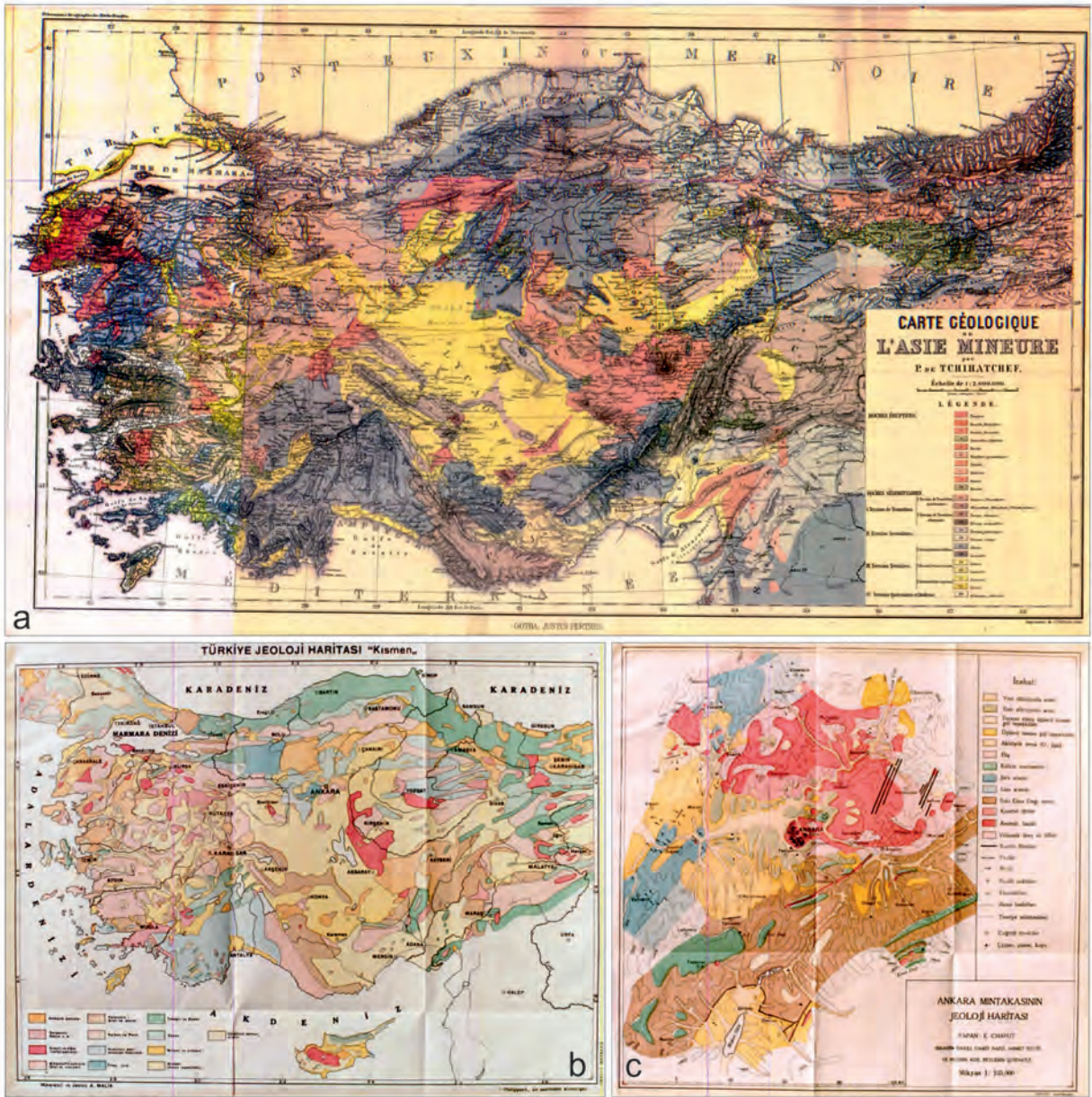
Şekil 14. a) Ülkemizin ilk jeoloji harita örneklerinden birini hazırlayan Hugh Edwin Strickland (1811-1853), **b)** Strickland (1840)'in İzmir ve yakın çevresini kapsayan jeoloji haritası. Haritada Kuvaterner birimleri açık mavi renkle 'modern alüvyon' olarak gösterilmiştir.

Figure 14. a) Hugh Edwin Strickland (1811-1853) who prepared one of the examples of Turkey's early geological maps, **b)** Strickland (1840)'s geological map of İzmir (Smyra) and surroundings. Quaternary units coloured with light blue in the map are represented as 'modern alluvium'.



Şekil 15. Türkiye jeolojisine yaptıkları önemli katkıları yaygın olarak tanınan yer bilimcilerden; **a)** Pierre de Tchihatcheff (Pyotr Alexandrovich Chikhachyov – 1812-1890), **b)** Alfred Philippson (1864-1958) ve **c)** Ernest Chaput (1882-1943).

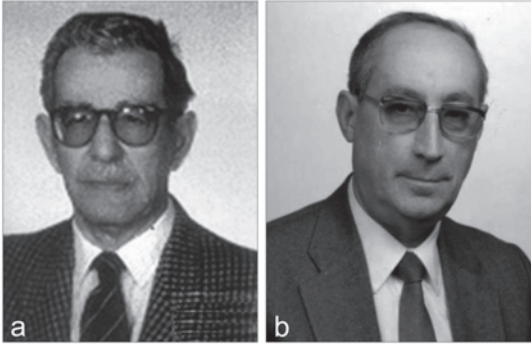
Figure 15. Geoscientists who commonly known for their important contributions to the geology of Turkey; **a)** Pierre de Tchihatchef (Pyotr Alexandrovich Chikhachyov - 1812-1890), **b)** Alfred Philippson (1864-1958) and **c)** Ernest Chaput (1882-1943).



Şekil 16. Sırasıyla; Tchihatcheff (a), Philippon (b) ve Chaput (c)'nin jeoloji harita örnekleri. Philippon'un haritası Ahmet Malik (Sayar) tarafından aktarıldığı şekliyledir (Malik, 1932). Bu haritalarda Kuvaterner birimlerinin nasıl gösterildiklerine dikkat ediniz.

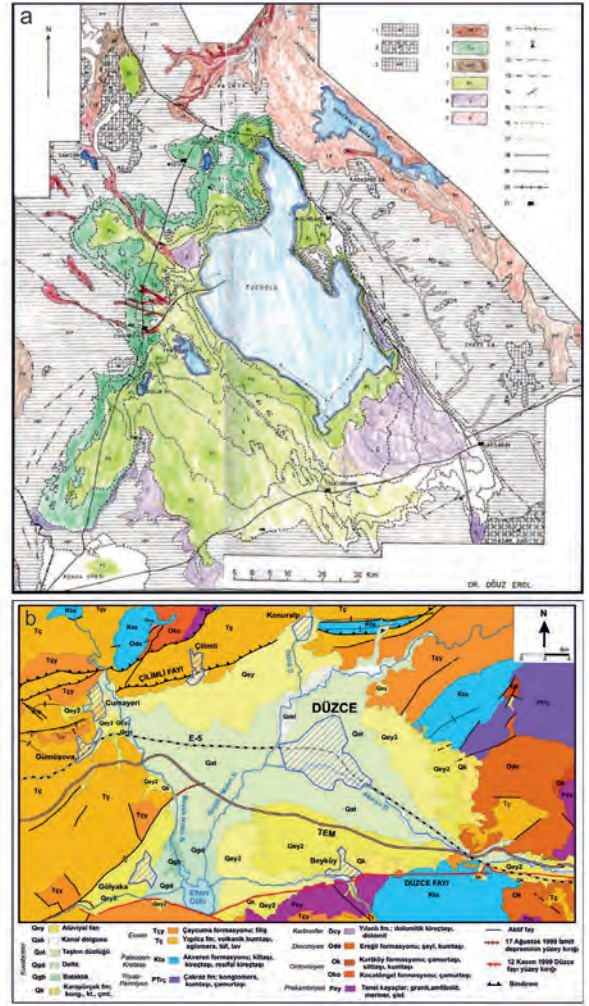
Figure 16. Geological map examples of Tchihatcheff (a), Philippon (b) and Chaput (c), respectively. Philippon's map is as quoted by Ahmet Malik (Sayar) (Malik, 1932). Note how the Quaternary units are represented on these maps.

Jeoloji haritalarının ilk sürümlerindeki genel kullanımlarının ötesinde, Kuvaterner birimlerini detaylı olarak ele alan örneklere genel olarak jeomorfoloji haritalarında rastlanmaktadır. Ülkemizin önemli jeomorfoloğlarının başında gelen Sırrı Erinç (1918-2002; Şekil 17a) ve Oğuz Erol'un (1926-2014; Şekil 17b) jeomorfoloji haritaları bu birimlerin gösterimleri açısından önem taşımaktadır. Erinç'in buzullar özelindeki çalışmalarında buzul süreçlerinin ürünleri olan Kuvaterner çökellerini haritaladığı görülür (örn. Erinç, 1949, 1955, 1978). Benzeri ve daha yaygın şekilde ise Erol'un çalışmalarında Kuvaterner birimlerinin oldukça detaylandırılarak haritalara işlendiği göze çarpmaktadır (örn. Erol, 1969, 1978; Şekil 18a). Özellikle Erol'un çalışmalarında bu yaklaşımla paleocoğrafyanın kurulmasına dönük oldukça önemli veriler sunulmuştur. Bu süreçte Kuvaterner birimlerinin haritalanması büyük ölçüde jeomorfoloğların çabalarıyla yapılagelmiş, ancak zamanla bu birimlerin çoğu bölgede benzeri jeomorfolojik özelliklere sahip olmasına rağmen jeolojik niteliklerinin önemli farklılıklar sunduğunun gözlemlenmesinden ötürü fasiyes özellikleri bağlamında detaylandırılarak haritalanmalarına ihtiyaç artmaya başlamıştır.



Şekil 17. Türkiye'de Kuvaterner haritalamalarına katkısı olan iki önemli bilim insanımız; **(a)** Sırrı Erinç (1918-2002) ve **(b)** Oğuz Erol (1926-2014).

Figure 17. Two important scientists who contributed to Quaternary mapping in Turkey; **(a)** Sırrı Erinç (1918-2002) and **(b)** Oğuz Erol (1926-2014).



Şekil 18. Ülkemizde Kuvaterner Jeolojisi haritalamalarına iki örnek; **(a)** Erol (1969)'un Tuz Gölü Havzası'nın Kuvaterner çökellerine dair haritası. Orjinal harita renksiz olup, buradaki renklendirme tarafımızca yapılmıştır. **(b)** Emre vd. (1999)'un Düzce Havzası Kuvaterner Jeolojisi haritası.

Figure 18. Two examples for Quaternary geological mapping in Turkey; **(a)** Quaternary deposits map of the Lake Tuz Basin by Erol (1969). Original map has published as B/W, this version coloured by us. **(b)** Quaternary geology map of the Düzce Basin by Emre et al. (1999).

