

# TÜRKİYE JEOLojİ BÜLTENİ

*Geological Bulletin of Turkey*

Nisan 2010 Cilt 53 Sayı 1  
April 2010 Volume 53 Number 1

ISSN 1016-9164



**TMMOB JEOLojİ MÜHENDİSLERİ ODASI**  
*Chamber of Geological Engineers of Turkey*

TMMOB  
JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI  
*Chamber of Geological Engineers of Turkey*

**YÖNETİM KURULU / EXECUTIVE BOARD**

|                 |  |
|-----------------|--|
| ÇAĞLAN Dündar   | Başkan / <i>President</i>  |
| ATIL Hakkı      | İkinci Başkan / <i>Vice President</i>                                |
| ERCAN Sami      | Yazman / <i>Secretary</i>  |
| KURTOĞLU Çetin  | Sayman / <i>Treasurer</i>  |
| ALAN Hüseyin    | Mesleki Uygulamalar Üyesi / <i>Member of Professional Activities</i> |
| ULUŞAHİN Adem   | Yayın Üyesi / <i>Member of Publication</i>                           |
| YENER Ali Burak | Sosyal İlişkiler Üyesi / <i>Member of Social Affairs</i>             |

**TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ**  
*Geological Bulletin of Turkey*

**Yayın Kurulu / Publication Board**

**Editörler / Editors**

Cemal TUNOĞLU, Hacettepe Üniversitesi  
tunay@hacettepe.edu.tr  
Kadir DİRİK, Hacettepe Üniversitesi  
kdirik@hacettepe.edu.tr

**Yardımcı Editör / Assistant Editor**

İbrahim Kadri ERTEKİN, Hacettepe Üniversitesi  
iertekin@hacettepe.edu.tr  
**İngilizce Editörü / English Editor**  
Margaret SÖNMEZ

**Yazı İnceleme Kurulu / Editorial Board**

|   |   |
|---|---|
| ALTINER Demir (Ankara, Türkiye)             | OKAY Aral (İstanbul, Türkiye)           |
| BAYHAN Hasan (Ankara, Türkiye)              | PAKTUNÇ Doğan (Ontario, Kanada)         |
| BESBELLİ Berk (Ankara, Türkiye)             | ROBERTSON Alastair (Edinburg, UK)       |
| BOZKURT Erdin (Ankara, Türkiye)             | SAKINÇ Mehmet (İstanbul, Türkiye)       |
| DEMİREL İsmail Hakkı (Ankara, Türkiye)      | SATIR Muharrem (Tübingen, Almanya)      |
| GENÇ Yurdal (Ankara, Türkiye)               | ŞEN Şevket (Paris, Fransa)              |
| GÖKÇE Ahmet (Sivas, Türkiye)                | TATAR Orhan (Sivas, Türkiye)            |
| GÖKTEN Ergun (Ankara, Türkiye)              | TEKİN U. Kağan (Ankara, Türkiye)        |
| GÖNCÜOĞLU M. Cemal (Ankara, Türkiye)        | TEMEL Abidin (Ankara, Türkiye)          |
| GÜLEÇ Nilgün (Ankara, Türkiye)              | TÜYSÜZ Okan (İstanbul, Türkiye)         |
| HELVACI Cahit (İzmir, Türkiye)              | ÜNLÜ Taner (Ankara, Türkiye)            |
| KARAKAYA Muazzez Çelik (Konya, Türkiye)     | ÜNLÜGENÇ Ulvi Can (Adana, Türkiye)      |
| KARAYİĞİT Ali İhsan (Ankara, Türkiye)       | USTAÖMER Timur (İstanbul, Türkiye)      |
| KELLING Gilbert (Staffordshire, UK)         | VASELLI Orlando (Florans, İtalya)       |
| MAMEDOV Musa (Baku, Azerbaycan)             | WALASZCZYK Ireneusz (Warszawa, Polonya) |
| NOKAMAN M. Eran (İzmir, Türkiye)            | YALÇIN Hüseyin (Sivas, Türkiye)         |
| NAZİK Atike (Adana, Türkiye)                | YAVUZ Fuat (İstanbul, Türkiye)          |
| ÖZER Sacit (İzmir, Türkiye)                 | YILMAZ İsmail Ömer (Ankara, Türkiye)    |
| PIPIK Radovan Kyska (B. Bystrica, Slovakya) | YİĞİTBAŞ Erdinç (Çanakkale, Türkiye)    |
|   | YÜRÜR M. Tekin (Ankara, Türkiye)        |

**Yazışma Adresi**

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası  
PK. 464 Yenışehir, 06410 Ankara  
Tel: (312) 434 36 01  
Faks: (312) 434 23 88  
E-posta: jmo@jmo.org.tr  
URL: www.jmo.org.tr

**Correspondence Address**

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

|                    |  |
|--------------------|--|
| Yayın Türü         | : Yerel Süreli Yayın   |
| Baskı (Printed by) | : Mattek Matbaacılık Bas. Yay. Tan. San. Tic. Ltd. Şti. G.M.K. Bulvarı 83/23 Maltepe/Ankara Tel: 0.312 229 15 02 |
| Baskı Tarihi       | : 31.03.2010   |
| Baskı Adedi        | : 3000   |

# TÜRKİYE JEOLojİ BÜLTENİ

*Geological Bulletin of Turkey*

Nisan 2010 Cilt 53 Sayı 1  
April 2010 Volume 53 Number 1

ISSN 1016-9164

## İÇİNDEKİLER CONTENTS

**Mine Sezgül KAYSERİ ve Funda AKGÜN**

**Türkiye'de Geç Burdigaliyen–Langiyen Periyodu ve Avrupa ile Paleortamsal ve Paleoklimsel Karşılaştırma: Muğla–Milas (Kultak) Geç Burdigaliyen–Langiyen Palinoflorası ve Paleoklimsel Özellikleri**

*The Late Burdigalian–Langhian Time Interval in Turkey and the Palaeoenvironment and Palaeoclimatic Implications and Correlation of Europe and Turkey: Late Burdigalian Langhian Palynofloras and Palaeoclimatic properties of the Muğla–Milas (Kultak).....1*

**İzzet HOŞGÖR and Yavuz OKAN**

**Bioerosion Structures on the *Crassostrea gryphoides* (Schlotheim, 1813) Shells from the Salyan Formation (Upper Burdigalian-Lower Langhian), K. Maraş, Southeastern Turkey.....45**

**Mehmet Serkan AKKİRAZ, Funda AKGÜN ve Sefer ÖRÇEN**

**Çivril doğusu'nda (Denizli) yüzlek veren Rupeliyen–erken Şattiyen (Oligosen) yaşlı Tokça Formasyonu'nun Paleokolojisi: Sayısal iklimsel karşılaştırmalar**

*Palaeoecology of the Rupelian–early Chattian (Oligocene) aged Tokça Formation outcropping east of Çivril (Denizli): Quantitative climatic correlations.....63*

**Türkiye Jeoloji Bülteni makale dizin ve özleri:**

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

***Geological Bulletin of Turkey is indexed and abstracted in:***

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

**TÜRKİYE JEOLojİ MÜHENDİSLERİ ODASI**

*Chamber of Geological Engineers of Turkey*

Türkiye Jeoloji Bülteni'ne 2009 Yılında sunularak sonuçlandırılan makalelerin değerlendirilmesine Yazı İnceleme Kurulu dışında katkıda bulunanlar

*Followings are the names of the contributors in addition to the Editorial Board for the papers submitted to the Geological Bulletin of Turkey and evaluated in 2009*

AKGÜN Funda (İzmir, TÜRKİYE)  
AKYÜZ Serdar (İstanbul, TÜRKİYE)  
ALTUNEL Erhan (Eskişehir, TÜRKİYE)  
ÇELİK Mehmet (TÜRKİYE)  
ERGİNAL Evren (TÜRKİYE)  
İzver ÖZKAN (TÜRKİYE)  
KAPAN-YEŞİLYURT Sevinç (Çanakkale, TÜRKİYE)  
KARABIYIKOĞLU Mustafa (Van, TÜRKİYE)  
KÜLKÖYLÜOĞLU Okan (Bolu, TÜRKİYE)  
ÖZKAN-ALTINER Sevinç (Ankara, TÜRKİYE)  
SAYILI Sönmez (Ankara, TÜRKİYE)  
ŞİMŞEK Şakir (Ankara, TÜRKİYE)  
YAŞAR Doğan (TÜRKİYE)



**Türkiye’de Geç Burdigaliyen–Langiyen Periyodu ve Avrupa ile Paleortamsal ve Paleoklimsel Karşılaştırma: Muğla–Milas (Kultak) Geç Burdigaliyen-Langiyen Palinoflorası ve Paleoklimsel Özellikleri**

*The Late Burdigalian–Langhian Time Interval in Turkey and the Palaeoenvironment and Palaeoclimatic Implications and Correlation of Europe and Turkey: Late Burdigalian-Langhian Palynofloras and Palaeoclimatic properties of the Muğla–Milas (Kultak)*

**Mine Sezgül KAYSERİ ve Funda AKGÜN**

*Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Kampüsü, Buca–İzmir, 35160, Türkiye (E-posta: [sezgul.kayseri@ogr.deu.edu.tr](mailto:sezgul.kayseri@ogr.deu.edu.tr))*

**ÖZ**

Bu çalışmada Polypodiaceae, Osmundaceae, *Ulmus*, *Pinus* (*haploxyton*-tip), *Picea*–Pinaceae, *Cupressaceae*, Castaneae, Cyrillaceae, Oleaceae, Poaceae, *Carya*, *Engelhardia*, *Quercus*, Taxodiaceae, *Salix* ve Myricaceae formları ile temsil edilen ve Neojen memeli zonlarından MN 5-6 sınırına karşılık gelen Burdigaliyen-Langiyen palinoflorası Muğla-Milas-Ören (Kultak) yöresi için ilk kez tanımlanmıştır. Tanımlanan palinoflora Türkiye (Ankara–Çayırhan, Balıkesir–Bigadiç ve Gönen, Samsun–Havza, Çanakkale–Çan, Çanakkale–Etili ve Aydın–Başçayır ve Kuloğulları) ve Yunanistan’da ait (Kolivata, Evia ve Spanokhorion) daha önce tanımlanmış olan palinofloralar ile karşılaştırılmıştır. Türkiye ve Yunanistan’a ait Geç Burdigaliyen–Langiyen palinofloraları “Coexistence Approach” analiz yöntemi kullanılarak, sayısal iklimsel parametreler (yıllık ortalama sıcaklık “MAT”, en soğuk ayın ortalama sıcaklığı “CMT”, en sıcak ayın ortalama sıcaklığı “WMT” ve yıllık sıcaklık amplitüdü “MART”) açısından değerlendirilmiştir. Geç Burdigaliyen–Langiyen zaman aralığında Orta Avrupa’da tanımlanmış “Orta Miyosen sıcak iklim dönemi”nin, Türkiye ve Yunanistan’da aynı döneme ait paleocoğrafyalar üzerindeki etkileri tartışılmış ve bu sıcak iklim döneminin, genelde CMT değerlerinin yükselmesine neden olduğu gözlenmiştir. Çalışmada paleoklim ve paleotopoğrafik değişimlerin paleovejetasyon üzerine etkileri yorumlanmış ve özellikle Orta Avrupa ve Türkiye palinofloralarında sıcak iklim koşullarında (Örneğin; Schizaceae, *Engelhardia*, Sapotaceae ve Cyrillaceae) gelişebilen

bitkilerin çoğaldığı belirlenmiştir. Milas-Kultak alanından elde edilen bulgulara dayanarak, Miyosen’de gözlenen vejetasyonel farklılaşmanın, palaeocoğrafya ya bağlı bölgesel palaeotopoğrafik özelliklerin ve dünya ölçeğinde gözlenen palaeoiklimsel değişimlerin etkisinde geliştiği söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Milas–Kultak, geç Burdigaliyen, Langiyen, Palinoloji, Paleoiklim, Paleovejetasyon, Paleocoğrafya

### **ABSTRACT**

*In this study, the Kultak palynoflora of the Muğla–Milas–Ören (Kultak) region, which is characterized by Ulmus, Pinus (haploxylon-type), Picea–Pinaceae, Cupressaceae, Castaneae, Cyrillaceae, Oleaceae, Poaceae, Carya, Engelhardia, Taxodiaceae, Quercus, Salix, and Myricaceae taxa, are firstly defined and this palynoflora is seen to correspond with the MN5–6 boundary. The Kultak palynoflora is compared with previously defined palynofloras of Turkey (Ankara–Çayırhan, Balıkesir–Bigadiç; Gönen, Samsun–Havza, Çanakkale–Çan, Çanakkale–Etili and Aydın–Başçayır; Kuloğulları) and Greece (Kolivata, Evia ve Spanokhorion). Numerical climatic parameters (the mean annual temperature “MAT”, the mean annual coldest month “CMT”, the mean annual warmest month “WMT”, and the mean annual range of temperature “MART”) for all late Burdigalian–Langhian palynofloras of both countries are obtained using the “Coexistence Approach” analysis method. The effects of the Middle Miocene climatic optimum period on Turkey and Greece, which is recorded in the late Burdigalian–Langhian time interval in Europe, are discussed. This warm climatic period generally caused an increase in the CMT values. Influences of the palaeoclimatic and palaeotopographic changes on the palaeovegetation are interpreted, and especially their influences on thermophilous plants (i.e. Schizaceae, Engelhardia, Sapotaceae and Cyrillaceae) grown in the palaeoflora of Europe and Turkey. Palaeovegetational differences during the Miocene time could be related to the palaeotopographic changes involved in the palaeogeography and palaeoclimatic changing which is observed on a global scale, based on the data obtained in the Milas-Kultak area.*

**Key words:** Milas–Kultak, Palynology, late Burdigalian, Langhian Palaeoclimatology, Palaeovegetation, Palaeogeography

## **GİRİŞ**

Son yıllarda, Neojen döneminde çökelmiş denizel ve karasal tortul istiflerin depolanması sırasındaki paleoiklimsel özelliklerinin belirlenmesine yönelik, paleontolojik ve oksijen–karbon izotop analizlerini temel alan birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Denizel tortul istiflerdeki karbonat kayalardan elde edilen oksijen ve karbon izotop analizleri sonuçlara göre, Tersiyer boyunca okyanus suyu sıcaklığı değişimi hesaplanmıştır. Böylece Tersiyer boyunca gözlenen paleoiklimsel değişimlerin belirlenmesi sağlanmıştır (Zachos vd., 2001). Okyanus suyu sıcaklığında Geç–Orta Miyosen geçişi boyunca (geç Burdigaliyen–Langiyen zaman aralığında) belirgin bir artış tanımlanmış ve dünya ölçeğinde tanımlanan bu sıcaklık artışı “Orta Miyosen sıcak iklim dönemi” olarak adlandırılmıştır (Mosbrugger vd., 2005 ve Zachos vd., 2001). Mosbrugger vd. (2005) tarafından, karasal istiflere ait makro ve mikrofloral verilerin Coexistence Approach analizi yöntemiyle değerlendirilmesine dayanan sayısal ısı değerleri ile karasal ısı değişim değerleri (MAT, CMT, WMT ve MART) oluşturulmuştur. Aynı çalışmada, özellikle CMT eğrisindeki ısı değerlerinin, okyanus suyu ısı eğrisindeki (Zachos vd., 2001) değişimlere büyük benzerlik sunduğu, okyanus sularında gözlenen Orta Miyosen ısı artışının, aynı dönemde Orta Avrupa karasal CMT değerlerinde de kendini gösterdiği vurgulanmıştır.

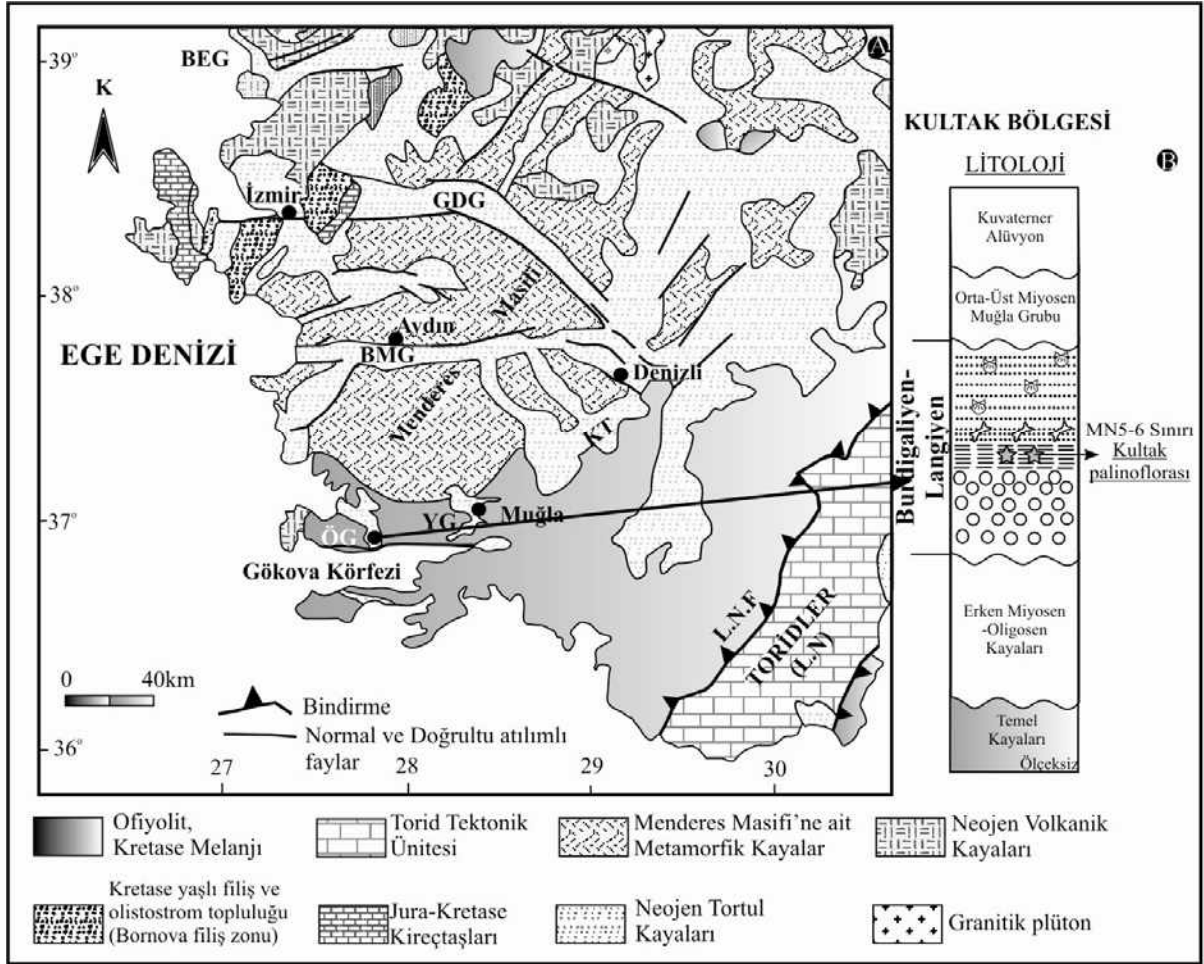
Batı Anadolu’da tektonik ve stratigrafik amaçlı pek çok çalışma yapılmış ve bu çalışmalarda Batı Anadolu için tektonik modeller önerilmiştir (Örneğin; Nebert, 1957; Seyitoğlu ve Scott, 1992; Görür vd., 1994, 1995; Hetzel vd., 1995; Genç, 1998; Yılmaz ve

Polat, 1998; Querol vd., 1999; Yılmaz vd., 2000; Bozkurt, 2000, 2001, 2003; Gürer ve Yılmaz, 2002; Özerdem vd., 2002; Kaya vd., 2007;). Yılmaz vd. (2000) ve Gürer ve Yılmaz (2002), Kale–Tavas havzasının güneybatı Anadolu’da Likya naplarının üzerinde taşınan ilk havza olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, Gökova Körfezi kuzeyi Ören çevresinde yayılım sunan Ören havzasının, Kale–Tavas havzasıyla eş zamanda oluştuğunu ileri sürmüşlerdir (Şekil 1). Bu çalışmada elde edilen arazi gözlemlerine göre, Ören–Kultak çevresinde, Likya naplarına ait Mesozoyik kireçtaşlarının üzerine, birbiriyle yanal–düşey geçişli olan Oligosen–Erken Miyosen karasal ve denizel tortullar gelmektedir. Bu tortulların üzerinde Langiyen, tabanda bloklu kaba çakıtaşı ile başlamakta ve üste doğru kaba kumtaşı ile devam etmektedir (Şekil 1 ve 2a, 2b ve 2c). Kaba kırıntılı bu istifin üst seviyelerinden (Kaya vd., 2001 ve Kayseri vd., 2007) tarafından tanımlanan Neojen memeli zonlarından MN5–6 sınırına karşılık gelen memeli fosilleri tanımlanmış ve istifin üst seviyelerinin geç Langiyen yaşlı olduğu belirlenmiştir. Memeli fosillerinin derlendiği düzeyin hemen altında, yaklaşık yarım metre kalınlığındaki grimsi yeşil renkli kilitaşı düzeyinden derlenen örnekler, bu çalışmada palinolojik olarak incelemiş ve Kultak palinoflorası tanımlanmıştır (Şekil 2a, 2b ve 2c). İstif denizel kumtaşları, mercan, bivalvia ve gastropod fosilli killi kireçtaşları ile son bulunmaktadır. Ören ve çevresinde Langiyen istifi oldukça sınırlı yayılım göstermektedir. Langiyen yaşlı istifin üzerine, Orta Miyosen yaşlı, Muğla grubu olarak adlandırılan, kömürlü tortul istif uyumsuz olarak gelmekte ve tüm birimleri alüvyon uyumsuz olarak örtmektedir.

MN5–6 sınırına ait memeli faunasını içeren kırıntılı tortul istifin, palinolojik bulgulara

dayalı olarak tanımlanan paleovejetasyonel ve paleoklimsel özelliklerinin belirlenmesi ve günümüze ait iklimsel koşullar ile karşılaştırılması, bu çalışmanın başlıca amacını oluşturmaktadır. Bu çalışmanın bir diğer amacını ise, Orta Avrupa’da geç Burdigaliyen–Langiyen zaman aralığında varlığı belirlenen “Orta

Miyosen sıcak iklim dönemi”nin ısı değerleri ile Türkiye ve Yunanistan’da bu zaman aralığında belirlenen ısı değerlerinin karşılaştırılması ve ulaşılan paleoklimsel ve paleovejetasyonel bulgulara dayalı paleocoğrafik yaklaşımda bulunmaktadır.



Şekil 1. A) Batı Anadolu'nun Jeoloji Haritası (Gürer ve Yılmaz, 2002'den alınmıştır). BEG Bergama grabeni; GDG Gediz grabeni; BMG Büyük Menderes grabeni; KT Kale-Tavas havzası; LN Likya Napları; LNF Likya Nap önü; ÖG Ören grabeni; YG Yatağan grabeni ve çalışmanın yeri. B) Kultak bölgesine ait genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti.

Figure 1. A) Geological map of western Anatolia (from Gürer and Yılmaz, 2002). BEG Bergama graben; GDG Gediz graben; BMG Büyük Menderes graben; KT Kale-Tavas basin; LN Lycian Nappes; LNF Lycian Nappes Front; ÖG Ören graben; YG Yatağan graben and location of the study area. B) Generalized stratigraphic column section of Kultak region.



## MATERYAL ve YÖNTEMLER

Bu çalışmada, Milas-Ören doğusunda yer alan Kultak Köyü çevresinde stratigrafik kesit ölçümü gerçekleştirilmiştir (Şekil 2a, 2b ve 2c). Yaklaşık yetmişsekiz metre ölçülen kesitin yirmibeşinci metresinden derlenen memeli fosillerinin tanımlanması ve yaşlandırılması Kaya vd., (2001) ve Kayseri vd., (2007) tarafından gerçekleştirilmiştir. Yazarlar Kultak faunasında, *Brachypotherium brachypus* (Lartet), *Anchitherium aurelianense hippoides* (Lartet), *Ancylotherium* (Metaschizotherium) *fraasi* (Koenigswald), *Tethyragus koehlerae* (Azanza ve Morales) ve *Gomphotherium angustidens* (Cuvier) ve *Gomphotherium* sp. tanımlamışlar ve bu faunanın standart memeli zonlarından MN 5 ve 6 zonlarının sınırına karşılık geldiğini belirtmişlerdir. Memeli fosillerinin derlendiği düzeyin altında yer alan organik maddece zengin yeşilimsi gri renkli kiltaşlarından, palinolojik çalışma amacıyla 10 adet örnek alınmıştır. Bu örnekler standart palinolojik örnek hazırlama yöntemi kullanılarak incelemeye hazırlanmıştır. Sırasıyla HCl, HF ve KOH aşamalarından geçirilen örnekler, her aşamadan sonra su ve santrifüj yardımıyla yıkanmıştır. Daha sonra örneklere uygulanan ağır sıvı ( $ZnCl_2$ ) yöntemi ile organik ve inorganik maddelerin birbirinden ayrılması sağlanmıştır. Sporomorfa zengin olan her örnekten 200 birey sayımı gerçekleştirilmiştir. Tanımlanan sporomorfların bağlı bollukları, ait oldukları bitkiler dikkate alınarak Tilia (2.0.2) programa aktarılmıştır (Şekil 3).

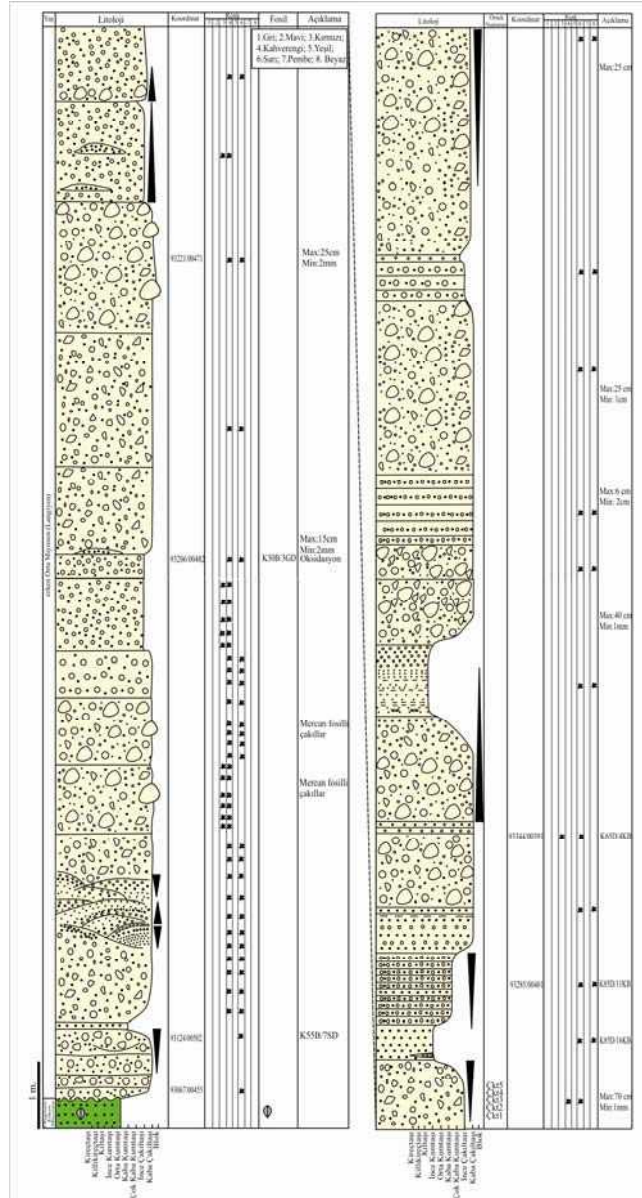
Spor ve polen tanımlamaları Avrupa ve Türkiye’de gerçekleştirilmiş palinolojik çalışmalar ile karşılaştırılarak gerçekleştirilmiştir (Örneğin; Thomson ve Pflug, 1953; Benda, 1971a, b; Hochuli, 1978; Thiele-Pfeiffer, 1980;

Akgün, 1986; Akgün ve Akyol, 1987, 1992, 1999; Benda vd., 1990; Ediger, 1990; Gemici vd., 1991; Planderová, 1991; Akgün, 1993; Karayığit vd., 1999, Akgün ve Kayseri, 2004; Akgün vd., 1995, 2000 a,b, 2002, 2004; Ioakim vd., 2005; Kayseri vd., 2006; Kayseri ve Akgün, 2008 ve Ashraf ve Mosbrugger, 1995, 1996). Ortamsal ve iklimsel yorumlamalar, tanımlanmış olan her spor ve polenin ait olduğu bitkinin günümüzde hangi vejetasyon tipi ve iklim koşullarında yaşadığı göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, palinoflorayı temel alan sayısal iklimsel değerlendirmeler, Mosbrugger ve Utescher (1997) tarafından geliştirilen CoA yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Bu yöntemin özelliği “Yaşayan en yakın akraba” yaklaşımı ile tanımlanır ve Tersiyer’de yaşamış olan bitkilerin iklimsel gereksinimleri, onların günümüzde yaşayan en yakın akrabalarının iklimsel gereksinimlerine benzerdir fikrine dayanmaktadır.

Bu çalışmada Türkiye ve Yunanistan’da yer alan geç Burdigaliyen-Langiyen zaman aralığında oluşmuş kömür havzalarından (Ankara-Beyşehir (Güngör, 1991), Çanakkale-Çan ve Balıkesir-Gönen (Ediger, 1990); Yunanistan-Spanokhorion ve Evia, Yunanistan-Kolivata (Benda vd., 1982)) tanımlanan palinofloraların CoA yöntemi ile elde edilen sayısal iklimsel değerleri (MAT, CMT ve WMT) karşılaştırılmıştır (Çizelge 1). Ayrıca, MART hesaplanarak ortamsal yorumlamalarda kullanılmıştır. MART değerinin, bir istasyonun en sıcak ayının ortalama sıcaklık değeri ile en soğuk ayın ortalama sıcaklık değeri arasındaki farkı tanımlamaktadır (WMT-CMT). Sıcaklık amplitüdü ile karasallık derecesi arasında çok yakın bir ilişkinin olduğu kavramından hareketle, MART değeri, i) ekvator dan kutuplara, kıyı bölgelerden iç kesimlere, ii) alçak topoğrafik

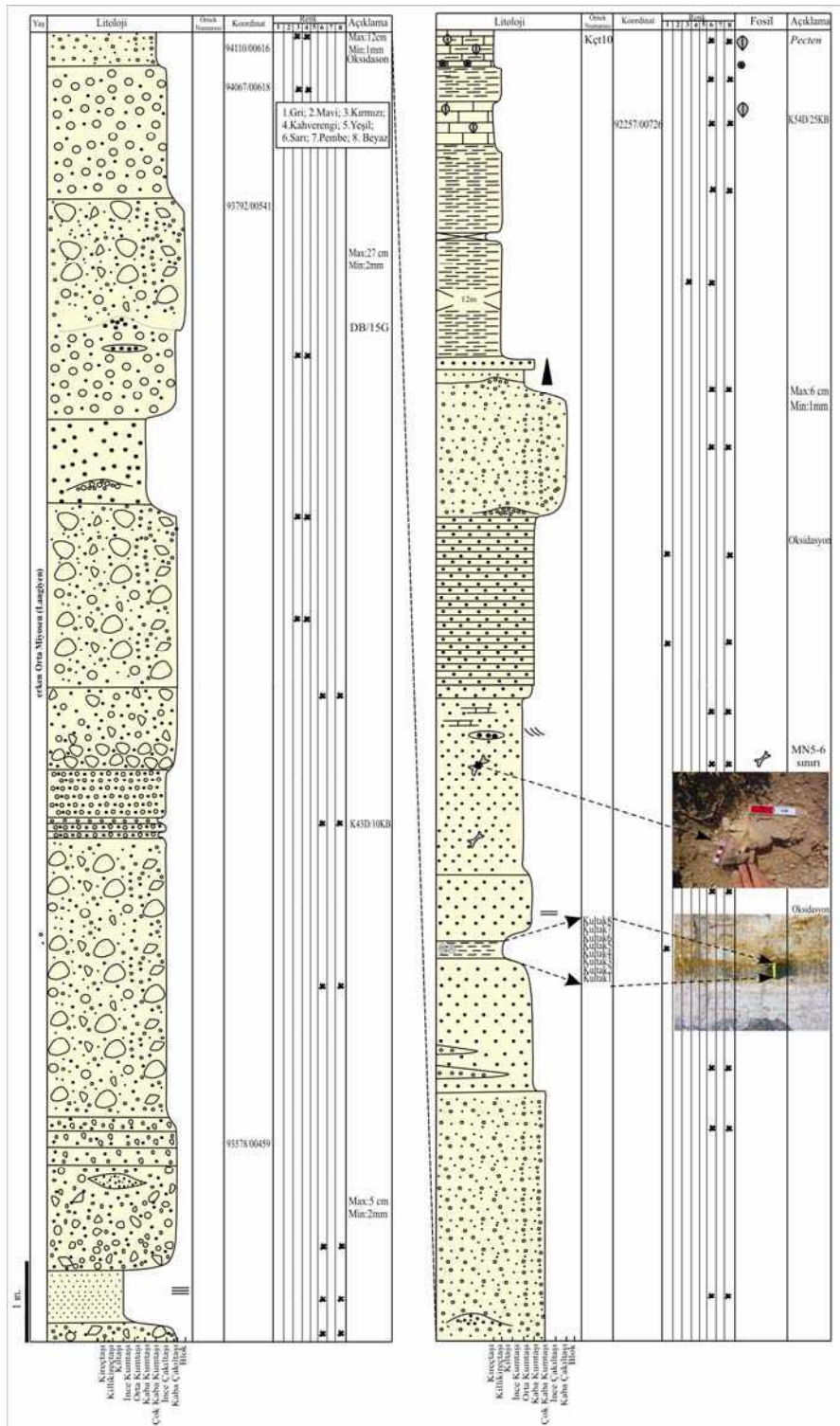
alanlardan yüksek topoğrafik alanlara, iii) yoğun bitki örtüsü ile kaplı alanlardan çıplak alanlara, iv) mutlak nemce zengin bölgelerden havadaki nem miktarı az alanlara doğru, karasallık değerine paralel olarak artış gösterdiği, okyanus akıntılarının etkisinde olan bölgelerde düşük

değerlere ulaştığı belirlenmiştir (Örneğin; Okyanus kenarı bölgelerde MART değeri 0°C'ye kadar düşer). Bu nedenle yukarıda saydığımız faktörlere bağlı olarak, aynı enlem üzerinde yer alan bölgelerde bile yıllık sıcaklık amplitüdü çok farklı değerler alabilmektedir (Bruch vd., 2004).



Şekil 2a. Geç Burdigaliyen-Langiyen tortul istifinin ölçülü stratigrafik kesiti.

Figure 2a. Measured stratigraphic section of the late Burdigalian-Langhian sedimentary sequence.



**Şekil 2b.** Geç Burdigaliyen-Langiyen tortul istifinin ölçütlü stratigrafik kesiti (devam ediyor).

**Figure 2b.** Measured stratigraphic section of the late Burdigalian-Langhian sedimentary sequence (continued).



bitki örtüsünün dağılımı göz önüne alınmış ve bu sınıflamada bir bölgenin yıllık ve aylık sıcaklık ortalamaları ile yağış miktarı hesaplanarak iklim bölgelerinin sınırı çizilebilmiştir. Köppen iklim sınıflamasında 5 iklim bölgesi tanımlanmıştır. Bu iklim bölgeleri, *A grubu iklim bölgeleri (Tropikal iklim bölgesi)*: i) Tropikal yağmur ormanı iklimi (Örneğin; Kongo), ii) Tropikal muson iklimi (Örneğin; Hindistan), iii) Tropikal nemli iklim ve savan iklimi (Örneğin; Sudan); *B grubu iklim bölgeleri (Kurak iklim bölgesi)*: i) Step iklimi (Örneğin; Güneydoğu Türkiye), ii) Çöl iklimi (Örneğin; Arabistan); *C grubu iklim bölgeleri (Astropikal iklim bölgesi)*: ii) Akdeniz iklimi

(Örneğin; Batı ve güney Türkiye, Yunanistan), ii) Her mevsim yağışlı tropikal iklim (Örneğin; Japonya); *D grubu iklim bölgeleri (Karasal iklim bölgesi)*: i) Denizel orta iklim (Örneğin; İngiltere); ii) Karasal orta iklim (Örneğin; Rusya); *E grubu iklim bölgeleri (Soğuk iklim bölgesi)*: i) Tundra iklimi (Örneğin; Kuzey Sibirya), ii) Kutup iklimi (Örneğin; Antarktika) olarak verilmiştir. Miyosen dönemine ait paleoiklimsel özellikler ile Köppen iklim sınıflaması karşılaştırılarak, günümüze ait iklimsel özellikler ile Miyosen dönemine ait iklimsel özellikler arasındaki farklılıklar belirlenmeye çalışılmıştır.

#### Çizelge 1. İklimsel parametrelerin listesi.

Table 1. List of the palaeoclimatological parameter.

| İKLİMSEL PARAMETRE  | SİMGE             |
|---|-------------------|
| Yıllık Ortalama Sıcaklık (°C)   | MAT               |
| En Soğuk Ayın Ortalama Sıcaklığı (°C)   | CMT               |
| En Sıcak Ayın Ortalama Sıcaklığı (°C)   | WMT               |
| Yıllık Yağış Miktarı (mm)   | MAP               |
| En Nemli Ayın Yağış Miktarı (mm)  | HMP               |
| En Kurak Ayın Yağış Miktarı (mm)  | LMO               |
| En Sıcak Ayın Yağış Miktarı (mm)  | WMP               |
| Yıllık Sıcaklık Amplitüdü (En Sıcak Ayın Ortalama Sıcaklığı (°C) – En Soğuk Ayın Ortalama Sıcaklığı (°C)) | MART<br>(WMT–CMT) |

## MİLAS-KULTAK PALİNOFLORASI ve YAŞ DEĞERLENDİRMESİ

İncelenen örneklerden toplam 39 cins ve 27 tür tanımlanmıştır. Tanımlanan bu spor ve polen formlarından, dört cins ve beş tür sporlara ve diğerleri ise polenlere aittir (Şekil 3). Kultak yöresine ait palinospektra içinde, Polypodiaceae ve *Pinus* (*haploxylon*-tip) yüksek yüzdeli olarak tanımlanmıştır (%15–43). Cupressaceae, *Engelhardtia*, *Ulmus*, *Carya*, *Quercus* evergreen-tip, *Castanea* ve Cyrillaceae formları bol olarak yer almaktadır (%5–14). Osmundaceae, Taxodiaceae, Cycadaceae, *Picea*, *Pinus-diploxylon* tip, Poaceae, Pterocarya, Myricaceae, *Salix*, Simarubaceae ve Oleaceae formları ise düşük yüzdeli olarak diğer spor ve polenlere eşlik etmektedir (%1–4). Kultak sporomorf topluluğunda, Schizaceae, *Abies*, *Calamus*, Sphagnaceae, *Sequoia*, Juglandaceae, *Quercus* deciduous-type, Umbelliferae, Fagaceae, Sapotaceae ve *Avicennia* nadiren ve sporodik (%1–(<1)) olarak varlıkları belirlenmiştir (Şekil 4 ve 5).

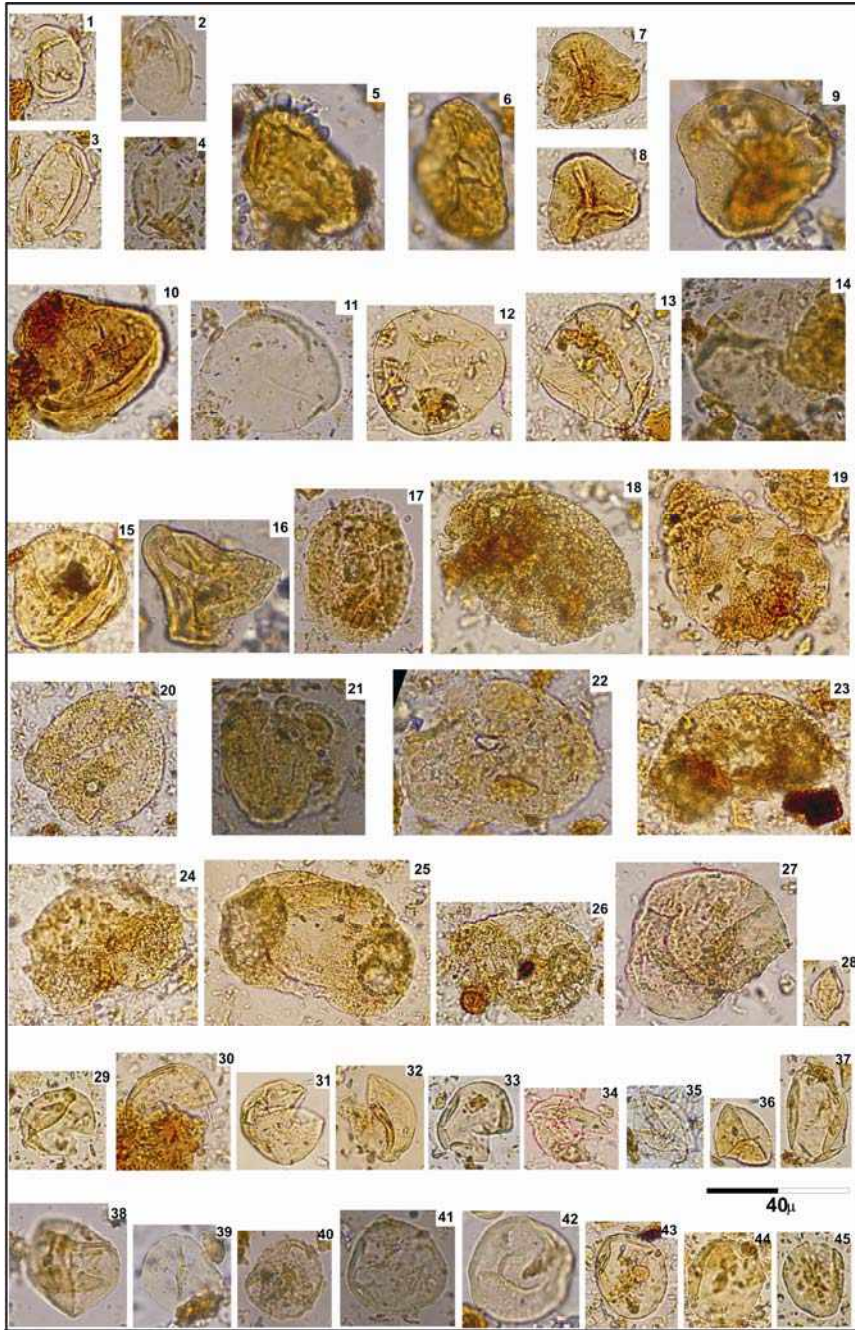
Türkiye ve Avrupa'daki Tersiyer havzalarından tanımlanmış palinofloralar incelendiğinde (Krutzsch, 1957, 1958, 1959, 1961; Nagy, 1963, 1969, 1985, 1990; Krutzsch ve Vanhoorne, 1977; Hochuli, 1978; Boulter ve Craig, 1979; Chateaufneuf, 1980; Thiele-Pfeiffer, 1980; Mohr, 1984; Frederiksen, 1985; Akgün, 1986; Akgün ve Akyol, 1987, 1992, 1999; Ashraf ve Mosbrugger, 1995, 1996; Karayiğit vd., 1999; Planderová, 1991; Kayseri vd., 2006; Sancay vd. 2006; Batı ve Sancay, 2007; Kayseri ve Akgün, 2008, Akgün ve Sözbilir, 2001; Ivanov vd., 2002), Oligosen ve Miyosen dönemlerine ait palinostratigrafik özellikler aşağıdaki gibi özetlenebilir.

