# ATTI DEL MUSEO CIVICO DI STORIA NATURALE DI TRIESTE

Supplemento al VOL. 53 - 2006

TRIESTE 2008

# FOSSILI CRANIALI E MANDIBOLARI DI *URSUS* DA GROTTE DEL VENETO (ITALIA SETTENTRIONALE) NUOVE OSSERVAZIONI SUL QUADRO EVOLUTIVO DEGLI ORSI ITALIANI

3-12

#### SANTI GIUSEPPE<sup>1</sup> & ROSSI MARIO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pavia, Via Ferrata 1, I–27100 Pavia (Italia): gsanti@unipv.it
<sup>2</sup> Museo Civico di Storia Naturale – Lungadige di Porta Vittoria 9, I–37127 Verona (Italia): mario.rush@tiscali.it

Abstract – Cranial and mandibular fossils of *Ursus* from caves of the Veneto region (North Italy). New observations on the evolutionary frame of the Italian bears. Caves of the Veneto region (North Italy) the Grotta del Ceré and Covoli di Velo (Verona province), are rich in bear's fossils useful in the phyletic picture in particular. Considerations on a possible distinction of the two species (*deningeri/spelaeus*) and new morphological and morphometrical data mainly concerning the mandibular and dental ( $P_4 \in M_1$ ) remains, have been elaborated. The *Ursus* gr. *deningeri–spelaeus* from Grotta del Ceré should be Middle Pleistocene in age (proviously dated Upper Pleistocene), while fossils from Covoli di Velo are ascribed to the Late Pleistocene.

Key word: Ursus gr. deningeri-spelaeus, mandibles, dentition, phylogenetic degree, Pleistocene, Northern Italy

**Riassunto** – Sulla base di nuovi dati morfologici e morfometrici di resti di mandibole e denti ( $P_4 e M_1$ ) attribuiti ad *Ursus gr., deningeri–spelaeus* raccolti nella Grotta del Cerè e ai Covoli di Velo (Veneto, Italia Settentrionale), sono proposte nuove considerazioni sul livello filetico raggiunto da questi orsi in questa parte dell'Italia. I fossili di *U. deningeri* (unicamente dalla Grotta del Cerè) avrebbero un'età riferita al Pleistocene medio, mentre quelli dai Covoli di Velo, al Pleistocene superiore. Inoltre, è fatto cenno al problema sulla possibile distinzione delle due specie di orso delle caverne: *U. deningeri* Von Reichenau, 1906 e *U. spelaeus* Rosenmüller, 1794.

Parole chiave: Ursus gr. deningeri-spelaeus, mandibole, dentizione, grado filogenetico, Pleistocene, Italia Settentrionale

# 1. – Introduzione

Le grotte del Veneto (Italia Settentrionale) (Fig. 1) hanno fornito una notevole quantità di resti di orso delle caverne (*Ursus* gr. *deningeri–spelaeus*) che sembrano coprire l'intero cammino evolutivo di questo plantigrado, dalle forme più antiche (*U. deningeri* Von Reichenau, 1906) a quelle più moderne (*U. spelaeus* Rosenmüller, 1794).

Particolare interesse in questo senso rivestono le grotte del Cerè (Rossi, Santi, 2005) e dei Covoli di Velo (Zorzin et al., 2005) entrambe in provincia di Verona (Bon et al., 1991). Nella prima sono stati ritrovati diversi resti appartenenti alle tre specie tipiche del Quaternario europeo, *U. deningeri*, *U. spelaeus* ed *U. arctos* Linneo, 1758, mentre dalla seconda provengono abbondanti e ben conservati fossili di *U. spelaeus* del Pleistocene superiore, appartenenti quindi alle forme più evolute di questa specie. I reperti consentono di poter approfondire il quadro evolutivo disegnato dagli orsi "italiani".

#### 2. – Ursus deningeri Von Reichenau, 1906 (Fig. 2)

A questa specie appartengono pochi resti mandibolari, alcuni denti isolati, tre crani, di cui uno fortemente deformato in corrispondenza delle orbite in seguito ai processi post mortem e diversi carpali e tarsali, quest'ultimi ancora in studio.



Fig. 1 – Posizione geografica delle principali grotte distribuite nel Veneto.
 Fig. 1 – Geographical position of the main caves located in the Veneto region (North Italy).

Tutto il materiale proviene dalla Grotta del Cerè.

Le mandibole sono caratterizzate da dimensioni molto piccole (Fig. 3), corrispondenti a quelle di esemplari medio–grandi di orso bruno. Rispetto alle forme "antiche" di questa specie (*sensu* Torres, 1988b), dal punto di vista morfologico questi reperti presentano però un maggior innalzamento del condilo e del processo angolare e soprattutto un bordo posteriore del ramo ascendente retto e non concavo, caratteri questi indicati da Torres (1988b) come tipici delle forme "moderne", vicine alla transizione *U. deningeri–U. spelaeus*.

La dentizione denota caratteri primitivi, particolarmente in  $P_4$  ed in  $M_1$ . Il premolare è caratterizzato, infatti, dalla presenza del solo protoconide e di due cuspidi accessorie, appena accennate, una in corrispondenza del vertice anteriore della corona e la seconda (presente non i tutti i fossili) a ridosso del protoconide. Complessivamente i denti presentano notevoli somiglianze con quelli provenienti dalla Grotte de Fées ed appartenenti ad *U. deningeri* (Ballesio et al., 2003). Facendo riferimento ai morfotipi di Rabeder (1999), i reperti esaminati corrispondono al morfotipo B1.

Il primo molare inferiore è caratterizzato da un'accentuata convergenza delle cuspidi, condizione questa tipica delle forme più primitive, ed un entoconide che



**Fig. 2** – *Ursus deningeri* Von Reichenau, 1906. Grotta del Cerè (Verona). **A.** Cranio (Campione V 161), norma laterale sinistra, **B.** Mandibola destra (Campione V 4886), norma labiale. Entrambi i fossili sono custoditi presso il Museo Civico di Storia Naturale di Verona. Le parti contrassegnate con i numeri sono quelle che meglio identificano la specie. Per spiegazioni vedi testo.

**Fig. 2** – *Ursus deningeri* Von Reichenau, 1906. Grotta del Cerè (Verona). **A.** Skull (Specimen V 161), left lateral view, **B.** Right mandible (Specimen V 4886), labial view. Both fossils are stored into Museo Civico di Storia Naturale in Verona. Numbers sign the mandible parts useful for a identification of the species. Main explications in the text.

mostra una cuspide principale preceduta da due cuspidi di dimensioni decrescenti, morfotipo considerato proprio della specie *U. deningeri* (Shütt, 1968; Bishop, 1982; Torres, 1988a; Argant, 1991, 1995; Grandal d'Anglade, López González, 2004).

Dal punto di vista morfometrico (Figg. 4–5), i reperti rientrano completamente  $(P_4)$  o parzialmente  $(M_1)$  nel range tipico della specie, evidenziando complessivamente taglie medio–piccole. Nel caso del primo molare, la cui attribuzione è resa sicura dai caratteri morfologici presenti, il fatto che le dimensioni evidenziate dal grafico siano inferiori al range tipico di *U. deningeri* è molto probabilmente dovuto all'insufficienza di dati disponibili relativi ad altri depositi.



**Fig. 3** – Relazione fra la "Lunghezza della fila dentaria" e l'"Altezza della mandibola fra  $M_2$  ed  $M_3$ " (in mm) in orsi dalla Grotta del Cerè, Covoli di Velo e da grotte straniere. **Fig. 3** – "Lenght of dental row" versus "Height of the mandible between  $M_2$  and  $M_3$ " (in mm) in bears from Grotta del Cerè, Covoli di Velo and different foreigner caves also.



**Fig. 4** – Relazione fra la "Lunghezza assoluta di  $P_4$ " e la "Larghezza assoluta di  $P_4$ "(in mm) in orsi dalla Grotta del Cerè, Covoli di Velo e da grotte straniere.

**Fig. 4** – "Absolute lenght of  $P_4$ " versus "Absolute breadth of  $P_4$ " (in mm) in bears from Grotta del Cerè, Covoli di Velo and different foreigner caves also.



Fig. 5 – Relazione fra la "Lunghezza assoluta di  $M_1$ " e la "Larghezza assoluta di  $M_1$ " (in mm) in orsi dalla Grotta del Cerè, Covoli di Velo e da grotte straniere.

**Fig. 5** – "Aboslute lenght of  $M_1$ " versus "Absolute breadth of  $M_1$ " (in mm) in bears from Grotta del Cerè, Covoli di Velo and different foreigner caves also.

# 3. – Ursus spelaeus Rosenmüller, 1794 (Fig. 6)

I resti relativi a questa specie provenienti dalla Grotta del Cerè hanno dimensioni piccole (Fig. 3), ma soprattutto presentano dentizioni con caratteri di arcaicità. L'unico quarto premolare, infatti, ha solo due cuspidi accessorie, seppure ben sviluppate, corrispondente al morfotipo C1 *sensu* Rabeder (1999). Il primo molare inferiore è caratterizzato da una convergenza delle cuspidi maggiore di quella che identifica i reperti provenienti dai giacimenti più recenti (Grandal d'Anglade, López González, 2004).

Le mandibole provenienti dai Covoli di Velo presentano dimensioni (Fig. 3) e caratteri morfologici tipici delle forme più evolute. La dentizione, ancora in studio, fornisce invece, ad una prima analisi, elementi più contraddittori. Il quarto premolare, infatti, non presenta una particolare complicazione della superficie dentaria, simile a quella visibile nelle forme più evolute (Rabeder, 1999), mentre il primo molare ha una superficie triturante decisamente complessa ed un grado di convergenza delle cuspidi paragonabile a quella tipica delle forme più recenti (Grandal d'Anglade, López González, 2004).

#### 4. – Discussione e conclusioni

I fossili provenienti dalla Grotta del Cerè e dai Covoli di Velo sembrano rappresentare l'intera linea evolutiva dell'orso delle caverne: dalla prima, infatti,



**Fig. 6** – Ursus spelaeus Rosenmüller, 1794. Covoli di Velo (Verona). **A.** Cranio (Campione V 9894), norma laterale destra, **B.** Mandibola sinistra (Campione 14.56928), norma linguale. Entrambi i fossili sono custoditi presso il Museo Civico di Storia Naturale di Verona.

**Fig. 6** – *Ursus spelaeus* Rosenmüller, 1794. Covoli di Velo (Verona). **A.** Skull (Specimen V 9894), right lateral view, **B.** Left mandible (Specimen 14.56928), lingual view. Both fossils are stored into Museo Civico di Storia Naturale in Verona.

provengono resti appartenenti alla specie *U. deningeri* e alla specie *U. spelaeus*; dalla seconda solo reperti con caratteri morfologici e morfometrici tipici delle forme speleine più evolute.

Una conferma in tal senso è fornita in particolare dai caratteri morfologici e morfometrici di  $P_4$  e di  $M_1$ . Il confronto con materiale proveniente da altre grotte sembra confermare ulteriormente questo dato, suggerendo una prima datazione

per i reperti più antichi della Grotta del Cerè al Pleistocene medio e confermando quella già proposta da Zorzin et al. (2005) per i resti provenienti dai Covoli di Velo (Pleistocene superiore). Infine, anche i dati relativi all'associazione faunistica di queste grotte sembrano concordare con questa ipotesi.

La Grotta del Cerè ha ridato anche scarsi resti appartenenti alla specie *U. arctos* Linneo, 1758, che sicuramente occupò la grotta successivamente all'estinzione di *U. spelaeus*.

Lo studio dei reperti provenienti dalle due grotte consente di evidenziare i seguenti aspetti:

- i fossili appartenenti alla specie U. deningeri sono caratterizzati da dimensioni complessive medio-piccole, corrispondenti al limite dimensionale inferiore del range evidenziato da questa specie, da caratteri morfologici di P<sub>4</sub> ed un grado di convergenza di M<sub>1</sub> corrispondenti a quelli riscontrati per i giacimenti del Pleistocene medio;
- 2. i resti appartenenti alla specie *U. spelaeus* provenienti dalla Grotta del Cerè sono caratterizzati da dimensioni medio–piccole e da caratteri morfologici dentali che riflettono una certa arcaicità;
- 3. i reperti appartenenti alla specie *U. spelaeus* provenienti dai Covoli di Velo presentano dimensioni medio–grandi e caratteri morfologici evoluti, ma elementi morfodinamici con alcuni componenti di arcaicità.

La presenza all'interno del giacimento di Cerè anche della specie *U. arctos* e i caratteri in parte arcaici riscontrati nei reperti appartenenti alla specie *U. spelaeus* può essere spiegata in due modi:

- i reperti non sono rappresentativi di tutti gli orizzonti stratigrafici ed è quindi possibile che siano presenti all'interno del giacimento anche fossili speloidi con caratteri più evoluti;
- i reperti sono indicativi di tutti gli orizzonti stratigrafici ed è quindi possibile ipotizzare che *U. spelaeus* di Cerè mantenga caratteri di arcaicità anche nelle forme di fine Pleistocene, analogamente a quanto evidenziato da Baryshnikov (2006) per le popolazioni caucasiche.

Se fosse vera la seconda ipotesi si potrebbe pensare a due possibili cause:

- la transizione U. deningeri–U. spelaeus avvenne più tardi rispetto ad altri settori europei. Già Grandal d'Anglade e López–González (2004) avevano evidenziato come la transizione fra queste due specie avvenga effettivamente indipendentemente nelle differenti aree.
- Dopo una prima fase di evoluzione rapida, la popolazione rimane almeno parzialmente isolata, andando incontro ad una evoluzione parallela caratterizzata dal mantenimento di alcuni caratteri arcaici.

La conservazione di alcuni caratteri arcaici sembra d'altronde confermata dai reperti provenienti da Velo e potrebbe quindi rappresentare una tendenza tipica delle popolazioni di questo settore alpino.

Questi elementi ed il fatto che la presenza di *U. deningeri* sia stata riscontrata nella sola Grotta del Cerè suggeriscono la possibilità che questa popolazione rappresenti un ceppo iniziale da cui sarebbero derivate ed evolute la popolazione di Velo ma

non solo (per esempio anche quella di Veja) (Stoppini et al., 2005). In questo senso sarebbe interessante effettuare alcuni studi sul mtDNA di queste popolazioni, anche se le prime indagini su quelle austriache sembrano indicare un sostanziale isolamento anche fra gruppi relativamente vicini (Hofreiter et al., 2004; Hofreiter, 2006).

Lo studio dei reperti provenienti da queste due grotte ha infine consentito l'individuazione di alcuni caratteri, sia morfologici, sia morfometrici, distintivi delle specie U. deningeri e U. spelaeus e di inserire questi dati nel quadro delle discussioni relative alla validità e all'opportunità di mantenere distinte queste due specie. Il passaggio U. deningeri – U. spelaeus avvenne gradualmente ed indipendentemente nelle diverse aree europee e in via generale non può essere stabilito cronologicamente per i differenti settori europei (Grandal d'Anglade, López Gonzáles, 2004). La separazione delle due specie è difficile da verificare con chiarezza (Grandal d'Anglade, López Gonzáles, 2004 cum bibl.): la possibilità, quindi, che esse rappresentino in realtà non due taxa distinti ma la prima e l'ultima forma della stesso taxon è reale ed è d'altronde, già stata avanzata da più autori anche in passato (Kurtén, 1976; Andrews, Turner, 1992; Mazza, Rustioni, 1994; Vila Taboada, Grandal d'Anglade, 2001) e rappresenta ancora oggi un problema aperto e probabilmente di non facile soluzione (Argant, 2006; Baryshnikov, 2006; Kerstin, 2006). Le principali differenze, relativamente ai fossili studiati, si riscontrano nella branca ascendente (in U. deningeri presenta una minor elevazione del condilo e del processo angolare rispetto ad U. spelaeus), e nelle dimensioni (in U. deningeri, rispetto a U. spelaeus si ha una minor robustezza della branca orizzontale, sia verticalmente, sia orizzontalmente; una minore altezza relativa del condilo; ed infine una minor larghezza relativa di P<sub>4</sub>). Nel complesso i dati forniti dai fossili studiati sembrano confermare il passaggio graduale fra le due forme ed avvalorare l'ipotesi secondo cui sarebbe più corretto parlare di un unico taxon, come suggerito chiaramente da Mazza, Rustioni (1994) e Vila Taboada, Grandal d'Anglade (2001). Recenti studi sul mtDNA hanno d'altronde portato alcuni autori ad escludere la specie U. deningeri quale antenato di U. spelaeus, considerandolo piuttosto come un "sister group" dello stesso (Orlando et al., 2000) a dimostrazione di quanto la questione sia ancora lontana dall'essere risolta. Nuovi studi su un maggior numero di reperti, potranno in futuro fornire ulteriori dati per la risoluzione del problema.

Lavoro consegnato il 19.01.2007

#### RINGRAZIAMENTI

Gli autori sono profondamente riconoscenti al Dr. Zorzin R. (Verona) per l'aiuto fornito nello studio dei reperti, al Prof. Sardella R. (Roma) e ad un anonimo revisore per gli utili consigli che hanno migliorato il testo. La ricerca è stata compiuta con fondi FAR.

#### BIBLIOGRAFIA

- ANDREWS P., TURNER A., 1992 Life and death of the Westbury bears. Annales Geologici Fennici. 28: 139– 149.
- ARGANT A., 1991 Carnivore quaternaire de Bourgogne. Documents des Laboratoires de Géologie. 115 : 84– 147.
- ARGANT A., 1995 Un essai de biochronologie a partir de l'evolution dentaire de l'ours des cavernes: datation du site de la Balme a Collomb (Entremont-le-Vieux, Savoie, France). *Quaternaire*. 6(3-4):139–149.
- ARGANT A., 2006 Ancient bears. 12<sup>th</sup> International Cave Bears Symposium (ICBS), Aridéa/Loutrá (Macedonia– Greece) 2–5 November 2006, Abstract vol.: 45–46.
- BALLESIO R., BARTH P., GELY B., PHILIPPE M., 2003 Contribution à l'étude des ursidés pléistocénes des Gorges de l'Ardéche et leurs plateaux: les restes d'Ursus deningeri de la Grottes des Fées, à Vallon–Pont–d'Arc (Ardèche). Cahiers Scientifiques. 2: 5–51.
- BARYSHNYCOV G., 2006 Morphometrical variability of cheek teeth of cave bears. 12th International Cave Bears Symposium (ICBS), Aridéa/Loutrá (Macedonia–Greece) 2–5 November 2006, Abstract vol.: 3–4.
- BISHOP M.J., 1982 The mammal fauna of the Early Middle Pleistocene cavern infill site of Westbury–Sub–Mendip, Somerset. Special Papers in Paleontology, 28: 129–154.
- BON M., PICCOLI G., SALA B., 1991 I giacimenti quaternari di vertebrati fossili nell'Italia nord-orientale. Mem. Sci. Geol. Padova. 43: 185–231.
- GRANDAL D'ANGLADE A., LÓPEZ GONZÁLEZ F., 2004 A study of the evolution of the Pleistocene cave bear by a morphometric analysis of the lower carnassial. *Oryctos.* 5: 83–94.
- HOFREITER M., 2006 Progress in ancient DNA analyses from cave bears. 12<sup>th</sup> International Cave Bears Symposium (ICBS), Aridéa/Loutrá (Macedonia–Greece) 2–5 November 2006, Abstract vol.: 25–26.
- HOFREITER M., RABEDER G., JAENICKE-DESPRES V., WITHALM G., NAGEL D., PAUNOVIC N., JAMBRËSIC G., PÄÄBO S., 2004 – Evidence for reproductive isolation between Cave Bear populations. *Current Biology*. 14: 40–43.
- KERSTIN A., 2006 Biostatistical investigation of long bones and metapodial bones of Ursus spelaeus and Ursus deningeri. 12<sup>th</sup> International Cave Bears Symposium (ICBS), Aridéa/Loutrá (Macedonia–Greece) 2–5 November 2006, Abstract vol.: 21–22.
- KURTÉN B., 1976 The cave bear story. Life and death of a vanished animal. Columbia University Press, 163 pp.
- MAZZA P., RUSTIONI M., 1994 On the philogeny of eurasian bears. Palaentographica. 230: 1-38.
- ORLANDO L., PATOU–MATHIS M., PHILIPPE M., TABERLET P., HÄNNI C., 2000 European bears radiation during Pleistocene: the problem of Ursus deningeri. 5th International ancient dna conference. – Manchester Conference Centre Umist, Manchester, England 12 – 14 July 2000.
- RABEDER G., 1999 Die evolution des Höhlenbärengebisses. Mitteilungen der Kommission für Quartärforschung. 11: 1–102.
- ROSSI M., SANTI G., 2005 First morphometric data about the metapodial bones of Ursus from Cerè Cave (Venetia Region, North Italy). Cranium. 22 (2): 13–25.
- SCHÜTT G., 1968 Die cromerzeeitlichen Bären aus der Einhornhöle bei Scharzfeld. Mitteilungen aus dem Geologischen Institut der Technischen Hochschule Hannover. 7: 1–121.
- STOPPINI M., BONIN M., ROSSI M., SANTI G., 2005 Morphodynamic analysis of Ursus spelaeus from Lombardy and Venetia Regions caves (N. Italy). – V Giornate di Paleontologia, Urbino 20–22 Maggio 2005, Abstracts vol. p. 66.
- TORRES PEREZ-HIDALGO T., 1988a Evolución della carnicera en los géneros Ursavus y Ursus (Carnivora, Mammalia). Paleontologia y Evolució, 22:41–50.
- TORRES PEREZ-HIDALGO T., 1988b Osos (Mammalia, Carnivora, Ursidae) del Pleistocene Ibérico. II: Estudio anatomico y metrico de la mandibula, hioides atlas y axis. Bolletin Geologico y Minero. 2: 220–249.
- VILA TABOADA M., GRANDAL D'AGLANDE A., 2001 The problem of the species concept in the phylogeny of the cave bears. *Cadernos Laboratorio Xeolóxico de Laxe*. 26: 349–358.
- ZORZIN R., BONA F., ACCORDINI M., 2005 L'orso delle caverne dei Covoli di Velo. Primi studi sulla popolazione Ursus spelaeus della Grotta inferiore (VR – Italia). Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Verona. 29: 11–37.

Atti Mus. Civ. Stor. Nat. Trieste	Suppl. al 53	2008	13-32	novembre 2008	ISSN: 0335–1576
-----------------------------------	--------------	------	-------	---------------	-----------------

# ICNOFACIES DEL PERMIANO INFERIORE CONTINENTALE DEL SUDALPINO (ITALIA SETTENTRIONALE)

# SANTI GIUSEPPE

Dipartimento di Scienze della Terra - Via Ferrata 1 - I-27100 Pavia (Italia); gsanti@unipv.it

Abstract – Ichnofacies of the continental Lower Permian of the South–Alpine region (Northern Italy). The Lower Permian of the South–Alpine region (Northern Italy) is characterised by a volcano–sedimentary succession laid down inside at west to east oriented basins series. Among them the most important are the Orobic and the Collio basins. Their vertebrate and invertebrate ichnoassociations may be inserted in world–wide valid ichnofacies whose applications considering the regional picture in which their are defined, are in discussion. To include both the 'corobic' and "trumplin" ichnocoenoses in the *Ichniotherium* sub–ichnocoenosis of the *Batrachichnus* ichnofacies is not completely justified either considering the type section of the Collio Basin and those more detailed of the Orobic Basin. Instead of unify the ichnocoenoses of these areas in a single sub–ichnocoenosis and *Ichniotherium* sub–ichnocoenosis) and only one (*Amphisauropus* sub–ichnocoenosis) for the Orobic Basin, is suggested. This is more in harmony both to the fossiliferous record and to the paleoenvironments. Referring to the invertebrate ichnoassociation of the Lower Permian of the Southern Alps, even their appurtenance to the *Scoyenia* ichnofacies is not properly adapted.

#### Key words: Ichnofacies, vertebrate and invertebrate ichnoassociations, Orobic and Collio basins, Lower Permian, Southern Alps.

**Riassunto** – Il Permiano inferiore nel Sudalpino (Italia Settentrionale) è caratterizzato da una successione vulcano-sedimentaria depositata in una serie di bacini distribuiti da ovest verso est fra cui quelli più importanti sono il Bacino Orobico ed il Bacino di Collio. Le icnoassociazioni rinvenute sia a vertebrati, sia ad invertebrati possono essere inserite in icnofacies a validità globale le cui valenze sono messe in discussione considerando il quadro regionale nel quale vengono a delinearsi. L'inserimento di entrambe le icnocenosi "e "trumplina" nella sub-icnocenosi ad *Ichniotherium* della icnofacies a *Batrachichnus* non sembra del tutto giustificata, sia considerando l'icnoassociazione e i maggiori bioeventi, sia i tipi di paleoambienti riconosciuti utilizzando la sezione–tipo del Bacino Trumplino e quelle di dettaglio del Bacino Orobico. Anziché unificare le icnocenosi ad *Amphisauropus* e sub-icnocenosi à *al Ichniotherium*) per il Bacino della Val Trompia e una sola (sub-icnocenosi ad *Amphisauropus*) per quello Orobico meglio adatte al record fossilifero e ai paleoambienti. Anche l'attribuzione di una icnofacies a *Scoyenia* per l'associazione degli icnofossili di invertebrati non pare del tutto adatta all'icnocenosi del Permiano inferiore delle Alpi Meridionali.

Parole chiave: Icnofacies, icnoassociazioni a vertebrati ed invertebrati, Bacino Orobico, Bacino di Collio, Permiano inferiore, Alpi Meridionali.

#### 1. - Introduzione

I maggiori bacini del Permiano del Sudalpino (Italia Settentrionale) sono quello Orobico, della Val Trompia (= "Bacino di Collio") e di Tregiovo; insieme ad altri di minori dimensioni tutti separati da alti strutturali, rappresentano l'eredità dell'orogenesi Ercinica (Cassinis, Perotti, 1994; Perotti, 1999) (Fig. 1). In essi una successione continentale vulcano-sedimentaria (due cicli di sedimentazione separati da una discordanza angolare di importanza regionale alla quale è collegata una lacuna a tutt'oggi di durata imprecisata) (Igcp Group 203, 1986; Cassinis et al., 1988, 2002a, 2002b; Cassinis, 1999) è caratterizzata da icnoassociazioni a vertebrati ed invertebrati che per la maggior parte dei propri componenti è molto simile; tuttavia sussistono delle differenze il cui significato si allarga a diversi campi





Fig. 1 – Main Permian basins of the South–Alpine. 1 – Pre–Permian basement, 2 – volcanic deposits,
 3 – clastics unit of the I sedimentary cycle, 4 – Verrucano Lombardo–Arenarie di Val Gardena, 5 – Bellerophon Formation (after Conti et al., 1997, mod.).

(sistematico, cronologico e ambientale). Per esempio la presenza di *Dromopus didactylus* Moodie, 1929 negli strati sommitali della Formazione di Collio nel Bacino della Val Trompia e nel Bacino di Tregiovo assume la valenza di taxon monospecifico in quest'ultimo e prettamente locale insieme ad *Ichniotherium cottae* (Pohlig, 1885) Pohlig, 1892 nel primo (Conti et al., 1997, 1999). Recentemente è stato sviluppato e successivamente rinnovato il concetto di icnofacies utilizzando le impronte di tetrapodi (Lockley et al., 1994; Lockley, Meyer, 2000; Hunt, Lucas, 2006), mentre l'applicazione delle icnofacies ad invertebrati ha assunto importanza





**Fig. 2** – **A.** Chronostratigraphic scheme of the Permian in the Val Trompia Basin. **B.** Chronostratigraphic schema of the Permian in the Orobic Basin (after Santi, 2007c).

in modo particolare per i bacini paleozoici dell'America settentrionale e meridionale (Butois, Mangano, 1998 *cum bibl.*). Sebbene l'approccio a questo tipo di analisi per i maggiori bacini permiani sia solamente all'inizio (Santi, 2006) questa nota ha lo scopo di discutere sulle eventuali icnofacies pertinenti con la successione continentale del Permiano inferiore dei principali bacini delle Alpi Meridionali.

# 2. – Una breve descrizione della successione del Permiano nei maggiori bacini del Sudalpino

# 2.1 – Bacino Trumplino (= di Collio) (Fig. 2 a)

Nel Bacino di Collio la recente stratigrafia del Permiano inferiore (per esempio Cassinis, Perotti, 1997; Cassinis et al., 2002b) pone, sopra una successione ascritta al Conglomerato Basale di limitata potenza e con rarità di affioramenti, una serie vulcano-sedimentaria disposta in discordanza sopra un basamento cristallino di età varisica ("Gruppo dei Micascisti del Maniva" Auct.). L'unità di base ("ignimbriti inferiori" o "Lower Quartz Porphyries" Auct.) è rappresentata da ignimbriti, brecce vulcaniche e tufi. Superiormente si ha un deposito alluvio–lacustre, la Formazione di Collio, informalmente suddivisa in "Collio inferiore" (i veri "Strati di Collio" degli Autori) composto da strati variegati arenaceo–siltosi–argillitici fittamente laminati e "Collio superiore" dato da strati di arenarie e peliti con intercalazioni epiclastiche. Queste due porzioni sono separate dal cosiddetto "Dasdana I bed" (vedi Breitkreuz et al., in Cassinis et al., 2002b) caratterizzato da un deposito lavico e vulcanoclastico di mass–flow ricco in SiO<sub>2</sub>. Alla Formazione di Collio fanno seguito il Conglomerato del Dosso dei Galli e le Vulcaniti di Auccia quindi, tramite una lacuna, testimoniata da un evidente paleosuolo, avviene il passaggio alla Formazione del Verrucano Lombardo.

# 2.2 - Bacino Orobico (Fig. 2 b)

Nel Bacino Orobico il primo ciclo di deposizione (?Westfaliano B-C/Permiano inferiore) è caratterizzato da depositi vulcanici e fluvio-lacustri (Conglomerato Basale, Formazione di Collio, Conglomerato del Ponteranica) e può raggiungere, nella sua migliore esposizione, uno spessore di circa 1500 m. Le vulcaniti presentano un carattere calcalcalino, di norma rappresentate da vulcanoclasti e depositi lavici. In questo bacino il primo ciclo può giacere direttamente sul basamento cristallino composto da micascisti e gneiss della cosiddetta "Parametamorphic Series" di De Sitter, De Sitter-Koomans (1949) ("Gneiss di Morbegno" e "Gneiss chiari"), oppure localmente ed in discordanza, su un litosoma conglomeratico noto con il nome di Conglomerato Basale. Una discordanza segna il passaggio con il Conglomerato Basale affiorante solo in alcune aree (Val Seriana per esempio). Ad esso si sovrappone la Formazione di Collio impostata, più frequentemente, al di sopra delle vulcaniti basali (Jadoul et al., 2000; Forcella et al., 2001; Sciunnach, 2001). La Formazione di Collio può essere informalmente suddivisa in due parti delle quali quella inferiore data da arenarie e siltiti grigio-verdastre e nere, quella superiore da arenarie e siltiti maggiormente rossastre composte da elementi vulcanici per lo più con guarzo, plagioclasio e muscovite. È ben stratificata e localmente presenta delle intercalazioni conglomeratiche. Questa parte è quella fossilifera ed è nota in letteratura con il termine di "Scisti di Carona" (De Sitter, De Sitter-Koomans, 1949). È dai livelli del "Collio", sia inferiore, sia superiore, che provengono le testimonianze più chiare del cambio faunistico che farà da preludio ad una rivoluzione di portata amplissima che avverrà successivamente, con la deposizione della Formazione del Verrucano Lombardo (Alpi occidentali e centrali) e delle Arenarie di Val Gardena (Dolomiti).

La Formazione di Collio si interdigita con un conglomerato di alluvial fan, noto come Conglomerato del Ponteranica, i cui ciottoli sono composti da vulcaniti con frammenti di micascisti e quarziti. Tramite una discordanza angolare variabilmente inclinata di 15–20° fino ad essere prossima all'orizzontale, il primo ciclo passa al secondo dato dalla deposizione del Verrucano Lombardo, un litosoma maggiormente conglomeratico, rossastro con ciottoli quarzitici, quarzo vulcanico, "porfidi" e rarissimi frammenti di basamento associati ad arenarie anch'esse rossastre e subordinatamente verdine. Con la sua deposizione ha termine il Permiano.

#### 2.3 – Bacino di Tregiovo

Il Bacino di Tregiovo è un piccolo truogolo in cui affiora una successione silicoclastica e subordinatamente da carbonati di acqua dolce (la Formazione di Tregiovo); alla base, generalmente vi sono dei conglomerati caotici seguiti superiormente da ciottoli ed arenarie litiche a stratificazione incrociata e in seguito, da fanghi lacustri "varvati". Questa successione è posta sopra una base di rocce vulcaniche ed è potente circa 200 m. La Formazione di Tregiovo assume una grande importanza per il suo contenuto in macroflora, microflora ed impronte di tetrapodi (Cassinis, Santi, 2005).

Su base paleontologica il secondo ciclo è riferito al Permiano superiore (Broglio Loriga et al., 1988; Massari et al., 1988, 1994; Kozur, 1989) sebbene Massari, Neri (1994) lo farebbero proseguire anche nell'Anisico inferiore. È ancora sotto discussione la durata della lacuna fra il primo ed il secondo ciclo, hiatus che potrebbe essere collocato fra il Permiano inferiore ed il Permiano superiore o alla base di quest'ultimo (Cassinis et al., 2002a) e che secondo Harland et al. (1990), Odin, Odin (1990), Menning (1995) potrebbe essere quantificato in 5–10 Ma. Tuttavia, in base a dati recentissimi (Cassinis, Neri, 1999) l'entità della lacuna potrebbe essere compresa fra 14 e 27 Ma; questo potrebbe essere in accordo con il cambio faunistico, osservabile nei componenti delle icnoassociazioni, verificatosi al passaggio fra Permiano inferiore e Permiano superiore nel Sudalpino (Cassinis, Neri, 1999).

# 3. - Le icnoassociazioni a vertebrati ed invertebrati

La Tab. 1 mostra le icnoassociazioni a vertebrati ed invertebrati del Permiano inferiore del Sudalpino. Esse provengono esclusivamente dalla Formazione di Collio in quanto sia il Conglomerato Basale (alla base di essa nel Bacino Orobico), sia il Conglomerato di Ponteranica (nel Bacino Orobico) ed il Conglomerato del Dosso dei Galli, che coprono la Formazione di Collio nel Bacino Trumplino, sono tuttora sterili.

Per i vertebrati la maggior parte degli studi si è inizialmente concentrata sull'esame dell'icnofauna del Bacino di Collio, storicamente il più conosciuto (Conti et al., 1991, 1997, 1999; Avanzini et al., 2001; Cassinis, Santi, 2001, 2005 *cum bibl.*). Solo molto recentemente il Bacino Orobico è stato sottoposto ad una maggior attenzione scientifica dopo le iniziali scoperte di impronte di vertebrati ad opera di

Vertebrati	Invertebrati			
"Batrachichnus" salamandroides cfr. "Batrachichnus" salamandroides Camunipes cassinisi Amphisauropus imminutus Amphisauropus latus cfr. Amphisauropus imminutus Varanopus curvidactylus Dromopus lacertoides ?Ichniotherium cottae	<i>Medusina limnica Medusina atava Dendroidichnites elegans Bifurculapes isp. cfr. Heteropodichnus variabilis Eisenachichnus isp. Paleobullia isp.</i>			

Tab. 1 - Icnoassociazione a vertebrati ed invertebrati del Permiano inferiore del Sudalpino.

Tab. 1 - Lower Permian vertebrates and invertebrates ichnoassociation of the South-Alpine region.

Dozy (1935) che identificò due nuove icnospecie cioè Anhomoiichnium orobicum Dozy, 1935 e Onychichnium escheri Dozy, 1935 alla Bocchetta di Poddavista o "Podavit" in Val Brembana fra il Corno Stella ed il Pizzo di Tenda. La successiva revisione compiuta da Haubold (1971) ha permesso di considerare come valida la prima icnospecie e come incertae sedis (?Actibates) la seconda. Solo negli ultimi anni una nuova, profonda revisione sulla base di impronte extramorfologiche e fantasma indusse Haubold (1996) a considerare Anhomoiichnium orobicum Dozy, 1935 come una sottoimpronta di Batrachichnus salamandroides (Geinitz, 1861). Più recentemente le ricerche ebbero un nuovo impulso con la scoperta di orme da parte di Casati, Gnaccolini (1967) in Val di Scioc a NE di Ornica (Bergamo, Lombardia) ed in Val Varrone in prossimità del Rifugio Falc a NE del Pizzo Varrone, Casati (1969), Casati, Forcella (1988) e Cita, Forcella (1998) ne documentano la presenza nelle vicinanze del Pizzo di Trona, nonché da Forcella et al. (2001) nel "Collio" dell'Anticlinale di Cedegolo. Ceoloni et al. (1987) prospettarono inizialmente un'icnoassociazione "orobica" così composta; Camunipes cassinisi Ceoloni, Conti, Mariotti, Mietto e Nicosia, 1987, Amphisauropus latus Haubold, 1970, A. imminutus Haubold, 1970 ?Laoporus dolloi (Schmidtgen, 1929) e Lepidosauria ind. Solo negli ultimi anni una forte accelerazione allo studio dell'icnoassociazione del Bacino Orobico venne data da Conti et al. (1999), Cassinis et al. (2000); Nicosia et al. (2000, 2001); Santi, Krieger (1999, 2001), Santi (2001a, 2001b), Arduini et al. (2003) e da Gianotti et al. (2001: 2002), mentre solo annotazioni di ritrovamenti furono fornite da Sciunnach (2001). Ultimamente è stata avanzata l'ipotesi sia sulla probabile sinonimia fra Camunipes cassinisi ed Erpetopus willistoni Moodie, 1929 (Haubold, Lucas, 2003) sia sull'eventualità che questi icnogeneri siano differenti (Santi, 2007d).

Meno conosciute sono le icnoassociazioni ad invertebrati provenienti sia dal Bacino Orobico sia dal Bacino di Collio. Alessandrello et al. (1988) documentarono la presenza di alcune piste ritrovate nel Bacino Orobico classificandole come attività



Fig. 3 – Medusina atava (Pohlig, 1892) Walcott, 1898. Val Gerola–Valle dell'Inferno (Bacino Orobico).
Fig. 3 – Medusina atava (Pohlig, 1892) Walcott, 1898. Val Gerola–Valle dell'Inferno (Orobic Basin).

di locomozione di planarie. Nella Formazione di Collio del Sudalpino sono state poi rinvenute impronte di medusine d'acqua dolce sia nel "Collio inferiore" (Medusina limnica Müller, 1978) sia nella porzione superiore affiorante nel Bacino Orobico (Medusina atava (Pohlig, 1982) Walcott, 1898) (Fig. 3). L'icnofauna è arricchita da artropodi: Dendroidichnites elegans Demathieu, Gand e Toutin-Morin, 1992 ritrovato sia nel "Collio inferiore", sia in quello superiore, Bifurculapes isp., cf. Heteropodichnus variabilis Walter, 1983 and Eisenachichnus isp., probabili gasteropodi (Paleobullia isp.), tracce di possibili miriapodi ed anche di piste di cui non è ancora stato possibile identificare l'autore con sicurezza (Santi, 2007a). Inoltre, i biyalyi ritrovati appartengono alla famiglia delle Anthracosiidae (un loro studio approfondito è in fase di esecuzione) e provengono per ora esclusivamente dagli strati delle porzione inferiore del "Collio" bresciano particolarmente dalla Val Trompia così come i piccoli gusci di crostacei ("Estheria") (Conti et al., 1991; Santi 2007b; Santi, Krieger, 2003; Ronchi, Santi, 2003). Questa icnoassociazione molto simile a quelle riconosciuta sia in Francia sia in Germania e, parzialmente, per il Nord America dimostra una grande uniformità nella distribuzione spaziale della fauna. In generale, con questa icnoassociazione ad invertebrati si può dedurre: a) una dominanza di impronte di organismi camminatori e non scavatori, b) una bassa biodiversità, c) la mancanza di monospecificità, d) un'origine continentale di acqua dolce.

La natura della composizione dell'icnoassociazione ad invertebrati pone diversi quesiti. I più importanti sono qui segnalati.

#### SANTI GIUSEPPE

1) Sistematici – La sinonimia fra Dendroidichnites elegans e Mirandaichnium *irregulare* Holub e Kozur, 1981. È un problema che è già stato incontrato ed affrontato da Buatois et al. (1998) nell'esame dell'icnofauna riferita al Carbonifero superiore della Toganoxie Sandstone, Buildex Ouarry (Kansas, USA), Forme simili a Dendroidichnites elegans (sensu Demathieu et al., 1992) furono ritrovate dai sopraindicati autori i quali notarono come fossero indistinguibili da M. irregulare e che secondo Kozur, LeMone (1995) doveva essere considerato un sinonimo giovanile di quest'ultimo. Buatois et al. (1998) preferiscono nominare queste tipologie di piste con il nome di Dendroidichnites irregulare (Holub e Kozur, 1981). La forte similitudine fra D. elegans e M. irregulare (Tafel XI fig. 3, Tafel XII fig. 1 in Holub e Kozur, 1981) consentirebbe di ritenere sistematicamente valido il termine di *M. irregulare* (per il principio di priorità). Fino ad ora solo nel Bacino Orobico sono state rinvenute piste riconducibili a questo artropode. Se per il Bacino di Tregiovo questa mancanza può anche essere una logica conseguenza del fatto che fino ad ora, solamente piste di D. didactvlus sono state rinvenute (a testimonianza che l'icnofauna è veramente povera nel suo contenuto in icnotaxa). per il Bacino di Collio la spiegazione può essere collegata alle scarse ricerche compiute sull'icnofauna ad invertebrati. Se in passato diversi autori (Dzulinsky, Walton, 1965; Benton, 1982) avanzarono il problema della difficoltà di distinzione fra strutture inorganiche (chevron marks, groove/chevron marks) e queste tipologie di piste, attualmente secondo Buatois et al. (1998) M. irregulare (= D. irregulare sensu Buatois et al., 1998) è stata disegnata da un trackmaker la cui pista è sottoposta ad un forte controllo tafonomico legata alle differenti condizioni del substrato. La sua distribuzione è globale dal Nord America all'Europa (Francia, Italia, Germania), ma pur sempre cronologicamente circoscritta al Carbonifero superiore-Permiano inferiore.

2) Paleoambientali – Il maggior problema è la presenza contemporanea di Medusina limnica Müller, 1978 e di Medusina atava (Pohlig, 1982) Walcott, 1898 negli strati del "Collio inferiore" affioranti in alta Valle Brembana (Bergamo). La distribuzione delle due icnospecie attualmente note di Medusina è confinata solamente in alcune aree europee (Francia, Germania e Italia). Sia nel Permiano francese sia in quello della Germania sono rinvenute impronte di M. limnica e di M. atava, mai però segnalate in associazione. Esse sarebbero indicative di paleoambienti molto differenti fra di loro: la prima di zone fluvio-lacustri, rappresentati da sedimenti limoso-argillitici nero-verdi e grigiastri, la seconda di aree di playas attraversate da corsi d'acqua i cui sedimenti litologicamente simili ai primi, sono tuttavia tipicamente arrossati. Il Permiano inferiore del Sudalpino non fa eccezione a questa constatazione; infatti M. limnica è stata rinvenuta nel "Collio" inferiore sia in Val Trompia, sia nel Bacino Orobico, mentre M. atava nel "Collio" superiore, di color rosso-vinato e solamente nell'alta Valle dell'Inferno (Bacino Orobico). Le recenti ricerche svolte campionando gli strati dell'unità inferiore della Formazione di Collio in Valle Brembana hanno portato alla luce fossili di medusine probabilmente appartenenti alle due specie disposte nel medesimo strato (studi ancora allo stadio preliminare). Se effettivamente fosse riconosciuta la presenza delle due specie verrebbe comprovata per la prima volta la loro coesistenza e si porrebbe il problema di come forme, così rappresentative di habitat differenti, possano aver convissuto in un medesimo paleoambiente. Il quadro paleoambientale verrebbe modificato in quanto nelle piane alluvionali (laghi, stagni) si inserivano di volta in volta dei flussi, magari canalizzati, con esemplari di *M. atava* le quali, poste in ambienti a loro non congeniali, morivano (J. Schneider e S. Voigt com. pers.). Ad una prima analisi sui nuovi campioni non vi sono tracce visibili di trasporto, seppur breve dell'organismo successivo alla sua morte, quindi è possibile che le forme riconducibili a *M. atava* fossero giunti ancora vivi negli ambienti lacustri del "Collio" inferiore; infatti dettagli dei corpi medusoidi sono ancora chiari nonostante la delicatezza dell'organismo in vita.

#### 4. - Le icnofacies del Permiano inferiore del Sudalpino

4.1 – Tafofacies o icnofacies. Un problema, già in parte segnalato e testimoniato dalla critica sulla validità dell'icnogenere Dendroidichnites, è quello dipendente dal controllo tafonomico che la consistenza del substrato esercita sulle impressioni della traccia lasciata dal trackmaker. In quest'ottica il concetto di icnofacies rapportato ai vertebrati potrebbe avere un significato differente rispetto a quello sviluppato per gli invertebrati; le caratteristiche dell'impronta del tetrapode pur influenzata dalla natura del substrato (impronte extramorfologiche), sono per la maggior parte ancora riconoscibili e classificate in un definito icnotaxon (Voigt, Haubold, 2000; Santi, 2007 c). Come già sostenuto da Bromley, Asgaard (1991) nel caso degli invertebrati il maggior controllo tafonomico esercitato sulle loro tracce invita a parlare di tafofacies piuttosto che icnofacies. Tuttavia, per omogeneità, nella discussione sia per i vertebrati, sia per gli invertebrati si indicheranno le icnofacies sebbene il dualismo tafofacies-icnofacies sia ben lontano dall'essere risolto. Seilacher (1964) osservando successioni ricorrenti di icnofossili le definì come "icnofacies" ed inizialmente introdusse quattro tipologie cui, in seguito, se ne aggiunsero altre due (Seilacher, 1967). Questi "raggruppamenti" furono riferiti da Bromley (1996) come "Seilacherians" o "archetypals" da Frey, Pemberton (1987).

**4.2** – Vertebrati. Lockley et al. (1994) adattarono il concetto originario (*sensu* Seilacher) di icnofacies ai vertebrati come ricorrenza di impronte di vertebratichiave trovate insieme ad una particolare facies sedimentaria. Essi definirono due tipi di icnofacies: a) *Chelichnus* icnofacies, b) red-bed icnofacies (Lockley et al., 1994; Lockley, Meyer, 2000). In particolare la prima sarebbe una ristretta facies d'ambiente desertico ed eolico (McKeever, Haubold, 1996), mentre la seconda, sarebbe definita come un insieme di impronte di una varietà di ambienti dal fluviale, al delta, al lacustre e al marino costiero (marginale). Quest'ultima facies è contrassegnata da questi icnogeneri: *Dromopus, Gilmoreichnus, Batrachichnus*,

#### SANTI GIUSEPPE

*Hyloidichnus*, *Dimetropus*, *Amphisauropus*, *Ichniotherium* e *Limnopus*, con l'aggiunta di due o tre icnogeneri di significato locale (Haubold et al., 1995; Swanson, Carlson, 2002).

Più recentemente Hunt, Lucas (2006) basandosi sul concetto di icnocenosi (Dvitashvili, 1945) riconsiderarono come icnocenosi le icnofacies fino ad oggi definite e proposero a livello mondiale cinque nuovi archetipi di icnofacies a tetrapodi di ambienti continentali utilizzando le icnoassociazioni del New Mexico. Esse sono: le icnofacies a *Chelichnus*, a *Grallator*, a *Brontopodus*, a *Batrachichnus* e a *Characichichnos*; tranne quella a *Grallator* le altre sono state riconosciute per il Permiano.

Per l'icnocenosi del Permiano inferiore delle Alpi Meridionali che nella vecchia classificazione rientrava nella red-bed icnofacies (sensu Lockley et al., 1994; Lockley, Meyer, 2000), la icnofacies a Batrachichnus (Devoniano-Trias medio) di piane fluviali-tidal flat è quella che meglio potrebbe caratterizzare in generale, la composizione dell'icnoassociazione del Sudalpino e il pattern di sedimentazione. Essa comprende questi icnogeneri dominanti: Amphisauropus, Batrachichnus, Dromopus, Dimetropus, Hyloidichnus, Ichniotherium, Limnopus e Varanopus e secondo Hunt, Lucas (2006) sarebbe riferita ad una icnofauna a media diversità in cui la maggior parte delle impronte sono di carnivori quadrupedi a moderata-alta diversità (4-8 icnogeneri). Questa icnofacies è definita dall'icnocenosi a Batrachichnus (Batrachichnus, Limnopus, Amphisauropus, Dromopus, Gilmoreichnus) (Carbonifero inferiore-Permiano inferiore) suddivisa a sua volta, in tre sub-icnocenosi ciascuna delle quali significativa di un particolare ambiente: a) sub-icnocenosi a Ichniotherium rappresentativa di zone interne/ conoidi alluvionali distali caratterizzata da abbondanza di Ichniotherium e scarsità di Dimetropus, b) sub-icnocenosi a Amphisauropus rappresentativa di piana alluvionale caratterizzata dalla presenza di *Amphisauropus* e rari *Ichniotherium*, c) sub-icnocenosi a Dimetropus rappresentativa di zone costiere/tidali caratterizzata da abbondanza di Batrachichnus e Dimetropus.

Quindi, in particolare secondo Hunt, Lucas (2006) gran parte del Permiano inferiore del Sudalpino (affiorante nei principali Bacino Orobico e della Val Trompia) rientrerebbe nella icnocenosi a *Batrachichnus* e sub-icnocenosi ad *Ichniotherium*.

Far rientrare però tutta l'icnofauna del Permiano inferiore del Sudalpino (dai bacini Orobico e Trumplino) nell'unica sub–icnocenosi a *Ichniotherium*, potrebbe essere una forzatura sottoposta a critiche per diversi motivi.

1) Separazione fra icnoassociazione del Bacino Orobico da quella della Val Trompia. Sebbene le icnoassociazioni del Bacino Orobico e quello della Val Trompia siano molto simili la differenza più evidente è la presenza di *Ichniotherium* in quella trumplina e la sua mancanza in quella orobica. Mancando l'icnotaxon rappresentativo non sembra possibile dover caratterizzare con tale sub–icnocenosi l'icnofauna orobica. Non solo, ma anche la rappresentatività di

questa sub-icnocenosi per ambienti di aree interne/conoidi alluvionali distali non sembra coincidere con i paleoambienti riconosciuti nell'area orobica (fluvio-lacustri che raramente si interdigitano con cunei di fan delta prossimali). Quindi è più rispondente sia al record paleontologico, sia ai paleoambienti considerare la sub-icnocenosi ad *Amphisauropus*. Diverso è il caso del Bacino di Collio nella cui icnoassociazione compare *Ichniotherium*. Quindi, per almeno una parte della Formazione di Collio (la medio-alta) l'individuazione della sub-icnocenosi ad *Ichniotherium* è chiara, ma è anche altrettanto evidente che sia l'icnocenosi, sia i paleoambienti della parte mediana della Formazione di Collio corrispondono meglio alla sub-icnocenosi ad *Amphisauropus*.

2) Possibile diversa evoluzione dei bacini Orobico e di Collio. Mentre nel Bacino Orobico si assiste ad una "conservazione" della sub-icnocenosi ad *Amphisauropus* (che si mantiene fino al passaggio con il Verrucano Lombardo), in quello di Collio è evidente una transizione fra l'icnocenosi ad *Amphisauropus* a quella ad *Ichniotherium*. Ciò, potrebbe essere la conseguenza di una diversa velocità nell"evoluzione" paleogeografica: più rapida nel Bacino di Collio, più lenta in quello Orobico.

4.3 – Invertebrati. Il rinnovato interesse per l'icnologia degli invertebrati ha avuto come conseguenza un notevole rifiorire di studi sull'opportunità di identificazione, formazione e di applicazione di icnofacies. Nelle ultime decadi il rinnovamento del concetto di icnofacies, l'analisi della loro composizione e della caratterizzazione ambientale è evidente: dalla ben nota "seilacheriana" icnofacies a Scovenia (Seilacher, 1967, 1978; Frev et al., 1984; Bromley, 1996) a quella a Mermia (Buatois, Mangano, 1995, 1998), a Termitichnus francamente non acquatica (Smith et al., 1993) all'icnofacies a Coprinisphaera (tipica di paleosuoli) (Genise et al., 2000; Keighley, Pickerill, 2003; Buatois, Mangano, 2004), a quella a Skolithos (francamente marina), i modelli non mancano. Come puntualizzato da Lawfield, Pickerill (2006) la discussione sull'applicazione dei modelli di icnofacies è tuttora aperta, soprattutto sulle loro limitazioni (Hasiotis, 1997, 2004). Sulla base di ciò anche l'opportunità di mantenere come valide le sopraccitate icnofacies è messa in discussione (per esempio l'icnofacies a Scovenia in Bromley, Asgaard, 1991). Tuttavia, per maggior chiarezza ho ritenuto più opportuno considerare le denominazioni per le icnofacies fino ad ora note in letteratura.

Le ricerche sull'icnofauna ad invertebrati nel Permiano del Sudalpino sono ancora sostanzialmente agli inizi, ma la composizione dell'icnoassociazione nelle sue linee generali sembra ben delineata e tale per poter proporre, almeno in via preliminare, alcune considerazioni sulla possibile tipologia(e) di icnofacies maggiormente rappresentativa(e). Buatois, Mangano (1995) rividero lo status delle associazioni non marine proponendo tre tipologie di archetipi: le icnofacies a *Termitichnus*, a *Scoyenia* e a *Mermia* (Fig. 4). La prima introdotta da Smith et al. (1993) come suddivisione della icnofacies a *Scoyenia* è rappresentativa di ambienti terrestri, la seconda di transizione fluvio–lacustri e la terza di quelli completamente subacquei. Secondo Buatois, Mangano (1995, 1998) avrebbero tutte il medesimo livello gerarchico. La validità di questa triripartizione o comunque la presenza solamente parziale di una o più di una nei maggiori bacini del Permiano continentale del Sudalpino, è tutta da verificare.

Considerando l'icnoassociazione ad invertebrati del Sudalpino è forse da scartare la icnofacies a *Mermia* in quanto rappresentativa di ambienti perennemente subacquei. Buatois, Mangano (1995) definiscono: "*The Mermia ichnofacies,… is characterized by (1) dominance of horizontal to subhorizontal grazing and feeling traces produced by mobile deposit feeders, (2) subordinate occurrence of locomotion traces, (3) generally high to moderate ichnodiversity and abundance, and (4) low degree of specialization of grazing patterns.*" (p. 369–370).

Inoltre, è oltremodo da scartare anche quella a *Termitichnus* francamente continentale in cui nella sua icnocomposizione non sono individuate tracce di tetrapodi, né forme tipiche degli ambienti di transizione quali invece si ritrovano nella Formazione di Collio delle Alpi Meridionali.

La sezione più completa della Formazione di Collio affiorante in alta Val Brembana in prossimità del Pizzo del Diavolo (Ronchi et al., 2005), dimostra come non siano mai stati presenti ambienti perennemente subacquei mantenuti nel tempo. Si manifesta piuttosto una ciclicità in emersioni/sommersioni testimoniate da mud–cracks e ripple–marks in aree allagate temporaneamente ed in modo effimero.

4.4 – L'icnofacies a Scovenia. In relazione al pattern sedimentologico della Formazione di Collio relativamente alla sua parte storicamente nota come "Strati di Collio" Auct. l'icnofacies a Scoyenia è quella meglio rappresentativa. Nell'accezione originale di Seilacher (1967) l'icnofacies a Scovenia è tipica di: "... non marine sands and shales, often red beds, with a distintive association of trace fossils", caratterizzata da burrows meniscati, piste di artropodi e tracce bilobate insieme a varie strutture sedimentarie; in seguito fu applicata a tutte le associazioni non marine perdendo così il significato originario (Frey et al., 1984). Una nuova impostazione per questa icnofacies venne data da Frey et al. (1984) basata su: 1) relativa bassa icnodiversità, 2) scarsità di icnogeneri unici, 3) similitudine con alcune associazioni di tracce fossili marine. Soprattutto l'icnofacies a Scoyenia caratterizzava depositi continentali emersi o periodicamente inondati compresi fra acquatici e non acquatici tipici di piana e laghi marginali (Frey et al., 1984; Frey, Pemberton, 1987; Buatois, Mangano, 1998). Questi ultimi autori rilevarono però che le icnoassociazioni fluvio-lacustrine ad invertebrati del Paleozoico superiore erano maggiormente caratterizzate da artropodi (Pollard et al., 1982; Walter, 1983; Walker, 1985); vi fu anche un tentativo di allineare a questa icnofacies quella a Fuersichnus, icnotaxon rinvenuto sia in ambienti continentali fluviali, sia in effimere piane alluvionali e considerato un buon marker "fluvio-lacustre" della icnofacies a Scoyenia (Gierlowski-Kordesch, 1991; Mac Naughton, Pickerill, 1995). Il problema sorge nella composizione dell'icnoassociazione dell'icnofacies a Scoyenia che è tipica di ambiente fluvio-lacustre e quindi caratterizzata da



Fig. 4 – Modello delle icnofacies non-marine (da Buatois, Mangano, 1998, mod.). 1: Termitichnus, 2: Scaphichnium, 3: Celliforma, 4: Edaphoichnium, 5: Coprinisphaera, 6: Krausichnus, 7: Vondrichnus, 8: Scoyenia, 9: Rusophycus, 10: Beaconites, 11: Merostomichnites, 12: Umfolozia, 13: Cruziana, 14: Taenidium, 15: impronte di tetrapodi, 16: Diplichnites, 17: Fuersichnus, 18: Mermia, 19: Helmithopsis, 20: Tuberculichnus, 21: Maculichna, 22: Vagorichnus, 23: Helminthoidichnites, 24: Cochlichnus, 25: Undichna, 26: Palaeophycus, 27: Circulichnis, 28: Gordia, 29: Treptichnus, 30: Planolites.

Fig. 4 – Model of the non-marine ichnofacies (after Buatois, Mangano, 1998, mod.). 1: Termitichnus,
2: Scaphichnium, 3: Celliforma, 4: Edaphoichnium, 5: Coprinisphaera, 6: Krausichnus, 7: Vondrichnus,
8: Scoyenia, 9: Rusophycus, 10: Beaconites, 11: Merostomichnites, 12: Umfolozia, 13: Cruziana, 14: Taenidium, 15: tetrapod footprints, 16: Diplichnites, 17: Fuersichnus, 18: Mermia, 19: Helmithopsis,
20: Tuberculichnus, 21: Maculichna, 22: Vagorichnus, 23: Helminthoidichnites, 24: Cochlichnus, 25: Undichna, 26: Palaeophycus, 27: Circulichnis, 28: Gordia, 29: Treptichnus, 30: Planolites.

artropodi piuttosto che da altre forme. Solo la presenza di impronte di tetrapodi è comune nella originale icnocomposizione e in quella dei bacini Orobico e di Collio (Tab. 2).

#### 5. - Discussione e conclusioni

Nei maggiori bacini del Permiano inferiore del Sudalpino (Bacino Orobico e Bacino della Val Trompia) affiorano delle successioni continentali con lito-biofacies molto simili fra loro e, fra esse, la Formazione di Collio è la sola fossilifera. Infatti, le altre formazioni sedimentarie che compongono il primo ciclo di sedimentazione (Conglomerato Basale, Conglomerato del Ponteranica) e il secondo (Verrucano Lombardo), sono attualmente sterili. L'intervallo temporale per l'icnofauna a vertebrati del "Collio" è compreso fra 286/283 Ma e 278/273 Ma (Avanzini et al., 2001). Seguendo la scala cronologica per il Permiano di Menning (2001) questa icnoassociazione può continuare oltre l'Artinskiano e il Kunguriano, ma altre scale (per esempio Harland et al., 1990; Odin, 1994; Gradstein, Ogg, 1996) attribuiscono questo valore geocronologico al Sakmariano e alla parte sommitale dell'Asseliano. L'icnoassociazione del Sudalpino è molto simile a quella del Nord America con sostanziali affinità wolfcampiane, e mostra anche una chiara correlazione con le icnofaune dell'Europa centro–occidentale. In accordo con il "Global Permian

Icnofacies a Scoyenia (Buatois, Mangano, 1998)	Icnofacies a Scoyenia (Sudalpino)			
Scoyenia	Medusina limnica			
Rusophycus	Medusina atava			
Beaconites	Dendroidichnites elegans			
Merostomichnites	Bifurculapes isp.			
Umfolozia	cfr. Heteropodichnus variabilis			
Cruziana	Eisenachichnus isp.			
Taenidium	Paleobullia isp.			
Diplichnites	Impronte di tetrapodi			
Fuersichnus				
Impronte di tetrapodi				

**Tab. 2** – Confronto fra le composizioni dell'icnofacies a *Scoyenia* secondo Buatois, Mangano (1998) e quella indicata per la Formazione di Collio delle Alpi Meridionali.

**Tab. 2** – Comparison between the compositions of the *Scoyenia* ichnofacies in the Buatois, Mangano (1998) model and that of the Collio Formation of the Southern Alps.

System" del Sistema Permiano marino le associazioni ad impronte di tetrapodi sono considerate coeve con il Permiano inferiore cisuraliano (Cassinis et al., 2002 a, b).

Sulla base dei dati attualmente a disposizione è possibile evidenziare quanto segue.

1) L'applicazione della icnofacies a *Batrachichnus* all'icnocenosi a tetrapodi dei bacini Orobico e di Collio secondo la distribuzione di Hunt, Lucas (2006) non può essere generalizzata. Nonostante la maggior parte degli icnotaxa sia presente nelle icnocenosi di questi bacini sono però evidenti sostanziali differenze, la maggiore delle quali è riferita ad *Ichniotherium*, icnogenere di riferimento della sub-icnocenosi "sudalpina". La sua rappresentatività è solo virtuale sia per la mancanza dell'icnogenere di riferimento, sia per i paleoambienti riconosciuti (vedi sopra). Hunt, Lucas (2006) si riferirono alla Sangre de Cristo Formation

(New Mexico) e in particolare la Villanueva icnofauna in cui: "....Limnopus, Dromopus and Batrachichnus are very common in this fauna. Hyloidichnus and Gilmoreichnus are less common. Recent collection have demonstrated that Ichniotherium is more common than previously thought." (Hunt et al., 2005, p. 47). Sulla base dei dati attuali riferiti all'icnocenosi e ai paleoambienti degli "Strati di Collio Auct." del Bacino Orobico è più consono inserire l'icnocenosi orobica nella sub-icnocenosi ad Amphisauropus (o anche in una possibile icnocenosi ad Amphisauropus) della icnocenosi a Batrachichnus della icnofacies a Batrachichnus.

La documentata presenza di Ichniotherium nell'icnoassociazione trumplina consentirebbe la disfunzione di una parte mediana della successione riferita alla subienocenosi ad Amphisauropus ed il tratto medio-superiore al subienocenosi ad Ichniotherium. Solo nel caso in cui Ichniotherium sia la forma rappresentativa (indipendentemente dalla composizione icnofaunistica) è provata l'equivalenza dei bacini Orobico e di Collio e, conseguentemente, le loro icnocenosi rientranti nella subicnocenosi ad Ichniotherium. 2) La scelta della icnofacies a Scovenia è stata dettata da un'icnocenosi legata ad attività di un benthos adattato a condizioni di bassa energia sia in sedimenti solo debolmente coperti da una sottile lama d'acqua, sia in altri periodicamente emersi e sottoposti a disseccamento (Frey, Pemberton, 1987). Un confronto fra le icnocenosi della icnofacies a Scovenia definita da Buatois, Mangano (1998) e quelle dei bacini Orobico e di Collio evidenzia le diversità nelle icnocomposizioni. Non solo, ma l'icnogenere Scovenia (icnotaxon che identifica l'icnofacies) è piuttosto raro, se non rarissimo (al momento non ancora scoperto nel Bacino Orobico) quindi, non è plausibile una eventuale applicazione di questa icnofacies così caratterizzata. Anziché parlare di "icnofacies a Scovenia" forse sarebbe più consono alla realtà icnologica utilizzare una equivalente di questa, magari caratterizzata non da Scovenia, ma da un altro icnofossile-guida, per esempio Dendroidichnites (Mirandaichnium) o Bifurculapes o quant'altro. Anche in questo caso come per l'icnofacies a Batrachichnus, l'icnofossile caratterizzante non è rappresentativo dell'icnocenosi.

**3)** La valenza locale delle icnofacies. Con queste icnoassociazioni a vertebrati ed invertebrati il ruolo rispettivamente delle icnofacies a *Batrachichnus* (sub-icnocenosi ad *Ichniotherium*) e a *Scoyenia* assume un significato locale o regionale. Su questo punto sussistono alcuni problemi che andrebbero analizzati ed argomentati. In primo luogo ci si può porre la domanda se gli icnotaxa a vertebrati sono numericamente simili (se non proprio uguali) a quello degli invertebrati o se questi ultimi siano o no più numerosi rispetto ai primi. La risposta allo stato attuale dell'arte è difficile da dare in quanto lo studio sugli icnofossili degli invertebrati non ha raggiunto i livelli a cui sono arrivati quelli sui vertebrati. Quindi l'icnosistematica di questi ultimi, è ben lontana dall'essere completa (per esempio vedi il dualismo *Dendroidichnites–Mirandaichnium*). Probabilmente al pari degli icnotaxa di vertebrati anche quelli degli invertebrati è limitato e comune con quelli delle icnocenosi di Francia e Germania (in Europa) e Nord America. Ma l'evoluzione biologica non può essere

separata dal regime tettonico che durante questa parte del Permiano inferiore si manifesta tramite un'attività orogenetica molto intensa. Infatti, le investigazioni radiometriche di Schaltegger, Brack (1999) sulle vulcaniti a tetto e letto della Formazione di Collio del Bresciano testimoniano una deposizione di circa 700 m di sedimenti avvenuta in 4–5 Ma e in questo contesto, l'ipotesi della "deposition time compression" sviluppata da Nicosia et al. (2000) spiegherebbe bene sia la povertà di taxa, sia il rapido avvicendamento delle icnocenosi o comunque un loro depauperamento (passaggio "Collio inferiore"/"Collio superiore"). Ecco allora che nel quadro paleotettonico in cui è inserita la biodiversità un'impostazione di queste icnofacies così modellate assume una valenza probabilmente solamente locale limitata al Sudalpino, ma anche non completa e stabile vista la rapida evoluzione ambientale cui è stata sottoposta l'area.

Risulta pertanto impossibile generalizzare l'applicazione di queste icnofacies al Permiano inferiore continentale delle Alpi Meridionali, sarebbe più attendibile l'eventuale suddivisione dell'icnofacies a *Scoyenia* in sub-icnofacies e/o sub-icnocenosi di riferimento (magari a livello di zone europee per esempio, Francia-Italia–Germania).

Lavoro consegnato il 19.01.2007

#### RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare il Prof. Cassinis G. (Pavia) che con il suo entusiasmo ha sempre incoraggiato le ricerche sugli icnofossili, il Dr. Ronchi A. (Pavia) per i suggerimenti ed il continuo incitamento. Anche la Dott.ssa Krieger C. (Manno), il Dr. Confortini F. (Bergamo) ed il Sig. Malzanni M. (Bergamo) hanno la mia grande gratitudine per il contributo in amicizia e scientifico. Infine, desidero ringraziare un anonimo revisore che con il suo contributo ha permesso un deciso miglioramento del testo.

La ricerca è stata svolta con fondi FAR.

#### BIBLIOGRAFIA

ALESSANDRELLO A., PINNA G., TERUZZI G., 1988 – Land planarian locomotion trail from the Lower Permian of Lombardian Pre–Alps (Tricladida Terricola). Atti Soc. It. Sci. Nat. e del Mus. Civ. St. Nat. Milano. 129 (2–3): 139–145.

ARDUINI P., KRIEGER C., ROSSI M., SANTI G., 2003 – Early Permian vertebrates ichnoassociation in Scioc Valley –Orobic Basin– (Lombardy – Northern Italy). *N. Jb. Geol. Paläont. Monatshefte*. 2003 (7): 385–399.

- AVANZINI M., CEOLONI P., CONTI M.A., LEONARDI G., MANNI R., MARIOTTI N., MIETTO P., MURARO C., NICOSIA U., SACCHI E., SANTI G., SPEZZAMONTE M., 2001 – Permian and Triassic tetrapod ichnofaunal units of Northern Italy, potential contribution to continental biochronology. In CASSINIS G. (ed.), Permian continental deposits of Europe and other areas. Regional reports and correlations. *Natura Bresciana*, *Monografia*. 25: 89–107.
- BENTON M.J., 1982 Trace fossils from Lower Palaeozoic ocean–floor sediments of the Southern Upland of Scotland. Trans. R. Soc. Edinburgh, Earth Sci. 73: 67–87.

BROGLIO LORIGA C., NERI C., PASINI M., POSENATO R., 1988 – Marine fossil assemblages from Upper Permian to Lowermost Triassic in the Western Dolomites. In CASSINIS G. (ed.), Permian and Permian– Triassic boundary in the South–Alpine segment of the Western Tethys, and additional regional reports. *Mem. Soc. Geol. It.* 34 (1986): 5–44.

BROMLEY R.G., 1996 - Trace fossils. Biology, Taphonomy and Application. Chapman and Hall, London, 361 pp.

BROMLEY R.G., ASGAARD U., 1991 - Ichnofacies: a mixture of taphofacies and biofacies. Lethaia. 24: 153-163.

- BUATOIS L., MANGANO M.G., 1995 The paleoenvironmental and paleoecological significance of the lacustrine Mermia ichnofacies: an archetypical subaqueous nonmarine trace fossil assemblage. Ichnos. 4: 151–161.
- BUTOIS L., MANGANO M.G., 1998 Trace fossils analysis of lacustrine facies and basins. Palaeog. Palaeocl. Palaeoec. 140: 367–382.
- BUTOIS L., MANGANO M.G., 2004 Animal–substrate interactions in fresh–water environments: applications of ichnology in facies and sequences stratigraphic analysis of fluvio–lacustrine successions. In McILROY D. (ed.), The Application of Ichnology to Palaeoenvironmental and Stratigraphic Analysis. Geological Society of London: 311–313.
- BUATOIS L., MANGANO M.G., MAPLES C.G., LANIER W.P., 1998 Ichnology of an Upper Carboniferous fluvio–estuarine paleovalley: the Tonganoxie Sandstone, Buildex Quarry, Eastern Kansas, Usa. J. Paleont. 72 (1):152–180.
- CASATI P., 1969 Strutture della Formazione di Collio (Permiano inferiore) nelle Alpi Orobie. Natura. 60 (4): 301–312.
- CASATI P., FORCELLA F., 1988 Alpi Orobie. Il Bollettino CAI–Annuario del Comitato Scientifico Centrale. 87: 81–86.
- CASATI P., GNACCOLINI M., 1967 Geologia delle Alpi Orobie occidentali. Riv. It. Pal. Strat. 73: 25-162.
- CASSINIS G., 1999 Permian stratigraphy in the western Collio Basin. 4. Chrono-stratigraphical data and interpretation. In CASSINIS G., CORTESOGNO L., GAGGERO L., MASSARI F., NERI C., NICOSIA U., PITTAU, P. (coord.), Stratigraphy and facies of the Permian deposits between eastern Lombardy and the western Dolomites. Field trip guidebook International Congress on: "The Continental Permian of the Southern Alps and Sardinia (Italy). Regional reports and general correlations". Brescia 15–25 September 1999: 69–71.
- CASSINIS G., NERI C., 1999 Hypothesis on the nature of tectonic control on Permian sedimentation and magmatic activity. In CASSINIS G., CORTESOGNO L., GAGGERO L., MASSARI F., NERI C., NICOSIA U., PITTAU P. (coord.), Stratigraphy and facies of the Permian deposits between eastern Lombardy and the western Dolomites. Field trip guidebook International Congress on: "The Continental Permian of the Southern Alps and Sardinia (Italy). Regional reports and general correlations". Brescia 15–25 September 1999: 10–11.
- CASSINIS G., PEROTTI C.R., 1994 Interazione strutturale permiana tra la Linea delle Giudicarie ed i Bacini di Collio, Tione e Tregiovo (Sudalpino centrale, N. Italia). *Boll. Soc. Geol. It.* 112 (1993): 1021–1036.
- CASSINIS G., PEROTTI C.R., 1997 Tectonics and sedimentation in the western sector of the Permian continental Collio Basin, Southern Alps, Italy. In: Prace Pa'n stwowego Instytutu Geologicznego CLVII, Proc. XIII Intern. Congr. on the Carboniferous and Permian, 28 August–2 September, 1995, Kraków, Poland, Part 2, Warszawa: 25–32.
- CASSINIS G., SANTI G., 2001 Hanns Bruno Geinitz: a pioneer of the Permian stratigraphy of eastern Lombardy (Southern Alps, Italy). *Geologica Saxonica*. 46/47: 73–82.
- CASSINIS G., SANTI G., 2005 Permian tetrapod footprint assemblages from Southern Europe, and their stratigraphic implications. In LUCAS S.G., ZEIGLER K.E., (eds), The Nonmarine Permian. New Mexico Museum of Natural History & Science Bulletin. 30: 26–38.
- CASSINIS G., MASSARI F., NERI C., VENTURINI C., 1988 The continental Permian in the Southern Alps (Italy). A review. Z. geol. Wiss. 16: 1117–1126.
- CASSINIS G., NICOSIA U., RONCHI A., SANTI G., 2000 Impronte di tetrapodi nel Permiano orobico e loro implicazioni stratigrafiche. Nota preliminare. *Rendiconti Istituto Lombardo Accademia di Scienze e Lettere, Classe B.* 132 (1998)/1–2: 197–217.
- CASSINIS G., NICOSIA U., PITTAU P., RONCHI A., 2002a Palaeontological and radiometric data from the Permian continental deposits of the central–eastern Southern Alps (Italy), and their stratigraphic implications. *Mém. Ass. Géol. du Permien.* 2: 53–74.
- CASSINIS G., NICOSIA U., LOZOVSKY V.L., GUBIN YU. M., 2002b A view on the Permian continental stratigraphy of the Southern Alps, Italy, and general correlation with the Permian of Russia. *Permophiles*. 40: 4–30.
- CEOLONI P., CONTI M.A., MARIOTTI N., MIETTO P., NICOSIA U., 1987 Tetrapod footprints from Collio Formation (Lombardy, Northern Italy). Mem. Sci. Geol. Padova. 39: 213–233.
- CITA M.B., FORCELLA F. (eds), 1998 Alpi e Prealpi Lombarde, 35 escursioni a piedi. Vol. 1/2. Bema Editrice, Milano. 318 pp.

#### SANTI GIUSEPPE

- CONTI M.A., MARIOTTI N., MIETTO P., NICOSIA U., 1991 Nuove ricerche sugli icnofossili della Formazione di Collio in Val Trompia (Brescia). Natura Bresciana. 26 (1989): 109–119.
- CONTI M.A., MARIOTTI N., NICOSIA U., PITTAU P., 1997 Selected bioevents succession in the continental Permian of the Southern Alps (Italy): improvements of intrabasinal and interregional correlations. In DICKINS J.M., YANG ZUNYI, YIN HONGFU, LUCAS S.G., ACHARYYA S.K., (eds), Late Palaeozoic and Early Mesozoic Circum–Pacific Events and their global correlation. Cambridge University Press. 51–65.
- CONTI M.A., MARIOTTI N., MANNI R., NICOSIA U., 1999 Tetrapod footprints in the Southern Alps: an overview. In CASSINIS G., CORTESOGNO L., GAGGERO L., MASSARI F., NERI C., NICOSIA U., PITTAU P. (coord.), Stratigraphy and facies of the Permian deposits between eastern Lombardy and the western Dolomites. Field trip guidebook International Congress on: "The Continental Permian of the Southern Alps and Sardinia (Italy). Regional reports and general correlations". Brescia 15–25 September 1999: 137–138.
- DEMATHIEU G., GAND G., TOUTIN MORIN N., 1992 La palichnofaune des bassin permiens provencaux. Geobios. 25 (1): 19–54.
- DE SITTER L.U., DE SITTER KOOMANS C.M., 1949 The geology of the Bergamasc Alps, Lombardia, Italy. Leidse Geol. Meded. 14 (B): 1–257.
- DOZY J.J., 1935 Einige Tierfärhten aus dem Unteren Perm der Bergamasker Alpen. Paläont. Z. 17 (1/2): 45-55.
- DVITASHVILIL.S., 1945 Tsenozy zhivykh organizmov I organicheskikh ostatkov [Coenoses of living organisms and organic remains]. Akademiya Nauk Gruzin SSR. 6: 527–534.
- DZULINSKY S., WALTON E.K., 1965 Sedimentary features of flysch and greywackes. Developments in Sedimentology. 7: 274 pp.
- FORCELLA F., SCIUNNACH D., SILETTO G.B., 2001 The Lower Permian in the Orobic Anticlines (Lombardy, Southern Alps): criteria for field mapping towards a stratigraphic revision of the Collio Formation. In: CASSINIS G. (ed.), Permian continental deposits of Europe and other areas. Regional reports and correlations. *Natura Bresciana*, *Monografia*. 25: 51–57
- FREY R.W., PEMBERTON S.G., 1987 The Psilonichnus ichnofacies, and its relationship to adjacent marine and nonmarine ichnocoenoses along the Georgia coast. *Bull. Canadian Petrol. Geol.* 35: 333–3587.
- FREY R.W., PEMBERTON S.G., FAGERSTROM J.A., 1984 Morphological. Ethological, and environmental significance of the ichnogenera Scoyenia and Ancorichnus. J. Paleont. 58: 511–528.
- GENISE J.F., MANGANO M.G., BUATOIS L.A., LAZA J.H., VERDE M., 2000 Insect trace fossils associations in paleosols: the *Coprinisphaera* ichnofacies. *Palaios.* 15: 49–64.
- GIANOTTI R., DACCÒ G., DROGHI D., SANTI G., 2001 La successione permiana tra la Valle Pescegallo e la Val Varrone (Lombardia). Stratigrafia e tettonica. Atti Ticinensi di Scienze della Terra Pavia. 42: 125–140.
- GIANOTTI R., MORINI S., MOTTALINI G., SANTI G., 2002 La successione Permiana e Triassica tra la Rocca di Pescegallo ed il Lago Valmora (Lombardia, Bacino Orobico). Stratigrafia e paleontologia. Atti Ticinensi di Scienze della Terra Pavia. 43: 55–72.
- GIERLOWSKI-KORDESCH E., 1991 Ichnology of an ephemeral lacustrine/alluvial plain system: Jurassic East Berlin Formation, Hartford Basin, USA. *Ichnos.* 1: 221–232.
- GRADSTEIN F.M., OGG J., 1986 A Phanerozoic time scale. Episodes, insert 19: 3-4.
- HARLAND W.B., ARMSTRONG R.I., COX A.V., CRAIG L.E., SMITH A.G., SMITH D.G., 1990 A geological time scale. (1989). Cambridge University Press.
- HASIOTIS S.T., 1997 Redefining continental ichnology and the Scoyenia ichnofacies. Unpublished Ph.D. dissertation, University of Colorado, Boulder. 182 pp.
- HASIOTIS S.T., 2004 Reconnaissance of Upper Jurassic Morrison Formation ichnofossils, Rocky Mountain region, USA: paleoenvironmental, stratigraphic, and paleoclimatic significance of terrestrial and freshwater ichnocoenoses. In TURNER C.E, PETERSON F., DUNAGAN S.P. (eds.), Reconstruction of the extinct ecosystem of the Upper Jurassic Morrison Formation. *Sediment. Geol.* 167: 177–268.
- HAUBOLD H., 1971 Ichnia Amphibiorum et Reptiliorum fossilium. In KUHN O., (ed.), Handbuch der Paläoherpetologie Encyclopedia of Paleoherpetopogy Teil 18. G. Fisher-Verlag, Stuttgart-Portland, USA. 124 pp.
- HAUBOLD H., LUCAS S.G., 2003 Tetrapod footprints of the Lower Permian Xchoza Formation at Castle Peak, Texas. Paläont. Z. 77 (2): 247–261.
- HAUBOLD H., HUNT A.P., LUCAS S.G., LOCKLEY M.G., 1995 Wolfcampian (Early Permian) vertebrate tracks from Arizona and New Mexico. In LUCAS S.G., HECKERT A.B., (eds.), Early Permian footprints and facies. New Mexico Museum Natural History & Sciences Bulletin 6: 135–165.
- HUNT A.P., LUCAS S.G., 2006 Permian tetrapod ichnofacies. In LUCAS S.G., CASSINIS G., SCHNEIDER J. (eds.), Non–Marine Permian Biostratigraphy and Biochronology. *Geol. Soc. London, Special Publication*. 265: 137–156.
- HUNT A., LUCAS S.G., SPIELMANN J.A., 2005 Paleoenvironmental transects and tetrapod biotaxonichnofacies

in New Mexico. In LUCAS S.G., ZEIGLER K.E., (eds), The Nonmarine Permian. New Mexico Museum of Natural History & Science Bulletin. 30:49–51.