1990'lı yıllarda ki durum

1990'lı yıllara değin özellikle ülkemizin önde gelen jeomorfoloğlarının özverileriyle haritalanmalarına

özen gösterilen Kuvaterner birimlerine 1990'lı yıllardan itibaren jeomorfoloji haritalarının yanı sıra Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü araştırmacılarının hazırladıkları jeoloji haritalarında da ayrıntılı yer verilmeye başlandığı görülmektedir (bakınız Hakyemez vd., 1992, 1999; Ulu vd., 1994; Emre vd., 1997, 1999; Şekil 18b). Bahsi geçen çalışmalar kapsamında hazırlanan haritalar ülkemizde Kuvaterner tortullarının en yaygın gözlemlendiği Orta ve Batı Anadolu ile Marmara bölgeleri özelinde hazırlanmışlardır. Elde benzer örneklerinin neredeyse yok denecek kadar az olduğu bir dönemde büyük emeklerle hazırlanan bu haritaların yapılmasında bölgenin göz ardı edilemeyecek ölçüde geniş alanlara yayılmış Kuvaterner çökelleri barındırması ve bu sebeple detaylandırılmalarının zaruriyet oluşturması kuşkusuz etkili olmuştur. Nitekim yapılan çalışmalarda oldukça zengin tanımlamalar sunulmuş, birçok birimin gerek paleontolojik gerekse de radyometrik yöntemlerle tarihlendirilmeleri yapılmış, yine bunların saha ilişkileri ve yayılımları da 1:25.000 ölçeğinde hazırlanan haritalarla ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2000'li yıllarda ki gelişmeler

Ülkemizde, özellikle 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 Kocaeli ve Düzce depremlerinde meydana gelen yıkımın büyük ölçüde Kuvaterner yaşlı ve genel ifadesiyle '*alüvyon*' olarak haritalanan tortullar üzerinde meydana gelmesi, bu birimlerin daha yakından tanınmalarının gerekliliğini açık bir şekilde ortaya koymuştur. Nitekim bu depremler sırasında yalnızca '*alüvyon*' terimiyle nitelenen zeminlerde meydana gelen bölgesel sıvılaşmalardan ötürü hasarın büyük olması, bu zeminleri temsil eden Kuvaterner birimlerinin detaylı haritalanması ihtiyacını öne çekmiştir. Bu çerçevede yeni yerleşim yerlerinin sıvılaşma kriterleri kapsamında seçilmesi üzere Kuvaterner birimlerinin bir sistematik dâhilinde

haritalanması ilk olarak Düzce ovasında yapılmıştır (bakınız Emre vd., 1999; Kazancı vd., 2000). Yine bu depremler sonrasında yapılan jeolojik ve jeofiziksel incelemelerin olası bir İstanbul depremine işaret etmesinden ötürü (örn. Parsons vd., 2000) öncelikli olarak İstanbul için sıvılaşma potansiyeli haritalarının hazırlanması gündeme gelmiş, bu haritalar için en önemli altlığı oluşturan detaylı Kuvaterner haritalamalarına da bu bağlamda başlanmıştır (bakınız Duman vd., 2004). Bahsi geçen uygulamalarda elde edilen bilgi ve tecrübeler 2013 yılından itibaren MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Daire Başkanlığı bünyesinde yürütülen '*Türkiye Bölgesel Ölçekli Sıvılaşma Yatkınlık Haritaları*' projesi kapsamında ülke genelinde uygulanmaya başlanmıştır (Bulut-Üstün vd. 2014a,b, 2015, 2017). İlgili proje bünyesinde, sıvılaşma haritalarına altlık olarak kullanılacak Kuvaterner Jeolojisi Haritaları arazide 1:25.000 ölçekli olarak hazırlanmakta, bölgesel haritalar ise sonradan bu haritalar temelinde 1:250.000 ölçekli olarak Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanında sayısallaştırılmaktadır. Mevcut durumda ülkemizin batı yarısının bölgesel Kuvaterner haritaları tamamlanmış olup, doğu yarısına ait haritalamaların da yakın dönem içerisinde bitirilmesi hedeflenmektedir (Bulut-Üstün, 2017 - sözlü görüşme). Hazırlanmakta olan Türkiye Kuvaterner Haritaları'nda başvuru haritalama yöntemi; litolojik nitelikleri, depolanma evreleri ve jeomorfolojik durumları göz önünde bulundurularak temelde depolanma ortamlarının haritalanmasına dayanmaktadır (Şekil 19). Önceki bölümlerde de değinildiği üzere Dünya'nın farklı bölgelerinde özellikle son yarım asırlık süreçte Kuvaterner birimlerinin haritalanmasında da benzeri yaklaşımlar genel olarak kullanılmaktadır. Özellikle Avrupa Kuvaterner Haritası'nı oluşturan bölgesel haritalarda da bu parametrelerin kullanılıyor olması, ülkemiz haritalarının da bu çerçevede karşılaştırmalı olarak kullanılabilmesine imkân sağlayacaktır.

Ydc	Yapay Dolgu (sıkıştırılmış)	Qdp	Denizel Plaj Çökelleri
Ydnc	Yapay Dolgu (sıkıştırılmamış)	Qdnc	Denizel Eski Plaj Çökelleri
Qak	Akararsu Kuvveti Çökelleri	Qdnc1	Denizel Kıyı Genisi Düzlek Çökelleri
Qak1	Akararsu Doğru Set (leve) Çökelleri	Qdnc2	Denizel Lagün Bataklık Çökelleri
Qak2	Akararsu Batın Set (nokta bar) Çökelleri	Qdnc3	Denizel Bataklık Çökelleri
Qakm	Kopmuş Menderes Kanalı Çökelleri	Qdnc4	Denizel Koyuk Çökelleri
Qab	Akararsu Arıbatlaklık Çökelleri	Qdnc5	Denizel Set Adası Çökelleri
Qat	Akararsu Taşkın Ovası Çökelleri	Qdnc6	Denizel Delta Çökelleri
Qatf	Taşkın Yarma Kanalı (krevas) Çökelleri	Qdk	Rüzgar Boyuna Kumul Çökelleri
Qas	Akararsu Sekisi Çökelleri	Qdnc2	2. Dönem Akararsu Sekisi Çökelleri
Qab1	Gölsel Bataklık Çökelleri	Qdnc3	2. Dönem Yelpeze Çökelleri
Qgm	Kuru Göl Düzluğu Çökelleri	Qtr2	2. Dönem Traverten
Qdp	Gölsel Plaj Çökelleri	Qak1	1. Dönem Akararsu Sekisi Çökelleri
Qdp1	Gölsel Delta Çökelleri	Qey1	1. Dönem Yelpeze Çökelleri
Qry	Rüzgar Yayı Çökelleri	Qpa	Ayrılmamış Pliosen Yağlı Çökelleri
Qtr	Traverten	Qek	Etek Döküntüsü (yamaç molozu) Çökelleri
Qha	Ayrılmamış Holosen Yağlı Çökelleri	Qey3	3. Dönem yelpeze çökelleri

Şekil 19. MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Daire Başkanlığı bünyesinde yürütülen ‘Türkiye Bölgesel Ölçekli Sıvılaşma Yatkınlık Haritaları’ kapsamında hazırlanmakta olan Türkiye Kuvaterner Jeolojisi Haritaları’nda haritalanan Kuvaterner birimleri için kullanılan lejantlardan bir örnek (Bulut-Üstün vd., 2015).

Figure 19. An example from the legends used for the Quaternary units mapped in ‘Quaternary Geological Maps of Turkey’ under the scope of ‘Regional Scaled Liquefaction Prediction Maps of Turkey’ carried out within the Department of Geological Etudes of MTA General Directorate (Bulut-Üstün et al., 2015).

TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Kuvaterner haritalarının olmazsa-olmazları

Kuvaterner jeolojisine dönük olarak yapılacak haritalamalarda da tıpkı diğer tüm jeoloji haritalarındaki gibi temel yaklaşımların başında haritalanacak birimlerin yüzeylemiş olması gelmektedir. Dolayısıyla su altında kalan ancak tortul içerdiği bilinen lagün, göl ve nehir gibi alanlar su alanı olarak bırakılırken, bataklık alanların haritalamaya dâhil edilmesi önemlidir. Kuvaterner jeolojisine dönük haritalar temel birimlerden bağımsız ayrıca haritalanabileceği gibi (genelde tüm ülke örneklerinde olduğu gibi), geniş alan yüzeylemeleri söz konusu ise

diğer jeolojik birimlerle beraber aynı jeoloji haritalarında da gösterilebilir. İster ayrı haritalar olarak isterse de diğer jeoloji haritaları üzerinde gösterilsin, Kuvaterner birimlerinin sınır-ışaret ve notasyon-simgelime gibi özellikleri de klasik jeoloji haritaları ile benzer olmalıdır.

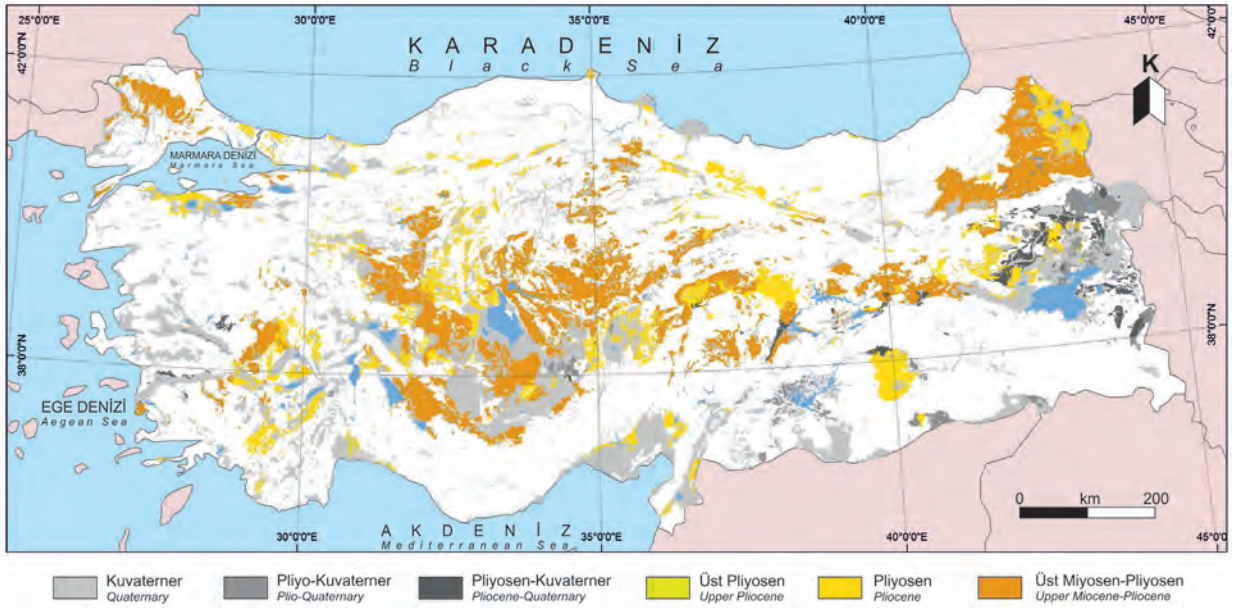
Jeoloji haritalarında temel olarak formasyon haritalaması yaklaşımı izlenmektedir. Kuvaterner jeolojisine dönük haritalarda ise litoloji ve kronoloji göz önünde bulundurulmakla beraber genel olarak depolanma ortamları esas alınmaktadır. En nihayetinde ‘formasyon’ terimi stratigrafik olarak altındaki ve üstündeki birimlerden ayrılan ve 1:25000 ölçekli haritalarda gösterilebilecek ölçüde yüzeyleyen birimleri karşılamaktayken, Kuvaterner birimleri halihazırda alt kesimlerinden sınırlanmalarına rağmen, üst kesimlerinden henüz sınırlanmadıkları için bu tanımlamaya uymamaktadır (örn. Kazancı, 2012a). Bu çerçevede jeolojik birimlerin haritalanmasında varılması hedeflenen en önemli çıkarım paleocoğrafyanın kurulması olduğundan çökel alanlarının haritalanması esaslı Kuvaterner haritalarında en çok başvurulan yaklaşımı temsil etmektedir.

Pliosen sorunu

2009 yılında Uluslararası Stratigrafik Zaman Çizelgesi’nde yapılan değişikliklerle zaman aralığı 1,8 my’den 2,58 my’a genişletilen Kuvaterner periyoduna ait birimlerinin bu tarih öncesinde yapılan ölçümlere göre yerküre üzerinde % 0,05’lik bir alan kapladığı bilinmektedir (bakınız van Loon, 2000). Bahsi geçen değişiklik öncesinde jeolojik zaman cetvelindeki en kısa zaman aralığını temsil eden Kuvaterner devresi bu değişikliklerle 2,745 my’lık zaman aralığına sahip Pliosen devresiyle (5,333-2,588 my) hemen hemen aynı zaman genişliğine kavuşmuştur. Önceden Geç Pliosen’e karşılık gelen Gelasiyen döneminin Kuvaterner’e katılması aynı zamanda mevcut birçok haritada Geç Pliosen ya da Pliyo-

Kuvaterner olarak ifade edilen birimlerin doğrudan Kuvaterner'e dâhil edilmelerini gerektirmektedir. Bu çerçevede birçok ülkenin Kuvaterner Jeolojisi Haritaları'nın 1,8 my'lık eski zaman aralığına göre yapıldığı göz önünde bulundurulursa belki de birçok haritanın yenilenmesi gündeme gelecektir. Mevcut 1:500.000 ölçekli jeoloji haritalarına göre ülkemizin 783800 km²'lik yüzölçümünün % 14,74'lik kesimi doğrudan Kuvaterner olarak haritalanmıştır (Şekil 20). Bu alanlara 'Pliyo-Kuvaterner' ve 'Pliyosen-Kuvaterner' olarak tanımlanan alanlar da dâhil edildiğinde Kuvaterner birimlerinin kapladığı alan ülkemizin yaklaşık % 17'lik bir bölümüne karşılık gelmektedir. MTA Genel Müdürlüğü'nce hazırlanmakta olan Türkiye

Kuvaterner Jeolojisi Haritaları, bahsi geçtiği şekilde, Kuvaterner'in güncellenen genişlemiş zaman aralığı dikkate alınarak hazırlanmaktadır (örn. Bulut-Üstün vd., 2015). Ancak, gerek ülkemiz gerekse de Dünya genelinde hazırlanan Kuvaterner haritalarının (daha geniş kapsamda da tüm jeoloji haritalarının) sağlıklı jeokronolojik ve kronostratigrafik veriler ışığında kontrol edilmeleri ve güncellenmeleri gerekmektedir. Ülkemiz jeolojisi açısından özellikle Orta ve Batı Anadolu bölgelerimizde oldukça geniş sahalar kaplayan Pliyosen ve Kuvaterner birimlerinin alansal dağılımlarının doğru bir şekilde haritalanması öncelik taşımaktadır.



