

62.

Türkiye **Jeoloji Kurultayı**



Bildiri Özleri Kitabı-I abstracts book - I

13-17

nisan/april **2009**

MTA Genel Müdürlüğü Kültür Sitesi/ANKARA

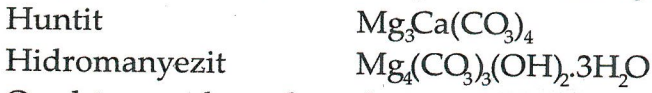


TMMOB JEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI

*dünya
yer yzh*

LIKYA MINELCO

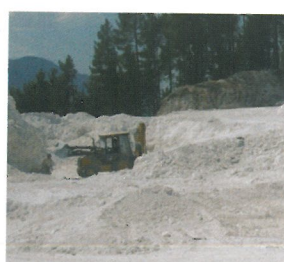
Likya Minelco, UltraCarb'ın iki minerali olan **huntit** ve **hidromanyezit** çeşitli oranlarda içeren geniş yataklara sahiptir. Bu iki mineralin kimyasal formülü aşağıdaki gibidir:



Ocaktan çıkartılan hammaddeler, şirketin İzmir yakınlarındaki işletme fabrikasına getirilir. Hammaddeler burada kurutulup öğütülür ve sınıflandırılarak **UltraCarb** üretilir.

		UltraCarb LH15	UltraCarb LH15C	UltraCarb LH15N	UltraCarb LH3	UltraCarb LH3N	UltraCarb RD50
Tane boyu (mikron)	D ₉₀	9	9	9	6	6	30
	D ₅₀	3	3	3	1.7	1.7	5
	D ₁₀	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	1.0
Yüzey alanı (m ² /g)		11-13	11-13	11-13	17	17	7
Kaplama seviyesi (%)		-	1	1.5	-	1.5	-
Renk (L*)		97	97	97	97	97	97
105°C'de Nem kaybı		0.6%	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%

UltraCarb; kauçuk, plastik, yüzey kaplama ve macunlar dahil olmak üzere birçok uygulamayı iyileştirmek için, tek başına veya birlikte kullanılabilen farklı materyallerin sağladığı özellikleri kendi bünyesinde birleştirir. **Alev geciktirici** özellikleri sayesinde, plastik ve kauçuk sanayinde yaygın olarak kullanılan çoğu alev geciktiriciye değerli bir alternatif oluşturur.



UltraCarb

Kimyasal analiz	% ağırlık
Magnezyum - MgO	36-39
Kalsiyum - CaO	6-9
Silika - SiO ₂	0.2-1
Aluminyum - Al ₂ O ₃	0.1
Sülfür - SO ₃	0.1
Demir - Fe ₂ O ₃	0.05
Potasyum - K ₂ O	0.01
Titanyum - TiO ₂	0.01

1000°C'de kızdırma kaybı	51-54
Asitte çözünmez madde	1-3

Fiziksel özellikler

Özgül ağırlık	2.5
Yağ absorpsiyonu	20-40 g/100g
Kırılma endeksi	1.56
Yüzey alanı	11-17 m ² /g
Sertlik (Moh)	2.5
Gevşek yığın yoğunluğu	0.2-0.5 kg/Ltr

www.likyaminelco.com

Likya Minelco Madencilik San. Ve Tic. Ltd. Şti.
İTOB Organize Sanayi Bölgesi Tekeli Beldesi
Menderes-İzmir / TÜRKİYE
Tel: +90 232 799 01 60-62
Fax: +90 232 799 01 74

62. Türkiye Jeoloji Kurultayı
62nd Geological Kurultai of Turkey



Bildiri Özleri Kitabı – I
Abstracts Book – I

13–17 Nisan, 2009

(13–17 April, 2009)

MTA Genel Müdürlüğü Kültür Sitesi
(Cultural Center of General Directorate of Mineral Research and Exploration)
Ankara, Türkiye

TMMOB JMO YÖNETİM KURULU
[UNION OF CHAMBERS OF TURKISH ENGINEERS AND ARCHITECTS
CHAMBER OF GEOLOGICAL ENGINEERS (CGE)
EXECUTIVE COMMITTEE]

Dündar Çağlayan	Başkan [<i>President</i>]
Hakkı Atıl	II. Başkan [<i>Vice President</i>]
Sami Ercan	Yazman Üye [<i>Secretary</i>]
Çetin Kurtoğlu	Sayman Üye [<i>Treasury</i>]
Hüseyin Alan	Mesleki Uygulamalar Üyesi [<i>Member of Professional Activities</i>]
Ali Burak Yener	Sosyal İlişkiler Üyesi [<i>Member of Social Affairs</i>]
Adem Uluşahin	Yayın Üyesi [<i>Member of Publications</i>]

JMO BİLİMSEL VE TEKNİK KURUL
[CGE SCIENTIFIC AND TECHNICAL COMMITTEE]

Yavuz Erkan (Başkan/ <i>President</i>)	Meslek Etiği Üyesi [<i>Ethics Member</i>]
R. Kadir Dirik (II. Başkan/ <i>Vice President</i>)	Doğal Afetler-Jeolojik Tehlikeler Üyesi [<i>Natural Disasters-Geohazard Member</i>]
Mehmet Şener (Sekreter/ <i>Secretary</i>)	Jeoloji Eğitim ve AR-GE Üyesi [<i>Geology Education and AR-GE Member</i>]
Nihat Bozdoğan	Paleontoloji-Stratigrafi-Sedimentoloji Üyesi [<i>Palaeontology-Stratigraphy-Sedimentology Member</i>]
Erdin Bozkurt	Genel Jeoloji Üyesi [<i>General Geology Member</i>]
Yurdal Genç	Maden Jeolojisi Üyesi [<i>Mining Geology Member</i>]
Ayhan Koçbay	Jeoteknik-Mühendislik Jeolojisi Üyesi [<i>Geotechnical-Engineering Geology Member</i>]
Hüzeyin Kozlu	Petrol Jeolojisi Üyesi [<i>Petroleum Geology Member</i>]
Ayhan Kösebalan	Kömür Jeolojisi Üyesi [<i>Coal Geology Member</i>]
Suat Oruç	Hidrojeoloji Üyesi [<i>Hydrogeology Member</i>]
Yüksel Örgün	Tıbbi Jeoloji Üyesi [<i>Medical Geology Member</i>]
Bülent Özmen	Deprem Araştırmaları Üyesi [<i>Earthquake Research Member</i>]
Mehmet Bahadır Şahin	Endüstriyel Hammadde ve Doğal Taşlar Üyesi [<i>Industrial Raw Materials and Natural Stone Member</i>]
Fuat Şaroğlu	Jeolojik Miras Üyesi [<i>Geological Heritage Member</i>]
Şakir Şimşek	Jeotermal Üyesi [<i>Geothermal Member</i>]
Selami Toprak	Çevre Jeolojisi Üyesi [<i>Environmental Geology Member</i>]

KURULTAY DÜZENLEME VE YÜRÜTME KURULU
[ORGANISING AND EXECUTIVE COMMITTEE]

Başkan / Chairman

A.M. Celâl Şengör

II. Başkan / Vice Chairman

Erdin Bozkurt

Sekreter / Executive Committee Secretary

Erkan Ekmekçi

Burcu Coşkun Tunaboğlu

Sayman / Treasury

Çetin Kurtoğlu

Basın / Press

Esra Küçük

Sosyal ve Kültürel Etkinlikler / Social and Cultural Affairs

Zahide Köklü

Harun Öztaşkın

Sabiha Dilek Turan

Bilimsel Komite / *Scientific Committee*

Akyüz, Serdar	İstanbul Teknik Üniversitesi – Türkiye
Aldanmaz, Ercan	Kocaeli Üniversitesi – Türkiye
Alonso, Gabriel Gutiérrez	Salamanca University – Spain
Altiner, Demir	Orta Doğu Teknik Üniversitesi – Türkiye
Altunel, Erhan	Osmangazi Üniversitesi – Türkiye
Ayday, Can	Anadolu Üniversitesi – Türkiye
Batı, Zühtü	Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı – Türkiye
Boztuğ, Durmuş	Tunceli Üniversitesi – Türkiye
Brun, Jean-Pierre	University of Rennes – France
Çağatay, Namık	İstanbul Teknik Üniversitesi – Türkiye
Candan, Osman	Dokuz Eylül Üniversitesi – Türkiye
Cobbold, Peter	University of Rennes – France
Demirbağ, Emin	İstanbul Teknik Üniversitesi – Türkiye
Dewey, John D.	University of California, Davis – America
Dilek, Yıldırım	University of Miami – USA
Doyuran, Vedat	Orta Doğu Teknik Üniversitesi – Türkiye
Ekmekçi, Mehmet	Hacettepe Üniversitesi – Türkiye
Erdoğan, Mustafa	İstanbul Teknik Üniversitesi – Türkiye
Fleitmann, Dominik	University of Bern – Switzerland
Garfunkel, Zvi	Hebrew University of Jerusalem – Israel
Genç, Can	İstanbul Teknik Üniversitesi – Türkiye
Gerdes, Axel	Frankfurt University – Germany
Gökten, Ergun	Ankara Üniversitesi – Türkiye
Görür, Naci	İstanbul Teknik Üniversitesi – Türkiye
Güleç, Nilgün	Orta Doğu Teknik Üniversitesi – Türkiye
Gürgey, Kadir	Pamukkale Üniversitesi – Türkiye
Gürsoy, Halil	Cumhuriyet Üniversitesi – Türkiye
Hakyemez, Yavuz	MTA – Türkiye
Heizler, Matthew T.	New Mexico Technology Institute – USA
Helvacı, Cahit	Dokuz Eylül Üniversitesi – Türkiye
Jolivet, Laurent	University of Paris – France
Jonckheere, Raymond	TU Bergakademie Freiberg – German
Kaymakçı, Nuretdin	Orta Doğu Teknik Üniversitesi – Türkiye
Kazancı, Nizamettin	Ankara Üniversitesi – Türkiye
Koçyiğit, Ali	Orta Doğu Teknik Üniversitesi – Türkiye
Koller, Friedrich	University of Vienna – Austria
Konak, Neşat	MTA – Türkiye
Less, Gyorgy	University of Miskolc – Hungary
Linnemann, Ulf	State Collections of Natural History Dresden – Germany
Maddy, Darrel	University of Newcastle – United Kingdom

Meghraoui, Moustapha	Institut de Physique du Globe, Strasbourg – France
Nakov, Radoslav	Academy of Science – Bulgaria
Oberh�nsli, Roland	Potsdam University – Germany
Okay, Aral �.	�stanbul Teknik Üniversitesi – Türkiye
Örgün, Yüksel	�stanbul Teknik Üniversitesi – Türkiye
�zcan, Ercan	�stanbul Teknik Üniversitesi – Türkiye
Papanikolaou, Dimitrious	University of Athens – Greece
Parlak, Osman	�ukurova Üniversitesi – Türkiye
Peacock, David	Fugro Robertson Limited – United Kingdom
Piper, John D.A.	Liverpool University – United Kingdom
Ramsay, John	ETH Zurich – Switzerland
Reilinger, Robert E.	Massachusetts Institute of Technology – USA
Robertson, Alastair H.F.	Edinburg Üniversitesi – Birleşik Krallık
Rojay, F. Bora	Edinburg University – United Kingdom
�aro�lu, Fuat	Türkiye
Satır, Muharrem	University of Tübingen – Germany
�en, �evket	Natural History Museum, Paris – France
Seyitoğlu, Gürol	Ankara Üniversitesi – Türkiye
Sözbilir, Hasan	Dokuz Eylül Üniversitesi – Türkiye
Tatar, Orhan	Cumhuriyet Üniversitesi – Türkiye
Taymaz, Tuncay	�stanbul Teknik Üniversitesi – Türkiye
Toprak, Vedat	Orta Doğu Teknik Üniversitesi – Türkiye
Tüysüz, Okan	�stanbul Teknik Üniversitesi – Türkiye
Ulusay, Reşat	Hacettepe Üniversitesi – Türkiye
�nl�, Taner	Ankara Üniversitesi – Türkiye
Ustaömer, Timur	�stanbul Üniversitesi – Türkiye
Varol, Baki	Ankara Üniversitesi – Türkiye
Whitney, Donna L.	Minnesota University – USA
Winchester, John A.	Keele Univesity – United Kingdom
Yalçın, Namık	�stanbul Üniversitesi – Türkiye
Yalçıner, Ahmet C.	Orta Doğu Teknik Üniversitesi – Türkiye
Yi�itba�, Erdiç	Onsekiz Mart Üniversitesi – Türkiye
Yılmaz, �. Ömer	Orta Doğu Teknik Üniversitesi – Türkiye
Yılmaz, Yücel	Kadir Has Üniversitesi – Türkiye

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Açılış Konuşmaları / Opening Speeches	ix
Keynotes	1
Pan-Afrikan'dan Alpine Kadar Metamorfizma ve Jeodinamik Önemleri [<i>Metamorphism – Pan African to Alpine – Its Geodynamic Implications</i>]	15
Deniz ve Kıyı Jeolojisi [<i>Marine and Coastal Geology</i>]	15
Denizel Ortamlarda Jeolojik Tehlikeler [<i>Geohazards in Marine Environments</i>]	41
Endüstriyel Hammade Kaynakları [<i>Industrial Raw Materials</i>]	41
Evaporitler: Yatak Oluşumu, Endüstriyel Gelişmeler ve Teknolojik Uygulamalar [<i>Evaporites: Deposit Formation, Industrial Developments and Technological Implications</i>]	111
21. Yüzyılda Su: Türkiye'yi Bekleyen Sorunlar ve Çözümler [<i>Water in 21st Century: Problems and Solutions in Turkey</i>]	129
Neojen Tektoniği [<i>Neogene Tectonics</i>]	163
Metalik Maden Yatakları [<i>Metallic Ores</i>]	215
Kültürel Jeoloji, Jeomiras ve Jeoturizm [<i>Cultural Geology, Geoheritage and Geotourism</i>]	263
Göl Araştırmaları ve Türkiye Gölleri [<i>Lake Research and Turkish Lakes</i>]	289
Tersiyer Karbonat Havzaları [<i>Tertiary Carbonate Basins</i>]	317
Enerji Kaynakları [<i>Energy Resources</i>]	335
Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları [<i>Applications of Remote Sensing and Geographic Information Systems</i>]	357
Geleceğin Kentleri için Mühendislik Jeolojisi ve Jeoteknik [<i>Engineering Geology for Tomorrow's Cities and Geotechnics</i>]	381
Mühendislik Jeolojisi Oturumu [<i>Engineering Geology Session</i>]	381
Anadolu Kenet Kuşaklarının Tektonik Ortamı ve Gelişimindeki Problemler ve Olası Çözümleri [<i>The Tectonic Setting and Development of the Anatolian Suture Zones: Problems and Possible Solutions</i>]	445
Çevre Jeokimyası ve Tıbbi Jeoloji [<i>Environmental Geochemistry and Medical Geology</i>]	503
Petrol Kimyası ve Jeolojisi [<i>Chemistry and Geology of Petroleum</i>]	555

Deprem Deformasyon Döngüsünün Jeodetik ve Jeolojik Gözlemleri: Fay Mekanizması ve Kabuk/Manto Reolojisi Üzerine Etkileri [<i>Geodetic and Geologic Observations of the Earthquake Deformation Cycle: Implications for Fault Mechanics, Crust/Mantle Rheology, and Earthquake Hazards</i>]	575
Magmatizma [<i>Magmatism</i>]	595
Türkiye'nin Fosil Kayıtlarında Evrim Basamakları [<i>Evolutionary Steps in Turkish Fossil Records</i>]	663
Genel Paleontoloji Oturumu [<i>Open Session in Palaeontology</i>]	663
Eski İklim/İklim Değişikliklerinin Jeolojik Kayıtları [<i>Geological Records of Climate/Climate Changes</i>]	717
Yerbilimlerinde Gaz Jeokimyası Uygulamaları [<i>Gas Geochemistry Applications in Earth Sciences</i>]	753
Doğu Akdeniz Bölgesinin Aktif Tektoniği: Yıkıcı Depremler ve Potansiyel Kaynak Alanları ve Tarihsel Tsunamiler [<i>Active Tectonics of the Eastern Mediterranean Region: Destructive Earthquakes and Potential Source Regions and Tsunami Generation</i>]	767
Neotektonik [<i>Neotectonics</i>]	787
Ofiyolit Oluşumu ve Yerleşmesi [<i>Genesis and Emplacement of Ophiolites</i>]	823
Jeoarkeoloji [<i>Geoarcheology</i>]	865
Kapadokya Jeolojisi [<i>Geology of Cappadocia</i>]	865
Tersiyer İri Bentik Foraminiferleri: Evrim, Biyostratigrafi, Paleoekoloji ve Paleobiyocoğrafya [<i>Tertiary Larger Foraminifera: Evolution, Biostratigraphy, Palaeoecology and Palaeobiogeography</i>]	879
Türkiye ve Doğu Akdenizin Paleomanyetizması [<i>Palaeomagnetism of Turkey and Eastern Mediterranean</i>]	923
Anatolid-Torid Bloğundaki Kretase–Erken Tersiyer Olayları [<i>Cretaceous–Tertiary Events in the Anatolide–Tauride Block</i>]	943
Genel Jeoloji Oturumu [<i>Open Session in General Geology</i>]	957
Paleosismoloji ve Arkeosismoloji [<i>Palaeoseismology and Archaeoseismology</i>]	985
Kıta-ölçekli Faylar ve İlişkili Depremler: Gözlemler, Yeni Yaklaşımlar ve Modelleme [<i>Continental Faults and Related Large Earthquakes: Observations, New Approaches and Modeling</i>]	1011
Geç Bildiriler [<i>Late Abstracts</i>]	1033
Yazar Dizini [<i>Author Index</i>]	1039

AÇILIŞ KONUŞMALARI

OPENING SPEECHES

Sevgili ve saygıdeğer meslekdaşlarım,

Her ne kadar her önüne gelen hitapta sevgili veya sayın kelimelerini kullanmak ülkemizde âdet haline gelmişse de, ben bu âdeti izlemiyorum. Kendilerini sevmem veya kendilerine saygı duymam için herhangi bir gerek göremediğim kişilere kibarca yalnız Bay veya Bayan olarak hitap ediyorum. Ama sizler için sevgili ve saygıdeğer sözcüklerini bilhassa ve özenle kullanıyorum. Sizler yarım yüzyıldan fazla bir zamandan beri, yerbilimlerinin ülkemizde bugün ulaştığı yüksek düzeyi yaratan kişilersiniz. Buluşlarımızı, düşüncelerimizi birbirimize anlatmak, birbirimizi dinleyerek, birbirimizden bizi barındıran, doyuran, koruyan sevgili gezegenimiz hakkında pek çok şey öğrenmek için bugün burada toplanmış bulunuyoruz. Burada buluşlarını anlatmak için aralarında 130 yabancı yerbilimci dahil 517 meslekdaşımız başvurdu. Bunların hepsini dinlemek bize ayrılan zaman ve mekanda mümkün değildir, ama bu yüksek sayı bilime ve bilgiye olan tutkumuzun bir ifadesi olarak hepimizin iftihar edeceği bir düzeydedir. Bütün dünyadaki yerbilimcileri onlarca yıldır cezbeden Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Derneği'nin son toplantısına 4000, Amerikan Jeofizik Birliğinin son toplantısına da 15.000 kadar yerbilimci katılmıştır. Bunlar bizim sırayla 8 ve 30 katımızı temsil eden rakamlardır. Ama biz dünyanın ne sekizde biriyiz ne de 30'da biri; çok daha küçüğüz. Ama belli ki yerbilimlerine katkımız, boyumuzu geçmiştir. Bunu yapan sizlersiniz. Gezegenimizin bilimine gönül vermiş birisi olarak, sizlere olan sevgimin ve saygımın da temel kaynağı bu muazzam katkınızdır. Kendimizle iftihar etmeye hakkımız vardır.

Bu sene altmışikincisini düzenlemek mutluluğuna ulaştığımız kurultayımız hepimizin senede bir kere bir araya geldiği bir ortamdır. Davet yazımda sizlere Moğolca kökenli bir kelime olan kurultayın anlamını ve önemini hatırlatmış, şunları yazmıştım:

«Kurultay, Cengiz Han İmparatorluğundaki en yüksek divan olup bir çok görevlerinin yanı sıra Büyük Han'ı da seçerdi. Üye her nerede olursa olsun, hangi görevi yaparsa yapsın Kurultaya katılımı zorunluydu. Örneğin, Ogeday Han öldüğünde, yeğeni Hulagu Orta Doğu'da bir takım operasyonları yönetiyordu. Tüm işlerini bırakıp, o anda Çinde olan kardeşi Kubilay gibi hemen Kurultaya gitti.

Bu durumda bizler bilimsel Kurultayları katılımı ve devamı zorunlu toplantılar olarak görüyoruz. Yılda en az bir kez de olsa herkesin zorunlu olarak bir araya geldiği bu toplantı değişik düşüncelerin, yeni verilerin ve hatta anekdotların aktarıldığı sağlıklı bilimsel ortamları yaratmaktadır. Her şeyden önemlisi, bu toplantılar sırasında bilim dünyasına henüz katılmış gençlerle bir araya gelmek, onların neler yaptıklarını, neler düşündüklerini öğrenmek bizlerin arzudur. Gençlerden isteklerini, arzularını ve projelerini anlatmalarını istiyoruz. Bizler hakkındaki düşünceleri ile dünya çapında bilimin bu günkü konumu hakkında neler düşündüklerini de paylaşmak için ısrarcı olmak istiyoruz. Bu nedenle, Kurultaya ne kadar çok sayıda katılım sağlayabilirsek o kadar çok yararlı olacağız.»

Bu davete gelen cevap herkesin beklentilerini fersah fersah aştı ve Türkiye yerbilimleri camiasının ne kadar dinamik olduğunu bir kez daha gösterdi. Kurultaya katılım zorunludur demiştim. Tabii buradaki zorunluluk polis zoruyla gerçekleştirilen bir mecburiyet değil, iki âşığın birbirlerini görmek için duydukları hisse benzeyen bir zorunluluktur. Bizler birbirimizi görmez, birbirimizle konuşmaz, birbirimizden öğrenmezsek yaşayamayız. Yerbilimleri öyle bir laboratuara veya bir odaya kapanılıp yapılabilecek bir bilim değildir. Bütün dünyayı karış karış gezen, gözleyen, haritalayan ve yorumlayan yerbilimciler olmazsa, yerbilimi olamaz. Biz, o nedenle, hani o fili dokunarak betimlemeye çalışan kör Hintliler misali, birbirimizi okumak, dinlemek ve sorgulamak zorundayız.

Bilim bugünlerde ülkemizde zor bir sınav vermektedir, çünkü bizi yönetenlerin bilim bilgisi ve görgüsü çok mahduttur. Ülkemizde cehaletin yaygınlığı ve düzeyi çok artmıştır. Bunun nedeni ne yazık ki hele son yirmibeş senedir bilimsel eğitime bilerek veya bilmeyerek ihanet eden yöneticilerdir. Bizim bu nedenle en önemli görevlerimizden biri, bu

bilgisiz insanların iyi niyetli ama cahil olanlarını aydınlatmak, kötü niyetli olanların ise bir daha o mevkilere seçilmemelerini temin edebilmek için halkımızı aydınlatmaktır. Halkımızı aydınlatmak tek tek her yerbilimcinin görevi olduğu gibi, yerbilimlerine dayanan kurumlarımızın da görevidir. Bu kurumlardaki yöneticilerin bu karanlık dönemde aydınlatma görevlerini cesaretle yapmaları mühimdir. Bilmelidirler ki tarih kendilerinden yanadır. Biz de onlara tam destek vermek zorundayız.

Bu yazıyı yazdığım sıralarda TÜBİTAK bünyesinde patlak veren Darwin skandalı, az sonra Sayın Jeoloji Mühendisleri Odası Başkanımız Sayın Dündar Çağan Bey'in de dile getireceği gibi tüm yerbilimcileri derinden yaralmıştır. Yöneticilerimizin doğa bilimleri hakkındaki bilgilerinin arzu ettiğimiz düzeyde olmadığını biliyorduk, ama isimlerinin önünde doktor ve profesör titrlerini taşıyan, ülkemizin en önemli bilim kurumlarından birini yönetmekten sorumlu olan insanların sergiledikleri bu bilgisizlik derecesi bizleri çok büyük bir hayrete, hatta dehşete düşürmüştür! Bildiğiniz gibi bu olay aynı zamanda ülkemiz için tüm uygar dünya önünde derin bir mahcubiyet vesilesi olmuştur. Bize düşen bu tür olaylara gösterebileceğimiz en etkili tepkiyi göstermek ve tekrarlarına izin veremeyecek tedbirlerin alınmasını temin etmektir. Burada bilhassa bilim dalımızın kaçınılmaz olan siyasi ilişkileriyle de ilgilenmek yasal görevleri arasında bulunan Jeoloji ve Jeofizik Mühendisleri Odalarına çok ciddi kulis görevleri düşmektedir. Onlar bilim temelinden aldıkları güçle politikacılarımızı, kendileri asla politikaya bulaşmadan ikaz etmek durumundadırlar. Bunun yapılmakta olduğunu zaten benden sonra sizlere hitab edecek olan Jeoloji Mühendisleri Odası Başkanı, çok sevip saydığım meslekdaşım Dündar Bey'den öğreneceksiniz. Ancak artık gidip Türkiye Büyük Millet Meclisi'ne bir karargâh kurmamızın vakti gelmiştir sanırım. Hepimiz, bu çabalarında Odalarımızın arkasındaki yerimizi muhakkak alacağız.

Doğal kaynaklarımızı bizim kadar iyi kim bilebilir? Onların sorumsuzca kullanılmasının doğurabileceği istenmeyen sonuçları da yöneticilerimize anlatmalıyız. Bu konuda bizden çok önce tedbirler almış ülkeler var. Oralaradaki örnekleri en iyi şekilde inceleyerek, oralar da yapılan yanlışların tekrar edilmemesini sağlamak, doğru uygulamaları da bizi yönentlere örnek olarak göstermek görevlerimiz arasındadır. Bu konuda sık sık gazete, televizyon, radyo gibi yaygın kamu iletişim araçlarından yararlanmalıyız. Ame en etkin eğitimin okulda yapılabileceğini unutmayalım. Okullarda hedefimiz ilk ve orta okullar olmalıdır. Her yerbilimci ulaşabildiği okulda bir konferans vermeye, bir sohbete katılmaya, öğrencilerin konumuzla ilgili projelerinde danışmanlık yapmaya hazır olmalıdır. Eğitimin, millî eğitim bakanlarına bırakılamayacak kadar önemli bir iş olduğunu hepimizin bilmesinde büyük bir yarar vardır.

Sevgili ve saygıdeğer meslekdaşlarım,

Bir Aydınlanma projesi olan Cumhuriyetimizin başkentinde hepinizi 62. Olağan Kurultayımızda tekrar selamlayabilmekten büyük bir haz ve heyecan duyuyorum. Anlatacaklarınızı dinlemek, sizlerle sohbet etmek ve sizlerden bilimimizdeki yeni gelişmeleri öğrenmek için sabırsızlanıyorum.

62. kurultayımız hepimize kutlu olsun derken, bu kurultayın organize edilmesine emek vermiş arkadaşlarıma burda kalbden teşekkür etmek istiyorum. Burada aslında tüm yükü Erdin Bozkurt ve onunla birlikte çalışan meslekdaşlarımız çekti, bana yalnızca Kurultay Başkanı sıfatını taşımak gibi onuru çok büyük ama emek ve çaba istemeyen bir görev bıraktılar. Onlara hepimizin duyduğu şükran borcu çok büyüktür. Sözlerimi bitirmeden artık aramızda olmayan meslekdaşlarımızı ve bilhassa bizlere bugünleri teslim eden hocalarımızı da burada saygıyla yad etmek istiyorum. Sizleri kaide seviyesine akan muhtelif zengin nehirler gibi buraya toplayan bu kalabalık ve üstün düzeyli kurultayda onların aziz ruhlarının da bizlerle olduğundan eminim.

Nice Kurultaylara!

A.M. Celâl Şengör

62. Türkiye Jeoloji Kurultayı Başkanı

My dear and esteemed colleagues,

No matter how customary the use of the words 'dear' and 'esteemed' have become in our country, I do not follow the convention of using them indiscriminately for everyone. I politely address as Mr. and Mrs. even those whom I see no reason to like or respect. But for you, I carefully and specifically use the words dear and esteemed. For more than a half century, you have been the ones responsible for the high level that the earth sciences have attained in our land. We have gathered here today in order to learn much about this planet of ours – which shelters, nourishes and protects us – by explaining our findings and ideas to one another and by listening to one another. 517 colleagues, 130 of them foreign earth scientists, have applied to us in order to report their findings. Unfortunately, given our time and space limitations, it will not be possible to listen to all of them, however this high number is evidence of our passion for science and knowledge, and is at a level that makes us proud. Earth scientists the world over have been drawn by the Geological Society of America, whose last meeting had 4000 participants, and the American Geophysical Union, whose last meeting had as many as 15,000 in attendance. These figures represent 8 and 30 times, respectively, our number. But we are neither 1/8th nor 1/30th of the world; we are much smaller. Nevertheless, it is now clear that our contribution to the earth sciences has exceeded our measure, and you are the ones responsible for this. It is your immense contribution that gives rise to my love and respect for you. We have a right to be proud.

Our congress, the 62nd of which we have now happily reached, is a venue to which we gather yearly. In my note inviting you to this congress, I reminded you that *kurultay* is a word of Mongolian origin, and wrote to you of its meaning and importance:

Turkish geologists have chosen to designate their annual meeting by a word of Mongolian origin: *Kurultai*. The Kurultai, in Genghis Khan's Empire, was the highest council that, among other duties, elected the Great Khan. Attendance at it was compulsory, no matter where a member might find himself. When Ögedei Khan died, for example, his nephew Hulagu was directing operations in the Middle East. He dropped everything and went to the Kurultai, as did his brother Kubilai, who at the time happened to be in China.

So we regard our scientific kurultais: as meetings where attendance is compulsory. We regard it as imperative that we come together – all of us – at least once a year, to exchange ideas, data, even anecdotes. And most importantly, we wish to meet the youngest who have joined our ranks – we want to know what they are doing, what they are thinking. We want them to tell us their hopes and dreams, and about their projects. We insist on hearing their views about us and the state of our science worldwide. That is why it is important that as many of us as possible participate in the Kurultai.

The response to this invitation far exceeded everyone's expectations, and showed once again the dynamism of the Turkish earth-sciences community. I said that Congress (Kurultay) attendance is mandatory. Of course, this is not an obligation enforced by police action but, rather, is like the compulsion that two sweethearts feel in their desire to see one another. If we do not see one another, talk with one another, learn from one another, we cease living. The earth sciences are not something that can be done shut up in a laboratory or room. Without earth scientists crisscrossing the globe, observing, mapping and interpreting, earth science cannot exist. Thus, rather like the story of the three blind Indians who try to describe the elephant that they touch, we are obliged to read, listen and question.

In these days, science in our land is being sorely tested, because those who lead us have limited scientific knowledge and background. The prevalence and level of ignorance in our country has risen alarmingly. Unfortunately, the reason for this is our leaders' witting or unwitting betrayal of scientific education over the last 25 years. Therefore, one of our most critical jobs is to enlighten the well-intentioned but uninformed of these ignorant people, and to enlighten our populace so that the ill-intentioned of them are not again elected to office. Just as it is the duty of every earth scientist to enlighten our people one-by-one, so it is the duty of all of our institutions that support the earth sciences. It is vital that the

leaders of these institutions boldly carry out their enlightenment duties. They should know that history is on their side, and we must give them our full support.

As I was composing this communication, a Darwin scandal erupted within TÜBİTAK (The Scientific and Technical Research Council of Turkey) and, as the Chairman of the Chamber of Geological Engineers – the esteemed Dündar Çağan – will explain shortly, all earth scientists were deeply wounded by this. We knew that our leaders' acumen regarding the natural sciences was not at the level that we would hope, but we were amazed, nay horrified, that those with the titles of doctor and professor – people responsible for leading one of our nation's most important scientific institutions – would display this degree of ignorance! As you know, this incident also became a cause of deep embarrassment for our country before the entire civilised world. What we must do now is to react in the most influential way possible and ensure that measures are taken to prevent the reoccurrence of such incidents. Here, in particular, serious lobbying is incumbent upon our chambers of geological and geophysical engineers, in addition to their normal legal responsibilities to deal with the unavoidable political affairs germane to our branch of science; with the strength they draw from their foundations in science, they are well-situated to warn our politicians, without themselves being soiled by politics. In a moment, you will learn more from one who is already doing this, the Chairman of the Chamber of Geological Engineers, my dear and respected colleague, Dündar. I suppose that the time has come for us to establish a headquarters within the Turkish Grand National Assembly. All of us will assuredly support the efforts of our chamber.

Who knows our natural resources as well as we do? We must explain to our leaders the undesirable consequences that may result from their irresponsible exploitation. In this arena, there are many countries who have taken precautions long before us. In thoroughly evaluating the examples of those places, it is our duty to ensure that the same mistakes are not repeated, and also to demonstrate right practices to those who lead us. We should frequently avail ourselves of the means of public communication, such as newspapers, television and radio. But let us not forget that the most effective education can be done in school; our goal in the schools should be primary and middle schools. In the school(s) closest to her/him, every earth scientist should be ready to give talks, join discussions, and assist students with their earth-science-related projects. There is great benefit in each of us knowing that education is an affair that is too important to be left simply to national education ministers.

My dear and esteemed colleagues,

It is with great pleasure and excitement that I am again able to greet all of you at our 62nd Congress (Kurultay), in the capital city of our Republic, itself a project of enlightenment. I am eager to listen to your talks, to chat with you, and to learn from you of new developments in our science.

While wishing all of us a great 62nd Congress, I would also like to offer heartfelt thanks to all of my friends who have laboured to organise this Congress. In fact, it was Erdin Bozkurt and all those working with him who pulled all the weight; to me was given the title of Congress Chairman, a position of great honour but requiring no effort on my part; we all owe them a debt of gratitude. In closing, I would like to remember with deepest respect those of our colleagues who are no longer among us, and especially our teachers who entrusted these days to us. Like several fertile rivers flowing to base level, they have gathered you here into this company, to this high-level congress, and I am confident that their beloved spirits are with us as well.

Wishing you many more fruitful Congresses (Kurultays)!

A. M. C. Şengör
Chairman

Ülkemizin en önemli en uzun soluklu tek bilimsel etkinliği olan Türkiye Jeoloji Kurultayı 62. yaşına ulaşmış bulunuyor. 1947 yılında bir avuç Türkiye aydınlanmacısı yerbilimcinin başlattığı bu serüveni TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası olarak devam ettirmenin onuru ve gururunu yaşıyoruz.

Bilimsel bir şölen olan kurultayımızın niteliği sürekli artarak, uluslararası katılımlı etkinlik düzeyini de aşarak bugün uluslararası bir boyuta ulaşmış bulunmaktadır.

Jeolojinin eşsiz enginlikteki alanlarında üretilen bilimsel araştırma ve çalışmaların sunulduğu, tartışılarak zenginleştiği kurultaylarımız, ülke yerbilimine önemli bilimsel katkılar sunmasının yanında, üniversite, kamu ve özel sektör kuruluşlarını bir araya getiren, yerbilimcileri buluşturan önemli bir fonksiyonu da yerine getirmektedir.

Uluslararası Jeoloji Birliği (IUGS) ve UNESCO'nun girişimleriyle, Birleşmiş Milletler Genel Kurulunca kabul edilen ve esas olarak 2008 yılı olmakla birlikte 2009 yılında da devam eden 'Dünya Yer Yılı' etkinlikleri kapsamında 'Toplum İçin Yerbilimleri' ilkesini de karşılaması kurultayımıza ayrı bir önem ve anlam kazandırmaktadır.

Toplumcu bir bakışla, ülkeye, topluma, mesleğe ve meslektaşlara ilişkin çalışmaları yürütmeyi, mesleki uzmanlıklarımızın kamu yararına kullanılmasını esas alan Odamız sadece son 10 yılda 300'den fazla bilimsel etkinlik düzenlemiş, 100'e yakın kitap için 150 binden fazla baskı yaparak bilimi toplumsal yaşamda başat kılmanın araçlarını yaratmaya çalışmış, ülkenin hemen her köşesinde meslek alanlarımızla ilintili toplumsal boyutu olan mesleki konuları ele alarak, bilimi bilimsel düşüncüyü halkla buluşturma çabası içinde olmuştur.

Odamız; bilimin toplumsal yaşamla içselleştirilmesi olarak algıladığı başta kurultayımız olmak üzere, bu bilimsel etkinlikleri son dönemlerde bilim ve bilimsel düşüncenin yerine konulmaya çalışılan doğma ve hurafeye karşı inadına sürdürme kararlılığındadır.

Uygarlık tarihinin beşiği olan, bilim ve felsefenin anavatanı; Tales'in, Anaksimander'in, Anaksimenes'in, Strabon'un, Diyojen'in, Homeros'un ve Herodot'un yaşadığı Anadolu'da, akla, gözleme, deneye ve sorgulamaya dayalı bilimsel düşünce yerine dogmatik düşüncenin sistemli olarak yerleştirilmesi artarak devam etmektedir.

Darwin'in doğumunun 200., 'Türlerin Kökeni' adlı evrim teorisini geliştirdiği kitabının 150. yılı dolayısıyla 2009 yılı tüm dünyada 'Darwin Yılı' olarak kutlanırken ülkemizin en önemli bilimsel kuruluşu olarak bilinen TÜBİTAK'ın bilim ve teknik dergisinden Darwin'in ve evrim teorisinin çıkarılması bunun hissedilir ve utanç verici sonucu olmuştur.