– *Boehlensipollis hohli*, *Slowakipollis hippophaëoides*, *Aglaoreidia cyclops*, *Pentapollenites pentangulus*, *Mediocolpopollis*

*compactus* ssp. *ellenhausensis*, *Dicolpopollis kalewensis*, *Leiotriletes adriennis*, *L. microadriennis*, *L. maxoides maxoides* ve *L. maxoides maximus* formları, Erken Oligosen (Rüpeliyen) döneminde yaygın ve çok yüksek yüzdeli olarak gözlenirken, bu formların yüzde bolluğu Geç Oligosen dönemine (Şattiyen) doğru azalma eğilimindedir. Oligosen döneminin temel tiplerini oluşturan bu formlara, özellikle Eosen döneminde yaygın ve yüksek yüzdeli olarak tanımlanan *Monocolpopollenites tranquillus*, *Compositoipollenites rhizophorus* ssp. *burghasungensis*, *Plicatopollis plicatus*, *Plicapollis pseudoexcelsus*, *Subtriporopollenites annulatus nanus*, *S. annulatus notus* ve *Triatriopollenites excelsus* formları zaman zaman eşlik etmektedir. Oligosen ve Erken Miyosen periyodunda *Engelhardtia* ailesine ait *Momipites punctatus* ve *M. quietus* formlarının yüksek yüzdeli varlıkları dikkat çekmektedir. Miyosen döneminde yaygın ve zaman zaman yüksek yüzdeli olarak tanımlanan *Subtriporopollenites simplex* ve *Intratiporopollenites instructus* formlarının Oligosen döneminde düşük yüzdeli varlıkları belirlenmiştir.

– Erken, Orta ve Geç Miyosen dönemleri için farklı palinofloralar tanımlamak mümkündür. Eosen–Oligosen döneminde yaygın ve yüksek yüzdeli olarak tanımlanan spor ve polenlerin (*Leiotriletes adriennis*, *L. microadriennis*, *L. maxoides maxoides*, *L. maxoides maximus*, *Plicapollis plicatus* ve *Subtriporopollenites annulatus nanus*) Erken Miyosen'de düşük yüzdeli varlıkları belirlenmiş, Orta Miyosen'de ise gözlenmemiştir. Ayrıca Oligosen dönemi için karakteristik olan bazı formlar Erken Miyosen döneminde nadir ve/veya sporodik olarak tanımlanmıştır. Miyosen periyodu boyunca, *Subtriporopollenites simplex*, *Intratiporopollenites instructus* ve *Castanea*, *Quercus*, Cyrillaceae ve Fagaceae ailelerine ait polenlerin yüzde bolluğu ve çeşitliliği artmıştır. *Momipites quietus* formu yüzde bolluğu Erken





**Şekil 4.** Milas–Kultak bölgesine ait Geç Burdigaliyen–Langiyen palinoflorası (1–4. Polypodiaceae; 5,6. Davaliaceae; 7–16. Schizaceae; 17. Osmundaceae; 18–27. Pinaceae; 28. Cycadaceae; 29–38 Taxodiaceae; 39. Pterocarya; 40. *Zelkova*; 41–45. *Carya*)

**Figure 4.** late Burdigalian–Langhian Palynoflora of the Milas–Kultak area (1–4. Polypodiaceae; 5,6. Davaliaceae; 7–16. Schizaceae; 17. Osmundaceae; 18–27. Pinaceae; 28. Cycadaceae; 29–38 Taxodiaceae; 39. Pterocarya; 40. *Zelkova*; 41–45. *Carya*)





**Şekil 5.** Geç Burdigaliyen-Langiyen dönemi için Milas–Kulatak bölgesine ait palinoflora (1. *Carya*; 2. Myricaceae; 3–40 *Engelhardia*; 41–44. Myricaceae; 45. *Calamus*; 46–49. Fagaceae; 50–55. *Quercus*; 56–59. *Platanus*; 60–63. *Salix*; 64,65. *Acer*; 68–76. Castaneae; 77–80. Cyrillaceae; 81–102. *Tricolporopollenites* spp.; 103. Sapotaceae; 104. Foraminiferal astar; 105. Odun parçası)

**Figure 5.** Palynoflora of the Milas–Kultak area for the late Burdigalian-Langhian time (1. *Carya*; 2. ; Myricaceae; 3–40 *Engelhardia*; 41–44. Myricaceae; 45. *Calamus*; 46–49. Fagaceae; 50–55. *Quercus*; 56–59. *Platanus*; 60–63. *Salix*; 64,65. *Acer*; 68–76. Castaneae; 77–80. Cyrillaceae; 81–102. *Tricolporopollenites* spp.; 103. Sapotaceae; 104. Foraminiferal test; 105. Odun parçası)

Milas–Kultak palinoflorasında, palinostratigrafik olarak önemli olan *Leiotriletes maxoides minoris* (Schizaceae), *L. maxoides maxoides* (Schizaceae), *Momipites punctatus* (*Engelhardia*), *M. quietus* (*Engelhardia*), *Plicatopollis plicatus* (Juglandaceae), *Tetracolporopollenites* sp. (Sapotaceae), *Dicolpopollis kalewensis* (*Calamus*), *Tricolporopollenites cingulum* (Castaneae), *Tricolpopollenites densus* (*Quercus*), *T. microhenrici* (*Quercus*), Taxodiaceae ailesine ait polenler tanımlanmıştır. Türkiye ( ve Avrupa’da gerçekleştirilen palinolojik çalışmalar ile karşılaştırıldığında, Milas–Kultak palinoflorasının geç Erken-erkenOrta Miyosen yaşlı palinofloralar ile benzerliği belirlenmiştir (Çizelge 2). Bu çalışmada, palinolojik olarak elde edilen yaş bulgusu, aynı stratigrafik istif içinden derlenmiş memeli fosillerinden elde edilen yaş bulgusuyla (MN5–6 sınırı) bütünlük sağlamaktadır (Kaya vd., 2001 ve Kayseri vd., 2007).

Türkiye ve Avrupa’da Tersiyer linyitlerinin palinolojik incelemelerini konu alan çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiş olmasına karşın (Hochuli, 1978; Thiele–Pfeiffer, 1980; Akgün, 1986; Akgün ve Akyol, 1987, 1992, 1999; Planderová, 1991; Kayseri vd., 2006; Ashraf ve Mosbrugger, 1995, 1996), geç Burdigaliyen ve Langiyen dönemlerine ait sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır (Kayseri ve Akgün, 2008; Akgün vd., 2008; Güngör, 1991; Syabryaj vd., 2007; Utesher vd., 2007; Benda vd., 1982; Reigel vd., 1989;

Ivanov vd., 2007; Jimémez–Moreno, 2006, Jimémez–Moreno ve Suc, 2007). Bu çalışmada tanımlanan Milas–Kultak palinoflorasını, Türkiye’de yayılım gösteren kömür havzalarından tanımlanmış palinofloralar ve bu palinofloralara ait spor ve polenlerin palinostratigrafik özellikleri karşılaştırıldığında, Kultak palinoflorasının, Aydın–Kuloğulları ve Başçayır, Çanakkale–Çan ve Etili, Balıkesir–Gönen, Ankara–Beypazarı (Çayırhan) bölgesi, Bigadiç havzası ve Samsun bölgesinde (Çankırı–Çorum havzası) depolanmış olan kömür içerikli Neojen tortullarından tanımlanan palinofloralar benzer olduğu gözlenmiştir (Çizelge 2). Avrupa geç Burdigaliyen Langiyen döneminin palinostratigrafik özellikleri ile Milas–Kultak palinoflorasının palinostratigrafik özellikleri karşılaştırıldığında, hemen hemen her palinoflorada *Engelhardia* (*Momipites punctatus* ve *M. quietus*), *Quercus* (*Tricolpopollenites densus* ve *T. microhenrici*), Sapotaceae (*Tetracolporopollenites* spp.), Cyrillaceae (*Tricolporopollenites megaexactus*) ve Oleaceae (*Tricolporopollenites microreticulatus*), *Carya* (*Subtriporopollenites simplex*) bitkilerine ait polenlerin yüksek yüzdeli varlıkları dikkat çekmektedir. Her ülkeye ait palinospketrada, paletopoğrafya ve kara–deniz çizgisinin konumuna göre bazı spor ve polenlerin gözlenmemiş olmasına karşın (Örneğin; Mangrov formları), geç Burdigaliyen–Langiyen döneminde Türkiye ve Avrupa’da benzer bitki topluluklarının var olduğu söylenebilir.

**Çizelge 2.** Palinostratigrafik olarak önemli sporomorfın geç Burdigaliyen ve Langiyen yaşlı palinospektra içindeki yüzde bollukları.

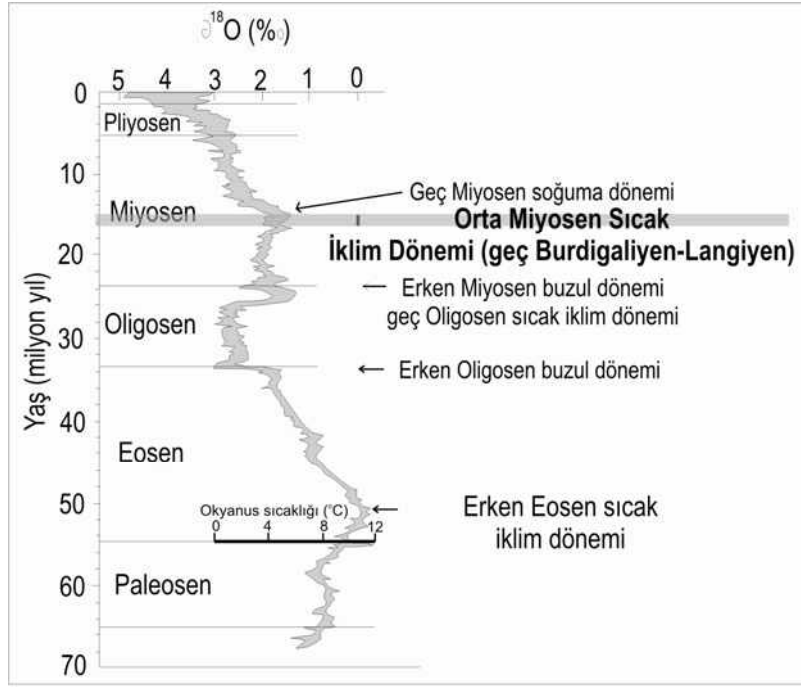
**Table 2.** Relative percentages of the palynostratigraphically important sporomorphs of the late Burdigalian and Langhian.

| Spor ve Polen  | Yunanistan  |   | Türkiye   |  |                      |                       |                         | Müglâ Milas-Kultak Bu Çalışma |                       |                         |   |
|--|---|---|---|--|----------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------------|---|
|  | Evia (1989)   | Spanakhorion Benda vd. (1982)                                     | Levâs (1982)  | Çanakkale Çın-Etili (2008)   | Çanakkale Çın (2008) | Balkesir Çimen (1990) | Ankara Beynazarı (1991) |                               | Samsun Havza (2002)   | Balkesir Bigadiç (1990) | Aydın Başçayır (1999)   |
| <i>Momipites punctatus</i>                               | 7.0   | 2.5   | 4.0   | Akgin vd. (2008)   | Ediger (1990)        | Güngör (1991)         | Kayseri (2002)          | Kayseri ve Akgin (2008)       | Akyol ve Akgin (1990) | Akgin ve Akyol (1999)   |   |
| <i>Momipites quitens</i>                                 |   |   |   | düşük yüzdeli  |                      |                       |                         |                               |                       |                         |   |
| <i>Engelhardtia</i>                                      |   |   |   | düşük yüzdeli  |                      |                       |                         |                               |                       |                         |   |
| <i>Engelhardtia</i> 'ya ait türeler                      |   |   |   |  |                      |                       |                         |                               |                       |                         |   |
| <i>Monocolporetites transquilus</i>                      | 0.1   |   |   | 2.0  |                      | 3.0                   |                         |                               |                       | 1.0                     | 2.0   |
| <i>Teracalporopollenites</i> spp.                        | 0.2   |   |   |  |                      |                       |                         |                               |                       | 1.0                     | 0.5   |
| <i>Piceapollis piceatus</i>                              |   |   |   | 0.1  |                      | 1.0                   |                         |                               |                       | 1.0                     | 0.04  |
| <i>Myrtaceae</i>   |   |   |   |  |                      | 0.5                   |                         |                               |                       |                         |   |
| <i>Sapotaceae</i>  |   |   |   |  |                      |                       |                         |                               |                       |                         |   |
| <i>Subtriporopollenites annulatus</i> namu. <i>Carya</i> |   |   |   |  |                      |                       |                         |                               |                       |                         |   |
| <i>Schizaceae</i>  |   |   |   |  |                      |                       |                         |                               |                       |                         |   |
| <i>Laetirioides maxoides maximus</i>                     |   |   |   | düşük yüzdeli  |                      |                       |                         |                               |                       |                         |   |
| <i>Schizaceae</i>  |   |   |   |  |                      |                       |                         |                               |                       |                         |   |
| <i>Laetirioides maxoides minoris</i>                     |   |   |   | düşük yüzdeli  |                      |                       |                         |                               |                       |                         |   |
| <i>Schizaceae</i>  |   |   |   |  |                      |                       |                         |                               |                       |                         |   |
| <i>Terracalporites farvus/megafarvus</i>                 |   |   |   | düşük yüzdeli  |                      |                       |                         |                               |                       |                         |   |
| <i>Davalliaceae</i>                                      |   |   |   |  |                      |                       |                         |                               |                       |                         |   |
| <b>Y.AŞ</b>  | geç Burdigaliyen MN4b Ortangiyen= geç Burdigaliyen Memel Fossil Gregor (1983) | geç Burdigaliyen N8 zaman alt bölümü Foraminifer Benda vd. (1982) | Langiyen NNS zonu= Langiyen Nannoflora Benda vd. (1982) | geç Burdigaliyen-Zeriken Serravaliyen Doyunan Volkanikleri 17-23 Ma Potasyum/Argon Analizi Borsı vd. (1972); Krushensky (1976) | geç Burdigaliyen     | geç Burdigaliyen      | geç Burdigaliyen        | geç Burdigaliyen              | geç Burdigaliyen      | Langiyen                | geç Burdigaliyen-Langiyen MN5-6sınırı Memel Fossil (Kıyav vd., 2001; Kıyav vd., 2008) |
| <b>Diğer Yaş Bulguları</b>                               |   |   |   |  |                      |                       |                         |                               |                       |                         |   |

## PALEOİKLİM, PALEOVEJETASYON ve PALEOCOĞRAFYA

Tersiyer boyunca paleoiklimdeki değişimlerin belirlenmesi ve paleocoğrafik yaklaşımlarla bu iklimsel değişimlerin ilişkilendirilmesi son yıllarda birçok çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Zachos vd. (2001) Tersiyer boyunca denizel kireçtaşlarına uygulanan oksijen izotop analizi değerlerini kullanarak Eosen, Oligosen ve Miyosen boyunca, iklimde belirgin değişimlerin olduğunu belirlemişlerdir (Şekil 6). Erken Eosen, Geç Oligosen ve erken Orta Miyosen (geç Burdigaliyen–Langiyen) dönemlerinde ısı değerlerinde ani bir artış gözlenirken, Erken Oligosen, Erken Miyosen (Akitaniyen) ve Serravaliyen döneminde ısı değerlerinde belirgin düşüşler işaretlenmiştir (Zachos vd., 2001). “Erken Eosen sıcak iklim dönemi” olarak adlandırılan ve dünya ölçeğinde gözlenen bu ısı artışı, Orta ve Geç Eosen’e doğru azalma eğilimi göstermiştir (Şekil 6). Isı değerlerinde gözlenen bu azalış, Erken Oligosen döneminde en düşük değerine ulaşmıştır ve bu dönem “Erken Oligosen buzul dönemi” olarak adlandırılmıştır. Oligosen boyunca ısı değerlerinde bir değişim gözlenmemiştir. Ancak, Geç Oligosen’de ısı değerlerinde artış gözlenirken (Geç Oligosen sıcak iklim dönemi), Erken Miyosen’de ısı değerlerinde belirgin bir düşüş tanımlanmıştır (Erken Miyosen buzul dönemi). Erken Miyosen’den Orta Miyosen’e doğru, ısı değerlerinde düzenli bir artış gözlenmiş ve bu artış Orta Miyosen’de (geç Burdigaliyen–Langiyen) maksimum değerine ulaşmıştır. Bu dönem “Orta Miyosen sıcak iklim dönemi” olarak adlandırılmıştır. Bu sıcak iklim koşullarının ısı değerlerinde, Geç Miyosen’den Pliyosen’e doğru düzenli bir şekilde düşüş belirlenmiştir. Yazarlar okyanus suyu sıcaklığında gözledikleri ısı artışının, buzulların

erimesi ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Ancak, son yıllarda okyanus ısısında gözlenen bu değişimlerin, karasal iklim koşulları üzerine etkilerinin ortaya çıkarılmasına yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir (örneğin; Mosbrugger vd., 2005; Akgün ve Kayseri, 2008; Burch vd., 2004). Bu çalışmalarda, yaprak fosillerine uygulanan “CLAMP”, “LMA” ve palinolojik–paleobotanik bulguları temel alan CoA analiz yöntemleri kullanılarak, sayısal iklimsel değerler elde edilmiştir. Bu çalışmada, CoA analiz yöntemi kullanılmıştır. “Orta Miyosen sıcak iklim dönemi”nin gözlendiği geç Burdigaliyen–Langiyen periyodunda oluşmuş kömür içerikli havzalardan önceki çalışmalarda hesaplanmış olan sayısal ısı değerleri (İzmir-Sabuncubeli “geç Burdigaliyen” Kayseri vd. (2007), Samsun–Havza “en geç Burdigaliyen” (Kayseri, 2002; Kayseri ve Akgün, 2008), Aydın–Başçayır ve Kuloğulları “Langiyen” (Akgün ve Akyol, 1999; Akgün vd., 2008)) ve bu çalışmada hesaplanan ısı değerleri (Ankara–Beypazarı “en geç Burdigaliyen” (Güngör, 1991), Çanakkale–Çan ve Balıkesir–Gönen “en geç Burdigaliyen–?Serravaliyen” (Ediger, 1990); Çanakkale–Etili “geç Erken Miyosen–erken Orta Miyosen=geç Burdigaliyen–Langiyen” (Akgün vd., 2008); Milas–Kultak “Milas–Kultak “geç Burdigaliyen–Langhian”; Yunanistan–Spanokhorion ve Evia “en geç Burdigaliyen”, Yunanistan–Kolivata “Langiyen” (Benda vd., 1982)) bir arada yorumlanmıştır (Şekil 7 ve 8). Yorumlama, esas olarak CMT ve WMT değerleri göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir. Türkiye ve Avrupa’ya ait sayısal ısı değerleri temel alınarak, paleocoğrafyanın iklim üzerine etkilerinin tartışılması sağlanmıştır. Ayrıca, Türkiye’deki bölgeler için, bu çalışmada hesaplanan ısı değerleri ile günümüze ait ısı değerleri karşılaştırılmıştır.



Şekil 6. Oksijen izotopu analizi temel alınarak Paleosen-Güncel aralığı boyunca gözlenen palaeoiklimsel değişim (Zachos vd., 2001).

Figure 6. Palaeoclimatic changes observed during the Paleocene-Recent interval based on the oxygen isotopic results (Zachos et al., 2001).

### Türkiye ve Yunanistan’ın geç Burdigaliyen–Langiyen’de Paleoklim ve Paleovejetasyon Özellikleri ve Paleocoğrafya

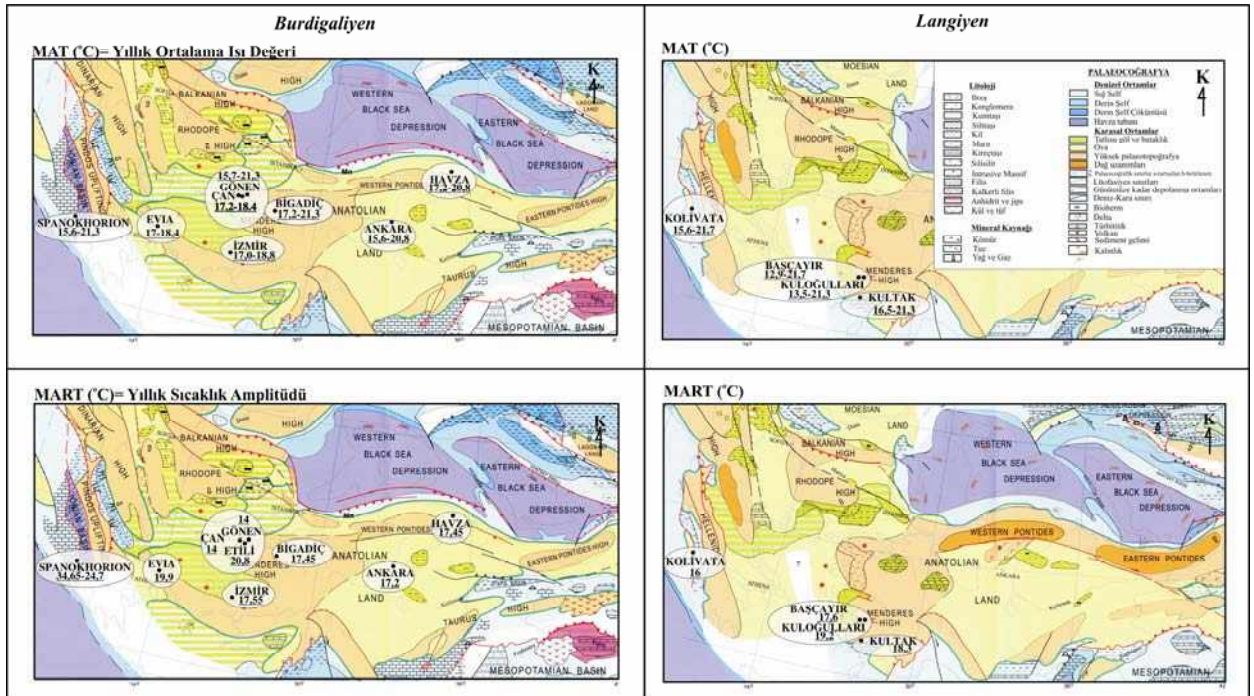
Türkiye ve Yunanistan’da geç Burdigaliyen–Langiyen döneminde depolanmış birçok kömür içerikli havza olmasına karşın, bu döneme ait palinolojik çalışmalar sınırlı sayıdadır. Bu çalışmada yalnızca beş bölgeden elde edilen sayısal değerler iklim yorumlaması için kullanılmıştır. Türkiye için bölgeler Ankara–Beypazarı (Çayırhan), Çanakkale–Çan, Çanakkale–Etili, Balıkesir–Gönen, Balıkesir–Bigadiç, İzmir–Sabuncubeli ve Samsun–Havza, Yunanistan için ise Evia bölgesidir. Ayrıca, bu bölgelere ait ısı değerlerinin bitki toplulukları üzerine etkisi bu bölümde tartışılmıştır.

Ankara–Beypazarı (Çayırhan) bölgesinde, geç Burdigaliyen yaşlı alt ve üst

linyit damarının oluşumu sırasında ılık yarı-tropikal iklim koşullarının varlığı (yüksek ısıda gelişen ve yayılım gösterebilen *Palmae*, *Schizaceae*, *Engelhardia*, *Sapotaceae* ve *Cyrillaceae* polenlerin bolluğu) gözlenmiştir (Güngör, 1991; Whateley ve Tuncalı, 1995). Whateley ve Tuncalı (1995), Ankara–Beypazarı’nda gözlenen alt linyit damarından tanımlanan spor ve polenlerin bağlı oldukları bitki taksonlarının, göl kıyısı ve çevresinde yüksek paleotopoğrafyalı alanların varlığına işaret ettiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, bu vejetasyonun gelişebilmesi için yağış miktarının yüksek olması gerektiğini ve mevsimselliğin bu bölgede etkili olduğunu vurgulamışlardır. Güngör (1991) palinofloraya bağlı olarak, üst linyit damarının oluşumu sırasında Çayırhan bölgesi ve çevresinde görsel ortamın varlığını tanımlamıştır. Yazar, gölün çevresinde bataklık alanların

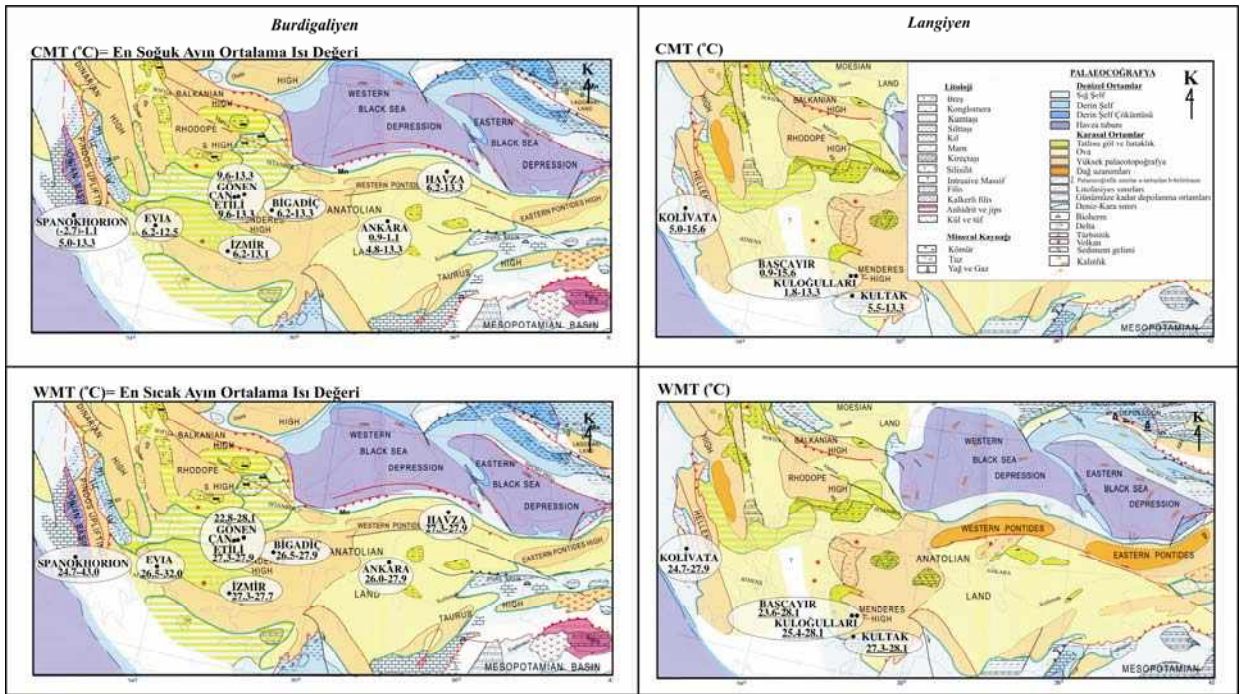
olduğunu (*Nyssa*, *Myricaceae*, *Nymphaeaceae* ve *Polypodiaceae*) ve akarsu kenarı bitki örtüsüne ait polenlerin (*Alnus*, *Platanus* ve *Salix*) yüksek yüzdeli varlığının, bu gölün akarsu ile beslendiğine işaret ettiğini belirtmiştir. Bu çalışmada her iki linyit damarına ait palinofloralara dayalı sayısal iklimsel değerler hesaplanmıştır. Alt linyit damarına ait sayısal ısı değerleri, MAT 17.0–21.3°C, CMT 7.7–13.3°C (10.5°C), WMT 27.3–28.1°C (27.7°C) ve MART 17.2°C'dir. Üst linyit damarına ait sayısal ısı değerleri ise MAT 16.5–20.8°C, CMT 4.8–13.3°C (9.05°C) ve 0.9–1.1°C (1°C), WMT 26.0–27.9°C (26.95°C) ve MART 17.9°C veya 25.95°C'dir. Ortalama CMT değerleri (10.5°C ve 9.05°C)'nin oldukça yüksek olması, geç Burdigaliyen–Langiyen zaman aralığı için tanımlanmış “Orta Miyosen sıcak iklim dönemi”nin değerlerine uygunluk sunmaktadır. Popov vd. (2004)'nin, Tersiyer periyodu için

oluşturduğu Avrupa paleocoğrafik haritalarında, Ankara ve çevresi için ova, tatlı su gölleri ve bataklık alanlarının varlığı işaretlenmiştir (Şekil 7 ve 8). Bu paleocoğrafik yorumlamayı, gerek palinolojik bulgular gerekse MART değerleri (17.2°C ve 17.9–25.95°C) doğrulamaktadır. Ankara ve çevresinde günümüze ait ısı değerleri CMT (–2.9)–(–0.9)°C ve WMT 26.3–30.0°C olarak hesaplanmıştır (Ek 1) ve değerler Köppen iklim sınıflamasında D grubu karasal iklim koşullarının varlığına işaret etmektedir. Günümüze ait CMT değerinin geç Burdigaliyen dönemine ait CMT değerinden çok düşük olması ılık yarı-tropikal iklim koşullarının, karasal iklim koşullarına (Köppen İklim sınıflamasında WMT 10°C ve CMT (0–(–3))°C geçmesi sonucunda değiştiği söylenebilir. Günümüze ve geç Burdigaliyen dönemine ait WMT değerlerinin birbirine benzer olduğu gözlenmiştir.



Şekil 7. Geç Erken (Burdigaliyen) ve erken Orta (Langiyen) Miyosen zamanlarına ait palaeoiklim haritası: MAT ve MART için (Popov vd., 2004).

Figure 7. Palaeoclimatic reconstruction maps of the late Early (Burdigalian) and early Middle (Langhian) Miocene in the Anatolia for the MAT and MART (Popov et al., 2004).



**Şekil 8.** Geç Erken (Burdigaliyen) ve erken Orta (Langiyen) Miyosen zamanlarına ait palaeoklim haritası: CMT ve WMT için (Popov vd., 2004).

**Figure 8.** Palaeoclimatic reconstruction maps of the late Early (Burdigalian) and early Middle (Langhian) Miocene in the Anatolia for the CMT and WMT (Popov et al., 2004).

Ediger (1990), Çanakkale–Çan ve Balıkesir–Gönen bölgelerinde en geç Burdigaliyen–?Serravaliyen dönemi boyunca ılıman ve yarı–tropikal iklim koşullarının varlığını ve bu iklim koşullarında Schizaceae, *Palmae*, Cyrrillaceae ve Sapotaceae ailelerine ait bitkilerin geliştiğini belirtmiştir. Aynı çalışmada, Çan ve Gönen bölgelerine ait palinospektraller içinde gymnosperm polenlerin (*Pinus*) yüzde bolluğu oldukça yüksektir ve bu bulgu her iki bölge için çevrede yüksek paleotopografyalı alanların varlığına işaret etmektedir. Çan civarında bu gymnosperm polenlere, akarsu kenarı bitki topluluğuna ait bitkilerin bol olarak eşlik ettiği gözlenmiştir. Gönen bölgesinde ise, Çan bölgesinden farklı olarak bataklık bitki topluluğuna ait polenlerle (*Sparganiaceae*, *Nymphaeaceae*, *Taxodium/Taxodiaceae* ve çeşitli

mantar formları), gymnosperm polenlerin birlikteliği belirlenmiştir. Her iki palinospektrada karışık orman topluluğuna ait bitkilerin (*Cyrrillaceae*, *Myricaceae*, *Sapotaceae* ve *Ephedraceae*) yüzde bolluğu düşüktür ve bitki çeşitliliğinin az olduğu söylenebilir. Bu çalışmada, Ediger (1990) tarafından tanımlanan Çanakkale–Çan ve Balıkesir–Gönen bölgelerine ait sporomorf toplulukları CoA analizinde değerlendirilmiştir. Çanakkale–Çan bölgesine ait analiz sonuçları MAT 15.7–21.3°C, CMT 9.6–13.3°C (11.45°C), WMT 22.8–28.1°C (25.45°C) ve MART 14°C’dir. Balıkesir–Gönen yöresine ait analiz sonuçları sırasıyla MAT 15.7–21.3°C, CMT 9.6–13.3°C (11.45°C), WMT 22.8–28.1°C (25.45°C) ve MART 14°C. En geç Burdigaliyen–?Serravaliyen zaman aralığı için CMT ısı değerleri çok yüksektir (11.45°C) ve “Orta

Miyosen sıcak iklim dönemi”ne ait sıcak iklim koşullarının Balıkesir–Gönen ve Çanakkale–Çan bölgelerinde de etkili olduğunu düşündürmektedir. Popov vd., (2004) geç Burdigaliyen ve Langiyen zaman aralığında, Çanakkale ve çevresinde bataklık alanların yayılım gösterdiğini ve bu bölge için, volkanik aktivitelerin etkili olduğunu belirtmiştir (Şekil 7 ve 8). Çanakkale–Çan ve Balıkesir–Gönen bölgelerine ait MART (14°C) değeri, Popov vd., (2004) tarafından tanımlanan düşük paleotopoğrafik koşulların varlığı görüşünü güçlendirmektedir. Günümüzde Çanakkale ve çevresinde tipik Akdeniz iklimi gözlenmektedir (CMT 3.3–5.1°C ve WMT 27.7–30.1°C) ve Köppen iklim sınıflamasında grup C’ye karşılık gelmektedir (Ek 1). Geç Burdigaliyen–Serravaliyen dönemine ait ısı değerleri, günümüze ait ısı değerlerinden daha yüksektir ve bu farklılığın geç Burdigaliyen–Langiyen boyunca gözlenen sıcak iklim koşullarının etkisi sonucunda gerçekleştiği düşünülmektedir.

Çanakkale–Çan–Etili çevresinde geç Erken Miyosen–erken Orta Miyosen zaman aralığına ait sayısal paleoklimsel değerler sırasıyla MAT 17.2–18.4°C, CMT 6.2–7.4°C (6.8°C), WMT 27.3–27.9°C ve MART 20.8°C’dir (Akgün vd., 2008). Yazarlar sayısal ısı bulgularına göre Çanakkale–Çan–Etili çevresinde sıcak ve nemli ılıman iklim koşullarının varlığını belirlemiştir. Ayrıca bu sıcak iklim koşullarının “Orta Miyosen sıcak iklim dönemi” ile karşılaştırılabileceğini vurgulamışlardır. Bu çalışmada Ediger (1990)’ın Çanakkale–Çan palinoflorası temel alınarak hesaplanan ısı değerleri ile Akgün vd. (2008) tarafından hesaplanan ısı değerlerinin birbirine yakın olduğu gözlenmiştir. Çanakkale–Çan ve Etili bölgelerine ait MART değerleri arasındaki farkın, benzer iklim koşulları altında gelişmiş bu

kömürleşme alanlarının, farklı ortamsal özelliklere sahip olması ile açıklanabileceği sonucuna ulaşılmaktadır. Yüksek MART değeri, Etili bölgesinin Çan alanından daha yüksek paleotopoğrafik koşullara sahip olabileceğini, Çan alanına göre daha düşük CMT değerinde böyle bir topoğrafik konumu desteklediği söylenebilir.

Akgün vd. (2008), Balıkesir–Bigadiç bölgesine ait sayısal ısı değerleri MAT 17.2–21.3°C, CMT 6.2–13.3°C (9.75°C), WMT 26.5–27.9°C ve MART 17.45°C olarak hesaplanmıştır. Yazarlar, *Engelhardia*, *Cyrillaceae* ve *Sapotaceae* bitkilerine ait polenlerin palinospektra içinde yüksek yüzdeli varlığına işaret ederek, Balıkesir–Bigadiç bölgesi için ılık yarı–tropikal iklim koşullarının varlığını tanımlamışlardır. Bigadiç ve çevresinde, özellikle bataklık (*Nyssa*, *Taxodiaceae–Taxodium* ve *Myricaceae*) ve karışık orman topluluklarının (*Quercus*, *Ulmus* ve *Carya*) yayılım gösterdiği ve acı su koşullarında gelişen otsul bitkilerin (*Chenopodiaceae*) var olduğu belirlenmiştir. Helvacı (1995) çalışmasında, Balıkesir–Bigadiç ve çevresinde gözlenen borat oluşumunun yüksek evaporasyon sonucunda geliştiğini belirtmiştir. Ayrıca, Helvacı ve Yağmurlu (1995), bölgede borat oluşumunun olabilmesi için kurak ve yarı kurak iklim koşullarının olması gerektiğini vurgulamıştır. Geç Burdigaliyen döneminde gözlenen yüksek ısı artışının (“Orta Miyosen sıcak iklim dönemi”nin), Balıkesir–Bigadiç bölgesindeki (CMT değerinin yüksek olması) borat oluşumunda etkili olduğunu düşündürmektedir. Geç Burdigaliyen’de Balıkesir–Bigadiç bölgesi, Popov vd., (2004) tarafından Menderes yükseltisi içinde gösterilmiştir. Ancak, Balıkesir–Bigadiç bölgesi için hesaplanan MART değeri çok yüksek olmayan paleotopoğrafik koşullarını göstermektedir



(Şekil 7 ve 8). Palinolojik bulgular bu düşük paleotopoğrafik koşulların varlığını desteklemektedir. Balıkesir–Gönen bölgesine ait MART değeri ile Balıkesir–Bigadiç bölgesine ait MART değerini karşılaştırdığımızda, Bigadiç bölgesinin Gönen bölgesine göre biraz daha yüksek paleotopoğrafyaya sahip olduğu söylenebilir. Günümüzde Balıkesir ve çevresinde Akdeniz iklimi gözlenmektedir (CMT 1.4–3.2°C ve WMT 29.0–30.4°C) ve Köppen iklim sınıflamasında grup C ile simgelenmektedir (Ek 1). Balıkesir bölgesi için hesaplanmış olan geç Burdigaliyen dönemine ait WMT ısı değerleri günümüze benzer olmasına karşın, CMT ısı değerleri, günümüz ısı değerlerine oranla belirgin olarak yüksektir. Bu yüksek CMT ısı değerlerinin, geç Burdigaliyen–Langiyen zaman aralığı boyunca Türkiye ve Avrupa’da etkisini göstermiş olan “Orta Miyosen sıcak iklim dönemi” ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

İzmir–Sabuncubeli yöresine ait geç Burdigaliyen yaşlı palinoflora ve sayısal iklimsel değerleri Kayseri vd. (2007) tarafından elde edilmiştir. Yazarlar, Sabuncubeli ve çevresinde özellikle Sparganiaceae ve Myricaceae bitkilerinin geniş yayılım sunduğunu, ova ve bataklık ortamının iyi geliştiğini göstermişlerdir. Ayrıca, bölgede, *Engelhardia*, Schizaceae ve Cyrillaceae bitkilerinin yayılım gösterdiği ılık yarı–tropikal iklim koşullarının varlığını tanımlamışlardır. Hesaplanan 9.75°C CMT değeri Sabuncubeli bölgesinde sıcak iklim koşullarının varlığını güçlendirmektedir.

Kayseri (2002) ve Kayseri ve Akgün (2008), Samsun–Havza bölgesinden tanımlanan en geç Burdigaliyen yaşlı Samsun–Havza palinoflorasını temel alarak, sayısal ısı değerlerini CoA analizi yardımıyla hesaplamışlardır (MAT 17.2–20.8°C, CMT 6.2–

13.3°C (9.75°C), WMT 27.3–27.9°C ve MART 17.45 °C). Yazarlar, Samsun–Havza bölgesine ait palinospektra içinde sıcak seven bitkilerin (Sapotaceae, Cyrillaceae, *Reevesia*, *Engelhardia* ve Myrtaceae) yüksek yüzdeye sahip olduğunu ve bölgede ılık yarı–tropikal iklim koşullarının egemenliğini tanımlamışlardır. Hesaplanan 9.75°C CMT değeri, Samsun–Havza bölgesinde “Orta Miyosen sıcak iklim dönemi”nin etkisini düşündürmektedir. Bu çalışmada, en geç Burdigaliyen döneminde Samsun–Havza ve çevresinde geniş bataklık alanların varlığı (*Nyssa*, Myricaceae, Taxodiaceae, Polypodiaceae, Osmundaceae ve Schizaceae) ve bu alanlarını çevreleyen düşük paleotopoğrafya içinde konifer (*Pinus*, *Picea* ve *Podocarpus*) ve karışık orman topluluğuna (*Quercus*, *Tilia*, *Ulmus*, *Carpinus* ve Juglandaceae–*Carya*) ait bitkilerin varlığı belirlenmiştir. Palinolojik bulgulara dayalı bu ortamsal yorumlamalar ve hesaplanan 17.45°C MART değeri, Orta Anadolu’da, batı ve doğu Pontitlerde, Popov vd. (2004) tarafından işaret edilen ova, tatlı su gölü ve bataklık alanlarının varlığını desteklemektedir (Şekil 7 ve 8). Günümüzde Samsun ve çevresinde, genel olarak ısı değerleri CMT 3.4–6.0 °C ve WMT 23.3–26.9°C’dir ve Köppen iklim sınıflamasında grup D ile tanımlanmaktadır (Ek 1). Ancak bu bölgede topoğrafyaya bağlı olarak iklim koşulları değişmektedir. Kıyı kuşağında denizin etkisine bağlı olarak nemli ve ılıman yarı–tropikal iklim koşulları gözlenirken, iç kesimlere doğru karasal iklim koşulları gözlenmektedir. En geç Burdigaliyen dönemine ait ısı değerleri günümüze ait CMT ısı değerlerine göre biraz daha yüksektir ve WMT değerleri ise birbirine benzerdir. Tüm bu bulguların ışığında, en geç Burdigaliyen döneminde Samsun–Havza yöresinde gözlenen iklim koşullarının, günümüzde Samsun bölgesinin kıyı kuşağı

boyunca gözlenen yarı–tropikal iklim koşullarına benzer olduğu söylenebilir.

Yunanistan’da geç Burdigaliyen (foraminifer N8 zonunun alt bölümü) yaşlı Spanokhorion palinoflorası içinde, sıcak seven bitkilerin (Cyrillaceae ve *Engelhardia*) varlığı dikkat çekmektedir (Benda vd., 1982) ve palinofloraya bağlı olarak yarı–tropikal iklim koşullarının varlığı söylenebilir. Benda vd. (1982)’nin tanımladığı spor ve polenler, bu çalışmada CoA analizi ile değerlendirilmiş ve analiz sonucunda MAT, CMT ve MART değerlerinin her birinde iki ısı aralığı elde edilmiştir (MAT 9.1–10.8°C ve 15.6–21.3°C, CMT (–2.7)–1.1°C (–0.8°C) ve 5.0–13.3°C (9.15°C), WMT 24.7–43.0°C (33.85°C) ve MART 34.65°C ve 24.7°C). İki farklı MART değeri Spanokhorion bölgesinde iki farklı paleotopoğrafyanın varlığını düşündürmektedir. Yüksek MART değerleri (24.7°C ve 34.65°C) bölgede oldukça yüksek topoğrafik alanların varlığına işaret etmektedir ve bölgede Pindos yükseliminin varlığı bu bulguyu güçlendirmektedir (Popov vd, 2004) (Şekil 7 ve 8). Ayrıca, CMT değerleri incelendiğinde (–0.8°C ve 9.15°C) düşük olan değer bölgede, yüksek paleotopoğrafik alanın varlığı görüşünü desteklemektedir. Yüksek olan CMT değeri ise, Spanokhorion bölgesinde sıcak iklim koşullarına işaret etmektedir. Geç Burdigaliyen’de Spanokhorion bölgesinde karışık orman topluluğu ve konifer ormanlarının bölgede orta ve yüksek paleotopoğrafyalı alanları kapladığı söylenebilir (*Pinus* spp. *Pinus haploxylon*–grup, nadiren *Pinus silversteris*–grup, *Quercus* ve *Castaneae*). Ayrıca, bataklık ortamının varlığını gösteren *Taxodiaceae*, *Nyssa* ve *Myricaceae* bitkilerinin yüzde bolluğunun fazla olduğu belirlenmiştir. Palinospektroda, otsul ve çalı formlarının (*Poaceae*, *Compositae*, *Cyperaceae*

ve *Chenopodiaceae*) düşük yüzdeli varlığı, Spanokhorion bölgesinde açık alanların varlığını tanımlamaktadır. Yunanistan’da Evia bölgesine (Yunanistan’ın doğusu) ait geç Burdigaliyen yaşlı (=MN4a memeli zonu) palinoflorada sıcak iklim koşullarında gelişebilen (*Engelhardia*, *Sapotaceae*, *Platycarya* ve *Palmae*) bitkilerin varlığı dikkat çekmektedir. Ayrıca, palinoflorada özellikle bataklık ormanına ait polen ve sporların (*Ovoidites*, *Taxodiaceae*, *Sequoia*, *Glyptostrobus* ve *Nymphaeaceae*) varlığı belirlenmiştir (Reigel vd., 1989). Bu çalışmada hesaplanan, Evia bölgesine ait CoA analiz sonuçları MAT 17.0–18.4°C, CMT 6.2–12.5°C (9.35°C), WMT 26.5–32.0°C ve MART 19.9°C’dir (Şekil 7 ve 8) (Reigel vd., 1989). Yüksek olan CMT değeri, geç Burdigaliyen döneminde Yunanistan’ın doğusunda olduğu gibi batısında da “Orta Miyosen sıcak iklim dönemi”nin etkili olduğunu düşündürmektedir. Hesaplanan MART değeri (19.9°C), geç Burdigaliyen döneminde havzada yüksek paleotopoğrafyaya sahip alanların varlığını ve bu alanların arasında bataklık ortamlarının geliştiğini göstermektedir (Şekil 7 ve 8). Popov vd. (2004) geç Burdigaliyen’de batı Yunanistan (Spanokhorion alanı) için Pindos yükseliminin, doğu Yunanistan (Evia alanı) için ise ova ve yüksek paleotopoğrafyalı alanların varlığını belirlemiştir. Yunanistan’ın doğusu ve batısına ait hesaplanan farklı MART değerleri, Yunanistan’da geç Burdigaliyen döneminde bu bölgelere ait farklı paleotopoğrafik koşulların varlığını desteklemektedir.