Şekil 20. 1:500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası temelinde ülkemizde Kuvaterner ve geç Neojen birimlerinin dağılımları (MTA, 2002'den değiştirilerek hazırlanmıştır).

Figure 20. Distribution of Quaternary and Late Neogene units in Turkey on the base of 1:500,000 scaled Geological Maps of Turkey (modified from MTA, 2002).

Diğer sorunlar ve çözüm önerileri

Kuvaterner birimlerinin geniş ölçekte karşılaştırılabilirliği jeolojik formasyonlara göre daha zordur. Bu zorluğun temel kaynağını kısa bir zaman aralığındaki zengin iklimsel çeşitliliğin ve jeomorfolojik ve sedimantolojik özelliklerinin karmaşık sonuçlar sunması, bunların yanı sıra jeomekanik özellikleri açısından da farklı değerlere sahip olmaları oluşturmaktadır. Örneğin, kuzey enlemlerde bulunan ülkelerde Kuvaterner çökelleri üzerinde kalın buzul örtülerinin gelişmesinin ve/veya hareket etmesinin neticesinde daha güneyde yer alan ülkelerin çökellerine nazaran daha pekişmişlerdir (konsolide olmuşlardır) (örn. Boulton ve Dobbie, 1993). Aynı zamanda termal farklılıklar buzulaltı yüzeylerde erimeye yol açarken, sürtünmeye bağlı mekanik özelliklerde de farklılıklar oluşmasına sebep olmuştur.

Yukarıda örnekleri sunulan ülkelerin yerel ve bölgesel ölçekli haritalarında Kuvaterner Jeolojisi'nin haritalanmasına dönük yaklaşımlar temelde yaş, sedimantoloji ve jeomorfoloji özelliklerinin bir arada sunumu şeklindedir. Bu bağlamda ülkemiz haritaları açısından özellikle yaş konusunun daha net şekilde ortaya konulması büyük önem taşımaktadır. Türkiye'de Neojen-Kuvaterner sınırının en kolay anlaşılabilceği bölgelerin başında Orta Anadolu bölgesi gelmektedir. Gerek Miyo-Pliyosen çökellerinin fosil toplulukları, gerekse de bölgedeki volkanizmaya ait detaylı tarihlendirme bu konuda en önemli katkıyı sağlayabilecektir. Benzeri şekilde Neojen çökellerinin detaylı fosil yaşlarının her geçen gün arttığı Batı Anadolu'da ve volkanizmanın yaygın olduğu Doğu Anadolu bölgelerinden de bu konunun aydınlatılması üzere gerek paleontolojik gerekse de radyometrik yaş verilerinin sağlanması en önemli ihtiyaç konumundadır.

Uzun yıllar jeolojik haritalamalarda geri plana itilmiş ve büyük ölçüde pekişmemiş bu birimler hakkında bilgilerimizin oldukça az

olmasına karşın, insanla etkileşimi en fazla olan jeolojik birimleri temsil etmeleri büyük bir çelişki oluşturmaktadır. Kuvaterner birimlerinin kapladığı alanlar yerleşim ve diğer insan faaliyetleri (tarım vb.) açısından yoğun olarak kullanıldığından bu alanlarda yapılacak haritalamaların öncelikli olarak hızla tamamlanmaları oldukça önemlidir.

Birçok ülkede başlanmış olsa da henüz tam anlamıyla yaygınlaşmamış olan yüzeyaltı Kuvaterner birimlerinin belli derinlikler referans alınarak hazırlanması özellikle mühendislik çalışmaları için ayrı önem taşımaktadır. Türkiye'nin Kuvaterner Jeolojisi'ne dönük olarak bahsedilen haritalamalar ise hemen hemen tüm ülke örneklerinde de görüldüğü gibi yüzeydeki birimlerin esas alınmasına dayanarak hazırlanmaktadır. Bu yüzey haritalarının tamamlanmaları hızla artan nüfus ve kentleşmeden dolayı öncelik taşımaktayken, sonraki aşamada ise bu alanlara ait yüzeyaltı verilerinin de (örn. sondaj, araştırma çukurları gibi doğrudan jeolojik gözlem ve sismik, rezistivite, GPR gibi jeofizik veriler) dikkate alındığı ve belli derinliklere kadar Kuvaterner birimlerinin durumlarını yansıtan yüzeyaltı haritalarının hazırlanması da gündeme gelmelidir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışmanın özet bir sunumu Uluslararası Katılımlı 70. Türkiye Jeoloji Kurultayı Kuvaterner Araştırmaları Oturumu'nda yapılmıştır. Yazarlar, bu yazının hazırlanması davetinde bulunan misafir editör Mehmet Korhan Erturaç'a; Kuvaterner birimlerinin haritalanmaları konusunda arazi ve ofis çalışmaları sırasındaki tartışmalarından dolayı Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü araştırmacılarından Ömer Emre, Yavuz Hakyemez, Ayla Bulut-Üstün, Adem Özata, Orhan Cem Özerk ve Refahat Osmançelebioğlu'na; Japonya'nın Kuvaterner araştırmalarına dönük sağladığı bilgi ve belge katkılarından dolayı Koji Okumura'ya; ayrıca oldukça detaylı değerlendirilmeleriyle

çalışmanın gelişmesine katkı sağlayan hakemler Gürsel Sunal ve Ökmen Sümer'e teşekkürü bir borç bilirler.

EXTENDED SUMMARY

Due to their physiographic characteristics, the vast majority of human settlements are located directly on or near the Quaternary units. However, characteristics of the geological units of this period are not well known on regional scales, although they are elaborated on local scales. The most important reason for this lack is that, unlike pre-Quaternary units, the mapping of these units is often ignored. It is no longer possible to ignore the Quaternary units because of the possibility that the increasing world population has access to water and food resources and transport facilities at the forefront of their needs. In particular, the development of the settlements on the deposits of this period reaches to great necessitates for more detailed examination of the geological characteristics of these regions in terms of natural disasters, such as earthquakes, floods and landslides. In this study, approaches and problems in the mapping of the Quaternary units with examples from the European countries (i.e. UK, Ireland, Scandinavian countries, Baltic countries, Slovakia, Switzerland), North America, Asia (Japan) and Australia were examined. In addition, the reflections of these mapping approaches on geology of Turkey and their contributions to this area have been evaluated and various suggestions have been made.

In geological mapping of Quaternary units, the main approach is the outcropping of units to be mapped, as in all other geological maps. Therefore, areas such as lagoons, lakes and rivers that are under water but contain sediment should be left as water areas. However, swamp areas can be included in the mapping. Quaternary geology maps can be prepared on their own (as is often the case for all countries), if they extend in very wide

areas they can be shown in the same geological maps with other units. Whether they are shown as separate maps or on other geological maps, it is important that the features such as boundary-sign and notation-representation of the Quaternary units are similar to the classical geological maps. In geological maps, formation mapping approach is mainly observed. In Quaternary geological maps, lithology and chronology are taken into account, and generally their depositional environments are taken as basis. Ultimately, the 'formation' does not comply with this definition. Because, while the term of 'formation' corresponds the units that can be represented in the 1:25000 scale maps and are separated from the below and above units, the Quaternary units are bounded only by underlying units, but stratigraphically they are not bounded by any overlying units (e.g., Kazancı, 2012a). In this framework, constructing of the paleogeography is one of the main aims in the mapping of geological units. Thus, the mapping of depositional environments represents the most common approach in mapping of Quaternary units.

It is known that the units of the Quaternary period was occupied 0.05% of the Earth's surface before the extension of the Quaternary period from 1.8 ma to 2.58 ma in the International Stratigraphic Time Scale in 2009 (e.g., van Loon, 2000). Before the mentioned change, the Quaternary period represented the shortest period in the Geological Time Scale. With this change, it reached almost the same width as Pliocene (5.333-2.588 ma) with a time interval of 2.745 ma. The participation of the Gelasian stage into the Quaternary period, which previously corresponds to the Late Pliocene, requires the adding of units that are showed as Late Pliocene or Plio-Quaternary in many geological maps. Considering the fact that many countries have published their Quaternary Geological Maps according to the previous 1.8 ma time interval, perhaps the renewal of many maps will come to the agenda. According

to the current 1: 500.000 scale geological maps of Turkey, 14.74% of the 783800 km² area of the country is mapped directly as Quaternary. When the unit defined as 'Plio-Quaternary' and 'Pliocene-Quaternary' aged are included in these areas, the total surface area of the Quaternary units corresponds to ~17% of Turkey. 'Quaternary Geological Maps of Turkey' being prepared by the General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA) are mapped taking into consideration the updated extended time interval of Quaternary period. However, the Quaternary maps of all the mentioned countries need to be checked and updated in the light of reliable geochronological and chronostratigraphic data. In terms of Turkey's geology, particularly in Central and Western Anatolian regions, the mapping of the spatial distributions of Pliocene and Quaternary units, which cover a very wide area, is a priority.

Comparisons of Quaternary units in large scales are more difficult than older geological formations. The main reason for this difficulty is that the rich climatic diversity and geomorphological and sedimentological characteristics of such a short time interval provide complex results. In addition, Quaternary deposits can provide considerable regional differences in their geomechanical properties. For example, it is known that, in countries in the northern latitudes, as a result of the development and/or movement of thick glacier deposits over the Quaternary sediments, the Quaternary units in these regions are more consolidated than the sediments of the southern countries. At the same time, thermal differences lead to melting on subglacier surfaces, but also on the friction-dependent mechanical properties.

The main approaches to mapping of Quaternary Geology in the countries presented in this study are basically a combination of age, sedimentology and geomorphology. In this context, particularly it is very important to show more clearly the ages of units in the Quaternary

geological maps in Turkey. Central Anatolia region is at the first rank of the regions in Turkey where the Neogene-Quaternary boundary can be most easily understood. Detailed dating of the fossil assemblages of the Miocene-Pliocene deposits, as well as the volcanism in the region, may provide the most important contribution in this regard. Similarly, in Western Anatolia, where detailed fossil ages of Neogene sediments are increasing day by day, and in Eastern Anatolia where volcanism is widespread, providing paleontological and radiometric ages is the most important necessity.

There is very little knowledge about Quaternary units which have been pushed back into geological mapping for many years. On the other hand, it is a great contradiction that these units have the greatest interaction with humans relative to older geological units. Since the areas covered by the Quaternary units are often used extensively as settlements and for other human activities (i.e. agriculture, transportation etc.), it is very important that the mappings to be made in these areas are completed rapidly.