Aldıkları eğitim ve pratik formasyonları gereği, en katıksız bilimsel düşünme tarzına sahip olarak doğayı yorumlamayan jeoloji mühendislerinin ve Odasının, doğanın, toplumun, evrenin doğal birliği ve bütünlüğü içerisinde bilimsel verilerle ortaya konulan gerçeklerin karanlıkla örtülmesine izin vermeyeceği bilinmelidir.

Jeoloji mühendisleri odası bilimsel bilginin üretilmesi ve üretilen bilginin de halka götürülmesi gerektiğini, yaşanan tüm olumsuzlukların aşılması için sorgulayan, akılcı ve bilimsel bir yaklaşımın zorunluluk olduğunu vurgulamakta ve hayata geçirmeye çalışmaktadır.

Bilimle, emekle ve inatla gerçekleştirdiğimiz Türkiye Jeoloji Kurultaylarının ve benzeri bilimsel platformların çoğaltılması uğraşısını daha da derinleştirerek ve zenginleştirerek devam edeceğimizi belirtiyoruz.

Meslek alanlarımızla ilgili geniş bir yelpazede ülkemizde ve dünyada yapılan bilimsel araştırmaların sonuçlarını yansıtan 'Bildiri Özleri Kitabı'nın, bilimsel gelişmelerin meslektaşlarımıza ve topluma ulaştırılmasında önemli bir işleve sahip olduğuna inanmaktayız.

Odamızın bilgiyi üretme, bilimsel düşüncüyü yaygınlaştırma, bilimin toplumsal yaşamda yol göstericiliği amacının somut bir ifadesi olan 62. Türkiye Jeoloji Kurultayı'nın uluslararası ve niteliği yüksek bir bilimsel platform haline gelmesi ülkemiz yerbilimcileri için övünç kaynağı olmuştur.

Bu bağlamda başta 62. Kurultay Başkanımız Sn. A.M.Celal Şengör olmak üzere, büyük bir emek ve özveriyle kurultayı ören Kurultay İkinci Başkanımız Sn. Erdin Bozkurt'a, Sekreteryasını yürüten Burcu Çoşkun Tunaboşlu ile Sn. Erkan Ekmekçi'ye, Kurultay Bilimsel Kurulu ve Oturum Yürütücülerine, bildiri sunan meslektaşlarımıza, yurtdışından gelerek kurultayımızı zenginleştiren bilim insanlarına, düzenlenmesinde ve yürütmesinde tüm emeği geçenlere şahsım ve 22. Dönem Yönetim Kurulu adına teşekkür eder, bilimi toplumsal yaşamda yaygınlaştırma görevimizi gelecek senelerde daha bir coşkuyla devam edeceğimiz inancıyla saygılar sunarım.

Bilimle, emekle, inatla, umutla.

22. Dönem Yönetim Kurulu adına

Dündar Çağlan

Oda Başkanı

The Geological Congress of Turkey, our country's most important and longest-running scientific event, is now 62 years old. In 1947, a handful of enlightened Turkish geologists began this adventure and we, as the TMMOB Chamber of Geological Engineers, have the honour and pride of continuing it.

Ever increasing its quality as a scientific fete, our congress – more than just having international participants – has today attained international proportions.

Our congresses, characterized by the presentation of scientific research and investigations that plumb the incomparable depths of geology's various domains, perform a vital function by hosting the presentation of important contributions to our national geology as well as bringing together geologists from universities and public- and private-sector institutions.

Its fulfillment of the principle 'Earth Sciences for Society' – within the scope of 'International Year of Planet Earth' activities (as 2008-2009 was designated by the United Nations General Assembly) through efforts of the International Union of Geological Sciences and UNESCO – gives especial importance and meaning to our congress.

From a societal standpoint, our chamber has – with its mission to carry out various projects and use its professional expertise for the sake of our country, society, profession and colleagues – by organising 300 scientific events and printing more than 150,000 copies of nearly 100 books in the last 10 years alone, attempted to create means through which science will gain ascendancy in societal life. Moreover, the chamber has attempted to introduce our nation to science and scientific thought by dealing – in almost every corner of our land – with professional issues having societal dimensions.

Our chamber, first and foremost through our congresses, promotes the internalisation of science in societal life, and is resolute in its opposition to dogmas and superstitions that have in recent times been used to supplant science and scientific thought.

Here in the cradle of civilization and the motherland of science and philosophy – the Anatolia where Thales, Anaximander, Anaximenes, Strabon, Diogenes, Homer and Herdotus lived – the systematic ensconcing of dogmatic notions in place of scientific thought, based upon reason, observation, experimentation and investigation, continues alarmingly.

In so far as it is the 200th anniversary of the birth of Charles Darwin, and the 150th anniversary of the printing of *The Origin of Species* – in which he developed evolutionary theory – the whole world is celebrating 2009 as 'Darwin Year', but our nation's most prestigious scientific organisation, TÜBİTAK, allowed the removal of Darwin and his theory of evolution from the pages of its publication *Bilim ve Teknik*, bringing deeply felt, embarrassing results.

As part and parcel of the education and practical formation that they have received, geological engineers and our chamber interpret nature by means of unadulterated scientific thinking, and let it be known that we will not allow the facts concerning the unity and wholeness of nature, society and the universe – demonstrated with scientific data – to be obscured by darkness.

The Chamber of Geological Engineers emphasises that it is absolutely necessary that scientific knowledge is generated and taken to the people, and thus seeks to put this principle into practice via a questioning, rational and scientific approach, to the end that all human difficulties are overcome.

We assert that we will continue to deepen and enrich our efforts to multiply the Geological Congress of Turkey and similar scientific platforms – events that we make happen through science, toil and tenacity.

We believe that the Abstracts Volume, which reports the results of a broad range of scientific research done at home and abroad, plays an important role in the dissemination of scientific developments to our colleagues and to society.

The 62nd Geological Congress of Turkey is a concrete expression of our chamber's com-

tists as a high-quality, international scientific platform.

In this context, I and the entire 22nd Term Board of Directors would first like to thank A.M. Celal Şengör, Chairman of our 62nd Congress, and Erdin Bozkurt, our Congress Co-Chairman, who wove this congress together through great effort and self-sacrifice. Thanks are also due to the Congress Secretariat, handled by Burcu Çoşkun Tunaboğlu and Erkan Ekmekçi, to the Congress Scientific Committee and Session Leaders, to colleagues presenting their work, to scientists from abroad who through their participation are enriching our congress, and to all who have contributed their efforts to organising and running this congress. I respectfully submit that we will, with even greater zeal in years to come, press on in our duty to disseminate science in the life of society.

With science, with toil, with tenacity, with hope.

For the 22nd Term Board of Directors,

Dündar Çağlan

Chamber Chairman

Keynotes

Global Stratigrafinin Temelleri: Global Olaylar mı? Antlaşma mı?

A.M. Celâl Şengör

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü,
34469 Ayazağa, İstanbul (E-posta: sengor@itu.edu.tr)*

Stratigrafi, kayaların mekân ilişkilerinden zaman ilişkileri çıkarma bilimidir. Bir diğer deyişle kayaların şekillerinden ve bu şekillerin birbirleriyle olan geometrik ilişkilerinden oluşum, deformasyon ve başkalaşma süreçleri hakkında zamansal ifadeler üretir. Bu zamansal ifadelerin üretilmesi, şekillerin ve bu şekiller arasındaki geometrik ilişkilerin hangi süreçler tarafından oluşturduklarının bilinmesine bağlıdır. Dolayısıyla süreç bilinmeden, yalnızca mostrada görülenle stratigrafi yapmak mümkün değildir.

19. yüzyılın sonunda jeolojinin bugüne kadar bir kişi tarafından yapılmış en büyük sentezi üretilmişti. Eduard Suess 'in (1831–1914) *Das Antlitz der Erde* (Arzın Çehresi: 1883–1909) adlı, 26 yılda yazılmış dört ciltlik bu dev kitabının temel varsayımı, İngiltere ve kıt'a Avrupasında onsekizinci yüzyılın son on yılı ve ondokuzuncu yüzyılın ilk yarısında yapılan çalışmalar sonucu ortaya çıkarılmış olan jeolojik zaman tablosunun tüm dünyada geçerli olabilmesinin nedeninin, jeolojik devir ve zamanlarının sınırlarının global jeolojik olaylar tarafından tayin edilmiş olmasıydı. Onsekizinci yüzyılın sonunda Georges Cuvier'nin fosiller yardımıyla kurduğu biyostratigrafinin tüm dünyada geçerli geçerli olduğu ve bunun nedeninin dünya çapında olan âfetlerin biyosferi zaman zaman «yeniledikleri» iddiasına arkadaşı büyük coğrafyacı Alexander von Humboldt, 1823 yılında fosil değeri olan hiçbir canlının tüm dünyaya yaygın olarak yaşamasının mümkün olamayacağı düşüncesiyle karşı çıkmıştı. Von Humboldt, bugün canlıların iklim kuşaklarına göre dağılmış olduklarına işaret ederek bunun geçmişte de böyle olması gerektiğini ileri sürmüş, dolayısıyla fosillerle tüm dünyada geçerli bir zaman skalasını oluşturmanın mümkün olamayacağını söylemişti. Cuvier bu eleştiriye cevap vermedi ve eski iddiasını sürdürmeye devam etti. 1830–1833 yılları arasında Sir Charles Lyell «*Principles of Geology*» (Jeolojinin İlkeleri) adlı büyük klasliğini yayımladı. Burada Sir Charles, dünya çapında hiçbir jeolojik olayın olmadığını tüm olayların yerel ölçeklerde cereyan ettiği tezini geliştirdi. Sanılanın aksine Sir Charles âfet fikrine karşı değildi: Tek şartı bu âfetler için bugün de işlediklerini gördüğümüz mekanizmaların olması gerektiği idi. Örneğin, Kuzey Amerika'nın Büyük Göllerinin âfet halinde boşalarak kıt'anın büyük bir kesiminde seller oluşturmaları mümkün görüyordu, çünkü bunun için olası mekanizmalar düşünülebiliyordu. Ancak mesela tüm dünyayı etkilemiş bir tûfan mümkün değildi. Suess global olaylar olmadan dünya stratigrafisinde bir tekdüzelik olamayacağı kanısındaydı. Bu kanı onu östatik olaylar kavramına götürdü.

Bugün de fiziksel stratigraflar aynı kanıyla östatik hareketlerin tüm dünyada aynı anda aynı olayları tetiklediklerinden hareketle bir kronostratigrafi yaratma peşindedirler. Halbuki sahil pozisyonu hem kıt'a hareketinin hem de dünya deniz seviyesinin hareketiyle ilgilidir. Buna bir de dünya içindeki kütle dağılımının yarattığı çekim düzensizliklerini koyarsak, deniz seviyesinin kronolojik kılavuz olarak alınamayacağı ortaya çıkar. Peki global fiziksel stratigrafi mümkün değil midir? Bunun şimdilik yalnızca Milankoviç döngüleriyle küçük alanlarda mümkün olabileceği görülmektedir. Paleomanyetizma tam anlamıyla küresel olduğu halde bazı zaman aralıklarının çok uzun olması burada da karşımıza güçlükler çıkarmaktadır. Modern stratigrafi güncel bölgesel jeolojinin en önemli dalıdır. Stratigrafi, bölgesel jeoloji yapılmadan, içinde kurulduğu alanın genel jeolojisi bilinmeden ve tektonik ve eski iklimsel manzara göz önüne alınmadan yapılamaz. Günümüzde, jeoloji fizik-kimya özentisi içerisinde bu harita temelli bölgesel jeoloji bileşenini gözden çıkarmıştır. Bu yalnız jeoloji için değil, refahı için jeolojiye bağlı insan uygarlığı için de büyük bir felakettir.

Anahtar Sözcükler: stratigrafi, Milankoviç, paleomanyetizma, dizi stratigrafisi, östatik hareketler, iklim değişiklikleri

Foundations of Stratigraphy: Global Events or Consensus?

A.M. Celâl Şengör

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, Ayazağa,
TR-34469 İstanbul, Türkiye (E-mail: sengor@itu.edu.tr)*

Stratigraphy is the science that deduces temporal relations from spatial relations of rock masses. In other words, it generates temporal propositions on the basis of shapes of rock bodies and from geometric relationships of such bodies with each other. The generation of such propositions is dependent on a knowledge of the processes that formed the shapes of rock bodies and their geometric relations with each other. Thus, it is impossible to do stratigraphy with what is seen on outcrop without a knowledge of the processes that shaped the empirical data in the outcrop.

At the end of the 19th century the greatest synthesis that geology had ever received from the hand of a single individual was published. The fundamental assumption of this colossal book by Eduard Suess (1831–1914), written over 26 years under the title of *Das Antlitz der Erde* in four volumes (1883–1909), was that the geological time table created during the last decade of the eighteenth and the first half of the nineteenth century was valid worldwide and the reason for that was that there had been global events determining the boundaries of systems and erathems. At the end of the eighteenth century, Cuvier claimed that the stratigraphy he erected by means of fossils was valid worldwide, because global catastrophes now and then renewed the biosphere. His friend Alexander von Humboldt objected to this claim, because the great geographer pointed out that no organism with any fossil value had a worldwide distribution today and that this had probably been also so in the past. Hence no global stratigraphy could be possible on the basis of fossils alone. Cuvier ignored his criticism and continued his claim of universality for biostratigraphy. Between the years 1830 and 1833, Sir Charles Lyell published his great classic the *Principles of Geology*. In it Sir Charles developed the thesis that there were no global events and all geological development occurred in form of local events. Contrary to common knowledge, Sir Charles was not against catastrophes. His only condition was that they should have reasons that can be seen in operation today. For example he thought a catastrophic emptying of the North American Great Lakes to create a continentwide flood entirely possible, because it was possible to conjure up mechanisms for such an event. By contrast a deluge affecting the whole world was outside the realm of possibility. Suess was of the opinion that no global stratigraphy would be possible without having also global events.

Today physical stratigraphers claim global synchronicity for eustatic events because of a similar conviction and they try to create a globally valid chronostratigraphy. However, movements of coastlines are a function of both the movement of the sea-level worldwide and the motion of continents locally. If we add to this the irregular distribution of masses within the earth creating gravity anomalies, it would be seen that sea-level cannot be taken as a chronostratigraphic horizon. Is it then global physical stratigraphy impossible? This can be done now in small areas by using the Milankovich cycles. Palaeomagnetism is truly global, but its resolution is at times creates problems or fine correlations. Modern stratigraphy is a very important branch of modern regional geology. Stratigraphy cannot be done without doing the regional geology, without knowing the regional geology of the region in which the stratigraphic data would be contemplated in terms of processes, without knowing the tectonics and the palaeogeography. In our day, geology has sacrificed its regional component based on mapping because of its desire to resemble physics and chemistry. This is a catastrophe not only for geology, but also for human civilisation dependent on geological knowledge for its safety, comfort and prosperity.

Key Words: stratigraphy, Milankovich, palaeomagnetism, sequence stratigraphy, eustatic movements, climate change

Kıtasal Çarpışma ve Plaka Sınırı: Afrika/Arabistan-Avrasya Yakınlaşma Zonunun Evrimi

M.J. Rinus Wortel, Rob Govers ve Wim Spakman

*Faculty of Geosciences, Utrecht University, Budapestlaan 4, 3584 CD Utrecht,
The Netherlands (E-posta: wortel@geo.uu.nl)*

Akdeniz Bölgesi Afrika/Arabistan ve Avrasya levha sınırlarının yakınlaşma zonu olarak bilinir. Bölgenin genelde çarpışma zonunda olduğu kabul edilse de, çarpışmanın doğası büyük farklılıklar gösterirken, yapılan ayırımlar ‘sert’ ve ‘yumuşak’ çarpışma arasında değişmektedir. Bu çalışmada litosfer ölçeğindeki levha etkileşimi üzerinde odaklaştık. Bunu yapma için levha sınırı prosesleri ve gözlemsel verileri dikkate alan sayısal modelleme sonuçları ile sismik tomografi sonuçlarının birlikte değerlendirdik.

Dalma-batma zonunun doğrultusu boyunca dalan levhanın özelliklerinin okyanusaldan kıtasal kabuğa doğru yanal değişimleri levha sınırlarının parçalara bölünmesine ve Akdeniz jeolojisinin karakteristik özelliklerinden biri olan ayrı/farklı yay yapılarının ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Litosfer ölçeğindeki prosesler yay-kıta ya da kıta-kıta çarpışması (toplu olarak kıtasal çarpışma olarak bahsedilmiş), dalan parça kopması (*slab detachment*) muhtemelen dalan parçanın düşey olarak yırtılması, STEP (dalma-batma-Transform kenarının Yayılması) faylarının oluşması, ve yay-ardı genişlemelerini içermektedir. Akdeniz bölgesindeki yayların kavisli olmaları STEP fayların önemine işaret etmektedir. Hem Doğu hem de Batı Akdeniz bölgelerinden örnekler verilecektir. Batı Akdeniz’de yay-kıta çarpışması kuzey Afrika ve Adria kıyıları boyunca jeodinamik evrimin anlaşılması için çok önemlidir. Buna karşın, doğuda Bitlis çarpışması Kıbrıs yayının oluşumunu tetiklemiş gibi görünmektedir.

Kıtasal çarpışma levhaların geometrisini, özellikle levha sınır zonları ile dalan parçacığın görünüşlerini, etkilediği için çarpışma sonrası magmatizması ile üst manto PT koşullarını ve etkili dalan-parça kuvvetlerini değiştirerek tektonik evrimi de etkilemektedir. Beraber, ön görülen geçişli süreçler Akdeniz jeolojisindeki bir çok çarpıcı özellikleri açıklamaktadır.

Anahtar Sözcükler: dalma-batma, sismik tomografi, kıtasal çarpışma, dalan parça kopması, roll-back, Akdeniz, STEP fay

Continental Collision and Plate Boundary Evolution in the Africa/Arabia-Eurasia Convergence Zone

M.J. Rinus Wortel, Rob Govers & Wim Spakman

*Faculty of Geosciences, Utrecht University, Budapestlaan 4, 3584 CD Utrecht,
The Netherlands (E-mail: wortel@geo.uu.nl)*

The Mediterranean region is known as a convergent plate boundary zone of the African/Arabian and Eurasian plates. Whereas the region is often referred to as being in the state of collision, the nature of the collision varies strongly, and distinction has been made between 'hard' and 'soft' collision. In this study we focus on the lithospheric scale of the plate interaction and in doing so we combine seismic tomography results with numerical modeling results on plate boundary processes and observational evidence.

Lateral variations (along the strike of the subduction zone) in properties of the subducting plates, from oceanic to continental, lead to segmentation of the plate boundary, giving rise to formation of separate arc structures characteristic of Mediterranean geology. The lithospheric scale processes involve arc-continent or continent-continent collision (collectively referred to as continental collision), slab detachment, possibly vertical tearing of the subducting slab, the formation of STEP (Subduction-Transform Edge Propagator) faults, and back-arc extension. The high-curvature arcs in the Mediterranean region point to the significance of STEP faults. Examples will be given from both the western-central Mediterranean and the eastern Mediterranean region. In the former the arc-continent collision along the North African and Adria margins is crucial for understanding the geodynamical evolution, whereas in the latter the Bitlis collision appears to have triggered the formation of the Cyprus arc.

Since continental collision affects the geometry of the interacting plates, in particular the configuration of the plate contact zone and of the subducting slab, it affects (post-collisional) magmatism and tectonic evolution through changes in upper mantle PT conditions and effective slab pull forces. In combination, the transient processes envisaged account for many striking features in Mediterranean geology.

Key Words: subduction, seismic tomography, continental collision, slab detachment, roll-back, STEP fault, Mediterranean

Orta Anadolu Platosu Özelinde Kıtasal Platolar'da Gözlenen Litosfer ve İklim Olaylarının İrdelenmesi: TopoEurope VAMP Projesi

Giovanni Bertotti¹ ve Tüm VAMP Ekibi

¹ *Faculty of Earth and Life Sciences, Vrije Universiteit, De Boelelaan 1085, 1081HV Amsterdam, The Netherlands (E-posta: giovanni.bertotti@falw.vu.nl)*

Son yıllarda, geleneksel ve değişmez olduğu düşünülen jeoloji ile jeomorfoloji ve iklim bilimleri arasındaki duvarlar yıkılmış, yerkürenin derinliklerinde ve yüzeyde gerçekleşen fiziksel olaylar yoğun bir irdelenmeye konu olmaya başlamıştır. Bu tür etkileşimlerin en iyi gözlemlendiği ve dolayısı ile tartışıldığı yerlerin başında orojenik platolar gelmektedir. Orojenik platolar yükselmiş, geniş yayılımlı ve genelde aşınmış morfolojileri ile (yarı) kurak iklim koşulları ve endoreyik (kapalı) drenajın gözlemlendiği, sarp ve yoğun bitki örtüsü içeren dağlarla sınırlı alanlar olarak tanımlanırlar. Bu birinci derece jeolojik yapıların oluşumuna ilişkin yorumlar tamamen iklim kontrollü varsayımlar ile dalan levhanın kopması ve/veya delaminasyon gibi derinlerde gerçekleşen olaylar arasında değişmektedir.

Altı ülkenin ulusal bilim vakıfları tarafından desteklenen ve Avrupa Bilim Vakfı (ESF) tarafından eşgüdümü sağlanan Anadolu Platosu Yükselimi Projesi (VAMP), Orta Anadolu Platosu'nu (OAP) orojenik platoların kaynağını araştırmak, litosferik ve iklimsel olayların etkileşimlerini kavrayabilmek için ideal bir doğal laboratuvar olarak seçmiştir.

VAMP kapsamında bir araya gelen 10 değişik kurum jeomorfolojiden jeokimyaya, tektonikten paleomagmatizmaya kadar değişen dallarda çalışan bilim insanlarını içermekte olup TÜBİTAK aracılığı ile Türkiye gerek katılan bilim adamı sayısı gerekse projeye ayrılan bütçe açısından en önemli ülkelerden biri konumundadır.

VAMP kapsamında üç değişik bölgede çok disiplinli bir yaklaşım ile çeşitli yöntemler uygulanacak ve sonuçta sayısal modellemeye gidilecektir. **Plato'nun iç kesimlerinde** sedimanter kayıtlar aracılığı ile kıtasal platolarda kuraklığın yerleşimi, gölsel dönemden flüvyal döneme geçiş ve bölgesel aşınım evreleri incelenecek ve bu olaylar biostratigrafik ve magnetostratigrafik yöntemler ile yaşlandırılacaktır. Düşey hareketlerin anlaşılması için tektonik modeller uygulanacaktır. Plato'nun iç kesimleri ile dışındaki denizel havzalar arasındaki **sarp sınırlarda** Göksu ve Kızılırmak Nehirleri'nin yarması nicel olarak tespit edilecek ve yaşlandırılacaktır. Ayrıca plato sınırlarının dikleşmesine sebep olan tektonik olaylar irdelenecektir. OAP'nu kuzeyden ve güneyden sınırlayan **Karadeniz** ve **Akdeniz**'de ise düşey hareketlilik ve eğimdeki gelişmeler sismik veriler yardımı ile tanımlanacak ve OAP'nun yükselimini kayıt altına alan delta ilerleme dönemleri belirlenecektir.

Bir bilgi ve düşünce platformu olarak tasarlanan VAMP, sadece katılımcı kurumlar arasında etkileşimi sağlamakla kalmayıp konuya ilgi duyan ve katkıda bulunmak isteyen -özellikle Türkiye'den- tüm araştırmacılara açıktır.

Anahtar Sözcükler: kıtasal platolar, Anadolu, tektonik, litosfer

Quantifying Relations between Lithospheric and Climatic Processes in Continental Plateaus on the basis of the Central Anatolia Plateau: the TopoEurope VAMP project

Giovanni Bertotti¹ & The Entire VAMP Team

¹ *Faculty of Earth and Life Sciences, Vrije Universiteit, De Boelelaan 1085, 1081HV Amsterdam, The Netherlands (E-mail: giovanni.bertotti@falw.vu.nl)*

Since a decade or so, traditional and well entrenched boundaries between ‘hard rock’ geology and ‘softer’ geomorphologists and climatologists have fallen apart and interactions between deep seated, lithospheric and superficial, erosional processes are heavily investigated. One of the geological domains where such interactions are best expressed and, correspondingly, debated, are orogenic plateaus. These are defined as large elevated areas with subdued morphology, (semi)arid conditions and endorheic drainage systems bounded by steep, highly vegetated margins. Interpretations of these first order geologic features vary considerably between fully climate-controlled hypothesis and ones in which plateau formation results from deep-seated processes such as slab detachment and/or delamination.

The Vertical Anatolia Movement Project (VAMP) supported by the national science foundations of 6 countries, coordinated by the European Science Foundation (ESF) has identified the Central Anatolia Plateau (CAP) as an ideal natural laboratory to investigate the origin of orogenic plateaus and, thereby, to further increase our understanding of the feed back processes between lithospheric and climatic processes.

Ten different institutions participate in VAMP covering disciplines from geomorphology, to geochemistry, from tectonics to paleomagnetism. Turkey and TÜBİTAK are among the most important members of VAMP both in terms of participating scientists and of funding.

VAMP pursues a multidisciplinary approach applying different methodologies in three major domains of the area and investigating their interactions with numerical models. In the **plateau interior**, we analyse the sedimentary record to trace proxies for the establishment of the continental plateaus such as the onset of aridity, changes from lacustrine to fluvial sedimentation, regional episodes of erosion. We date these events combining biostratigraphy and magnetostratigraphy. We apply tectonic methods to extract patterns of vertical movements. In the **steep margins** we quantify and date the incision of the Göksü and Kızılırmak rivers, the main connections between the plateau interior and the adjacent marine basins. We investigate the tectonic processes causing the steepening of the margins. In the **Black Sea** and **Mediterranean** bounding the Central Anatolia Plateau to the N and S, we use seismic data to identify vertical movements and tilting, and episodes of progradation and delta formation which can be tied to the growth of the CAP.

VAMP will not operate in isolation and sees itself as a knowledge platform open not only to the participant institutions but also to all other interested present and future geoscientists especially from Turkey.

Key Words: continental plateaus, Anatolia, tectonics, lithosphere

Batı Akdeniz Ofiyolitleri: Başka Bir Dünya

Daniel Bernoulli

*University of Basel, Geology Institute, Bernoullistrasse 32, CH-4056 Basel
Switzerland (E-posta: daniel.bernoulli@unibas.ch)*

Doğu Akdeniz bölgesindeki ofiyolitler (Vourinos, Kızıldağ, Semail), Penrose (1972) ofiyolit konferansında tanımlanan klasik ofiyolit dizisinin stratigrafik özelliklerini göstermelerine rağmen Batı Akdeniz bölgesindeki ofiyolitler eksikli bir ofiyolit dizisi sunarlar. Alplerdeki Jura yaşlı Apenin örneği, serpantinize peridotitler ile temsil edilmekte, gabrolar göreceli olarak sık intrüzyonlar halinde peridotitler içinde görülmekte, ve levha dayk kompleksinin kalıntıları bariz bir şekilde bulunmamaktadır. Buna ilaveten, peridotitler ve magmatik kayalar arasında kökensel bir ilişki de bulunmamaktadır. Bunun yerine, manto kayalarının okyanus ortası sırtı eriyiklerinin nüfuzundan etkilenmelerine rağmen, düşük açılı sıyrılma fayları sistemi boyunca deniz tabanına ulaşan ve yüzeyleyen eski kıtasal litosferik mantodan türedikleri kanıtlanmıştır. Bu sıyrılma fayları, kıtasal kabuk allohtonları ve kıtasal kabuğun gerilmesi ve parçalanması sırasında yüzeyleyen mantoya tektonikle yerleşen riftleşme öncesi sedimanları da taşımaktadır. Deniz tabanındaki bu fayların yüzey izleri, tektono-sedimanter breşler, oldukça serpantinleşmiş peridotitler ile birliktelik sunan ofikalsitler ile karakterize edilmekte olup, stratigrafik olarak yastık lavlar ve/veya okyanusal sedimanlar tarafından üzerlenirler. İber yarımadasının Kretase yaşlı batı kenarına olan yakın benzerlikleri, Alpin ofiyolitlerinin magma getiriminin az olduğu okyanus-kıta geçişinde ve/veya gerilmenin genellikle sıyrılma fayları ile düzenlendiği ve sınırlı magmatik aktivitenin olduğu yeni başlayan yavaş yayılma merkezi boyunca oluşuklarını işaret etmektedir.

Anahtar Sözcükler: ofiyolitler, Alpler, Apeninler, Batı Akdeniz bölgesi, Manto yüzeylemesi, Düşük açılı sıyrılma fayı, okyanus-kıta geçişi, İber kıta kenarı

West-Mediterranean Ophiolites: Another World

Daniel Bernoulli

*University of Basel, Geology Institute, Bernoullistrasse 32, CH-4056 Basel,
Switzerland (E-mail: daniel.bernoulli@unibas.ch)*

Whereas in the eastern Mediterranean areas (e.g., Vourinos, Kızıl Dağ, Troodos, Semail), ophiolite sequences show, by and large, the classical ophiolite stratigraphy as defined by the 1972 Penrose Conference on ophiolites, the west-Mediterranean occurrences are ‘incomplete’. The Alpine–Apennine examples, of Jurassic age, are dominated by serpentized peridotites, gabbros form only relatively small shallow intrusions within them, and relics of a sheeted dyke complex are conspicuously missing. In addition, there appears to exist no genetic link between the peridotites and the magmatic rocks. Instead, the mantle rocks, although affected by the infiltration of MORB-melts, have proved to be derived from older sub-continental mantle lithosphere wherefrom they were exhumed and exposed on the seabed along a system of low-angle detachment faults. These detachment faults carry also extensional allochthons of continental crust and pre-rift sediments, tectonically emplaced on the exhumed mantle during extension and break-up of the continental crust. The exhumed traces of these faults on the seafloor are marked by tectono-sedimentary breccias, the ophicalcites that, together with the deeply serpentized peridotites, are stratigraphically overlain by pillow lavas and/or oceanic sediments. The close analogies with the well-documented Cretaceous margin west of Iberia suggest that the Alpine ophiolites formed along a magma-poor ocean–continent transition and/or along an incipient slow-spreading ridge where extension was largely accommodated by detachment faulting and limited igneous activity only.

Key Words: ophiolites, Alps, Apennines; western Mediterranean area, mantle exhumation, low-angle detachment faults, ocean–continent transition, Iberian continental margin

Japonya’da Diri Faylardan Kaynaklanan Büyük Depremlerin Araştırılması

Eikichi Tsukuda ve Hisao Kondo

*Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST),
Site 7, 1-1-1, Higashi, Tsukuba, Ibaraki, 305-8567 Japan (E-posta: e-tsukuda@aist.go.jp)*

Kobe’de, 17 Ocak 1995’de bir diri fay kaynaklanan deprem 6400 kişinin ölümüne ve 100.000 binanın yıkımına sebep olmuştur. Bu afetten edinilmiş dersler doğrultusunda, hükümet tarafından özel bir organizasyon olarak Deprem Araştırma Merkezi Başkanlığı (Headquarters for Earthquake Research Promotion-HERP) kurulmuştur. HERP, depremlerden kaynaklanan yıkım ve ölümleri azaltmak amacıyla deprem araştırmalarını desteklemeyi temel amaç edinmiştir. 1999 Nisan’ında, gelecek 10 yıl içindeki deprem araştırmaları için temel rehberlik etmek üzere bu kurum ‘Deprem Araştırma Destekleri’ sağlamıştır (<http://unit.aist.go.jp/actfault/english/activef.html>).

Bu bakış açısı ile Japonya Jeolojik Araştırma Kurumu altında 2001 Nisan ayında Diri Fay Araştırma Merkezi (Active Fault Research Center - AFRC) kuruldu (Tsukuba 2001). AFRC Japonya’da diri fay araştırmaları için HERP altındaki en güvenilir organizasyondur. Depremselliği ayrıntılı çalışılmak üzere HERP tarafından 98 ana fay zonunu seçilmiştir. Bu diri fay zonları, gelecekte oluşacak depremlerin uzun dönemli tahminleri açısından çeşitli paleosismolojik yöntemler kullanılarak araştırılmıştır. Elde edilen verilere paralel olarak, AFRC 2005 yılında bir diri fay veri bankası kurmuştur (Bakınız; <http://unit.aist.go.jp/actfault/english/activef.html>).

Diğer yandan, ülkede yakın zamanda meydana gelen bazı depremler bilinen diri fay zonlarından kaynaklanmamışlardır. Bu depremlere örnek olarak 2004 Mid-Niigata depremi, 2005 Chuetsu-oki depremi ve 2008 Iwate-Miyagi Nairiku depremi depremi gösterilebilir. Ana şok lokasyonları tam olarak önceden tanımlanan diri faylara rastlamayan orta büyüklükteki bu depremlerden kaynaklanan hasar ve kayıplar Kobe depremindeki hasar ve kayıplara göre çok daha az olmuştur. Bu depremlerin oluşumuna dayanarak, AFRC’nin önümüzdeki 10 yıl içindeki deprem araştırmaları için hazırladığı temel kılavuz 2009 mali yılında başlayacaktır. GSJ/AIST’de sorunlardan biri denizaltı faylarının tespit edilmesi ve göreceli orta büyüklükteki depremlerin meydana geldiği yerleri ortaya koymaktır. Aynı zamanda, 50 yıl içinde yaklaşık %80’in üzerindeki bir olasılıkla, dalma-batma zonundaki mega-bindirmelerin sebep olduğu büyük yıkıcı depremleri değerlendirmemiz gerekmektedir (DAMB 2009).

Japonya’da genel olarak diri fay zonları tarafından üretilen büyük depremlerin tekrarlanma aralığı birkaç yüz yıl ile birkaç bin yıl arasındadır, bu yüzden meydana gelen afet tipik olarak Düşük Olasılık Yüksek Önem (Low Probability High Consequence-LPHC) afetidir. LPHC afetleri hipotez doğrulama yöntemleri ile zorlukla uygulanabilir. Bu nedenle bütün dünyadaki ‘deneyimleri ve afetlerden çıkarılan dersleri’ paylaşmalıyız. Bu kapsamda, uluslararası araştırma işbirliği oldukça önemlidir. 1980’lerden bugüne devam eden GSJ/AIST ile MTA arasındaki uluslararası ortak projemiz diri fay ve paleosismoloji çalışmalarında büyük bir deneyim ve bilimsel bilgi birikimi sağlamıştır.

Anahtar Sözcükler: diri fay, deprem, paleosismoloji, Düşük Olasılık Yüksek Önemli Afet

Active Fault Research and Recent Earthquakes in Japan

Eikichi Tsukuda & Hisao Kondo

*Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST),
Site 7, 1-1-1, Higashi, Tsukuba, Ibaraki, 305-8567 Japan (E-mail: e-tsukuda@aist.go.jp)*

The destructive earthquake on January 17, 1995, generated from pre-existing active fault caused nearly 6,400 casualties and destroyed 100,000 buildings around the Kobe district. Following on the lessons learned from this disaster, the Headquarters for Earthquake Research Promotion (HERP) was established as a special governmental organization. The HERP has focused on basic objective to promote earthquake researches for the reduction of damages and casualties from earthquakes. In April, 1999, the HERP drew up the Promotion of Earthquake Research to serve as the basic guideline for earthquake research in the coming 10 years (<http://unit.aist.go.jp/actfault/english/activef.html>).

On this background, Active Fault Research Center (AFRC) was launched in April 2001 under the Geological Survey of Japan (e.g., Tsukuda 2001). AFRC is one of the responsible organizations for active fault studies in Japan under the HERP. The HERP has selected 98 major active fault zones that are subject to prompt research. These major active fault zones have been surveyed using various palaeoseismological methods for long-term forecast on the occurrence of future earthquakes. In parallel with the acquisition of data, AFRC established an active fault database in 2005 (see also at <http://unit.aist.go.jp/actfault/english/activef.html>).

On the other hand, the recently occurred earthquakes were not typically generated from active fault zones, such as the 2004 Mid-Niigata Prefecture earthquake, the 2005 Chuetsu-oki earthquake and the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku earthquake. Although the loss and damages of the moderate-size earthquakes were much less than that of the Kobe earthquake, but the location of the main shocks were not just on the previously-recognized active faults. According to the occurrence of these earthquakes, the next basic guideline for earthquake research of the HERP in the coming 10 years is preparing and will start in 2009 fiscal year. One of the challenges in GSJ/AIST is to explore submarine faults and to reveal the places where such relatively moderate earthquakes would occur. At the same time, we need to evaluate large destructive earthquakes generated from active faults, preceding the occurrence of the subduction mega-thrust earthquakes which is estimated over 80% probabilities in the next 50 years (e.g., HERP 2009).

In general, large earthquakes produced by active fault zones have repeat time between a few hundreds and several thousands years, therefore, the resulted disasters are typically Low Probability High Consequence (LPHC) disasters. The LPHC disasters is hardly to be applied by hypothesis verification methods, hence, we must accumulate the experiences and ‘lessons learned from disasters’ all over the world. In this context, international cooperation research is extremely important. Our cooperative international project between GSJ/AIST and MTA since 1980’s has brought great experiences and scientific knowledge on active fault and palaeoseismological researches.