- IGCP GROUP 203 (ed.), 1986 Field guide-book of Permian and Permian-Triassic boundary in the South-Alpine segment of the western Tethys. Project n. 203, SGI, Brescia, July 1986. Tipolitografia Commerciale Pavese, Pavia. 180 pp.
- JADOUL F., FORCELLA F., BINI A., FERLIGA C., (eds), 2000 Carta geologica della Provincia di Bergamo. A cura di: Servizio Territorio della Provincia di Bergamo, Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Milano – Centro di Studio per la geodinamica alpina e del Quaternario del C.N.R.–.
- KEIGHLEY D.G., PICKERILL R.K., 2003 Ichnocoenoses from the Carboniferous of eastern Canada and their implications for the recognition of ichnofacies in nonmarine strata. *Atlantic Geology*, 39: 1–22.
- KOZUR H., 1989 Bericht. The Permian–Triassic boundary in marine and continental sediments. Zbl. Geol. Paläont. 1 (1988): 1245–1277.
- KOZUR H.W., LEMONE D.V., 1995 New terrestrial arthropod trackways from the Abo Member (Sterlitamakian, Late Sakmarian, Late Wolfcampian) of the Shalem Colony section, Robledo Mountains, New Mexico. In LUCAS S.G., HECKERT A.B., (eds.), Early Permian footprints and facies. *New Mexico Museum Natural History & Sciences Bulletin*, 6: 107–113.
- LOCKLEY M.G., MEYER C.A., 2000 Dinosaur tracks and other fossil footprints of Europe. Columbia University Press, New York. 323 pp.
- LOCKLEY M.G., HUNT A.P., MEYER C.A., 1994 Vertebrate tracks and the ichnofacies concept: implications for palaeoecology and palichnostratigraphy. In DONOVAN S.K., (ed.), The Paleobiology of trace fossils. Wiley and Sons, New York. 241–268.
- LAWFIELD A.M.W., PICKERILL R.K., 2006 A novel contemporary fluvial ichnocoenose: unionid bivalves and the Scoyenia–Mermia ichnofacies transition. Palaios. 21: 391–396.
- MAC NAUGHTON R.B., PICKERILL R.K., 1995 Invertebrate ichnology of the nonmarine Lepreau Formation (Triassic), Southern New Brunswick, eastern Canada. J. Paleont. 69: 160–171.
- MASSARI F., NERI C., 1994 The infill of a supradetachement (?) basin: the continental to shallow-marine Upper Permian succession of Dolomites and Carnia (Italy). *Sediment. Geol.* 110: 181–221.
- MASSARI F., CONTI M.A., FONTANA D., HELMOLD K., MARIOTTI N., NERI C., NICOSIA U., ORI G.G., PASINI M., PITTAU P., 1988 – The Val Gardena Sandstone and the Bellerophon Formation in the Bletterbach Gorge (Alto Adige, Italy): biostratigraphy and sedimentology. *Mem. Sci. Geol. Padova*. 40: 229–273.
- MASSARI F., NERI C., PITTAU P., FONTANA D., STEFANI C., 1994 Sedimentology, palynostratigraphy and sequenze stratigraphy of a continental to shallow marine rift-related succession: Upper Permian of the eastern Southern Alps (Italy). *Mem. Sci. Geol. Padova*. 46: 119–243.
- MCKEEVER P.J., HAUBOLD H., 1996 Reclassification of vertebrate trackways from the Permian of Scotland and related forms from Arizona and Germany. J. Paleont. 70:1011–1022.
- MENNING M., 1995 A numerical time scale for the Permian and Triassic Periods: an integrated time analysis. In SCHOLLE P.A., PERYT T.M., ULMER–SCHOLLE D.S., (eds), The Permian of Northern Pangea. 1. Springer–Verlag Stuttgart–Portland, USA. 77–97.
- MENNING M., (2001). A Permian time-scale 2000 and correlation of marine and continental sequences using the Illawarra Reversal (265 Ma). In: CASSINIS G. (ed.), Permian continental deposits of Europe and other areas. Regional reports and correlations. *Natura Bresciana*, *Monografia*. 25: 355–362.
- NICOSIA U., RONCHI A., SANTI G., 2000 Permian tetrapod footprints from W Orobic Basin (Northern Italy). Biochronological and evolutionary remarks. *Geobios*. 33 (6): 753–768.
- NICOSIA U., RONCHI A., SANTI G., 2001 Tetrapod footprints from the Lower Permian of western Orobic Basin (N. Italy). In: CASSINIS G. (ed.), Permian continental deposits of Europe and other areas. Regional reports and correlations. Natura Bresciana, Monografia. 25: 45–50.
- ODIN G.S., 1994 Geological time scale (1994). C. R. Acad. Sci. Paris série II. 318: 59-71.
- ODIN G.S., ODIN C., 1990 Échelle numérique des temps géologiques. Géochroniques. 35: 12-21.
- PEROTTI C.R., 1999 Permian tectonics in the Central Southern Alps. In CASSINIS G., CORTESOGNO L., GAGGERO L., MASSARI F., NERI C., NICOSIA U., PITTAU, P. (eds), Stratigraphy and facies of the Permian deposits between eastern Lombardy and the western Dolomites. Field trip guidebook International Congress on: "The Continental Permian of the Southern Alps and Sardinia (Italy). Regional reports and general correlations". Brescia 15–25 September 1999: 19–20.
- POLLARD J.E., STEEL R.J., UNDERSRUD E., 1982 Facies sequences and trace fossils in lacustrine–fan delta deposits, Homelen Basin (M. Devonian), western Norway. Sediment. Geol. 32: 63–87.
- RONCHI A., SANTI G., 2003 Non-marine biota from the Lower Permian of the Central Southern Alps (Orobic and Collio Basins, N Italy): a key to the paleoenvironment. *Geobios*. 36 (6): 749–760.
- RONCHI A., SANTI G., CONFORTINI F., 2005 Biostratigraphy and facies in the continental deposits of the central Orobic Basin: A key section in the Lower Permian of the Southern Alps (Italy). In LUCAS S.G.,

#### SANTI GIUSEPPE

ZEIGLER K.E., (eds), The Nonmarine Permian. New Mexico Museum of Natural History & Science Bulletin. 30: 273–281.

- SANTI G., 2001a Tetrapod ichnology of Early Permian deposits in the Orobic Basin (Southern Alps, Northern Italy). Intern. Congr. on "Stratigraphic and structural evolution on the Late Carboniferous to Triassic continental and Marine in Tuscany (Italy). Regional reports and general correlation". Siena 30.4–7.5, 2001. Abstract vol.: 59–60.
- SANTI G., 2001b Icniti di tetrapodi permiani nelle Alpi bergamasche. Nota preliminare. Rend. Ist. Lomb. Accad. Sci. e Lett., Classe B. 133 (1999) /1–2: 41–50.
- SANTI G., 2006 Towards a better picture of the *Batrachichnus* ichnofacies (Lower Permian) from South–Alpine Region, Northern Italy. Intern. Conf. on "Stratigraphy and Palaeogeography of Late–and Post–Hercynian basins in the Southern Alps, Tuscany and Sardinia (Italy)". Siena 18–23 September 2006. Abstract vol.: 17–18.
- SANTI G., 2007 a Lower Permian invertebrate ichnocoenosis from the Orobic Basin, North Italy. Boll. Soc. Pal. It. 45 (2–3) (2006): 201–212.
- SANTI G., 2007 b The variation in the ichnofauna of the Collio Formation (Lower Permian) in the South–Alpine region (North Italy). *Ichnos.* 14 (1–2): 91–104.
- SANTI G., 2007 c New dignity for the extramorphological imprints: an attempt of morphodynamic analysis on vertebrate footprints from the Lower Permian of the South–Alpine (Northern Italy). The Grzybowski Foundation Special Paper. 12: 79–92.
- SANTI G., 2007 d A short critique of the ichnotaxonomic dualism *Camunipes–Erpetopus*, Lower Permian ichnogenera from Europe and North America. *Ichnos*.14 (3–4): 185–191.
- SANTI G., KRIEGER C., 1999 Nuove impronte di tetrapodi permiani della Valle dell'Inferno (Lombardia–Italia settentrionale). Osservazioni sistematiche e biocronologiche. *Geologia Insubrica*. 4 (2): 27–33.
- SANTI G., KRIEGER C., 2001 Lower Permian tetrapod footprints from Brembana Valley (Lombardy–Northern Italy). Revue de Paléobiologie Genève. 20(1): 45–68.
- SANTI G., KRIEGER C., 2003 Invertebrate trace fossils from "upper" Collio Formation (Lower Permian) in the Valtellina area (Orobic Basin, Southalpine, Northern Italy). An observation. *Batalleria*. 11 (2002–2003): 75–80.
- SCHALTEGGER U., BRACK P., 1999 Radiometric age constraints on the formation of the Collio basin (Brescian Prealps). In CASSINIS G., CORTESOGNO L., GAGGERO L., MASSARI F., NERI C., NICOSIA U., PITTAU, P. (eds), Stratigraphy and facies of the Permian deposits between eastern Lombardy and the western Dolomites. Field trip guidebook International Congress on: "The Continental Permian of the Southern Alps and Sardinia (Italy). Regional reports and general correlations". Brescia 15–25 September 1999: 71.
- SCIUNNACH D., 2001 The Lower Permian in the Orobic Anticline (Southern Alps, Lombardy): a review based on new stratigraphic data. *Riv. It. Pal. Strat.* 101(1): 47–68.
- SEILACHER A., 1964 Biogenic sedimentary structures. In IMBRIE J., NEWELL N., (eds.), Approaches to Paleoecology. Wiley, New York. 296–316.
- SEILACHER A., 1967 Bathymetry of trace fossils. Marine Geology. 5: 413-428.
- SEILACHER A., 1978 Use of trace fossils assemblages for recognizing depositional environments. In BASAN P.B. (ed.), Trace Fossils Concepts. Society of Economic Palaeontologists and Mineralogists Short Course. 5: 167–181.
- SMITH R.M.H., MASON T.R., WARD J.D., 1993 Flash-flood sediments and ichnofacies of the Late Pleistocene Homeb Silts, Kuiseb River, Namibia. Sediment. Geol. 85: 579–599.
- SWANSON B.A., CARLSON K.J., 2002– Walk, wade, or swim? Vertebrate traces on an Early Permian lakeshore. Palaios. 17: 123–133.
- VOIGT S., HAUBOLD H., 2000 Analyse zur variabilität der tetrapodenfährte Ichniotherium cottae aus dem Tambacher Sandstein (Rotliegend, Unter-Perm, Thüringen). *Hallesches Jb. Geowiss.* B22: 17–58.
- WALKER E., 1985 Arthropod ichnofauna of the Old Red Sandstone at Dunure and Montrose, Scotland. Trans. R. Soc. Edinburgh, Earth Sci. 76: 287–297.
- WALTER H., 1983 Zur Taxonomie, Ökologie und Biostratigraphie der Ichnia limnisch-terrestrischer Arthropoden des mitteleuropäischen Jungpaläozoikum. Freiberger Forschh. C382: 146–193.

# DEFINIZIONE DEGLI STANDARD DI CATALOGAZIONE DEI BENI PALEONTOLOGICI: STATO DELL'ARTE E PROSPETTIVE FUTURE

# MARIAGABRIELLA FORNASIERO\*, LETIZIA DEL FAVERO\*

\* Museo di Geologia e Paleontologia – Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Geoscienze, via Giotto 1, 35121 Padova (Italia).

Abstract – Definition of standards for the cataloguing of fossils: state of the art and future prospects – Museum collections should be carefully registered in a catalogue which must then be made available to both current and future generations. In the past this cataloguing consisted simply in a manuscript which contained only essential information. Nowadays Information Technology has streamlined and greatly enhanced the whole process. Great quantities of information can now be stored much more quickly, easily and cheaply. This has brought about an extraordinary improvement in the exchange of information. However, in sharing information, universally applicable technical and data standards are essential, otherwise the documents won't be understood by all users.

In this paper a model for the standardization of data concerning the cataloguing of fossils is proposed for the first time. This model was devised in accord with the standardization norms given by ICCD (Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione del Ministero per i Beni e le Attività Culturali) for the purpose of maintaining Italy's cultural heritage. This work was first undertaken in 1998 by the staff of the museums of the University of Padova. This model enables the museum curators to register numerous and various types of information on the specimens in their care.

Key words: cataloguing, palaeontological collections, standard.

**Riassunto breve** – Lo straordinario miglioramento della gestione e condivisione della documentazione relativa agli oggetti musealizzati, avvenuto grazie all'introduzione dell'informatica, implica necessariamente l'adozione di standard condivisi di catalogazione.

In questo lavoro viene presentata una bozza di tracciato per la catalogazione dei beni paleontologici, in accordo con gli standard dell'ICCD, già esistenti per altri beni culturali.

Parole chiave: catalogazione, collezioni paleontologiche, standard.

#### 1. – Premessa

La ricchezza di ogni museo è rappresentata dalle collezioni che esso possiede, conserva e valorizza. La catalogazione dei beni museali deve "rientrare fra le attività ordinarie del museo" e deve essere "accessibile e disponibile" (MIBAC, 2000, 2001). Essa è un atto fondamentale, non solo ai fini patrimoniali e della sicurezza, ma anche per conferire la giusta dignità agli oggetti musealizzati. La documentazione relativa ad ogni reperto è infatti un patrimonio culturale e scientifico inscindibile dal reperto stesso, che comprende una grande varietà di dati, quali la sua identificazione, descrizione, provenienza, dati patrimoniali, eccetera. Con la catalogazione i dati diventano informazioni fruibili da un'ampia gamma di utenti: dagli operatori museali, agli studiosi, al grande pubblico (ICOM, 2006). In definitiva la catalogazione genera conoscenza sulle collezioni (HOGENBOOM, 1996; STARRE, 1996).

Nel passato la catalogazione veniva effettuata tradizionalmente, ovvero con registri manoscritti, che seguivano fondamentalmente solo il numero di catalogo e quindi l'ordine di acquisizione dei reperti. Negli ultimi decenni, con l'avvento dell'informatica, l'attività di catalogazione è diventata via via più rapida ed efficace. L'informatica ha messo a disposizione mezzi sempre più veloci, sofisticati e non da ultimo economicamente convenienti. Uno degli aspetti più rilevanti della catalogazione informatizzata è sicuramente lo straordinario miglioramento della gestione dei dati, della loro accessibilità e soprattutto della loro condivisione a tutti i livelli. Ciò implica la necessità di adottare degli standard comuni per la registrazione dei dati in modo che queste informazioni possano diventare patrimonio di tutti.

#### 2. – L'esperienza dell'Università di Padova

Nel 1998 il C.I.S.M.S., odierno CAM (Centro di Ateneo per i Musei), dell'Università degli Studi di Padova propose come progetto generale di Ateneo il "censimento informatizzato dei beni di valore storico scientifico e artistico dell'Università di Padova". Il progetto, in seguito denominato Progetto MUSA, nel 2001, fu finanziato dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR) e divenne più ambizioso, in quanto si propose di creare non solo il "Catalogo Unico Informatizzato dei Beni Museali di Ateneo", ma soprattutto una vera e propria "rete museale" di ateneo nella quale tutti i musei potessero agire sinergicamente.

È in questo contesto che il personale del CAM cominciò ad elaborare una scheda unica di catalogazione dei beni naturalistici, nell'ambito della quale si sono affrontate problematiche di diverso tipo, tra le quali ad esempio la necessità di allinearsi agli standard di catalogazione, già esistenti, dell'Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione del Ministero per i Beni e le Attività Culturali (ICCD).

In seguito, nel 2003, è emersa la necessità di separare i tracciati delle varie discipline, al fine di garantire ad ognuna il mantenimento delle proprie peculiarità. Ebbe così inizio lo sviluppo della scheda per la catalogazione dei Beni Paleontologici qui illustrata.

#### 3. – La catalogazione dei beni paleontologici: proposta di un tracciato

Fino a giugno del 2006 non esistevano standard nazionali di catalogazione per i beni naturalistici, fossili compresi. Al contrario per altri beni culturali esistono da molti anni dei ben collaudati standard di catalogazione validati dall'ICCD e inseriti nel sistema informativo SIGEC. I beni paleontologici godono di un particolare *status* giuridico: essi sono infatti equiparati in tutto e per tutto ai reperti archeologici (legge 1089/1939, Dlgs 490/1999, Dlgs 42/2004), ragione per cui la loro catalogazione deve necessariamente confrontarsi con quella dei beni archeologici. Purtroppo gli standard esistenti non risultano del tutto idonei alla catalogazione dei fossili, in quanto tra le due tipologie di beni sussiste un'oggettiva e innegabile diversità.

	Acronimo	Nome del campo/paragrafo	Dimensione	Ripetitività	Vocabolario	Obbligatorio
paragrafo	DO	FONTI E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO				
campo strutturato	FTA	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA		si		(*)
	FTAX	Genere	25		chiuso	*
	FTAP	Тіро	25		aperto	*
	FTAA	Autore	50			
	FTAD	Data	25			
	FTAE	Ente proprietario	250			
	FTAC	Luogo di collocazione	50			
	FTAN	Codice identificativo	25			*
	FTAT	Note di ripresa	250			
	FTAF	Formato	25			

**Fig. 1:** Esempio di organizzazione dei campi nel tracciato della scheda di catalogazione dei beni paleontologici. Legenda: \* = riempimento obbligatorio, (\*) = obbligatorietà di contesto; ulteriori spiegazioni nel testo alla sezione 3.

**Fig. 1:** Example of the organization of the fields in the catalogue card of the palaeontological collection. Translation of terms and legend: Paragrafo = Paragraph; Campo strutturato = Structured field; Sottocampo = Subfield; Acronimo = Acronym; Nome del campo/paragrafo = Name of the field/ paragraph; Dimensione = Dimension (of the field); "Ripetitività" = Repeatability – this indicates if it is possible to record more similar data, all related to a single find (si = yes); "Vocabolario" = Vocabulary, this indicates that there is a list from which the operator can choose a term, "aperto" = open; this means that the operator is able to update the list, "chiuso" = closed; this means that the operator can not modify the list; "Obbligatorio" = Obligatory, \* = this indicate if it is compulsory to fill a certain field; (\*) = this indicates that it is compulsory to fill the field only in certain cases.

Nel modello qui presentato si è cercato di preservare questo "dualismo" che contraddistingue i beni paleontologici senza peraltro sminuirne la matrice naturalistica e la valenza ambientale.

Inoltre è stata posta particolare attenzione alle esigenze di coloro che saranno i principali utenti della scheda, ovvero gli operatori museali, che si confrontano quotidianamente con la gestione delle collezioni.

L'organizzazione dei campi segue il modello delle schede validate dall'ICCD (1992, 2004), vedere l'esempio in Fig. 1.

I numerosi campi presenti nella scheda di paleontologia sono utilizzabili da varie tipologie di musei, universitari e non. Il grande numero di campi, pur rendendo la scheda articolata, consente di far fronte alle più diverse esigenze di catalogazione, permettendo di registrare in modo flessibile una grande varietà di dati.

La presenza di vocabolari, cioè di liste di termini dai quali scegliere per riempire un dato campo, minimizza il rischio di propagazione degli errori. I vocabolari possono essere aperti, ovvero aggiornabili dall'operatore, oppure chiusi, cioè non modificabili.

Un tracciato di questo tipo, non solo rappresenta il punto di partenza da cui sviluppare un programma di catalogazione specifico, ma permette soprattutto di ottenere uno standard catalografico mediante il quale scambiare informazioni, indipendentemente dai programmi e dalle banche dati in uso nelle singole istituzioni. La complessità della scheda è quindi solo apparente, in quanto molti dei campi presenti possono essere a riempimento automatico (es: data di catalogazione, nome del catalogatore, sede del museo), oppure la compilazione di uno esclude la compilazione di un altro eccetera. Tutto dipende dalla strutturazione del programma che verrà utilizzato e dall'interfaccia grafica, che risultano particolarmente importanti per rendere le schede semplici e veloci da riempire.

Tra gli aspetti particolarmente interessanti di questa scheda c'è la ripetitività di molti campi, ossia l'opportunità di inserire istanze multiple. Un esempio è dato dai campi relativi alla documentazione (bibliografia, immagini, documenti multimediali, eccetera).

È infatti possibile, ad esempio, archiviare più immagini dello stesso reperto, annotando anche i dati relativi alla disponibilità e all'archiviazione di immagini in formato non digitale (fotografie a stampa, diapositive, eccetera).

Infine questo tracciato consente di utilizzare un sistema di schede "complesse" (del tipo scheda principale–schede secondarie), utile fra l'altro per correlare fra loro più schede relative a singoli reperti (es: gli elementi che costituiscono uno scheletro composito, oppure diversi fossili presenti in una stessa lastra di roccia...).

I campi presenti nella scheda sono di due tipi: "campi trasversali", che sono comuni alle altre schede ICCD, e "campi specifici", che riguardano dati strettamente inerenti ai reperti fossili, quali l'inquadramento sistematico e l'età geologica dell'esemplare catalogato.

Nell'elaborare le norme di compilazione si è cercato, ove possibile, di recepire le norme già esistenti emanate dall'ICCD (1992, 2004), senza per altro operare forzature. Ne consegue che alcuni campi sono stati reinterpretati introducendo la nomenclatura più appropriata. Per la compilazione dei campi specifici, di nuova introduzione, si è fatto riferimento agli standard nazionali e internazionali di nomenclatura.

#### 4. – Prospettive future

Nonostante i lavori siano giunti a un buon punto restano ancora alcuni passi da compiere prima di procedere alla sperimentazione. In particolare si ritiene utile un confronto tra la scheda di Paleontologia e quelle degli altri beni naturalistici (Botanica, Mineralogia, Petrologia, Planetologia e Zoologia) per un'ulteriore verifica del tracciato e delle norme di compilazione, prima della validazione definitiva da parte dell'ICCD. Per fare ciò è necessario un tavolo tecnico che coinvolga, oltre alle Regioni, tutti i soggetti che hanno aderito ai protocolli d'intesa in tema di catalogazione dei beni culturali, ovvero la Conferenza dei Rettori delle Università Italiane (CRUI), il Ministero per i Beni e le Attività Culturali (MIBAC), l'Ente per le Nuove Tecnologie l'Energia e l'Ambiente (ENEA) e l'Associazione Nazionale Musei Scientifici (ANMS).

Lavoro consegnato il 25.01.2007
#### RINGRAZIAMENTI

Ringraziamo il Prof. Antonio Russo dell'Università degli Studi di Modena per averci dato l'opportunità di presentare il frutto del nostro lavoro alle Giornate di Paleontologia 2006. Siamo inoltre particolarmente grate a tutte quelle persone che ci hanno aiutate.

#### BIBLIOGRAFIA

- ICCD 1992 Ministero per i Beni e le Attività Culturali Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione: Strutturazione dei dati delle schede di catalogo e precatalogo; Beni archeologici, reperti mobili (Scheda RA-N). Disponibile sul sito: www.iccd.beniculturali.it.
- ICCD 2004 Ministero per i Beni e le Attività Culturali Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione: Sistema Informativo Generale del Catalogo (SIGEC); Normative catalografiche 3.00. Disponibile sul sito: www.iccd.beniculturali.it.
- ICOM 2006 ICOM code of ethics for museums. 16pp. Disponibile online sul sito: http://icom.museum/code2006\_ eng.pdf.
- MIBAC 2000 Ministero per i Beni e le Attività Culturali: Atto di indirizzo sui criteri tecnico-scientifici e sugli standard di funzionamento e sviluppo dei musei (art. 150, comma 6, D.L. n. 112/1998) – Elaborati del Gruppo di lavoro. D.M. 25.7.2000.
- MIBAC 2001 Ministero per i Beni e le Attività Culturali: Atto di indirizzo sui criteri tecnico-scientifici e sugli standard di funzionamento e sviluppo dei musei (Art. 150, comma 6, D.L. n. 112/1998). D.M. 10.5.2001.
- HOGENBOOM J., 1996 Introduction to museum documentation. ICOM-CIDOC Study Series, 3: 2–3.
- STARRE VAN DER J., 1996 3D Article on multimedia imaging related to museum documentation. ICOM-CIDOC Study Series, 3: 28–29.

# PRELIMINARY DATA ON THE FRESHWATER OSTRACODS FROM THE MIDDLE–LATE PLIOCENE TIBERINO "PALAEO–ANCIENT LAKE" (UMBRIA, CENTRAL ITALY)

#### MARIA CHIARA MEDICI<sup>1</sup>, ELSA GLIOZZI<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Scienze Geologiche, Università degli Studi Roma Tre, Largo S. Leonardo Murialdo, 1, 00146 Roma, Italy. E-mail: mmedici@uniroma3.it, gliozzi@uniroma3.it

<sup>2</sup> Istituto IGAG, CNR, Roma, Italy.

Abstract – In this paper the preliminary results of the analyses on the ostracod assemblages coming from the Middle– Late Pliocene Tiberino Lake (Umbria, central Italy) are discussed. Three sections have been investigated, Cava Toppetti and Fosso Bianco, whose sediments record a deep lacustrine facies, and Dunarobba, which represents the littoral facies of the lake. Cava Toppetti and Fosso Bianco ostracod assemblages are very similar, made exclusively by Candonidae (six genera and eleven species, nine of which are new) and Limnocytherinae (one genus including one new species), while at Dunarobba the assemblages are more diversified, including Candonidae (four genera and five species), Limnocytherinae (one genus including one new species), Ilyocyprididae (one genus and three species), Cytherideinae (one genus and two species) and Cyprididae (two genera and two species, one of which is new). On the whole, the Tiberino Lake ostracod assemblages seems to be characterised by a high degree of endemism, particularly in the deep lacustrine facies (up to 83%) and, among the Candoninae, intralacustrine species flock". The characteristics of the collected ostracod fauna, coupled with the long duration of the lacustrine sedimentation (1.8 Ma) concur to suggest that the Middle–Late Pliocene Tiberino Lake was a "palaeo–ancient lake".

Key words: freshwater ostracods, Middle-Late Pliocene, "palaeo-ancient lake", Tiberino Lake, Umbria (central Italy)

Riassunto – Dati preliminari sulle ostracofaune dulcicole del Lago Tiberino, un esempio di "palaeo-ancient lake" del Pliocene medio–Pliocene superiore – Vengono presentati i risultati preliminari dello studio sulle ostracofaune rinvenute nel Lago Tiberino (Umbria, Italia centrale) di età pliocenica media e superiore, campionate in tre sezioni: Cava Toppetti e Fosso Bianco, che documentano le facies lacustri più profonde, e Dunarobba, relativa alle facies lacustri litorali. Le ostracofaune di Cava Toppetti e Fosso Bianco, che documentano le facies lacustri più profonde, e Dunarobba, relativa alle facies lacustri litorali. Le ostracofaune di Cava Toppetti e Fosso Bianco sono costituite solo da Candonidae (sei generi e undici specie, nove delle quali sono nuove) e Limnocytherinae (un genere con una specie nuova), mentre a Dunarobba le associazioni sono più diversificate, con Candonidae (quattro generi e cinque specie), Limnocytherinae (un genere con una specie nuova), Ilyocyprididae (un genere con tre specie), Cytherideinae (un genere e due specie) e Cyprididae (due generi e due specie, una delle quali è nuova). In generale le ostracofaune sembrano mostrare un elevato livello di endemismo, particolarmente nella facies lacustre profonda (fino all'83%) e, soprattutto tra le Candoninae, si registra una marcata speciazione intralacustre per i generi *Candona (Neglecandona), Sirmiella e "Caspiocypris"*. Quest'ultimo genere dà origine ad uno "species flock". I caratteri peculiari dell'ostracofauna, unitamente alla lunga durata della sedimentazione lacustre (1.8 Ma) suggeriscono che il Lago Tiberino possa essere definito come un esempio di "palaeo-ancient lake". **Parole chiave: ostracodi dulcicoli, Pliocene Medio–Superiore, "palaeo-ancient lake", Lago Tiberino, Umbria (Italia centrale)** 

### 1. – Introduction

With the term "ancient lake" geologists mean a lake that persisted for more than 1 Ma, while the biologists define it as a lake that contains floras and faunas characterized by a high degree of endemism and raised diversity (FROGLEY et al., 2002). Indeed, according to GORTHNER (1994) the geological age is not sufficient to define an "ancient lake", since the lake must be characterised by "longevity", i.e. stable lacustrine conditions must persist for long times. Ostracod assemblages recorded in the "ancient lakes" are made mainly by Limnocytheridae and Candonidae, with rare Cyprididae, or only by Candonidae and Cytherideinae.

Darwinulidae are never recorded (MARTENS, 1994). Moreover, ostracods from "ancient lakes" show a high degree of endemism at a generic or specific level (MARTENS, 1994; FROGLEY et al., 2002).

In this paper, the preliminary data on the ostracod assemblages collected from the Middle–Late Pliocene Tiberino Lake are presented. Comparisons with ostracod faunas from extant "ancient lakes" are provided to suggest that the Tiberino Lake could be an example of "palaeo–ancient lake" sensu GORTHNER, MEIER– BROOK (1985) and VAN DAMM, PICKFORD (2003). The new taxa collected in the Tiberino Lake samples will be illustrated in a future paper.

### 2. - Geographical and geological setting of the Tiberino Lake

The Tiberino Basin is an extensional depression located in Umbria (central Italy), with an updown–Y shape. Its western branch extends from Perugia the to the north, to San Gemini to the south, while the eastern branch is comprised by Sansepolcro and Spoleto (Fig. 1). Its filling deposits have been included by BASILICI (1995, 1997) within four Units: the Fosso Bianco Unit, aged Middle to Upper Pliocene, the Ponte Naja Unit (Upper Pliocene), the S. Maria di Ciciliano Unit (Upper Pliocene–Lower Pleistocene) and the Acquasparta Unit (Lower Pleistocene). During times, the Tiberino basin evolved from a deep lacustrine environment (Tiberino Lake, Fosso Bianco Unit) to a braided plain environment (S. Maria di Ciciliano Unit) due to the progressive filling of the lake by an alluvial conoid (Ponte Naja Unit). Along the Apennine margin of the Tiberino Basin, at the end of the filling phase, small carbonate lakes developed (Acquasparta Unit) (Fig.1).

The ostracods studied in the present paper come from the Fosso Bianco lacustrine unit, and were collected at three different localities: the Toppetti Quarry section, near Todi, the Fosso Bianco section, along the homonymous stream, and the Dunarobba section (Fig. 1). According to the sedimentary facies analyses carried out by AMBROSETTI et al. (1995) and BASILICI (1997), the first two sections are representative of a deep lacustrine facies, while the Dunarobba section corresponds to a littoral lacustrine environment. Several multidisciplinary analyses were carried out on sediments cropping out at Toppetti Quarry and Fosso Bianco section, among which, beyond sedimentology, there are palinological, clay mineral and magnetostratigraphic analyses (PONTINI et al., 1996, ABBAZZI et al., 1997; ALBIANELLI et al., 1999; GIAMPAOLO et al., 1999; PONTINI, BERTINI, 2000). They evidenced a long and stable lacustrine environment, affected, by a major climatic change from rather umid and warm to cold and arid conditions that have been related to the onset of the first Late Pliocene glaciation. The Fosso Bianco Unit thickness, measured on composite outcropping sections, was calculated around 250 m (BASILICI, 1997). Within it, magnetostratigraphic analyses recognized the presence of the Gauss/Matuyama boundary (2.581 Ma, CANDE, KENT, 1995) and of the normal Reunion Event (2.15-2.14 Ma, CANDE, KENT, 1995). These chronological constrains lead to calculate the average sedimentation rate of the



Fig. 1 – Geological sketch map of the southern portion of the Tiberino Basin with the location of the sampled sections (redrawn and modified from BASILICI, 1997).

Fig. 1 – Schema geologico dell'area sud–occidentale del Bacino Tiberino, con l'ubicazione delle sezioni studiate (ridisegnata e modificata da BASILICI, 1997).

Fosso Bianco Unit at 140 mm/ka and, thus, to extimate the duration of the Tiberino Lake at around 1.8 Ma.

### 3. - Ostracod assemblages of the Fosso Bianco Unit

Ostracods have been analysed from the 107 m-thick Cava Toppetti section (94 samples), the 86 m-thick Fosso Bianco section (19 samples) and from the clayey deposits which buried the trunks of the Dunarobba Fossil Forest (8 samples). On the whole, ostracods are rather abundant and well preserved although at Cava Toppetti and Fosso Bianco broken ostracod valves are very frequent.

Cava Toppetti and Fosso Bianco ostracod assemblages are very similar, made exclusively by Candonidae (6 genera and 11 species) and Limnocytherinae (1 genus including one new species). A part from very few valves of *Cypria* sp. and juveniles of *Fabaeformiscandona* sp., the Candoninae contingent is entirely represented by new species, referable to *Candona (Neglecandona)* and to other different genera, possibly of Paratethyan origin (such as "*Caspiocypris*", *Sirmiella* and *Labiatocandona*). Assemblages are monotonous and remarkably oligotypic, often with only 2–5 species. These characteristics suggest a stable and deep lacustrine environment, in agreement with the sedimentological data (BASILICI, 1997).

On the contrary, the ostracod assemblages collected at Dunarobba are richer than Cava Toppetti and Fosso Bianco ones. They are referable to Candonidae (4 genera and 5 species), Limnocytherinae (1 genus including one species), Ilyocyprididae (1 genus and 3 species), Cytherideinae (1 genus and 2 species) and Cyprididae (2 genera and 2 species). Within the Dunarobba ostracod fauna, only 2 species are new (Paralimnocythere n. sp. and Hemicypris n. sp.) while the remaining 14 species have been referred to already known taxa with wide European distribution. Dunarobba assemblages are more diversified (4-7 species). The presence of Cyprideis torosa (Jones, 1850) suggests very shallow and slightly saline waters. Moderate depths are also indicated by the sedimentological analyses, which have interpreted the clavey-silty sediments of Dunarobba as deposited in the littoral zone of the Tiberino lake (AMBROSETTI et al., 1995). Moreover, the presence of Cypris subglobosa Sowerby 1840, at present distributed in Paraguay, South Africa, Senegal, Sri Lanka, Jugoslavia and Uzbekistan (MARTENS, 1990a) and of the genus Hemicypris, collected from Jugoslavia, Kenya, Sudan, Eastern Africa and Sokotra Island (MAZZINI, SARDELLA, 2004; KRSTIĆ, 2006) suggests that the Tiberino lake littoral waters were warmer than those of the present-day lakes of central Italy.

# 4. - The Tiberino lake probably is a "palaeo-ancient lake"

Extant "ancient lakes" have been included in three categories (FROGLEY et al., 2002):

1) "ancient lake" in *statu nascendi*, which includes lakes that lived less than 1 Ma and that are still too young to be considered "ancient lake" even if they persisted for some hundred thousand years [Tiberiade lake (Israel) and Ziway–Awassa basin (Ethiopia)], or older lakes that, during their existence underwent catastrophic events which strongly modified the lacustrine environment [for example a high salinity event for the Turkana Lake (Kenya) (COHEN, 1986), the complete desiccation of the Victoria Lake (Kenya–Uganda–Tanzania) and the Tana Lake (Ethiopia) during the Late Pleistocene (respectively 12.400 years B.P., JOHNSON et al., 1996 and from around 18.000 to 15.000 years B.P., LAMB et al., 2007) or the sudden volcanic eruptions which affected the Kivu Lake (Congo Republic) with a periodicity of around one thousand years (DEGENS et al., 1973; SNOEKS, 1994)];

2) "ancient lakes", that display a geological history older than 1 Ma and show high biological diversity and high endemism [Ohrid Lake (Albania–Macedonia), Caspian Sea, Biwa Lake (Honshu, Japan), Malawi Lake (Malawi–Tanzania– Mozambique), Titicaca Lake (Bolivia–Peru)];

3) "old ancient lakes", characterised by a very old history. At present, only two lakes are included within this group: the Tanganyika lake (Burundi–Tanzania–Zambia–Congo Republic) with an age of 9–12 Ma, and the Baikal lake (Russia), aged 25–35 Ma.

"Ancient lakes" of group 2 are characterised by ostracod assemblages made by Limnocytheridae and Candonidae, with rare Cyprididae, while "old ancient lakes" display only Candonidae and Cytherideinae. In both cases the ostracod faunas show a high degree of endemism at specific or even at generic level (Fig. 2). In particular, "ancient lakes" show often the presence of species flocks, which are groups of philogenetically linked species, which coexist in the same ecosystem (GREENWOOD, 1974). According to COULTER (1991) a species flock requires to be monophiletic, endemic and speciosous, thus implying that it must be characterised by an imponent adaptive radiation. Anyway, this latter criterion must be interpreted broadly as the four cyclid species of Lake Malawi are considered to represent a species flock (MARTENS et al., 1994). The most studied endemic lineages are those from Lake Baikal (*Cytherissa* lineage, with 46 species and 10 subspecies and three candonid lineages, *Candona, Pseudocandona* and *Baikalocandona*) (MAZEPOVA, 1994) and Lake Tanganyika (FROGLEY et al., 2002), but also younger ancient lake of group 2 displays some species flocks (FROGLEY et al., 2002).

At present, only two "palaeo–ancient lakes" are known: the Neogene Obweruka Paleolake (Albertine Rift Valley, Congo–Uganda), spanning from about 7.5 to 2.5 Ma and afterwards disrupted into the Lusso and Kaiso small lakes until 2 Ma ago (VAN DAMME, PICKFORD, 2003), and the Middle Miocene Steinheim Lake (Southern Germany) (GORTHNER, MEIER–BROOK, 1985; JANZ, 2000). In the first case ostracods are unknown, but there are examples of endemisms and species flocks concerning molluscs of Family Thiaridae. The Steinheim Lake is supposed to exist for about 2 Ma but, only during its early stage of evolution (*kleini* beds), the lake displayed distinct littoral and profundal zones. Afterwards, trangressive–regressive cycles induced the progressively deepening and shallowing of the lacustrine waterbody, causing a drastic decrease of the ostracod species. Among the collected ostracods a *Leucocythere* lineage has been recorded, with 3 endemic species (JANZ, 2000). Probably, one more "paleo–ancient lake" is represented by the Late Miocene Turiec Basin (Slovakia), characterised by several endemic species and, at least, by the *Euxinocythere* species flock (PIPIK, 2001; PIPIK, BODERGAT, 2004, 2005, 2006, 2007).

The extimated age for the Tiberino Lake, on the basis of the sedimentation average rate calibrated with mammal zones and paleomagnetic data, is around 1.8 Ma (BASILICI, 1997; ABBAZZI et al., 1997), comparable with the ages of the "ancient lakes" of group 2 (Fig.2) The ostracods collected are mainly referable to Limnocytherinae and Candonidae. with few accompanying Cytherideinae and Cyprididae. Darwinulidae are completely absent. Several new species have been recognized both in the deep and littoral lacustrine facies. According to unpublished data at our disposal (ostracod assemblages from the Pliocene Val di Pesa lake), these species seem endemic to the Tiberino Lake. Thus, the Tiberino Lake endemism seems high: 45% of endemic species if both deep and littoral lacustrine facies are considered, 83% if only the deep lacustrine facies is taken into account. These figures are comparable with those displayed by "ancient lakes" of group 2 such as the Ziwai-Awassa lake complex (33% of endemism), Lake Malawi (>60%, MARTENS, 2003), Ohrid (63%) and Titicaca (75%) (Fig. 2). Moreover, among the ostracod collected in the Tiberino Lake, the "Caspiocypris" adaptive radiation is recognized with four new species that show different profiles of the posterior part of the shell (from more pointed to rounded) hypothetically related to the adaptation to progressively shallower waterbodies (SCHORNIKOV, 1966). This group of species, occurring for the first time at different stratigraphic levels, could represent a species flock (Fig. 3). In Lake Malawi, several species

Lake	Age	Max Depth	Surface area	species			genera		
	(Ma)	(m)	(Km <sup>2</sup> )	total	endemic	%	total	endemic	%
Baikal	25–35 Ma	1.700	31.500	171	154	90	10	1	10
Tanganyika	9–12 Ma	1.470	32.600	64	60	94	16	6	38
Malawi	7–8 Ma	785	30.800	>40	35	>60	10	?2	20
Titicaca	3 Ma	284	8.448	4	3	75	4	0	0
Ohrid	2–3 Ma	295	348	52	33	63	13	0	0
Tiberino	> 1.8 Ma	>50	500	27 (12*)	12 (10*)	45 (83*)	14 (7*)	0	0
Ziwai–Awassa	1.6 Ma	ca 226	1.407	15	5	33	10	0	0
Victoria	0,75 Ma	70	70.000	5	4	80	4	0	0

**Fig. 2** – Age, physical parameters and ostracod specific and generic diversity in several "ancient lakes" (data are from MARTENS, 1990b, 1994, 2003; FROGLEY et al., 2002; ATNAFU, RUSSO, 2004). Asterisks indicate the endemism values calculated only for the ostracod assemblages collected in the deep lacustrine facies of the Tiberino lake.

**Fig. 2** – Età, caratteristiche fisiche e diversità delle ostracofaune in diversi *"ancient lakes"*. (Dati da MARTENS, 1990b, 1994, 2003; FROGLEY et al., 2002; ATNAFU, RUSSO, 2004). Gli asterischi indicano i valori di endemismo calcolati solo per le ostracofaune delle facies lacustri profonde del lago Tiberino.



**Fig. 3** – "*Caspiocypris*" species flock at Cava Toppetti. **Fig. 3** – *Species flock* delle forme di "*Caspiocypris*" rinvenute a Cava Toppetti.

flocks have been detected, the only yet described being the *Gomphocythere* species flock made by 5 endemic species (MARTENS, 2003); in the Ziway–Awassa lake complex a *Limnocythere* species flock is recognizable at least from the ancient Holocene, with 2 species and 3 sub–species (MARTENS, 2002; ATNAFU, RUSSO, 2004); in Lake Ohrid at least three "neglectoid" species flocks are signaled (MIKULIC, 1961; FROGLEY et al., 2002) each one with five or six species.

According to these data it is possible to suggest that the Tiberino Lake could be considered one more example of "palaeo-ancient lake".

Lavoro consegnato il 29.01.2007

#### ACKNOWLEDGMENTS

We wish to thank Antonio Russo and Nevio Pugliese for the critical review of this paper. Their suggestions helped us to improve the manuscript.

#### REFERENCES

- ABBAZZI L., ALBIANELLI A., AMBROSETTI P., ARGENTI P., BASILICI G., BERTINI A., GENTILI S., MASINI F., NAPOLEONE G., PONTINI M.R., 1997 – Paleontological and sedimentological record in Pliocene distal alluvional fan deposits at Cava Toppetti (Todi, Central Italy). *Boll. Soc. Paleont. Ital.*, 36 (1–2): 5–22, 8 figs. 2 tabs. 1. pl.
- ALBIANELLI A., BASILICI G., GIAMPAOLO C., GLIOZZI E., LO MASTRO E., MAZZINI I., NAPOLEONE G. and PONTINI M.R., 1999 – Mid–late Pliocene palaeoenvironmental variations in the Valtiberina (Tiber Valley) lacustrine rhythmites: ostracod and pollen distribution related to the magnetocyclic record. 2° International Congress of Limnogeology, Lennou, May 25–28, 1999, Abstract Book, Poster, 1–2.
- AMBROSETTI P., BASILICI G., CIANGHEROTTI A.D., CODIPIETRO G., CORONA E., ESU D., GIROTTI O., LO MONACO A., MENEGHINI M., PAGANELLI A., ROMAGNOLI M., 1995 – La foresta fossile di Dunarobba (Terni, Umbria, Italia centrale): contesto litostratigrafico, sedimentologico, palinologico, dendrocronologico e paleomalacologico. *Il Quaternario*, 8 (2): 465–508, 25 figs.
- ATNAFU B., RUSSO. A, 2004 Late Quaternary lacustrine Ostracoda of the Ziway–Shala Basin (Ethiopia) as palaeoenvironmental indicators. Boll. Soc. Paleont: Ital., 43(1–2): 235–266, 17 figs., 1 tab., 2 pls.
- BASILICI G., 1995 Sedimentologia della parte distale di una conoide alluvionale del Pliocene superiore. Il Quaternario, 8 (1): 37–52, 12 figs.
- BASILICI G., 1997 Sedimentary facies in an extensional and deep lacustrine depositional system: the Pliocene Tiberino Basin, Central Italy. *Sedimentary Geology*, 109: 73–94, 12 figs.
- CANDE S.C. and KENT D.V., 1995 Revised calibration of the geomagnetic polarity timescale for the Late Cretaceous and Cenozoic. J. Geophys. Res., 100(B4): 6093–6095, 3 Tabs.
- COHEN A.S., 1986 Distribution and faunal associations of benthic invertebrates at Lake Turkana, Kenya. *Hydrobiologia*, 141: 179–197.
- COULTER G. (Ed.), 1991 Lake Tanganika and its life. Oxford University Press, London, Oxoford, New York: 1–354.
- DEGENS E.T., von HERZEN R.P., WONG H.K., DEUSER W.G., JANNASCH H.W., 1973 Lake Kivu: structure, chemistry and biology of an East African Rift Lake. *Geol. Rdsch.*, 62(1): 245–277, 16 figs., 3 tabs.
- FROGLEY M.R., GRIFFITHS H.I., MARTENS K., 2002 Modern and fossil Ostracods from ancient lakes. In: HOLMES, J.A., CHIVAS, A.R., 2002. The ostracoda application in Quaternary Research. *Geophisical Monograph*: 167–184, 2 figs, 1 tab.
- GIAMPAOLO C., GLIOZZI E., LO MASTRO S., MAZZINI I., 1999 Dati preliminari sull'evoluzione paleoambientale e paleoclimatica della successione lacustre di Cava Toppetti (Todi, Bacino Tiberino) desunti dallo studio degli ostracodi e della mineralogia delle argille. *Geoitalia*, 2° forum FIST, 1, 115–117.
- GORTHNER A., 1994 What is an ancient lake? In MARTENS K., GODDEERIS B., COULTER G., 1994. Speciation in ancient lakes. Advances in Limnology, Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol., 44: 97–100, 1 fig.
- GORTHNER A., MEIER-BROOK C., 1985 The Steinheim Basin as a Palaeo-Ancient Lake. In BAYER U., SEILACHER A. (Eds.), Sedimentary and Evolutionary Cycles. Springer Verlag, Berlin: 322–334.
- GREENWOOD P.H., 1974 The cyclid fishes of lake Victoria, east Africa: the biology and evolution of a species flock. Bull. British Mus. (Nat. Hist.), Zoology, suppl. 6: 1–134.
- JANZ H., 2000 An example of intralacustrine evolution at an early stage: the freshwater ostracods of the Miocene crater lake of Steiheim (Germany). *Hydrobiologia*, 419: 103–117, 7 figs., 1 tab.
- JOHNSON T.C, SCHOLZ C.A., TALBOT M.R., KELTS K., RICKETTS R.D., NGOBI G., BEUNING K., SSEMMANDA I., MCGILL J.W., 1996 – Late Pleistocene dessiccation of Lake Victoria and rapid evolution of Cichlid fishes. Science, 273, 5278: 1091–1093.
- KRSTIĆ N., 2006 Pliocene ostracodes of the Paludianian Beds in the Pannonian Plain, Serbian part. Special publication Glasnik Prirodnjačkog Muzeja, Beograd: 1–409, 28 colour figs., 28 text–figs., 82 pls.
- LAMB H.F., BATES C.R., COOMBES P.V., MARSHALL M.H., UMER M., DAVIES S.J., DEJEN E., 2007 Late Pleistocene desiccation of Lake Tana, source of the Blue Nile. *Quaternary Science Reviews*, 26: 287–299, 9 figs., 1 tab.

- MARTENS K., 1990a Taxonomic revision of African Cyprinidi, part. 1: the genera Cypris O.F. Müller, Pseudocypris Daday and Globocypris Klie (Crustacea, Ostacoda). Bull. Insti. Royal Sci. Natur. Belgique. Biologie, 60: 127–172, 25 figs.
- MARTENS K., 1990b Speciation and evolution in the genus Limnocythere Brady 1867 sensu strictu (Crustacea, Ostracoda) in the East African Galla and Awassa Basins (Ethiopia). Cour. Forsch. – Inst. Senckenberg, 123: 87–95, 3 figs., 2 tabs.
- MARTENS K., 1994 Ostacod speciation in ancient lakes: a review. In MARTENS K., GODDEERIS B., COULTER G., 1994. Speciation in ancient lakes. Advances in Limnology, Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol., 44: 203–222, 2 figs, 3 tabs.
- MARTENS K., 2002 Ostracoda in the Zwai–Shala–Awasa Basins. In TUDORANCES C., TAYLOR W.D., Ethiopian Rift Valley Lakes, Biology of Inland water Series, *Backhuys Publishers*, Leiden, the Nederlands: 163–166, 1 fig., 1 tab.
- MARTENS K., 2003 On the evolution of Gomphocythere (Crustacea, Ostracoda) in the lake Nyassa/Malawi (East Africa), with the description of 5 new species. *Hydrobiology*, 497: 121–144, 13 figs., 1 tab.
- MARTENS K., COULTER G., GODDEERIS B., 1994 Speciation in ancient lakes–40 years after J.L. Brooks. In MARTENS K., GODDEERIS B., COULTER G., 1994. Speciation in ancient lakes. Advances in Limnology, Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol., 44: 75–96, 4 figs.
- MAZEPOVA G., 1994 On comparative aspects of ostracod diversity in the Baikalian fauna. In MARTENS K., GODDEERIS B., COULTER G., 1994. Speciation in ancient lakes. Advances in Limnology, Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol., 44: 197–202.
- MAZZINI I., SARDELLA R., 2004 Notes on the freshwater ostracods (Arthropoda: Crustacea) and on the Quaternary deposits of Socotra. *Fauna of Arabia*, 20: 181–191, 11 figs, 2 pls.
- MIKULIC F., 1961 Nove Candona vrste iz Ohridskog jezera. Bull. Mus. Hist. Nat. Belgrado, ser. B, 17: 87–107, 12 figs., 1 pl.
- PIPIK R., 2001 Les Ostracodes d'un lac ancien et ses paléobiotopes au Miocène supérieur: le Bassin de Turiec (Slovaquie). Ph.D. Thesis, University Claude–Bernard, Lyon: 1–337, 84 figs., 109 tabs., 25 pls.
- PIPIK R., BODERGAT A.-M., 2004 Euxinocythere (Ostracoda, Cytheridae, Leptocytherinae) du Miocène supérieur du Bassin de Turiec (Slovaquie): taxonomie et paléoécologie. Révue de micropaléontologie, 47: 36–52, 1 fig., 8 tabs., 3 pls.
- PIPIK R., BODERGAT A.M., 2005 Espèces du groupe de Candona candida, Candona neglecta et quelques Candona à l'aspect morphologique problématique (Candonidae, Ostracoda) du Bassin de Turiec (Miocène supérieur, Slovaquie). Annales de paléontologie, 91: 279–309, 2 fig., 12 tabs., 3 pls.
- PIPIK R., BODERGAT A.M., 2006 Groupe de Candona clivosa, nouveau groupe de Candoninae (Crustace, Ostracoda) et sa diversification dans le Bassin de Turiec (Slovaquie) au Miocène supérieur. Geobios, 39: 394–414, 11 fig., 11 tabs.
- PIPIK R., BODERGAT A.M., 2007 Candoninae trapézoidales (Crustacea, Ostracoda) du Bassin de Turiec (Slovaquie) du Miocène supérieur: systématique, écologie et evolution. *Geobios*, 40: 645–676, 15 fig., 19 tabs.
- PONTINI M.R., BASILICI G., BERTINI A., AMBROSETTI P., 1996 Sedimentary facies and pollen assemblages in a Pliocene lake system: the Tiberino Basin (Umbria, Central Italy). INQUA-SEQS '96 Congress " The dawn of the Quaternary" 16–21, Tegelen/Kerkrade (Olanda). Abstract, 78.
- PONTINI M.R., BERTINI, A., 2000 Late Pliocene Vegetation and Climate in Central Italy: high-resolution pollen analysis from the Fosso Bianco Succession (Tiberino Basin). *Geobios*, 33 (5), 519–526, 6 figs.
- SCHORNIKOV, E.I., 1966 O nakhozhdenii v kaspyskom more v retsentnom sostoyanii predstavitelya roda Candona (Crustacea, Ostracoda), prinadlezhashchego k gruppe iskopaemykh vidov Candona lobata (Zalanyi, 1929) [On a finding of a representative of the genus Candona (Crustacea, Ostracoda) belonging to the group of the fossil species Candona lobata (Zalanyi, 1929) in the recent state in the Caspian Sea]. Zoologicheskiy Zhurnal, 45 (7), 1094–1096. [in russian].
- SNOEKS J., 1994 The haplochronine fishes (Teleostei, Cichlid) of Lake Kivu, East Africa: a taxonomic revision with notes on their ecology. Ann. Mus. R. Afr. Centr. Sc. Zool., 270: 1–221.
- VAN DAMME D., PICKFORD M., 2003 The late Cenozoic Thiaridae (Mollusca, Gastropoda, Cerithioidea) of the Albertine Rift Valley (Uganda–Congo) and their bearing on the origin and evolution of the Tanganyikan thalassoid malacofauna. *Hydrobiologia*, 498: 1–83, 56 figs.

Atti Mus. Civ. Stor. Nat. Trieste	Suppl. al 53	2008	49-66	novembre 2008	ISSN: 0335-1576
-----------------------------------	--------------	------	-------	---------------	-----------------

# L'ITTIOFAUNA CRETACICA DELLA SICILIA NORD-ORIENTALE. NOTA PRELIMINARE

#### ANTONINO RINDONE

Liceo Scientifico "Archimede", Viale Regina Margherita, 3 - Messina - rindone.me@tin.it

"Dedico questo lavoro alla memoria del Prof. Lorenzo Sorbini, insigne paleoittiologo veronese, prematuramente scomparso, il quale aveva auspicato un lavoro di revisione dell'ittiofauna siciliana, fornendomi, a suo tempo, utili consigli per realizzarlo".

Abstract – The cretaceous ichthyofauna in the North–Eastern Sicily. Preliminary note – This note introduces a revision work concerning the cretaceous marine ichthyofauna of "Argille Scagliose Antisicilidi" (A.S.A) in North–Eastern Sicily. New outcrops have been found in well–known areas such as Floreste, Malvagna and Montalbano Elicona and in areas never mentioned before such as Ucria, Raccuja and San Piero Patti, where new fossiliferous material has been found. Thanks to the newly found specimens, including at least three *taxa* [*Cretoxyrhina mantelli* (Agassiz, 1843), *Ptychodus* sp. Agassiz, 1835 and *Tselfatia formosa* Arambourg, 1943], the specific composition of the sicilian ichthyofauna has been improved with important new data. From the taxonomic and palaeogeographic points of view it is evident that the sicilian deposits and the cenomanian–turonian outcrops in Jebel Tselfat (Morocco) and Cinto Euganeo (Padua – North–Italy) are closely similar.

Key words: Cretaceous marine ichthyofauna, North-Eastern Sicily.

Riassunto: Questa nota è preliminare a un lavoro di revisione sull'ittiofauna marina cretacica delle "Argille Scagliose Antisicilidi" (A.S.A) della Sicilia Nord–Orientale. Vengono segnalati altri affioramenti nelle località già note di Floresta, Malvagna e Montalbano Elicona e nuovi affioramenti ubicati nei comuni di Ucria, Raccuja e San Piero Patti, nei quali è stato recuperato nuovo materiale fossilifero. Il rinvenimento di altri esemplari, comprendenti almeno tre taxa [Cretoxyrhina mantelli (Agassiz, 1843), Ptychodus sp. Agassiz, 1835 e Tselfatia formosa Arambourg, 1943] non segnalati nelle prime ricerche, ha permesso di aggiornare la composizione specifica dell'ittiofauna siciliana. Dal punto di vista tassonomico e paleogeografico, si conferma ulteriormente la stretta affinità dei giacimenti siciliani con quelli cenomaniano–turoniani di Jebel Tselfat (Marocco) e di Cinto Euganeo (Padova – Nord Italia). Parole chiave: Ittiofauna cretacica marina, Sicilia Nord–Orientale.

### 1. – INTRODUZIONE

L'ittiofauna cretacica della Sicilia Nord–Orientale, nota in letteratura come *"Ittiofauna cenomaniana di Floresta– Messina"* (LEONARDI, 1966), presenta caratteristiche paleoecologiche, paleogeografiche (Tetide Centro–Occidentale) e, principalmente tassonomiche, molto simili alle ittiofaune cenomaniano–turoniane dei giacimenti di Jebel Tselfat (Marocco) e di Cinto Euganeo (Padova – Nord Italia). Un altro caso molto affine ai giacimenti sopra indicati, sia per età, sia per composizione delle ittiofaune e sia soprattutto per le condizioni paleoecologiche (livelli anossici), è rappresentato dagli affioramenti del NW della Germania (MÜLLER & DIEDRICH, 1991; DIEDRICH, 2001).

Si tratta di depositi in cui è contenuta una interessante ittiofauna marina che però in Sicilia è stata oggetto di studio e di interesse solo in sporadiche occasioni. Infatti, sebbene i pesci fossili siciliani siano stati segnalati da lungo tempo, fino a questo momento non se ne hanno studi aggiornati, specialmente dal punto di vista tassonomico e paleogeografico.

La scoperta successiva alle prime ricerche (LEONARDI, 1966) di numerosi



**Fig. 1** – Ubicazione degli affioramenti con ittiofaune cretaciche della Sicilia Nord–Orientale. **Fig. 1** – Location of the outcrops with cretaceous ichthyofaunas in the North–Eastern Sicily.

affioramenti (fig. 1), sia a Floresta che in altri comuni della Sicilia Nord–Orientale, come Malvagna (indicato in letteratura erroneamente come Moio), Montalbano Elicona, Raccuja, San Piero Patti e Ucria, ha permesso di rinvenire nuovi esemplari comprendenti anche tre *taxa* [*Cretoxyrhina mantelli* (Agassiz, 1843), *Ptychodus* sp. Agassiz, 1835 e *Tselfatia formosa* Arambourg, 1943] che forniscono interessanti evidenze tassonomiche e paleogeografiche.

Le nuove osservazioni hanno suggerito di riprendere lo studio dei pesci fossili siciliani e di presentare questa nota preliminare nella quale, oltre a segnalare le altre località ed i nuovi rinvenimenti, si fa un resoconto degli studi precedenti ed un primo aggiornamento della sistematica delle specie presenti.

### 2. – STUDI PRECEDENTI

La prima segnalazione della presenza di ittioliti sui monti Nebrodi e Peloritani della Sicilia Nord–Orientale si deve a PONTE (1923), il quale aveva rinvenuto negli "scisti bituminosi" nei pressi di Malvagna, numerosi resti di piante e pesci fossili.

Successivamente, ACCORDI (1960), procedendo al rilevamento geologico delle tavolette IGM di "Floresta" e di "Raccuja", ha segnalato la presenza dell'ittiofauna sull'altopiano di Floresta.

LEONARDI (1966) sarà il primo a studiare dettagliatamente dal punto di vista paleontologico gli strati ittiolitici di Floresta, riportando 14 *taxa* di pesci fossili, rinvenuti nei livelli bituminosi e radiolaritici di tre affioramenti, due dei quali però (Cava di Macigno e Piano di Musagra) ricadenti nel territorio comunale di Ucria.

CAMPISI (1977) effettuò uno studio solamente sulla litologia degli strati ittiolitici ("Argille Scagliose dei Peloritani") affioranti a Floresta e a Moio (= Malvagna). Di quest'ultima località, l'autore ha anche illustrato una sezione del versante nord di Monte Castelluzzo (tavoletta IGM "Malvagna"). A questo proposito è bene precisare che il versante nord di Monte Castelluzzo non si trova nel territorio comunale di Moio Alcantara (Messina), come erroneamente è stato più volte riportato in letteratura, ma in quello di Malvagna. Pertanto il toponimo Moio deve essere sostituito con Malvagna.

Dopo questi studi che rappresentano i lavori fondamentali sull'argomento, i pesci fossili siciliani saranno presi in considerazione soltanto in due brevi note, nelle quali verrà segnalata per la prima volta la presenza di Condritti (*Cretoxyrhina*) e di *Tselfatia formosa* Arambourg, 1943, negli "scisti bituminosi" di Floresta (RINDONE, 1984, 1988) e nel catalogo dei vertebrati fossili italiani (DALLA VECCHIA et. al., 2005).

### 3. – INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Gli affioramenti ittiolitici cretacici della catena montuosa nebrodico-peloritana, fannopartedell'unità delle "Argille Scagliose Antisicilidi" (A.S.A). Queste formazioni denominate in un primo momento "Argille Scagliose dei Peloritani" ("Complesso Sudliguride") da OGNIBEN (1960), vennero successivamente ridefinite come "Complesso Antisicilide", perché ritenute facenti parte originariamente del "Complesso Sicilide", dal quale poi sono derivate con un particolare meccanismo di "retrocolamento gravitativo" (OGNIBEN, 1969; GUERRERA e WEZEL, 1974; LENTINI et al., 1987).

Il "Complesso Sicilide" a sua volta fa parte dell'orogene "Appenninico-Maghrebide", originatosi, durante il terziario, dalla convergenza tra la placca euroasiatica e quella africana. Esso rappresenta ciò che resta dallo scollamento del fondo oceanico dell'antica Tetide, estesamente sovrascorso sulle coperture sedimentarie ("Sistema a Thrust Esterno") del margine continentale afroadriatico in subduzione (LENTINI et al., 2000).

Le "A.S.A." poggiano in contatto tettonico su una formazione terrigena

#### ANTONINO RINDONE

conglomeratico-arenacea, autoctona ("Flysch di Capo D'Orlando"), che si è sedimentata sulla paleosutura tra la "Catena dei Peloritani", indicata anche col termine "Kabilo-Calabride" (margine europeo) e la "Catena Appenninico-Maghrebide" (LENTINI et al, 2000).

L'arrivo delle "A.S.A." ha interrotto la sedimentazione del "Flysch di Capo D'Orlando" (OGNIBEN, 1960; BONARDI et al., 1980), che poi è continuata con una formazione di arenarie arkosiche a cemento carbonatico, note in letteratura col termine di "Calcareniti di Floresta" (complesso "Post–Sudliguride" di Ogniben).

Pertanto la successione dei giacimenti siciliani, dal basso verso l'alto, risulta così formata: "Catena Appenninico–Maghrebide" (Meso–Cenozoico), "Catena dei Peloritani" (basamento ercinico con resti di coperture sedimentarie meso–cenozoiche), "Flysch di Capo D'Orlando" (Chattiano–Burdigaliano inf.), "Argille Scagliose Antisicilidi" (Cretaceo sup.) e "Calcareniti di Floresta" (Burdigaliano superiore – Langhiano).

# 4. – STRATIGRAFIA

Le "Argille Scagliose Antisicilidi" dell'altopiano di Floresta sono rappresentate da una regolare successione che dal basso verso l'alto è formata da argille,



Fig. 2 – Gli strati ittiolitici (Black–Shales) di Raccuja (Sicilia NE.), sormontati dalle "Calcareniti di Floresta" (sullo sfondo in alto, a destra).

**Fig. 2** – The ichthyolitic layers (Black–Shales) of Raccuja (NE Sicily), surmounted by "Calcareniti di Floresta" (on the background up, on the right).

53

argilloscisti, e radiolariti sormontati direttamente dalle "Calcareniti di Floresta" (LEONARDI, 1966, CAMPISI, 1977).

Nell'area di Malvagna invece, alle radiolariti succede una serie caotica di argille policrome a tessitura scagliosa con abbondanti radiolari e vetro vulcanico, intercalate a strati carbonatici ferro-manganesiferi e verso l'alto, a biocalcareniti a sedimentazione incrociata e con impronte di corrente, sormontate da una superficie di erosione che chiude la successione (CAMPISI, 1977).

I livelli fossiliferi, noti in letteratura come Black–Shales (fig. 2), sono rappresentati dagli strati bituminosi grigioscuri e neri e dalla parte basale delle soprastanti radiolariti di colore più chiaro (LEONARDI, 1966). I primi a loro volta sono alternati a livelletti argilloso–arenacei (LENTINI et al., 2000) e sono costituiti da un'argillite nerastra, grigio chiara in alterazione, ricca di pirite e di sostanza organica, fittamente stratificata in lamine fissili, al cui interno si trovano, nei vari orizzonti, resti fossili di pesci, vegetali, coproliti, ed impronte di origine organica non ancora determinate. Spessore e composizione delle argilliti sono variabili.

Le radiolariti carboniose invece, sono formate da gusci di radiolari immersi in pochissima matrice argillosa, più abbondante nei livelli inferiori di passaggio dalle sottostanti argilliti (CAMPISI, 1977).

La giacitura degli strati è quasi sempre suborizzontale (fig. 2) e in alcuni casi, essi si presentano incurvati, piegati e probabilmente anche rovesciati, con segni evidenti di stiramento sui piani di laminazione. La roccia è scura e compatta in profondità, mentre è più chiara e fogliettata in affioramento. Numerose fratture ortogonali ai piani di strato dimostrano le alterne vicende a cui sono andate incontro queste formazioni prima della loro definitiva messa in posto.

La potenza degli strati varia dai 20 metri dei livelli di Floresta (LEONARDI, 1966) ai 90 metri della successione sedimentaria quasi completa di Malvagna, nella quale però, solo i primi 20 metri circa, sono costituiti dagli strati ittiolitici. (CAMPISI, 1977).

# 5. – ETÀ DEI GIACIMENTI

Gli affioramenti di Floresta e Malvagna furono attribuiti al Cretaceo già dai primi autori che si interessarono a queste formazioni (PONTE, 1923, ACCORDI, 1960).

LEONARDI (1966) confermò l'età cretacica, considerando l'ittiofauna di Floresta, quasi identica a quella del Cenomaniano inferiore di Jebel Tselfat descritta da ARAMBOURG (1943, 1954). La datazione fu inoltre convalidata dalla presenza di impronte di ammoniti e dalla microfauna (*Rotalipora* sp. e *Gumbelina* sp.) delle calcareniti intercalate alle argille variegate dell'affioramento di Malvagna, facenti parte del medesimo complesso (LEONARDI, 1966).

Anche per CAMPISI (1977) l'età delle formazioni fù fornita dalle microfacies delle biocalcareniti sommitali di Monte Castelluzzo, riferibili al Cenomaniano.

Datazioni successive si limitano ad attribuire le A.S.A. al Cretaceo Superiore (LENTINI et al. 1987; LENTINI et al., 2000).

#### ANTONINO RINDONE

La segnalazione di una nuova ittiofauna cretacica a Cinto Euganeo (SORBINI, 1976) però, aveva già rimesso in discussione l'età degli affioramenti siciliani e marocchini. Infatti l'ittiofauna veneta, riferita, mediante analisi biostratigrafica, al limite tra il Cenomaniano e il Turoniano, presentava le maggiori affinità con quelle di Jebel Tselfat e di Floresta, dalle quali differiva principalmente per il fatto che a Cinto Euganeo erano presenti i Condritti. Tuttavia secondo SORBINI (1976) tale circostanza non rivestiva un particolare significato, in quanto, trattandosi solamente di denti di ridotte dimensioni, questi sarebbero potuti semplicemente non essere stati trovati negli altri due giacimenti. Infatti questa ipotesi venne successivamente confermata, per la Sicilia, dal ritrovamento negli "scisti bituminosi" di Floresta di un piccolo dente di selaceo, attribuito dubitativamente al genere Cretoxyrhina (RINDONE, 1984), e ultimamente anche per i giacimenti del Marocco, nei quali è stato rinvenuto il genere Ptychodus (DUTHEIL e ACKERMANN, 2004). Inoltre il rinvenimento a Floresta dell'odontolite e successivamente di Tselfatia formosa, Arambourg, 1943, presente sia a Jebel Tselfat, sia a Cinto Euganeo, ha confermato la stretta affinità dei tre giacimenti (RINDONE, 1988). Anche per TAVERNE (1983) i giacimenti di Jebel Tselfat sono riferibili al limite Cenomaniano-Turoniano e per CAVIN e DUTHEIL (1999) al Cenomaniano Superiore.

Una definitiva età cenomaniano-turoniana dei fossili siciliani può essere fornita dall'analisi delle associazioni a radiolari, nannofossili calcarei e foraminiferi planctonici della sezione di Novara di Sicilia (BELLANCA et al., 1998), facente parte, secondo LENTINI et al., (2000), del medesimo complesso. Infatti nei Black-Shales di questa sezione è stato individuato il "Livello Bonarelli" del Cenomaniano-Turoniano (BELLANCA et al., 1998; BELLANCA et al., 2000), che rappresenta l'espressione sedimentaria, nelle successioni italiane, dell'Evento Anossico Oceanico II (OAE II) di SCHLANGER e JENKYNS (1976).

### 6. – UBICAZIONE DEGLI AFFIORAMENTI

La diffusione delle "Argille Scagliose Antisicilidi" su tutta la catena nebrodicopeloritana, oltre che in Calabria, fa ritenere che esse si estendessero a mantello prima di essere ridotte dall'erosione (LENTINI et al. 2000). Di dette argille, come già detto, fanno parte gli strati fossiliferi oggetto della presente nota. Si tratta di lembi isolati, derivati dalla frammentazione di un'unica originaria formazione.

In tutto i depositi esaminati sono circa dieci, ma si ritiene che possano essere molto più numerosi. Da qualche affioramento infatti, che si ritiene sicuramente appartenere allo stesso livello stratigrafico non è stato possibile prelevare campioni perché ricadente in terreni privati non accessibili.

I giacimenti sono distribuiti su una vasta area e ricadono in diversi comuni della Sicilia Nord–Orientale. In questo lavoro vengono presi in considerazione dal punto di vista prettamente paleontologico, i giacimenti già conosciuti di Floresta, Malvagna e Montalbano Elicona e quelli di Ucria, Raccuja e San Piero Patti che vengono segnalati per la prima volta in questo lavoro. Dalla letteratura risulta che in altre località, come Novara di Sicilia, Tripi e S. Pier Niceto (fig.1), sono esposti lembi della stessa formazione (LENTINI et al., 2000).

Dei tre affioramenti dell'altopiano di Floresta, studiati da LEONARDI (1966), soltanto uno (Cava di Macigno) non è stato individuato. Un nuovo affioramento, che ha fornito importanti reperti fossili, ubicato nel centro abitato di Floresta, è stato recentemente quasi completamente distrutto. Anche l'affioramento di Malvagna, studiato da CAMPISI (1977) non è più accessibile per la presenza di una discarica. La maggior parte dei fossili di Malvagna infatti proviene da altri affioramenti vicini.

## 7. – DESCRIZIONE DEI REPERTI FOSSILI

Gli ittioliti appena estratti appaiono leggermente più scuri e brillanti rispetto alla matrice nera ed opaca che li ingloba. Nei reperti esposti all'aria per lungo tempo, invece, i pesci sono molto più evidenti perché risaltano sul fondo della roccia divenuta nel frattempo molto più chiara per l'ossidazione della materia organica.

Spesso lo scheletro risulta o profondamente impregnato, o completamente sostituito da sostanza bituminosa che riproduce esattamente tutti i dettagli morfologici, oppure è del tutto scomparso lasciando sulla roccia l'impronta nitida delle ossa.

Purtroppo però, solo raramente è possibile estrarre esemplari interi e completi, in quanto la roccia è molto fratturata. Comunque in qualche caso è possibile ricostruire l'intero esemplare o parte di esso, recuperando i numerosi frammenti. In altri casi si può studiare l'osteologia della specie in quanto i frammenti di esemplari diversi si completano a vicenda.

Tanti pesci inoltre si trovano fossilizzati sulle superfici di strato, per cui dall'apertura perfetta delle due lamine si ottengono l'impronta e la controimpronta. La prima può contenere tutto lo scheletro, ma ciò avviene solo raramente, oppure le ossa si distribuiscono più o meno equamente sulle due lastre. In altri casi invece gli esemplari si trovano immersi nella roccia compatta per cui è molto difficile liberare il fossile dalla matrice che lo ingloba, se non dopo averlo esposto all'aria o al calore per lungo tempo. Inoltre, una volta liberato lo scheletro, si rischia di perdere le parti ossee, specialmente quelle non solidali con la roccia.

Da tutto ciò si evince che lo stato di conservazione dell'ittiofauna, complessivamente, non è ottimo e pertanto l'osservazione è ostacolata e l'identificazione a livello specifico per molti esemplari può rimanere dubbia.

## 8. – PALEOECOLOGIA

Per quanto riguarda l'ambiente di sedimentazione e la presenza dei pesci, esistono in letteratura pareri che sono in linea di massima concordanti. Infatti per ARAMBOURG (1954), LEONARDI (1966) e SORBINI (1976) si tratterebbe di una tanatocenosi alloctona originatasi o per trasporto passivo dei pesci già morti

#### ANTONINO RINDONE

JEBEL ISELFAI (Marocco) (Arambourg, 1943, 1954, 1968; Gaudant, 1978; Taverne, 1985, 1995; Duthail & Ackermann, 2004)	(Leonardi, 1966)	(Sorbini, 1976)	(Leonardi, 1966; Rindone,1984, 1988; Scoperte recenti)					
CHONIDDICHTUYES								
	ONONDI	S. I MARINAS	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·					
		Fam. LAWNIDAE						
		Lamna serrata Agassiz, 1838-1843						
		Corax cfr. falcatus Agassiz, 1843						
			Fam. CRETOXYRHINIDAE					
		Isurus mantelli Agassiz, 1843	Cretoxyrhina (= Oxyrhina) mantelli (Agassiz, 1843) Glickman, 1958					
Fam. PTYCHODONTIDAE		Fam, PTYCHODONTIDAE	Fam. PTYCHODONTIDAE					
Ptychodus sp		Ptychodus decurrens Agassiz 1848	Ptychodus sp					
r guiloud up .		P. polymene Appendix 1936	r iyunoddo op.					
	OUTER							
		Fam. GYRODONIIDAE						
		Coelodus cfr. saturnurs Heckel, 1856						
Fam. PYCNODONTIDAE	Fam. PYCNODONTIDAE	Fam. PYCNODONTIDAE	Fam. PYCNODONTIDAE (= NURSALLIDAE, sensu Blot, 1987)					
			Sub fam. Nursallinae Blot, 1987 (sensu Poyato Ariza e Wenz, 2002)					
Palaeobalistum gutturosum Arambourg, 1954	Palaeobalistum gutturosum	Palaeobalistum cfr. gutturosum	Nursallia (=Palaeobalistum) (?) outturosum (Arambouro, 1954) Blot 1987					
Fam CLUPEIDAE	Eam CILIPEIDAE	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	CITIDEIEODMES (incortra redin)					
Dislamentus (-Cluson) brouissimus Do Blainvillo, 1919	Diplomation broancing		Aminatus ( 2) havinsimus (Do Blaimillo, 1919) sonsu Connel - 1092					
Dipromysius (-Culpes) brevissimus de bianville, 1010	Dipionlystus previssinius		Annigatus ( 1) undvissimus (De biamville, 1010) sensu ofanoe, 1982					
		Fam. PROTOSPHYRAENIDAE						
		Protosphyraena ferox Leidy, 1856						
Fam. ICHTHYODECTIDAE (= CHIROCENTRIDAE)		Fam. ICHTHYODECTIDAE (= CHIROCENTRIDAE)						
Chimcentrites (= Trissons) veviliter (Heckel 1856) Taverno 1995								
enrecentrice ( - rissops) revisiter ( necker, result revente, 1905		Chirosoptritos (=Tricsops), microdos (Hoskol, 1950)						
E CLUBANADAE		Ere CLUDANDAE						
Fail. GLUPAVIDAE		Falli, GLUFAVIDAE						
Clupavus maroccanus (=neocomiensis) (Arambourg, 1954) Arambourg, 1968		Clupavus cfr. maroccanus						
Fam. ELOPIDAE	Fam. ELOPIDAE	Fam. ELOPIDAE	Salmoniformes incertae sedis, (sensu Taverne, 1992)					
Thrissopater daguini Arambourg, 1954	Thrissopater daguini		Kermichthys (= Thrissopater) daguini (Arambourg, 1954) Taverne, 1992					
		Thrissopater magnus Wooduard 1901						
		Profelens on Laube 1995						
		Ficielops sp. Eaube, 1005						
		Fam. USMERUIDIDAE	Fam. USMERUIDIDAE					
Holcolepis lacostei Arambourg, 1954	Holcolepis lacostei	Holcolepis sp	Osmeroides (= Holcolepis) lacostei (Arambourg, 1954) Forey, 1973					
Fam. PACHYRHIZODONTIDAE		Fam. PACHYRHIZODONTIDAE						
		Pachyrhizodus subulidens Owen, 1842						
		P intermedius Sorbini 1976						
Elanonsis missodan Hoskal, 1956								
Ziepopsis inicioadul Heckel, 1000								
Tingitanichtinys (- Histotinissa) eterodori (Atambourg, 1954.) Taveme, 1995								
Fam. GONOSTOMATIDAE	Fam. GONOSTOMATIDAE	Fam. GONOSTOMATIDAE	Fam. GONOSTOMATIDAE					
Idrissia jubae Arambourg, 1954	Idrissia jubae		Idrissia jubae					
Paravinciguerria praecursor Arambourg, 1954		Paravinciguerria praecursor						
Fam. PROTOSTOMIATIDAE	Fam. PROTOSTOMIATIDAE	Fam. PROTOSTOMIATIDAE	Fam. PROTOSTOMIIDAE					
Protostomias maroccanus Arambouro, 1943	Protostomias maroccanus	Protostomias maroccanus	Protostomias maroccanus					
Eam MYCTOPHIDAE	Eam MYCTOPHIDAE	Eam MYCTOPHIDAE	ICHTHYOTRINGIDAE					
Phinollus (2) africance Arrambourg 1954	Phinollus (2) africanus	bindlue (2) co	(abbuotrings /= Phinallur), africanus (2) Arambourg, 19E4					
Francisco (1) discasso Aramoodig, 1934	Trainenus ( 2) allicatius	Inviouus ( : ) op	Contry outing a (= routineway, anicatios (?) Atambourg, 1954					
	Fam. JERGETIDAE	Fall, DENUETIDAE	Failt, DERUCTIDAE					
Rhynchodercetis yovanovitchi Arambourg, 1943	Rnynchodercetis yovanowitchi	Knynchodercetis sp	Rnynchodercetis yovanovitchi					
Fam. ENCHODONTIDAE	Fam. ENCHODONTIDAE	Fam. ENCHODONTIDAE	Fam. ENCHODONTIDAE					
Enchodus venator Arambourg, 1954	Enchodus venator	Enchodus cfr. venator	Enchodus venator					
		Fam. CIMOLICHTHYDAE	Aulopiformes primitivi (Halecidae) (?) (sensu Taverne, 1985)					
Rharbichthys ferox Arambouro 1954	Rharbichthys ferox	Rharhichthys cfr ferox	Rharbichthus ferox					
Fam TSELEATIIDAE		Fam TSELEATIIDAE	Fam TSELEATIIDAE					
Teolfatia formana Arambaura 1942		Teolfatia formora	Toolfatia formora					
romana romosa Alamburg, 1945		Finance rollings	romana rominoad					
Fam. STRUMATEIDAE	Fam. STROMATEIDAE	Fam. POLYMIXIIDAE	Fam. POLYMIXIIDAE					
Umosoma simum Arambourg, 1954	Omosoma simum	Omosoma simum	Umosomopsis (= Omosoma). simum (Arambourg, 1954) Gaudant, 1978					
Fam. OMOSOPSIIDAE								
Omosoma tselfatensis Gaudant, 1978								
Fam ASPIDORHYNCHIDAE								
Belonostomus aff, crassimetris Costa, 1850-1856								
Ener DEDVOIDAE								
Fam. BERYCIDAE								
Sticnoperyx (=Hoplopteryx) polydesmus ( Arambourg, 1954) Gaudant, 1978								
Lissoberyx (=Acrogaster) (?) anceps (Arambourg, 1954) Gaudant, 1978								
	Fam. CHANIDAE		Fam. CHANIDAE					
	Parachanos sp		Parachanos so Arambouro e Schneenans, 1935					
	Eam STRATODONTIDAE		Eam DTEDOTUDISSIDAE					
	Internet (2)		Jaliana (2)					
	Istieus (1)		Islieus [ 1]					
			Fam. BANANOGMIIDAE					
	Anogmius sp. Cope, 1877		Bananogmius (=Anogmius) sp. Whitley, 1940					
-		-						

**Fig. 3** – Confronto tra le ittiofaune di Jebel Tselfat (Marocco), Floresta (Messina), Cinto Euganeo (Padova) e la composizione attuale dell'ittiofauna cretacica della Sicilia Nord–Orientale.

**Fig. 3** – Comparison between the ichthyofaunas of Jebel Tselfat (Morocco), Floreste (Messina), Cinto Euganeo (Padua) and the present composition of the North–Eastern Sicily cretaceous ichthyofauna.

(SORBINI, 1976), o per la morte dei pesci pervenuti in un ambiente trappola (LEONARDI, 1966).

Le argomentazioni che supportano queste ipotesi però, non sono del tutto risolutive e in qualche caso appaiono anche contraddittorie, come lo stesso LEONARDI (1966) ha messo in evidenza. Per il momento, l'analisi della composizione specifica dei pesci fossili siciliani ed il tipo di sedimento permettono solamente di stabilire che si tratta di una ittiofauna composita di mare caldo, con un carattere prevalentemente meso-batipelagico, che si è depositata in un bacino alquanto profondo, con scarsa o assente circolazione delle acque, i cui strati inferiori erano totalmente anossici.

La conservazione dei fossili è stata possibile grazie all'aumento del tasso di sedimentazione, alla presenza di acque calme e stagnanti, alle condizioni riducenti

ТАХА	J. Tselfat	C. Euganeo	Floresta	Sicilia NE
	(Marocco)	(Padova)	(Messina)	(nuovi esempl.)
CHONDRICHTHYES				
Lamna serrata Agassiz, 1838-1843		[		
Cretoxyrhina (= Oxyrhina) mantelli (Agassiz, 1843) Glickman, 1958				0
Corax cfr. falcatus Agassiz, 1843		1		
Ptychodus sp Agassiz, 1835	0			0
Ptychodus decurrens Agassiz,1848		0		
P. polygyrus Agassiz, 1835		0		
OSTEICHTHYES				
Coelodus cfr. saturnurs Heckel, 1856		0		
Nursallia (=Palaeobalistum) (?) gutturosum (Arambourg, 1954) Blot, 1987	0	0	0	
Armigatus (=Diplomystus)(?) brevissimus (De Blainville, 1818) Grande, 1982	0		0	
Protosphyraena ferox Leidy, 1856		0		
Chirocentrites (= Trissops) microdon Heckel, 1850	0			
C. (=T.) vexillifer (Heckel, 1856) Taverne, 1985		0		
Clupavus maroccanus (neocomiensis, Ar. 1954) Arambourg, 1968	0	0		
Kermichthys (= Thrissopater) daguini (Arambourg, 1954) Taverne, 1992	0		0	
Thrissopater magnus Wooduard, 1901		0		
Protelops sp. Laube, 1885		0		
Osmeroides (= Holcolepis) lacostei (Arambourg 1954) Forey, 1973	0	0	0	
Pachyrhizodus subulidens Owen, 1842		0		
P. intermedius Sorbini, 1976		0		
Elopopsis microdon Heckel, 1856	0			
Tingitanichthys (= Histiothrissa) eterodon (Arambourg, 1954) Taverne, 1995	0			
Idrissia jubae Arambourg, 1954	0		0	
Paravinciguerria praecursor Arambourg, 1954	0	0		
Protostomias maroccanus Arambourg, 1943	0	0	0	
Ichthyotringa (= Rhinellus) africanus (?) Arambourg, 1954	0	0	0	
Rhynchodercetis yovanovitchi Arambourg, 1943	0	0	0	
Enchodus venator Arambourg, 1954	0	0	0	
Rharbichthys ferox Arambourg, 1954	0	0	0	
Tselfatia formosa Arambourg, 1943	0	0		0
Omosomopsis (=Omosoma) simum (Arambourg, 1954) Gaudant, 1978	0	0	0	
Omosoma tselfatensis Gaudant, 1978	0			
Belonostomus aff. crassirostris Costa, 1850 – 1856	0			
Stichoberyx (=Hoplopterix) polydesmus (Arambourg, 1954) Gaudant, 1978	0			
Lissoberyx (=Acrogaster) (?) anceps ( Arambourg, 1954) Gaudant, 1978	0			
Parachanos sp. Arambourg & Schneegans, 1935			1	
Bananogmius (= Anogmius) sp ( Cope, 1877) Whitley, 1940.			1	
Istieus (?)			0	
TOTALE = 37	Tot. = 22	Tot. = 23	Tot. = 14	Tot. = 3

**Fig. 4** – Distribuzione dei *taxa* nei giacimenti di Jebel Tselfat (Marocco), Cinto Euganeo (Padova), Floresta (Messina) e dei nuovi esemplari rinvenuti in Sicilia Nord–Orientale.

**Fig. 4** – Distribution of the *taxa* in the fossiliferous deposits of Jebel Tselfat (Morocco), Cinto Euganeo (Padua), Floreste (Messina) and of the new specimens discovered in North–Eastern Sicily.

del fondo asfittico per l'abbondanza di  $H_2S$  ed alla totale assenza di organismi limivori e necrofagi, distruttori della sostanza organica.