Although started in many countries, it is also important the mapping of subsurface Quaternary units for the engineering studies with reference to certain depths of those units. The prepared maps for the Quaternary geology in Turkey are based on the basis of surface units, as well as in almost all the examples of countries presented in this work. As aforementioned, due to rapidly increasing population and urbanization, the completion of these surface maps is very important. At the next stage it is important to consider the subsurface data (e.g. geological observations with drilling and research pits, and geophysical data such as seismic, resistivity and georadar) and the preparation of subsurface maps that reflect the state of the Quaternary units for precise depths.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Agassiz, L., 1840. Études sur les glaciers. Neuchatel: Soleure, En commission chez Jent et Gassmann.
- Aguirre, F., Pasini, G., 1985. The Pliocene-Pleistocene boundary. Episodes 8, 116-120.
- Andrusov, D., Kuthan, M., 1943. Podrobná geologická mapa Slovenska v mierke 1 : 25 000, list Žilina (4361/2). Štátny geologický ústav, Bratislava.
- Bargel, T.H., 2003. *Quaternary geological mapping of Central Fennoscandia and Nordland: Deglaciation, deposition, stratigraphy and applications*. Doktor Ingenibr Thesis Thesis 2003:40. Department of Geology and Mineral Resources Engineering. Faculty of Engineering Science and Technology, NTNU, Trondheim. 324 pp.
- Bayraktaroğlu, Ş., 2003. 19. ve 20. yüzyılda Anadolu'da jeoloji çalışmaları ve eğitimi. Jeoloji Mühendisliği Eğitim Çalıştayı. Ed. Şener, M., Konak, N., JMO Yayın No: 83, 4-19.
- Bergström, B., Reite, A., Sveian, H., Olsen, L. 2001. Feltrutiner, kartleggingsprinsipper og standarder for kvartærgeologisk kartlegging ved NGU. Norges geologiske undersøkelse, Intern Rapport 2001.018, 9 pp.
- Boulton, G. S., Dobbie, K. E., 1993. Consolidation of sediments by glaciers: relations between sediment geotechnics, soft-bed glacier dynamics and subglacial ground-water flow. Journal of Glaciology, 39 (131), 26-44.
- Brauns, D., 1881. Geology of the Environs of Tokio. Memoirs of the Science Department, Tokio Daigaku (University of Tokyo), vol. 4, 82 pp. and VIII plates.
- Bulut-Üstün, A., Özata, A., Özerk, O. C., Osmañeçlebioğlu, R., Kazancı, N., Gürbüz, A., 2017. Türkiye bölgesel ölçekli sıvılaşma yatkinlık haritaları: Trakya ve Güneybatı Anadolu Bölgesi. MTA Bilimsel Etkinlikler Haftası 2017, Bildiri Özleri Kitabı, s.30.
- Bulut-Üstün, A., Osmañeçlebioğlu, R., Özerk, O. C., Özata, A., Esirtgen, T., Kazancı, N., Gürbüz, A., 2014a. Türkiye bölgesel ölçekli sıvılaşma yatkinlık haritaları. MTA Bilimsel Etkinlikler Haftası 2014.
- Bulut-Üstün, A., Özata, A., Özerk, O. C., Osmañeçlebioğlu, R., Esirtgen, T., Kazancı, N., Gürbüz, A., 2015. Kuvaterner Jeolojisi Haritalarının Hazırlanması ve Sıvılaşma Çalışmalarına Katkısı: Güney Marmara Bölgesi Örneği. İstanbul Üniversitesi'nde Jeolojinin 100. Yılı Sempozyumu.
- Bulut-Üstün, A., Özerk, O. C., Osmañeçlebioğlu, R., Özata, A., Esirtgen, T., Kazancı, N., Gürbüz, A., 2014b. Jeolojik-Jeomorfolojik ölçütler esas alınarak sıvılaşma duyarlılık haritalarının hazırlanması: Adapazarı Havzası örneği. 67. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı s. 594-595.
- Chaput, E., 1931. Ankara Mıntkasının 1/135.000 Mikyasında Jeoloji Haritasına Dair İzahat, İstanbul Darülfünunu Jeoloji Enstitüsü Neşriyatından No.7, İstanbul.
- Cita, M.B., Capraro, L., Ciaranfi, N., Di Stefano, E., Marino, M., Rio, D., Sprovieri, R., Vai, G.B., 2006. Calabrian and Ionian: A proposal for the definition of Mediterranean stages for the Lower and Middle Pleistocene. Episodes, 29 (2), 107- 114.
- Close, M. H., 1867. Notes on the general glaciation of Ireland. J Roy Geol Soc Ire., 1:207–242.
- Cooper, A.H., Kessler, H., Burke, H., Chambers, J., 2014. Multidisciplinary Fieldwork Training in a Professional Geoscience Environment: Quaternary mapping, landscape literacy and hazard identification. *British Geological Survey Internal Report*, IR/14/054. 65 pp.
- Coxon, P., McCorron, S., Mitchell, F., 2017. Introduction: Advances in Irish Quaternary Studies. In: Advances in Irish Quaternary Studies, Eds: P. Coxon, S. McCorron, F. Mitchell. Atlantis Press, 1-17.
- Çakmak, İ., Baydar, O., Karaköse, C., 1987. Türkiye'de jeoloji araştırmalarının tarihçesi ve MTA Genel Müdürlüğü'nün jeoloji araştırmalarındaki yeri. MTA 50. Yıl Sempozyumu Bildirileri, 1-5.
- Dardis, G.F, McCabe, A.M., 1983. Facies of subglacial channel sedimentation in late-Pleistocene drumlins. Northern-Ireland. Boreas 12(4):263–278.
- Dardis, G.F., McCabe, A.M., Mitchell, W.I., 1984. Characteristics and origins of lee-side stratification sequences in late Pleistocene drumlins. Northern-Ireland. Earth Sci Proc Land 9(5):409–424.
- Desnoyers, J., 1829. Observations sur un ensemble de dépôts marins plus récents que les terrains tertiaries du bassin de la Seine, et constituant

- une formation geologique distincte; precedees d'une apercu de la non-simulaneite des bassins tertiares. Annales des Sciences Naturelles (Paris) 16: 171-214, 402-491.
- Duman, T. Y., Keçer, M., Ateş, Ş., Emre, Ö., Gedik, İ., Karakaya, F., Durmaz, S., Olgun, Ş., Şahin, H., Gökmenoğlu, O. 2004. İstanbul metropolü batısındaki (Küçükçekmece - Silivri - Çatalca Yöresi) kentsel gelişme alanlarının yer bilim verileri. MTA Yayınları Özel Yayın Serisi No:3, Ankara.
- Ehlers, J., 1996. *Quaternary and Glacial Geology*. New York, NY: Wiley.
- Elias, S. A., 2013. History of Quaternary Science. İç: *Encyclopedia of Quaternary Science*. Ed: Elias, S. A., Elsevier, s. 10-18. Amsterdam.
- Ell, T., 2011. Two letters of Signor Giovanni Arduino, concerning his natural observations: first full English translation. Part 1. *Earth Sciences History*, 30(2), 267-286.
- Ell, T., 2012. Two letters of signor Giovanni Arduino, concerning his natural observations: first full English translation. Part 2. *Earth Sciences History*, 31(2), 168-192.
- Emre, Ö., Kazancı, N., Erkal, T., Karabıyıkoglu, M., Kuşçu, İ., 1997. Uluabat ve Manyas Göllerinin Oluşumu ve Yerleşim Tarihi. İç: Güney Marmara Bölgesi'nin Neojen ve Kuvaterner evrimi, Ed: N. Kazancı and N. Görür, TUBİTAK, YDABCAG-426/G, Bölüm 7, 116-134.
- Emre, Ö., Varol, B., Kazancı, N., Duman, T.Y., Gökten, E., Kayabalı, K., Kılıç, R., Çemen, İ., Alçiçek, M., Sözeri, K., İleri, Ö., Koçbay, A., Bilgehan, P., Kırmızı, E., Ulaş, K., Keçer, M., Ateş, Ş., Erkal, T., Durmaz, S., Karakaya, F., Osmançelebioğlu, R. 1999. 17 Ağustos Depremi sonrası Düzce (Bolu) ilçesi alternative yerleşim alanlarının jeolojik incelemesi. MTA-Ankara Üniversitesi Ortak Araştırma Projesi Raporu, TUBİTAK, Ankara, 59 s.
- Erguvanlı, A. K., 1979. Türkiye'de jeoloji araştırmalarında jeoloji eğitiminde öncüler, Pierre de Tchihatchef. *Yeryuvarı ve İnsan*, 4/2, 9-14.
- Erinç, S., 1949. Uludağ üzerinde glasiyal morfoloji araştırmaları. *Türk Coğrafya Dergisi*, 11-12, 79-82.
- Erinç, S., 1955. Gediz ve Küçük Menderes Deltalarının Jeomorfolojisi. IX. Coğrafya Meslek Haftası, Tebliğler ve Konferanslar. Türk Coğrafya Kurumu Yay. 2, 33-66.
- Erinç, S., 1978. Changes in the physical environment in Turkey since the end of the last glacial. In W.C. Brice, (Ed.). *The Environmental History of the Near and Middle East since the Last Ice Age*, pp. 87-110, London: Academic Press.
- Erol, O., 1969. Tuzgölü Havzasının Jeolojisi ve Jeomorfolojisi. Ankara, TÜBİTAK No. TBAG 26, 284 p.
- Erol, O., 1978. The Quaternary history of the lake basins of central and southern Anatolia. In W.C. Brice, (Ed.). *The Environmental History of the Near and Middle East since the Last Ice Age*, pp. 111-139, London: Academic Press.
- Erol, O., 1979. Dördüncü Çağ (Kuvaterner) Jeoloji ve Jeomorfolojisinin Ana Çizgileri. Ankara Üniv. DTCF Yayını, No 289, 68 s.
- Eyles, N., McCabe, A.M., 1989. The late Devensian (< 22,000 bp) Irish Sea Basin—the sedimentary record of a collapsed ice-sheet margin. *Quat Sci Rev* 8(4), 307-351.
- Flint, R. F., 1971. *Glacial and Quaternary Geology*. New York, NY: Wiley.
- Forbes, E., 1846. On the connection between the distribution of existing fauna and flora of the British Isles, and the geological changes which have affected their area, especially during the epoch of the Northern Drift. *Great Britain Geological Survey Memoir* 1: 336-342.
- Forman, S. L., Stinchomb, G. E., 2015. Views on grand research challenges for Quaternary geology, geomorphology and environments. *Frontiers in Earth Science*, 3:47. doi: 10.3389/feart.2015.00047
- Gaigalas, A., 2008. Quaternary research in the Baltic countries. İç: *History of Geomorphology and Quaternary Geology*, Ed: Grapes, R. H., Oldroyd, D. R. ve Grigelis, A., Geological Society, London, Special Publications, 301, 129-140.
- Gervais, P., 1848-1852. Zoologie et paléontologie Françaises (animaux vertébrés) ou nouvelles recherches sur les animaux vivants et fossiles de la France. Tome I, Paris: Libraire Éditeur; Arthus Bertrand, 271p.
- Gibbard, P. L., Head, M. J., Walker, M. J. and the Subcommision on Quaternary Stratigraphy, 2010. Formal ratification of the Quaternary System/Period and the Pleistocene Series/Epoch with a

- base at 2.58 Ma. *Journal of Quaternary Science*, 25(2), 96-102.
- Gibbard, P. L., Smith, A.G., Zalasiewicz, J.A., Barry, T.L., Cantrill, D., Coe, A.L., Cope, J.C.W., Gale, A.S., Gregory, F.J., Powell, J.H., Rawson, P.F., Stone, P., Waters, C.N., 2005. What status for the Quaternary? *Boreas*, 34 (1), 1-6.
- Graf, H.R., 2009a. Stratigraphie von Mittel- und Spätpleistozän in der Nordschweiz. *Beitr. geol. Karte Schweiz*, NF.168, 198 S.
- Graf, H.R., 2009b. Stratigraphie und Morphogenese von frühpleistozänen Ablagerungen zwischen Bodensee und Klettgau. *Eiszeitalter und Gegenwart*, 58/1: 12-53.
- Graf, H.R., Bitterli-Dreher, P., Burger, H., Bitterli, T., Diebold, P., Naef, H., 2006. Blatt 1070 Baden. *Geol. Atlas Schweiz 1:25'000*, Karte 120.
- Graf, H.R., Burkhalter, R., 2016. Quaternary deposits: concept for a stratigraphic classification and nomenclature-an example from northern Switzerland. *Swiss Journal of Geosciences*, 109, 137-147.
- Grigelis, A. (Ed), 1980a. Geological Map of the Quaternary Deposits of the Soviet Baltic Republics with Explanatory Note. Scale: 1:500 000.
- Grigelis, A. (Ed), 1980b. Geomorphological Map of the Soviet Baltic Republics with Explanatory Note. Scale: 1:500 000.
- Grønlie, O.T., 1940. On the Traces of the Ice-Ages in Nordland, Troms, and the South-Western Part of Finnmark in Northern Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 20, 70 pp.
- Hakyemez, Y., Elibol, E., Umut, M., Bakırhan, B., Kara, İ., Dağistan, H., Metin, T., Erdoğan, N., 1992. Konya-Çumra-Akören dolayının jeolojisi. *MTA Raporu, Derleme No: 9449*, Ankara.
- Hakyemez, H.Y., Erkal, T., Gökaş, F., 1999. Late Quaternary evolution of the Gediz and Büyük Menderes grabens, Western Anatolia, Turkey. *Quaternary Science Reviews*, 18, 549-554.
- Holmsen, G., 1951. Oslo. Beskrivelse til kvartærgeologisk landgeneralkart. *Norges geologiske undersøkelse* 176, 62 pp.
- Holmsen, G., 1960. Østerdalen. Beskrivelse til kvartærgeologisk landgeneralkart. *Norges geologiske undersøkelse* 209, 63 pp.
- Holtedahl, O., 1929. Om land-isens bortsmelting fra strøkene ved Trondhjemsfjorden. *Norsk Geografisk Tidsskrift II*, p. 95-118.
- Hörnes, M., 1853. Mittheilung an Prof. Bronn gerichtet. Wien, 3. Okt., 1853. *Neues Jahrbuch Mineralogie Geologie Geognosie und Petrefaktenkunde* 806-810.
- İlhan, E., Barutoğlu, Ö., 1963. 1/500.000 Ölçekli Türkiye Jeolojik Haritası, *Madencilik Dergisi*, 3 (11), 723-727.
- JMO, 1979. Türkiye'deki jeoloji araştırmaları ve jeoloji haritaları. *JMO Yayınları*, No:3, 93 s.
- Kaizuka, S., 1991. The "Quaternary Maps of Japan" published in 1987, compared with other Quaternary maps of World. *The Quaternary Research*, 30 (2), 125-133.
- Kazancı, N., 2009. Neojen-Kuvaterner sınırının değişmesi ve beklenen gelişmeler. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 52 (3), 367-373.
- Kazancı, N., 2012a. Kuvaterner Birimlerinin Haritalanması. *İç: Kuvaterner Bilimi*, Ed: Kazancı, N. ve Gürbüz, A., Ankara Üniversitesi Yayınları No: 350, s.463-470. ISBN: 978-605-136-056-0.
- Kazancı, N., 2012b. Kuvaterner Bilimi; Kapsamı ve Gelişimi. *İç: Kuvaterner Bilimi*, Ed: Kazancı, N. ve Gürbüz, A., Ankara Üniversitesi Yayınları No:350, s.1-16. ISBN: 978-605-136-056-0.
- Kazancı, N., Emre, Ö., Keçer, M., Özdoğan, M., 2000. Jeoloji raporları için güncel çökellerin haritalanması; öneri ve örnek. 53. Türkiye Jeoloji Kurultayı (20-24 Şubat 2000) Bildiri Özleri, Ankara, s.237-238.
- Keilhau, B.M., 1840-1845. *Gæa Norvegica*. Johan Dahl, Christiania.
- Ketin, İ., 1979. Türkiye'de jeoloji araştırmalarının ve jeoloji haritalarının kısa tarihçesi. *Yeryuvarı ve İnsan*, 4/1, 15-17.
- Kilroe, J. R., 1888. Directions of Ice-flow in the North of Ireland, as determined by the observations of the Geological Survey. *Quarterly Journal of the Geological Society* 44:827-833.
- Kinahan, G. H., 1865. Explanation to accompany sheets 115 and 116. *Geological Survey of Ireland*, Dublin.
- Kjerulf, Th., Dahll, T. 1866. *Geologisk kart over Det søndenfeldske Norge omfattende Cristiania, Hamar og Christiansands Stifter*. Christiania, 16 pp.
- Knudsen, K. L., Sowers, J. M., Witter, R. C., Wentworth, C. M., Helley, E. J., 2000. Description of