Key Words: active fault, earthquake, palaeoseismology, Low Probability High Consequence disaster

Ofiyolit Kompleksleri: Arazi, Petrolojik ve Jeokimyasal Ölçütlerin Kullanımı ile Güncel Örneklerin Tanımlanması

Julian A. Pearce

*School of Earth and Ocean Sciences, Cardiff University, Cardiff CF10 3YE, UK
(E-posta: PearceJA@cardiff.ac.uk)*

Ofiyolit kompleksleri bir çok güncel örneğe sahiptirler. Ofiyolitleri, okyanus ortası sırt tipi, okyanus içi dalma-batma zonu üzeri ve sorguç ile ilişkili kompleksler olarak sınıflamak yararlıdır. Okyanus ortası sırtlardaki okyanusal litosfer oluşumu ofiyolitlerin küçük bir kısmını oluşturmalarına rağmen bunlara ait lavlar, yığışım zonları içerisinde oldukça bol miktarda görülmektedir. Bunun yerine kıtasal ayrılma ile ilişkili rift zonlarında oluşan litosfer çok daha fazla yaygındır. Okyanus ortası sırt yitimi sırasında veya hemen öncesinde oluşan okyanusal litosferde, şimdiki Pasifik sınırında olduğu gibi yaygındır. Sorguç ile ilişkili kompleksler, sorguç-sırt etkileşiminin olduğu bölgelerde okyanus ortası sırtlarda oluşan ofiyolitler ile geçişlidirler. Bununla birlikte saf sorguç ile ilişkili kompleksler, bazende kıta kenarlarına eklenen okyanusal platoların kenarları ile temsil edilebilirler. Okyanusiçi dalma-batma zonu üzerinde oluşan ofiyolitler açıkca yay-gerisi basenlerde oluşurlar, fakat yay-gerisi basenler okyanus ortası sırtı bazalttan adayayı toleyitlerine kadar değişen kompozisyona sahiptirler ve normal okyanusal kabuk gibi çoğunlukla yitim zonlarında korunma eğilimindedirler. Yay-gerisi litosferleri çoğunlukla yay gerisi hendek arakesitinde oluşup ofiyolitler olarak korunurlar. Herkesin hemfikir olduğu en yaygın ofiyolit oluşum ortamı, yitim başlangıcını takiben hızlı geriye-sarılımin neden olduğu kısa-süreli gerilme dönemidir. Batı Pasifik'teki detaylı çalışmalar, 5 My'lık bir yitim başlangıç döneminde boninitler dahil farklı kompozisyonda kompleks kayaların oluştuğunu göstermektedir. Bu farklı ortamların jeolojik ve petrolojik özellikleri bazı ofiyolitlerin arazi özelliklerine bakarak güncel örneklerini oluşturmakla birlikte, genellikle jeokimyasal çalışmalar tam bir yorum yapmak için gereklidir. Bu sunum, ofiyolitik kayaların incelenmesinde kullanılan en yeni jeokimyasal metodları (kalıntı mantodaki Cr-spineller, gabrolardaki feldspatlar ve klinopiroksenler, tüm kayaç dayklar, lavlar ve sedimanlar) gözden geçirecektir.

Anahtar Sözcükler: ofiyolit, okyanus ortası sırt, manto sorgucu, yitim zonu, jeokimya, petroloji

Ophiolite Complexes: Identifying Their Modern Analogues Using Field, Petrological and Geochemical Criteria

Julian A. Pearce

*School of Earth and Ocean Sciences, Cardiff University, Cardiff CF10 3YE, UK
(E-mail: PearceJA@cardiff.ac.uk)*

Ophiolite complexes have many possible modern analogues. It is useful to subdivide these into mid-ocean ridge (MOR), supra-subduction zone (SSZ) and plume-related (PLM) complexes. Of the MOR-type, oceanic lithosphere formed at mid-ocean ridges make up only a small fraction of ophiolites, though the lavas are abundant in accreted subduction complexes. Instead, lithosphere formed at incipient ridges associated with continental break-up is a much more common analogue. Lithosphere created during, or just before, ridge subduction is also common around, for example, the present Pacific Rim. PLM complexes are transitional with MOR ophiolites in regions of plume-ridge interaction. However, 'pure' PLM complexes may also be represented by the edges of oceanic plateaus that have accreted to continental margins. SSZ ophiolites most obviously originate in back-arc basins, but most back arc basins have a range of compositions from MORB to island arc tholeiite and, like normal oceanic crust, tend to be preserved mainly in subduction complexes. The back-arc lithosphere most likely to be preserved as ophiolites is that created at back-arc trench intersections. The most common ophiolite setting is now believed to be subduction initiation, where rapid roll-back following subduction initiation gives a short-lived period of extension. Detailed studies of the Western Pacific have revealed a complex, but distinctive range of compositions (including boninites) in rocks formed within 5 Ma of subduction initiation. The geological and petrological features of these different settings would enable the modern analogues for some ophiolites to be inferred simply from field studies, but usually geochemistry is needed for a full interpretation. This presentation will examine some of the latest methods of fingerprinting ophiolitic materials geochemically, using Cr-spinels in residual mantle, feldspars and clinopyroxenes in gabbros, and whole-rock dykes, lavas and sediments.

Key Words: ophiolite, mid-ocean ridge, mantle plume, subduction zone, geochemistry, petrology

**Pan-Afrikan'dan Alpine Kadar Metamorfizma ve
Jeodinamik Önemleri**
***Metamorphism – Pan African to Alpine – Its Geodynamic
Implications***

Oturum Yürütücüleri / Conveners: Osman Candan,
Dor.na L. Whitney & Roland Oberhänsli

Güney Sivrihisar Masifi'ndeki Mavişist ve Barroviyen Kuşaklarının Metamorfik ve Tektonik Evrimi

Donna L. Whitney¹, Nicholas C. Seaton¹, Christian Teyssier¹,
Erkan Toraman¹ ve Matthew Heizler²

¹ *Geology & Geophysics, University of Minnesota, Minneapolis, Minnesota 55455, USA*
(E-posta: dwhitney@umn.edu)

² *New Mexico Bureau of Geology and Mineral Resources, Socorro, New Mexico 87801, USA*

Birçok orojenik kuşak birbirleriyle belirgin bir yapısal devamlılık gösteren Mavişist ve Barroviyen kuşaklar içermektedir. Yunanistan'dan Naxos ve Türkiye'den Sivrihisar bölgeleri bunlara iki örnek olarak verilebilir. Türkiye'nin batı kesiminde yer alan Sivrihisar Masifi'nin güney kısımlarında, benzer sedimanter ve bazaltik köken kayalarından türemiş, dalma-batma ve bunu izleyen kıtasal çarpışma ile ilişkili metamorfik birimler yüzeylemektedir. Dalma-batma zonunda oluşan yüksek basınç – düşük sıcaklık (YB-DS) kayaları, aragonitten dönüşme ışınal kalsit kristalleri içeren mermerler ve kuvars-fengit şist ara katmanları içeren, eklojit bloklı mavişistlerden (>15 kbar, 550°C) yapıldır. Orta basınç – orta sıcaklık (OB-OS) birimleri ise ilerleyen bir metamorfizmayı tanımlayan kloritoid, granat, stavrolit, disten \pm sillimanit içeren şist ve meta-kuvarsitlerden oluşmaktadır. Kloritoid'den sillimanite kadar olan tüm Barroviyen serisi 1 km.'den daha az bir yapısal kalınlığa sahiptir, dolayısıyla eşsıcaklık eğrileri birbirlerine oldukça yakın konumdadır. Ar/Ar yaşlandırma yöntemi mavişist birimleri içindeki fengit minerallerinin 87–81 My arası plato yaşına sahip olduğunu gösterir. OB-OS birimleri içindeki muskovitler görece daha genç plato yaşı (63–57 My) verirken, geçiş zonu içindeki beyaz mikalar tam bir plato oluşturmamakla birlikte 83–72 My arası birleştirilmiş bir yaş verirler. YB-DS ve OB-OS kuşakları aynı sığ denizel / kıta kenarı birimlerinin farklı tektonik dilimlerinden meydana gelmiştir. YB-DS tektonik diliminin yitim ve yüzeylemesi Geç Kretase'de gerçekleşirken, OB-OS dilimi Paleosen–Eosen yaşlı çarpışma sürecinde gömülmüş, metamorfizmaya uğramış ve tekrar yüzeylemiştir. Kuşaklar arasındaki dokanak, her iki birime ait mermerlerin birbiriyle dokanak yapması nedeniyle arazi ölçeğinde belirgin değildir. Her iki birim de aynı yönelime sahip, iyi gelişmiş bir çizgisellik gösterir. YB-DS birimlerinde sodik amfibol ve fengit, OB-OS birimlerinde ise kloritoid, disten, sillimanit ve muskovit söz konusu çizgiselliği oluşturur. Buna karşın mermerler içindeki iz elementlerinin miktarındaki değişim ve kalsit dokusundaki farklılıklar dokanağın belirlenmesini mümkün kılar. YB-DS kuşağı içinde yer alan, yaklaşık 200 m kalınlığındaki yapısal geçiş zonu mermerler içerisinde kısmen yeniden kristalleşmiş ışınal kalsitlerin varlığıyla karakterize olmaktadır. Bu mermerlerin yeniden kristalleşmeleri, OB-OS diliminin yüzeylemesi sırasında YB-DS kuşağının taban kesimlerinde ısı etkiye neden olmalarından kaynaklanmaktadır. OB-OS kuşağının dokanağa yakın kesimlerinde ise EBSD analizi ile tespit edilen, kristallografik tercihli yönelime sahip, yeniden kristalleşmiş kalsit kristalleri gözlenmektedir. Barroviyen kuşağının geri kalanında ise kalsit kristalleri herhangi bir yönelim göstermezler.

Anahtar Sözcükler: Ar yaşları, Barroviyen serileri, mavişist, metamorfizma, Sivrihisar

Metamorphic and Tectonic Evolution of Juxtaposed Blueschist Facies and Barrovian Rocks, Southern Sivrihisar Massif

Donna L. Whitney¹, Nicholas C. Seaton¹, Christian Teyssier¹,
Erkan Toraman¹ & Matthew Heizler²

¹ *Geology & Geophysics, University of Minnesota, Minneapolis, Minnesota 55455, USA*
(E-mail: dwhitney@umn.edu)

² *New Mexico Bureau of Geology and Mineral Resources, Socorro, New Mexico 87801, USA*

Metamorphic terrains containing juxtaposed blueschist facies and Barrovian rocks in apparent structural continuity occur in orogenic belts worldwide. Two examples in the Aegean/Anatolian region are Naxos (Greece) and Sivrihisar (Turkey). The southern part of the Sivrihisar Massif, west-central Turkey, contains metamorphic rocks that formed from similar sedimentary and basaltic protoliths and record a transition from subduction to collision-related metamorphism. High-P–low-T (HP-LT) subduction zone rocks are dominated by marble characterized by rod-shaped calcite pseudomorphs after aragonite and quartz-phengite schist interlayered with blueschist (≥ 15 kbar, 500–550 °C) containing eclogite pods. Medium-P–medium-T (MP-MT) rocks are in a progressive sequence of chloritoid-, garnet-, staurolite, and kyanite \pm sillimanite-bearing schist and quartzite. Isograds are very closely spaced; the entire Barrovian sequence from chloritoid zone to sillimanite zone comprises < 1 km of structural thickness. Phengite in blueschist yields Late Cretaceous $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ plateau ages (87–81 Ma). Muscovite in the MP-MT rocks yields younger $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages (63–57 Ma), and white mica in the transition zone yields disturbed Ar spectra with 83–72 Ma integrated ages. The HP-LT and MP-MT domains are different tectonic slices of the same shallow marine/continental margin sequence: the HP-LT slice was subducted and exhumed in the Late Cretaceous and the MP-MT slice was buried, metamorphosed and exhumed during Paleocene–Eocene collision. The tectonic contact between domains involves marble emplaced on marble and is not obvious in the field. A well-defined mineral lineation has the same orientation in both domains and is defined by HP minerals (Na-amphibole, phengite) in the north and Barrovian minerals (chloritoid, kyanite, sillimanite, muscovite) in the south. The contact is, however, detectable in a difference in trace element abundance in the marbles and by a change in calcite texture. A narrow (200 m thick) structural transition zone in the HP domain is characterized by partially recrystallized rod-shaped calcite; thermal effects from the exhuming MP-MT domain resulted in partial recrystallization of HP-LT minerals and textures near the base of the structurally overlying HP-LT complex. In the MP-MT domain near the contact, recrystallized calcite contains a crystallographic-preferred orientation that is detected by electron backscattered diffraction analysis; calcite in the Barrovian zone is randomly oriented.

Key Words: Ar ages, Barrovian sequence, blueschist, metamorphism, Sivrihisar

Çamlıca Metamorfitleri’nde Yeralan Yüksek-Basınç Metabazit Diliminin (Eklojit/Mavişist) Petrografisi, Tektonik Ortamı ve Rodop Masifi ile İlişkisi, Biga Yarımadası, Kuzeybatı Anadolu

Fırat Şengün, Erdinç Yiğitbaş ve İsmail Onur Tunç

*Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 17020 Çanakkale (E-posta: firatsengun@comu.edu.tr)*

Yüksek-basınç metamorfik kayalar Alpin orojenik sistemi içerisinde son derece yaygındır ve eski dalma-batma zonlarını göstermesi açısından son derece önemlidir. Biga Yarımadası’nın kuzeybatı bölümünde yeralan Çamlıca metamorfik topluluğu aittan üste doğru düşük dereceli orta-basınç koşullarında başkalaşıma uğramış metalav ve metatülden yapıları Andıktaş formasyonu, granat-mika şist, albit-epidot-klorit şist, kalkışist ve mermer ardalanmasından oluşan Dedetepe formasyonu ve fillit-mermer ardalanmasından yapıları Salihler formasyonu’ndan oluşmaktadır. Dedetepe formasyonu içerisinde ~2 km uzunluğunda ve 500 m genişliğinde metabazit tektonik dilimi yüzlek vermektedir. Bu metabazit tektonik dilimi başlıca metaçört, amfibolit, eklojit, mavişist, talk şist ve tremolit/aktinolit şistten oluşmaktadır. Eklojitlerin genel mineral bileşimleri omfasit + granat + epidot + kuvars + glokofan ± fengit ± rutilden oluşmaktadır. Buna karşın geç evre makaslama zonları boyunca eklojitlerden dönüşmüş mavişistlerin genel mineral bileşimleri ise glokofan + granat + epidot + klorit ± fengit ± kuvars ± sfendir. Bu parajenez yüksek basınç mavişistlerini işaret etmektedir. Eklojit/mavişistlerin etrafında yaygın olarak granat içeren kuvarsa zengin şistler (metaçört) bulunmaktadır. Bu şistlerin genel mineral bileşimleri kuvars + fengit + granat + klorit + piyemontitten oluşmaktadır. Alpin yaşlı yüksek basınç metamorfizmasına uğrayan kayalar daha sonra albit, klorit mineralleri ve glokofan mineralinin etrafında gelişen tremolit/aktinolit replasmanının gelişmesine neden olan yeşilşist fasiyesinde retrograd metamorfizmaya uğramışlardır. Eklojit ve mavişistlerde meydana gelen yeşilşist fasiyesi metamorfizması yükselme sırasında, akışkanların kayaların içerisinde dolaşmasıyla kontrol edilmektedir.

Biga Yarımadası’nın en batı ucunda yeralan Çamlıca metamorfitleri içerisindeki eklojit/mavişistler bölgesel olarak kuzey Ege’de daha büyük alanlarda yüzlek veren Rodop Masifi içerisinde bulunan eklojitlerin tektonik ortamı ile karşılaştırıldığında metamorfizma koşulları bakımından farklılık sunmaktadır. Rodop Masifi’ndeki eklojitler kıta-kıta çarpışması ürünü kabuk kalınlaşması tektonik ortamını tanımlayan yüksek dereceli kıtasal kabuk malzemesi içerisinde bulunan orta sıcaklık eklojitleridir. Buna karşın Çamlıca metamorfitlerindeki eklojit/mavişistler ise yitim ortamını tanımlayan tipik düşük sıcaklık eklojitleridir. Sonuçta eklojit/mavişistler, önceden düşünüldüğü gibi düzenli bir pasif kıta kenarı istifi içerisindeki, çevre kaya ile birlikte YB’ca uğramış kayalar olmayıp Çamlıca metamorfitleri içerisinde tektonik bir dilim olarak bulunmaktadır. Bu özellikleri, Rodop metamorfik kuşağın içerisinde yer almasına karşın Çamlıca eklojitlerinin doğrudan Rodop eklojitleri ile ilişkilendirilmesini problemli hale getirmektedir.

Anahtar Sözcükler: eklojit/mavişist, YB metamorfizması, Çamlıca metamorfik topluluğu, Biga Yarımadası

Petrography, Tectonic Setting of High-Pressure Metabasite (Eclogite/Blueschist) Slices in the Çamlıca Metamorphics and Relationship with the Rhodope Massif, Biga Peninsula, Northwest Anatolia

Fırat Şengün, Erdinç Yiğitbaş & İsmail Onur Tunç

*Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR–17020 Çanakkale, Türkiye (E-mail: firatsengun@comu.edu.tr)*

High-pressure metamorphic rocks in Alpine orogenic system are widely common and very important for representing old subduction zones. The Çamlıca metamorphic association located on the northwestern part of the Biga Peninsula is represented by the Andıktaş formation experienced metamorphism at medium-pressure conditions consisting of metalava, metatuff and metapelite, the Dedetepe formation including garnet-mica schist, albite-epidote-chlorite schist, calcschist and marble, and the Salihler formation consisting of phyllite-marble intercalation, from bottom to top. Metabasites occur as tectonic slices within schist-marble intercalation of the Dedetepe formation, which are about 2 km long and 500 m wide. These metabasite tectonic slices chiefly compose of metachert, amphibolite, eclogite/blueschist and tremolite/actinolite schist and talc schist. The mineral assemblage in the eclogites consists predominantly of omphacite + garnet + epidote + quartz + glaucophane ± phengite ± rutile. However, blueschist retrograded from eclogites during late stage shear zones comprises garnet + glaucophane + epidote + chlorite ± phengite ± quartz ± sphene, which shows HP blueschist-facies metamorphism. These rocks are surrounded by quartz-rich schist including quartz + phengite + garnet + chlorite + piemontite. Alpine high-pressure metamorphic rocks are overprinted by retrograde metamorphism in greenschist facies with development of albite, chlorite, and tremolite/actinolite replacement around glaucophane. Greenschist facies metamorphism of eclogite/blueschist is controlled by the incoming of fluid phase into metamorphic rocks during exhumation.

From a tectonic setting point of view, when eclogite/blueschist within the Çamlıca metamorphics located on westernmost edge of the Biga Peninsula is regionally compared to eclogites within the Rhodope Massif outcropped on widespread regions in the north Aegean. Eclogite from the Rhodope Massif is high-temperature eclogites within medium-grade continental crust material defining tectonic setting of crustal thickening that is a product of continent-continent collision. On the other hand, eclogite/blueschist within the Çamlıca metamorphics is typically low-temperature eclogites defining subduction zone. Finally, eclogite/blueschist occurs as a tectonic slice within the Çamlıca metamorphics and, as previously thought, did not experience HP metamorphism with the Çamlıca metamorphics within the sequence of ordered passive continental margin. Though suchlike rocks occur in the Rhodope metamorphic belt, the Çamlıca metamorphics are questionable to evaluate directly as a part of the Rhodope Massif.

Key Words: eclogite/blueschist, HP metamorphism, Çamlıca metamorphics, Biga Peninsula

Güney Menderes, Batı Anadolu’da, Polimetamorfik Granat Gelişimine Ait Bulgular

Elizabeth J. Catlos¹, Courteney Baker², Sorena S. Sorensen³,
İbrahim Çemen² ve Mete Hançer⁴

¹ *The University of Texas at Austin, Jackson School of Geosciences, Geological Science Department, University Station C1100, Austin, TX, 78712-0254, U.S.A (E-posta: ejcatlos@gmail.com)*

² *Oklahoma State University, School of Geology, 105 Noble Research Center, Stillwater, OK 74078, U.S.A.*

³ *Smithsonian Institution Museum of Natural History, PO Box 37012, MRC 119, Washington, DC, U.S.A.*

⁴ *Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 20017 Kınıklı, Denizli*

Menderes Masifi önemli bir Ege metamorfik çekirdek kompleksi olup, granata dayalı termobarometrik bölgenin evrimine yönelik modelleri geliştirmek için sıkça kullanılmaktadır. Masif, bükülme, yüzeyleme ve/veya gerilme yollarıyla birçok naplara ayrılmıştır. Çine napı büyük oranda metabazitlerle ardalanan amphibolite-granulit fasiyesindeki orto- ve para-gneyslardan oluşmaktadır. Çine ve Bozdağ napları terslenmiş bir metamorfik gradyan göstermektedir. Çine napındaki granat içeren toplulukların basınç-sıcaklık koşullarının 670–730 °C ve 6.2–6.3 kbar, Bozdağ kayaçlarının ise 480–540 °C ve 6.1–7.6 kbar olduğu başka bir çalışmada belirtilmiştir.

Bu çalışmada Güney Menderes Masifi’ndeki Çine napında bulunan granat içeren kayaçların Th-Pb iyon mikroprob monazit yaşları, X-ışını element haritaları, yüksek kontrastlı geri saçılmış elektron (BSE) ve kathod ışıltaması (CL) şekilleri sunulmaktadır. Çine napı kayaçlarından biri (grt + bt + ms + chl + pl + ilm + zr + qtz + mnz + aln + ap) çoklu-evre granat gelişimi göstermektedir. Bu kayaçtaki granatlar 3 değişik bölge gösteren büyük (mm ölçekli) yarışekilli tanelerden oluşmaktadır: (1) yüksek Y içerikli, kapanım-dolgulu özşekilli çekirdekler (500–700 µm çapında), (2) çekirdekten birkaç yüz mikron öteye uzanan çeper-ortası alanlar, (3) kapanım içermeyen (10–100µm kalınlıkta) dış çeperler. Dış çeperler, granatların orta-çeper ve çekirdek bölgelerine göre BSE de daha açık görünmekte ve daha az kırık içermektedir. Granat kapanımları çoğunlukla qtz + ilm + ap ± zr’ dan oluşmaktadır. BSE görüntüleme kullanılarak ayrıca granatların dış çeperlerinden orta çeperlerine doğru uzanan, daha hafif materyalin izlerine rastlanmıştır ve bunlar muhtemelen gerileyen akışkanların geçiş yollarının kalıntılarını temsil etmektedir. Bu izler granatta mevcut kırıkları kesmekte ve sadece yüksek kontrastlı BSE görüntülemeye farkedilebilmektedir. Buna ek olarak, CL teknikleri kullanılarak kayaçtaki plajioklad 3 bölgeye ayrılmıştır: kırmızı-kahverengi çekirdekler, mor ve açık mor orta çeperler, ve beyaz dış çeperler. Plajioklad taneleri arasında kalan sınırlar beyaz olarak seçilmektedir.

Çine napı kayaçları içerisindeki monazit taneleri, hidrotermal alterasyon ile uyumlu olarak, apatit ve/veya allanit ile reaksiyon göstermekte, ve lifsi dokudadır. Bu taneleri Th-Pb iyon mikroprob metodu ile ölçülmesine dair deneyler yapılmış, fakat yüksek orandaki olağan Pb (97–62%) anlamlı sonuçların çıkmasını engellemiştir. Buna karşılık, Çine kayaçlarından biri 501±18 Ma yaşında monazite kapanımlarına ve ortalama 42±5 Ma yaş veren matriks tanelerine sahip granatlar içermektedir.

Burada belirtilen granat içeren kayaçlardan elde edilen görüntüler ve monazit yaşları, Çine napının tek bir Barrovian-tipi metamorfizmadan etkilendiği ve Menderes Masifi’ndeki granatların tek bir zamanda oluştuğu düşüncesiyle çelişmektedir. Biz burada Çine ve Bozdağ napları arasındaki terslenmiş metamorfizmanın nedeninin çoklu evre metamorfizma geçiren birimlerin kümelenmesi olduğunu düşünmekteyiz.

Anahtar Sözcükler: Menderes Masifi, jeokronoloji, monazit, gerilme tektoniği, Türk Ege bölgesi

Evidence of Polymetamorphic Garnet Growth Within the Southern Menderes Massif, Western Turkey

Elizabeth J. Catlos¹, Courteney Baker², Sorena S. Sorensen³,
İbrahim Çemen² & Mete Hançer⁴

¹ *The University of Texas at Austin, Jackson School of Geosciences, Geological Science Department, University Station C1100, Austin, TX, 78712-0254, U.S.A (E-mail: ejcatlos@gmail.com)*

² *Oklahoma State University, School of Geology, 105 Noble Research Center, Stillwater, OK 74078, U.S.A.*

³ *Smithsonian Institution Museum of Natural History, PO Box 37012, MRC 119, Washington, DC, U.S.A.*

⁴ *Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kınıklı, TR–20017 Denizli, Türkiye*

The Menderes Massif is an important Aegean metamorphic core complex and garnet-based thermobarometry is often used to develop models for the evolution of the region. The massif has been subdivided into a series of nappes, exposed via warping, exhumation, and/or extension. The Çine nappe is largely comprised of amphibolite to granulite facies ortho- and paragneisses intercalated with metabasite. Underlying this nappe is the Bozdağ nappe, characterized by amphibolite-facies garnet-mica schists. The Çine and Bozdağ nappes show an inverted metamorphic gradient. Garnet-bearing assemblages in the Çine nappe have been reported elsewhere to record peak P-T conditions of 670–730 °C and 6.2–6.3 kbar, whereas Bozdağ rocks yield 480–540 °C and 6.1–7.6 kbar.

Here we present Th-Pb ion microprobe monazite ages, X-ray element maps, high-contrast backscattered electron (BSE) and cathodoluminescence (CL) images of garnet-bearing rocks of the Çine nappe located in the southern Menderes Massif. One Çine nappe rock (grt + bt + ms + chl + pl + ilm + zr + qtz + mnz + aln + ap) documents multiple stages of garnet growth. Garnets in the rock are large (mm-sized) subhedral grains that show 3 distinct regions: (1) inclusion-filled euhedral cores (500–700 µm in diameter) that are high in Y, (2) mid-rim areas that extend several hundred microns from the core and (3) inclusion-free (10–100 µm thick) outer rims. The outer rim areas are brighter in BSE and contain fewer cracks than the mid-rim and core regions of the garnets. Garnet inclusions are mainly qtz + ilm + ap ± zr. Using BSE imagery, we also identify tracks of lighter material that extend from the garnets' outer rims to mid-rims, and are likely remnants of pathways for regressive fluids. These tracks crosscut existing cracks in the garnet and are only visible using high-contrast BSE imaging. Using CL techniques, plagioclase in the rock also document three zones: red-brown cores, purple and light purple mid-rims, and white outer rims. Boundaries between the plagioclase grains are outlined in white.

Monazite grains in several Çine nappe rocks we collected are present in reaction with apatite and/or allanite, and have fibrous texture, consistent hydrothermal alteration. Attempts were made to date these grains using the Th-Pb ion microprobe method, but high amounts of common Pb (97–62%) precluded meaningful results. However, one Çine nappe rock contains garnets with inclusions of monazite that are 501±18 Ma and matrix grains that average 42±5 Ma.

Images and monazite ages from garnet-bearing rocks reported here challenge the view that the Çine nappe experienced a single Barrovian-type metamorphism and that garnets in the Menderes Massif formed during a single time. Inverted metamorphism between the Çine and Bozdağ nappes is likely more apparent than real, and we speculate that it is an outcome of the stacking of rock units that experienced multiple stages of metamorphism.

Key Words: Menderes Massif, geochronology, monazite, extension tectonics, Turkish Aegean region

Ağvanis (Gölova, Doğu Pontidler) Metamorfitlerinin Jeolojik Evrimi: İlk Sonuçlar

Gültekin Topuz¹, Aral I. Okay¹, Rainer Altherr²,
Winfried H. Schwarz² ve Lütfi Altunkaynak³

¹ *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, 34469 Maslak, İstanbul*
(E-posta: topuzg@itu.edu.tr)

² *Heidelberg Üniversitesi, Mineraloji Enstitüsü, Im Neuenheimer Feld 236, D-69120 Heidelberg*

³ *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 61080 Trabzon*

Ağvanis Massifi, GGD–KKB yönünde uzanan, ~20 km uzunluğunda, ~6 km genişliğinde kabaca dörtgen biçimli metamorfik bir kütle olup, paralel iki kenarı boyunca Kuzey Anadolu Fayına bağlı faylarla sınırlandırılmaktadır. Bu metamorfik kütle, Doğu Pontidler'in Liyas-öncesi temel birimlerinin bir parçası olarak görülmektedir. Bu çalışma, Ağvanis metamorfitlerinin başkalaşım koşullarını ve yaşını ele almakta ve elde edilen verileri Doğu Pontidler'in Liyas öncesi jeodinamik gelişimi açısından tartışmaktadır.

Ağvanis metamorfitleri, başlıca metabazit, fillit ve mermerden, tali oranda da metaçört ve serpantinitletlerden oluşmaktadır. Bu metamorfik kayalar, Erken Eosen (~52 Ma) yaşlı kuvars-diyorit, dasit-porfir ve yaşı bilinmeyen tonalit tarafından kesilmektedir. Bu kayaların yerleşimleri çevreleyen kayalarda, dokanak başkalaşıma neden olmuştur. Gerek sokulum kayaları gerekse dokanak başkalaşım halelerindeki kayalar, iyi gelişmiş yapraklanma sunmaktadır. Bu durum, Erken Eosen döneminde sokulumların yerleşimi sırasında ve sonrasında masifin tektonik gerilme altında olduğuna işaret etmektedir. İyi gelişmiş yapraklanmadan ötürü, sokulum kayalarının bazıları önceki çalışmalarda bölgesel metamorfitlere dahil edilmiştir.

Metabazitler, hornblend/±aktinolit, albit, klorit, epidot, titanit, magnetit, kuvars ve ±biyotit içermektedir. Fillitler ise kuvars, muskovit, klorit, albit, ±granat, ilmenit, rutil, apatit, turmalin kapsar. Mineral parajenezleri, masifin yeşilist ve albit-epidot amfibolit fasiyesi koşullarında başkalaşıma uğramış olduğunu göstermektedir. Dokanak başkalaşımına maruz kalmış kayalarda, bolca biyotit ve plajiyoklas bileşimleri geniş aralıklarda (An_{0-40}) saçılma göstermektedir. Bölgesel başkalaşımın koşulları, granat-fengit termometresi ile ~500 °C ve basınç koşulları ise >6 kbar sınırlandırılmıştır.

Düşük dereceli metamorfizmanın yaşını belirlemek için, üç örnekten seçilen muskovitler üzerinde aşamalı ⁴⁰Ar/³⁹Ar yaş tayini yapılmıştır. Bu örneklerden ikisi ilk gazsızlaştırma adımından son gazsızlaştırma adımına kadar sürekli artan rahatsız edilmiş yaş tayfları sunmaktadır: En son gazsızlaştırma aşamasından elde edilen yaş değeri 197.3 ± 6 ve 207 ± 2 My (2σ)'dır. Üçüncü örnek, dokanak başkalaşımından bariz olarak etkilenmiş olup, hem muskovit ve biyotitlerden hata payları içinde uyuşan yaş değerleri (51 ± 1 & 50 ± 1 My, 2σ) elde edilmiştir. Bu yaş değerlerine göre, yeşilist-albit-epidot amfibolit fasiyesli başkalaşım, ~205 My (Geç Triyas) veya daha önce gerçekleşmiş olmalıdır. Ar-Ar yaş tayflarının rahatsız edilmesine neden olan olay ise Erken Eosen'de kuvars diyorit ve dasit porfirlerin yerleşimidir.

Ağvanis Masifi, kayaç birlikteliği, başkalaşım koşulları bakımından bir yığılma karmaşasına benzemekte olup, Batı Pontidler'deki Karakaya Karmaşası'nın Nilüfer Birimi ve Pulur Masifi'deki düşük-dereceli tektono-metamorfik birimle deneştirilebilir niteliktedir.

Anahtar Sözcükler: düşük dereceli metamorfizma, jeotermobarometri, ⁴⁰Ar/³⁹Ar mika yaşlandırması, jeodinamik evrim, Ağvanis (Gölova), Doğu Pontidler

Metamorphic evolution of the Ağvanis Massif (Gölova, Eastern Pontides): Preliminary Results

Gültekin Topuz¹, Aral I. Okay¹, Rainer Altherr²,
Winfried H. Schwarz² & Lütfi Altunkaynak³

¹ *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, Maslak,
TR-34469 İstanbul, Türkiye (E-mail: topuzg@itu.edu.tr)*

² *Heidelberg Üniversitesi, Mineraloji Enstitüsü, Im Neuenheimer Feld 236, D-69120 Heidelberg*

³ *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR-61080 Trabzon, Türkiye*

The Ağvanis Massif, is a SSE–NNW-trending lodzenge-shaped exposure, ~20 km long and ~6 km across, and is constrained by the subsidiary faults of the North Anatolian Fault. The massif is regarded as part of the pre-Liassic basement of the Eastern Pontides. This study deals with metamorphic conditions and age of the Ağvanis Massif, and discuss these data in terms of the geodynamic evolution of the pre-Liassic basement of the Eastern Pontides.

The Ağvanis metamorphics comprise predominantly metabasite, phyllite and marble, subordinately metachert and serpentinite. These metamorphic rocks were intruded by Early Eocene (~52 Ma) quartz diorite, dacite porphyre, and undated tonalite. The emplacement of these rocks led to the development of contact metamorphism in the country rocks. Both the contact metamorphic rocks and the intruding rocks display well-developed foliations, suggesting that the massif were under tectonic stress during the emplacement of the intrusions and thereafter. Due to the well-developed foliations, the intruding rocks were assigned to the regional metamorphism.

The metabasites comprise hornblende/±actinolite, albite, chlorite, epidote, titanite, ±magnetite, quartz and ±biotite. The phyllites contain quartz, muscovite, chlorite, albite, ±garnet, ilmenite, rutile, apatite and tourmaline. The mineral paragenesis suggests that the massif underwent greenschist-albite-epidote-amphibolite-facies metamorphism. In samples subjected to contact metamorphism, abundant biotite occur and plagioclases display large compositional scattering (An_{0-40}). Conditions of metamorphism are constrained as ~500 °C and >6 kbar.

In order to constrain the timing of the low-grade metamorphism, incremental $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating were performed on three muscovite and one biotite separates from three samples. Two muscovite separates yielded a disturbed agespectra, steadily increasing age spectra from the first to the last degassing steps. The age values from the last degassing step are 197.3 ± 6 and 207 ± 2 Ma (2σ). The third sample is obviously affected from the contact-metamorphism, yielding consistent muscovite and biotite ages within the range of error (51 ± 1 & 50 ± 1 Ma, 2σ). Accordingly, greenschist to albite-epidote amphibolite facies metamorphism occurred at ~205 Ma (Late Triassic) or earlier. Event which led to the disturbance of Ar-Ar age spectra is emplacement of Early Eocene quartz-diorite and dacite porphyres.

The Ağvanis Massif resembles an accretionary complex in terms of rock assemblage and metamorphic conditions, and can be correlated with the Nilüfer unit of the Karakaya Complex in the western Pontides and low-grade tectonometamorphic unit in the Pulur Complex.

Key Words: low-grade metamorphism, geothermobarometry, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ mica dating, geodynamic evolution, Ağvanis (Gölova), Eastern Pontides

Kırşehir Masifi’ndeki Kaman Sıyrılma Fayı ve Makaslama Kinematığı, Orta Anadolu Kristalen Kompleksi, Türkiye

Côme Lefebvre, Reinoud Vissers ve Douwe Van Hinsbergen

*Utrecht University, Department of Earth Sciences, 3508 TA Utrecht,
The Netherlands (E-posta: come@geo.uu.nl)*

Orta Anadolu Kristalen Kompleksi’nin (OAKK) metamorfik kayalarının yüzeylemesini sağlayan mekanizma günümüzde yoğun bir şekilde tartışılmaktadır. Komşu havzalardaki stratigrafik veriler Orta Anadolu metamorfitlerinde Paleosen’den bu yana devan eden, tortullaşmayla eş yaşlı bir yüzeylemeyi işaret eder. Oysa apatit fizyon izi verileri güney (Niğde: 8–30 °C/My, 9–12 My’a kadar) ve kuzey (Kırşehir-Akdağ: 3 °C/My 37–42 My’a kadar) masifler arasında belirgin bir mekanizma farklılığının mevcut olduğunu göstermektedir. Bu durum, yüzeylemenin Niğde Masifi’nde sıyrılma fayları boyunca tektonik taşınma, Kırşehir-Akdağ Masifi’nde ise erozyonla gerçekleştiği şeklinde yorumlanmaktadır.

Burada kuzey Kırşehir Masifi’nin örtüsünden kurtulması sırasında gelişen ana yapılarla ilişkin veriler sunulmaktadır. Masifteki uzama lineasyonlarına dayalı olarak çekirdek ve kenar arasında belirgin bir ayırım yapılabilmektedir. Masif’in çekirdeğinde güneye doğru bir hareket gözlenirken batıda bu hareket BKB yönündedir.

Kaman yakınındaki güney sınırında, Kırşehir bloğuna ait, baskın olarak mermerlerden yapılı üst amfibolit fasiyesindeki metasedimentler ana bir fay zoneuyla üstte bulunan ve sadece düşük dereceli okyanus tabanı metamorfizmasından etkilenmiş Ankara Melanjına ait ofiyolitik kayalardan ayrılırlar. Baranadağ graniti yakınlarında, tabakalı ve çok iri kristalli mermerlerin gözleendiği bu dokanakta iyi gelişmiş, sünümlüden kırılğan koşullara doğru kesiksiz bir evrim gözlenmektedir. Deformasyonun lokalize olduğu, yaklaşık 200 m genişliğindeki bu zonda milonitler ve iri taneliden ince taneliye kadar değişen kataklazitler gözlenmektedir.