Bu çalışmada tanımlanan geç Burdigaliyen–Langiyen yaşlı Milas–Kultak palinoflorasında, sıcak iklim koşullarında gelişim gösterebilen *Engelhardia*, *Schizaceae*, *Sapotaceae* ve *Cyrillaceae* ailelerine ait spor ve polenlerin yüksek yüzdeli olduğu belirlenmiştir. Palinoflora temel alınarak, Milas–Kultak ve çevresinde geç

Burdigaliyen-Langiyen boyunca, yarı-tropikal iklim koşullarının varlığından söz edilebilir. Milas–Kultak palinoflorasının CoA analizi ile sayısal ısı değerleri hesaplanmıştır ve CoA sonuçları sırasıyla MAT için 16.5–21.3°C, CMT için 5.5–13.3°C (9.4°C), WMT için 27.3–28.1°C (27.7°C) ve MART için 18.3°C’dir. Milas ve çevresinde, günümüzde gözlenen ısı değerleri MAT 18–20°C, CMT 8–10°C ve WMT 28–30°C ve Köppen iklim sınıflamasında grup C olarak tanımlanan iklim koşulları ile temsil edilmektedir (Ek 1). Günümüzde bölgedeki iklim koşulları, yaz aylarında sıcak ve kurak, kış aylarında ise yağışlı olarak geçmektedir. Kultak ve çevresinde günümüzde, Myrtaceae, Lauraceae, Ericaceae, Oleaceae, Apocynaceae ve Fabaceae bitkileri ile temsil edilen fundalık yayılım göstermekte ve yüksek topoğrafyalı alanlarda ise açık tohumlu bitki grubuna ait *Pinus*’lar bulunmaktadır. Günümüze ait ısı değerleri ile geç Burdigaliyen-Langiyen dönemine ait ısı değerlerinin birbirine benzer olduğu gözlenmektedir. Günümüzde bölgede, Akdeniz ve Ege denizinin etkisi nedeniyle yüksek ısı değerleri gözlenirken, geç Burdigaliyen-Langiyen dönemi için kayıt edilen yüksek ısı değerleri bölgenin o dönemde de, günümüzde olduğu gibi deniz (Akdeniz) etkisine açık olması ve “Orta Miyosen sıcak iklim dönemi”nin etkisiyle açıklanabilir. geç Burdigaliyen-Langiyen döneminde bataklık ve karışık orman topluluğuna (*Pinus*, *Quercus*, *Castaneae* ve *Fagaceae*) ait bitkilerin yayılım gösterdiği belirlenmiştir. Hesaplanan MART değeri (18.3°C), geç Burdigaliyen-Langiyen periyodunda Milas–Kultak ve çevresinde düşük ve yüksek paleotopoğrafyanın varlığını göstermektedir ve bu bulgu spor ve polenlere bağlı olarak tanımlanan paleovejetasyonel bulguları doğrulanmaktadır. Bu bulgular, Popov vd. (2004)’nin Milas-Kultak bölgesi için

gösterdikleri Menderes Masifi yükseltisi ve geniş bataklık alanlarının varlığını desteklemektedir (Şekil 7 ve 8).

Geç Burdigaliyen-Langiyen dönemine ait bir diğer palinolojik bulgu Aydın–Kuloğulları ve Başçayır bölgelerinden elde edilmiştir (Akgün ve Akyol, 1999). Bu bölgelere ait sporomorf içeriği Akgün vd. (2008) tarafından CoA analizi ile değerlendirilmiştir. Aydın–Kuloğulları (Aydın’ın güneydoğusu) bölgesine ait sayısal ısı değeri MAT için 13.5–21.3°C, CMT için 1.8–13.3°C (7.55°C), WMT için 25.4–28.1°C (26.75°C) ve MART için 19.2°C olarak hesaplanmıştır. Aydın–Başçayır (Aydın’ın kuzeydoğusu) bölgesine ait sayısal ısı değerleri ise, MAT 12.9–21.7°C, CMT 0.9–15.6°C (8.25°C), WMT 23.6–28.1°C (25.85°C) ve MART 17.6°C’dir (Şekil 7 ve 8). Akgün vd. (2008), Kuloğulları ve Başçayır bölgelerine ait palinospektrada yüksek ısı koşullarında gelişebilen *Cyrillaceae*, *Sapotaceae*, *Engelhardia* ve *Schizaceae* bitkilerine ait polen ve sporların varlığını vurgulamıştır ve geç Burdigaliyen-Langiyen dönemi boyunca, ılık yarı-tropikal iklim koşullarının hakim olduğunu belirtmişlerdir. Başçayır bölgesine ait paleovejetasyonda, özellikle bataklık orman topluluğu (Örneğin; *Taxodiaceae*, *Myricaceae*), karışık orman topluluğu (Örneğin; *Quercus*, *Castaneae* ve *Fagaceae*) ve dağ bitki örtüsünün (*Pinus*) varlığı tanımlanmıştır. Ayrıca, Başçayır bölgesinde küçük otsul alanların varlığını gösteren polenler (Örneğin; *Compositae*, *Chenopodiaceae*, *Poaceae*) elde edilmiştir. Aydın–Kuloğulları bölgesine ait paleovejetasyon özellikle akarsu kenarı bitki topluluğu (*Alnus* ve *Simaroubaceae*), dağ ve karışık orman topluluğu ile Başçayır bölgesinden farklılık göstermektedir. Bu iki bölgeden hesaplanan MART değerleri karşılaştırıldığında, Kuloğulları’ndan tanımlanan

MART değerinin (19.2°C), Başçayır bölgesine ait olan değerden (17.6°C) daha yüksek olması, Kuloğulları bölgesinin daha yüksek bir topoğrafyaya sahip olması gerektiğini düşündürmektedir. Bu sayısal bulgu, palinofloraya dayanılarak elde edilen ortamsal yorumlamayı desteklemektedir. Günümüzde Muğla–Aydın bölgesi ve çevresinde Akdeniz iklimi gözlenmektedir (Köppen iklim sınıflaması grup C) ve CMT 4.2–5.5°C (4.85°C) ve WMT 33.5–35.3°C (34.4°C) olarak hesaplanmıştır (Ek 1). geç Burdigaliyen–Langiyen dönemine ait ısı değerleri ile günümüze ait ısı değerlerinin birbirine yakın olmasına karşın, günümüze ait CMT değeri daha düşük ve WMT değeri ise daha yüksektir. Bu değerlerdeki farklılık topoğrafyanın geç Burdigaliyen–Langiyen döneminden günümüze kadar değişmesi ve Langiyen’de tanımlanmış “Orta Miyosen sıcak iklim dönemi”nin etkisi ile açıklanabilir.

Benda vd. (1982) Langiyen yaşlı (=nannoflora NN5 zonu) Kolivata–Levkas palinoflorasında sıcak iklim koşullarında gelişebilen Cyrillaceae ve *Engelhardia* bitkilerine ait polenlerin varlıklarını belirlemiş ve Langiyen dönemi boyunca Kolivata alanında yarı–tropikal iklim koşullarının etkin olduğunu belirtmişlerdir. Şimdiye kadar Yunanistan–Kolivata–Levkas (Yunanistan’ın batısı) ait sayısal ısı değerleri hesaplanmamıştır ve bu çalışmada, Benda vd. (1982)’nin Langiyen dönemine ait sporomorf topluluğu CoA analizi ile değerlendirilmiştir. Hesaplanan sonuçlar sırasıyla, MAT 15.6–21.7°C, CMT 5.0–15.6°C (10.3°C), WMT 24.7–27.9°C (26.3°C) ve MART 16°C’dir (Şekil 7 ve 8). CMT değerinin oldukça yüksek olduğu dikkat çekmektedir ve bu yüksek ısı değeri, Langiyen döneminde, Türkiye’de olduğu gibi Yunanistan’da da “Orta Miyosen sıcak iklim dönemi”nin etkili olduğunu göstermektedir.

Benda vd. (1982)’inin tanımladığı palinofloraya göre, Yunanistan–Kolivata bölgesine ait paleovejetasyon özellikle karışık orman topluluğu (Örneğin; *Pinus*, *Quercus*, *Castaneae*) ve bataklık bitki topluluğu (Örneğin; *Taxodiaceae*, *Myricaceae*) ile simgelenmektedir. Ayrıca, palinospektra içinde çalı ve otsul alanların varlığını gösteren *Poaceae*, *Cyperaceae* ve *Chenopodiaceae* polenleri düşük oranda yazarlar tarafından tanımlanmıştır. Kolivata–Levkas bölgesine ait MART değerinin (16°C) düşük olması, orta ve düşük paleotopoğrafyalı alanların varlığına işaret etmekte ve bu bölgede palinofloraya bağlı olarak tanımlanan bataklık ve orman topluluğuna ait vejetasyon tiplerini açıklamaktadır. Yunanistan’ın batısında, geç Burdigaliyen’den Langiyen dönemine doğru MART değerleri (34.65°C ve 24.7°C)’den (16°C)’ye değişmiştir. Bu hesaplanan sayısal değişim, söz konusu süreçte Yunanistan’ın batısında, topoğrafyada önemli bir değişim olduğunu düşündürmektedir. Ayrıca, geç Burdigaliyen dönemi için MART değerlerine bağlı olarak Yunanistan’ın doğu (MART 19.9°C) ve batısını (34.65°C ve 24.7°C) karşılaştırdığımızda, doğu bölgesinde paleotopoğrafyanın daha düşük olduğu söylenebilir.

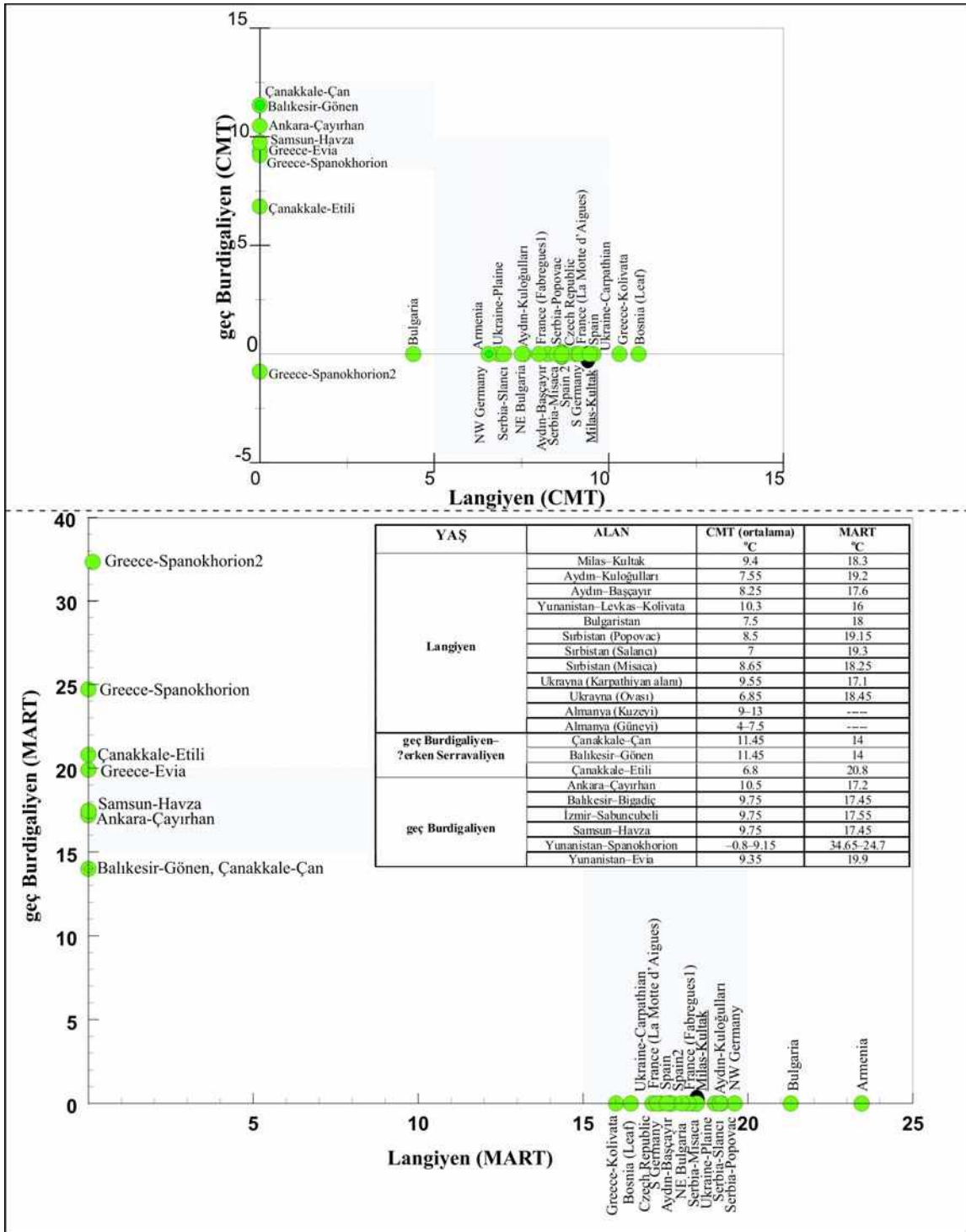
### **Avrupa’ya ait geç Burdigaliyen–Langiyen’de Paleoklim ve Paleovejetasyon Özellikleri ve Paleocoğrafya**

Papp ve Steininger (1978), Badeniye katını Viyana havzasında Baden–Sooss bölgesinden tanımlamıştır ve bu kata ait tortul kayalar grimsi mavi renkli, bentik foraminifer topluluklarını ve moluska türlerini içeren kilttaşlarıyla temsil edilmektedir (Harzhauser ve Piller, 2007). Badeniye dönemi çalışmacılar tarafından, erken

Badeniyen (Burdigaliyen–Langiyen sınırı), orta Badeniyen (Langiyen) ve geç Badeniyen (Langiyen–Serravaliyen sınırı) olmak üzere üç alt kata bölümlendirilmiştir. Avrupa’da erken Badeniyen (Burdigaliyen–Langiyen sınırı) boyunca deniz düzeyinde belirgin bir düşüş tanımlanmış (Haq vd., 1988; Hardenbol vd., 1998) ve gelişen bu denizel olayın Doğu Antarktik buz tabakasının genişlemesi sonucunda olduğu belirtilmiştir (Flower ve Kennett, 1993; Shevenell vd., 2004; Harzhauser ve Piller, 2007). Orta Badeniyen (Langiyen) boyunca Viyana havzasında iyi gelişmiş bir transgresyon varlığı tanımlanmış (Kreutzer, 1986) ve Karpathiyan havzalarının evaporitik çökeller, Transilvanya havzalarının ile Orta Paratetis’in batı bölümünün kireçtaşları ile karakterize edildiği belirlenmiştir (Dullo, 1983; Schmid vd., 2001). Geç Badeniyen (Langiyen–Serravaliyen sınırı) denizel tortul kayalarla temsil edilmektedir ve bu zamanda özellikle resif alanlarının varlığı tanımlanmıştır. Ancak Harzhauser ve Piller (2007), bu resifal alanların yapısının Langiyen–Serravaliyen sınırı aralığında değiştiğini vurgulamış ve bu değişiminin Orta Miyosen’de gözlenen iklim değişiminin sonucunda geliştiğini belirtmişlerdir (Shevenell vd., 2004).

Langiyen (=orta Badeniyen) boyunca Akdeniz havzalarında paleocoğrafya ve paleoortam yeniden oluşmuştur. Büyük ölçekli Langiyen transgresyonu Paratetis ve Akdeniz havzalarında gözlenmiştir. Bu transgresyona neden olan yarı-tropikal ve tropikal denizel

koşullar Paratetis havzasında ve Polonya’nın kuzeyine kadar etkisini göstermiştir. Polonya’da tropikal koşullar iri foraminifer ve pelesipod fosilli tortul istifin oluşmasını sonuçlamıştır. Dünya ölçeğinde gözlenen bu transgresyon sonucunda Batı Akdeniz havzalarında da okyanus etkileri belirlenmiştir (Jiménez–Moreno ve Suc, 2007). Ayrıca, Doğu Akdeniz havzalarında Arabistan ve Güney Türkiye arasında bir deniz yolu açılmış ve Van Gölü çevresinde bu deniz yolunun varlığı nedeniyle denizel tortul istifler oluşmuştur (Gelati, 1975). Rögh ve Steininger (1984), Langiyen yaşlı denizel istiflerin Ege bölgesinde tanımlanmadığını, ancak yine de stratigrafik gözlemlerine göre Ege bölgesinde bir teorik deniz yolunun olması gerektiğini belirtmişlerdir (Pollak, 1979; Rögl, 1999; Rögl F. ve Steininger F.F., 1984). Bu çalışmada Kultak ve çevresinde ölçülen kesit boyunca istifin alt seviyelerinden üst seviyelerine doğru, karasal koşullardan denizel koşullara bir geçiş gözlenmiştir (Kayseri vd., 2007). Bu bulgu Langiyen’de, Avrupa’da tanımlanmış olan büyük ölçekteki denizel transgresyonun, Milas–Kultak bölgesinde de etkili olduğunu düşündürmekte ve Rögh (1999)’un teorik deniz yolu önerisini güçlendirmektedir. Bu bölümde, Milas–Kultak yöresi için hesaplanan ısı değerleri ve vejetasyon koşulları, Avrupa’dan elde edilmiş bulgular ile karşılaştırılmış ve iklimsel koşulların paleocoğrafyaya bağlı olarak gösterdiği değişimler belirlenmeye çalışılmıştır (Şekil 9).



Şekil 9. Türkiye ve Avrupa için geç Burdigaliyen ve Langiyan zamanlarına ait CMT ve MART değerlerinin karşılaştırması

Figure 9. Correlation of the CMT and MART values of the late Burdigalian and Langhian times for Turkey and Europe.

Şekil

Ivanov vd. (2007) Panoniyen havzasında (Kuzeydoğu Bulgaristan’da), Tarkhaniyen (Langiyen=erken Badeniyen) boyunca, sıcak iklim koşullarında ova ve karışık orman topluluklarına ait bitkilerin (*Quercus*, *Ulmus*, *Castanea*, *Carya*, *Pterocarya*, *Juglans*, *Ilex*, *Eucommia*, *Betula*, *Carpinus*, *Corylus*, *Platycarya*, *Engelhardia*, *Symplocos*, *Reevesia*, Sapotaceae, Araliaceae ve Arecaceae) orta ve yüksek paleotopoğrafyalı alanları kapladığını belirtmişlerdir. Yazarlar, CoA analizi ile Tarkhaniyen zamanına ait sayısal ısı değerlerini MAT 9–21°C (15°C), CMT 2–13°C (7,5°C), WMT 22–29°C (25,5°C) ve MART 18°C olarak hesaplamışlardır (Şekil 9). Doğu Paratetis havzasında (Batı Karadeniz’de), geç Erken Miyosen–erken Orta Miyosen zaman aralığında bir transgresyonun varlığı belirlenmiştir (Meulenkaamp ve Sissingh, 2003; Ivanov vd., 2007). Transgresyon etkisine bağlı olarak sıcak denizel koşulların, Bulgaristan’da yer alan karasal bölgelerin iklimi üzerinde etkili olduğu ve bu koşulların sıcak seven bitkilerin varlığı ve bolluğuna neden olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Ayrıca, kuzey Bulgaristan’da yüksek paleotopoğrafyalı alanlarda (Balkan Yarımadası’nda) karışık orman topluluğunun yayılım gösterdiği tanımlanmıştır. Yazarlar, Miyosen boyunca Balkan Yarımadası’nın Akdeniz paleovejetasyonunun evrimi ve göçünde önemli bir rol oynadığını belirlemişlerdir (Palamarev, 1989; Rögl, 1998; Ivanov vd., 2007).

Utesher vd. (2007) Sırbistan’ın 30 my’lık süreçteki paleoiklimsel ve vejetasyonel değişimlerini tartıştıkları çalışmalarında, erken Badeniyen (Langiyen) yaşlı Popovac palinoflorasını ve Popovac palinoflorasından biraz daha genç olduğunu belirttikleri geç

Badeniyen yaşlı Slancı ve Misaca palinofloralarını tanımlamışlardır. Yazarlar, “Orta Miyosen sıcak iklim dönemi” ile Geç Miyosen serinleme dönemine ait paleoiklimsel bulguları Sırbistan’da tanımlamışlardır. Çalışmalara göre, ılık iklim koşulları Badeniyen boyunca Sırbistan’da yaprak dökmeyen geniş yapraklı bitkilerin (laurophyllous) geniş yayılım sunmasına neden olmuştur. Popovac palinoflorasında yaprak döken bitkilere ait polenlerin (Örneğin; *Acer* veya *Rhamnus*) varlığı, dağlık alanların varlığı ile açıklanmıştır. Popovac palinoflorasına ait sayısal ısı değerleri sırasıyla MAT 14.4–21.3°C, CMT 3.7–13.3°C (8,5°C), WMT 27.2–28.1°C (27,65°C) ve MART 19.15°C olarak hesaplanmıştır. Slancı palinoflorasında, Lauraceae ailesine (özellikle *Daphnogene*) ait bireyler çok yüksek yüzdede tanımlanmış ve tipik ılıman iklim koşullarını karakterize eden *Salix*, *Alnus*, *Populus*, *Acer*, *Engelhardia*, *Zelkova* ve koniferler düşük yüzdeli olarak gözlenmiştir. Spor formlarının çeşitliliği, iyi gelişmiş orman altı bitki örtüsünün varlığı olarak yorumlanmıştır (Utesher vd., 2007). Slancı palinoflorası temel alınarak elde edilen sayısal ısı değerleri sırasıyla MAT 15.6–16.5°C, CMT 7–7°C (7 °C), WMT 25.6–27°C (26.3 °C) ve MART 19.3°C. Misaca florasında, arctotersiyer elementlerin (ılıman iklim koşullarına uyum sağlayan bitkiler) önemli bir yüzdeye sahip olduğu ve bu elementlerin *Acer*, *Ulmus* ve *Carpinus* ile temsil edildiği vurgulanmıştır. Yazarlar Misaca palinoflorasında yer alan arctotersiyer elementlerin varlığını, Badeniyen boyunca Sırbistan’da yükselmeye devam eden Karpathiyen dağlarında yayılım gösteren bitki örtüsünden taşınma sonucunda gerçekleştiği belirtilmiştir. Misaca palinoflorasına ait CoA analiz sonuçları sırasıyla MAT 14.4–16.6°C, CMT 5.6–11.7°C (8.65 °C),

WMT 25.7–28.1°C (26.9°C) ve MART 18.25°C. Yazarlar Popovac, Salancı ve Misaca palinoflorından hesaplanan sayısal ısı değerlerinin, Egenburgiyen (=erken Burdigaliyen) zamanından daha yüksek olduğunu belirterek bu ısı değişiminin “Orta Miyosen sıcak iklim dönemi”nin etkisi sonucunda gerçekleştiğini vurgulamışlardır (Zachos vd., 2001 ve Utesher vd., 2007).

Ukrayna’da Miyosen tortul istifi Orta ve Doğu Paratetis havzası içerisinde yer almaktadır ve Syabryaj vd. (2007) bu tortul istifin paleoiklimsel ve vejetasyonel özelliklerini tanımlamıştır. Ukrayna’nın batısı Orta Paratetis havzası içinde yer almaktadır ve Ukrayna Karpathiyen alanı “Ukrainian Carpathians” olarak adlandırılmıştır. Ukrayna’nın güneyi Doğu Paratetis havzası içinde yer almaktadır ve Ukrayna ovası “Ukrainian Plain” olarak adlandırılmıştır (Syabryaj vd., 2007). Ukrayna Karpatiyen alanı Badeniyen’de bir transgresyon istifi ile temsil edilmektedir (Venglinsky, 1975). Yazarlar, Orta Paratetis havzası ile Tetis arasında bir deniz yolunun varlığını ve sıcak okyanus sularını içeren bu deniz bağlantısının sıcak seven eğrelti otlarının “thermophilous ferns” gelişmesine neden olduğunu vurgulamıştır. Bu havzada geniş yapraklı bitkilerden (*Ulmus*, *Castanea* ve *Engelhardia*) oluşan ormanın geniş yayılım sunduğu belirtilmişlerdir (Syabryaj vd., 2007). Ukrayna Karpatiyen dağlarının yamaçlarının *Picea* ve *Ulmus* bitkileri ile örtülü olduğu ve bu bitki topluluğunun iç zona ait bitki topluluğu (*Fagus* ve *Liquidambar*) ile karşılaştırıldığında, havzanın dağlık alanlarında daha soğuk iklim koşullarının varlığını vurgulanmıştır. Ukrayna Karpatiyen alanı CoA analiz sonuçları sırasıyla MAT 15.6–18.4°C, CMT 6.6–12.5°C (9.55 °C), WMT 25.4–27.9°C ve MART 17.1°C’dir (Syabryaj vd., 2007).

Ukrayna ovasında çok nemli karasal alanlarda ve Kırım Yarımadasındaki bataklık alanlarda Taxodiaceae geniş yayılım göstermiştir (Syabryaj vd., 2007). Ukrayna ovasının genel vejetasyon tipi yarı–tropikal iklim koşulları altında gelişen geniş yapraklı bitkilerden (*Quercus*, *Ulmus*, *Zelkova*, *Castanea*, *Liquidambar*, *Fagus*, *Pterocarya*, *Juglans*, *Carpinus* ve *Betula*) oluşan ormanlar ve bu ormanda ağaç altında gelişen bitki topluluklarından (*Corylus*, *Erica*, *Lauraceae*, *Buxus*, *Ilex*, *Palmae* ve *Theaceae*) oluşmaktadır. Ayrıca *Salix* ve *Alnus* vadi ve göl çevrelerini örterken, karasal alanların konifer ormanları (*Keteleeria*, *Tusuga*, *Cedrus*, *Picea*, *Podocarpus*, *Cupressaceae* ve çok düşük yüzdeli olarak *Ginkgo*) ile kaplanmıştır. (Syabryaj vd., 2007) . Ukrayna ovasına ait sayısal ısı değerleri sırasıyla MAT 17–17.1°C, CMT 6.6–7.1°C (6.85°C), WMT 24.7–25.9°C ve MART 18.45°C’dir (Syabryaj vd., 2007).

Mosbrugger vd. (2005), Erken Miyosen’de dünyanın hemen her yerinde ısı değerlerinde bir artışın olduğunu ve bu artışın erken Orta Miyosen’e kadar devam ettiğini belirtmişlerdir. Ancak bu ısı değişiminin bazı bölgelerde farklılıklar gösterebileceğini vurgulamış ve Almanya’da Weissenster havzasında Akitaniyen döneminde kısa süreli bu soğuma döneminin varlığını tanımlamışlardır. Geç Burdigaliyen döneminde ısı artışının erken Serravaliyen’e kadar devam ettiğini ve bu dönemin “Orta Miyosen sıcak iklim dönemi” ile karşılaştırılabileceğini vurgulamışlardır. Mosbrugger vd. (2005) Almanya’da Senozoyik havzalarından Lower Rhine, Weissenster ve Molas havzalarının “Orta Miyosen sıcak iklim dönemi”nden etkilendiğini belirtmişlerdir. Yazarlar, bu havzalara ait MAT ve WMT değerlerinin benzer olduğunu, ancak CMT değerlerinin ise bölgesel olarak farklılık



gösterdiğini gözlemlemişlerdir. Almanya’nın güneyinde yer alan Molas havzasına ait CMT değerlerinin (9–13°C), kuzeyde yer alan Lower Rhine ve Weissenste/Lausitz havzalarına ait CMT değerlerinden (4–7.5°C) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Yazarlar, bu ısı değişiminde paleocoğrafyanın önemli bir rol aldığını ve CMT değerlerinin düşük olduğu havzaların Senozoyik Kuzey denizi kıyısında yer aldığını belirtmişlerdir. Miyosen serinleme döneminin başlangıcında ise Molas havzası ısı değerlerindeki azalışın, Lower Rhine ve Weissenste havzalarından tanımlanan ısı değeri düşüşlerine oranla, çok daha belirgin olduğunu gözlemlemişlerdir (CMT değeri 4 °C’nin altına düşmüştür).

Jiménez–Moreno ve Suc (2007), geç Erken Miyosen’den–Orta Miyosen’e kadar Fransa ve İspanya’da genellikle yarı–tropikal iklim koşullarının gözlendiğini vurgulamışlardır (Bessedik, 1985; Woodruff ve Savin, 1989; Flower ve Kennett, 1993; Lécuyer vd., 1996; Utescher vd., 2000; Zachos vd., 2001; Agustí ve Antón, 2002; Böhme, 2003) ve ayrıca çalışmalarında bu koşulların etkisinin, farklı fosil gruplarına dayanılarak desteklendiğini belirtmişlerdir (Bessedik ve Cabrera, 1985; Sanz de Siria Catalan, 1993; Braga vd., 1996; Saint–Martin vd., 2000; Ivanov vd., 2002 ve Harzhauser vd., 2003). Çalışmalar incelendiğinde, Fransa ve İspanya’yı içine alan bölgede dört iklim zonu ve bu iklim zonlarında gelişmiş vejetasyon tipleri tanımlanmıştır. Zon A “güney ve merkezi İspanya”, Zon B “kuzeydoğu İspanya”, Zon C “güney Fransa” ve Zon D “Merkezi ve doğu Fransa ve İsviçre”dir. Zon A, otsul ve çalı formların (Poaceae, Amaranthaceae–Chenopodiaceae, Plumbaginaceae ve Caryophyllaceae) bolluğu ile karakterize edilmektedir. Özellikle yarıçalımsı taksonlar

(*Nitraria*, *Lygeum*, *Prosopis*, *Neurada* ve *Calligonum*) ile temsil edilmektedir. Bu bölgede, yarı–tropikal iklim koşullarının hakim olduğu, ancak mevsimselliğe bağlı olarak kurak koşulların gözlendiği belirtilmiştir. Bu iklim koşullarında sıcak seven bitkiler (örneğin; tropikal ve yarı–tropikal) (*Taxodium*, *Engelhardia*, Sapotaceae, *Myrica*, *Alchornea*, *Mussaenda*, Melastomataceae, Rutaceae, düşük yüzdeli *Avicennia* ve *Sindora*) ve ılıman iklimi seven bitkiler (örneğin; *Quercus deciduous* tip, *Carya*, *Zelkova*, vd.) hakimdir. Zon B, bu zona ait vejetasyonda, Zon A ya benzer olarak, otsul ve çalı paleovejetasyonunu temsil eden taksa (Poaceae, Asteraceae, Amaranthaceae–Chenopodiaceae ve Plumbaginaceae) yüksek yüzdeli tanımlanmış, ancak bu zonda yarıçalımsı takson gözlenmemiştir. Caesalpiniaceae ve *Acacia* (Mimosaceae) taksonlarının varlığı mevsimselliğin yüksek olduğu şeklinde yorumlanmıştır. *Avicennia* palinoflora içinde yüksek yüzdeli olarak gözlenmiştir. Bu bölgede yaz dönemi boyunca gözlenen nemli ve/veya serin iklim koşullarının, yarıkurak taksonun gelişmesini engellediği şeklinde yorumlanmıştır. Zon C’de oldukça az yarıkurak takson gözlenmiş olmasına karşın (Bessedik, 1984; Bessedik, M. ve Cabrera, L., 1985), sıcak seven bitkilerin yaygın (Sapotaceae, *Myrica*, *Engelhardia*, *Taxodium* tip, Hamamelidaceae, Simarubaceae, Chloranthaceae ve *Avicennia* vd.) olduğu belirlenmiştir. Sıcak seven bitkilerin (*Engelhardia*, *Platycarya*, *Taxodium* tip ve *Myrica*) yaygınlığı nemliliğin yüksek olduğunu göstermektedir. Zaman zaman çalı ve otsul vejetasyonu karakterize eden taksa (Poaceae, Amaranthaceae–Chenopodiaceae, Plumbaginaceae, Geraniaceae ve Ericaceae) düşük yüzdeli olarak tanımlanmıştır. Zon D’ye ait palinoflora yağış miktarının yüksek olduğu iklim koşuluyla karakterize edilmektedir. Bu

zona ait palinoflorada sıcak seven bitkiler (*Taxodium* tip ve *Engelhardia*) oldukça yüksek yüzdeldir ve *Avicennia* bu bölgede gözlenmemiştir. Ayrıca yazarlar Zon D'ye ait palinofloranın, Pannoniyen havzası ve Merkezi Avrupa'ya ait Orta Miyosen palinofloralarına çok benzer olduğu belirtmişlerdir (Gregor, 1983; Ashraf ve Mosbrugger, 1996; Jiménez–Moreno vd., 2005).

Polonya'da Langiyen zamanını kapsayan birçok palinolojik çalışma gerçekleştirilmiştir (Nagy, 1963, 1969, 1985, 1990; Planderová, 1991; Ważyńska, 1998). Bu çalışmalarda, Langiyen yaşlı palinofloralarda *Tricolpopollenites henrici* (*Quercus*) ve *Tricolporopollenites pseudocingulum* formlarının yüksek yüzdeli varlığı belirlenmiştir. Yarı-tropikal element olan (P2) bu iki tür ve diğer taksonlar yüksek yüzdeli olarak, tropikal elementlere (P1) ve palmiyegil taksonlara eşlik etmektedir (Ważyńska, 1998). Langiyen boyunca, Polonya palinoflorası içinde sıcak ılıman (A2) ve serin ılıman (A1) elementler düşük yüzdeli olarak tanımlanmıştır. Bu dönem Polonya'da bataklık ortamlarının gelişimi ile temsil edilmektedir ve bu ortamda özellikle *Nyssa* ve *Taxodiaceae* taksonlarının baskınlığı belirlenmiştir. Ayrıca, çalılık ortamının varlığına işaret eden *Cyrillaceae*, *Myricaceae* ve *Clethraceae* taksonları tanımlanmıştır. Ważyńska (1998) Polonya'da erken Orta Miyosen boyunca oldukça sıcak ılıman iklim koşullarının hakim olduğunu ve kurak alanların varlığını belirlemiştir. Yazar, bu kurak alanların karışık orman topluluğu ile çevrili olduğunu tanımlamıştır. Jiménez–Moreno (2006) Macaristan'da tarafından, Pannoniyen havzasının Orta Miyosen'de gözlenen iklimsel soğuma dönemini araştırmış ve bu iklimsel değişimin bitki örtüsü üzerine etkilerini tartışmıştır. Yazar

çalışmasında, Karpatiyen–Badeniyen (geç Burdigaliyen–Langiyen) ve geç Badeniyen–Sarmasiyen (Serravaliyen) dönemlerine ait palinofloralar ile bu dönemlerde gelişmiş vejetasyonu tanımlamıştır. Aynı çalışmada, Langiyen'de Panoniyen havzası ve Orta Paratetis'in tropikal ve yarı-tropikal denizel ortam ile çevrili olduğu belirtilmiştir (Müller, 1984). Bu denizel koşulların güney Polonya ve Macaristan'da, mercan resiflerinin oluşmasına neden olduğu ve bu bölgelere ait palinoflora içinde, mangrov bataklığının varlığını gösteren *Avicennia* bitkisine ait polenlerin bulunduğu belirlenmiştir. Ayrıca yazar, geç Burdigaliyen–Langiyen zaman aralığında sıcak seven bitkilerden olan, yaprak dökmeyen *Engelhardia* formunun bolluğunu vurgulamıştır. Jiménez–Moreno (2006) sıcak bir dönem olan “Orta Miyosen sıcak iklim dönemi”nin Paratetis havzasında etkisini gösterdiğini belirtmiştir. Pannoniyen havzasında, bu dönemde ova ve yüksek topoğrafyalı alanlarda gözlenen bitki topluluğunun *Rhus*, *Theaceae*, *Cyrillaceae*, *Buxus*, *Rubiaceae*, *Euphorbiaceae*, *Castaneae*, *Sapotaceae*, *Rutaceae*, *Ilex*, *Hedera*, *Hamamelidaceae*, *Engelhardia* ile temsil edildiğini gözlemiştir. Yazar, bataklık ve akarsu kenarı bitki topluluklarının *Taxodium*, *Nyssa*, *Myrica*, *Platanus*, *Liquidambar*, *Zelkova*, *Carya*, *Pterocarya* ve *Salix* ile temsil edildiğini tanımlamıştır. Geç Badeniyen–Sarmasiyen (Serravaliyen) döneminde ise, bir önceki dönemden farklı olarak, *Engelhardia* bitkisine ait polen yüzde bolluğunun azalmasına karşın, *Quercus*, *Fagus*, *Alnus*, *Acer*, *Betula*, *Carpinus*, *Ulmus*, *Zelkova* ve *Tilia* bitkilerine ait polenlerin yüzde bolluğunun arttığı belirtilmiştir. Gözlenen bu vejetasyonel değişimin iklim ile ilgili olduğunu ve artan sıcaklık değerlerinin, geç Badeniyen–Sarmasiyen (Serravaliyen)

döneminde doğu Antarktika buzul levhasının genişlemesine bağlı olarak düştüğünü tanımlamıştır.

Tüm bu çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde, Burdigaliyen–Langiyen zaman aralığında Türkiye’ye ait CMT ısı değerlerinin Avrupa’ya ait ısı değerlerinden birkaç derece daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Bu ısı farklılığına, geç Burdigaliyen–Langiyen zaman aralığında Türkiye’nin Avrupa’ya göre daha güney enlemlerinde yer almasının neden olduğu söylenebilir. Ancak, Burdigaliyen’den (9.75 ile 10°C) Langiyen’e (7.55 ile 9.4°C) doğru Türkiye’ye ait ısı değerlerini incelediğimizde, ısı değerlerinde belirgin bir düşüş gözlenmiştir. Bu ısı azalması, dünya ölçeğinde gözlenen erken Serravaliyen’de etkisini göstermeye başlayan Orta Miyosen soğuma dönemine geçişin sonucunda geliştiği düşünülmektedir. Langiyen dönemi için Avrupa’ya ait ısı değerleri Türkiye’ye ait ısı değerlerinden azda olsa daha yüksektir. Bu döneme ait paleocoğrafik koşulları incelediğimizde, Langiyen’de Batı Akdeniz, Panoniyen ve Doğu Paratetis havzalarında denizel etkinin arttığı gözlenirken, Batı ve Orta Anadolu’da ise tektonik aktivitelere bağlı olarak karasallığın arttığı gözlenmektedir (Popov vd., 2004). Bu paleocoğrafik koşullar göz önünde bulundurulduğunda, Avrupa’nın Türkiye’ye göre daha kuzeyde yer almasına karşın, denizel etkinin bölgedeki ısı değerlerinin yükselmesine neden olduğu sonucuna varılabilir.

## SONUÇLAR

1. Türkiye ve Avrupa’da yapılan palinolojik çalışmalar ve sayısal iklimsel değerlendirmeler, benzer zaman aralığı içinde, paleoiklim ve paleovejetasyonun özellikle paleocoğrafya ve

paleotopoğrafya koşullarından etkilendiğini ortaya koymaktadır.

2. Milas–Kultak bölgesinde ölçülen kesit boyunca MN5–6 sınırı memeli zonuna karşılık gelen düzeyin hemen altından derlenen kiltaş örneklerinden tanımlanan palinoflorada, *Leiotriletes maxoides minoris* (Schizaceae), *L. maxoides maxoides* (Schizaceae), *Momipites punctatus* (*Engelhardia*), *M. quietus* (*Engelhardia*), *Plicatopollis plicatus* (Juglandaceae), *Tetracolporopollenites* sp. (Sapotaceae), *Dicolpopollis kalewensis* (*Calamus*), *Tricolporopollenites cingulum* (Castaneae), *Tricolporopollenites densus* (*Quercus*) ve *T. microhenrici* (*Quercus*) formlarının varlığına dayanılarak örneklerin geç Burdigaliyen–Langiyen (Geç Erken = Erken Orta Miyosen) yaşlı olduğu belirlenmiştir. Ölçülen kesitin üst seviyelerine doğru, kırıntılı tortul istifin foraminifer ve mercan fosilli kireçtaşlarına geçtiği gözlenmiştir (Kayseri vd., 2007). geç Burdigaliyen–Langiyen palinoflorasında genelde ısı seven bitkiler (*Engelhardia*, Schizaceae, Sapotaceae ve Cyrillaceae) yüksek yüzdeli olarak tanımlanmış ve Kultak çevresinde geç Burdigaliyen–Langiyen boyunca yarı–tropikal iklim koşullarının vejetasyon üzerinde etkili olduğu düşünülmüştür. Ayrıca, palinoflorada karışık orman topluluğuna ait taksanın (*Quercus*, *Carya*, Castaneae, vd.) ısı seven bitkilere düşük yüzde ile eşlik ettiği belirlenmiştir. Kultak palinoflorasında kitinli mikroforaminifer içzarları ve Schizaceae ailesine ait sporlar tanımlanmış ve bu formların varlığına ve istifin üst seviyelerde denizel kireçtaşlarına geçiş göstermesine dayanılarak, Kultak çevresinde geç Burdigaliyen–Langiyen kiltaşlarının çökelişi sırasında acı su koşullarının egemen olduğu belirlenmiştir. Kultak palinoflorası CoA analizinde değerlendirilerek, Milas–Kultak çevresinde

Langiyen zamanı için sayısal ısı değerleri elde edilmiştir. Geç Burdigaliyen-Langiyen'de gözlenen yarı-tropikal iklim koşullarına ait sayısal ısı değerleri sırasıyla MAT 16.5–21.3°C, CMT 5.5–13.3°C (9.4°C), WMT 27.3–28.1°C (27.7°C) ve MART için 18.3°C'dir. Bu değerlerin, Zachos vd. (2001) tarafından denizel tortul kayalarda oksijen ve karbon analizleri ile belirlenen ve Mosbrugger vd. (2005) tarafından, CoA analiz verilerine dayanılarak oluşturulan karasal CMT değerlerine ait iklim eğrisinin geç Burdigaliyen-Langiyen dönemi ile uyumlu olduğu gözlenmiştir.