- mapping of Quaternary deposits and liquefaction susceptibility, Nine-Country San Francisco Bay Region, California. USGS Open File Report: 00-444.
- Konak, N., 2004. Ülkemizde yapılan jeoloji araştırmalarının ve jeoloji haritalarının tarihçesi. JMO Bülteni, 2004/3, 84-90.
- Lee, J. R., Booth, S. J., (Eds.) 2006. *Quaternary Field Mapping: Lowland Britain*. British Geological Survey Internal Report, IR/06/099. 78 s.
- Lyell, C., 1833. Principles of Geology, Being an Attempt to Explain the Former Changes of the Earth's Surface by Reference to Causes Now in Operation, vol. III. London: John Murray.
- Lyell, C., 1839. Eléments de Geologie. Paris: Pitois-Levrault.
- Lyell, C., 1873. The Geological Evidence of the Antiquity of Man, 4th edn. London: John Murray.
- Lyman, B.S., 1876. A Geological Sketch Map of the Island of Yesso, Japan. Geological Survey of Hokkaido.
- Maglay, J., Pristaš, J., Kučera, M., Ábelová, M., 2009. Geologická mapa kvartéru Slovenska, Genetické typy kvartérnych uloženín 1 : 500 000. MŽP SR a ŠGÚDŠ, Bratislava.
- Malik, A., 1932. Mineraloji ve Jeoloji. İ.Ü. Fen Fakültesi Neşriyatı, İstanbul Devlet Matbaası, 670 s. ve 1 katlanmış harita.
- Mascarelli, A.L., 2009. Quaternary geologists win timescale vote. Nature 459/4 (June), p. 624.
- McCabe, A.M., 1987. Quaternary deposits and glacial stratigraphy in Ireland. Quat Sci Rev, 6 (3-4), 259-299.
- Meehan, R., 2013. The Merging of Quaternary Map Databases: End of project report on project outputs. Geological Survey of Ireland, 104 p.
- Mickelson, D. M., Colgan, P. M., 2004. The southern Laurentide ice sheet. *Developments in Quaternary Sciences*, 1, 1-16.
- Mitchell, G. F., 1976. The Irish Landscape. Collins, Glasgow.
- MTA, 2002. Türkiye 1/500,000 ölçekli Jeoloji Haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 18 pafta. Ankara.
- Oldroyd, D. R., Grapes, R. H., 2008. Contributions to the history of geomorphology and Quaternary geology: an introduction. İç: *History of Geomorphology and Quaternary Geology*, Ed: Grapes, R. H., Oldroyd, D. R. ve Grigelis, A., Geological Society, London, Special Publications, 301, 1-17.
- Olsen, L., Sveian, H., Ottesen, D., Rise, L., 2013. Quaternary glacial, interglacial and interstadial deposits of Norway and adjacent onshore and offshore areas. İç: Olsen, L., Fredin, O. and Olesen, O. (Ed.) *Quaternary Geology of Norway*, Geological Survey of Norway Special Publication, 13, pp. 79-144.
- Pamir, H. N., 1979. Türkiye'de yerbilimleri öğretiminin tarihçesi. Yeryuvarı ve İsan, 4/4, 6-10.
- Parsons, T., Toda, S., Stein, R.S., Barka, A., Dieterich, J. H., 2000. Heightened odds of large earthquakes near Istanbul: An interaction-based probability calculation, Science, 288, 661-665.
- Penck, A., Brückner, E., 1901-1909. Die Alpen im Eiszeitalter (3 Cilt). Leipzig: Tauchnitz.
- Pillans, B., Naish, T., 2004. Defining the Quaternary. Quaternary Science Reviews, 23, 2271-2282.
- Raukas, A. 1971. Outline of the Indicator Crystalline Boulder Investigations in Northern Europe. Crystalline Indicator Boulders in the East Baltic Area. Mintis, Vilnius, 9- 21 (Rusça).
- Raymond, O., 2009. New digital geological map of Australia: Seamless national digital baseline released. AUSGEO News, 93, 1-3.
- Raymond, O.L., Retter, A.J., (Eds), 2010. Surface geology of Australia 1:1,000,000 scale, 2010 edition [Digital Dataset] Geoscience Australia, Commonwealth of Australia, Canberra. <http://www.ga.gov.au>
- Rekstad, J., 1922. Norges hevning efter istiden. Norges geologiske undersøkelse 96, 27 pp.
- Rekstad, J., 1913. Fjeldstrøket mellom Saltdalen og Dunderlandsdalen. Norges geologiske undersøkelse 67, 65 pp.
- Roy P.S., Crawford E.A. 1977. Significance of sediment distribution in major coastal rivers, northern New South Wales, Australia. Third Australian Conference on Coastal Engineering, Melbourne, Proceedings, pp. 177-184.
- Roy P.S., Thom B.G., Wright L.D. 1980. Holocene sequences along an embayed high-energy coast. Sedimentary Geology 26, 1-19.
- Saito, Y., Okumura, K., Suzuki, T., Yokoyoma, Y., Izuho, M., 2016. Studies of the Quaternary in Japan. *Quaternary International*, 397, 1-2.

- Schlüchter, C., Kelly, M.A., 2000. Das Eiszeitalter in der Schweiz. Stiftung Landschaft und Kies.
- Schneer, C. J., 1969. Toward a history of geology. In: New Hampshire Inter-disciplinary Conference on the History of Geology (1967: Rye Beach). Mass., MIT Press.
- Scott, T.M., Knapp, M.S., Friddell, M.S., Weide, D.L., 1986. Quaternary geologic map of the Jacksonville 4° × 6° quadrangle, United States: U.S. Geological Survey Miscellaneous Investigations Series Map I-1420 (NH-17), scale 1:1,000,000.
- Severgin, V. 1803. Zapiski puteshestviya po zapadnym provintsiyam Rossiyskogo gosudarstva, ili mineralogicheskoye, chozyaistvennyye i drugiye primechaniya, uchinennyye vo vremya proyezda cherez onye v 1802 godu. Pri Imperatorskoy akademii nauk, St Petersburg.
- Sollas, W. J., 1896. A map to show the distribution of eskers in Ireland. Sci Trans Roy Dublin Soc 5:795–822.
- Soller, D.R., 1992. Text and references to accompany “Map showing the thickness and character of Quaternary sediments in the glaciated United States east of the Rocky Mountains”: U.S. Geological Survey Bulletin 1921, 54 p.
- Soller, D.R., Packard, P.H., Garrity, C.P., 2012. Database for USGS Map I-1970 — Map showing the thickness and character of Quaternary sediments in the glaciated United States east of the Rocky Mountains: U.S. Geological Survey Data Series 656.
- Strickland, H.E., 1840. On the Geology of the Neighbourhood of Smyrna. Transactions of the Geological Society of London, ser. 2; vol. 5; pt. 2; p. 393-402
- Suguo, K., Salluns, A.E.M., Soares, E.A.A., 2005. Quaternary: “Quo Vadis”?. Episodes, 28 (3), 197-200.
- Synge, F.M., 1950. The glacial deposits around Trim, Co. Meath. Proceedings of the Royal Irish Academy. Section B: Biological, Geological, and Chemical Science Vol. 53 (10):99–110.
- Şengör, A.M.C., 2000. Jeolojik Takvim. *Cogito*, 22, Özel Ek, 1-46.
- Tanner, V. 1915. Studier öfver kvartärsystemet i Fennoscandias nordliga deler. III. Om landisens rörelser och afsmältning i Finska Lappland och angränsande trakter. Fennia 36, 815 pp.
- Tchihatcheff, P., 1867-1869. Asie Mineure: Descriptions physique de cette contrée. quatrième partie, Géologie par, Editeur : L. Guérin, Paris, 3 Tome.
- Thoresen, M., 1990. Quaternary map of Norway, scale 1:1 million, with description (Norveççe). Summary. Geological Survey of Norway.
- Troedson, A. L., 2016. Central Coast area 1:100.000 and 1:25.000, Coastal Quaternary Geology Map Series. Geological Survey of New South Wales, Maitland.
- Troedson, A. L., Deyssing, L., 2015. Coastal Quaternary mapping of the southern Hunter to northern Illawarra regions, New South Wales. Quarterly Notes, 146, 1-30.
- Ulu, Ü., Bulduk, A.K., Ekmekçi, E., Karakaş, M., Ocal, H., Arbas, A., Saçlı, L., Taşkıran, A., Adır, M., Sözeri, Ş., Karabıykoğlu, M. 1994. İnce-Akkise ve Cihanbeyli-Karapınar Alanının Jeolojisi. MTA Rapor no: 9720, 219 s.
- Undås, I. 1942. On the late-Quaternary history of Møre and Trøndelag (Norway). Det kongelige Norske Videnskabers Selskabs Skrifter 1942, Nr. 2, 92 pp.
- van Couvering, J.A. (Ed.) 1997. The Pleistocene Boundary and Beginning of Quaternary. World and Regional Geology Series 9, Cambridge University Press, New York, 312 s.
- van Loon, A. J., 2000. The strangest 0.05% of the geological history. *Earth-Science Reviews*, 50, 125-133.
- Vaškovský, I., 1973. Geologická mapa kvartéru Slovenska 1 : 500 000. Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava.
- Wright, H. E., Frye, D. G. Jr., 1965. *Quaternary of the United States*. New Jersey, NJ: Princeton University Press.
- Wright, Jr. H. E., Bartlein, P. J., 1993. Reflections on COHMAP. The Holocene, 3, 89-92.
- Wright, W.B., 1914. The Quaternary Ice Age, 1st edn. Macmillan, London.
- Wright, W.B., Muff, H.B., 1904. The pre-glacial raised beach of the south coast of Ireland. The Irish Naturalist, 13(12), 291-294.
- Žebera, K., 1966. Mapa kvartéru a zvetraninového pláště ČSSR 1 : 1 000 000 In: Atlas geologie Československa 1 : 1 000 000, 1968, Praha.



TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ YAZIM KURALLARI

Yazıların Hazırlanması

TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ'nin yayın dili Türkçe ve İngilizce'dir. Türkçe makalelerde "Extended Summary", İngilizce makalelerde ise "Genişletilmiş Özet" verilmelidir. Yazarların ana dillerinin Türkçe olmaması durumunda, yazıların başlığı ve özeti ile çizelge ve şekillerin başlıkları Editörlükçe Türkçe'ye çevrilir. Ana dili İngilizce olmayan yazarlara, yazılarını Editörlüğe göndermeden önce, gramer ve üslup açısından, ana dili İngilizce olan bir kişiden katkı almaları özellikle önerilir. Hazırlanan makaleler orijinal ve daha önce basılmamış araştırma, yorum ya da her ikisine ait sentezi içermeli, veya teknik not niteliğinde olmalıdır. Yazının gönderilmesi, daha önce basılmamış veya başka bir yerde incelemede olmadığını gösterir.