Kaman deformasyon zonunda küçük ölçekli tipik yapılar yaygın olarak gözlenmektedir. Protomilonitik mermerlerde oblik ikizlenmeler gösteren asimmetrik kalsit porfiroklastları bu yapılarla örnek verilebilir. Milonitik kayalardaki hareket verileri, üzerleyen kırılğan yapılar ve dokanak boyunca üst kesimlere doğru metamorfizma koşullarındaki belirgin düşüş Kaman fay zoneunun genişmeli bir sıyrılmayı tanımladığını göstermektedir. Kırşehir Masifi’nin kuzeybatı kesimi bu sıyrılma boyunca, tavan bloğunu oluşturan ‘metamorfik olmayan’ ofiyolitlerin altından yüzeylemiştir. Bu veriler kuzey OAKK da tektonik yüzeylemenin önemli olduğunu göstermekte ve bu olayın basit bir erozyonun ürünü olmadığını belgelemektedir.

Anahtar Sözcükler: OAKK, Kırşehir Masifi, yüzeyleme, makaslama, sıyrılma fayı, kalsit mikroyapısı

Shearing Kinematics and Kaman Detachment Fault in the Kırşehir Massif, Central Anatolian Crystalline Complex, Turkey

Côme Lefebvre, Reinoud Vissers & Douwe Van Hinsbergen

*Utrecht University, Department of Earth Sciences, 3508 TA Utrecht,
The Netherlands (E-mail: come@geo.uu.nl)*

The mechanism allowing exhumation of the metamorphic rocks of the Central Anatolian Crystalline Complex (CACC) is currently subject to debate. Published stratigraphic records from neighbouring basins suggest syndimentary unroofing of the Central Anatolian metamorphics since Paleocene times. However, apatite fission-track data show an important contrast between the southern (Niğde: 8–30 °C/Ma until 9–12 Ma) and northern massifs (Kırşehir and Akdağ: 3 °C/Ma until 37–42 Ma) explained by different mechanisms of exhumation: tectonic denudation via detachment faults in Niğde and erosion in Kırşehir and Akdağ.

Here we report major structures that developed during the unroofing of the northerly Kırşehir massif. From the stretching lineation pattern of the massif, a clear distinction can be made between the core and edges presenting top-to-S shearing in the core of the massif, and top-to-WNW direction of shear in the west.

At the western border, near Kaman, a major fault zone separates the upper amphibolite-facies, marble-dominated metasediments of the Kırşehir block from the overlying ophiolitic rocks of the Ankara Mélange only affected by low-grade ocean-floor metamorphism. This contact presents an evolution, from layered and very coarse-grained marbles near the Baranadağ granite, overprinted in a 200m wide localized zone along the contact by well-developed ductile-to-brittle structures including mylonites and coarse-then-fine cataclasites.

The Kaman deformation zone shows typical small-scale features such as protomylonitic marble inclosing asymmetric calcite porphyroclasts with dominant oblique twin sets. The sense of motion in the mylonitic rocks, the progressive overprint by brittle structures, and the marked decrease of the peak metamorphic conditions upward across the contact all indicate that the Kaman fault zone represents an extensional detachment. The northwestern part of the Kırşehir massif was exhumed along this detachment from underneath the ‘unmetamorphosed’ ophiolitic hanging wall. This stresses the importance of tectonic unroofing of the northern CACC and documents that exhumation was not simply the result of erosion.

Key Words: CACC, Kırşehir Massif, exhumation, shearing, detachment fault, calcite microstructure

Alanya Masifi'nin Tektonostratigrafisi ve Çoklu Metamorfik Evrimi

Mete Çetinkaplan¹, Osman Candan¹, Aral I. Okay², Roland Oberhänsli³,
O. Ersin Koralay¹ ve Hüseyin Kozlu⁴

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
Tinaztepe Kampüsü, 35160 Buca, İzmir (E-posta: mete.cetinkaplan@deu.edu.tr)

² İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, 34460 Maslak, İstanbul

³ Institut für Geowissenschaften, Universität Potsdam, Postfach 601553, Potsdam 14415, Germany

⁴ Çiğdem Mahallesi, 339 Sok. No: 17/22, 100. Yıl, 06530 Çankaya, Ankara

Orta Toroslar'ın güneyinde yer alan Alanya Masifi, tektonik bir dokanakla Antalya Birliğini üzerler. Paleosen–Eosen yaşlı tortullar tarafından uyumsuz olarak örtülen Masif, kuzeyde Hadim Napı tarafından tektonik olarak üzerlenir. Masifin polimetamorfik evrimini ortaya çıkarmak amacıyla batıda Gündoğmuş, orta kesimde Alanya-Demirtaşlı ve doğuda Anamur kuzeyinde üç bölge çalışılmıştır. Gündoğmuş bölgesi tipik nap yığını yapısı sunar. Bu tektonik istif alttan üste doğru; (1) Üst Permian yaşlı mermerler, (2) Mavişist melanji, (3) Yeşilşist fasiyesindeki fillitçe baskın, ince karbonat ve kuvarsit düzeyleri içeren düzenli seri ve (4) Üst Permian yaşlı mermerlerden oluşmaktadır. Mavişist melanji glaukofan-fengit şist ve kalkıştitten oluşan matriks içerisine gömülü yüksek-basınç blokları (epidot glaukofanit, omfasit epidotit, glaukofan-kuvars şist), neritik mermer ve serpantin bloklarından oluşur. Alanya-Demirtaşlı arasında kalan bölge naplı bir yapıya sahiptir. Tektonik olarak en alta Antalya Birliği yer alır. Bunun üzerinde sırasıyla Gökketir, Kargıcak, Sugözü ve Yumrudağ Naplarından oluşan Alanya Masifi gelir. Alanya Masifi'ne ait metamorfikler olasılı Bolcardağı Birliğine ait, Jura yaşlı dolomitlerden oluşan Kuşyuvası Napı tarafından üzerlenir. Gökketir Napı olasılı Triyas yaşlı mermer, şist ve kalkışt ardalanmasından oluşur. Bunun üzerinde yeşilimsi-sarımsı renkli klorit şist, kirli sarı renkli kuvarsit ve kahverengi dolomit ardalanmalı, kıvrımlı ve budinaj yapısı gösteren İnfrakambriyen yaş konağında incelediğimiz Kargıcak Napı yer alır. Bu nap içerisinde kloritten granat zonuna kadar değişen ilerleyen orta-basınç metamorfizması gözlenir. Gökketir Napını tektonik olarak üzerleyen Sugözü Napı baskın olarak granat-glaukofan-fengit şistlerden yapılıdır. Bunlar içerisinde yer alan eklojitlerde, granatlı glaukofanitlerden yeşilşist metabazitlerine doğru gelişen bir geri dönüşüm gözlenir. Yeşilşist fasiyesinde başkalaşıma uğramış olan Yumrudağ Napı; tabanda metaklastikler ve bunları geçişli bir dokanakla üzerleyen kalın katmanlı ve metaboksit içerikli Üst Permian platformuna ait dolomitik mermerlerden oluşmaktadır. Anamur'un kuzeyindeki üçüncü bölgede orta-basınç metamorfizmasının farklı koşullarında başkalaşıma uğramış, İnfrakambriyen yaşlı üç tektonik dilim ayrılmıştır. İstifsel olarak en alta düşük dereceli yeşilşist fasiyesi koşullarını tanımlayan fillit, kuvarsit ve dolomit ardışığından oluşan tektonik dilim yer alır. Bu dilim, orta-basınç metamorfizmasının üst-amfibolit fasiyesi koşullarını tanımlayan kayalar tarafından üzerlenir. Bu yüksek dereceli metamorfikler, sillimanit, disten, staurolit ve granat içeren şist yapısında olup, asidik / bazik bileşimli, damar karakterli meta-magmatik katkılar içerir. Alanya Masifine ait en üst tektonik dilim ise yine yeşilşist fasiyesindeki düşük-dereceli metamorfiklerden oluşmaktadır. Bölgede yer alan metamorfik kayalar Paleosen–Eosen yaşlı çakıtaşı, kumtaşı ve kireçtaşıdan yapıları Anamur Formasyonu tarafından uyumsuz olarak üzerlenir. Aladağı Birliğine ait metamorfik olmayan Hadim Napı bölgedeki en üst tektonik dilimi oluşturur. Alanya Masifi'nin polimetamorfik evrimi içerisinde, Gündoğmuş melanjindeki mavişist metamorfizması, Sugözü Napı'nın mavişist-eklojit fasiyesi metamorfizması ve bunları üzerleyen yeşilşist fasiyesi koşullarındaki Barrow türü orta-basınç metamorfizması Neotetis Okyanusunun güney kolunun Geç Kretase–Erken Tersiyer (?) yaşlı yitim ve yüzeyleme süreçleriyle ilişkilidir. Buna karşın Anamur'un kuzeyindeki üst-amfibolit fasiyesindeki metamorfizma bu süreçten ayrı düşünülmelidir. Bu metamorfizma, Gondwana'nın Geç Proterozoik'teki evrimi ile bağlantılı Pan-Afrikan orojenezi ile ilişkilendirilebilir.

Anahtar Sözcükler: Alanya Masifi, eklojit, mavişist, omfasit, glaukofan, fengit, Anamur

Tectonostratigraphy and Polimetamorphic Evolution of the Alanya Massif

Mete Çetinkaplan¹, Osman Candan¹, Aral I. Okay², Roland Oberhänsli³,
O. Ersin Koralay¹ & Hüseyin Kozlu⁴

¹ *Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,*

Tınaztepe Kampüsü, Buca, TR–35160 İzmir, Türkiye (E-mail: mete.cetinkaplan@deu.edu.tr)

² *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, Maslak, TR–34460 İstanbul, Türkiye*

³ *Institut für Geowissenschaften, Universität Potsdam, Postfach 601553, Potsdam 14415, Germany*

⁴ *Çiğdem Mahallesi, 339 Sok. No: 17/22, 100. Yıl, Çankaya, TR–06530 Ankara, Türkiye*

The Alanya Massif tectonically overlies the Antalya Unit, south of the middle Tauride belt. The Massif which is unconformably covered by Paleocene–Eocene sediments is tectonically overlain by Hadım Nappe to the north. Three different areas have been studied, from west to east – Gündoğmuş, Alanya-Demirtaşlı and Anamur – to reveal the polimetamorphic evolution of the Alanya Massif. The Gündoğmuş area shows a typical nappe pile structure. This nappe pile is composed from bottom to top by (1) Upper Permian marbles, (2) a blueschist mélange, (3) a coherent greenschist-facies series consisting of phyllites, carbonates and quartzite intercalations and (4) Upper Permian marbles. The blueschist mélange is made up of high-pressure blocks (epidote glaucophanites, omphacite epidoteites and glaucophane-quartz schists), neritic marbles and serpentinites embedded in a matrix of glaucophane-phengite schists and calcschists. A similar nappe structure is also observed in Alanya - Demirtaşlı area. The Alanya Massif which comprises the Gökketir, Kargıcak, Sugözü and Yumrudağ Nappes overlies the unmetamorphosed Antalya Unit. The Kuşyuvası Nappe comprising Jurassic dolomites similar to the Bolkardağ Unit rests tectonically over the metamorphic rocks of Alanya Massif. The Gökketir Nappe, probably Triassic in age, consists of schists, calcschists and marble intercalations. This nappe is overlain by the Infracambrian Kargıcak Nappe composed of strongly folded and boudinaged green-yellow chlorite schists, pale yellow quartzites and brown dolomite intercalations. In this nappe, a progressive medium-pressure metamorphism ranging from chlorite to garnet zones is observed. The Gökketir Nappe is tectonically overlain by the Sugözü Nappe which comprises dominantly garnet-glaucophane phengite schists with eclogite lenses. The Eclogites display a retrograde overprint from garnet glaucophanite to greenschist. The Yumrudağ Nappe is composed of greenschist metaclastics and transitionally overlying metabauxite-bearing Upper Permian platform-type dolomitic marbles. In a third area, north of Anamur, three Infracambrian tectonic slices with different P/T conditions of medium-pressure metamorphism were recognized. The lowermost tectonic slice consists of phyllites, quartzites and dolomite intercalations, which underwent low-grade greenschist facies metamorphism. It is overlain by Barrovian-type upper-amphibolite facies rocks. These high-grade rocks are dominated by mica schists with sillimanite, kyanite, staurolite and garnet which include acidic to basic meta-igneous rocks as boudinaged lenses and veins. The uppermost tectonic slice comprises low-grade, greenschist facies rocks. The metamorphic rocks of the Alanya Massif are unconformably covered by Paleocene–Eocene conglomerates, sandstones and limestones of the Anamur Formation. The non-metamorphic Hadım Nappe of the Aladağ Unit forms the uppermost tectonic slice of the region. The polimetamorphic evolution of the Alanya Massif with blueschist metamorphism in the Gündoğmuş mélange, eclogite-blueschist facies metamorphism in the Sugözü Nappe and their Barrovian-type retrograde overprint under greenschist facies conditions can be attributed to subduction and exhumation processes of the southern branch of the Neotethys during Late Cretaceous–Early Tertiary (?) times. However, the upper-amphibolite facies metamorphism north of Anamur should be excluded from this process and should be ascribed to Pan-African orogeny related to the Late Proterozoic evolution of Gondwana.

Key Words: Alanya Massif, eclogite, blueschist, omphacite, glaucophane, phengite, Anamur

Anadolu'daki Mavişist Kuşaklarının İlişkisi

Roland Oberhänsli¹, Osman Candan², Mete Çetinkaplan², Cüneyt Akal²,
Amaury Pourteau¹, Romain Bousquet¹ ve Aral I. Okay³

¹ *Institut für Geowissenschaften, Universität Potsdam, Postfach 601553, Potsdam 14415, Germany
(E-posta: roob@geo.uni-potsdam.de)*

² *Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
Tınaztepe Kampüsü, 35160 Buca, İzmir*

³ *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, 34460 Maslak, İstanbul*

Son on yılda Anadolu'da birçok mavişist oluşumu belirlenmiş ve bunların temel özellikleri ayrıntılı olarak ortaya konmuştur. Yitimle bağlantılı jeodinamik ortamların yorumlanması açısından bu mavişist bölgelerinin önemli olduğu konusunda genel bir kanı mevcut olmasına karşın bu kuşakların paleocoğrafik açıdan tanımlanmasında henüz bir fikir birliği bulunmamaktadır.

Radyometrik ve petrolojik verilere dayalı olarak Tavşanlı mavişist zonunun 85–80 My da ve 24±3 kbar / 430±30 °C koşullarında metamorfizmaya uğradığı net olarak ortaya konulmuştur. Son zamanlarda ise Afyon Zonu'na ait mavişist metasedimentlerinin stratigrafik olarak 65–55 My aralığına sıkıştırılan, 8±2 kbar basınç ve 350±50 °C sıcaklık koşullarında başkalaşıma uğradığı belirlenmiştir. Günümüze değin bu zonlar Kırşehir bloğunun güneyi boyunca uzanan ikili bir yapı olarak değerlendirilmiştir. Henüz radyometrik olarak yaşlandırılmamış olmasına karşın, 8±2 kbar / 420±20 °C koşullarında metamorfizmaya uğramış Likya Napları ve Menderes Masifi'nin örtü serilerinde gözlenen, 12 kbar / 440 °C koşullarındaki başkalaşım da bu genel tektonik çatı içerisinde değerlendirilmelidir. Bunlara ek olarak Dilek Yarımadası'nda ve Samos'ta, Menderes Masifi'ni tektonik olarak üzerleyen ve Likya Napları tarafından üzerlenen Kikladik Kompleks'e ait mavişist kalıntıları gözlenmektedir. Eosen'de (40 My) 10±2 kbar / 450±20 °C koşullarında metamorfizmaya uğramış olan bu kayalar, Afyon-Tavşanlı mavişist çiftini Menderes Masifi'nin YB metasedimentlerinden ayıran bir tektonik dilim niteliğindedir. Birbirinden farklı yaş ve koşuldaki bu 5 mavişist kuşağının yanı sıra güneyde, Alanya mavişistleri Torid platformuna ait nap yığını tarafından tektonik olarak üzerlenmektedir. Bunlar, Batı ve Orta Anadolu'ya ait jeodinamik model içerisinde değerlendirilmesi gereken, güneye ait diğer bir kenet zonunu tanımlamaktadır.

Son zamanlarda Bitlis Kompleksi ve Ermenistan'da Doğu Anadolu'ya ait yeni mavişist kuşakları belirlenmiştir. Ermenistan'daki Amassa-Stepanovan kenetine ait 95–90 My yaşlı mavişistlerde 12±2 kbar basınç ve 550±30 °C sıcaklık koşulları tanımlanmıştır. Bunlar, Doğu Türkiye'den Batı İran'a kadar Tetis'in yitim evrimiyle ilişkili olarak yorumlanmaktadır. Fakat bunların Doğu ve Orta Anadolu'daki mavişistler ve kenet kuşaklarına ait kalıntılarla nasıl ilişkilendirilebileceği henüz tesbit edilememiştir. Bitlis kompleksindeki 73–75 My yaşlı mavişistler metabazit ve metasedimentlerinde 10±2 kbar basınç ve 370±30 °C sıcaklık koşulları belirlenmiştir. Bu koşullar Batı Anadolu'daki mavişist kuşaklarıyla bir korelasyon olasılığını güçlendirmektedir. Şu anda kesin bir korelasyon zor gözükse de Alanya kenetiyle bir korelasyon olasıdır.

Mavişist metasedimentleri Ege sahillerinden itibaren başlamakta, Afyon Zonu (Tavşanlı YB kuşağının güney kesimi) boyunca Orta Anadolu Kristalen Kompleksinin güney sınırı boyunca kenet zonunu izleyerek Doğu Anadolu'da Bünyan/Kayseri'ye ulaşmaktadır. Bu kenet zonunun İzmir-Ankara-Erzincan zonu veya Amanos-Elazığ-Van kuşağının eşleniği olmadığı düşünülmektedir.

Anahtar Sözcükler: Anadolu, YB metamorfizması, mavişist

The Anatolian Blueschist Belt Connection

Roland Oberhänsli¹, Osman Candan², Mete Çetinkaplan², Cüneyt Akal²,
Amaury Pourteau¹, Romain Bousquet¹ & Aral I. Okay³

¹ *Institut für Geowissenschaften, Universität Potsdam, Postfach 601553, Potsdam 14415, Germany
(E-mail: roob@geo.uni-potsdam.de)*

² *Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
Tinaztepe Kampüsü, Buca, TR–35160 İzmir, Türkiye*

³ *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, Maslak, TR–34460 İstanbul, Türkiye*

Over the past decade plentiful blueschist occurrences have been identified and described in detail throughout Anatolia. Although consensus on the significance of blueschist terrains regarding their subduction related geodynamic setting has been reached, a common view on palaeogeographic reconstructions is far from being achieved.

So far the relation of the well dated Tavşanlı blueschists with a metamorphic age of 85–80 Ma and P-T conditions around 24±3 kbar and 430±30 °C and the recently investigated blueschist metamorphic metasediments of the Afyon Zone at conditions of 8±2 kb at 350±50°C with stratigraphically constrained ages between 65–55 Ma is established as a dual structure along the southern margin of the Kırşehir block. The relation of the Lycian nappes, recording metamorphic conditions of 8±2 kbar at 420±20 °C, as well as the Menderes cover sequence with conditions around 12 kbar at 440 °C, both so far not dated have to be fitted into this pattern. Additionally the remnants of the Cycladic blueschists, showing blueschists recording conditions of 10±2 kbar at 450±20 °C and ages of 40 Ma on the Dilek Peninsula and Samos rest on top of the Menderes complex and lay below the Lycian nappes. They represent a tectonic slice separating the fore mentioned Tavşanlı-Afyon Blueschist ‘duplex’ from the HP relicts in the sediments of the Menderes complex. Far south of these 5 blueschist belts with varying ages and PT conditions the Alanya blueschist is tectonically overlain by the nappe stack of the Tauride platform. They document another southernly suture that has to be fit into a geodynamic model for Western and Central Anatolia.

In eastern Anatolia blueschist belts were recently reported from the Bitlis complex and Armenia. The blueschists of Amassa-Stepanovan suture in Armenia record 12±2 kbar at 550±30 °C and show metamorphic ages of 95–90 Ma. They are interpreted as to link the Tethys subduction history from E-Turkey to W-Iran. How they relate to the blueschists and the remnants of suture zones in eastern and central Anatolia is yet to be established. The blueschists and blueschist facies metasediments of the Bitlis complex record 10±2 kb at 370±30 °C with a metamorphic age of 73–75 Ma. These conditions might encourage a correlation with the blueschist belts from western Anatolia. At present a straight forward correlation seems difficult, however, a correlation with the Alanya suture seems appealing.

Blueschist facies metasediments have been observed from the Aegean coast through the Afyon Zone (S of the Tavşanlı HP belt) and along the southern margin of the Central Anatolian Crystalline Complex to Bünyan/Kayseri in eastern Anatolia typically tracing a suture, which only recently has been described. We show that this suture is neither an equivalent of the İzmir-Ankara-Erzincan Zone nor of the Amanos-Elazığ-Van Belt.

Key Words: Anatolia, HP metamorphism, blueschist

Sıkışmalı Bir Dağ Kuşağında Farklı Zamanlı Başkalaşım ve Yüzeylenme: Istranca Masifi, KB Türkiye

Gürsel Sunal^{1,2}, Muharrem Satır¹, Boris A. Natal'in²,
Gültekin Topuz³ ve Oliver Vonderschmidt¹

¹ Universität Tübingen, Institut für Geowissenschaften, Wilhelmstrasse 56,
D-72074 Tübingen, Germany (E-posta: gsunal@itu.edu.tr)

² İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34469 Maslak, İstanbul

³ İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, 34469 Maslak, İstanbul

Istranca Masifi'nin güney kısmı birbirlerinden başkalaşım öncesi bir uyumsuzlukla ayrılan, çeşitli gnays, mikaşist ve nadir olarak da amfibolitleri içeren bir temel ve metakonglomera ve metakumtaşlarından oluşan bir örtüden oluşmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Istranca Masifi'nin bu kesiminin tektonik sitali, başkalaşım koşullarının ve zamanının belirlemektir.

Triyas öncesi temele ait amfibolit ve ortogneysler epidot-amfibolit-fasiyesi koşullarını gösteren mineral parajenezleri 'plajiyoklas (An₁₇₋₃₅) + epidot ± hornblend ± kuvars' içermektedir. Buna karşılık, kuzeyde Triyas örtüsüne ait örneklerde ise 'biotit + muskovit + K-feldispat + albit + kuvars + kalsit' parajenezini içermekte, bu ise peristerit boşluğun kuzeyde aşılmadığını göstermektedir: Başkalaşım derecesi güneyde epidot-amfibolit fasiyesinden kuzeyde albit-epidot amfibolit veya yeşilist fasiyesine kadar düşmektedir. Basınç-sıcaklık koşulları, epidot-amfibolit fasiyesine ait bölümde 485–530 °C ve 0.60–0.80 GPa olarak belirlenmiştir. Kuzeyde ise koşulların biraz daha düşük olduğu tahmin edilmektedir.

Istranca Masifi'nin temel birimleri çeşitli kalınlıklarda ve yapraklanmaya paralel bir çok sünek makaslama zonu içerir. Ayrıca başkalaşımın geç aşamalarını temsil eden kırılğan deformasyon zonları da gelişmiştir. Sabit güneye eğimli yapraklanma ve güneybatıdan güneydoğuya dalımlı çekme çizgisellikleri, kuzey yönelimli makaslamalar ve kuzey verjanslı sünek ve kırılğan makaslama zonları gibi yapısal unsurlar, kuzey yönlü sıkışmalı bir deformasyonu ve eşlik eden yükselmeyi işaret etmektedirler.

Başkalaşım yaşını ve soğuma koşullarını sınırlandırmak için tüm çalışma alanına yayılmış 21 örnek üzerinde Rb-Sr muskovit ve biyotit yaşlandırması yapılmıştır. Muskovit Rb-Sr yaşları güneyden kuzeye doğru 162 My'dan 142 My'a sistematik olarak azalır. Çalışma alanının en kuzeyinde ise beklenmedik derecede eski yaşlar (279–296 My) elde edilmiştir. Biyotit Rb-Sr yaşlarında güneyde 153 My dan kuzeyde 134 My yıla sistematik olarak düşmektedir. Bu yaşlar ve elde edilen sıcaklık değerleri, hem başkalaşım hem de yükselmenin farklı zamanlı olduğuna işaret etmektedir. Bununla birlikte çalışma alanının en kuzeyinde başkalaşım esnasında Rb-Sr muskovit yaşları sıfırlanmamışlardır.

Elde edilen veriler, başkalaşım ve satha çıkışın, bütün Istranca Masifinde eş-zamanlı olmadığını göstermiştir. Bu farklı zamanlı başkalaşım ve takip eden yükselme tarafımızdan kuzeye ilerleyen ve kuzey verjanslı bir bindirme dilimiyle ilişkilendirilmiştir. Istranca Masifi'ndeki sıkışmalı olaylar büyük ihtimalle güneyde yer alan Rodop Masifinde gelişmiş eş zamanlı ve kuzey verjanslı dalma batma / çarpışma sistemiyle ilişkilidir.

Anahtar Sözcükler: P-T belirlemesi, Rb-Sr yaşlandırması, ayrık zamanlı başkalaşım ve soğuma, sıkışmalı yükselme, Istranca Masifi

Diachronous Metamorphism and Exhumation in a Contractional Orogen: The Strandja Massif, NW Turkey

Gürsel Sunal^{1,2}, Muharrem Satır¹, Boris A. Natal'in²,
Gültekin Topuz³ & Oliver Vonderschmidt¹

¹ *Universität Tübingen, Institut für Geowissenschaften, Wilhelmstrasse 56,
D-72074 Tübingen, Germany (E-mail: gsunal@itu.edu.tr)*

² *İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Maslak, TR–34469 İstanbul, Türkiye*

³ *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, Maslak, TR–34469 İstanbul, Türkiye*

The southern part of the Strandja Massif comprises a basement of various gneisses, mica schists and rare amphibolite, and a cover of metaconglomerate and metasandstone, separated from each other by a pre-metamorphic unconformity. The purpose of this study is to determine tectonic style, metamorphic conditions and age of the metamorphism.

The metamorphic mineral assemblages in the amphibolites and orthogneisses (pre-Triassic basement) are characterized by the stable coexistence of 'plagioclase (An_{17–35}) + epidote ± hornblende ± quartz', suggestive of epidote-amphibolite-facies conditions. However, the metasandstone sample (Triassic cover) comprises the mineral assemblage 'biotite + muscovite + K-feldspar + albite + quartz + calcite', suggesting that the peristerite gap was not crossed. Metamorphic grade decreases from the epidote-amphibolite facies in the south to the albite-epidote amphibolite or greenschist-facies in the north. Estimated *P-T* conditions are 485–530 °C and 0.60–0.80 GPa in the epidote-amphibolite facies domain, and slightly lower in transitional domain.

The basement units of the Strandja Massif comprise number of ductile shear zones of various thicknesses parallel to the main foliation. Furthermore brittle shear zones developed in the later stages of the metamorphism. Structural features such as (i) consistent south-dipping foliation and southwest to southeast-plunging stretching lineation, (ii) top to north shear sense, and (iii) north-vergent ductile shear zones and brittle thrusts suggest a north-vergent compressional deformation coupled with exhumation.

To constrain the timing and cooling of low to medium-grade metamorphism, Rb-Sr biotite and muscovite-whole rock dating were performed on 21 samples distributed over the whole area. Rb-Sr muscovite ages decrease systematically northwards from 162 to 142 Ma, and are extraordinarily old (279–296 Ma) in the northernmost part. The Rb-Sr biotite ages also decrease systematically from 153 Ma in the south to 134 in the north. These age values in conjunction with the attained temperatures suggest that both the metamorphism and exhumation occurred diachronously. Furthermore Rb-Sr muscovite ages were not reset during the metamorphism in the northernmost part.

Obtained data have shown that metamorphism and exhumation in the entire Strandja Massif occurred diachronously. We tentatively ascribe this diachronous metamorphism and following exhumation to the northward propagation of a thrust slice. The compressional events in the Strandja Massif were most probably related to the coeval north-vergent subduction/collision system in the southerly lying Rhodope Massif.

Key Words: *P-T estimates, Rb-Sr dating, diachronous metamorphism and cooling, compressional exhumation, Strandja Massif, Turkey*

Afyon Zonu'nun Stratigrafisi ve Alpin Metamorfizması

Osman Candan¹, Roland Oberhänsli², Cüneyt Akal¹, O. Ersin Koralay¹,
Amaury Pourteau² ve Mete Çetinkaplan¹

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
Tınaztepe Kampüsü, 35160 Buca, İzmir (E-posta: osman.candan@deu.edu.tr)

² Institut für Geowissenschaften, Universität Potsdam, Postfach 601553, Potsdam 14415, Germany

Türkiye'nin genel tektonik çatısı içerisinde İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zonu'nun güneyinde kalan kesim 'Anatolidler'e ait YB/DS metamorfizması zonları' ve 'Toridler' olmak üzere iki üniteye ayrılmaktadır. Anatolidler'e ait olan ve Tavşanlı Zonu ile Menderes Masifi arasında sıkışmış olan Afyon Zonu, Batı Anadolu'da Simav'dan başlayarak Kırşehir bloğunun güney ve doğusundan İç Anadolu'da Kayseri'ye kadar 600 km den fazla kesiksiz olarak izlenebilen bir kuşak oluşturmaktadır. Afyon Zonu sade bir stratigrafiye sahip olup 'Mesozoik öncesi temel' ve onu uyumsuz olarak üzerleyen 'Triyas-Erken Tersiyer örtü serileri' nden yapıldır. Bu zonda üç farklı karakterde temel tanımlanmıştır. Simav bölgesinde düşük dereceli metakirintililer ve onlar içerisine sokulmuş çok sayıda Alt Devoniyen granitinden yapıları bir Devoniyen öncesi temel gözlenmektedir. Afyon çevresinde ise temel, glaukofan içeren metagabro ve ender olarak olası Triyas yaşlı lökokratik metagranitler tarafından kesilen, Pan-Afrikan yaşlı orta-yüksek (?) dereceli metapelitlerden yapıldır. Konya yöresindeki temel, birbirinden bir uyumsuzlukla ayrılan, (i) Siluriyen-Alt Karbonifer yaşlı, kalın mermerler ve bunu uyumlu olarak üzerleyen, karbonat ve metavolkanit blokları içeren meta-silisiklastik tortullardan yapıları düzenli seri ve (ii) Erken Permiyen yaşlı, dom, lav ve kırıntılı fasiyeslere sahip meta-trakiandezitlerden yapıları iki ünitelerden oluşmaktadır. Buna karşın örtü serileri Afyon Zonu'nun genelinde özdeş bir stratigrafi sunmaktadır. Bunlar tabanda, Gondvana'nın kuzey kenarında açılan Neotetis Okyanusu'nun kuzey kolunun riftleşme evresini tanımlayan Alt-Orta Triyas yaşlı taban metakonglomeraları ve/veya riolitik-dasidik metavolkanitlerle başlamaktadır. Bu konglomeralar karasal-sığ denizel ortamı tanımlayan kuvarsit, kuvars fillit, fillit ve mermer aralanması tarafından dereceli olarak üzerlenmektedir. Bu kırıntılılar uyumlu bir dokanakla paleontolojik olarak Anisiyen-Erken Kretase aralığında yaşlandırılmış, 2000 m kalınlığındaki platform türü karbonatlar tarafından üzerlenmektedir. Karbonatlar, ofiyolit üzerlemesi ve platformun çökmesini ifade eden, 'rozetli mermer' olarak tanımlanan çört düzeyli pelajik mermerlere geçmektedir. Pelajik mermerler üzerine, ofiyolit, serpantin, mavişist metabazit, pelajik ve neritik karbonat blokları içeren, Geç Maastrichtiyen-Erken Paleosen yaşlı, fliš türü kumtaşı-şeyl aralanması gelmektedir. Tüm birimler Geç Paleosen-Eosen yaşlı, metamorfik olmayan karasal-sığ denizel tortullar tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir.

Afyon Zonu'nun Kütahya'dan Kayseri'ye kadar uzanan kesimlerinde, Alt Triyas yaşlı kırıntılı metasedimentler içerisinde bölgesel ölçekte Fe-Mg karfolit oluşumu belirlenmiştir. Bunlara ek olarak rozetli mermerler içerisinde aragonitten dönüşme lifsi karbonat kristallerinin varlığı ve metavolkanit / metagabrolarda glaukofan gelişimi Alpin yaşlı düşük dereceli bir YB/DS metamorfizmasını tanımlamaktadır. Yaklaşık 350±50 °C/8–10 kbar koşullarını ifade eden bu topluluklar, Mesozoik pasif kıta kenarı çökellerinin Mesozoik öncesi temelle birlikte yaklaşık 35 km derinliğe gömüldüğünü göstermektedir. Anatolidler'e ait tektonik zonlarda, genel stratigrafik özellikler açısından Anatolit-Torid platformunun Triyas-Geç Kretase evrimi ile ilişkili büyük benzerlikler mevcuttur. Son zamanlarda bu zonlar içerisinde genelde karfolitin varlığı ile tanımlanan yaygın YB/DS metamorfizması verileri elde edilmeye başlanmıştır. Jeolojik, petrolojik ve jeokronolojik veriler, bu zonların Geç Kretase-Eosen tektonometamorfik evrimlerinin Neotetis Okyanusu'nun kuzey kolunun tüketilmesi sırasında gerçekleşen yitim, ofiyolit üzerlemesi, platformun iç ekaylanması ve kıtasal çarpışma süreci ile ilişkilendirilebileceğini göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: Afyon zonu, YB metamorfizması, karfolit, Anatolidler

Stratigraphy and Alpine Metamorphism of the Afyon Zone

Osman Candan¹, Roland Oberhänsli², Cüneyt Akal¹, O. Ersin Koralay¹,
Amaury Pourteau² & Mete Çetinkaplan¹

¹ *Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
Tınaztepe Kampusü, Buca, TR–35160 İzmir, Türkiye (E-mail: osman.candan@deu.edu.tr)*

² *Institut für Geowissenschaften, Universität Potsdam, Postfach 601553, Potsdam 14415, Germany*

In the general tectonic framework of Turkey, the southern part of the İzmir-Ankara-Erzincan suture is divided into ‘HP / LT tectonic zones of the Anatolides’ and ‘Taurides’. The Afyon Zone, one of the tectonic zones of the Anatolides, sandwiched between Tavşanlı Zone and Menderes Massif can be traced as a continuous belt from Simav in western Anatolia to Kayseri in central Anatolia, south and east of the Kırşehir block for more than 600 km. The Afyon Zone shows a simple stratigraphy composed of a ‘pre-Mesozoic basement’ and unconformably overlying ‘Triassic to Early Tertiary cover series’. Three different types of basement have been recognized. A Pre-Devonian basement in Simav area is dominated by low-grade metaclastics which are intruded by numerous Lower Devonian metagranites. In the Afyon area, the basement is characterized by medium to high (?)–grade Pan-African metapelites intruded by glaucophane-bearing gabbros and very rarely Triassic (?) leucocratic metagranites. In Konya, the basement is made up of two units separated by an unconformity: (i) A Silurian–Lower Carboniferous coherent sequence consisting of thick marbles and conformably overlying meta-siliciclastic sediments with carbonate and volcanic blocks and (ii) Lower Permian meta-trachyandesites as domes, veins, lavas and pyroclastics. However the cover sequence displays an identical stratigraphy throughout the Afyon Zone and starts with Lower to Middle Triassic basal metaconglomerates and/or rhyolitic to dacitic metavolcanics representing the rifting stage of the northern branch of Neotethys on the northern margin of Gondwana. These metaconglomerates are gradually overlain by quartzite, quartz-phyllites, phyllites and marbles indicating a continental to shallow-marine environment. This clastic sequence is conformably overlain by 2000-m-thick platform-type metacarbonates dated paleontologically between Anisian and Early Maastrichtian. The platform-type carbonates pass gradually into rosette-type pelagic marbles with chert layers representing obduction of the ophiolites and foundering of the platform. The pelagic marbles are overlain by Upper Maastrichtian–Lower Paleocene flysch-type mudstone-sandstone intercalation with pelagic and neritic limestone blocks, blueschist metabasites, ophiolites and serpentinites. Non-metamorphic Upper Paleocene–Lower Eocene continental to shallow-water sediments unconformably cover all the units.

Regional occurrence of Fe-Mg carpholite in the Afyon Zone from Kütahya via Konya to Kayseri is recognized in the Lower Triassic clastic metasediments of the cover series. Furthermore, fibrous carbonate crystals pseudomorphosed after aragonite in rosette marbles and glaucophane in metavolcanites and metagabbros indicate an Alpine low-grade, high-P/low-T metamorphism. These assemblages represent temperature of about 350±50 °C and minimum pressure of 8–10 kbar, corresponding to a burial depth of about 35 km for the Mesozoic passive continental margin sediments and the underlying pre-Mesozoic basement units. There are close resemblances on the general stratigraphical characteristics among the tectonic zones of the Anatolides which can be ascribed to the Triassic–Late Cretaceous evolution of the Anatolide–Tauride platform. Recently, common HP evidence characterized by carpholite occurrences has been found out in these zones. Considering geological, petrological and geochronological evidence, the Late Cretaceous–Eocene tectonometamorphic evolution of these zones can be attributed to continuous processes of subduction, obduction, internal imbrication of the platform and continental collision during consumption of the northern branch of the Neotethys.