3. Bu çalışmada, Yunanistan geç Burdigaliyen'i için iki farklı bölgeden ısı değerleri hesaplanmıştır. Sponkhorion bölgesi için MAT 9.1–10.8°C, CMT (–2.7)–1.1°C (–0.8°C) ve 5.0–13.3°C (9.15°C), WMT 24.7–43.0°C (33.85°C) ve MART için 34.65 ve 24.7°C ve Evia bölgesi için MAT 17.0–18.4°C, CMT 6.2–12.5°C (9.35°C), WMT 26.5–32.0°C ve MART 19.9°C olarak elde edilmiştir. Geç Burdigaliyen'de Yunanistan'ın doğu ve batı bölgelerine ait ısı değerleri karşılaştırıldığında, batı bölgesinin doğu bölgesine göre daha yüksek paleotopoğrafik koşullara sahip olduğu söylenebilir. Bu ortamsal farklılık hesaplanan MART değerleri ile desteklenmektedir. Geç Burdigaliyen'de Yunanistan'a ait CMT ısı değerleri Türkiye'ye ait ısı değerleri ile benzerlik sunmaktadır. Yunanistan Langiyen'i için hesaplanan ısı değerleri MAT 15.6–21.7°C, CMT 5.0–15.6°C (9.35°C), WMT 24.7–27.9°C ve MART 16°C'dir. Yunanistan'ın batı bölgesi için geç Burdigaliyen'den Langiyen'e doğru CMT ısı değerinin değişmemesine karşın, MART değerinde belirgin bir farklılık olması paleotopoğrafik farklılaşmanın sonucu olarak değerlendirilebilir. Bölgenin, geç Burdigaliyen'den Langiyen'e doğru daha düşük

paleotopoğrafik koşullara geçtiği düşünülmektedir. Langiyen döneminde Yunanistan'a ait CMT ısı değerlerinin Türkiye'ye ait ısı değerlerinden daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Yaklaşık aynı enlem üzerinde olmalarına karşın, CMT değerinin daha yüksek ve MART değerinin Türkiye'ye ait ısı değerlerinden daha düşük olması, paleotopoğrafik farklılığı düşündürmektedir. Popov vd. (2004)'ün Langiyen paleocoğrafik haritasında, Yunanistan'da denizel koşullar gözlenirken, Batı ve Orta Anadolu'da ise karasallığın arttığı işaret edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen paleortamsal koşullar, Popov vd. (2004)'ün haritaladığı paleocoğrafik koşulları desteklemektedir.

4. Türkiye'de geç Burdigaliyen sürecinde oluşmuş havzalara ait ((Samsun–Havza (Kayseri ve Akgün, 2008), Ankara–Beypazarı (Güngör, 1991), Çanakkale–Çan ve Balıkesir–Gönen (Ediger, 1990), Çanakkale–Etili (Akgün vd., 2008) ve Langiyen zamanında oluşmuş havzalar Aydın–Başçayır ve Kuloğulları (Akgün ve Akyol, 1999; Akgün vd., 2008), Milas–Kultak (bu çalışma)), CoA analizi sonuçları hesaplanmıştır. Geç Burdigaliyen'de CMT ve MART ısı değerlerinin havzalar arasında benzer olduğu gözlenirken, yalnızca Ankara–Çayırhan bölgesi için CMT ısı değerinin daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu belirgin ısı farkı, Ankara bölgesinde palinolojik bulgulara göre varlığı vurgulanan bataklık ortamı ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Langiyen'e doğru ise, CMT ısı değerlerinde azalma saptanmıştır. Bu ısı azalışı, Langiyen döneminde gözlenen karasal koşulların etkisinin artışı ve/veya erken Serravaliyen'de Avrupa'da gözlenen serinleme dönemine geçişin etkisi ile açıklanabilir. Türkiye'de Çanakkale–Etili, Çanakkale–Çan ve Balıkesir–Gönen bölgelerine ait ısı değerleri diğer bölgelere göre

farklılık göstermektedir. Bu farklılığın, CoA analizi sonuçları ve palinolojik bulgulara göre, Çanakkale–Etili bölgesinde yüksek paleotopoğrafik koşulların ve Çanakkale–Çan ve Balıkesir–Gönen bölgelerinde ise bataklık koşullarının egemenliğinden kaynaklandığı sözü edilebilir (Şekil 9).

5. Burdigaliyen–Langiyen zaman aralığında Türkiye ve Avrupa’da Orta Miyosen sıcak iklim döneminin etkilerinin gözlenmesine karşın, Türkiye’ye ait ısı değerleri Avrupa’ya ait ısı değerlerinden birkaç derece daha yüksektir. Bu zaman aralığında, Türkiye’nin Avrupa’ya göre daha güney enlemlerinde yer almasının bu ısı değişimine neden olduğu düşünülmektedir. Türkiye’ye ait CMT ısı değerlerinde, geç Burdigaliyen’den (ortalama 10°C) Langiyen’e (ortalama 8.5°C) doğru azalma izlenmiştir. Bu azalmanın nedeni, erken Serravliyen’de etkisini göstermeye başlayan Orta Miyosen soğuma dönemine geçişin ve/veya Türkiye’de Burdigaliyen’den Langiyen’e doğru karasallığın artışının etkileriyle açıklanabilir. Langiyen dönemi için Avrupa’ya ait ısı değerleri Türkiye’ye ait ısı değerlerinden azda olsa daha yüksektir. Langiyen’de gözlenen paleocoğrafik koşullara göre, Batı Akdeniz, Panoniyen ve Doğu Paratetis havzalarında denizel etkinin arttığı belirlenmiştir. Türkiye’de ise tektonik aktivitelerin sonucunda karasallığın arttığı gözlenmektedir (Popov vd., 2004). Bu paleocoğrafik koşullar göz önünde bulundurulduğunda, Avrupa’nın Türkiye’ye göre kuzeyde yer almasına karşın, bölgedeki denizel etkinin ısı değerlerinin biraz daha yüksek olmasına neden olduğu sonucuna varılabilir.

6. Bu çalışmada Türkiye’ye ait geç Burdigaliyen–Langiyen zaman aralığı için hesaplanan CMT ve WMT ısı değerleri, günümüze ait ısı değerleri ve Köppen iklim sınıflaması ile karşılaştırılmıştır. Her iki karşılaştırmada da günümüze ait ısı değerlerinin daha düşük olduğu gözlenmiştir ve bu düşük ısı değerlerinin Köppen iklim sınıflamasında genelde grup C (Akdeniz ve Karasal İklim koşulları) ile simgelenmektedir. Bu ısı farklılığı, geç Burdigaliyen–Langiyen zaman aralığında Türkiye’de etkisini gösteren Orta Miyosen sıcak iklim dönemi ile ilişkilendirilebilir (Ek 1).

## **KATKI BELİRTME**

Dokuz Eylül Üniversitesi BAP–04.KB.FEN.031 ve TÜBİTAK–104Y297 projeleri tarafından destelenen bu çalışma, Mine Sezgül KAYSERİ’nin doktora çalışmasının bir bölümünü içermektedir. Hazırlanan palinolojik örnekler, Shenkenberg Müzesi Paleobotany bölümünde DAAD bursu kapsamında çalışılmıştır ve palinolojik bulgulara katkısından dolayı Dr. Volker WİLDE’ye teşekkür ederiz. Jeolojik yorumlamalardaki katkılarından dolayı Dr. Ayhan ILGAR (MTA) ve Dr. Şükrü YURTSEVER’e (MTA), arazi çalışmaları sırasında yardımcı olan Bora SONUVAR ve Serkan ÖZER’e ve Milas–Ören Türkiye Kömür İşletmesi (TKİ) kurumuna yardımlarından dolayı teşekkür ederiz. Makalenin şekillendirilmesinde değerli katkı ve görüşlerinden esirgemeyen Dr. Cemal Tunoğlu, Dr. Fuzulu Yağmurlu ve Dr. Zühtü Batı’ya teşekkür ederiz.

**Ek 1.** Çanakkale, Balıkesir, Aydın, Muğla, Ankara ve Samsun bölgelerinin günümüze ait ısı değerleri.

*Appendix 1. Current temperature values of the Çanakkale, Balıkesir, Aydın, Muğla, Ankara and Samsun regions.*

| CANAKKALE  | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|--|------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|
| <b>1975 ve 2006 yılları arasında ölçülmüş en fazla ısı değerleri</b> |      |       |      |       |       |         |        |         |       |      |       |        |
| <b>MAT (°C)</b>  | 6.4  | 6.4   | 8.3  | 12.5  | 17.4  | 22.3    | 25.0   | 24.7    | 20.8  | 16.0 | 11.4  | 8.1    |
| <b>WMT (°C)</b>  | 9.7  | 9.8   | 12.3 | 16.9  | 22.3  | 27.7    | 30.5   | 30.1    | 26.1  | 20.6 | 15.2  | 11.2   |
| <b>CMT (°C)</b>  | 3.3  | 3.3   | 4.8  | 8.6   | 12.9  | 17.0    | 19.6   | 19.6    | 16.0  | 12.1 | 8.1   | 5.1    |

| BALIKESİR  | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|--|------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|
| <b>1975 ve 2006 yılları arasında ölçülmüş en fazla ısı değerleri</b> |      |       |      |       |       |         |        |         |       |      |       |        |
| <b>MAT (°C)</b>  | 5.0  | 5.6   | 8.1  | 13.3  | 17.8  | 22.6    | 24.4   | 24.0    | 20.6  | 15.7 | 10.1  | 6.6    |
| <b>WMT (°C)</b>  | 8.9  | 10.0  | 13.3 | 19.3  | 24.0  | 29.0    | 30.4   | 30.2    | 27.3  | 21.6 | 15.0  | 10.2   |
| <b>CMT (°C)</b>  | 1.4  | 1.7   | 3.4  | 7.3   | 11.4  | 15.4    | 17.8   | 17.9    | 14.1  | 10.4 | 5.8   | 3.2    |

| AYDIN  | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|--|------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|
| <b>1975 ve 2006 yılları arasında ölçülmüş en fazla ısı değerleri</b> |      |       |      |       |       |         |        |         |       |      |       |        |
| <b>MAT (°C)</b>  | 8.2  | 8.9   | 11.7 | 15.7  | 20.9  | 25.9    | 28.4   | 27.2    | 23.2  | 18.4 | 12.9  | 9.4    |
| <b>WMT (°C)</b>  | 13.4 | 14.5  | 18.0 | 22.4  | 28.2  | 33.5    | 36.1   | 35.3    | 32.0  | 26.6 | 19.5  | 14.5   |
| <b>CMT (°C)</b>  | 4.2  | 4.4   | 6.4  | 9.9   | 14.0  | 17.9    | 20.2   | 19.8    | 16.3  | 12.5 | 8.2   | 5.5    |

| MUGLA  | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|--|------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|
| <b>1975 ve 2006 yılları arasında ölçülmüş en fazla ısı değerleri</b> |      |       |      |       |       |         |        |         |       |      |       |        |
| <b>MAT (°C)</b>  | 5.5  | 5.8   | 8.5  | 12.4  | 17.6  | 22.8    | 26.2   | 25.8    | 21.6  | 16.1 | 10.2  | 6.8    |
| <b>WMT (°C)</b>  | 10.1 | 10.8  | 14.3 | 18.4  | 24.3  | 29.7    | 33.3   | 33.2    | 29.2  | 23.3 | 16.1  | 11.2   |
| <b>CMT (°C)</b>  | 1.6  | 1.6   | 3.4  | 6.9   | 11.4  | 16.1    | 19.7   | 19.5    | 15.0  | 10.2 | 5.4   | 3.0    |

| ANKARA   | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|--|------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|
| <b>1975 ve 2006 yılları arasında ölçülmüş en fazla ısı değerleri</b> |      |       |      |       |       |         |        |         |       |      |       |        |
| <b>MAT (°C)</b>  | 0.4  | 1.9   | 6.0  | 11.2  | 15.9  | 19.9    | 23.4   | 22.9    | 18.5  | 12.9 | 6.6   | 2.3    |
| <b>WMT (°C)</b>  | 4.3  | 6.5   | 11.6 | 17.0  | 22.0  | 26.3    | 30.0   | 29.8    | 25.9  | 19.7 | 12.3  | 6.1    |
| <b>CMT (°C)</b>  | -2.9 | -2.2  | 0.8  | 5.7   | 9.6   | 12.9    | 16.0   | 15.8    | 11.7  | 7.3  | 2.2   | -0.8   |

| SAMSUN   | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|--|------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|
| <b>1975 ve 2006 yılları arasında ölçülmüş en fazla ısı değerleri</b> |      |       |      |       |       |         |        |         |       |      |       |        |
| <b>MAT (°C)</b>  | 7.1  | 6.6   | 7.8  | 11.2  | 15.3  | 20.0    | 23.2   | 23.3    | 19.8  | 15.8 | 11.9  | 9.0    |
| <b>WMT (°C)</b>  | 10.8 | 10.6  | 11.8 | 15.3  | 18.6  | 23.3    | 26.5   | 26.9    | 23.8  | 19.9 | 16.1  | 12.7   |
| <b>CMT (°C)</b>  | 4.1  | 3.4   | 4.5  | 7.7   | 11.7  | 15.8    | 19.0   | 19.5    | 16.3  | 12.5 | 8.6   | 6.0    |

## EXTENDED SUMMARY

In this study, a stratigraphic section was measured in the Milas-Kultak area, and late Burdigalian-Langhian palynoflora (characterized by *Leiotriletes maxoides minoris* (Schizaceae), *L. maxoides maxoides* (Schizaceae), *Momipites punctatus* (Engelhardia), *M. quietus* (Engelhardia), *Plicatopollis plicatus* (Juglandaceae), *Tetracolporopollenites* sp. (Sapotaceae), *Dicolpopollis kalewensis* (Calamus), *Tricolporopollenites cingulum* (Castaneae),

*Tricolpopollenites densus* (*Quercus*) and *T. microhenrici* (*Quercus*) spores and pollen) were defined in some samples from the studied section. This palynoflora corresponds to the MN5-6 boundary mammalian zone (Kaya et al., 2001 and Kayseri et al., 2006). In the upper part of this section, limestones with foraminifers and coral fossils were observed (Kayseri et al., 2007). Generally, thermophilous plants (*Engelhardia*, Schizaceae, Sapotaceae and Cyrillaceae) have relatively higher percentages in the Kultak palynospectra, which includes subtropical palaeoclimatic conditions in the Milas-Kultak

area during the late Burdigalian-Langhian time. Additionally, taxa of the mixed mesophytic forest (i.e. *Quercus*, *Carya* and *Castaneae*) accompany these plants. The percentage of marine limestones found in the upper part of the Kultak section and the chitinous microforaminiferal lignings and species of the Schizaceae indicate brackish water conditions. Numerical temperature values of the Milas-Kultak area for the late Burdigalian-Langhian time were obtained using the Coexistence Approach analysis (CoA) method; the results of the CoA were: 16.5–21.3°C MAT, 5.5–13.3°C (9.4°C) CMT, 27.3–28.1°C (27.7°C) WMT and 18.3°C MART. Palaeoclimate curves were obtained by oxygen and carbon isotopic analysis (Zachos *et al.*, 2001) and the CoA results (Mosbrugger *et al.*, 2005). CMT and oxygen curves changed in the same time interval, for example in the late Burdigalian-Langhian time.

In Greece, numerical temperature values of the late Burdigalian time are calculated by the CoA. For the Sponokhorion area (western Greece) the results are 9.1–10.8°C MAT, (–2.7)–1.1°C CMT (–0.8°C) and 5.0–13.3°C (9.15°C), 24.7–43.0°C (33.85°C) WMT, 34.65 and 24.7°C MART. For the Evia area (eastern Greece) the results are 17.0–18.4°C MAT, 6.2–12.5°C (9.35°C) CMT, 26.5–32.0°C WMT and 19.9°C MART. According to these temperature values, the presence of high palaeotopographic conditions in western Greece during the late Burdigalian time could be suggested. These palaeoenvironmental differences supported the MART values. In the late Burdigalian time, the temperature values of Greece and Turkey resemble each other. The CoA analysis results for Greece for the Langhian time are 15.6–21.7°C MAT, 5.0–15.6°C (9.35°C) CMT, 24.7–27.9°C WMT and 16°C MART. In western Greece from the late Burdigalian to Langhian time, the CMT values remained unchanged but the MART values showed significant differences. These

temperature values could be interpreted as evidence of changes from high to low palaeotopographic conditions in this area. For the Langhian time, the CMT values for Turkey are higher than the values for Greece. Although Greece and Turkey in the Langhian were almost in the same geographic (latitude) position, different temperature values indicate diverse palaeotopographic conditions. In Popov *et al.* (2001)’s palaeogeographic map of the Langhian time, marine conditions were observed in Greece whereas terrestrial conditions were seen in western and central Turkey. The Palaeoenvironmental results obtained from this study support Popov *et al.* (2001)’s results.

In this study, the CoA results of the basins deposited in the late Burdigalian-Langhian time interval (Samsun–Havza (Kayseri and Akgün, 2008), Ankara–Beypazarı (Güngör, 1991), Çanakkale–Çan and Balıkesir–Gönen (Ediger, 1990), Çanakkale–Etili (Akgün *et al.*, 2008), Aydın–Başçayır and Kuloğulları (Akgün and Akyol, 1999; Akgün *et al.*, 2008), Milas–Kultak (this study)) are obtained. The CMT and MART values of the basins of late Burdigalian age were similar, but high CMT values were observed only in the Ankara–Çayırhan region. Based on the palynological data in the Ankara–Çayırhan region we can say that this significant temperature difference is related to the swamp palaeovegetation. Besides, the temperature values of the Çanakkale-Etili, Çanakkale–Çan and Balıkesir-Gönen regions indicate changes connected with regional palaeotopographic differences. According to the CoA results and palynological data, the presence of high palaeotopographic conditions in the Çanakkale-Etili region and swamp areas in the Çanakkale–Çan and Balıkesir-Gönen regions should be mentioned.

The Middle Miocene climatic optimum period affected the temperature values of Europe

and Turkey during the late Burdigalian-Langhian time interval. The temperature values of Turkey are relatively higher than the values of Europe. This is because, during this time interval, Turkey was located in southern latitudes and this palaeogeographic position of Turkey caused the palaeoclimatic differences. Besides, the CMT values of Turkey decrease from the late Burdigalian (average 10°C) to the Langhian (average 8.5°C). The decreasing CMT values are defined toward the Langhian and this decline explains the terrestrial condition during the Langhian time in Turkey as due to palaeotectonic activity or to the observed cooling trend of the early Serravalian time in Europe. For the Langhian time, the temperature values of Europe are higher than the values of Turkey. According to the palaeogeographic conditions during the Langhian time, marine conditions are defined in the Western Black Sea, Pannonian and Eastern Paratethis basins (Popov et al., 2004). These marine conditions could be caused by the increases in the temperature values of the Europe.

In this study, the calculated temperature values of the late Burdigalian-Langhian time (CMT and WMT) correlate with the current temperature values and Köppen climatic classification. Recent temperature values which are defined for Group C (Mediterranean and terrestrial climatic conditions) are lower than those of the late Burdigalian-Langhian time. This temperature distinction could be related to the Middle Miocene Climatic optimum period observed during the late Burdigalian-Langhian time interval (Appendix 1).

## DEĞİNİLEN BELGELER

Agustí, J. ve Antón, M., 2002. Mammoths, Sabertooths, and Hominids. 65 Million Years of Mammalian Evolution in

Europe, Columbia University Press, 313 pp.

- Akgün, F., 1986. A palynological approach to the Neogene stratigraphy of Soma area. *Bulletin of the Geological Society of Turkey* 29, 13–25.
- Akgün, F., 1993. Palynological age revision of the Neogene Soma coal basin. *Bulletin Geological Society* 28, 151–170.
- Akgün, F. ve Akyol, E., 1987. Palynology of coals around Akhisar (Çıtak). *Geological Bulletin of Turkey*, 30, 35–50.
- Akgün, F. ve Akyol, E., 1992. Comparative palynology and palaeology of Yukarıkaşıkara ve Yarıkaya (Isparta) coals. *The Bulletin of Turkish Association of Petroleum Geologists* 4, 10–20.
- Akgün, F. ve Akyol, E. 1999. Palynostratigraphy of the Coal-Bearing Neogene Deposits Graben in Büyük Menderes Western Anatolia. *Geobios*, 32, 367–383.
- Akgün, F. ve Kayseri, M.S., 2004. Climatic Evolution and Vegetational Changes during the Miocene Period in central Anatolia (Turkey). *NECLİME Annual Meeting, Island of Crete (Greece)*, p. 7.
- Akgün, F. ve Sözbilir, H., 2001. A Palynostratigraphic approach to the SW Anatolian Molasse Basin: Kale–Tavas and Denizli Molasse. *Geodinamica Acta*, 14, 71–93.
- Akgün, F., Akay, E. ve Erdoğan, B., 2002. Terrestrial to Shallow Marine Deposition in Central Anatolia: A Palynological Approach. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 11, 1–27.
- Akgün, F., Kayseri, M.S. ve Akkiraz, M.S., 2004. Paleoclimatic Evolution and Vegetational



- Changes from the Oligocene to Miocene in Turkey. NECLIME Annual Meeting, Island of Crete (Greece), p. 7.
- Akgün, F., Kayseri, M.S. ve Akkiraz, M.S., 2008. Paleoclimatic evolution and vegetational changes during the Late Oligocene–Miocene period in western and central Anatolia (Turkey). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 253, 56–106.
- Akgün, F., Kaya, T., Forsten, A. ve Atalay, Z., 2000a. Biostratigraphic data (mammalia and palynology) from the Upper Miocene İncesu formation at Düzyayla (Hafik, Sivas, central Anatolia). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 9, 57–67.
- Akgün, F., Özdemir, İ., Atalay, Z. ve Kayseri, M.S., 2000b. Palynostratigraphic correlation of the coal-bearing Eocene sediments between Çorum–Amasya (Çankırı–Çorum basin, central Anatolia–Turkey). 4<sup>th</sup> European Coal Conference (Poland), Programme and Abstracts, p 5.
- Akgün, F., Olgun, E., Kuşçu, İ., Toprak, V. ve Göncüoğlu, M.C., 1995. New evidence on the stratigraphy, depositional environment and age of ‘Oligo–Miocene’ cover rocks of the Central Anatolian Crystalline Complex. *The Bulletin of Turkish Association of Petroleum Geologists*, 6, 51–68.
- Ashraf, A.R. ve Mosbrugger, V., 1995. Palynologie und palynostratigraphie des Neogenes neiderrheinischen bucht tein 1: sporen. *Paleontographica B*, 241, 61–173.
- Ashraf, A.R. ve Mosbrugger, V., 1996. Palynologie und palynostratigraphie des Neogens Niederrheinischen bucht teil 2: pollen. *Paleontographica B*, 241, 1–98.
- Benda, L., 1971a. Grundzüge einer pollenanalytischen Gliederung des türkischen Jungtertiärs (Känozoikum und Braunkohle der Türkei. 4. Beihefte zum Geologischen Jahrbuch, 113, 1–46.
- Benda, L., 1971b. Principles of the palynologic subdivision of the Turkish (Kanozoikum und Braunkohlen der Türkei–3.). *Newsletter Stratigraphy*, 1, 23–26.
- Benda, L. ve Muelenkamp, J. E., 1990. Biostratigraphic Correlations in the Eastern Mediterranean Neogene 9. Sporomorph Associations and Event Stratigraphy of the Eastern Mediterranean Neogene. *Newsletter Stratigraphy*, 23 (1), 1–10.
- Benda, L., Meulenka, E. ve Schmid, R. R., 1982. Biostratigraphic correlations in the eastern Mediterranean Neogene 6. Correlation Between Sporomorph, Marine Microfossil and Mammal Associations from some Miocene Sections of the Jonian Islands and Crete (Greece). *Newsletter Stratigraphy*, 11 (2) 83–93.
- Bessedik, M., 1985. Reconstitution des environnements Miocenes des regions nord–ouest Mediterraneeennes à partir de la palynologie. Ph. D. Thesis. University Montpellier 2, France, 162 pp.
- Bessedik, M. ve Cabrera, L., 1985. Le couple récif–mangrove à Sant Paud’Ordal (Vallès–Pénées, Espagne), témoin du maximum transgressif en Méditerranée nord occidentale (Burdigalien supérieur–Langhien inférieur), *Newsletter Stratigraphy* 14 (1), 20–35.
- Bozkurt, E., 2000. Timing of extension on the Büyük Menderes Graben, western Turkey, and its tectonic implications. *In:*

- Tectonics and Magmatism in Turkey and The Surrounding Area (Ed. by E. Bozkurt, J.A. Winchester ve J.D.A. Piper). Geological Society, London, Special Publications, 173, 385–403.
- Bozkurt, E., 2001. Late Alpine evolution of the central Menderes Massif, western Anatolia, Turkey. *International Journal of Earth Sciences*, 89, 728–744.
- Bozkurt, E., 2003. Origin of NE-trending basins in western Turkey. *Geodinamica Acta*, 16, 61–81.
- Böhme, M., 2003. The Miocene Climatic Optimum: evidence from ectothermic vertebrates of Central Europe. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 195, 389–401.
- Braga, J.C., Jiménez, A.P., Martín, J.M. ve Rivas, P., 1996. Middle Miocene coral–oyster reefs, Murchas, Granada, southern Spain. Models for Carbonate Stratigraphy from Miocene Reef Complexes of Mediterranean Regions. *SEPM Concepts in Sedimentology and Palaeontology*, 5, 131–139.
- Bruch, A.A., Utescher, T., Alcalde Olivares, C., Dolakova, N., Ivanov D. ve Mosbrugger, V., 2004. Middle and Late Miocene spatial temperature patterns and gradients in Europe —preliminary results based on palaeobotanical climate reconstructions, *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*. 249, 15–27.
- Boulter, M. C., ve Craig, D. L., 1979. A Middle Oligocene Pollen and Spore Assemblage from the Bristol Channel. *Review of Paleobotany and Palynology*, 28, 259–272.
- Chateaufeuf, J.J. 1980. *Palynostratigraphie et paleoclimatologie de l'Éocene superieur et de l'Oligocene du Bassin de Paris (France)*. Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 116.
- Dullo, W., 1983. Fossildiagenese im Miozinen Leithakalk Der Paratethys Yon Osterreich: Ein Beispiel Ffir Faunenverschiebungen Durch Diageneseunterschiede. *Facies*, 8, 1–112.
- Ediger, V. S., 1990. Paleopalynology of Coal-Bearing Miocene Sedimentary Rocks Associated with Volcanics of the Biga Peninsula (NW Turkey) and the Effect Volcanism on Vegetation. *Neues Jahrbuch Geologie Paläentologic Abhandlungen*, 180, 259–277.
- Frederiksen, N. O., 1985. Review of early Tertiary sporomorph palaeoecology. *American Association of Stratigraphical Palynologists Contribution Series*, 19, 1–92.
- Flower, B.P. ve Kennett, J.P., 1993. The middle Miocene climatic transition: East Antarctic ice sheet development, deep ocean circulation and global carbon cycling. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 108, 537–555.
- Genç, Ş.C., 1998. Evolution of the Bayramic, magmatic complex, northwestern Anatolia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85, 233–249.
- Gelati, R., 1975. Miocene Marine Sequence from Lake Van, Eastern Turkey, *Riv. Ital. Paleont. Stratigr.*, 81, 477–490.
- Gemici, Y., Akyol, E., Akgün, F. ve Seçmen, Ö., 1991. Soma Kömür Havzası Fosil Makro ve Mikroflorası. *Maden Tetkik Arama Dergisi*, 112, 161–178.

- Görür, N., Şengör, A.M.C., Sakıncı, M., Tüysüz, O., Akkök, R., Yiğitbaşı, E., Oktay, F.Y., Barka, A.A., Sarıca, N., Ecevitöđlü, B., Demirbaşı, E. ve Akyol, A. 1994. Cross-cutting rift systems of the Gökova Region, SW Anatolia: Implications for the formation of the aegean Sea. Bull. Tech. Univ., 47 (1), 275–292.
- Görür, N., Şengör, A.M.C., Sakıncı, M., Tüysüz, O., Akkök, R., Yiğitbaşı, E., Oktay, F.Y., Barka, A.A., Sarıca, N., Ecevitöđlü, B., Demirbaşı, E., Ersoy, Ş., Algan, O., Güneysu, C. ve Akyol, A., 1995. Rift formation in the Gökova region, southwest Anatolia: implications for the opening of the Aegean Sea. Geological Magazine, 132, p. 637–650.
- Güngör, H.Y., 1991. Ankara (Bey pazarı) Kömürlerinin Palinolojisi ve Paleoekolojisi, Dokuz Eylül Üniversitesi Bitirme Tezi, 38 s. (yayınlanmamış).
- Gürer, Ö.F. ve Yılmaz, Y. 2002. Geology of the Ören and Surrounding Areas, SW Anatolia. Turkish Journal of Earth Sciences, 11, p.1–13.
- Gregor, H.J., 1983. Die miozäne Blatt und Frucht-Flora von Steinheim am Albuch (Schwäbische Alb), Doc. Nat. 10, pp. 1–45.
- Hardenbol, J., Thierry, J., Farley, M. B., Jacquin, T., Graciansky P.C. ve Vail, P. R., 1998. Mesozoic and Cenozoic sequence chronostratigraphic framework of European basins, in Graciansky, P.C., Hardenbol, J., Jacquin, T. ve Vail, P. R., eds., Mesozoic and Cenozoic sequence stratigraphy of European basins: SEPM Special Publication 60, p. 3–13.
- Harzhauser, M. ve Piller, W.E., 2007. Benchmark data of a changing sea–Palaeogeography, Palaeobiogeography and Events in the Central Paratethys during the Miocene. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 253, 8–31.
- Harzhauser, M., Mandic, O. ve Zuschin, M., 2003. Changes in Paratethyan marine molluscs at the Early/Middle Miocene transition: diversity, palaeogeography and palaeoclimate. Acta Geologica Polonica, 53, 323–339.
- Haq, B. U., Hardenbol, J. ve Vail, P. R., 1988. Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea–level change, in Wilgus, C. K., Ross, C. A., Posamentier, H. ve Kendall, C. G. St. C. eds., Sea–level changes: an integrated Approach: SEPM Special Publication 42, p. 71–108.
- Helvacı, C., 1995. Stratigraphy, mineralogy and genesis of the Bigadiç borate deposits, Western Turkey. Economic Geol., 90, 1237–1260.
- Helvacı, C. ve Yağmurlu, F., 1995. Geological setting and economic potential of the lignite and evaporite–bearing Neogene basins of Western Anatolia. Turkey. Isr. J. Earth Sci., 44, 91–105.
- Hetzl, R., Ring, U., Akal, C. ve Troesch, M., 1995. Miocene NNE–directed extensional unroofing in the Menderes Massif, southwestern Turkey. Journal of the Geological Society, London, 152, 639–654.
- Hochuli, P.A., 1978. Palynologische Untersuchungen im Oligozän und Untermiozän der Zentralen und Westlichen Paratethys. Beiträge Paläontologie Österreich, 4, 1–132.

- Ioakim, C., Rondoyanni, T. ve Mettos, A., 2005. The Miocene basins of Greece (eastern Mediterranean) from a palaeoclimatic perspective. *Revue de Paléobiologie*, 24, 735–748.
- Ivanov, D., Ashraf, A.R., Mosbrugger, V. ve Palamarev, E., 2002. Palynological evidence for Miocene climate change in the Forecarpathian basin (Central Paratethys, NW Bulgaria). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 178, 19–37.
- Ivanov, D., Ashraf, A.R. ve Mosbrugger, V., 2007. Late Oligocene and Miocene climate and vegetation in the Eastern Paratethys area (northeast Bulgaria), based on pollen data. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 255, 34–360.
- Jiménez–Moreno, 2006. Progressive substitution of a subtropical forest for a temperate one during the middle Miocene climate cooling in Central Europe according to palynological data from cores Tengelic–2 and Hidas–53 (Pannonian Basin, Hungary). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 142, 1–14.
- Jiménez–Moreno, G. ve Suc, J–P., 2007. Middle Miocene latitudinal climatic gradient in Western Europe: Evidence from pollen records. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 253, 208–225.
- Jiménez-Moreno, G., Rodríguez-Tovar, F.-J., Pardo-Igúzquiza, E., Fauquette, S., Suc ve J.-P., Müller, P., 2005. High-resolution palynological analysis in late early- middle Miocene core from the Pannonian Basin, Hungary: Climatic changes, astronomical forcing and eustatic fluctuations in the Central Paratethys. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 216, 73–97.
- Karayığit, A.İ., Akgün, F., Gayer, R.A. ve Temel, A., 1999. Quality, palynology, and palaeoenvironmental interpretation of the Ilgın lignite, Turkey. *International Journal of Coal Geology*, 38, 219–236.
- Kaya, T., Tuna, V. ve Geraads, D., 2001. A new Late Orlanian/early astaraccian Mammalian Fauna from Kultak (Milas–Muğla), Southwestern Turkey. *Geobios*, 34, 673–680.
- Kaya, O., Ünay, E., Göktaş, F. ve Saraç, G., 2007. Early Miocene stratigraphy of Central West Anatolia, Turkey: implications for the tectonic evolution of the Eastern Aegean area. *Geological Journal*, 42, 85–109.
- Kayseri, M.S., 2002. Palynostratigraphic correlation of the Miocene sediments with lignites and their depositional environments in the Central Anatolia, Turkey. MS. C. Thesis Dokuz Eylül Univ. İzmir, Turkey.
- Kayseri, M.S. ve Akgün, F., 2008. Palynostratigraphic, Palaeovegetational and Palaeoclimatic Investigations on the Miocene Deposits in central Anatolia (Çorum Region and Sivas Basin). *Turkish Earth Science*, 17, p. 361–403.
- Kayseri, M.S., Akgün, F., Kaya, T. ve Mayda, S., 2006. Palynological And Faunal Inventions Of The Oligo–Miocene Period in The Muğla–Kultak Region, Western Anatolia (Turkey); Preliminary Results, 7th European Palaeobotany & Palynology Conference, (Prague), p., 63.
- Kayseri, M.S., Akgün, F. ve Örcen, S., 2007. Stratigraphy and microfaunal data of the

- Oligocene and Miocene ages in the Alakilise and Kultak regions (Gökova Region), NECLIME Annual Meeting (Slovakia), p. 15.
- Kreutzer, N., 1986. Die Ablagerungssequenzen der miozänen Badener Serie im Feld Matzen und im zentralen Wiener Becken. Erdöl–Erdgas–Kohle, 102, 492–503.
- Krutzsch, W., 1957. Sporen–und Pollengruppen aus der Oberkreide und dem Tertiär Mitteleuropas und ihre stratigraphische Verteilung, Zeitschrift für Angewandte Geologie, 3, 509–548.
- Krutzsch, W., 1958. Sporen und Pollengruppen aus der Oberkreide und dem Tertiär Mitteleuropas und ihre stratigraphische Verteilung, Zeitschrift für angewandte Geologie, 3(11/12), 519–548.
- Krutzsch, W., 1959. Mikropaläontologie (sporenpaläontologische) Untersuchungen in der Braunkohle des Geiseltales, I. Die Sporen und die sporenspezifischen sowie die ehemals zu Sporites gestellten Formeinheiten der Sporae dispersae der mitteleozänen Braunkohle des mittleren Geiseltales (Tagebau Neumark–West i. w. S.), unter Berücksichtigung und Revision weiterer Sporenformen aus der bisherigen Literatur. Geologie, 21/22, 1–425.
- Krutzsch, W., 1961. Beitrag zur Sporenpaläontologie der präoberoligozänen kontinentalen und marinen Tertiärablagerungen Brandenburgs. Ber. geol. Ges. DDR, 5 (4), 290–343.
- Krutzsch, W. ve Vanhoorne, R., 1977. Die Pollenflora von Epinois und Loksbergen in Belgien. Palaeontographica Abteilung B Ionnides, 163, 1–110.
- Lécuyer, C., Grandjean, P., Paris, F., Robardet, M. ve Robineau, D., 1996. Deciphering “temperature” and “salinity” from biogenic phosphates: the  $\delta^{18}\text{O}$  of coexisting fishes and mammals of the Middle Miocene sea of western France. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 126, 61–74.
- McKnight, T.L. ve Hess, D., 2000. “Climate Zones and Types: The Köppen System”. Physical Geography: A Landscape Appreciation, ISBN 0-13-020263-0
- Meulenkamp, J.E. ve Sissingh, W., 2003. Tertiary palaeogeography and tectonostratigraphic evolution of the Northern and Southern Peri–Tethys platforms and the intermediate domains of the African–Eurasian convergent plate boundary zone. Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology, 196, 209–228.
- Mohr, B. A. R., 1984. Die Mikroflora der Obermiozänen bis unterpliozänen Deckschichten der rheinischen Braunkohle. Palaeontographica Abteilung B Ionnides, 191, 29–133.
- Mosbrugger, V. ve Utescher, T., 1997. The coexistence Approach—a method for quantitative reconstructions of Tertiary terrestrial Palaeoclimate data using the plant fossils. Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology 134, 61–86.
- Mosbrugger, V., Utescher, T. ve Dilcher, D.L., 2005. Cenozoic Continental Climatic Evolution of Central Europe. Proceedings of the National Academy of Sciences, 102.

- Müller, P., 1984. Decapod Crustacea of the Badenian. *Geologica Hungarica, Series Palaeontologica*, 42, 1–317.
- Nagy, E., 1963. Spores et pollens nouveaux d'une coupe de la briqueterie d'Eger (Hongrie). *Pollen et Spores*, 19, 361–389.
- Nagy, E., 1969. Palynological Elaborations of the Miocene Layers of the Mecsek Mountains. *Annales Instituti Geologici Publici Hungarici*, 52, 237–650.
- Nagy, E., 1985. Sporomorphs of the Neogene in Hungary. *Geologica Hungarica Seria Palaeontologica*, 47, 1–470.
- Nagy, E., 1990. Palynological correlation of the Neogene of the Central Paratethys. *Geological Institute of Hungary*, 1–126.
- Nebert, K. 1957. Die braunkohlenvorkommen von Oeren. *Mineral Research and Exploration Institute of Turkey (MTA) Rapor no 3011*, 21p (yayınlanmamış).
- Özerdem, C., Çemen, İ. ve Işık, V., 2002. The conglomerate member of the Gökçeören formation, Ören basin, western Turkey: its age sedimentary, and tectonic significance. *Geological society of America, Abstracts with Programs*, 250.
- Palamarev, E., 1989. Palaeobotanical evidence of the Tertiary history and origin of the Mediterranean sclerophyll dendroflora. *Plant Systematics and Evolution* 162, 93–107.
- Papp, A., Steininger, F. (1978): *Holostratotypus des Badenien. Holostratotypus: Baden–Sooss (südlich von Wien), Niederösterreich, Österreich. Badener Tegel – Keferstein, 1828 Unterbaden; M4b; Obere Lagenidenzone*. – In: Papp A., Cicha I., Senes J. & Steininger F. (Eds.): *M4 Badenien (Moravien, Wielicien, Kosovien)*. – Chronostratigraphie und Neostratotypen, Miozän der Zentralen Paratethys, 6, 138–145, (VEDA – SAV) Bratislava.
- Planderová, E., 1991. Miocene Microflora of Slovak Central Paratethys and Its Biostratigraphical Significance. *Vydal Geologický ústav Dioýza Štura Roku*, 1–144.
- Pollak, W.H., 1979, Structural and lithological development of the Prinos–Kavala Basin, Sea of Thrace, Greece. *Annales Géologiques des Pays Helléniques, Tome Hors Série*, 2, 1002–1011.
- Popov, S.V., Rögl, F., Rozanov, A.Y., Steininger, F.F., Shcherba, I.G. ve Kovac, M., 2004. Lithological–Paleogeographic maps of Paratethys; 10 maps Late Eocene to Pliocene. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 250, 46.
- Querol, X., Alastuey, A., Plana, F., Lopez–Soler, A., Tuncali, E., Toprak, S., Ocakoğlu, F. ve Koker, A., 1999. Coal geology and coal quality of the Miocene Muğla basin, southwestern Anatolia, Turkey. *International Journal of Coal Geology*, 41, 311–332.
- Reigel, A., Wehmeyer, D., Meinke, K., Schwarz, G., Apostolikas, A., ve Velitzelos, E., 1989. Succession of depositional environments in the Neogene basin at Aliveri, Evia (Greece). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 70, 261–273.
- Rögl, F., 1998. Palaeogeographic considerations for Mediterranean and Paratethys Seaways (Oligocene to Miocene). *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, 99, 279–310.
- Rögl, F., 1999. Short Note Mediterranean and Paratethys. *Facts and Hypotheses of An*

- Oligocene To Miocene Palaeogeography (Short Overview). *Geologica Carpathica*, 50, p 339–349.
- Rögl F. ve Steininger F.F., 1984. *Fossils and climate* 10, in Neogene Paratethys, Mediterranean and Indo–pacific Seaways, Brenchley, Vienna, 171–200
- Saint–Martin, J.–P., Müller, P., Moissette, P. ve Dulai, A., 2000. Coral microbialite environment in a Middle Miocene reef of Hungary. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 160, 179–191.
- Sanz de Siria Catalan, A., 1993. Datos sobre la paleoclimatología paleoecología del Neógeno del Vallès–Penedès según las macrofloras halladas en la cuenca y zonas próximas. *Paleontologia Evolució*, 26–27, 281–289.
- Seyitoğlu, G. ve Scott, B.C., 1992. Late Cenozoic volcanic evolution of the northeastern Aegean region. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 54, 157–176.
- Schmid, H.P., Harzhauser M. ve Kroh, A., 2001. Hypoxic Events on a Middle Miocene Carbonate Platform of the Central Paratethys (Austria, Badenian, 14 Ma), *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, 102 A, pp. 1–50.
- Shevenell, A. E., Kennett, J. P. ve Lea, D. W., 2004. Middle Miocene southern ocean cooling and Antarctic cryosphere expansion. *Science*, 305, 1766–1770.
- Slodkowska, B., 2004. Palynological studies of the Paleogene and Neogene deposits from the Pomerian Lakeland area (NW Poland). *Polish Geological Institute Special Papers*, 14: 1–73.
- Syabryaj, S., Utescher, T. ve Molchanov, S., 2007. Changes of climate and vegetation during the Miocene in the territory of Ukraine. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 253, 153–168
- Theile–Pfeiffer, H., 1980. Die Miozäne Mikroflora aus dem Braunkohlentagebau Ode bei Wackersdorf /Oberpfalz. *Paleontographica Abteilung B*, 174, 95–224.
- Thomson, P. W. ve Pflug, H., 1953. Pollen und sporen des mitteleurop.ischen Tertiärs. *Palaeontographica Abteilung B Ioannides*, 94, 1–138.
- Utescher, T., Mosbrugger, V. ve Ashraf, A., 2000. Terrestrial climate evolution in Northwest Germany over the last 25 million years. *Palaïos*, 15, 430–449.
- Utescher, T., Erdei, B., Francois, L. ve Mosbrugger, V., 2007. Studies on diversity of plant functional types in the Miocene of Western Eurasia– spatial distribution patterns in the Langhian, Sarmatian and Tortonian, and their relation to palaeovegetation and palaeoclimate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 253, 226–250
- Ważyńska, H., 1998. Palynology and palaeogeography of the Neogene in the Polish Lowlands. *Polish Geological Institute*, p.1–45.
- Whateley, M.K.G. ve Tuncalı, E., 1995. Quality variations in the high–sulphur lignite of the Neogene Beypazari Basin, Central Anatolia, Turkey. *International Journal of Coal Geology*, 27, 131–151.