Makale Sunum Süreci ve Etik Bildirimi

Tüm makaleler internet üzerinden <http://tjb.jmo.org.tr> adresindeki JMO dergileri için hazırlanmış çevrimiçi sistem aracılığıyla Türkiye Jeoloji Bülteni'ne elektronik ortamda gönderilmelidir. Bunun için önce OMYS sistemine üye olmalısınız. Türkiye Jeoloji Bülteni yazarlardan sayfa ücreti talep etmemektedir. Dergiye sunulan makaleler, daha önce yayınlanmadığı ve başka yerde yayınlanmak üzere gönderilmediği varsayılarak değerlendirme için kabul edilir. Yazarlar, makalenin ana içeriğinin daha önce yayınlanmadığını ve başka bir dergide yayınlanmak üzere gönderilmediğini onaylamalıdır. <http://dergipark.gov.tr/tjb> veya www.jmo.org.tr adresinde bulunan telif hakkı devir formu, tüm yazarlar adına ilgili yazar tarafından imzalanmalı ve makale dosyalarıyla birlikte gönderilmelidir. Bir makale sunulduktan sonra, başka yazar eklenmesi veya çıkarılması veya yazarların değiştirilmesi mümkün değildir. Makaleler, yazım kurallarına uymuyorsa ya da dergi kapsamı dışındaysa, dergi editörü tarafından hakem değerlendirmesi yapılmaksızın reddedilebilir. Bir makale yayın için kabul edildikten sonra, diğer bir deyişle, hakem tarafından önerilen düzeltmeler tamamlandıktan ve editör tarafından kabul edildikten sonra, yazara makalede değişiklik yapma izni verilmez. Makale yayınlanmadan önce, yazarlara düzeltmeler için prova baskı gönderilir. Başkasının fikir veya sözcüklerinin orijinal biçiminde kullanılması veya uygun bir atıf yapılmaksızın değiştirilmesi, intihal olarak kabul edilir ve tolere edilemez.

Yazılar aşağıda verilen düzen çerçevesinde hazırlanmalıdır.

- Başlık (Türkçe ve İngilizce)
- Yazar Adları (koyu ve baş harfleri büyük harfle) ve adresleri (italik ve küçük harfle) ile başvurulacak yazarın E-posta adresi
- Öz (Türkçe ve İngilizce)
- Anahtar Kelimeler (Türkçe ve İngilizce)
- Giriş (amaç, kapsam ve yöntem)
- Ana metin (kullanılan yöntemler, çalışılan malzemeler, tanımlamalar, analizler vd.)

- (g) Tartışma ve Sonuçlar veya Tartışma Önerileri
- (h) Extended Summary / Genişletilmiş Özet
- (i) Katkı Belirtme
- (j) Kaynaklar
- (k) Çizelgeler
- (l) Şekiller Dizini
- (m) Şekiller
- (n) Levhalar (var ise)

Metinde kullanılan değişik türde başlıklar farklı şekillerde ve tüm başlıklar sayfanın sol kenarında verilmelidir. Ana başlıklar büyük harflerle ve koyu yazılmalıdır. İkinci derece başlıklar alt başlık olarak değerlendirilmeli ve birinci ve ikinci derece alt başlıklar küçük harfle (birinci derece alt başlıklarda her kelimenin ilk harfi büyük) ve koyu, üçüncü derece alt başlıklar ise italik olmalıdır. Başlıkların önüne numara veya harf konulmamalıdır. Yazılar (öz, metin, katkı belirtme, kaynaklar, ekler ve şekiller dizini) A4 (29.7 cmX21 cm) boyutundaki sayfaların bir yüzüne, kenarlardan en az 2.5 cm boşluk bırakılarak, 1.5 cm aralıkla ve 12 puntoyla (Times New Roman) yazılmalı, ayrıca tüm sayfalara numara verilmelidir.

Başlıklar şu şekilde olmalıdır:

ÖZ

ABSTRACT

GİRİŞ

ANA BAŞLIK

Birinci Derece Alt Başlık

İkinci derece alt başlık

Üçüncü derece alt başlık

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

KATKI BELİRTME

KAYNAKLAR

Kapak Sayfası

Yazıdan ayrı olarak sunulacak kapak sayfasında aşağıdaki bilgiler yer almalıdır:

- a. Yazının başlığı
- b. Yazar(lar)ın ad(lar)ı (ad ve soyadı kısaltılmadan)
- c. Tüm yazarların açık posta ve e-mail adresleri (Başvurulacak Yazar belirtilerek). Başvurulacak yazarın telefon numarası da ayrıca belirtilmelidir.

Başlık ve Yazarlar

Yazının başlığı, çalışmanın içeriğini anlaşılır şekilde yansıtmalıdır. Eğer yazı Türkçe hazırlanmışsa, Türkçe başlığı (koyu ve kelimelerin ilk harfleri büyük harf olacak şekilde) İngilizce başlık (italik ve kelimelerin ilk harfleri büyük olacak şekilde) izlemelidir. İngilizce hazırlanmış yazılarda ise, İngilizce başlık Türkçe başlıktan önce ve yukarıda belirtilen yazım kurallarına göre verilmelidir. Makaledeki yazarlar orcid.org web adresinden edinecekleri Orcid kimliklerini makale ile birlikte sunmalıdır.

Yazarlara ilişkin bilgi ise aşağıdaki örneklere uygun olarak verilmelidir.

Ahmet Ahmetoğlu

Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği
Bölümü, Tandoğan 06100 Ankara

A. Hüsnu Hüsnuoğlu

MTA Genel Müdürlüğü, Jeolojik Etütler Dairesi, 06520 Ankara
(e-posta: husnu56@mta.gov.tr)

ÖZ

Çalışma hakkında bilgi verici bir içerikle (çalışmanın amacı, elde edilen başlıca sonuçlar) ve 300 kelimeyi aşmayacak şekilde hazırlanmalıdır. Özde kaynaklara atıfta bulunulmamalıdır. Özler hem Türkçe, hem, İngilizce olarak verilmelidir. Türkçe hazırlanmış yazılarda Özden sonra “Abstract” (İtalik) yer almalı, İngilizce yazılarda ise italik yazılmış Türkçe Öz Abstract’ı izlemelidir.

Anahtar Kelimeler

Öz ve Abstract’ın altında en az 2-7 kelimeyi aşmayacak şekilde ve yazının konusunu yansıtan anahtar kelimeler Türkçe ve İngilizce olarak verilmelidir. Anahtar kelimeler, alfabetik sırayla küçük harfle (ilk anahtar kelimenin ilk harfi büyük) yazılmalı ve aralarına virgül konmalıdır. Teknik Not ve Tartışma türü yazılarda anahtar kelimelerin verilmesine gerek yoktur.

EXTENDED SUMMARY/GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Genişletilmiş özet 2500 kelimeyi geçmemelidir. Ancak makalenin öz/abstract kısmından daha geniş hacimli olmalıdır. Genişletilmiş özet kısmında yeni bir şekil ve çizelge verilmemelidir. Ancak makalede kullanılan şekil ve çizelgelere bu kısımda atıf yapılabilir. Aynı şekilde, makale içinde atıf yapılan kaynaklara da gerektiğinde bu kısımda atıf yapılmalıdır.

KATKI BELİRTME

Katkı belirtme, kısa olmalı ve teşekkür edilecek olanlar çalışmaya en önemli katkıyı sağlayan kişilerin ve/veya kuruluşların adlarıyla sınırlandırılmalıdır. Teşekkür edilecek kişilerin açık adları unvanları belirtilmeksizin verilmeli, ayrıca bu kişilerin görevli oldukları kurum ve kuruluşların adları da eklenmelidir.

DEĞİNİLECEK BELGELER

Aşağıdaki örnekler ile kesinlikle uyumlu olmalıdır.

(a) *Sürelî yayımlar:*

Hoek, E. Ve David, M., 1990. Estimating Mohr – Coulomb friction and cohesion values from Hoek – Brown failure criterion. International Journal of Rock Mechanics, 27 (3) 220-229.

Yazar ad(lar)ı, Tarih. Bildirinin başlığı. Sürelî yayının adı (kısaltılmamış), Cilt No. (Sayı No.), sayfa no.

(b) *Bildiriler:*

Ünal, E., Özkan, İ. Ve Ulusay, R., 1992. Characterization of weak, stratified and clay bearing rock masses. ISRM Symposium: Eurock’92 – Rock Characterization, Chester, UK., 14-17 September 1992, J. A. Hudson (ed.), British Geotechnical Society, London, 330-335.

Yazar ad(lar)ı, Tarih. Bildirinin başlığı. Sempozyum veya Kongrenin Adı, Editör(ler) varsa, Basımevi, Cilt/Sayı No. (birden fazla ciltten oluşuyorsa) Düzenlendiği Yerin Adı, sayfa no.

(c) *Kitaplar:*

Goodman, R.E., 1998. Introduction to Rock Mechanics. John Wiley and Sons, New York, 562 s.

Ketin, İ. Ve Canitez, N., 1972. Yapısal Jeoloji. İTÜ Matbaası, Gümüşsuyu, Sayı 869, 520 s.

Yazar ad(lar)ı, Tarih. Kitabın adı (ilk harfleri Büyük) yayınevi, Basıldığı Şehrin Adı, sayfa sayısı.

(d) Raporlar ve Tezler:

Demirok, Y., 1978. Muğla-Yatağan linyit sahaları jeoloji rezerv ön raporu. MTA Derleme No: 6234, 17 s. (yayımlanmamış)

Sönmez, H., 1996. TKİ. ELİ Soma Linyitleri açık işletmelerinde eklemli kaya kütleli içindeki şevlerin duraylılığının değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü., Ankara, Yüksek Mühendislik Tezi, 99 s (yayımlanmamış).

Yazar ad(lar)ı, Tarih. Raporun veya tezin başlığı. Kuruluşun veya Üniversitenin Adı, Arşiv No. (varsa) sayfa sayısı (yayımlanıp yayımlanmadığı)

(e) Kişisel Görüşme:

Sözbilir, H., 2005. Personal communication. Geological Engineering Departmen of Dokuz Eylül University, İzmir, Turkey.

(f) İnternette İndirilen Bilgiler:

ERD (Earthquake Research Department of Turkey), 2005. <http://www.gov.tr> 3 April 2005.

Kurumun adı, Tarih. Web adresi, web adresine girildiği tarih.

Türkçe kaynaklar doğrudan Türkçe olarak verilmeli ve Türkçe karakterlerle yazılmalıdır.

Eşitlikler ve Formüller:

Matematiksel semboller ve formüller el yazısıyla yazılmamalıdır. Eşitlik numaraları eşitliğin hizasında ve sağ kenarına dayandırılarak birbirini izleyen bir sırayla parantez içinde, ayrıca eşitliklerdeki sembollerin anlamı makalede ilk kez kullanıldıkları eşitliğin altında verilmelidir.

Burada; makaslama dayanımı, c kohezyon, normal gerilme ve içsel sürtünme açısıdır". Eşitliklerde kullanılan alt ve üst indisler belirgin şekilde ve daha küçük karakterle yazılmalıdır (örneğin; Id, x2). Karekök işareti yerine parantezle birlikte üst indis olarak 0.5 kullanılmalıdır (örneğin; c_{mass}=s0.5). Çarpım işlemini göstermek için herhangi bir işaret kullanılmamalı, ancak gerekli durumlarda "*" işareti tercih edilmelidir (örneğin; y=5*10⁻³). Bölme işareti olarak yatay çizgi yerine "/" işareti kullanılmalıdır. Kimyasal formüllerde iyonların gösterilmesi amacıyla Ca⁺⁺ ve CO₃—yerine Ca²⁺ ve CO₃²⁻ tercih edilmelidir. Metinde eşitliklere "eşitlik (1)" şeklinde atıfta bulunulmalıdır. Gerekliyse, bilgisayar programı listeleri de net ve okunur şekilde ekte verilmelidir.