Key Words: Afyon zone, HP metamorphism, carpholite, Anatolides

Anatolid–Torid Bloğu İçerisindeki YB–DS Metamorfizması Kuşağı: İç Toros Yitim Zonuna İlişkin Veriler

Amaury Pourteau¹, Osman Candan² ve Roland Oberhänsli¹

¹ *Universität Potsdam, Institut für Geowissenschaften, Potsdam, DE14476 Golm, Germany
(E-posta: pourteau@geo-uni.potsdam.de)*

² *Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
Tınaztepe Kampüsü, 35160 Buca, İzmir*

Batı ve Orta Türkiye’de Mesozoyik ve Tersiyer boyunca Tetis’e ait okyanusal alanın tüketilmesi süreci, birçok okyanusal havzanın kapanması ve bunlar arasındaki kıtasal blokların birbirine eklenmesi ile gerçekleşmiştir. Bu olayların Alpin (Kretase–Tersiyer) tarihçesi, Batı Türkiye’nin tektonik yapısı ile yakından ilişkilidir. Türkiye mikro kıtası; (a) Paleo-Tetis’in Kimmeriyen’de (Geç Triyas) kapanmasıyla bir araya gelen Pontid bloğu, (b) Geç Kretase–Paleosen’de kısmen YB-DS koşullarında metamorfizmaya uğramış Anatolid-Torid bloğu, (c) Geç Kretase yaşlı yüksek dereceli metamorfitler ve onlara eşlik eden sokulumlardan yapıli Orta Anadolu Kristalen Kompleksi ve (d) Alanya naplarından yapılidir. Genelde kabul gören bu yapıya karşın söz konusu tektonik ünitelerin imbrikasyon mekanizmaları hala tartışma konusudur. Var oldukları düşünülen okyanusların özellikle sayıları ve konumları günümüzde yaygın bir şekilde sorgulanmaktadır. Özellikle Orta Anadolu’da, Anatolid-Torid bloğu ile Orta Anadolu Kristalen Kompleksi arasında Neo-Tetis’e ait böyle bir okyanusun bulunma olasılığı uzun süreden beri tartışılmaktadır.

Anatolid-Torid Bloğu’nun sedimanter örtüsünde gerçekleştirilen son çalışmalar yitimle ilişkili Alpin yaşlı YB-DS metamorfizmasının sadece en kuzeydeki Tavşanlı Zonu ile sınırlı kalmadığını, aksine bütün tektonik zonlarda (Tavşanlı Zonu, Afyon Zonu, Menderes Masifi ve Likya Napları) yaygın bir şekilde gözlemlendiğini ortaya koymuştur. Tetis’e ait YB-DS metasedimentlerindeki bu yeni bulgular nedeniyle söz konusu zonların Alpin evrimleri tekrar güncellik kazanmıştır. Afyon Zonu’nun orta kesiminde, Orta Triyas metapelitleri ve metakonglomeraları yaygın bir şekilde Fe-Mg karfolitin varlığı ile tanımlanan YB-DS toplulukları içermektedir. Bu topluluklar 6–9 kbar basınç ve yaklaşık 350 °C sıcaklık koşullarını tanımlamaktadır. Metamorfizmanın yaşı ise stratigrafik olarak 65–55 My arasına sıkışmakta olup Tavşanlı Zonu’nun metamorfizmasından (85–80 My) büyük farklılık sunmaktadır.

Yeni gözlemler, Afyon Zonu’nda karfolit içeren kayaların batıda Kütahya’dan başlayarak Konya ve Yahyalı üzerinden doğuda Kayseri’ye kadar kesiksiz bir uzanım sunduğunu göstermektedir. Bu durum söz konusu YB-DS metamorfizması kuşağının Batı Anadolu’da Menderes Masifi’nin kuzeyinden geçerek doğuda Orta Anadolu Kristalen Kompleksi’nin güneyi ve doğusu boyunca uzandığını ortaya koymaktadır. Bu yeni bulgular Van Der Kaaden (1966) tarafından belirtilen glaukofan ve/veya lavsonit içeren bazı kayaların söz konusu bu YB-DS metamorfizması ile ilişkilendirilebileceğini göstermektedir. Bu bağlamda, Geç Kretase’den Eosen’e kadar uzanan zaman diliminde, Orta Anadolu Kristalen Kompleksi ile Anatolid-Torid Bloğu arasında uzandığı düşünülen, Neo-Tetis Okyanusu’na ait İç Toros Okyanusu’nun tüketilmesi yaklaşık 600 km boyunca takip edilebilen bir yığılma kamasının gelişimine neden olmuştur. Öte yandan, Güneybatı Türkiye’de, diğer bir YB-DS metamorfizması kuşağı olan Likya Napları’nın Menderes Masifi’nin kuzeyinden güneye doğru ilerleyerek Torid Platformu üzerine yerleştiği konusunda genel bir görüş mevcuttur. Afyon Zonu ile Likya Napları’nın bu farklı tektonik konumları, söz konusu YB metamorfizması kayalarının birbirleriyle olan ilişkilerinin ve yüzeyleme mekanizmalarının tekrar sorgulanmasını gerektirmektedir.

Anahtar Sözcükler: Neotetis diyarı, batı-orta Türkiye, Afyon zonu, YB-DS metapelitleri, yığılma kaması

Continuous HP-LT Metamorphic Belt in the Anatolide-Tauride Block: Proofs for an Inner Tauride Subduction Zone

Amaury Pourteau¹, Osman Candan² & Roland Oberhänsli¹

¹ *Universität Potsdam, Institut für Geowissenschaften, Potsdam, DE14476 Golm, Germany
(E-mail: pourteau@geo-uni.potsdam.de)*

² *Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
Tınaztepe Kampüsü, Buca, TR–35160 İzmir, Türkiye*

In Western and Central Turkey throughout Mesozoic and Tertiary times, the closure of the Tethys oceanic realm took place through the consumption of oceanic basins and accretion of continental blocks. Regarding its Alpine (i.e. Cretaceous–Tertiary) history, the tectonic framework of W-Turkey is rather clear. The following blocks build up the Turkish microplate: (a) Pontide Block, assembled during the Cimmerian (late Triassic) closure of the Palaeo-Tethys; (b) the Anatolide-Tauride Block, partly metamorphosed under HP-LT conditions in Late Cretaceous to Palaeocene times; (c) the Central Anatolian Crystalline Complex, made up of Late Cretaceous high grade metamorphics and intrusions; and (d) the Alanya Nappes. The ways of imbrication of these tectonic units, however, are often matter of debate. Particularly, the number and position of former oceans is questioned. This is the case in Central Turkey where the presence of a Neo-Tethyan ocean between Central Anatolian Crystalline Complex and Anatolide-Tauride Block is very controversial.

Recent studies in sedimentary cover of the Anatolide-Tauride Block show that Alpine subduction-related HP-LT metamorphism is not restricted to the northernmost Tavşanlı Zone, but is widespread in all the tectonic units (Tavşanlı Zone, Afyon Zone, Menderes Massif and Lycian Nappes). The widespread occurrence of HP-LT tethyan metasediments sparks the debate on the Alpine evolution of this area. In the central part of the Afyon Zone, Lower Triassic metapelites and metaconglomerates contain Fe,Mg-carpholite, and their pressure conditions are estimated at between 6 and 9 kbar for temperature around 350 °C. Metamorphic age is stratigraphically constrained between 65 and 55 Ma that strongly differs from the Tavşanlı Zone (85–80 Ma).

New observations indicate that these carpholite-bearing rocks of the Afyon Zone are present from Kütahya via Konya and Yahyalı to Kayseri, depicting a long HP-LT tectonic unit running from north to the Menderes Massif to south and east to the Central Anatolian Crystalline Complex. It is noteworthy that some of these HP-LT metamorphism occurrences are closely related to glaucophane- and/or lawsonite-bearing rocks already reported by Van Der Kaaden (1966). Therefore, from Late Cretaceous to Eocene, the consumption of a Neo-Tethyan Inner Tauride ocean between Anatolide-Tauride Block and Central Anatolian Crystalline Complex has formed a coherent accretionary wedge over 600 km. Besides, in Southwestern Turkey, the HP-LT Lycian Nappes emplaced by overthrusting from north of the Menderes Massif onto the Tauride Platform. Contrasting tectonic settings between Afyon Zone and Lycian Nappes raise major questions about their relation together and about the exhumation processes of the HP rocks in each area.

Key Words: Neo-Tethys realm, western-central Turkey, Afyon Zone, HP-LT metapelites, accretionary wedge

Yoncayolu Metamorfitleri'nin (Üzümlü-Erzincan) Mineralojisi, Jeokimyası ve Kökeni: Yeşilşist Fasiyesinin Metamorfizma Özellikleri

Mehmet Ali Gücer¹ ve Zafer Aslan²

¹ *Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 29000 Gümüşhane (E-posta: maligucer@gmail.com)*

² *Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 10145 Balıkesir*

Ankara-Erzincan Sütur Zonunda bulunan, düşük-çok düşük dereceli yeşilşist fasiyesinde bölgesel metamorfizma özellikleri sergileyen Permo–Triyas yaşlı Yoncayolu Metamorfitleri alanın temelini oluşturmaktadır. Arduvaz, fillat, yeşilşist, metadasit, metabazik, metagranit, kalkışist ve kuvarsit türü kayalardan oluşan birim, Refahiye Ofiyoliti tarafından tektonik olarak örtülmektedir. Taban kısımlarını daha çok yeşilşistlerin oluşturduğu metamorfik istif, üste doğru sırasıyla metabazik, metagranit ve kalk-ışistler şeklinde devam etmektedir. Yeşilşistlerin mineral parajenezini serizit + klorit + kuvars + kalsit + albit + epidot + illit/muskovit, metabazik kayaların mineral birlikteliğini ise kuvars + klorit + albit + hornblend + epidot + tremolit oluşturmaktadır. Kloritlerin Al-Mg-Fe üçgen sınıflama diyagramında örneklerin tamamı I. tip Mg'ca zengin alana düşmekte olup, metapelitlerde ripidolit, metabaziklerde ise piknoklorit bileşimindedir. Klinopiroksenlerin ayrışması sonucu oluşan amfiboller ferromagnezyo-hornblend bileşiminde iken, yeşilşistlerde bulunan plajiyoklaslar ise metamorfizmanın etkisi ile tamamen albite (An_{0-3}) dönüşmüştür.

Yoncayolu Metamorfitleri çoğunlukla düşük, yer yer ise orta K'lu kalk-alkalen özelliğindedir. Jeokimyasal olarak okyanusal adayı bazaltları ile volkanik yay bazaltları bileşiminde ve dağılımları okyanus ortası sırtı bazaltlarına benzemektedir. Birimin üst kesimlerinde bulunan metagranitler ise granodiyorit/tonalit bileşimli granitlerden türemiş olup, metalümin karakterli ve I tipi özelliktedir. Tektonik olarak ise volkanik yay granitoidlerini temsil eder. Birim genellikle magmatik, yer yer ise sedimanter kökenli olup, volkano-tortul bir kökene işaret etmektedir.

Metapelitlerde ölçülen İllit Kristalinite değerleri (IC) $\Delta^{\circ}2\theta = 0.124\text{--}0.238$, Klorit Kristalinite değerleri (ChC) $\Delta^{\circ}2\theta = 0.146\text{--}0.298$ ve Arkai İndeksi değerleri ($\bar{A}I$) $0.229\text{--}0.345$ arasında değişmekte olup, KI- $\bar{A}I$ ve IC-ChC arasındaki pozitif bir korelasyon ($R^2 = 0.65$) gözlenmektedir. Örneklerin tamamı epizonal metamorfik koşulları işaret etmektedir. Yeşilşist fasiyesinde ölçülen klorit termometresine göre birimin metamorfizma sıcaklığı $321\text{--}347\text{ }^{\circ}\text{C}$, basıncı ise yaklaşık 4 kbar olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Yoncayolu metamorfitleri, yeşilşist fasiyesi, epizonal metamorfizma, illit kristalinite değerleri, klorit kristalinite değerleri, Arkai indeksi ($\bar{A}I$), klorit jeotermometresi

Mineralogy, Geochemistry and Origin of the Yoncayolu Metamorphites (Üzümlü-Erzincan): Metamorphic Features of Greenschist Facies

Mehmet Ali Gücer¹ & Zafer Aslan²

¹ *Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,*

TR–29000 Gümüşhane, Türkiye (E-mail: maligucer@gmail.com)

² *Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,*

TR–10145 Balıkesir, Türkiye

The investigation area is placed of Ankara-Erzincan Suture Zone and low and very low-grade metamorphic rocks of Permo–Triassic cropping out in the area formed the basement. Yoncayolu Metamorphites consisting of slate, phyllite, greenschist, metadacite, metabasic, metagranite, calcschist and quartzite is the product of regional metamorphism within the facies of very-low and low-graded semi-greenschist and greenschist. Refahiye Ophiolite mélangé covers this unit tectonically. Schists largely take place at the base of the metamorphic unit, which is followed upwards by metabasics, metagranite and calc-schist. Mineral assemblages of greenschist consist of sericite + chlorite + quartz + calcite + albite + epidote + illite/K-white mica. Also metabasics are characterized with quartz + chlorite + albite + hornblende + epidote + tremolite mineral assemblages. Chlorites, which are samples of Mg-dominant chlorite plot in the appropriate subfields of type-I chlorite on the Al-Mg-Fe triangular compositional diagram, are ripidolite in composition from metapelites and pycnochlorite in composition from metabasic rocks. Amphibole, altered probably former clinopyroxene, is ferri-magnesio-hornblende in composition, and albite (An_{0.1–3}) in composition plagioclases are typically in greenschist facies rocks.

It mostly carries low sometimes medium K calc-alkaline character. It resembles geochemically oceanic island-arc basalts, compositionally volcanic-arc basalt and in distribution mid-ocean ridge basalts (MORB). Metagranites located upper part of the Yoncayolu Metamorphites derived from granodiorite/tonalitic granitoides and has character of metalumine, I-type representing tectonically volcanic-arc granitoides. This unit is generally magmatic and sometimes sedimentary in origin therefore pointing possible volcano-sedimentary genes.

Illite Crystallinity values measured in metapelites is varies between (IC) $\Delta^{\circ}2\theta = 0.124–0.238$, Chlorite Crystallinity values changes between (ChC) $\Delta^{\circ}2\theta = 0.146–0.298$ and Árkai Index values ranges from (ÁI) 0.229–0.345. There is positive correlation ($R^2 = 0.65$) between index pairs of KI- ÁI and IC-ChC. All samples points an environment of epizone metamorphic conditions. When compared to chlorite thermometer index rocks of greenschist facies is a formed temperature between 321–347 °C and about 4 kbar pressures.

Key Words: Yoncayolu metamorphites, greenschist facies, epizonal metamorphism, illite crystallinity (IC), chlorite crystallinity (ChC), Árkai index (ÁI), chlorite geothermometry

KB İran’da Ofiyolitlerle İlişkili Amfibolitlerin PetrolojisiMohssen Moazzen¹ ve Roland Oberhänsli²¹ *Department of Geology, University of Tabriz, 51664 Tabriz, Iran**(E-posta: moazzen@tabrizu.ac.ir)*² *Institut für Geowissenschaften, Universität Potsdam, Postfach 601553, Potsdam 14415, Germany*

KB İran’daki ofiyolitler kuzeyde Kafkasya Kenet Zonu ile güneyde Zagros Kenet Zonu arasında yer almaktadır. Bu ofiyolitlerin batıya doğru, Doğu Anadolu’daki jeolojik birimlerle olan deneştirilmesi büyük fay sistemleri ve Tersiyer–Kuvaterner volkanik örtü nedeniyle belirsizleşmektedir. KB İran’da iki tür ofiyolit ayrılmıştır. Bunlar, KD’daki Erken Jura yaşlı metamorfik ofiyolitler ve GB’daki metamorfik olmayan Geç Kretase yaşlı ofiyolitlerdir. Bu ofiyolitler Neotetis’e ait okyanusal kabuk kalıntılarını tanımlamaktadır. Batı İran ve Türkiye’deki metamorfik olmayan ofiyolitler yaş açısından benzerdir. Bu çalışmada metamorfik ofiyolitlere ait amfibolitler araştırılmıştır. Bu amfibolitlerin toplam kaya jeokimyası bunların farklı ilksel magma tiplerinden türediğini göstermektedir. Amfibolitler yaygın bir şekilde toleyitik bazaltlardan türemektedir. OIB bileşimi gösteren az sayıdaki örneğin ilksel kayaları ise bir deniz dağı oluşumuyla ilişkilendirilebilir. Çalışılan amfibolit örneklerinin büyük çoğunluğu MORB özelliği sergiler. Granatlı amfibolitlerdeki granat bileşimleri büyük olasılıkla amfibolitlerin yüzeylemesi sırasında gerçekleşen büyümelerden kaynaklanan hafif bir ters zonlanma göstermektedir. Granat çekirdeklerinin bileşimi metamorfizmanın en üst koşullarını ifade etmektedir. Zonlanma profillerinde keskin değişimlerin bulunmayışı amfibolitlerin olasılıkla tek bir metamorfik olaya bağlı olarak geliştiğini göstermektedir. Hornblend – plajioklas, granat – amfibol ve hornblend içerisindeki Al miktarı gibi yarı nicel termobarometrik hesaplamalara dayalı THERMOCALC sonuçları pik metamorfizma koşulları için 10–12 kbar basınç ve ~700–800 °C sıcaklık değerleri vermektedir. Pik ve pik sonrasına ait değerler amfibolitler için saat yönünde bir P-T evrimini tanımlamaktadır. Bu tür bir evrim amfibolitlerin bir metamorfik taban olma olasılığını ortadan kaldırmakta ve çarpışma ile ilişkili bir kökeni desteklemektedir. Bu nedenle amfibolitlerin ilksel kayalarının Neotetis Okyanusuna ait okyanus ortası sırtında oluştuğu ve okyanusal kabuğun yitimi ve izleyen evrede gerçekleşen çarpışma sonucu metamorfizmaya uğradığı söylenebilir.

Anahtar Sözcükler: amfibolit, MORB, ofiyolit, saat yönündeki B/S yolu, KB İran

Petrology of Ophiolite-related Amphibolites from NW IranMohssen Moazzen¹ & Roland Oberhänsli²

¹ *Department of Geology, University of Tabriz, 51664 Tabriz, Iran
(E-mail: moazzen@tabrizu.ac.ir)*

² *Institut für Geowissenschaften, Universität Potsdam, Postfach 601553, Potsdam 14415, Germany*

Ophiolitic rocks in NW Iran are located between Caucasus suture in the north and the Zagros suture in the south. The direct correlation of these ophiolites towards west and the eastern Turkish geological units is obscured by the major fault systems and Tertiary to Quaternary volcanic covers. Two different types of ophiolites are recognized in NW Iran, metamorphosed ophiolites to the NE with Early Jurassic age and non-metamorphosed ophiolites to the SW with Late Cretaceous age. These ophiolites mark the remnants of the Neo-Tethyan oceanic crust. Non-metamorphic ophiolites are similar to ophiolites in western Iran and Turkey in age. Amphibolites associated with metamorphosed ophiolites were studied. Whole rock geochemistry of these amphibolites show that they are produced from different original magma types. However the main protolith for the amphibolites was tholeiitic basalt. Few samples showing OIB nature are attributed to formation of the protoliths as seamounts. Most of the studied amphibolite samples exhibit MORB nature. Mineral chemistry of garnet in garnet amphibolites indicates a slight reverse zoning probably formed due to garnet growth during exhumation of the amphibolites. The garnet core shows the peak metamorphic condition. Since there is no abrupt changes in the zoning profile, amphibolites are more likely formed during a single metamorphic event. Semi-quantitative thermobarometry of amphiboles, hornblende-plagioclase thermometry, garnet-amphibole thermometry and Al in hornblende barometry along with THERMOCALC results indicate a pressure range of 10–12 kbar and a temperature range of ~700 to 800 °C for peak of metamorphism. P-T results for peak and post-peak metamorphism indicate a clockwise P-T path for the studied amphibolites. This path rules out the sole metamorphic nature for the studied amphibolites and confirms a collision related metamorphism. Therefore the amphibolite protoliths formed at the mid-oceanic ridge of the Neo-Tethys oceanic crust and were metamorphosed due to collision followed by the closure of the subducting oceanic crust.

Key Words: amphibolite, MORB, ophiolite, clockwise P-T path, NW Iran

Deniz ve Kıyı Jeolojisi
Marine and Coastal Geology

Denizel Ortamlarda Jeolojik Tehlikeler
Geohazards in Marine Environments

Oturum Yürütücüleri / Conveners:
Namık Çağatay & Naci Görür

Pleistosen’den Beri Marmara Denizi’nin Kuzey Kenarından Kaynaklanan Jeolojik Tehlikeler: Güncel Araştırma Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Naci Görür ve M. Namık Çağatay

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
34469 Maslak, İstanbul (E-posta: naci@stokist.com)*

Marmara Denizi Avrasya ile Anadolu levhaları arasındaki Kuzey Anadolu Transform Fayı üzerinde yer alır. Hızlı deformasyon (25 mm/y yatay ve 5–6 mm/y düşey), yüksek sismik aktivite ve dik havza yamaçlarıyla (10°–29°) karakterize edilir. Bu nedenlerden dolayı da deprem, denizaltı heyelanları ve tsunami gibi jeolojik tehlikelere karşı açıktır. Ayrıca, Akdeniz ve Karadeniz arasındaki özel oşinografik konumu nedeniyle taban suları sık sık oksijen kaybına uğrar. Bu makalede Marmara Denizinin jeolojik ve oşinografik evrimi içerisinde geçmişte olmuş ve gelecekte de olabilecek bu tür jeolojik tehlikeler tartışılmaktadır.

Marmara Denizinin kuzey kenarının morfolojisi ve yapısı genellikle eski Hersiniyen yapıları tarafından kontrol edilir. Bu kenar oldukça eğimli bir yamaca sahiptir ve bu nedenle de sık sık denizaltı kütle hareketleri oluşturur. Bu hareketler genellikle deniz seviyesinin düşük olduğu dönemlerde olmuştur. Dünyanın en aktif faylarından biri olan Kuzey Anadolu Fayı Marmara Denizini doğu-batı doğrultusunda keser ve burada önemli bir sismik boşluk meydana getirir. Bu sismik boşluğun önümüzdeki otuz sene içerisinde büyüklüğü yediden fazla bir veya iki deprem üreteceği tahmin edilmektedir. Dip sularının oksijence fakirleşmesi çoğunlukla Marmara Denizinin Akdeniz’le birleşmesi sonucu su seviyesinin yükseldiği zamanlarda görülmüştür. Bütün bu jeolojik tehlikeler dün olduğu gibi bugün de gerçekleşebilir, dolayısıyla Marmara Bölgesindeki nüfus, yerleşim alanları ve her türlü kıyı ve denizaltı yapıları tehdit altındadır.

Anahtar Sözcükler: jeolojik tehlikeler, Marmara Denizi, denizaltı heyelanı, tsunami

Geohazards Rooted from the Northern Margin of the Sea of Marmara Since the Late Pleistocene: A Review of Recent Results

Naci Görür & M. Namık Çağatay

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Maslak,
TR–34469 İstanbul, Türkiye (E-mail: naci@stokist.com)*

The Sea of Marmara (SoM) is located on the Northern Anatolian Fault (NAF), a major transform fault boundary between the Eurasian and the Anatolian plates. It is characterized by fast deformation rates (25 mm/a Horizontal and 5–6 mm/a vertical), high seismic activity and steep slopes (10°–29°). As a consequence it is prone to high geohazard risks, including earthquakes, submarine landslides and associated tsunamis. Its oceanographic setting between the Mediterranean and the Black Sea has caused also bottom-water hypoxia. In this paper, we discuss the past and future geohazards related to the geological and oceanographic evolution of the SoM.

The morphology and structure of the northern margin of the SoM is controlled mainly by the reactivated Hercynian structures. The slope of this margin is particularly steep and prone to submarine landslides. The most active northern branch of the NAF crosses the SoM in the east-west direction and constitutes a seismic gap that is expected to create one or more large ($M \geq 7$) earthquakes in the next 30 years. Submarine mass movements were especially common during low sea-level periods. Anoxic-suboxic events occurred during marine transgressions, following marine connection with the Mediterranean Sea. All these geohazards affected the Marmara region in the past and may also affect it in the future, thus threaten populated areas, offshore infrastructures and onshore facilities.

Key Words: geohazard, Sea of Marmara, earthquake, submarine landslide, tsunami

ESONET Mükemmeliyet Ağı ve EMSO Bilim Altyapısı Projeleri ve Marmara Denizi Doğal Afet İzleme Çalışmaları İçin Önemi

M. Namık Çağatay¹, Günay Çifçi² ve Cemil Gürbüz³

¹ *İstanbul Teknik Üniversitesi, EMCOL (Doğu Akdeniz Oşinografi ve Limnoloji Araştırmaları Merkezi), Maden Fakültesi, 34469 Maslak, İstanbul (E-posta: cagatay@itu.edu.tr)*

² *Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, 35340 Inciraltı, İzmir*

³ *Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, 34684 Çengelköy, İstanbul*

ESONET NoE (Avrupa Denizleri Gözlem Evi Mükemmeliyet Ağı) ve EMSO (Avrupa Deniz Tabanı Gözlem Evi) Avrupa Komisyonu'nun 6. ve 7. Çerçeve Programları ile desteklediği projelerdir. Projelerin ana amacı Avrupa ölçeğinde Kuzey Buz Denizi'nden Karadeniz'e uzanan denizlerde çok disiplinli gözlemler yapacak bir gözlem ağı oluşturmaktır. Bunlardan ESONET NoE projesi bilimsel ve teknik konularda bilim camiası içerisinde *mükemmeliyet ağı* oluşturmaya; EMSO projesi ise Avrupa'da deniz tabanı gözlemleri konusunda hukuk, yönetim ve finans sistemiyle donanımlı gerekli bir *bilim altyapısı* kurmayı amaçlamaktadır. Uzun süreli deniz gözlemlerinin bilimsel amacı Avrupa denizlerinde katı yerküre, biyosfer ve hidrosfer arasındaki etkileşim süreçlerini araştırmaktır. Denizlerde bu tür gözlemlerin yapılması doğal afetler (örneğin; deprem, denizaltı heyelanları ve bunlarla ilişkili tsunami), iklim değişimi, ekosistem dinamiği ve biyo-çeşitlilik, kıyılarda deniz süreçleri ile okyanus kabuğunda yaşam ve akışkanlar gibi konularında çıkır açacak bilim ve toplum açısından hayati öneme sahiptir. ESONET ve EMSO projeleri ile yürütülen çabalar GMES (Global Monitoring for Environment and Security: Küresel Çevre ve Güvenliğin İzlenmesi, <http://www.gmes.info/>) tarafından belirtilen 'yerinde' ve 'uydu' izleme sisteminin deniz ayağını oluşturarak, GMES'e önemli bir katkıda bulunma amacı gütmektedir. Türkiye EMSO projesinde İTÜ-EMCOL (Eastern Mediterranean Centre for Oceanography and Limnology) ve ESONET projesinde, İTÜ-EMCOL, BÜ-Kandilli Rasathanesi ve DEÜ-Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü tarafından temsil edilmektedir.

Gerek tektonik konumu ve deprem başta olmak üzere doğal afet riski ve gerekse Akdeniz ve Karadeniz arasındaki ilgiç oşinografik konumu nedeniyle Marmara Denizi her iki proje tarafından da önemli bir çalışma alanı olarak seçilmiştir. *ESONET Marmara Uygulama Projesi* kapsamında başlatılan çalışmalar halihazırda fay boyunca çıkan akışkanlar ile sismosite ilişkisi, tektonik hızlar, uzun süreli deprem kayıtları ve derin bentik yaşam konusundaki bilgilerimize çok önemli katkılarda bulunmuştur. Bu çalışmaların en önemli amacı; Marmara Denizi'nde depremselliği (fay etkinliğini) uzun süreli izlemek amacı ile ileride oluşturulacak sürekli deniz tabanı gözlem istasyonları için en etkin parametrelerin ve gözlem yerlerinin saptanmasıdır.

Anahtar Sözcükler: ESONET, EMSO, Marmara Denizi, doğal afet, denizaltı gözlem istasyonu

ESONET NoE and EMSO Infrastructure Projects and Their Importance for Geohazard Monitoring in the Sea of Marmara

M. Namık Çağatay¹, Günay Çifçi² & Cemil Gürbüz³

¹ *İstanbul Teknik Üniversitesi, EMCOL (Doğu Akdeniz Oşinografi ve Limnoloji Araştırmaları Merkezi), Maden Fakültesi, Maslak, TR–34469 İstanbul, Türkiye (E-mail: cagatay@itu.edu.tr)*

² *Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, Inciraltı, TR–35340 İzmir, Türkiye*

³ *Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Çengelköy, TR–34684 İstanbul, Türkiye*

ESONET NoE (European Seas Observatory Network of Excellence) and EMSO (European Seafloor Observatory) Infrastructure Projects are funded by European Commission's 6th and 7th Framework Programmes, respectively, with the principal objective of establishing European-scale network of multidisciplinary seafloor observatories from the Arctic to the Black Sea. ESONET NoE project is concerned with scientific and technical aspects, networking and integrating the European scientific community, whereas EMSO has the objective of constituting an European science infrastructure with legal, management and financial structures. The scientific objective of long-term real-time monitoring of processes related to interactions between geosphere, biosphere and hydrosphere. These observations are of critical scientific and societal importance for marine geohazards (e.g., earthquakes, submarine landslides and associated tsunamis), climate change, ecosystem dynamics and biodiversity, coastal ocean processes, deep sea biology and crustal fluids. These efforts are complimentary to GMES (Global Monitoring for Environment and Security, <http://www.gmes.info/>) in developing a marine segment integrated in the *in situ* and satellite global monitoring system. Turkey is being represented in the EMSO project by ITU-EMCOL (İstanbul Technical University-Eastern Mediterranean Centre for Oceanography and Limnology) and in the ESONET NoE by ITU-EMCOL, Boğaziçi University-Kandilli Observatory and Dokuz Eylül University-Institute of Marine Sciences and Technology.

Both the ESONET and EMSO projects have selected the Sea of Marmara as an important node because of the geohazard risks as well as its interesting oceanographic setting between the Mediterranean and the Black seas. The studies carried out under the ESONET Marmara Demonstration Mission project have already contributed immensely to our knowledge about the relations between fluids and seismic activity, tectonic rates, long-term earthquake records, and deep benthic life. One of the most important aims of these studies is to determine optimum parameters and the locations for permanent seafloor observatories for earthquake monitoring in the Sea of Marmara.

Key Words: ESONET, EMSO, Sea of Marmara, geohazard, seafloor observatory

Marmara Denizi'nde Kuzey Anadolu Fayı Boyunca Holosen Yaşlı Deprem Kırıkları: Yaşı, Mekansal Boyutu ve Sedimanter Süreçleri

Cecilia M.G. McHugh¹, Leonardo Seeber², Marie-Helene Cormier³ ve M. Namık Çağatay⁴

¹ *Queens College, City University of New York, 65–30 Kissena Blvd, NY 11367, USA
(E-posta: cmchugh@qc.cuny.edu)*

² *Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University, Seismology Geology and Tectonophysics,
227 Seismology, 61 Route 9W - PO Box 1000, Palisades, NY 10964-8000, USA*

³ *University of Missouri, Department of Geological Sciences, 101 Geology Building, Columbia,
MO 65211-1380, USA*

⁴ *İstanbul Technical University, Department of Geological Engineering, 34469 Maslak, İstanbul*

Marmara Denizi'nin tabanında Kuzey Anadolu Fayının (KAF) yüksek çözünürlüklü multibeam batimetri, deniz tabanı profili ve sediment karotlarıyla çalışılmıştır. Bu çalışmanın ana amacı karadaki paleosismik çalışmalara benzer ölçekte olan stratigrafik kayıtlardan fayın tektonik geçmişini ve sismik etkinliğini öğrenmek ve genellikle fay kontrollü havzalara uygulanabilen sualtı deprem jeolojisi için yöntemler geliştirmektir. Marmara Denizi'nden elde edilen ilk sonuçlar: (1) Bölgesel deprem kırıkları sediment kayıtlarından ve yüksek çözünürlüklü jeofizikten, fayın izi boyunca görülen küçük fay havzalarında belgelenebilir. (2) Homojenitler havza tabanında ('depocenters') en derin kısımların sedimantasyonuna hakimdir. Marmara Denizi'ndeki homojenitler mm'den cm'ye kadar değişen ölçekteki birçok kum ve silt laminasyonlarını takiben keskin taban dokanağı ile başlamaktadır. Tüm laminalar normal derecelenmiş ve 50 cm kalınlıkta, yukarı doğru tane boyu inceliği dışında homojen çökellerdir. Tane boyu analizleri her bir lamina içinde ve tüm homojenit içerisinde olmak üzere normal derecelenmenin iki seviyesini göstermektedir. Çökelleme merkezinde havzaların yüksek ortalama sedimantasyon hızları (1–3.5 mm/yıl) kenar havzalardan taşınması muhtemel olan homojenit çökellerinin sonucudur. (3) Büyük tarihsel depremlerle ($M \geq 7$) kısa ömürlü radio-izotop ve radyokarbon tarihlendirmesi yapılan homojenitlerin korelasyonu, homojenitlerin büyük depremlerle oluştuğunu desteklemektedir. Çökel karotlarında 181AD, 740AD, 1063AD, 1343AD, 1509AD, 1766AD, 1894AD ve 1912AD'de meydana gelen tarihsel olaylarla, mekansal ve geçici olarak karşılaştırılan depremlerin kaydı ile bazen çok az sayıda bilinen depremlerle ilişkilendirilmeyen gravite akışı ve kütle kaybı olaylarının izlerini bulduk. Bu kayıtlar tarihsel kırıklara yakın olan havzalardandır. Böylece, aktif tektonik havzalardaki önemli gravite ve kütle akışlarının kırığın hemen yakınında meydana geldiği görülmektedir. KAF boyunca meydana gelen sık depremlerin çökelleri dar bir kararlılık aralığında, yakınsak depremlerde eşğin altında, fakat iraksak deprem ve ani kırılmalar için eşğin üstünde tuttuğunu öneriyoruz. Deprem etkileri kırıktan uzaklaştıkça azalan zemin sarsıntısını içeren yamaç çöküntülerini ve kırığın hemen yakınında yaygın olarak meydana gelen sıvı/ yada gaz çıkışı ve devrilme gibi deniz tabanı deformasyonunu tetikleyebilir. (4) Güney sınır fayı yakınındaki İmrallı Fayı boyunca düşey tektonik deformasyon paleosinografiden yararlanarak ölçülmüştür. Marmara Denizi'ndeki görsel ortamdan denizel ortama geçiş, yaşı ve paleo-yüksekliği bilinen paleo-yatay bir seviye olarak bu düzlemi kesen faylarda düşey hareket bileşenini hesaplamak için mükemmel bir fırsat sağlamaktadır. Bulgularımız İmrallı Fayının yaklaşık son 12.000 yılda ~15 metrelik bir atımla yılda ~1mm/yıl ortalama düşey kayma hızını göstermektedir. Denizaltı deprem jeolojisi hala başlangıç aşamasında olmasına rağmen, büyük depremlerin mekansal ve geçici yayılımının çözülmesi için umut vermektedir. Çünkü deprem çökelleri havza çökel merkezlerinde egemendir. Bundan başka, çökeliyi etkileyen süreçleri anlamamız kara paleosismolojisinden daha uzun zaman ölçeğindeki depremin sıklığı ve oluşunu yeniden yapılandırmamıza izin verecektir. Örneğin, Marmara Denizi'ndeki havzalarda bu yeniden yapılandırmalar havzaların evrimi konusunda 100 yıldan 100,000 yıla ve hatta daha uzun sürelerle kadar değişen zaman dilimlerinde bilgiler sağlayabilir.