- Woodruff, F. ve Savin, S.M., 1989. Miocene deep water oceanography, Paleoceanography, 4 (1), 87–140.
- Venglinsky, I.V., 1975. Foraminifery biostratigrafiya miotsenovykh otlozheniy Zakarpatskovo progiba. Naukova Dumka, Kiev., 262 pp. *in Russian*.
- Yılmaz, Y. ve Polat, A. 1998. Geology and evolution of the Thrace volcanism, Turkey. Acta Vulcanologica, 10, 293–303.
- Yılmaz., Y., Genç, Ş.C., Gürer, Ö.F., Bozcu, M., Yılmaz, K., Karacık, Z., Altunkaynak, Ş. ve Elmas, A. 2000. When did the Western Anatolia grabens begin to develop? İn: Bozkurt, E., Winchester, J.A., ve Piper, J.D.A., (eds) Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area. Geological Society. London, Special Publication 173, 353–384.
- Zachos, J., Pagani, N., Sloan, L., Thomas, E. ve Billups, K., 2001. Trends, rhythms, and aberrations in the global climate 65 Ma to present. Science, 292, 689–693.
- 
- Makale Geliş Tarihi : 18 Haziran 2009
- Kabul Tarihi : 3 Aralık 2009
- Received* : *June 18, 2009*
- Accepted* : *December 3, 2009*





**Bioerosion Structures on the *Crassostrea gryphoides* (Schlotheim, 1813) Shells from the Salyan Formation (Upper Burdigalian-Lower Langhian), K. Maraş, Southeastern Turkey**

*Salyan Formasyonu'undaki (Üst Burdigaliyen-Alt Langiyen) Crassostrea gryphoides (Schlotheim, 1813) Kavkuları Üzerinde Biyoerozyon Yapıları, K. Maraş, Güneydoğu Türkiye*

**İzzet HOŞGÖR<sup>1</sup> and Yavuz OKAN<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Transatlantic Petroleum (Turkey) corp., Ankara, Turkey

<sup>2</sup> Ankara University, Faculty of Engineering, Dept. of Geological Engineering, Tandoğan, 06100, Ankara, Turkey

**ABSTRACT**

The Salyan Formation (Upper Burdigalian-Lower Langhian) of K. Maraş, Turkey contains thick-bedded deposits of oysters. Bioerosion structures found on the Early-Middle Miocene oyster specimens *Crassostrea gryphoides* (Schlotheim, 1813) from the Northwestern K. Maraş Basin area are much affected by the boring of micro-organisms. The borings, represented by three ichnogenera, are assigned to *Renichnus* isp., *Caulostrepsis* isp., and *Entobia* isp. The activity of Clionid sponges, Polychaete worms and vermetid gastropods have also been observed.

**Key Words:** bioerosion, *Crassostrea gryphoides*, Salyan Formation, Upper Burdigalian-Lower Langhian, K. Maraş, Turkey

## ÖZ

*K. Maraş'da Salyan Formasyonu (Üst Burdigaliyen-Alt Langiyen) kalın oyster depoları içermektedir. Kahramanmaraş Miyosen Havza'sının kuzeybatısında, oyucu/delici mikro-organizmalar tarafından oluşturulan biyoerozyon yapıları Crassostrea gryphoides (Schlotheim, 1813) oyster türü üzerinde bulunmuştur. Bu oyuk/delikler üç iz fosil cinsini; Renichnus isp., Caulostrepsis isp., ve Entobia isp., işaret etmektedir. Bu yapılar Klionid süngerler, Polychaete kurtlar ve vermetid gastropodların aktiviteleri olarak gözlemlenmiştir.*

**Anahtar Sözcükler:** biyoerozyon, *Crassostrea gryphoides*, Salyan Formasyonu, Üst Burdigaliyen-Alt Langiyen, K. Maraş, Türkiye

## INTRODUCTION

Bioerosion structures found on *Crassostrea gryphoides* (Schlotheim, 1813) shells of the Salyan Formation (Early-Middle Miocene) of K. Maraş are described, and the main paleoenvironmental conditions and taphonomic processes are analyzed. The term bioerosion was introduced by Neumann in 1966 as an abbreviated form of the phrase biologic erosion. It has been used to identify the processes by which animals, plants and microbes penetrate into hard substrates (Bromley, 1992).

The Miocene rocks exposed in the North of the K. Maraş Basin in Southeastern Turkey (Figure 1) contain a rich macroinvertebrate fauna dominated by bivalves, gastropods, scaphids and echinoids (Hoşgör, 2008). With their large size and distinct shape, representatives of the bivalve genus *Crassostrea* form a conspicuous element of the fauna, and are particularly well represented in Miocene beds. The most dominant element of the benthic community in the Late Paleogene-Neogene areas of southern Turkey are oysters, which are particularly well represented in the Oligocene to Miocene (Hoşgör, 2008; Hoşgör and Okan, 2009). Morphologically, Miocene

oyster shells are strongly influenced by ecological factors. In addition, they display interesting traces of boring predation and many signs of post-mortem processes (bioerosion), and other taphonomical features that give important indications of the post-mortem processes acting on their shells. The borings refer to the activities of Clionid sponges, Polychaete worms and vermetid gastropods that have been observed.

## GEOLOGICAL SETTING

A number of sedimentary basins were formed within the Tauride-Anatolide Platform of Anatolia during the Late Cretaceous-Tertiary period. In southeastern Turkey, the most complete Miocene rock sequence of the East Taurus Belt is exposed in the K.Maraş area (Figure 1). The Miocene stratigraphic record in the North of the K. Maraş area, in the Salyan Formation, is characterized by a thin marine and coastal plain interval interfingering within terrestrial conglomerates (Hoşgör, 2008). The typical locations of the unit in the area are around Salyan, Saraycık and Ahmetcik Valley (Figure 1). The Salyan Formation (SW Çardak) is represented by conglomerate, sandstone, marl,

shale and limestone, all belonging to the molasse facies (Figure 2). The outcrops of the limestone member are observed around Salyan Valley. The limestone, which is sandy, bioclastic and with abundant macro and micro fossils, is laterally wedged. It contains Early-Middle Miocene fauna (Hoşgör, 2008). The Salyan Formation lies over the Berit group and the Malatya Metamorphics units. The Malatya Metamorphics and the melange units are thrust over the formation, which are overlain unconformably by the Miocene sequences. The geological evolution and the development of the marine Miocene of the K. Maraş area have been discussed at length by several authors (Gözübol and Gürpınar, 1980; Perinçek and Kozlu, 1984; Tarhan, 1984; Önalın, 1988; Yılmaz *et al.*, 1993; Derman *et al.*, 1996; Yılmaz and Güner, 1996; Robertson *et al.*, 2005; Hoşgör, 2008).

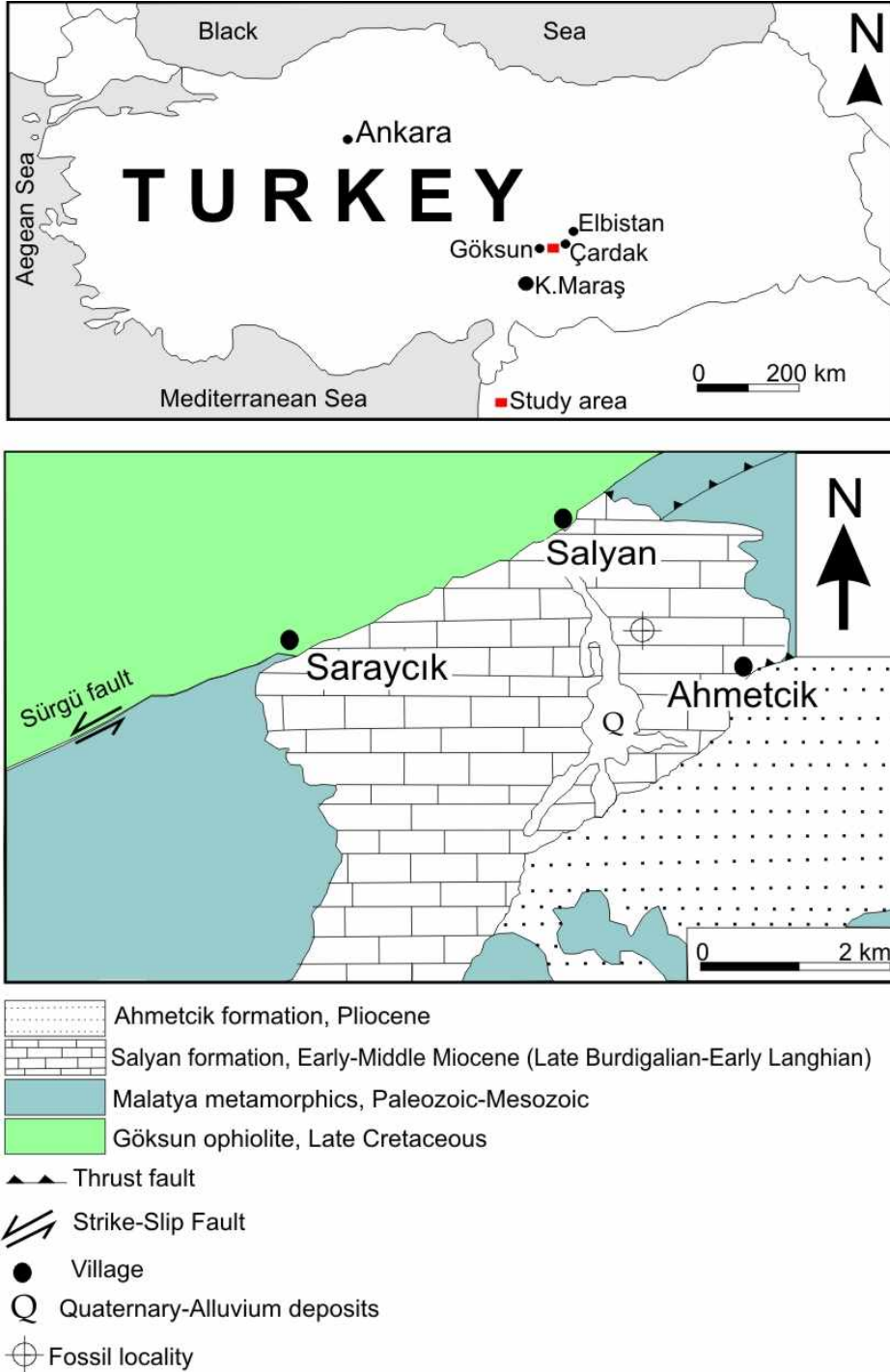
## **BIOEROSION AND TAPHONOMIC PROCESSES**

Bioerosion is known to be a major process driving the degradation of carbonate skeletal material and rocky limestone coasts in all marine and some freshwater environments, in concert with physicochemical dissolution and mechanical abrasion. A wide range of mechanical and/or chemical boring organisms are known to infest calcareous substrates, comprising macroborers (such as sponges, bryozoans, worms, molluscs, etc.) and microborers (mainly bacteria, fungi and algae) (Golubic *et al.*, 1975; Taylor and Wilson, 2003). In intertidal and shallow sublittoral environments, boring marine organisms are the primary agent of shell destruction (Cutler and Flessa, 1995; El-Hedeny, 2005); their importance increases with productivity and decreases with higher sedimentation. Besides, bioerosion is an

important factor making differences in the preservation of fossil fauna. Considering the fossil record, oysters constitute one of the most ubiquitous groups in marine deposits due to a high preservation potential shown by their shells. Moreover, borings appear to be widely distributed in their shells.

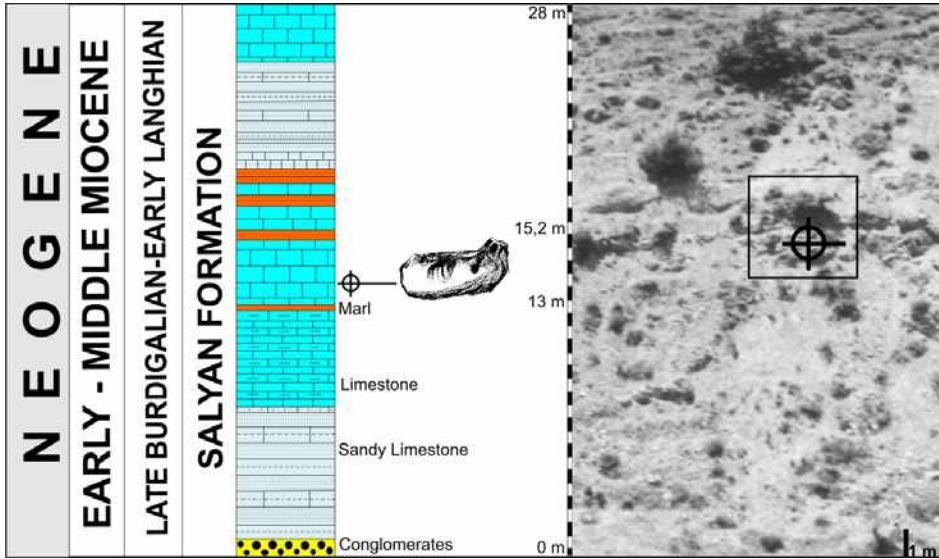
The Late Burdigalian-Early Langhian species of *Crassostrea gryphoides* (Schlotheim, 1813) of the Salyan Formation are much affected by the boring of micro-organisms. It is observed that 22 (88%) out of 25 of the Early-Middle Miocene oyster species of K. Maraş are affected by bioerosion. Among them the number of left valves as 12, while the number of right valves was 10. A number of bioerosion traces refer to the activity of Clionid sponges. *Entobia* isp. is a product of borings by clionid sponges (Bromley and D'Alessandro 1984). Activities of polychaete worms and vermetid gastropods are also recorded.

During the life of oysters, the influence of biological and environmental factors upon their valve morphology can be pronounced. After their death, they do not enter the fossil record without taphonomic modification on the sediment surface or within the sediment. The following paragraphs will provide some important information relating to the paleoecological influences and taphonomic processes (Kidwell, 2002) that had an effect on the Early-Middle Miocene oyster species *Crassostrea gryphoides* (Schlotheim, 1813) assemblage of northwest K. Maraş area (Salyan Formation). However, paleoecologically the Miocene oyster shells in the studied area are characterized by large and massive valves as compared to their recent representatives (Figure 3).



**Figure 1.** Location and regional geological map of the studied area (Hoşgör, 2008).

*Şekil 1.* Çalışma alanının yer bulduru ve jeoloji haritası (Hoşgör, 2008)



Şekil. 2. Salyan Formasyonunda ölçülen stratigrafi kesiti (Hoşgör, 2008).

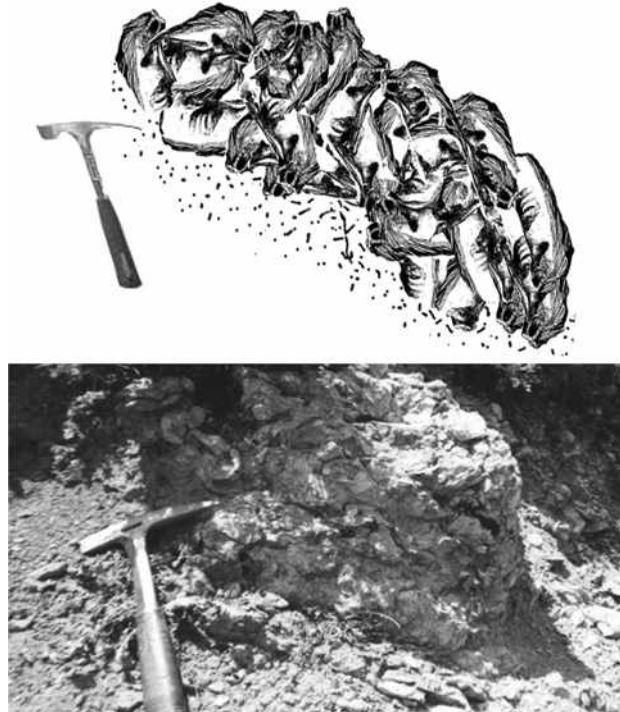


Figure 3. Large and massive valves from *Crassostrea gryphoides* (Schlotheim) and simplified sketch to illustrate the oysters assemblage.

**Şekil 3.** Geniş ve büyük yapılı *Crassostrea gryphoides* (Schlotheim) kavkıları, arazi ve şekilsel görünüşü.

It is remarkable that some of the studied Miocene oyster shells are stacked as densely packed shells. This phenomenon strongly reflects deposition in storm-generated waves and indicates deposition above the storm wave-base (Aigner, 1984; El-Hedeny, 2005). That this deposition occurred after their death is indicated by some post-mortem processes on their shells. These processes tend to alter shell material from its original state at the time of death until its final burial and ultimate preservation as part of fossil shell assemblages. They include biostratinomic processes, which occur between the death of an organism and its final burial, and diagenetic processes, which occur subsequent to final burial (Brett and Baird, 1986). Certain pre-biostratinomic processes, notably the feeding activities of predators, extend into the pre-diagenetic processes by influencing the initial state of shell material as it enters the upper sediment layer of the taphonomically active zone (Davies *et al.*, 1989) where rates of dissolution, abrasion and bioerosion are most intense. Taphonomic processes commonly described include decomposition, dissolution, abrasion, bioerosion, fragmentation and the biological and hydraulic reworking of skeletal remains. Disarticulation, bioerosion and encrustation, respectively, are considered as the most predominant taphonomic features recorded in the Early-Middle Miocene *Crassostrea gryphoides* (Schlotheim, 1813) of the Salyan Formation.

Specimens of *Crassostrea gryphoides* (Schlotheim, 1813) founded a colony-forming in the shell beds. The form of colonies of oysters show the shells attached to other oyster shells and consisting radially arranged, bouquet-like

aggregates (Figure 3) (Komatsu *et al.*, 2002; Hoşgör, 2008). These aggregates are usually found in the upper part of dense shell beds, are about 0-3 m or less in diameter, and are composed of several tens of individuals, many being articulated and embedded in a sandstone matrix. The shells in the basal part of the colony are attached to other flatlying shells. Large individuals near the centre of the colony are usually encrusted with juveniles of later generations. Some oyster forms lie parallel to the bedding, but the individuals appear to have maintained their original relative positions within the colonies.

### BIOEROSION

Bioerosion is the process by which organisms sculpt or penetrate hard substrates. The resultant biogenous structures qualify as trace fossils and are named ichnotaxa (Ekdale *et al.*, 1984; Bromley, 1994). As reviewed by Pleydell and Jones (1988), such ichnotaxa are characteristic of, but not exclusively limited to, rocky shorelines, hardgrounds and reefs. Moreover, Ekdale *et al.* (1984) proposed a classification of bioerosion structures based on their morphology and ethology. This classification has been of common use among ichnologists (Martinell, 1989; Bromley, 1992) and some groups of structures have been discussed.

Recently, Taylor and Wilson (2002) proposed a new, more informative terminology for marine organisms inhabiting hard substrates. Besides, trace fossils nomenclature is a discipline distinct from the traditional biological systematic one. This is due, in part, to the intimate

relationship between trace fossils and the taphonomic processes (Macnaughton and Pickerill, 2003).

## SYSTEMATIC PALEOICHOLOGY

Ichnogenus *Renichnus* Mayoral 1987

*Renichnus* isp.

Pl. 1, Figs.1-2

*Figured Specimens.* SETKS 04. 01S. 02

*Horizons and Localities.* NE Göksun, Salyan Valley, 13-15.2 m.

*Description and Discussion.* Kidney-shaped depressions in the form of a half moon, disposed in a crude row or coarsely coiled. There is a straight to gently curved succession of closely associated, progressively broader, kidney-shaped depressions with smooth walls. Up to 3 depressions are found per specimen. Walls between the depressions are either perpendicular to the surface or slightly oblique. The lining apparent in some depressions is presumably a remnant of the original gastropod shell. Some vermetid gastropods, however, deeply etch the carbonate substrates, attaching the shell directly to the skeletal substrate or limestone. The corresponding structures have the ichnogenus *Renichnus* (Savazzi, 1996; Bromley and Heinberg, 2006).

Radwanski (1977, p. 247, pl. 9, pl. 10, figs. a-c) discussed the cementation and embedment of modern vermetid gastropods, and their implications for ichnology (Savazzi, 1996; Donovan, 2003). Bromley and Martinell (1991) discussed the similarities between *Renichnus* and

*Centrichnus* Bromley and Martinell 1991, and the latter was interpreted as the etching traces of anomiid bivalves and verrucid cirripedes. Moreover, *Radulichnus* Voight 1977 (Jagt, 2003, p.177, pl. 2, fig.3), is a very similar ichnogenus, described from the Maastrichtian of the Netherlands and Belgium (Jagt, 2003) and from the Middle Miocene of Egypt on the oysters shells (El-Hedeny, 2005, p.724, pl. 1, fig.E). It is differentiated from *Renichnus* isp., by a number of specimens showing parallel sets of straight to slightly curved scrape marks forming scoop-like depressions. The ichnogenus *Renichnus* was redefined by Mayoral (1987) for borings, generally from Mesozoic and Cenozoic, that closely resemble the work of living vermetid gastropods.

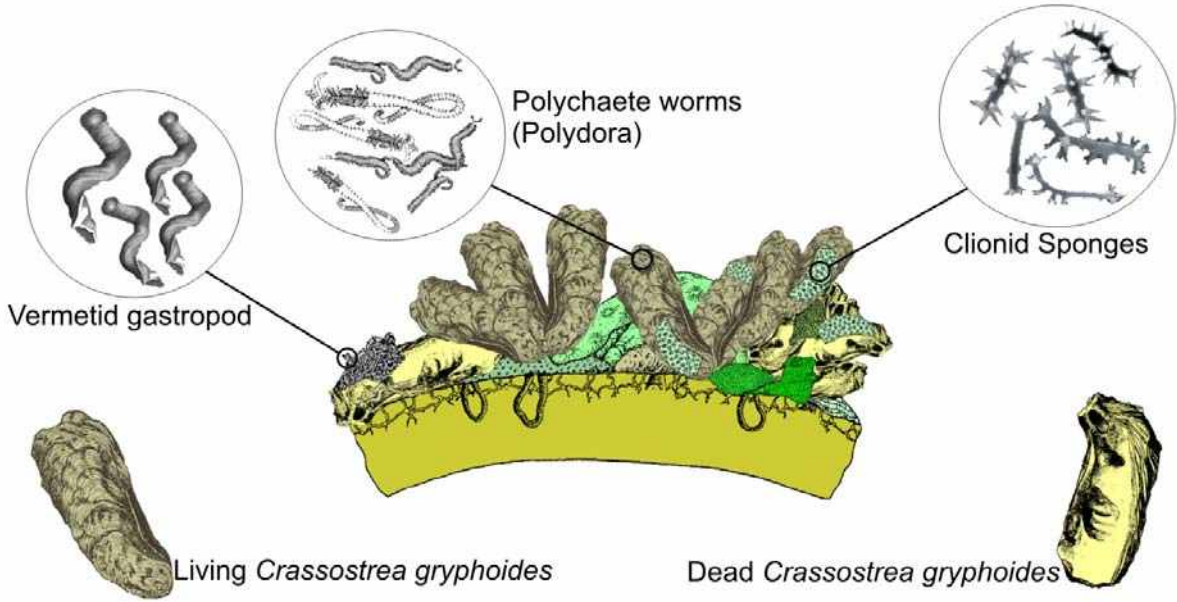
This is the first record of *Renichnus* isp., from the fossil record of Turkey. The other trace fossils, *Entobia* isp., and *Caulostrepsis* isp., were found in the Miocene Mut Basin, but the trace fossils were recorded on the sedimentary sequence (Uchman *et al.*, 2002). It is generally accepted that *Renichnus* isp., represents the cementation and embedment trace produced by attachment of a vermetid gastropod. Four vermetid species are found in the Miocene shallow-water environments of South Turkey, attached to rocks, dead corals and bivalves (Erünel-Erentöz, 1958). Most of these species have been identified from the Salyan Formation.

In this formation, the macroinvertebrate fauna consist of bivalves. The abundant and generally well-preserved bivalves are dominated by *Crassostrea gryphoides* (68%). These lithologic units contain abundant veneroid, arcoid bivalves and vermetid gastropods (Hoşgör, 2008). Moreover, the description and paleontologically identified vermetid gastropod

species of *Petalococonchus intortus* (Lamarck, 1818) (Pl. 1, fig. 4 ) are from the Salyan Formation (Erüinal-Erentöz, 1958; Baluk, 2006). In conclusion, the oyster and vermetid gastropod association refers to *Renichnus* traces. Similarly, four of the extant Antillean species are attributed to *Petalococonchus* Lea 1843, a genus known to

have produced *Renichnus* traces in the Miocene southern Poland (Radwanski, 1977).

The *Renichnus* isp., must have been produced after the oyster was dead (Figure 4) as it is on an interior valve surface, but the other ichnogenera may have been excavated in living hosts (Paul.D. Taylor, pers. comm., 2006).



**Figure 4.** Distribution of a microcommunity structure on a typical heavily encrusted, Early-Middle Miocene *Crassostrea gryphoides* from K. Maraş. This is the maximum development of endo/epibiont habitation observed on oysters shells from the study area, suggesting a sequence of microcommunities or associations from clionid sponge borings, boring U-shaped polychaete worms and vermetid gastropods.

**Şekil 4.** Erken-Orta Miyosen K.Maraş, *Crassostrea gryphoides* kavkuları üzerinde ağırlıklı olarak gözlenen mikrobirlikteliklerin dağılımı. İstifde çoğunlukla oyster kavkuları üzerinde veya iç bölgesinde gelişmiş olan yapılar klionid süngerler, U-şekilli oyucu polychaete kurtlar ve vermetid gastropodlar tarafından oluşturulmuştur.

Ichnogenus *Entobia* Bronn 1837

*Entobia* isp.

Pl.1, Figs. 3, 7

*Figured Specimens.* SETKS 04. 01S. 03 and 04.

*Horizon and Localities.* NE Göksun, Salyan Valley, 13-15.2 m.

*Description and Discussion.* *Entobia* isp., several examples were found (SETKS 04. 01S. 03, 04, 05, 06, 07, 08 and 09). A detailed description and ichnospecific assignment is unwarranted for several reasons: Specimens are intensely



weathered or poorly preserved, the latter a common consequence of secondary recrystallization and associated dissolution; several are fragmentary and incomplete segments of borings; and some examples are preserved on shell interiors or exteriors only, precluding the three-dimensional analysis necessary for ichnospecific assignment (Bromley and D'Alessandro, 1984; Pickerill *et.al.*, 2002). The many and varied morphological parameters used to distinguish the numerous ichnospecies of *Entobia* have been discussed by Bromley and D'Alessandro (1984). Of these criteria, size, arrangement and fusion/non-fusion of chambers, and the presence and dimensions of the various canal systems were considered the most significant.

The material may exhibit essentially only apertural canals or, alternatively, multiple boxwork chambers interconnected by intercameral canals, but never in mutual association. Camerate entobian are composed of net-works of chambers arranged parallel to the external oyster shell.

The ichnogenus *Entobia* was redefined by Bromley (1970) for borings from the Mesozoic and Cenozoic that closely resemble the work of living clionid sponges. Living clionid sponges occur widely in reefs today, and did so during the Mesozoic and Cenozoic (Johnson and Baarli, 1999). *Entobia* is a product of borings by clionid sponges (Figure 4) (Bromley and D'Alessandro, 1984). Historically, the terminology applied to the anatomical parts of the clionid sponge boring *Entobia*, and its synonyms and numerous ichnospecies, has proven convoluted. Sponges that produce *Entobia* are also known to thrive in clear waters with very low sedimentation (Görög and Somody, 1987;

Domenech *et. al.*, 2001; Farinati and Zavala, 2002).

Bores also appeared as small, rounded and closely spaced chambers that are mainly related to ichnogenus *Entobia* Bronn, 1837 (the depth of its penetration did not exceed 3 mm). In these cases yjr bore diameters varied from 0.5 to 1.0 mm . The walls of the bores are sharply vertical and rarely degraded.

The Domichnial structures (*Entobia* isp.) of macroborings were produced on either live or dead hosts (Figure 3) (Pickerill *et. al.*, 2002). It is observed that borings are concentrated in some specific sites, in both the inner and outer surfaces of the oyster shells. They occur mainly very close to the ligamental area (pl. 1, fig. c) and to the external view of the left valve (pl. 1, fig. g). In addition, the presence of microborings in the inner surface of the dorsal margin of shells indicates the rapid activity of the sponge directly after the death of the oyster when the two valves starting gaping.

Boring sponges predominantly belong to the family Clionidae, Class Demospongiae. They bore into calcareous substrates by chemically etching chips (10 to 100 µm) with specialized archeocyte cells (Cobb, 1969). The chips are expelled through the exhalent water currents. The resulting borings are roughly spherical chambers, one to a few millimeters in diameter, connected by smaller canals (0.10 mm diameter). If the calcareous substrate is homogenous and spacious, colonizing sponges may produce the idiomorphic (species characteristic) borings of the ichnogenus *Entobia*, which contains several ichnospecies (Bromley and D'Alessandro, 1984-1989; Stearly and Ekdale, 1989).

Ichnogenus *Caulostrepsis* Clarke 1908*Caulostrepsis* isp.

Pl.1, Figs. 5-6

*Figured Specimens.* SETKS 04. 03S. 04 and 05.*Horizons and Localities.* NE Göksun, Salyan Valley, 13-15.2 m.*Description and Discussion.* Smooth, elongate, U-shaped galleries with fused limbs and no central vane, a central axial depression that extends from the distal U-bend along the entire exposed length. Galleries are variably oriented, straight to curved, but never tortuous. Length, mostly incomplete up to 15 mm; width 1,5-3 mm.

*Caulostrepsis* is generally considered to result from the euendolithic or paraendolithic activities of polychaete annelids (*Polydora* sp.) (Figure 4) of various families (Bromley, 1978-1994; Bromley and D'Alessandro, 1983), most probably spionids (Barrier and D'Alessandro, 1985; Bromley and D'Alessandro, 1989; Paul Taylor, pers. comm. 2006). Polychaetes of the family Spionidae bore chemically as well as mechanically. Members of the genus *Polydora* create simple to meandering U-shaped borings whereby the tunnels (with a diameter of 1-2 mm) are separated by a spreite (Feige and Fürsich, 1991). Boring traces of the polychaete *Polydora*, the ichnogenus *Caulostrepsis* isp., were found in shallow water conditions. *Polydora* resembling the ichnospecies *Caulostrepsis cretacea* Voigt 1971 were recently very common in the shallowest station, especially in the lagoonal setting, and were also rarely found at water depths of 7 and 15 m (Wisshak *et al.*, 2005).

**CONCLUSIONS**

The Early-Middle Miocene oysters, *Crassostrea gryphoides* (Schlotheim, 1813) of the Salyan Formation are characterized by large and massive valves. Their shells exhibit significant information about paleoecology and the post mortem processes. Paleoecologically, they were living in nearshore shallow, low-energy marine environments. After their death, they were deposited by storm-generated waves above the storm wave-base.

The Late Burdigalian-Early Langhian oysters of East Göksun area are much affected by post-mortem boring of organisms (activity of a variety of organisms including gastropods, sponges and polychaetes). The borings can be regarded as relatively diverse, being represented by ichnotaxa *Renichnus* isp., *Caulostrepsis* isp., and *Entobia* isp. They are concentrated in some specific sites, both in the inner and outer surfaces of the oyster shells.

**ACKNOWLEDGEMENTS**

This study is a part of the MSc Thesis fulfilled in the Geological Engineering Department of the Natural and Applied Science Institute in Ankara University. Moreover, this study was carried out as part of the Geodynamic Evolution of the Eastern Taurides Project on behalf of the Mineral Research and Exploration General Directorate (MTA). The author is also grateful to Dr. Yavuz BEDİ (MTA), the chief of the Project, for his encouragements Dr. Halil YUSUFOĞLU (MTA), for his help during field investigation, Dr. Magdy M. EL-HEDENY (Alexandria University, Egypt) and Dr. Paul D. TAYLOR (Natural History Museum, England), for discussions of the trace fossils, and Dr. Ester

FARINATI (Universidad Nacional del Sur Departamento de Geologia, Argentina) for a critical reading of the earlier version of the manuscript.

### **GENİŞLETİLMİŞ ÖZET**

*Bu çalışmada K. Maraş'da Salyan Formasyonu (Üst Burdigaliyen-Alt Langiyen)'da Crassostrea gryphoides oyster kavkuları üzerindeki biyoerozyon yapıları incelenmeye çalışılarak, paleoortam ve tafonomik gelişimi analiz edilmiştir. Terim olarak Neumann (1966) tarafından ortaya atılan biyoerozyon, daha sonra Bromley (1992) tarafından detaylı bir şekilde sınıflandırılmıştır. Güneydoğu Anadolu'da GeçPaleojen-Neojen istiflerinde oyster türleri belirleyici bir rol oynar. Özellikle Crassostrea türlerinin, bu bölgelerde son yapılan çalışmalar ile Oligosen-Miyosen yaş aralıklarında yaygınlığı belirtilmiştir (Hoşgör, 2008; Hoşgör ve Okan, 2009). Kalın ve yer yer buket şeklinde gelişmiş koloni yapıları ile çevresel etkilere her zaman açık olan bu kavki yığınları üzerinde biyoerozyon yapıları gelişebilmiştir. Kahramanmaraş Miyosen Havza'sının kuzeybatısında, oyucu/delici mikro-organizmalar tarafından oluşturulan biyoerozyon yapıları Crassostrea gryphoides oyster türü üzerinde bulunmuştur. Bu oyuk/delikler üç iz fosil cinsini; Renichnus isp., Caulostrepsis isp., ve Entobia isp., işaret etmektedir. Bu yapılar Klionid süngerler, Polychaete kurtlar ve vermetid gastropodların aktiviteleri olarak gözlemlenmiştir.*

## PLATE 1

All specimens are from the limestone member at the Salyan Formation (Salyan Valley).

1-3, 5-7. *Crassostrea gryphoides* (Schlotheim, 1813);

**Figure 1.** Internal view of the left valve showing borings reflecting activity of vermetid gastropod and clionid sponges,

**Figure 2.** *Renichnus isp.*, SETKS 04. 01S. 02;

**Figure 3.** *Entobia isp.*, SETKS 04. 01S. 03;

**Figure 4.** Species of vermetid gastropod, *Petalococonchus intortus* (Lamarck, 1818);

**Figure 5.** *Crassostrea gryphoides* (Schlotheim, 1813); internal showing elongate U-shaped galleries related to *Caulostrepsis isp.*, SETKS 04. 03S. 04;

**Figure 6.** external view of the left valve showing the U-shaped galleries related to *Caulostrepsis isp.*, SETKS 04. 03S. 05;

**Figure 7.** *Crassostrea gryphoides* (Schlotheim, 1813); external view of the left valve showing small borings related to ichnogenus *Entobia isp.*, SETKS 04. 01S. 04.

(Scale bars represents 10 mm).

## LEVHA 1

Tanımlanan türler Salyan Formasyonu (Salyan Köyü) kireçtaşı üyesindedir.

1-3, 5-7. *Crassostrea gryphoides* (Schlotheim, 1813);

**Şekil 1.** Vermetid gastropod ve klionid süngerlerin delici aktivitelerinin iç-sol kapaktan görünümü.

**Şekil 2.** *Renichnus isp.*, SETKS 04. 01S. 02;

**Şekil 3.** *Entobia isp.*, SETKS 04. 01S. 03;

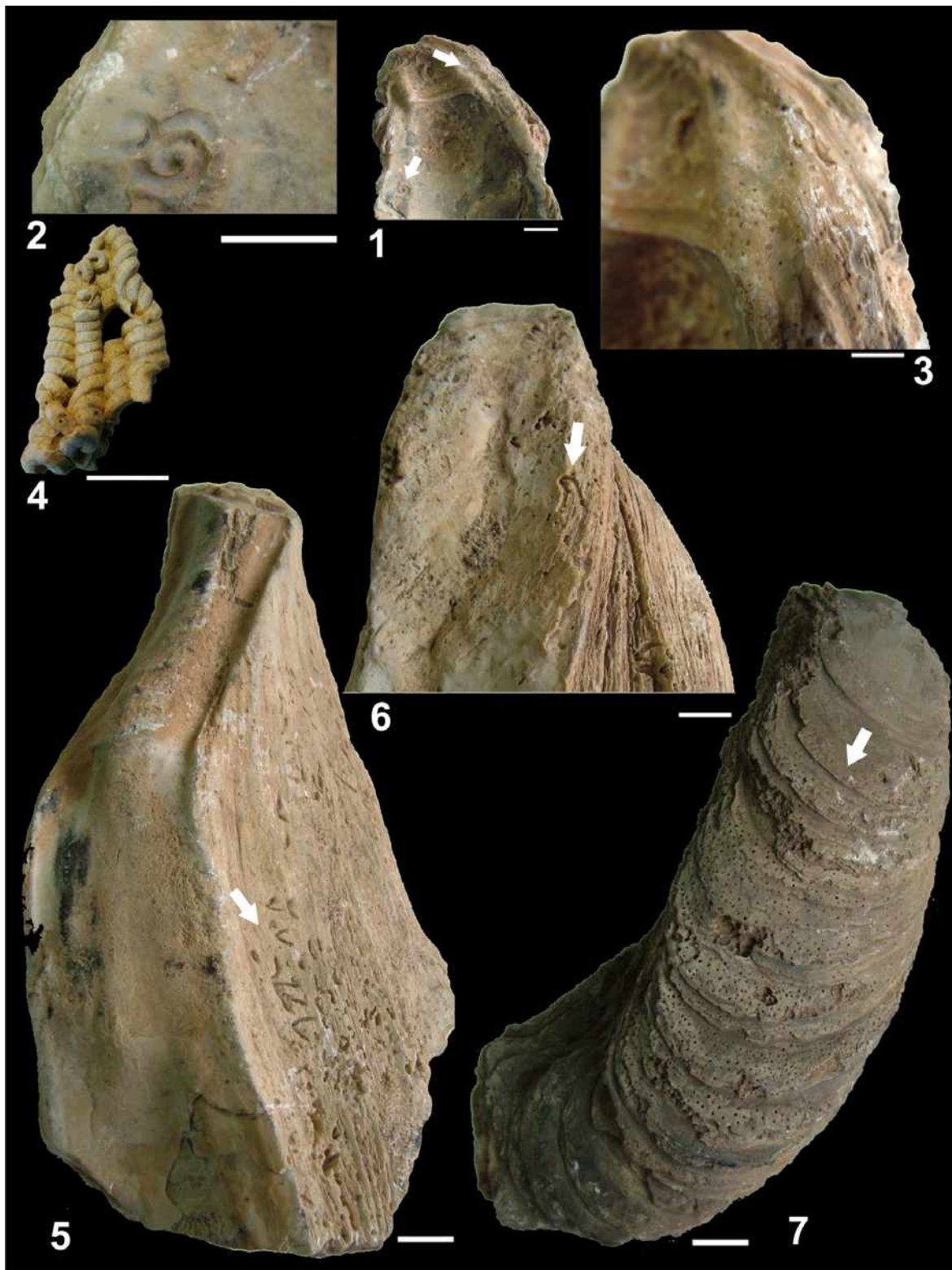
**Şekil 4.** Vermetid gastropod türü, *Petalococonchus intortus* (Lamarck, 1818);

**Şekil 5.** *Crassostrea gryphoides* (Schlotheim, 1813) kavkısının iç kısmında U-şeklinde galeri açan *Caulostrepsis isp.*, SETKS 04. 03S. 04;

**Şekil 6.** Sol kapak dışında U-Şeklinde galeri açan *Caulostrepsis isp.*, SETKS 04. 03S. 05;

**Şekil 7.** *Crassostrea gryphoides* (Schlotheim, 1813) kavkısının dış kısmında kavkı üzerinde küçük oyucuların oluşturduğu yapı, *Entobia isp.*, SETKS 04. 01S. 04.

(Ölçek 10 mm).



## REFERENCES

- Aigner, T., 1984. Dynamic stratigraphy of epicontinental carbonates, Upper Muschelkalk (M. Triassic), South-German Basin. *Neus Jahrbuch für Geologie und Palaontologie Abhandlungen*, 169, 127-159.
- Baluk, W., 2006. Middle Miocene (Badenian) gastropods from Korytnica, Poland; Part V, Addenda et Corrigenda ad Prosobranchia. *Acta Geologica Polonica*, 56, 177-220.
- Barrier, P. and D'Alessandro, A., 1985. Structures biogeniques et physiques dans les sables de Pavigliana Reggio Calabria (Italie). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 91, 379-408.
- Brett, C.E. and Baird, G.C., 1986. Comparative taphonomy: A key to paleoenvironmental interpretation based on fossil preservation. *Palaaios*, 1, 207-227.
- Bromley, R.G., 1970. Borings as trace fossils and *Entobia cretacea* PORTLOCK, as an example. In: Crimes T.P and Harper J.G. (eds.), *Trace Fossils*. Liverpool, Seel House Pres, 49-90.
- Bromley, R.G., 1978. Bioerosion of Bermuda reefs. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 23, 169-197.
- Bromley, R.G., 1981. Concepts in ichnotaxonomy illustrated by small round holes in shells. *Acta Geologica Hispanica*, 16, 55-64.
- Bromley, R.G., 1992. Bioerosion: eating rocks for fun and profit. In: Maples, C.G. and West, R.R. (eds.), *Trace Fossils: Short Courses in Paleontology*, 5, 121-129. Paleontological Society, Knoxville, Tennessee.
- Bromley, R.G., 1994. The palaeoecology of bioerosion. In: S.K.Donovan (ed.), *The palaeobiology of Trace Fossils*, John Willey and Sons, Chichester, 134-154.
- Bromley, R.G. and D'Alessandro, A., 1983. Bioerosion of the Pleistocene of southern Italy: ichnogenera *Caulostrepsis* and *Maeandropydora*. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 89, 283-309.
- Bromley, R.G. and D'Alessandro, A., 1984. The ichnogenus *Entobia* from the Miocene, Pliocene and Pleistocene of southern Italy. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 90, 227-296.
- Bromley, R.G. and D'Alessandro, A., 1989. Ichnological study of shallow marine endolithic sponges from the Italian coast. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 95, 279-314.
- Bromley, R.G. and Heinberg, C., 2006. Attachment strategies of organisms on hard substrates: A palaeontological view. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 232, 429-453.
- Bromley, R.G. and Martinell, J., 1991. *Centrichnus*, new ichnogenus for centrally patterned attachment scars

- on skeletal substrates. Bulletin of the Geological Society of Denmark, 38, 243-252.
- Bronn, H. G., 1837. Lethaea Geognostica, oder Abbildungen und Beschreibungen der die Gebirgs-Formationen bezeichnendsten Versteinerungen Vol. 2. Stuttgart. Bryozoa -594-595.
- Clarke, J. M., 1908. The beginnings of dependent life. N.Y. State Museum of Bulletin, 121,149-169.
- Cobb, W.R., 1969. Penetration of calcium carbonate substrates by the boring sponge, *Cliona*. American Zoologist, 9, 783-790.
- Cutler, A.H. and Flessa, K.W., 1995. Bioerosion, dissolution and precipitation as taphonomic agents at high and low latitudes. Senckenbergiana Maritima, 25, 115-121.
- Davies, D.J., Powell, E.N. and Stanton, J., 1989. Relative rates of shell dissolution and net sediment accumulation. A commentary: Can shell beds form by the gradual accumulation of biogenic debris on the seafloor? Lethaia, 22, 207-212.
- Derman, A.S., Akdağ, K., Gül, M.A. and Yeniay, G., 1996. Relationship between sedimentation and tectonics in Maraş Miocene Basin. Eleventh Petroleum Congress of Turkey, 91-102.
- Domenech, R., Gibert, J.M. and Martinell, J., 2001. Ichnological features of a marine transgression: Middle Miocene rocky shores of Tarragona, Spain. Geobios, 34, 99-107.
- Donovan, S.K., 2003. The ichnofossils *Renichnus arcuatus* Mayoral, 1987 in the Pleistocene. Bulletin of the Mizunami Fossil Museum, 30, 137-140.
- Ekdale, A.A., Bromley, R.G. and Pemberton, S.G., 1984. Ichnology: the use of trace fossils in sedimentology and stratigraphy. Society Economic Paleontology and Mineralogy Short Course, 15, 1-317.
- El-Hedeny, M.M., 2005. Taphonomy and Paleoecology of the Middle Miocene oysters from Wadi Sudr. Gulf of Suez. Revue de Paleobiologie, 24, 719-733.
- Erünal--Erentöz, L., 1958. Mollusques du Neogene des Bassins de Karaman, Adana et Hatay (Turquie), Theses. A la Faculte des Sciences de l'Universite de Paris, Le Grade de Docteur es Sciences Naturelles, 232 p. Ankara.
- Farinati, E. and Zavala, C., 2002. Trace fossils on shelly substrate. An example from the Miocene of Patagonia, Argentina. Acta Geologica Hispanica, 37, 29-36.
- Feige, A. and Fürsich, F., 1991. Tophonomy of the Recent molluscs of Bahai la Choya (Gulf of California, Sonora, Mexico). Zitteliana, 18, 89-133.
- Gibert, J.M., Domenech, R. and Martinell, J., 2004. An ethological framework for animal bioerosion trace fossils upon mineral substrates with proposal of a new class, fixichnia. Lethaia, 37, 429-437.
- Golubic, S., Perkins, R.D. and Lukas, K.J., 1975. Boring microorganisms and microborings in carbonate substrates.