# 9. - SISTEMATICA

Nelle prime tre colonne della figura 3 vengono confrontate le ittiofaune presenti nei giacimenti di Jebel Tselfat, Cinto Euganeo e Floresta. Nella quarta colonna invece è riportata la composizione attuale dell'ittiofauna degli affioramenti siciliani (Sicilia Nord–Orientale), con un primo aggiornamento della sistematica delle specie presenti.

Complessivamente le tre ittiofaune sono composte da 37 *taxa* distribuiti in 24 famiglie, più 3 *incertae sedis*. L'ittiofauna siciliana invece è composta da 17 *taxa* 

#### ANTONINO RINDONE

distribuiti in 14 famiglie, più 3 *incertae sedis*, contro 22 *taxa* di Jebel Tselfat e 23 di Cinto Euganeo.

Inoltre l'ittiofauna siciliana ha 11 *taxa* in comune con quella di Cinto Euganeo, su di un totale di 29 e 13 con quella di Jebel Tselfat, su un totale di 26, mentre l'ittiofauna di Cinto Euganeo ha 12 *taxa* in comune con quella di Jebel Tselfat su un totale di 33 (fig.4).

Per tanti *taxa*, già segnalati da LEONARDI (1966), la posizione sistematica è stata aggiornata. Infatti il genere *Palaeobalistum* è stato rivisto da BLOT (1987) e la specie *P. gutturosum* Arambourg, 1954 è stata da lui attribuita provvisoriamente al genere *Nursallia*, *sub–familia* Nursallinae, famiglia Nursallidae, istituiti su una specie eocenica (*Nursallia veronae*) di Bolca (Verona). Secondo NURSALL (1996), invece, la specie è da considerare *incertae sedis*. L'ultima revisione dei Pycnodontiformes (POYATO ARIZA e WENZ, 2002) ha eliminato la famiglia Nursallidae Blot, 1987, reinserendo il genere *Nursallia* nell'originaria famiglia Pycnodontidae Agassiz, 1833, *sensu* NURSALL, 1996, *sub–familia* Nursallinae Blot, 1987 ed attribuendo la specie *P. gutturosum* sempre provvisoriamente al genere *Nursallia*.

*Thrissopater daguini* Arambourg, 1954 viene considerato un Salmoniformes *incertae sedis* ed è stato attribuito al nuovo genere *Kermichthys* (TAVERNE, 1992).

La specie Rharbichthys ferox Arambourg 1954, collocata dallo stesso, da



Fig. 5 – Cretoxyrhina mantelli (a); Ptychodus sp (b) ed ingrandimento dell'impronta (c); Tselfatia formosa in impronta (e) e controimpronta (d), scala = 2 cm.

**Fig. 5** – *Cretoxyrhina mantelli* (a); *Ptychodus* sp (b) and enlargement of the mark (c); *Tselfatia formosa* in part (e) and counterpart (d), scale bar = 2 cm.

BERTIN e ARAMBOURG (1958) e da LEONARDI (1966) nella famiglia Enchodontidae e nella famiglia Cimolichthyidae da SORBINI (1976), viene invece considerata da TAVERNE (1985) una forma vicina agli Aulopiformes primitivi (Halecidae).

Il genere Anogmius Cope, 1877, sostituito dal genere Bananogmius Whitley, 1940 della famiglia dei Plethodidae Loomis, 1900, è stato rivisto da TAVERNE (2001) ed alcune specie sono state attribuite ai nuovi generi Dixonanogmius e Pentanogmius (TAVERNE, 2000b) della famiglia dei Bananogmiidae.

Il clupeiforme *Diplomystus brevissimus* descritto da DE BLAINVILLE (1818) come *Clupea brevissimus*, famiglia Clupeidae, su un esemplare del Libano, è stato rivisto da GRANDE (1982) ed è stato attribuito al nuovo genere *Armigatus*. Nella recente letteratura è riportato sia come *Armigatus* (FOREY et al., 2003), sia come *Diplomystus* (MURRAY, 2000; LOPEZ–ARBARELLO, 2004).

*Omosoma simum* Arambourg, 1954 è stato considerato da WOODWARD (1901) e da ARAMBOURG (1954) un perciforme appartenente alla famiglia Stromateidae, mentre SORBINI (1976), sulla base delle osservazioni fatte da REGAN (1911) e da PATTERSON (1964), lo ha ritenuto un bericiforme della famiglia dei Polymixiidae. Successivamente GAUDANT (1978) ha attribuito questo *taxon* al genere *Omosomopsis*, della famiglia Omosopsiidae. Nella sistematica attuale invece questa specie è stata reinserita nella precedente famiglia dei Polymixiidae.

La specie *Holcolepis lacostei* Arambourg, 1954 è stata inserita nella nuova famiglia Osmeroiidae (FOREY, 1973) e viene riportata in letteratura come *Osmeroides lacostei* (MURRAY 2000; LOPEZ–ARBARELLO, 2004).

Per quanto riguarda *Rhinellus (?) africanus* Arambourg, 1954, riportato in letteratura come *Ichthyotringa africana* (TAVERNE, 1991) e *I. africanus* (MURRAY, 2000; LOPEZ–ARBARELLO, 2004)), i problemi nomenclaturali, le sinonimie ed i rapporti filogenetici sono stati riassunti e discussi recentemente da TAVERNE (2006).

Un altro problema di nomenclatura riguarda il termine Protostomiatidae che deve essere corretto, secondo TAVERNE (1991), con Protostomiidae, in osservanza delle regole dell'ICZN (International Code Zoological Nomenclature).

Per gli altri *taxa* (*Enchodus*, *Rhynchodercetis*, *Protostomias*, *Idrissia* e *Parachanos*) si conferma la posizione sistematica, escluso il genere dubbio *Isteius* che viene inserito nella famiglia dei Pterothrissidae

Per alcuni dei *taxa* riportati in letteratura (LEONARDI, 1966), la presenza negli affioramenti siciliani è stata confermata da ritrovamenti recenti, mentre per gli altri, considerati dubbi, sarà necessario fare un confronto con gli esemplari raccolti da LEONARDI (1966) e con i tipi descritti da ARAMBOURG (1954).

Per altri esemplari ancora, non ascrivibili a quelli già segnalati, lo studio è in corso e molto probabilmente sono da riferire a *taxa* presenti sia Jebel Tselfat, sia a Cinto Euganeo [*Paravinciguerria*, *Protosphyraena* (?), etc.].

Riguardo poi ai tre nuovi *taxa* scoperti successivamente al lavoro di LEONARDI (1966), due appartengono ai Chondrichthyes (*Cretoxyrhina* e *Ptychodus*) ed uno agli Osteichthyes (*Tselfatia*). *Ptychodus* sp. viene segnalato per la prima volta in questa nota, mentre *Cretoxyrhina mantelli* e *Tselfatia formosa*, già segnalati da RINDONE (1984, 1988), vengono qui ridescritti. Il lamniforme era stato attribuito dubitativamente al solo genere, riportato peraltro erroneamente come *Isurus* e del *taxon Tselfatia formosa* si era trovato soltanto un esemplare molto incompleto. Oggi invece si è sicuri dell'attribuzione specifica di *C. mantelli* e la specie *T. formosa* è largamente documentata da numerosi reperti.

In quanto alla frequenza di rinvenimento di questi pesci fossili, le specie che si trovano più abbondantemente appartengono ai generi *Protostomias*, *Rhynchodercetis, Ichthyotringa, Tselfatia* e *Nursallia* (specialmente i primi tre), mentre quelle appartenenti a *Cretoxyrhina* e *Ptychodus* sono le più rare.

### 10. – DESCRIZIONE DEI NUOVI TAXA SEGNALATI

CONDRICHTHYES Fam. CRETOXYRHINIDAE Glickman, 1958 Gen. Cretoxyrhina Glickman, 1958 Cretoxyrhina mantelli (Agassiz,1843) (FL11) (Fig. 5, a)

L'esemplare è rappresentato da un piccolo dente, visto dal lato labiale, di 17 mm di altezza compresa la radice. Molto probabilmente si tratta di un dente anterolaterale di una forma giovanile.

La corona ha la forma di triangolo isoscele con i margini lisci e taglienti e con la cuspide dritta. Sui margini della corona, inoltre si possono notare, in prossimità del colletto, due lievi sporgenze arrotondate di diversa forma, che però non possono essere ritenute cuspidi accessorie.

Della radice è rimasta solamente l'impronta con piccoli residui dell'ossificazione originaria. Si presenta asimmetrica con una distanza angolare tra i due lobi di 80° ca.

Superfam. HYBODONTOIDEA Zangerl, 1981 Fam. PTYCHODONTIDAE Jaekel, 1898 Gen. *Ptychodus* Agassiz, 1835 *Ptychodus* sp. (SPP11) (Fig. 5 b, c)

L'esemplare è rappresentato dalla impronta negativa della superficie masticatoria e parte della radice di un dente laterale della grandezza presumibilmente di mm 7.

Nonostante si tratti di una impronta, si possono osservare perfettamente all'interno di essa i solchi ed i rilievi lasciati dalla particolare struttura che caratterizza i denti di questi condritti.

Inoltre si possono notare anche delle piccole concavità impresse dalle granulazioni presenti ai margini del dente.

In particolare si può vedere anche che alcuni solchi, che corrispondono ai rilievi nel dente vero e proprio, lateralmente si biforcano. Questo carattere farebbe pensare al *taxon P. decurrens* Agassiz, 1848, ma potrebbe trattarsi anche di *P. occidentalis* Leidy, 1868.

Comunque, vista l'incompletezza del reperto e considerato che si tratta solamente di una impronta, momentaneamente si preferisce mantenere la determinazione a livello di genere.

OSTEICHTHYES Fam. TSELFATIIDAE Arambourg, 1943 Gen. *Tselfatia* Arambourg, 1943 *Tselfatia formosa* Arambourg, 1943 (FL12 e FL13) (fig. 5 d, e)

Si tratta di diversi esemplari tutti incompleti e di varia grandezza, alcuni dei quali anche di grandi dimensioni.

Nonostante l'incompletezza dei reperti, si è certi dell'attribuzione specifica, in quanto è sempre presente il grande raggio, o parte di esso, della pinna dorsale o anale che caratterizza la specie. La struttura di questo raggio della pinna dorsale è stata descritta per la prima volta da SORBINI (1976) per gli esemplari di Cinto Euganeo e successivamente è stata differenziata da quella del raggio della pinna anale per l'esemplare di Floresta (RINDONE, 1988). Inoltre nell'esemplare siciliano, il grande raggio anale risulterebbe il 4° e non il 3°, come riportato da ARAMBOURG (1954) per gli esemplari di Jebel Tselfat.

*Tselatia formosa* è un teleosteo di grande taglia (più di 1 m di lunghezza), con il corpo allungato, molto elevato e lateralmente compresso. Le pinne impari sono molto sviluppate, specialmente la dorsale e l'anale che risultano notevolmente estese e robuste. Tali caratteri morfologici esterni fanno ritenere che questo pesce conduceva una vita pelagica di mare aperto.

Questa specie venne descritta da ARAMBOURG (1943) su materiale di Jebel Tselfat e portò all'istituzione della nuova famiglia Tselfatiidae.

L'osteologia, la posizione sistematica e i rapporti filogenetici sono stati ampiamente studiati e discussi da TAVERNE (1975, 1983, 2000a).

Oltre alle località già menzionate, *Tselfatia formosa* è stata rinvenuta nel Cenomaniano–Turoniano della Croazia e nel Turoniano del Texas (USA) (BARDACK e TELLER–MARSHALL, 1980), nell'area Umbro–marchigiana (Italia Centrale) (BIZZARINI e COCCIONI, 1990), nel Turoniano della Sassonia (Germania) (MAISCH e LEHMANN, 2000), nel "Livello Bonarelli" di Corniano (Trentino Meridionale–Italia Settentrionale) (AVANZINI e LUCIANI, 2001) e del Veneto (Carcoselle, Quero e Schio–Valdagno) (DALLA VECCHIA et al., 2005) ed a Vallecillo (Nuevo Leon–Messico) (BLANCO et al., 2001; IFRIM et al., 2005).

Altri esemplari riconducibili a tselfatidi, sono stati rinvenuti in Venezuela e Colombia (*fide* TAVERNE, 1991).

### 11. - CONCLUSIONI

Con questa nota preliminare alla revisione dell'ittiofauna marina cretacica delle "Argille Scagliose Antisicilidi" (A.S.A.) della Sicilia Nord–Orientale, si è ripreso lo studio dei pesci fossili siciliani che per tanto tempo erano stati trascurati e ne è stata messa in evidenza l'importanza scientifica alla luce delle nuove scoperte e delle conoscenze attuali.

Infatti gli affioramenti siciliani, per le modalità di rinvenimento e di estrazione degli ittioliti, agevolate dalla giacitura degli strati e dall'abbondanza dei reperti che vi si possono recuperare, rappresentano un paleosito peculiare per lo studio delle ittiofaune del Cretaceo Superiore che si sono depositate in sedimenti di mare profondo.

Il rinvenimento di altro materiale fossilifero, parte del quale ritrovato in nuove località (Raccuja, Ucria e San Piero Patti), segnalate per la prima volta in questo lavoro e comprendente tre *taxa* (*Cretoxyrhina mantelli*, *Ptychodus* sp. e *Tselfatia* 

#### ANTONINO RINDONE

*formosa*) non trovati nelle prime ricerche, ha permesso di aggiornare la composizione specifica dell'ittiofauna siciliana.

Dal punto di vista tassonomico e paleogeografico si può per il momento solamente confermare con ragionevole certezza, vista la composizione delle tre ittiofaune, aggiornata dai i nuovi rinvenimenti, che i giacimenti della Sicilia Nord–Orientale sono molto simili a quelli cenomaniano–turoniani del Veneto e del Marocco.

Indagini approfondite sui numerosi affioramenti individuati, considerati anche il notevole spessore degli strati fossiliferi e la grande estensione dei sedimenti, consentiranno in futuro di precisare meglio gli aspetti tassonomici e il significato paleoambientale e paleogeografico dei depositi a pesci fossili siciliani.

In particolare per quanto riguarda la situazione paleoecologica del bacino, bisogna rivedere ed eventualmente confermare la posizione degli autori precedenti, con uno studio approfondito di ricostruzione paleoambientale, che prenda in esame anche i resti vegetali continentali rinvenuti nei vari affioramenti e che possa dimostrare la compatibilità tra la presenza di specie con habitat estremi (dal neritico al batiale) e l'ambiente di deposizione. In quest'ottica, i nuovi rinvenimenti, riportati in questa nota, potranno apportare qualche elemento in più per dirimere la questione.

Deve essere fatta anche un'analisi multistratigrafica (lito-, evento-, isotopo-) ad alta risoluzione per confermare l'età dei vari affioramenti siciliani, nonostante l'evidenza dei dati (tassonomici, geochimici, biostratigrafici, etc.) a disposizione faccia propendere per il Cenomaniano-Turoniano.

Pertanto è necessario continuare ed intensificare le ricerche, perché soltanto un elevato numero di reperti che si potranno sicuramente rinvenire con scavi sistematici nei numerosi giacimenti conosciuti, potrà fornire un quadro completo sulla distribuzione dei pesci fossili nei vari livelli e sulla reale composizione specifica dell'ittiofauna siciliana.

Sarà così possibile intraprendere successivamente un lavoro di revisione che possa risolvere i problemi tassonomici e paleoambientali evidenziati, contribuendo al miglioramento delle conoscenze in questo campo, attualmente poco affrontato, della Paleoittiologia italiana.

Da ultimo, ma non per importanza, questa nota potrà servire anche a sollecitare iniziative di salvaguardia di un patrimonio paleontologico di alto valore scientifico, che altrimenti, o per cause naturali, o per attività antropiche, andrebbe perduto.

Lavoro consegnato il 30.01.2007

#### RINGRAZIAMENTI

Ringrazio vivamente la Prof. Bonfiglio L. (Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Messina) per avermi sostenuto in questo lavoro e per i suggerimenti finalizzati al miglioramento del testo.

Ringrazio inoltre, il Dott. Avanzini M.(Museo Tridentino di Storia Naturale di Trento), il Dott. Cappetta H.

(Institut des Sciences de l'Evolution – Università de Montpellier II – France), il Prof. Coccioni R. (Istituto di Geologia e Centro di Geobiologia – Università di Urbino), il Prof. Neri R. (Dipartimento di Chimica e Fisica della Terra – Università di Palermo). il Geologo Roccaforte F. (Provincia Regionale di Messina), il Prof. Taverne L. (Département de Biologie des Organismes – Università Libre de Bruxelles – Belgique) e il Prof. Triscari M. (Dipartimento di Scienze della Terra – Università di Messina), che in vario modo hanno contribuito alla stesura della presente nota. Gli esemplari saranno depositati presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Messina.

#### **BIBLIOGRAFIA**

- ACCORDI B., 1960 Segnalazione di un'ittiofauna del Cretaceo medio sull'altipiano di Floresta (Sicilia Nord-Orientale). Boll. Soc. Geol. Ital., 79, I, pp.53–56.
- ARAMBOURG C., 1943 Note préliminaire sur quelques poissons fossiles nouveaux. I. Les poissons du Jebel Tselfat (Maroc). Bull. Soc. Géol. France, 5° ser., XIII ; 281–288, 2 tavv.
- ARAMBOURG C., 1954 Les Poissons crétacés du Jebel Tselfat (Maroc). Prot. Rep. Fr. Maroc, Dir. Prod Ind. Min. Géol. Serv. Géol., Notes et Mémoires, CXVIII, 1–188, 20 tavv., 68 figg.
- ARAMBOURG C., 1968 A propos du genre Clupavus Aramb. (Rectification de nomenclature). Bull. Mus. Nat. Hist. Nat., Paris 2<sup>e</sup> sér., T. 39 (1967), n<sup>o</sup> 6, p. 1236
- AVANZINI M. & LUCIANI V., 2001 Tselfatia formosa Arambourg, 1943 (Pisces, Actinopterygii) dal Cretaceo Superiore del Trentino (Italia settentrionale). Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Geologica, vol.76, pp.195–201.
- BARDACK D. and TELLER–MARSHALL S., 1980 *Tselfatia*, a Tethyan Cretaceous teleost: first records from North America and Yugoslavia. *Journal of Paleontology*, v. 54, no.5, 6 text figs., pp.1075–1083.
- BELLANCA A., ERBA E., LUCIANI V., MASETTI D., NERI R., PREMOLI SILVA I., SALVINI G., SCOPELLITI G., SCOTTI P. e SPROVIERI P., 1998 – Geochimica e sedimentologia di Black Shales (Livello Bonarelli) nelle Argille Varicolori: implicazioni paleoambientali. Atti del 79° Congresso nazionale della Società Geologica Italiana, Palermo, 21–23 settembre v. A, p. 145–147.
- BELLANCA A. NERI R., SCOPELLITI G. e SPROVIERI M., 2000 Geochimica e petrografia di black shales del Livello Bonarelli, sezione di Novara di Sicilia (Monti Peloritani), Sicilia nord-orientale: implicazioni paleoambientali. *Mineralogica et Petrographia Acta*, vol. 43, 123–141.
- BERTIN L. and ARAMBOURG C., 1958 Superordre des Téléostéens (Teleostei). In : Grassé P. P., Traité de Zoologie, XIII, (3) ; 2204–2500, figg. 1561–1788. Masson et Cie, Paris.
- BIZZARINI F. e COCCIONI R., 1990 I livelli Selli e Bonarelli nell'area Umbro– marchigiana e gli scisti neri coevi nelle Alpi Meridionali. In: Tintori A., Muscio G., Bizzarini F. (Editors). Pesci fossili italiani. Scoperte e riscoperte: 75–80. New Interlito, Trezzano sul Naviglio. Milano.
- BLANCO A., STINNESBECK W., GUADALUPE LÓPEZ–OLIVA J., FREY E., ADATTE T. y GONZÁLEZ A. H., 2001 – Vallecillo, Nuevo León: una nueva localidad fosilífera del Cretácico Tardío en el noreste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 18, nùm. 2, p.186–199.
- BLOT J., 1987 L'ordre des Pycnodontiformes. Studi e Ricerche sui Giacimenti Terziari di Bolca V. Museo Civico di Storia Naturale, Verona: 1–211.
- BONARDI G., GIUNTA G., PERRONE V., RUSSO M., ZUPPETTA A. e CIAMPO G., 1980 Osservazioni sull'evoluzione dell'Arco Calabro–Peloritano nel Miocene inferiore: la formazione di Stilo–Capo d'Orlando. Boll. Soc. Geol. It., 99, 365–393.
- CAMPISI B., 1977 Le Argille Scagliose di Mojo e Floresta (Sicilia Nordorientale). Geologica Romana, 16, p.113– 130.
- CAVIN L. and DUTHEIL D. B., 1999 A new Cenomanian ichthyofauna from southeastern Morocco and its relationships with other early Late Cretaceous Moroccan faunas. *Geologie en Mijnbouw*, 78 (3–4): 261–266.
- DALLA VECCHIA F., BARBERA C., BIZZARINI F., BRAVI S., DELFINO M., GIUSBERTI L., GUIDOTTI G., MIETTO P., PAPAZZONI C. A., ROGHI G., SIGNORE M. e SIMONE O., 2005 – Il Cretaceo marino. Paleontologia dei vertebrati in Italia. *Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona*, II serie, Sez. Scienze della Terra, 6 – 2005.
- DE BLAINVILLE H., 1818 Sur les ichthyolites ou les poissons fossiles. Paris, Nouv. Dict. Hist. Nat., XXXVII, pp. 310–395.
- DIEDRICH, C., 2001 Catalogue of the fossil vertebrates (selachians, teleosts, and reptiles) from the Upper Cretaceous in the collection of the Ruhrlandmuseum Essen. Part 1. 1. Weiner Esch, 2. Misburg, 3. Lengerich. 12 pp., Ruhrlandmuseum Essen.

#### ANTONINO RINDONE

- DUTHEIL D.B. et ACKERMANN E., 2004 Presencè du genre *Ptychodus* (Elasmobranchii: Ptychodontidae) dans le Cénomanien supérieur du Djebel Tselfat (Maroc). Colloque à la mémoire de feu Anne Faure–Muret : Evolution des connaissances de la Géologie du Maroc du temps des pionniers à jours, Rabat, Maroc.
- FOREY P.L., 1973 A revision of the elopiform fisches, fossil and recent. Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.) (Geol.), suppl. 10, 222 pp., 92 figg.
- FOREY P. L., LU YI, PATTERSON C. and DAVIES C. E., 2003 Fossili Fishes from Cenomanian (Upper Cretaceous) of Namoura, Lebanon. *Journal of Systematic Palaeontology*, 1: 227–330 – Cambridge University Press.
- GAUDANT M., 1978 Contribution à une révision des poissons crétacés du Jebel Tselfat (Rides prérifaines, Maroc) Notes Mém. Serv. Géol. Maroc. 3 (272) : 79–124.
- GRANDE L., 1982 A Revision of the Fossil genus †Diplomystus, with comments on the Interrelationships of Clupeomorph Fishes. *American Museum Novitates*, n°2728, pp.1–34, figs.1–38.
- GUERRERA F. e WEZEL F. C., 1974 Nuovi dati stratigrafici sui flysch oligomiocenici siciliani e considerazioni tettoniche relative. *Riv. Min. Sic.*, 145–147, 27–51.
- IFRIM C., FREY E., STINNESBECK W., BUCHY M.C., GONZÁLEZ GONZÁLEZ A. H. and LÓPEZ OLIVA J. G., 2005 – Fish assemblage in Lower Turonian carbonates at Vallecillo, N. L., México, *Paleos Antiguo*, 1, 43–51.
- LENTINI F., GRASSO M. e CARBONE S., 1987 Introduzione alla geologia della Sicilia e guida all'escursione Conv. Soc. Geol. It. "Sistemi Avanfossa–Avampaese lungo la catena Appenninico–maghrebide", Naxos–Pergusa. 22–25.
- LENTINI F., CATALANO S. e CARBONE S., 2000 Carta Geologica della Provincia di Messina, Note illustrative, pag.1–70.
- LEONARDI A., 1966 L'ittiofauna cenomaniana di Floresta Messina. Palaeontographia Italica, LX, (N.S. XXX); 33–67, tavv. 10–15.
- LOPEZ–ARBARELLO A., 2004 The record of Mesozoic fishes from Gondwana (excluding India and Madagascar). Mesozoic Fishes 3 – Systematics, Paleoenvironments and Biodiversity, G. Arratia & A. Tintori (eds.): pp. 597–624, 6 figs, 11 tabs. Bay Dr. Friedrich Pfeil, München, Germany.
- MAISCH M. & LEMHAN J., 2000 Tselfatia formosa ARAMBOURG, 1943 (Teleostei) from the Upper Cretaceous of Lower Saxony (Northen Germany). Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Monatshefte, 2000 (8), pp. 499–512.
- MÜLLER A. & DIEDRICH C., 1991 Selachier (Pisces, Chondrichtyes) aus dem Cenomanium von Ascheloh am Teutoburger Wald (NRW, NW–Deutschland) – Geologie und Paläontologie in Westfalen, 20: 1–105; Münster.
- MURRAY A. M., 2000 The Palaeozoic, Mesozoic and Early Cenozoic fishes of Africa. Fish and Fisheries 1: 111– 145.
- NURSALL J. R. 1996. The phylogeny of the Pycnodont fishes Mesozoic Fishes Systematics and Paleoecology. in Arratia G. & Viohl G.(eds): pp.125–152, 23 figs.Verlag Dr. F. Pfeil, München, Germany.
- OGNIBEN L., 1960 Nota illustrative dello Schema geologico della Sicilia nord-orientale. *Riv. Min. Sic.*, 64–65, 183–212.
- OGNIBEN L., 1969 Schema introduttivo alla geologia del confine calabro-lucano. Mem. Soc. Geol. It., 8, 453-763.

PATTERSON C., 1964 – A review of Mesozoic acanthopterygian fishes, with special reference to those of the english Chalk. *Phil. Trans. R. Soc.* London, ser. B, (739), CCXLVII: 213–482.

- PONTE G., 1923 Gli scisti bituminosi della Sicilia sorgente importante di petrolio e di altri prodotti. Boll. Soc. Geol. Ital., vol. XLII, pp. 576–578.
- POYATO–ARIZA F.J. and WENZ S., 2002 A new insight into pycnodontiform fishes. *Geodiversitas*, 24(1) pp. 139– 248.
- REGAN T., 1911 The anatomy and classification of the Teleostean Fishes of the Order Iniomi. Ann. Mag. Nat. Hist. (8), VII: 120–135, 7 figg.
- RINDONE A., 1984 Presenza di Condricti nel giacimento cretacico di Floresta (Messina). Not. Min. Pal., nº 39, p. 51, fig.1.
- RINDONE A., 1988 Tselfatia formosa Arambourg, 1943 (Pisces Osteichthyes), presente nel Cretaceo di Floresta (Messina). Boll. Mus. Civ. St. Nat. Verona. Vol.15, pp.554–556.
- SCHLANGER S. O. and JENKYNS H. C., 1976. Cretaceous oceanic anoxic events: causes and consequences. Geologie en Mijnbouw. V. 55, p. 179–184.
- SORBINI L., 1976 L'ittiofauna cretacea di Cinto Euganeo (Padova Nord Italia). Boll. Mus. Civ. St. Nat.. Verona. 3: 479–567. 23 figg., 31 tavv.
- TAVERNE L., 1975 À propos de *Tselfatia* Arambourg, C., 1943 (Cènomanien du Maroc), de *Protobrama* Woodward, A. S., 1942 (Cenomanien du Liban et du rapport èventuel des Tselfatioïdes fossiles (Crètacè) et des tèleostèens du super-ordre des Ostèoglossomorphes. *Ann. Soc. Roy. Zool. Belg.*, 105 (1–2) : 53–72.
- TAVERNE L., 1983 Ostéologie et affinités systématiques de Tselfatia formosa, téléostéen fossile du Crétacè supérieur de la Mésogée eurafricaine. Ann. Soc. Roy. Zool. Belg., 113 (2): 165–181.

- TAVERNE L., 1985 Les Aulopiformes (Pisces, Teleostei) du Crétacé supérieur de la Mésogée eurafricaine. I. Ostéologie et affinités systématiques de *Rharbichthys* Arambourg, C., 1954. Acad. Roy. Belg., Bull. Cl. Sci., 5<sup>e</sup> sér., 71 (1–2) : 26–46.
- TAVERNE L., 1991 Révision du genre Protostomias, téléostéen stomiiforme crétacique de la Mésogée Eurafricaine. Biol. Jb. Dodonaea, 59, pag. 57 – 76.
- TAVERNE L., 1992 Révision de Kermichthys daguini (Arambourg, 1954) no. gen., Téléostéen salmoniforme du Crètacé de la mèsogèe eurafricaine. Biol. Jb. Dodonaea, 60, 76–95.
- TAVERNE L., 1995 Révision de *Tingitanichthys heterodon* (Arambourg, 1954) nov. gen. (Teleostei, Pachyrhizodontoidei) du Crétacé Supérieur main du Maroc. *Biol. Jb. Dodonaea*, 63, pag. 133–151.
- TAVERNE L., 2000a *Tselfatia formosa*, téléostéen marin du Cretacé (Pisces, Actinopterygii), et la position systématique des Tselfatiiformes ou Bananogmiiformes. *Geodiversitas* 22 (1): 5–22.
- TAVERNE L., 2000b Ostéologie et position systématique du genre Plethodus et des noveaux genres Dixonanogmius et Pentanogmius, poissons marins du Crétacé (Teleostei, Tselfatiiformes). Biol. Jb. Dodonaea, 67 (1): 94– 123.
- TAVERNE L., 2001 Révision du genre Bananogmius (Teleostei, Tselfatiformes), poisson marin du Crétacé supérieur d'Amérique du Nord et d'Europe. Geodiversitas 23 (1):17–40.
- TAVERNE L., 2006 Révision d'Ichthyotringa africana, poisson marin (Teleostei, Aulopiformes) du Crétacé supérieur de la Mésogée eurafricaine. Considérations sur les relations phylogénétique du genre Ichthyotringa. Belg. J. Zool., 136 (1) : 31–41.
- WOODWARD A. S., 1901 Catalouge of the fossil fishes of the British Museum (N. H.). Part. IV, Ed. Brit. Us. (N. H.), pp. 636, 22 fig., 19 tavv. London.

# PALAEOENVIRONMENTAL RECONSTRUCTION ACROSS THE MESSINIAN/ZANCLEAN BOUNDARY BY MEANS OF OSTRACODS AND FORAMINIFERS: THE MONTEPETRA BOREHOLE (NORTHERN APENNINE, ITALY)

### FRANCESCO GROSSI<sup>1</sup> & ROCCO GENNARI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento di Scienze Geologiche, Università Roma Tre, Largo S. Leonardo Murialdo, 1, I–00146 Roma, Italy <sup>2</sup> Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Parma, Parco Area delle Scienze, 157 A, 43100, Parma, Italy E–mail: fgrossi@uniroma3.it, rgennari@nemo.unipr.it

Abstract – The 80 m thick Montepetra core (Romagna Apennine, Italy) spans the stratigraphic interval comprised between the upper Messinian *lago-mare* ( $p-ev_2$  unit) and the lower Zanclean marine deposits. The Messinian deposits consist of the superimposition of at least two lithological fining upward cycles yielding brackish ostracods with Paratethyan affinity, referable to the *Loxocorniculina djafarovi* Zone, and generally scarce and partially reworked benthic and planktonic foraminifers. The Pliocene is represented by the very base of the Zanclean stage as suggested by the presence of the *Sphaeroidinellopsis* acme, the shift of *Neogloboquadrina acostaensis* sinistrally coiled and the base of the Thvera magnetic Subchron.

The results of a multivariate approach, using the cluster analysis and the Detrended Correspondence Analysis on the *in situ* ostracods and the study of the foraminifer assemblages suggest that the salinity was the main parameter driving the environmental changes of the Messinian interval. It spanned cyclically from high mesohaline (assemblages dominated by *Ammonia tepida* and *Cyprideis agrigentina*) to low mesohaline in the lower part of the core, and from middle mesohaline to oligohaline in the upper part. Depth variations are less remarkable, except for two short deepening events in correspondence of the occurrence of "pointed candonids".

At the M/P boundary the palaeoenvironmental change is abrupt and sharp, evidenced by a complete change in the fossiliferous content.

Key words: ostracods, foraminifers, latest Messinian, *lago-mare* event, northern Apennine, palaeoenvironmental evolution, multivariate analyses.

Riassunto - Ricostruzione paleoambientale durante il passaggio Messiniano/Zanceano per mezzo degli ostracodi e dei formaniniferi: il sondaggio Montepetra (Apennini settentrionali) - Il sondaggio Montepetra è situato nella sinclinale di Sapigno, nella porzione sudorientale dell'Appennino Romagnolo (Italia). Gli 80 metri recuperati attraverso il carotaggio comprendono la parte terminale del Messiniano superiore (p-ev.) in facies di lago-mare e i depositi marini dello Zancleano Inferiore. I sedimenti messiniani rappresentano la sovrapposizione di almeno due cicli litologici fining-upwards e contengono un'ostracofauna salmastra ad affinità paratetisiana, riferibile alla Zona Loxocorniculina djafarovi, assieme a foraminiferi bentonici e plantonici parzialmente rimaneggiati. La presenza di bioeventi significativi (acme di Sphaeroidinellopsis, avvolgimento sinistrorso di Neogloboquadrina acostaensis) e l'individuazione della base dell'evento magnetico Thvera testimoniano la base dello Zancleano. Al fine di ricostruire l'evoluzione paleoambientale dell'intervallo messiniano, sono state analizzate le associazioni in situ di ostracodi e foraminiferi con un approccio multivariato (Cluster Analysis e Detrended Correspondence Analysis). I risultati mostrano come il parametro che guidò le variazioni paleoambientali fu la salinità, fluttuando ciclicamente dall'alto mesoalino (associazioni dominate da Ammonia tepida ed Cyprideis agrigentina) al basso mesoalino nella porzione inferiore della successione, e dal mesoalino medio all'oligoalino nella porzione superiore. Nell'intervallo messiniano, le variazioni di profondità sono poco marcate, ad eccezione di due eventi di approfondimento segnalati dalla presenza delle "candonine appuntite". Il cambiamento paleoambientale al limite Messiniano/Zancleano è netto, evidenziato da un completo turn-over faunistico.

Parole chiave: ostracodi, foraminiferi, Messiniano superiore, evento lago-mare, Appennino settentrionale, evoluzione paleoambientale, analisi multivariata.

### 1. – Introduction

The late Messinian *lago-mare* event, even if of short duration, was affected by several climatically driven environmental changes (COSENTINO et al., 2005)

with refs.) concerning particularly salinity and depth variations. Late Messinian *lago-mare* ostracods have shown to be a very useful tool to recognize in detail these palaeoenvironmental changes.

The lago-mare facies, characteristic of the Mediterranean area during the latest Messinian, has been widely investigated from a palaeogeographic and paleontological point of view. Ostracod faunas are characterised by an important contingent with Paratethyan affinity (GREKOFF, MOLINARI, 1963; GRAMANN, 1969; MOLINARI PAGANELLI, 1975; BENSON, 1976; ROEP, VAN HARTEN, 1979; KRSTIC, STANCHEVA, 1989; BOSSIO et al., 1996; GLIOZZI, 1999; CIPOLLARI et al., 1999a,b; BONADUCE, SGARRELLA, 1999; GLIOZZI et al., 2002; GLIOZZI, GROSSI, 2004). Their migration into the Mediterranean area was due both to the western closure of the Mediterranean-Atlantic connection (WEIJERMARS, 1988; BENSON et al., 1991; CITA, CORSELLI, 1993) and to the subsequent humid climate phase (GRIFFIN, 2002), which diluted the hyperhaline Mediterranean waters after the Messinian Salinity Crisis (MCCULLOCH, DE DECKKER, 1989). Ostracod assemblages mirror the dilution to oligo-mesohaline waters, being characterised by the presence of several Candoninae, Cyprideis, Amnicythere and Loxoconcha species. The latest Messinian in situ foraminifer assemblages are only occasionally abundant, made up of few benthic, eurihaline and shallow water taxa, mainly represented by Ammonia (IACCARINO, BOSSIO, 1999; BONADUCE, SGARRELLA, 1999; ROUCHY et al., 2001). Planktonic foraminifers are generally considered reworked from Miocene or older deposits. Nonetheless, the occurrence of dwarfed globigerinids has been often linked with temporary marine ingression from the Atlantic during the lago-mare event (CITA et al., 1978), but a major consensus is reached on the presence of shallow water benthic foraminifers in the top-most lago-mare deposits (SPEZZAFERRI et al., 1998; IACCARINO, BOSSIO, 1999). These authors documented a decrease in reworked taxa and an increase of *in situ* forms in progressively higher samples within the Messinian deposit of the ODP sites 967, 969 and 975.

IACCARINO et al. (1999) reviewed several sections of the Mediterranean area concerning the Messinian/Zanclean boundary (MZB) and showed that the palaeoenvironmental transition from *lago-mare* to marine conditions was an abrupt and synchronous event at the Mediterranean scale and occurred at 5.33 Ma, at the base of cycle 1 of HILGEN & LANGEREIS (1993).

In the present paper the lago-mare facies of the Montepetra core has been analysed in the perspective of a detailed palaeoenvironmental reconstruction. Upwards, the open marine assemblage testifies the complete restoration of the Mediterranean-Atlantic connection at the beginning of the Pliocene.

### 2. – Geological setting

The Northern Apennines are a thrust and fold belt formed since the Oligocene to the present, in response to the Eurasia–Africa collision that caused the closure of

the Ligurian–Piedmont ocean. The lower structural units are Mesozoic to Paleogene carbonates of the Adria plate, overlied by Early Miocene to Pleistocene terrigenous foredeep units that crop out extensively south of the Sillaro line, in the Romagna Apennine. The Montepetra borehole is located in the Sapigno syncline (Fig. 1), a wedge–top basin in the southeastern part of the Romagna Apennine.

The Forlì line (FL) is the most important tectonic and morphologic element of this portion of the chain separating the inner thrust-top basin from the outer wedge top and foredeep basin. The Messinian succession is strongly affected by the presence of the FL as, after the deposition of the early Messinian euxinic shales, primary evaporites deposited only in the inner thrust-top basin (5.96 My in the Vena del Gesso basin, KRIJGSMAN et al., 1995). From the '90s the stratigraphic framework of the Apennine foredeep was reviewed using a physical stratigraphic approach that lead through different studies (BASSETTI et al., 1994; ROVERI et al., 1998, 2001; RICCI LUCCHI et al., 2002) to the identification of the base of the post-evaporitic Messinian succession (*Colombacci Fm.*) with the base of



**Fig. 1** – Location map of the study section and geological sketch–map of the Montepetra area (SMON) (modified after Bassetti et al., 2004).

Fig. 1 – Ubicazione del sondaggio e stralcio geologico dell'area di Montepetra (SMON) (modificato da Bassetti et al., 2004).

the MP allounit; this unit was splitted into two sub-units (p-ev, and p-ev,) due to their lithological pattern. The lower p-ev, unit is limited at the base by the unconformity generated during the intra-Messinian tectonic phase (lm, ROVERI et al., 2006), above which the resedimented evaporites and a mainly fine grained succession was deposited, with a coarsening upward trend in the topmost interval. An ash layer, dated at 5.5 Ma by ODIN et al. (1997), is present in the p-ev, unit. A second unconformity of minor rank (lm,, ROVERI et al., 2001) marks the base of the p-ev, unit, that is characterised by the presence of couplets of coarse grained (gravel and sand fluvial deposits) and fine grained sedimentary bodies (shales with minor sand and silt deposits), containing dark, rich organic layers. Within the finer grained intervals up to three carbonates layers ("colombacci") are presents. These alternations are thought to represent the marginal and distal parts of fluvio-deltaic depositional systems (ROVERI et al., 1998) and they have been observed at least four times in the p-ev, unit, representing variations of base level through time, that are thought to be triggered by astroclimatic causes (ROVERI et al., 1998 and references therein). In this interpretation the "colombacci" deposition corresponds to a phase of minimum terrigenous input (highstand level) (BASSETTI et al., 2004).

The Montepetra borehole spans the topmost part of the  $p-ev_2$  unit (the last 3 lithological cycles), the MZB and the overlying Zanclean deposits. The cyclical pattern of the  $p-ev_2$  deposits, together with the "*colombacci*" horizons and the dark layer, resulted to be a useful tool for regional correlation (ARTONI, 2003; GENNARI, 2003).



**Fig. 2** – Panoramic view of the Montepetra section, where is located the borehole. **Fig. 2** – Panoramica della sezione Montepetra, dove è ubicato il sondaggio.

### 2.1 - Lithostratigraphy

The presence of fault, as seen in the outcrop (Fig. 2), caused the upper 34 m to be twice recovered; thus the litostratigraphic log pertains to the 34 - 114 m interval (Fig. 3).



Fig. 3 – Stratigraphical log of the Montepetra sediment–core. Fig. 3 – Log stratigrafico del sondaggio Montepetra.



**Fig. 4** – (a) *Caspiocypris pontica*, (b) *Loxoconcha mülleri*, (c) *Loxoconcha eichwaldi*, (d) *Zalanyiella venusta*, (e) *Cyprideis agrigentina*, (f) *Loxocorniculina djafarovi*, (g) *Euxinocythere (Maeotocythere) praebaquana*. All scale bars are 100 μm.

From the base, medium and fine grained sandstones alternate with mudstone intervals and, from 107 m, with finely laminated mudstone. From 98 m a graded, conglomeratic to medium sandy bed marks the base of a small fining upward sequence, capped by reddish deposits with root traces, which, in turn, are overlied
by a silty dark horizon, characterised by a small percentage of organic matter (T.O.C. < 0.5%, ENI–AGIP analysis). Above this layer, laminated mudstone prevail up to 82 m, where a 7 m coarsening upward sequence is present and made up of fine to medium sandstones. Coarse grained sandstones at 74 m mark the base of a second fining upward sequence, culminating with a laminated mudstone interval, with a micritic limestone bed intercalation ("*colombaccio*"). Thus, from the base to a dark layer at 51 m, one meter thick, that represent the top of the Messinian unit, the sediments are cyclically stacked and each cycle is composed of decametric alternations of coarse grained beds (at 101–96 m and 74–65 m) at the base and silty–clayey laminated intervals at the top, resulting in fining upward superimposition of at least 2 lithological cycles (B and C). The lower part of the borehole should represents the upper, fine grained portion of a third cycle (A).

Basal Pliocene deposits rest on the dark layer through a sharp contact and are made up of a 50 cm silty–clayey laminated interval. From 50 m to the top of the studied core grey bioturbated mudstones alternate with dark–grey massive horizons, rich in organic matter ("sapropel like" horizons). Both lithologies show variable thickness and gradual transitions from one to the other, due to bioturbations mixing. Up to 45,5 m they are anoumalous both for major thickness (4 m from 49,5) and composition as the lowermost 1,5 m lack the sapropel layer. From 45,5 m up, cycle thickness from 15 cm (at 45,5 m) to 50 cm (at 39,5 m), followed by a decrease. This lithological pattern suggests strong similarity with the same cyclicity at Eraclea Minoa (IACCARINO et al., 1999), where sapropel are continously present only from the 6<sup>th</sup> cycle.

In the Messinian portion of the studied core several stratigraphic markers occur as noted by BASSETTI et al. (2003) in the outcropping section; they are represented by the paleosoil trace and overlying dark bed, the "*colombaccio*" horizon and a second, dark horizon, already known in literature as "*strato nero*" (IACCARINO, PAPANI, 1980; ROVERI et al.,1998; GENNARI, 2003) whose top marks the MZB.

Cyclical stacking pattern is well expressed along all the core; thus, both Messinian and Zanclean deposits show lithologic cyclicity, that is thought to represent the sedimentological response to orbital parameter variations as suggested by ROVERI et al. (1998) and ROVERI et al. (2006) for the p-ev<sub>2</sub> unit and as noted by DI STEFANO et al. (1996), among the others, for the basal Zanclean deposits.

### 3. - Material and Methods

The Montepetra core was sampled about every meter within the Messinian interval and more closely in the Zanclean interval in order to obtain a detailed record of the ostracod and foraminifer assemblages. On the whole, 98 samples were collected.

Each sample was washed in 3%  $\mathrm{H_2O_2}$  solution, sieved using a 63  $\mu m$  sieve



**Fig. 5** – Foraminifers abundance (note the different scale for Messinian interval), P/(P+B) percentage ratio and *N. acostaensis* coiling percentage ratio. The discontinuous black line illustrates interval in which more then 100 specimens were counted.

**Fig. 5** – Frequenza dei foraminiferi (notare la differente scala per l'intervallo Messiniano), rapporto percentuale P/(P+B) e rapporto percentuale per l'avvolgimento di *N. acostaensis*. La linea nera discontinua rappresenta gli intervalli dove è stato possibile contare più di 100 individui.



Fig. 6 – Distribution of biostratigraphic marker, relative abundance of *Globigerinoides* spp. and  $n^{\circ}$  of species of benthic foraminifers for the Zanclean portion of the Montepetra core.

**Fig. 6** – Distribuzione dei marker biostratigrafici, abbondanza relativa di *Globigerinoides* spp. e del n° di specie di foraminiferi bentonici dell'intervallo Zancleano del sondaggio Montepetra.

and dried. Where possible, 300 ostracod valves and foraminifers for sample were handpicked and analysed under stereomicroscope. Generally they are medium-preserved; in the Messinian interval 19 samples are barren of ostracods, others yield only few valves, but in general, the majority of the samples is characterised by medium to high frequency. 10 samples were devoid of foraminifers. The benthic and planktonic foraminifers were occasionally abundant, the former were often normal sized, while the latter are small–sized and medium–preserved.

In the Pliocene interval ostracods were absent and the assemblages consist mainly of planktonic foraminifers, still medium-preserved and relatively smallsized, with scarce benthic species.

Ostracod and foraminifer abundance was normalised to 10 g of dried sieved sample and the relative percentage was calculated for each taxon. Community structure analysis (Richness, Shannon index) (DODD, STANTON, 1990) and multivariate analysis [cluster analyses and Detrended Correspondence Analyses (DCA)] have been performed on the ostracod using the software package PAST – PAlaeontological STatistics (ver. 1.52) (HAMMER et al., 2003).

The plankton/benthos ratio [P/B(P+B)] calculated for the Messinian samples is only indicative because the total number of foraminifers only occasionally exceeds 100 specimens (Fig. 5).



Fig. 7 – Diagrams of the community structure indexes. Fig. 7 – Diagrammi degli indici di struttura di comunità.

### 4. - Micropalaeontological data

#### 4.1 – Ostracods

The ostracod fauna collected at Montepetra contains 19 species referable to 11 genera (some key–species in Fig. 4): *Cyprideis* sp. 5 Gliozzi & Grossi 2004, *Cyprideis* 



Fig. 8 – Dendrogram resulting from cluster analysis using UPGMA method and Morisita distance applied to the Montepetra samples.

**Fig. 8** – Dendrogramma risultante dalla cluster analisi (metodo UPGMA e misura delle distanze Morisita) applicato ai campioni di Montepetra.

agrigentina (Decima), Cyprideis anlavauxensis Carbonnel, Loxoconcha eichwaldi Livental, Loxoconcha kochi Méhes, Loxoconcha mülleri (Méhes), Loxocorniculina djafarovi (Schneider), Amnicythere sp. 2 Gliozzi & Grossi in press, Amnicythere sp. A Miculan in Bassetti et al. 2003, Amnicythere sp. D Miculan in Bassetti et al. 2003, Amnicythere costata (Olteanu), Amnicythere palimpsesta (Livental), Amnicythere propinqua (Livental), Euxinocythere (Maeotocythere) praebaquana (Livental), Caspiocypris pontica (Sokac), Pontoniella pontica (Agalarova), Zalanyiella venusta (Zalanyi), Cypria sp., Tyrrhenocythere ruggierii Devoto.

Sevenofthesegenera(*Amnicythere, Euxinocythere, Caspiocypris, Loxoconchissa* (*Loxocaspia*), *Loxocorniculina, Pontoniella, Zalanyiella*) are widespread during Miocene in the Paratethyan domain and migrated into the Mediterranean area only during the latest Messinian *lago-mare* event (CARBONNEL, 1978; BONADUCE, SGARRELLA, 1999; GLIOZZI, 1999; GLIOZZI et al., 2002, GLIOZZI, GROSSI, in press with refs.). Four genera (*Loxoconcha, Cypria, Cyprideis* and *Tyrrhenocythere*) are widespread in the Neogene/Quaternary of both the Paratethyan and Mediterranean domains: *Loxoconcha* is represented at Montepetra only by Paratethyan species which migrated in the Mediterranean exclusively during the latest *lago-mare* Messinian event, *Cyprideis* and *Tyrrhenocythere* are represented here by four Mediterranean species (CARBONNEL, 1978; BONADUCE, SGARRELLA, 1999; GLIOZZI, 1999; GLIOZZI et al., 2002; GLIOZZI, GROSSI, in press with refs.).



Fig. 9 – DCA (Q-mode) ordination plot (Axis 1/Axis 2) of samples (black circles) and species (white circles).

Fig. 9 – Plot della DCA in Q-mode (Asse1/Asse 2) di campioni (cerchi neri) e specie (cerchi bianchi).

#### 4.2 – Foraminifers and biostratigraphy

In the Messinian interval, benthic and planktonic specimens were counted (Fig. 5), while in the Zanclean interval the planktonic species were quantitatively analysed and the benthic species were only qualitatively reported.

The planktonic foraminifer assemblages from both intervals are represented by *Globigerina* spp., *Globoturborotalita decoraperta*, *Turborotalita quinqueloba*, *Globigerinoides* spp., *Neogloboquadrina acostaensis*, *Orbulina universa* and *Globorotalia scitula*. *Globigerina* spp. plus *Globoturborotalita decoraperta* are always dominant along the core. The scarcity of *N. acostaensis* in the Messinian



**Fig. 10** – Palaeoenvironmental evolution (salinity changes) of the upper portion of the "*Colombacci*" *Fm.* (p–ev<sub>2</sub> unit) in the Montepetra core. Dots are in corrispondence of the two deepening events. **Fig. 10** – Evoluzione paleoambientale (variazioni di salinità) della porzione superiore della *F.ne* "*Colombacci*" (unità p–ev<sub>2</sub>) nel sondaggio di Montepetra. Sono segnalati i due momenti di massimo approfondimento.

sediments prevented the recognition of dextral/sinistral coiling change, nonetheless two intervals with only dextrally coiled forms were recognised at 88–84 m and at 60 m.

In the p–ev<sub>2</sub> unit the P/B(P+B) ratio, even if calculated on a low number of specimens, is generally high (70% to 100%, Fig. 5). The value decreases considerably in correspondence of the two coarse grained intervals, that represent the base of sedimentary cycles B and C, where benthic foraminifers prevail. Between 103 m and 93 m they are represented by *A. tepida* oligotypic assemblages; between 70 m and 63 m benthic foraminifer assemblages are more diversified and dominated by *Bulimina echinata* and *Brizalina dilatata*. Within the dark layer, both benthic and planktonic foraminifers are completely absent.

In the basal 50 cm thick laminated deposits of the Pliocene interval, benthic foraminifers are rare and poorly diversified. Only *Uvigerina peregrina* occurs since the first sample; then, diversity increases up to a maximum of 14 species, among which the most common are *Sphaeroidina bulloides*, *Cibicides ungerianus*, *Bulimina costata*, *Globocassidulina subglobosa*, *Karreriella bradyi* and *Gyroidinoides neosoldanii* (Fig. 6). These assemblages are similar to those found in the ODP site 375B by IACCARINO and BOSSIO (1999). Also the planktonic foraminifers are relatively less abundant in this basal interval, with respect to the overlying sediments.

Above the basal laminated deposits, benthic foraminifers became relatively more abundant and diversified, and the number of species ranges between 6 and 29, but P/B(P+B) ratio always remains above 90%. Planktonic foraminifers show a rapid increase in abundance, the dominant species still remain *Globigerina* spp. and *G. decoraperta; Globigerinita glutinata*, very rare within the Messinian interval, becomes common in the Pliocene deposits. and shows a characteristic abundance peak at 44,21 m (GENNARI et al., submitted). At 49,83 m an influx of *N. acostaensis* sinistrally coiled occurs (Fig. 6), while in the remaining samples dextrally coiled specimens prevail, even if they decrease towards the top of the core, in correspondence with an increase of *T. quinqueloba. Sphaeroidinellopsis* spp. first appears and discontinuously occurs up to 44 m. *Siphonina reticulata* (Di Stefano et al., 1996) first occurs at the end of the *Sphaeroidinellopsis* spp. distribution interval.

The base of the Thvera subchron was identified at 45,25 m (GENNARI et al., submitted). Despite the low resolution sampling in the mid-high portion of the Zanclean interval *Globigerinoides* spp. displays a characteristic abundance variation pattern linked to the lithological cyclicity. In fact, two prominent peaks are present below the lowermost sapropel layer, followed by a relatively low abundance interval, ending with a third prominent peak below the second sapropel layer. Above, each cycle contain at least one *Globigerinoides* spp. minimum and maximum. This pattern, as well as the lithological cyclicity show strong analogies with Eraclea Minoa section. Position of the *Sphaeroidinellopsis* acme end and of *G. glutinata* peak, the re–appearance of *S. reticulata* and the Thvera subchron support that the second sapropel at Montepetra borehole is correlatable with the base of the

 $6^{th}$  cycle of Eraclea Minoa. The position of the *N. acostaensis* sinistral coiling influx allows to correlate the lowermost "sapropel" at Montepetra with the base of the  $3^{rd}$  cycle of Eraclea Minoa. Below this level two *Globigerinoides* spp. peaks suggest the presence of the two lowermost Zanclean cycles; thus, the absence of the first *N. acostaensis* sinistral coiling influx is probably due to paleoenvironmental condition and not to sedimentary hiatus or delayed arrival of marine water.

#### 5. – Statistical analyses

#### 5.1 – Community structure analysis

Community structure analyses have been performed on the ostracod assemblages collected at Montepetra in the "*Colombacci*" *Fm*. Three community structure indices were calculated for each sample: Margalef index (richness), Shannon index (diversity) and equitability index (Fig. 7).

The samples generally show medium richness coupled with rather high equitability values, particularly in the upper part of the section. These parameters mirror rather stable environments, which lead to the establishment of several mature ostracod communities. Anyway it is possible to recognize some changes between the ostracod communities of the lower and the upper part of the borehole. In the lower part (below sample 74), the community structure analysis gives low values of Margalef and Shannon indexes, in many cases coupled with a rather low frequency, pointing to a rather unstable environments, with low–diversity communities dominated by *Cyprideis agrigentina*. On the contrary, in the upper part there are several samples with high richness and diversity. In particular, intervals 74–66 and 57–45a show the maximum values of Margalef (> 0.6) and Shannon (>1.5) indexes, except for few barren or low–diversity samples.

#### 5.2 – Multivariate analysis

A Q-mode hierarchical cluster analysis of the total association was computed using the Morisita distance measure and the un-weighted pair-group method using arithmetic average (UPGMA). By selecting a cut-off value of 0.2 for the across-cluster similarity, samples were statistically discriminated into three groups (Fig. 8): Cluster A includes samples dominated by *C. agrigentina*-Loxoconchidae-*A. tepida* assemblages; Cluster B samples characterised by the strong dominance or the exclusive occurrence of *A. tepida*; Cluster C is characterised by the occurrence of the Candoninae group, the high frequency of *L. djafarovi* (which is present rather continuously in the whole sediment-core), the occurrence of *Cyprideis* sp.5, the absence of *C. agrigentina* together with all benthic foraminifers. It's worth noting the partial coincidence of community and cluster analyses results, as the Cluster C which is almost totally included in the upper part of the sediment-core (above sample 74).

The Detrended Correspondence Analysis in Q-mode was performed on the same data set: Axis 1 accounts for the 21.5% of the relative variance, Axis 2 for 18.3%.

In the Q-mode biplot (Fig. 9), commonly used in the palaeoenvironmental reconstructions (MEZQUITA et al., 1999a,b; GLIOZZI, GROSSI, 2004, in press), it is possible to see that the samples are grouped in three clouds that match the three clusters previously recognised: Group 1 coincides with Cluster C [within it, the dots of *C. pontica* (Cas), *P. pontica* (Pon) and *Z. venusta* (Zal) are also included, pointing that they must be considered "typical" taxa of this group]; Group 2 and 3 match respectively with Clusters A and B. Species which are more continuous in all the core, such as *L. djafarovi, C. agrigentina, L. eichwaldi*, are located in the central area of the DCA plot, pointing to a more or less the same distance from all groups. Particularly significant is the position of *L. djafarovi* (dja), located in Group 1 but close to Group 2: this species, dominant in the upper part of the succession, is present rather continuously in the entire examined core.

The position of some samples on the plot seems to be strongly influenced by a low microfossil frequency rather than a different taxonomic composition (for example, sample 91 and 57, not included in any group).

Palaeoecological data on the Montepetra ostracod species are few. Some of them, concerning living species, derive from the zoological literature (GOFMAN, 1966; SCHORNIKOV, 1966; YASSINI, GHAHREMAN, 1976; BOOMER et al., 1996), while for the extinct taxa GLIOZZI and GROSSI (2004, in press) provide a possible synecological characterization of the *lago–mare* ostracod assemblages. Leptocytheridae are characteristic of shallow (down to 100 m depth) and oligo–mesohaline waters (optimum 12.5–13.5‰). At a generic level, the "pointed candonids" (*Pontoniella* and *Zalanyiella*) are characteristic of shallow to deep water (down to some hundreds meters) and fresh–oligohaline conditions (GOFMAN, 1966; GLIOZZI, GROSSI, 2004), *Cyprideis* is strongly eurihaline and characteristic of very shallow water (optimum < 10 m) (NEALE, 1988 with refs.). *Tyrrhenocythere* is characteristic of shallow water (down to about 30 m) and oligo–mesohaline conditions (optimum 12.5–13.5‰) (BRONSTHEIN, 1947; GOFMAN, 1966; NAYDINA, 1970; SCHORNIKOV, 1974; YASSINI, GHAHREMAN, 1976; BOOMER et al., 1996).

Thus, it is likely that Group 3 represents a high mesohaline assemblage, Group 2 a middle–high mesohaline assemblage, and Group 1 an oligohaline–low mesohaline assemblage. Thus, Axis 1, which account for the 21.5% of the relative variance, should represent the ecological parameter "salinity". No ecological interpretation is given for Axis 2.

# 6. - Discussion

Paleontological and multivariate analyses have been used to depict a detailed palaeoenvironmental evolution of the Messinian recorded in the Montepetra core, summarized in Fig. 10. DCA and community analysis provided important informations to distinguish several palaeoenvironmental intervals within the brackish p–ev, unit:

INTERVAL 1 – from the bottom up to 91 m (samples 102–79) the low diversity communities are dominated by *C. agrigentina*, *L. mülleri* and the benthic foraminifer *A. tepida*, with the occurrence of *Elphidium* spp. and *Florilus boueanum*. These data suggest that the environment was characterised by shallow and high–mesohaline waters. In this interval, samples 95 to 93 and sample 84 are characterised by the high dominance of *A. tepida*, probably due to a further pulse of salinity increase.

INTERVAL 2 – from 91 m up to 81 m (samples 78–71) there is an increase of the diversity indexes indicating a stable environment. *Z. venusta* (in the upper part of the interval), Loxoconchidae and Leptocytheridae are common, while *C. agrigentina* strongly decreases and *Ammonia* is absent. These data suggest a salinity decrease down to the low mesohaline range and a deepening in corrispondence of the occurrence of *Z. venusta*.

INTERVAL 3 – from 81 m up to 62 m (samples 69–56) the assemblages are similar to those of INTERVAL 1, but with higher values of diversity indexes; *C. agrigentina* and *L. mülleri* are dominant, together with *A. tepida*, *Elphidium* spp., *F. boueanum* and few Loxoconchidae and Leptocytheridae. Therefore, the palaeoenvironment is similar to that of INTERVAL 1, with a middle–high mesohaline and shallow waterbody.

INTERVAL 4 – from 62 m up to 52 m (samples 55–45a) the high diversity assemblages include *L. djafarovi*, Loxoconchidae spp., Leptocytheridae spp., *C. anlavauxensis, Cyprideis* sp. 5 and, immediately above the "colombaccio" level, all the Candoninae species (*C. pontica*, *P. pontica* and *Z. venusta*). The relevant presence of the "pointed candonids" ostracods was recognised at Perticara (Romagna Apennine, close to the Montepetra borehole) in the samples immediately below and above the "colombaccio" level, and was correlated by GLIOZZI and GROSSI (2004, in press) to a deep and oligohaline waterbody. This palaeoecological interpretation was supported and confirmed by geochemical analyses carried out on the "colombaccio" limestones by CASATI et al. (1978), COLALONGO et al. (1978), LONGINELLI (1979) and BASSETTI et al. (2004). At Montepetra, the "colombaccio" ostracod assemblage is not dominated by "pointed candonids" as at the Perticara, Sapigno and Celle di Romagna sections, but it is similar to the "pointed candonids–Leptocytheridae" assemblage defined by GLIOZZI and GROSSI (in press) and referred to oligo/low mesohaline and rather deep waterbody.

Interval 4 records a salinity decrease in the oligohaline/low mesohaline range and a deepening in correspondence of the "colombaccio" level. The two uppermost samples of this interval (above the "colombaccio" level) bear few brackish ostracods and also few foraminifers The planktonic foraminifers are represented by the same taxa occurring at the very base of the Pliocene, including *N. acostaensis* dextrally coiled and dwarfed planktonic forms. These features make it possible to argue the first input of marine waters prior to the Pliocene flooding. INTERVAL 5 – from 52 m up to 50.90 m (MZB) including the dark layer, all samples (45-42) are barren of ostracods and foraminifers.

INTERVAL 6 – from the MZB to 44 m (samples 41–19) ostracods are completely absent, while foraminifers become gradually more abundant, testifying the Early Pliocene flooding. At the base of this interval benthic foraminifers are scarce, while planktonic ones are very abundant [P/B(P+B) near 100%]. *U. peregrina*, the only benthic species present from the base, can survive within a very wide bathymetric range, from neritic down to lower bathyal. The presence of *U. peregrina*, a taxon living in environment rich in organic matter, could testify-terrigenous input, as suggested by the presence of reworked *lago–mare* dynocists (U. Biffi, pers. comm.). Upwards, the benthic component increases (Fig. 6), showing analogies with those reported from other Mediterranean sites (IACCARINO et al., 1999), testifying the restoring of full marine conditions. An upper bathyal environment could be suggested, even if the successive increase of diversity lead up to the occurrence of taxa as *Bigenerina nodosaria* that could point to more ventilated bottom water or/ and a shallowing towards lower neritic/upper bathyal depth.

The processes that ROVERI et al. (1998) recall to explain the sedimentary cyclicity expressed in the  $p-ev_2$  unit are confirmed by micropaleontological features from the Montepetra borehole. Fine grained intervals recording the deactivation of catastrophic flooding and fluvio–deltaic systems are thought to be triggered by wetter conditions and higher base level, characteristic which are pointed out by the multivariate analysis on ostracods and benthic foraminifers.

In the Messinian interval, frankly marine benthic foraminifers are scarce and co–occur with oligo–mesohaline ostracods. The assemblages are dominated by taxa common in the pre–evaporitic deposits, that were possibly exposed on the margin of the basin. Planktonic foraminifer assemblages are scarce too: the presence of *N. acostaensis* sinistrally coiled confirms the possibility that these assemblages can be considered reworked. Nonetheless, samples above the "colombaccio" horizons yield fewer ostracods and, as mentioned above, few foraminifers consisting of the same planktonic species occurring in the first 30 cm laminated clayey–silty deposits of the Zanclean, from which they differ for the absence of ostracods and the gradual appearance of benthic foraminifers. Transitional conditions immediately below the dark bed seem to predate the re–establishment of fully open marine palaeoenvironment. Similar foraminiferal assemblages have been recovered in the uppermost Messinian samples of the ODP sites 967, 969 and 975 (CITA, 1978; SPEZZAFERRI et al., 1998; IACCARINO, BOSSIO, 1999).

### 7. - Conclusions

The micropaleontological analyses carried out on the Messinian interval of the Montepetra core and the taxonomical composition of the foraminifer and ostracod assemblages, these latter dominated by taxa with Paratethyan affinity, are indicative of a lagoon/marshy brackish paleoenvironment allowing the correlation to the latest Messinian *lago-mare* event.

The results show that the main parameter that drove the environmental changes was the salinity, which spans cyclically from medium–high mesohaline (assemblages dominated by *A. tepida* and *C. agrigentina*) to oligohaline–low mesohaline ("pointed candonids"–Leptocitheridae assemblages). Depth variations within the Messinian sediments are less remarkable, except for two deepening incursions testified by the occurrence of the "pointed candonids" *Z. venusta* and *P. pontica*. These deepenings are in good agreement with the base level variations indicated by the sedimentary facies and lithological cyclicity.

Paleomagnetic, biostratigraphic, cyclostratigraphic evidences and the distribution curve of the *Globigerinoides* spp. (Fig. 6) (ROVERI et al., 2006, GENNARI, 2006) indicate that the Pliocene interval of the Montepetra core can be correlated with the base of the Zanclean GSSP at Eraclea Minoa, dated at 5.33 Ma, recording the continuous sedimentation across the boundary.

The Montepetra borehole allows a good resolution of the palaeoenvironmental change at the M/P boundary:

- 1. The co-occurrence of the *lago-mare* ostracods and the marine planktonic foraminifers in the Messinian interval above the "*colombaccio*" limestone could point out for a transitional palaeoenvironment characterised by different salinities, related to the arrival of marine water in a brackish basin.
- 2. After the deposition of the dark bed, probably testifying anoxic bottom conditions, the palaeoenvironmental change is abrupt and sharp, from a depth of few tens of meters in the uppermost Messinian to an open marine environment at the base of the Zanclean. This datum is evidenced by a complete change in the fossiliferous contents: ostracods desappear and benthic foraminifers are scarce, poorly diversified and indicating deeper bathymetry, while planktonic foraminifers become dominant in the assemblages [P/B(P+B) ratio slightly minor of 100%]. However, the scarcity of benthic taxa within the basal 30 cm laminated interval could also be caused by increased terrigenous input or by anoxic bottom conditions.
- 3. Upwards, normal marine conditions are established, as suggested by the rapid increase of planktonic foraminifer abundance and of benthic foraminifer diversity.

Lavoro consegnato il 01.02.2008

#### ACKNOWLEDGMENTS

We wish to thank E. Gliozzi, S. Iaccarino and V. Manzi for their valuable suggestions and for the fruitful and pleasant discussions. We are grateful to M. Rossi of ENI-Agip for the coring and sampling operations of the Montepetra core. We also thank M. Roveri responsible of the COFIN 2003 Project who granted this work.

#### REFERENCES

- ARTONI A., 2003 La sezione stratigrafica del T. Parola (Salsomaggiore, Parma; Appennino Emiliano): confronto con le successioni ipoaline messiniane del margine appenninico-padano. Acta Naturalia de "L'Ateneo Parmense". 39 (1-2): 5-30.
- BASSETTI M. A., RICCI LUCCHI F., ROVERI M., 1994 Physical stratigraphy of the Messinian post–evaporitic deposits in Central–Southern Marche Area (Apennines, Central Italy). *Mem. Soc. Geol. Ital.* 48: 275–288.
- BASSETTI M. A., RICCI LUCCHI F., MICULAN P., 2003 Ostracod faunas and brackish-water environments of the late Messinian Sapigno section (northern Apennines, Italy). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 198 (4–6): 335–352.
- BASSETTI M. A., MANZI V., LUGLI S., ROVERI M., LONGINELLI A., RICCI LUCCHI F., BARBIERI M., 2004 – Paleoenvironmental significance of Messinian post–evaporitic lacustrine carbonates in the northern Apennines, Italy. Sedimentary Geology. 172: 1–18.
- BENSON R. H., 1976 Changes in the ostracodes of the Mediterranean with the Messinian Salinity Crisis. Palaeogeography, Palaeoclimatology Palaeoecology. 20: 147–170.
- BENSON R. H., RAKIC-EL BIED K., BONADUCE G., 1991 An important reversal (influx) in the Rifian corridor (Morocco) at the Tortonian–Messinian boundary: the end of the Tethys Ocean. *Paleoceanography*. 6: 164– 192.
- BONADUCE G., SGARRELLA F., 1999 Paleoecological interpretation of the latest Messinian sediments from Southern Sicily (Italy). Mem. Soc. Geol. It. 54: 83–91.
- BOOMER I., WHATLEY R., ALADIN N. V., 1996 Aral Sea Ostracoda as environmental indicators. Lethaia. 29: 77–85.
- BOSSIO A., CERRI R., MAZZEI R., SALVATORINI G., SANDRELLI F., 1996 Geologia dell'area Spicchiaiola– Pignano (settore orientale del Bacino di Volterra). Boll. Soc. Geol. Ital. 115: 393–422.
- BRONSTHEIN, Z. S., 1947 Fauna SSSR, Rakoobraznye, Tom II, Vyp. 1, Ostracoda Presnykh Vod. Academy of Sciences of the USSR Publishiers, Moscow [Fresh-water Ostracoda. Russian Translation Series, BA.A. Balkema, Rotterdam. 64: 1–470].
- CARBONNEL G., 1978 La zone a Loxoconcha djaffarovi Schneider (Ostracoda, Miocene Superieur) ou le Messinien de la Valee du Rhone. Rev. Micropaléont. 21: 106–118.
- CASATI P., BERTOZZI P., CITA M. B., LONGINELLI A., DAMIANI V., 1978 Stratigraphy and palaeoenvironment of the Messinian "Colombacci" formation in the periadriatic trough. A pilot study. *Mem. Soc. Geol. Ital.* 16: 173–195.
- CIPOLLARI P., COSENTINO D., ESU D., GIROTTI O., GLIOZZI E., PRATURLON A., 1999a Thrust-top lacustrine–lagoonal basin development in accretionary wedges: late Messinian (Lago–Mare) episode in the central Apennines (Italy). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 151: 149–166.
- CIPOLLARI P., COSENTINO D., GLIOZZI E., 1999b Extension–and compression–related basin in central Italy durin the Messinian Lago–Mare event. *Tectonophysics*. 315: 163–185.
- CITA M. B., CORSELLI C., 1993 Messiniano: vent'anni dopo. Mem. Soc. Geol. It., 49: 145-164.
- CITA M. B., WRIGHT R. C., RYAN W. B. F., LONGINELLI A. 1978. Messinian paleoenvironments. Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, 42, part 1, 1003–1035.
- COLALONGO M. L., CREMONINI G., FARABEGOLI E., SARTORI R., TAMPIERI R., TOMADIN L., 1978 Palaeoenvironmental study of the "Colombacci" formation in Romagna (Italy): the Cella section. *Mem. Soc. Geol. Ital.* 16: 197–216.
- COSENTINO D., CIPOLLARI P., LO MASTRO S., GIAMPAOLO C., 2005 High–frequency cyclicity in the latest Messinian Adriatic foreland basin: insight into palaeoclimate and palaeoenvironments of the Mediterranean Lago–Mare episode. Sedimentary Geology. 178: 31–53.
- DI STEFANO E., SPROVIERI R., SARANTINI S., 1996 Chronology of biostratigraphic events at the base of the Pliocene. Palaeopelagos. 6:401–414.
- DODD J. R., STANTON R. J., 1990 Paleoecology. Concepts and applications. Wiley–Interscience Publication. Wiley & Sons, New York. 502 pp.
- GENNARI R., 2003 Stratigrafia fisica ed evoluzione strutturale al passaggio Mio Pliocene nella Val Sporzana

(Appennino Settentrionale). Unpublished Thesis. Università degli Studi di Parma.

- GENNARI, R., 2007 Cause e modalità della Formazione messiniana "Lago–Mare" e passaggio al Pliocene. Tesi di Dottorato di Ricerca in Scienze della Terra. 126 pp.
- GENNARI R., IACCARINO S. M., DI STEFANO A., STURIALE G., CIPOLLARI P., MANZI V., ROVERI M., COSENTINO D., submitted – The Messinian – Zanclean boundary in the Northern Apennine. *Stratigraphy*, *Amsterdam*.
- GLIOZZI E., 1999 A late Messinian brackish water ostracod fauna of Paratethyan aspect from Le Vicenne Basin (Abruzzi, central Apennines, Italy). Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 151: 191–208.
- GLIOZZI E., CIPOLLARI P., COSENTINO D., 2002 The Messinian Lago-Mare event in central Italy: palaeogeographical reconstruction using geological data and ostracod assemblages. GeoInstitute (Sp. Publ.), Belgrado. 26: 153–168.
- GLIOZZI E., GROSSI F., 2004 Ostracode assemblages and palaeoenvironmental evolution of the latest Messinian lagomare event at Perticara (Montefeltro, Northern Apennines, Italy). *Revista Española de Micropaleontología*. 36 (1): 157–169.
- GLIOZZI E., GROSSI F., in press Multivariate analysis as a tool to infer the autoecology and sinecology of extinct ostracods: an example from the late Messinian lago-mare assemblages. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, Amsterdam.
- GOFMAN E. A., 1966 Ekologija sovremenyh i novokaspijskih ostracod Kaspijskogo morja. Izdvestia Nauka, Moskva. 141 pp.
- GRAMANN F., 1969 Das Neogen im Strimon–Becken (Griechisch–Ostmazedonien), II. Palaeontologie. Geol. Jahrb. 87: 485–528.
- GREKOFF N., MOLINARI V., 1963 Sur une faune d'Ostracodes saumâtres du Néogène de Castell'Arquato (Emilia). Geologica Romana. 2: 1–6.
- GRIFFIN D. L., 2002 Aridity and humidity: two aspects of the late Miocene climate of North Africa and the Mediterranean. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 182: 65–91.
- HAMMER Ø., HARPER D. A. T., RYAN P. D., 2003 PAST PAlaeontological STatistics, ver. 1.06. 1-60.
- HILGEN F. J., LANGEREIS C. G. 1993. A critical re–evaluation of the Miocene/Pliocene boundary as defined in the Mediterranean. Earth Planetary Science Letters. 118, 167–179.
- IACCARINO S. M., BOSSIO A., 1999 Paleoenvironment of uppermost Messinian sequences in the western Mediterranean (sites 974, 975 and 978). Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, 161, 529–541.
- IACCARINO, S., CASTRADORI, D., CITA, M. B., DI STEFANO, E., GABOARDI, S., MCKENZIE, J. A., SPEZZAFERRI, S., SPROVIERI, R., 1999 – The Miocene–Pliocene boundary and the significance of the earliest Pliocene flooding in the Mediterranean. *Mem. Soc. Geol. Ital.* 54: 109–131.
- IACCARINO S. M., PAPANI G., 1980 Il Messiniano dell'Appennino Settentrionale dalla Val D'Arda alla Val Secchia: stratigrafia e rapporti con il substrato e il Pliocene. Vol. dedicato a S. Venzo, Università degli Studi di Parma, 15–46.
- KRIJGSMAN W., HILGEN F. J., LANGEREIS C. G., SANTARELLI A., ZACHARISSE W. J., 1995 Late Miocene magnetostratigraphy, biostratigraphy and cyclostratigraphy in the Mediterranean. *Earth and Planetary Science Letters*. 136: 475–494.
- KRSTIC N., STANCHEVA M., 1989 Ostracod of Eastern Serbia and Northern Bulgaria with notices on a Northern Turkey assemblage and some Mediterranean assemblages. In:, *Chronostratigraphie und Neostratotypen. Neogen der Westlichen ("Zentrale") Paratethys.* (Eds. STEVANOVIC P, NEVESSKAJA L. A., MARINESCU FL., SOKAC A., JAMBOR Á.) Bd. VIII. Pontien (1990), Jazu & Sanu, Zagreb. 753–819.
- LONGINELLI A., 1979 Isotope geochemistry of some Messinian evaporites: paleoenvironmental implications. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 29: 95–124.
- MCCULLOCH M. T., DE DECKKER P., 1989 Sr isotope constraints on the Mediterranean environment at the end of the Messinian salinity crisis. *Nature*. 342: 62–65.
- MEZQUITA F., HERNANDEZ R., RUEDA J., 1999b Ecology and distribution of ostracods in polluted Mediterranean river. Palaeogeography, Palaeoeclimatology, Palaeoecology. 148: 87–103.
- MEZQUITA F., TAPIA G., ROCA J.R., 1999a Ostracoda from springs on the eastern Iberian Peninsula: ecology, biogeography and paleolimnological implications. *Palaeogeography, Palaeoeclimatology, Palaeoecology*. 148: 65–85.
- MOLINARI PAGANELLI V., 1975 Ostracofauna messiniana ipoalina rinvenuta nella Formazione a Colombacci (F° 291, Pergola, Marche, Italia). Boll. Serv. Geol. d'Italia. 96: 343–354.
- NAYDINA N. N., 1970 Sostav i raspredelenie ostrakod severnogo Kaspiya. Kompleksnye Issledovaniya Kaspiskogo Morya. 1: 212–223.
- NEALE, J. W., 1988 Ostracods and Palaeosalinity reconstruction, in De Deckker, P., Colin, J. P. & Peypouquet, J. P. (Eds.) "Ostracoda in the Earth Science", Elsevier, Amsterdam, 125–155.
- ODIN G. S., RICCI LUCCHI F., TATEO F., COSCA M., HUNZIKER J. C., 1997 Integrated stratigraphy of the

Maccarone section, Late Messinian (Marche region, Italy). In: MONTANARI A., et al. (Eds.). Miocene Stratigraphy – an Integrated Approach. Elsevier, Amsterdam. 529–544.

- RICCI LUCCHI F., BASSETTI M. A., MANZI V., ROVERI M., 2002 Il Messiniano trent'anni dopo: Eventi connessi alla crisi di salinità nell'avanfossa appenninica. *Studi Geologici Camerti*. 1: 127–142.
- ROEP T. B., VAN HARTEN D., 1979 Sedimentological and ostracodological observations on Messinian postevaporite deposits of some Southeastern Spanish basins. Ann. Géol. Pays Hellén., Tome hors série. 3. 1037– 1044.
- ROUCHY J. M., ORSZAG–SPERBER F., BLANC–VALLERON M. M., PIERRE, C., RIVIERE M., COMBOURIEU– NEBOUT N., PANAYIDES I., 2001 –Paleoenvironmental changes at the Messinian–Pliocene boundary in the eastern Mediterranean (Southern Cyprus basins): significance of the Messinian Lago–Mare. Sedimentary Geology, 145, 93–117.
- ROVERI M., MANZI V., BASSETTI M. A., MERINI M., RICCI LUCCHI F., 1998 Stratigraphy of the Messinian post–evaporitic stage in eastern–Romagna (Northern Apennines, Italy). *Giornale di Geologia*. 60: 119–142.
- ROVERI M., BASSETTI M. A., RICCI LUCCHI F., 2001 The Mediterranean Messinian salinity crisis: an Apennine foredeep perspective. *Sedimentary Geology*. 140 (3–4): 201–214.
- ROVERI M., LUGLI S., MANZI V., GENNARI R., IACCARINO S. M., GROSSI F., TAVIANI M., 2006 The record of Messinian events in the Northern Apennines foredeep basins. *Acta Naturalia de "L'Ateneo Parmense"*. 42 (1): 65 pp.
- SCHORNIKOV E. I., 1966 Leptocythere (Ostracoda, Crustacea) Azovo–Chernomorskogo Basseyna. Zoologicheskiy Zhurnal. 45 (1): 32–49.
- SCHORNIKOV E. I., 1974 Podklass Rakushkovye: Ostracoda [Subclass Musselshrimps: Ostracoda]. Atlas bespozvonochnykh Aral'skogo morya [Atlante degli invertebrati del Lago d'Aral]. Piscevaja Promyshlennost, Moskva. 180–199, 268–269.
- SPEZZAFERRI S., CITA M. B., MCKENZIE J. A. 1998. The Miocene/Pliocene boundary in the eastern Mediterranean: results from sites 967 and 969. Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, 160, 9–28.
- WEIJERMARS R., 1988 Neogene tectonics in the Western Mediterranean may have caused the Messinian Salinity Crisis and an associated glacial event. *Tectonophysics*. 148: 211–219.
- YASSINI I., GHAHREMAN A., 1976 Récapitulation de la distribution des Ostracodes des Foraminifères du Lagon de Pahlavi, Province de Gilan, Iran du Nord. *Revue de Micropaleontologie*, 19: 172–190.

# HUNTER–SCHREGER–BANDS IN *CROCUTA CROCUTA* ERXLEBEN, 1777: A CASE STUDY FROM CAVA CIULLI (SOUTHERN ITALY)

### MICAELA NOVELLI

Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Piazzale A. Moro 5, 00185 Roma Departament d'Antropologia, Filosofia i Treball Social, Universitat Rovira i Virgili, Plaça Imperial Tàrraco 1, Tarragona, España e-mail: micaela.novelli@uniroma1.it

Abstract – Hunter–schreger–bands in *Crocuta crocuta* Erxleben, 1777: a case study from cava Ciulli (Southern Italy) – In the present work, the results of the study of the Hunter–Schreger–Bands in the tooth enamel of *Crocuta crocuta* Erxleben, 1777 from Cava Ciulli (Apulia, Southern Italy; Late Pleistocene) are presented. The enamel structure (Hunter Schreger bands) of lower canine, premolars and molars have been analysed considering both adult and juvenile teeth, in order to verify changes in enamel fabrics. Results obtained show the occurrence of important differences in the HSB organizations of deciduous and permanent teeth. These differences are consistent with changes in feeding behaviour from young to adult hyaenas. As a matter of fact, adult are characterised by zigzag bands consistently with a diet composed of hard food, whereas zigzag HSB have never been observed in all the deciduous teeth analysed. Key words: Hunter–Schreger–Bands, *Crouta crouta*, Hyaenidae, Late Pleistocene, Italy

Riassunto – Le "Hunter Schreger Bands" in *Crocuta crocuta* Erxleben, 1777: uno studio a cava Ciulli (Italia Meridionale) – Nel presente lavoro, sono presentati i risultati dello studio delle Hunter Schreger Bands che caratterizzano lo smalto dei denti di *Crocuta crocuta* Erxleben, 1777, proveniente da Cava Ciulli (Puglia, Sud Italia, Pleistocene superiore). Le analisi hanno interessato la struttura dello smalto della dentatura inferiore: canini, premolari e molari appartenenti sia ad individui giovanili sia adulti. I risultati ottenuti mostrano la presenza di una organizzazione differente delle HSB tra i denti decidui e quelli permanenti. Gli adulti mostrano una organizzazione delle HSB caratterizzata da bande di tipo zigzag, mentre negli individui giovani tale tipo di bande non si è mai riscontrato. Tali differenze si ritiene siano dovute al diverso tipo di dieta che hanno iene giovani e adulte.