Anahtar Sözcükler: denizaltı deprem jeolojisi, homojenitler, Kuzey Anadolu Fayı, Marmara Denizi, tarihsel depremler, sedimanter süreçler, havza çökel merkezleri

Holocene Earthquake Ruptures Along the North Anatolia Fault in the Marmara Sea: Age, Spatial Extent and Sedimentary Processes

Cecilia M.G. McHugh¹, Leonardo Seeber², Marie-Helene Cormier³ & M. Namık Çağatay⁴

¹ *Queens College, City University of New York, 65–30 Kissena Blvd, NY 11367, USA
(E-mail: cmchugh@qc.cuny.edu)*

² *Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University, Seismology Geology and Tectonophysics,
227 Seismology, 61 Route 9W - PO Box 1000, Palisades, NY 10964-8000, USA*

³ *University of Missouri, Department of Geological Sciences, 101 Geology Building, Columbia,
MO 65211-1380, USA*

⁴ *Istanbul Technical University, Department of Geological Engineering, Maslak,
TR–34469 Istanbul, Turkey*

The submerged portions of the North Anatolia Fault system beneath the Marmara Sea were studied with high-resolution multibeam bathymetry, subbottom profiling and sediment cores. The major objectives were to learn about the seismic and tectonic history of the fault from the stratigraphic record at a scale similar to paleoseismic studies on land, and to develop tools for submarine earthquake geology that can be applied to fault-controlled basins in general. Initial results from the Marmara Sea show that: (1) Local earthquake ruptures can be documented in small fault basins located along the trace of the fault from both high-resolution geophysics and sediment sampling. (2) Homogenites dominate the sedimentation of the deepest parts of the basin floors ('depocenters') where the sedimentary record is most likely complete. Homogenites in Marmara Sea begin with a sharp basal contact followed by numerous mm- to cm- scale sand and silt laminations. All laminae are normally graded and are contained within a 50 cm thick fining upward and otherwise homogeneous deposit. Grain size analyses confirm two levels of normal grading, in the homogenite as a whole and within individual laminae. The high average sedimentation rates (1 to 3.5 mm/year) of the basins depocenters are the results of homogenite deposits that are likely reworked from the basin margins. (3) Correlation of homogenites to the historical record by radiocarbon and short-lived radioisotope dating suggests that these homogenites are related to large earthquakes ($M \geq 7$). We found evidence of earthquakes that were spatially and temporally correlated with historic events in 181AD, 740AD, 1063AD, 1343AD, 1509AD, 1766AD, 1894AD, and 1912AD, and very few, if any, gravity flow and mass wasting events that could not be associated with known earthquakes. This evidence is primarily from those basins adjacent to the corresponding historical ruptures. Thus significant gravity flows and mass wasting in these tectonically active basins seems to occur predominantly in the immediate proximity of a rupture. We propose that frequent earthquakes along the NAF and their associated failures generally keep sediment in a narrow stability range, below the threshold for failure from a proximal earthquake, but well above the threshold for distal earthquakes and spontaneous failures. Earthquake effects that could trigger slope failure include ground shaking, which decays with distance from the rupture, and seafloor deformation such as tilting, and fluid and/or gas escape, which commonly occur within the immediate vicinity of the rupture. (4) Vertical tectonic deformation along the Imrali Fault near the Southern Boundary Fault was quantified from paleoceanography. In the Marmara Sea the transition from lacustrine to marine environment offers an ideal paleo-horizontal marker of known age and paleo-elevation, and provides an excellent opportunity to evaluate the vertical component of motion on faults that intersect that horizon. Our results show that the Imrali Fault has been vertically offset by ~15 m in the past 12.0 cal ky BP implying an average slip rate of ~1mm/year. Although submarine earthquake geology is still at the pioneering stage, it holds promise for successfully unraveling the spatial and temporal distribution of large earthquakes. Because earthquake deposits dominate the basins depocenters, furthering our understanding of the processes that lead to their deposition will permit to reconstruct earthquake occurrence and frequency over much longer time scales than is typical of land paleoseismology. For example in the Marmara basins, these reconstructions can provide information ranging from 100's to 100,000's of years and even longer timescales that cover their entire evolution of the basins.

Key Words: submarine earthquake geology, homogenites, North Anatolia Fault, Marmara Sea, historical earthquakes, sedimentary processes, basin depocenters

Kuzey Anadolu Transform Fayı Boyunca Havza Büyümesi: Marmara Denizi'nde Yüksek Çözünürlü Çok-Kanallı TAMAM08 Etüdü

Leonardo Seeber¹, Chris Sorlien², Donna Shillington¹, Derman Dondurur³, Savaş Gürçay³,
John Diebold¹, Camer İmren⁴, Hülya Kurt⁴, Michael Steckler¹, Günay Çifçi³,
Emin Demirbağ⁴ ve Scientific Party of TAMAM08 Cruise

¹ *Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University, Seismology Geology and
Tectonophysics, 227 Seismology, 61 Route 9W - PO Box 1000, Palisades,
NY 10964-8000, USA (E-posta: nano@ldeo.columbia.edu)*

² *Institute of Crustal Studies, University of California, Santa Barbara, CA 93106, USA*

³ *Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, 35340 İnciraltı, İzmir*

⁴ *İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34469 Maslak, İstanbul*

TAMAM (Türk-Amerikan Marmara Multichannel) bir çok ABD ve Türk kurumlarının yeraldığı işbirliği yatığı bir projedir. Temmuz 2008'de bu proje kapsamında Piri Reis gemisi ile ~2700 km uzunluğunda çok kanallı sismik hatlar (MSC) elde edilmiştir. TAMAM, daha önce Marmara Denizi'nde Kuzey Anadolu Transform Fayı (KAF) boyunca elde edilen sismik etüdlerin bir devamıdır. Önceki etüdler daha derin yapıyı veya çok sığ yüksek çözünürlü (HR) kayıtları elde etmiştir. TAMAM ise bunları tamamlayıcı nitelikte yüksek çözünürlü olması yanında orta derecede penetrasyonla havza gelişimi ile aynı yaştaki tabaka yapılarının daha ayrıntılı görüntülenmesine olanak sağlamış ve önceki iki tip etüd arasındaki boşluğu doldurmuştur. Bu etüd ilk aşamada şu konulara odaklanmıştır:

Kararlı-hal tektoniği. Bazı çalışmacılar geç Kuvaternerde havzada gerilmli bir tektonik rejimden levha hareketine paralel yanal-atımlı bir rejime geçiş olduğunu savunmuştur. Bu değişimin yapısal büyümeyi tümüyle değişime uğratması, ancak çok yakın zamanda olması durumunda yeni yapının büyümesinin tanınmasında zorluklar olacağı beklenmektedir. Çımarık havzasında TAMAM hatları açık bir şekilde Holosen içinde havza büyümesini göstermektedir. Bu büyümenin alt kısımlara doğru değişmeden devam ettiği de görülmüştür. KAF havzanın sınır fayıdır. Sintektonik tabakalarda görülen havza büyümesindeki tekdüzelik fayın kinematik konumunda havza büyümesi sırasında günümüze değin bir değişimin olmadığına işaret etmektedir.

Derin Sekans Sınırları ve Düşük Su Düzeyi Paleo-Deltalar. Deniz düzeyi değişimleri Marmara çukurluklarına olan türbidit akıllarını denetlemektedir. Çökel girdisindeki ani değişimler ve hızlı tektonik eğimlenme Marmara havzaları için tipik olup, 'Derin Sekans Sınırları' adını verdiğimiz açısız uyumsuzlukları oluşturmuştur. Sismik veriler aynı zamanda İmrallı Fayının düşen bloğu üzerinde düşük su-düzeyi dönemlerinde oluşmuş dört ayrı delta karmaşığının varlığını göstermiştir. Bu deltaların 100 bin yıllık düşük su düzeyi dönemlerini temsil ettiği varsayımı doğru ise, deltalar arasındaki 130 m'lik atımlar yıllık 1.33 mm çökme hızı vermektedir. Bu hız da İmrallı fayı üzerindeki düşey atım bileşenine benzerlik göstermektedir.

Gravitasyonel Çökme. TAMAM sismik hatları Marmara Derin çukurluklarında hızlı havza çökmesi ve eğimlenmesinin bazen derin kökenli gravitasyonel hareketlerin nedeni olduğunu göstermiştir. Örneğin KAF boyunca Tekirdağ havzasında kademeli kıvrımlar haritalanmıştır. Sismik profiller havzanın sarp güney yamacı boyunca bir çökme yapısı göstermektedir. Bu çökme yamacın başlangıcında bir gerilme ve yamacın tabanında KAF boyunca sıkışmalı bir kıvrımlanma ile ilişkilidir. Bu sıkışma havza tabanından ½ saniye derinliğe ulaşmaktadır. Daha da derinde fay, gerilmeli bir havza sınır fayından bekleneceği üzere, normal bir bileşene sahiptir. Gravitasyonel çökmelerin tabanındaki sıkışmalı yapılar yanlışlıkla tektonik daralma olarak yorumlanabilir.

Anahtar Sözcükler: Marmara Denizi, Kuzey Anadolu Fayı, tektonik, çok-kanallı sismik, düşey kayma

Basin Growth Along the North Anatolian Continental Transform: The TAMAM08 High-Resolution Multichannel Survey in the Marmara Sea

Leonardo Seeber¹, Chris Sorlien², Donna Shillington¹, Derman Dondurur³, Savaş Gürçay³,
John Diebold¹, Camer İmren⁴, Hülya Kurt⁴, Michael Steckler¹, Günay Çifçi³,
Emin Demirbağ⁴ & Scientific Party of TAMAM08 Cruise

¹ Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University, Seismology Geology and
Tectonophysics, 227 Seismology, 61 Route 9W - PO Box 1000, Palisades,
NY 10964-8000, USA (E-mail: nano@ldeo.columbia.edu)

² Institute of Crustal Studies, University of California, Santa Barbara, CA 93106, USA

³ Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, Inciraltı,
TR-35340 İzmir, Türkiye

⁴ İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34469 Maslak,
TR-34469 İstanbul, Türkiye

The TAMAM (Turkish-American Marmara Multichannel) Project is a collaboration between several US and Turkish research institutes. During July 2008, TAMAM collected ~2700 km of multichannel profiles (MSC) in the Marmara Sea using the R/V K. Piri Reis. TAMAM follows a series of excellent seismic surveys of the North Anatolian transform (NAF) in the Marmara Sea. These surveys tended to strive, either for deep penetration MCS imaging of the large-scale structure of the basin, or for very high-resolution (HR) imaging of near-surface faulting and other features. TAMAM fills a gap by achieving HR with intermediate penetration and thus imaging critical details of the structure in the strata contemporaneous with basin growth. Preliminary analysis has focused on the following:

Steady-State Tectonics. Some authors favor a major late Quaternary shift from transtensional basin growth to a new purely transcurrent phase on a new plate-motion parallel strand of the fault. Such a major tectonic transition is likely to alter structural growth pervasively, but the growth of new structure might be subtle if the change is very recent. In the Çınarcık basin, TAMAM profiles clearly resolve basin growth in the upper 0.05 s TWT (two-way travel time) of the sequence, which is thought to represent only the Holocene. This Holocene growth appears to extend in deeper parts of the section (~1.5 sec TWT). The NAF is the border fault of the basin. The uniformity of basin growth through the syntectonic strata strongly suggests that the position or the kinematics of this fault has been also uniform during the growth of the basin up to the present.

Bathyal Sequence Boundaries and Low-Stand Paleo-Deltas. Sealevel changes modulate turbidite flux to the Marmara basins. Drastic changes in sediment flux combined with rapid tectonic tilting create angular unconformities, which are typical of the Marmara basins and we name 'bathyal sequence boundaries'. The seismic data also reveal a stack of at least four low-stand delta complexes, which are preserved by subsidence on the downthrown side of the Imrali fault. If these deltas mark the ~100 ky interval between low stands, their 130-m spacing implies subsidence rates of 1.3 mm/yr and thus a similar dip-slip component rate on the Imrali fault.

Gravity Collapse. TAMAM profiles show that rapid subsidence and tilting in the Marmara Trough are responsible for widespread gravitational collapse, which is deeply rooted in some cases. For example, en echelon folding has been mapped along the NAF in Tekirdağ basin. The profiles reveal a major collapse structure on the steep south flank of the basin. This collapse is associated with extension at the head of the slope and with contractional folding at the bottom of the slope along the NAF. This contraction reaches to about 1/2 second below the basin floor. Deeper still, the fault displays a normal component, as expected from its role as the transtensional border fault of the basin. Contractional structures at the toes of gravitational collapses can be misinterpreted as tectonic shortening.

Key Words: Marmara Sea, North Anatolian Fault, tectonics, multi-channel seismics, vertical slip

Marmara Denizi’nde Kuzey Anadolu Fayının Orta ve Kuzey Kolları Boyunca Ötelenmiş Sedimanter Özellikler: Kayma Hızları, Deformasyon Şekilleri ve Havza Oluşumu İlişkileri

Alina Polonia¹, Giovanni Bortoluzzi¹, M. Namık Çağatay²,
Valentina Ferrante¹ ve Luca Gasperini¹

¹ *Institute of Marine Science (ISMAR-CNR), via Gobetti 101, 40129 Bologna, Italy
(E-posta: alina.polonia@ismar.cnr.it)*

² *İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34469 Maslak, İstanbul*

Kuzey Anadolu Fay Sisteminin önemli noktalarında elde edilen yüksek çözünürlüklü jeofiziksel ve jeolojik verilerin (deniz tabanının yüksek çözünürlüklü morfobatimetrik görüntüleri, 3-D ve pseudo-3D yüksek çözünürlüklü sismik yansıma görüntüsü ve ayrıntılı sedimanter ve stratigrafik kayıtlar) birlikte yorumu: (1) aktif ve aktif olmayan faylar ayırt ederek haritalamak; (2) fayın yapısını ve geometrisini belirlemek; (3) tek fay kolları boyunca jeolojik zamanda kayma hızlarını tahmin etmek; (4) sedimanter istif içerisindeki geçmiş depremleri tarihlendirmek ve tanımlamak; (5) 1999 kırığının denizaltı uzanımını teşhis etmek için uygulanmıştır.

Marmara Deniz havzasının doğu ve batı tarafındaki güvenilir sonuçlar Kuzey Anadolu Fay sisteminin farklı fay kollarında jeolojik zaman boyunca ($\sim 10^4$ yıl) kayma hızının doğru tahmin edilmesine olanak sağlamıştır. Aktif olmayan ve kalın Holosen sedimanter örtüyle dolu olan Saros Körfezi ve İzmit Körfezi’nde ötelenmiş sedimanter elemanlar (denizaltı kanyonları ve akarsu kanalı) keşfedilmiştir. Son buzul döneminden sonra bu sedimanter elemanların etkinliğini yitirerek terkedilmesini tarihlendirebildiğimiz için Marmara Havzasının her iki yanındaki Kuzey Anadolu Fay sisteminin kuzey kolu boyunca kayma hızının doğru tahminlerini gerçekleştirebilmekteyiz. Elde ettiğimiz hızlar kabul edilen levha tektoniği modelleri ve jeodetik ölçümlerin yarısını temsil eden 10 mm/yr dolayındadır. Marmara Denizi’nin güney şelfi üzerinde yer alan Gemlik Körfezi’nin morfobatimetrik haritaları deformasyonun karmaşık geometrisi ve deniz tabanı aktif fay ötelenmesinin varlığını göstermektedir. Son buzul döneminde oluşan gölsel delta Kuzey Anadolu Fay sisteminin orta kolu boyunca doğrultu atımlı fay tarafından ötelenmiş görünmektedir. Jeofizik ve sediment karot verileri beraber değerlendirildiğinde bu fay kolu üzerindeki kayma hızının toplam sağ yanal hareketin en az 5mm/yıl kadarını sağlayabileceği görülmektedir. Bu veriler Marmara bölgesindeki sismik tehlike ve fay arayüzeylerini anlamamız ve Kuzey Anadolu Fay sisteminin deniz altındaki kısmının neotektonik yerleşimini anlamamız açısından önemlidir.

Havza evrimi, stratigrafi, paleosinografi ve bölgesel tektonik gibi çok disiplinli çalışmaların fay kolu dinamiklerinin ince ölçekte açıklığa kavuşturulmasındaki yaklaşımın önemini vurgulamak istiyoruz. Bu çok ölçekli ve çok disiplinli yaklaşım geçmişte büyük depremlerle ($M>7$) kırılmış ve muhtemelen gelecekte de kırılacak bir fay kolu etkinliğinin izlenmesi için stratejilerin geliştirilmesine katkıda bulunacaktır. uhtemel yerlerinin tesbitinde ve geçmişteki büyük depremlerin kırılmış fay kolu için gözlemlene stratejilerinin tasarlanmasında dizayn edilmesine öncülük edebilir. Bu çalışmalara dayanarak İstanbulu gelecekte etkilemesi beklenen deprem esnasında kırılacak olan fay dilimi üzerinde, Marmara Denizindeki sıvı akış emisyonlarının sismisite ile birlikte 6 ay izlenmesini planlamaktayız.

Anahtar Sözcükler: doğrultu atımlı fay, keskin noktalar, kayma hızı, Kuzey Anadolu Fayı

Displaced Sedimentary Features Along Middle and Northern Strands of the North Anatolian Fault in the Marmara Sea: Implications for Slip Rates, Styles of Deformation and Basin Development

Alina Polonia¹, Giovanni Bortoluzzi¹, M. Namık Çağatay²,
Valentina Ferrante¹ & Luca Gasperini¹

¹ *Institute of Marine Science (ISMAR-CNR), via Gobetti 101, 40129 Bologna, Italy
(E-mail: alina.polonia@ismar.cnr.it)*

² *İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Maslak, TR–34469 İstanbul, Türkiye*

An integrated interpretation of the high resolution geophysical and geological data (high-resolution morphobathymetric images of the seafloor, 3-D and pseudo-3D high resolution seismic reflection imaging and detailed stratigraphic reconstruction of the sedimentary record) acquired in key-areas of the NAF fault system has been carried out in order to: (1) map the fault pattern discriminating between active and inactive faults; (2) address their nature and geometry; (3) estimate slip-rates over geological time along single fault strands; (4) describe and date the past earthquakes in the sedimentary sequence; (5) recognize the submarine extent of the 1999 (last) rupture.

Findings of reliable piercing points on both sides of the Sea of Marmara basin enabled us to obtain an accurate estimate of the slip-rate over a geological time ($\sim 10^4$ years) on different fault strands of the NAF system. We discovered displaced sedimentary features (submarine canyons and a river channel) in the Gulf of İzmit and Gulf of Saros that are presently inactive and locally filled by a thick Holocene sedimentary cover. Since we can date the abandoning of these sedimentary features after the Last Glacial Maximum, we might perform accurate estimates of the slip-rate along the northern strand of the NAF system on both sides of the Marmara basin. The rates we obtained are in the order of 10 mm/yr that represents about one half of what expected from geodetic measurements and accepted plate-tectonic models. Morphobathymetric maps of the Gemlik bay (southern shelf of the Marmara Sea) show the presence of active fault offsetting the seafloor and producing a complex pattern of deformation. A lacustrine delta, which developed during the Last Glacial Maximum (LGM) appears to be displaced by a strike-slip fault along the middle strand of the NAF system, and the slip rate we estimated through the integrated analysis of sediment cores and geophysical data suggests that this fault branch may accommodate a minimum of 5 mm/yr of right lateral motion. This has important implications both for reconstructing the neotectonic setting of the submerged portion of the NAF system and to our understanding of fault interactions and seismic hazard in the Marmara region.

We stress the importance of a multidisciplinary approach that involves the fine scale reconstruction of single fault strand dynamics with the study of regional tectonics, palaeoceanography, stratigraphy and ultimately basin evolution. This multi-scale, multidisciplinary approach might lead to design monitoring strategies for any given fault strand that ruptured during past large ($M > 7$) earthquakes and are possibly places where future ruptures will nucleate. Based on these studies we are planning a 6-month monitoring of seismicity a fluid flow emission in the Marmara Sea over the fault segment that will possibly rupture during the next earthquake that will affect the İstanbul area.

Key Words: strike-slip fault, piercing points, slip rate, North Anatolian Fault

Paleoşinografik ve Paleoklimatolojik Açıdan Marmara Denizi'nin Dünya Okyanusu ile Son Bağlantısı

Cecilia M.G. McHugh¹, Damayanti Gurung¹, Liviu Giosan²,
William B.F. Ryan³ ve Namık Şağatay⁴

¹ Queens College, City University of New York, 65–30 Kissena Blvd, NY 11367, USA
(E-posta: cmchugh@qc.cuny.edu)

² Woods Hole Oceanographic Institution, 66 Woods Hole Road, Woods Hole, MA 02543, USA

³ Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University, Seismology Geology and Tectonophysics,
227 Seismology, 61 Route 9W, PO Box 1000, Palisades, NY 10964–8000, USA

⁴ İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34469 Maslak, İstanbul

Son buzul döneminde (2. Deniz İzotop Dönemi), Marmara Deniz'i küresel deniz seviyesi Çanakkale Boğazı eşik derinliğinin altına düştüğü için acı-su gölüne dönüşmüştür. Dünya okyanus sisteminden ayrıldığı zaman, nehir girdisi ile Karadeniz'den gelen akış Marmara 'Gölüne' gelen ana su kaynaklarıydı. Küresel okyanusla havzanın yeniden bağlantısının tarihi, bin yıllık çözünürlükte paleoklimatik ve paleoşinografik olayları yeniden yapılandırma ve gölden denize geçişin yüksek çözünürlüklü kayıtları havzanın sedimentleri içerisinde muhafaza edilmiştir. Bu amaç için İmralı, Prenses Adaları, Çekmece'deki kuzey, doğu ve güney şelfleri boyunca 10 adet sediment karotu, yüksek çözünürlüklü yarıtaban profili (chirp) ve multibeam batimetre verileri kullanılarak Marmara Deniz'inin eski kıyı çizgilerini haritalanmıştır. Detaylı sedimantolojik, biyostratigrafik (foraminifer, molusk, diatom), XRF (X-ışınları floresan) jeokimyasal tarama, oksijen ve karbon izotop analizlerinin radyokarbon ve kalibre edilmiş kronolojiyle korelasyonu yapılmış ve akustik görüntülerde yorumlanmıştır.

En eski sedimentler (Günümüzden önce (G.Ö.) >15.5 cal ka; G.Ö. >13.5 ¹⁴C ka) kurak ve soğuk koşulların ipuçlarını vermektedir. Göl sedimentleri laminalanmış, oksijenli koşulları ve sedimantasyon döngülerini göstermektedir. Nehirler yakınsal olan karasal sedimentleri ve muhtemel yangınlarla birlikte kurak koşulların bol kömürünü getirmiştir. Gölün eski kıyı çizgisi –95 metre ya da daha derindi. Göl suyu ve sedimentleri çok az acı-su, tatlı-su türlerinden *Theodoxus fluviatilis* ve *Dreissena* sp. ve tatlı-su diatomları içermektedir. G.Ö. 15.5–15.0 cal ka BP (G.Ö. 13.1–13.0 ¹⁴C ka) tarihlerinde Marmara Gölüne Kara Deniz'den (bu zamanda göldü) çok miktarda tatlı-su geldiğinin verileridir. Bu dönemde *Dreissena rostriformis* ve *T. fluviatilis* yoğun ve bu moluskların ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr bileşimi Kara Deniz sularının bileşimine sahipti. Dünya okyanus sisteminin bağımsız olan Gölün eski kıyı çizgisi –85 metrede Ege Deniz'ine akan Çanakkale Boğazı seviyesinde yer almaktadır.

Bolling-Allerod Marmara Gölüne muhtemelen evaporative ve sıcak koşulları getirmiştir. Bu durum oksijen izotop kayıtları ile desteklenmektedir. Bu çalışmada kanıtlanan –95 metre taraçası Çekmece havzaları, Prenses Adaları ve İmralı boyunca devam eden erozyonal yüzeyi işaret etmektedir. Bu muhtemelen Akdeniz suları Marmara Deniz'ine akmadan önce göl seviyesinin düştüğünü ya da göldeki dalga hareketinin göl yüzeyinin 10 metre altında erozyonla –95 m taraçasını oluşturduğunu göstermektedir.

Bulgular yaklaşık 12.000 yıl önce (G.Ö. 10.7 ¹⁴C ka) hızlı deniz istilasının olduğunu ve Younger Dryas soğuk interstadial'in 11.5–10.5 cal ka BP (10.5–9.7 ¹⁴C ka BP)'da sedimentleri yeniden işlediğine işaret etmektedir. Güçlü tabakalanma ve besleyici (nutrient) girdisinin gelişiminin yaklaşık 9200 BP'de (8.6 ¹⁴C ka BP) başladığı bentik ve planktik foraminifer toplulukları tarafından belgelenmiştir. Bu olayların zamanı ve çevresel koşullar daha önceki çalışmalarda tespit edilen, Kara Deniz, Marmara Deniz'i ve Akdeniz'in yeniden bağlantısıyla uyumludur. Marmara Deniz'inde sabit çevresel koşullar, deniz seviyesinin günümüz seviyesine yaklaşması ile yaklaşık 6.000 yıl (G.Ö. 5.5 ¹⁴C ka) oluşmuş ve havza tabanları çökellerle dolmuştur.

Anahtar Sözcükler: Marmara Denizi, paleoşinografi, paleoklimate, genç Dryas, Kara Deniz, deniz izotop
Kat 2

The Last Reconnection of the Marmara Sea (Turkey) to the World Ocean: A Paleoceanographic and Paleoclimatic Perspective

Cecilia M.G. McHugh¹, Damayanti Gurung¹, Liviu Giosan²,
William B.F. Ryan³ & M. Namık Çağatay⁴

¹ Queens College, City University of New York, 65–30 Kissena Blvd, NY 11367, USA
(E-mail: cmchugh@qc.cuny.edu)

² Woods Hole Oceanographic Institution, 66 Woods Hole Road, Woods Hole, MA 02543, USA

³ Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University, Seismology Geology and Tectonophysics,
227 Seismology, 61 Route 9W, PO Box 1000, Palisades, NY 10964-8000, USA

⁴ İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
Maslak, TR–34469 İstanbul, Türkiye

During the late glacial, marine isotope Stage 2, the Marmara Sea transformed into a brackish lake as global sea level fell below the sill in the Dardanelles Strait. When isolated from the global ocean, river discharge and outflow from the Black Sea were the main sources of water to Marmara “lake”. A history of the basin’s reconnection to the global ocean was preserved in its sediments permitting to develop a high-resolution record of the lacustrine to marine transition, and to reconstruct paleoceanographic and paleoclimatic events at a millennial scale. For this purpose, we mapped the paleoshorelines of Marmara Sea along the northern, eastern, and southern shelves at Çekmece, Prince Islands and Imrali, using data from multibeam bathymetry, high-resolution subbottom profiling (chirp) and ten sediment cores. Detailed sedimentologic, biostratigraphic (foraminifers, mollusk, diatoms), X-ray fluorescence geochemical scanning and oxygen and carbon stable isotope analyses were correlated to a radiocarbon, and calibrated chronology and interpreted within the context of the acoustic images.

The oldest sediments recovered (>15.5 cal ka BP; >13.5 ¹⁴C ka BP) provided evidence for cold and dry conditions. The Lake sediments were laminated, indicative of cyclic sedimentation and oxic conditions. Rivers were proximal bringing terrigenous sediment and abundant charcoal suggestive of dry conditions with possible fires. The Lake paloshoreline was at –95 m or deeper. Its waters and sediments were nearly barren of fauna containing few *Dreissena* sp. and *Theodoxus fluviatilis* of brackish and freshwater affinity, and rare brackish and fresh water diatom flora. From 15.5–15.0 cal ka BP (13.1–13.0 ¹⁴C ka BP) there is evidence for an abundant supply of fresh water from the Black Sea (a lake at this time) into Marmara Lake. *Dreissena rostriformis* and *T. fluviatilis* were abundant and the ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr compositions of these mollusks have a Black Sea signature. The Lake paleoshorelines lay at the level of its Dardanelles spillway to the Aegean Sea at –85 m, but isolated from the world’s oceans.

The Bolling-Allerød brought warm and possibly evaporative conditions to Marmara Lake as evidenced by the oxygen isotope record. The –95 m terrace documented in this study marks an erosional surface that can be traced nearly continuously along the Imrali, Prince Islands and Çekmece margins. This raises the possibility that the levels of the lake dropped momentarily before the Mediterranean waters spilled into Marmara, or that wave action in the lake beveled the lake floor to form a terrace 10 m below the lake surface.

Evidence points to a rapid marine incursion at 12 cal ka BP (10.7 ¹⁴C ka BP) and a still stand and sediment reworking during the Younger Dryas cold interstadial at 11.5–10.5 cal ka BP (10.5–9.7 ¹⁴C ka BP). The development of a strong stratification and influx of nutrients is documented by the benthic and planktonic foraminiferal assemblages at 9.2 cal ka BP (8.6 ¹⁴C ka BP). The timing of these events and environmental conditions are consistent with the reconnection of the Mediterranean, Marmara and Black Seas as documented by previous studies. Stable environmental conditions developed in Marmara Sea after 6.0 cal ka BP (5.5 ¹⁴C ka BP) as sea-level reached close to its present shoreline and the basin floors filled with sediments achieving their present configuration.

Key Words: Marmara Sea, paleoceanography, paleoshoreline, younger dryas, Black Sea, marine isotope stage 2

Marmara Denizi'nde Geç Buzul-Holosen Dönemi Deniz Seviyesi Değişimleri: Sığ-sismik ve Karot Çalışmalarından İpuçları

Kürşad Kadir Eriş ve M. Namık Çağatay

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü
(Doğu Akdeniz Oşinografi ve Limnoloji Araştırmaları Merkezi),
34469 Avcılar, İstanbul (E-posta: keris@itu.edu.tr)*

Marmara Denizi kuzey şelfinde Geç Buzul-Holosen yaşlı çökel istifi detaylı sığ-sismik ve karot stratigrafisi analizleri ile tespit edilmiştir. Sismik profiller, şelf boyunca devamlı Q1 ila Q3 uyumsuzluk yüzeyleri ile ayrılan ve litostratigrafik L4-L1 birimlerinin karşılığı olan S4-S1 dört sismik stratigrafik birimin varlığını ortaya koymaktadır. Marmara Denizi'nin İstanbul Boğazı girişinde yer alan sismik profillerde yapılan çalışmalarda, Holosen yaşlı Birim-L1 yedi alt stratigrafik birime ayrılabilmiştir. Global deniz seviyesinin üçüncü deniz izotopu (MIS-3) başında Çanakkale eşik derinliği (–83 m) altına düşmesiyle Marmara Denizi gölsel bir ortama dönüşmüştür. MIS-3 ve MIS-2'nin büyük bir kısmında Marmara Denizi'nin Akdeniz ile su geçişinin kesilmesi ve devam eden regresyon ilerlemeli çökel geometrisi sunan (Birim S4 and S3) birimlerin şelf kenarında kalınlaşarak oluşumuna yol açmıştır. Marmara gölünün en düşük su seviyesi dönemi nehirlerin 105 m su derinliğine kadar kazınması ile temsil olunur ve bu derinliğin üzerindeki şelfde devamlı aşınma yüzeyi oluşmuştur. Son Buzul Maksimum dönemindeki (LGM) Akdeniz ile bağlantı kesikliğinin aksine, Karadeniz'in seviyesinin İstanbul Boğazı eşiği üzerine çıkması ile Marmara Denizi'nde G.Ö. 15–13.5 bin yılları arasında Karadeniz'den bir akış meydana gelmiştir. Bu akış ile Marmara Denizi'nde başlayan tatlı su transgresyonu su seviyesini –85 m'ye yükseltmiştir.

Marmara Denizi'nin Akdeniz ile G.Ö. 12 bin yılında bağlantının sağlanmasının ardından soğuk Genç Buzul Dönemi (YD) G.Ö. 11.5 bin yıl önce Karadeniz'in Marmara akışı ile temsil olunur ve bu boğazın eski kanalı içersinde kanal bank kenarı çökellerinin oluşmasını sağlamıştır. Genç Buzul Dönemi (YD) süresince deniz seviyesi yükselimi –76 m ve –71 m'lerde oluşan durağan su seviyeleri ile kesikliğe uğramıştır. Marmara Denizi İstanbul Boğazı girişindeki sismik profillerde yansıma yüzeyi boyunca algli biyoherm gelişimleri, G.Ö. 8.8 bin yılında Marmara Denizi'nde yeniden yüksek tuzluluğa dönüşü işaret etmektedir. Orta Holosen dönemi, karadan sediman gelim oranının çökelme alanından daha fazla olması sonucunda Kurbağalı Dere önünde G.Ö. 6.2 bin yılında prodelta gelişimi ile temsil olunmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Marmara Denizi, deniz seviyesi, sismik stratigrafi, geç buzul, Holosen

Late Glacial to Holocene Sealevel changes in the Sea of Marmara: Evidence from High-resolution Seismic and Core studies

Kürşad Kadir Eriş & M. Namık Çağatay

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü
(Doğu Akdeniz Oşinografi ve Limnoloji Araştırmaları Merkezi), Avcılar,
TR-34469 İstanbul, Türkiye (E-mail: keris@itu.edu.tr)*

Late Glacial to Holocene sedimentary record of the northern shelf of the Sea of Marmara (SoM) is documented by detailed stratigraphic analysis of sub-bottom (Chirp) profiles and sediment cores. The reflection profiles reveal the presence of four seismic stratigraphic units S4-S1 that are equivalent to lithostratigraphic units L4-L1, separated from each other by shelf-crossing unconformities of Q1 to Q3. The seismic profiles from the SoM entrance to the Strait of İstanbul (SoI) allow us to divide the Holocene sediments of Unit S1 into seven sub-units, therefore, we can estimate high-frequency sea-level fluctuations. The SoM was converted into freshwater lake in the beginning of the marine isotope stage 3 (MIS-3) due to global sealevel fall below the Dardanelles outlet (–83 m). During the MIS-3 and main part of the MIS-2, disconnection with the Mediterranean Sea and the forced regression in the SoM gave rise to deposition of progradational units (seismic units S4 and S3) as sediment wedges thickening towards the shelf edge. The maximum lowstand of the ‘Marmara lake’ is associated with river incisions below to 105 m water depth, above which a prominent erosional surface formed on the shelf. In contrast to the LGM disconnection with the Mediterranean Sea, the SoM experienced a period of Black Sea outflow between 15–13.5 ¹⁴C ka BP, when the Black Sea level rised above the sill depth (–35 m) of the SoI. This gave rise to freshwater transgression in the lake leading to a rise in the water level at –85 m by 13 ka BP.

Following the reconnection with the Mediterranean Sea at 12 ka BP, the Younger Dryas (YD) cold period in the SoM was associated by a Black Sea outflow at 11.5 ka BP leading to formation of a levee within the axis of the palaeo-Bosphorus shelf valley. During the YD, the sealevel increase was interrupted by still stands at –76 m and –71 m. In the seismic profiles from the SoM entrance to the SoI, the colonization of algal-serpulid bioherms across the reflector surface signal a return to higher salinity in the SoM at ~8.8 ka BP. The mid-Holocene time is represented by a formation of a subaqueous prodelta sourced from the Kurbağalıdere River at 6.2 ka BP, when the amount of the sediment supply was greater than the accommodation space.

Key Words: Sea of Marmara, sea level, seismic stratigraphy, late glacial, Holocene

Karadeniz Şelf Kenarında Depolanmış Buzul ve Buzularası Sedimentlerinin Jeokimyasal Özellikleri

Oya Algan¹, Elmas Kırıcı-Elmas¹, Ian Boomer², Sevinç Kapan-Yeşilyurt³,
Gilles Lericolais⁴, Demet Ongan ve Erol Sarı¹

¹ İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü,
34470 Vefa, İstanbul (E-posta: algan@istanbul.edu.tr)

² University of Birmingham, Stable Isotope and Luminescence Laboratory (SILLA),
School of Geography, Earth and Environmental Sciences, Edgbaston, B15 2TT, UK

³ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi,
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Terzioğlu Kampusü, 17020 Çanakkale

⁴ IFREMER – Centre de Brest Geosciences Marines, BP 70,
F-29280 Plouzané cedex, France

Bu çalışmada Sakarya Nehrinin döküldüğü şelf kenarından alınan 27 m uzunluktaki bir sediment piston karot; MD04-2761 incelenmiştir. Karot boyu sedimentlerin litolojik, jeokimyasal ve paleontolojik özelliklerine göre 6 farklı birim ayırt edilmiştir. Bu birimler değişen deniz seviyesi, iklim ve depolanma koşullarını yansıtmaktadır. Manyetik süseptibilite, toplam organik karbon, toplam karbonat, element/Al oranları, jeokimyasal bir stratigrafi oluşturacak şekilde belirgin dağılım özellikleri sergilemektedirler. Bu stratigrafiye göre, yukarıdan aşağıya, Birim 1, 2a, 2b, 2c ve 3 Son Buzul (Valdai) devrinde, Birim 4, 5 ve 6 ise önceki Buzul arası (Mikulina–Karangat) devirde depolanmışlardır. Birim 4 Buzul arası devrin bitimini, Birim 5 ve 6 soğuk dönemleri yansıtmaktadır.

Birim 2 ve 3 yüksek terijen-düşük karbonat girdisinin hızlı sedimantasyon koşulları altında depolandığını göstermektedir. Birim 4 ise yüksek karbonat içeriği ile ılık bir iklimi ve kimyasal aşımının artığı koşullar altında çökelmiştir. Sismik profillerde görülen Birim 3 ve 4 arasındaki erozyonel yüzey alçalan deniz seviyesini göstermekte ve jeokimyasal parametreleri doğrulamaktadır.

Paleontolojik veriler, en belirgin ortam değişiminin Birim 4'ün çökeldiği zamanda gerçekleştiğini ve Karadeniz'in Hazar Denizi ile bağlantılı olduğunu, ancak Akdeniz ile bağlantının şüpheli olduğunu göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: Karadeniz şelfi, jeokimya, buzul, buzularası, sediment, paleoşinografi

Geochemical Properties of Glacial and Interglacial Sediments from the Southern Shelf Edge of the Black Sea

Oya Algan¹, Elmas Kırıcı-Elmas¹, Ian Boomer², Sevinç Kapan-Yeşilyurt³,
Gilles Lericolais⁴, Demet Ongan & Erol Sarı¹

¹ *Istanbul University, Institute of Marine Sciences and Management, Vefa,
TR-34470 İstanbul, Turkey (E-mail: algan@istanbul.edu.tr)*

² *University of Birmingham, Stable Isotope and Luminescence Laboratory (SILLA),
School of Geography, Earth and Environmental Sciences, Edgbaston, B15 2TT, UK*

³ *Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Engineering and Architecture,
Department of Geology Engineering, Terzioğlu Kampüsü, 17020 Çanakkale, Turkey*

⁴ *IFREMER – Centre de Brest Geosciences Marines, BP 70,
F-29280 Plouzané cedex, France*

Piston sediment core MD04-2761 with a length of 27 m was collected from the Black Sea shelf off the Sakarya River. Lithological, geochemical and palaeontological analyses indicated 6 different sedimentary units, reflecting changing sea-level, climate and depositional conditions. Magnetic susceptibility, C_{org}, total carbonate, element/Al ratios and certain proxy element ratios, displaying distinct distribution patterns allowed to construct a geochemical stratigraphy. Based on this stratigraphy, from top to bottom along the core, Unit 1, 2a, 2b, 2c, and 3 were deposited during the last glaciations (Würm-Valdai), whereas the others reflects the last interglacial period (Mikulina-Karangat). Unit 4 was deposited towards the termination of last interglacial. Units 5 and 6 were deposited at the cold periods of the same interglacial. The sedimentary layers of Units 2 and 3 were characteristics of fast sedimentation and high terrigenous, low carbonate input, whereas high carbonate content of Unit 4 reflects warm climate and chemical weathering. Seismic profile indicating an erosional surface between Units 3 and 4 is in accordance with the lowering of the sea level.