- In. Frey RW (ed.) The study of trace fossils. Springer, Berlin Heidelberg New York, 229-259.
- Görög, A. and Somody, A., 1987. Trace fossils on Badenian (Miocene) Gastropods from Varpalota, Hungary. *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eötvös Nominatae Secto Geologica*, 27, 121-160.
- Gözübol, A.M. and Gürpınar, O., 1980. The geology and tectonic evolution of the North of Kahramanmaraş. Fifth Petroleum Congress of Turkey, Ankara, 21-29.
- Hoşgör, İ., 2008. Presence of *Crassostrea gryphoides* (Schlotheim) from the lower Middle Miocene sequence of Kahramanmaraş Basin (SE Turkey); its taxonomy, paleoecology and paleogeography. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute of Turkey*, 136, 17-28.
- Hoşgör, İ. and Okan, Y., 2009. First record of *Crassostrea cyathula* (Lamarck) from the Rupelian-Lower Chattian of Sarıbuğday-Kovancılar (NE Palu) Eastern Taurids, E Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 18, 615-629.
- Jagt, J.W.M., 2003. The ichnofossil genera *Radulichnus* and *Renichnus* in the Maastrichtian of the Netherlands and Belgium. *Bulletin de L'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Science de la Terre*, 73, 175-184.
- Johnson, M.E. and Baarlı, B.G., 1999. Diversification of rocky-shore biotas through geologic time. *Geobios*, 32, 257-273.
- Kidwell, S.M., 2002. Mesh-size effects on the ecological fidelity of death assemblages: a meta-analysis of molluscan live-dead studies. *Geobios*, 35, 107-119.
- Komatsu, T., Chinzei, K., Zakhera, M.S. and Matsuoka, H., 2002. Jurassic soft-bottom Oyster *Crassostrea* from Japan. *Palaeontology*, 45, 1037-1048.
- Macnaughton, R.B. and Pickerill, R.K., 2003. Taphonomy and the taxonomy of trace fossils: a commentary. *Lethaia*, 36, 66-70.
- Martinell, J., 1989. Interaccion organismos/sustrato duro: la bioerosion y sus implicaciones. In: Aguirre, E. (ed.), *Paleontologia*, 205-222.
- Mayoral, E., 1987. Accion bioerosiva de Mollusca (Gastropoda, Bivalvia) en el Plioceno Inferior de la Cuenca del Bajo Guadalquivir. *Revista Espanola de Paleontologia*, 2, 49-58.
- Neumann, A.C., 1966. Observations on coastal erosion in Bermuda and measurements of the boring rate of the sponge *Cliona lampa*. *Limnology and Oceanography*, 11, 92-108.
- Önalan, M., 1988. Geological evolution of the Kahramanmaraş Tertiary peripheral basin. *Geological Bulletin of Turkey*, 31, 1-10.
- Perinçek, D. and Kozlu, H., 1984. Stratigraphy and structural relations of the units in the Afşin-Elbistan-Doğanşehir region (Eastern Taurus). In: Tekeli, O. and



- Göncüoğlu, M. C. (Eds.), *Geology of the Taurus Belt, Ankara-Turkey*, 182-198.
- Pickerill, R.K., Donovan, S.T. and Portell, R.G. 2002. Bioerosional Trace Fossils from the Miocene of Corriacou, Lesser Antilles. *Caribbean Journal of Science*, 38, 106-117.
- Pleydell, S.M. and Jones, B., 1988. Boring of various faunal elements in the Oligocene-Miocene Bluff Formation of Grand Cayman, British West Indies. *Journal of Paleontology*, 62, 348-367.
- Radwanski, A., 1977. Present-day types of trace in the Nogene sequence: their problems of nomenclature and preservation. In Crimes, T.P. and Harper, J.C. (eds.), *Trace Fossils 2. Geological Journal Special Issue*, 9, 227-264.
- Robertson, A.H.F., Ustaömer, T., Parlak, O., Ünlügenç, U.C., Taslı, K. and İnan, N., 2005. The Berit transect of the Tauride thrust belt, S Turkey: Late Cretaceous-Early Cenozoic accretionary/collisional processes related to closure of Southern Neotethys. *Journal of Asian Earth Sciences*, 1-40.
- Savazzi, E., 1996. Adaptations of vermetid and siliquariid gastropods. *Palaeontology*, 39, 157-177.
- Schlotheim, E.T., 1813. Beiträge zur Naturgeschichte der Versteinerungen in geognostischer Hinsicht. Leonhard's Taschenbuch der Mineralogie, 7, 1-134.
- Stearly, R.F. and Ekdale, A.A., 1989. *Modern Marine Bioerosion by Macroinvertebrates, Northern Gulf of California*. *Palaios*, 4, 453-467.
- Tarhan, N., 1984. Geology of the Göksun-Afşin-Elbistan region. *Geological Engineering*, 19, 3-9.
- Taylor, P.D., 2006. Personal communication. Natural History Museum, England.
- Taylor, P.D. and Wilson, M.A., 2002. A new terminology for marine organisms inhabiting hard substrates. *Palaios*, 17, 522-525.
- Taylor, P.D. and Wilson, M.A., 2003. Palaeoecology and evolution of marine hard substrate communities. *Earth-Science Reviews*, 62, 1-103.
- Uchman, M., Demircan, H., Toker, V., Derman, S., Sevim, S., and Szulc, J., 2002. Relative sea level changes recorded in borings from a Miocene rocky of the Mut Basin, southern Turkey. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 72, 263-270.
- Voight, E., 1971. Fremdsulpturen an Steinkernen von Polychaeten-Bohrga'ngen aus der Maastrichter Tuffkreide. *Pala'ont. Zeitschr*, 45, 144-153.
- Wisshak, M., Gektidis, M., Freiwald, A. and Lundalv, T., 2005. Bioerosion along a bathymetric gradient in a cold-temperate setting (Kosterfjord, SW Sweden): an experimental study. *Facies*, 51, 93-117.
- Yılmaz, A., Bedi, Y., Uysal, Ş., Yusufoglu, H. and Aydın, N., 1993. Geological structure of the area between Uzunyayla and Beritdağ of the Eastern

Taurids. Turkish Association of Petroleum Geologist (TAPG Bulletin), 5, 69-87.

Yılmaz, Y. and Gürer, Ö.F., 1996. The geology and evaluation of Misis-Andırın Belt, around Andırın (Kahramanmaraş). Turkish Journal of Earth Sciences, 5, 39-55.

Makale Geliş Tarihi : 26 Ağustos 2009

Kabul Tarihi : 15 Ocak 2010

---

*Received* : *August 26, 2009*

*Accepted* : *January 15, 2010*



**Çivril doğusu'nda (Denizli) yüzlek veren Rupeliyen–erken Şattiyen (Oligosen) yaşlı Tokça Formasyonu'nun Paleoekolojisi: Sayısal iklimsel karşılaştırmalar**

*Palaeoecology of the Rupelian–early Chattian (Oligocene) aged Tokça Formation outcropping east of Çivril (Denizli): Quantitative climatic correlations*

**Mehmet Serkan AKKİRAZ<sup>1\*</sup> Funda AKGÜN<sup>2</sup> Sefer ÖRÇEN<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 43270, KÜTAHYA (e mail: serkanakkiraz@dpu.edu.tr)

<sup>2</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, jeoloji Mühendisliği Bölümü, 35160, Buca, İZMİR (e mail: funda.akgun@deu.edu.tr)

<sup>3</sup>Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, jeoloji Mühendisliği Bölümü, VAN, (e mail: sorcen@yyu.edu.tr)

**ÖZ**

Bu çalışmada, Çardak–Tokça havzasında yüzlek veren Tokça Formasyonu'nun palinolojik ve foraminifer içeriklerine dayalı paleoiklimsel, paleoortamsal ve paleoekolojik yorumlamalar yapılmıştır. Tokça Formasyonu içerisinde resifal karakterdeki kireçtaşları Üçtepeliler resif üyesi olarak bilinir. Tokça Formasyonu resmi olmayacak şekilde, resifin altı, resif ve resifin üstü olmak üzere üç bölüme ayrılabilir. Resifin altındaki istif genellikle çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı araldanmasından oluşmaktadır. İçerisinde yer yer bitki kırıntıları ve hematitli düzeyler bulunmaktadır. Resifin üzerindeki istif, genellikle kumtaşı ve çamurtaşı araldanmasından oluşmaktadır, hiç bir düzeyinde çakıltası bulunmamaktadır ve çok sayıda ince kömür damarı içerir. Ayrıca alt bölümlerinde de işletilen kömür damarı mevcuttur. Palinolojik topluluk, hem resifin altındaki, hem de üzerindeki istiflerden elde edilmiştir. Toplulukta, *Laevigatosporites haardti*, *Pityosporites microalatus*, *Momipites punctatus*, *Caryapollenites simplex*, *Tricolpopollenites liblarensis* ssp. *fallax*, *Tricolpopollenites retiformis* ve *Tricolpopollenites cingulum* ssp. *oviformis* formları baskındır. Ayrıca, sığ denizel ortamı simgeleyen dinoflagellatlar da ayırtlanmıştır. Üçtepeliler resif üyesinden ise zengin bir foraminifer topluluğu tanımlanmıştır. *Lepidocyclina (Eulepidina) dilatata* d'Archiac, *Miogypsinoides* sp. (İlkel formlar), *Austrotrillina* sp. ve *Cycloclypeus* sp. formlarına göre, tortulaşma Üst Oligosen'in alt bölümlerinde gerçekleşmiştir. Palinolojik ve foraminifer verileri birlikte değerlendirildiğinde, Tokça Formasyonu'nun çökelişi denizel etki altında gerçekleşmiştir. Resifal kireçtaşlarının çökelişi süresince deniz düzeyi en yüksek seviyesine ulaşmıştır. İstatiksel paleoiklimsel sonuçlar ise, Tokça Formasyonu'nun çökelişiminin subtropikal iklim şartları altında, yoğun yağış aldığını göstermektedir. Rupeliyen–alt Şattiyen Tokça Formasyonu'nundan

elde edilen sayısal iklimsel sonuçlar, Avrupa'dan yaşıt havzalarla karşılaştırıldığında, o dönemdeki ısı değerlerinin Anadolu'da daha yüksek ısılara ulaştığını ortaya koymaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Türkiye; Denizli; Tokça Formasyonu; Oligosen; Palinomorf; Foraminifer; Paleoiklim

## ABSTRACT

*In this study, based on the palynological and foraminiferal the contents, palaeoclimatic, palaeoenvironmental and palaeoecological interpretations of the Tokça Formation outcropping on the Çardak–Tokça Basin have been made. Limestones at reefal character in the Tokça Formation is known as the Üçtepeler reef member. Tokça formation can informally be divided into three parts as the lower side of reef, reef and upper side of reef. Succession under the reef consists chiefly of conglomerate, sandstone, mudstone alternation. In some places, there are plant debris and hematite bearing levels. Suquence on the reef is generally made up of sandstone and mudstone alternation, not available conglomerate in any level and contains many thin coal seam. Besides, coal seam operated occurs at the lower sides of the sequence. Palynological assemblage has been obtained from both the sequences of the lower side and upper side of the reef. In the assemblage, Laevigatosporites haardti, Pityosporites microalatus, Momipites punctatus, Caryapollenites simplex, Tricolpopollenites liblarensis ssp. fallax, Tricolpopollenites retiformis and Tricolporopollenites cingulum ssp. oviformis are dominant. In addition, dinoflagellates representing shallow marine environment have been identified. The rich foraminifera community from the Üçtepeler reef member have been described. According to Lepidocyclina (Eulepidina) dilatata d'Archiac, Miogypsinoides sp. (primitivel forms), Austrotrillina sp. and Cycloclypeus sp., the age of the deposition has been determined as the lower sides of the Upper Oligocene. When palynological and foraminiferal data has been evaluated with together, deposition of the Tokça Formation took place under marine influence. Sea level during deposition reefal limestones has reached its highest level. The statistical palaeoclimatic results indicate that the Tokça Formation was deposited under subtropical conditions receiving the high rainfall. The quantitative climatic results obtained from the Rupelian–lower Chattian Oligocene Tokça Formation compared with coeval basins from Europe, the temperatures of that period in Anatolia suggests reaching a higher temperatures.*

**Key words:** Turkey; Denizli; Tokça Formation; Oligocene; Palynomorph; Foraminifera; Palaeoclimate

## GİRİŞ

Batı Anadolu'da yüzlek veren Oligo-Miyosen yaşlı tortul havzalar batıdan doğuya doğru, Kale-Tavas, Denizli, Çardak-Tokça, Burdur ve İncesu havzalarıdır (Şekil 1). Bu alanlarda stratigrafik ve tektonik amaçlı bir çok çalışma yapılmıştır (örn: Koçyiğit, 1984; Hakyemez, 1989; Göktaş vd., 1989; Akgün ve Sözbilir, 2001; Gürer ve Yılmaz, 2002; Akkiraz ve Akgün 2005; Sözbilir, 2005). Bu havzaların tektonik gelişimi, piggy-back havza (Akgün vd., 2000; Sözbilir, 2002; Gürer ve Yılmaz, 2002) yada molas havzası olarak yorumlanmıştır (Koçyiğit, 1984; Göktaş vd., 1989; Yağmurlu, 1994; Akgün ve Sözbilir, 2001; Sözbilir, 2005) Çardak-Tokça havzası, Denizli'nin kuzeydoğusundaki geniş bir alanda yüzlekler vermektedir. Havza güneyden Çardak, kuzeyden ise Tokça köyleri ile sınırlıdır. Çardak-Tokça havzası, ayrıntılı olarak ilk kez Göktaş vd., (1989) tarafından çalışılmıştır. Araştırmacılar, Oligosen yaşlı tortulları Acıgöl grubu olarak tanımlamış ve alttan üste Armutalanı, Çardak, Hayrettin, Tokça ve Bozdağ formasyonlarından oluştuğunu belirtmişlerdir. Göktaş vd., (1989) *Nummulites intermedius* d'Archiac, *Nummulites* cf. *vascus* Joly & Leymerie, *Lepidocyclina* cf. *dilatata* d'Archiac, *Lepidocyclina* sp., *Operculina* sp., *Pararotalia* sp., *Quinqueloculina* sp., *Ditrupea* sp., *Heterostegina* sp., ve *Gypsina* sp. gibi foraminiferlere dayanarak Tokça Formasyonu'nun yaşının Geç Oligosen olduğunu belirtmişlerdir. Benda (1971) ilk kez güneybatı Anadolu' da yüzlek veren Neojen tortulların palinolojisini incelemiş ve 7 adet palinolojik topluluk tanımlamıştır. Bunlar, Tokça, Kurbalık, Kale, Eskihisar, Yeni-Eskihisar, Kızılhisar ve Akça'dır. Yazara göre, Tokça sporomorf topluluğu Erken Oligosen yaşlıdır. Akkiraz ve

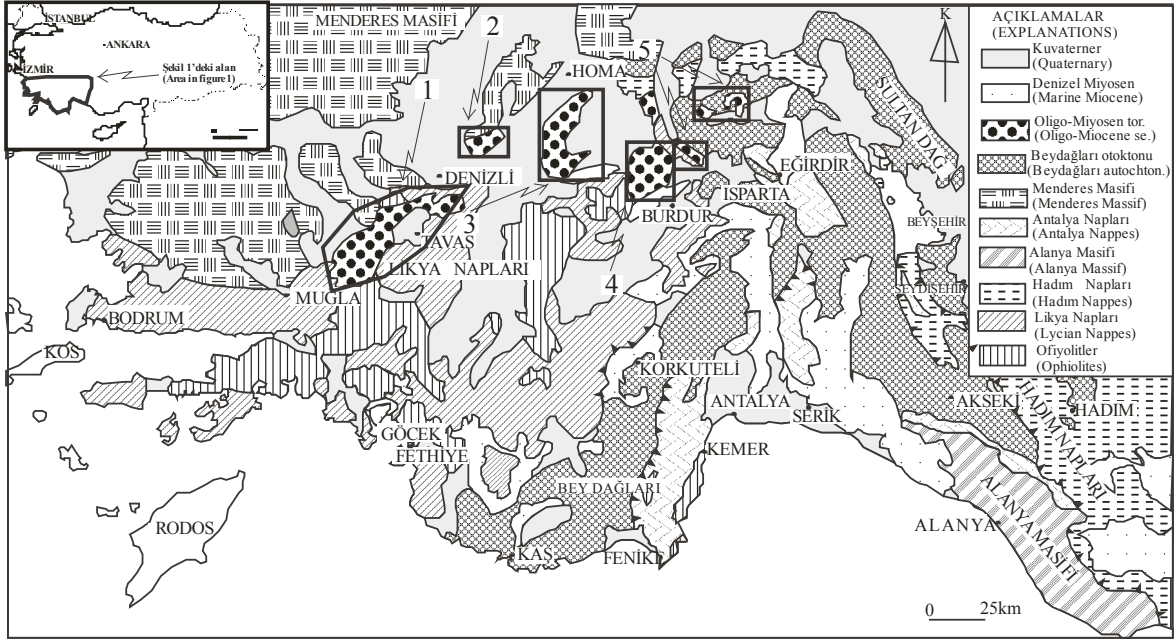
Akgün (2005), çalışma alanındaki Hayrettin ve Tokça formasyonlarının palinolojisini incelemişler ve bu formasyonların yaşının Erken-Geç Oligosen'in altı olduğunu belirtmişlerdir. Üç tepeler resif üyesi üzerine gelen kömürlü istiften elde edilen bu palinolojik topluluk, *Laevigatosporites haardti*, *Pityosporites microalatus*, *Monogemmites pseudosetarius*, *Momipites punctatus*, *Momipites quietus*, *Subtriporopollenites simplex* ve *Tricolporopollenites cingulum* türlerinin bolluğu ve biyostratigrafik önemi olan *Boehlensipollis hohli*, *Slowakipollis hippophaeoides*, *Aglaoreidia cyclops*, *Dicolpopollis kalewensis*, *Compositoipollenites rhizophorus* ssp. *burghasungensis*, *Mediocolpopollis compactus* ssp. *ellenhausensis*, *Pentapollenites pentangulus*, *Subtriporopollenites simplex* ve *Intratiporopollenites instructus* gibi türlerin varlığı ile simgelenmiştir. Sözbilir (2005) Çardak-Dazkırı alanında yüzlek veren tortullarının yaşını Oligosen olarak kabul etmektedir.

Tersiyer palaeoklim parametrelerini tanımlamada, sporlar ve polenler, bu alanda kullanılan en yararlı fosillerdir. Özellikle Avrupalı araştırmacılar uzun yıllar süresince fosil spor ve polenlere dayalı sayısal paleoklimsel sonuçlar elde etmeye çalışmışlardır. Tersiyer iklimindeki değişimi anlamak için çok uzun süreli araştırmalar yapılmıştır. Ülkemizde yapılan Senozoyik sayısal paleoklimsel değişimlerin incelenmesine yönelik çalışmaların sayısı oldukça azdır (Akkiraz. vd., 2006; Sancay vd., 2006; Akgün vd., 2007; Yavuz-Işık, 2007, 2008; Kayseri ve Akgün, 2008). Akgün vd. (2007), ilk kez Geç Oligosen-Miyosen zamanında sayısal

iklimsel değişimleri ayrıntılı olarak çalışmışlardır.

Bu çalışmada, Çardak–Tokça alanında yüzlek veren Tokça Formasyonu'nun ayrıntılı paleoekolojisi ve paleoklimi tanımlanmış ve ilk kez bu dönemdeki sayısal iklimsel değerler

ortaya çıkarılmıştır. Elde edilen paleoiklimsel sonuçlar, ülkemizdeki diğer Erken Oligosen yaşlı havzaların iklimsel değerleri ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca Avrupa'dan elde edilen sonuçlarla da tartışılmıştır.



**Şekil 1.** Güneybatı Türkiye'nin basitleştirilmiş jeoloji haritası ve başlıca Oligo-Miyosen havzalar (Gutnic, 1977; Akgün ve Sözbilir, 2001'den değiştirilerek).

**Figure 1.** Simplified geological map of southwest Turkey and the main Oligo–Miocene basins 1) Kale-Tavas, 2) Denizli, 3) Çardak-Tokça, 4) Burdur, 5) İncesu (modified from Gutnic, 1977; Akgün and Sözbilir, 2001).

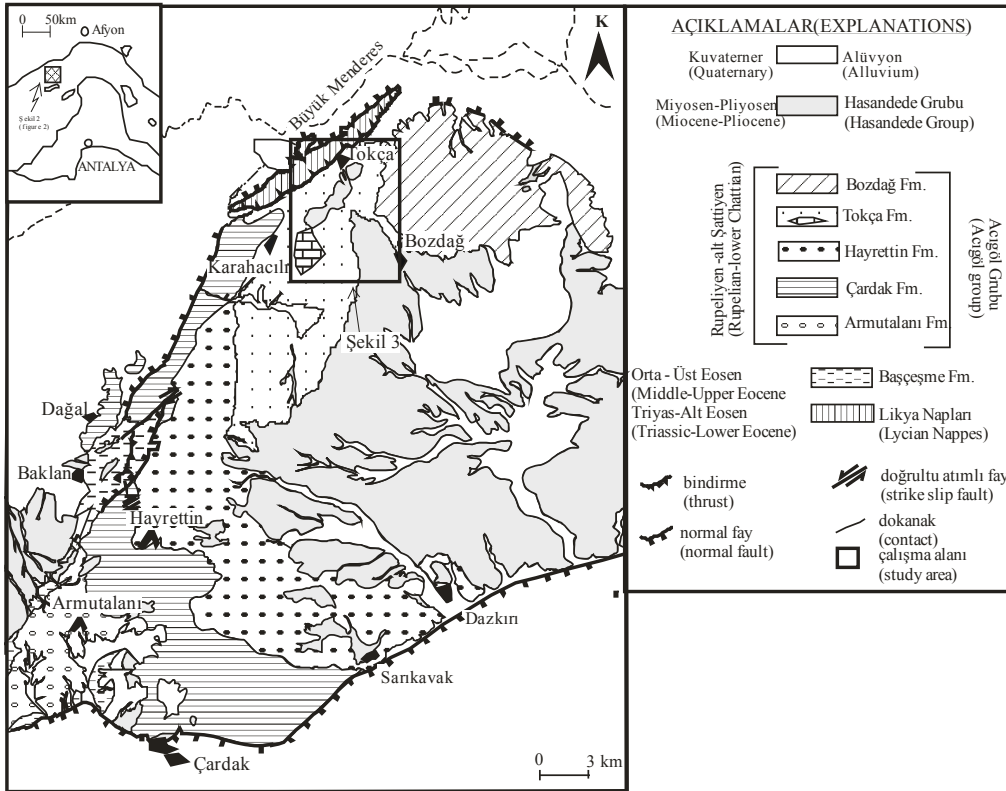
## ÇALIŞMA ALANI

Denizli'nin kuzeydoğusundaki geniş bir alanda yüzlek veren Oligosen yaşlı tortullar, Acıgöl grubu olarak bilinir ve alttan üste 5 formasyondan oluşur (Şekil 2). Bunlar Armutalanı, Çardak, Hayrettin, Tokça ve Bozdağ formasyonlarıdır. Tokça Formasyonu ilk kez Göktaş vd. (1989) tarafından Tokça Köyü çevresinde yüzlek veren tortullar için

kullanılmıştır. Tokça Köyü çevresinde yüzlek veren tortullar, gelgitarası kuşağın ürünü olan karasal ve sığ denizel tortullar olarak tanımlanmıştır. Formasyon içinde yer alan resifal karakterdeki, bol mercan ve bentik foraminiferli kireçtaşları Üçtepeler resif üyesi olarak bilinir (Şekil 3, 4) ve genellikle krem, pembemsi renklere orta, kalın katmanlı kireçtaşlarından oluşur (Şekil 4). Üçtepeler resif

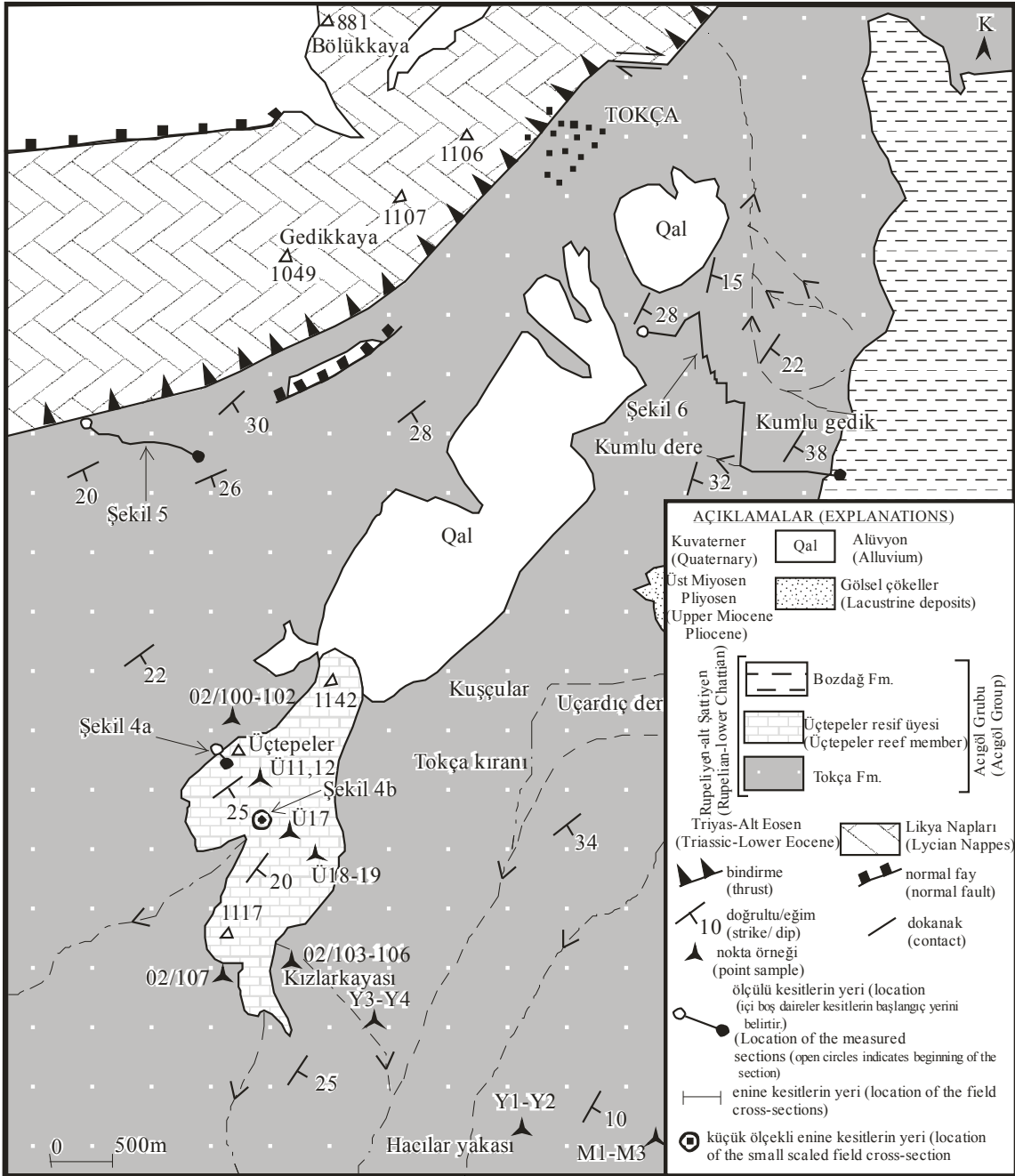
üyesinin altındaki ve üstündeki istifler birbirinden farklı özellikler sunmaktadır. Altta istif, çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı aralanmasından oluşur (Şekil 5) ve yer yer bitki kırıntıları gözlenmektedir. Yanısıra, çok ince santimetre ölçüğünde linyit düzeyleri de bulunur. Kumtaşları içerisinde çapraz tabakalanmalar ve yer yer hematitli bölümler gözlenir (Şekil 5). İstif içerisinde laminalı çamurtaşlarının varlığının yanısıra kumtaşlarında kanal dolguları tanımlanmıştır. Resif üzerindeki istifte ise, resifin altındaki istife göre gözlenen en önemli fark, hiç bir seviyesinde çakıltaşlarının bulunmamasıdır (Şekil 6). Tokça Formasyonu'nun 1350m kalınlığa ulaşan asıl bölümünü, resifin üstündeki

istif oluşur (Göktaş vd., 1989). İstif egemen olarak kumtaşı ve çamurtaşı aralanmasından oluşur. Üçtepeliler resif üyesinin hemen üzerinde ise, ekonomik olarak işletilen yaklaşık 1,5m kalınlığında linyit damarı bulunmaktadır. Kumtaşları, hematit konkresyonlu, büyük ölçekli çapraz katmanlı, kanal dolgulu ve üste doğru tane boyutunda kabalaşma ve incelmeler içerir (Şekil 6). Çamurtaşları ise yer yer biyoklastlı, gastropodlu, yaprak fosilli, irili ufaklı çok sayıda ince linyit seviyeleri de içerir (Şekil 6). Tokça Formasyonu, egemen olarak çakıltaşlarından oluşan Bozdağ Formasyonu tarafından örtülmektedir (Şekil 3).



Şekil 2. Çardak-Tokça havzasının basitleştirilmiş haritası (Göktaş vd. 1989'dan değiştirilerek). Lokasyon için şekil 1'e bakınız.

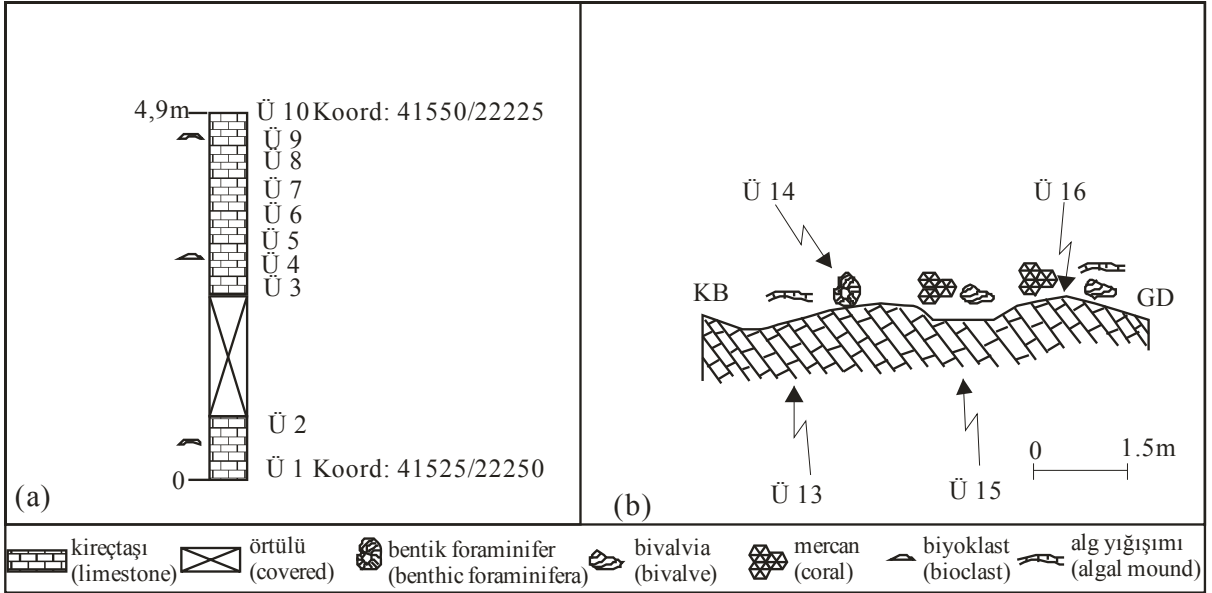
**Figure 2.** Simplified geological map of the Çardak-Tokça Basin (modified from Göktaş et al. 1989). See figure 1 for location.



**Şekil 3.** Tokça köyü çevresinin ayrıntılı jeoloji haritası. Lokasyon için şekil 2'ye bakınız. Ölçülü kesitlerin, enine kesitlerin ve nokta örneklerinin yerleri belirtilmiştir.

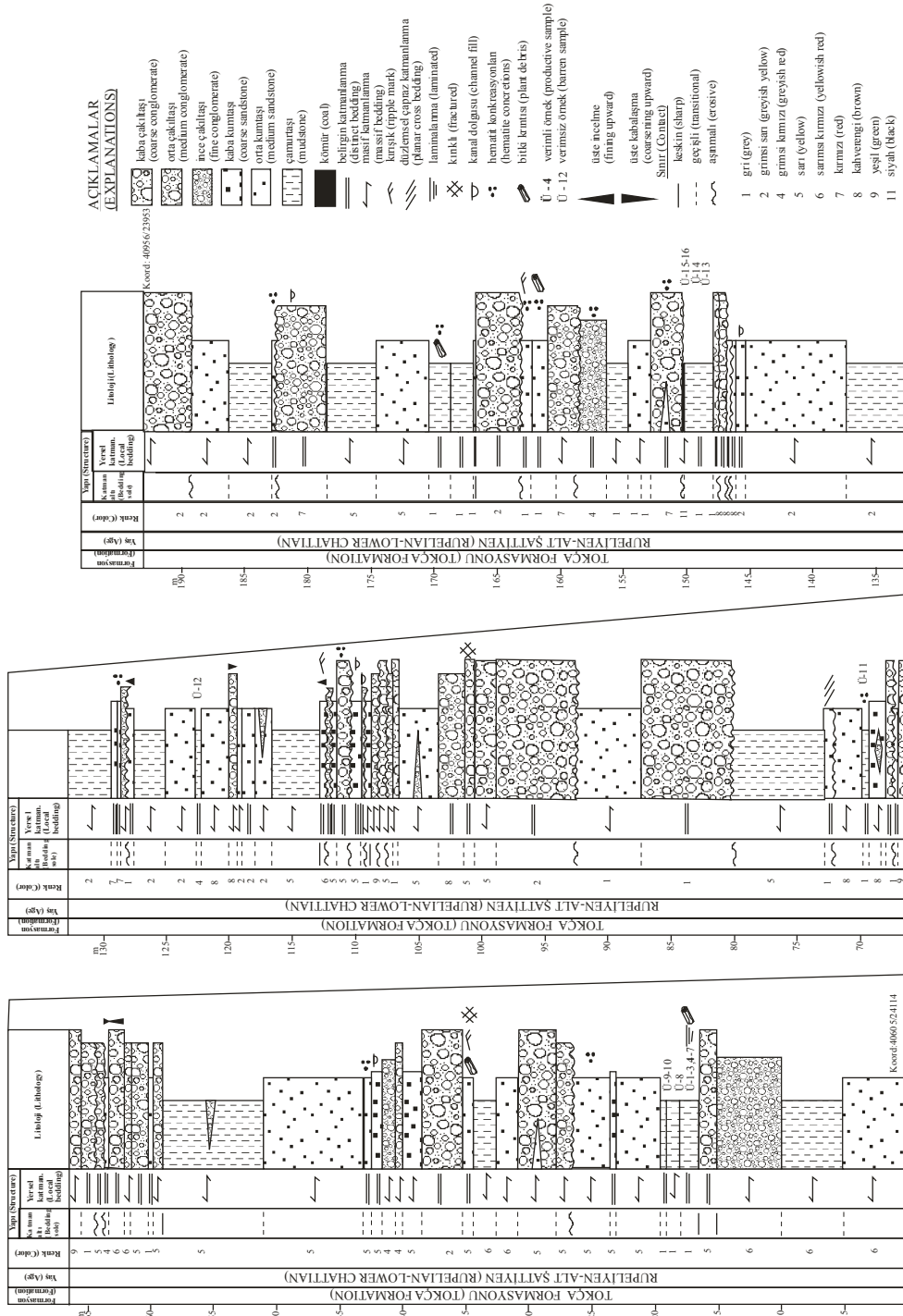
**Figure 3.** Detailed geological map of the surroundings of Tokça village. See figure 2 for location. Locations of measured sections, field cross-sections and point samples are indicated.





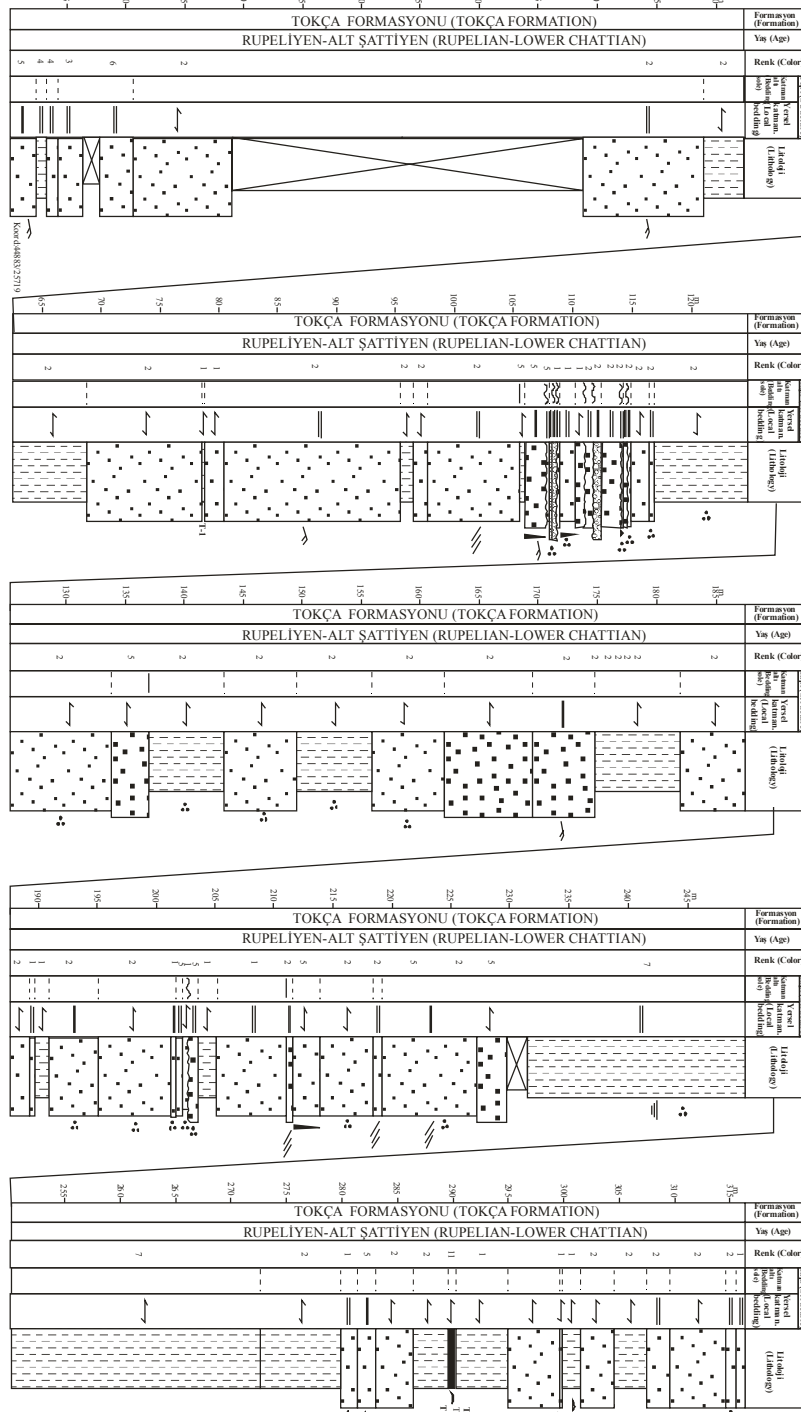
**Şekil 4.** (a) Üçtepeliler resif üyesinden ölçülü kesit, (b) Üçtepeliler resif üyesinden jeolojik enine kesit (Koordinatlar: 41850/21625). Şekil 4a'nın koordinatları belirtilmiştir. Lokasyon için şekil 3'e bakınız.

**Figure 4.** (a) Measured section from the Üçtepeliler reef member, (b) Geological-cross section from the Üçtepeliler reef member (Coordinates: 41850/21625). The coordinates of figure 4a are indicated. See figure 3 for location.



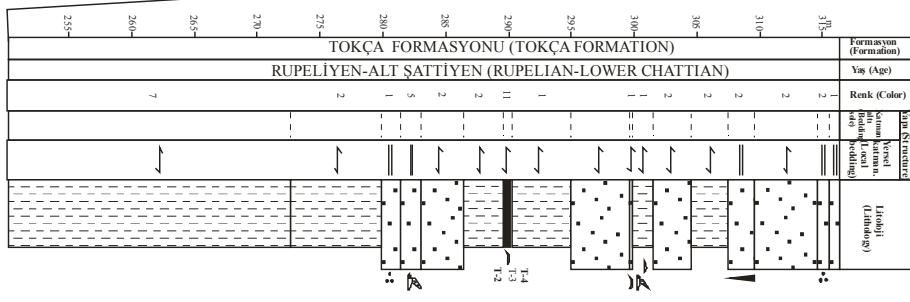
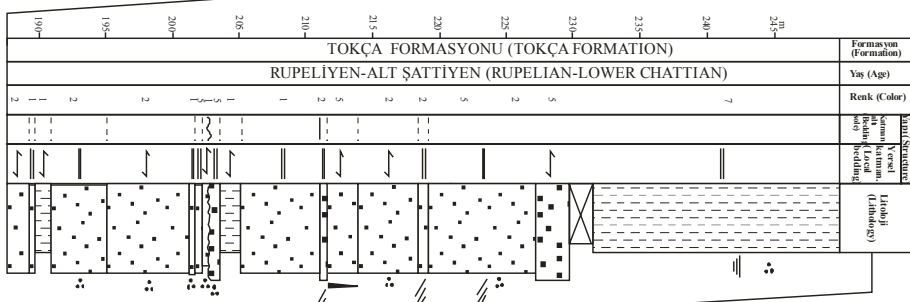
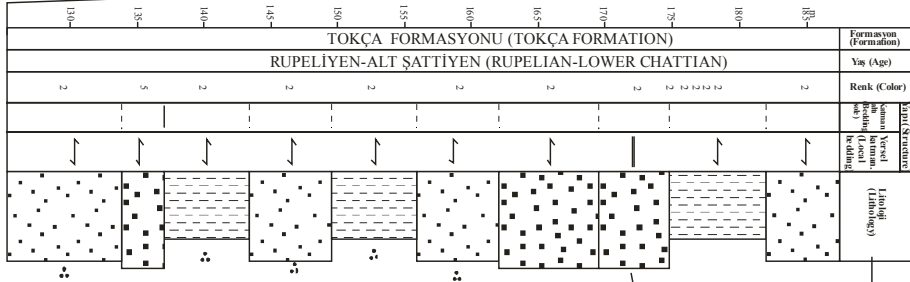
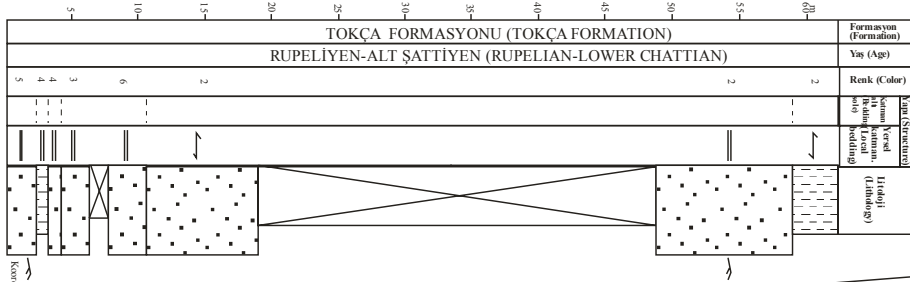
Şekil 5. Tokça köyü güneybatısında Üçtepeler resif üyesinin alt bölümünde bulunan Tokça Formasyonu'ndan alınan ölçülü kesit. Lokasyon için şekil 3'e bakınız.