Parole chiave: Hunter-Schreger-Bands, Crouta crocuta, Hyaenidae, Pliocene Superiore, Italia

#### 1. – Introduction

Reconstruction of the feeding behaviour of extinct mammalian predators is an important aspect of paleoecology. Several biomechanical models have been used to study the feeding behaviours of extant and extinct carnivores (BIKNEVICIUS, RUFF, 1992; BIKNEVICIUS, VAN VALKENBURGH, 1996; THERRIEN, 2005). Such studies have proven useful in clarifying the functional purpose of the suite of cranial and dental modifications observed in extinct predators and in giving insight their paleoecology (BIKNEVICIUS, VAN VALKENBURGH, 1996; BIKNEVICIUS, VAN VALKENBURGH, WALKER, 1996). So far, most studies devoted to reconstructing the feeding behaviours have concerned the functional analysis of skulls, mandible and teeth in carnivores, and only a few authors have analysed the structure of enamel in carnivores. Tooth enamel microstructure is well preserved in the fossil record, because enamel is a very strong tissue. Indeed, it is not only *hard* (resistant to permanent surface deformation), but also *tough* (resistant to crack propagation and brittle fracture). Accordingly, the arrangement and organization of enamel constituents (enamel structure) that modulates the way

enamel responds to stress, are very important to infer dietary adaptation, because they provide a number of detailed characters very useful for phylogenetic and functional interpretation. It is well known that several scholars have recognized that enamel structures of the teeth, have phylogenetic and taxonomic significance for many vertebrate groups as well as for carnivores (KORVENKONTIO, 1934; KAWAI, 1955; BOYDE, 1965). More recent studies highlighted that some enamel microstructures have also a functional role in chewing mechanisms (RENSBERGER, KOENIGSWALD, 1980; PFRETZSCHNER, 1986; YOUNG et al., 1987; KOENIGSWALD, PFRETZSCHNER, 1991; RENSBERGER, PFRETZSCHNER, 1992). This means that enamel structure might depend on both the baupläne and the dietary adaptation. Several studies pointed out that HSB are present in carnivores, some ungulates, in large primates and in rodent incisors (KOENIGSWALD, RENSBERGER, PFRETZSCHNER, 1987). In Carnivora enamel, prisms are arranged in regularly organized, alternate layers that extended out from the enamel-dentine junction to the enamel outer surface at different orientations. This particular type of enamel, know as decussating enamel, produces the optical phenomenon (visible under a binocular stereomicroscope) referred to as Hunter-Schreger bands (HUNTER, 1778; SCHREGER, 1800) which are a result of the different refractive properties of differently oriented prisms in adjacent layers. Three main different patterns of HSB have been distinguished in carnivores: undulating, acute-angled and zigzag (STEFEN, 1997; STEFEN, RENSBERGER, 1999), that are mainly related to feeding behaviour. The differences rely on the complexity of juxtaposition and angling of the prisms. The mechanical relationship between stress and crack propagation suggests that prism decussation evolved in response to increased chewing stresses associated with a lager body size, and thus larger chewing muscles.

In the present work we analyse the enamel structure (HSB) of adult and juvenile teeth of *Crocruta crocuta* from Cava Ciulli in order to verify changes in enamel fabrics between young and adult specimen.

#### 2.1. Material

We have examined: 4 incomplete mandibles of adult specimens, 2 incomplete mandibles of juvenile specimens, 10 lower premolars (4  $P_3$  and 6  $P_4$ ), 5 lower carnassials ( $M_1$ ), and 8 lower deciduous teeth of *Crocuta crocuta* Erxleben, 1777, uncovered in the Upper Pleistocene Cava Ciulli deposits and currently kept at the "Museo di Paleontologia" at "La Sapienza" University in Rome (MPUR). The HBS patterns of these specimens have been compared with several species of extinct Hyaenidae such as: *Protictitherium crassum, Plioviverrops querini, Thalassictis adroveri, Thalassictis hyaenoides, Thalassictis aff. Hyaenoides, Thalassictis hipparionum, Ictitherium aguirrei, Lycyaena chaeretis, Chasmaporthetes lunensis, Hyaena pirenaica, Hyaena sp., Adcrocuta eximia, currently housed in Museo Nacional De Ciencias Naturales (MNCN) of Madrid.* 

## 2.2 Methods

Hunter Schreger Band (HSB) patterns have been analysed in premolars, molars and canine both in adult and juvenile dentition, with a binocular stereomicroscope by means of obliquely-directed light, with no preparation of the tooth. We have selected both on lingual and labial side, different areas in the crown of the same tooth such as: base (cingulum) and top of the tooth, cutting edge, that are interested and stressed by different loading and attritional forces during biting and mastication.

#### 3. - Results

The whole surface of all the teeth both in premolars and molars of adult and juvenile specimens of *Crocuta crocuta* shows a roughness (Fig. 1) which is, except than *Chasmaporthetes lunensis* and *Plioviverrops querini*, a characteristic of the enamel surface in all Hyaenidae observed in this study. In adult dentition of Cava Ciulli hyaena, all premolars display zigzag HSB, which are oriented horizontally



Fig. 1 – Crocuta crocuta (from Cava Ciulli) tooth surface.
Fig. 1 – Crocuta crocuta (dalla Cava

Ciulli) superficie dentale.

Schreger Bands di canini.

around the teeth. Zigzag pattern occurs regularly from the base to the top of all premolars (Fig.2 A e B). The same HSB configuration is present in *Hyaena* sp. and *Lycyaena chaeretis*. In *Adcrocuta eximia* we observed absence of zigzag bands, actually the enamel structure is characterised by undulating bands regularly arranged from the base to the top of the teeth. Whereas *Ictitherium aguirrei*, *Plioviverrops querini* and *Chasmaporthetes lunensis* show at the base of the premolars, acute–angled bands which became zigzag at the top.

In Crocuta crocuta, the lower canines

**Fig. 2** – *Crocuta crocuta* (from Cava Ciulli) incomplete mandible; A and B: Hunter–Schreger bands pattern of  $(P_2-P_4)$  premolars; C and D Hunter–Schreger bands pattern of canine. **Fig. 2** – *Crocuta crocuta* (dalla Cava Ciulli) mandibola incompleta; A e B: gruppi premolari  $(P_2-P_4)$  di Hunter–Schreger Band; C e D gruppi Hunter–





**Fig. 3** – *Crocuta crocuta* (from Cava Ciulli) lower carnassial (M1) HSB configuration.

**Fig. 3** – *Crocuta crocuta* (dalla Cava Ciulli) ferini inferiori (M1) configurazione HSB.

In the lower carnassials of *Crocuta crocuta* and *Chasmaporthetes lunensis* occurs an exception: the zigzag bands show a less amplitude at the base of the tooth and at the top of the tooth, the HSB change their configuration and became vertical intersecting the cutting edge at right angles (Fig. 3).

In deciduous teeth of Cava Ciulli hyaena, HSB pattern is characterised prevalently by undulating bands that become acute–angled toward the tip of the tooth so there is not zigzag bands (Fig.4). In the other hyaenas we haven't observed any deciduous teeth. show zigzag bands which are regularly arranged from the base to the top of the tooth (Fig.2 C e D). In the canine of *Chasmaporthetes* lunensis and Thalassictis aff. Hvaenoides we have observed only acute-angled bands arranged from the base to the top of the tooth. In Ictitherium aguirrei, Plioviverrops querini, Lycyaena chaeretis, Adcrocuta eximia and Hvaena sp. both lower and upper canines are lacking or broken so it was not possible to check the HSB configuration.



Fig. 4 – *Crocuta crocuta* (from Cava Ciulli) deciduous tooth.

Fig. 4 – Crocuta crocuta (dalla Cava Ciulli) denti decidui.

# 4. – Discussion

The results of our analysis point out that the distribution of HSB types among hyaenas could be related with their food preferences, and it appears to be an association between bone eating and zigzag HSB. Actually, *Plioviverrops querini*, which had omnivores habits and *Chasmaporthetes lunensis* considered an hypercarnivore (FERRETTI, 1999) and the other species that fed on "soft food" are not characterised by zigzag bands, but they show a transition from acute–angled to zigzag HSB.

It is worth noting that most of Hyaenidae, including primitive taxa such as *Lycyaena chaeretis* show zigzag HSB. This suggests the behaviour to crack bones might be already present in the Early Pliocene. Indeed, the occurrence of zigzag HSB is correlated with a diet requiring high biting forces as in bone crushing or more generally related to a diet on "hard" food. Fracturing bone, requires higher stresses than fracturing most other types of food, so teeth of bone–eating taxa must therefore withstand high stresses during the mastication.

Enamel of adult individuals of Crocuta crocuta from Cava Ciulli has, as expected, a three-dimensional complex structure which renders the enamel more resistant to tensile stresses from different directions than other types of HSB. The occurrence of zigzag HSB in adult premolars suggests that Cava Ciulli hyaena used these teeth for crushing bones as the extant Crocuta crocuta normally do to feed on marrow. The presence of zigzag bands in the canine suggests that also these teeth come in contact with bones and this fact is also supported by the pronounced wear shown by the canine at the top of the tooth. In the lower adult carnassials, the bending of HSB from a horizontal to nearly vertical course could be explained as an adaptation to maintain sharp and slender the cutting edge of these teeth. As a matter of fact, the spotted hyaena has a reputation for being mostly scavengers and bone crackers but, actually a study in the Kalahari (DI SILVESTRE, NOVELLI, BOGLIANI, 2000) put in evidence that 70 % of the diet is composed of direct kills (wildebeest, zebra, Thompson's gazelle, Grant's gazelle, Cape buffalo, impala), in this case, upper and lower carnassials are very useful to slice prey's fresh meat. Probably the same situation occurs also in Crocuta crocuta of Cava Ciulli where the peculiar organization of the bands in the cutting edge, as suggested by Stefen and Resenberg (1999), could be related to preserve the original function of this tooth to cut meat. This fact, can be confirmed by the presence of this peculiar feature also in *Chasmaporthetes lunensis*. As a matter of fact, this species is considered by Werdelin and Solounias (1991) not specifically adapted to bone crushing, but it was an active predators with cursorial habits where "the shearing component of the dentition is stressed on expense of the bone crushing component"(WERDELIN, SOLOUNIAS, 1991).

In deciduous teeth, a completely different Hunter–Schreger–Bands organization can be detected, being zigzag bands never present in deciduous teeth. These differences in HSB configuration between juveniles and adults are probably due to the different feeding habits of young in comparison with adult hyaenas. As a matter of fact the juvenile *Crocuta crocuta* feed on fresh meat, ostrich eggs, termites and birds and only chew on bones but not fracture them as well as adults do (DI SILVESTRE, NOVELLI, BOGLIANI, 2000). So, the deciduous teeth of hyaenas are made to tolerate a completely different stress during the mastication in comparison with adults. Slicing meat or eating eggs produce a less pressure on the teeth, therefore the high three dimensional structure of enamel characterised by the zigzag bands is not necessary in juvenile's teeth.

#### 5. – Conclusions

Results obtained point out that changes in feeding habit from young to adult hyaenas are clearly reflected by the differences in HSB patterns: in deciduous teeth the occurrence of undulating bands that become acute–angled toward the tip of the tooth indicates that young *Crocuta crocuta* from Cava Ciulli feed on fresh meat, eggs, insects and maybe birds, only chewing on bones but not fracturing them; in permanent premolars and molars the presence of zigzag HSB is correlated with a diet requiring high biting forces for bone crushing, whereas the occurrence of zigzag bands which are regularly arranged from the base to the top of lower canines, suggests that these that also these teeth come in contact with bones. Moreover the comparison between Neogene and Quaternary hyaenas show that the zigzag HSB pattern was already present at least since the Miocene (see also Ferretti, 2007).

#### REFERENCES

- BOYDE, A., 1965 The structure of developing mammalian dental enamel. In Tooth Enamel, Its Composition, Properties and Fundamental Structure 163–194.Stack MV, Fearnhead RW (eds.) Bristol.
- BIKNEVICIUS, A. R., RUFF, C. B., 1992 The structure of the mandibular corpus and its relationship to feeding behaviours in extant carnivorans. J. Zool. (Lond.) 228: 479–507.
- BIKNEVICIUS, A. R, VAN VALKENBURGH, B., 1996 Design for killing: craniodental adaptations of mammalian predators. In *Carnivore behavior, ecology, and evolution* 2: 393–428. Gittleman, J. L. (eds.). Ithaca: Cornell University Press.
- BIKNEVICIUS, A. R, VAN VALKENBURGH, B., WALKER, J. 1996 Incisor size and shape: implications for feeding behaviors in saber–toothed 'cats'. J. Vertebr. Paleontol. 16: 510–521.
- DI SILVESTRE, I., NOVELLI O., BOGLIANI G., 2000 Feeding habits of the spotted hyaena in the Niokolo Koba National Park, Senegal. African Journal of Ecology, 38: 102–107.
- FERRETTI, M. P., 1999 Tooth enamel structure in the Hyaenid Chasmaporthetes lunensis lunensis from the late Pliocene of Italy, with implication for feeding behavior. Journal of vertebrate Paleontology 19(4), 764–770.
- FERRETTI, M. P., 2007 Evolution of bone–cracking adaptations in hyaenids (Mammalia, Carnivora). Swiss Journal of Geosciences, 100: 41–52.
- HUNTER, J., 1778 The Natural History of the Human Teeth: Explaining their Structure, Use, Formation, Growth and Diseases. Ed. 2., 1–128 pp. – London (J. Johnson).
- KAWAI, N., 1955 Comparative anatomy of the bands of Schreger. Okajimas Folia Anat Japan 27, 115-131.
- KOENIGSWALD, W., PFRETZSCHNER, H.U., 1991 Biomechanics in mammalian teeth. In: Constructional morphology and biomechanics. Schmidt–Kittler N. and Vogel K. (eds.). Springer Verlag, Berlin, 113–125
- KOENIGSWALD W., RENSBERGER, J.M., PFRETZSCHNER, H.U., 1987 Changes in the tooth enamel of early Paleocene mammals allowing increased diet diversity. *Nature* 328, 150–152.
- KORVENKONTIO, V.A., 1934 Mikroskopische Untersuchungen an Nagerincisiven unter Hinweis auf die Schmelzstruktur der Backenzähne (Microscopic study of the incisors of rodents with remarks on the enamel structure of cheek teeth). Ann Zool Soc Zool–Bot Fennicae 2, 1–274.
- PFRETZSCHNER, H.U, 1986 Structural reinforcement and crack propagation in enamel. In: Teeth Revisited:

Proceedings of the VIIth International Symposium on Dental Morphology. Russell D.E., Santoro J.P. and Sigogneau–Russell D. (eds.). *Mém Mus National d'Histoire Naturelle* (Paris) **53**, 133–143.

- RENSBERGER, J.M., KOENIGSWALD, W., 1980 Functional and phylogenetic interpretation of enamel microstructure in rhinoceroses. *Paleobiology* 6, 477–495.
- RENSBERGER, J.M., PFRETZSCHNER, H.U., 1992 Enamel structure in astrapotheres and its functional implications. Scanning Microscopy 6, 495–510.

SCHREGER, D., 1800 - Beitrag zur Geschichte der Zähne - Beiträge für die Zergliederkunst 1: 1-7.

- STEFEN, C., 1997 The enamel of Creodonta, Artocyonidae and Mesonychidae (Mammalia), with special reference to the appearance of Hunter–Schreger–Bands. *Palaontologische zeitschrift* 71, 291–303.
- STEFEN, C., RENSBERGER, J.M., 1999 The specialized structure of Hyaenid enamel: description and development within the lineage– including Percrocutids. *Scanning microscopy* 13, 363–380.
- THERRIEN, F., 2005 Mandibular force profiles of extant carnivorans and implications for the feeding behaviour of extinct predators. *Journal of Zoolgy* 267: 249–270.
- WERDELIN, L., SOLOUNIAS, N., 1991 The Hyaenidae: taxonomy, systematics and evolution. Fossils and Strata 30: 1–104.
- YOUNG, W.G., MCGOWAN, M., DALEY, T.J., 1987 Tooth enamel structure in the Koala, *Phascolarctos cinereus*: some functional interpretations. *Scanning Microscopy* 1, 1925–1934.

Atti Mus. Civ. Stor. Nat. Trieste	Suppl. al 53	2008	97-110	novembre 2008	ISSN: 0335-1576
-----------------------------------	--------------	------	--------	---------------	-----------------

# DEEP–WATER AGGLUTINATED FORAMINIFERS (DWAF) ASSEMBLAGES FROM THE PRIABONIAN–RUPELIAN OF THE MADONIE MOUNTAINS (SICILY)

# ANDREA BENEDETTI<sup>(1) (2)</sup> & JOHANNES PIGNATTI<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Doctorate in Paleontology. E-mail: andrea.benedetti@uniroma1.it

<sup>(2)</sup>Department of Earth Sciences, "Sapienza" University, Piazzale A. Moro, 5, 00185 Roma (Italy). E-mail: johannes. pignatti@uniroma1.it

Abstract – Deep-water agglutinated foraminifers (DWAF) assemblages from the Priabonian–Rupelian of the Madonie Mountains (Sicily) – A rich deep-water agglutinated foraminifers (DWAF) fauna, consisting of 74 species, is recorded from the Priabonian to upper Rupelian marly clays of the Caltavuturo Formation at Portella Colla (Madonie Mts., Sicily). The recovered DWAF assemblages differ from coeval assemblages from other areas. The occurrence of an unusual *Caudammina*–dominated assemblage in the upper part of the Rupelian is noteworthy.

DWAF functional morphogroup analysis is used for both paleoecologic and paleoenvironmental interpretations. Three different assemblages are distinguished, basing on taxonomic composition. A *Cyclammina* assemblage is found mainly in red Priabonian shales and is interpreted to be indicative of well–oxygenated and mesotrophic conditions; a *Rhabdammina* assemblage is found in lower Rupelian gray shales and seems to be indicative of environment slightly reduced in oxygen and oligotrophic; finally, the *Caudammina* assemblage in upper Rupelian sediments may indicate increase in nutrient supply and deepening of the basin.

Key words: Foraminifera, Caltavuturo Formation, Sicily, SBZ, Priabonian, Rupelian, paleoecology.

Riassunto – Associazioni a foraminiferi agglutinanti di acque profonde (DWAF) del Priaboniano–Rupeliano delle Madonie (Sicilia). Nelle argille marnose priaboniane–rupeliane della Formazione di Caltavuturo, presso Portella Colla, è stata riconosciuta una ricca fauna (74 specie) di foraminiferi agglutinanti di acque profonde (DWAF). I DWAF rinvenuti in una prima analisi differiscono significativamente da quelli delle associazioni coeve di altre località note in letteratura. Appare significativa in particolare un'inconsueta associazione dominata da *Caudammina* nel Rupeliano superiore. L'analisi dei morfogruppi funzionali delle associazioni a foraminiferi agglutinanti ha consentito un'interpretazione paleoecologica e paleoambientale in base al modo di vita ed alle abitudini trofiche. In base a variazioni composizionali, vengono riconosciute tre associazioni stratigraficamente distinte: associazione a *Cyclammina*, rinvenuta nelle argille scagliose rosse priaboniane, interpretata come indicativa di ambienti ben ossigenati e di condizioni ingotrofiche; associazione a *Rhabdammina*, riconoscibile nelle argille grigie del Rupeliano inferiore, indicativa di condizioni oligotrofiche e riduzione dell'ossigeno a fondo; associazione a *Cuadammina* nei sedimenti del Rupeliano superiore, che riflette un approfondimento del bacino e un incremento di nutrienti.

Parole chiavi: Foraminiferi, Formazione di Caltavuturo, Sicilia, SBZ, Priaboniano, Rupeliano, paleoecologia.

#### 1. – Introduction

Deep Water Agglutinated Foraminifers (DWAF) assemblages are well known from Cretaceous times onwards (GRZYBOWSKI, 1896; 1898; 1901; FRIEDBERG, 1901; DYLAZANKA, 1923; KAMINSKI et al., 1993; KAMINSKI et al., 1996), but in some stratigraphic intervals and paleogeographic domains, especially in the Rupelian of the Mediterranean area, their knowledge is still very scanty (KAMINSKI, 2005). In Italy DWAF assemblages are known from various flysch and pelagic–hemipelagic ("Scaglia") deposits (MONTANARO GALLITELLI, 1943, 1958; LIPPARINI, 1951; EMILIANI, 1954; COCCIONI, 1989; MORLOTTI & KUHNT, 1992; MANCIN, 2001). The DWAF–rich assemblages from the Priabonian and Rupelian of Sicily are significant because of the rarity of DWAF for this timespan in the Mediterranean area.

A preliminary study on the Caltavuturo Formation, cropping out at Portella Colla near Isnello (eastern Madonie Mts.), revealed diverse benthic bathyal foraminiferal assemblages.

Breccias rich in larger foraminifers are interbedded at various levels in the succession; the occurrence of resedimented assemblages rich in larger foraminifers allows us to recognize the Shallow Benthics Zones (SBZ) SBZ 19 (Early Priabonian), SBZ 21 (Early Rupelian) and SBZ 22A (Late Rupelian) (SERRA–KIEL et al., 1998; CAHUZAC & POIGNANT, 1997).

Very few well-preserved planktic foraminifers were found, confirming the age attribution obtained from larger foraminifers. Nummulitids, *Discocyclina* and especially *Nephrolepidina* have been studied both typologically and biometrically, but shall be discussed elsewhere. In this study we provide a preliminary account of the DWAF assemblages and their paleoenvironmental significance.

## 2. – Geological setting

The investigated section belongs to the Caltavuturo Formation (SCHMIDT DI FRIEDBERG et al., 1960), cropping out 20 km south of Cefalù, between Monte dei Cervi and Monte Mùfara. The section is located at 37° 52' 02"N–14° 00' 19"E (UTM: 33S VB 1251 9176), Pizzo Carbonara map, 1:25.000 map 260 IV SO (Fig. 1).



Fig. 1 – Outcrop location. Fig. 1 – Localizzazione dell'affioramento.

The formation consists of marly clays and several 2–30 cm thick breccia layers rich in larger foraminifers. The formation is affected by prominent silicization and bioturbation. Clay colour changes upsection: it is wine red at the bottom and becomes gray from sample PC9 of the investigated section (Fig. 2).



abonian) markers were found. Benthic perforate foraminifers are subordinate to DWAF taxa and were found especially in the red clays. Planktic foraminifera are Fig. 2 – Stratigraphic section and distribution of the main taxa. The presence of SBZ 18 at the base of Paleogene succession is uncertain; no SBZ 20 (upper Privery rare or absent.

Fig. 2 – Sezione stratigrafica e distribuzione dei principali taxa. Non è certa la presenza della biocronozona SBZ 18 alla base della successione paleogenica e non sono stati rinvenuti marker di SBZ 20. Accanto a taxa DWAF sono presenti scarsi foraminiferi vitroialini soprattutto nelle argille rosse. I foraminiferi planetonici sono molto rari o assenti. At the base of the studied succession a light gray limestone crops out, assigned to the Crisanti Formation (SCHMIDT DI FRIEDBERG et al., 1960), that contains *Palorbitolina* sp. and *Trocholina* aff. *alpina* (Leupold) *sensu* Arnaud–Vanneau et al., 1988 referred to the Aptian. The contact between the Crisanti Fm. and the Caltavuturo Fm., not directly visible in the analysed section, is described as transgressive in the literature (SCHMIDT DI FRIEDBERG et al., 1960; OGNIBEN, 1960; 1963; GRASSO et al., 1978), although the absence of a well–preserved section does not allow to exclude an alternative interpretation: the Cretaceous limestone could be an olistolith interbedded within the Caltavuturo Fm.

At Portella Colla the Caltavuturo Formation (SCHMIDT DI FRIEDBERG et al., 1960), that here is 30 m thick (GRASSO et al., 1978), is conformably overlain by the Portella Colla Clay (WEZEL, 1966), the lower member of the Numidian Flysch.

### 3. - Materials and methods

A total of 25 clay samples were studied. The samples were washed in a 25% solution of peroxide hydrogen and the residue was then sieved at 2 mm, 500  $\mu$ m, 125  $\mu$ m and 63  $\mu$ m. The finest fraction (63  $\mu$ m) was barren of foraminifers and only one genus, *Repmanina*, was found frequently < 500  $\mu$ m. All specimens of foraminifers were picked and placed into standard slides for taxonomic identification.

A total of 34 genera and 74 species of DWAF, in part identified only at genus level, were determined according to KAMINSKI's (2004) classification. Selected taxa are figured in Pls. 1 and 2 (SEM photographs) and Pl. 3 (optical photographs).

All the clay samples are relatively rich in DWAF, and many samples contain only these forms. Breccia layers, analysed through thin sections, represent calcareous resediments rich in orbitoidiform and nummulitid larger foraminifers. These coarser layers are interpreted as the result of coeval deposition of turbiditic flows. Glauconite was found in samples from PC8 to PC14.

### 4. - Discussion

The resedimented larger foraminifers, which show no evidence of reworking, have been used for dating the succession using the standard biozones of SERRA–KIEL et al. (1998) and CAHUZAC & POIGNANT (1997). *Heterostegina reticulata italica* Herb, 1978, *Borelis vonderschmitti* (Schweighauser, 1951), *Discocyclina dispansa dispansa* (Sowerby, 1840) indicate SBZ 19 (SERRA KIEL et al., 1998); no SBZ 20 markers were found. *Halkyardia maxima* Cimerman, 1969 and *Nummulites vascus* Joly & Leymerie, 1848 characterize SBZ 21 of CAHUZAC & POIGNANT (1997). *Nephrolepidina praemarginata* (Douvillé, 1908) marks the mid–upper part of the Rupelian (SBZ 22A). The clayey layers are dominated by DWAF, with rare epibathyal and bathyal hyaline taxa such as *Cibicidoides*, which disappears in upper Rupelian sediments. In



Fig. 3 – Functional morphogroups, based on JONES & CHARNOCK (1985).Fig. 3 – Morfogruppi funzionali, secondo JONES & CHARNOCK (1985).

sample PCs0 resedimented *Nephrolepidina*, *Amphistegina* and *Neorotalia* specimens are frequent.

Although elsewhere DWAF assemblages have proved to possess biostratigraphic significance (e.g., GEROCH & NOWAK, 1984), at Portella Colla, *Reticulophragmium rotundidorsatum* (Hantken, 1875) and *Haplophragmoides walteri* (Grzybowski, 1898), known as abundant in the Middle Eocene of the western Neo–Tethys (KAMINSKI, 2005), are present in Priabonian and lower Rupelian deposits, but not in the upper Rupelian; *Ammodiscus latus* Grzybowski, 1898 was found only in the Rupelian, althought it is an acme zone marker in the Carpathians just below the Eocene–Oligocene boundary (KAMINSKI, 2005).

*Caudammina* is known from the Cretaceous of Italy (MONTANARO GALLITELLI, 1958) and from the Upper Cretaceous to Middle Eocene of the Carpathians and the North Sea (KAMINSKI & GRADSTEIN, 2005), with two species ranging into the Tertiary (*C. ovulum* and *C. ovuloides*). At Portella Colla *Caudammina* is the most frequent form in the upper Rupelian. This thick–walled and finely agglutinating foraminifer is represented here by one species referred to *Caudammina* sp., resembling *C. ovuloides*. This is possibly the first record of this genus from the Oligocene of the Mediterranean Neo–Tethys: the possibility of reworking seems unlikely. *Spiroplectammina*, commonly recorded from the Carpathian flyschs and Northern Italy, is absent from the Caltavuturo Fm. as well as the Moroccan Numidian Flysch (KAMINSKI et al., 1996).

Several species, e.g. *Ammolagena clavata* (Jones & Parker, 1860), *Psammosiphonella cylindrica* (Glaessner, 1937), *P. linearis* (Brady, 1879), *Psammosphaera irregularis* (Grzybowski, 1896), *Repmanina charoides* (Jones & Parker, 1860) and *Rhabdammina discreta* Brady, 1884, are cosmopolitan and have a long stratigraphic range (Fig. 2).

#### 5. – Faunal assemblages

DWAF functional morphogroup analysis permitted both paleoecologic and paleoenvironmental interpretations. Following JONES & CHARNOCK (1985), DWAF taxa can be subdivided into four morphogroups (Fig. 3). Group A comprises tubular and branched forms living more or less erect on the bottom; this group is represented by Astrorhizacea except Nothia, which must be considered in morphogroup B (GEROCH & KAMINSKI, 1992). Group B includes epifaunal and shallow-infaunal detritivores and is subdivided into four subgroups: B1, comprising detritivores such as saccamminids; B2, which includes epifaunal ammodiscids as Ammodiscus and Glomospira; B3, with planispiral and flattened Cyclammininae and Haplophragmoidinae, active herbivores and detritivores; B4, all sessile agglutinated foraminifers including e.g. Tolypammininae (here represented only by Ammolagena clavata). Finally, all shallow or deeper infaunal taxa with elongate and flattened test are grouped into morphogroup C. In the investigated samples cyclamminids are abundant in Priabonian layers; these are epifaunal forms that prefer well-oxygenated substrata and a normal food supply. The presence of hyaline taxa (mainly Cibicidoides havanensis and C. grimsdalei) may be an evidence of higher carbonate availability in the lower and middle part of the succession.

The red clays contain a higher abundance of epifaunal taxa (*Cyclammina* and *Ammodiscus*); the lower gray clays contain epifaunal rhabdamminids (*Psammosiphonella* and *Nothia*), ammodiscids (*Ammodiscus* and *Glomospira*) and elongated taxa (*Hormosina* and *Karrerulina*), whereas the upper gray clays contain a higher percentage of deep infaunal Hormosinina and shallow infaunal *Recurvoides*.

There are two abundance peaks of Hormosinina (Fig. 4), one in the lowermost Rupelian, and a second more pronunced one in the upper Rupelian; these taxa are interpreted as deep infaunal detritivore opportunists that tolerate low oxygen levels and cold waters.

Morphogroup interpretation can be summarized by using the following DWAF-dominated assemblages: 1) *Cyclammina* assemblage (Priabonian; samples PC1-PC5) characterizing the red clays and marked by abundant cyclamminids together with Ammodiscidae (*Ammodiscus* and *Glomospira*), *Paratrochamminoides* and *Cibicidoides*; 2) *Rhabdammina* assemblage (lower Rupelian), which varies upsection, first (PC11) with few *Cyclammina*, whereas *Nothia*, *Psammosiphonella*, hormosinids and subordinately Glomospirinae are abundant, later cyclamminids become frequent again; 3) *Caudammina* assemblage (upper Rupelian; samples





Fig. 4 – Distribuzione dei morfogruppi e dei taxa: a, abbondanze relative di taxa agglutimanti e ialini perforati; b, morfogruppi DWAF; c, principali taxa agglutinanti; d, associazioni riconosciute: l'associazione a Cyclammina segna l'Eocene superiore, quella a Rhabdammina caratterizza l'intervallo che va approssimativamente dal limite E–O al Rupeliano superiore, mentre l'associazione a Caudammina, riferibile al Rupeliano superiore, è dominata da morfogruppi nfaunali ed è priva di taxa vitroialini. PCs0–PC22) dominated by Hormosinina and *Recurvoides*, indicating a deepening of the basin and low oxygen levels.

KUHNT & KAMINSKI (1989) defined several Cretaceous assemblages of DWAF from the Western Mediterranean; their "high latitude slope assemblages" fauna is analogous to the *Caudammina* assemblage outlined above. The "high latitude slope assemblages" is related to low to medium diversity gray sediments, with slightly oxygen–deficient bottom water conditions, and contains among others *Glomospira*, *Caudammina*, *Karrerulina* and *Recurvoides*.

The gray clays at the top of the succession, in which benthic hyaline smaller foraminifers are absent, yield a slightly higher faunal diversity, which could be explained by the occurrence of many taxa represented by a single specimen.

### 6. – Conclusions

Larger foraminifers are used to constrain the age of the samples of Caltavuturo Fm. clays at Portella Colla because of the absence of other suitable stratigraphic markers.

The lowermost deposits of the Caltavuturo Fm. are dated as lower Priabonian (SBZ 19), although the occurrence of upper Bartonian (SBZ 18) deposits cannot be fully excluded. The gray shales are Rupelian and SBZ 21 and SBZ 22A can be distinguished. No evidence for SBZ 20 was found, although this may reflect sampling intensity or lack of displaced tests for this timespan.

A diverse fauna consisting of 74 species of agglutinated foraminifers is recorded. Several taxa were identified at genus or family level because of the poor preservation of their tests and an insufficient number of specimens.

Three faunal assemblages have been identified according to JONES & CHARNOCK's (1985) morphogroup classification and taxa abundance: a *Cyclammina* assemblage (poor in tubular and elongate forms and rich in Cyclamminidae), a *Rhabdammina* assemblage (rich in tubular and elongate forms and *Paratrochamminoides*) and a *Caudammina* assemblage (dominated by seriate forms and *Caudammina*). These three assemblages may be interpreted as indicative of progressive decreasing oxygen levels at the bottom.

According to GRADSTEIN & BERGGREN (1981), DWAF assemblages are controlled mainly by the availability of calcium carbonate and are not particularly depth dependent, thus, there is little support for paleobathymetric inferences based on DWAF morphotypes alone. Nevertheless, the taxonomic composition of the investigated DWAF assemblages and the occurrence of glauconite (which is frequent up to sample PC14) as well as the disappearance of *Cibicidoides* and the general deepening trend suggest an epibathyal to bathyal depositional setting.

Lavoro consegnato il 12.04.2007

#### ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Prof. D. Violanti for revising and greatly improving the submitted manuscript.

#### REFERENCES

- ARNAUD–VANNEAU A., BOISSEAU T., DARSAC C., 1988 Le genre Trocholina Paalzow 1922 et ses principales espèces au Crétacé. Rev. Paléobiol. Vol. Spécial, 2 (1): 353–377.
- CAHUZAC B., POIGNANT A., 1997 Essai de biozonation de l'Oligo–Miocène dans les bassins européens à l'aide des grands foraminifères néritiques. Bull. Soc. géol. France, 168 (2): 155–169.
- COCCIONI R. (1989) Deep-water agglutinated foraminifera at the Eocene-Oligocene boundary in the Massignano Section, Ancona, Italy. Acta Naturalia de l'Ateneo Parmense, 25 (1-4): 71–111.
- DYLĄŻANKA M., 1923 Warstwy inoceramowe z łómu w Szymbarku koło Gorlic [The Inoceramus beds from a quarry in Szymbark near Gorlice]. Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego, 1: 36–80.
- EMILIANI C., 1954 The Oligocene microfaunas of the central part of the northern Apennines. Palaeont. Italica, 48: 77–184.
- FRIEDBERG W., 1901 Otwornice warstw inoceramowych okolic Rzeszowa i Dębicy [The foraminifera from the Inoceramus beds near Rzeszów and Dębica]. Rozprawy Widz. Mat.–Przyr., Akad. Umiejętn. w Krakowie, (2), 41: 601–668.
- GEROCH S., KAMINSKI M.A., 1992–The morphology, paleoecology and systematics of Nothia excelsa (Grzybowski), a deep–water agglutinated foraminifer. Ann. Soc. Geol. Poloniae, 62 (3–4): 255–265.
- GEROCH S., NOWAK W., 1984 Proposal of zonation for the Late Tithonian Late Eocene, based upon arenaceous foraminifera from the Outer Carpathians, Poland. Benthos '83; 2nd Int. Symp. Benthic Foraminifera (Pau, April 1983): 225–239.
- GRADSTEIN F.M., BERGGREN W.A., 1981 Flysch-type agglutinated foraminifera and the Maastrichtian to Paleogene history of the Labrador and North Seas. *Micropaleontology*, 6: 211–268.
- GRASSO M., LENTINI F., VEZZANI L., 1978 Lineamenti stratigrafico-strutturali delle Madonie (Sicilia centrosettentrionale). Geol. Romana, 17: 45–69.
- GRZYBOWSKI J., 1896 Otwornice czerwonych iłów z Wadowic. Rozprawy Widz. Mat.–Przyr., Akad. Umiejętn. w Krakowie, (2), 30: 261–308.
- GRZYBOWSKI J., 1898 Otwornice pokladów naftonośnych okolicy Krosna. Rozprawy Widz. Mat.–Przyr., Akad. Umiejętn. w Krakowie, (2), 33: 257–305.
- GRZYBOWSKI J., 1901 Otwornice warstw inoceramowych okolicy Gorlic. Rozprawy Widz. Mat.–Przyr., Akad. Umiejętn. w Krakowie, (2), 41: 219–286.
- JONES R.W., CHARNOCK M.A., 1985 "Morphogroups" of agglutinating foraminifera, their life position and feeding habits and potential applicability in (paleo)ecological studies. *Rev. Paléobiol.*, 4: 311–320.
- KAMINSKI M.A., 2004 The Year 2000 classification of agglutinated foraminifera. In: Bubik M. & Kaminski M.A. (eds.), Proceedings of the Sixth International Workshop on Agglutinated Foraminifera. Grzybowski Found. Spec. Publ., 8: 237–255.
- KAMINSKI M.A., 2005 The utility of Deep–Water Agglutinated Foraminiferal acmes for correlating Eocene to Oligocene abyssal sediments in the North Atlantic and Western Tethys. Stud. Geol. Polonica, 124: 325–339.
- KAMINSKI M.A., GEROCH S., KAMINSKI D., 1993 The Origins of Applied Micropaleontology: The School of Józef Grzybowski. Grzybowski Found. Spec. Publ., 1. Alden Press, Oxford: 336 pp.
- KAMINSKI M.A., GRADSTEIN F.M., 2005 Atlas of Paleogene Cosmopolitan Deep–Water Agglutinated Foraminifera. Grzybowski Found. Spec. Publ., 10. Kraków: vii+547 pp.
- KAMINSKI M.A., KUHNT W., RADLEY J.D., 1996 Paleocene–Eocene deep water agglutinated foraminifera from the Numidian Flysch (Rif, Northern Morocco); their significance for the palaeoceanography of the Gibraltar gateway. J. Micropal., 15: 1–19.
- KUHNT W., KAMINSKI M.A., 1989 Upper Cretaceous deep-water agglutinated foraminiferal assemblages from the western Mediterranean and adjacent areas. *In:* Wiedmann J. (ed.), Cretaceous of the western Tethys. *Proceedings of the 3rd International Cretaceous Symposium, Tübingen, 1987.* Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart: 91–120.
- LIPPARINI T., 1951 Foraminiferi dell'Oligocene nel Flysch di Cortona (Arezzo). Boll. Serv. Geol. It., 71 (11): 3-8.
- MANCIN N., 2001 Agglutinated foraminifera from the Epiligurian succession (Middle Eocene/Lower Miocene, Northern Apennines, Italy): scanning electron microscopic characterization and paleoenviroinmental implications. J. Foram. Res., 31 (4): 294–308.

- MONTANARO GALLITELLI E., 1943 Per la geologia delle argille ofiolitifere appenniniche. Nota II Foraminiferi dell'argilla scagliosa di Varana. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., 52: 37–148.
- MONTANARO GALLITELLI E., 1958 Specie nuove e note di foraminiferi del Cretaceo superiore di Serramazzoni (Modena). Atti Mem. Accad. Sci. Lett. Arti Modena, (ser. 5), 16: 127–150.
- MORLOTTI E., KUHNT W., 1992 Agglutinated deep-water foraminifera of the Eocene Monte Piano formation (Northern Apennines, Italy). J. Foram. Res., 22 (3): 214–228.
- OGNIBEN L., 1960 Nota illustrativa dello schema geologico della Sicilia nord-orientale. *Riv. Min. Sicil.*, 64–65: 183–212.
- OGNIBEN L., 1963 Le formazioni tipo Wildflysh delle Madonie (Sicilia centro-settentrionale). Mem. Ist. Geol. Min. Univ. Padova, 24: 1–58.
- SCHMIDT DI FRIEDBERG P., BARBIERI F., GIANNINI C., 1960 La geologia del gruppo montuoso delle Madonie (Sicilia centro-settentrionale). Boll. Serv. Geol. It., 91: 73–140.
- SERRA-KIEL J. HOTTINGER L., CAUS E., DROBNE K., FERRÀNDEZ C., JAUHRI A.K., LESS G., PAVLOVEC R., PIGNATTI J., SAMSÒ J.M., SCHAUB H., SIREL E., STROUGO A., TAMBAREAU Y., TOSQUELLA J., ZAKREVSKAYA E., 1998 – Larger foraminiferal biostratigraphy of the Tethyan Paleocene and Eocene. Bull. Soc. géol. France, 169(2): 281–299.
- WEZEL F.C., 1966 La sezione tipo del Flysch Numidico: Stratigrafia preliminare della parte sottostante il complesso Panormide (Membro di Portella Colla). Atti Accad. Gioenia Sci. Natur., 18 (7): 71–92.



Pl. 1 – Rhabdammina discreta Brady, 1884, PC15, ×25; 2. Psammosiphonella cylindrica (Glaessner, 1937), PC11, ×25; 3. P. linearis (Brady, 1879), PC11, ×25; 4. Ammolagena clavata (Jones & Parker, 1860) on P. cylindrica, PCs0, ×25; 5. Kalamopsis grzybowskii (Dylażanka, 1923), PC11, ×25; 6. Pseudonodosinella elongata (Grzybowski, 1898), PC11, ×25; 7. Aschemocella grandis (Grzybowski, 1898), PC13, ×25; 8. Psammosphaera irregularis (Grzybowski, 1896), PC11, ×25; 9–11. Caudammina sp. PC18, 9–10 ×50, 11 x25; 12. "Reophax" pilulifer Brady, 1884, PC18, ×25; 13. Hormosina velascoensis (Cushman, 1926), PC13, ×25.



Pl. 2 – 1. Ammodiscus cretaceus (Reuss, 1845), PC1, ×25; 2. A. peruvianus Berry, 1928, PC11, ×50; 3. A. tenuissimus Grzybowski, 1898, PC11, ×50; 4. A. latus Grzybowski, 1898, PC11, ×25; 5–6. Repmanina charoides (Jones & Parker, 1860), PC11, ×50; 7. Glomospira serpens Grzybowski, 1898, PC1, ×25; 8. Annectinia biedai (Samuel, 1977), PC11, ×25; 9. Haplophragmoides walteri (Grzybowski, 1898), PC11, ×50; 10. Haplophragmoides carinatus Cushman & Renz, 1941, PC18, ×25; 11. Reticulophragmium rotundidorsatum (Hantken, 1875), PC3, ×25; 12. Karrerulina conversa Grzybowski, 1901, PC18, ×25; 13. Cyclammina cancellata Brady, 1879, PC11, ×25; 14. Cibicidoides grimsdalei (Nuttall, 1930), PC3, ×50; 15. Cibicidoides mexicanus (Nuttall, 1932), PC13, ×25.


**Pl. 3** – 1–3. *Caudammina* sp., PC18, ×25; 4. *Caudammina* sp. (transmitted light), PC18, ×25; 5. *Subreophax splendidus* (Grzybowski, 1898), PC11, ×25; 6. *Aschemocella grandis* (Grzybowski, 1898), PCs0, ×25; 7. *Conglophragmium irregulare* (White, 1928), PC22, ×25; 8. *Haplophragmoides walteri* (Grzybowski, 1898), PC5, ×25; 9. *Trochamminoides subcoronatus* (Grzybowski, 1896), PC13, ×25; 10. *Trochamminoides coronatus* (Brady, 1879), PCs0, ×15; 11. *Trochamminoides proteus* (Karrer, 1866), PCs0, ×15; 12 a–c. *Reticulophragmium rotundidorsatum* (Hantken, 1875), a, c. lateral views, b. apertural view, PC18, ×25; 13 a, b. *Reticulophragmium* cf. *projectus* Schröder–Adams & McNeil, 1994, a, b. lateral views, PC18, ×25.

# I DINOSAURI DEL VILLAGGIO DEL PESCATORE (TRIESTE): QUALCHE AGGIORNAMENTO

### FABIO M. DALLA VECCHIA\*

\* c/o Museo Civico di Storia Naturale di Trieste, P.za A. Hortis 4, 34123 Trieste, Italia e-mail: fabdalla@tin.it

Abstract – The dinosaurs of the Villaggio del Pescatore (Trieste): some updating. – Unlike that reported in preliminary studies and non-scientific publications, the dinosaur remains from the Villaggio del Pescatore site (Duino-Aurisina, Trieste, NE Italy) come from the Liburnian Formation ("Liburnico") and have a Late Campanian–Early Maastrichtian age. The deposition of the Liburnian Formation in the Karst began during in the Late Campanian after a Campanian emersion event. The attribution of the dinosaur remains to the clade Hadrosauridae lacks a solid scientific base because it is not supported yet by a detailed osteological study and by a cladistic analysis. Finally, there are no scientific evidences to affirm that specimen 57021 (nicknamed Antonio) is a female.

Key words – Villaggio del Pescatore (Trieste) dinosaurs, Karst stratigraphy, Liburnian Formation, Iguanodontians, Hadrosauridae, cladistic systematic, dinosaur sex.

Riassunto – Diversamente da quanto riportato in studi preliminari e pubblicazioni divulgative, i resti di dinosauro del Villaggio del Pescatore (Duino–Aurisina, Trieste) provengono dalla Formazione Liburnica ("Liburnico") ed hanno un'età Campaniano superiore–Maastrichtiano inferiore. La deposizione della Formazione Liburnica nel Carso iniziò durante il Campaniano superiore dopo un evento di emersione Campaniano. L'attribuzione al clade Hadrosauridae dei resti di dinosauro è priva di fondamento scientifico in quanto non ancora sostenuta da uno studio osteologico di dettaglio e da un'analisi cladistica. Infine, non vi sono basi scientifiche per affermare che l'esemplare 57021 (noto con il soprannome di Antonio) sia di sesso femminile.

Parole chiave – Dinosauri del Villaggio del Pescatore, stratigrafia del Carso, Formazione Liburnica, Iguanodontiani, Hadrosauridae, sistematica cladistica, sesso dei dinosauri.

## 1. – Premessa

Tra il 1992 e il 1999 resti ossei indubbiamente riferibili a dinosauri (tra i quali almeno uno scheletro praticamente completo ed articolato) sono stati estratti da una lente di calcare nero fittamente stratificato e potente al massimo una decina di metri che affiora nelle vicinanze del Villaggio del Pescatore (Duino–Aurisina, Trieste). Il sito è stato scoperto casualmente dai sigg. G. Rimoli e A. Tarlao alla fine degli anni '80 del XX secolo (i primi reperti consegnati al Museo Civico di Storia Naturale di Trieste risalgono al 1990); successivamente è stato oggetto di scavo paleontologico inizialmente da parte del Museo Civico di Storia Naturale di Trieste (1992, 1994,1995) e poi del Ministero dei Beni ed Attività Culturali (1996– 1997, 1998–99). La maggior parte dei reperti proviene dalla zona settentrionale di affioramento della lente; la posizione topografica e stratigrafica di alcuni reperti (appartenenti sia a dinosauri sia a coccodrillomorfi), come da me rilevata durante la direzione scientifica dello scavo 1998–1999 (quindi con osservazioni stratigrafico– litologiche preliminari precedenti qualsiasi analisi in sezione sottile dei litotipi), è indicata in figura 1.

La scoperta di un sito con ossa di dinosauro nel Carso Triestino ha suscitato un certo clamore, ma si inserisce in un contesto stratigrafico (Cretaceo) e paleogeografico (zona settentrionale della Piattaforma Carbonatica Adriatico–Dinarica) in cui la



Fig. 1 – La posizione topografica e stratigrafica di alcuni reperti.

Legenda: 1 = "calcari grigio scuri di base", 2 = strato di transizione, 3 = calcari neri ("laminiti"); 4 = "calcari grigi" con frammenti di rudiste. Queste definizioni litologiche/stratigrafiche speditive realizzate nell'inverno 1998–1999 non hanno niente a che fare con quelle (successive e basate su di uno studio di dettaglio) di figura 2. A, B, C = sezioni stratigrafiche. 57021 = dinosauro iguanodontoideo ("Antonio"), 57022 = dinosauro iguanodontoideo, 57023 = dinosauro iguanodontoideo, 57025 = dinosauro iguanodontoideo, 57026 = dinosauro iguanodontoideo, 57028 = coccodrillomorfo, 57247 = dinosauro iguanodontoideo.

Fig. 1 – The topographic and stratigraphic position of some tetrapod remains quarried at the Villaggio del Pescatore site.

Legenda: I = "basal dark gray limestone", 2 = transitional bed, 3 = black limestone ("laminites"); 4 = "gray limestone" with fragments of rudist bivalvs. I used these preliminary lithologic/stratigraphic

definitions in winter 1998–1999 during the field work and they do not necessarily coincide with those (successive and based on more detailed and general studies) of figure 2. A, B, C = stratigraphic sections. 57021 = iguanodontoid dinosaur ("Antonio"), 57022 = iguanodontoid dinosaur; 57023 = iguanodontoid dinosaur, 57026 = iguanodontoid dinosaur; 57028 = crocodylomorph, 57247 = iguanodontoid dinosaur ("Bruno"), 57256 = iguanodontoid dinosaur.

presenza di testimonianze di dinosauro non è eccezionale. Numerose orme e resti ossei di questi animali sono stati scoperti nella vicina Istria (per esempio, DALLA VECCHIA, 1994, 1997, 1998a,b, 2001a,b, 2005; DALLA VECCHIA & TARLAO, 2000; DALLA VECCHIA et al., 1994, 2001a; MEZGA et al., 2006, 2007) e la loro presenza è riportata anche nel vicino Friuli (orme; DALLA VECCHIA & VENTURINI, 1995; DALLA VECCHIA, 1999) e in Slovenia (denti; DEBELJAK et al., 1999; 2000). La cosa realmente sorprendente è l'eccezionale stato di articolazione e completezza degli scheletri, nonché l'abbondanza di resti ossei in livelli diversi della lente (solo in parte recuperati).

Tra gli oltre 250 reperti fossili provenienti dal sito e depositati al Museo Civico di Storia Naturale di Trieste, dieci appartengono a dinosauri (Dinosauria) e nove potrebbero appartenere a questo clade, ma non sono sufficientemente completi per una attribuzione conclusiva. Un reperto è stato identificato come metacarpale alare di uno pterosauro (BUFFETAUT & PINNA, 2001), alcuni altri sono stati attribuiti al piccolo alligatoroide *Acynodon* (DELFINO & BUFFETAUT, 2006). La stragrande maggioranza dei reperti è costituita da pesci teleostei di ridotte dimensioni (2–3 cm); vi sono inoltre alcuni crostacei decapodi e rari resti di vegetali terrestri, tra i quali una probabile coniferale. La quasi totalità dei reperti di dinosauro è riferibile senza dubbio ad un uno stesso "gruppo" sistematico (il clade Iguanodontia; si veda NORMAN, 2004 per una definizione), incluso il reperto 57021 che è diventato noto con il soprannome di "Antonio".

In articoli giornalistici, un libro divulgativo dedicato ai dinosauri italiani (DAL SASSO, 2001) pubblicato anche negli USA, alcuni articoli scientifici preliminari (si veda sotto), in innumerevoli siti internet e persino in libri di testo per la scuola sono state riportate affermazioni riguardanti i dinosauri del Villaggio del Pescatore basate su dati preliminari rivelatisi errati ad una verifica successiva (questo, per esempio, riguarda l'età del sito) e su semplici supposizioni prive di solide basi (per esempio, sulla appartenenza di 57021 agli adrosauridi–Hadrosauridae e sul suo sesso).

In realtà, i reperti sono ancora in corso di studio. Solo un'analisi accurata svolta utilizzando le metodologie accettate a livello internazionale e con riferimento agli studi specialistici più recenti potrà fornire dati attendibili su cui basare affermazioni di qualsiasi tipo. Nel presente contributo sono chiarite alcune problematiche riguardanti i dinosauri del Villaggio del Pescatore che rischiano di essere ancora divulgate in modo erroneo come è avvenuto dal 1999 ad oggi.

## 2. – Stratigrafia ed età

È ovvio che la determinazione della posizione cronostratigrafica dei reperti riveste una certa importanza per la valutazione delle implicazioni filogenetiche e paleogeografiche, quindi non può essere trascurata dal paleontologo o trattata separatamente dai soli geologi.

La datazione della lente fossilifera al Santoniano superiore (circa 83 milioni di anni fa secondo GRADSTEIN & OGG, 2004) fornita da TARLAO et al. (1994) è stata ripresa nei lavori successivi che hanno trattato dei dinosauri del Villaggio del Pescatore (per esempio, DALLA VECCHIA, 2001b, 2002; DAL SASSO, 2001; NICOSIA et al., 1999, 2005). Tale datazione è però viziata da un errore nel posizionamento della lente di calcari neri rispetto alle biocalcareniti ricche di esemplari del grande foraminifero bentonico *Keramosphaerina tergestina*, imputabile alla pessima esposizione dei corpi rocciosi presente nel 1993–94, vale a dire prima dei lavori di scavo del 1998–99 (S. Venturini, com. pers.). Le calcareniti ricche di *Keramosphaerina tergestina* si trovano in realtà stratigraficamente sotto la lente di laminiti nere (PALCI, 2003; ARBULLA et al., 2006; Fig. 2).

La stratigrafia e paleotopografia del sito sono trattate in PALCI (2003) e ARBULLA et al. (2006); su quest'ultimo lavoro è basata la figura 2. I calcari grigio scuro ("litofacies 1" e "fase 1" in ARBULLA et al., 2006, p. 22), potenti 250 m e situati almeno 175 metri al di sotto della lente fossilifera contengono una associazione a palinomorfi indicativa del Santoniano–Campaniano per la presenza di *Papillopolis aradeaensis* (ARBULLA et al., 2006). A questi si associano i foraminiferi *Montcharmontia apennica* e *Murgella lata* che nelle Piattaforme carbonatiche Periadriatiche hanno generalmente una distribuzione Coniaciano–Campaniano inferiore. Nel Carso Sloveno centrale una particolare abbondanza di *Murgella lata* è caratteristica della parte superiore del Santoniano (JURKOVŠEK et al., 1996).

I soprastanti calcari grigi ("fase 2" in ARBULLA et al., 2006; spessore: 70 metri) presentano un associazione a foraminiferi bentonici (*Montcharmontia apennica*, *Accordiella conica*, *Murgella lata*, *Scandonea samnitica*, *Dyciclina schlumbergeri*) compatibile con una datazione al Santoniano–Campaniano inferiore.

I calcari grigi a rudiste ("fase 3" in ARBULLA et al., 2006; spessore: 25 metri) presentano un associazione di rudiste composta da *Katzeria hercegovinensis*, *Sauvagesia tenuicostata*, *Hippurites sulcatus*, *Bournonia excavata*, *Medeella zignana*, *Radiolites dario* e *Gorjanovicia lipparinii*. Questa associazione corrisponde all'evento L di CESTARI & SARTORIO (1995) riferito al Coniaciano superiore–Santoniano. In particolare *Katzeria hercegovinensis* e *Sauvagesia tenuicostata*, che secondo PALCI (2003) avrebbero anche una distribuzione campaniana, risultano esclusivamente santoniane in CESTARI & SARTORIO (1995). L'evento M (Campaniano inferiore) è caratterizzato invece dalle rudiste *Kuhenia* e *Pseudopolyconites* e dal foraminifero bentonico *Calveziconus lacalvezae*.

Sopra i calcari grigi a rudiste si trovano le biocalcareniti ("fase 4" in ArBULLA et al., 2006; lo spessore massimo in affioramento secondo PALCI [2003] è 80 m, molto più ridotto secondo S. Venturini, com. pers.) che contengono i foraminiferi bentonici



**Fig. 2** – Stratigrafia della zona circostante il sito paleontologico del Villaggio del Pescatore. Nella colonna di sinistra sono riportate le "fasi" di ArBULLA et al. (2006), inclusa quella con i resti di dinosauro ("fase" 6, laminiti). La colonna destra è un dettaglio di ciò che sta sotto le laminiti, inclusiva di spessori e di contenuto micro e macropaleontologico (sulla base di ArBULLA et al., 2006 e PALCI, 2003).

**Fig. 2** – Stratigraphy of the area surrounding the paleontological site of the Villaggio del Pescatore. The left column shows the "fasi" of ARBULLA et al. (2006), including that with the dinosaur remains ("fase" 6, laminites). The right column is a detail of the lithologies occurring below the laminites, including the extimated thickness of the lithological bodies and their micro and macropaleontological content (based on ARBULLA et al., 2006 and PALCI, 2003).

Dyciclina schlumbergeri e Keramosphaerina tergestina. Sono le calcareniti su cui si basava la datazione di TARLAO et al. (1994). Keramosphaerina tergestina è ritenuta indicativa del Santoniano terminale, soprattutto nel Carso (CESTARI & SARTORIO, 1995; JURKOVŠEK et al., 1996; VENTURINI, 2005). Nell'Isola di Brac, STEUBER et al. (2005) attribuiscono la distribuzione locale di questo foraminifero al Campaniano inferiore mediante calibratura con la curva degli isotopi dello stronzio (Fig. 3). Secondo CESTARI (2002) e VENTURINI (2005) gli esemplari di Keramosphaerina tergestina delle biocalcareniti del Villaggio del Pescatore si pongono, mediante calibratura con la curva degli isotopi dello stronzio.

In una carota prelevata in corrispondenza della zona oggetto di scavo paleontologico, *Keramosphaerina tergestina* è stata trovata anche in un'intercalazione calcarea posta tra due corpi di breccia (probabilmente dicchi o riempimenti di fessure paleocarsiche) e situata 5,5 metri al di sotto della base delle laminiti (PALCI, 2003).

Il foraminifero bentonico *Murciella cuvillieri* è segnalato da PALCI (2003) in tre campioni, *Murciella* sp. in uno, tutti provenienti da corpi litologici posti stratigraficamente al di sotto della lente di calcari neri (A. Palci, com. pers.). Ad un riesame e risezionatura dei campioni di TARLAO et al. (1994) questo foraminifero è risultato essere presente immediatamente al di sotto della lente di calcari neri nella zona dove è stata aperta la cava per l'estrazione dell'esemplare 57021 (S. Venturini, com. pers.) (Fig. 4).

Per PALCI (2003) le brecce sovrastanti la lente di laminiti con i resti di dinosauri (Fig. 2) si troverebbero stratigraficamente al di sotto di calcari a rudiste simili a quelle della "litofacies 3" di ArBULLA et al. (2006) e con la stessa associazione a rudiste. Data la distribuzione stratigrafica nota dei fossili contenuti nei vari corpi litologici sembra assai improbabile che tale disposizione rifletta un reale rapporto stratigrafico con una successione, dal più antico al più recente, laminiti–brecce–calcari a rudiste. È più probabile che questa apparente successione sia imputabile alla complessa topografia della depressione tettonica in cui le laminiti si sono formate (si veda PALCI, 2003 e ArBULLA et al., 2006).

Infatti, sempre secondo PALCI (2003, p. 32) la lente nella zona meridionale di affioramento si trova a contatto con un corpo di breccia che "è limitato" da "calcari di piattaforma" con "brecciatura in situ e filoni sedimentari costituiti da breccia poligenica", interessati da "sistemi di fratture....probabilmente modellate da fenomeni di dissoluzione carsica". Siamo in presenza quindi di una emersione della piattaforma e di una lacuna stratigrafica verosimilmente posta in corrispondenza delle brecce immediatamente sottostanti le laminiti. Questa lacuna e la corrispondente superficie paleocarsica è stata identificata in numerose altre sezioni del Carso e dell'Istria (si veda OTONICAR, 2007 *cum biblio*).

PALCI (2003) e ARBULLA et al. (2006) datano la lente fossilifera al Santoniano-Campaniano. Una tale datazione (in realtà un intervallo di oltre 15 milioni di anni) sottostima il significato biostratigrafico dei microfossili rinvenuti. Particolarmente importante è la presenza di *Murciella cuvillieri*. BIGNOT (1967, 1972) ha segnalato questo foraminifero in Carso all'interno del "Liburnico" tra Vremski Britof (Slovenia) e Opicina e a sud di Dutovlije (Slovenia). *Murciella* ex gr. *cuvillieri* 



**Fig. 3** – Unità litostratigrafiche dell'Isola di Brač (Croazia) e della vicina costa dalmata (colonna di destra); distribuzione di alcuni foraminiferi in queste unità con datazione tarata sulla curva degli isotopi dello stronzio (colonna di sinistra). L'età assoluta non è basata su GRADSTEIN & OGG (2004) in cui il limite Campaniano–Maastrichtiano è posto a 70,6 milioni di anni fa e quello Maastrichtiano–Daniano a 65,5 milioni di anni fa; il limite Santoniano–Campaniano però coincide. Da STEUBER et al. (2005), modificato.

Fig. 3 – Litostratigraphic units of the Brač Island (Croatia) and the close Dalmatian coast (right column); stratigraphic range of some benthic foraminifers in those units with absolute dating based on the curve of strontium isotopes (left column). Absolute age is not based on GRADSTEIN & OGG (2004) where the boundary Campanian–Maastrichtian is placed at 70.6 million years ago and the Maastrichtian–Danian boundary at 65.5 million years ago; the boundary Santonian–Campanian is coinciding. After STEUBER et al. (2005), modified.



**Fig. 4** – Esemplari di *Murciella cuvillieri* rinvenuti nei calcari immediatamente sottostanti la lente fossilifera nella zona di estrazione di 57021.

**Fig. 4** – Specimens of Murciella cuvillieri found in the limestone just below the dinosaur–bearing lens in the outcrop where 57021 was excavated.

nell'Isola di Brač e nella vicina costa dalmata ha una distribuzione Campaniano superiore–Maastrichtiano tarata come datazione assoluta sulla curva degli isotopi dello stronzio (STEUBER et al., 2005); si ritrova all'interno della Sumartin Formation che è considerata equivalente al "Liburnico" del Carso (STEUBER et al., 2005, *cum biblio*) (Figg. 3, 5).

La stratigrafia del Carso sloveno centrale è stata analizzata e confrontata con quella di altre parti del Carso da JURKOVŠEK et al. (1996; fig. 10, qui modificata in Fig. 5). Il Gruppo "Liburnico" (= "strati di Vreme" e "strati di Cosina"; = intervallo inferiore del "membro di Monte Grisa" dei "calcari del Carso triestino") o Formazione Liburnica (Liburnian Formation) nell'Altipiano Comeno–Trieste si trova al di sopra della Formazione Lipica (= parte superiore del "membro di Borgo Grotta Gigante", = parte superiore dei Calcari di Aurisina). Tra la Formazione Lipica/Calcari di Aurisina e il Gruppo "Liburnico" esiste una lacuna di sensibile entità, ma non ben datata sul Carso. La parte inferiore della Formazione Liburnica ("strati di Vreme", generalmente considerati maastrichtiani) è costituita da calcari grigio scuri, ben stratificati, con lenti di carbone e livelli ricchi di carofite, alternati a stati con rudiste, foraminiferi ed echinodermi, indicativi di oscillazioni ambientali tra il dulcicolo e il marino (JURKOVŠEK et al., 1996 *cum biblio*).

La Formazione Lipica presenta nella sua parte inferiore l'orizzonte/bioevento di *Keramosphaerina tergestina* (datato qui, come abbiamo visto, al Santoniano sommitale–base del Campaniano) e nella parte superiore il foraminifero *Calveziconus lacalvezae* (Campaniano inferiore); secondo STEUBER et al. (2005) nell'Isola di Brač questi due foraminiferi hanno invece una stessa distribuzione stratigrafica (Fig. 3). La Formazione Lipica termina prima (vale a dire che il tetto è più antico) spostandosi verso l'interno della piattaforma (cioè a sud, sud–est). La parte inferiore della Formazione Liburnica è datata al Maastrichtiano superiore per la presenza (ben al di sopra della base dell'unità) di *Rhapydionina liburnica*. Nell'Isola di Brač questo foraminifero sembra avere una estesa distribuzione stratigrafica sconfinando



Fig. 5 – Stratigrafia del Carso basata su JURKOVŠEK et al. (1996) e modificata secondo STEUBER et al. (2005) per l'Isola di Brač e VENTURINI et al. (2008) per il Carso isontino. L'estensione stratigrafica della Formazione Lipica è stata modificata seguendo quanto riportato nel testo in JURKOVŠEK et al. (1996), contra JURKOVŠEK et al. (1996, fig. 10). È indicata solo la lacuna principale del Cretaceo superiore, non quelle corrispondenti alle emersioni durante la deposizione della Formazione Liburnica. La parte inferiore del "Liburnico" (= Sumartin Formation) risulta plausibilmente campaniana dove è possibile un controllo biostratigrafico. Questo è probabilmente anche il caso del Carso Triestino, ma la colonna relativa non è stata modificata in tal senso perché non ci sono dati biostratigrafici a supporto.

**Fig. 5** – Karst stratigraphy based on JURKOVŠEK et al. (1996) modified according to STEUBER et al. (2005) for the Brač Island and VENTURINI et al. (2008) for the Isonzo Karst. The stratigraphic extent of the Lipica Formation is modified according the text in JURKOVŠEK et al. (1996), contra JURKOVŠEK et al. (1996, fig. 10). Only the main Upper Cretaceous lacuna is reported, not those corresponding to the emersions during the deposition of the Liburnian Formation. The lower part of the "Liburnian" (= Sumartin Formation) is plausibly Campanian in age where biostratigraphic data are available. This is probably also the case of the Trieste Karst, but the corresponding column is not modified in this sense because biostratigraphic data are not available.

nel Maastrichtiano inferiore (STEUBER et al., 2005; si veda Fig. 3). In JURKOVŠEK et al. (1996, fig. 10) la grande lacuna stratigrafica tardocretacica è posta a cavallo tra il Campaniano ed il Maastrichtiano e la Formazione Liburnica inizia ben all'interno del Maastrichtiano. Questa posizione però è discutibile. In realtà, la Formazione Lipica contiene nella parte inferiore un'associazione di foraminiferi indicativa del Santoniano superiore e nella parte alta un foraminifero riferito al Campaniano

"medio" (JURKOVŠEK et al., 1996) o inferiore (STEUBER et al., 2005). Nell' Isola di Brač la lacuna – datata sulla base della curva degli isotopi dello stronzio – risulta limitata ad un intervallo di circa due milioni di anni a cavallo tra il Campaniano "medio" e il Campaniano superiore ed è attribuita ad una regressione su scala globale (STEUBER et al., 2005; Fig. 3). Tuttavia, nella parte settentrionale della Piattaforma all'aspetto eustatico si sovrapponeva e diventava dominante quello tettonico, dovuto alla collisione della microplacca Adria con il *terrane* Australpino e/o con la microplacca Tizla (NEUGERBAUER et al., 2001). Secondo OTONICAR (2007) a margine della piattaforma si era formato un bacino di avanfossa sinorogenetico, migrante e con deposizione flysciode (Bacino Giulio o Sloveno) e un corrispondente *peripheral foreland bulge* che coinvolgeva la parte settentrionale della piattaforma (si veda OTONICAR, 2007, per maggiori dettagli). L'inizio della sedimentazione flyscioide nel Bacino Giulio/Sloveno avvenne a partire dal Maastrichtiano inferiore per quanto riguarda la parte che oggi affiora in territorio italiano (TUNIS & VENTURINI, 1984), nel Campaniano superiore per quanto riguarda la parte slovena (Pavšić, 1994).

La sezione di Cotici, sul Carso Isontino presso il M. S. Michele, situata una dozzina di chilometri NNE del sito del Villaggio del Pescatore in direzione del Bacino Giulio, contiene la parte più alta del Cretaceo ed è stata recentemente descritta da VENTURINI et al. (2008). Sono stati identificati tre bio-orizzonti sovrapposti e caratterizzati rispettivamente dai foraminiferi *Keramospaherina tergestina, Murciella cuvillieri* e *Raphydionina liburnica*, separati da fasi di emersione. Un'importante emersione tra il bio-orizzonte a *K. tergestina* e *M. cuvillieri* marca la base della Formazione Liburnica. L'orizzonte a *Murciella cuvillieri* contiene anche il foraminifero *Rotorbinella scarsellai*, specie mai segnalata nel Maastrichtiano; quindi il bio-orizzonte è stato attribuito al Campaniano superiore, seppure con riserve (VENTURINI et al., 2008).

La parte inferiore della sezione di Cotici mostra eventi analoghi a quelli registrati nella sezione del Villaggio del Pescatore prima della deposizione delle laminiti nere. Considerazioni litologiche, stratigrafico/giaciturali e biostratigrafiche indicano quindi che le laminiti si trovano all'interno della Formazione Liburnica (Gruppo Liburnico) ed hanno un'età compresa tra il Campaniano superiore ed il Maastrichtiano (il limite superiore è sicuramente dato dall'estinzione dei dinosauri iguanodontiani alla fine del Maastrichtiano). L'assenza di *Raphydionina liburnica* nella sezione esposta nella zona (ma una ricerca mirata sarebbe opportuna) suggerirebbe la deposizione prima della trasgressione che ha portato questo foraminifero nella zona del Carso, limitando la datazione al Campaniano superiore–Maastrichtiano inferiore.

La distribuzione stratigrafica dell'alligatoroide *Acynodon*, il coccodrillomorfo trovato associato ai dinosauri (DELFINO & BUFFETAUT, 2006), è in accordo con un'età Campaniano superiore–Maastrichtiano, poiché il genere è segnalato nel Campaniano sommitale – Maastrichtiano basale a Laño (Spagna) e a Cruzy (Francia), nel Maastrichtiano a Quintanilla del Coco (Spagna), nel "Rogniaciano" (Maastrichtiano inferiore) a Fox–Amphoux (Francia) e forse anche in altri siti maastrichtiani europei (DALLA VECCHIA, 2006).

I resti di tetrapodi del Villaggio del Pescatore e quelli rinvenuti nel Carso sloveno presso Kozina (DEBELJAK et al., 1999, 2000), se non coevi, sono sicuramente molto più vicini cronostratigraficamente di quanto supposto finora. Anche il sito a pesci di Trebiciano (Trieste) è probabilmente grossomodo coevo, dato che *Murciella* è stata identificata in un campione proveniente dalla sezione che contiene l'intervallo fossilifero (S. Venturini, com. pers. in DALLA VECCHIA, 1996).

## 3. - Cos'è un "Adrosauro" (ammesso che sia qualcosa)?

Per quanto riguarda i dinosauri del Villaggio del Pescatore i termini "adrosauro" e "adrosauridi" sono stati finora usati acriticamente e senza una base di dati (per esempio, in BRAZZATTI & CALLIGARIS, 1995; DAL SASSO, 2001, 2003; NICOSIA et al., 1999, 2005, PRIETO–MARQUEZ et al., 2006b) o erroneamente in una fase preliminare degli studi (in DALLA VECCHIA, 2001b, 2002).

I termini "adrosauro" e "adrosauridi" sono stati usati non correttamente per due motivi principali.

<u>Primo</u>: "adrosauro" è un termine colloquiale che dovrebbe essere riferito ai soli membri del genere *Hadrosaurus* (un genere mal definito, basato su resti scheletrici disarticolati e non diagnostici, del Campaniano degli USA; PRIETO–MARQUEZ et al., 2006a). "Adrosauride" si riferisce al clade Hadrosauridae (o Famiglia Hadrosauridae della sistematica Linneana) del quale non esiste una definizione universalmente accettata e stabile a causa dei numerosi taxa di iguanodontiani scoperti o ridescritti negli ultimi 10 anni e che risultano più primitivi degli Hadrosaurinae+Lambeosaurinae nordamericani e più derivati del genere *Iguanodon*. Dal 1998 ad oggi la definizione di Hadrosauridae non è stata univoca, è cambiata a seconda degli autori che hanno effettuato una analisi cladistica che li includeva, anche se, come vedremo sotto, c'è una tendenza prevalente. Ciò è insito nella metodologia cladistica, utilizzata dalla stragrande maggioranza degli autori per stabilire i rapporti filogenetici tra i taxa di dinosauri. Quindi un dato *taxon* potrebbe o non potrebbe essere un "adrosauride" (cioè ricadere all'interno di Hadrosauridae) a seconda della definizione che un determinato autore ha attribuito al termine/*taxon*.

GODEFROIT *et al.* (1998) in una analisi che includeva 8 taxa terminali e 56 caratteri, con un singolo cladogramma maggiormente parsimonioso (61 steps, CI = 0,90, RI = 0,91), hanno considerato come Adrosauridi (Hadrosauridae) i membri dei cladi Hadrosaurinae e Lambeosaurinae, come Adrosauroidi (Hadrosauroidea) *Bactrosaurus* e tutti i taxa più derivati (Fig. 6). Tale definizione di Hadrosauridae è simile a quella di SERENO (1986) e FORSTER (1997).

You et al. (2003) con una matrice di 66 caratteri e 15 taxa terminali, hanno ottenuto uno *strict consensus tree* (lunghezza, CI e RI non sono stati forniti) in cui la definizione di Hadrosauridae è simile a quella di GODEFROIT et al. (1998), con un Hadrosauroidea ancora più inclusivo (Fig. 7).

NORMAN (2004) (matrice con 16 taxa terminali, 67 caratteri, *strict consensus* tree di 72,1 steps, CI = 0.86, RI = 0.92) e Horner et al. (2004) (matrice con 19



**Fig. 6** – Singolo most parsimonious tree di GODEFROIT et al. (1998). Per altre informazioni si veda il testo. **Fig. 6** – Single most parsimonious tree of GODEFROIT et al. (1998). For tree statistics see text.



Fig. 7 – Strict consensus tree di You et al. (2003). Per altre informazioni si veda il testo. Fig. 7 – Strict consensus tree of You et al. (2003). For tree statistics see text.

taxa terminali, 105 caratteri, *strict consensus tree* di 189 steps, CI = 0,64, RI = 0,741) non hanno invece individuato un clade Hadrosauroidea e hanno fornito di Hadrosauridae una definizione *node–based: Telmatosaurus, Parasaurolophus* e tutti i discendenti del loro più recente comune antenato (Fig. 8). Si tratta dunque una definizione più inclusiva di quella di GODEFROIT et al. (1998) e You et al. (2003)



**Fig. 8** – *Strict consensus tree* di HORNER et al. (2004). Per altre informazioni si veda il testo. **Fig. 8** – *Strict consensus tree of HORNER et al. (2004). For tree statistics see text.* 

e, per ammissione degli stessi HORNER et al. (2004), del tutto convenzionale e arbitraria. Si è deciso di far iniziare Hadrosauridae da *Telmatosaurus* perché questo dinosauro era stato descritto come l'adrosauride più primitivo da uno degli autori (David Weishampel) in una sua pubblicazione ad esso dedicata (WEISHAMPEL et al., 1993) e nella precedente edizione dello stesso volume (vale a dire in WEISHAMPEL & HORNER, 1990).

Infatti, PRIETO-MARQUEZ et al. (2006b) nella più recente analisi cladistica degli gli iguanodontoidei più derivati di *Iguanodon* (23 taxa terminali, 127 caratteri, *strict consensus tree* di 332 steps, CI = 0,61, RI = 0,80) limitano Hadrosauridae ai cladi americani e centro-est asiatici Hadrosaurinae e Lambeosaurinae (= Euhadrosauria di HORNER et al., 2004) "*to maximize the stability of the name*" (p. 930) (Fig. 9). Infatti, questi due cladi e il risultante Hadrosauridae sono stabili (si mantengono come gruppi monofiletici) in tutti i cladogrammi (si vedano le figure 6–9), tranne in quello di PRIETO-MARQUEZ et al. (2006b) quando viene inserito *Koutalisaurus* (genere rappresentato da una singola specie – *K. kohlerorum* – e solamente da un ramo mandibolare) che fa collassare il clade Lambeosaurinae (ma non Hadrosauridae).

Quindi, tutte le analisi cladistiche recenti hanno individuato un Hadrosauridae con valore meno inclusivo rispetto a quello adottato da HORNER et al. (2004) e di questo si deve comunque tenere conto quando si definisce "adrosauridi" i dinosauri del Villaggio del Pescatore.





Secondo: nessuno ha ancora effettuato e pubblicato un dettagliato studio dei reperti del Villaggio del Pescatore eseguendo un'analisi cladistica sulla base delle matrici di caratteri utilizzate da GODEFROIT *et al.* (1998), YOU et al. (2003), NORMAN (2004), HORNER et al. (2004) e PRIETO–MARQUEZ et al. (2006b), eventualmente integrate. Quindi non ci sono ancora basi scientifiche per affermare che il taxon italiano ricade negli Hadrosauridae, sia *sensu* HORNER et al. (2004) sia *sensu* PRIETO–MARQUEZ et al. (2006b).

## 4. – Cosa possono essere i dinosauri del Villaggio del Pescatore?

Plausibilmente i dinosauri del Villaggio del Pescatore possono ricadere in una delle seguenti posizioni se accettiamo la definizione di Hadrosauridae di Godefroit et al. (1998), You et al. (2003) e PRIETO-MARQUEZ et al. (2006b):

1) il taxon di appartenenza cade in Hadrosaurinae o Lambeosaurinae (vale a dire Hadrosauridae, ed è quindi un adrosauride);

2) il nuovo taxon è meno derivato di Hadrosauridae e quindi non è un adrosauride.

In questo caso potrebbe cadere tra gli Hadrosauroidea basali oppure essere più vicino al genere *Iguanodon*. È pure possibile che formi un gruppo monofiletico con qualcuno degli altri adrosauroidi noti, oppure che appartenga ad uno dei generi di adrosauroidi europei già descritti (*Telmatosaurus*, Maastrichtiano, Romania; *Pararhabdodon* e *Koutalisaurus*, Maastrichtiano, Spagna).

Per verificarlo è indispensabile studiare dettagliatamente i reperti italiani, confrontarli con quelli degli altri iguanodontiani derivati, osservare lo stato dei caratteri che saranno utilizzati nella matrice ed eseguire una analisi cladistica elaborando la matrice secondo il principio di parsimonia, in modo da ottenere uno *strict consensus tree* che indichi la posizione filogenetica del taxon rappresentato dai reperti del Villaggio del Pescatore. Questo lavoro, che richiede l'osservazione (possibilmente diretta) e l'elaborazione di una enorme quantità di dati e non si può svolgere in modo dilettantistico (come spesso si ritiene debbano essere condotti gli studi paleontologici in Italia), è attualmente in corso. In tale ottica, nel gennaio 2007 ho esaminato in dettaglio le collezioni di iguanodontoidei del The Natural History Museum di Londra, soprattutto il materiale di *Telmatosaurus* della Collezione Nopcsa.

È consuetudine in questi casi l'utilizzo delle matrici di dati già esistenti, adattando eventualmente alcuni caratteri (o trasformazioni di caratteri a seconda della terminologia utilizzata) a quanto si osserva nel taxon che si sta inserendo, in modo da mantenere un "segnale" filogenetico, ed inserendo caratteri nuovi. Nel caso dei dinosauri del Villaggio del Pescatore la codifica dello stato dei caratteri è resa difficile dal fatto che le analisi cladistiche sopra citate hanno utilizzato caratteri osservabili in resti scheletrici isolati e conservati tridimensionalmente, mentre i resti scheletrici del Carso, seppure eccezionali, sono articolati e per lo più parzialmente inglobati in una lastra di calcare.

Naturalmente, l'inserimento di un nuovo taxon in una analisi cladistica può cambiare sensibilmente la topologia degli alberi di massima parsimonia e dello *strict consensus tree* risultante, quindi, a parità di programma utilizzato per l'analisi, di opzioni ed ottimizzazioni, numero di taxa terminali e di numero, definizione e codifica dei caratteri, il risultato nel complesso potrebbe essere diverso da quello ottenuto da GODEFROIT *et al.* (1998), YOU et al. (2003), NORMAN (2004), HORNER et al. (2004) o PRIETO–MARQUEZ et al. (2006b).

# 5. – È 57021 ("Antonio") un esemplare di sesso femminile?

Seppure di scarsa rilevanza scientifica, è necessario affrontare pure questo aspetto, perché sembra aver ricevuto una particolare attenzione tra chi si è occupato, per vari motivi, ai dinosauri del Villaggio del Pescatore. Si deve fare chiarezza una volta per tutte.

È stato spesso riportato dai *mass media* ed è ripetuto ai visitatori del Museo che l'esemplare 57021 ("Antonio") appartiene ad un esemplare di sesso femminile, è quindi una "Antonia". Questa attribuzione continua ad essere spacciata per

verosimile anche se le premesse su cui era basata al momento della formulazione (sette anni fa) si sono dimostrate erronee. È stata originata da una ipotesi sul significato di alcuni caratteri osservati negli alligatori ed estrapolata al dinosauro Tyrannosaurus rex. Infatti, LARSON & FREY (1992) e LARSON (1994) avevano desunto che un esemplare di Tyrannosaurus rex (FMNH PR2081) era una femmina anche sulla base del presunto dimorfismo degli archi emali (emapofisi) in Alligator mississippiensis. Alcune osservazioni suggerivano che il primo arco emale nei maschi dell'alligatore si trovasse tra le prime due vertebre caudali, mentre nelle femmine era posto tra la seconda e la terza; il primo arco dei maschi appariva anche più sottile e corto. Questo sarebbe stato in relazione con la presenza nel maschio dei muscoli per l'erezione del pene. Uno studio più esteso delle collezioni di scheletri di questo animale però non ha confermato quanto ipotizzato da Larson & Frey (1992) e Larson (1994). La posizione del primo arco emale è casualmente variabile: talvolta si trova tra la terza e la quarta vertebra, talvolta tra la prima e il sacro (BROCHU, 2003). Negli alligatori è la forma del primo arco emale che sembra avere una maggiore relazione con il sesso, ma questo non è applicabile a Tyrannosaurus rex (BROCHU, 2003).

In 57021 il primo arco emale è spostato molto indietro, tra la settima e l'ottava vertebra caudale, ma non abbiamo un altro esemplare per confronto in cui la posizione del primo arco sia diversa. Inoltre, l'originaria deduzione di LARSON & FREY (1992) e LARSON (1994) si basava sull'identificazione del maschio per le implicazioni (vale a dire, un attacco per la muscolatura del pene) che poteva avere la presenza di un primo arco più prossimale di quanto osservato in altri esemplari, non sulla base dell'estremo arretramento degli archi, che non ha niente a che vedere con tale implicazione.

In conclusione, "Antonio" potrebbe ovviamente essere una femmina, ma non c'è alcuna base scientifica per affermare che è una femmina.

Lavoro consegnato il 17.04.2008

#### RINGRAZIAMENTI

Ringrazio il Direttore del Museo Civico di Storia Naturale di Trieste, Dr. Sergio Dolce, e la Curatrice della sezione Geo-paleontologica, Dr. Deborah Arbulla, per il supporto presso il Museo Civico di Storia Naturale di Trieste.

Un grazie anche al Dr. Alessandro Palci per le comunicazioni personali e la copia della sua tesi di laurea; a Sandro Venturini per le comunicazioni personali e le proficue discussioni sulla stratigrafia e biostratigrafia del sito, a Maurizio Tentor per le foto di *Murciella*. Sandro Venturini ha anche effettuato la revisione critica del lavoro.

Lo studio è stato condotto e sta proseguendo grazie al sostegno della DML (Dinosaur Mailing List), alla Società Paleontologica Italiana e al Museo Civico di Storia Naturale of Trieste. Lo studio delle collezioni del The Natural History Museum di Londra è stato possibile grazie al The Natural History Museum (Londra) e all'Unione Europea che hanno sostenuto un mio progetto SYNTHESYS.