Çizelgeler

Çizelgeler, başlıklarıyla birlikte, Dergi'nin sayfalarındaki baskı alanını (15.8 x 22.5) aşmayacak şekilde hazırlanmalı ve birbirini izleyen sıra numaralarıyla verilmelidir. Çizelgelerin üst kısımlarında hem Türkçe, hem de İngilizce başlıkları bulunmalıdır (Çizelge başlıkları ayrı bir sayfada liste halinde verilmemelidir.). Makalenin Türkçe yazılması halinde İngilizce başlık italik harflerle Türkçe başlığın altında yer almalı,

İngilizce makalelerde ise, italik yazılmış Türkçe başlık İngilizce başlıktan sonra verilmelidir. Çizelgeler, “Çizelge 1” vb. şeklinde sunulmalıdır. Metinde çizelgelere Çizelge 1 veya Çizelge 1 ve 2 (eğer birden fazla sayıda çizelgeye atıfta bulunulacaksa) şeklinde değinilmelidir. Çizelgeler, metinde kullanılan karakterlerden daha küçük (10 veya 11 punto) karakterle yazılmalı ve Dergi'nin tek (7.3 cm-Genişlik) veya çift (15.8 cm-Genişlik) kolonuna sığacak şekilde düzenlenmelidir. Çizelgelerde düşey çizgiler kullanılmamalı, yatay çizgiler ise sadece çizelgenin alt ve üstünde, ayrıca çizelgedeki başlıklar ile bunların altında listelenen rakamları ayırmak için kullanılmalıdır (Bunun için Dergi'nin önceki sayılarına bakılması önerilir). Çizelgelerde makalenin diğer kısımlarında verilen bilgi veya sonuçların (örneğin grafikler vb.) tekrar verilmemesine özen gösterilmelidir. Her çizelge ayrı sayfalara bastırılarak metnin sonunda (Kaynaklar dizininden sonra) sunulmalıdır. Çizelgelerdeki kısaltma ve simgeler daha küçük karakterlerle çizelgenin altında verilmelidir (örneğin: c:tek eksenli sıkışma dayanımı vd.).

Şekiller

Çizim, grafik ve fotoğraf gibi tüm şekiller yüksek kalitede basılmış olarak “Şekil” başlığı altında ve metin içinde anıldıkları sırayla numaralandırılarak verilmelidir. Şekil numaraları sayfanın sağ üst köşesine yazılmalı, ayrıca şekiller küçültülüp büyütülebilecek halde sunulmalıdır. Şekil açıklamaları; şekillerin altına yazılmamalı ve ayrı bir sayfaya yazılarak “Şekiller Dizini” başlığıyla verilmeli, ayrıca “Şekil 1” olarak başlamalıdır. Çizelgeler için yukarıda belirtilen yazım kurallarına benzer şekilde, şekil başlıkları hem Türkçe, hem de İngilizce hazırlanmalıdır. Ayrı sayfalara bastırılmış olan şekiller, çizelgelerden sonra sunulmalıdır. Şekiller için en büyük boyut, şekil başlığını da içerecek biçimde 15.8 cm (Genişlik) x 22.5 cm (uzunluk) olmalıdır. Tüm şekillerin Dergi'nin tek veya çift kolonuna sığacak boyutlarda hazırlanması ve mümkünse daha çok tek kolona göre tasarlanması önerilir. Özellikle haritalar, arazi ile ilgili çizimler ve fotoğraflar, sayısal ölçek (1:25000 vb.) yerine, metrik sisteme uygun çubuk ölçekle verilmelidir. Tüm haritalarda kuzey yönü gösterilmelidir. Bölgesel haritalarda, uygun olduğu takdirde, ulusal grid veya enlem/boylam değerleri verilmelidir. Harita açıklamaları, şekil başlığıyla birlikte değil, şeklin üzerinde yer almalıdır. Fotoğraflar, çizimler veya bunların birlikteliğinden oluşan şekiller (a), (b) vb. gibi gruplar halinde verilebilir. Bu tür sunumlarda (örneğin; Şekil 5a ve 5b) a,b,c vb. gibi tek bir şekle ait çizimler veya fotoğraflar, ayrı sayfalarda basılması yerine, gruplandırılarak aynı sayfada sunulmalıdır. Şekillerde açık gölge ve tonlarından kaçınılmalı, özellikle bilgisayar programlarından elde edilen grafiklerde bu hususa dikkat edilmelidir. Gölgeleme belirgin, fotoğraflar siyah-beyaz ve iyi bir kontrasta sahip olmalıdır. Tüm şekiller, Şekil 1 veya Şekil 1 ve 2 (birden fazla şekle değiniliyorsa) gibi ve metinde anıldıkları sırayla numaralandırılmalıdır. Bir dizi fosil fotoğraflarını içeren şekiller levha olarak değerlendirilmelidir. Levha sayısı mümkün olduğunca az tutulmalıdır. Levhalara ilişkin açıklamalar, hem Türkçe hem de İngilizce olarak aynı sayfada verilmelidir.

MAKALELERİN EDITÖRLÜĞE GÖNDERİLMESİ

Makaleler yazım kurallarına uygun şekilde hazırlandıktan sonra tjb.jmo.org.tr veya DergiPark Akademik (dergipark.gov.tr/tjb) adresi üzerinden elektronik olarak sisteme yüklenmelidir.

TÜRKİYE JEOLJİ BÜLTENİ EDITÖRÜ

Prof. Dr. Orhan TATAR

Tel: 0 346 219 10 10/1548

e-posta: orhantatar@gmail.com

YAYIMA KABUL EDİLEN MAKALELERİN SUNUMU

Yazarlar, makalelerinin yayıma kabulü halinde, makalenin düzeltilmiş son kopyasını orijinal çıktısıyla birlikte CD'ye de kopyalayarak (metin, çizelgeler ve tablolar) Editör'e göndermelidir. Levhalar iyi kalitede basılmış olarak gönderilmelidir. Metin, çizelgeler ve şekiller elektronik ortamda (internet aracılığıyla) gönderilmemelidir. Makaleler WORD ile hazırlanmalıdır. Diskin üzerinde yazarların adları, kullanılan yazım programının adı ve versiyonu, makalenin başlığı ve dosyanın adı belirtilmelidir. Levhalar hariç, tüm şekiller Corel Draw ile hazırlanmalıdır. Bununla birlikte, şekillerin 300 DPI'den az olmamak koşuluyla JPG dosyaları da gönderilmelidir.

PROVA BASKILAR

Makalelerin prova baskıları, dizgi ve yazım hatalarının olup olmadığının kontrolü için Başvurulacak Yazar'a gönderilir. Prova baskılarda yapılacak düzeltmeler yazım hataları ile sınırlı olup, yazarların makaleyi kabul edilmiş son halinden farklı duruma getirebilecek değişiklikler ve düzeltmeler yapması kabul edilemez. Prova baskılar, yazarlar tarafından alındıktan sonra en geç üç gün içinde editöre gönderilmelidir. Gecikmeli olarak yapılacak düzeltmelerin baskıya verilmesi garanti edilemeyeceği için, yazarların prova baskıları göndermeden çok dikkatli şekilde kontrol etmeleri önerilir.

AYRI BASKILAR

Makalenin onbeş ayrı baskısı, makalenin basıldığı sayı ile birlikte ücretsiz olarak Başvurulacak Yazar'a gönderilir. İlave ayrı baskı talep edilmemelidir.

TELİF HAKLARI

Yazar veya (Başvurulacak Yazar (birden fazla yazarlı makalelerde), kendisi ve diğer yazarlar adına "Telif Hakkı Devir Formu"nu makalenin baskıya verilmesinden önce imzalamalıdır. Bu sözleşme, Jeoloji Mühendisleri Odası'na yazarlar adına telif hakkı alınmış yayınlarını koruma olanağı sağlamakla birlikte, yazarların makalenin sahibi olma haklarından vazgeçtiği anlamına gelmemektedir. Telif Hakkı Devir Formu, en kısa sürede Editör'e gönderilmelidir. Bu form Editör'e ulaştırılıncaya değin, makale yayına kabul edilmiş olsa bile, baskıya gönderilmez.



GEOLOGICAL BULLETIN OF TURKEY INSTRUCTIONS FOR CONTRIBUTORS

Preparation of Manuscripts

The language of the GEOLOGICAL BULLETIN OF TURKEY is both Turkish and English. For manuscripts submitted in English “Genişletilmiş Özet”, for manuscripts submitted in Turkish “Extended Summary” should be given. If the author(s) are residents of a non-Turkish speaking country, titles, abstracts and captions of figures and tables are translated into Turkish by the Editors. It is strongly recommended that authors whose native language is not English, should ask a person whose native language is English to check the grammar and style of manuscript before submission. Paper should be original and comprise previously unpublished research, interpretations, or synthesis of two, or technical notes. Submission implies that the manuscript is not currently under consideration for publication elsewhere.

Submission Process and Ethical Statement

All manuscripts must be submitted electronically via the Internet to the Geological Bulletin of Turkey through the online system for JMO journals at <http://tjb.jmo.org.tr>. There are no page charges. Papers are accepted for publication on the understanding that they have not been published and are not going to be considered for publication elsewhere. Authors should certify that neither the manuscript nor its main contents have already been published or submitted for publication in another journal. The copyright release form, which can be found at <http://dergipark.gov.tr/tjb>, or www.jmo.org.tr must be signed by the corresponding author on behalf of all authors and must accompany all papers submitted. After a manuscript has been submitted, it is not possible for authors to be added or removed or for the order of authors to be changed. Manuscripts may be rejected without peer review by the editor-in-chief if they do not comply with the instructions for authors or if they are beyond the scope of the journal. After a manuscript has been accepted for publication, i.e. after referee-recommended revisions are complete, the author will not be permitted to make changes that constitute departures from the manuscript that was accepted by the editor. Before publication, the galley proofs are always sent to the authors for corrections. The use of someone else’s ideas or words in their original form or changed without a proper citation is considered plagiarism and will not be tolerated.

Manuscripts should generally be structured as follows:

- (a) Title (English and Turkish)
- (b) Names of authors (bold and in capital), their affiliations (italic and lower-case) and the name and e-mail address of the corresponding author.
- (c) Abstract (English and Turkish)
- (d) Key words (English and Turkish)
- (e) Introduction (aim, content and methodology)

- (f) Main text (methods, material studied, descriptions, analyses etc.)
- (g) Results and Discussion or Conclusions and Recommendations
- (h) Extended Summary / Genişletilmiş Özet
- (i) Acknowledgements (if necessary)
- (j) References
- (k) Tables
- (l) List of figure captions
- (m) Figures
- (n) Plates (if any)

The various levels of headings used in the manuscript should be clearly differentiated. All headings should be in left-aligned. Major headings should be bold capitals. Secondary headings should be considered as sub-headings. Primary- and secondary-subheadings should be given in lower-case and tertiary headings in italics. Headings should not be preceded by numerals or letters. Manuscripts (abstract, main text, acknowledgements, references, appendices and figure captions) should be typed on one side of the paper (A4 size: 29.7 cm x 21 cm) with wide margins (at least 2.5 cm) and 1.5 line-spaced throughout, at a font size of 12 point (Times New Roman) and with all pages numbered.

Examples for headings:

ABSTRACT
INTRODUCTION
PRIMARY HEADING
Primary Sub-Heading
Secondary Sub-Heading
Tertiary Sub-Heading
CONCLUSIONS
EXTENDED SUMMARY
ANCKNOWLEDGEMENTS
REFERENCES

Cover Page

A cover page, separate from the main manuscript, must include the followings:

- a. Title of the paper
- b. Name(s) of author(s) (full forenames should be given)
- c. Full postal and e-mail addresses of all authors (the corresponding author should be indicated).
Phone number for the corresponding author should also be provided.

Title and Authors

The title of the paper should unambiguously reflect its content. If the paper is written in Turkish, the Turkish title (in bold-face type and first letter of the words capital) should be followed by the English title (italic and first letter of the words capital). If the paper is in English, the English title should appear before the Turkish title in the style mentioned above. Authors should provide their Orcid ID which can be obtained from orcid.org website.

The information related with authors should be given as follow:

Ahmet Ahmetoğlu	Ankara University, Engineering Faculty, Geological Engineering Department Tandoğan 06100 Ankara
A.Hüsnü Hüsnüoğlu	MTA Genel Müdürlüğü, Jeolojik Etüdler Dairesi, 06520 Ankara (e-posta: husnu56@mta.gov.tr)

Abstract

The abstract not exceeding 300 words should be informative (aim of the study and main conclusive remarks). It should not contain references. The Abstract should be given in both Turkish and English. If the paper is written in Turkish, an English abstract (in italics) should follow the Turkish abstract, while a Turkish abstract (in italics) should appear after the English abstract in papers written in English.

Keywords

The abstract should include minimum 2, and not more than 7 key words which reflect the entries the authors would like to see in an index. Key words should be given in both Turkish and English. Key words should be written in lower-case letters, separated by commas, and given in alphabetical order. For Technical Notes and Discussions, key words should not be provided.

EXTENDED SUMMARY / GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

The extended abstract should not exceed 2500 words. But it must be more bulky than abstract. The new figure or table should not be given. But reference can be given to figures and tables present in main text.

ACKNOWLEDGEMENTS

Acknowledgements should be brief and confined to persons and organizations that have made significant contributions. Please use full names without titles and indicate name(s) of the organization(s) of the person(s) acknowledged.

REFERENCES

All references cited in the text, and in captions of figures and tables should be presented in a list of references under a heading of "REFERENCES" following the text of the manuscript.