Figure 5. Measured section taken from the Tokça Formation located on the lower part of the Üçtepeler reef member southwest of Tokça village. See figure 3 for location.

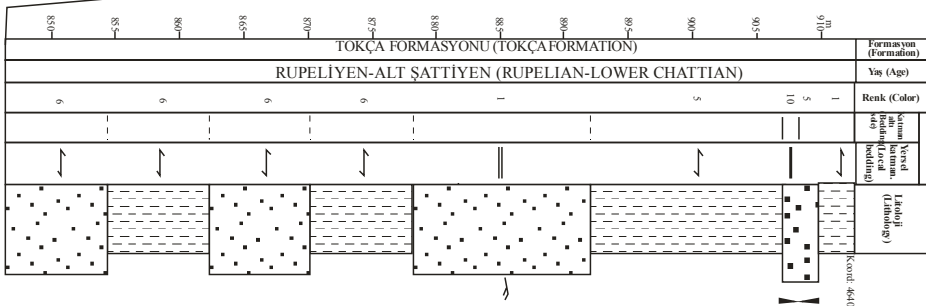
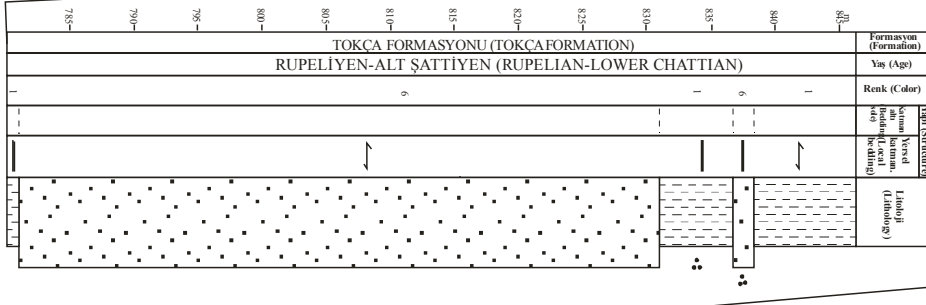
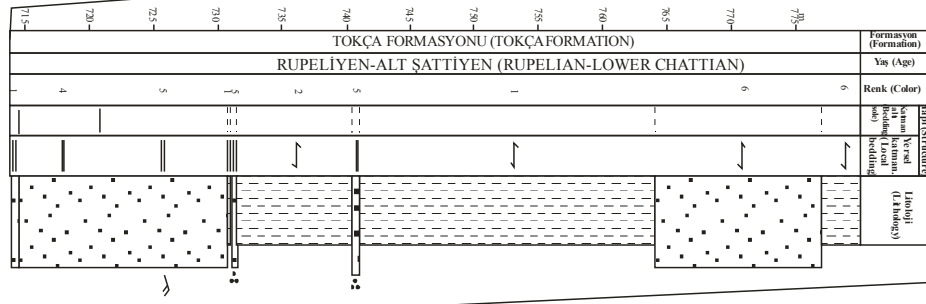
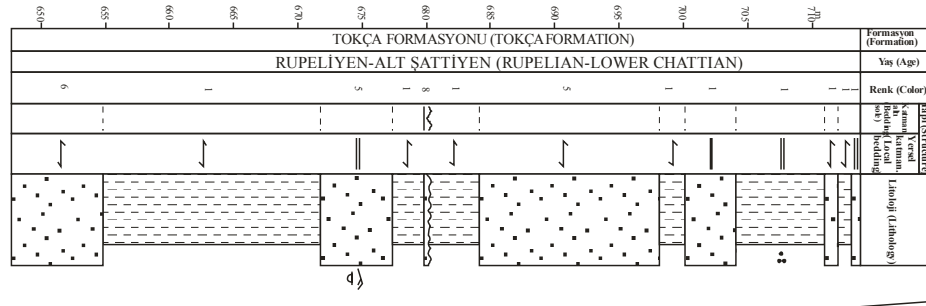


**Şekil 6.** Tokça köyü güneydoğusunda Üçtepelier resif üyesinin üst bölümünde bulunan Tokça Formasyonu'ndan alınan ölçülü kesit. Lokasyon için şekil 3'e bakınız.

**Figure 6.** Measured section taken from the Tokça Formation located on the upper part of the Üçtepelier reef member southeast of Tokça village. See figure 3 for location.



**Çivril doğusu'nda (Denizli) yüzlek veren Rupelîyen-erken Şattîyen (Oligosen) yaşlı Tokça Formasyonu'nun Paleokoşojisi: Sayısal iklimsel karşılaştırmalar**



**AÇIKLAMALAR**

- ▣ kaba kumtaş (coarse sandstone)
  - ▣ orta kumtaş (medium sandstone)
  - ▣ madeni kumtaş (metallic sandstone)
  - ▣ çamurtaş (mudstone)
  - ▣ kireltaş (limestone)
  - ▣ kırılma (fracture)
  - ▣ kırılma (covered) (covered fracture)
  - ▣ kırılma (ceci) (ceci fracture)
  - ▣ belirgin kumlanma (distinct bedding)
  - ▣ belirgin kumlanma (müstaki kumlanma) (distinct bedding (marginal bedding))
  - ▣ müstaki kumlanma (müstaki kumlanma) (marginal bedding (marginal bedding))
  - ▣ düzlemsel çapraz kumlanma (planar cross bedding)
  - ▣ kumlanma (laminated) (laminated)
  - ▣ kanal delişi (channel fill) (channel fill)
  - ▣ kareli ilahesonlu taş (granitic concretions) (granitic concretions)
  - ▣ karbonat nodülü (carbonate nodule) (carbonate nodule)
  - ▣ gastropod (gastropod)
  - ▣ biyoklast (bioclast)
  - ▣ biyoklast (granit dairesi) (bioclast (granite circle))
  - ▣ yaprak asitli (leaf fossil) (leaf fossil)
  - 0133 verimli örnek (productive sample) (productive sample)
  - 0133 verimsiz örnek (barren sample) (barren sample)
- İsteni inceleme (mining survey)
- ▴ istikbat (upward)
- ▾ istikbat (downward)
- ▬ Sırt Kambalı (crest)
- ▬ keskin (sharp)
- ▬ geçişli (transitional)
- ▬ aşınmalı (erose)
- 1 gri (grey)
  - 2 gimsi sarı (greyish yellow)
  - 3 gimsi yeşil (greyish green)
  - 4 gimsi kırmızı (greyish red)
  - 5 sarı (yellow)
  - 6 sarımsı kırmızı (yellowish red)
  - 7 kahverengi (brown)
  - 8 kahverengi (brown)
  - 10 krem (cream)
  - 11 siyah (black)

## Materyal

Bu çalışmada, Üçtepeler resif üyesinin altındaki istiftenden yaklaşık 195m toplam kalınlığa sahip ölçülü kesit alınmıştır (Şekil 5). Kesit hattı boyunca toplam 16 adet palinolojik amaçlı örnek derlenmiştir. Resifte iki küçük ölçekli kesit alınmış ve toplam 19 adet foraminifer içerikli örnek derlenmiştir. (Şekil 3, 4). Resifin üstündeki bölümden de toplam kalınlığı yaklaşık 915m civarında ölçülü kesit alınmıştır (Şekil 6). Kesit hattı boyunca toplam 21 adet palinolojik amaçlı örnek toplanmıştır.

## Örnek Hazırlama Yöntemi

Palinolojik inceleme için, örnekler öncelikle kurutulup öğütüldükten sonra yaklaşık 10 gr.'lık miktarlarda plastik kutular içerisine yerleştirilmiştir. Palinolojik örnek hazırlamadaki standart tekniklere göre: öncelikle HCl (Hidroklorik asit) ve HF (Hidroflorik asit) asit aşamasından geçirildikten sonra, organik materyali temizlemek için Schulze çözeltisi ( $\text{HNO}_3 + \text{KClO}_3$ ) ve KOH (Potasyum Hidroksit) kullanılmıştır. Mikroskop altında incelenebilecek hale gelen örnekler, şişeler içerisine alınmış ve 4-5 damla alkol ilave edilmiştir. Örneklerden fosil zenginliğine göre ortalama 1 ila 6 lam hazırlanmıştır. Her örnekten 98 ila 356 arasında birey sayılmıştır ve yüzdeleri istatistiksel bir program olan TILIA programına uygulanmıştır (Şekil 7). Foraminifer çalışmaları için

örneklerden ince kesitler hazırlanmıştır. Elde edilen foraminiferler Levha 1 ve 2 gösterilmektedir.

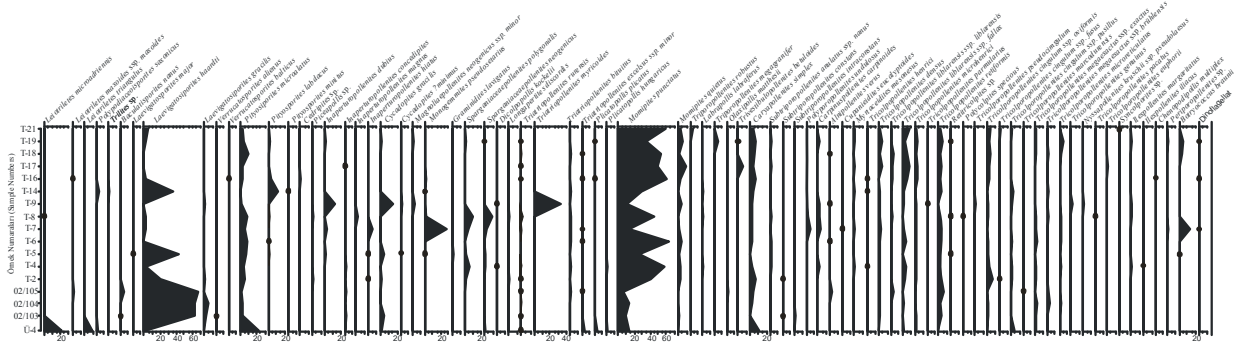
## Vejetasyon Tiplerini ve Paleoortamı Kurmak İçin Kullanılan Yöntem

İstatistiksel yöntemler, palinolojik verilere dayalı sonuçları tanımlama ve yorumlamada oldukça yararlıdır. Özellikle farklı yöntemler kullanılarak elde edilen sonuçlar araştırmacıları daha doğru sonuçlara götürmektedir. Elde edilen palinoflora, cluster analizine ve Multi Dimensional Scaling (MDS) yöntemleriyle değerlendirilmiştir (Şekil 9-11). Cluster analizi için, elde edilen palinofloradaki spor ve polenlerin botanik bağlılıkları kullanılmıştır. Botanik bağlılıklarına göre, bitkilerin yaşam ortamları ortaya tanımlanmıştır (alçak alan-ırmak kenarı; bataklık, tatlı su gibi). Yaşam ortamlarına göre gruplanan bitkilerin yüzde bollukları, örnek numaraları dikkate alınarak cluster analizine uygulanmıştır (Çizelge 1; Şekil 9). Sonuçta ekolojik yorumlamaların yapılabileceği diyagram elde edilmiştir. Cluster analizi uygulanırken ise Correlation matrix istatistiksel yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca, cluster analizi ile karşılaştırma yapabilmek için örnekler ve ekolojik gruplar da Multi Dimensional Scaling (MDS) analizinde değerlendirilmiştir (Şekil 10, 11).

## Çizelge 1. Tokça Formasyonu'ndaki ekolojik grupların ortalama yüzdeleri

**Table 1.** Average percentages of the ecological groups in the Tokça Formation.

| Ekolojik gruplar<br>(Ecological groups) | Bataklık- tatlısu<br>Swamp-freshwater) | Dağ<br>(Montane) | Alçak alan –<br>ırmak kenarı<br>(Lowland-<br>riparian) | Acı su (mangrov gerisi)<br>Brackishwater (Back<br>Mangrove) | Dinoflagellat<br>(Dinoflagellate) | Bilinmeyen<br>(Unknown) |
|---|--|------------------|--|---|-----------------------------------|-------------------------|
| Yüzdeler<br>(percentages)               | 25.784                                 | 14.95            | 53.93  | 0.06  | 0.07                              | 5.206                   |



**Şekil 7.** Tokça Formasyonu'nun ayrıntılı polen diyagramı.  
**Figure 7.** Detailed pollen diagram of the Tokça Formation.

## **Paleoklimsel Yorumlamalar İçin Kullanılan Yöntem**

Palaeoklimsel sonuçlar, Mosbrugger ve Utescher (1997) tarafından ortaya atılan Coexistence Approach yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Yöntem, Tersiyer bitki fosillerini kullanarak, bilgisayar programı yardımıyla sayısal iklimsel değerleri bulma temeline dayanmaktadır. Coexistence Approach yönteminin uygulaması, ClimStat adlı bilgisayar programı ve 3000den fazla Tersiyer 'de yaşamış olan bitkilerin yaşayan en yakın akrabaları ve bunların meteoroloji istasyonlarından elde edilmiş iklimsel değerleri sayesinde gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada elde edilen palinoflora 4 ayrı iklimsel parametre açısından değerlendirilmiştir. Bunlar “Yıllık Ortalama Sıcaklık”, “En Soğuk Ayın Yağış Miktarı”, “En Sıcak Ayın Yağış Miktarı” ve Yıllık Yağış Miktarı'dır. Coexistence Approach yönteminde, sağlıklı sonuç alabilmek için, floranın çok çeşitli olması gerekmektedir. Çünkü yöntemin temeli, floradaki bitkilerin hangisinin bol olduğundan çok, floranın ne kadar zengin bir çeşitlilik sunduğuna dayanmaktadır.

## **SONUÇLAR**

### **Palinolojik Veriler**

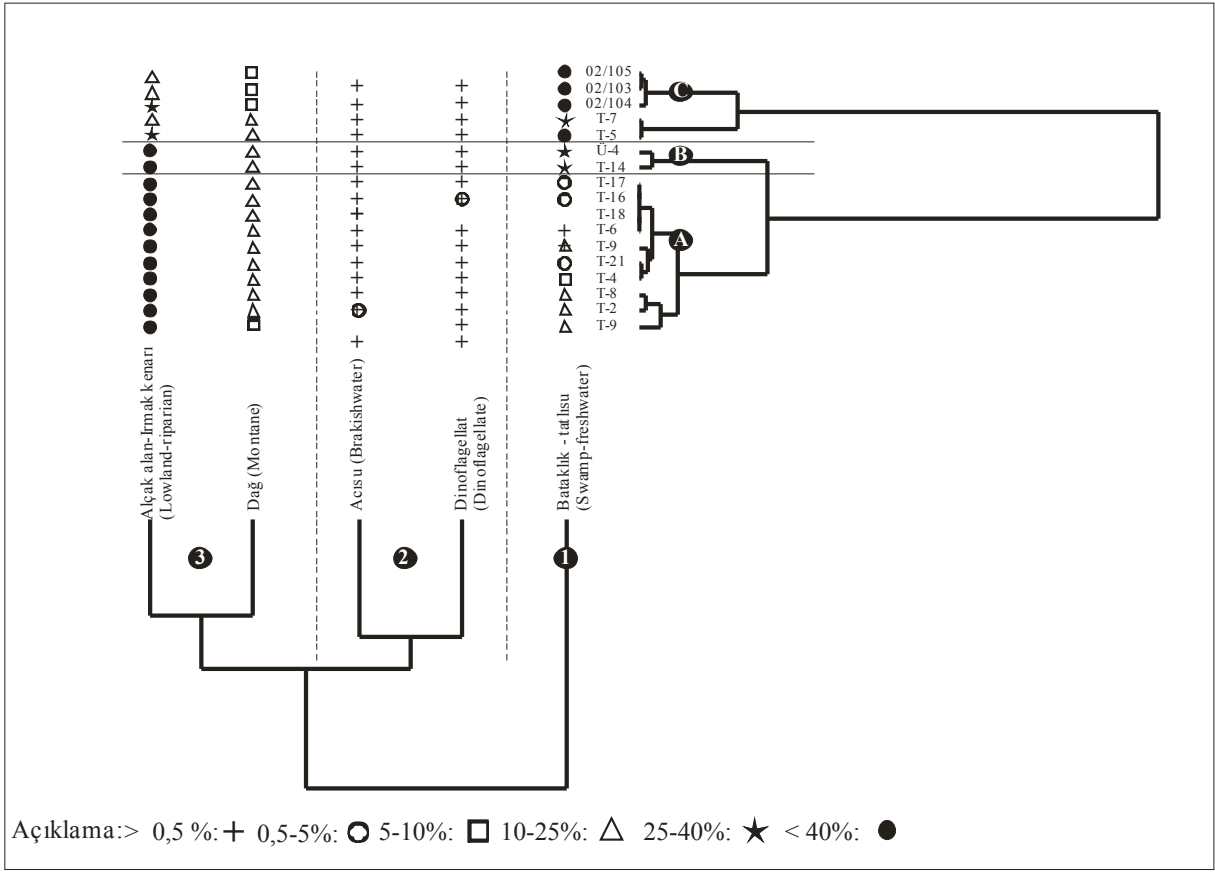
Tokça Formasyonu'ndan derlenen palinolojik örneklerden 17 tanesi palinolojik sayım için uygun bulunmuştur (Şekil 7). Üçtepeliler resif üyesinin üzerindeki ve altındaki istiftenden derlenen palinolojik amaçlı örneklerden sadece Ü-4 numaralı örnek, resif altındaki istiftenden elde edilmiştir (Şekil 5). Geri kalan 16 örnek ise resif üstündeki bölüme aittir. Palinolojik topluluk, *Laevigatosporites haardti*, *Pityosporites microalatus*, *Momipites punctatus*, *Caryapollenites simplex*, *Tricolpopollenites liblarensis* ssp. *fallax*, *Tricolpopollenites retiformis* ve *Tricolporopollenites cingulum* ssp. *oviformis* formlarının baskınlığı ile temsil edilmektedir (Şekil 7, 8). Spor çeşitliliği ve yüzdeleri genellikle düşüktür ve *Leiotriletes*, *Polypodiaceoisorites*, *Baculatisporites*, *Laevigatosporites* ve *Verrucatosporites* formlarının farklı türlerinden oluşmaktadır. Toplulukta, *Triatriopollenites rurensis*, *Triatriopollenites myricoides*, *Monogemmites*

|   |  | PALEOJEN (PALEOGENE)                                  |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      | SİSTEM (SYSTEM)              |      |      |      |       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---|--|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------------------------------|------|------|------|-------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|   |  | ALT - ÜST OLİGOSEN (LOWER-UPPER OLIGOCENE)            |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      | SERİ (SERIES)                |      |      |      |       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  | Rupelliyen - alt Şattiyen (Rupelian - lower Chattian) |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      | KAT (STAGE)                  |      |      |      |       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  | Tokça   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      | FORMASYON (FORMATION)        |      |      |      |       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  | Üçtepeler   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      | ÜYE (MEMBER)                 |      |      |      |       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  | ÇARDAK - TOKÇA HAVASI (ÇARDAK TOKÇA BASIN)            |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      | ORNEK (SAMPLE)               |      |      |      |       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      | PALINOMORFLAR (PALYNOMORPHS) |      |      |      |       |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Ölçeksiz (not to scale)                   |  | 0-1   | 0-2 | 0-3 | 0-4 | 0-5 | 0-6 | 0-7 | 0-8 | 0-9 | 0-10 | 0-11 | 0-12 | 0-13 | 0-14 | 0-15 | 0-16                         | 0-17 | 0-18 | 0-19 | 02/03 | 02/04   | T-1 | T-2 | T-3 | T-4 | T-5 | T-6 | T-7 | T-8 | T-9 | T-10 | T-11 | T-12 | T-13 | T-14 | T-15 | T-16 | T-17 | T-18 | T-19 | T-20 | T-21 |
| Bentik Foraminifer                        |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | Letariletes microdrennis  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Lepidocyclina cf. dilatata</i>         |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Letariletes maxoides</i> ssp. <i>maxoides</i>                |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Sphaerogypsina globulus</i>            |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Letariletes triangulus</i>                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Amphistegina</i> sp.                   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Polypodiaceosporites saxonicus</i>                           |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Anomalina</i> sp.                      |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Trilites</i> sp.   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Archaias</i> sp.                       |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Baculatisporites namus</i>                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Austroirillina</i> sp.                 |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Laevigatosporites major</i>                                  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Cyclocypeus</i> sp.                    |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Laevigatosporites hauridi</i>                                |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Discorbis</i> sp.                      |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Laevigatosporites gracilis</i>                               |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Gypsina</i> sp.                        |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Verrucatosporites alienus</i>                                |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Heterostegina</i> sp.                  |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Verrucatosporites balticus</i>                               |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Lepidocyclina (Nephrolepidina)</i> sp. |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Pityosporites microalatus</i>                                |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Lepidocyclina (Eulepidina)</i> sp.     |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Pityosporites labdacus</i>                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Lepidocyclina</i> sp.                  |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Pityosporites minutus</i>                                    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Miogypsinoidea</i> sp.                 |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Cedripites</i> sp.   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Mississippina</i> sp.                  |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Ficcapollenites</i> sp.                                      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Operculina</i> sp.                     |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Inaperturopollenites dubius</i>                              |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Pararotalia</i> sp.                    |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Inaperturopollenites concelcrites</i>                        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Peneroplis</i> sp.                     |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Inaperturopollenites magnum</i>                              |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Planobulina</i> sp.                    |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Inaperturopollenites hiatus</i>                              |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Pyrgo</i> sp.                          |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Cycadopites gracilis</i>                                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Quinqueloculina</i> sp.                |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Cycadopites ? minimus</i>                                    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Spiroclypeus</i> sp.                   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Magnoliaepollenites neogenicus</i> ssp. <i>minor</i>         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Textularia</i> sp.                     |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Monogeminites pseudostertarius</i>                           |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Gypsinidae</i>                         |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Graminidites laevigatus</i>                                  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Hauerinidae</i>                        |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Sparangiaepollenites polygonalis</i>                         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Lagenidae</i>                          |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Sparangiaepollenites sparganooides</i>                       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Nodosarinidae</i>                      |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Sparangiaepollenites neogenicus</i>                          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Peneroplidae</i>                       |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Dicolpopollis kockelii</i>                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Rotaliidae</i>                         |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Longaperites discordis</i>                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Soritiidae</i>                         |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Triatriopollenites rurensis</i>                              |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Textulariidae</i>                      |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Triatriopollenites myricoides</i>                            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>Victorelliidae</i>                     |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Triatriopollenites bituitus</i>                              |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Triatriopollenites excelus</i> ssp. <i>minor</i>             |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Plicatopollis plicatus</i>                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Plicatopollis hungaricus</i>                                 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Momipites punctatus</i>                                      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Momipites quietus</i>  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Tripoporopollenites robustus</i>                             |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Labrapollis labraferus</i>                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Tripoporopollenites megagrifer</i>                           |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Olaxipollis mathesii</i>                                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Trivestibulopollenites betuloides</i>                        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Caryapollenites simplex</i>                                  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Subtripoporopollenites anulatus</i> ssp. <i>namus</i>        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Subtripoporopollenites constans</i>                          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Celtipollenites intrastriatus</i>                            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Polyporopollenites undulosus</i>                             |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Carpinuspollenites carpinoides</i>                           |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Polyvestibulopollenites verus</i>                            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Cupanioidites eucalyptoides</i>                              |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Myrtacoidites mesonesus</i>                                  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Syncolporites</i> sp.  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Tricolporopollenites henrici</i>                             |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Tricolporopollenites densus</i>                              |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Tricolporopollenites liblarensis</i> ssp. <i>liblarensis</i> |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Tricolporopollenites liblarensis</i> ssp. <i>fallax</i>      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Tricolporopollenites microhenrici</i>                        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Tricolporopollenites parmaris</i>                            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Tricolporopollenites retiformis</i>                          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Retitricolpites</i> sp.                                      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Polycolpites speciosus</i>                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Tricolporopollenites pseudocingulum</i>                      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Tricolporopollenites cingulum</i> ssp. <i>oviformis</i>      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Tricolporopollenites cingulum</i> ssp. <i>fusus</i>          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Tricolporopollenites cingulum</i> ssp. <i>pusillus</i>       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Tricolporopollenites marcodurensis</i>                       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Tricolporopollenites megaexactus</i> ssp. <i>exactus</i>     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Tricolporopollenites megaexactus</i> ssp. <i>brüklensis</i>  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Tricolporopollenites microreticulatus</i>                    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Tricolporopollenites geminus</i>                             |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Tricolporopollenites kruschi</i> spp. <i>pseudolaesus</i>    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Tricolporopollenites pacatus</i>                             |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Tricolporopollenites euphorii</i>                            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Retitricolporites</i> sp.                                    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Ilexpollenites margaritatus</i>                              |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Ilexpollenites iliacus</i>                                   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Chenopodipollis multiplex</i>                                |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Peripoporopollenites</i> sp.                                 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | <i>Botryococcus braunii</i>                                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |  |   |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |                              |      |      |      |       | Dinoflagellat   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

Şekil 8. Tokça Formasyonu'nda palynomorflar ve bentik foraminiferlerin bulunuşu. Üçtepeler resif üyesindeki örnek yerleri için şekil 3 ve 4'e bakınız. Tokça Formasyonu'ndaki örnek yerleri için şekil 3, 5 ve 6'ya bakınız.

Figure 8. Occurrence of palynomorphs and benthic foraminifera in the Tokça Formation. See figures 3 and 4 for locations of the samples in the Üçtepeler reef member. See figures 3, 5 and 6 for locations of the palynological samples in the Tokça Formation.



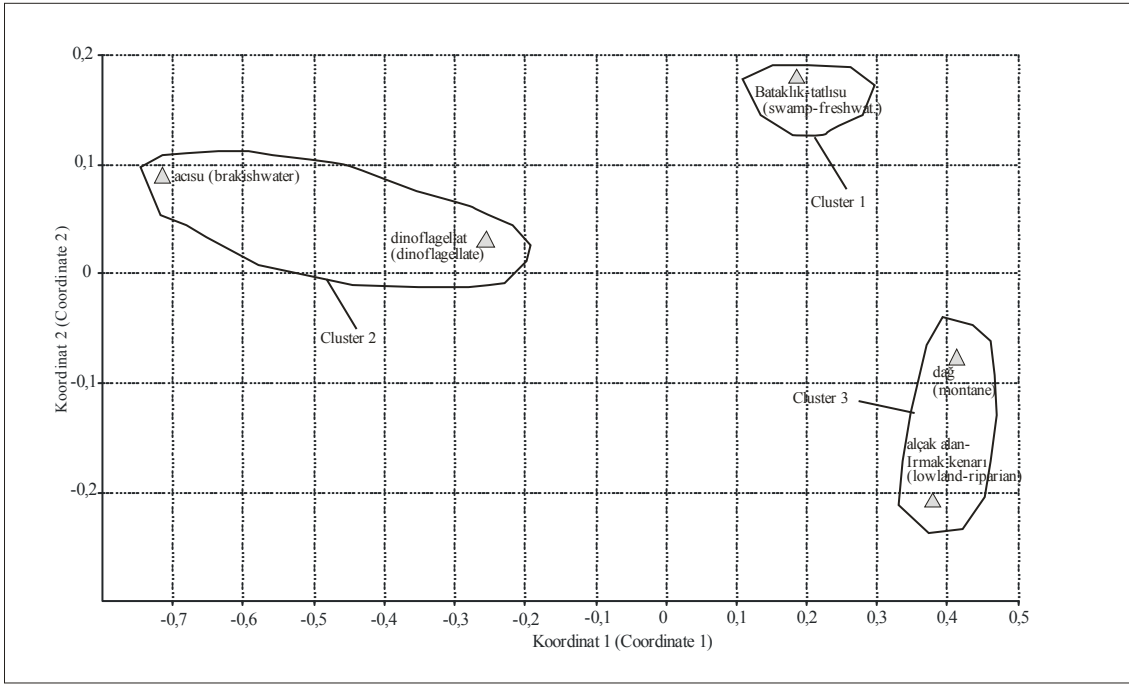


**Şekil 9.** Paleotopluluklar (altta) ve örneklerin (yanda), Correlation matrix kullanılarak UPGMA cluster analizindeki dendogramları. Örnek yerleri için şekil 3, 5 ve 6'ya, türlerin göreceli yüzdeleri için çizelge 1'e bakınız.

**Figure 9.** Dendrograms for UPGMA cluster analysis of palaeocommunities (bottom) and samples (side), using a Correlation matrix. See figures 3, 5 and 6 for the locations of the samples and table 1 for the relative percentages of species.

*pseudosetarius* ve *Trivestibulopollenites betuloides* gibi türler bazı örneklerde yüksek yüzdelerde gözlenirken diğer örneklerde hiç bulunmamaktadır (Şekil 7). Ayrıca, *Pityosporites labdacus*, *Magnoliaepollenites neogenicus* ssp. *minor* ve *Botryococcus braunii* gibi formlar istifin alt bölümlerinde gözlenmemesine karşılık, üste doğru düşük yüzdelerle temsil edilmektedir. Resifin altındaki Ü-4 numaralı örnekte ise, yüksek yüzdeli *Leiotriletes microadriennis*,

*Leiotriletes triangulus*, *Pityosporites microalatus*, *Caryapollenites simplex* ve *Tricolporopollenites cingulum* ssp. *oviformis* türleri yer almaktadır (Şekil 7). Ayrıca Erken Tersiyer'den kalıtsal olan *Triatriopollenites excelsus* ssp. *minor*, *Plicatopollis plicatus* ve *Plicatopollis hungaricus* formları yine Ü-4 numaralı örnekte bulunmaktadır. Örneklerde ayrıca, sığ denizel dinoflagellatlar da bulunmaktadır (Şekil 7, 8).



**Şekil 10.** Euclidean distance kullanılarak, çift boyutlu MDS'nin sonuçladığı, ekolojik grupların saçılım diyagramı. Yük değeri= 0.5096. Cluster analizinde tanımlanan gruplar, daire içine alınmış ekolojik gruplar olarak belirtilmektedir.

**Figure 10.** Scattergram of ecological groups ordination, from a two - dimensional MDS using Euclidean distance. Stress = 0.5096. Groups identified on the cluster analysis are indicated as circled ecological groups.

### Foraminifer Verileri

Üç tepeler resif üyesi çökellerinden derlenmiş Ü1-Ü19 seri örnek paketinin yaşı *Lepidocyclina* (*Eulepidina*) *dilatata* d'Archiac, *Miogypsinoides* sp. (İlkel formlar), *Austrotrillina* sp., *Cycloclypeus* sp. temel bentik foraminiferleri esas alınarak tortulaşmanın yaşı Geç Oligosen'in alt bölümleri olarak belirlenmiştir (Şekil 8). Ortam olarak yer yer sığlaşmaların görüldüğü (Hauerinid'li biyofasiyesler) ve *Lepidocyclina* ve *Heterostegina* topluluklarla temsil edilen resif önü biyofasiyesleri ve de yer yer görülen mercanlı biyofasiyesler ile de yama resifleri özelliğinde değerlendirilebilecek ortamsal göstergeler bulunmaktadır.

### Paleovejetasyon

Tokça Formasyonu'ndan elde edilen palinolojik topluluktaki türler, botanik bağlılıklarına göre gruplandırılmıştır (örn: Dağ elemanları; *Pityosprites microalatus*, *P. labdacus* ve *Cedripites* sp., Bataklık-tatlısu elemanları; Polypodiaceae, Osmundaceae, Taxodiaceae ve Chenopodiaceae). Elde edilen toplulukların göreceli yüzdeleri hesaplanmıştır (Çizelge 1). Buna göre toplulukta alçak alan-ırmak kenarı bitkilerin yüzdeleri en fazladır (~%54) (Çizelge 1). Toplulukta aynı zamanda bataklık-tatlısu ve dağ bitkileri de baskındır (Çizelge 1). Buna karşılık acısu elemanları ve sığ denizel dinoflagellatlar düşük yüzdelerde bulunmaktadır. Alçak alan - ırmak kenarı elemanları yüksek yüzdeli *Momipites punctatus* (~%78),

*Caryapollenites simplex* (%7) ve *Tricolporopollenites cingulum* (~%7) türlerinin baskınlığı ile temsil edilir (Şekil 7). Dağ bitkileri, yüksek yüzdeli *Pityosporites microalatus* (~%13) ve *Tricolporopollenites liblarensis* (~%4)'den oluşmaktadır. Buna karşılık bataklık-tatlısu bitkileri içinde en yüksek yüzdeli form *Laevigatosporites haardti* (37%) dir (Şekil 7).

Tokça Formasyonu'nun paleoortamını ortaya çıkarmak için, palinolojik örnekler ve yukarıda bahsedilen paleotoplulukların yüzdeleri (alçak alan-ırmak kenarı; bataklık tatlısu vb.) Cluster analiziyle değerlendirilmiştir (Şekil 9).

Paleotopluluk dendogramında, topluluk 1 bataklık-tatlısu elemanlarından oluşmaktadır (Şekil 9). Topluluk 2, acısu (mangrove gerisi ortam) ve denizel dinoflagellatlardan meydana gelir (Şekil 9). Topluluk 3 ise alçak alan- ırmak kenarı ve dağ bitkileriyle temsil edilmektedir.

Örnek dendogramında ise, cluster A'daki örnekler alçak alan-ırmak kenarı ve dağ bitkilerinin baskınlığı ve düşük yüzdeli denizel dinoflagellatlarla, bataklık-tatlısu elemanlarıyla tanımlanır (Şekil 9). Cluster A, paleotopluluk dendogramındaki topluluk 2'ye karşılık gelmektedir. Kötu korunmuş dinoflagellatların varlığı denizel ortamın yakınlığına işaret etmektedir (Şekil 9). Cluster B'de ise, bataklık-tatlı su ve alçak alan - ırmak kenarı bitkilerin baskınlığı ve düşük yüzdeli dağ bitkilerinin varlığı ile simgelenir. Cluster B ise paleotopluluktaki topluluk 1'e karşılık gelmektedir. Cluster B' deki bataklık-tatlısu bitkilerinin yüzdesi, cluster A'daki yüzdelerden daha fazladır (Şekil 9).

Ayrıca, örnekler ve paleotopluluklar, non-metric multidimensional scaling (MDS) adı verilen istatistiksel bir programla değerlendirilmiştir. (Şekil 10, 11). MDS' analizi

ile değerlendirilen paleotopluluklar (Şekil 10) ve örneklerde (Şekil 11), cluster analizinde tanımlanan grupların aynısı MDS analizinde de saptanmıştır.

MDS'ye uygulanan paleotopluluklarda, koordinat 1'in negatif bölümünde bulunan paleotopluluk, denize yakın koşulları belirten acısu elemanları ve dinoflagellatların varlığı ile tanımlanır. Bu da cluster analizindeki cluster 2'ye karşılık gelmektedir (Şekil 9, 10). Koordinat 1'in pozitif bölümünde bulunan topluluklar ise göreceli olarak karasal ortamı simgelemektedir. (Cluster 1 ve 3) (Şekil 10).

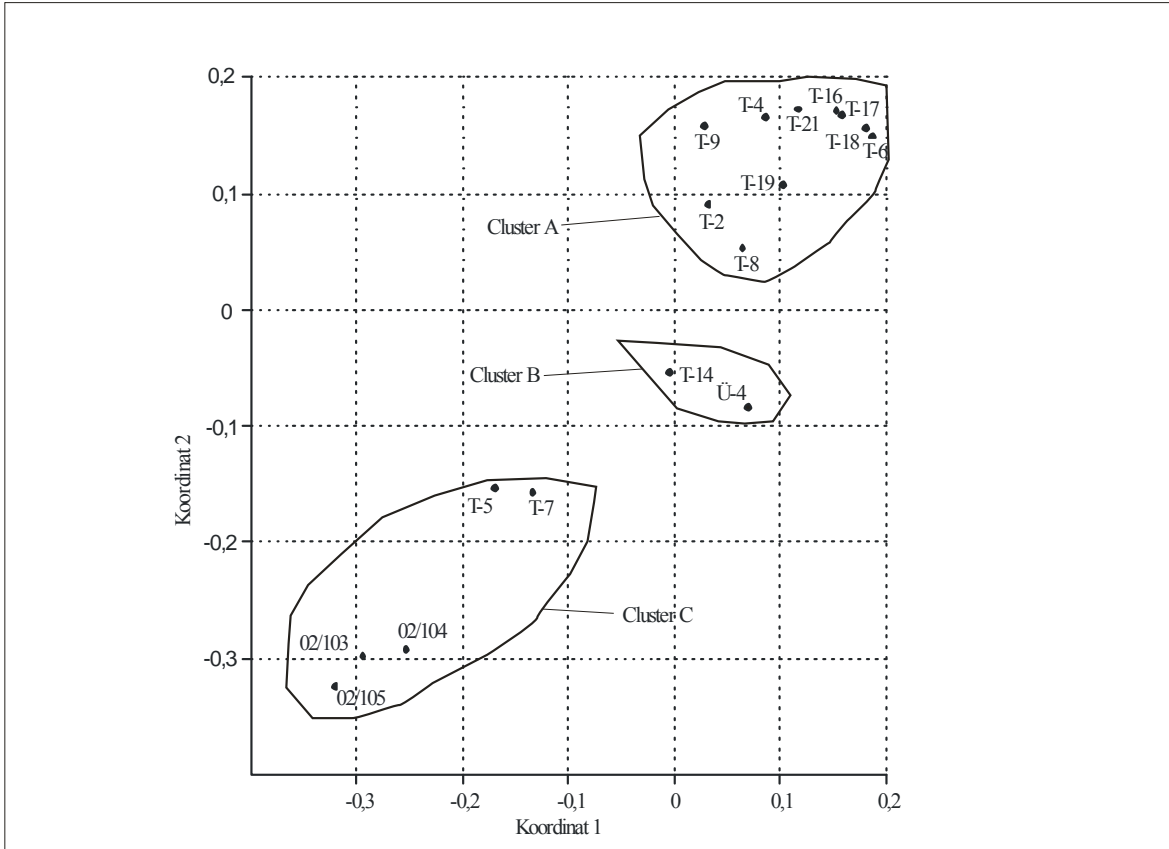
MDS'ye uygulanan örneklerde ise, yine cluster analizinden tanımlanan gruplar elde edilmiştir (Şekil 9, 11). Koordinat 2'nin pozitif bölümündeki örnekler denizel ortama daha yakın bir çökelmeyi yansıtırken (Cluster A), koordinat 2'nin negatif bölümündeki örnekler ise daha karasal koşulları belirtmektedir (Cluster C) (Şekil 11).

Elde edilen palinoflora, hem karasal hem de denizel flora içermesine rağmen, Tokça Formasyonu'nun çökelim sürecinin bir transgresyon ve /veya regresyon etkisinde gelişmiş olabileceğini söylemek için yeterli değildir.

Öneğin, T-2 örneği, resifin üzerindeki istifin alt bölümlerine karşılık gelmektedir, acısu elemanları içermektedir ve denize yakın koşullardaki tortulaşmayı simgelemektedir. Diğer taraftan, T-16 örneği, Tokça Formasyonu'nun en üst bölümlerine karşılık gelen örnektir ve denizel dinoflagellatlar içermektedir ve T-16 örneğinin çökeli mi süresince de denizel etkiden söz etmek olasıdır. Buna karşılık,

T-5 ve T-7 örnekleri, T-2 örneğinin üzerinde ve T-16 örneğinin altındadır ve denizel etkiyi gösteren palinomorf içermemektedir ve tamamıyla kara içindeki bir tortulaşmayı simgelemektedir. Bu değerlendirmelere dayanarak, tortulaşma süresince deniz düzeyinde salınımların gerçekleştiğini söylemek olasıdır.

Ayrıca, foraminifer ve palinolojik veriler bir bütün olarak değerlendirildiğinde, tüm istif boyunca denizel etkinin baskın olduğunu söyleyebiliriz. Ayrıca Üçtepeler resif üyesinin çökelişi süresince maksimum deniz seviyesine ulaşılmış olmalıdır. (Şekil 12).



**Şekil 11.** Euclidean distance kullanılarak, çift boyutlu MDS'nin sonuçladığı, örneklerin sınıfladığı saçılım diyagramı. Yük değeri= 0.005. Cluster analizinde tanımlanan gruplar, daire içine alınmış örnekler olarak belirtilmektedir.

**Figure 11.** Scattergram of samples ordination, from a two-dimensional MDS using Euclidean distance. Stress = 0.005. Groups identified on the cluster analysis are indicated as circled samples.

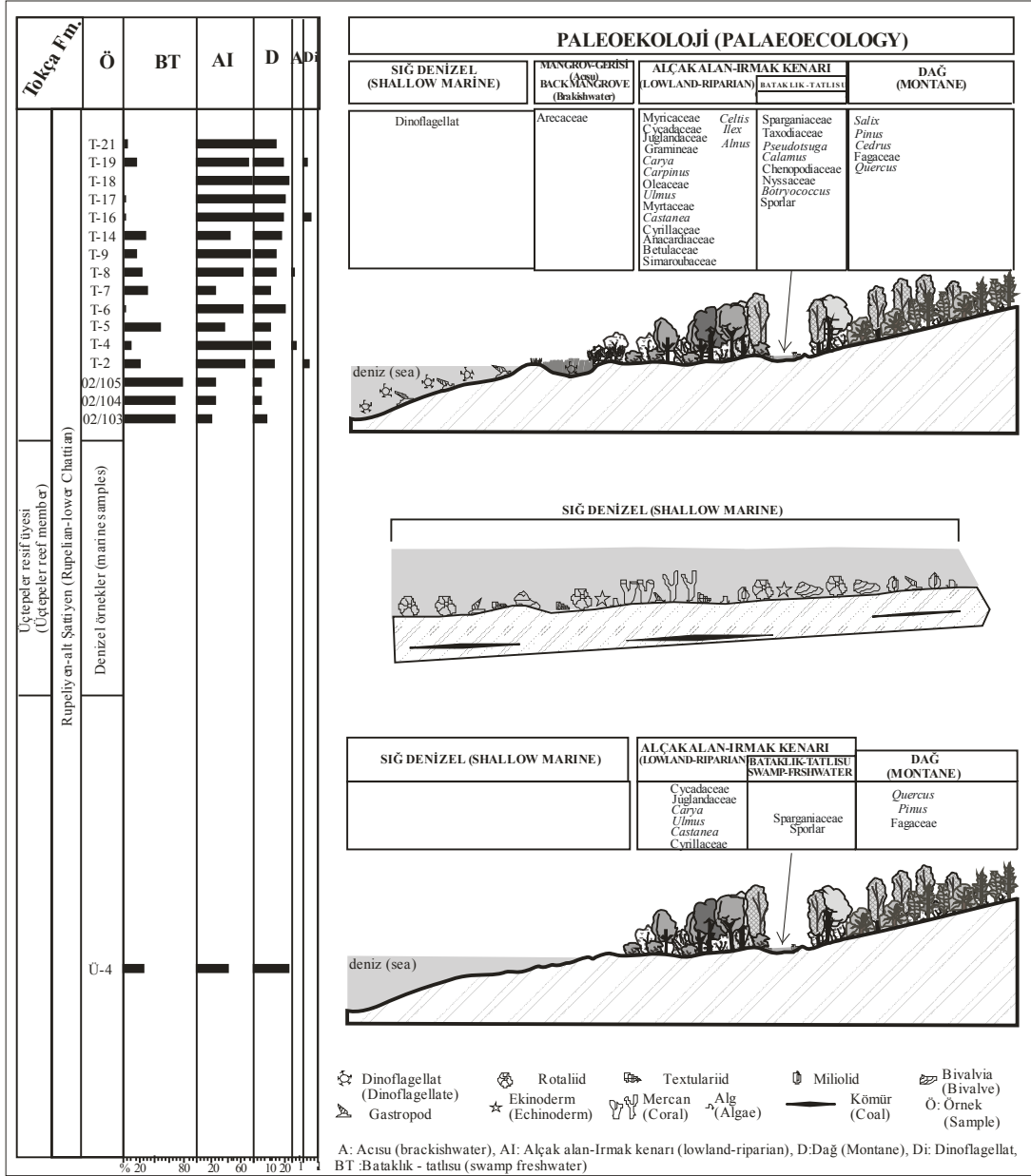
### Paleoiklim

Bu çalışmada elde edilen palinolojik topluluk ve Akkiraz ve Akgün (2005)'in palinolojik verileri

birlikte "Coexistence Approach" yönteminde değerlendirilmiştir. ClimStat programı sayısal iklimsel değerlerini elde etmek için 35 tür kullanmıştır (Şekil 13). Yıllık ortalama sıcaklık

değeri, 17.2 ve 17.4 °C arasındadır. En soğuk ayın sıcaklığı, 5.5 ve 8.3 °C arasındadır (Şekil 13). Yaz sıcaklığı ise ortalama 27.3 ve 27.9 °C arasında değişmektedir. Yıllık yağış miktarı, Tokça Formasyonu'nun çökeliş süresince yoğun

yağış altında olduğunu ve yağış değerlerinin 1217 ve 1355mm olduğunu göstermektedir. Elde edilen bu değerler yoğun yağış altındaki subtropikal iklim değerlerini yansıtmaktadır.