### BIBLIOGRAFIA

- ARBULLA D., COTZA F., CUCCHI F., DALLA VECCHIA F.M., DE GIUSTO A., FLORA O., MASETTI D., PALCI A., PITTAU P., PUGLIESE N., STENNI B., TARLAO A., TUNIS G., ZINI L., 2006 – Escursione nel Carso Triestino, in Slovenia e Croazia. 8 giugno. Stop 1. La successione Santoniano–Campaniana del Villaggio del Pescatore (Carso Triestino) nel quale sono stati rinvenuti i resti di dinosauro. In: MELIS R., ROMANO R., FONDA G. (a cura), Guida alle escursioni/excursions guide, Società Paleontologica Italiana – Giornate di Paleontologia 2006, EUT Edizioni Università di Trieste, Trieste. Pp. 20–27.
- BIGNOT G., 1967 Presence de Murciella cuvillieri Fourcade dans le Liburnien des environs de Trieste. C.R.S.S. Soc. Geol. France, 2: 50.
- BIGNOT G., 1972 Recherques stratigraphyques sur les calcaires du Cretace superieur et de l'Eocene d'Istrie et des regions voisines. Essai de revision du Liburnien. *Travail n. 2 Laboratoire de Micropaleontologie*, Université de Paris, pp. 344, Parigi.
- BRAZZATTI T. & CALLIGARIS R., 1995 Studio preliminare di reperti ossei di dinosauri nel Carso Triestino. Atti Mus. Civ. St. Nat. Trieste, 45: 221–226, Trieste.
- BROCHU C. A., 2003 Osteology of Tyrannosaurus rex: Insights from a nearly complete skeleton and high resolution computed tomographic analysis of the skull. Soc. Vert. Paleont. Memoir, 7: 1–138.
- BUFFETAUT E. & PINNA G., 2001 First Cretaceous pterosaur from Italy. A wing metacarpal from the Santonian of Villaggio del Pescatore (Trieste). Abstract in: Two hundred years of Pterosaurs – A symposium on the anatomy, evolution, palaeobiology and environments of Mesozoic Flyng Reptiles, Tolouse, France, September 5–8, 2001. Strata, 11 (Série 1. Communications): 23–25.
- CESTARI R., 2002 Strontium isotope signature of the main Upper Cretaceous rudist events in the Periadriatic Domain. In: VLAHOVIC I. & KOBAR T. (a cura), *Abstracts and excursion guidebook*. Sixth Int. Congr. on Rudists, Rovinij, pp. 16–17, Zagabria.
- CESTARI R., SARTORIO D., 1995 Rudist and facies of the Periadriatic domain. AGIP S.p.A., S. Donato Milanese. Pp. 207.
- CUCCHI F., PIRINI RADRIZZANI C. & PUGLIESE N., 1989 The carbonate stratigraphic sequence of the Karst of Trieste (Italy). Mem. Soc. Geol. It., 40(1987): 35–44, Roma.
- DAL SASSO C., 2001 Dinosauri italiani. Marsilio, Venezia. Pp. 256.
- DAL SASSO C., 2003 Dinosaurs of Italy. Compt. R. Palevol, 2: 45-66.
- DALLA VECCHIA F.M., 1994 Jurassic and Cretaceous Sauropod evidence in the Mesozoic carbonate platforms of Southern Alps and Dinarids. In: LOCKLEY M.G., FARIA dos SANTOS V., MEYER C.A. & HUNT A. (a cura), Aspects of Sauropod Paleobiology, *Gaia*, 10(1994): 65–73, Lisbona.
- DALLA VECCHIA F.M., 1996 Notizie in breve. Nat. Nas., 12: 48, Monfalcone.
- DALLA VECCHIA F.M., 1997 Terrestrial tetrapod evidence on the Norian (Late Triassic) and Cretaceous carbonate platforms of Northern Adriatic region (Italy, Slovenia and Croatia). Proceedings of the Int. Symp. "Mesozoic Vertebrate Faunas of Central Europe", Sargetia, ser. Sci. Nat., XVII: 177–201, Deva.
- DALLA VECCHIA F.M., 1998a Theropod footprints in the Cretaceous Adriatic–Dinaric carbonate platform (Italy and Croatia). In: PEREZ–MORENO B., HOLTZ T., SANZ J.L. & MORATALLA J.J. (a cura), Aspects of Theropod Paleobiology, *Gaia*, 15: 355–367, Lisbona.
- DALLA VECCHIA F.M., 1998b Remains of Sauropoda (Reptilia, Saurischia) in the Lower Cretaceous Upper Hauterivian/ Lower Barremian) limestones of SW Istria (Croatia). Geol. Croat., 51(2): 105–134, Zagabria.
- DALLA VECCHIA F.M., 1999 A sauropod footprint in a limestone block from the Lower Cretaceous of northeastern Italy. *Ichnos*, 6(4): 269–275.
- DALLA VECCHIA F.M., 2001a A vertebra of a large sauropod dinosaur from the Lower Cretaceous of Istria (Croatia). Nat. Nas., 22: 14–33, Monfalcone.
- DALLA VECCHIA F.M., 2001b Terrestrial ecosystems on the Mesozoic peri–adriatic carbonate platforms: the vertebrate evidence. Proceedings VII International Symposium on Mesozoic Terrestrial Ecosystems, Buenos Aires, September 26th–October 1st, 1999, Asociación Paleontológica Argentina, Publ. Esp., 7: 77–83, Buenos Aires.
- DALLA VECCHIA F.M., 2002 Cretaceous dinosaurs in the Adriatic–Dinaric carbonate platform (Italy and Croatia): paleoenvironmental implications and paleogeographical hypotheses. *Mem. Soc. Geol. It.*, 57(2002): 89–100, Roma.
- DALLA VECCHIA F.M., 2005 Between Gondwana and Laurasia: Cretaceous Sauropods in an Intraoceanic Carbonate Platform. In: TIDWELL V. & CARPENTER K. (a cura), *Thunder–Lizards – The Sauropodomorph Dinosaurs*. Indiana University Press, Bloomington & Indianapolis. Pp. 395–429
- DALLA VECCHIA F.M., 2006 Telmatosaurus and the other hadrosaurids of the Cretaceous European Archipelago. An overview. Nat. Nas., 32: 1–55, Monfalcone.
- DALLA VECCHIA F.M. & TARLAO A., 2000 New dinosaur track sites in the Albian (Early Cretaceous) of the Istrian

peninsula (Croatia). Part II – Paleontology. In: DALLA VECCHIA F.M., TARLAO A., TUNIS G. & VENTURINI S., New dinosaur track sites in the Albian (Early Cretaceous) of the Istrian peninsula (Croatia), *Mem. Sci. Geol. Padova*, 52/2: 227–293, 1 carta, Padova.

- DALLA VECCHIA F.M., TARLAO A. & TUNIS G., 1993 Theropod (Reptilia, Dinosauria) footprints in the Albian (Lower Cretaceous) of the Quieto/Mirna river mouth (NW Istria, Croatia) and dinosaur population of the Istrian region during the Cretaceous. *Mem. Sci. Geol. Padova*, 45: 139–148, Padova.
- DALLA VECCHIA F.M., TARLAO A., TUNIS G., TENTOR M. & VENTURINI S., 2000 First record of Hauterivian dinosaur footprints in Southern Istria (Croatia). In: VLAHOVIC I. & BIONDIC R. (a cura), Proceedings of the 2nd Croatian Geological Congress, pp. 143–149, Zagabria.
- DALLA VECCHIA F.M., TUNIS G., VENTURINI S. & TARLAO A., 2001 Dinosaur track sites in the upper Cenomanian (Late Cretaceous) of the Istrian peninsula (Croatia). Boll. Soc. Paleont. It., 40/1: 25–54, Modena.
- DALLA VECCHIA F.M. & VENTURINI S., 1995 A theropod (Reptilia, Dinosauria) footprint on a block of Cretaceous limestone at the pier of Porto Corsini (Ravenna, Italy). *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, 101(1): 93–98, Milano.
- DALLA VECCHIA F.M., VLAHOVIC I., POSOCCO L., TARLAO A. & TENTOR M., 2002 Late Barremian and Late Albian (Early Cretaceous) dinosaur track sites in the Main Brioni/Brijun Island (SW Istria, Croatia). Nat. Nas., 25: 1–36, 3 carte, Monfalcone.
- DEBELJAK I., KOŠIR A. & OTONICAR B., 1999 A preliminary note on dinosaurs and non-dinosaurian reptiles from the Upper Cretaceous carbonate platform succession at Kozina (SW Slovenia). *Razprave IV. Razreda Sazu* XL(1): 3–25, Lubiana.
- DEBELJAK I., KOŠIR A., BUFFETAUT E. & OTONICAR B., 2000 The Late Cretaceous dinosaurs and crocodiles of Kozina (SW Slovenia). Riassunti delle comunicazioni orali e dei posters – 80° Riunione Estiva S.G.I., Trieste 6–8 settembre 2000, pp. 192–194.
- DELFINO M. & BUFFETAUT E., 2006 A preliminary description of the crocodylian remains from the Late Cretaceous of Villaggio del Pescatore (Northeastern Italy). *Riassunti/Abstracts*, Società Paleontologica Italiana – Giornate di Paleontologia 2006, Trieste, p. 33.
- FORSTER C.A., 1997 Phylogeny of the Iguanodontia and Hadrosauridae. Journ. Vert. Paleont., 17(3 Abstracts): 47A.
- GODEFROIT P., DONG Z.-M., BULTYNCK P., LI H. & FENG L., 1998 Sino–Belgian Cooperation Program "Cretaceous Dinosaurs and Mammals from Inner Mongolia". 1. New *Bactrosaurus* (Dinosauria: Hadrosauroidea) material from Iren Dabasu (Inner Mongolia, P. R. China). *Bull. Inst. Royal Sci. Nat. Belgique – Sciences de la Terre*, 68 supp.: 3–70, Bruxelles.
- GRADSTEIN F. M. & OGG J.G., 2004 Geologic Time Scale 2004 why, how, and where the next! *Lethaia*, 37: 175–181, Oslo.
- GUŠIĆ I. & JELASKA V., 1991 Stratigrafija gornokrednih naslaga otoka Brača u okviru geodinamske evolucije Jadranske karbonatne platforme. Djela jugosl. Akad. Znan. Um., Razr. Prir. znan., 69: 1–160, Zagabria.
- HORNER J.R., WEISHAMPEL D.B. & FORSTER C.A., 2004 Hadrosauridae. In: WEISHAMPEL D. B., DODSON P. & OSMÓLSKA H. (a cura), The Dinosauria – Second Edition. University of California Press, Berkeley and Los Angeles. Pp. 438–463.
- JURKOVŠEK B., TOMAN M., OGORELEC B., SRIBAR L., DROBNE K., POLJAK M. & SRIBAR L., 1996 Geological map of the Southern part of the Trieste–Komen Plateau. Cretaceous and Paleogene carbonate rocks. 1:50.000. Institut za Geologijo, geotehniko in geofiziko, Lubiana. Pp. 143.
- LARSON P.L., 1994 Tyrannosaurus rex. Paleont. Soc. sp. Publ., 7, 139-155.
- LARSON P.L. & FREY E., 1992 Sexual dimorphism in the abundant Upper Cretaceous theropod Tyrannosaurus rex. Journ. Vert. Paleont. 12: 38A.
- MEZGA A., TUNIS G., MORO A., TARLAO A., ĆOSOVIĆ V. & BUCKOVIĆ D., 2006 A new dinosaur tracksite in the Cenomanian of Istria, Croatia. *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, 112/3: 435–445, Milano.
- MEZGA A., TEŠOVIĆ CVETKO B., BAJRAKTAREVIĆ Z. & BUCKOVIĆ D., 2007 A new dinosaur tracksite in the late Albian of Istria, Croatia. Riv. Ital. Paleont. Strat., 113/1: 139–148, Milano.
- NEUGEBAUER J., GREINER B. & APPEL E., 2001 Kinematics of the Alpine–West Carpathian orogen and palaeogeographic implications. Journ. Geol. Soc., 158: 97–110, Londra.
- NICOSIA U., AVANZINI M., BARBERA C., CONTI M.A., DALLA VECCHIA F.M. e altri 15 coautori in ordine alfabetico, 2005 I vertebrati continentali del Paleozoico e Mesozoico. In: BONFIGLIO L. (a cura), Paleontologia dei Vertebrati in Italia, Mem. Mus. Civ. St. Nat. Verona, s. 2, Sez. Scienze della Terra, 6: 41–66, Verona.
- NICOSIA U., MARINO M., MARIOTTI N., MURARO C., PANIGUTTI S., PETTI F. M. & SACCHI E., 1999 The Late Cretaceous dinosaur tracksite near Altamura (Bari, Southern Italy). II – *Apulosauripus federicianus* new ichnogen. and new ichnosp.. *Geologica Romana*, 35: 237–247, Roma.
- NORMAN D. B., 2004 Basal Iguanodontia. In: WEISHAMPEL D. B., DODSON P. & OSMÓLSKA H. (a cura), The Dinosauria – Second Edition. University of California Press, Berkeley and Los Angeles. Pp. 413–437.
- OTONICAR B., 2007 Upper Cretaceous to Paleogene forbulge unconformity associated with foreland basin evolution (Kras, Matarsko Podolje and Istria; SW Slovenia and NW Croatia. Time in Karst, Postojna 2007, Acta Carsologica, 36/1: 101–120, Lubiana.

- PALCI A., 2003 Ricostruzione paleoambientale del sito fossilifero senoniano del Villaggio del Pescatore (Trieste). Tesi di laurea inedita, pp.134, Università degli Studi di Trieste.
- PAVŠIC J., 1994 Biostratigraphy of Cretaceous, Paleocene and Eocene clastics of Slovenia. Razpr.– Slov. akad. znan. umet., Razr. naravosl. vede, 35: 66–84, Lubiana.
- PRIETO-MARQUEZ A., WEISHAMPEL D.B. & HORNER J.R., 2006a The dinosaur *Hadrosaurus foulki*, from the Campanian of the East Coast of North America, with a reevaluation of the genus. *Acta Paleont. Pol.*, 51(1): 77–98, Varsavia.
- PRIETO-MARQUEZ A., GAETE R., RIVAS G., GALOBART A. & BOADA M., 2006b Hadrosaurid dinosaurs from the Late Cretaceous of Spain: *Pararhabdodon isonensis* revisited and *Koutalisaurus kohlerorum*, gen et sp. nov. *Journ. Vert. Pal.*, 26(4): 929–943, Lawrence.
- SERENO P.C., 1986 Phylogeny of the bird-hipped dinosaurs (Order Ornitischia). Natl. Geogr. Res., 2: 234-256.
- STEUBER T., KORBAR T., JELASKA V., & GUŠIĆ I., 2005 Strontium–isotope stratigraphy of Upper Cretaceous platform carbonates of the island of Brač (Adriatic Sea, Croatia): implications for global correlation of platform evolution and biostratigraphy. Cret. Res., 26: 741–756.
- TARLAO A., TENTOR M., TUNIS G. & VENTURINI S., 1994 Evidenze di una fase tettonica nel Senoniano inferiore dell'area del Villaggio del Pescatore (Trieste). Gortania–Atti Mus. Friul. St. Nat., 15(1993): 23–34, Udine.
- TENTOR M., TUNIS G. & VENTURINI S., 1994 Schema stratigrafico e tettonico del Carso Isontino. Nat. Nas., 9: 1–32, Monfalcone.
- TUNIS G. & VENTURINI S., 1984 Stratigrafia e sedimentologia del flysch Maastrichtiano–Paleocenico del Friuli orientale. Gortania–Atti Mus. Friul. St. Nat., 6: 5–58, Udine.
- VENTURINI S., 2005 L'evento a Keramosphaerina tergestina: considerazioni bio–cronostratigrafiche. Nat. Nas., 31: 15–22, Monfalcone.
- VENTURINI S., TENTOR M. & TUNIS G., 2008 Episodi continentali e dulcicoli ed eventi biostatigrafici nella sezione campaniano-maastrichtiana di Cotici (M. S. Michele, Gorizia). Nat. Nas., 36: 6–23, Monfalcone.
- WEISHAMPEL D.B. & HORNER J. R., 1990 Hadrosauridae. In D.B. WEISHAMPEL, P. DODSON, H. OSMOLSKA (a cura), The Dinosauria, University of California Press, Berkeley, pp. 534–561.
- WEISHAMPEL D.B., NORMAN D.B. & GRIGORESCU D., 1993 Telmatosaurus transsylvanicus from the Late Cretaceous of Romania: the most basal hadrosaurid dinosaur. Palaeontology, 36(2): 361–385, Londra.
- YOU H., LUO Z., SHUBIN N.H., WITMER L.M., TANG Z. & TANG F. 2003. The earliest-known duck-billed dinosaur from deposits of late Early Cretaceous age in northwest China and hadrosaur evolution. Cret. Res., 24: 347–355.

Atti Mus. Civ. Stor. Nat. Trieste	Suppl. al 53	2008	131-146	novembre 2008	ISSN: 0335–1576
-----------------------------------	--------------	------	---------	---------------	-----------------

# SBZ 2–6 LARGER FORAMINIFERAL ASSEMBLAGES FROM THE APULIAN AND PRE–APULIAN DOMAINS

# <sup>(1)</sup>PIGNATTI JOHANNES, <sup>(1)(2)</sup>DI CARLO MASSIMO, <sup>(1)(3)</sup>BENEDETTI ANDREA, <sup>(3)</sup>BOTTINO CECILIA, <sup>(4)</sup>BRIGUGLIO ANTONINO, <sup>(5)</sup> FALCONI MANUELA, <sup>(1)</sup>MATTEUCCI RUGGERO, <sup>(2)</sup>PERUGINI GIANLUCA, <sup>(3)</sup>RAGUSA MICHELA

<sup>(1)</sup>Department of Earth Sciences, "Sapienza" University, Piazzale A. Moro, 5, 00185 Roma (Italy). E-mail: johannes.pignatti@uniroma1.it; ruggero.matteucci@uniroma1.it

<sup>(2)</sup>Doctorate in Earth Sciences. E-mail: massimo.dicarlo@uniroma1.it; gianluca.perugini@uniroma1.it <sup>(3)</sup>Doctorate in Paleontology. E-mail: andrea.benedetti@uniroma1.it; cecilia.bottino@uniroma1.it;

michela.ragusa@uniroma1.it

(4)Institut für Paläontologie, Geozentrum Universität Wien, Althanstraße 14, A–1010 Wien (Austria). E-mail: antonino.briguglio@univie.ac.at

<sup>(5)</sup>Via Monte del Soldato 4, 00010 Fonte Nuova (RM, Italy). E-Mail: manuspace@hotmail.com

Abstract – We present a synthesis on ongoing research on Paleocene–Eocene (SBZ 2–6) larger foraminiferal assemblages from Central–Southern Italy and the Ionian Islands, in order to point out the biostratigraphic potential of additional markers (e.g., smaller keramospherinids and *Daviesina*), the need to re–examine the ranges of selected taxa, and the necessity of detailed sampling of selected sections from various depositional settings and paleogeographic units. Also, we present an as yet unpublished SBZ 4 assemblage from the northern Maiella Mt., in which loose specimens of larger foraminifera occur. Biometrical data for some taxa are given; about 40, several as yet unrecorded taxa, are illustrated.

Key words - larger foraminifera, biostratigraphy, Paleocene-Eocene, Apulian Platform, Pre-Apulian Platform, Italy, Greece.

Riassunto – (Associazioni a macroforaminiferi SBZ 2–6 dell'Italia centro-meridionale e delle Isole Ioniche) – Viene proposta una sintesi delle ricerche tuttora in corso sulle associazioni a macroforaminiferi SBZ 2–6 dell'Italia centro-meridionale e delle Isole Ioniche, allo scopo di evidenziare il potenziale biostratigrafico di taxa accessori (piccoli keramospherinidi e *Daviesina*), la necessità di riesaminare gli intervalli stratigrafici di taxa selezionati e la necessità di campionamenti dettagliati di sezioni da differenti ambienti deposizionali e unità paleobiogeografiche. Viene inoltre presentata un'inedita associazione attribuita ad SBZ 4 proveniente dalla Maiella. Allo scopo di incrementare le informazioni relative al potenziale biostratigrafico di taxa accessori vengono forniti alcuni dati biometrici; sono illustrati circa 40 taxa, alcuni dei quali non ancora descritti.

Parole chiave – macroforaminiferi, biostratigrafia, Paleocene–Eocene, Piattaforma Apula, Piattaforma Pre–Apula, Italia, Grecia.

## 1. – Introduction

After nearly a decade, the SBZ biochronozones proposed by SERRA–KIEL et al. (1998) are routinely employed in studies on Paleocene–Eocene larger foraminiferal assemblages. This zonation has been employed in more than 120 articles published between 1999 and 2006. The aim of the present contribution is to provide a synthesis on ongoing research on SBZ 2–6 larger foraminiferal assemblages from various outcrops from Central and Southern Italy and the Ionian Islands (Greece), in order to point out the biostratigraphic potential of additional larger foraminiferal markers, the need to re–examine the ranges of selected taxa, and the necessity of detailed sampling of sections from various depositional settings and paleogeographic

#### 132 PIGNATTI JOHANNES, DI CARLO MASSIMO, BENEDETTI ANDREA, BOTTINO CECILIA, BRIGUGLIO ANTONINO, FALCONI MANUELA, MATTEUCCI RUGGERO, PERUGINI GIANLUCA, RAGUSA MICHELA

units. The present report on work in progress aims especially to illustrate about 40 taxa, some of which are in open nomenclature, in order to allow comparison with other assemblages. The occurrence of a large number of species and several as yet unrecorded taxa, some of which may represent new species and genera, testifies to the ecological diversity of larger foraminiferal assemblages from the Apulian and Pre-Apulian domains, although this could merely reflect greater sampling intensity than elsewhere.

The location of the investigated outcrops (Fig. 1) is summarized as follows.

a) Latium-Campania platform

Grotte di Santa Filippa – The investigated section crops out 3 km



**Fig. 2** – Biometric data for "*Plumokathina*" from NW Maiella (Monte Focalone).

Fig. 2 – Dati biometrici degli esemplari di "*Plu-mokathina*" provenienti dalla Maiella nord–occidentale (Monte Focalone).



Fig. 1 -Location of investigated samples and sections.

Fig. 1 – Localizzazione dei campioni e delle sezioni stratigrafiche analizzate.

NW of Fiamignano, ca. 25 km SE of Rieti. This Selandian to Thanetian succession developed on a drowned step, the Santa Filippa unit (CAPOTORTI, MARIOTTI, 1992), along the NW margin of the Latium–Abruzzi carbonate platform, at the boundary with the Sabine basin. Conglomerates rich in reefal clasts prevail in the lower part of the succession and resediments and hemipelagic marly limestones in its upper part.

Costa Arrenti – The investigated section crops out 8 km NNE of Avezzano, ca. 1.5 km ENE of the village of Castelnuovo, at the base of the southern flank of Costa Arrenti. The SBZ2 coral–algal limestone is strongly tectonized at its base; a thick Ypresian– Lutetian succession follows upsection.

b) Apulian platform



Fig. 3 – Subaxial sections of an undescribed ?nubeculariid with alveolate wall from SBZ 5–6 of western Cephalonia (ACCORDI et al., 1999). Scale bar = 0.5 mm.

**Fig. 3** – Sezioni subassiali di foraminifero porcellanaceo a parete alveolata (nubeculariide?) non riferibile ad alcun taxon formalmente descritto, proveniente da SBZ 5–6 di Cefalonia occidentale (ACCORDI et al., 1999). Barra = 0.5 mm. NW Maiella (Monte Focalone) – The sample originates from a slope succession of the Santo Spirito Formation (VECSEI, 1991: Monte Focalone South Profile (Anhang 3–15), of Supersequence SS3 m 28) where thick resediments and conglomerate of Maastrichtian–Ypresian alternate with hemipelagic layers. It consists of a microconglomerate in which the clasts are mainly SBZ 3 deposits and in the matrix SBZ 4 uncemented larger foraminifera occur, an unusual circumstance in the Apulian domain.

SE Maiella (Taranta Valley) – In contrast to the previous sample, the outcropping succession of Supersequence SS3 located at N42°02'29" E14°08'16.5" consist of more proximal deposits, although frequently resedimented; the larger foraminiferal assemblages testify to the occurrence of SBZ 2, 3, and ?4.

Gargano (Mattinata) - Coarse megabreccia deposits intercalated

with hemipelagites (Megabreccia del Grottone Formation) crop out along the Strada Garganica Vecchia. Samples were taken at km 149.63 near Bivio La Cavola and between km 151.8 and 152.5. Shallow–water limestone clasts rich in algae (*Polystrata alba* (Pfender, 1936) Denizot, 1968, *Archaeolithothamnium* and dasyclads) and corals, yielding SBZ 2 and SBZ 3 assemblages, show in places evidence of subaerial exposure (*Microcodium*) prior to exhumation and reworking.

c) Pre-Apulian platform

W Cephalonia – Massively bedded skeletal limestone, consisting in packstone and grainstone with SBZ 5–6 larger foraminifera, cropping out near the village of Havdata, in the western part of Lixouri peninsula (ACCORDI et al. 1999: Fig. 11, E Havdata, wp44).

S Zakynthos – Outcrop along the Macherado/Romiri–Agalas road, located at N 37°44.603' E 20°47.795' near the village of Kiliomeno, consisting of a heterometric conglomerate of uncertain age (Oligocene–Miocene?), disconformably overlying well–bedded Paleocene pelagic limestone. Most of the clasts, up to 0.4 m in diameter, are shallow–water limestone rich in larger foraminifera, ranging in age from the Maastrichtian to the Lutetian; some Lower Ypresian pelagic limestone clasts also occur. These clasts testify to the existence of deposits which have been

134 PIGNATTI JOHANNES, DI CARLO MASSIMO, BENEDETTI ANDREA, BOTTINO CECILIA, BRIGUGLIO ANTONINO, FALCONI MANUELA, MATTEUCCI RUGGERO, PERUGINI GIANLUCA, RAGUSA MICHELA







SBZ			(	Gı	ro	tt	e	d	i S	Sa	ar	ıt	a	F	il	iŗ	pp	a	(	F	ia	n	ni	gı	na	ın	10	)					
4	Т	Π	Т	Γ																						Γ							
ŝ							•								•		٠				٠	•	•					•				•	•
0		П	Т	Г	Г			$\square$	Т					Г	Γ	Г	Г	Г						Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г		

SR7	Costa Arrenti (Avezzano)							
4		TT						
er								
¢								
_			_					
2	Zakynthos							
4	Zakynnios							



**Fig. 4** – Summary of outcrops and ranges of selected taxa. White dots indicate doubtful attribution. **Fig. 4** – Distribuzione stratigrafica riassuntiva dei principali taxa rinvenuti. Il circoletto bianco indica le distribuzioni dubbie.

largely eroded elsewhere on the island. Clasts yielding SBZ 3 assemblages largely prevail; no Ypresian larger foraminiferal limestone clasts were found.

## 2. - Discussion

SBZ 2 (Selandian pp.) - Haymanella paleocenica Sirel, 1998, ?Dictyoconus cf. turriculus Hottinger & Drobne, 1980, Sistanites iranicus Rahaghi, 1983, various small-sized species of Miscellanea, and Stomatorbina binkhorsti (Reuss, 1862) are taxa which occur in this chronobiozone, characterized by the occurrence of Globoflarina sphaeroidea (Fleury, 1982) without Glomalveolina primaeva (Reichel, 1936). Biometrical data on Globoflarina sphaeroidea (Pl. 3, Figs. 1-3; Pl. 4, Figs. 7, 8; Pl. 5, Figs. 10–12) the most useful marker for this chronobiozone, may help in distinguishing SBZ 2 from SBZ 3 assemblages yielding this taxon, which is also a potential candidate marker for characterizing, as yet informally, the lower part of SBZ 3. The protoconch diameter of G. sphaeroidea from SBZ 2 ranges from 75 to 130 µm in 14 centered equatorial sections from Gargano, Maiella, and Cephalonia; in specimens (n=4) referred to SBZ 3 the diameter ranges from 140-175 µm. A Keramosphaerinopsis-like taxon has been found at Costa Arrenti near Avezzano, thus extending towards the south-west the range of this as yet understudied group (TENTOR, VENTURINI, 2005; CHERCHI, SCHROEDER, 2005). An as yet undescribed flabelliform porcelaneous taxon (Pl. 5, Fig. 9) with multiple apertures, occurs in the Gargano and possibly also in Eastern Sardinia (I. Dieni, pers. comm., 2006).

SBZ 3 (late Selandian-middle Thanetian) - Glomalveolina primaeva (Reichel, 1936) (Pl. 5, fig. 5; Pl. 7, Figs. 7b, 8a-b) is the most conspicuous marker of this chronobiozone, characterized by various species of Miscellanea, Fallotella alavensis Mangin, 1954 and Vania anatolica Sirel & Gündüz, 1985. Nummulitids are generally rare, represented by Assilina sp., "Operculina" heberti Munier-Chalmas, 1884 and Ranikothalia. From the northern Maiella Mt. (NW flank of Monte Focalone) a thick-walled ?Daviesina (Pl. 2, Fig. 4), of probable SBZ 3 age, is another as yet undescribed taxon. Moreover, among forms tentatively assigned to the Rotaliidae, there are both megalospheric and microspheric forms of a strongly biconvex, low trochospiral species with extremely thick lamellar wall (Pl. 2, Figs. 5, 6). A different, large-sized Daviesina-like form occurs in the Grotte di S. Filippa outcrop near Fiamignano. An unusual record is represented by a microspheric specimen of Idalina sinjarica Grimsdale, 1952, from the Southern Maiella Mt. (Taranta Valley), in which structures interpreted as embryos are preserved in the last chambers (Pl. 3, Fig. 5); also, the occurrence of a single specimen of Idalina causae Sirel, 1998 is noteworthy. SBZ 3 assemblages rich in conical agglutinating taxa were found in S Zakynthos. In the Southern Gargano, a single specimen of a Keramosphaerinopsislike taxon has been found; although the sample from which this sample originates is devoid of typical SBZ 3 markers, the occurrence of orthophragminas suggests that it

cannot belong to SBZ 2. *Rhabdorites* sp. occurs in S Zakynthos, along with several cosmopolitan taxa (Pl. 7).

SBZ 4 (late Thanetian) – This chronobiozone is rarely documented in the Apulian and Pre-Apulian domains. An as yet unpublished SBZ 4 assemblage from the northern Maiella Mt. (NW flank of Monte Focalone), vielding Assilina azilensis (Tambareau, 1966), Glomalveolina levis (Hottinger, 1960) and Daviesina cf. garumnensis Tambareau, 1972, differs from the rest of the samples presented here, because uncemented SBZ 4 larger foraminifera occur in a breccia, containing mainly SBZ 3 limestone clasts. Among the taxa referred to SBZ4, the following are noteworthy: a) abundant "plumokathinas" (this term is employed informally, following PEYBERNÈS et al., 2000), with megalospheric and microspheric specimens (see Fig. 2 for biometrical details); b) besides Discocyclina seunesi Douvillé, 1922 (D1=237-265 µm, mean 256 µm) and Orbitoclypeus ramaraoi (Samanta, 1967) (D1=166-271 µm), another orbitoclypeid is present (P1=210 µm, P2=179 µm, D1=229 µm, D2=322 µm, a=-105, b=132, E=0.82), possibly suggesting an affinity with Asterocyclina, whose recorded first occurrence is much later (SBZ 7) (SERRA-KIEL et al., 1998); c) a fabulariid (Periloculina sp.), as yet represented by a single fragmentary specimen. Biometrical data for the "plumokathinas" are given, in order to enhance the biostratigraphic potential of this lineage (Fig. 2). In the south-eastern Maiella Mt. (Taranta Valley), a thin level rich in ?Ornatanomalina (Pl. 3, Figs. 10-12) may be referred to SBZ4.

SBZ 5–6 (latest Thanetian–basal Ypresian) – From western Cephalonia (ACCORDI et al., 1999), a distinctive marker of these chronobiozones is an as yet undescribed ?nubeculariid with alveolate wall (Fig. 3).

## 3. - Conclusions

The occurrence of larger foraminifera is strongly controlled by both environmental and depositional factors. For many Paleocene–Eocene taxa typical of shallow depths, the concurrent biases of specific ecological requirements, narrow extent of correlative sedimentary facies, taphonomic factors (e.g., test structure in porcelaneous shells) and depositional factors (especially, erosion due e.g. to sealevel change) severely affect our understanding of local taxonomic richness and the precise biogeographic and biostratigraphic ranges.

Few investigations deal with the Paleocene–Eocene larger foraminiferal assemblages which occur in the platform and platform/basin transition domain in carbonate settings of the investigated area. Proximal deposits are characterized by widespread depositional hiatuses. Distally, coarse to fine reworked sediments and hemipelagites prevail, interrupted by gravity flows; allochthonous and reworked assemblages are common. On distally steepened carbonate ramps as the platforms investigated here are currently interpreted, sealevel change may further obliterate

biostratigraphic information. These biases affect especially sediments and biota restricted to the shallowest marine domains, including conical and discoidal agglutinated taxa and porcelaneous taxa such as *Glomalveolina*, orbitolitids, and several partially enrolled groups (peneroplids, soritids, *Spirolina*, *Praerhapydionina*, *Rhabdorites*, etc.).

Not surprisingly, these biases may affect also some important and easily recognizable zonal markers such as *Globoflarina sphaeroidea*, *Glomalveolina primaeva* (Reichel, 1936) and *G. levis* (Hottinger, 1960). For example, the last occurrence of *G. primaeva* and the first occurrence of *G. levis* are not very well constrained. According to SERRA–KIEL et al. (1998) they are restricted to the early Thanetian and late Thanetian, respectively characterizing SBZ 3 and SBZ 4. However, in a classical outcrop area for Paleocene–Ypresian larger foraminifera, the Petites–Pyrénées in SW France, TAMBAREAU (1972: p. 146) and SZTRÀKOS et al. (1997: p. 48) recorded the co–occurrence of these two taxa within the oolitic Couches de Houns in several sections of the Plantaurel area (Ariège valley: Charameau and Marseillas).

The present work provides evidence on the larger foraminiferal assemblages of three distinct paleogeographic regions from the central Mediterranean area for the Selandian–Early Ypresian timespan. The occurrence of several as yet unrecorded taxa from the Apulian and Pre–Apulian domains testifies to the species richness of these areas, although this may merely reflect greater sampling intensity than elsewhere. The main aim of the present work consist in detailing the less abundant taxa, in order to provide comparison with other assemblages. An investigation on the detailed biostratigraphic ranges and some taxonomic issues is in progress.

Lavoro consegnato il 12.04.2007

### ACKNOWLEDGEMENTS

We are grateful to Prof. N. Pugliese for the revision of the submitted manuscript. The support of MURST Prin grant 2004 045173\_003 and of the Maiella National Park authority is gratefully acknowledged. Fieldwork in Greece was allowed by I.G.M.E. (Permit no. 3286). Prof. L. Stamatopoulos and Prof. G. Koukis (University of Patras) greatly facilitated the work in Zakynthos. Part of the investigated material from the Ionian Islands was generously provided by G. Accordi and F. Carbone (IGAG, CNR, Rome).

### REFERENCES

ACCORDI G., CARBONE F., PIGNATTI J., 1999 – Depositional history of a Paleogene carbonate ramp (Western Cephalonia, Ionian Islands, Greece). *Geol. Romana*, 34: 131–205.

CAPOTORTI F., MARIOTTI G., 1992 – Le strutture sabine e della piattaforma carbonatica laziale–abruzzese nell'area del Lago del Salto (Rieti). Studi Geol. Camerti, v. spec. 1991(2): 27–32.

CHERCHI A., SCHROEDER R., 2005 - Revision of Keramosphaerinopsis haydeni (H. Douvillé), larger foraminifer

#### 138 PIGNATTI JOHANNES, DI CARLO MASSIMO, BENEDETTI ANDREA, BOTTINO CECILIA, BRIGUGLIO ANTONINO, FALCONI MANUELA, MATTEUCCI RUGGERO, PERUGINI GIANLUCA, RAGUSA MICHELA

(Miliolacea) from the Paleocene of Southern Tibet (Tethys Himalaya). Boll. Soc. Paleontol. Ital., 44 (2): 175-183.

- PEYBERNÈS B., FONDECAVE–WALLEZ M.J., HOTTINGER L., EICHÈNE P., SEGONZAC G., 2000 Limite Crétacé–Tertiaire et biozonation micropaleontologique du Danien–Sélandien dans le Béarn occidental et la Haute–Soule (Pyrénées–Atlantiques). *Geobios*, 33(1): 35–48.
- SERRA-KIEL J., HOTTINGER L., CAUS E., DROBNE K., FERRÀNDEZ C., JAUHRI A.K., LESS G., PAVLOVEC R., PIGNATTI J., SAMSÓ J.M., SCHAUB H., SIREL E., STROUGO A., TAMBAREAU Y., TOSQUELLA J., ZAKREVSKAYA E., 1998 – Larger foraminiferal biostratigraphy of the Tethyan Paleocene and Eocene. Bull. Soc. géol. France, 169 (2): 281–299.
- SZTRÅKOS K., GÉLY J.-P., BLONDEAU A., MÜLLER C., 1997 Le Paléocène et l'Ilerdien (p.p.) du Bassin sudaquitain: lithostratigraphie, biostratigraphie et analyse séquentielle. Géologie de la France, 4: 27–54.
- TAMBAREAU Y., 1972 Thanétien supérieur et Îlerdien inférieur des Petites–Pyrénées, du Plantaurel et des Chainons audois. Thèse Doct. d'Etat. Université de Toulouse: 377 pp.
- TENTOR M., VENTURINI S., 2005 Karsella e Keramosphaerina (foraminiferi): primo rinvenimento in un incluso paleocenico nel flysch eocenico presso Vigant (Nimis, Udine). Natura Nascosta, 31: 1–14.
- VECSEI A., 1991 Aggradation und Progradation eines Karbonatplattform–Randes. Kreide bis Mittleres Tertiär der Montagna della Maiella, Abruzzen. Mitt. Geol. Inst. Eidgen. Techn. Hochschule u. Univ. Zürich, (n.S.), 294: 1–170.



**Pl. 1** – NW Maiella (Monte Focalone): 1–3) *Orbitoclypeus ramaraoi* (Samanta, 1967), 4–6) *Discocyclina seunesi* Douvillé, 1922, 7–9) Orbitoclypeidae indet., 10a, 11) *Discocyclina* sp., 10b) *Polystrata alba* (Pfender, 1936) Denizot, 1968. All SBZ 4. Scale bar = 0.5 mm.



**Pl. 2** – NW Maiella (Monte Focalone): 1) *Pseudolacazina donatae* (Drobne, 1974), 2) "*Operculina*" *heberti* Munier-Chalmas, 1884, 3) *Daviesina* cf. *garumnensis* Tambareau, 1972, 4) thick-walled ?*Daviesina*, 5, 6) Rotaliidae indet., 7-10) "*Plumokhatina*" sp., 11) *Periloculina* sp., 12-14) *Ranikothalia sindensis* (Davies, 1927). SBZ 3: 1-6; SBZ 4: 7-14. Scale bar = 0.5 mm.



**PI. 3** – SE Maiella (Taranta Valley): 1–3) *Globoflarina sphaeroidea* (Fleury, 1982), 4) *Idalina causae* Sirel, 1998, 5) *Idalina sinjarica* Grimsdale, 1952, 6) *Assilina azilensis* Tambareau, 1966, 7) *Miscellanea* cf. *juliettae* Leppig, 1988, 8, 9) *Miscellanea* aff. *juliettae* Leppig, 1988, 10–12) *Ornatanomalina* sp. SBZ 2: 1–3, 9; SBZ 3: 4, 5, 7, 8; SBZ 4: 6, ?10–12. Scale bar = 0.5 mm.

142 PIGNATTI JOHANNES, DI CARLO MASSIMO, BENEDETTI ANDREA, BOTTINO CECILIA, BRIGUGLIO ANTONINO, FALCONI MANUELA, MATTEUCCI RUGGERO, PERUGINI GIANLUCA, RAGUSA MICHELA



Pl. 4 – Grotte di Santa Filippa (Fiamignano): 1-3) Daviesina spp., 4, 5) Miscellanea cf. juliettae Leppig, 1988, 6) "Plumokathina" sp.
Costa Arrenti (Avezzano): 7, 8) Globoftarina sphaeroidea (Fleury, 1982), 9) Keramosphaerinopsis cf. iranicus (Rahaghi, 1983), 10) Miscellanea sp.
SBZ 2: 7-10; SBZ 3: 1-6.
Scale bar = 0.5 mm.



**Pl. 5** – Gargano (Mattinata): 1) *Haymanella paleocenica* Sirel, 1998, 2) *Fallotella alavensis* Mangin, 1954, 3) *?Dictyoconus* cf. *turriculus* Hottinger & Drobne, 1980, 4) *Idalina sinjarica* Grimsdale, 1952, 5) *Glomalveolina primaeva* (Reichel, 1936), 6) *?Helenalveolina* sp., 7) *Hottingerina anatolica* Sirel, 1998, 8) *Keramosphaerinopsis* cf. *iranicus* (Rahaghi, 1983), 9) flabelliform porcelaneous taxon, 10–12) *Globoflarina sphaeroidea* (Fleury, 1982). SBZ 2: 1–4, 7, 9–12; SBZ 3: 5, 6, 8. Scale bar = 0.5 mm.

### 144 PIGNATTI JOHANNES, DI CARLO MASSIMO, BENEDETTI ANDREA, BOTTINO CECILIA, BRIGUGLIO ANTONINO, FALCONI MANUELA, MATTEUCCI RUGGERO, PERUGINI GIANLUCA, RAGUSA MICHELA



**Pl. 6** – Gargano (Mattinata): 1, 2) *Stomatorbina binkhorsti* (Reuss, 1862), 3) Mississippinidae indet., 4) *Sistanites iranicus* Rahaghi, 1983, 5, 6) *Miscellanea* aff. *iranica* Rahaghi, 1983, 7–9) *Miscellanea* aff. *juliettae* Leppig, 1988, 10) *Daviesina* sp., 11) *Pseudocuvillierina* cf. *sireli* (Inan, 1988). SBZ 2: 1, 2, 4–9, 11; SBZ 3: 3, 10. Scale bar = 0.5 mm.


**Pl. 7** – S Zakynthos: 1) *Fallotella kochanskae* Hottinger & Drobne, 1980, 2, 7a) *Fallotella alavensis* Mangin, 1954, 3, 4) *Vania anatolica* Sirel & Gündüz, 1985, 5) *Haddonia praeheissigi* Samuel, Köhler & Borza, 1977, 6, 9b) *Coskinon rajkae* (Hottinger & Drobne, 1980), 7b, 8a–b) *Glomalveolina primaeva* (Reichel, 1936), 9a, 10) *Hottingerina anatolica* Sirel, 1998, 11) *Idalina sinjarica* Grimsdale, 1952, 12) *Pseudolacazina donatae* (Drobne, 1974), 13) *Rhabdorites* sp. All SBZ 3. Scale bar = 0.5 mm.

# *TANOUSIA SUBOVATA* (SETTEPASSI) (HYDROBIIDAE), A MIDDLE PLEISTOCENE CORRELATION ELEMENT FOR THE CENTRAL–SOUTHERN ITALIAN LACUSTRINE BASINS

## ESU D.<sup>(1)(2)</sup>, PISEGNA CERONE E.<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Dipartimento di Scienze della Terra, Università "La Sapienza", P.le A. Moro 5, 00185 Roma daniela.esu@uniroma1.it; emanuela.pisegnacerone@uniroma1.it <sup>(2)</sup>IGAG, CNR c/o Dipartimento di Scienze della Terra, Università "La Sapienza", Roma

Abstract – Rich assemblages of non-marine molluscs are recorded from the middle Pleistocene fluvio-lacustrine sediments of several Central–Southern Italian intramontane basins. By a malacological point of view the best investigated basins are: the Liri Valley (Latium), Vallo di Diano (Southern Campania), Noce river (Basilicata) and Mercure (Basilicata). Highly diversified freshwater molluscan assemblages of gastropods and bivalves, and a low degree of endemism characterize these basins. The endemic, extinct freshwater hydrobioid species, *Tanousia subovata* (Settepassi) is one of the most frequent taxon, occurring mainly in calcareous sands and silts or in marly clays. The age of the malacological assemblages containing *T. subovata* is constrained between about 0.8 Ma and 0.2 Ma. Then *T. subovata*, endemic of central–southern Italian intramontane basins, represents a good tool for the correlation of middle Pleistocene non–marine deposits.

Key words: Tanousia subovata, freshwater gastropods, Southern Italian basins, middle Pleistocene.

Riassunto: Tanousia subovata (Settepassi) (Hydrobiidae), un elemento di correlazione per i bacini lacustri medio-pleistocenici dell'Italia centro-meridionale. – Ricche associazioni di molluschi continentali sono state riconosciute nei sedimenti fluvio-lacustri di numerosi bacini intramontani dell'Italia centro-meridionale, riferibili al Pleistocene medio. Dal punto di vista malacologico i bacini meglio studiati sono: la Valle del Liri (Lazio), il Vallo di Diano (Campania meridionale), il bacino del Noce (Basilicata) ed il bacino del Mercure (Basilicata). Tali bacini sono caratterizzati da associazioni molto diversificate di molluschi, costituite sia da gasteropodi che da bivalvi dulcicoli, e da un basso grado di endemismo. In queste associazioni, la specie estinta ed endemica dei bacini intramontani dell'Italia centro-meridionale, e si rinviene nelle sabbie e nei silt calcarei oltre che nelle argille marnose. L'età delle associazioni malacologiche contenenti la specie T. subovata è compresa tra circa 0.8 Ma e 0.2 Ma. T. subovata rappresenta quindi un buon elemento per correlare i depositi continentali del Pleistocene medio.

Parole chiave: Tanousia subovata, gasteropodi d'acqua dolce, bacini del sud Italia, Pleistocene medio.

## 1. – Introduction

Several middle Pleistocene fluvio–lacustrine intramontane basins of Central– Southern Italy are characterized by a prevailing carbonatic sedimentation and are generally very rich in non–marine molluscan assemblages. Since the sixties geological and palaeontological investigations on some of these basins have been carried out by several authors. The best investigated basins are the Liri Valley (Southern Latium), Vallo di Diano (Southern Campania), Noce river (Basilicata) and Mercure (Basilicata) (Fig. 1) (SETTEPASSI, VERDEL, 1965; SANTANGELO, 1991; ESU, GIROTTI, 1991; CARRARA et al., 1992; CAVINATO et al., 2003; PISEGNA CERONE, 2003–2004).

Especially Liri and Mercure basins provided highly diversified freshwater molluscan assemblages of gastropods and bivalves. Most of the recorded species, some of which are known in other Pleistocene deposits of Italy (ESU, GIROTTI, 1991), are still living in Italy and in a part of Europe. In spite of the existence of



Fig. 1 – Location of the studied Quaternary intramontane basins of Central–Southern Italy (modified from MANCINI, 2004).

Fig. 1 – Ubicazione dei bacini quaternari, intramontani, dell'Italia centromeridionale esaminati (modificato da MANCINI, 2004). some local endemic taxa, the molluscan fauna of the studied Southern Italian basins is almost essentially uniform in biogeographic terms, since many species occur throughout the studied basins.

This contribution deals with the palaeobiogeographical distribution and ecology of an extinct freshwater hydrobioid snail, *Tanousia subovata* (Settepassi), widespread in the above mentioned Central–Southern Italian basins.

## 2. - Materials and methods

Literature and personal data have been taken into account to analyse the pattern distribution of the recorded molluscan species in the studied basins. Numerous detailed malacological samplings have been carried out on several middle Pleistocene sedimentary successions in the Mercure basin. Moreover core sediments

from Vallo di Diano (kindly supplied by E. Russo Ermolli) have been analysed.

More than 300 sediment samples were processed and analysed for molluscs from Vallo di Diano, Noce and Mercure. All the specimens retained on a 0.88 mm sieve were picked and counted at a binocular microscope. On the whole, the molluscan shells were well preserved and abundant. A total of 51 species of gastropods (prosobranchs and pulmonates) and bivalves were recognized.

Quantitative and qualitative analyses have been performed for the molluscan assemblages coming from distinct layers of stratigraphical sections in order to construct the relative ecological spectra and define the palaeoecological meaning of the molluscan fauna. The palaeoecological analyses have been carried out assuming the method introduced by LOŽEK (1964) for the study of Quaternary molluscs of former Czechoslovackia and still used by several authors. According to this method species or genus of non-marine molluscs identified have been attributed to an ecological class (defined by number and letters), in conformity with their ecological character. The stratigraphical and geographical distribution of each species has been accurately detected.

## 3. – Results

The Mercure and Liri basins which provided many molluscan assemblages are characterized by fine sediments of lacustrine environment of middle Pleistocene age (DEVOTO, 1965; SETTEPASSI, VERDEL, 1965; CARRARAetal., 1992; CAVINATO et al., 2001; CAVINATO et al., 2003). In these basins lithology is prevalently characterized by carbonatic silts overlying clays and silts, locally alternating with lignite or peaty levels. Volcanic layers also occur.

The middle Pleistocene deposits of Vallo di Diano and Noce are mainly composed of sands, silts and clays intercalated with tephra beds (SANTANGELO, 1991; RUSSO ERMOLLI, 1994; RUSSO ERMOLLI et al., 1995; RUSSO ERMOLLI, CHEDDADI, 1997; KARNER et al., 1999).

The recorded assemblages are generally dominated by aquatic prosobranchs and bivalves. Freshwater and terrestrial pulmonates occur in low percentage, in particular land species are very scarce and occur only locally. In some layers of the Liri, Mercure and Noce basins, some aquatic species, such as the bivalve Dreissena polymorpha (Pallas), display high concentrations producing shell beds. The molluscan assemblages from these basins are generally characterized by a mediumhigh species diversity and by a high number of specimens.

One of the most common species is *Tanousia subovata* (Settepassi), an extinct freshwater prosobranch of the family Hydrobiidae, recognized for the first time in the Liri basin by F.



Fig. 2 – Tanousia subovata (Settepassi, 1965). 1: Liri river Valley (coll. Settepassi, Palaeontological Museum of University "La Sapienza", Rome); 2: Castelliri, MPUR-7–1316; 3: Vallo di Diano, MPUR-7–3469; 4: Sorgente Mercure, MPUR-7–3309; 5a,b: CIC3 (Mercure basin), MPUR-7– 3470. Scale bar = 1 mm; MPUR-7 = coll. Esu-Girotti, Palaeontological Museum of University "La Sapienza", Rome.

Fig. 2 – Tanousia subovata (Settepassi, 1965). 1: Valle del fiume Liri (coll. Settepassi, Museo di Paleontologia dell'Università "La Sapienza", Roma); 2: Castelliri, MPUR-7–1316; 3: Vallo di Diano, MPUR-7–3469; 4: Sorgente Mercure, MPUR-7–3309; 5a,b: CIC3 (bacino del Mercure), MPUR-7–3470. Barra = 1 mm; MPUR-7= coll. Esu-Girotti, Museo di Paleontologia dell'Università "La Sapienza", Roma.

Settepassi in SETTEPASSI, VERDEL (1965) (Fig. 2). *T subovata*, firstly named by F. Settepassi as *Nematurella subovata* was attributed to the genus *Tanousia* Servain, 1881, by ESU, KOTSAKIS (1996) on the basis of the diagnostic shell characters of the genus, as redescribed by SCHLICKUM (1960).

From literature data about Liri basin (SETTEPASSI, VERDEL, 1965; CARRARA et al., 1992), *T. subovata* results to be very abundant in outcrops of "typical lacustrine facies" from various sites (Pignataro Interamna, Pontecorvo,

Ponte di Castelluccio, Forme d'Aquino, Cassino province and Castelliri, Frosinone province). These deposits are characterized by several species of freshwater molluscs, among which the most frequent are *Theodoxus isseli* (Clerici), *Bithynia leachi* (Sheppard), *B. tentaculata* (Linnaeus), *Belgrandia latina* (Settepassi), *Pyrgula annulata* (Linnaeus), *Valvata piscinalis* (Müller), *Radix peregra* (Müller), *Gyraulus crista* (Linnaeus), *D. polymorpha*, *Pisidium amnicum* (Müller) and *P. casertanum* (Poli).

In the Vallo di Diano very few middle Pleistocene lacustrine deposits crop out. They were recognized by SANTANGELO (1991) in the northern and southern margin of the basin. At Pantanelle site (Montesano, Salerno) white-yiellowish silts and clayey silts intercalated with pyroclastic levels yielded abundant specimens of lacustrine gastropods and bivalves, such as T. subovata, V. piscinalis, Planorbis sp., D. polymorpha, Pisidium cf. amnicum and opercula of B. leachi. A long lacustrine sequence (207 m deep, SV1), drilled in the southern margin of the Vallo di Diano palaeolake (RUSSO ERMOLLI, 1994; RUSSO ERMOLLI, CHEDDADI, 1997), yielded abundant pollen and mollusc remains. The following sediments were recognized from top to bottom of the core: alluvial fan (from 0 to -33.7 m), marsh deposits (from -33.7 to -65.5 m), fine lacustrine sediments (clay and silt) (from -65.5 to -175.7 m), alluvial fan deposits (from -175.7 to -207 m). A good palaeoenvironmental, palaeoclimatical, and chronostratigraphical reconstruction of the sedimentary sequence was obtained by palaeontological data (pollen and molluses) and by isotopic ( $\delta^{18}$ O) and radiometric data ( $^{40}$ Ar/ $^{39}$ Ar). In the sedimentary interval yielding molluscan faunas, comprised between 34.4 m and 175.5 m (marsh and lacustrine deposits), the pollen record allows to recognize two glacial-interglacial cycles of middle Pleistocene age, encompassed between ca. 650 kyr BP and 450 kyr BP. The evidence of climatic variations is supported by isotopic data which are correlated with the marine isotope stratigraphy recognizing a time span from 16 to 13 isotope stages. The interglacial phases recognized through the core sediments are referred to the isotope stages 15 and 13 and the glacial ones to 16 and 14 (KARNER et al., 1999).

The malacological analysis carried out on several sediment samples from core SV1 allowed to identify in distinct levels (between 34.4 m and 175.5 m) freshwater molluscan assemblages composed of prosobranch gastropods and bivalves, such as *B. leachi, Belgrandia* sp., *T. subovata, Valvata cristata* Müller, *Valvata* sp. (a carinatae morphotype), *D. polymorpha* and *Pisidium annandalei* Prashad. Numerous opercula of *Bithynia* also occur. The palaeoecological analysis of the recorded molluscan faunas is in good agreement with pollen data. *T. subovata* occurs in the core sedimentary interval in between 34.4 m to 90 m. The sediments from this interval, yielding pollen and molluscs showing interglacial climate conditions, are correlated with the isotopic stage 13. Indeed the climate temperate conditions favoured the spreading of the molluscan faunas which display a fair species diversity in this interval. Moreover the occurrence of the bivalve *P. annandalei*, inhabiting streams and rivers of temperate and warm regions (CASTAGNOLO et al., 1980), supports this evidence.



Fig. 3 – Palaeoecological diagrams of the malacological assemblages from Sorgente Mercure and CIC3 (Castelluccio Inferiore) (Mercure basin). 10P: species living in marshes, shallow water rich in vegetation; 10S: species living in still water, from small pools and bogs to great ponds and lakes: 10S(F): species living in still water, but occasionally living in running water; 10SF: species living in still or running water; 10F(S): species living in running water, but occasionally living in still water; 10F: species living in running water, from streams to great rivers; 10FQ: species living in running water or in spring water (from LOŽEK, 1964). Fig. 3 – Diagrammi paleoecologici

riferiti alle associazioni malacologiche dei siti Sorgente Mercure e CIC (Castelluccio Inferiore) (bacino del Mercure). **10P**: specie acquatiche che vivono in paludi, acque basse ricche di vegetazione; **10S**: specie acquatiche che vivono in acque stagnanti, da piccoli stagni e fossati fino a grandi stagni e laghi; **10S**(F): specie di acque stagnanti che occasionalmente vivono in acque correnti; **10S**: specie che vivono in acque stagnanti o corrente; **10F**(S): specie di acqua corrente che occasionalmente vivono in acque stagnanti; **10F**(S): specie di acqua corrente che occasionalmente vivono in acque stagnanti; **10F**(S): specie di acqua corrente, da ruscelli a grandi fiumi; **10F**Q: specie di acque correnti o sorgive (da LOŽEK, 1964).



**Fig. 4** – Chronostratigraphy of examined basins (modified from MILLI et al., 2004). **Fig. 4** – Inquadramento cronostratigrafico dei bacini esaminati (modificato da MILLI et al., 2004).

south western In the part of the Noce basin, according to SANTANGELO (1991) and LA ROCCA, SANTANGELO (1991), early middle Pleistocene lacustrine clay-sand deposits cropping out at "Le Cuini" (near Trecchina, Potenza) are characterized by fossiliferous layers vielding freshwater molluscs identified by D. Esu, some years ago. These assemblages include abundant specimens of T. subovata, opercula of *Bithvnia* and *D. polymorpha*.

In the Mercure basin several sedimentary successions, composed of carbonatic silts, extensively crop out (CAVINATO et al., 2003). By a malacological point of view, 15 outcrops, several meters thick, rich in well preserved freshwater molluscan assemblages, have been analysed

(PISEGNA CERONE, 2003–2004). The whole of the molluscan fauna from the Mercure basin is characterized by many species and specimens of gastropods and bivalves, such as Theodoxus sp., Viviparus contectus (Millet), B. leachi, B. latina, Emmericia cf. narentana Bourguignat, V. cristata, V. piscinalis, Radix auricularia (Linneo), R. peregra, Gyraulus albus (Müller), D. polymorpha and Pisidium amnicum (Müller). Terrestrial gastropods are less common, only one species of Zonitidae, Retinella olivetorum (Gmelin), was recovered. T. subovata is very frequent in this basin occurring in several layers of nine of the stratigraphical sections examined; in some levels it reaches very high abundance (more than 4000 specimens) forming up to 90% of the assemblages. Four outcrops are particularly abundant in molluscs: MES1 section (clavey and calcareous silts, near Rotonda), MES2 section (whitish calcareous silts, between Rotonda and Viggianello), CIC section (alternating silts and clayey layers, Castelluccio Inferiore) and Sorgente Mercure section (sandy and clayey silts); in some layers T. subovata is dominant. The most abundant accompanying species are B. leachi, B. latina, E. cf. narentana, V. cristata, V. piscinalis, D. polymorpha, P. amnicum, the most of which are characteristic of clear lacustrine, slowly current, freshwater. B. leachi (10P) prefers still water but is also found in slow-flowing waters (GIROD et al., 1980; KERNEY, 1999); representatives of Belgrandia (10Q) and Emmericia (10FQ) are typical of well-oxygenated spring and running hard water (GIROD et al., 1980; GIUSTI, PEZZOLI, 1980); V. cristata (10P) lives in still water although occasionally in well oxygenated slow-flowing water (GIROD et al., 1980; KERNEY, 1999); V. piscinalis (10SF) prefers flowing water of rivers and large streams although occasionally it is

found in ponds and marsh drains (GIROD et al., 1980); *D. polymorpha* (10F(S)) is a bivalve inhabiting clean well–oxygenated water, mainly in rivers and canals; *P. amnicum* (10F) characterizes moderately hard fluvial waters, occasionally it inhabits large lakes (CASTAGNOLO et al., 1980; KERNEY, 1999).

*T. subovata* displays very high abundance in Sorgente Mercure and in level CIC3 of CIC section. CIC3 is a grey sand level alternating with varved sediments of relative deep lake; a relative decrease of the lake–level, reflecting a probable warming phase in the Mediterranean realm, according to LEEDER et al. (1998), is inferred for this stratigraphical interval.

In the considered two levels (Fig. 3), the most abundant species are *T. subovata* (93.35% and 89.25% respectively) and *D. polymorpha* (4.46% and 3.35% respectively), followed by a relative abundance of *P. amnicum* (3.20%, in CIC3) and *B. leachi* (1.05% in Sorgente Mercure). The other species, occurring in very low percentages, belong to the ecological classes 10S (0.31 and 0.38%, respectively), 10SF (0.33% and 1.83%) and 10FQ (0.08%) Such assemblages show a lacustrine environment with well oxygenated slow–moving water.

The ecology of the extinct *T. subovata* is unknown, nevertheless its ecological requirement is tentatively referred to still or slightly current oxygenated clean water environment, as deduced by the ecology of the molluscan assemblages in which it occurs.

### 4. - Conclusions

Highly diversified freshwater molluscan assemblages of gastropods and bivalves characterize the studied basins. From a palaeoclimatic point of view, generally, such type of assemblages point to temperate phases. In the mentioned basins *T. subovata*, the best represented molluscan species, is recorded from lacustrine sediments referred to interglacial phases, such as Oxygen Isotopic Stage 13 in Vallo di Diano, Oxygen Isotopic Stages 9(?) and 7 in Liri Valley (CARRARA et al., 1992; KARNER et al., 1999); moreover in the Mercure basin it can be present in great number in sandy levels pointing very likely to a warming phase.

Chronological data (DEVOTO, 1965; LA ROCCA, SANTANGELO, 1991; KARNER et al., 1999) about the sedimentary lacustrine successions yielding the recorded molluscan faunas (Fig. 4) permit to constrain the age of the malacological assemblages containing *T. subovata* in the middle Pleistocene, between about 0.8 Ma and 0.2 Ma.

So far, no other record of this species is known, then the palaeogeographic distribution of *T. subovata* is confined to central–southern Italian intramontane basins during middle Pleistocene, representing a good tool for the correlation of non–marine deposits.

Lavoro consegnato il 15.09.2008

#### ACKNOWLEDGMENTS

The authors are grateful to E. Russo Ermolli (University "Federico II" of Naples) for supplying core sediments from Vallo di Diano.

#### REFERENCES

- CARRARA C., ESU D., SADORI L., 1992 Sedimenti lacustri dell'area di Castelliri (Frosinone, Italia centrale): dati aminostratigrafici, faunistici e palinologici. *II Quaternario*, Napoli. 5: 51–60.
- CASTAGNOLO L., FRANCHINI D., GIUSTI F., 1980 Bivalvi. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane, CNR, AQ/1/49, Verona. 10: 1–63.
- CAVINATO G. P., PETRONIO C., SARDELLA R., 2001 The Mercure river basin (Southern Italy): Quaternary stratigraphy and large mammal biochronology. "The world of Elephants" International Congress 2001, Roma. 187–190.
- CAVINATO G. P., ESU D., FILIPPI M. L., GIROTTI O., MANCINI M., 2003 Contribution to the Pleistocene stratigraphy of the Mercure Basin (Basilicata). Abstr. Conv. AIQUA–CNR "Successioni continentali nell'Appennino centro–meridionale", Roma. 13.
- DEVOTO G., 1965 Lacustrine Pleistocene in the Lower Liri Valley. Geol. Romana, Roma. 4: 291-368.
- ESU D., GIROTTI O., 1991 Late Pliocene and Pleistocene assemblages of continental molluscs in Italy. A survey. *Il Quaternario*, Napoli. 4: 137–150.
- ESU D., KOTSAKIS T., 1996 A *Tanousia* from the late Middle Pleistocene of the Italian Peninsula (Gastropoda: Prosobranchia Hydrobiidae). Arch. Molluskenkunde, Frankfurt am Main. 125: 105–109.
- GIROD A., BIANCHI I., MARIANI M., 1980 Gasteropodi, 1. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane, CNR, AQ/1/44, Verona. 7: 1–85.
- GIUSTI F., PEZZOLI E., 1980 Gasteropodi, 2. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane, CNR, AQ/1/47, Verona. 8: 1–66.
- KARNER D. B., JUVIGNÉ E., BRANCACCIO L., CINQUE A., RUSSO ERMOLLI E., SANTANGELO N., BERNASCONI S., LIBER L., 1999 – A potential early middle Pleistocene tephrostratotype for the Mediterranean Basin: the Vallo di Diano, Campania, Italy. *Global and Planetary Change*, Amsterdam. 21: 1–15.
- KERNEY M., 1999 Atlas of the land and freshwater molluses of Britain and Ireland. Harley Books, Cambridge. 264 pp.
- LA ROCCA S., SANTANGELO N., 1991 Nuovi dati sulla stratigrafia e sull'evoluzione geomorfologica del bacino lacustre pleistocenico del fiume Noce (Basilicata). Geogr. Fis. Dinam. Ouat., Torino. 14: 229–242.
- LEEDER M. R., HARRIS T., KIRKBY M., 1998 Sediment supply and climate change: implications for basins stratigraphy. Basin Res., Oxford. 10: 7–18.
- LOŽEK V., 1964 Quartärmollusken der Tschechoslowakei. Rozpr. Ustr. Ust. Geol., Praha. 31:1-368.
- MANCINI M., 2004 Intermontane Basins. In: Quaternary (C. Bosi Ed.), Geology of Italy, Spec. Vol. Soc. Geol. It., 32<sup>nd</sup> IGC Florence 2004 (Crescenti U., D'Offizi S., Merlino S., Sacchi L. Eds.), Firenze. 166–170.
- MILLI S., PALOMBO M. R., PETRONIO C., SARDELLA, R., 2004 The middle Pleistocene deposits of the Roman Basin (Latium Italy): an integrated approach of mammal biochronology and sequences stratigraphy. *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, Milano. 110: 559–569.
- PISEGNA CERONE E., 2003–2004 Ricostruzione paleoambientale delle successioni medio-pleistoceniche del bacino del Mercure (Basilicata). Unpublished Degree Thesis, Università "La Sapienza", Roma. 204 pp.
- RUSSO ERMOLLI E., 1994 Analyse pollinique de la succession lacustre Pléistocène du Vallo di Diano (Campanie, Italie). Ann. Soc. géol. Belgique, Liege. 117: 333–354.
- RUSSO ERMOLLI E., JUVIGNÉ É., BERNASCONI S., BRANCACCIO L., CINQUE A., LIRER L., OZER A., SANTANGELO N., 1995 – Le premier stratotype continental de quatre stades isotopiques successifs du Pléistocène moyen pour le bassin méditerranéen septentrional: le Vallo di Diano (Campanie, Italie). C. R. Acad. Sci., Paris. 321: 877–884.
- RUSSO ERMOLLI E., CHEDDADI R., 1997 Climatic reconstruction during the Middle Pleistocene: a pollen record from Vallo di Diano (Southern Italy). *Geobios*, Lyon. 30: 735–744.
- SANTANGELO N., 1991 Evoluzione stratigrafica, geomorfologica e neotettonica di alcuni bacini lacustri del confine Campano–Lucano (Italia meridionale). PhD, Università "Federico II", Napoli. 109 pp.
- SCHACKLETON N. J., 1995 New data on the evolution of Pliocene climatic variability. In: Vrba E.S., Denton G.H., Partridge T.C. & Burckle L.H. (eds.). Paleoclimate and evolution, with emphasis on human origins. Yale University Press, New Haven and London, 242–248.

SCHLICKUM W.R., 1960 – Die Gattung Nematurella Sandberger. Arch. Molluskenkunde, Frankfurt am Main. 89: 203–214.

SETTEPASSI F., VERDEL U., 1965 – Continental Quaternary mollusca of lower Liri Valley (Southern Latium). Geol. Romana, Roma. 4: 369–452.

# NUOVI DATI PALEONTOLOGICI E STRATIGRAFICI SUL PERMIANO INFERIORE DELL'ALTA VAL BREMBANA (BACINO OROBICO, LOMBARDIA): CONFRONTI E CORRELAZIONI

## SANTI GIUSEPPE<sup>1</sup>, CONFORTINI FEDERICO<sup>2</sup>, KRIEGER CHIARA<sup>3</sup>, MALZANNI MATTEO<sup>2</sup> & RONCHI AUSONIO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Scienze della Terra, via Ferrata 1, 27100 Pavia (Italia):

gsanti@unipv.it, Ausonio.ronchi@manhattan.unipv.it

<sup>2</sup>Museo Civico di Scienze Naturale "E. Caffi", Piazza Cittadella 10, 24129 Bergamo (Italia): museogeo@comune.bg.it <sup>3</sup> Via dei Dossi 12, 22010 Valsolda (Como) (Italia): chiara.krieger@libero.it

Abstract – New paleontological and stratigraphic data on the Lower Permian of the Valley Brembana (Orobic Basin, Lombardy): comparisons and correlations. Recent field surveys and stratigraphic–paleontological campaigns in the Late Paleozoic continental sequence of upper Brembana Valley (Orobic Basin, Lombardy, North Italy) have provided a rich record of vertebrate and invertebrate ichnofossils. Vice–versa, in the same succession, the macroflora content appears very scarce and palynological analyses still unfruitful. The coupling of detailed lithostratigraphy–facies analysis and fossil content has improved our knowledge on the Lower Permian of the Orobic Basin, particularly as to refers to the bioevents and ichnofacies. However, the newly found ichnotaxa arise some ichnosystematic problems, such as the synonymy between *Dendroidichnites elegans* Demathieu et al., 1992 and *Mirandaichnium irregulare* Holub and Kozur, 1981 or the *Camunipes/Erpetopus* dualism. Also the supposed coexistence between fresh–water jellyfishes *Medusina limnica* Müller, 1978 and *Medusina atava* (Pohlig, 1892) Walcott, 1898 is here discussed.

Key words: Vertebrate and invertebrate ichnofossils, Orobic Basin, Lower Permian, Brembana Valley, Northern Italy.

Riassunto – I recenti rilevamenti geologici e le campagne paleontologiche effettuate sui depositi continentali tardopaleozoici in alta Val Brembana (Bacino Orobico, Lombardia, Italia Settentrionale) hanno portato alla luce un ricco record di icnofossili sia di vertebrati, sia di invertebrati. Al contrario, nella stessa successione i resti di macroflore sono rari e anche le analisi polliniche non hanno fornito elementi utili. Gli approfondimenti sul contenuto paleontologico, uniti ad un'analisi di maggior dettaglio della stratigrafia e delle facies terrigene della "Formazione di Collio" *auct.*, hanno accresciuto le conoscenze sul Permiano inferiore del Bacino Orobico, soprattutto in riferimento alla individuazione di bioeventi e icnofacies. Alcuni degli icnofossili rinvenuti pongono tuttavia, problemi di icnosistematica (per esempio la sinonimia fra l'icnospecie Dendroidichnites elegans Demathieu et al.,1992 e Mirandaichnium irregulare Holub e Kozur, 1981 o il dualismo Camunipes/Erpetopus) e paleoambientali (coesistenza fra Medusina limnica Müller, 1978 e Medusina atava (Pohlig, 1892) Walcott, 1898).

Parole chiave: Icnofossili di vertebrati e invertebrati, Bacino Orobico, Permiano inferiore, Valle Brembana, Italia Settentrionale.

### 1. – Introduzione

Verso la fine del Paleozoico l'area delle Alpi Meridionali era caratterizzata da diversi bacini di *pull–apart* separati da alti strutturali ereditati dell'orogenesi ercinica (Cassinis, Perotti, 1994; Perotti, 2000; Virgili et al., 2006 e così via). I più importanti sia per dimensioni, sia per i contenuti di icnofossili sono il Bacino della Val Trompia (Bacino di Collio *s.s.*) e il più occidentale Bacino Orobico (Fig. 1). Verso l'area giudicariense sono presenti *graben* di minori dimensioni, ovvero i bacini di Tione e di Tregiovo, il secondo dei quali viene qui ricordato, per lo scopo del presente lavoro, per l'importante e unica presenza (monotipica) di *Dromopus didactylus* Moodie, 1929.

Se in passato la maggior parte degli studi stratigrafico-paleontologici fu inizialmente concentrata sul Bacino di Collio, storicamente meglio conosciuto



**Fig. 1** – A. Ubicazione del Bacino Orobico e dell'area di studio. AO: Anticlinale orobica *s.s.*, ATC: Anticlinale Trabuchello–Cabianca, AC: Anticlinale di Cedegolo; B. Sezione schematica e rappresentativa della successione permiana nel settore brembano (non in scala); CB: Conglomerato Basale. La posizione dei fossili è puramente indicativa.

**Fig. 1** – A. Location of the Orobic Basin and studied area. AO: Anticlinale orobica *s.s.*, ATC: Anticlinale Trabuchello–Cabianca, AC: Anticlinale di Cedegolo; B. Schematic section e of the Permian sequence in the brembano sector (not to scale); CB: Conglomerato Basale. Fossil position in the column is merely indicative.



Fig. 2 – Principali aree fossilifere in alta Valle Brembana. 1– La Bocchetta di Podavit nell'area del Pizzo del Diavolo, 2 – Il Passo di Valsecca in alta Valle Brembana (Valle del F. Brembo, Carona).
Fig. 2 – Main fossiliferous fossil sites into Valle Brembana (Lombardy). 1 – The Bocchetta di Podavit in Valle Brembana (Lombardy).

the Pizzo del Diavolo area, **2** – The Passo di Valsecca in the high Valle Brembana (Valle del F. Brembo, Carona).

(si vedano le recenti *review* di Cassinis, Santi, 2001, 2005 *cum bibl.*), negli ultimi anni anche il Bacino Orobico è stato oggetto di nuove indagini biostratigrafiche (i.e. Nicosia et al., 2000; Santi, Krieger, 2001; Ronchi, Santi, 2003; Ronchi et al., 2005).

Le presenti ricerche sono state condotte soprattutto nel settore centrale di quest'ultimo (Anticlinale di Trabuchello–Cabianca), comprendente l'alta Valle del Brembo di Carona (Pizzo del Diavolo, Bocchetta di Podavit, Passo di Valsecca) (Fig. 2). Esse hanno portato alla luce nuovi icnofossili, il rinvenimento dei quali, tuttavia ha sollevato alcune problematiche icnotassonomiche.

## 2. - Sintesi stratigrafica del Permiano inferiore del Bacino Orobico

Il Permiano delle Alpi Meridionali è caratterizzato da due principali e ben differenziati cicli tettono-sedimentari, corrispondenti in letteratura ai noti "Ciclo 1 e Ciclo 2 *auct.*" (Italian Igcp 203 Group, 1986; Cassinis et al., 2000 a, b; Cassinis, 2003), separati da una marcata discordanza a valenza regionale (Fig.1).

La successione del Permiano inferiore nell'Anticlinale Trabuchello–Cabianca è stata oggetto di una recente revisione stratigrafica ed è rappresentata dal Gruppo dei Laghi Gemelli (già Formazione di Collio *auct.*). Essa inizia con il Conglomerato Basale, rappresentato da una breccia poligenica, potente anche alcune decine di metri posta in discordanza sopra il basamento metamorfico sudalpino. L'unità che segue, di grande spessore (500–1000 m) e ampia distribuzione areale, è composta da una sequenza di depositi vulcanici, prevalentemente acidi (informalmente chiamati "Complesso Vulcanico Orobico" e, attualmente, "Vulcanite del Monte Cabianca"), associati a subordinati depositi silicoclastici ed epiclastici. A tetto di questa prima porzione segue, per diverse centinaia di metri, un insieme di litofacies prevalentemente terrigene (Formazione di Collio "orobico" *auct.*, attualmente denominata Formazione del Pizzo del Diavolo), a granulometria da grossolana (conglomerati e arenarie) a fine (siltiti e argilliti). Tali litofacies rappresentano la testimonianza di un sistema fluviale di tipo endoreico che interagiva con bacini lacustri inizialmente perenni e in seguito a carattere sempre più stagionale.

Recenti tentativi di analizzare in dettaglio la litostratigrafia e le facies del "Collio" orobico si debbono a Cassinis et al. (1988), Forcella et al. (2001) e Sciunnach (2001 a, b). Lavori significativi che hanno interessato la stratigrafia, la paleontologia e la petrografia di questa sequenza sedimentaria, sono stati anche quelli di Sciunnach et al. (1996), Nicosia et al. (2000) Cassinis et al. (2000 b), Gianotti et al. (2001, 2002). Tutti i lavori che hanno riguardato la litostratigrafia del Bacino Orobico hanno incontrato, tuttavia, non poche difficoltà sia soprattutto a causa della notevole intensità della tettonica duttile e fragile prodotta in gran parte dall'orogenesi alpina, sia per la grande variabilità laterale e verticale delle facies alluvio–lacustri.

La porzione vulcanica della Formazione di Collio *auct*. affiora principalmente nel settore centrale del paleobacino, dove attualmente è presente il massiccio del M.te Cabianca, sul fianco meridionale della Valle del Brembo di Carona. Le differenti facies sedimentarie, rappresentate da arenarie, siltiti ed argilliti, di colore da grigio-verde a nere, affiorano per centinaia di metri in tutte tre le anticlinali e sono localmente interdigitate con corpi conglomeratici (es. Conglomerato di Ponteranica *auct.*, "Conglomerato del M. Aga", etc.). Le strutture sedimentarie osservate e l'analisi di facies riflettono un'ampia gamma di paleoambienti fluviolacustri, rappresentati da alternanze di sedimenti arenacei medio-fini, depositi siltitici-argillosi e corpi a granulometria più grossolana. Ciò testimonia i variazioni negli apporti legati al clima.

Vertebrati	Invertebrati		
"Batrachichnus" salamandroides cfr. "Batrachichnus" salamandroides Camunipes cassinisi Amphisauropus imminutus	Medusina limnica Medusina atava Dendroidichnites elegans Bifurculapes isp.		
cfr. Amphisauropus imminutus	Eisenachichnus isp.		
Varanopus curvidactylus Dromopus lacertoides Ichniotherium cottae	Paleobullia isp.		

Tab. 1 - Icnoassociazione a vertebrati ed invertebrati del Permiano inferiore del Sudalpino.

Tab. 1 - Lower Permian vertebrates and invertebrates ichnoassociation of the South-Alpine region.

Tramite una discordanza angolare, i suddetti depositi del primo ciclo permiano passano ai *red beds* azoici della Formazione del Verrucano Lombardo, rappresentati nell'area investigata, da arenarie medio–grossolane e conglomerati con ciottoli di quarzo, di porfidi e più rari frammenti di basamento.

## 3. - Le icnoassociazioni a vertebrati ed invertebrati del Bacino Orobico

Dalla porzione sedimentaria del Bacino Orobico (in passato conosciuta come "Collioschichten *auct.*", "Membro Superiore" della Formazione di Collio *auct.* ed ora proposta come "Formazione del Pizzo del Diavolo"), affiorante in alta Valle Brembana, proviene una ricca icnofauna a vertebrati ed invertebrati. La Tab. 1 mostra la composizione delle icnocenosi a tetrapodi ed invertebrati sulla base dei rinvenimenti delle ultime campagne di ricerca (2000–2003–2005).

Ceoloni et al. (1988) elaborarono ed inquadrarono sistematicamente i primi, scarsi icnofossili raccolti da parte di Autori precedenti (Dozy, 1935; Casati, 1969). Alcuni anni più tardi, la revisione icnotassonomica effettuata da Haubold (1996) sulle impronte extramorfologiche dei tetrapodi europei apportò una semplificazione sulla composizione e sul numero di icnotaxa, fino ad allora esageratamente ampio a causa del cosiddetto "accanimento sistematico".

Grazie ai numerosi ritrovamenti e al rinnovato interesse, negli ultimi anni l'icnoassociazione a vertebrati del Bacino Orobico, i cui reperti si trovano per la maggior parte conservati nel Museo Civico di Scienze Naturali "E. Caffi" di Bergamo, è stata oggetto di vari studi di dettaglio da parte di Conti et al. (1999), Cassinis et al. (2000 b), Nicosia et al. (2000, 2001), Santi, Krieger (1999, 2001), Santi (2001a, b), Arduini et al. (2003), Gianotti et al. (2001, 2002) e da Ronchi et al. (2005). In



complesso essa è costituita dai seguenti icnotaxa: "Batrachichnus" salamandroides, cfr. "Batrachichnus" salamandroides, Camunipes cassinisi, Amphisauropus imminutus, Amphisauropus latus, cfr. Amphisauropus imminutus, Varanopus curvidactylus, Dromopus lacertoides e da ?Ichniotherium cottae.

Più recentemente, nello stesso bacino è stata rinvenuta una complessa icnoassociazione ad invertebrati, della quale alcune forme non sono ancora state studiate in dettaglio (Ronchi, Santi, 2003; Ronchi et al., 2005) (Fig. 3). Questi Autori hanno raccolto nella porzione superiore della Formazione di Collio, affiorante in Val Brembana, le seguenti piste attribuite ad artropodi: *Dendroidichnites elegans* Demathieu et al., 1992, *Bifurculapes* isp., cf. *Heteropodichnus variabilis* Walter, 1983 e *Eisenachichnus* isp., impronte di probabili gasteropodi (*Paleobullia* isp.), tracce di possibili miriapodi e diverse piste *incertae sedis* (Fig. 3 A) ancora di dubbia attribuzione.

*D. elegans* è stato rinvenuto anche in diversi livelli stratigrafici della Formazione di Collio *auct*. In Valle dell'Inferno (aria valtellinese limitrofa alla Valle Brembana), associato ad impronte di *Medusina atava* (Pohlig, 1982) Walcott, 1898. In precedenza, solo Alessandrello et al. (1988) classificarono alcune piste, anch'esse rinvenute più ad occidente della Val Brembana, come attività di locomozione di planarie (*Terricolichnus permicus* Alessandrello et al., 1988).

Infine, i rari bivalvi segnalati nel Bacino Orobico provengono da livelli arenacei del "Membro sedimentario del Collio orobico" affiorante in Valmoresca e sono stati riferiti al genere *Anthraconauta* (Paproth, 1966) (Sciunnach, 2001a).

## 4. – Dati, problemi ed ipotesi

I dati stratigrafici e gli icnofossili raccolti durante le recenti campagne effettuate in alta Valle Brembana, hanno migliorato le conoscenze sul Permiano inferiore del Bacino Orobico, ma nel contempo anche sollevato nuovi ed interessanti problemi. Qui di seguito illustriamo quelli che, secondo il nostro punto di vista, sono i principali.

Fig. 3 – A. Pista non determinata di vertebrato (Passo di Valsecca, Val Brembana). B. *Dendroidichnites* elegans Demathieu et al., 1992. Bacino Orobico, campione MCSNB 10121 (Val Brembana) (Museo Civico di Scienze Naturali "E. Caffi", Bergamo). C. campione Bif. 2 (Val Brembana) (Museo Civico di Scienze Naturali "E. Caffi", Bergamo), D. *Bifurculapes* isp. campione Bif. 1 (Val Brembana) (Museo Civico di Scienze Naturali "E. Caffi", Bergamo). E. *Eisenachichnus* isp., campione Sec 1 (Val Brembana) (Museo Civico di Scienze Naturali "E. Caffi", Bergamo).

Fig. 3 – A. Undetermined trackway (Passo di Valsecca, Val Brembana). B. Dendroidichnites elegans Demathieu et al., 1992. Orobic Basin, specimen MCSNB 10121 (Val Brembana) (Museo Civico di Scienze Naturali "E. Caffi", Bergamo). C. Bifurculapes isp. specimen Bif. 2 (Val Brembana) (Museo Civico di Scienze Naturali "E. Caffi", Bergamo), D. Bifurculapes isp. specimen Bif. 1 (Val Brembana) (Museo Civico di Scienze Naturali "E. Caffi", Bergamo). E. Eisenachichnus isp., specimen Sec 1 (Val Brembana) (Museo Civico di Scienze Naturali "E. Caffi", Bergamo).

## 1) Il dualismo Camunipes cassinisi/Erpetopus willistoni.

Nell'icnofauna a tetrapodi rinvenuta in alta Valle Brembana viene frequentemente segnalata la presenza di *Camunipes cassinisi* Ceoloni et al., 1987, un'icnospecie molto simile ad *Erpetopus willistoni* Moodie, 1929, il cui icnolotipo fu rinvenuto nella Choza Formation (Castle Peak, Texas) (Fig. 4).

Le due icnospecie si differenziano per la posizione del V dito che in *Erpetopus* è ravvicinato al IV e non ruotato, mentre in *C. cassinisi* è ben separato dal IV e soprattutto ruotato all'indietro. Secondo Haubold, Lucas (2003) *Erpetopus* avrebbe una variabilità morfologica assai ampia, tale da giustificare l'inserimento di *Camunipes* in quest'icnogenere. *Erpetopus* e *Camunipes* sarebbero quindi sinonimi e per il principio di priorità, sarebbe valido l'icnogenere *Erpetopus*.