Examples of layout of references

(a) Journals:

Hoek, E. and David, M., 1990. Estimating Mohr-Coulomb friction and cohesion values from Hoek-Brown failure criterion. *International Journal of Rock Mechanics*, 27(3), 220-229.
Author(s), Date. Title of paper. Full Name of Journal, Vol.(No), pages.

(b) Proceedings and Abstracts:

Ünal, E., Özkan, İ. ve Ulusay, R., 1992. Characterization of weak, stratified and clay bearing rock masses. *ISRM Symposium: Eurock'92-Rock Characterization*, Chester, U.K., 14-17 September 1992, J.A.Hudson (ed.), British Geotechnical Society, London, 330-335.
Author(s), Date. Title of paper. Title of Symposium or Congress, Name of Editor(s), Name and Location of Publisher, Vol. (if any), pages

(c) Books:

Goodman, R.E., 1988. Introduction to Rock Mechanics. John Wiley and Sons, New York.
Ketin, İ. ve Camitez, N., 1972. Yapısal Jeoloji. İTÜ Matbaası, Gümüşsuyu, Sayı:849.
Author(s), Date. Name of Book. Name and Location of Publisher

(d) Unpublished Reports and Thesis:

Demirok, Y., 1978. Muğla-Yatağan linyit sahaları jeoloji ve rezerv ön raporu. MTA Derleme No:6234. (yayınlanmamış). [Author(s), Date. Title of report. Name of Organization, Report No., Name of City (unpublished).]
Sönmez, H., 1996. T.K.İ.-E.L.İ. Soma Linyitleri açık işletmelerinde eklemli kaya kütlesi içindeki şevlerin duraylılığının değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü., Ankara, Yüksek Mühendislik Tezi, 99 s (yayınlanmamış).
Author, Date. Title of thesis. Type of Thesis (MSc or PhD), Name of University or Institution, City, Country (unpublished).

(e) Personal Communications:

Sözbilir, H., 2005. Personal communication. Geological Engineering Department of Dokuz Eylül University, İzmir, Turkey.

(f) Information Downloaded from the Internet

ERD (Earthquake Research Department of Turkey), 2005. <http://www.gov.tr>, 3 April 2005.
[Name of the Organization, Date. Web address, date of access to website.]
Turkish references can also be given directly in Turkish. For such references please use Turkish characters.

Mathematical Expressions

Mathematical symbols and formulae should be typed. Equation numbers should appear in parentheses at the right-hand side of the equations and be numbered consecutively. For Greek or other non-Roman letters, identify the symbol in words in the left-hand margin just below the equation the first time it is used. In addition, the meaning of symbols used in equations should be given below the equations.

“Where is the shear strength, c is cohesion, σ is normal stress and, ϕ is internal friction angle.” Subscripts and superscripts should be given clearly and written in smaller character (e.g. I_d , x_2). Instead of square-root symbol, an indice of 0.5 should be used (e.g. $y=5x^{0.5}$). For the of multiplication sign do not use any symbol, however if necessary, the symbol “*” can be preferred (e.g. $y=5*10^{-3}$). Please use “/” for division instead of a horizontal line between numerator and denominator. In the expression of chemical reactions, ions should be given as Ca^{2+} and CO_3^{2-} (Ca^{++} and CO_3^{--}). In the text, equations should be referred to as equation(1). Computer program listings, if appropriate, must be very clear in an Appendix.

Tables

Tables with their titles should not exceed the printed area of the page (15.8 cm (wide) x 22.5 cm (deep)) and be numbered consecutively. Both Turkish and English titles should appear at the top of a table (do not print table captions on a separate sheet). If the manuscript is written in Turkish, English title in italics should follow the Turkish title. For manuscripts in English, a Turkish title should appear below the English title in italics. They should begin "Table 1." etc. Tables should be referred to as Table 1 or Tables 1 and 2 (if more than one table is referred to). Tables can be written in a font size smaller than that of the text (10 or 11 point). Tables should be arranged to fit single column (7.3 cm wide) or double column (15.8 cm wide). No vertical rules should be used. Horizontal rules should only be used at the top and bottom of the tables, and to separate headings and numbers listed in the tables (Please check the previous issues of the Journal). Tables should not duplicate results presented elsewhere in manuscript (e.g. in graphs). Each table should be separately printed and appear after the text (after references). All abbreviations and symbols must be identified with smaller character underneath the tables (e.g. c: uniaxial compressive strength, etc).

Illustrations

All illustrations, whether diagrams, charts and photographs, should be of high quality, referred to as "Figures" and be numbered consecutively as they appear in the text. They must be originals. The number of the figure should be given at top on the right-hand side of the paper. Illustrations should be provided in camera-ready form, suitable for reproduction (which may include reduction) without retouching. Figure captions should be supplied on a separate sheet and should begin "Figure 1." etc. As with the rules given for tables, figure captions should also be given both in Turkish and English. All illustrations should be given with a list of figure captions. The maximum printed size of illustrations is 15.8 cm (wide) x 22.5 cm (deep) together with figure captions. It is recommended that all illustrations should be designed with the Journal's single-column or two-column layout in mind, and where possible, illustrations should be designed for a single column. Illustrations, particularly maps, field sketches and photographs should have a metric bar scale rather than magnification factors. All maps should have a north mark. Regional maps may include National Grid or latitude/longitude number where appropriate. Map keys should be given on the figure, not in the figure caption.

Photographs, line drawings, or combinations may be grouped as figure parts (a), (b), etc. It is preferred that these are mounted. Letters or numerals should not be less than 1 mm after reduction. Avoid fine shading and tones, particularly from computer graphics packages. Shading should be distinct. Photographs must be black and white and sharp, and exhibit good contrast.

All illustrations must be numbered in the order in which they are referred to and discussed in the text as Figure 1 or Figure 1 and 2 (if more than one figures is referred to). Illustrations consisting of a set of fossil photographs should be given as "Plates" and mounted in the desired layout. The number of plates should be kept to a minimum. Explanations of plates should be given in both Turkish and English on the same page.

SUBMISSION OF MANUSCRIPTS

Papers should be submitted electronically through web site tjb.jmo.org.tr or DergiPark Academics (dergipark.gov.tr/tjb)

EDITOR

Prof. Dr. Orhan TATAR

Phone : 0346-219 1010 / 1548

e-mail : orhantatar@gmail.com

SUBMITTING ARTICLES ADMITTED TO PUBLICATION

In cases where authors' articles are admitted to publication, authors should copy on CD and send revised final copies of their articles including original printouts (texts, charts and tables) to Editor. Sheets should be printed of high quality. Texts, charts and illustrations should not be sent electronically (via internet). Articles should be issued in WORD. Authors' names, name and version of software program used, title of article and file name should be indicated on disk. All images, except for sheets, should be issued in Corel Draw. Besides, images should be sent in JPG format files provided to be not less than 300 DPI.

PROOFING

Proofing of articles are sent to Reference Author to check for typographical errors and misspelling. Revisions in proofing are limited to misspelling and any amendments and revisions by authors that may alter article in a way different than its final version are not acceptable. Proofing should be sent to editor within at latest three days after receipt by authors. Delayed revisions cannot be guaranteed for printing and therefore, authors are strictly recommended to precisely inspect proofing prior to sending.

REPRINTS

Fifteen reprints and a copy of the issue are supplied free of charge. They are sent to the corresponding author. Additional reprints must not be ordered.

COPYRIGHT

The author or corresponding author on behalf of all authors (for papers with multiple authors) must sign the "Copyright Transfer" agreement before the article can be published. This transfer agreement enables the Chamber of Geological Engineers to protect the copyrighted material for the authors, but does not relinquish the authors' proprietary rights. The Copyright Transfer form should be sent to the Editor as soon as possible. Manuscripts accepted for publication will not be sent to print until this form is received by the Editor.

TÜRKİYE JEOLojİ BÜLTENİ

Geological Bulletin of Turkey

Aralık 2017 Cilt 60 Sayı 4
December 2017 Volume 60 Issue 4

- Cihan Bayrakdar, Zeynel Çilğin, Faize Sarış**
Karadağ'da Pleyistosen Buzullaşmaları, Batı Toroslar, Türkiye
Pleistocene Glaciations in Karadağ, Western Taurus Mountains, Turkey 451
- Z. Bora Ön, M. Sinan Özeren, Sena Akçer-Ön, M. Namık Çağatay**
Spectral Features of 250 kyr Long Lake Van Sediments: Milankovitch Cycles and Their Harmonics
250 Bin Yıl Uzunluğundaki Van Gölü Çökelleri'nin Spektral Özellikleri: Milankoviç Döngüleri ve Onların Harmonikleri 471
- Eren Şahiner, Mehmet Korhan Erturaç, Niyazi Meriç**
Termal-Asistan Optik Uyarmalı Lüminesans (TA-OSL) Tekniğiyle Milyon Yıl Mertebesindeki Jeolojik Örneklerin Tarihlendirilmesi: Gediz Taraçaları, Kula/Manisa
Dating of geological samples over millions of years by Thermally Assisted Optically Stimulated Luminescence (TA-OSL) technique: Gediz River Terraces, Kula/Manisa 489
- Hakan Gür**
Geç Kuvaterner Buzul Buzullararası Döngülerinin Anadolu'nun Biyolojik Çeşitliliği Üzerine Etkileri
he Effects of the Late Quaternary Glacial-Interglacial Cycles on the Biodiversity of Anatolia 507
- Yavuz Aydın**
Pleyistosen Dönem'den Bir Alt Paleolitik Kesit: Karain
A Lower Paleolithic Section from the Pleistocene Period: Karain 529
- Sabri Karadoğan, M. Tahir Kavak**
Diyarbakır Havzasında İklim Üzerinde Etkili Olan Yer Şekilleri ve Litolojik Faktörlerin MODIS Uydu Görüntüsü Verileri İle İncelenmesi
Investigation the Effects of Landforms and Lithological Factors on the Climate in Diyarbakir Basin Using MODIS Satellite Data 557
- Sena Akçer-Ön**
Küçük Buz Çağı'nda Güneş Etkisine Bağlı İklim Değişimleri: Köyceğiz Gölü Çökel Kayıtları (GB Anadolu)
Climatic variability related to solar activity during the Little Ice Age: Lake Köyceğiz Sediment Records (SW Anatolia) 569
- Serdar Vardar, Ertuğ Öner, Rifat İlhan**
Bağlararası Höyüğü Çevresinde Paleocoğrafya ve Jeoarkeoloji Araştırmaları (Çeşme- İzmir)
Paleogeography and Geoarcheology Researches in Surroundings of the Bağlararası Mound (Çeşme-Izmir) 589
- M. Korhan Erturaç, Nafiye Güneç Kıyak**
Yeşilirmak Taraçalarında (Orta Kuzey Anadolu) Geç Pleyistosen İklim Değişiklikleri ve Düşey Yönlü Deformasyona Akarsu Cevabının Araştırılması
Investigating the Fluvial Response to Late Pleistocene Climate Changes and Vertical Deformation: Yeşilirmak Terrace Staircases (central north Anatolia) 615
- Ozan Erdal**
Küçük Memeli Paleontolojisinin Türkiye'deki Kuvaterner Çalışmalarına Katkısı: Tanımlar ve Uygulamalar
Contribution of Micromammal Palaeontology to Quaternary Studies in Turkey: Definitions and Applications 637
- Alper Gürbüz, Nizamettin Kazancı**
Dünya'da ve Türkiye'de Kuvaterner Jeolojisi Haritalarının Hazırlanması ve Karşılaşılan Sorunlar
Quaternary Geological Mapping in the World and Turkey, and Encountered Problems 665

Türkiye Jeoloji Bülteni makale dizin ve özleri:

GeoRef, Geotitles, Geoscience Documentation, Bibliography of Economic Geology, Geology, Geo Archive, Geo Abstract, Mineralogical Abstract, GEOBASE, BIOSIS ve ULAKBİM TR Dizin Veri Tabanlarında yer almaktadır.

Geological Bulletin of Turkey is indexed and abstracted in:

GeoRef, Geotitles, Geoscience Documentation, Bibliography of Economic Geology, Geo Archive, Geo Abstract, Mineralogical Abstract, GEOBASE, BIOSIS and ULAKBİM TR Dizin Databases

Yazışma Adresi

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası
PK. 464 Yenişehir, 06410 Ankara
Tel: (0312) 434 36 01
Faks: (0312) 434 23 88
E-Posta: jmo@jmo.org.tr
URL: www.jmo.org.tr

Corresponding Address

UCTEA Chamber of Geological Engineers of Turkey
PO Box 464 Yenişehir, TR-06410 Ankara
Phone: +90 312 434 36 01
Fax: +90 312 434 23 88
E-Mail: jmo@jmo.org.tr
URL: www.jmo.org.tr