Palaeontological data suggests that the most significant environmental change occurring during the deposition of Unit 4 and indicates that the Black Sea was connected to Caspian Sea, but not with the Mediterranean Sea.

Key Words: Black Sea shelf, geochemistry, glacial, interglacial, sediment, palaeoceanography

Bayrampaşa (Lykos) Deresi Havzası ve Ağzındaki Yenikapı (Theodosius) Limanı Kıyı Alanındaki (Marmara Denizi) Değişim Süreçleri

Levent Erel, Kadir Eriş, Sena Akçer, Demet Biltekin ve M. Namık Çağatay

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü
(Doğu Akdeniz Oşinografi ve Limnoloji Araştırmaları Merkezi),
34469 Avcılar, İstanbul (E-posta: akcer@itu.edu.tr)*

İstanbul Boğazı çevresinde bilinen ve uzun süre araştırılan eski yerleşim birimleri batıda Yarımburgaz Mağarası ile Asya bölümünde Fikirtepe tarih öncesi iskan üniteleridir. İstanbul Arkeoloji Müzeleri tarafından Yenikapı'daki 'Metro kazısı' alanında sur içindeki en eski yerleşme olan Neolitik yaştaki mağara sığınağı ortaya çıkarılmıştır. Osmanlı Yenikapısı olarak bilinen aynı alanda, yani Bizans Çağın'daki Vlanga veya Langa'da, Bizans Çağı'nın İstanbul'un Marmara kıyısındaki en büyük limanı olan Theodosius limanı da yer almaktadır. Bu liman, sur içindeki yegane akarsu olan Bayrampaşa (Lykos) Deresi ağzında kurulmuştur. Dere sur dışında Maltepe yüksek alanındaki küçük derelerin, sel sularının birleşmesiyle oluşur. 'Sulukule Kapısı'ndan sur içine girer, küçük kollar ayrılır. Önce doğu-batı yönünde akar, sonra dirsekle güneye yönelerek Yenikapı'dan Marmara Denizi'ne boşalır. Derenin ana vadi uzunluğu sadece 3,5 km'dir. Oysa akaçlama havzası sur içi yani eski yerleşim çekirdeğinin 1/3'nü kapsar. Vadi, 'eski' İstanbul'un başlıca meydanlarının ve sosyal yapılarının yakınından geçer. Vadi doğal olaylarla, insanların müdahalesi ile giderek değişmiş, nihayet 1960'lı yıllarda İstanbul'da göçlerle ortaya çıkan yoğun kentleşme ile tamamen silinmiştir. Vadinin ağzındaki Theodosius liman alanı Neolitik Çağda bir bataklık ortamı iken, deniz seviyesinin yükeldmesi ile birlikte günümüzden 6.000–5000 yıl önce su altında kalmış ve arkeolojik bulgulara göre M.S. 300–400 yıllarından itibaren bir liman olarak kullanılmaya başlanmıştır. Liman dere ve deniz tarafından getirilen doğal çökeller ve yerleşimin artması ile kuzey yerleşim alanından gelen antropojenik atıklarla M.S. 1200 yıllarında tümüyle dolmuştur.

Anahtar Sözcükler: Bayrampaşa (Lykos) deresi, Yenikapı (Theodosius) limanı, Marmara Denizi, İstanbul Marmaray kazısı

Course of Changes in the Drainage Basin of Bayrampaşa (Lykos) Stream and the Yenikapı (Theodosius) Port's Coastal Area at its Outlet (Sea of Marmara)

Levent Erel, Kadir Eriş, Sena Akçer, Demet Biltekin & M. Namık Çağatay

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü
(Doğu Akdeniz Oşinografi ve Limnoloji Araştırmaları Merkezi),
Avcılar, TR–34469 İstanbul, Türkiye (E-mail: akcer@itu.edu.tr)*

Well-known pre-historical settlements around the İstanbul Strait (Bosphorus) area include the Yarımburgaz Cave in the west and the Fikirtepe on the Asian side of İstanbul. In the Yenikapı Metro excavation area a new Neolithic cave settlement has been recently discovered by the İstanbul Archeological Museums. In the same excavated area, which is known as the Yenikapı since the Ottoman period (Vlanga or Langa of the Byzantium period), the largest port of the Byzantium period 'Theodosius' is also located. This port is placed at the mouth of the Bayrampaşa (Lykos) Stream, which is the only channel draining the old 'fortified İstanbul' (Constantinople) area. The stream originates in the high Maltepe Hills area, being fed by the waters of small tributaries. It enters into the 'fortified İstanbul' area through the 'Sulukule Gate', flows in an east west direction, and then makes a sharp turn to the south, emptying into the Sea of Marmara at Yenikapı. The width of the main Bayrampasa valley is 3.5 km, with its drainage area constituting about 1/3 of the "fortified İstanbul" area that forms the main old settlement. The Valley passes near the main squares and social structures of the 'old' İstanbul. Its morphology has been continuously changed by natural and antropogenic developments, being terminally erased from the land surface by 1960s, as result of a rapid increase in population and urbanization in İstanbul. The Theodosius port area at the mouth of the Bayrampasa Stream was a coastal marsh during the Neolithic period. It was inundated by sea around 6,000–5,000 a BP with the increase in the global sea level, and used as a Port starting around 300–400 A.D., according to the archeological records. The port was completely filled in by about 1.200 A.D., with sediments sourced from the Bayrampaşa Stream and the sea, as well as with anthropogenic wastes from the settlement to the north.

Key Words: Bayrampaşa (Lykos) stream, Yenikapı (Theodosius) port, Marmara Sea, İstanbul Marmaray excavation

Holosen'de Değişken Bir Kıyı Ortamının Antik Theodosius Limanındaki (Yenikapı-İstanbul) İzleri

Oya Algan¹, M. Namık Yalçın², İsak Yılmaz², Elmas Kırıcı-Elmas¹, Erol Sarı¹, Demet Ongan¹, Özlem Bulkan-Yeşiladalı², Mehmet Özdoğan³, Yücel Yılmaz⁴ ve Doğan Perinçek⁵

¹ *İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, 34470 Vefa, İstanbul*
(E-posta: algan@istanbul.edu.tr)

² *İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34850 Avcılar, İstanbul*

³ *İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Arkeoloji Bölümü, 34452 Beyazıt, İstanbul*

⁴ *Kadir Has Üniversitesi, Cibali Kampüsü, Haliç, 34083 Cibali, İstanbul*

⁵ *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Terzioğlu Kampusü, 17020 Çanakkale*

İstanbul Arkeoloji Müzeleri tarafından Yenikapı'da yürütülen Antik Theodosius Liman kazısında ortaya çıkan çökel istifi yaklaşık olarak 8000 yıl içinde çökelmiş olup, bu dönemde Marmara Denizi ve İstanbul Metropolü'nde meydana gelmiş ortam değişimlerini ve kültürel tarihçenin kayıtlarını içermektedir. Kazı alanında moloz dolgunun altında sırasıyla akarsu (flüvyal) ve denizel olmak üzere başlıca iki tip çökel istifi bulunmaktadır. Moloz dolgu Bizans döneminden kalıntılar, Osmanlı dönemi bostan toprağı ve çok yakın geçmişin kalıntılarını içermektedir. Moloz dolgunun altında yer alan flüvyal birim yaklaşık 1 m kalınlıkta olup, 1950'lerin başına kadar bugünkü Vatan Caddesi boyunca akan Lycos Deresi'nin (Bayrampaşa Deresi) getirdiğı malzemelerin çökmesi ile oluşmuştur. Flüvyal birim altındaki açık sarı homojen kumlar ile başlayan denizel birimin üzerinde hafif açılı olarak yer alır. Denizel birim yaklaşık 4.5 m kalınlıkta olup, Miyosen yaşlı birimlerden ve çok yerel muhtemelen Erken-Holosen yaşlı bataklık çökellerinden oluşan taban üzerine çökelmiştir. Denizel birimin tabanında büyük çakıl ve bloklar üzerine çökelmiş kavkı kırıkları, kaba kum, küçük çakıllar ve yerel yayımlı kavkı bankı bulunmaktadır. İstifin özellikleri bir plaj ile başlayan kıyı ve sığ bir deniz ortamını temsil etmektedirler.

İstifin tabanında yer alan bloklu seviyedeki arkeolojik buluntular G.Ö. 8000-/6000 yıllarında bölgede varlığı bilinen Neolitik dönem Fikirtepe kültürüne aittir. Bu dönem yerleşmesinin izlerinin bulunduğu kot, günümüzdeki deniz seviyesinden yaklaşık 6 m daha düşüktür. Kıyı ve sığ denizel bir fasiyesi temsil eden birimler bölgenin liman olarak kullanıldığı MS 4-7. yüzyıllara kadar çökelmeye devam etmiştir. Liman 6. yüzyılda ani ve güçlü bir kısa süreli olaydan etkilenmiş (tsunami veya fırtına dalgası) ve giderek sığlaşmıştır. 11. yüzyıldan sonra ise Lycos Deresi'nin taşıdığı alüvyonlar ile tamamen dolmaya başlamış ve kıyı çizgisi tekrar deniz yönünde ilerlemiştir.

Anahtar Sözcükler: Marmara Denizi, deniz seviyesi, Yenikapı, jeoarkeoloji, kıyı çökelleri

Evidences of Changing Coastal Environment in Antique Theodosius Harbour (Yenikapı-İstanbul) During Holocene

Oya Algan¹, M. Namık Yalçın², İsak Yılmaz², Elmas Kırıcı-Elmas¹, Erol Sarı¹, Demet Ongan¹, Özlem Bulkan-Yeşiladali², Mehmet Özdoğan³, Yücel Yılmaz⁴ & Doğan Perinçek⁵

¹ *İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Vefa, TR–34470 İstanbul, Türkiye (E-mail: algan@istanbul.edu.tr)*

² *İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Avcılar, TR–34850 İstanbul, Türkiye*

³ *İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Arkeoloji Bölümü, Beyazıt, TR–34452 İstanbul, Türkiye*

⁴ *Kadir Has Üniversitesi, Cibali Kampüsü, Haliç, Cibali, TR–34083 İstanbul, Türkiye*

⁵ *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Terzioğlu Kampüsü, TR–17020 Çanakkale, Türkiye*

The sedimentary sequence deposited approximately during the last 8000 y BP was discovered in the Yenikapı excavation studies conducted by the İstanbul Archaeology Museum. It contains the records of environmental changes occurred in Marmara Sea and İstanbul Metropolis as well as cultural history of the region. There are mainly two types of sedimentary sequences below the artificial fillings in the excavation site; fluvial and marine. Artificial fillings include debris from Byzantium period to recent and also organic soil of Ottoman period. A fluvial sedimentary sequence below the artificial fillings has a thickness of about 1 m and deposited from the detritus of the Lykos Stream (Bayrampaşa Stream), flowing across the Vatan Street until the early 1950's. This fluvial sequence inclines to light colored sands of marine sequence. Marine sequence has a thickness of about 4.5 m, and is underlain by Miocene aged formations and possibly early Holocene local marsh deposits. At the base of marine sequence, a shell hash layer with a local shell bank is found above the boulders and cobbles. Marine sequence represents the characteristics of coastal to shallow water environment.

The cobbles at the base of the sequence include archaeological remnants belonging to Neolithic Fikirtepe culture that settled in the area at 8000–6000 y BP and are located at 6 m below the present sea level. The sediments representing shallow water and coastal environments indicate that the area was used as a harbour A.D. 4 to 7th century. The harbour might have witnessed to a short but probably catastrophic event at about 600 A.D. (such as tsunami or storm) and shoaled afterwards. The coast line progressed to seaward after 11th century, as a consequence of filling the harbour by the sediments derived from Lykos Stream.

Key Words: Marmara Sea, sea level, Yenikapı, geoarchaeology, coastal sediments

Akdeniz Sahillerindeki Yalıtışlarının Holosen Deniz Düzeyi Oynamaları ve Tektonizma Açısından Önemi

Attila Çiner^{1,2}, Stéphane Desruelles³, Eric Fouache⁴,
Erdal Koşun⁵ ve Rémi Dalongeville⁶

¹ Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06532 Beytepe, Ankara
(E-posta: aciner@hacettepe.edu.tr)

² Vrije Universiteit, Department of Tectonics/Structural Geology, Amsterdam, Netherlands

³ J.E. 2532 Dynamiques des systèmes anthropisés, U. de Picardie, Jules Verne, Amiens, France

⁴ Université Paris 12 - Val de Marne, EA 435 Géonat, F 94010 Créteil Cedex, France

⁵ Akdeniz Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 07058 Kampüs, Antalya

⁶ CNRS-Maison de l'Orient et de la Méditerranée, UMR 5133 Archéorient, Lyon, France

Türkiye'nin Akdeniz kıyısındaki Finike ile Suriye sınırı arasında uzanan kıyı şeridi, kum ve çakıl boyutlu pekişmemiş sedimanların gelgit arası bölgede bulunan karbonat çimento sayesinde çok hızlı bir şekilde taşlaşması sonucu oluşan ve kalınlığı m'yi, yayılımı ise km'leri bulabilen yalıtışlarının (*beachrock*) gözlemlendiği bir bölgedir. Bu çalışma kapsamında çeşitli derinliklerde bulunan yalıtışlarından ¹⁴C yaş tayinleri elde edilmiş ve gözlenen diğer jeomorfik, jeolojik ve arkeolojik veriler aracılığı ile Akdeniz kıyısının son 5000 senelik deniz seviyesi değişimleri zaman ve mekan boyutunda ortaya konulmuştur.

Çalışma alanı aynı yaş gurubuna ait benzer seviyedeki yalıtışlarının ve dalga aşındırma düzlüklerinin gruplanması temeline dayanan ve birbirinden en azından son birkaç bin yıldır tektonik olarak farklılıklar gösteren 5 bölgeye (I-V) ayrılmıştır: (I) En batıda bulunan Finike Körfezi'ndeki yalıtış seviyesi ile Andriake ve Batıkşehir harabelerinin bulunduğu bölüm Roma dönemi sonrası meydana gelen depremler sonucu bugün -1.5 m ile -4 m kadar deniz altında bulunmaktadır. (II) Finike-Antalya-Çimtur arasında -0.8 m ile -2.2 m deniz altında bulunan ve 3 ayrı nesile ait yalıtış seviyelerinden en üstte olanı M.S. 4-7 yy arasında bugünkü konumuna ulaşmıştır. (III) İncekum ile Adana'nın güneyindeki Karataş-Osmaniye Fay Zonu arasında kalan III. Bölge ise yalıtışlarının genelde bugünkü deniz seviyesi ve biraz üstünde bulunduğu bir alan olarak diğer bölgelerden ayrılır. Ayrıca dalga aşındırma düzlüklerinin İncekum'da M.S. 2. yy ile günümüzden 1815-1545 yıl kadar önce +0.5 m ile +1.2 m arasında yükseldikleri bilinmektedir. (IV) İskenderun Körfezi'nin güney ve kuzeyi ile sınırlı bu bölgede iki değişik nesile ait yalıtışları (+0.3 m ile -0.8 m arası ve -0.7 m ile -1.7 m arası) bulunmaktadır. Bunlardan üstte bulunanları M.S. 4-7 yy arasındaki bir deniz seviyesi sabitlenmesine tanıklık etmektedir. (V) Suriye sınırına kadar olan sahil şeridinde yalıtışları gözlenmemekte ancak 2 ayrı deniz seviyesine ait dalga oyukları güncel deniz seviyesinin +2.8 m ve +0.8 m kadar üzerinde bulunmaktadır. Bunlardan en üstte olanı günümüzden 2500 ± 100 yıl, daha aşağıda olanı ise M.S. 5-6 yy'da bugünkü konumlarına yükselmişlerdir. Mekansal anlamda 5 Bölge'ye ayrılan çalışma alanına zaman boyutunda bakıldığında ise toplam 4 değişik deniz seviyesi sabitlenmesi görülmektedir: (1) En eski deniz seviyesi (?Orta Holosen) -3 m'de (±0.5 m) bulunan yalıtışları ile temsil edilir. (2) M.Ö. 5-7 yy arasında oluşan yalıtışları da bugün denizin -2 m (±0.5 m) kadar altında bulunmaktadır. V. Bölge'de +2 m ile +3 m kadar deniz yüzeyinin üstünde bulunan dalga oygu izleri de yine bu zaman aralığına aittirler. (3) Üçüncü deniz seviyesi sabitlenmesi ve bunun sonucu olarak bugün II. Bölge'deki Kemer'de olduğu gibi -0.4 m (±0.5 m) derinlikte bulunan yalıtışlarının oluşumu M.S. 4-6. yy'lar arasında gerçekleşmiştir. IV. Bölge'deki Gözcüler'de aynı seviyede bulunan yalıtışları yine aynı zaman aralığına aittir. Bugün deniz altında kalmış kimi Roma dönemi sonrası yapıları (I. Bölge) ile II. Bölge'de +0.5 ile +1.2 m ve V. Bölge'de +0.8 m deniz üstünde bulunan dalga aşındırma düzlüklerinin de M.S. 4-6 yy'lar arasında bugünkü konumlarına geldikleri bilinmektedir. (4) Gözlemlerimiz Türkiye'nin Akdeniz kıyılarındaki deniz seviyesinin bugünkü konumuna en geç Selçuklu (M.S. 12 yy) ve hatta olasılıkla Erken Bizans döneminden sonra (M.S. 4-7 yy) ulaştığını göstermektedir. Çalışma alanında son 5000 senede deniz seviyesinde meydana gelen değişimlerin nedenleri iklimsel ve/veya glasyo-östatik olmayıp olasılıkla tektonik kaynaklıdır.

Anahtar Sözcükler: yalıtış, ¹⁴C yaş tayini, deniz seviyesi değişimi, tektonik, Holosen, Akdeniz

Beachrock Formations on the Mediterranean Coast of Turkey: Implications for Holocene Sea Level Changes and Tectonics

Attila Çiner^{1,2}, Stéphane Desruelles³, Eric Fouache⁴,
Erdal Koşun⁵ & Rémi Dalongeville⁶

¹ Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Beytepe, TR–06532 Ankara, Türkiye
(E-mail: aciner@hacettepe.edu.tr)

² Vrije Universiteit, Department of Tectonics/Structural Geology, Amsterdam, Netherlands

³ J.E. 2532 Dynamiques des systèmes anthropisés, U. de Picardie, Jules Verne, Amiens, France

⁴ Université Paris 12 - Val de Marne, EA 435 Géomat, F 94010 Créteil Cedex, France

⁵ Akdeniz Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kampüs, TR–07058 Antalya, Türkiye

⁶ CNRS-Maison de l'Orient et de la Méditerranée, UMR 5133 Archéorient, Lyon, France

Beachrocks are early carbonate cemented seashore sedimentary bodies that can be up to 1 m thick and several km long. Because the lithification occurs at the intertidal zone and that their formation requires vertical stabilization of the shoreline they can be used in Holocene sea level change and neotectonic studies. Up to 3 different generations of beachrocks at different depths between Finike and Syrian border are 14C dated and a mid-Holocene to recent sea level change history is tentatively proposed.

According to their positions beachrocks and raised shorelines characterized by surf benches and notches of similar ages are geographically subdivided into five areas: (I) The westernmost beachrock in Finike Bay and Roman ruins of Andriake and Batıkşehir are found submerged below –1.5 m to –4 m after post-Roman earthquakes. (II) 3 different layers of beachrocks are found between Finike-Antalya and Çimtur. The uppermost beachrock indicates sea level stabilization at c. AD 400–700. (III) The third area stretches from İncekum to Karataş-Osmaniye Fault Zone. It is the only area where the central axes of the reconstructed intertidal zones are emerged. Besides in İncekum surf benches between +0.5 m and +1.2 m have been already dated as c. AD 200 and 1815 BP – 1545 BP. (IV) The southern and northern part of İskenderun Bay limits this area. Two generations of beachrocks, corresponding to two fossil intertidal zones are distinguished: the first one between +0.3 m and –0.8 m (c. AD 400–700) and the second one between –0.7 m and –1.7 m. (V) Although no beachrocks are present along the Levant coast of Turkey down to the Syrian border, two emerged shorelines with erosional notches are previously dated as 2500 ± 100 BP (+2.8 m) and c. AD 500–600 (+0.8 m). As many as 4 relative sea level positions are recognized in the study area: (1) The earliest sea level (?mid-Holocene) is represented by beachrocks at –3 m (±0.5 m). (2) The second stabilization of the sea level occurred c. AD 500–700 and is represented by beachrocks at –2 m (±0.5 m). The raised shoreline represented by an erosional notch at +2 m and +3 m near Samandağ (Area V) also belongs to this period. (3) The third stabilization of sea level and the formation of beachrocks at –0.4 m (±0.5 m) as in Kemer (Area II) dates back to c. AD 400–600. The beachrocks developed at similar elevations in Gözcüler (Area IV) are also contemporaneous. Several Roman ruins (Area I) and surf benches at +0.5 and +1.2 m (Area II) and at +0.8 m (Area V) are all known to be raised to their actual positions between c. AD 400–600. (4) The sea level reached its present position latest after Selcukid era (c. AD 1200) and probably after the Early Byzantine period (c. AD 400–700). Since then a significant sea level change is not observed. Our data indicate that the major causes of sea level changes observed along the Turkish Mediterranean coast during the last 5000 years can be attributed to local tectonics rather than to climate and/or glacio-eustasy.

Key Words: beachrock, 14C dating, sea level changes, tectonics, Holocene, Mediterranean

Bozcaada'da Yeni Bir Pleistosen Bulgusu: Bozcaada Eoliniti

Ahmet Evren Erginal¹ ve Nafiye Güneç Kıyak²

¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, Terzioğlu Kampüsü,
17000 Çanakkale (E-posta: aerginal@comu.edu.tr)

² Işık Üniversitesi, Fizik Bölümü, Kumbaba Mevkii, 34980 Şile, İstanbul

Biga Yarımadası'nın 4 km batısında yer alan Bozcaada'nın güney kıyısında, Zunguma Burnu'nu oluşturan eolinit (taşlaşmış kumul), Bozcaada jeolojisi ve jeomorfolojisi açısından yeni bir Pleistosen bulgusu olarak bu yazıda sunulmaktadır. Önceki çalışmalarda Miosen formasyonları içinde gösterilen eolinit 32120 m² lik alanda yüzeyler ve Miyosen kumtaşı ve kireçtaşlarını örterek denize doğru 220 metrelik bir burun oluşturur. İnce kesit analizlerine göre kayaç litik arenittir ve egemen minerallerini kuvars, plajiolaz, ortoklaz ve daha az oranlarda mikroklin, epidot, klorit ve lökoksit oluşturur. Kayaç %40'ı mineral kırıntılarından, geri kalan kısmı ise şist, gnays ve kireçtaşı parçalarından oluşur ve tüm tane ve kayaç kırıntıları spartik kalsit ve menisküs çimento ile birbirine bağlanmıştır. Kuzeydoğu ve güneybatıya eğimli iki çapraz tabaka serisinden oluşan eolinitin yaşı ışık uyarımlı luminesan (Optically Stimulated Luminescence-OSL) verilerine göre 24.21±1.53 bin yıl ile 16.18±1.70 bin yıl arasında değişmektedir. Yaş verilerine göre üzerinde çalışılan eolinit alçak deniz seviyesi koşullarında oluşan eolinitlere tipik bir örnek oluşturmaktadır. En genç katmandaki yoğun rizolit kalıntıları, kumul kumlarının çimentolanması esnasında bitki köklerinin boşluklarına kurak koşullar altında kalsit birikimini işaret etmektedir. Eolinitin birikim ortamı ve istif özellikleri ile içerdiği rizolitler Bozcaada'nın geç Pleistosen paleoklim koşullarının yorumlanmasında öneme sahiptir.

Anahtar Sözcükler: eolinit, rizolit, ışık uyarımlı luminesan, Pleistosen, Zunguma burnu, Bozcaada

A New Finding of Pleistocene in Bozcaada: Bozcaada Eolianite

Ahmet Evren Erginal¹ & Nafiye Güneç Kıyak²

¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, Terzioğlu Kampüsü,

TR–17000 Çanakkale, Türkiye (E-mail: aerginal@comu.edu.tr)

² Işık Üniversitesi, Fizik Bölümü, Kumbaba Mevkii, Şile, TR–34980 İstanbul, Türkiye

In this study, we present data on the Bozcaada eolianite (cemented coastal dune rock) that constitutes an important new finding for the Pleistocene geology and geomorphology of the island and that forms the Cape Zunguma on the south coast of the Bozcaada Island, located 4 km west of the Biga Peninsula. The eolianite, which was previously included within Miocene formations, crops out in an area of 32120 m², protrudes 220 m seaward, and overlies Miocene sandstone and limestone. Thin section analysis shows that the rock is a lithic arenite in composition with 60% rock fragments and 40% mineral grains, cemented by sparitic and meniscus carbonate cements. The rock fragments include schist, gneiss and limestone. The mineral grains are composed of a high percentage of quartz, plagioclase, orthoclase, and a low amount of microcline, epidote, chlorite and leucoxene. Optically Stimulated Luminescence (OSL) dating on the eolianite samples from cross-beds dipping northeast and southwest yield ages ranging between 24.21±1.53 ka and 16.18±1.70 ka before present. Based on the obtained data, the studied rock constitutes a typical example to eolianites that formed during low sea-level periods. The abundant remnants of rhizoliths observed within the youngest eolianite beds reveal that the precipitation of calcite within the void spaces of roots during the cementation of the coastal dunes took place under arid conditions. The depositional environment and sequence characteristics of the eolianite and its abundant content of rhizolith are significant for the interpretation of late Pleistocene palaeoclimatic conditions in the Bozcaada Island.

Key Words: eolianite, rhizolith, optically stimulated luminescence, Pleistocene, cape Zunguma, Bozcaada island

Sakarya Deltası (GB Karadeniz) Denizel Plajların Sedimentolojik ve Jeokimyasal Özellikleri

Mustafa Ergin, Zehra Karakaş, Koray Sözeri ve AGDEJAM Öğrenci Grubu

Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, F Blok, 06100 Tandoğan, Ankara (E-posta: ergin@eng.ankara.edu.tr)

Ankara Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (20070745007 HPD nolu proje) ve TÜBİTAK tarafından (108Y333 nolu proje) desteklenen bu çalışmanın esas amacı, Kefken-Ereğli arasındaki plajlı kıyılarda sediment birikim ve taşınım süreçleri ile bunları etkileyen faktörleri, plajlarda olası ağır mineral plaserleri ve kıyıardı maden-mineral yataklarını tesbit etmektir. Bu çerçevede 2007 ve 2008 yıllarında Kefken-Akçakoca arasındaki kıyı plajlarında çok sayıda yüzeysel sediment örnekleri toplanmış ve jeomorfolojik arazi gözlemleri yapılmıştır. Sediment örnekleri güncel kıyı çizgisi-önplaj ve arka plaj ortamlarını temsil etmektedir. Alınan sediment örnekleri üzerinde tane boyu, ağır mineral, multielement ve mineral tayin analizleri yapılmaktadır. Bu çalışma sunumunda 23 sediment örneklerinin tane boyu ve multielement dağılımlarına ait bazı sonuçlar tartışılmaktadır. Tane boyu analizleri bilinen standart petrografik yöntemlere göre yapılmış olup, jeokimyasal analizler XRF kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Orta kum tane boyu sedimentlerde tesbit edilen en baskın malzeme türüdür (% 25–86) ve bunu takiben kaba kum (çoğunlukla % 10–53) gelmektedir. İnce kum % 1–24 arasında bulunurken, çok ince kum oranları % 1–15 civarındadır. Çok kaba kum sadece birkaç örnekte ve % 18–70 oranlarındadır. Tane boyu yüzdelerindeki farklılıklar çoğunlukla bölgesel morfolojik ve hidrodinamik değişkenlere bağlı olup, diğer faktörlerin de etkisini göstermektedir. Yerkabuğu ortalaması ile karşılaştırıldığında, bu çalışmaya ait Sakarya plaj sedimentlerinin Si, Co, Sn, Ba ve Hf miktarları genelde benzer seviyededir. K (%1,0–1,8), Mg (%0,9–1,7), Fe (%1,6–3,2), Ti (%0,17–0,43), P (%0,03–0,05), Al (%3,8–5,5), Ni (23–85 ppm), Th (2,9–5,4 ppm), V (34–131 ppm), Zr (87–177 ppm) ve Mn (443–833 ppm) miktarları nisbeten az iken, Cr (46–747 ppm), U (6,4–17,9 ppm) ve W (53–143 ppm) miktarları biraz yüksektir. Akçakoca'ya yakın tek bir örnekte, birçok element miktarı oldukça yüksektir. Bazı elementlerin miktarları kıyı boyunca azalmakta veya artmakta, bazılarının oranları pek önemli değişmemekte ve bazılarının miktarları ise önemli salınımlar göstermektedir. Sediment tane boyu, ağır mineral ve çoklu-element analizleri arkaplay örneklerinde de devam etmekte olup, sonuçlar çok boyutlu tartışılmaktadır.

Anahtar Sözcükler: GB Karadeniz, Sakarya Deltası, plaj, sediment, tane boyu, çoklu element

Sedimentological and Geochemical Characteristics of Marine Beaches from the Sakarya Delta (SW Black Sea)

Mustafa Ergin, Zehra Karakaş, Koray Sözeri & AGDEJAM Öğrenci Grubu

*Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, F Blok,
Tandoğan, TR–06100 Ankara, Türkiye (E-mail: ergin@eng.ankara.edu.tr)*

The main purpose of this study is to investigate the sediment transportation and erosional processes along the coastal beaches between Kefken and Ereğli and the influencing factors as well as to determine possible heavy mineral placers and related coastal hinterland mineral-ore deposits. This study was financially supported by the Scientific Research Projects Foundation of Ankara University (Project 20070745007 HPD) and by the Turkish Scientific and Technical Research Council-TÜBİTAK (Project 108Y333). In this context, in the years 2007 and 2008 large number of surficial sediment samples were collected on coastal beaches between Kefken and Akçakoca and geomorphological field observations were carried out. Sediment samples represented modern shoreline-foreshore and backshore environments. Sediment samples collected were subjected to grain size, heavy mineral and multielement analysis and mineral determinations. In this presentation, some results of grain size and multielement distribution obtained from 23 foreshore sediment samples will be discussed. Grain size analysis were performed by using known petrographic methods and geochemical analysis were carried out on a XRF equipment.

Medium sand is the dominant grain size determined in sediments (25–86 %) followed by coarse sand (mostly between 10–53 %). Fine sand is abundant at 1–24 %, and very fine sand is contained 1–15 %. Very coarse sand is found only in a few samples ranging from 18 to 70 %. Variations in grain size percentages can be related to mostly changing regional conditions in hydrodynamics and morphology but other factors can also be considered. Compared to average composition of Earth's rocks, Sakarya beach sediments of this study contained generally similar amounts of Si, Co, Sn, Ba and Hf. Concentrations of K (1.0–1.8%), Mg (0.9–1.7%), Fe (1.6–3.2%), Ti (0.17–0.43%), P (0.03–0.05%), Al (3.8–5.5%), Ni (23–85 ppm), Th (2.9–5.4 ppm), V (34–131 ppm), Zr (87–177 ppm) and Mn (443–833 ppm) are relatively lower while Cr (46–747 ppm), U (6.4–17.9 ppm) and W (53–143 ppm) contents were higher than those of the average rocks. Exceptionally, in a sample close to Akçakoca, concentrations of some elements were relatively higher. Concentrations of some elements either with increasing or decreasing tendencies along the coast and some others with often fluctuations while some others remain nearly homogenous. Sediment grain size, heavy mineral and multielement analysis are going on also on backshore samples and results obtained will be discussed by considering all the parameters.

Key Words: SW Black Sea, Sakarya Delta, beach, sediment, grain size, çoklu element

Doğu Akdeniz’de Sedimentasyon ve Depremler: Özellikleri ve Çökelme Süreçleri

Adina Hakimian¹, Cecilia M.G. McHugh¹ ve Leonardo Seeber²

¹ *Queens College, City University of New York, 65–30 Kissena Blvd, NY 11367, USA
(E-posta: mrshakimian@yahoo.com)*

² *Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University, Seismology Geology and
Tectonophysics, 227 Seismology, 61 Route 9W - PO Box 1000, Palisades,
NY 10964-8000, USA*

Devam eden bu çalışmanın kapsamlı amacı herhangi bir ortamda deprem sonucu meydana gelen sedimentasyon olaylarının ortak özelliklerini belirlemektir. Böylece, Marmara Denizi’nde yapılan çalışmalarla karşılaştırmak için Kalabriya dış yayönü sırttan alınan sedimentleri üzerinde çalışmalar yaptık. Kalabriya sırtı Afrika Avrupa levha sınırının bir parçası olan Kalabriya yayı ile ilişkili aktif yığışım prizmasının dış kısmıdır. Hernekadar prizmanın altındaki dalma-batma kırıklarıyla ilişkili olmasa da Kalabriya çok büyük ve tahrip edici depremleri yaşamıştır. Kalabriya sırtı düz sirtlarla ayrılmış, yüzlerce metre derinliğinde ve birkaç kilometre genişliğinde olan çukurluklarla karakterize edilen engebeli bir topoğrafyaya sahiptir. Çalışılan karotlarda 3500 metreden 3660 metreye kadar değişen derinliklerdeki iki çukurluk ve her iki sırt örneklenmiştir. Cita v.d. (1996), daha önce kalın homojenit çökellerini günümüzden 3500 yıl önce meydana gelen Santorini volkan patlamasıyla ilişkilendirmiştir. Kastens (1981) Kalabriyan sırtının düz olan sirtlarında ve çukurlukların karşısındaki eş zamanlı oluşan türbiditleri tanımlamış ve bunları depremle ilişkilendirmiştir. Bu çalışmada depremle oluşan çökelleri ve homojenitin özelliklerini belirlemek için yeniden inceledik. Üç adet piston karotu 1 cm aralıklarla örnekledik. Kurutulmuş örneklerde X-ışınları floresans ve ince fraksiyonda (< 63 µm) tane boyu analizleri yapıldı.

Elde ettiğimiz ilk sonuçlar, Kalabriya sırtının sedimentasyonunda Marmara Denizi’nde olduğu gibi homojenitlerin egemen olduğunu göstermektedir. Kasten ve Cita’nın (1981) homojenit olarak tanımladığı türbiditleri yeniden sınıflandırdık ve Cita ve diğ.’nin (1996) daha önce tanımladığı 10 metre kalınlığındaki homojeniti belirledik. Bu çökeller tabanda keskin dokanak üzerine gelen mm’den cm’ye kadar değişen kalınlıktaki kum ve silt laminasyonlarını içermektedir. Tüm laminalar normal derecelenmiş ve yukarı doğru tane boyunda incelme dışında homojen çökellerdir. Tane boyu analizleri hem tüm istifte, hem de her bir lamina içinde, iki düzeyde normal derecelenmeyi göstermektedir. Element analizleri ve tane boyu özellikleri ile belirlenen çökel kalınlıkları 20 cm’den 70 cm’ye kadar değişmektedir. Bu çalışma hala sürmektedir. Ancak ilk edilen sonuçlar Kalabriya sırtı ile Marmara Deniz’i arasında çökelme şekilleri konusunda kayda değer benzerlikler olduğunu göstermektedir. Tektonik konumlarının birbirinden oldukça farklı olmasına karşın, tetikleyen mekanizmalar ve çökelme süreçlerinin bağlantılı olduğu gözükmektedir. Homojenitlerin çökelişi konusunda birçok model düşünülmektedir.

Anahtar Sözcükler: denizaltı deprem jeolojisi, Doğu Akdeniz, Kalabriya Sırtı, homojenitler, sedimentasyon süreçleri

Sedimentation and Earthquakes in the Eastern Mediterranean Sea: Characteristics and Depositional Processes

Adina Hakimian¹, Cecilia M.G. McHugh¹ & Leonardo Seeber²

¹ Queens College, City University of New York, 65–30 Kissena Blvd, NY 11367, USA
(E-mail: mrshakimian@yahoo.com)

² Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University, Seismology Geology and
Tectonophysics, 227 Seismology, 61 Route 9W - PO Box 1000, Palisades,
NY 10964-8000, USA

The overarching goal of this ongoing study is to identify common features of earthquake triggered sedimentation events in any setting. Thus we studied sediments recovered from the Calabrian outer forearc ridge for comparison with those studied in the continental transform basins along the North Anatolia Fault in the Marmara Sea. The Calabrian Ridge is the outer portion of the active accretionary wedge associated with the Calabrian arc, a segment of the African Europe plate boundary. Calabria has experienced many large and destructive earthquakes, although none have been unequivocally associated with subduction ruptures below the wedge. The Calabrian Ridge has a rugged ‘cobblestone’ topography characterized by troughs that are one to several kilometers wide and tens to hundred meters deep and are separated by flat-topped ridges. The studied cores sampled both the ridges and two troughs at water depths ranging from 3500 m to 3660 m. Cita *et al.* (1996), had previously studied these cores and identified a thick ‘homogenite’ deposit linked to the catastrophic Santorini volcanic event of 3,500 years BP. Kastens (1984) studied the same cores and identified synchronous turbidites across the troughs and flat ridges of the Calabrian Ridge and linked them to earthquakes. We re-examined a subset of the cores from the Calabrian Ridge to identify the characteristics of the ‘homogenite’ and earthquake triggered deposits. Three piston cores were sampled at 1 cm intervals, X-ray fluorescence analyses were conducted on the dried portion of the sediments, and grain size analyses of the fine fractions (< 63 µm).