Queste icniti mostrano alcune caratteristiche morfologiche utili sia a supportare la validità dell'icnogenere *Camunipes*, e quindi a favore della sua conservazione icnosistematica, sia alla sua sinonimia con *Erpetopus*.

Una di queste caratteristiche è strettamente collegata alla formazione delle impronte extramorfologiche (Voigt, Haubold, 2000; Santi, 2007): in orme con lunghezza inferiore a 20 mm sarebbero molto frequenti e morfologicamente varie.

Entro questa dimensione le caratteristiche del substrato influenzerebbero enormemente la morfologia stessa dell'impronta, per cui questo valore è stato assunto come limite critico nel condizionare l'"impressione" dell'autopodio (Haubold et al., 1995; Haubold, 1996).

È quindi possibile che *Camunipes* sia un icnogenere legato ad impronte extramorfologiche di *Erpetopus*? L'elemento chiave in tale ipotesi sarebbe proprio la grande mobilità del V dito che contrasta con l'ampia "varietà" extramorfologica di impronte prodotte da questo piccolo *trackmaker*. Se si accetta il fatto che nei rettili la mobilità del V dito è da collegarsi a differenti costruzioni scheletriche, in questo caso non è possibile far rientrare orme con il V dito "molto mobile" nella stessa icnospecie. Si avrebbero, pertanto, tre possibilità: sinonimia, non sinonimia e i relativi significati paleoecologici.

A) nel caso in cui *Camunipes* ed *Erpetopus* siano considerati come sinonimi, la presenza di tali icnogeneri nel Permiano inferiore dei principali bacini del Sudalpino centrale avrebbe una valenza differente. Infatti, essa, ha una frequenza maggiore nel Bacino Orobico, rispetto al Bacino di Collio *s.s.*, ed è completamente assente nel Bacino di Tregiovo. Tale(i) icnogenere si ritrova unicamente nella porzione stratigraficamente inferiore della Formazione di Collio *auct*. Orme attribuite ad *Erpetopus* sono state rinvenute in bacini nord americani (Texas) e francesi (Saint–Affrique, Lodève, Bas–Argens e Esterel). L'assenza di questo icnogenere in settori europei più interni (Germania) potrebbe quindi far pensare ad una forma generalista del *trackmaker*, ma limitata al solo settore meridionale della Paleoeuropa, contrariamente alla ben più ampia diffusione di *Amphisauropus*, *Dromopus* e *Varanopus*.



**Fig. 4** – **A** e **B.** Impronte di *Camunipes* dai Bacini Orobico e di Collio (B è l'icnolotipo) (Ceoloni et al., 1987). **C** e **D**. Impronte di *Erpetopus* da Castle Peak (icnolotipo) e dalla Francia (Haubold, Lucas, 2003).

**Fig. 4** – **A** and **B**. *Camunipes* footprints from Orobic and Collio basins (B is the ichnoholotype) (Ceoloni et al., 1987). **C** and **D** *Erpetopus* footprints from Castle Peak (ichnoholotype) and France (Haubold, Lucas, 2003).

B) Nel caso in cui *Camunipes* ed *Erpetopus* rappresentino icnogeneri differenti, il primo potrebbe assumere nel Sudalpino il ruolo di forma locale, al pari di *Ichniotherium*. La sua distribuzione temporale sarebbe in ogni caso molto ristretta.

c) Nel caso invece in cui *Camunipes* sia un icnogenere sinonimo di *Erpetopus*, ma *C. cassinisi* sia una icnospecie diversa da *E. willistoni* si affronterebbe un caso simile a quello delle due icnospecie di *Dromopus (didactylus* e *lacertoides*), ma con la differenza, rispetto a queste ultime, che le due icnospecie di *"Erpetopus"* 



**Fig. 5** – Alcuni esemplari di *Walchia*? (camp. MCSNB 10126) provenienti dal M. Aga (alta Val Brembana) (Museo Civico di Scienze Naturali "E. Caffi", Bergamo).

**Fig. 5** – Some specimens of *Walchia*? MCSNB 10126) from Mt. Aga (upper Brembana Valley) (Museo Civico di Scienze Naturali "E. Caffi", Bergamo).

convivevano. In questo caso, "*Erpetopus*" cassinisi diventerebbe allora una forma locale, meno frequente rispetto a *E. willistoni*.

Quest'ultima ipotesi è forse quella che meglio soddisfa gli scriventi, date le

caratteristiche icnotassonomiche di entrambi gli icnogeneri, e che aprirebbe nuovi scenari sul piano ecologico, cronologico e soprattutto, filogenetico.

**2)** Possibile sinonimia fra le icnospecie *Dendroidichnites elegans* Demathieu et al., 1992 e *Mirandaichnium irregulare* Holub e Kozur, 1981.

Sia nella porzione inferiore, sia in quella superiore del "Collio sedimentario" *auct.* del Bacino Orobico, sono state rinvenute le piste di un artropode riferibile all'icnogenere *Dendroidichnites* Demathieu et al., 1992 (Ronchi, Santi, 2003; Ronchi et al., 2005). La sinonimia fra gli icnogeneri *Dendroidichnites* e *Mirandaichnium* è un problema complesso all'interno dell'attuale quadro icnosistematico degli invertebrati, oggigiorno in fase di piena revisione.

Sicuramente il *trackmaker* era una artropode molto comune e relativamente abbondante in quanto le sue piste sono state ritrovate, oltre che nel Sudalpino, in Francia, in Nord America e in Russia (Holub, Kozur, 1981; Demathieu et al., 1992; Braddy, 1995; Buatois et al., 1998; Ronchi, Santi, 2003; Ronchi et al., 2005).

Se il controllo che il substrato esercita sulla morfologia di un'impronta è determinante per un piccolo tetrapode (come esempio si veda non solo il dualismo *Camunipes/Erpetopus*, ma anche quello *Anhomoiichnium/Batrachichnus* o *Laoporus/Amphisauropus*), a maggior ragione esso lo sarà per le tracce di invertebrati. Pertanto il ruolo giocato dalle impronte extramorfologiche di questi organismi diventa fondamentale.

Un primo tentativo di valutare se *Dendroidichnites* fosse un sinonimo di *Mirandaichnium* è stato compiuto da Buatois et al. (1998) utilizzando icnofossili provenienti dai terreni del Carbonifero superiore della Toganoxie Sandstone, Buildex Quarry (Kansas, USA). Tali Autori sono arrivati alla conclusione che sarebbe più indicato chiamare questa tipologia di pista con il nome di *Dendroidichnites irregulare* (Holub e Kozur, 1981). L'esame è stato tuttavia compiuto su un numero limitato di reperti, pertanto le conclusioni potrebbero risultare solamente indicative e non definitive. Inoltre, è spesso difficile distinguere le piste di *D. elegans* (o *"Dendroidichnites" irregulare*) da strutture inorganiche come già illustrato da Dzulinsky, Walton (1965) e da Benton (1982). In quest'ottica, gli icnofossili del Bacino Orobico (in particolar modo quelli dell'alta Val Brembana) potrebbero essere utili nel redimere questo problema di icnosistematica.

3) Co-esistenza di *Medusina limnica* Müller, 1978 e *Medusina atava* (Pohlig, 1892) Walcott, 1898.

Queste due specie di idromeduse d'acqua dolce sono state rinvenute in diverse posizioni stratigrafiche all'interno dei depositi sedimentari permiani (Formazione di Collio *auct.*). La prima specie, in strati argilloso–siltosi di colore grigio–verde e nero nei livelli medio–superiori della citata formazione; la seconda, nella porzione sommitale di quest'ultima, caratterizzato da peliti e siltiti rossastre. Il passaggio dall'una all'altra litologia evidenzia un probabile cambio nel paleoambiente del bacino (Ronchi, Santi 2003). La co–esistenza delle due specie di *Medusina* nello



Fig. 6 – Ricostruzione ambientale dell'alta Valle Brembana durante il Permiano inferiore sulla base dell'icnoassociazione a vertebrati. Sullo sfondo della catena ercinica in demolizione e nel tipico ambiente permiano, è rappresentata una popolazione di Anfibi trackmaker di *Batrachichnus* (A) e di Rettili trackmakers di *Varanopus* (B), *Amphisauropus* (C) e di *Dromopus* (D) (da Halstead, 1984, mod.). Nel blocco-diagramma è indicata l'icnoassociazione dei principali invertebrati inseriti nell'icnofacies a *Scoyenia* "orobica": 1. *Dendroidichnites*, 2. *Bifurculapes*, 3. *Eisenachichnus*, 4. *Medusina limnica*.
Fig. 6 – Artistic environmental reconstruction of the upper Brembana Valley during the Lower Permian based on the vertebrates ichnoassociation. On the background of the hercynian chain in denudation within the typical Permian environment, an Amphibians and Reptiles population, trackmakers of *Batrachichnus* (A), *Varanopus* (B), *Amphisauropus* (C) and *Dromopus* (D) is shown (after Halstead, 1984, mod.). Block-diagram mirrors the most important invertebrate traces inserted in the "orobic" *Scoyenia* ichnofacies: 1. *Dendroidichnites*, 2. *Bifurculapes*, 3. *Eisenachichnus*, 4. *Medusina limnica*.

stesso livello stratigrafico finora mai documentata potrebbe modificare le precedenti conoscenze sull'ecologia di queste idromeduse tardo-paleozoiche.

Infatti, la presenza molto rara di *M. atava* rispetto a *M. limnica*, potrebbe collegarsi (Voigt S., com. pers.) all'appartenenza della prima ad un habitat caratterizzato da corsi d'acqua a maggior energia idrodinamica, e della seconda, ad ambienti fluvio–lacustri più tranquilli. Sporadiche alluvioni avrebbero così portato ad un "rimescolamento" di questi diversi paleoambienti e delle loro popolazioni di invertebrati. Nonostante ciò, dalle prime analisi su resti di idromeduse non sono scaturiti elementi tali da immaginare un rimaneggiamento, spiaggiamento o alloctonia. In alternativa, la diversa abbondanza delle due specie potrebbe essere la conseguenza del differente controllo climatico esercitato, nel corso del tempo, sul bacino.

## 4) Macroflore

Allo stato attuale dell'arte, nel Bacino Orobico ed in particolare negli strati del Permiano affioranti in Val Brembana la presenza di macroflore è molto scarsa, soprattutto se comparata con il più orientale Bacino di Collio trumplino, da cui provengono relativamente ricche associazioni macro– e microfloristiche (Remy, Remy, 1978; Visscher et al., 2000). Gli unici ritrovamenti degni di nota, a parte alcune impronte mal conservate attribuite a *Walchia* dagli Autori (Casati, Gnaccolini, 1967) e gli scarsi resti di legni silicizzati raccolti dagli scriventi nelle Valli Gerola ed Inferno (ad occidente dalla Val Brembana), sono gli eccezionali esemplari di *Cassinisia orobica* Kerp et al., 1996 (Kerp et al., 1996). Tuttavia, recentemente, presso il M. Aga sono stati rivenuti resti di macroflore (*Walchia*?), attualmente in studio (Paganoni, com. pers.) (Fig. 5). Analisi polliniche su campioni prelevati nelle campagne di ricerca alle quali si fa riferimento in questo studio, hanno per il momento dato esito negativo.

Nel corso delle recenti ricerche sono inoltre stati rinvenuti diversi tipi di algheoncoliti e stromatoliti (Anticlinale Orobica, Pizzo di Trona) (Ronchi, Santi, 2003). Gli accumuli di tali oncoliti potrebbero indicare la deposizione di alghe lungo i margini di piccoli bacini lacustri o in canali fluviali abbandonati (Freytet, com. pers.).

Una possibile ricostruzione paleoambientale dell'alta Valle Brembana durante il Permiano inferiore è mostrata in Fig. 6.

## 5. - Bioeventi e icnofacies

La FO (= *First Occurrence*) di *Varanopus curvidactylus* Moodie, 1929 e cfr. *Dromopus lacertoides* (Geinitz, 1861) Haubold, 1971 è posta a circa 100 m dalla base della sezione del Pizzo del Diavolo (Ronchi et al., 2005). Nella parte superiore della stessa (in prossimità della Bocchetta di Podavit) viene invece riconosciuta un'icnoassociazione composta da *Batrachichnus salamandroides* (Geinitz, 1861) Haubold, 1996, *Amphisauropus latus* Haubold, 1970, *A. imminutus* Haubold, 1970, *Camunipes cassinisi* Ceoloni et al., 1987 e *Dromopus lacertoides* (Geinitz, 1861) Haubold, 1971, associata a diverse tracce di invertebrati.

Dalla posizione di FO di *V. curvidactylus* e cfr. *D. lacertoides* a quella dove inizia l'icnocenosi più completa con la FO di *Batrachichnus, Amphisauropus* e di *"Camunipes"*, si hanno circa 350 m di strati apparentemente sterili. A partire dai livelli sede dell'associazione più ricca e per tutta la restante parte della successione

stratigrafica (fino alla Bocchetta di Podavit), si osserva una certa omogeneità litologica, con potenti spessori di siltiti–argilliti, intercalate ad arenarie medio–fini e frequenti *mud–cracks*. Questa sedimentazione, di carattere prevalentemente lacustre effimero, ben si lega con una raggiunta stabilità nei biotopi e conseguentemente una maggior "ricchezza" in icnotaxa. Viceversa, nella porzione sommitale del membro sedimentario del "Collio" orobico affiorante nella Valle dell'Inferno (Valtellina) si registra un chiaro impoverimento dell'icnocenosi. La transizione fra queste differenti unità stratigrafiche segna un probabile LAD (= *Last Appearance Datum*) di *Batrachichnus, Camunipes* e *A. imminutus* dei quali non vi sono più record fino al contatto con i red beds del Verrucano Lombardo (Permiano superiore). Nella unità superiore dello stesso membro sedimentario è segnalato anche un LO (= *Last Occurrence*) di *A. latus, D. lacertoides* e *V. curvidactylus*. La discordanza angolare che separa i due grandi cicli tettono–sedimentari, segna un DE (= *Disappearance Event*) caratterizzato da un drammatico cambio icnofaunistico fra le icnocenosi del Permiano inferiore e superiore.

Recentemente, Hunt, Lucas (2006) utilizzando le icnofaune a vertebrati di varie zone del Nord America hanno rivisto il concetto di icnofacies proponendo delle correlazioni con aree europee ed extraeuropee. Per quanto riguarda le icnoassociazioni dei bacini delle Alpi Meridionali, esse vengono globalmente incluse da questi Autori, senza considerare le differenti icnocenosi, nella icnofacies a *Batrachichnus* (tipica di piane fluviali–*tidal flat*) e più in particolare nella sub–icnocenosi ad *Ichniotherium* (Pohlig, 1885) Pohlig, 1892.

Secondo la nostra opinione, tale attribuzione non è corretta. Infatti, ammettendo che si possa veramente parlare di icnofacies e non di tafofacies, considerato il controllo tafonomico esercitato dalla differente consistenza del substrato, tale suddivisione dell'icnofacies a *Batrachichnus* non sembra essere applicabile al Bacino Orobico.

In primo luogo l'icnogenere *Batrachichnus* è molto raro sia nel Bacino Orobico sia in quello di Collio, ma ancor di più lo è l'icnogenere *Ichniotherium* riconosciuto con sicurezza unicamente in quest'ultimo (*Ichniotherium cottae* (Pohlig, 1885) Pohlig, 1895 – Conti et al., 1991, 1997, 2000 –). Inoltre, nell'icnocenosi "orobica" è totalmente assente *Dimetropus* che al contrario, è ritenuto rappresentativo della sub–icnocenosi ad *Ichniotherium*.

In prima analisi, anziché rapportare tutta la successione "orobica" ad una unica sub-icnocenosi (ad *Ichniotherium*) sarebbe più rappresentativa una eventuale sub-icnocenosi ad *Amphisauropus/Dromopus*, che si sviluppa per tutto il "Collio" orobico.

Questi icnogeneri sono infatti quelli più abbondanti e più rappresentativi di quest'area. Rispetto al Bacino di Collio della Val Trompia la differenza è che in quest'ultimo la presenza di *Ichniotherium* determinerebbe un passaggio fra due eventuali sub–icnocenosi; nella parte mediana della Formazione di Collio quella ad *Amphisauropus/Dromopus*, e nella porzione medio–alta, quella ad *Ichniotherium*.

Icnofacies a Scoyenia (Buatois, Mangano, 1998)	Icnofacies a Scoyenia – "Sub–icnocenosi orobica" (Sudalpino)	Icnofacies a Scoyenia (Francia Meridionale)	
Scoyenia	Medusina limnica	Lithographus	
Rusophycus	Medusina atava	Bifurculapes	
Beaconites	Dendroidichnites elegans	Danstairia	
Merostomichnites Umfolozia	<i>Bifurculapes</i> isp. cfr. <i>Heteropodichnus</i> <i>variabilis</i>	Dendroidichnites Trachomatichnus	
Cruziana	Eisenachichnus isp.	Tasmanadia	
Taenidium	Paleobullia isp.	Cochlea	
Diplichnites	Impronte di tetrapodi	Ichtyoidichnites	
Fuersichnus		Acripes	
Impronte di tetrapodi		Acanthicnus	
		Impronte di tetrapodi	

Tab. 2 – Confronto fra le composizioni dell'icnofacies a *Scoyenia* secondo Buatois, Mangano (1998) con quella indicata per la Formazione di Collio delle Alpi Meridionali e della Francia Meridionale.
Tab. 2 – Comparison between the compositions of the *Scoyenia* ichnofacies in the Buatois, Mangano (1998) model with those of the Collio Formation of the Southern Alps and of the Southern France.

Negli ultimi anni, Buatois, Mangano (1998) hanno proposto tre icnofaciestipo, applicabili a livello globale e senza una connotazione geocronologica: 1) l'icnofacies *Mermia*, caratterizzata da forme francamente subacquee; 2) l'icnofacies *Termitichnus*, con tracce unicamente continentali e 3) l'icnofacies *Scoyenia*, caratteristica di ambienti continentali di transizione. In seguito sono state riconosciute anche le icnofacies: a *Skolithos, Coprinisphaera* e *Psilonichus*, cui si è aggiunta la icnofacies ad *Octopodichnus* (Buatois, Mangano, 2004; Hunt, Lucas, 2007).

Sulla base di questa classificazione generale, e pur con le limitazioni di un record ancora molto incompleto, l'icnoassociazione rinvenuta nel Bacino Orobico dovrebbe essere inserita nell'icnofacies a *Scoyenia*, soprattutto sulla base dei paleoambienti sedimentari tipicamente fluvio–lacustri prevalentemente effimeri da cui provengono le tracce. A parte ciò, tra la tipica icnofacies a *Scoyenia* definita dagli Autori sopraccitati e l'icnofauna "orobica", si notano ben poche corrispondenze fra gli icnogeneri, a parte la comune presenza di tracce di tetrapodi (Tab. 2).

Pertanto, pur includendo in linea generale l'icnocenosi "orobica" in questa

icnofacies, si propone qui di considerarla come una sub-icnocenosi tipica del Permiano inferiore del Sudalpino e con validità non solo strettamente locale, ma anche regionale o extraregionale: essa ha infatti delle notevoli corrispondenze con l'icnoassociazione che caratterizza la Francia Meridionale (Demathieu et al., 1992) (Tab. 2).

## 6. - Conclusioni

I nuovi rinvenimenti di icnofossili in Val Brembana (Lombardia, Italia Settentrionale) e le osservazioni stratigrafico-sedimentologiche sul Permiano inferiore del Bacino Orobico permettono di avanzare una serie di considerazioni e discutere di nuove problematiche.

1) Il record fossilifero che caratterizza la Formazione di Collio orobico *auct.*, come quella del limitrofo Bacino di Collio bresciano, appare tipicamente povero in icnotaxa (icnogeneri ed icnospecie), soprattutto se confrontato con quelli di successioni coeve della Francia Meridionale, della Germania, del Nord America e recentemente di parte del Sud America (Argentina).

Alcune recenti ricerche hanno affrontato il problema della povertà di icnotaxa dei bacini permiani (Blieck et al., 1995, 1997; Lucas, 1998; Nicosia et al., 2000; Avanzini et al., 2001). Più in dettaglio Nicosia et al. (2000) hanno avanzato, per i bacini del Sudalpino l'ipotesi denominata "*deposition time compression*" per spiegare il ruolo giocato dall'attività tettonica nello sviluppo delle faune. Infatti, testimonianze di una forte attività tettonica sinsedimentaria sono molto frequenti lungo tutta la successione permiana inferiore sia orobica che trumplina. Tali bacini sembrano essersi colmati in un intervallo di tempo geologicamente rapido (4–5 Ma), come confermano le datazioni radiometriche effettuate sulle vulcaniti alla base e al tetto del Ciclo 1 (Schaltegger, Brack, 2000) in Val Trompia.

In questi bacini del Permiano inferiore, oltre all'attività tettonica, anche quella vulcanica contribuì forse, ad ostacolare lo sviluppo di paleoambienti stabili e quindi adatti ad una diversificazione significativa della biodiversità. Inoltre, non si può escludere a priori una successiva obliterazione di parte del record fossilifero in seguito ai processi orogenetici alpini.

2) Un problema tutt'oggi insoluto è quello della mancanza, nelle successioni permiane del Sudalpino, di ritrovamenti di blattoidei, viceversa abbondanti in altre aree europee (Francia, Germania) ed extraeuropee (Nord America) ed utili in termini stratigrafico–cronologici (per esempio Schneider et al., 2004).

La spiegazione non sembra legata alla tipologia di ambienti o ai sedimenti che li caratterizzavano, tali da impedirne la fossilizzazione, poiché forme di altrettanto rara conservazione come le idromeduse, sono invece abbastanza frequenti sia nel Bacino Orobico sia in quello Trumplino. **3)** Analogamente, resta da approfondire l'evidente carenza, in particolare nella successione orobica, di resti di macro– e microflore. A tutt'oggi, a parte scarsi resti non ben determinati (Casati, Gnaccolini, 1967), è stato segnalato solamente l'eccezionale rinvenimento della conifera *Cassinisia orobica* (Kerp et al., 1996) i cui esemplari sono stati preservati da un eccezionale processo di fossilizzazione.

4) Per il Permiano inferiore della Val Brembana, la suddivisione in icnofacies (*sensu* Hunt, Lucas, 2006) riferita alle icnocenosi a vertebrati, in particolare l'icnofacies a *Batrachichnus*, risulta solo parzialmente applicabile. Anziché rapportare tutta la successione "orobica" ad una unica sub–icnocenosi (ad *Ichniotherium*), sarebbe più rappresentativa una eventuale sub–icnocenosi ad *Amphisauropus/Dromopus*. Lo stesso discorso vale per le icnofacies a significato globale ad invertebrati di Buatois, Mangano (1998, 2004) e Hunt, Lucas (2007). Le peculiari tracce di invertebrati rinvenute nel Bacino Orobico consentono piuttosto di definire una "sub–icnocenosi orobica" con valore regionale e caratteristiche confrontabili con icnocenosi simili del settore europeo (per esempio, in Francia).

In conclusione, il buon record fossilifero rinvenuto in Val Brembana e in altri settori del Bacino Orobico dimostra che, nello scenario del Permiano inferiore, quest'area era caratterizzata da una certa biodiversità, le cui caratteristiche e composizione saranno ulteriormente arricchite dalle ricerche future.

Lavoro consegnato il 12.02.2007

### RINGRAZIAMENTI

Gli Autori desiderano ringraziare in particolare il Prof. Cassinis G. (Università di Pavia) per le stimolanti discussioni e la Dott.ssa Paganoni A. (Museo di Scienze Naturali "E. Caffi"di Bergamo) per la disponibilità e la preziosa collaborazione durante lo studio dei reperti e le campagne di scavo. Si ringrazia inoltre il Prof. Corradini C. (Università di Cagliari) per la revisione critica del manoscritto e la Prof.ssa Pittau P. (Università di Cagliari) per le analisi sui pollini.

La ricerca è stata compiuta con fondi FAR (Università Pavia).

#### BIBLIOGRAFIA

- ALESSANDRELLO A., PINNA G., TERUZZI G., 1988 Land planarian locomotion trail from the Lower Permian of Lombardian Pre–Alps (Tricladida Terricola). Atti Soc. It. Sci. Nat. e del Mus. Civ. St. Nat. Milano. 129 (2–3): 139–145.
- ARDUINI P., KRIEGER C., ROSSI M., SANTI G., 2003 Early Permian vertebrates ichnoassociation in Scioc Valley –Orobic Basin– (Lombardy – Northern Italy). N. Jb. Geol. Paläont. Monatshefte. 2003 (7): 385–399.
- AVANZINI M., CEOLONI P., CONTI M.A., LEONARDI G., MANNI R., MARIOTTI N., MIETTO P., MURARO C., NICOSIA U., SACCHI E., SANTI G., SPEZZAMONTE M., 2001 – Permian and Triassic tetrapod ichnofaunal

#### SANTI GIUSEPPE, CONFORTINI FEDERICO, KRIEGER CHIARA, MALZANNI MATTEO & RONCHI AUSONIO

units of Northern Italy, potential contribution to continental biochronology. In CASSINIS G. (ed.), Permian continental deposits of Europe and other areas. Regional reports and correlations. *Natura Bresciana, Monografia*. 25: 89–107.

- BENTON M.J., 1982 Trace fossils from Lower Palaeozoic ocean–floor sediments of the Southern Upland of Scotland. Trans. R. Soc. Edinburgh, Earth Sci. 73: 67–87.
- BLIECK A., with contributions of CONTI M.A., FLÜGEL H.W., GAND G.M., LELIEVRE H., MARIOTTI N., NICOSIA U., POPLIN C., SCHNEIDER J.W., WERNEBURG R., 1995 The Alps, a quasi–desert in Palaeozoic vertebrate database, and the Gondwana–Laueuropa palaeogeographic relationships. *Ichthyological Issue*. 15: 8–13.
- BLIECK A., CONTI M.A., DALLA VECCHIA F.M., FLÜGEL H.W., GAND G., HUBMANN B., LELIEVRE H., MARIOTTI N., NICOSIA U., POPLIN C., SCHNEIDER J.W., WERNEBURG R., 1997 – Palaeozoic vertebrates of the Alps: a review. *Bull. Soc. Géol. France.* 168 (3): 343–350.
- BRADDY S.J., 1995 The ichnotaxonomy of the invertebrate trackways of the Coconino Sandstone (Lower Permian), Northern Arizona. In LUCAS S.G., HECKERT A.B. (eds.), Early Permian Footprints and Facies. New Mexico Museum of Natural History & Science Bulletin, 6: 219–224.
- BUATOIS L.A., MANGANO M.G., 1998 Trace fossils analysis of lacustrine facies and basins. Palaeog, Palaeocl, Palaeoec. 140: 367–382.
- BUATOIS L.A., MANGANO M.G., 2004 Animal–substrate interactions in freshwater environments: applications of ichnology in facies and sequence stratigraphic analysis of fluvio–lacustrine successions. In McILROY D. (ed.), The Application of Ichnology to Palaeoenvironmental and Stratigraphic Analysis. *Geological Society, London,* Special Pubblications. 228: 311–333.
- BUATOIS L., MANGANO M.G., MAPLES C.G., LANIER W.P., 1998 Ichnology of an Upper Carboniferous fluvio–estuarine paleovalley: the Tonganoxie Sandstone, Buildex Quarry, Eastern Kansas, Usa. J. Paleont. 72 (1):152–180.
- CASATI P., 1969 Strutture della Formazione di Collio (Permiano inferiore) nelle Alpi Orobie. Natura. 60 (4): 301– 312.
- CASATI P., GNACCOLINI M., 1967 Geologia delle Alpi Orobie occidentali. Riv. It. Pal. Strat., 73: 25-162.
- CASSINIS G., 2003– Towards a stratigraphic reference table for the continental Permian of Italy. Boll. Soc. Geol. It. Vol. Spec. 2: 153–168.
- CASSINIS G., PEROTTI C.R., 1994 Interazione strutturale permiana tra la Linea delle Giudicarie ed i Bacini di Collio, Tione e Tregiovo (Sudalpino centrale, N. Italia). Boll. Soc. Geol. It. 112 (1993): 1021–1036.
- CASSINIS G., SANTI G., 2001 Hanns Bruno Geinitz: a pioneer of the Permian stratigraphy of eastern Lombardy (Southern Alps, Italy). *Geologica Saxonica*. 46/47: 73–82.
- CASSINIS G., SANTI G., 2005 Permian tetrapod footprint assemblages from Southern Europe, and their stratigraphic implications. In LUCAS S.G., ZEIGLER K.E. (eds.), The Nonmarine Permian. New Mexico Museum of Natural History & Science Bulletin. 30: 26–38.
- CASSINIS G., MASSARI F., NERI C., VENTURINI C., 1988 The continental Permian in the Southern Alps (Italy). A review. Z. geol. Wiss. 16: 1117–1126.
- CASSINIS G., CORTESOGNO L., GAGGERO L., MASSARI F., NERI C., NICOSIA U., PITTAU P. (coordinators), 2000 a – Stratigraphy and facies of the Permian deposits between eastern Lombardy and the western Dolomites. Field trip guidebook International Field Conference on: "The Continental Permian of the Southern Alps and Sardinia (Italy). Regional reports and general correlations". Brescia, 23–25 September 1999. 157 pp. Earth Science Department, Pavia University.
- CASSINIS G., NICOSIA U., RONCHI A., SANTI G., 2000 b Impronte di tetrapodi nel Permiano orobico e loro implicazioni stratigrafiche. Nota preliminare. *Rend. Ist. Lomb. Accad. Sci. e Lett.* B 132 (1998) (1–2): 197– 217.
- CEOLONI P., CONTI M.A., MARIOTTI N., MIETTO P., NICOSIA U., 1988 Tetrapod footprints from Collio Formation (Lombardy, Northern Italy). *Mem. Sci. Geol. Padova*. 39: 213–233.
- CONTI M.A., MARIOTTI N., MIETTO P., NICOSIA U., 1991 Nuove ricerche sugli icnofossili della Formazione di Collio in Val Trompia (Brescia). Natura Bresciana. 26 (1989): 109–119.
- CONTI M.A., MARIOTTI N., NICOSIA U., PITTAU P., 1997 Selected bioevents succession in the continental Permian of the Southern Alps (Italy): improvements of intrabasinal and interregional correlations. In DICKINS J.M., YANG ZUNYI, YIN HONGFU, LUCAS S.G., ACHARYYA S.K. (eds.), Late Palaeozoic and Early Mesozoic Circum–Pacific Events and their global correlation. Cambridge University Press. 51–65.
- CONTI M.A., MARIOTTI N., MANNI R., NICOSIA U., 2000 Tetrapod footprints in the Southern Alps: an overview. In CASSINIS G., CORTESOGNO L., GAGGERO L., MASSARI F., NERI C., NICOSIA U., PITTAU P. (coord.), Stratigraphy and facies of the Permian deposits between eastern Lombardy and the western Dolomites. Field trip guidebook International Congress on: "The Continental Permian of the Southern Alps and Sardinia (Italy). Regional reports and general correlations". Brescia 15–25 September 1999: 137–138.
- DEMATHIEU G., GAND G., TOUTIN MORIN N., 1992 La palichnofaune des bassin permiens provençaux. Geobios. 25 (1): 19–54.

DOZY J.J., 1935 - Einige Tierfärhten aus dem Unteren Perm der Bergamasker Alpen. Paläont. Z. 17 (1/2): 45-55.

- DZULINSKY S., WALTON E.K., 1965 Sedimentary features of flysch and greywackes. Developments in Sedimentology. 7: 274 pp.
- FORCELLA F., SCIUNNACH D., SILETTO G.B., 2001 The Lower Permian in the Orobic Anticlines (Lombardy, Southern Alps): criteria for field mapping towards a stratigraphic revision of the Collio Formation. In CASSINIS G. (ed.), Permian continental deposits of Europe and other areas. Regional reports and correlations. *Natura Bresciana, Monografia*. 25: 51–57
- GIANOTTI R., DACCÒ G., DROGHI D., SANTI G., 2001 La successione permiana tra la Valle Pescegallo e la Val Varrone (Lombardia). Stratigrafia e tettonica. Atti Ticinensi di Scienze della Terra Pavia. 42: 125–140.
- GIANOTTI R., MORINI S., MOTTALINI G., SANTI G., 2002 La successione Permiana e Triassica tra la Rocca di Pescegallo ed il Lago Valmora (Lombardia, Bacino Orobico). Stratigrafia e paleontologia. Atti Ticinensi di Scienze della Terra Pavia. 43: 55–72.
- HALSTEAD B.L., 1984 Alla ricerca del passato. Istituto Geografico De Agostini, Novara. 208 pp.
- HAUBOLD H., 1996 Ichnotaxonomie und Klassification von Tetrapodenfährten aus dem Perm. Hallesches Jb. Geowiss. B 18: 23–88.
- HAUBOLD H., LUCAS S.G., 2003 Tetrapod footprints of the Lower Permian Xchoza Formation at Castle Peak, Texas. Paläont. Z. 77 (2): 247–261.
- HAUBOLD H., HUNT A.P., LUCAS S.G., LOCKLEY M.G., 1995 Wolfcampian (Early Permian) vertebrate tracks from Arizona and New Mexico. In LUCAS S.G., HECKERT A.B. (eds.), Early Permian footprints and facies. *New Mexico Museum Natural History & Sciences Bulletin.* 6: 135–165.
- HOLUB V., KOZUR H., 1981 Arthtopodenfährten aus den Rotligenden der ČSSR. Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck. 11(3): 95–148.
- HUNT A.P., LUCAS S.G., 2006 Permian tetrapod ichnofacies. In LUCAS S.G., CASSINIS G., SCHNEIDER J. (eds.), Non–Marine Permian Biostratigraphy and Biochronology. *Geol. Soc. London, Special Publication*. 265: 137–156.
- HUNT A.P., LUCAS S.G., 2007 Tetrapod ichnofacies: A new Paradigm. Ichnos. 14(1/2): 59-68.
- ITALIAN IGCP GROUP 203 (ed.), 1986 Field guide–book of Permian and Permian–Triassic boundary in the South– Alpine segment of the western Tethys. Project n. 203, SGI, Brescia, July 1986. Tipolitografia Commerciale Pavese, Pavia. 180 pp.
- KERP H., PENATI F., BRAMBILLA G., CLEMENT–WESTERHOF J.A., VAN BERGEN P.F., 1996 Aspect of Permian palaeobotany and palynology. XVI. Three–dimensionally preserved stromatolite–incrusted conifers from the Permian of the Western Orobic Alps (northern Italy). *Rev. Palaeob. Palyn.* 91: 63–84.
- LUCAS S.G., 1998 Permian tetrapod biochronology. Permophiles (Newsletter of SCPS). 33: 17-23.
- NICOSIA U., RONCHI A., SANTI G., 2000 Permian tetrapod footprints from W Orobic Basin (Northern Italy). Biochronological and evolutionary remarks. *Geobios*. 33 (6): 753–768.
- NICOSIA U., RONCHI A., SANTI G., 2001 Tetrapod footprints from the Lower Permian of western Orobic Basin (N. Italy). In CASSINIS G. (ed.), Permian continental deposits of Europe and other areas. Regional reports and correlations. *Natura Bresciana*, *Monografia*. 25: 45–50.
- PEROTTI C. R., 2000 Permian tectonics in the Central Southern Alps. In CASSINIS G., CORTESOGNO L., GAGGERO L., MASSARI F., NERI C., NICOSIA U., PITTAU, P. (eds.), Stratigraphy and facies of the Permian deposits between eastern Lombardy and the western Dolomites. Field trip guidebook International Congress on: "The Continental Permian of the Southern Alps and Sardinia (Italy). Regional reports and general correlations". Brescia 15–25 September 1999: 19–20.
- REMY W., REMY R., 1978 Die Flora des Perms im Trompia–Tal und die Grenze Saxon/Thuring in den Alpen. Argumenta Palaeobot. 5: 57–90.
- RONCHI A., SANTI G., 2003 Non-marine biota from the Lower Permian of the Central Southern Alps (Orobic and Collio Basins, N Italy): a key to the paleoenvironment. *Geobios*. 36 (6): 749–760.
- RONCHI A., SANTI G., CONFORTINI F., 2005 Biostratigraphy and facies in the continental deposits of the central Orobic Basin: A key section in the Lower Permian of the Southern Alps (Italy). In LUCAS S.G., ZEIGLER K.E. (eds.), The Nonmarine Permian. New Mexico Museum of Natural History & Science Bulletin. 30: 273– 281.
- SANTI G., 2001a Tetrapod ichnology of Early Permian deposits in the Orobic Basin (Southern Alps, Northern Italy). Intern. Congr. on "Stratigraphic and structural evolution on the Late Carboniferous to Triassic continental and Marine in Tuscany (Italy). Regional reports and general correlation". Siena 30.4–7.5, 2001. Abstract vol.: 59–60.
- SANTI G., 2001b Icniti di tetrapodi permiani nelle Alpi bergamasche. Nota preliminare. Rend. Ist. Lomb. Accad. Sci. e Lett., Classe B. 133 (1999) /1–2: 41–50.
- SANTI G., 2007 New dignity for the extramorphological imprints: an attempt of morphodynamic analysis on vertebrate footprints from the Lower Permian of the South–Alpine (Northern Italy). *The Grzybowski Foundation Special Paper*,12:79–92.

- SANTI G., KRIEGER C., 1999 Nuove impronte di tetrapodi permiani della Valle dell'Inferno (Lombardia–Italia settentrionale). Osservazioni sistematiche e biocronologiche. *Geologia Insubrica*. 4 (2): 27–33.
- SANTI G., KRIEGER C., 2001 Lower Permian tetrapod footprints from Brembana Valley (Lombardy–Northern Italy). Revue de Paléobiologie Genève. 20 (1): 45–68.
- SCHALTEGGER U., BRACK P., 2000 Radiometric age constraints on the formation of the Collio basin (Brescian Prealps). In CASSINIS G., CORTESOGNO L., GAGGERO L., MASSARI F., NERI C., NICOSIA U., PITTAU, P. (eds.), Stratigraphy and facies of the Permian deposits between eastern Lombardy and the western Dolomites. Field trip guidebook International Congress on: "The Continental Permian of the Southern Alps and Sardinia (Italy). Regional reports and general correlations". Brescia 15–25 September 1999: 71.
- SCHNEIDER J.W., LUCAS S.G., ROWLAND J.M., 2004 The blattida (insecta) fauna of Carrizo Arroyo, New Mexico-Biostratigraphic link between marine and nonmarine Pennsylvanian/Permian Boundary profiles. In LUCAS S.G., ZEIGLER K.E. (eds.), Carboniferous–Permian transition. New Mexico Museum of Natural History & Science Bulletin, 25: 247–262.
- SCIUNNACH D., 2001a The Lower Permian in the Orobic Anticline (Southern Alps, Lombardy): a review based on new stratigraphic data. *Riv. It. Pal. Strat.* 101 (1): 47–68.
- SCIUNNACH D., 2001b Early Permian palaeofaults at the western boundary of the Collio Basin (Valsassina, Lombardy). In CASSINIS G. (ed.), Permian continental deposits of Europe and other areas. Regional reports and correlations. *Natura Bresciana, Monografia*. 25: 37–44.
- SCIUNNACH D., GARZANTI E., CONFALONIERI M.P., 1996 Stratigraphy and petrography of Upper Permian to Anisian terrigenous wedges (Verrucano Lombardo, Servino and Bellano Formations; western Southern Alps, Italy). *Riv. It. Pal. Strat.* 102 : 27–48.
- VIRGILI C., CASSINIS G., BROUTIN J., 2006 Permian to Triassic sequences from selected continental areas of southwestern Europe. In LUCAS S.G., CASSINIS G., SCHNEIDER J. (eds.), Non–Marine Permian Biostratigraphy and Biochronology. *Geological Society, London, Special Pubblication.* 265: 231–259.
- VISSCHER H., KERP H., CLEMENT–WESTERHOLF J.A., LOOY C.V., 2000 Permian floras of the Southern Alps. In CASSINIS G., CORTESOGNO L., GAGGERO L., MASSARI F., NERI C., NICOSIA U., PITTAU, P. (eds.), Stratigraphy and facies of the Permian deposits between eastern Lombardy and the western Dolomites. Field trip guidebook International Congress on: "The Continental Permian of the Southern Alps and Sardinia (Italy). Regional reports and general correlations". Brescia 15–25 September 1999: 139–146.
- VOIGT S., HAUBOLD H., 2000 Analyse zur variabilität der tetrapodenfährte Ichniotherium cottae aus dem Tambacher Sandstein (Rotliegend, Unter-Perm, Thüringen). Hallesches Jb. Geowiss. B22: 17–58.

Atti Mus. Civ. Stor. Nat. Trieste	Suppl. al 53	2008	177-188	novembre 2008	ISSN: 0335–1576
-----------------------------------	--------------	------	---------	---------------	-----------------

## SOME TAPHONOMIC ASPECTS OF THE BENTHIC FORAMINIFERS FROM TREMITI ISLANDS (CENTRAL ADRIATIC SEA).

### ROMANA MELIS, IOANNA PROTOPSALTI

Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine Via E. Weiss, 2 – 34127 Trieste (Italy) e-mail: melis@units.it\*, protopsa@units.it \* corresponding author

**Abstract** – Post–mortem transport of foraminiferal tests in shallow–waters sediments is reported by several authors. To evidence these phenomena, data regarding some taphonomic aspects of the benthic foraminifers assemblages from Tremiti Islands are reported. The test preservation, represented by the percentage of fragmentation, indicates that high values correspond rather well with the coarse sands and fine gravels under bottom currents (SGCF) biocoenosis distribution. The occurrence of variable quantity of sub–recent fossils foraminifers in recent sediments is not dependent on the Cenozoic outcrops supply, but rather it can represent previous paeloenvironments, linked to the late Quaternary sea level variations. A dimensional statistical study on *Elphidium crispum*, by mean of Matrox Inspector 3.0 software, are reported from 117 tests random selected from three stations. Together with the textural characteristics of the sediments, the sorting degree of the tests in the TRE19 and 26 samples may testify that the wave–motion is more active on the northwestern windward side of the islands, touched by more recurrent storm surges. On the contrary, low sorting of *E. crispum* population in sediments from the southern side of the Archipelago (TRE9 sample), could be considered as autochthonous, indicating the lower hydro dynamism of this sector.

Key-words: Tremiti Islands, foraminifers, taphonomy, sediments.

Riassunto - Alcuni aspetti tafonomici riguardanti i foraminiferi bentonici delle Isole Tremiti (Adriatico centrale). Il trasporto post-mortem di gusci di foraminiferi in ambienti costieri è un fenomeno che è stato frequentemente segnalato da vari autori. Al fine di evidenziare tali fenomeni, sono riportati i dati relativi ad alcuni aspetti tafonomici dei foraminiferi bentonici nei sedimenti attuali delle Isole Tremiti. Lo stato di conservazione dei gusci, rappresentato dalla percentuale di frammentazione, indica che la peggiore conservazione corrisponde alla distribuzione della biocenosi delle sabbie grossolane e ghiaie fini sottoposte a correnti di fondo (SGCF). La presenza di variabili quantità di gusci fossili, nei sedimenti attuali, è probabilmente da mettere in relazione con le variazioni delle linee di riva tardo quaternarie, mentre si possono escludere contributi dagli affioramenti cenozoici delle isole. Attraverso l'utilizzo del software Matrox Inspector 3.0, sono state misurate la lunghezza (diametro maggiore) e la larghezza (diametro minore) di 117 gusci appartenenti alla specie Elphidium crispum prelevata in tre stazioni opportunamente scelte. Concordando con le caratteristiche granulometriche dei sedimenti, le popolazioni ben classate di E. crispum nelle stazioni TRE19 e 26 possono indicare che l'idrodinamismo è più attivo nel versante nord occidentale dell'arcipelago, sottoposto a ricorrenti fenomeni di tempesta. Al contrario, una popolazione più varia nelle dimensioni, considerata quindi autoctona, nel settore meridionale dell'isola di S. Domino (stazione TRE9), è indicativa di un minore idrodinamismo. Parole chiave: Isole Tremiti, foraminiferi, tafonomia, sedimento.

## 1. – Introduction

The study of the taphonomic aspects concerning the composition of the recent assemblages of microfossils is very important in defining the role of the depositional processes. In shallow high–energy marine environments, microrganisms could be very susceptible to post–mortem transport, which is able to hydraulically sort the tests, reflecting the different depositional processes.

Among the microrganisms, the foraminifers have been used by several authors to determine the hydrodynamics of the environment or the paleoenvironment (KONTROVITZ et al., 1978; KONTROVITZ & SNYDER, 1981; MURRAY et al., 1982; BRUNNER & LEDBETTER, 1987; SNYDER et al., 1990).

The Tremiti Archipelago is located in the central Adriatic Sea, 12.5 miles from the Gargano coast. It is constituted of four islands (S. Domino, S. Nicola, Caprara and Cretaccio) where Cenozoic marine sediments are capped by Quaternary continental conglomerates (SELLI, 1971; COTECCHIA et al., 1996). Since 1989, this area has become Marine Reserve included in the Gargano National Park and is presently of naturalistic and tourist interests.

From the morphological point of view, the sea bottoms surrounding the Archipelago are characterized by a steep deepening, above all in the SE side, where within a few miles from the coasts the bathymetry reaches a depth of 80 m. This situation seems to condition the sediments distribution, too. The different textural classes, evidenced by NOTA's (1958) model, are in fact distributed in sub-parallel bands which are narrower on the SE side, than on NW one. The large quantity of sand in the sediments located between S. Domino and Caprara Islands is an indication of high–energy conditions (NOTARSTEFANO, 2000; SAIN, 2000; FANZUTTI et al., 2004). In the same area the sea bottoms are characterized by the biocoenosis of coarse sand and fine gravel under bottom currents (SGCF), as reported by MATARRESE et al. (2000).

The aim of this article is to define some of the taphonomic aspects regarding the composition of the foraminifers assemblage collected from the bottom sediments of the Tremiti Islands.

Data concerning the recent benthic foraminifers of the bottom sediments of the Tremiti Islands are limited to the study of INFANTI (2003) and MELIS & PROTOPSALTI (2006). The studied assemblages are very rich and diverse; the benthic assemblage is composed of 187 taxa belonging to 27 genera. Foraminifers pertaining to suborder Rotaliina are better represented. Among them *Asterigerinata mamilla*, *Cibicides* spp., *Elphidium* spp. and *Rosalina* spp. are well represented in almost all the studied stations, from 5 to about 80 m. In shallower depths, species of *Miliolinella*, *Peneroplis*, and *Quinqueloculina* are frequent, while species of the genera *Cassidulina*, *Globocassidulina*, *Textularia* and *Uvigerina* characterize the deeper stations. On the basis of these results and considering the hydrodynamics of the sea bottom, as suggested by the sediments distribution, three taphonomic aspects of the recent benthic foraminifers have been studied: the tests preservation, the reworked tests occurrence and the hydraulic transport effect on *Elphidium crispum*, anomalously frequent in some sampling stations.

## 2. – Methods

A total of forty–five bottom sediments were collected in a 1998 cruise funded by a C.N.R. project (Prisma 2, sub–project 3, coordinator prof. G.P. FANZUTTI), in a bathymetric interval ranging from 5 to 88 m. The samples were all located around the Archipelago from 30 to 750 m away from the coasts (Fig. 1).



**Fig. 1** – Location of the sampling stations (isobaths every 10 m); the triangles represent the stations selected to carry out the dimensional analysis of the tests (TRE 9, 19 and 26). **Fig. 1** – Ubicazione dei punti di campionatura (isobate ogni 10 m). I triangoli rappresentano le stazioni scelte per l'analisi dimesionale dei gusci (TRE 9, 19 e 26).

The surface sediments were collected by scraping the upper 2–3 centimetres of the samples collected using a Van Veen grab, 20 litres of capacity; the recovered samples were preserved in alcohol mixed with seawater. Once in the laboratory a small part of each sample was washed on a 0.054 mm sieve, dried at 50°C and their micropaleontological aspects were studied.

The degree of preservation of the tests was studied on an aliquot of about 100 foraminifers per sample and was put into three categories: entire, fragmented or broken and reworked (on the basis of the oxidization and/or the pyritization state) tests; each category was reported as frequency percentage. The percentage of fragmentation is expressed as the number of broken tests related to broken + entire tests. The percentage



Fig. 2 – Percentage distribution of the fragmented and reworked foraminiferal tests from the recent sediments of the Tremiti Islands.

Fig. 2 – Distribuzione della percentuale di frammentazione e della quantità di gusci di foraminiferi fossili nei sedimenti recenti delle Isole Tremiti.

of reworked tests is expressed as the number of altered tests related to reworked + "fresh" foraminifers (Fig. 2).

On the basis of the *Elphidium crispum* distribution (INFANTI, 2003), three stations have been selected to carry out the dimensional analysis of the tests (TRE 9, 19 and 26). By means of Matrox Inspector 3.0 image analysis software, length (maximum diameter) and width (minimum diameter) of 117 randomly selected tests of this taxon were performed; the photos were treated by the "blob analysis" and the dimensional results, in micron, were performed as frequency percentage curves on the corresponding  $\Phi$  dimension. At last, on these data, statistic parameter *sensu* FOLK & WARD (1957) were calculated, as reported in MELIS (2005) (Figs. 3 – 5).

## 3. – Results

### 3.1 – State of preservation

The study of the preservation conditions of the tests, carried out on about 100 observations/sample, indicate that in the whole samples broken or damaged benthic
	length (micron)	width (micron)
mean	936	794
min	607	511
max	1215	1082
stand. dev.	142	136

**TRE 19** 

[	micron	250-354	354-500	500-707	707-1000	1000-1414	1414-1682
E	length (%)		0,0	28,6	63,3	8,2	0,0
l	width (%)		0,0	6,1	59,2	34,7	0,0



**Fig. 3** – Mean, minimum, maximum size and standard deviation (in micron) of the measured *Elphidium crispum* tests in TRE 19 sample (above). Percentage frequency values in the dimensional classes of micron intervals and relatively frequency curves (below).

**Fig. 3** – Dimensioni medie, deviazione standard (in micron) e numero di gusci analizzati nel campione TRE 19 (in alto). Valori di frequenza percentuale delle classi dimensionali indicate come intervalli in microns e relative curve di frequenza di *E. crispum* (sotto).

foraminifers are present. The percentage of fragmentation varies from 17.24 to 52.63 of the assemblage (Fig. 2). In particular, low fragmentation is observed on the Caprara and S. Nicola sea bottoms, while higher values are observed in the sediments around S. Domino Island (Fig. 6). In general, the fragmentation decreases in relation to the increasing bathymetry, characterised by low energy conditions. Moreover, the comparison of these data with the benthic biocoenosis map produced by MATARRESE et al. (2000) indicates that high fragmentation corresponds rather well with the SGCF biocoenosis distribution.

Since the four islands are characterized by the outcropping of marine Cenozoic sediments, and the morphology of the southern coast suggests the possibility of a

	length (micron)	width (micron)
mean	1081	912
min	855	634
max	1405	1240
stand. dev.	122	132

# **TRE 26**

micron	250-354	354-500	500-707	707-1000	1000-1414	1414-1682
length (%)		0,0	4,4	77,8	17,8	0,0
width (%)		0,0	0,0	28,9	71,1	0,0



**Fig. 4** – Mean, minimum, maximum size and standard deviation (in micron) of the measured *Elphidium crispum* tests in TRE 26 sample (above). Percentage frequency values in the dimensional classes of micron intervals and relatively frequency curves (below).

**Fig. 4** – Dimensioni medie, deviazione standard (in micron) e numero di gusci analizzati nel campione TRE 26 (in alto). Valori di frequenza percentuale delle classi dimensionali indicate come intervalli in microns e relative curve di frequenza di *E. crispum* (sotto).

contribution of reworked fossils to the recent marine sediments, the counting of reworked fossils were carried out.

In the studied sediments, the fossils foraminifers are present in the majority of the stations, ranging from a minimum to 1.96 to a maximum of 66.37 % of the recent population. Six stations, located in higher depth do not present fossils contribution (Fig. 2). The occurrence of fossils foraminifers is generally low at shallow water depth, it increases in the interval of 20–60 m, reaching the maximum value in the station TRE19 (28 m deep). The fossils content clearly decreases in the stations located at depth > 60 m. The percentage distribution of this typology of foraminifers permit us to observe that the bathymetric band from 20–60 m deep surrounding

	length (micron)	width (micron)
mean	763	642
min	464	359
max	1259	1103
stand. dev.	225	202

TRE 9

micron	250-354	354-500	500-707	707-1000	1000-1414	1414-1682
length (%)	0,0	4,3	30,4	52,2	13,0	0,0
width (%)	0,0	34,8	34,8	21,7	8,7	0,0



**Fig. 5** – Mean, minimum, maximum size and standard deviation (in micron) of the measured *Elphidium crispum* tests in TRE 9 sample (above). Percentage frequency values in the dimensional classes of micron intervals and relatively frequency curves (below).

**Fig. 5** – Dimensioni medie, deviazione standard (in micron) e numero di gusci analizzati nel campione TRE 9 (in alto). Valori di frequenza percentuale delle classi dimensionali indicate come intervalli in microns e relative curve di frequenza di *E. crispum* (sotto).

the Archipelago is characterized by higher fossils foraminifers. This distribution in some cases corresponds to the SGCF biocoenosis and in other cases to the coastal detritus (DC) one, *sensu* MATARRESE et al. (2000). The fossil assemblage recovered in the studied samples is always composed of sub-recent taxa, such as species of *Adelosina*, *Quinqueloculina*, *Triloculina* and *Elphidium*. Since these taxa are currently interpreted as indicative of shallow-water facies, as reported also by INFANTI (2003), their occurrence permits us to exclude the origin from the islands outcrops, but rather they can represent previous paeloenvironments, linked to late Quaternary sea level variations.

#### 3.2 - Dimensional analysis

The frequency distribution of the benthic foraminifers reported by INFANTI (2003) revealed that in some stations the occurrence of *Elphidium crispum* is anomalous since in stations TRE19 (28 m deep) and TRE26 (31 m deep) it reaches the percentage of 40.3 (on 439 counts) and 69.5 (on 233 counts), respectively. In these stations the diversity Shannon Weaver index is low (1.79 and 1.20, respectively), indicating the strong dominance of this taxon. Since the stations TRE19 and 26 are located on the northern side of the Archipelago, where the sand distribution suggests high hydrodynamics, the size distribution of the *E. crispum* population was carried out. To compare the results of this analysis, another sample characterized by low dominance of this taxon was selected (TRE9, southern side, 34 m deep).

#### **TRE19** sample

*E. crispum* shows a medium length of 936  $\mu$ m and a medium width of 794  $\mu$ m (on 49 counts). The dimensional data, elaborated as percentage of the frequency classes, are represented by unimodal curves (mode: 707–1000  $\mu$ m) (Fig. 3). The curves are both very well sorted; considering the kurtosis, they are platikurtic and mesokurtic for with and length data, respectively.

# **TRE26** sample

The studied taxon presents a medium length of 1081  $\mu$ m and a medium width of 912  $\mu$ m (on 45 counts). The dimensional data, elaborated as percentage of the frequency classes, are represented by unimodal curves (mode: 1000 – 1414  $\mu$ m for length; mode: 707–1000  $\mu$ m for width) (Fig. 4); the curves are both very well sorted and mesokurtic.

# **TRE9** sample

*E. crispum* shows a medium length of 763  $\mu$ m and a medium width of 642  $\mu$ m (on 23 counts). The dimensional data, elaborated as percentage of the frequency classes, are represented by unimodal curves (mode: 707 – 1000  $\mu$ m for length; mode: 354 – 707  $\mu$ m for width) (Fig. 5). The length size curve is well classed and mesokurtic, while the with size curve is moderately classed and platikurtic, respectively.

The dimensional analysis of *E. crispum* in the studied stations evidences that in TRE19 and 26 stations the population is constituted by specimens selected in the 707–1000  $\mu$ m size, while in TRE9 sampling station, several dimensions of specimens are present, from 354 to 1414  $\mu$ m interval in size.

*E. crispum* is a shallow–water epifaunal species, which usually harbours algal chloroplasts as adults (LEE & LEE, 1989). In general, the life cycle of this taxon is characterized by an alternation of sexual and asexual generations, which cannot be easily recognized from external characters, except for the earliest stages (MYERS, 1942). The study of its growth rate carried out by the author in several sublittoral





Fig. 6 – Distribuzione areale della percentuale di frammentazione dei gusci di foraminiferi nei sedimenti attuali delle Isole Tremiti.

zones, indicates that both generations have similar size, though the microspheric generation is characterized by a higher number of chambers than the megalospheric one. For this taxon, MURRAY (1991) indicate a mean size of 1–3 mm for adult variety.

Than, considering that its population is generally formed by several growth stages, from young to adult, samples TRE19 and 26 seem defined by well–sorted adult specimens, only. Taking into account that post–mortem transport may be common in shallow–water bottoms and that *E. crispum* is easily washed from the substratum by currents (MYERS, 1943), these results suggest that in some areas of the Archipelago the currents have probably sorted the tests, accumulating a great quantity of adult specimens. The amount of well sorted sandy sediments characterized by the presence of bioclastic gravel, in this area, supports this possibility. The absence of juvenile forms of *E. crispum* could be linked to winnowing action by currents, even if high fragmentation rate in TRE19 could indicate some bed load transportation, too. On

the other hand, modest currents and waves characterize the southern station (TRE9), as represented by the autochthonous population of *E. crispum* and by a more diverse and equitable foraminifers assemblage.

These considerations are supported also by the textural aspects of the three samples. In fact, samples TRE19 and TRE 26 are classified as sand according to NOTA's binary classification (1958). The frequency curves are both very well sorted and mesokurtic *sensu* FOLK & WARD (1957). The TRE9 sample is classified as pelitic sand and the frequency curve is poorly sorted and platikurtic. Therefore, we can reconfirm that the wave–motion is more active on the northwestern windward side of the islands, touched by more recurrent storm surges.

In conclusion the taphonomic aspects of the studied foraminifers have provided some additional information regarding the assemblage composition of the Tremiti Islands and their relationship with the bottom hydrodynamics. The fragmentation percentage has evidenced areas of high hydro dynamism, as testified also by the amount of well–sorted *E. crispum* population. The occurrence of variable quantity of fossils foraminifers in recent sediments may be useful to study the sea level variations during the late Quaternary. Furthermore, these data may increase the reliability of their use in shallow–water paleoenvironmental reconstructions.

Lavoro consegnato il 31.01.2008

#### REFERENCES

- BRUNNER C.A. & LEDBETTER M.T., 1987 Sedimentological and micropaleontological detection of turbidite muds in hemipelagic sequences: an example from the Late Pleistocene levee of Monterey fan, Central California continental margin. *Mar. Micropal.*, 12: 223–239.
- COTECCHIA V., GUERRICCHIO A. & MELIDORO G., 1996 Geologia e processi di demolizione costiera dell'Isola di S. Nicola (Tremiti). Mem. Soc. Geol. Ital., 51: 595–606.
- FANZUTTI G.P., PROTOPSALTI I. & LANDUCCI C., 2004 Sea-floor sedimentological and morphological mapping of Tremiti Islands (Adriatic Sea). Atti del 32<sup>nd</sup> International Geological Congress, Firenze, 20–28 agosto 2004.
- FOLK R. L. & WARD W. C., 1957 Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. Jour. Sed. Petrology, 27: 3–26.
- INFANTI S., 2003 I foraminiferi attuali dell'Arcipelago delle Isole Tremiti: ecologia e aspetti tafonomici. *Tesi di laurea inedita in micropaleontologia*, Dip. di Sc. Geol., Amb. e Mar., Univ. degli Studi di Trieste, 2002–2003, 102 pp.
- KOTROVITZ M. & SNYDER S.W., 1981 Reliability of microfossils assemblages as paleoenvironmental indicators. Transaction of Gulf Coast Ass. Geol. Soc., 31: 323–324.
- KONTROVITZ M., SNYDER S.W. & BROWN R.J., 1978 A flume study of the movement of foraminifera tests. Palaeogeogr., Palaecoclimat., Palaecol., 23: 141–150.
- LEE J.J. & LEE R.E., 1989 Chloroplast retention in Elphidids (Foraminifera). Endocytobiol., 216-220.
- MATARRESE A., PANZA M., MASTROTOTARO F., COSTANTINO G., 2000 Preliminare rappresentazione cartografica dei fondali dell'Arcipelago delle Isole Tremiti (Mar Adriatico). Biol. Mar. Medit., 7: 590–593.
- MELIS R., 2005 Analisi morfometriche di foraminiferi bentonici del Mare di Ross: considerazioni riguardanti il trasporto dei gusci. *Rendiconti Soc. Paleont. Ital.*, 2: 151–164.

- MELIS R. & PROTOPSALTI I., 2006 I foraminiferi attuali dell'Arcipelago delle Isole Tremiti, aspetti ecologici e tafonomici. Atti Conv. "Giornate di Paleontologia 2006", Trieste 8–11 giugno, p. 59.
- MURRAY J.W., 1991 Ecology and palaeoecology of benthic foraminifera. Longman Scientific & Technical (ed.), England, 397 pp.
- MURRAY J.W., STURROCK S. & WESTON J.F., 1982 Suspended load transport of foraminiferal tests in the tide-and wave-swept sea: Jour. Foram. Res., 12: 51–65.
- MYERS E.H., 1942 A quantitative study of the productivity of the Foraminifera in the sea. *Proc. Amer. Philos. Soc.*, 85 (4): 325–342.
- MYERS E.H., 1943 Life activities of Foraminifera in relation to marine ecology. Proc. Amer. Philos. Soc., 86 (3): 439–458.
- NOTA D. J. G., 1958 Sediments of the western Guiana shelf. *Thesis, Mededel. Landbouwhogaschool*, Wageningen, 98 pp.
- NOTARSTEFANO G., 2000 Morfologia e sedimentazione sui fondali delle isole di S. Nicola e Caprara (Arcipelago delle Tremiti). *Tesi di laurea inedita in geomorfologia*, Dip. di Sc. Geol., Amb. e Mar., Univ. degli Studi di Trieste, 1998–1999, 118 pp.
- SAIN G., 2000 Coste e fondali dell'Isola di San Domino (Arcipelago delle Tremiti). Tesi di laurea inedita in geografia, Dip. di S. Geol., Amb. e Mar., Univ. degli Studi di Trieste, 1998–1999, 142 pp.
- SELLI R., 1971 Isole Tremiti e Pianosa. In Cremonini G., Elmi C. & Selli R. (eds.), Foglio 156: S. Marco in Lamis. Note Illustrative alla Carta Geologica d'Italia scala 1: 100.000. Servizio Geologico d'Italia, Roma.
- SNYDER, S.W., HALE, W.R. & KONTROVITZ, M., 1990 Assessment of postmortem transportation of modern benthic foraminifera of the Washington continental shelf. *Micropal.*, 36 (3): 259–282.

Atti Mus. Civ. Stor. Nat. Trieste	Suppl. al 53	2008	189-232	novembre 2008	ISSN: 0335–1576
-----------------------------------	--------------	------	---------	---------------	-----------------

# UNA VALUTAZIONE TASSONOMICA QUANTITATIVA PRELIMINARE DELLA DOCUMENTAZIONE DI VERTEBRATI DEL QUATERNARIO DELLA SICILIA

# DARIA PETRUSO <sup>(1)</sup>, MASSIMILIANO CUSUMANO <sup>(1)</sup>, DOMENICA DOMINA <sup>(1)</sup> MARCO PAVIA <sup>(2)</sup> & FEDERICO MASINI <sup>(1)</sup>

(1) Dipartimento di Geologia e Geodesia, Università di Palermo – Via Archirafi, 22 – I–90123, Palermo.

fmasini@unipa.it; dariape72@unipa.it

(2) Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Torino

Via Valperga Caluso, 35 – I–10125, Torino. marco.pavia@unito.it

Abstract – A preliminary taxonomic evaluation of the Quaternary vertebrate fossil record of Sicily – A dataset of the Quaternary vertebrates of Sicily, based on information from literature sources, is presented. A quantitative methodology for compiling and analysing the data is described. The adopted numerical treatment of data is particularly effective in synthesizing and analysing the large amount of information contained in the data set. The paper gives a synthetic picture of the consistence of the Sicilian fossil record during the considered time interval. The compilation fully confirms that the fossil record of Sicily is an important source of information on the diversity of mammal faunas in the Quaternary of the Mediterranean region. The record of the five classes of vertebrates documented in the Sicilian deposits and the influence of the taphonomy of the fossil sites is analysed and discussed more in the details. The results highlight several bias which affect the taxonomy, the chronology and the taphonomy of the documentation, particularly for what regards small sized fossil taxa. The results also address the attention on future research on the vertebrates of the island. The proposed methodology represents a preliminary theoretical contribution to the complex question connected to the evaluation of the actual consistency of vertebrate fossil record. **Key words**: Vertebrata, Sicily, Faunal Diversity, Quaternary

Riassunto – Viene proposto un metodo di archiviazione e di analisi di dati che permette di valutare, con l'ausilio di trattamenti numerici, vari aspetti della documentazione fossile. La metodologia è applicata alla documentazione a vertebrati della Sicilia, su una base di dati compilati da fonti di letteratura. Vengono descritti i criteri seguiti per la compilazione dell'archivio e per le analisi dei dati. La Sicilia con 171 depositi fossiliferi e oltre 1100 segnalazioni tassonomiche rappresenta una fonte importante di osservazioni per le faune a vertebrati del Quaternario del Mediterraneo. Il trattamento numerico dei dati permette di sintetizzare e descrivere l'informazione tassonomica, stratigrafica e tafonomica in modo semplice e confrontabile. I risultati hanno messo in evidenza numerose problematiche relative alla tassonomia, alla tafonomia e alla cronologia del record dell'isola. I vari tipi di analisi condotte sulla base di dati compilati si sono dimostrate efficaci nel rivelare aspetti poco noti della documentazione dell'isola e nel fornire risposte puntuali a particolari problematiche, come ad esempio quelle relative alla rappresenta un contributo teorico preliminare alle complesse problematiche connesse con la stima della completzza e della reale rappresentatività della documentazione dell'isola della documentazione dell'isola e nel fornire relative alla complesse problematiche connesse con la stima della completzza e della reale rappresentatività della documentazione dello documentazione dello rappresentatività della documentazione dello rappresentatività della documentazione dell'isole e nel diversi tipi di deposito.

Parole chiave: Vertebrata, Sicilia, Diversità Faunistica, Quaternario.

# 1. – Premessa

Le conoscenze della composizione faunistica di una data regione e in un dato intervallo cronologico derivano essenzialmente da una compilazione di dati della letteratura. Tali informazioni sono solitamente organizzate sotto forma di carte di distribuzione stratigrafica delle presenze di taxa (*range chart*), utilizzate principalmente per scopi stratigrafici. Le *range chart* non sono però sufficienti a rispondere ad interrogativi del tipo: "C'è differenza tra la composizione faunistica di depositi di ambienti deposizionali diversi?" oppure "Quanto è realmente

rappresentativa la documentazione paleontologica di una data unità biocronologica e/o di una regione geografica...?" o ancora, "Quanto sono rappresentate le varie categorie tassonomiche di vertebrati in una data unità biocronologica e regione geografica?".

Per rispondere a tali domande sono solitamente utilizzati i *data set* paleontologici, che raccolgono, sintetizzano e organizzano in modo consultabile grandi quantità di informazioni. Consistono in un elenco di località, ordinato nel tempo e nello spazio, a cui sono associate le relative liste faunistiche e numerosi altri tipi di informazione. I *data set* paleontologici sono solitamente utilizzati per individuare e discutere *pattern* di eventi di estinzione e comparsa, variazioni di diversità faunistica, ed effettuare ricostruzioni paleobiogeografiche e paleoecologiche come, ad esempio *Palaeobiology Database* (AA.VV., 2006) e *Neogene of the Old World* (FORTELIUS, 2006).

Una delle maggiori problematiche cui va incontro la compilazione dei *data set* deriva dall'eterogeneità delle informazioni contenute nelle fonti di letteratura. I depositi hanno diversa tafonomia e sono stati scavati in tempi diversi (dall'ottocento ai giorni nostri) e da operatori differenti (da appassionati scopritori a tecnici del settore) e, quindi, con metodologie e grado di accuratezza differenti. Anche la sistematica dei taxa è in continua evoluzione. Le determinazioni disponibili sono talora obsolete e affette da un diverso livello di precisione che dipende dal gruppo sistematico di appartenenza; ad esempio i proboscidati e gli arvicolidi sono spesso molto più studiati rispetto agli insettivori, i mammiferi rispetto ai rettili, etc. Anche la numerosità dei reperti e il loro stato di conservazione influenzano il grado di precisione e di affidabilità delle determinazioni.

Tutti questi problemi sono ben noti ai paleontologi, anche se spesso l'omogeneità dei *data set* è data per scontata ed i tentativi di verificare più in dettaglio la completezza e la confrontabilità dell'informazione in ogni intervallo di tempo e in ogni area geografica non sono frequenti.

# 2. – Materiali e metodi

## 2.1 - Un archivio dei Vertebrati Quaternari della Sicilia

Prendendo spunto dalla metodologia proposta nel lavoro di MASINI & ABBAZZI (2004, 2006), relativo alla documentazione dei micromammiferi del Plio–Pleistocene della Penisola Italiana, è stato compilato un *data set* dei vertebrati quaternari della Sicilia utilizzando come fonte principale di dati i lavori di BURGIO et al. (2002) e MANGANO & BONFIGLIO (1998). Questi due lavori rappresentano la sintesi più esauriente attualmente disponibile delle conoscenze sulle faune a vertebrati della Sicilia. Sono stati introdotti aggiornamenti relativi ad alcune delle località censite e a località di recente scoperta (BAGNASCO, 1994; SIMONELLI; 1996; MANGANO et al., 2005; PETRUSO, 2003; DELFINO, 2002; 2003; PAVIA, 1999; 2000; 2001; 2004). I dati sono stati compilati inizialmente in un documento

di testo, in cui per ogni località fossilifera sono riportate la lista dei taxa e altre informazioni, tra cui la localizzazione geografica, la collocazione cronologica (geocronologica e/o biocronologica) ed il tipo di deposito (dati tafonomici e sedimentologici). I taxa sono stati organizzati seguendo l'ordinamento tassonomico (Appendice 1). I dati sono stati quindi trascritti sotto forma di "foglio elettronico" (CUSUMANO, 2005; DOMINA, 2006).

La compilazione di un *data set* aggiornato sia dal punto di vista stratigrafico sia tassonomico ha incontrato una serie di difficoltà iniziali dovute anche al fatto che le conoscenze sulla ricchissima documentazione paleontologica della Sicilia si sono accumulate nell'arco di un tempo consistente (più di due secoli), e che, in molti casi, le informazioni necessarie non erano aggiornate o erano del tutto assenti.

Per ridurre la disomogeneità dell'informazione e recuperare al tempo stesso la maggiore quantità possibile di dati, è stato necessario intraprendere una revisione dei dati iniziali. In molti casi purtroppo, le informazioni importanti risultavano irrimediabilmente perdute e quindi un certo numero di località è stato escluso dalle successive analisi. La revisione ha interessato tre aspetti principali: la tassonomia, la cronologia e la tafonomia dei depositi (CUSUMANO, 2005; DOMINA, 2006).

2.1.1 – Revisione tassonomica. Poiché una revisione tassonomica diretta dei materiali fossili era al di fuori della prospettiva di questo lavoro, abbiamo cercato di aggiornare la nomenclatura obsoleta con il sinonimo più recente, sulla base dei dati tassonomici aggiornati e revisionati relativi ad un certo numero di depositi scavati e pubblicati di recente e alle conoscenze acquisite grazie ai risultati degli scavi condotti nell'ultimo ventennio con tecniche stratigrafiche aggiornate (DI MAGGIO et al., 1999; BONFIGLIO et al., 2002a). Alcuni taxa (5%) la cui presenza sull'isola è stata ritenuta altamente improbabile e che sono segnalati in pubblicazioni antiche (es. antilope, bufalo d'acqua, cammello, rinoceronte, prolago), sono stati eliminati dall'archivio.

Il risultato della revisione tassonomica ha permesso di ottenere una lista complessiva di taxa relativamente affidabile, e di ridurre notevolmente le 286 segnalazioni tassonomiche presenti in MANGANO & BONFIGLIO (1998) e BURGIO et al. (2002). Le recenti revisioni dell'erpetofauna (DELFINO, 2002; 2003) e dell'avifauna (PAVIA, 1999; 2000; 2001; 2004; PAVIA & MOURER-CHAUVIRÉ, 2002) hanno tuttavia nuovamente incrementato il numero dei taxa fino a portarli a 260 di cui più della metà (140) appartenenti alla classe Aves. Nel corso della revisione sono emersi numerosi problemi di nomenclatura e molte delle attribuzioni tassonomiche imprecise sono state necessariamente mantenute nell'archivio. Oltre un quarto dei 260 taxa presenti nell'elenco sono affetti da vari gradi di incertezza: per 17 taxa è disponibile solo la indicazione di appartenenza alla classe, all'ordine o alla famiglia, in altri casi si tratta di specie indeterminate (52) oppure di riferimenti specifici incerti o provvisori (18). Tale "rumore tassonomico" è normale in compilazioni di questo tipo anche se può complicare o rendere incerte le valutazioni di diversità faunistica e le attribuzioni cronologiche. La lista completa dei taxa è riportata in Appendice 1.

2.1.2 – Revisione cronologica. Come base per la revisione è stato adottato lo schema aggiornato della successione delle fasi di popolamento o Complessi Faunistici (C.F.) siciliani di BONFIGLIO et al. (2002a, 2002b; Figura 1; Appendice 2). Dove possibile, le differenti associazioni faunistiche rinvenute nei depositi sono state ricondotte alle unità biocronologiche corrispondenti ai 5 Complessi faunistici siciliani (C.F. Monte Pellegrino, C.F. Elephas falconeri, C.F. Elephas mnaidriensis, C.F. Grotta San Teodoro - Pianetti, C.F. Castello; BONFIGLIO et al., 2002a; 2002b). Le attribuzioni cronologiche sono affette da vari gradi di incertezza. In alcuni casi le attribuzioni cronologiche sono corroborate da datazioni numeriche (BADA et al., 1991; RHODES, 1996; MARTINI, 1997) e/o datazioni relative, basate su correlazioni dei depositi a mammiferi con depositi marini e con evidenze geomorfologiche di stazionamenti del livello marino (terrazzi, solchi di battente), elaborate nella Sicilia orientale, sud - orientale (BONFIGLIO, 1991; BONFIGLIO & BURGIO, 1992; BONFIGLIO et al., 2003) e nord - occidentale (DI MAGGIO et al., 1999). Le associazioni faunistiche di alcuni depositi sono prive di taxa che permettano una precisa attribuzione ai Complessi Faunistici siciliani, ma contengono taxa presenti in due Complessi successivi. Ad esempio Elephas mnaidriensis e Cervus elaphus siciliae sono presenti nelle associazioni riferibili al C.F. E. mnaidriensis e al C.F. Grotta San Teodoro - Pianetti, oppure Microtus (Terricola) gr. savii ed Equus hydruntinus presenti nei C.F. Grotta San Teodoro – Pianetti e Castello (vedi Fig. 1). Per includere nell'analisi anche queste associazioni, esse sono state attribuite a categorie biocronologiche "cumulate" che comprendono due Complessi Faunistici successivi. Sono state introdotte solamente due di queste categorie: E.mnaidriensis/Grotta San Teodoro-Pianetti e Castello/Olocene (Tab. 1). In base a questi criteri è stata possibile un'attribuzione cronologica a 137 depositi dei 171 citati nelle fonti bibliografiche. I depositi per cui è disponibile il dato cronologico sono indicati nel testo come "depositi datati". I rimanenti trentaquattro siti non sono stati classificati biocronologicamente per vari motivi e sono indicati come "non datati". In alcuni casi si tratta di siti per i quali sono disponibili in letteratura associazioni di taxa manifestamente eterogenee dal punto di vista cronologico, provenienti verosimilmente da più orizzonti stratigrafici che non sono stati distinti in fase di scavo e/o di pubblicazione. I depositi talvolta sono stati totalmente asportati o non sono più identificabili geograficamente con precisione rendendo impossibile qualsiasi revisione. In altri casi si tratta di siti comprendenti più depositi affioranti a breve distanza per i quali è disponibile solamente una lista faunistica cumulativa; infine, alcuni casi sono segnalazioni fatte nell'800, talmente vaghe da riportare solamente la dicitura "ossami di giganti". Tali siti sono stati esclusi dalla maggior parte delle analisi.

2.1.3 – Classificazione dei depositi in base alle loro caratteristiche sedimentologico – tafonomiche. Utilizzando come base le informazioni relative alla natura dei depositi contenute in BURGIO et al. (2002), MANGANO & BONFIGLIO (1998) e BONFIGLIO & BURGIO (1992) e altre fonti di informazione (BONFIGLIO et al., 2001b;2003); idepositi sono stati di stinti in due principali categorie: depositi di ambienti

Geocronologia		Pleistocene Inferiore		primo Pleistocene Medio	tardo Pleistocene Medio-primo Pleistocene Superiore	tardo Pleistocene Superiore	Pleniglaciale- Tardiglaciale	Olocene antico
Età stimata per l'inizio di ogni unità (Ma)		1.6	Π	0.9	0.3	0.07	0.02	0.01
Stima della durata di ogni unità (Ma)		0.7	Π	0.6	0.23	0.05	0.01	0.005
Biocronologia		C.F. M.Pellegrino		C.F. Elephas falconeri	C.F. Elephas mnaidriensis	C.F. Grotta San Teodoro- Pianetti	C.F. Castello	Fauna olocenica
Taxa di mammiferi selezionati								
Mustelercta arzilla Asoriculus burgioi Hypolagus peregrinus Apodemus maximus Pellegrinia panormensis Maltamys spgollcheri-wiedincitensis Vulpes sp. Ursus sp. Elephas falconeri Lutra trinacriae Crocidura esuae Leithia melitensis Panthera leo spelaea Hippopotamus pentlandi Bison priscus siciliae Elephas maidriensis Crocuta crocuta spelaea Cervus elaphus siciliae Dana carburangelensis Bos primigenius siciliae				> ? ?	>			
Canis lupus								
Vulpes vulpes Sus scrofa								
Erinaceus europaeus			Π					
Microtus (Terricola) savii			П					
Crocidura cfr. sicula			П					
Apouemus cif. sylvalicus Fauus hydruntinus			П					
Leguus nyurununus Leguus europaeus			П					
Equus ferus			П				?	
Lynx lynx			П					
Capreolus capreolus			П				?	
Felis silvestris			П					
Martes sp.			П					
Mustela cfr. nivalis			П					
Cervus elaphus			П					
Bos primigenius			П					
Oryctolagus cuniculus			П					
Arvicola terrestris			П					
Gils gils			П					
Luira iuira	I		Ц		L	l	L	

Fig. 1 – Biocronologia a mammiferi e Cronostratigrafia per il Pleistocene – Olocene della Sicilia (Dati da BONFIGLIO et al., 2002a). Nella lista tassonomica sono riportati solo i taxa ritenuti più significativi. Le stime numeriche di età presentate nella seconda e terza riga sono basate sui dati riportati in Appendice 2. Legenda: le aree ombreggiate indicano la presenza dei taxa; i punti interrogativi indicano presenze dubbie; il segno ">" indica una transizione tassonomica lungo una ipotetica linea evolutiva. Le due colonne bianche indicano l'esistenza di lacune di notevole entità nella documentazione stratigrafica (da MASINI et al., in stampa).

Fig. 1 – Pleistocene – Holocene mammal biochronology and chronostratigraphy adopted in the present paper (data after BONFIGLIO et al., 2002a). Only the most significant taxa are reported in the taxonomic list. The numerical age estimations in the second and third row are based on data reported in the Appendix 2. Legend: shaded rows indicate the distribution of taxa; the question mark indicate a doubtful occurrence; the sign ">" indicate a phyletic transition within an evolutionary line. The major gaps in the documentation between two subsequent phases are represented by white columns (after MASINI et al., in press).

#### DARIA PETRUSO, MASSIMILIANO CUSUMANO, DOMENICA DOMINA, MARCO PAVIA & FEDERICO MASINI

Unità biocronologiche	Unità cumulate
Fauna dell'Olocene	
C.F. Castello	Castello/Olocene
C.F.Gr. S.Teodoro-Pianetti	E mnaidriansis/Cr S Toodora Dianatti
C.F. <i>E. mnaidriensis</i>	
C.F. <i>E. falconeri</i>	
C.F. M.te Pellegrino	

Tabella 1 – Unità biocronologiche utilizzate per la classificazione delle associazioni faunistiche di vertebrati della Sicilia.

Table 1 – Biochronological units adopted for the classification of vertebrate faunal assemblages of Sicily.

"Chiusi" e depositi di ambienti "Aperti" secondo i criteri adottati da MASINI & ABBAZZI (2006). I primi includono depositi di riempimento di grotte, fessure e ripari sotto roccia e sono ubicati prevalentemente in corrispondenza degli affioramenti di rocce carbonatiche mesozoiche, largamente distribuiti nei Monti di Trapani e di Palermo e nel Plateau Ibleo (80 depositi datati e 12 non datati). I depositi di ambiente aperto sono di natura più eterogenea e includono depositi fluviali, lacustri, costieri, depositi di suolo, coperture sedimentarie di terrazzi marini, depositi di travertino, depositi di versante ed altri ancora. Essi sono molto meno numerosi e distribuiti in tutto il territorio dell'isola, anche se prevalentemente in corrispondenza delle linee di riva quaternarie (26 depositi datati e 6 non datati). Per non escludere inizialmente dall'analisi alcun tipo di deposito è stato necessario introdurre altre due categorie di classificazione. Una include i rari siti in cui sono presenti depositi di cavità e depositi marini esterni (categoria 3 - depositi "Misti", che comprende solo 4 casi). L'altra categoria comprende i "siti" per i quali l'informazione sedimentologica – tafonomica non è disponile (categoria 4 – depositi "Non Classificati" indicati come "N.C.", di cui 27 sono datati e 16 non datati).

Nel complesso, pur con le incompletezze e le incertezze sopra delineate, riteniamo che il *data set* prodotto rappresenti una base di partenza sufficientemente esauriente per intraprendere le successive analisi.

# 2.2 – Metodi

Poiché il dato riguardante il numero di individui per ciascun taxon non era ovviamente disponibile per quasi tutte le località, è stata utilizzata come unità base d'informazione proprio la "presenza di un taxon in ciascun deposito" indicata come "occurrence" (una parola inglese difficilmente traducibile, ben

194

nota ai paleontologi, che significa sia presenza, sia accadimento).