Şekil 12. Linyit içerikli Erken –“orta” Oligosen Tokça Formasyonu'nun eskiortamını yeniden canlandırması, Çardak–Tokça Havzası (Batı Anadolu).

Figure 12. Palaeoenvironmental reconstruction of lignite-bearing Early-“middle” Oligocene Tokça Formation, Çardak-Tokça Basin (Western Anatolia).

Tokça palinolojik topluluğunda, bir palmiye olan ve mangrove gerisi ortamı simgeleyen *Longaperties discordis* (Lepidocaryoidae)'in varlığı sıcak koşulları temsil etmektedir. Şekil 13'den de görülebileceği bu formun günümüzdeki en yakın akrabasının 20°C üzerindeki bir ısıda yaşadığı bilinmektedir. Bizim elde ettiğimiz yıllık ortalama sıcaklık değeri ise bu değer altındadır. Bu durumda, Lepidocaryoidae polenlerinin varlığı kıyı koşullarındaki ısının 20°C ve üzerine çıkabileceğini göstermektedir. Diğer yandan, *Pityosporites labdacus* (*Pinus sylvestris* tip) poleninin günümüzdeki en yakın akrabası 10°C ve altındaki sıcaklık değerlerinde yaşamaktadır (Şekil 13). Bu formun varlığı ise dağ ortamındaki koşullarda ısının düştüğünü göstermektedir.

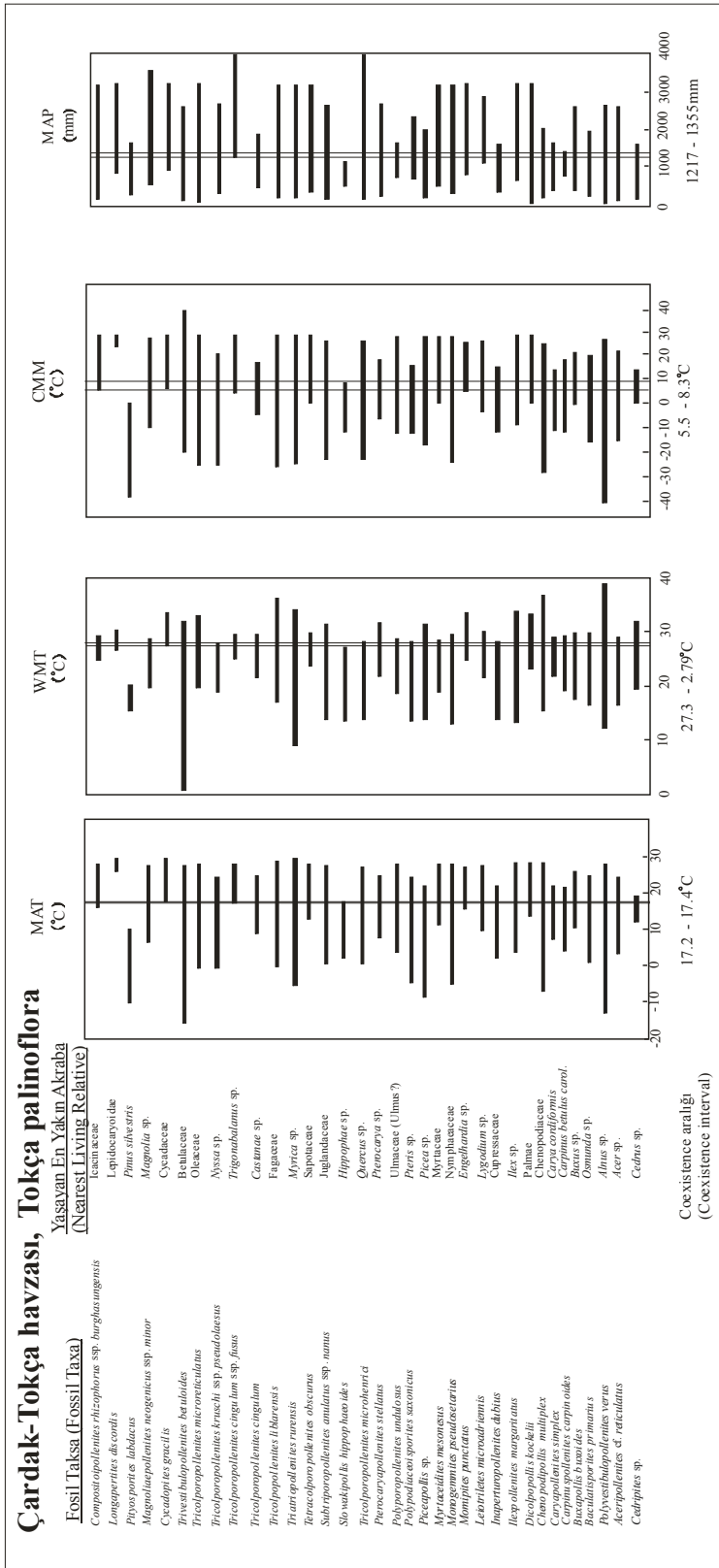
Sonuç olarak, elde edilen iklimsel değerler, kıyı koşullarından dağ ortamına ısı farklılığını yansıtıyor olmalıdır. Kıyı koşullarında Lepidocaryoidae'nin varlığı ile 20°C'nin üzerinde bir ortam, daha geri planda egemen 17.2 ve 17.4 °C ısı değerleri, ve dağ koşullarında ise daha soğuk koşullar hakim olmalıdır.

Tokça Formasyonu'ndan elde edilen palinofloraya ek olarak, Erken Oligosen yaşlı Türkiye'nin diğer alanlarında saptanan palinofloralar da bu çalışmada değerlendirilmiştir. Akyol (1971), İstanbul-Şile kömürlerinin ayrıntılı palinolojisini incelemiş ve Erken Oligosen yaşlı olduğunu belirtmiştir. Araştırmacı, Şile kömürlerinin palinoflorasında 30 adet form tanımlamıştır. İklimsel parametreleri elde etmede toplam 14 form kullanılmıştır (Şekil 14). Yıllık ortalama sıcaklık 13.6 ve 21.3 °C arasındadır. Kış sıcaklığının aralığı geniş olup 1.8 ve 13.1°C arasındadır, yaz sıcaklığı ise 23.6 ile 28.1°C arasındadır ve yıllık yağış miktarı ise 1122 ve 1520mm arasında değişmektedir. (Şekil 14).

Çankırı-Çorum havzasından incelenen mikroflora Osmanlı Formasyonu'ndan elde

edilmiş ve palinolojik bulgulara göre Erken Oligosen olarak yaşlandırılmıştır (Akgün, 2002). Batı ve Sancay (2007), Muş havzasının ayrıntılı paleontolojik özelliklerini incelemişlerdir. Muş havzasında, Ebulbahar ve Keleşdere kesitlerinin, palinomorf, kalkerli nannoplankton, planktonik ve bentonik foraminifer içeriklerini incelemişlerdir. Araştırmacılar Rupelien palinoflorasını tanımlamışlardır. Akgün (2002) ve Batı ve Sancay (2007)'nin tanımlamış oldukları Erken Oligosen palinofloraları da Coexistence Approach yöntemiyle değerlendirilmiştir. Ancak iklimsel parametreler geniş aralık verdiği için yorum yapılamamıştır.

Akkiraz vd. (2009), Isparta kuzeyinde yapmış oldukları çalışmada, Delikarkası ve İncesu formasyonlarının ayrıntılı palinolojik ve foraminifer içeriklerini ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar, inceledikleri birimlerin Alt Oligosen-Üst Oligosen'in altında çökeltiğini belirtmektedirler. İncesu palinoflorasında toplam 107 adet form tanımlamıştır. İklimsel parametreleri elde etmede toplam 34 form kullanılmıştır. Araştırmacılar, İncesu Formasyonu'nun çökeliminin yoğun yağış altında, subtropical koşullarda gerçekleştiğini belirtmektedirler. Elde edilen sayısal iklimsel sonuçlar yıllık ortalama sıcaklık değeri, 17.2 ve 17.4 °C, kış sıcaklığı, 9.6 ve 13.1°C, yaz sıcaklığı, 27.3 ve 28.1°C ve yıllık yağış miktarı ise 1217 ve 1355 mm arasında olduğunu belirtmektedirler (Çizelge 2). Ayrıca, Erken Oligosen süresince iklimsel değerler, Avrupa'daki yaşıt iklimsel sonuçlarla karşılaştırıldığında, Türkiye'den elde edilen sıcaklık değerlerinin ve yağış miktarlarının daha yüksek olduğu gözlenmektedir (Çizelge 2). Erken Oligosen süresince Türkiye'nin daha sıcak olmasının nedeni, günümüzde olduğu gibi, Türkiye'nin daha güney enlemlerde bulunmasından kaynaklanmış olabilir (Şekil 15).



**Şekil 13.** Çardak-Tokça havzasındaki Tokça florasının Coexistence Approach yöntemine uygulanması. Siyah kutular gereksinimlerini, düşey çizgiler coexistence aralığının genişliklerini sınırlar (MAT: Yıllık Ortalama Sıcaklık, CMT: En soğuk ayın sıcaklığı, WMT: En sıcak ayın sıcaklığı, MAP: Yıllık Yağış Miktarı).

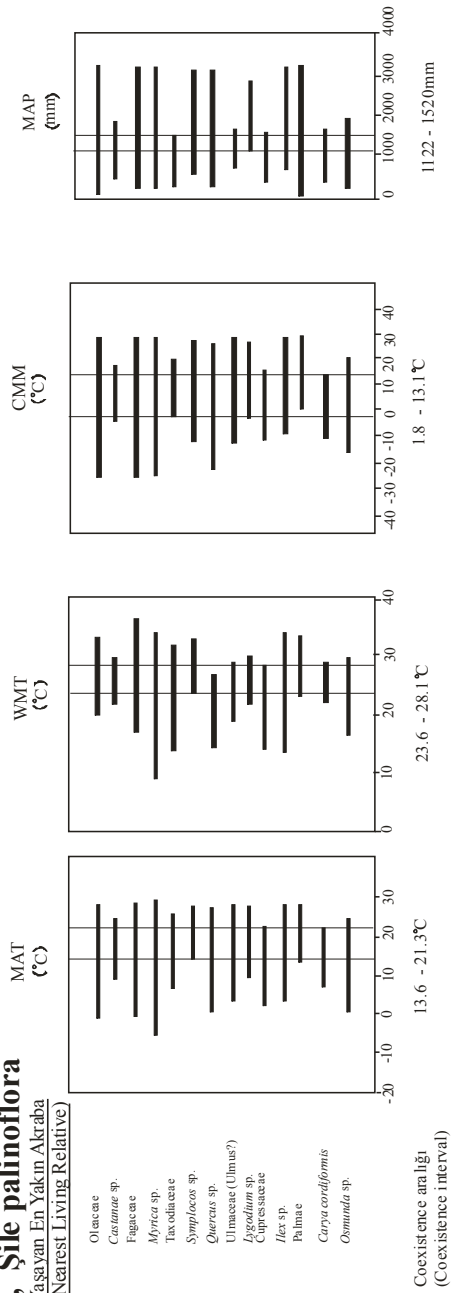
**Figure 13.** Application of the Coexistence Approach to the Tokça palynoflora in the Çardak-Tokça basin. The shaded boxes mark the climatic requirements of the taxa, the vertical lines delimit the widths of the coexistence intervals (MAT: mean annual temperature, CMT: mean temperature of the coldest month, WMT: mean temperature of warmest month, MAP: mean annual precipitation).

## İstanbul-Şile kömürleri, Şile palinoflora

Yaşayan En Yakın Akrabâ  
(Nearest Living Relative)

Fossil Taxa (Fossil Taxa)

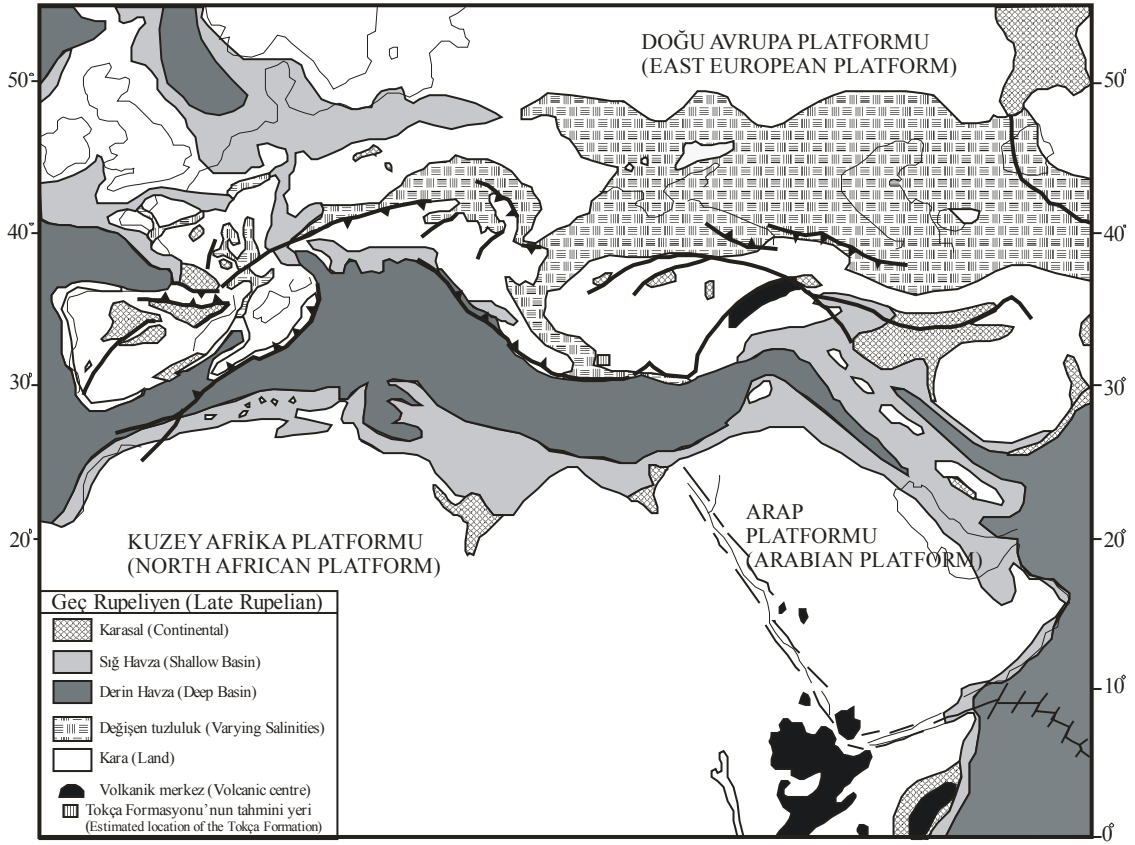
*Tricolporopollenites microreticulatus*  
*Tricolporopollenites cingulum*  
*Tricolporopollenites thibetensis*  
*Triangulopollenites rufus*  
*Inaperturopollenites dubius*  
*Poecolpo pollenites westbali*  
*Tricolporopollenites microhenrici*  
*Polypropolentites undulosus*  
*Leontitides microdactylus*  
*Inaperturopollenites dubius*  
*Acapollentites margaritatus*  
*Discolpoidites kocikii*  
*Caryapollenites simplex*  
*Baculatisporites primarius*



**Şekil 14.** İstanbul-Şile linyitlerinden elde edilen palinofloranın Coexistence Approach yöntemine uygulanması. Siyah kutular taksaların iklimsel gereksinimlerini, dikey çizgiler coexistence aralığının genişliklerini sınırlar (MAT: Yıllık Ortalama Sıcaklık, CMT: En soğuk ayın sıcaklığı, WMT: En sıcak ayın sıcaklığı, MAP: Yıllık Yağış Miktarı).

**Figure 14.** Application of the Coexistence Approach to palynoflora obtained from the İstanbul-Şile lignites. The shaded boxes mark the climatic requirements of the taxa, the vertical lines delimit the widths of the coexistence intervals (MAT: mean annual temperature, CMT: mean temperature of the coldest month, WMT: mean temperature of warmest month, MAP: mean annual precipitation).





**Şekil 15.** Karasal, sığ ve derin denizel havzaları gösteren Geç Rupelien için şematik paleocoğrafik harita (Meulenkamp ve Sissingh, 2003'den değiştirilerek). Kalın çizgiler fay zonlarını, içi dolu üçgenler sırasıyla bindirme ve okyanusal dalma batmayı temsil etmektedir.

**Figure 15.** Schematic palaeogeographic map for the late Rupelian, showing position of continental basins, shallow and deep marine basins and shallow and deep basins with salinities deviating from normal (modified from Meulenkamp et al., 2000; Meulenkamp & Sissingh, 2003). Heavy lines indicate important fault zones, filled triangles represent, respectively, thrusting and oceanic subduction.

**Çizelge 2.** Değerlendirilmiş floralar için hesaplanmış iklimsel parametrelerin coexistence aralıkları ve Avrupa'nın yaşıtlı havzalarından iklimsel sonuçlarla karşılaştırma

**Table 2.** Coexistence intervals of the calculated climatic parameters for the evaluated floras, and compared with climatic results from coeval basins in Europe.

|   | Taxa sayısı | MAT ( °C)   | CMT ( °C)  | WMT ( °C)   | MAP(mm)     |
|---|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| Çardak - Tokça Havzası, Tokça palinoflora (Bu çalışma)  | 42          | 17.2 - 17.4 | 7.7 - 8.3  | 27.3 - 27.8 | 1300 - 1322 |
| İncesu havzası, İncesu palinoflora (Akkiraz vd. 2009)   | 34          | 17.2 - 17.4 | 9.6 - 13.3 | 27.3 - 28.1 | 1217 - 1355 |
| İstanbul-Şile, (Akyol, 1971)                            | 14          | 13.2 - 21.3 | 1.8 - 13.1 | 23.6 - 28.1 | 1122 - 1520 |
| Mainz Havzası Bodenheim palinoflora (Pross et al. 2001) | 30          | 15.7 - 17.1 | 6.2 - 7.5  | 25.6 - 26.8 | 1096 - 1298 |
| Mainz Havzası Flörsheim megafflora (Pross et al. 2001)  | 8           | 15.6 - 18.8 | 7.1 - 10.2 | 25.7 - 28.1 | 1003 - 1250 |
| Sava Bölgesi, Novi Dol palinoflora (Pross et al. 2001)  | 16          | 15.7 - 17.2 | 6.2 - 7.0  | 22.8 - 26.8 | 975 - 1322  |
| Avusturya Molası, palinoflora (Hochuli, 1978)           | 20          | 15.7 - 17.1 | 6.2 - 7.5  | 25.8 - 26.8 | 1122 - 1322 |
| Weiselter Havzası, megafflora (Kunzmann, 1995)          | 13          | 15.9 - 17.4 | 7.4 - 12.3 | 25.7 - 26.8 | 1096 - 1198 |

## SONUÇLAR

Bu çalışmayla aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1) Çardak–Tokça havzası'nın Tokça Formasyonu karasal ve sığ denizel ortamda çökelmiş tortullardan oluşmaktadır. Zengin palinolojik verileri, kıyı koşullarından geri plandaki dağ ortamına kadar bitki çeşitliliğini ortaya koymaktadır. Paleovejetasyon baskın olarak alçak alan– ırmak kenarı bitkilerinin bolluğu ile temsil edilmektedir. Bunlara daha düşük yüzdeli bataklık, tatlısu ve dağ elemanları eşlik etmektedir. Ayrıca denizel etkinin varlığını yansıtan dinoflagellatlar da tanımlanmıştır.

2) Zengin foraminifer içeriği Üçtepeler resif üyesinden elde edilmiştir. *Lepidocyclina (Eulepidina) dilatata* d'Archiac, *Miogypsinoides* sp., *Austrotrillina* sp., *Cycloclypeus* sp. temel

bentik foraminiferleri, Geç Oligosen'in alt bölümlerini tanımlamaktadır. Haurinidli bölümler tortulaşma süresince sığlaşmalara işaret etmektedir. Ayrıca mercanlı biyofasiyeler yama resifleri özelliğindedir.

3) Tokça Formasyonu'nun çökelişi subtropikal iklim şartları altında, yıllık ortalama sıcaklık 17.2 ve 17.4 °C arasında, kış sıcaklığının, 5.5 ve 8.3 °C arasında olduğunu göstermektedir. En sıcak ayın sıcaklığı ortalama 27.3 ve 27.9 °C arasında değişmektedir. Yıl boyunca ortalama yağış miktarı ise 1122 ve 1520 mm arasındadır.

4) Paleovejetasyona paralel olarak, kıyı koşullarında sıcaklık değerleri *Lepidocaryoidae*'li ortamda 20°C'nin üzerindedir. Geri plandaki dağ ortamında ise sıcaklık değerleri *Pinus sylvestris*'li ortamda ise daha serin koşullar hakimdir.

5) Elde edilen iklimsel değerler, Türkiye'den elde edilen sıcaklık değerleri ile karşılaştırılabilecek niteliktedir. Ancak Avrupa'dan yaşıt iklimsel sonuçlarla karşılaştırıldığında, Türkiye'nin bulunduğu enlemler daha sıcak koşulları belirtmektedir.

### **EXTENDED SUMMARY**

*In southwest Turkey, the Oligo–Miocene basins can be ordered from west to east as the Kale–Tavas, Denizli, Çardak–Tokça, Burdur and İncesu basins. which have shallow marine and terrestrial deposits. To date, palaeontological and palaeoecological studies have mainly been focused on the Kale–Tavas and Denizli basins. The Oligocene sediments outcropping in the Çardak–Tokça Basin are called the Acıgöl group; this group includes five major formations from bottom to top, being the Armutalanı, Çardak, Hayrettin, Tokça and Bozdağ formations. The Oligocene sediments consists of ophiolite–derived conglomerates and mudstones at the base. Through the upper part, the sequence includes sandstone dominated lithologies with lenses of lignite and reefal limestones. A mudstone dominated succession, including several lenses of lignite and reefal carbonate, occurs in the upper part and grades to coarse–grained sediments at the top.*

*Since the Tokça Formation has both shallow marine and terrestrial deposits, it is easy to interpret the palaeoenvironment and palaeoecology at that time. Reefal limestone in the Tokça Formation is called the Üçtepelier reef member; it has rich larger foraminifera and corals. Lignite–bearing clastic sediments occur in both the lower part of the reef and the upper part of the reef. Palynological data has been obtained from these lignites, and is represented*

*by a high percentage of Laevigatosporites haardti, Pityosporites microalatus, Momipites punctatus, Caryapollenites simplex, Tricolpopollenites liblarensis ssp. fallax, Tricolpopollenites retiformis and Tricolporopollenites cingulum ssp. oviformis. Additionally, marine dinoflagellate cysts have also been described. According to the palaeoecological inferences of palynomorphs, the clastic parts of the Tokça Formation were deposited on a terrestrial environment under marine influence. The sea–level reached its maximum level during the deposition of the Üçtepelier reef member, since it has larger foraminifera that consist mainly of Lepidocyclina (Eulepidina) dilatata d'Archiac, Miogypsinoides sp. (primitive forms), Austrotrillina sp. and Cycloclypeus. From the palaeoenvironmental point of view, the presence of Lepidocyclina and Heterostegina in the assemblage indicates a forereef environment. Additionally, the existence of biofacies with corals determines the patch reef environment.*

*Spores and pollen are the most useful fossils in describing the Tertiary palaeoclimatic parameters. Especially, European researchers for many years have been trying to obtain climatic results on the basis of spore and pollen. In Turkey, up until now only restricted palaeoclimatic studies have been made. The Tokça Formation has also been evaluated as contributing to palaeoclimatic studies in Turkey. The calculated coexistence interval for the mean annual temperature ranges from 17.2 to 17.4 °C. The intervals for the winter and summer temperatures are determined as 5.5 to 8.3 °C and 27.3 to 27.9 °C, respectively. For the mean annual precipitation, a coexistence approach yields values that lie between 1122 and 1520 mm. The climatic results obtained are compared to*

*data derived from the application of the coexistence approach to other, already published, Turkish and central European floras of the same age. The climatic values obtained from different locations in Turkey are coherent with the climatic data from the Tokça Formation. On the other hand, the climatic values in Turkey are higher than European values; Turkey being located in lower latitudes should result in such higher temperatures.*

## **KATKI BELİRTME**

Bu çalışma, DEÜ-Bilimsel Araştırma Projeleri (02. KB.FEN.046) ve TÜBİTAK projesi (YDABAG-101Y133) kapsamında yürütülen çalışmalardan elde edilen bilgileri içermektedir. Araştırmacılar, DEÜ ve TÜBİTAK yetkililerine maddi katkılarından dolayı teşekkür eder. Yazarlar, arazi çalışmalarına katılan Aykut SAYGILI ve Ramazan SARI'ya teşekkür eder. Yazarlar, makaleye yapıcı eleştirilerle katkı sağlayan hakemler Prof. Dr. Nazire Özgen ERDEM ve Prof. Dr. Mehmet SAKINÇ'a teşekkür eder.

## LEVHA 1

(Tüm örnekler Üçtepeler resif üyesine aittir).

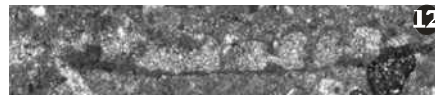
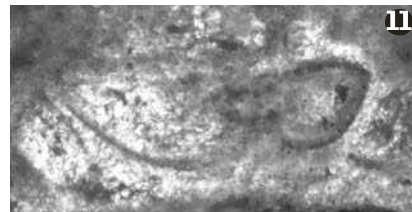
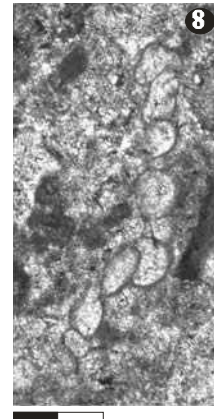
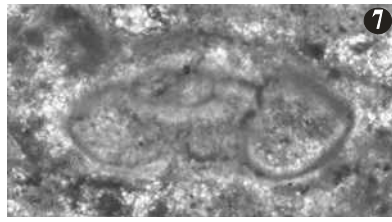
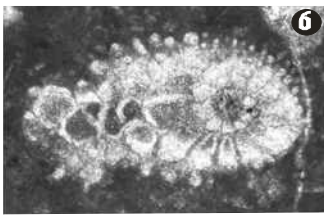
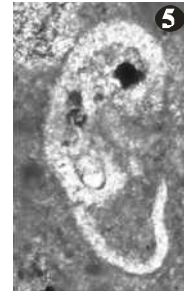
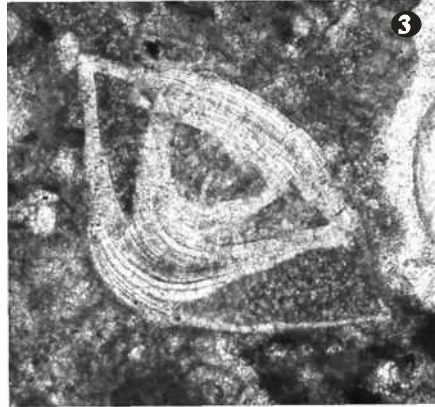
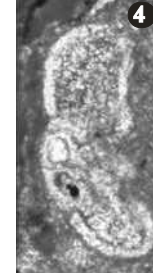
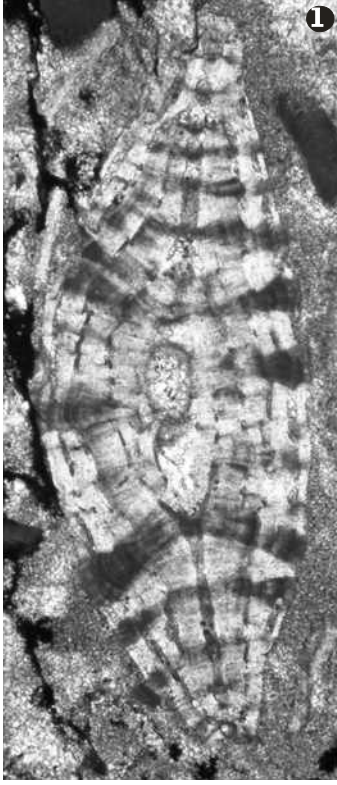
- Şekil 1. *Spiroclypeus* sp., örnek Ü-19  
Şekil 2-3. *Amphistegina* sp., örnek Ü-17  
Şekil 4-5. *Discorbis* sp., örnek Ü-16  
Şekil 6. *Miogypsinoides?* sp., örnek Ü-13  
Şekil 7. *Mississippina* sp., örnek Ü-6  
Şekil 8. *Planorbulina* sp., örnek Ü-4  
Şekil 9-10. *Archaias* sp., örnek Ü-18  
Şekil 11. *Anomalina* sp., örnek Ü-3  
Şekil 12. Nodosarinidae, örnek Ü-16

## PLATE 1

(All of the samples from Üçtepeler reef member).

- Figure 1. *Spiroclypeus* sp., sample Ü-19  
Figures 2- 3. *Amphistegina* sp., sample Ü-17  
Figures 4-5. *Discorbis* sp., sample Ü-16  
Figure 6. *Miogypsinoides?* sp., sample Ü-13  
Figure 7. *Mississippina* sp., sample Ü-6  
Figure 8. *Planorbulina* sp., sample Ü-4  
Figures 9-10. *Archaias* sp., sample Ü-18  
Figure 11. *Anomalina* sp., sample Ü-3  
Figure 12. Nodosarinidae, sample Ü-16

LEVHA 1- Akkiraz vd.



## LEVHA 2

(Tüm örnekler Üçtepeler resif üyesine aittir).

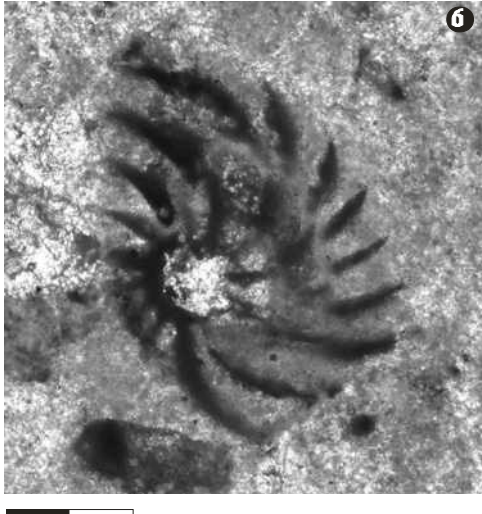
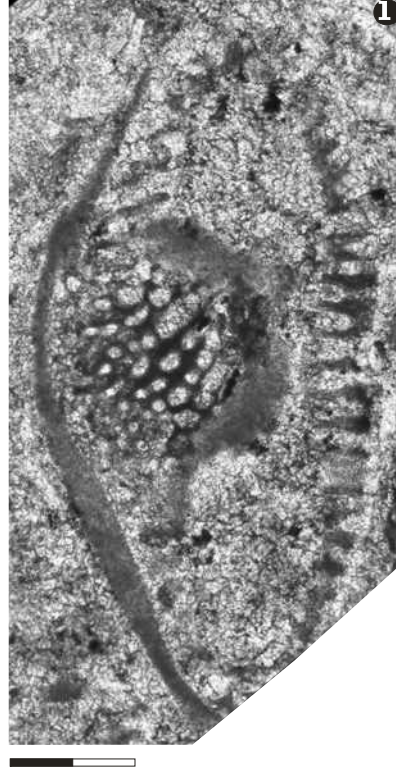
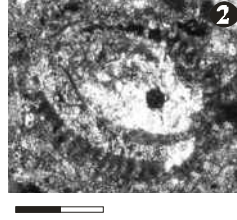
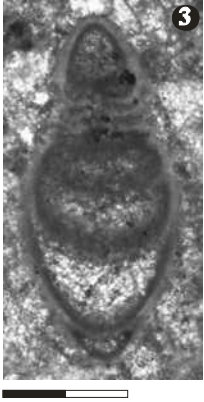
- Şekil 1-2. *Austrotrillina* sp., örnek Ü-17  
Şekil 3. Lagenidae, örnek Ü-17  
Şekil 4. Valvulinidae, örnek Ü-5  
Şekil 5. Hauerinidae, örnek Ü-18  
Şekil 6. Peneropliidae, örnek Ü-8  
Şekil 7. Dasycladacea, örnek Ü-15

## PLATE 2

(All of the samples from Üçtepeler reef member).

- Figures 1-2. *Austrotrillina* sp., sample Ü-17  
Figure 3. Lagenidae, sample Ü-17  
Figure. 4. Valvulinidae, sample Ü-5  
Figure 5. Hauerinidae, sample Ü-18  
Figure 6. Peneropliidae, sample Ü-8  
Figure 7. Dasycladacea, sample Ü-15

LEVHA 2- Akkiraz vd.





## DEĞİNİLEN BELGELER

- Akgün, F., 2002. Stratigraphic and paleoenvironmental significance of Eocene palynomorphs of the Çorum–Amasya area in the central Anatolia, Turkey. *Acta Palaeontologica Sinica*, 41, 576–591.
- Akgün, F. and Sözbilir, H., 2001, A palynostratigraphic approach to the SW Anatolian molasse basin: Kale-Tavas molasse and Denizli molasses, *Geodinamica Acta*, 14, 71–93.
- Akgün, F., Kaya, T., Forsten, A. and Atalay, Z., 2000. Biostratigraphic data (Mammalia and Palynology) from the Upper Miocene İncesu Formation at Düzyayla (Hafik Sivas, Central Anatolia). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 9, 57–67.
- Akgün, F., Kayseri, M. S. and Akkiraz, M. S., 2007. Palaeoclimatic evolution and vegetational changes during the Late Oligocene-Miocene period in Western and Central Anatolia (Turkey). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 253, 56–90.
- Akkiraz, M. S. and Akgün, F., 2005. Palynology and age of the Early Oligocene units in Çardak–Tokça basin, southwest Anatolia: paleoecological implications. *Geobios*, 38, 283–299.
- Akkiraz, M. S., Akgün, F., Örcen, S., Bruch, A. A. and Mosbrugger, V., 2006. Stratigraphic and Palaeoenvironmental Significance of Bartonian–Priabonian (Middle–Late Eocene) Microfossils from the Başçeşme Formation, Denizli Province, Western Anatolia. *Turkish Journal of Earth Science* 15, 155–180.
- Akkiraz, M. S., Akgün, F. and Örcen, S., 2009. Stratigraphic and palaeoenvironmental analysis of the Lower–“Middle” Oligocene units in the northern part of the Western Taurides (İncesu area, Isparta, Turkey) based on foraminifera and palynomorphs. *Journal of Asian Earth Sciences* (in press).
- Akyol, E., 1971. Microflore de l'Oligocene inférieur récoltée dans un sondage pres d'Avçıközü, Şile–İstanbul. *Pollen et Spores*, 13 (1), 117–133.
- Batı, Z. and Sancay, H., 2007. Palynostratigraphy of Rupelian sediments in the Muş Basin, Eastern Anatolia, Turkey. *Micropaleontology*, 53(4), 249–283.
- Benda, L., 1971. Grundzüge einer pollenanalytischen Gliederung des türkischen Jungtertiärs (Känozoikum und Braunkohle der türkei. 4.). *Beihefte zum Geologischen Jahrbuch* 113, 1–46.
- Göktaş, F., Çakmaköglü, A., Tarı, E., Sütçü, Y. F. ve Sarıkaya, H., 1989. Çivril–Çardak Arasının Jeolojisi [Geology of Çivril–Çardak Region]. *Mineral Research and Exploration Institute of Turkey (MTA) Report 8701*, 107p (unpublished).
- Gutnic, M., 1977. *Geologie du Taurus Pisidien au nord d'Isparta, Turquie. Principal resultats, extraits des notes de. M. Gutnic entre 1964 et 1971 par O. Monod, Université du Paris—sud Orsay*, p. 130
- Gürer, Ö. F. and Yılmaz, F., 2002. Geology of the Ören and surrounding regions, SW

- Turkey, *Turkish Journal of Earth Science*, 11, 2–18.
- Hakyemez, H. Y., 1989. Geology and Stratigraphy of the Cainozoic sedimentary rocks in the Kale–Kurbalık area. *Bulletin Mineral Research Exploration Institute*, 109, 9–21.
- Hochuli, P. A., 1978. Palynologische untersuchungen im Oligosen der zentralen und westlichen Paratethys. *Beiträge Paläontologie, Österreich*, 4, 1-132.
- Kayseri, M. S. and Akgün, F., 2008. Palynostratigraphic, Palaeovegetational and Palaeoclimatic Investigations on the Miocene Deposits in Central Anatolia (Çorum Region and Sivas Basin). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17, 361–403.
- Koçyiğit, A., 1984. Tectono–stratigraphic characteristics of Hoyran Lake region (Isparta Bend). In: Tekeli, O., Göncüoğlu C. (Eds.), *Geology of the Taurus belt. Proceedings International Symposium*, pp. 53–67.
- Kunzmann, L., 1995. Rekonstruktion einer tertiären Flußlandschaft. Geologische und makropaläobotanische Untersuchungen am paläogenen Zwickau-Altenburger Flußsystem im Weißelsterbecken, NW-Sachsen. *Mehoden, Möglichkeiten, Grenzen. Anhandlungen des Staatlichen Museums für Mineralogie und Geologie zu Dresden*, 41, 73–95.
- Meulenkamp, J. E., and Sissingh W., 2003. Tertiary palaeogeography and tectonostratigraphic evolution of the Northern and Southern Peri-Tethys platforms and the intermediate domains of the African-Eurasian convergent plate boundary zone. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 196, 209-228.
- Mosbrugger, V. and Utescher, T., 1997. The coexistence approach-a method for quantitative reconstructions of Tertiary terrestrial paleoclimate data using plant fossils. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 134, 61–86.
- Pross, J., Bruch, A.A., Mosbrugger, V. and Kvacek, Z., 2001. Paleogene pollen and spores as a tool for quantitative paleoclimate reconstructions: The Rupelian (Oligocene) of Central Europe. In: Goodman, D. K., and Clarke, R. T. (eds), *Proceedings of the IX international Palynological Congress, Houston, Texas, U.S.A., 1996; American Association of Stratigraphic Palynologists, Foundation*, 299–310.
- Sancay, R. H., Batı, Z., Işık, U., Kırıcı, S. and Akça N., 2006. Palynomorph, Foraminifera, and Calcareous Nanoplankton Biostratigraphy of Oligo–Miocene Sediments in the Muş basin, Eastern Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 15, 259–319.
- Sözbilir, H., 2002. Revised Stratigraphy and Facies Analysis of Palaeocene–Eocene Supra–allochthonous Sediments (Denizli, SW Turkey) and their Tectonic Significance. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 11, 87–112.

Sözbilir, H., 2005. Oligocene–Miocene extension in the Lycian orogen: evidence from the Lycian molasse basin, SW Turkey. *Geodinamica Acta*, 18, 255–282.

Yağmur, F., 1994. Isparta Kuzeyinde Yeralan Oligosen Yaşlı Molas Tipi Kırıntılı Tortulların Tektono–Sedimenter Özellikleri [Tectono–sedimentary characteristics of the molasse type clastic sediments (Oligocene) in the northern Isparta, Turkey]. Çukurova Üniversitesi, 15. Yıl sempozyumu, 241–252 (in Turkish with English abstract).

Yavuz–Işık, N., 2007. Pollen analysis of coal-bearing Miocene sedimentary rocks from

the Seyitömer Basin (Kütahya), Western Anatolia. *Geobios*, 40, 701–708.

Yavuz–Işık, N., 2008. Vegetational and climatic investigations in the Early Miocene lacustrine deposits of the Güvem Basin (Galatean Volcanic Province), NW Central Anatolia, Turkey. *Review of Paleobotany and Palynology*, 150, 130–139.

---

Makale Geliş Tarihi : 2 Aralık 2009

Kabul Tarihi : 21 Ocak 2010

Türkiye Jeoloji Bülteni'ne 2009 Yılında sunularak sonuçlandırılan makalelerin değerlendirilmesine Yazı İnceleme Kurulu dışında katkıda bulunanlar

*Followings are the names of the contributors in addition to the Editorial Board for the papers submitted to the Geological Bulletin of Turkey and evaluated in 2009*

AKGÜN Funda (İzmir, TÜRKİYE)  
AKYÜZ Serdar (İstanbul, TÜRKİYE)  
ALTUNEL Erhan (Eskişehir, TÜRKİYE)  
ÇELİK Mehmet (TÜRKİYE)  
ERGİNAL Evren (TÜRKİYE)  
İzver ÖZKAN (TÜRKİYE)  
KAPAN-YEŞİLYURT Sevinç (Çanakkale, TÜRKİYE)  
KARABIYIKOĞLU Mustafa (Van, TÜRKİYE)  
KÜLKÖYLÜOĞLU Okan (Bolu, TÜRKİYE)  
ÖZKAN-ALTINER Sevinç (Ankara, TÜRKİYE)  
SAYILI Sönmez (Ankara, TÜRKİYE)  
ŞİMŞEK Şakir (Ankara, TÜRKİYE)  
YAŞAR Doğan (TÜRKİYE)

# TÜRKİYE JEOLJİ BÜLTENİ

*Geological Bulletin of Turkey*

Nisan 2010 Cilt 53 Sayı 1  
April 2010 Volume 53 Number 1

## İÇİNDEKİLER CONTENTS

**Mine Sezgül KAYSERİ ve Funda AKGÜN**

**Türkiye'de Geç Burdigaliyen–Langiyen Periyodu ve Avrupa ile Paleortamsal ve Paleoklimsel Karşılaştırma: Muğla–Milas (Kultak) Geç Burdigaliyen–Langiyen Palinoflorası ve Paleoklimsel Özellikleri**

*The Late Burdigalian–Langhian Time Interval in Turkey and the Palaeoenvironment and Palaeoclimatic Implications and Correlation of Europe and Turkey: Late Burdigalian Langhian Palynofloras and Palaeoclimatic properties of the Muğla–Milas (Kultak).....1*

**İzzet HOŞGÖR and Yavuz OKAN**

**Bioerosion Structures on the *Crassostrea gryphoides* (Schlotheim, 1813) Shells from the Salyan Formation (Upper Burdigalian-Lower Langhian), K. Maraş, Southeastern Turkey.....45**

**Mehmet Serkan AKKIRAZ, Funda AKGÜN ve Sefer ÖRÇEN**

**Çivril doğusu'nda (Denizli) yüzlek veren Rupeliyen–erken Şattiyen (Oligosen) yaşlı Tokça Formasyonu'nun Paleokolojisi: Sayısal iklimsel karşılaştırmalar**

*Palaeoecology of the Rupelian–early Chattian (Oligocene) aged Tokça Formation outcropping east of Çivril (Denizli): Quantitative climatic correlations.....63*

### **Türkiye Jeoloji Bülteni makale dizin ve özleri:**

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

### ***Geological Bulletin of Turkey is indexed and abstracted in:***

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

#### **Yazışma Adresi**

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası  
PK. 464 Yenışehir, 06410 Ankara  
Tel: (312) 434 36 01  
Faks: (312) 434 23 88  
E-posta: jmo@jmo.org.tr  
URL: www.jmo.org.tr

#### **Correspondence Address**

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