Our initial results show that the sedimentation of the Calabria Ridge as in the Marmara Sea is dominated by ‘homogenites’. We identified the 10-m-thick ‘homogenite’ of Cita *et al.* (1996) and have reclassified Kastens and Cita’s (1981) turbidites as ‘homogenites’. These deposits begin with a sharp basal contact followed by numerous mm- to cm-scale sand and silt laminations. All laminae are normally graded and are contained within a fining upward and otherwise homogeneous deposit. Grain size analyses confirm two levels of normal grading, within individual laminae and of the whole sequence. The thickness of these deposits, determined from the elemental analyses and grain size characteristics, ranges from 20 to 70 cm. This work is still in progress but the initial results show remarkable similarities in depositional styles between the Marmara Sea and Calabrian Ridge deposits. The tectonic settings are quite different but the triggering mechanisms and depositional processes seem related. Several models are being considered for the deposition of the ‘homogenites’.

Key Words: submarine earthquake geology, Eastern Mediterranean, Calabrian Ridge, homogenites, sedimentation processes

Marmara Denizi’nde Geç Kuvaterner Sismik-Türbiditlerin Tayini: Yüksek Çözünürlü Karot ve Sismik Çalışmalarından İpuçları

Kürşad Kadir Eriş¹, Christian Beck² ve M. Namık Çağatay¹

¹ *İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü
(Doğu Akdeniz Oşinografi ve Limnoloji Araştırmaları Merkezi),
34469 Avcılar, İstanbul (E-posta: keris@itu.edu.tr)*

² *Savoie Üniversitesi LGCA, BP 234, 73374 Le Bourget du Lac, Chambéry, cedex Fransa*

Marmara Denizi sismik olarak aktif bir havza olup, Kuzey Anadolu Fay sistemindeki K–G gerilmeye bağlı olarak doğudan batıya dizilmiş derin doğrultu atımlı havzalardan oluşmaktadır. En doğuda yeralan Çınarcık Çukurluğu’ndan 2001 yılında Marione Dufresne gemisi ile alınan 31 m uzunluğundaki MD01-2425 piston karotunda ayrıntılı sedimentolojik çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı çoklu parametre yöntemleri kullanılarak Marmara Denizi’nde çökelmiş sismik-türbidit seviyelerin varlığını ortaya koymak ve bunların iklimsel türbiditler ile farklılıklarını tespit edebilmektir.

MD01-2425 karotunda yapılan litostratigrafik çalışmalar ve tane boyu analizleri sayesinde karot boyunca kalınlıkları 10–85 cm arasında değişen bir çok türbidit seviyesi tespit edilmiştir. Karot çökellerinde yapılan ayrıntılı sedimentolojik çalışmalarda, sismik-türbiditlerin aşınmalı keskin bir taban üzerinde kumlu ve siltli iri taneli alt bölüm ile başlayıp üste doğru yine keskin bir sınırla ‘homogenite’ olarak adlandırılan homojen kile geçtiği gözlenmiştir. Bu homojen kil seviyesi sismik profillerde şeffaf yansıma özelliği sunarken, havza içerisinde yanal yönde devamlılığı kilometrelerce izlenebilmektedir. Bu çalışmada hassas sismik ve karot eşleştirilmesi sonucunda Marmara Denizi’nde çökelen sismik-türbidit seviyelerinden bazılarının lokal sismik hareketlerden ziyade bölgesel ölçekte depremleri yansıttığı ortaya çıkarılmıştır. MD01-2425 karotunda C¹⁴ tarihlendirme analizleri ve karot-sismik eşleştirilmesi sayesinde Marmara Deniz’inde bölgesel ölçekte depremler sonucunda çökelmiş beş farklı sismik-türbidit seviyesi tespit edilmiştir. Bunlardan en genci Marmara Denizi’nde Genç Buzul Dönemi (YD) sonunda (G.Ö. ~10.5 bin yılı) çökelirken, karotda daha alt seviyelerde yeralan iki türbidit istifi Holosen başlarında (G.Ö. ~12 bin yılında) oluşmuştur. Holosen öncesinde oluşmuş diğer iki sismik-türbidit biriminin yaşları ise G.Ö. 12.8 ve 13.2 bin yıllarını vermektedir.

Anahtar Sözcükler: Marmara Denizi, Kuvaterner, sismik-türbidit, sedimentoloji, sismik stratigrafi

Characterization Late Quaternary Seismo-Turbidites in the Sea of Marmara; Evidence from High-resolution Core and Seismic studies

Kürşad Kadir Eriş¹, Christian Beck² & M. Namık Çağatay¹

¹ *İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü
(Doğu Akdeniz Oşinografi ve Limnoloji Araştırmaları Merkezi),
Avcılar, TR–34469 İstanbul, Türkiye (E-mail: keris@itu.edu.tr)*

² *Savoie Üniversitesi LGCA, BP 234, 73374 Le Bourget du Lac, Chambéry, cedex Fransa*

The Sea of Marmara is a seismically active basin and has a several strike-slip basins aligned from east to west that were created by N–S strain of the North Anatolian Fault. Detailed sedimentological study has been performed on 31-m-long piston core MD01-2425 recovered during the R/V Marione Dufresne cruise in 2001 from the Çınarcık Basin. In this study, our aim is to find out the presence of seismo-turbidites in the Sea of Marmara by multi-proxy and try to differentiate them from the climatic turbidites.

On the basis of detailed lithostratigraphic study and grain size analysis, several seismic-turbidite layers have been defined with a changing thickness between 10 and 85 cm. According to detailed sedimentological study, a seismic-turbidite sequence usually begins with a sandy and silty coarse layer over a sharp erosional base and it follows by a homogenous clay that has been previously termed as a ‘homogenite’. This homogenous layer is associated with transparent reflection characteristics in the seismic profiles, which shows a wide lateral extent for several kilometers along the basin. As a result of precise core- to -seismic correlation in this study, some turbidite layers can be attributed to regional earthquakes rather than local events in the Sea of Marmara. On the basis of C¹⁴ dates from Core MD01-2425 together with seismic-to-core correlation, we defined five main seismo-turbidite layers that deposited by regional seismic events. The youngest one was deposited at the termination of Younger Dryas (YD), whereas two other turbidite sequences in the lower section were accumulated in the beginning of the Holocene. The two other seismic-turbidites that deposited prior to Holocene, are dated at 12.8 and 13.2 ka BP.

Key Words: Sea of Marmara, Quaternary, seismo-turbidite, sedimentology, seismic stratigraphy

Kumbaba (Şile) Plajı'nda Kıyının Evrimi

Çağdaş Coşkun

*İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 34452 Vezneciler, İstanbul
(E-posta: cagdasco@gmail.com)*

Kumbaba Plajı, Şile (İstanbul) liman bölgesinin batı kısmında yer almakta ve şehir merkezine yakın olması sebebiyle kıyı turizmi açısından önem arz etmektedir. Bu amaçla plajın jeolojik evrimi kıyı mühendisliği prensipleri açısından incelemiştir. Plajın evriminde en büyük etken olan dalga etkisi, Şile Meteoroloji İstasyonu'nda 1986–2006 yılları arasında toplanmış olan rüzgâr verileri ve NATO Tu-Waves Projesi kapsamında Şile bölgesi dalga atlası kullanılarak rüzgâr/dalga istatistiği yapılmış ve dalga özellikleri belirlenmiştir. Bunlara ek olarak, İngiliz Donanması'nın uzun zamanlar boyunca Karadeniz'de toplamış olduğu deniz meteorolojisi verilerinden elde edilen analizin diğer iki çözümlemenin değerlendirmesini destekleyerek kıyı boyu katı madde taşınımı tespit edilmiştir. Jeolojik ve jeomorfolojik temel üzerine kurulan plaj evrimi, meteorolojik verilerin analizlerinin Kıyı Mühendisliği içerisindeki akıntı-dalga mekaniği ve katı madde taşınımı ile sentezlenmesi ve farklı zaman dilimleri içerisinde çekilmiş uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları gibi uzaktan algılama öğelerinin katkısıyla inceleme nihayetine ermiştir. İnceleme CERC (SPM) yöntemi ile yapılmıştır. Yapılan net kıyı boyu katı madde miktarları; dalga atlasına göre doğu–batı yönünde 14,946.249 m³/yıl, meteorolojik verilerle yapılan feç analizi sonucunda ise batı-doğu yönünde 1,205.722 m³/yıl olarak belirlenmiştir. Bu farkın oluşmasında kullanılan analiz yöntemi, rüzgâr verilerinin toplandığı istasyonun ve dalga atlasının konumu önemli etkenlerdir.

Anahtar Sözcükler: Şile, evrim, jeoloji, jeomorfoloji, kıyı, sediment, taşınım

Coastal Evolution of Kumbaba Beach (Şile, Black Sea)

Çağdaş Coşkun

*İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Vezneciler, TR–34452 İstanbul, Türkiye
(E-mail: cagdasco@gmail.com)*

Geological evolution of the coastal beaches in the Kumbaba Beach, located west of Şile (İstanbul) waterfront, has been reviewed in terms of coastal engineering principles. The biggest factor in the evolution of the beach is wave effect. Wind/wave statistics were made and wave characteristics determined by using some wave and wind data to estimate the wave effect. Wind data collected by the Şile Weather Station and the data in the Wave Atlas of the Şile region acquired by the NATO Tu-Waves Project were used. An analysis from the long-term Black Sea meteorological data of the British Navy was used to support the other two solutions to assess the long shore sediment transport. Geological and geomorphological basis of the beach evolution was concluded using the analysis of meteorological data for the Coastal Engineering in terms of the stream-wave mechanics and sediment transport and remote sensing images (satellite images and air photos) for different time periods. Review was done using CERC (SPM) method. According to wave atlas, the amount of long shore sediment transport is 14,946.24 cubic meters per year in the east to west direction, whereas according to the wind data the amount from west to east is 1,205.722 cubic meters per year. The main factors contributing to the difference are use of the different analytical methods and the position of the meteorological stations used for the collection of wave atlas and the wind data.

Key Words: Şile, evolution, geology, geomorphology, coastal, sediment, transport

Örgülü Deltalara Antalya Körfezi Batısından Güncel Bir Örnek

Korhan Ayrancı ve Erdal Koşun

*Akdeniz Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 07058 Antalya
(E-posta: korhanayranci@akdeniz.edu.tr)*

Deltalar genellikle baskın tane boyuna göre sınıflandırılır. İnce taneli deltalar; akarsu, gel-git ve dalga baskın olarak sınıflandırılırken, kaba taneli deltalar ise yelpaze deltaları ve örgülü deltalar olarak sınıflandırılır. Oluşumunu devam ettiren güncel Göynük deltası, Antalya Körfezinin batı kısmından Akdeniz'e giriş yapan birçok delta sisteminden bir tanesidir ve örgülü akarsu sistemlerince baskındır. Antalya napıları üzerinde gelişen bu deltaik sistem, batıdan doğuya doğru 6 km uzunluğundadır ve 500-600 m genişlik sunar. Bu çalışmadaki esas amaçlardan bir tanesi, bu deltaik sistemin hangi delta türüne dahil olduğunu belirlemektir. Bunu belirlemek için yer radarı (GPR) çalışması, yerin 60 m altını analiz edilecek şekilde uygulanmıştır. Tabakaların yer altındaki konumları ve olası alın seti taraması bu jeofizik uygulaması sayesinde incelenmiştir. Sonuç olarak tabakalanmanın, bir yelpaze deltası karakteristiği olan alın setindeki çapraz tabakalı ilerleyiş yerine, tabakaların örgülü delta sistemlerindeki gibi yüzeye paralel veya çok küçük bir açıyla ilerlediği gözlenmiştir. Uygulanan fasiyes analizi sayesinde bölgenin jeolojik evrimi ile zaman-mekan ilişkisi de incelenmiştir. Göynük örgülü delta sistemi içinde on ayrı fasiyes türü belirlenmiştir. 3 metre kalınlığa ulaşabilen ve Göynük deltasında en baskın bulunan kabaca tabakalanmış tane destekli çakıl (F1), F1 fasiyesi ile ardalanma gösteren iyi tabakalanmış, açık çatıtaşı çakılı (F2), kabaca tabakalanmış, matriks destekli çakıl (F3), 1-3cm çakılçiktan oluşan düzlemsel tabakalı çakıl (F4), ince-kaba taneli, çakıl saçınımlı kum (F5), ince-orta taneli, lamine kum (F6), orta-kaba taneli, düzlemsel çapraz tabakalı kum (F7), ince-kaba taneli ripple marklı kum (F8), masif silt-çamur (F9), ince lamine silt-çamur (F10), Göynük bölgesinde belirlenen fasiyeslerdir.

Yelpaze deltaları ve örgülü deltalar birbirlerinden su üstü çökelleri ile ayrılırlar. Yelpaze deltalarında bir alüviyal yelpaze bir su kütlesine ilerlerken, örgülü deltalarda ise çukur geometri sunan bir örgülü nehir sistemi su kütlesine ilerleme gösterir. Yapılan fasiyes analizinin yorumu sonrasında bölgeye alüviyal yelpaze yerine uzunlamasına bar çökellerinin baskın olduğu bir örgülü nehir sisteminin hakim olduğu gözlenmiştir.

Göynük deltasında olası cevherleşmeleri belirlemek amacıyla ağır mineral analizi de uygulanmıştır. Bu analiz için deltanın belli bölgelerinden toplam 18 ince kum örneği toplanmıştır. Ağır mineraller, toplanan bu kum örneklerinden, Sodyum metatungstat çözeltisi (Yoğunluk= 2.89 g/cm³) kullanılarak ayrılmıştır. Opak olmayan mineraller, mikroskop altında ince kesitlerde kantitatif olarak analiz edilmiştir. Opak mineraller ise parlak kesitleri yapılarak analiz edilmiştir. Titanit, epidot, hipersten, ojit, serpantin grubu mineraller, diyopsit, pijonit, zoisit, biyotit, hornblend, apatit, rutil, turmalin ve az miktarda da zirkon, Göynük bölgesinde karşılaşılan opak olmayan minerallerdir.

Sedimentolojik ve jeofizik incelemeler sonucu elde edilen veriler, Göynük deltasının bir yelpaze deltası yerine bir örgülü deltanın bölgeye hakim olduğunu göstermiştir. Yapılan ağır mineral analizi ise bölgenin ofiyolitik kökenli olduğunu ve önemli bir titanyum minerali olan titanitin bölgede baskın olarak bulunduğunu göstermiştir.

Anahtar Sözcükler: Antalya körfezi, örgülü delta, yer radarı, ağır mineral

A Modern Example of Braid-Delta from Western Gulf of Antalya

Korhan Ayrancı & Erdal Koşun

*Akdeniz University, Department of Geological Engineering, TR–07058 Antalya, Türkiye
(E-mail: korhanayranci@akdeniz.edu.tr)*

Deltas are generally classified according to their grain size. While fine grained deltas are classified as fluvial, tide and wave dominated, coarse grained deltas are classified as fan delta and braid-delta. The recent Göynük delta in the west of Antalya Gulf is one of the deltaic systems prograding into the Mediterranean Sea in which braided fluvial systems are dominated. This deltaic system that develops on Antalya Nappes progresses from west to east with a 6 km long and 500-600 m wide channel that reaches the recent coastline. One of the aims of the study is to determine whether the Göynük deltaic system is a braid-delta or a fan delta. To that end a GPR (Ground Penetrating Radar) survey was conducted up to 60 m depth. The distribution of the stratigraphic layers and a possible presence of foresets were investigated. The layers were seen to progress either parallel to the surface or with a small angle as in braid-delta systems; i.e. the foresets showing a cross bedding which is characteristics of fan deltas were not met. Process oriented facies analysis shows the time and space relationships of the deltaic system and its geological evolution. Ten facies were defined within Göynük braid-delta system. Crudely bedded, normal graded clast-supported gravel facies (F1) up to 3 m thick is dominant in the overall deltaic system. Beside this, well stratified open framework, clast supported gravel facies (F2), crudely bedded matrix supported gravel facies (F3), clast-supported gravel facies consisting of 1-3 cm pebbles (F4), fine to coarse grained, pebble scattered sand facies (F5), fine to medium grained, laminated sand facies (F6), medium to coarse grained, planar-cross bedded sand facies (F7), fine to coarse grained, ripped sand facies (F8), massive silt-mud facies (F9), fine laminated silt-mud facies (F10) were recognized.

Fan delta and braid-delta are distinguished from each other with subaerial deposits. While an alluvial fan system is prograding into a standing body of water in fan deltas, braid river system with concave geometry is prograding into a standing body of water in braid-delta systems. It was determined from the interpretation of facies analysis that the facies reflected a fluvial system having longitudinal bars, rather than an alluvial fan.

Heavy mineral analysis was also carried out in order to predict possible ore formations. Sand samples were collected from 18 different locations of Göynük braid-delta for heavy mineral analysis. The heavy minerals were separated from the samples using Sodium metatungstate solution (density 2.89 gr/cm³). Non-opaque minerals were examined in thin sections and the opaque minerals were examined in polished sections. Sphene, epidote, hyperstene, augite, serpentine group minerals, diopside, pigeonite, zoisite, biotite, hornblende, apatite, rutile, tourmaline and zircon (in small amount) are the non opaque heavy minerals encountered in Göynük region.

The sedimentological and geophysical data indicate that the depositional system in Göynük represents a braid-delta system rather than a fan delta. It was determined from the heavy mineral analysis that the provenance is of ophiolitic origin.

Key Words: Gulf of Antalya, braid-delta, ground penetrating radar, heavy mineral

Karadeniz Şelfi'nin İstanbul Boğazı Çıkışında Sediment Karotlarındaki Bentik Foraminifer Dağılımı

Elmas Kırcı-Elmas¹, Oya Algan¹ ve Gilles Lericolais²

¹ İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü,

34470 Vefa, İstanbul (E-posta: kircie@istanbul.edu.tr)

² IFREMER – Centre de Brest Geosciences Marines, BP 70,
F-29280 Plouzane cedex, France

Karadeniz Şelfi'nin İstanbul Boğazı çıkışında alınmış olan bir adet gravite karot ve iki adet Ronanberg karotun içermiş olduğu bentik foraminifer toplulukları incelenerek, karotlar boyunca foraminifer tür ve bolluk değişimleri belirlenmiştir.

Dünyanın en büyük anoksik havzası olma özelliğine sahip olan Karadeniz, Türk Boğazlar Sistemi ile Akdeniz'e bağlı yarı kapalı bir havzadır. Yüzey suyunun düşük tuzluluğuna karşın (% 18–22), derinlerde Çanakkale Boğazı-Marmara Denizi-İstanbul Boğazı üzerinden giren % 38.5 tuzluluklu Akdeniz suyu yer alır. Farklı yoğunluklu bu iki su kütlesi ~150 m derinlikte su kolonu tabakalanmasına neden olur.

Yaklaşık 63 m su derinliğinden alınmış olan 2.20 m uzunluktaki gravite karot, son Akdeniz – Karadeniz bağlantısının kurulması ve alana Akdeniz göçmeni faunanın yerleşiminin kanıtlarını içerir. Karotun yer yer ince kum bantlı gri-yeşil çamur içeren alt 80 cm'lik kısmında (220–130 cm), *Dreissena* ve Akdeniz göçmeni türlerden oluşan karma bir mollusk faunası yer alır. Akdeniz göçmeni faunanın bolluğu yukarılara doğru artar iken *Dreissena* kavkıları azalır. Bu karma fauna tatlı sudan tuzlu suya bir geçiş zonunu işaret eder. Bentik foraminifer topluluk nispeten yüksek tür çeşitliliğine karşın düşük fert sayısına sahiptir ve başlıca *Ammonia tepida*, *A. parasovica*, *Bulimina aculeata*, *Lobatula lobatula*, *Elphidium pauciloculum*, *Elphidium* spp. ve *Haynesina anglica* türlerinden oluşur. Bol kavkı ve kavkı kırıklı gri-yeşil çamurların gözlendiği 130–60 cm'ler arasında, toplam bentik foraminifer (TBF) içeriğinde belirgin bir artış gözlenir. Fauna temel olarak *Ammonia* türlerinin % 90'a ulaşan baskınlığı ile karakterize olur. Düşük bollukta *Elphidium*, *Quinqueloculina*, *Haynesina*, *Brizalina* ve *Porosononion* türleri içerir. Karotun alt seviyelerinde hiç gözlenmeyen ya da nadir sayıda yer alan *Ammonia compacta*'nın bu seviyede artışı ve baskın tür haline gelişi, muhtemelen ortamdaki nispi bir tuzluluk artışına işaret eder. Keskin bir dokanakla siyahımsı-gri lamine çamurlara geçilen üst 60 cm'lik kısım, en düşük TBF ve en düşük tür çeşitliliği gösterir. *Ammonia parasovica*, *A. tepida*, *A. compacta*, *Porosononion subgranosum*, *Eggerella scabra* ve *Elphidium* spp. başlıca bolluk gösteren türlerdir. Litolojide keskin değişim ve foraminifer faunasında keskin azalışın gözlendiği bu sınır, Karadeniz'de muhtemelen günümüz oşinografik koşullarına benzer şartların başlangıcını gösterir. Daha derinden (–85 ve –93 m) alınmış olan kısa (0.9 m) karotlarda gözlenen bentik foraminifer topluluğu, tür çeşitliliği ve bolluk açısından nispi değişimler göstermesine karşın, gravite karotun üst kesimlerini bütünüyle tanımlar.

Anahtar Sözcükler: bentik foraminifer, İstanbul boğazı, Karadeniz, şelf sedimentleri

Benthic Foraminiferal Distribution in Sediment Cores from the Black Sea Shelf near the Exit of the İstanbul Strait

Elmas Kırıcı-Elmas¹, Oya Algan¹ & Gilles Lericolais²

¹ İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Vefa,
TR–34470 İstanbul, Türkiye (E-mail: kircie@istanbul.edu.tr)

² IFREMER – Centre de Brest Geosciences Marines, BP 70,
F-29280 Plouzane cedex, France

Benthic foraminiferal assemblages and their downcore distribution were examined in a gravity core and two Ronanberg cores collected from the Black Sea Shelf near the exit of the İstanbul Strait.

The Black Sea, being the largest anoxic basin of the world, is a semi-enclosed basin connected to the Mediterranean through the Turkish Strait System. Surface waters of the Black Sea have low salinity (18–22 ‰); whereas Mediterranean waters with 38.5‰ salinity inflow through the Çanakkale Strait–Marmara Sea–İstanbul Strait. These two water bodies cause water stratification at a depth of about 150 m.

Gravity core having a length of 2.20 m recovered from the 63 m water depth includes the evidences of the last connection between the Black and Mediterranean seas and the settlement of the Mediterranean immigrant fauna. The lowest 80 cm of the core (220–130 cm interval) consists of grey-green mud with fine-grained sand bands and has a mixed mollusk fauna, including *Dreissena* and Mediterranean immigrant fauna. The abundance of Mediterranean immigrant fauna increases upwards with rare *Dreissena* shells. The mixed fauna suggests a transition zone from fresh water conditions to saline conditions. Benthic foraminiferal assemblages have a relatively high diversity consisting of mainly *Ammonia tepida*, *A. parasovica*, *Bulimina aculeata*, *Lobatula lobatula*, *Elphidium pauciloculum*, *Elphidium* spp. and *Haynesina anglica*; but low abundance of specimens. The interval between 130 and 60 cm is represented by grey-green mud, including abundant shell and shell fragment. Total benthic foraminifera (TBF) displays a considerable increase at this interval. The fauna is predominated by *Ammonia* species, reaching to 90% and to a lesser amount of *Elphidium*, *Quinqueloculina*, *Haynesina*, *Brizalina* and *Porosonion* species. Significant increase and dominance of *A. compacta* in this interval, compared to basal section of the core, probably indicates a relative increase in the salinity of the environment. A sharp lithologic variation is observed at 60 cm from gray-green mud to laminated blackish-gray muds, corresponding to the lowest TBF and poor diversity. *Ammonia parasovica*, *A. tepida*, *A. compacta*, *Porosonion subgranosum*, *Eggerella scabra* and *Elphidium* spp. are observed in this interval. The boundary characterized by sharp variation at lithology and sharp decrease in foraminiferal fauna denotes the beginning of present-day oceanographical conditions. Benthic foraminiferal assemblages observed in two short cores with 0.9 m lengths from the deeper (–85 and –93 m) water depth complements the upper parts of the gravity core, in spite of some variations in diversity and abundance.

Key Words: benthic foraminifera, İstanbul strait, Black Sea, shelf sediments

AGDEJAM ile Ankara Üniversitesi’nde Kıyı ve Deniz Jeolojisi Araştırmaları

Mustafa Ergin

*Ankara Üniversitesi, Akarsu Göl ve Denizlerde Jeolojik Araştırma ve Uygulama Merkezi
(AGDEJAM), Fen-Mühendislik Fakülteleri Kampüsü, F Blok, 06100 Tandoğan, Ankara
(E-posta: ergin@eng.ankara.edu.tr)*

Kuruluşu 23 Ağustos 1997 tarihinde Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren ve Ankara Üniversitesi’nde faaliyete geçen Akarsu, Göl ve Denizlerde Jeolojik Araştırma ve Uygulama Merkezi Türkiye’yi çevreleyen kıyı ve denizlerde jeolojik, jeofiziksel ve çevre araştırmaları yapmakta ve sonuçlarını ulusal ve uluslararası kurum ve kuruluşlarda duyurmakta ve yayınlamaktadır. Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Binası’nda bulunan Merkez Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nün eğitim-öğretim ve araştırma süreçleri içinde yer almakta ve bu bölümün akademik ve idari personelinden destek almakta ve dersane ve laboratuvar gibi fiziki alt yapılarını kullanmaktadır.

Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü, Hacettepe Üniversitesi, İstanbul Üniversitesi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İstanbul Yıldız Teknik Üniversitesi, Niğde Üniversitesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Adana Çukurova Üniversitesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi, Dz.K.K. Seyir Hidrografi Oşinografi Dairesi gibi kurum veya kuruluşlardan bilimsel ve teknik destek olarak ortaklaşa çalışan Merkez, gelecekte daha fazla kuruluşlarla ve hatta uluslararası projelerde birlikte çalışmayı planlamaktadır.

Merkez bugüne kadar açık deniz araştırmalarında MTA-Sismik 1, ODTÜ-Bilim, İstanbul Üniversitesi-Arar, Dokuz Eylül Üniversitesi-Piri Reis Araştırma Gemileri ile güvertede mevcut karot ve keşçeleri ve sismik sitemleri kullanmıştır. Kıyı ve kıyıya yakın çalışmalarında ise kiralanan yöresel tekne ve motorlardan faydalanılmıştır. Çalışmalarda en büyük destek doğrudan TÜBİTAK ve Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi’nden sağlanmış olup, dolaylı olarak da DPT ve diğer üniversite-BAP imkanlarından da faydalanılmıştır. Merkez sınırlı da olsa, uluslararası IGCP 495, 511 ve 521 nolu projelerle de üye araştırmacı olarak ilgilenmektedir.

Merkez çalışmaları kıyı ve açık deniz olmak üzere genelde iki alanda toplanmaktadır. Açık deniz araştırmaları Güneybatı Karadeniz şelfinde, Marmara Denizi’nin nerede ise şelf, yamaç ve derin düzlük gibi tüm bölgelerinde (Çanakkale Boğazı dahil), Ege Denizi’nde Çanakkale Boğazı-Gökçeada-Bozcaada arasında, Büyük Menderes Delta ilerisinde, Antalya Körfezi’nde gerçekleştirilmiştir. Açık deniz araştırmalarının amacı; genelde sediment tür ve dağılımı ile etkileyen karasal, denizel ve iklimsel faktörleri tesbit etmek, tektonik veya depresel süreçlere bağlı deniz tabanındaki sediment akımlarını ve türbidit oluşumları ile jeoteknik değişkenleri incelemek, son buzul ve buzul arası deniz seviyesi değişimlerinin izlerini araştırmak ve inorganik-ağır metal deniz kirliliğini tesbit etmektir. Kıyı araştırmaları ise, Türkiye kıyılarının büyük bir kısmında gerçekleştirilmiş olup, halen de devam etmekte ve gelecekte de hazırlıklar yapılmaktadır. Kıyı çalışmalarının konuları genelde, kıyılarda sedimentler ileleme veya gerileme, kıyılarda tektonik alçalma veya yükselme, plajlarda olası ağır mineral plaser birikimleri ve ekonomik değerlendirmeler ve plajların tanıtımı ve jeoturizme kazandırılması olarak tanımlanabilir. Plajlı kıyıların tıbbi jeolojiye açılımı da merkezin hedefleri arasındadır.

Merkezin tüm bilimsel faaliyetleri ulusal ve uluslararası hakemli dergilerde yayınlanmakta, kongre ve sempozyumlarda sunulmakta ve hazırlanmakta olan web sayfasına da taşınmaktadır. Merkez ulusal ve uluslar arası bir kuruluş olmayı arzu etmekte ve bu nedenle de görüş ve tavsiyelere ve ilgi duyan herkese açık bulunmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Ankara Üniversitesi, araştırma merkezi, kıyı ve deniz jeolojisi

Coastal and Marine Geology Research with AGDEJAM of the Ankara University

Mustafa Ergin

Ankara University, Geological Research Center for Fluvial Lacustrine and Marine Environments (AGDEJAM), Science and Engineering Faculties Campus, F Blok, Tandoğan, TR-06100 Ankara, Turkey (E-mail: ergin@eng.ankara.edu.tr)

Fluvial, Lacustrine and Marine Geology Research Center of the Ankara University has been established in 1997 to promote geological, geophysical and environmental investigations in coastal and offshore regions surrounding Turkey. The results are being presented at national and international meetings and conferences. AGDEJAM is located in the Geological Engineering Building and is intensely participated at lecturing and research activities of Department of Geological Engineering. AGDEJAM also receives administrative and scientific support from this department, including use of lecture rooms and laboratories.

AGDEJAM Works together with other Institutions such as General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA), Ankara Hacettepe University, İstanbul University, Middle East Technical University, İstanbul Yıldız Technical University, Niğde University, Eskişehir Osmangazi University, Sivas Cumhuriyet University, Adana Çukurova University, İstanbul Technical University, İzmir Dokuz Eylül University and İstanbul Turkish Navy Dept. Navigation Hydrography and Oceanography. AGDEJAM intends to keep this scientific and technical cooperation also in future with more other institutions even with international projects.

For offshore studies, AGDEJAM used Research Vessels ‘MTA-Sismik 1’, ‘ODTÜ-Bilim’, ‘İstanbul University-Arar’ and ‘Dokuz Eylül University-Piri Reis’ together with onboard core and grab sampling equipments and seismic systems. For shore and nearshore studies, motor boats and small vessels were rented. Most of the financial support to do coastal and near-coastal studies came from Turkish Scientific and Technical Research Council of Turkey-TÜBİTAK and Ankara University Scientific Research Projects Unit but also supports from Research Foundations of other universities and Turkish State Planning Office were available. Even at limited numbers and extend, AGDEJAM also participated as associate members within international IGCP projects 495, 511 and 521.

AGDEJAM Research activities can be grouped as coastal and offshore studies. Offshore marine research was conducted on SW Black Sea shelf, on almost entire shelf, slope and deep-basins of the Marmara Sea (incl. Çanakkale Strait-Dardanelles), Çanakkale Strait-Gökçeada Island-Bozcaada Island triangle at the NE Aegean Sea, off the Büyük Menderes River pro-delta and Antalya Gulf. Main purpose of the offshore studies is to determine; types and modes of sediment distribution and influencing marine, terrestrial and climatic factors; geotechnical parameter changes, sediment mass movements and turbidite formations as related to tectonism and earthquakes, traces of last glacial and interglacial sealevel changes and to investigate heavy metal marine pollution. Coastal studies are carried out in many regions and are still going on and will continue in future. Subjects of coastal studies ranged widely, including sedimentary progradation and retrogradation, tectonic uplift and sinking, probable heavy mineral placers and their economic potential, geotourism of beaches. Medical geology of beaches is another subject within the areas of interest of AGDEJAM.

Scientific activities of AGDEJAM are published in national and international journals and presented during meetings and congresses worldwide and also prepared to bring to the web site of the AGDEJAM. AGDEJAM would like to be international and wishes to cooperate at both national and international level and all suggestions and are welcome.

Key Words: Ankara University, research center, coastal and marine geology

Gemlik Körfezi Yüzey Çökellerinde Petrol Aromatik Hidrokarbonların Dağılımı ve Kaynaklarının Tanımı

Selma Ünlü ve Bedri Alpar

¹ *İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Deniz Biyolojisi BD, 34116 Vefa, İstanbul (E-posta: su@istanbul.edu.tr)*

² *İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Deniz Jeolojisi ve Jeofiziği ABD, 34116 Vefa, İstanbul*

Petrol aromatik hidrokarbon (PAH) bileşikleri başlıca doğal yollarla ve organik maddelerin tamamlanmamış yanmaları sonucu oluşan antropogenik süreçler ile denizel ortama katılırlar. Fosil yakıtların sızıntısı, evsel-endüstriyel atıkların deşarjı, atmosferik partiküllerin çökmesi, egzoz gazlarının yoğunlaşması veya yüzey suları akışı gibi yollarla deniz ortamına giren PAH bileşiklerinin hafif molekül ağırlıklı olanlarının suda emisyon oluşturma özellikleri azdır ve bunların ağır molekülü hidrokarbon bileşiklerine göre buharlaşma yetenekleri daha fazladır, diğer anlamda kolaylıkla biyolojik bozunuma uğrarlar. PAH bileşikleri bazen yerinde oluşan biyogenik bozuşum nedeniyle diagenetik yollarla, bazen de petrogenik olarak oluşurlar. Biyo-jeokimyasal çalışmalarda PAH bileşiklerinin dağılımı yanında, olası kaynaklarının araştırılması ve bunların değişik ortam şartlarından nasıl etkilendiklerinin belirlenmesi de gerekmektedir.

Marmara Denizinin en kirli alanlarından biri olan Gemlik Körfezinden toplanan 62 adet yüzey çökel örneğindeki gaz kromatografisi-kütle spektrometresi ile ölçülen 13 adet PAH bileşiklerinin konsantrasyon artışları geniş bir spektrumda dağılım göstermektedir. Bu bileşiklerinin miktar tayinleri kirlenici kaynak ayrımı için yeterli olmayıp, bu amaçla çeşitli oran, indis ve istatistiksel analizler kullanılır. Bu çalışmada Gemlik Körfezi güncel çökellerinde gözlenen PAH'ların temel kaynaklarını belirlemek ve doğal kaynakların insan kaynaklı kaynaklarla olan ayrımını yapabilmek için Varimax rotasyonu ile ana bileşenler analizi (PCA) uygulanmıştır. Aralarında yüksek ilişim bulunan çok değişkenli verileri aralarında ilişim olmayan yeni bir koordinat sistemine dönüştüren bu yöntem, kaynak türlerini önceden bilmeden sadece çok değişkenli giriş verilerini kullanarak regresyon analizi yapabilmektedir. Analiz sonucu elde edilen faktör skoru mutlak değerlerinin, ortalaması çıkarılıp standart sapmasına bölünmüş toplam PAH değerlerine yapılan çoklu doğrusal regresyon analizi ile kirlenici ana kaynakların yüzde dağılımları belirlenmiştir.

Gemlik Körfezinde toplam PAH konsantrasyonları silt/kil yapısı ve organik karbon içeriği ile önemli korelasyonlar göstermez ($r^2 = 0.30$ ve 0.18). Özellikle doğu ve güneydeki yakın-kıyı alanlarında yayılım gösteren yüksek değer dağılımlarının temel kaynakları, nehir girdileri, gemcilik ve liman faaliyetleri, yerel ve endüstriyel fabrika atığı deşarjları, hızlı ekoturizm ve atmosferik girdilerdir. Körfezin orta ve kuzey kesimlerindeki PAH bileşenlerinin karakteristik dağılımları daha farklı bulunmuştur. Körfez ortası kesimlerde fluoranthene ve pyrene baskın iken kuzey sahile yakın sahalarda perylene, Benzo[ghi]perylene ve indeno[1,2,3-cd]pyrene daha baskındır. Farklı PAH bileşiklerinin kaynaklarının neler olabileceği ve bunların birbirleriyle olan ilişkisini açıklayabilmek için bazı özel bileşen oranları değerlendirilmiştir. Perylenin penta-aromatik izomerler içindeki yüksek oranlarının özellikle kuzeyde ve körfezin derin kesimlerinde dağılması, kirlenici kaynağın bu kesimde kısmen diagenetik bir orijine sahip olduğunu göstermektedir. Elde edilen veriler Gemlik Körfezi ve çevresindeki su havzasının çevre etki değerlendirilmesine katkıda bulunmakta, ayrıca PAH bileşiklerinin yarı kapalı denizel ortamlarda nasıl davrandığını anlamamıza olanak tanımaktadır.

Anahtar Sözcükler: PAH, Gemlik Körfezi, sediment, istatistiksel analiz, kirlilik, kirlenici kaynak