Un foglio elettronico con funzioni di ordinamento e di calcolo costituisce uno strumento appropriato per sintetizzare e analizzare l'informazione così raccolta e classificata. Nel foglio elettronico i dati sono stati organizzati sotto forma di una tabella in cui per ogni singola località sono riportate le *occurrences* dei taxa. Le località sono classificate secondo lo schema biocronologico riportato in **Tabella 1**. I siti non datati sono stati classificati come tali. Per ogni località sono state riportate sotto forma codificata le seguenti informazioni: la denominazione, la localizzazione geografica, la collocazione cronologica (geocronologica e/o bicronologica), il tipo di deposito (dati tafonomici e sedimentologici) e i taxa presenti (*occurrences*). L'informazione relativa ai taxa è a sua volta organizzata in modo gerarchico: classe, ordine, famiglia, genere e specie. La base di dati così strutturata costituisce in altri termini una matrice multi–dimensionale a più criteri di classificazione. In tal modo è possibile analizzare separatamente o congiuntamente l'informazione relativa alle varie categorie tassonomiche ed effettuare analisi incrociate fra le varie categorie di informazione.

Un insieme di dati così organizzato si presta a rispondere a numerose domande: ad esempio ci si può chiedere quale è il taxon più rappresentato nella documentazione. In questo caso si sommano le *occurrences* di ogni taxon nelle diverse località e, utilizzando la funzione di ordinamento, si ottiene una tabella, in cui i vari taxa sono ordinati in modo decrescente per il numero di *occurrences*, che permette facilmente di soddisfare alla domanda. Nel caso specifico il taxon più rappresentato è un elefante (*Elephas mnaidriensis* con ben 68 segnalazioni; vedi Appendice 1). Oppure ci si può chiedere quale sia la diversità tassonomica di ogni singola località. La risposta si ottiene semplicemente sommando le *occurrences* corrispondenti alle varie località. Ci si può chiedere ancora come sono rappresentate tassonomicamente le varie unità biocronologiche. Si possono formulare anche domande più complesse quali, ad esempio, quanto sono rappresentate le diverse classi dei vertebrati, nell'insieme complessivo, nelle diverse unità biocronologiche e all'interno di queste nelle diverse categorie deposizionali.

Per ogni deposito è stato calcolato il numero totale delle *occurrences* dei taxa ed il numero delle *occurrences* per ogni rango sistematico. Gli stessi parametri sono stati calcolati per ogni unità biocronologica nel complesso e separatamente per ciascuna categoria deposizionale. Infine, è stato calcolato anche il numero di taxa per tutti i tipi di deposito e per ogni unità biocronologica.

In totale, il *data set* a vertebrati compilato comprende 260 taxa e 1135 *occurrences* distribuite nei 171 depositi (**Tab. 2**). Come si può osservare dalla tabella, i 34 depositi non datati rappresentano il 20% dei depositi totali. Essi contengono il 41 % dei taxa e rendono conto solamente del 16,7 % delle *occurrences* totali. I siti datati rappresentano l'80% del totale e contengono il 93% dei taxa (solo l'8 % circa dei taxa totali è presente esclusivamente nei siti non datati; vedi Appendice 1). I siti datati contengono l'83 % circa delle *occurrences* totali, con una frequenza di 6,9 *occurrences* per deposito, mentre

Classi di	Depositi							
Vertebrati	Da	tati	Non	datati	Tot	Totale		
ventebrati	n = 13	7(80%)	n = 34	(20%)	n = 171	(100%)		
	Таха	Occurr.	Таха	Occurr.	Таха	Occurr.		
Pisces	5	11	1	1	5	12		
Amphibia	10	36	2	4	10	40		
Reptilia	18	71	5	5	18	76		
Aves	130	272	57	78	140	350		
Mammalia	79	555	42	102	87	657		
Totali	242	945	108	190	260	1135		
% sui totali	93,1%	83,3%	41,1%	16,7%	100%	100%		
Frequenza media	1,77	6,9%	3,15	5,6%	1,53	6,6%		

**Tabella 2** – Distribuzione delle *occurrences* e dei taxa a vertebrati nei depositi quaternari della Sicilia. Solo i depositi datati sono considerati.

 Table 2 – Occurrences and taxa distribution within the vertebrate bearing deposits of the Quaternary of Sicily. The dated deposits only are considered.

quella dei siti non datati è di 5,6. Solamente le informazioni relative ai siti per i quali è disponibile una datazione sono state considerate per le successive analisi.

In **tabella 3** e in **figura 2** è riportata la distribuzione dei siti datati e delle categorie deposizionali nei diversi Complessi Faunistici. Come si può osservare i siti sono distribuiti in modo irregolare nelle diverse unità, e la tabella permette già una prima valutazione della variazione della documentazione nel tempo. In pratica le

Lipità			Depositi		
Offica	Chiusi	Aperti	Misti	N.C.	Totali
Olocene	4	0	0	2	6
Castello/Olocene	3	0	0	0	2
Castello	16	0	0	2	19
Gr.S.Teodoro-Pianetti	6	0	0	0	6
<i>E.mnaid</i> /Gr.S.Tedoro-Pianetti	11	4	2	11	28
E.mnaidriensis	29	20	2	10	60
E.falconeri	8	4	0	2	13
M. Pellegrino	3	0	0	0	3
Tutte le unità	80	28	4	27	137

 Tabella 3 – Numero di depositi delle quattro categorie deposizionali nella successione delle unità biocronologiche della Sicilia. Legenda: N.C. = depositi non classificati.

 Table 3 – Number of deposits of each depositional category within the biochronological units of Sicily.

 Legend: N.C. = not classified deposits.



Fig. 2 – Distribuzione del numero di depositi nelle unità biocronologiche della Sicilia. Le quattro categorie deposizionali sono riportate in ogni unità. Legenda: N.C. = depositi non classificati. Fig. 2 – Distribution of the number of deposits within the biochronological units of Sicily. The four depositional categories of deposit are also indicated in each unit. Legend: N.C. = not classified deposits.

unità più antiche (C.F. Monte Pellegrino e C.F. *E. falconeri*), relative al Pleistocene Inferiore e alla parte inferiore del Pleistocene Medio, sono estremamente sottorappresentate, mentre la documentazione è decisamente consistente per la parte alta del Pleistocene Medio e per il Pleistocene Superiore. Un confronto coi risultati dell'analisi dei siti a micromammiferi in MASINI & ABBAZZI (2006), mostra come la sotto–rappresentazione del Pleistocene Inferiore e Medio sia una caratteristica dell'isola. Si può ipotizzare che la rarità di depositi "antichi" sia dovuta in parte all'intensità dei processi erosivi, in un settore tettonicamente molto attivo come la Sicilia.

Considerando adesso la classificazione dell'ambiente di sedimentazione dei depositi (**Tab. 3; Fig. 2**) si nota che i depositi "Chiusi" (prevalentemente alloggiati in morfologie carsiche) rappresentano la grande maggioranza. I siti di ambiente aperto sono infatti presenti in numero abbastanza importante solo nelle unità "C.F. *E. mnaidriensis*" e secondariamente "C.F. *E. falconeri*", mentre sono praticamente assenti nelle unità più recenti. Probabilmente una delle principali cause di questa condizione è dovuta al fatto che nella Sicilia sono relativamente poco rappresentati i bacini sedimentari fluvio–lacustri a favore di depositi costieri e marini. Questi ultimi sono meno favorevoli alla fossilizzazione dei vertebrati terrestri. Tuttavia, soprattutto in concomitanza di morfologie legate all'azione marina, essi costituiscono una parte rilevante dei depositi fossiliferi del tardo Pleistocene Medio – primo Pleistocene Superiore della Sicilia (BONFIGLIO & BURGIO, 1992; BONFIGLIO et al., 2003). La rarità di depositi "Aperti" fossiliferi del post – Tirreniano, è invece un dato comune a gran parte del record continentale a vertebrati che in questo intervallo è costituito in gran parte da depositi di grotte. Ciò è anche una ovvia conseguenza del fatto che, anche dove sono presenti, i depositi sedimentari di ambiente aperto raramente sono esposti in affioramento e quindi accessibili all'indagine dei paleontologi.

#### 2.3 – Una riflessione sul metodo.

La base di dati può essere usata per dare inizialmente risposte quantitative di tipo descrittivo come quelle sopra elencate. Queste risposte a loro volta richiedono delle interpretazioni che sono in certo senso approfondimenti e possono rivelare aspetti poco noti o sottovalutati della documentazione. Tuttavia, riteniamo che la base dati possa fornire prime risposte anche a problemi più sostanziali e complessi, come ad esempio la valutazione della consistenza e affidabilità della documentazione pa-leontologica dei diversi gruppi tassonomici in una data regione o unità biocronologica.

Lo spunto per indagare sulla possibilità di valutare la consistenza del record proviene da una riflessione sulle relazioni esistenti fra diversità tassonomica (il numero di taxa presenti in tutti i depositi, in un data classe di vertebrati, in una unità biocronologica, e in una data categoria deposizionale) e il numero di *occurrences* corrispondenti.

Nel caso di un taxon singolo il numero di occurrences potrà variare da 1 (il taxon è presente in un solo deposito) a un numero maggiore dell'unità (il dato taxon è presente in più depositi). È intuitivo che maggiore è il numero di occurrences di un taxon, più il taxon è "conosciuto" ovvero ritrovato, segnalato ed eventualmente studiato. Il caso delle unità biocronologiche o dei gruppi tassonomici maggiori (ad esempio, la Classe) è più interessante. Per approfondire questo aspetto prendiamo in considerazione, come esempio, una unità biocronologica. In una unità è presente un certo numero di taxa e un certo numero di occurrences, cioè di ritrovamenti concreti dei taxa, nei diversi depositi che la compongono. Per una data unità, il numero di occurrences può essere uguale o maggiore del numero di taxa in essa presenti. Un maggior numero di occurrences significa che la data unità è rappresentata da un record più consistente. In linea di principio il numero di occurrences di una unità biocronologica dipende sia dalla biodiversità temporale e spaziale compresa dalla stessa unità - un parametro che non è valutabile direttamente dal record - sia dalla quantità e qualità dei depositi e della campionatura effettuata nei depositi stessi. Il numero di occurrences può aumentare, infatti, in seguito alla scoperta e allo scavo di nuovi siti o di siti già conosciuti. Il numero dei taxa in un'unità biocronologica, invece, non può aumentare indefinitamente all'aumento del numero di ritrovamenti (occurrences) poiché dipende come già detto dalla "reale" diversità faunistica di quella data area geografica e di quel particolare



**Fig. 3** – Relazione della diversità tassonomica in funzione del numero di ritrovamenti (*occurrences*). Le tre curve si riferiscono a tre ipotetiche unità biocronologiche con diversità faunistica di 90, 50 e 25 taxa. Da MASINI & ABBAZZI (2006), modificato.

**Fig. 3** – Relationship of the taxonomic diversity with the number of occurrences. The curves represent the theoretical pattern of three hypothetical biochronological units having a faunal diversity of 90, 50 and 25 taxa, respectively. From MASINI & ABBAZZI (2006), modified.

intervallo di tempo. Ci aspettiamo quindi che la funzione che mette in relazione il numero di *occurrences* e il numero di taxa in una unità sia simile and una curva di saturazione con una parte ripida e un plateau (Fig. 3). Nella parte ripida della curva, un aumento delle *occurrences* può produrre un incremento nel numero dei taxa, con un guadagno netto di informazione sulla diversità. Superato un certo numero di *occurrences*, ci si può attendere che il numero dei taxa documentati rimanga stazionario. Il numero delle *occurrences*, quindi, include informazioni ripetute nei confronti del numero dei taxa, poiché vi sono numerose *occurrences* di uno stesso taxon in siti diversi della stessa età. Questa ridondanza di informazione non rappresenta un inutile "rumore", ma al contrario può essere considerata come una grossolana misura della consistenza della documentazione paleontologica. Essa infatti rende conto di quanto i taxa siano effettivamente rappresentati nel tempo e nello spazio dell'unità e fornisce quindi indirettamente indicazioni sull'affidabilità del campionamento della successione delle diverse unità biocronologiche (MASINI & ABBAZZI, 2006).

Classi	Таха	Occur.	frc
Pisces	5	11	2,2
Amphibia	10	36	3,6
Reptilia	18	71	3,9
Aves	130	272	2,1
Mammalia	79	555	7,0
Mammalia - macro	47	462	9,8
Mammalia - micro	32	93	2,9
Totali	242	945	3,9

**Tabella 4** – Numero di *occurrences* e numero di taxa delle cinque classi di vertebrati nei depositi datati. Legenda: frc = frequenza di ritrovamento della classe.

**Table 4** – Number of occurrences and taxa within each class of vertebrates. Only dated deposits are considered. Legend: frc = frequency of occurrence of each class.

# 3. – Risultati e discussione

#### 3.1- La diversità tassonomica delle classi di Vertebrati.

La prima domanda che ci siamo posti riguarda la rappresentazione della varie classi di vertebrati nell'insieme dei depositi datati. I risultati relativi al numero di *occurrences* e di taxa sono riportati in **tabella 4** e **figure 4 e 5**. Come si può notare le varie classi (Pesci, Anfibi, Rettili, Uccelli, Mammiferi) sono rappresentate in modo disomogeneo nel *database*. I mammiferi sono stati analizzati più in dettaglio, considerando sia la classe nel suo insieme sia le due categorie tafonomico– dimensionali dei macromammiferi e dei micromammiferi.

Una valutazione approssimativa del grado di rappresentazione delle varie classi è data dal rapporto fra numero totale di *occurrences* della classe e numero di taxa. Questo parametro indicato come "frequenza di ritrovamento della classe" (*frc*) in **tabella 4** esprime in modo empirico la frequenza di ritrovamento medio dei taxa delle varie classi e può essere considerato come una stima molto grossolana della quantità di informazione relativa ai vari gruppi tassonomici.

La diversa rappresentazione è sicuramente dovuta in parte a una reale differenza di diversità e di abbondanza dei diversi animali rappresentanti le varie classi sull'isola. Tuttavia, essa è verosimilmente anche il riflesso di uno o più fattori di distorsione (*bias*) che hanno influenzato la stessa documentazione e l'informazione disponibile.

Il primo fattore è da ricercare nella diversa ecologia, etologia e quindi tafonomia dei rappresentanti le varie classi di vertebrati. Animali legati ad ambienti acquatici, ad

200





**Fig. 4** – Distribution of the number of occurrences within the five classes of vertebrates in the Quaternary of Sicily. Only dated deposits are considered.

esempio, andranno incontro a processi biostratinomici diversi rispetto ad animali legati ad ambienti rupicoli o di pianura. Un'analisi di dettaglio su queste problematiche tuttavia va molto oltre gli scopi del presente lavoro.

Un'altra potenziale fonte di *bias* riguarda la diversa attenzione riservata al recupero e allo studio dei rappresentanti delle diverse classi. Ad esempio, per una serie di motivi che è facile intuire, gli elefanti nani hanno attirato l'attenzione più dei roditori e dei piccoli rettili, e quindi hanno ricevuto un particolare riguardo non solo in fase di recupero ma anche di studio e pubblicazione, secondo una tradizione consolidata fra i vertebratologi.

Un altro fattore che è sicuramente importante nell'introdurre *bias* nella documentazione è la taglia degli organismi. Ci possiamo attendere che la diversa taglia degli animali delle diverse classi abbia un effetto importante non solo sulla loro probabilità di fossilizzazione, ma anche sul recupero e sugli studi di cui sono oggetto. I resti di vertebrati di piccola taglia, come quasi tutti gli anfibi, molti rettili (con la notevole eccezione dei cheloni), molti uccelli, e anche alcuni ordini di mammiferi, necessitano di tecniche di setacciatura del sedimento per essere adeguatamente recuperati (KOWALSKI, 2001). Nel caso della Sicilia, tali tecniche sono entrate in uso corrente abbastanza di recente (TAGLIACOZZO, 1993; CHILARDI & GILOTTI, 1996; PETRUSO, 1996; BONFIGLIO et al., 1997; DI



Fig. 5 – Distribuzione del numero di taxa nelle cinque classi di vertebrati per il Quaternario della Sicilia. Solamente i depositi datati sono considerati.

Fig. 5 – Distribution of the number of taxa within the five classes of vertebrates in the Quaternary of Sicily. Only dated deposits are considered.

MAGGIO et al., 1999, BONFIGLIO et al., 2001a; PETRUSO, 2003), e quindi le collezioni di fossili più antiche risentono sicuramente di tale mancanza.

I rettili e gli anfibi fossili dell'isola, con l'eccezione delle tartarughe, non sono mai stati oggetto di studi approfonditi se non nel corso della revisione di DELFINO (2002; 2003) limitata ad alcune delle località scavate di recente. È verosimile che una buona parte dell'informazione relativa a queste classi sia andata perduta per il mancato utilizzo di tecniche di recupero appropriate o che giaccia inutilizzata nelle collezioni museali. Tuttavia, i valori del rapporto frc delle due classi di 3,6 -3,9 occurrences/taxon (Tab.4) non sono i più bassi osservati. Bisogna considerare però che per i rettili circa il 60% delle occurrences è relativo alle tartarughe (35 occurrences) e ai taxa indeterminati a livello di classe (9 occurrences). Un numero quest'ultimo che sottostima la diversità tassonomica in quanto la denominazione "Reptilia indet." in una lista faunistica può sottintendere anche una diversità tassonomica elevata. Analogamente, per gli anfibi, ben 23 occurrences su un totale di 36 sono relative al genere Bufo (17) e ad "Amphibia indet." (6). A ciò si aggiunge il fatto che la tafonomia dell'erpetofauna, oltre ad essere poco nota, gode in minore misura dell'azione degli uccelli strigiformi (gufi, civette e affini) come fattore di accumulo, in quanto questi predatori cacciano in prevalenza micromammiferi,

secondariamente uccelli e solo occasionalmente i rettili e gli anfibi (ANDREWS, 1990).

Il caso dei pesci risente in modo ancora più marcato delle stesse problematiche, a cui si aggiungono ulteriori fattori tafonomici. Ci possiamo attendere di trovare resti di pesci essenzialmente in depositi fluvio–lacustri o marini, che sono poco rappresentati nel Quaternario dell'isola (i primi) o, per ovvi motivi, poco studiati dai vertebratologi (i secondi). Possiamo attenderci di trovare resti di ittiofauna anche in depositi di cavità, sia per l'azione di uccelli marini sia per l'attività di pesca dell'uomo. Se si chiede all'archivio dove sono stati ritrovati i rari resti di pesci in relazione al tipo di deposito e all'età (cfr. **Fig. 14** e **Tab.7**), vediamo infatti che i resti provengono da depositi di tipo "Aperto" del C.F. *E. mnaidriensis*, e dai siti del C.F. Castello e dell'Olocene, che sono prevalentemente siti "Chiusi" di tipo antropico. In quest'ultimo caso l'ittiofauna viene presa in considerazione proprio grazie al suo rapporto con l'economia delle popolazioni umane preistoriche (TAGLIACOZZO, 1993). La frequenza tassonomica dei pesci è fra le più basse con un valore di 2,2 occurrences/taxon che indica chiaramente la scarsa conoscenza di questa Classe nel Quaternario dell'isola (**Tab. 4**).

I casi degli uccelli e dei mammiferi si discostano nettamente dagli altri. I mammiferi, infatti, sono i più rappresentati come numero di *occurrences* (555), ma comprendono un numero di taxa (79) molto inferiore agli Aves, con un'elevata frequenza di ritrovamento di 7 *occurrences*/taxon. La classe degli uccelli ha invece la massima diversità tassonomica (130 taxa nei siti datati), ma presenta un numero totale di *occurrences* relativamente ridotto (272) rispetto a quello dei mammiferi, con una frequenza di ritrovamento di solo 2,1 *occurrences*/taxon (**Tab. 4**).

L'elevata diversità tassonomica nella classe degli Aves non è un dato sorprendente in se stesso, poiché essa è molto alta in qualunque ecosistema attuale (DEL HOYO et al., 1992). Inoltre nel record fossile le associazioni ad uccelli sono spesso abbondanti e molto diversificate (TYRBERG, 1998), anche in ambiente insulare (MOURER-CHAUVIRÉ et al., 2001). Gli uccelli infatti risentono in modo minore delle barriere biogeografiche che limitano la dispersione dei vertebrati "terrestri" sulle isole e sono oltretutto capaci di migrazioni stagionali. Le barriere biogeografiche sono un fattore di isolamento solo per alcuni gruppi tassonomici, mentre per la maggior parte dei gruppi rappresentano una limitazione agli interscambi successivi e quindi favoriscono l'endemizzazione (ALCOVER et al., 1992). Il numero di occurrences relativamente basso è dovuto al fatto che la maggior parte della documentazione dell'avifauna proviene da un numero limitato di siti (9) dove questa classe è rappresentata da un numero di occurrences molto elevato. Ad esempio, nei due soli siti di Spinagallo (C.F. E. falconeri; PAVIA, 1999) e Contrada Fusco (C.F. E. mnaidriensis; CASSOLI & TAGLIACOZZO, 1996a; 1996b) sono presenti rispettivamente 55 e 59 occurrences di uccelli, che documentano da soli ben 101 del totale di 140 taxa segnalati sull'isola (vedi Appendice 1).

I mammiferi, al contrario risentono fortemente delle condizioni di isolamento e questo può in parte giustificare la loro bassa diversità tassonomica. Tuttavia è il caso di analizzare questa classe più in dettaglio tenendo conto in questo caso anche delle attese differenze correlate alla taglia (**Tab. 4**). I grandi e i piccoli mammiferi sono caratterizzati da una diversità tassonomica di 47 e 32 taxa rispettivamente, ma i primi sono di gran lunga più documentati con 462 *occurrences* e una frequenza di ritrovamento di quasi 10 *occurrences*/taxon (la più alta in assoluto), mentre i micromammiferi sono presenti con 93 *occurrences* e una frequenza di ritrovamento di circa 3 *occurrences*/taxon, un valore di poco più alto di quello degli uccelli e dei pesci. La sovra–rappresentazione dei grandi mammiferi molto probabilmente non ha cause di tipo strettamente tafonomico, ma risente fortemente della maggiore attenzione che i resti di questi animali hanno ricevuto nell'isola nel corso di due secoli di ricerche. La sotto–rappresentazione dei piccoli mammiferi è invece in gran parte dovuta all'utilizzo di tecniche di recupero inadeguate.

800 700 <del>/∖-</del>C  $R^2 = 0.8872$ 600 N. occurrences 500 400 300 200 100 ∧ N.C. M 0 0 20 40 60 80 N. depositi

La condizione dei mammiferi di grande taglia rappresenta quindi un'eccezione, e in base alla interpretazione proposta sembra indicare che i dati dei loro ritrovamenti

**Fig. 6** – Numero di *occurrences* in funzione del numero di depositi datati nelle quattro categorie deposizionali per il Quaternario della Sicilia. Legenda: C = depositi di ambienti chiusi; A = depositi di ambienti aperti; M = depositi di ambienti misti; N.C. = depositi non classificati, di cui non si conosce la tipologia.

**Fig. 6** – Number of occurrences vs. number of dated deposits within the four depositional categories in the Quaternary of Sicily. Legend: C = cavity environment deposits A = open environment deposits; M = mixed environment deposits; N.C. = not classified deposits.

	OCCURENCES									
Classi	dep.Chiusi		dep.Aperti		dep.Misti		dep.N.C.		Totali	
	N	%	N	%	Ν	%	N	%	Ν	%
Pisces	5	0,5	5	0,5	0	0	1	0,1	11	1,2
Amphibia	29	3,1	6	0,6	0	0	1	0,1	36	3,8
Reptilia	58	6,1	11	1,2	0	0	2	0,2	71	7,5
Aves	198	20,9	74	7,8	0	0	0	0	272	28,8
Mammalia	406	43,0	76	8,0	27	2,9	46	4,9	555	58,7
Macro	324	34,3	69	7,3	27	2,9	42	4,4	462	48,9
Micro	82	8,7	7	0,7	0	0,0	4	0,4	93	9,8
Totali	696	73,7	172	18,2	27	2,9	50	5,3	945	100,0
Fr. occ/dep	8,7		6,1		6,8		1,9		6,9	

**Tabella 5** – Distribuzione del numero di *occurrences* dei vertebrati nelle categorie di depositi. I valori percentuali sono calcolati rispetto alle *occurrences* totali di tutti i depositi datati (945). Legenda: Fr. occ/ dep = frequenza di *occurrences* nei quattro tipi di deposito.

**Table 5** – Distribution of the number of occurrences of vertebrates classes within the four depositionalcategories. Percents are computed on the total number of occurrences within the dated deposits (945).Legend: Fr. occ/dep = frequency of occurrences within the deposits of the four categories.

colgono in modo ragionevolmente esaustivo la diversità faunistica dell'isola. Al contrario, per lo stesso criterio, è probabile che il record paleontologico disponibile sottostimi la diversità tassonomica dei gruppi documentati da poche *occurrences*, come l'erpetofauna, l'avifauna, i mammiferi di piccola taglia e a maggior ragione





**Fig.** 7 – Number of occurrences: distribution of the five classes of vertebrates in the four categories of dated deposits. Legend: same as figure 5.



**Fig. 8** – Ripartizione percentuale del numero di *occurrences* per ogni classe di vertebrati nei diversi tipi di deposito, calcolata sul numero totale di *occurrences* di ogni classe. Solamente i depositi datati sono considerati. Legenda: vedi figura 5.

Fig. 8 – Percent frequency of the number of occurrences within the four depositional categories, computed on the total number of occurrences of each class. Only dated deposits are considered. Legend: same as figure 5.

i pesci. Ci si può attendere, quindi, che il ritrovamento di nuovi siti fossiliferi, lo scavo di siti già noti, o al limite lo studio di materiali inediti conservati nelle collezioni museali, influenzi poco le conoscenze relative alla diversità tassonomica della fauna a grandi mammiferi e che possa, invece, incrementare in modo significativo quelle dell'ittiofauna, dell'erpetofauna, dell'avifauna e della micromammalofauna.

#### 3.2 – Le categorie deposizionali

La seconda domanda a cui abbiamo tentato di dare una risposta è se ci sono differenze di rappresentazione e di composizione tassonomica fra le diverse categorie tafonomico-deposizionali.

Il diagramma in **Figura 6** in cui sono riportati il numero di depositi e le relative *occurrences* mostra un andamento grossomodo lineare indicando che il numero di *occurrences* è proporzionale al numero di depositi della categoria, con l'eccezione dei depositi "Non Classificati". Quest'ultimo dato è ragionevole in quanto questi depositi miscellanei sono caratterizzati da un basso numero di *occurrences*, e



Fig. 9 – Contributo percentuale del numero di *occurrences* delle cinque classi di vertebrati rispetto al numero totale di *occurrences* per ogni categoria deposizionale. Solamente i depositi datati sono considerati.

Fig. 9 – Percent contribution of the occurrences of the five vertebrate classes with respect to the total number of occurrences of each depositional category. Only dated deposits are considered.

provengono da località poco descritte o poco note al punto che non è stato possibile classificarle in base alla natura del deposito.

Si può osservare che i depositi chiusi pur rappresentando solo il 58% dei depositi datati (**Tabb. 2**, **5**) rendono conto del 73% delle *occurrences* con una frequenza di *occurrences*/deposito di 8,7 (**Tab. 5**), mentre i depositi aperti che rappresentano il 20% dei depositi datati contengono il 18% delle *occurrences* con una frequenza di 6,1 *occurrences*/deposito (**Tab. 5**). Questa semplice osservazione conferma pienamente che la documentazione dell'isola siciliana è in massima parte dovuta alle numerose e molto scavate grotte o cavità carsiche, e che il contributo degli altri tipi di deposito è decisamente minore, anche se fondamentale da un punto di vista cronologico (BONFIGLIO & INSACCO, 1992).

Queste prime osservazioni possono essere approfondite considerando le ripartizioni delle *occurrences* delle varie classi di vertebrati nei tipi di deposito. Nel diagramma di **Figura 7** dove sono riportate le *occurrences* di ogni classe per tipo di deposito si nota la predominanza dei mammiferi sugli altri vertebrati e che questa classe è l'unica presente nelle categorie miste e non classificate. Quest'ultima osservazione ci consiglierebbe di escludere queste categorie dall'analisi per la loro incompletezza, o almeno di verificare ulteriormente la esatta provenienza dei fossili in esse segna-



Fig. 10 – Distribuzione delle classi di frequenza del numero di *occurrences* dei taxa di mammiferi nei depositi datati chiusi e aperti.

Fig. 10 – Frequency of "Cavity" and "Open" sites with respect to the number of occurrences of mammalian taxa present in each dated deposit.

lati. Più interessante è il grafico relativo al contributo delle *occurrences* delle varie categorie di deposito alle *occurrences* totali della classe (Fig. 8). In tutte le classi il contributo dei ritrovamenti nei depositi di cavità è predominante con l'eccezione dei pesci, che seppure rarissimi, provengono in ugual misura sia da depositi di tipo aperto sia da depositi chiusi, a piena conferma di quanto già osservato in precedenza.

Se viceversa si considerano i contributi delle varie classi al numero totale di ritrovamenti delle quattro categorie di deposito (**Fig. 9**) si osserva che la classe degli Aves contribuisce significativamente, con il 40% delle *occurrences*, alla documentazione dei depositi di tipo "aperto", mentre per i siti chiusi essa rappresenta solamente il 28% circa delle *occurrences* contro percentuali superiori al 58% dei mammiferi. Questo dato può essere interpretato consultando l'archivio. Il contributo alla documentazione degli Aves nei depositi aperti è dato infatti praticamente dal solo sito di Contrada Fusco, con ben 59 delle 74 *occurrences* totali di uccelli della categoria (**Tab. 5**). È interessante osservare inoltre che in questa importante successione sedimentaria di ambiente di delta e di piana alluvionale (CHILARDI & GILOTTI, 1996) sono largamente predominanti gli uccelli acquatici, cosa che non si verifica, ad esempio nel più antico deposito di tipo carsico di Spinagallo (PAVIA, 1999). Queste osservazioni





Fig. 11 – Percent occurrence of large small mammals within the four depositional categories. Only dated deposits are considered.

aprono la prospettiva di un'analisi più attenta della tafonomia degli uccelli, che è oltre gli scopi del presente lavoro.

Concentrandosi adesso sulla classe dei mammiferi abbiamo cercato di analizzare più in dettaglio le differenze fra la documentazione nei soli siti di tipo chiuso e aperto.

L'istogramma in **Figura 10** riporta la frequenza dei depositi a mammiferi in relazione al numero di *occurrences* in essi presenti, per i due tipi di deposito. I due profili sono asimmetrici e caratterizzati da una moda in corrispondenza della classe di numerosità minore (depositi contenenti da 1 a 5 *occurrences*). In termini probabilistici questo è un profilo di "eventi rari" e indica in modo molto generico che il ritrovamento di associazioni di fossili diversificate non è frequente sull'isola, almeno in base ai dati compilati. Si può osservare comunque che il grado di asimmetria è maggiore nel caso dei depositi aperti, in cui solamente due depositi su 27 (Contrada Fusco e Contrada La Costiera) superano le 5 *occurrences*. Considerando che si tratta di faune insulari, la bassa diversità di ritrovamenti che si osserva nei due tipi di deposito verosimilmente riflette la reale bassa diversità

tassonomica delle associazioni. Essa tuttavia è verosimilmente dovuta anche a un bias di campionamento (per molti depositi non è stato effettuato uno scavo sistematico, ma si tratta di semplici segnalazioni di presenze di taxa fossili) e ad un bias di fossilizzazione. In generale, i depositi che si accumulano in ambiente chiuso tendono ad essere più concentrativi (trappole di concentrazione nella classificazione tafonomica di SEILACHER, 1990) e conservativi in fase biostratinomica rispetto a quelli di ambiente aperto, i quali, salvo eccezionali concentrazioni in lenti fossilifere, sono più dispersivi e distruttivi. Un ulteriore aspetto da tenere in considerazione riguarda il diverso volume totale di sedimento presente nei due tipi di depositi. I depositi che si accumulano nelle grotte o fessure sono costituiti da un volume molto esiguo di sedimenti. In tali condizioni uno scavo mirato al recupero di materiale fossile permette di indagare una parte significativa del deposito stesso. Al contrario, le quantità di sedimento nei depositi di ambienti aperti sono maggiori di diversi ordini di grandezza. Tuttavia, soltanto una minima parte di questi depositi viene indagata, di solito in corrispondenza degli affioramenti che manifestano la presenza di fossili, i quali quindi risultano significativamente meno abbondanti.

Se si analizzano infine i contributi delle *occurrences* dei mammiferi di grande e piccola taglia nelle due categorie di deposito (Fig. 11) si nota che i piccoli mammiferi tendono ad essere più rappresentati negli ambienti di tipo chiuso con il 20% delle *occurrences*, mentre rappresentano meno del 10% nei depositi di tipo aperto. Questo dato conferma quanto già osservato da MASINI & ABBAZZI (2006) ed è collegabile alla particolare tafonomia di questo gruppo di animali (cfr. ANDREWS, 1990). I resti dei piccoli mammiferi sono infatti accumulati in grandi quantità dall'attività di caccia degli uccelli predatori notturni (Strigiformi), i quali rigurgitano i boli gastrici in corrispondenza dei posatoi che sono localizzati frequentemente all'interno di grotte o altre cavità carsiche. Date queste premesse, si può concludere che la scarsità di micromammiferi che caratterizza il record della Sicilia non è dovuta alla mancanza di depositi idonei per la loro concentrazione e conservazione, né all'assenza dei predatori dell'avifauna responsabili primari

Linità	Occurrences							
Unita	d.Chiusi	d. Aperti	d. Misti	d. N.C.	Totali			
Olocene	91	0	0	6	97			
Castello/Olocene	51	0	0	0	51			
Castello	118	0	0	4	122			
Gr.S. Teodoro-Pianetti	78	0	0	0	78			
E.mnaid /Gr.S.Teodoro-Pianetti	87	20	21	16	144			
E.mnaidriensis	144	119	6	20	289			
E.falconeri	111	33	0	4	148			
M. Pellegrino	16	0	0	0	16			
Tutte le unità	696	172	27	50	945			

 Tabella 6 – Distribuzione del numero di occurrences delle quattro categorie di deposito nelle unità biocronologiche della Sicilia.

Table 6 - Depositional categories: number of occurrences within the biochronological units of Sicily.

Lipità	Mammalia		Aves		Reptilia		Amphibia		Pisces		Totali	
Unita	Occ.	Таха	Occ.	Таха	Occ.	Таха	Occ.	Таха	Occ.	Таха	Occ.	Таха
Olocene	40	24	43	34	7	6	4	2	3	1	97	67
Castello/Olocene	27	18	17	17	5	4	1	1	1	1	51	41
Castello	83	26	24	21	9	6	5	3	1	1	122	57
Gr.S.Teodoro-Pianetti	44	29	18	13	8	6	8	6	0	0	78	54
E.mnaid /Gr.S.Tedoro-Pianetti	137	31	6	4	1	1	0	0	0	0	144	36
E.mnaidriensis	184	33	77	65	18	10	6	4	4	4	289	116
E.falconeri	28	11	87	71	19	11	12	6	2	1	148	100
M. Pellegrino	12	6	0	0	4	3	0	0	0	0	16	9
Tutte le unità	555	79	272	130	71	18	36	10	11	5	945	242

**Tabella** 7 – Distribuzione del numero di *occurrences* e del numero di taxa delle classi di vertebrati nelle unità biocronologiche della Sicilia.

Table 7 – Vertebrate classes. Number of occurrences and taxa within the biochronological units of Sicily.





Fig. 12 – Distribution of the number of occurrences in the four types of deposits within the Quaternary biochronological units of Sicily.



Fig. 13 – Distribuzione delle *occurrences* delle cinque classi di vertebrati nelle unità biocronologiche del Quaternario della Sicilia.

Fig. 13 – Distribution of the number of occurrences for each class of vertebrates within each Quaternary biochronological unit of Sicily.





Fig. 14 – Distribution of the number of taxa for each class of vertebrates within each biochronological unit of Sicily.



Fig. 15 – Classe Aves: relazione fra numero di taxa e numero di *occurrences* nelle unità biocronologiche del Quaternario della Sicilia. Il valore prossimo all'unità del coefficiente di determinazione ( $R^2$ ) indica la forte correlazione espressa dalla retta di regressione. A = unità cumulata *E. mnaidriensis*/Grotta San Teodoro – Pianetti; B = unità cumulata Castello/Olocene.

Fig. 15 – Class Aves: plot of the number of taxa vs. number of occurrences within the biochronological units of the Quaternary of Sicily. The high  $R^2$  value indicates the strict linear correlation between the two variables. A = cumulated unit *E. mnaidriensis*/Grotta San Teodoro – Pianetti; B = cumulated unit Castello/Olocene.

dell'accumulo dei loro resti (PAVIA, 2004), ma è dovuta al fatto che solo in pochi casi è stata effettuata la setacciatura del sedimento necessaria al recupero di questi fossili.

#### 3.3 – La sequenza cronologica.

La terza domanda, che non è ultima in ordine di importanza, riguarda la distribuzione dell'informazione nella successione cronologica.

Nelle **Tabelle 6** -7, e nelle **Figure 12** -13 -14, è riportato l'andamento delle *occurrences* e dei taxa di vertebrati nella successione delle unità biocronologiche. I grafici e le tabelle rendono immediatamente conto della elevata complessità e variazione dei dati. In questo caso le variabili di cui tenere conto sono molte, non



**Fig. 16** – Grandi e piccoli mammiferi: relazione fra numero di taxa e numero di *occurrences* nelle unità biocronologiche. I triangoli sono riferiti alla macrofauna, gli altri simboli si riferiscono alla microfauna. La linea tratteggiata è interpolata "a mano" in modo da suggerire il possibile andamento delle osservazioni. Legenda – Macrofauna: A = unità cumulata *E. mnaidriensis*/Grotta San Teodoro – Pianetti; B = unità cumulata Castello/Olocene. Microfauna: =  $\circ$  unità cumulata Castello/Olocene; + = Olocene; - = Gr. S. Teodoro – Pianetti;  $\Diamond$  = unità cumulata *E. mnaidriensis*/Grotta San Teodoro – Pianetti;  $\Box$  = C.F. Monte Pellegrino; **x** = C.F. Castello;  $\mathcal{M} = C.F. E.mnaidriensis; <math>\diamond$  = C. F. *E. falconeri*.

**Fig. 16** – Large and small mammals: plot of number of taxa vs. number of occurrences within the biochronological units. Triangles refer to large mammals, the other symbols to small mammals. The dotted line, freehand drawn, is fitted to represent the possible trend of observations. Legend – Large Mammals: A = cumulated unit *E. mnaidriensis*/Grotta San Teodoro – Pianetti; B = cumulated unit Castello/Olocene. Small mammals:  $\circ$  = cumulated unit Castello/Olocene; + = Olocene; - = Gr. S. Teodoro – Pianetti;  $\diamond$  = cumulated unit *E. mnaidriensis*/Grotta San Teodoro – Pianetti;  $\Box$  = C.F. Monte Pellegrino; **x** = C.F. Castello;  $\mathcal{M}$ = C.F. *E.mnaidriensis*;  $\circ$  = C. F. *E. falconeri*.

	Mammiferi					
Unità	Gra	ndi	Piccoli			
	Occ	Таха	Occ.	Таха		
Olocene	22	13	18	11		
Castello/Olocene	22	14	5	4		
Castello	72	19	11	7		
Gr.S.Teodoro-Pianetti	31	21	13	8		
E.mnaid /Gr.S.Tedoro-Pianetti	131	26	6	5		
E.mnaidriensis	168	26	16	7		
E.falconeri	15	4	13	7		
M. Pellegrino	1	1	11	5		
totale	462	47	93	32		

 Tabella 8 – Numero di occurrences

 e di taxa dei grandi e piccoli

 mammiferi nella successione

 biocronologica siciliana

Table 8 – Large and small mammals. Number of occurrences and of taxa within the biochronological units of Sicily.



**Fig. 17** – Numero di *occurrences*/ka per le unità biocronologiche della Sicilia. La linea continua è una funzione di decadimento esponenziale che può essere considerata come una stima grossolana del decadimento di informazione precedendo dalle unità più recenti alle più antiche.

**Fig. 17** – Number of occurrences/ka for the biochronological units of Sicily. The solid line is an exponential function, which roughly expresses the decay of information proceeding from recent to older units.

ultime la variazione di diversità faunistica a cui l'isola è andata incontro nell'arco di tempo considerato e la discontinuità della rappresentazione stratigrafica, particolarmente per il Pleistocene Inferiore – primo Pleistocene Medio. Risulta abbastanza evidente che le varie unità sono rappresentate in modo diverso, e, tenuto conto anche dei risultati al paragrafo 3.1, che la documentazione disponibile è poco informativa rispetto alla variazione di diversità delle classi dei rettili e anfibi e ancor più dei pesci. Possiamo quindi concentrare la nostra attenzione sulle altre due classi.

L'andamento delle *occurrences* e del numero di taxa degli Aves è molto irregolare nel tempo con la apparente massima diversità nelle unità *E. falconeri* e *E. mnaidriensis*. I mammiferi mostrano invece un andamento più regolare, con un massimo di diversità e di *occurrences* per l'unità *E. mnaidriensis* e una relativa stabilizzazione per le unità del Pleistocene Superiore (**Fig. 14**). Se si analizza la relazione fra taxa e *occurrences* per le due classi si ottiene un risultato interessante. Nella classe degli Aves il rapporto fra il numero di taxa e le occurrences nelle diverse unità è lineare (Fig. 15), e indica che i taxa di uccelli presenti nelle varie unità sono essenzialmente documentati da singoli ritrovamenti. Questa condizione conferma che il record ha una scarsa consistenza e che nuovi scavi e studi potranno introdurre importanti novità tassonomiche. Il caso dei mammiferi è invece diverso. Dato il bias di sotto-rappresentazione dei piccoli mammiferi è opportuno considerare con maggiore attenzione i dati relativi ai mammiferi di grande taglia (Tab. 8; Fig. 16). I valori tendono a disporsi secondo un andamento che rispecchia in modo grossolano una curva a plateau. L'interpretazione di questo pattern non è diretta perché bisogna tenere conto che nel caso di un'isola le fluttuazioni della diversità faunistica possono essere molto intense, in relazione alle variazioni della superficie dell'isola e dell'intensità delle barriere biogeografiche (MASINI et al., 2002), più di quello che ci si può attendere sulla terraferma. Ciononostante riteniamo che il risultato indichi che, almeno per le associazioni dei C.F. E. mnaidriensis, Castello e forse Grotta San Teodoro - Pianetti, la documentazione colga in modo abbastanza esauriente la diversità faunistica, e che quindi poche novità tassonomiche sono attese dallo scavo di nuovi depositi.

Le analisi fin qui effettuate non considerano la durata delle unità. In realtà le varie fasi di popolamento dell'isola sottintese dalle rispettive unità hanno durata molto diversa. Anche se una misura precisa della durata delle unità più antiche non è attualmente disponibile, ci siamo posti ugualmente il problema di considerare la quantità di informazione in una scala di tempo. Seguendo i criteri adottati in MASINI et al. (in press) abbiamo effettuato una stima molto grossolana e provvisoria della durata delle varie unità e utilizzato tali valori per fornire una valutazione della frequenza dei ritrovamenti rispetto al tempo (cfr. Fig. 1). Il grafico in Figura 17 in cui per ogni unità biocronologica (categorie cumulate escluse) è riportato il valore di occurrences/ka, esprime l'andamento dell'informazione tassonomicopaleontologica nella successione biocronologica siciliana. Il brusco decadimento indica che la quantità di informazione decresce in modo non lineare e che il record diviene sempre più rarefatto quando si considerano le informazioni relative alle unità più antiche. Un analogo risultato è stato ottenuto da MASINI & ABBAZZI (2006) per i micromammiferi del Pliocene e Pleistocene della penisola italiana. Questo comportamento impone una riflessione sulla natura della documentazione e sull'uso che si può ragionevolmente fare del record stesso e richiede ulteriori verifiche su archivi relativi ad altre regioni geografiche e intervalli cronologici.

#### 4. - Conclusioni

La presente nota è il rendiconto della applicazione al caso concreto dei vertebrati della Sicilia di una metodologia di raccolta e di analisi di dati che permette di valutare con l'ausilio di tecniche numeriche vari aspetti della documentazione fossile. Il metodo si basa sul conteggio dei taxa e delle loro presenze nei depositi (*occurrences*) in relazione alle varie categorie (tassonomiche, cronologiche, tafono-
miche, geografiche ecc) in cui è classificabile l'informazione paleontologica. Tale metodo si è rivelato di applicazione flessibile e utile sotto diversi aspetti.

Anzitutto il trattamento numerico permette di sintetizzare e descrivere l'informazione tassonomica, stratigrafica e tafonomica in modo semplice e confrontabile. Al tempo stesso si presta a numerosi tipi di analisi, che si rivelano efficaci nel mettere in evidenza aspetti poco noti della documentazione e a fornire risposte relative a particolari problematiche. I risultati conseguiti sono fonte di nuovi interrogativi che servono da spunto per riflessioni di tipo teorico e che invitano ad ulteriori attività di ricerca nelle fonti di letteratura, sul campo e nelle collezioni museali. In altri termini il metodo è idoneo sia per analisi di tipo confermativo relative a ipotesi specifiche, sia di tipo esplorativo della banca dati compilata.

La compilazione e l'analisi dell'archivio hanno messo in evidenza numerose problematiche relative alla tassonomia, alla tafonomia e alla biocronologia del record dell'isola, ma hanno anche mostrato che, con i suoi 171 depositi fossiliferi e le sue oltre 1100 segnalazioni tassonomiche, il record siciliano costituisce potenzialmente una fonte molto importante di osservazioni per le faune a vertebrati del Quaternario del Mediterraneo. Molti dei risultati non sono delle novità assolute, ma la metodologia usata consente di focalizzare con buona precisione gli aspetti che richiedono attenzione, come ad esempio la mancanza nell'isola di un record adeguato di piccoli mammiferi. Riteniamo che il metodo proposto, sebbene ancora poco sviluppato nelle sue implicazioni teoriche, rappresenti un contributo preliminare alle complesse problematiche connesse con la stima della completezza e della reale rappresentatività della documentazione a vertebrati.

Lavoro consegnato il 23.02.2007

### RINGRAZIAMENTI

Questo lavoro è dedicato alla memoria di Enzo Burgio, conservatore del Museo Geo-Paleontologico G. G. Gemmellaro dell'Università di Palermo, profondo e attento conoscitore della paleontologia dei vertebrati della Sicilia, prematuramente scomparso nell'anno 2001. È da lui che abbiamo appreso e compreso l'importanza di una classificazione esaustiva delle informazioni paleontologiche.

Un ringraziamento va a Raffaele Guido Della Valle, dell'Università di Bologna, per i chiarimenti su alcuni aspetti teorici del metodo, e alla prof. Laura Bonfiglio, che, nel corso dei tre anni impiegati nella compilazione e analisi dell'archivio, ha sostenuto la nostra attività.

Lavoro finanziato da fondi di Ateneo "ex 60%" dell'Università di Palermo 2003-2005, e PRIN 2003, Unità di Messina, responsabile locale prof. Laura Bonfiglio.

#### BIBLIOGRAFIA

AA.VV., 2006 - Palaeobiology Database: http://paleodb.org/

ALCOVER J. A., FLORIT, F., MOURER-CHAUVIRÉ, C., WEESIE, P. D. M., 1992 – The avifaunas of the isolated Mediterranean islands during the Middle and Late Pleistocene. In: Campbell, K. E. (Ed.), Papers in avian

# DARIA PETRUSO, MASSIMILIANO CUSUMANO, DOMENICA DOMINA, MARCO PAVIA & FEDERICO MASINI

palaeontology honouring Pierce Brodkorb, incorporating the Proceedings of the II International Symposium of the Society of Avian Paleontology and Evolution. Science Series Natural History Museum of Los Angeles County, 36, 273–283.

ANDREWS P., 1990 - Owls, Caves and Fossils. Natural History Museum Publications, 1-231.

- BADA J. L., BELLUOMINI G., BONFIGLIO L., BRANCA M., BURGIO E., DELITALA L., 1991 Isoleucine epimerization ages of Quaternary mammals from Sicily. Il Quaternario, 4, (1a), 49–54.
- BAGNASCO L., 1994 Nuovi contributi alla revisione della specie di elefanti nani del Quaternario siciliano: un approccio biometrico alla morfologia dentaria. Tesi di Laurea in Scienze Geologiche. Università di Palermo, 1–60.
- BONFIGLIO L., 1991 Correlazioni tra depositi a mammiferi, depositi marini, linee di costa e terrazzi medio e tardo – pleistocenici nella Sicilia orientale. Il Quaternario, 4, (1b), 205–214.
- BONFIGLIO L. & BURGIO E., 1992 Significato paleoambientale e cronologico delle mammalofaune pleistoceniche della Sicilia in relazione all'evoluzione paleogeografica. Il Quaternario, 5, (2), 223–234.
- BONFIGLIO L., & INSACCO G., 1992 Paleoenvironmental Paleontologic and stratigraphic significance of Vertebrate remains in Pleistocene limnic deposits from South Eastern Sicily. Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology, 95, 195–208. Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology, 95, 195–208.
- BONFIGLIO L., INSACCO G., MARRA A. C., MASINI F., 1997 Large mammals, amphibians, reptiles from a new fissure filling deposit of the Hyblean Plateau (South Eastern Sicily). Boll. Soc. Pal. It., 36 (1–2), 97–122.
- BONFIGLIO L., MANGANO G., MARRA A. C., MASINI F., 2001a A new late Pleistocene vertebrate faunal complex from Sicily (S. Teodoro Cave, North–Eastern Sicily, Italy). Boll. Soc. Paleont. It., 40 (2), 149–158.
- BONFIGLIO L, MARRAA C., MASINI F., PETRUSO D., 2001b Depositi a vertebrati e ambienti costieri pleistocenici della Sicilia e della Calabria Meridionale. Biogeographia. 22, 29–43.
- BONFIGLIO L., MANGANO G., MARRAA. C., MASINI F., PAVIA M., PETRUSO D., 2002a Pleistocene calabrian and sicilian paleobioprovinces. Geobios, Mémoire spécial, 24, 29–39.
- BONFIGLIO L., MARRA A.C., MASINI F., PAVIA M., PETRUSO D., 2002b Pleistocene faunas of Sicily: a review. World Islands in Prehistory: International insular investigations. V Deia International Conference of Prehistory eds. Waldren W. H.& Ensenyat BAR International Series 1095, 38, 428–436.
- BONFIGLIO L., DI MAGGIO C., MARRA A.C., MASINI F., PETRUSO D., 2003 Bio-chronology of Pleistocene vertebrate faunas of Sicily and correlation of vertebrate bearing deposits with marine deposits. Il Quaternario, 16 (1 bis), 107–114.
- BONFIGLIO, L, MANGANO, G., MASINI, F., PAVIA, M., PETRUSO, D., SPIGO, U., 2004 S. Teodoro cave Stop 2.3. In: Quaternary eustatic fluctuations and biochronology of vertebrate–bearing deposits correlated with marine terraces in Sicily. 32nd International Geological Congress, Field Trip Guidebook pre congress, 17–21.
- BONFIGLIO, L., ESU, D., MANGANO, G., MASINI, F., PETRUSO, D., SOLIGO, M., TUCCIMEI, P., 2006 The Late Pleistocene vertebrate bearing deposits at S. Teodoro cave (north–eastern Sicily): preliminary data on faunal diversification and chronology. In: Pini R., Ravazzi C. (eds) Inqua Seqs Quaternary Stratigraphy and Evolution of the Alpine Region in the European and Global Framework. Volume of Abstracts. Milano 11–15 September, 71–73.
- BURGIO, E., FIORE, M., 1988 La fauna vertebratologica dei depositi continentali di Monte Pellegrino (Palermo). Il Naturalista Siciliano 12 (1–2), 91–18.
- BURGIO, E., FIORE, M., 1997 Mustelercta arzilla (De Gregorio, 1886). Elemento villafranchiano nella fauna di Monte Pellegrino (Palermo, Sicilia). Il Quaternario 10 (1), 65–74.
- BURGIO E., COSTANZA M., DI PATTI C., 2002 I depositi a vertebrati continentali del Pleistocene della Sicilia occidentale. Naturalista siciliano, S.IV, 26 (3–4), 229–282.
- CASSOLI P.F. & TAGLIACOZZO A., 1996a L'avifauna. In: Basile, B. e Chilardi. S. (eds.) Le ossa dei Giganti. Lo scavo paleontologico di Contrada Fusco. Arnaldo Lombardi, 61–67.
- CASSOLI P.F. & TAGLIACOZZO A., 1996b L'ittiofauna. In: Basile, B. e Chilardi. S. (eds.) Le ossa dei Giganti. Lo scavo paleontologico di Contrada Fusco. Arnaldo Lombardi, 54–55.
- CHILARDI, S., 1996 I macromammiferi. In: Basile, B. e Chilardi. S. (eds.) Le ossa dei Giganti. Lo scavo paleontologico di Contrada Fusco. Arnaldo Lombardi, 73–80.
- CHILARDI S., GILOTTI A., 1996 Stratigrafia e sedimentologia. In: Basile B. e Chilardi S. (eds.) Le ossa dei Giganti. Lo scavo paleontologico di Contrada Fusco. Arnaldo Lombardi, Siracusa, 27–34.
- CUSUMANO M., 2005 Valutazione quantitativa della documentazione a vertebrati del Quaternario della Sicilia. Tesi di laurea in Scienze Naturali, Università di Palermo A.A. 2004/2005, 1–140.
- DELFINO M., 2002 Erpetofaune italiane del Neogene e del Quaternario. Tesi di dottorato in Paleontologia. Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia. 1–382.
- DELFINO M., 2003 A Pleistocene Amphisbaenian from Sicily. Amphibia-Reptilia, 24 (4), 407-414.
- DEL HOYO J., ELLIOTT A., SARGATAL J., 1992 Handbook of the Birds of the World, Volume 1. Lynx Edicion, 1–696.

- DI MAGGIO C. INCANDELA A., MASINI F. PETRUSO D., RENDA P., SIMONELLI C., BOSCHIAN G., 1999 – Oscillazioni eustatiche, biocronologia dei depositi continentali quaternari e neotettonica nella Sicilia nord – occidentale (Penisola di San Vito lo Capo – Trapani): un approccio interdisciplinare. Il Quaternario, 12 (1), 25–49.
- DOMINA D., 2006 Analisi quantitative delle associazioni a mammiferi del Quaternario della Sicilia. Tesi di laurea in Scienze Naturali Università di Palermo, A.A. 2005/2006, 1–150.
- KOWALSKY K., 2001 Pleistocene rodents of Europe. Folia Quaternaria 72, 3-389.
- FORTELIUS M., 2006 Neogene of the Old World, Database of Fossil Mammals (NOW). University of Helsinki. http:// www.helsinki.fi/science/now/.
- MANGANO G. & BONFIGLIO L., 1998 I depositi a vertebrati continentali del Pleistocene della Sicilia orientale. Naturalista siciliano, S.IV, 22 (3–4), 405–432.
- MANGANO G., BONFIGLIO L. & PETRUSO D., 2005 Excavation of 2003 at the S. Teodoro Cave (North Eastern Sicily, Italy): Preliminary Faunistic and Stratigraphic data. Geologia Alpina, 2, 71–76.
- MARTINI F., 1997 Il Paleolitico superiore in Sicilia. In Tusa S., (ed.) Prima Sicilia, alle origini della società siciliana, Arti Grafiche siciliane, 111–124.
- MASINI F., BONFIGLIO L., PETRUSO D., MARRAA. C., ABBAZZI L., DELFINO M., FANFANI F., TORRE D., 2002 – The role of coastal areas in the Neogene – Quaternary mammal island populations of the central Mediterranean. Biogeographia, 23, 1–25.
- MASINI F. & ABBAZZI L., 2004 A preliminary quantitative taxonomic evaluation of the Pliocene and Pleistocene small mammal record in the Italian Peninsula. Maul L.C. & Kahlke R.D. Eds:18th International Senckenberg Conference, IV International Palaeontological Colloquium Weimar. Terra Nostra, 2204/2, 164–166.
- MASINI F. & ABBAZZI L., 2006 A preliminary quantitative taxonomic evaluation of the Pliocene and Pleistocene small mammal record in the Italian Peninsula. Courier Forschung. Institut. Senckenberg, 256, 201–213
- MASINI F., PETRUSO D., BONFIGLIO L., MANGANO G., in press Origination and extinction patterns of Mammals in three Central Western Mediterranean Islands in the Late Miocene to Quaternary. Quaternary International.
- MOURER-CHAUVIRÉ C., LOUCHART A., PAVIA M., SEGUÌ B., 2001 Les Avifaunes du Pléistocène Moyen et Supérieur des Îles Méditerranéennes. Bulletin de la Société des Sciences Historiques et Naturelles de la Corse 696–697, 223–244.
- PAVIA M., 1999 The Middle Pleistocene Avifauna of Spinagallo Cave (Sicily, Italy): Preliminary report. In S.L. Olson (ed.), Avian Paleontology at the Close of the 20th Century: Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Meeting of the Society of Avian Palaeontology and Evolution, Washington, D.C., 4–7 June 1996. Smithsonian Contribution to Paleobiology, 89, 125–127.
- PAVIA M., 2000 avifaune pleistoceniche dell'Italia meridionale. Tesi di dottorato. Università di Torino, 1-147.
- PAVIA M., 2001 The Middle Pleistocene fossil avifauna from the "Elephas mnaidriensis Faunal Complex" of Sicily (Italy): preliminary results. Proceedings 1st International Congress The World of Elephants, Rome, 16–20 October 2001, 497–501.
- PAVIA M., 2004 A new large barn owl (Aves, Strigiformes, Tytonidae) from the Middle Pleistocene of Sicily, Italy, and its taphonomical significance. Geobios, 37, 631–641.
- PAVIA M., MOURER–CHAUVIRÉ C., 2002 An overview of the genus Athene in the Pleistocene of the Mediterranean Islands, with the description of Athene trinacriae n. sp. (Aves: Strigidae) In: Zhonghe Z. & Zhang F.(Eds.), Proceedings of the 5<sup>th</sup> Symposium of the Society of Avian Paleontology and Evolution. Beijing (China) 1–4 June 2000. Science Press (Beijing), 13–27.
- PETRUSO D., 1996 Le faune a mammiferi del Pleistocene medio e superiore della Penisola di San Vito. Correlazione con i terrazzi marini. Tesi di laurea inedita dell'Università di Palermo, 1–96.
- PETRUSO D., 2003 Il contributo dei micromammiferi alla Stratigrafia e Paleogeografia del Quaternario continentale siciliano. Tesi di dottorato in Geologia del Sedimentario dell'Università di Napoli, sede consorziata Università di Palermo, 1–320.
- RHODES E. J., 1996 ESR dating of tooth enamel. In Basile B. e Chilardi S., Siracusa. Le ossa dei Giganti. Lo scavo paleontologico di Contrada Fusco, 38–44.
- SEILACHER A., 1990 Taphonomy of fossil lagerstätten: Overview. In Briggs D.F.G. & Crowther P.R., Palaeobiology. A Synthesis. Blackwell Scientific Publications, 266–270.
- SIMONELLI C., 1996 Un approccio biometrico alla morfologia dentaria per la revisione della specie Elephas mnaidriensis. Tesi di Laurea in Scienze Geologiche. Università di Palermo, 1–99.
- TAGLIACOZZO A., 1993 Archeozoologia della Grotta dell'Uzzo, Sicilia. Da un'economia di caccia ad un'economia di pesca e di allevamento. Supplemento Bollettino Paletnologia Italiana N.S. 84, 1–278.
- TYRBERG T., 1998 Pleistocene birds of the Palaearctic: a catalogue. Publications of the Nuttall Ornithological Club, 23, 1–720.

**APPENDICE 1** 

### DARIA PETRUSO, MASSIMILIANO CUSUMANO, DOMENICA DOMINA, MARCO PAVIA & FEDERICO MASINI

Classe	ordine	famiglia		taxon	Oc	curre	nces
					А	В	С
Pisces	indet.	indet.	Pisces indet.		1	7	8
	Perciphorma	Sparidae	Diplodus	sardus		1	1
	Perciphorma	Sparidae	Lithognathus	mormyrus		1	1
	Perciphorma	Labridae	Labrus	cf. merula		1	1
	Perciphorma	Mugilidae	Mugil	cefalus		1	1
Amphibia	indet.	indet.	Amphibia indet.		2	6	8
	Anura	indet.	Anura indet			4	4
	Anura	Bufonidae	Bufo	sp.		2	2
	Anura	Bufonidae	Bufo	bufo		5	5
	Anura	Bufonidae	Bufo	viridis		10	10
	Anura	Discoglossidae	Discoglossus	sp.		2	2
	Anura	Discoglossidae	Discoglossus	pictus	2	4	6
	Anura	Ilidae	Hyla	sp.		1	1
	Anura	Ilidae	Hyla	gr. Hyla arborea		1	1
	Anura	Ranidae	Rana	sp.		1	1
Reptilia	indet.	indet.	Reptilia indet.			9	9
-	Amphisbaenia	indet.	Amphisbaenia indet			4	4
	Chelonia	indet.	Chelonia indet			10	10
	Chelonia	Testudinidae	indet. (taglia grande)			6	6
	Chelonia	Testudinidae	Cistudo	sp.		1	1
	Chelonia	Testudinidae	Cistudo	graeca		1	1
	Chelonia	Testudinidae	Testudo	sp.	1	7	8
	Chelonia	Testudinidae	Testudo	hermanni	1	10	11
	Chelonia	Testudinidae	Testudo	ibera		1	1
	Chelonia	Emididae	Emys	orbicularis	1	5	6
	Chelonia	Chelonidae	Caretta	caretta		2	2
	Squamata	Colubridae	Natrix	sp.		2	2
	Squamata	Colubridae	Colubrina	sp.		1	1
	Squamata	Colubridae	Coluber	viridiflavus		2	2
	Squamata	Lacertidae	Lacerta	sp.		3	3
	Squamata	Lacertidae	Lacerta ?	castellanensis ?	1	1	2
	Squamata	Lacertidae	Lacerta	siculomelitensis		3	3
	Squamata	Lacertidae	Lacerta	viridis	1	3	4
Aves	indet.	indet.	Aves indet.		4	18	22
	Podicipediformes	Podicipedae	Podiceps	cristatus		3	3
	Podicipediformes	Podicipedae	Podiceps	auritus		1	1
	Podicipediformes	Podicipedae	Tachybaptus	ruficollis		2	2
	Procellariformes	Procellaridae	Calonectris	diomedea		1	1
	Procellariformes	Procellaridae	Puffinus	puffinus		2	2
	Pelecaniformes	Pelecanidae	Pelecanus	crispus		1	1
	Pelecaniformes	Falacrocoracidae	Phalacrocorax	carbo	1	1	2
	Pelecaniformes	Falacrocoracidae	Phalacrocorax	aristotelis	1	1	2
	Pelecaniformes	Sulidae	Sula	bassana		1	1
	Ciconiiformes	Ardeidae	Botaurus	stellaris		1	1
	Ciconiiformes	Ardeidae	Egretta	garzetta		1	1
	Ciconiiformes	Ardeidae	Ixobrychus	minutus		1	1

Classe	ordine	famiglia		taxon	Occi	irrenc	es
		_			A	В	С
	Ciconiiformes	Ardeidae	Ardea	cinerea		1	1
	Ciconiiformes	Threskiornirthidae	Geronticus	eremita		1	1
	Ciconiiformes	Threskiornirthidae	Plegadis	falcinellus		1	1
	Anseriformes	Anatidae	Anas	sp.	2	2	4
	Anseriformes	Anatidae	Anas	acuta		1	1
	Anseriformes	Anatidae	Anas	strepera		1	1
Aves	Anseriformes	Anatidae	Anas	crecca		1	1
	Anseriformes	Anatidae	Anas	crecca/querquedula	1	3	4
	Anseriformes	Anatidae	Anas	plathyrhynchos	2	3	5
	Anseriformes	Anatidae	Anas	clypeata	1	1	2
	Anseriformes	Anatidae	Anas	penelope		1	1
	Anseriformes	Anatidae	Branta	sp.	1	2	3
	Anseriformes	Anatidae	Branta	ruficollis	1	1	2
	Anseriformes	Anatidae	Branta	leucopsis		1	1
	Anseriformes	Anatidae	Tadorna	tadorna	1	2	3
	Anseriformes	Anatidae	Anser	sp.	1	4	5
	Anseriformes	Anatidae	Anser	albifrons		2	2
	Anseriformes	Anatidae	Anser	anser	1	1	2
	Anseriformes	Anatidae	Anser	fabalis		3	3
	Anseriformes	Anatidae	Anser	erythropus		1	1
	Anseriformes	Anatidae	Cygnus	sp.	1		1
	Anseriformes	Anatidae	Cygnus	cygnus		1	1
	Anseriformes	Anatidae	Cygnus	falconeri		1	1
	Anseriformes	Anatidae	Cygnus	equitum		1	1
	Anseriformes	Anatidae	Aythya	sp.	2	2	4
	Anseriformes	Anatidae	Aythya	nyroca	1		1
	Anseriformes	Anatidae	Aythya	fuligula		1	1
	Anseriformes	Anatidae	Mergus	merganser		1	1
	Anseriformes	Anatidae	Netta	rufina		1	1
	Anseriformes	Anatidae	Marmaronetta	angustirostris		1	1
	Anseriformes	Anatidae	Oxvura	leucocephala		1	1
	Falconiformes	Accipitridae	Accipiter	gentilis	1	3	4
	Falconiformes	Accipitridae	Accipiter	nisus	1	2	3
	Falconiformes	Accipitridae	Circus	cyaneus		1	1
	Falconiformes	Accipitridae	Aquila	heliaca	1	1	2
	Falconiformes	Accipitridae	Haliaeetus	albicilla	1		1
	Falconiformes	Accipitridae	Buteo	buteo	1	4	5
	Falconiformes	Falconidae	Falco	SD.	1		1
	Falconiformes	Falconidae	Falco	tinnunculus		6	6
	Falconiformes	Falconidae	Falco	peregrinus		1	1
	Falconiformes	Falconidae	Falco	subbuteo	1	2	3
	Falconiformes	Falconidae	Falco	columbarius		3	3
	Falconiformes	Falconidae	Falco	eleonorae		2	2
	Falconiformes	Falconidae	Gyps	melitensis		1	1
	Falconiformes	Pandionidae	Pandion	haliaetus		2	2
	Galliformes	Fasianidae	Alectoris	graeca	2	5	7
	Galliformes	Fasianidae	Coturnix	coturnix	2	5	7

### DARIA PETRUSO, MASSIMILIANO CUSUMANO, DOMENICA DOMINA, MARCO PAVIA & FEDERICO MASINI

Classe	ordine	famiglia		taxon	Occu	irrenc	es
					A	В	С
	Gruiformes	Rallidae	Fulica	atra		4	4
	Gruiformes	Rallidae	Gallinula	chloropus		1	1
	Gruiformes	Rallidae	Porzana	porzana		1	1
	Gruiformes	Rallidae	Rallus	aquaticus	1	3	4
	Gruiformes	Gruidae	Grus	sp.		1	1
	Gruiformes	Gruidae	Grus	melitensis		4	4
	Gruiformes	Gruidae	Grus	grus		3	3
	Gruiformes	Otididae	Otis	tarda		2	2
	Gruiformes	Otididae	Tetrax	tetrax		2	2
	Charadriiformes	Scolopacidae	Numenius	phaeopus/tenuirostris		2	2
	Charadriiformes	Scolopacidae	Scolopax	rusticola	2	7	9
Aves	Charadriiformes	Scolopacidae	Limosa	limosa/lapponica		2	2
	Charadriiformes	Scolopacidae	Tringa	sp.		1	1
	Charadriiformes	Laridae	Larus	minutus		1	1
	Charadriiformes	Laridae	Larus	ridibundus		1	1
	Charadriiformes	Charadriidae	Pluvialis	apricaria		1	1
	Charadriiformes	Charadriidae	Vanellus	vanellus		1	1
	Charadriiformes	Recurvirostridae	Recurvirostra	avosetta		1	1
	Pterocliformes	Pteroclididae	Pterocles	orientalis		1	1
	Pterocliformes	Pteroclididae	Pterocles	alchata		1	1
	Columbiformes	Columbidae	Columba	sp.	1		1
	Columbiformes	Columbidae	Columba	livia /oenas	3	11	14
	Columbiformes	Columbidae	Columba	palumbus	1	8	9
	Columbiformes	Columbidae	Streptopelia	turtur	1	3	4
	Cuculiformes	Cuculidae	Cuculus	canorus	1	1	2
	Strigiformes	Strigidae	Aegolius	martae	1	1	2
	Strigiformes	Strigidae	Asio	sp.	1		1
	Strigiformes	Strigidae	Asio	flammeus		1	1
	Strigiformes	Strigidae	Asio	otus		2	2
	Strigiformes	Strigidae	Athene	noctua	1	5	6
	Strigiformes	Strigidae	Athene	trinacriae	2	3	5
	Strigiformes	Strigidae	Bubo	bubo	2	2	4
	Strigiformes	Strigidae	Otus	scops		2	2
	Strigiformes	Strigidae	Strix	aluco		3	3
	Strigiformes	Strigidae	Syrnium	sp.	1		1
	Strigiformes	Tytonidae	Tyto	alba		1	1
	Strigiformes	Tytonidae	Tyto	mourerchauvireae	2	2	4
	Caprimulgiformes	Caprimulgidae	Caprimulgus	europaeus		1	1
	Apodiformes	Apodidae	Apus	apus/pallidus	1	4	5
	Apodiformes	Apodidae	Tachymarptis	melba		2	2
	Coraciiformes	Coracidae	Coracias	garrulus		2	2
	Piciformes	Picidae	Dendrocopos	leucotos	1	1	2
	Piciformes	Picidae	Picus	viridus	1	2	3
	Passeriformes	Sylviidae	Acrocephalus	sp.	1		1
	Passeriformes	Sylviidae	Sylvia	sp.		1	1
	Passeriformes	Sylviidae	Phylloscopus	sibilatrix/collybita		1	1
	Passeriformes	Motacillidae	Anthus	sp.		1	1

Classe	ordine	famiglia		taxon	Occi	irrenc	es
					A	В	С
	Passeriformes	Alaudidae	Lullula	arborea		1	1
	Passeriformes	Fringillidae	Carduelis	chloris		2	2
	Passeriformes	Fringillidae	Carduelis	sp.	2	1	3
	Passeriformes	Fringillidae	Coccothraustes	coccothraustes		1	1
	Passeriformes	Fringillidae	Fringilla	coelebs/montifringilla		2	2
	Passeriformes	Fringillidae	Serinus	sp.		1	1
	Passeriformes	Corvidae	indet	n.sp.	2	3	5
	Passeriformes	Corvidae	Corvus	sp.	1		1
	Passeriformes	Corvidae	Corvus	corax	2	4	6
	Passeriformes	Corvidae	Corvus	monedula	1	3	4
	Passeriformes	Corvidae	Corvus	corone	2	2	4
	Passeriformes	Corvidae	Garrulus	glandarius	1	2	3
	Passeriformes	Corvidae	Pica	pica		3	3
	Passeriformes	Corvidae	Pyrrhocorax	graculus		5	5
	Passeriformes	Corvidae	Pyrrhocorax	pyrrhocorax	2	4	6
	Passeriformes	Hirundinidae	Delicon	urbica	1		1
Aves	Passeriformes	Hirundinidae	Hirundo	daurica/rustica	1	1	2
	Passeriformes	Emberizidae	Emberiza	sp.		1	1
	Passeriformes	Muscicapidae	Eritachus	rubecula		1	1
	Passeriformes	Muscicapidae	Oenanthe	hispanica		1	1
	Passeriformes	Laniidae	Lanius	senator		1	1
	Passeriformes	Sturnidae	Sturnus	roseus		1	1
	Passeriformes	Sturnidae	Sturnus	vulgaris/unicolor	2	3	5
	Passeriformes	Passeridae	Petronia	petronia		1	1
	Passeriformes	Prunellidae	Prunella	modularis		1	1
	Passeriformes	Carduelinae	Pyrrhula	pyrrhula		1	1
	Passeriformes	Turdidae	Monticola	saxatilis/solitarius	1	1	2
	Passeriformes	Turdidae	Turdus	sp.	2	4	6
	Passeriformes	Turdidae	Turdus	viscivorus	1	1	2
	Passeriformes	Turdidae	Turdus	merula		1	1
Mammalia	indet.	indet.	Mammalia indet		1		1
	Carnivora	Ienidae	Crocuta	sp.	1	4	5
	Carnivora	Ienidae	Crocuta	crocuta spelaea	1	17	18
	Carnivora	Felidae	Felidae indet.			1	1
	Carnivora	Felidae	Panthera	leo spelaea		8	8
	Carnivora	Felidae	Felis	silvestris		3	3
	Carnivora	Felidae	Lynx	sp.		1	1
	Carnivora	Felidae	Lynx	lynx		1	1
	Carnivora	Canidae	Canis	sp.	1	4	5
	Carnivora	Canidae	Canis	lupus	1	16	17
	Carnivora	Canidae	Canis	familiaris		1	1
	Carnivora	Canidae	Vulpes	sp.		2	2
	Carnivora	Canidae	Vulpes	vulpes	1	15	16
	Carnivora	Mustelidae	Martes	sp.		2	2
	Carnivora	Mustelidae	Mustela	sp.	1		1
	Carnivora	Mustelidae	Mustela	cfr. nivalis		2	2
	Carnivora	Mustelidae	Mustelercta	arzilla		1	1

### DARIA PETRUSO, MASSIMILIANO CUSUMANO, DOMENICA DOMINA, MARCO PAVIA & FEDERICO MASINI

Classe	ordine	famiglia		taxon	Occi	urrenc	es
		_			A	В	С
	Carnivora	Mustelidae	Lutra	trinacriae		2	2
	Carnivori	Ursidae	Ursus	sp.		6	6
	Carnivori	Ursidae	Ursus	arctos	1	16	17
	Carnivori	Focidae	Monachus	monachus		3	3
	Cetacea	indet.	Cetacea indet			1	1
	Artiodactyla	Suidae	Sus	sp.		2	2
	Artiodactyla	Suidae	Sus	scrofa	4	32	36
	Artiodactyla	Suidae	Sus	scrofa ferus		1	1
	Artiodactyla	Ippopotamidae	Hippopotamus	sp.	3	11	14
	Artiodactyla	Ippopotamidae	Hippopotamus	pentlandi	1	31	32
	Artiodactyla	Ippopotamidae	Hippopotamus	major	1		1
	Artiodactyla	Cervidae	Cervidae indet.		8	8	16
	Artiodactyla	Cervidae	Capreolus	capreolus		2	2
	Artiodactyla	Cervidae	Cervus	sp.	3	10	13
	Artiodactyla	Cervidae	Cervus	elaphus	6	30	36
	Artiodactyla	Cervidae	Cervus	elaphus siciliae	2	25	27
	Artiodactyla	Cervidae	Dama	sp.		1	1
	Artiodactyla	Cervidae	Dama	dama	1	4	5
	Artiodactyla	Cervidae	Dama	carburangelensis	1	21	22
	Artiodactyla	Bovidae	Bovidae indet.		1	6	7
	Artiodactyla	Bovidae	Bison	priscus siciliae		4	4
Mammalia	Artiodactyla	Bovidae	Bos	sp.	2	12	14
	Artiodactyla	Bovidae	Bos	primigenius	2	22	24
	Artiodactyla	Bovidae	Bos	primigenius siciliae		7	7
	Artiodactyla	Bovidae	Bos	taurus	2		2
	Artiodactyla	Bovidae	Capra	sp.	1		1
	Artiodactyla	Bovidae	Ovis vel Capra	sp.	3	2	5
	Artiodactyla	Bovidae	Ovis	sp.	1		1
	Perissodactyla	Equidae	Equus	sp.	4	8	12
	Perissodactyla	Equidae	Equus	hydruntinus	3	18	21
	Perissodactyla	Equidae	Equus	caballus	1	6	7
	Proboscidata	Elephantidae	Elephas	sp.	16	15	31
	Proboscidata	Elephantidae	Elephas	falconeri	5	12	17
	Proboscidata	Elephantidae	Elephas	melitensis	2		2
	Proboscidata	Elephantidae	Elephas	antiquus	1		1
	Proboscidata	Elephantidae	Elephas	antiquus leonardii	1	1	2
	Proboscidata	Elephantidae	Elephas	mnaidriensis	4	64	68
	Insectivora	indet.	Insectivora indet.			1	1
	Insectivora	Erinaceidae	Erinaceus	europaeus		11	11
	Insectivora	Soricidae	Asoriculus	burgioi		1	1
	Insectivora	Soricidae	Crocidura	sp.		3	3
	Insectivora	Soricidae	Crocidura	esuae	2	6	8
	Insectivora	Soricidae	Crocidura	cfr. sicula		4	4
	Chiroptera	indet.	Chiroptera indet		1	6	7
	Lagomorpha	Leporidae	Oryctolagus	cuniculus	1	2	3
	Lagomorpha	Leporidae	Lepus	sp.	1	1	2
	Lagomorpha	Leporidae	Lepus	europaeus		2	2

Classe	ordine	famiglia		taxon	Occi	irren	ces
					Α	В	С
	Rodentia	indet.	Rodentia indet			1	1
	Rodentia	Muridae	Muridae indet.			1	1
	Rodentia	Muridae	Apodemus	sp.		4	4
	Rodentia	Muridae	Apodemus	cf. sylvaticus		2	2
	Rodentia	Muridae	Apodemus	maximus		2	2
	Rodentia	Muridae	Mus	lopadusae		1	1
	Rodentia	Muridae	Meriones	sp.		3	3
	Rodentia	Arvicolidae	Arvicola	terrestris		4	4
	Rodentia	Arvicolidae	Microtus	(Terricola) savii		8	8
	Rodentia	Arvicolidae	Microtus	(Terricola) savii nebrodensis		1	1
	Rodentia	Gliridae	Glis	glis		1	1
	Rodentia	Gliridae	Maltamys	sp.		2	2
	Rodentia	Gliridae	Maltamys	gollcheri–wiedincitensis	1	1	2
	Rodentia	Gliridae	Maltamys	wiedincitensis	1	3	4
	Rodentia	Gliridae	Maltamys	gollcheri		1	1
	Rodentia	Gliridae	Leithia	sp.		1	1
	Rodentia	Gliridae	Leithia	melitensis	5	11	16
	Rodentia	Gliridae	Leithia	cartei	1	1	2
	Rodentia	Gliridae	Leithia	melitensis–cartei		1	1
	Rodentia	Ctenodactilidae	Pellegrinia	panormensis		3	3
	Rodentia	Istricididae	Histrix	cristata	2	1	3
Totale					190	945	1135

# Appendice 1

Lista di tutti taxa registrati nell'archivio. Legenda: A. *occurrences* dei depositi non datati; B. *occurrences* dei depositi datati; C. *occurrences* totali.

# Appendix 1

List of the taxa registered in the data base. Legend: A. occurrences within not dated deposits; B. occurrences within dated deposits; C. total occurrences.

APPENDICE 2

# Appendice 2

L'età e la durata della fauna del Complesso di Monte Pellegrino sono affette da un forte grado di indeterminazione. L'età massima di questo C.F. viene qui considerata approssimativamente di c.a 1,6 Ma, sulla base degli studi morfologici comparati del taxon Mustelercta (=Pannonictis) arzilla in BURGIO & FIORE (1988; 1997). La stima dell'inizio del C.F. Elephas falconeri è di circa 0,9 Ma in accordo con DI MAGGIO et al. (1999), sulla base delle correlazioni fra le sequenze di terrazzi marini e la curva di variazione isotopica dell'Ossigeno. All'inizio del C.F. Elephas mnaidriensis è assegnata un età di circa 0,3 Ma basata sulle datazioni aminostratigrafiche di BADA et al. (1991) e datazioni "Electron Spin Resonance" di RHODES (1996), integrata con dati di correlazione con la curva isotopica in DI MAGGIO et al. (1999) e BONFIGLIO et al. (2003; 2004). L'età di 0,07 Ma (IOS 4) assegnata all'inizio del C.F. Grotta San Teodoro - Pianetti è in accordo a BONFIGLIO et al. (2003). Recentemente datazioni radiometriche preliminari col metodo 230Th/234U effettuate su uno speleotema all'interno del deposito fossilifero della Grotta di San Teodoro hanno restituito un età di  $32.000 \pm 4.000$  Ka (BONFIGLIO et al., 2006). Le dispersioni che hanno dato origine al C.F. Castello molto probabilmente hanno avuto luogo durante il "Last Glacial Maximum" (IOS 2) datato attorno a 0,020 Ma. Tuttavia le datazioni al radiocarbonio effettuate sui depositi ad industria Epigravettiana associata alla fauna di Castello insistono su età attorno ai 14.000 ka (MARTINI, 1997). L'inizio della fauna olocenica è stimato attorno a 0,01 Ma (da MASINI et al., in stampa).

### Appendice 2

The age of Monte Pellegrino F.C. is affected by major uncertainties. It is considered here as an Early Pleistocene fauna to which a tentative age of about 1.6 Ma is given based on a comparative morphological study of the mustelid Mustelercta (=Pannonictis) arzilla (BURGIO & FIORE, 1988; 1997). The estimated age of the beginning of the Elephas falconeri F.C. is about 0,9 Ma according to DI MAGGIO et al. (1999), based on correlations of marine terraces with the MIS curve. The beginning of the Elephas mnaidriensis F.C. is tentatively assigned to an age of 0.3 Ma on the base of aminoacid racemization dating by BADA et al. (1991) and ESR by RHODES (1996) integrated with correlations to marine isotopic curve in DI MAGGIO et al. (1999) and BONFIGLIO et al. (2003; 2004). The age of 0,07 Ma (IOS 4) assigned to the beginning of Grotta San Teodoro - Pianetti F.C. is according to BONFIGLIO et al. (2003). Recently a preliminary radiometric <sup>230</sup>Th/<sup>234</sup>U dating carried on a speleothem within a fossiliferous level in San Teodoro cave yielded an age of  $32.000 \pm 4.000$  yr (BONFIGLIO et al., 2006). The dispersals that gave origin to the Castello F.C. most likely took place during the Late Glacial Maximum (IOS 2) dated 0,020 Ma. However, radiometric <sup>14</sup>C dating on Epigravettian levels associated to the Castello fauna insist on 0,014–0,011 Ma (MARTINI, 1997). The beginning of the Holocene Fauna is estimated about 0,010 Ma (after MASINI et al, in press).

Appendice 2
Stime delle età delle unità biocronologiche a Mammiferi del Pleistocene e Olocene della Sicilia.
Appendix 2
Estimated ages of Pleistocene and Holocene mammal phases of populations of Sicily.

# IL PLIOCENE DEL SOTTOSUOLO DI CASALE MONFERRATO (PIEMONTE, ITALIA NORD-OCCIDENTALE): DATI PRELIMINARI

# DONATA VIOLANTI \* & PAOLO SASSONE \*\*

\*Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Torino & CNR, Istituto di Geoscienze e Georisorse, Sez. di Torino (afferente), via Valperga Caluso 35, 10125 Torino; e-mail: donata.violanti@unito.it. \*\* Strada Boccardo 2, 10020 Casalborgone; e-mail: info@studiosassone.it

Abstract – The Pliocene of the Casale Monferrato subsurface (Piedmont, Northwestern Italy): Preliminary data – Preliminary lithologic and micropaleontological analisys, carried out on clayey silts cored in the Casale Monferrato area (Piedmont, north–western Italy), documents Middle Pliocene deposits, so far recorded only in deep cores of the western Po Plain but absent in the central and western Piedmont. The deepest foraminiferal assemblages are referable to the MPI4a subzone, Early Pliocene, on the basis of the occurrence of *Globorotalia puncticulata* and to the next MPI4b subzone, Middle Pliocene, on the occurrence of *Globorotalia puncticulata* padana, common in coeval Northern Apennines deposits. Within the same samples, benthic taxa (*Cassidulina carinata, Cibicidoides* spp. and *Uvigerina peregrina*) suggest an outer neritic paleodepth. The upper clayey silts are dated to the MPI5a subzone, Middle Pliocene, on the occurrence of *Globorotalia puncticulata* mathematice. Middle Pliocene, Middle Pliocene, on the occurrence of *Globorotalia bononiensis*, *G. aemiliana* and *Bulimina marginata*. Benthic foraminiferal assemblages show increasing percentages of *Ammonia beccarii* and *Elphidium* spp. and document a shallow outer neritic zone for the uppermost silty layers. Miliolids, very rare in older Pliocene Piedmont deposits, are here common and well diversified. Strong winnowing from the inner neritic zone and hyathuses are inferred in the middle part of the succession. Quantitative variations of warm and cold water planktonic foraminifera suggest climatic changes, more frequent in the middle and upper part of the Pliocene succession. **Key words**: Pliocene, Foraminifera, Piedmont, Northwestern Italy

Riassunto - Le analisi litologiche e micropaleontologiche preliminari condotte sui sondaggi effettuati nel circondario di Casale Monferrato (Piemonte, Italia nord-occidentale) documentano la presenza di depositi del Pliocene Medio. finora segnalati solo in sondaggi profondi della Pianura Padana e assenti nel Piemonte centrale e occidentale. I silt argillosi più profondi risultano riferibili alla sottozona MPI4a, Pliocene Inferiore, in base alla presenza di Globorotalia puncticulata e alla sottozona MPI4b, Pliocene Medio, in base al rinvenimento di Globorotalia puncticulata padana, comune nelle successioni coeve dell'Appenino settentrionale. Negli stessi campioni, le associazioni bentoniche (Cassidulina carinata, Cibicidoides spp. e Uvigerina peregrina) suggeriscono una deposizione nella zona circalitorale esterna. La parte sommitale dei silt argillosi risulta attribuibile alla sottozona MPI5a, Pliocene Medio, in base alla presenza di Globorotalia bononiensis, G. aemiliana e di Bulimina marginata. Le percentuali crescenti di Ammonia beccarii e Elphidium spp.indicano una paleobatimetria al limite tra le zone infra- e circalitorale nella parte sommitale dei silt argillosi. I Miliolidi, estremamente rari nei depositi piemontesi del Pliocene Inferiore, sono qui invece comuni e ben diversificati. Nella parte intermedia della successione, due livelli di sedimenti detritici individuano un intervallo caratterizzato da intenso trasporto da acque basse ed accumulo in fondali pelitici disaerobici. I livelli grossolani potrebbero rappresentare la documentazione di fasi erosive. Le variazioni quantitative dei taxa planctonici di acque calde e fredde evidenziano inoltre oscillazioni climatiche, più marcate nelle parti media e superiore dei silt pliocenici. Parole chiave: Pliocene, Foraminiferi, Piemonte, Italia nord-occidentale

# 1. – Introduzione

Alcuni sondaggi per prospezioni geotecniche e ambientali, profondi tra –15/– 34 m sotto il piano campagna, sono stati recentemente effettuati nel territorio di Casale Monferrato (Piemonte, Italia nord–occidentale) e hanno offerto l'occasione per analisi litologiche e micropaleontologiche. Anche se di limitato spessore, essi si sono rivelati di notevole interesse per i nuovi dati biostratigrafici che forniscono e per i confronti con le associazioni plioceniche dell'Italia settentrionale (COLA-



Fig. 1 – Localizzazione geografica e ubicazione dei sondaggi effettuati nel comune di Casale Monferrato (Piemonte, Italia nord-occidentale).

**Fig. 1** – Geographic map and site of the studied bore–holes in the Casale Monferrato area (Piedmnt, Northwestern Italy).

LONGO et al., 1982; DONDI, D'ANDREA, 1986; RIO et al., 1997; CAPOZZI, PICOTTI, 2003; VIOLANTI, 2005; CAPOZZI et al., 2006). Undici sondaggi sono stati realizzati in un'area di circa un chilometro quadrato, nella parte nord dell'abitato e in prossimità del ponte sul fiume Po (zona Argine Morano, son-daggi SS1–SS11), un dodicesimo sondaggio proviene dalla pianura a sud della città, in prossimità della antica cittadella (zona Cascina S. Bernardino, sondaggio SB2) (Fig.1). Siltiti marnose, argille e limi sabbiosi grigio–azzurri, riferibili al Pliocene, contenenti abbondanti microfossili e frustoli vegetali, spesso fre-

quenti molluschi (bivalvi, gasteropodi) e anellidi (*Ditrupa*), sono stati raggiunti a bassa profondità, tra -10/-15 s.p.c., e risultano ricoperti da uno spessore ridotto di depositi alluvionali e di terreno antropico.

Nel settore collinare alle spalle di Casale M. i depositi pliocenici sono assenti, mentre sono segnalati nel sottosuolo della pianura e in affioramenti del settore meridionale, in direzione di Alessandria (BONSIGNORE et al., 1969; CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, 1969a). Per quanto riguarda il Pliocene dell'area, mancano studi micropaleontologici recenti; dati sulle associazioni a foraminiferi sono stati pubblicati per il pozzo AGIP Desana 1, nella pianura di Vercelli (CONATO, in MARTINIS, 1954), in cui la successione pliocenica, potente circa 2000 m, è prevalentemente sabbiosa, con scarse intercalazioni argillose. Vi sono state determinate microfaune attribuite al Pliocene Medio (a circa 1200 m di profondità) e al Pliocene Inferiore (a circa 1700 m di profondità).

In questo studio preliminare, vengono presentati l'analisi dettagliata (qualitativa e quantitativa) delle associazioni a foraminiferi del sondaggio SS1, il più profondo tra quelli effettuati, e alcuni confronti con le osservazioni svolte sugli altri sondaggi, di cui è previsto lo studio quantitativo di dettaglio.

# 2. – Inquadramento geologico

La successione sedimentaria che forma i rilievi nord-orientali del Monferrato, immediatamente a meridione della città di Casale M. ed al bordo della pianura padana, è rappresentata prevalentemente da depositi marini dell'Eocene Medio-Inferiore (Formazione di Casale M., o Marne da cemento), subaffioranti e un tempo oggetto di intensa attività estrattiva. Lungo il margine orientale delle colline sono noti termini miocenici (Tortoniano-Messiniano, Marne di Sant'Agata Fossili e Formazione gessoso-solfifera) (CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, 1969a; CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, 1969b).

I sedimenti nelle aree di pianura interessate dai sondaggi qui studiati sono dati da terreni rimaneggiati e materiali detritici alluvionali con stratificazione orizzontale talora maldistinta, cartografati nel Foglio 57 Vercelli (CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, 1969a) come "Alluvioni prevalentemente ghiaiose e ghiaioso–sabbiose degli alvei attuali – Alluvioni recenti ed attuali"; questi depositi ricoprono i sedimenti marini del Pliocene. Elevati spessori di sabbie e argille plioceniche sono stati recuperati da Pozzi Agip nell'area di pianura prossima a Vercelli (Pozzi Desana n.1, profondità pozzo –3228 m e n. 2, –3299 m s.l.m.) e poggiano in discordanza su marne e argille mioceniche (Miocene Inferiore–Messiniano). I sedimenti pliocenici hanno potenza molto più ridotta in prossimità dei rilievi collinari (Pozzo Balzola, profondità pozzo –1200 m s.l.m.), a sud del *thrust* padano, e sono separati da una superficie di discontinuità dai sedimenti più antichi, qui rappresentati da peliti siltose e marne oligoceniche–eoceniche (BONSIGNORE *et al..*, 1969; CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, 1969a).

I depositi pliocenici più profondi sono rappresentati da argille azzurrognole,

indicate nella prima edizione del Foglio Vercelli (SACCO, 1935) come "Piacenziano", mentre nella seconda edizione dello stesso Foglio (CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, 1969a; BONSIGNORE et al., 1969) e nel Foglio Mortara (CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, 1969b; BRAGA, RAGNI, 1969) sono state riferite alla Formazione delle Argille di Lugagnano, in seguito denominate Argille Azzurre nel F° Trino, 1:50.000 (DELA PIERRE et al., 2003). Le Argille Azzurre costituiscono il termine basale della successione pliocenica, sono ampiamente esposte lungo il bordo meridionale del Monferrato orientale, nel bacino Astigiano e nel Monregalese e documentano in queste aree la deposizione in ambiente marino da epibatiale a circalitorale fino alle biozone MPI3-MPI4 del Pliocene Inferiore (Zancleano) (VIO-LANTI, 2005). Il termine sommitale della successione marina pliocenica è dato da sabbie e sabbie siltose giallastre, ampiamente affioranti nei settori predetti, indicate come Sabbie di Valle Andona (CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, 1969a; BON-SIGNORE et al., 1969; Sabbie di Andona in CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, 1969b; BRAGA, RAGNI, 1969) e successivamente come Sabbie di Asti (CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, 1970; DELA PIERRE et al., 2003). Esse risultano deposte in ambiente da circalitorale a infralitorale e sono riferibili alla zona MPl4 o più genericamente al Pliocene Inferiore, in assenza di taxa planctonici indicatori di zona (DELA PIERRE et al., 2003; VIOLANTI, 2005). Sia la formazione delle Argille Azzurre che la formazione delle Sabbie di Asti sono state incontrate nel sottosuolo della pianura casalese e a scarsa profondità presso Torino (BONSIGNORE et al., 1969).

Lungo il margine settentrionale del sistema Collina di Torino–Monferrato orientale i sedimenti pliocenici affiorano solo nella zona di Verrua Savoia e sono costituiti da silt grigi (Silt di Verrua Savoia) e da calcareniti bioclastiche e sabbie (Calcareniti di Castel Verrua) (DELA PIERRE et al., 2003), con microfaune spesso fortemente diagenizzate e rimaneggiate, rispettivamente i primi databili alla zona MPI3, in base alla presenza concomitante di *Globorotalia margaritae* e *Globorotalia puncticulata*, e le calcareniti alla zona MPI4a, per la presenza della sola *G. puncticulata* (TRENKWALDER, VIOLANTI, 2001; BOVE FORGIOT et al., 2005). Lungo il margine sud–orientale del Monferrato casalese affiorano depositi pliocenici, più potenti e continui in direzione di Alessandria (MARTINIS, 1954); studi micropaleontologici sono stati condotti solo sui lembi affioranti nel settore sud–orientale del Casalese (SOCIN, 1954) e su argille azzurognole a Valenza (Alessandria), riferite ad un livello basale del Pliocene (MARTINIS, 1949).

**Fig. 2** – Cross diagram dei sondaggi della zona Argine Morano; sono riportate le correlazioni tra i diversi corpi litologici, dedotte dalle stratigrafie dei sondaggi.

**Fig. 2** – Cross diagram of Argine Morano area bore–holes, showing the hypothesized lithological correlations, supported by the bore–holes stratigraphies.





**Fig. 3** – Colonna litologica, quota e numero dei campioni, percentuali delle frazioni granulometriche e del rapporto P/(P+B), numero di specie bentoniche nei campioni del sondaggio SS1, area Argine Morano, Casale M.

**Fig. 3** – Lithogic column, samples position and number, grain size and P/(P+B) ratio percentages, number of benthic (B) species in the SS1 bore–hole, Argine Morano area, Casale M. Clayey silts ESS Heterometric gravels.

## 3. – Caratteri geomorfologici e litostratigrafici

L'area di studio nella zona Argine Morano (sondaggi SS1–SS11, eseguiti nel corso di indagini ambientali) rientra in zona golenale e presenta un andamento subpianeggiante, indotto sia dalla morfologia perifluviale sia dalle attività antropiche. L'area è localmente sopraelevata di qualche metro (da 1 a 4 m circa) rispetto al livello di magra del Po e viene sistematicamente inondata durante le piene fluviali, con

conseguenti sensibili variazioni morfologiche per erosione e deposizione, così come accaduto durante il recente evento alluvionale dell'ottobre 2000. Dall'analisi delle stratigrafie dei sondaggi SS1–SS11 si é potuto ricostruire l'assetto litostratigrafico locale (*Cross Diagram*, Fig. 2). La zona di C.na S. Bernardino (sondaggio SB2, eseguito per scopi geotecnici), al margine sud–orientale dell'abitato, è parzialmente urbanizzata e interessata da colture agricole e si situa in un'area di probabili antiche variazioni dell'alveo del fiume Po. I sondaggi sono stati spinti a profondità comprese tra –15 (SS10) e –34 m (SS1) sotto il piano campagna, per raggiungere il livello impermeabile costituito dai depositi argillosi.

Dal punto di vista litostratigrafico si sono evidenziate, dal basso verso l'alto, le seguenti suddivisioni:

- siltiti marnose e argille marnose di colore grigio azzurrognolo, generalmente con abbondanti macro– e microfossili marini, rinvenute in tutti i sondaggi, di spessore variabile da pochi decimetri (SS5, SS10) a 22 metri (SS1). Nel sondaggio SS1 la parte più profonda, tra –34/–31 m p.c., è più argillosa e plastica, con un colore azzurrognolo più marcato di quello delle siltiti sovrastanti, in cui sono invece più frequenti tracce di bioturbazioni e irregolari porzioni ossidate. Nel sondaggio SB2 le siltiti grigio–azzurrognolo fossilifere presentano una maggior componente sabbiosa e hanno uno spessore di circa 7 m.
- calciruditi e calcareniti fossilifere a matrice siltoso–argillosa di colore grigio azzurrognolo e spessore molto variabile, con livelli centimetrici ricchi di frammenti vegetali, ricoprenti le siltiti marnose nella maggior parte dei sondaggi di zona Argine Morano, ma assenti in SS1, SS2, SS4 e SS6 e in SB2.
- depositi alluvionali costituiti da ghiaie eterometriche (ciottoli con diametro massimo di 10–12 cm) in matrice sabbiosa di colore grigio, alternate a lenti sabbiose o sabbioso–fini sciolte grigie. In alcuni sondaggi (SS1, SS2, SS6 e SS9) è presente, al tetto dei depositi alluvionali, un orizzonte di circa 1 m di limi e limi–sabbiosi inconsistenti di colore bruno scuro. La potenza dei depositi alluvionali sabbioso–ghiaiosi permeabili varia tra i 10 e i 15 m circa.
- a tetto, nei sondaggi SS1–11, è presente un orizzonte di potenza variabile, da circa 1 m a 10 m, costituito da terreni di riporto rimaneggiati sabbioso–fini e/o ghiaiosi, prevalentemente sciolti, con frammenti di laterizi. Nel sondaggio SB2 i depositi a tetto sono rappresentati da circa 2 m di terreno agricolo debolmente sabbioso.

# 4. – Materiali e metodi

Sono stati analizzati 24 campioni del sondaggio SS1, prelevati ad intervalli medi di circa un metro di distanza uno dall'altro. I due campioni sommitali, prelevati da livelli siltosi nelle ghiaie eterometriche, sono risultati sterili. Il camp. SS5 (–29,50 m) non è risultato utile per le analisi micropaleontologiche, a causa del cattivo stato di conservazione dei microfossili.

I residui di lavaggio sono stati ottenuti con metodologie standard: circa 150 g di sedimento secco sono stati disgregati con acqua e perossido di idrogeno a 120 volumi,

Globigerina (Globourth,) apertura Cushman, 1918         Zi         Zi </th <th>9,1 15,8 0,0 2,6 9,0 2,6</th> <th>ISS</th> <th>I</th> <th>I I</th> <th>2</th> <th>z</th> <th>I</th> <th>z- 0</th> <th>7-6</th> <th>- 1</th> <th>;- <u>9</u></th> <th>)E- 1</th> <th>E- 8</th> <th>26-22</th> <th>EE- 1</th>	9,1 15,8 0,0 2,6 9,0 2,6	ISS	I	I I	2	z	I	z- 0	7-6	- 1	;- <u>9</u>	)E- 1	E- 8	26-22	EE- 1
Globigerina (Globoturb.) apertura Cushman, 1918         13,7         20,7         11,1         9,1           Globigerina bulloides d'Orbigny, 1826         5.9         24,1         33.3         21.2           Globigerina followers d'Orbigny, 1826         5.9         24,1         33.3         21.2           Globigerina followers d'Orbigny, 1826         0.0         0.0         0.0         0.0         0.0           Globigerina falconensis Blow, 1959         2.0         0.0         8,9         0.0         <	9,1 15,8 21,2 23,7 0,0 2,6	5	ss	SS SS	ISS	ISS	ISS	ISS	655	LSS	988	<b>*</b> SS	ess	zss	ISS
Globigerina bulloides d'Orbigny, 1826         5.9         24.1         33.3         21.2           Globigerina (Globourb, decorqueria (Takayanagi & 0.0         0.0 <th>21,2 23,7 0,0 2,6</th> <th>23,5</th> <th>4,5</th> <th>5,9 0</th> <th>0 16,1</th> <th>7,3</th> <th>21,2</th> <th>9,8</th> <th>9,4 18</th> <th>3,2 9</th> <th>8, 7,0</th> <th>5 9,7</th> <th>3,8</th> <th>2,7</th> <th>10,5</th>	21,2 23,7 0,0 2,6	23,5	4,5	5,9 0	0 16,1	7,3	21,2	9,8	9,4 18	3,2 9	8, 7,0	5 9,7	3,8	2,7	10,5
Globigerina (Globoturb, decorquerta (Takayanagi & 0.0         0.0 <th< th=""><th>0,0 2,6</th><th>7 29,4</th><th>13,6 2</th><th>3,5 19</th><th>,0 29,0</th><th>2,4</th><th>23,1</th><th>12,2 2</th><th>5,0 14</th><th>t,5 21</th><th>,3 16,</th><th>5 12,9</th><th>7,7</th><th>9,6</th><th>17,1</th></th<>	0,0 2,6	7 29,4	13,6 2	3,5 19	,0 29,0	2,4	23,1	12,2 2	5,0 14	t,5 21	,3 16,	5 12,9	7,7	9,6	17,1
Globigerina falconensis Blow, 1959         2.0         0.0         8.9         0.0           Globigerinella aequilateralis (Brady, 1879)         0.0         0		11,8	0,0	1,8 0	,0 3,2	4,9	11,5	0,0	3,1	<u>%</u>	,6 0,0	0,5	12,8	11,0	1,3
Globigerinella aequilateralis (Brady, 1879)         0.0         6.1 <th6.1< th="">         6.1         6.1</th6.1<>	0,0 5,3	0,0	0,0	0,0	5 3,2	2,4	0,0	2,4	0,0	0,0,0	0,0	0,0	2,6	4,1	9,2
Globigerinella obesa (Bolli, 1957)         13,7         20,7         15,6         0,0           Globigerinita glutinata (Egger, 1893)         5,9         0,0         2,2         6,1           Globigerinides elongatus (d'Orbigny, 1826)         5,9         3,4         0,0         6,1           Globigerinides elongatus (d'Orbigny, 1826)         5,9         3,4         0,0         6,1	0,0 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	0 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Globigerinita glutinata (Egger, 1893)         5.9         0.0         2.2         6.1           Globigerinoides elongatus (d'Orbigny, 1826)         5.9         3.4         0.0         6.1           Globigerinoides elongatus (d'Orbigny, 1826)         5.9         3.4         0.0         6.1	0,0 7,9	0,0	9,1 1	1,8 14	,3 12,9	2,4	7,7	2,4	9,4	7,3 4	,9 3,6	8 19,4	12,8	9,6	10,5
Globigerinoides elongatus (d'Orbigny, 1826) 5.9 3.4 0.0 6.1 Globizarinoides evenance Bolli 1965	6,1 5,3	5,9	4,5	5,9 4	.8 6,5	4,9	1,9	7,3	0,0	8	,6 2	0,0	2,6	5,5	3,9
Clobicarinoidas avtramus Rolli 1065 3 00 00 00	6,1 5,3	0,0	0,0	0,0	0,0 0,0	7,3	3,8	9,8	9,4 1	9 7, 9	,8 0,0	9,7	1,3	5,5	7,9
<b>Unuige mumes extremus bount, 1.00</b>	0,0 0,0	5,9	0,0	0,0	0,0 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	),1 0	0,0	0,0	0,0	1,4	1,3
Globigerinoides gomitulus (Seguenza, 1880) 9,8 3,4 2,2 3,0	3,0 2,6	0,0	4,5	5,9 4	,8 0,0	2,4	0,0	4,9 1	5,6	7,3 6	,6 5,	1 0,0	1,3	8,2	6,6
Globigerinoides obliquus Bolli, 1957 7,8 0,0 2,2 0,0	0,0 7,9	11,8	0,0	0,0	0,0	4,9	17,3	0,0	9,4 1(	5,4 8	,2 7,6	5, 6,5	14,1	6,8	6,6
<b>Globigerinoides ruber</b> (d'Orbigny, 1839) 13.7 3.4 4.4 12.1	12,1 2,6	0,0	0,0	0,0	0,0 0,0	2,4	0,0	2,4	6,3	8 13	,1 0,0	0 6,5	2,6	1,4	7,9
Globigerinoides sacculifer (Brady, 1877) 0,0 0,0 0,0 0,0	0,0 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	),0	,3 ,5	1 0,0	2,6	1,4	0,0
Globigerinoides trilobus (Reuss, 1850) 2,0 0,0 4,4 0,0	0,0 2,0	0,0	0,0	0,0	0,0 0,0	4,9	1,9	0,0	0,0	9,0	2	3 6,5	11,5	2,7	1,3
Globorotalia bononiensis Dondi, 1963 0,0 0,0 2,2 3,0	3,0 5,7	0,0	0,0	0,0	0,0 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0,0	0,0	0,0 0,0	0,0	0,0	0,0
Globorotalia puncticulata (Deshayes, 1832) 0,0 0,0 0,0 0,0	0,0 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0,0	,0 ,0	0,0	1,3	0,0	0,0
<i>Globorotalia scitula</i> (Brady, 1882) 0,0 0,0 0,0 0,0	0,0 2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	),0	,6 0,(	0,0	1,3	0,0	0,0
Neogloboquadrina acostaensis (Blow, 1959) 9,8 10,3 6,7 15,2	15,2 5,3	11,8	0,0	5,9 0	0 12,9	7,3	0,0	0,0	0,0	7,3 0	0	9,7	12,8	16,4	5,3
Neogloboquadrina humerosa (Takayanagi & Saito, 1962) 0,0 3,4 2,2 0,0	0,0 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 0,0	0,0	5,8;	0,0	0,0	0,0	0,	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Orbulina universa d'Orbigny, 1839</b> 2,0 0,0 0,0 9,1	9,1 0,0	0,0	63,65	29,4 47	7,6 0,6	. 43,9	1,9	43,9	3,1	0,0	,3 44,	3. 6,5	7,7	1,4	3,9
<i>Tenuitella</i> sp. 0,0 3,4 0,0 0,0	0,0: 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,	0,0	1,3	0,0	0,0
Turborotalita quinqueloba (Natland, 1938) 3,9 6,9 4,4 15,2	15,2 5,	0,0	0,0	0,0	0,0 6,5	2,4	1,9	2,4	9,4	1,8	,6 5,	1 6,5	0,0	12,3	6,6
N° specie B 66 56 71	71 6	1 63	59	57	63 72	59	65	72	68	61	83 5.	5 69	87	85	87
N° esemplari B 408 361 316 328	328: 314	1 337	322	309: 3	17: 312	323	301	311	344	325 3	32 30	7. 302	315	313	351
N° esemplari P 51: 29: 45: 33	33 38	17	22	17	21 31	41	52	41	32	55	51 7	9 31	78	73	76
N° esemplari totali 459 390 361 361	361 352	354	344	326 3	38 343	364	353	352	376	380 3	93 38	6 333	393	386	427

campioni del sondaggio SS1, area Argine Morano, Casale M. Ξ

Fig. 4 – Quantitative distribution of planktonic foraminiferal taxa, number of planktonic and benthic specimens, number of total specimens counted within the SS1 bore–hole (Argine Morano area, Casale M.) samples.

e lavati su setacci a maglie di 250 µm, 125 µm e 63 µm. Le frazioni così ottenute sono state pesate, per l'analisi delle frazioni granulometriche espresse in percentuale del peso totale, e osservate separatamente per il riconoscimento tassonomico dei foraminiferi. Le analisi quantitative delle microfaune sono state condotte sull'intero residuo >125 µm dei 22 campioni utili, suddiviso in frazioni contenenti almeno 300 gusci interi di foraminiferi bentonici. Le percentuali del rapporto P/(P+B) sono state calcolate su un numero totale di esemplari compreso tra 326 e 459, per fornire una prima interpretazione della paleobatimetria (WRIGHT, 1978). Le percentuali delle specie bentoniche sono state calcolate sul totale dei bentonici: ugualmente le percentuali delle specie planctoniche sono state riferite al totale dei foraminiferi planctonici. La diversità bentonica, espressa come numero di specie, è stata utilizzata come parametro di confronto tra i campioni. Ai fini delle analisi paleoclimatiche, sono state analizzate le variazioni dei taxa planctonici di acque calde (Orbulina universa, Globigerinoides spp., Globigerina (Globoturborotalita) apertura) e dei taxa di acque fredde (Neogloboquadrina acostaensis, Globigerina bulloides, Globigerinita glutinata e Turborotalita quinqueloba) (BÉ, TOLDERLUND, 1971; HEMLEBEN et al. 1989; CHAISSON, RAVELO, 1997; PUJOL, VERGNAUD GRAZZINI, 1995; SIERRO et al., 2003; VIOLANTI et al., 2007), sommando le percentuali delle specie in due gruppi di "taxa caldi" e "freddi". Ai fini delle analisi statistiche, le percentuali di alcune specie bentoniche sono state sommate a livello generico (Bolivina spp. ecc.) o di gruppo (es. miliolidi), in base alla similarità dei caratteri ecologici, per evitare la dispersione dei valori. Una Q-mode Cluster analisi (programma Statistica, StatSoft) è stata condotta sulle forme bentoniche con percentuali > 2%, per definire gruppi di campioni dalle caratteristiche affini. Le determinazioni tassonomiche e biostratigrafiche sono state condotte con riferimento principalmente a AGIP, 1982; KENNETT, SRINIVASAN, 1983; IACCARINO, 1985; LOEBLICH, TAPPAN, 1988; SPROVIERI, HASEGAWA, 1990; CIMERMAN, LANGER, 1991; SGARRELLA, MONCHARMONT ZEI, 1993; le interpretazioni ecologiche, paleoecologiche e paleobatimetriche relative ai taxa bentonici sono state ricavate da BLANC-VERNET, 1969; COLOM, 1974; JORISSEN, 1987; SGARRELLA, MONCHARMONT ZEI, 1993; MURRAY, 1991; 2006.

# 5. – Risultati

# 5.1 - Granulometrie

Le percentuali complessive delle frazioni granulometriche >63  $\mu$ m sono inferiori al 40% nella maggior parte dei campioni prelevati dai silt argillosi, sono invece marcatamente più elevate nei campioni sommitali provenienti da livelli siltosi nelle ghiaie eterometriche (SS23, SS24) (Fig. 3a). Valori alti (>25%) della frazione > 250  $\mu$ m si registrano anche nei campioni SS12 (22,10 m) e SS17 (17,50 m) dei silt argillosi e corrispondono a livelli con abbondanti macrofossili. I due campioni limitano un intervallo (camp. SS13–16) con percentuali particolarmente

	Specie bentoniche	m01,21-	m02,61-	m06,41-	m06,21-	m02,01-	m02,71-	mU8,81-	m01.01-	m04,12-	m01,22-	m02,52-	m0£,42-	₩0 <b>८</b> ,25.	m04,82.	w05,72	m01,82.	m02,0£	m02,1£	m02,2£	m06,EE
Immensions prefarmante prefarmante (Limmens, 158)         00		zzss	1755	0755	6155	8155	LISS	2155	tISS	EISS	7155	IISS	0155	688	855	- LSS	955	****	ess	zss	- 155
<i>Aumania percina</i> (Lanuser, J.S.). 23 1/ 33 1/6 2/ 61 7/5 1/6 1/4 1/4 1/4 1/4 1/4 1/4 1/4 1/4 1/4 1/4	Allomorphina trigona Reuss, 1850	0.0	0.0	0.0	0.0	0 (	0 0 0	0 0	0.6	5 0,0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Amanualizajdar Cushman, 1930,         02         110         03         03         04         04         05         04         05	<i>Ammonia beccarii</i> (Linnaeus, 1758)	2,9	1,7	3,8	7,6	2,9 (	5,2 7	5 12	3,6 0,	8 11,	2 14,9	9 4,3	15,4	4,9	4,9	3,3	3,9	8,9	1,3	2,9	2,6
Atomasizi reglad (Calama, 192)         00         01         00	Ammonia parkinsoniana (d'Orbigny, 1839)	0,2	1,1	0,0	0,6	0,0	0 0(	0 0,	0,0	) 0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0
Antimicaryan predinciparity         Nime         Nime </th <th><i>Ammonia tepida</i> (Cushman, 1926)</th> <th>0,0</th> <th>1,9</th> <th>0,0</th> <th>0,6</th> <th>0,0</th> <th>0 0,0</th> <th>,0 0,</th> <th>3 0,(</th> <th>0,0</th> <th>) 0,3</th> <th>0,3</th> <th>0,0</th> <th>0,0</th> <th>0,0</th> <th>0,0</th> <th>0,0</th> <th>0,3</th> <th>0,0</th> <th>0,3</th> <th>0,0</th>	<i>Ammonia tepida</i> (Cushman, 1926)	0,0	1,9	0,0	0,6	0,0	0 0,0	,0 0,	3 0,(	0,0	) 0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3	0,0
Implifications ablitication (Brack, 1833)         00 </th <th>Ammoscalaria pseudospiralis (Williamson)</th> <th>0,0</th> <th>0,6</th> <th>0,3</th> <th>0,0</th> <th>0,0</th> <th>0 0,0</th> <th>,0 0,</th> <th>0 0,(</th> <th>) 0,0</th> <th>0,0</th>	Ammoscalaria pseudospiralis (Williamson)	0,0	0,6	0,3	0,0	0,0	0 0,0	,0 0,	0 0,(	) 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ampliterinas subinacia (Brady, 1884)         00	Amphicoryna proxima (Silvestri, 1872)	0,0	0,0	0.0	0,0	0,6 (	0 0 0	0 0	0 0,0	0,0	0.0	0,0	0,0	0,0	0.0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Amplifications:         Amplificat	Amphicoryna sublineata (Brady, 1884)	0,2	0,0	0,0	0,3	0,0	),3 0	0 0,	0,0	) 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3	0,6	0,0	0,3
Anomalinaides retractions (Fanthern, 1873)         00<	Amphistegina sp.	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3 0	0	0 0,0	) 0,(	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Atomalina helicius</i> (Cota, 185) <i>Atomalina helicius</i> (Nilianson, 186) <i>Atomalina helicius</i> (Nilianson, 186) <i>Atomalina helicius</i> (Nilianson, 186) <i>Atomalina Multianson</i> (186) <i>Atomalina Multianson Multian</i> <i>Atomalina Multianson Multian</i> <i>Atomalina Atomalina</i> <i>Atomalina </i>	Anomalinoides granosus (Hantken, 1875)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0 0,0	) 0,(	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0
Astrophism memilla (Minuson, 1850)         07         05         03         03         04         03         03         04         03         03         04         03         03         04	Anomalinoides helicinus (Costa, 1875)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0 0,0	0 0	3 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0
<i>Augingrun genedacita</i> (Heron-Allen & Farland, 1913) $0.7$ $0.6$ <th>Asterigerinata mamilla (Williamson, 1858)</th> <th>0,0</th> <th>0,6</th> <th>0,0</th> <th>0,0</th> <th>0,0</th> <th>0,3 0</th> <th>0</th> <th>0,0</th> <th>0,0</th> <th>0,6</th> <th>0,0</th> <th>0,3</th> <th>0,0</th> <th>0,0</th> <th>0,0</th> <th>0,3</th> <th>0,3</th> <th>0,0</th> <th>0,0</th> <th>0,0</th>	Asterigerinata mamilla (Williamson, 1858)	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,3 0	0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0
Bageina giola Costiman & Todi, 19440203 <th>Aubignyna perlucida (Heron-Allen &amp; Earland, 1913)</th> <th>0,7</th> <th>0,6</th> <th>0,3</th> <th>0,0</th> <th>0,6</th> <th>0,0</th> <th>,0 ,0</th> <th>0 0</th> <th>3 0,5</th> <th>3,0,0</th> <th>0,0</th> <th>0,0</th> <th>0,0</th> <th>0,6</th> <th>0,0</th> <th>0,0</th> <th>0,3</th> <th>0,3</th> <th>0,3</th> <th>1,7</th>	Aubignyna perlucida (Heron-Allen & Earland, 1913)	0,7	0,6	0,3	0,0	0,6	0,0	,0 ,0	0 0	3 0,5	3,0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,3	0,3	0,3	1,7
Rigenerina nodoscria d'Orbiguy, 1836         02         03	Baggina gibba Cushman & Todd, 1944	0,2	0,3	0,0	6.0	0,3 (	0,0	,2 1,	3 0,	.1 5	3,4	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0
Biocatinella depresar (Viesner, 1923)         00	Bigenerina nodosaria d'Orbigny, 1826	0,2	0,3	0,3	1,5	1,3	0,6 5	,66,	1 6,(	0 1.	3,4	1,7	4,8	2,0	1.5	2,4	2,9	0,3	0,3	0,3	1.7
	Biloculinella depressa (Wiesner, 1923)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	, Э О,	0,0	0 0	3,0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Boliving agentinical Barbieri & Mosna, 1964 $02$ $03$ $03$ $00$	Bolivina antiqua d'Orbigny, 1846	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0 0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,3	0,0
Bolivina indica Cushman. 193600	Bolivina apenninica Barbieri & Mosna, 1964	0,2	0,3	1,3	2,4	7,0 (	0,0 0,0	0 0,	0 0,0	) 1,6	0,0	1,3	0,6	1,2	0,0	0,6	0,0	0,3	0,6	0,0	0,6
Boliving pseudoplicard Heron-Allen & Earland, 1930 $0.5$ $0.8$ $0.0$	Bolivina italica Cushman, 1936	0,0	0,0	0,0	0,0	) 0,0	0 0,0	,0 0,	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0
Boliving punctard (Tohigav, 1339         07         0.0         0.0         0.0         0.3         0.3         0.0         1.2         0.6         0.0         1.0         0.3         0.0         0.3         1.1           Boliving subspinsescent Cushman, 1922         0.7         0.3         0.0         0.0         0.3         0.3         0.6         0.3         0.0         0.3         0.0         0.3         0.0         0.3         0.0         0.3         0.0         0.3         0.0         0.3         0.0         0.3         0.0         0.3         0.0         0.3         0.0         0.3         0.0         0.3         0.0         0.3         0.0         0.3         0.0         0.3         0.0         0.3         0.0         0.3         0.0         0.3         0.3         0.0         0.3	Bolivina pseudoplicata Heron-Allen & Earland, 1930	0,5	0,8	0,0	0,9	),0 (	0 0,0	,0 0,	0 0,	3 0,0	0,0	0,0	0,6	0,3	0,3	0,6	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0
Bolivina subspinsecens Cushman, 1922         07         0,3         0,0	Bolivina punctata d'Orbigny, 1839	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	,3 0,	0 0,0	0,	3 0,3	3,0	1,0	1,2	0,6	0,0	1,0	0,3	0,0	0,3	1,4
Bolivina areasis Conato. 1964         00	<b>Bolivina subspinescens</b> Cushman, 1922	0,7	0,3	0,9	0,0	0,0	0,3 0	,0 0,	0 0,0	0,	3 0,3	0,3	0,3	0,6	0,0	0,3	0,0	0,3	0,6	0,3	1,1
Bolivira variabilis (Williamson, 1888)         07         17         22         0.6         0.0         0.0         0.7         0.7         17         22         0.6         0.0 <t< th=""><th>Bolivina usensis Conato, 1964</th><th>0,0</th><th>0,0</th><th>0,0</th><th>0,0</th><th>0,0</th><th>0,0</th><th>0</th><th>0 0,0</th><th>0,0</th><th>0,0</th><th>0,0</th><th>0,3</th><th>0,0</th><th>0,0</th><th>0,3</th><th>0,0</th><th>0,0</th><th>0,3</th><th>0,0</th><th>0,0</th></t<>	Bolivina usensis Conato, 1964	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0 0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0
Brizalina cenacriensis Costa, 1856         02         03         00         03         00         07         00         03	Bolivina variabilis (Williamson, 1858)	0,7	1,7	2,2	0,6	0,6 (	0,0	0 1	0 0,	3 0,0	1,5	0,3	1,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,3	0,0	0,9
Brizalina data (Seguenza, 1862)         00	Brizalina aenaeriensis Costa, 1856	0,2	0,3	0,0	0,3	0,3 (	0,0	0	0 0,0	) 1,(	0,0	0,7	0,0	0,0	0,3	1,5	1,3	2,6	1,0	0,3	0,0
Brizalina catamensis (Seguenza, 1862)         07         0,3         09         0,0	Brizalina alata (Seguenza, 1862)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0 0,0	0	3,0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3	0,3	0,0	1,0	0,3	0,0
Brizalina dilarata (Reuss, 1850)         00         03	Brizalina catanensis (Seguenza, 1862)	0,7	0,3	6,0	0,0	0,6	0,0	, Э О	0 0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,6	0,0	0,3	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
Brizalina spartulara (Williama (Williama), 1858)         10         0.8         0.9         0.3         0.6         0.6         0.5         0.6         0.3         0.3         0.6         0.3         0.6         0.3         0.6         0.3         0.6         0.3         0.3         0.3         0.3         0.3         0.3         0.3         0.3         0.3         0.3         0.3         0.3         0.3         0.3         0.3 </th <th>Brizalina dilatata (Reuss, 1850)</th> <th>0,0</th> <th>0,3</th> <th>6,0</th> <th>0,6</th> <th>0,3 (</th> <th>0,0</th> <th>0 1</th> <th>0 0,</th> <th>3 1.0</th> <th>0,6</th> <th>0,3</th> <th>0,3</th> <th>0,0</th> <th>0,9</th> <th>0,3</th> <th>0,0</th> <th>1,3</th> <th>0,0</th> <th>0,0</th> <th>0,0</th>	Brizalina dilatata (Reuss, 1850)	0,0	0,3	6,0	0,6	0,3 (	0,0	0 1	0 0,	3 1.0	0,6	0,3	0,3	0,0	0,9	0,3	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0
Butceella granutara (Di Napoli, 1952)         10         06         00	Brizalina spathulata (Williamson, 1858)	1,0	0,8	6,0	0,3	1,6	0,0	6 1,	3 0,0	6 0,6	5 0,6	2,3	1,0	0,9	0,3	0,6	3,9	4,0	0,3	0,6	0,3
Bulimina aculeara d'Orbigmy, 1826         00	Buccella granulata (Di Napoli, 1952)	1,0	0,6	0,0	1,2	0,3 (	0,3 0	0 0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bulimina basispinosa Tedeschi & Zammatti, 1957         00         00         00         00         03         03         03         03         00         06         00         06         00         06         00         06         00         0 <th>Bulimina aculeata d'Orbigny, 1826</th> <th>0,0</th> <th>0,0</th> <th>0,0</th> <th>0,0</th> <th>0,0</th> <th>0,0</th> <th>0</th> <th>0,0</th> <th>0,0</th> <th>0,0</th> <th>0,0</th> <th>0,0</th> <th>0,0</th> <th>1,2</th> <th>0,9</th> <th>0,0</th> <th>0,0</th> <th>0,0</th> <th>0,0</th> <th>1,4</th>	Bulimina aculeata d'Orbigny, 1826	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4
<i>Bulimina costata</i> d'Orbiguy, 1852 0.0 00 00 00 03 00 00 00 00 00 00 00 03 00 03 03	Bulimina basispinosa Tedeschi &>Zanmatti, 1957	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0 0	0 0	0 0	3 0,3	0,3	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,3
<i>Bulimina elongata</i> d'Orbigny, <b>1846</b> 0.2 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.3 1.6 1.6 0.0 0.3 0.3 0.3 0.0 0.0 1.8 0.3 0.0 0.0 0.3 0.6 0.0 <i>Bulimina fasiformis</i> Williamson sensu Formasini, <b>1901</b> 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.	Bulimina costata d'Orbigny, 1852	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0 0,	0 0,0	0 0,0	) 0,0	0,3	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,3	0,6	0,3	0,0
<i>Buliming fusifiormis</i> Williamson sensu Formasini, 1901 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.9 0.0 1.3 0.0 0.3 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 <i>Buliming gibba</i> Formasini, 1901	Bulimina elongata d'Orbigny, 1846	0,2	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	.3 1	6 1,0	6 0,(	0,3	0,3	0,3	0,0	0,0	1,8	0,3	0,0	0,3	0,6	0,0
Buliming gibba Formasini, 1901 2.5 3.2 9.2,5 3.2 9.4,9 4,5 0.6 0,0 3.2 0,3 3.8 1.5 5.3 0,3 4,9 6,2 8,7 2,0 4,3 1,6 1,3 2,7	Bulimina fusiformis Williamson sensu Fornasini, 1901	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0 0	0 1,5	0,0	1,3	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Bulimina gibba Fornasini, 1901	2,9	2,5	3,2	4,9	4,5 (	0,6 0	,0 3,	2 0,	3 3,8	\$ 1,5	5,3	0,3	4,9	6,2	8,7	2,0	4,3	1,6	1,3	2,3

Fig. 5 – Distribuzione quantitativa dei foraminiferi bentonici nei campioni del sondaggio SS1, Argine Morano, Casale M. Fig. 5 – Quantitative distribution of benthic foraminiferal taxa within the SS1 bore–hole (Argine Morano, Casale M.) samples.

	m01,21	m02,E1	m00,41	m06,21	m02,01	w08 81	m00,01	m0£,02	m04,12	m01,22	m02,52	m0£,42.	m07,22	m04,82	w05,72	m01,82	m02,02	m05.16	m06,55	
	-7788	-1788	- 0755	- 61SS	- 8155	·/188	- SISS	- #188	eiss	- 7155	- 1155	-0188	- 6SS	- 8SS	- <i>L</i> SS	- 988	- #88	- 655	- ISS	
Bulimina inflata Seguenza, 1862	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0 0,0	0	0,0	5,0,3	-
Bulimina lappa Cushman & Parker, 1937	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	,0 0,	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9 (	0,0	0	0,0	0,0	_
Bulimina minima Tedeschi & Zanmatti, 1957	1,0	0,0	0,0	0,3 (	),6 0	0 0,	0 0,3	3 0,0	1,0	0,0	2,0	0,0	2,9	1,8	4,5 (	0,0 1	7 1	60,	3,0	-
Buliminella multicamera Cushman & Parker, 1938	0,0	0,0	0,0	0,6 (	),3 (	0 0,	0 0,0	0,0 (	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0 0,	0,0	:
Cancris auriculus (Fichtel & Moll, 1798)	1,5	2,8	3,5	2,1	,6	<i>4</i>	6 4 4	5 2,2	3,2 ,2	1,5	1,3	3,5	0,0	0,9	1,8	0,3 0	0	60,	9,0 9,0	_
Cancris oblongus (Williamson, 1858)	0,0	0,0	0,0	0,3 (	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	, Э	,0 0,	0,0	_
Cassidulina carinata Silvestri, 1896	7,6	9,7	8,2	6,1	ς 2	4 0	3 2,5	9 1,3	8,0	0,6	7,3	0,0	4,4	8,9	4,5 1	1,7 1	1,6 11	4 15	7 11,	4
Cassidulina crassa d'Orbigny, 1839	0,7	0.0	0,0	0.0	0,0	0 0	0,0	0,0 (	1,0	0,0	0.7	1,0	0,3	0,6	0,6	0.0	3 0	3 0,	0,0	
Cassidulina laevigata d'Orbigny, 1826	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0 0	0 0,0	0,0	0,0	0,0	0`0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	,3 0	3 0,	6 0,6	
Cassidulinoides bradyi (Norman, 1881)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0 0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0 0	0 0	3.0,6	5
Chilostomella oolina Schwager, 1878)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0 0	3 0,	0,0	_
Cibicides lobatulus (Walker & Jacob, 1798)	7,8	5,5	8,5	5,5	2,2	95	0 2,	3 2,2	1,9	6,2	1,3	2,6	1,7	1,8	0,9	1,0 0	7 1	60,	.1	÷
Cibicides refulgens de Montfort, 1808	1,0	2,2	1.3	0,6	2,2	6 0	0 0	3 0,0	0,6	0,0	0,7	0.0	0,6	0,0	0,3	0,0	0 0,0	6 0,	.1	_
Cibicidoides fletcheri (Galloway & Wissler, 1927)	0,0	0,0	0,0	0,0	( 3 (	0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	1,5	0,6	0,6	0,3 0	),3 0	0 0	0,0	-
Cibicidoides pachydermus (Rzehak, 1886)	0,2	0,3	0,3	0.0	0.0	0 0	0 0 0	0.0 0	0,0	0.0	0.0	0,0	0.0	0,0	0.0	0.0	0 0	0 0	3 0,	: ~
Cibicidoides pseudoungerianus (Cushman, 1922)	0,0	0,0	0,0	0,6 (	),6 (	0 60	9 1,0	0,0 0	0,3	2,2	2,7	2,9	5,5	4,0	6,0	7,5 4	↓0 3	8 11	5 6,	: ~
Cibicidoides ungerianus (d'Orbigny, 1846)	0,7	0,8	0,0	0,6	0 0	0 60	6 0,6	5 0,0	1.0	0.0	2,0	1,6	0,6	2,8	0,9	1,0 2	0 0	6 2,	5 0,0	:
Cibicidoides sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0 0,	0 0,0	0,0 (	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0 0	0 1,	5 0,0	
Cornuspira carinata (Costa, 1856)	0,0	0,0	0,0	0,0	0 0 0	0 0	0 0,0	) 0,3	0,0	0.0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0,0	0 0	0 0	0,0	:
Cornuspira involvens (Reuss, 1850)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	,0 0	0 0,0	) 0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0 0,	0,0	:
<i>Coryphostoma perforata</i> (di Napoli, 1952)	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0,0	_:
Coryphostoma pseudodigitale (di Napoli, 1952)	2,5	3,0	2,8	3,4	ω, C	,60,	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3	0,0	0,3	0,0	0,3	0,3 0	0 0	0	0°0	_:
Cribroelphidium decipiens (Costa, 1856)	0,7	1,9	0,0	0,0	0,0	0	3 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,3 1	0 0	60,	0,0	· ~ :
Cymbaloporetta squammosa (d'Orbigny, 1839)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0 0,0	0,0	0,0	0,0	0`0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0	6 1,	0,0	_:
Dentalina leguminiformis Batsch, 1791	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3 0	,3 0	0	0,0	_:
Discorbis mira Cushman, 1922	0,7	1,7	0,0	0,9	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	,0	0 0	0,0	_:
Discorbis sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	),3	, 0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	1,0 C	),3 0	0 0	0,0	· ~ :
Dorothia gibbosa (d'Orbigny, 1826)	0,2	0,8	0,3	0,3	0,0	,3 13	,7 5,5	5 6,0	1,9	5,6	0,3	6,1	0,6	0,3	0,6	4,6 (	0 0	6 0,		-+ <sup>2</sup>
Dorothia pseudotrochus (Cushman, 1922)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6 0	0 0,0	0,0 0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0 0	0 0	0 0	_:
Dorothia pseudoturris (Cushman, 1922)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	2 0,	3 0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0 0	0 0	0,0	~: :
Ehrenbergina bradyi Cushman, 1922	0,0	0,0	0,0	0,0	.3	0 0	0 0,0	0,0 0	2,6	0,0	0,3	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0 0	,0 0,	0,0	5
<i>Elphidium advenum</i> Cushman, 1922	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0 0	0 0,0	0,0 0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0 0	3,0,	0`0	-
Elphidium complanatum (d'Orbigny, 1839)	0,5	0,0	0,6	1,2	),3 (	3 0	0 0,0	0,0	0,3	0,3	0,3	0,0	0,3	0,0	0,3	0,3 (	3 0	0 0	0 0,	~
Elphidium crispum (Linnaeus, 1758)	0,0	0,6	0,3	0,0	0,0	0 0,0	0 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 0	0 0,0	00,0	0,0	_
Elphidium macellum (Fichtel & Moll, 1798)	2,7	1,1	2,2	3,0	ی 1	,5 0,	6 1,3	3 0,3	0,6	0,6	0,7	0,3	0,0	0,6	0,9 (	0,0	7 0	6 0,	0,0	-
<i>Elphidium</i> spp.	1,2	0,8	0,3	0,0	),3 0	,0 0	0 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,6	0,3 (	0,0	0 0	0 0,	0	-
Fissurina-Lagena-Oolina spp.	2,0	2,2	2,5	3,4	0	,6 0,	0 1,6	5 1,9	1,6	0,0	1,0	0,3	1,2	1,8	1,2	0,3 1	ω, 1	3.1	6°0	~
Florilus boueanum (d'Orbigny, 1846)	3,2	1,7	2,2	1,5	8 8	,6 0,	3 5,8	3 2,8	2,6	1,9	2,0	1,0	0,3	1,8	2,1	4,6 1	7 0	3	0,0	-
<i>Fursenkoina schreibersiana</i> (Czjzek, 1848)	1,5	0,6	1,6	0,6 (	0,0	0	2,6	5 2,8	0,6	0,3	0,7	0,0	0,0	0,3	0,6	0,0	3 0	60,	3.0,6	:
Gavelinopsis praegeri (Heron-Allen & Earland, 1913)	0,0	0,6	0,3	0,3 (	),6 (	0 0	0 0,0	0,0	0,0	0,0	0`0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,7 0	0 0	0,0	3 0,	-
Glabratella sp.	0,0	0,3	0`0	0,0	),3 (	0 0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0 0	0 0	0 0	:

	ŀ	ŀ	$\left  \right $	ŀ	╞	ŀ				ľ	ŀ	╞	╞	$\left  \right $	┝	$\left  \right $	┝	ļ	
	m01,21-2288	m02,61-1288	m06,41-0288	m06,81- 8188	moc.or- orec	m08,81- 9188	m01,01- 2122	m0£,02- 4188	m04,12- EISS	m01,22-2188	m02,62-1122	m0£,42- 0188	w02'S2- 688	m07.02 20 233	mor 80 985	m01,62- 922	m02,15- ESS	w05,2E- 288	m06,66-188
Glandulina laevigata (d'Orbigny, 1826) Globobulimina affinis (d'Orbigny, 1839)	$0,2 \\ 0.2$	0,0	) 0 (0	0,0	0,0 0,0	0,0 3.7	0,3 2.9	0,3	0,6	0,3	0,0	0,6	0,0	0,0	, 0 1 0	0,1,0	0,3	0,3	0,0
Globobulimina ovula (d'Orbigny, 1839)	0,0	0.0	0.0	0	000	58	, C 1 C	9,8	1.9	6.0	0,3	1.6		. C 0	( <u>(</u> )	0 0	0.0	0.0	0.3
Globobulimina pyrula (d'Orbigny, 1846)	0,0	0,0	0,0 C	0	0,0	0,0	0,6	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	.3 0,0	0,0	0,3	0,3
Globocassidulina oblonga (Reuss, 1850)	0,0	0,0	),3 (	,6 0,	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	,0 0,	0,0	0,0	1,0	0,0
Globocassidulina subglobosa (Brady, 1881)	2,0	2,5	2,8 1	,5 ,3,	8 0,3	0,0 0,0	1,0	0,0	3,8	1,9	6,6	0,3	3,2	1,3 0	ن 0	7,4,6	5,7	3,2	6,6
<i>Globulina fissicostata</i> Cushman & Ozawa, 1930	0,0	0,0	0,0	,0 0,	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	ω, O	,0 0,0	0,0	0,0	0,0
Globulina gibba (d'Orbigny, 1826)	0,0	0,0	0,0	,0 0,	3 0,	3 0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,3	0,0	),6	ũ, Ô	0	0,0	0,6	0,0
Globulina myristiformis (Williamson, 1858)	0,2	0,0	0,0	, 0,	0 0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0 0	,0 0,0	0,0	0,0	0,0
Globulina tuberculata (d'Orbigny, 1846)	0,0	0,0	0,0	,0 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Ω O	,0 0,0	0,0	0,0	0,0
Guttulina communis (d'Orbigny, 1826)	0,0	0,0	0,0	,0 0,	0,0	0,0	0,0	0,0	0'0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,	0,0	3 0,0	0,0	0,0
Gyroidinoides laevigatus (d'Orbigny, 1826)	0,0	0,3 (	0,6 (	0,0 0,	0,0	0,6	0,6	0,6	1,0	0,0	1,3	0,0	0,6	2,8 1	°,8	,0 1,0	0,6	1,0	0,6
Gyroidinoides longispira (Tedeschi & Zanmatti, 1957)	0,0	0,0	0,0	,0 0,0	0,0	) 1,6	0,6	0,3	1,3	0,9	0,0	0,3	0,0	9 1	,5 0	,0 0,	3 0,6	0,0	0,0
Gyroidinoides neosoldanii (Brotzen, 1936)	0,0	0,0	0,0	0,0	3 0,	3 0,3	0,0	0,3	0,0	1,5	1,3	0,0	1,2	0,0	,6	, 1 , 1	7 0,6	0,0	0,3
<b>Gyroidinoides umbonatus (Silvestri, 1858)</b>	0,2	0,3 (	0,0	0 0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,6 (	),6 1	2	7 0,0	0,3	1,3	2,0
Hanzawaia boueana (d'Orbigny, 1846)	2,2	0.6	1.6 1	2.0	3 0.0	0.0	0.0	0.0	0,3	0,0	1.0	0,6	1.5	1.5 0	0	0 1	3 1.6	1.3	0.9
Heterolepa bellincionii (Giannini & Tavani, 1960)	0.2	0.0	0.3 (	1.	0	3.7	1.0	0.3	13	3.1	0.7	3.9	12	0.6	(n) [7]	6 4.0	2.2	0.0	0.3
Hoeglundina elegans (d'Orbigny, 1826)	0,0	0,0	0,0 C	0	0.0	0,0	0,0	0,0	0.0	0,0	0,0	0.0	0,0	0.0	, С	6 0.0	0.0	0,0	0,0
<i>Hopkinsina bononiensis</i> (Fornasini, 1888)	0,0	0,0	0,0 C	0	0,0	000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
Lagenammina atlantica (Cushman, 1944)	0,0	0.0	0,0 C	0	0,0	0.0	0.0	0.3	0,0	0,0	0,0	0.0	0.0	0.0	0	0,0	0.0	0,0	0,0
Lenticulina cultrata de Montfort, 1808	0,0	0,0	0,0 C	,0 ,0	0,0	6,0	0,3	0,0	0,0	0,3	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Lenticulina peregrina (Schwager, 1866)	0,0	0,0	0,0 C	,0 ,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	,0 ,0	0,0	0,3	0,0	0,0
Lenticulina rotulata (Lamarck, 1804)	0,0	0.0	0,0 C	0	0,0	0.3	0,3	0,3	0,0	0,3	0,3	0.0	0,0	0 0'0	0	3 0.0	0,0	0,0	0,3
Lenticulina vitrea Seguenza, 1860	0,0	0,0	0,0 C	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0.0	0,3 (	0,3	0	0 0	1,0	0,6	0,0
Marginulina cherensis Tedeschi & Zanmatti, 1957	0,0	0,0	0,0 C	0	0 0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3 (	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
Marginulina costata (Batsch, 1791)	0,0	0,0	0,0	0 0	0 0	0,0	0,3	0,0	0,3	0,0	0,0	2,9	0,0	0 0	0	0 0	0,0	0,0	0,0
Marginulina costata coarctata Silvestri, 1896	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	,0 0,0	0,0	0,0	0,0
Marginulina crebricosta Seguenza, 1880	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	,0 1,0	0,0	0,0	0,0
<i>Marginulina filicostata</i> Fornasini, 1891	0,0	0,0	0,0	0 0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	,0 1,0	0,0	0,0	0,0
Martinottiella communis (d'Orbigny, 1826)	0,0	0,0	0,0	),3 0,	3 0,	2,8	1,6	2,2	1,0	0,0	0,0	0,0	0,9	),3 1	,5 6	5.00	3 0,3	0,6	1,1
Melonis padanum (Perconig, 1952)	3,9	6,4	7,0 2	sč Š	0,3,6	) 2,8	2,6	2,2	2,2	6,2	7,3	1,9	8,4 %	3,0 5	, 1 , 4	2 	3 6,0	8,6	6,3
Melonis soldanii (d'Orbigny, 1846)	2,0	1,7	0,6 (	,3 ,3	8	2,2	1,0	2,2	2,6	6,8	5,0	4,8	4,5 1	0,2 8	4	,9 2,0	5,1	2,9	3,1
Miliolinella subrotunda (Montagu, 1803)	0,0	0,0	0,3 (	3.3	0	9,0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0
Neoconorbina terguemi (Rzehak, 1888)	7,4	11,6	9,8 (	7	0 23	4 0,3	1,9	0,0	1,6	0,0	3,7	0,0	53	.1	0	,0 ,	7 1,6	3,5	1,4
Nodosaria longiscata d'Orbigny, 1846	0,0	0,0	),0 C	0,0,	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0.0	0	0,0	0,0	1,0	0,3
Nodosaria ovicula d'Orbigny, 1826	0,0	0,0	),0 C	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0	0,0	0,3	0,0	0,0
<i>Nodosaria radicula</i> (Linnaeus, 1758)	0,0	0.0	0,0 C	0	0,0	0.3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0.0	0,3	0.0	0	3 0.3	0.0	0,3	0,0
Nodosaria raphanistrum (Linnaeus, 1758)	0,0	0.0	0,0 C	0	0`0	0,0	0,0	0,0	0,0	0.0	0,0	0.0	0,0	0,0	0	0	0.0	0,0	0,0
Nonion depressulum (Walker & Jacob, 1798)	0,5	0,0	<u>)</u> ,3 с	0	0 0	3 0,3	0,0	0,3	0,0	0,0	0,3	0,0	0,6	0,0	0	3 0,3	0.6	0,0	0,3
Nonion scaphum (Fichtel & Moll, 1798)	0,0	0,0	),3 С	 ,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,6	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0	0	0,3	0,0	0,3
Nonionella turgida (Williamson, 1858)	0,0	0,0	0,0	0 0,	0 0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0 0,	0 0,0	0,0	0,3	0,0

244

		Γ	ľ	ŀ	╞	┝	ŀ	$\left  \right $	-	-	-	ŀ			ľ	ŀ	ŀ	╞	╞	L
	m01,21-2288	m02,61-1288	m06,41-0222	w06'S1- 61SS	m02,01- 8122	w05'/1-7188	m08,81- 8122	m01,01-2122	m04,12- £188	m01,22-2188	w05,62-1188	m0£,42-0188	w02'S2- 688	m04,02-888	w05'LZ- LSS	m01,82- 888	m02,06- 488	m02,15- ESS	w05,25-288	m06,66-188
Nummoloculina contraria (d'Orbigny, 1846) Oridorealis stollatus (Silvestri, 1898)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6, 0 0, 0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 2,0	0,0	0,0	0,0
Orthomorphina tenuicostata (Costa, 1853)	070	0,3	0.3	0,0	0.3	0.0	0.0	0,0	6 0.0	0.50	0.0	0,0	0.0	0,0	0.0	0,3	0.0	0.0	0.0	, C
Planodiscorbis rarescens (Brady, 1884)	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 0	0	0,0	) 0,C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	),0 (	0,0
Planorbulina mediterranensis d'Orbigny, 1826	0,7	0,3	0,0	0,0	0,0	1,5 (	0,0	0,0	0,0,0	0,3	3 0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0
Planulina ariminensis d'Orbigny, 1826	0'0	0'0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3 0	,0 0,	0 0,(	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,6	7,2	0,0	0,6	0,0	0,0
Plectofrondicularia inaequalis (Costa, 1855)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	م ر م ر	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	с, с
Pleurostomella alternans Schwager, 1866	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	) ) ) )	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0			0,0
rotymorpnuna sp. Protelnhidium aranosum (d'Orhiany. 1846)	0,0 1.5	0, 1 0, 4	0, C V	0, C	0,0 1,0	0,0	0,00					0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0 0 0 6	0,0	0, 0 0, 0	0,0
Proteiphidium transfucens (Natland, 1938)	0.0	0.0	0.0	103	0.0	0.9	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Protelphidium spp.	4,7	2,8	32	1.8	2.5	0,6	0.3 0	0	3.0	0.6	5 2.0	0.0	1.5	0,9	0,3	0,0	1.7	1.6	1.6	50
Pullenia bulloides (d'Orbigny, 1846)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0	0,	3 0,0	0,3	0,0	0,0	0,6	0,3	2,3	2,9	.1.9	0,0
Pullenia quadriloba Reuss, 1867	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	,0 0,	0,0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,3
Pullenia quinqueloba (Reuss, 1851)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 0	,0 0,	0,0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pyrgo bulloides (d'Orbigny, 1826)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1 0	0,0 1,	6 1,	3,0,0	0,0	0,3	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
Pyrgo depressa (d'Orbigny, 1826)	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0 0	),6 0,	,6 0,(	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<u>,</u> 3
Pyrgo oblonga (d'Orbigny, 1839)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3 0	,6 0,	6 0,(	0.5	3 0,7	1,3	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0
Pyrgo sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3 0	О	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Quinqueloculina aspera d'Orbigny, 1826	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	,0 ,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Quinqueloculina bicornis (Walker & Jacob, 1798)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0 0 0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
Quinqueloculina duthiersi (Schlumberger, 1886)	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0, ·		0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Quinqueloculina longirostra d'Urbigny, 1826 Occimentationnical actività (Niccond. 1013)	7,0	λ, 0 λ, 0	0,0	0,0	ر) م	0,9 7 5	1,2	0, 0	ν. - - -		0,0	1, y	0,0	0,0	0,0	0,0	ر د ر	0,0		0,0
Quinqueloculina muletti (Wiesner, 1912) Oninanaloculina anadrata Norvena 1945	0,0	0,0	0,0	<i>U</i> , 0 0	٥, ٥	<u>, </u>	0,0				0,0	0,0	0,0	0,0 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		v v
Zurnynerocurum ymurum Aoryang, 1273 Ouinaueloculina oblonga (Montagu, 1803)	0,00	0,0	0.0	0,0	000	10	0000		0,0	000	000	0.0	0,0	0.0	0,0	0,0	0.0	0,0	000	
<b>Ouinqueloculina padana Perconig, 1954</b>	0,0	0.0	0,0	0.0	0.0	0,3	0.0	0	0.0	0.0	0,0	0.0	0,0	0,0	0,0	0,0	0.0	0,3	0.0	0.0
Quinqueloculina seminulum (Linnaeus, 1758)	0,0	0,6	0,6	0,6	0,6	2,7	0,3 1	,6 0,	6 1,0	0,0	0,3	0,6	0,3	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3
Quinqueloculina striata (d'Orbigny, 1826)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	,0 0,	3 0,(	),0,(	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Quinqueloculina vulgaris d'Orbigny, 1826	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	. 6,0	2,8 1	,6 3,	8 1,5	0,	3 0,3	2,9	0,3	0,3	0,3	0,0	0,0	0,6	0,3	0,3
Quinqueloculina spp.	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	5,9	2,5 2,5	, 1.	с, 0,6	, - , -	5 0,0	3,7	0,0	0,9	0,0	0,7	0,7	1,0	0,3	0,0
Ramulina globulifera Brady, 1879	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kectouvigerina sipnogenerinoiaes (Lippariui, 1734) Dauccalla chaochiarisnolii Kicinski 1953	0,0 C 1	0,0 1 1	0,0 0,0	0,0	0,0 0	0,0 0,0	0,0 0 0 c	5 C	5 0 0 0	50		c, 0 0	0,0 0	0,0 0	0,0 0,0	0,0 0	ς, 0 Ο Ο	0,0 0,0		n n
Aeusseuu checchuarispour musus, 1734 Daucealla ciumfor (Cuchman 1070)	, c 1 0	1,1	0,0	v, -	1, v 1 f	, 0 0	, 0 , 0 , 0 , 0	ې د د	ري م	, c 0 0	0°0	0°,0	0, v 0	0,0	U, U	0,0 0	0,0 0 0	ر م د م	201	
Reussella simplex (Cusuman, 1727) Reussella sninulosa (Reuss. 1850)	4 v 0 0	5 0,1	, «	i c	2,2	39	000	0,0	0.0	0,0	0.00	0,0	0,0	0,0	0, U	0,0	0,0	0,0	, v 9 0	0,0
Rosalina hradvi (Cushman, 1915)	0.0	, c , c	0.0	0.0		00	0 0 0	0,0	00	000	0.0	0.0	0 0	0.0	00	0.0	0.0	0,00	0,00	0
Rosalina globularis d'Orbigny, 1826	1,7	2,8	1,6	1,8	1,0	0,9	0,0	, () ()	3	1.2	0,0	0,0	1,5	0,9	0,6	0,0	0,0	1.3	1,6	4
Saracenaria italica Defrance, 1824	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 0	,0 0,	0 0,(	0,3	3 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sigmoilina costata</i> Schlumberger, 1893 Siamoilina en	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0 0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
oigmonunu sp. Dire 5 — Camia	v,v	2,2	2	2,2	۰ <sup>,</sup> ۰	2	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	5 5	5	10.1	v,v	2,2	2,2	2,2	2	2	2,2	2	2	2 C

245

Signalidnia teuris (Czjek, ISA) Signalidnia teuris (Czjek, ISA) Signalidnia teuris (Czjek, ISA) Signalidnia plancemera (Silvestri, 1904) Signalidnia plancemera (Silvestri, 1904) Signalidnia plancemera (Silvestri, 183) Signalidnia plancemera (Silvestri, 184) Spirolocallina deracegna (Company, 1826 Spirolocallina deracegna (Silvestri, 1931) Spirolocallina deracegna (Silvestri, 1933) Spirolocallina deracegna (Silvestri, 1933) Spirolocallina deracegna (Silvestri, 1933) Spirolocallina deracegna (Silvestri, 1833) Statularia activata (Orbigny, 1836 Exaultaria activata (Orbigny, 1836 Exaultaria activata (Orbigny, 1836) Exaultaria activata (Orbigny, 1836) Statularia condeciana (Orbigny, 1836) Statularia condeciana (Orbigny, 1836) Statularia activata advortigosa Lacroix, 1933 Spirolocal (Orbigny, 1846) Spirolocal (Orbigny, 1836) Statularia activa (Orbigny, 1836) Statularia activata advortigosa Lacroix, 1933 Spirolocal (Silvestri, 1837) Statularia activa (Solvestri, 1837) Spirolocal (Silvestri	006'71-02SS	w05,81- 8188	w0\$'L1-L188	m08,81- 8122	m01,91- 2188	m0£,02- 4188	m0+,12- EIS8	m05.65- 1188	m06.42- 1100	w02,22-988	m04,822-888	w05'LZ- LSS	m01,82- 888	m02,06-422	m02,15- E82	w05,2£-288	m06.66-128
Siphonina planocarrexi (Silvestri, 1898)         0.0	ek, 1848) 0,7 0,3 0,0 <i>eri</i> (Silvestri, 1904) 0.2 0.6 0.3	0,3 0,3 0,3 0.6 1.0	0,0	0,0	$0,6 \\ 1.3$	0,0	),3 ),6 2	و رو م رو	0, C C C C C C C	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	$1,3 \\ 0.3$	0,6	0,0
Siphotextularia affinis (Formasini, 1883)         0.0	(Silvestri, 1898) 0,0 0,0 0,0	0,0 0,0	0'0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0	0,3	0.0	0,0	0.0	0,0	0.0	0.0
Siphotextularia concava (Karrer, 1868)         0.0	ornasini, 1883) 0,0 0,0 0,0	0,0 0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	) <u>3</u> 0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
Spharolini ablioides (TOrbigny, 1826         0.5         0.6         1.3         0.0         3.4         1.9         6.0         0.3         1.9         4.7           Spirolocultina depresar d'Orbigny, 1826         0.0	(Karrer, 1868) 0,0 0,0 0,0	0,3 0,0	0'0	0,3	0,0	0,0	0,0,0	,0 ,0	0 0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0
Spiroloculina deressa d'Orbiguy, 1836         0.0	'Orbigny, 1826 0,5 0,6 1,6	0,6 1,3	0,0	3,4	1,9	6,0 (	),3 1	6 4	2	3 1,7	7,4	4,2	5,9	5,3	4,1	2,2	3,7
Spiroloculina exavata d'Orbiguy, 1846         0,0	<b>Orbigny</b> , 1826 0,0 0,0 0,0	0,0 0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0 0	0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dyrioplectinella segitula (Straty, 1884)         0,0	Orbigny, 1846 0,0 0,0 0,0 0,0	0,0 $0,0$	0,0 0	0,0	0,0	0,0	0,0	0, 0 0, 0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0
Spiroplectinella soginula (Defrance, 1834)         0.0	a Brady, 1884 0,0 0,0 0,0 0,3	0,0 0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0, 0	0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,3	0,3	0,3
Spiroplectinella wightial fixtuosa (Brady, 1884)         0.0<	(Defrance, 1824) 0,0 0,0 0,0	0,3 0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	,0	0,0	3 0,0	6,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3
Spiroplectinella wright (Silvestri, 1903)         0.0         0.0         0.3         0.6         1.3         1.2         0.3         0.0         0.3         0.0         0.3         0.0         0.3         0.0         0.3         0.0         0.3         0.0         0.3         0.0	<i>fistulosa</i> (Brady, 1884) 0,0 0,0 0,0	0,0 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	, 0	0 0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0
Stilisstomella emaciaa (Reuss, 1851)         0.0	Silvestri, 1903) 0,0 0,0 0,3	0,6 1,3	1,2	0,3	0,0	0,3 (	0,0	ω, 	7 0,0	0,0	0,6	0,3	0,0	0,0	1,0	0,3	1, 4,
Sxilostonella hispida (d'Orbigny, 1846)         0.0	<b>Reuss</b> , <b>1851</b> ) 0,0 0,0 0,0	0,0 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	,0 ,0	0	3 0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3
Textularia achteriata d'Orbigny, 1846 0,0 0,0 0,0 0,0 1,6 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0	<b>Drbigny, 1846</b> ) 0,0 0,0 0,0 0,0	0,3 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0,0	,0 ,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
Textularia aciculara d'Orbigny, 1826         2.2         2.2         0.6         2.4         1.0         2.1         7.1         4.5         4.4         1.6         9.6         3.7           Textularia agalaris d'Orbigny, 1836         0.0 <th><b>Drbigny, 1846</b> 0,0 0,0 0,0</th> <th>0,0 0,0</th> <th>0,0</th> <th>1,6</th> <th>0,0</th> <th>0,0</th> <th>0,0</th> <th>,0 ()</th> <th>0</th> <th>0,0</th> <th>0,0</th> <th>3,0</th> <th>0,0</th> <th>0,3</th> <th>0,0</th> <th>0,3</th> <th>0,0</th>	<b>Drbigny, 1846</b> 0,0 0,0 0,0	0,0 0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	,0 ()	0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,3	0,0	0,3	0,0
Textularia agglutimars d'Orbigny, 1839         0,0         0,0         0,0         0,3         0,3         0,0	rbigny, 1826 2,2 2,2 0,6	2,4 1,0	2,1	7,1	4,5	4,4	1,6 9	,6 3,	7 2,	3 2,6	1,2	2,7	2,6	1,0	1,6	1, 6	2,0
<i>Textularia angularis</i> (1'Orbigny, 1826 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,	Orbigny, 1839 0,0 0,0 0,0	0,0 0,3	0,3	0,0	0,0	0,3 (	0 0,0	,0 0,	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Textularia comunis d'Orbigny, 1826         0.0         <	rbigny, 1826 0,0 0,0 0,0	0,3 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0 0'(	ی 0,	0	\$ 1,5	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Textularia conica d'Orbigny, 1839         0.7         0.6         0.6         0.3         0.0         1.5         0.0         0.3         0.0         0.3         0.0         0.3         0.0         0.3         0.0         0.3         0.0         0.3         0.0         0.3         0.0 <t< th=""><th>Drbigny, 1826 0,0 0,0 0,0 0,0</th><th>0,0 0,0</th><th>0,0</th><th>0,3</th><th>0,0</th><th>0,6 (</th><th>0,0</th><th>,0 0,</th><th>0,0</th><th>0,0</th><th>0,0</th><th>0,0</th><th>0,0</th><th>0'0</th><th>0,0</th><th>0,0</th><th>0,0</th></t<>	Drbigny, 1826 0,0 0,0 0,0 0,0	0,0 0,0	0,0	0,3	0,0	0,6 (	0,0	,0 0,	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0'0	0,0	0,0	0,0
Textularia candeiana d'Orbigny, 1840         0,0	gny, 1839 0,7 0,6 0,6	0,3 0,0	1,5	0,0	0,0	0,3 (	0,0	ω, 0,	0,0	3 0,6	0,0	0,3	0,0	0,0	0,3	0,3	0,6
<i>Textularia pala Crizek</i> , <b>1843</b> <i>Textularia pala Crizek</i> , <b>1843</b> <i>Textularia pala Crizek</i> , <b>1843</b> <i>Textularia ponderzysz</i> Formasini, <b>1887</b> <i>Textularia ponderzysz</i> Formasini, <b>1887</b> <i>Textularia paudorugosa Larcus</i> , <b>1332</b> <i>O</i> , 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,	Drbigny, 1840 0,0 0,0 0,0 0,0	0,0 0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	),3 0	,0 ,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0
Textularia ponderosa Formasini, 1887         0,0	848 0,0 0,0 0,0 0,0	0,0 0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	,0 ,0	0 0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Textularia pseudorigosa Larcuix, 1932         0,0	rnasini, 1887 0,0 0,0 0,0 0,0	0,0 0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	),0 1	,2 0,	о, 0	5 0,0	0,0	0,6	0,3	0,3	0,0	0,3	0,0
<i>Texularia soldanii</i> Fornasini, 1883 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 2,5 0,6 0,9 0,0 0,0 1,7 <i>Tifarina arguduso</i> (Williamason, 188) 2,9 2,2 3,5 1,2 1,0 0,0 0,0 0,0 0,3 1,7 <i>Tifarina arguduso</i> (Nilliamason, 1858) 2,9 2,2 3,5 1,2 1,0 0,0 0,0 0,0 0,3 0,0 0,3 <i>Tifoculina argudus</i> (Sushman, 1923 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 <i>Tiforia argudus</i> (Sushman, 1923 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,	Lacroix, 1932 0,0 0,0 0,0	0,0 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	,0 ,1,	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Triferina englosa (Williamon, 1858)         2.9         2.2         3.5         1.2         1.0         0.0	asini, 1883 0,0 0,0 0,0	0,0 0,0	0,0	2,5	0,6	) 6'0	0,0	,0 ,0	0	5 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0
Trifarina bradyi Cushman, 1923         0,0         0	iamson, 1858) 2,9 2,2 3,5	1,2 1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	, 1,	7 0,0	1,2	0,6	0,6	1,3	2,0	2,2	1,6	3,4
Triloculina austriaca d'Orbigny, 1846         0,0         0,0         0,0         0,0         1,5         0,3         0,0	<b>II, 1923</b> 0,0 0,0 0,0	0,0 0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	),3 0	,0 ,0	30,0	0,9	0,0	0,3	0,3	0,0	1,0	1,0	0,9
Triloculina gibba d'Orbigny, 1826 0,0 0,0 0,0 0,0 3,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0	Drbigny, 1846 0,0 0,0 0,0 0,0	0,0 0,0	1,5	0,3	0,0	0,6 (	0 0,0	,0 ,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Triloculina trigonula (Lamarck, 1804)         0,2         0,6         0,0         1,2         0,0	gny, 1826 0,0 0,0 0,0 0,0	3,0 0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	,0 ,0	0	3 0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Triloculina sp.         0,0         0,0         1,3         0,0	marck, 1804) 0,2 0,6 0,0	1,2 0,0	0,9	0,0	0,6	0,3 (	0,0	,0 ,0	30,0	3 0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3
Uvigerina peregrina Cushman, 1923 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,	0,0 0,0 1,3	0,0 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	),3 0	,0 ()	0,0	3 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3
Uvigering proboscided Schwager, 1866 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0	hman, 1923 0,0 0,0 0,0 0,0	0,0 0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	,0 ,0	0 0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	0,3	0,9
	chwager, 1866 0,0 0,0 0,0	0,0 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0,0	,0 ()	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
Ungerina pygmaea a Orbigny, 1820	bigny, 1826 0,0 0,0 0,0	0,0 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0, 0	б) 0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,6	0,0
Valvulineria bradyana Fornasini, 1900 3,2 1,7 1,6 4,0 3,8 0,6 2,2 3,9 4,7 5,1 2,2 3,7	ornasini, 1900 3,2 1,7 1,6	4,0 3,8	0,6	2,2	3,9	4,7	5,1 2	, 2 , 9	7 1,(	4,4	2,8	3,0	1,3	0,7	3,2	1,6	3,1

basse dei residui, in particolare della frazione 125–63  $\mu$ m. L'intervallo superiore dei silt argillosi (camp. SS18–22) presenta valori uniformemente elevati della frazione di sabbia fine.

# 5.2 - Composizione dei residui

Il materiale terrigeno è generalmente abbondante ed è dato da granuli angolosi di quarzo, clasti di rocce cristalline, miche. Aggregati con pirite e ossidi di ferro sono presenti in tutti i campioni. Glauconia, sotto forma di concrezioni, modelli interni o riempimento di gusci di foraminiferi bentonici, è comune nei camp. SS11–23,60 m e SS17–17,50 m. Le frazioni grossolana (> 250 µm) e media (250–125 µm) generalmente contengono abbondanti molluschi (bivalvi, gasteropodi, più rari scafopodi), per lo più in frammenti o rappresentati da forme a lunga distribuzione (Naticidae, Pectinidae, *Corbula gibba, Epitonium* cf. *frondiculoides, Nassarius* sp.) (Marta Zunino, com. pers.), frammenti di echinidi, frustoli vegetali, scarsi tubi dell'anellide policheta *Ditrupa arietina*. Frammenti di colonie di Briozoi sono presenti nella parte centrale del sondaggio (camp. SS5–29,50 m fino a camp. SS19–15,90 m); rari gusci di Pteropodi (*Clio pyramidata, Creseis virgula*) sono stati osservati nei camp. SS10, 12, 14 e 15. Comuni frammenti di alghe corallinacee, ben confrontabili con le "pralines" dei fondali attuali della Biocenosi SGCF e DC (PERES, PICARD, 1964) sono presenti nel camp. SS17.

I gusci dei foraminiferi sono generalmente ben preservati; gusci parzialmente diagenizzati, fortemente abrasi e impregnati da ossidi di manganese e/o glauconia, per lo più appartenenti a *Elphidium crispum* e *Amphistegina* sp., sono mescolati a gusci vuoti e ben conservati nei camp. SS17 e SS19. I foraminiferi planctonici sono fortemente subordinati ai bentonici in tutta la successione: il rapporto P/(P+B) raggiunge valori intorno al 20% solo nei campioni basali, i restanti campioni hanno percentuali inferiori a 10–15%, con i valori minimi (5% circa) nell'intervallo tra i camp. SS14–17 (Fig. 3b). Le associazioni bentoniche sono ben diversificate: un massimo di 87 specie è stato conteggiato nei campioni basali, mentre nella maggior parte dei campioni successivi il numero di specie è compreso tra 58–70 (Fig. 3c).

Tra i planctonici (Fig. 4) le specie più comuni sono *Globigerina bulloides*, *Globigerina (Globoturborotalita) apertura, G. (Gt.) decoraperta, Globigerinita glutinata, Globigerinoides elongatus, G. gomitulus, G. trilobus, Orbulina universa, Neogloboquadrina acostaensis e Turborotalita quinqueloba.* Sono presenti anche *Globigerinoides obliquus* e *G. extremus.* SERRANO et al. (1999) datano a 3,22 Ma l'ultima comune comparsa (LCO) del gruppo *G. obliquus–G. extremus* nelle successioni pelagiche del Mediterraneo occidentale, dove risulta coincidente con l'ultima comparsa (LO) di *Sphaeroidinellopsis.* Al contrario, in successioni italiane e in sedimenti profondi del Tirreno e dello Ionio, le due specie sono segnalate in tutto l'intervallo riferibile all'attuale estensione della zona MP15 (zona a *Globorotalia aemiliana,* IACCARINO, 1985), in modo più continuo nella sua parte inferiore, sottozona MP15a (SPROVIERI, 1992; SPROVIERI et al., 1998). Le Globorotalie



Fig. 6 – Percentuali di Globigerinoides spp. (Globigerinoides elongatus, G. extremus, G. gomitulus, G. obliquus, G. ruber; G. trilobus), di Orbulina universa, dei taxa di acque calde (Orbulina universa, Globigerinoides spp., Globigerina (Globoturborotalita) apertura, G. (Gt.) decoraperta) e di acque fredde (Neogloboquadrina acostaensis, Globigerina bulloides, Globigerinita glutinata, Turborotalita quinqueloba) nel sondaggio SS1 (Argine Morano, Casale M.).

Fig. 6 – Percentages of Globigerinoides spp. (Globigerinoides elongatus, G. extremus, G. gomitulus, G. obliquus, G. ruber, G. trilobus), Orbulina universa, of warm water (Orbulina universa, Globigerinoides spp., Globigerina (Globoturborotalita) apertura, G. (Gt.) decoraperta) and cold water taxa (Neogloboquadrina acostaensis, Globigerina bulloides, Globigerinita glutinata, Turborotalita quinqueloba) within the SS1 borehole (Argine Morano, Casale M.).

sono molto rare, rappresentate generalmente da *Globorotalia scitula*. *G. puncticulata* è stata riscontrata solo nei campioni SS2 e SS3, *G. bononiensis* nell'intervallo tra i camp. SS18–20; gli esemplari di entrambe le specie sono piccoli, probabilmente giovanili.

La maggior parte delle specie bentoniche ha percentuali intorno o inferiori a 1% (Fig. 5), solo 21 specie raggiungono valori >5% almeno in un campione (*Ammonia beccarii, Bigenerina nodosaria, Bolivina apenninica, Bulimina gibba, Cassidulina* 



Fig. 7a – Percentuali dei taxa bentonici più frequenti nel sondaggio SS1 (Argine Morano, Casale M.): Ammonia beccarii, Bolivina spp. (Bolivina antiqua, B. apenninica, B. punctata, B. variabilis e Brizalina aenaeriensis, B. catanensis, B. spathulata), Bulimina spp. (B. aculeata, B. basispinosa, B. elongata, B. gibba, B. minima) e Cassidulina carinata.

Fig. 7a – Percentages of the more frequent benthic taxa within the SS1 bore–hole (Argine Morano, Casale M.): *Ammonia beccarii, Bolivina* spp. (*Bolivina antiqua, B. apenninica, B. punctata, B. variabilis* and *Brizalina aenaeriensis, B. catanensis, B. spathulata*), *Bulimina* spp. (*B. aculeata, B. basispinosa, B. elongata, B. gibba, B. minima*) and *Cassidulina carinata*.

carinata, Cibicides lobatulus, Cibicidoides pseudoungerianus, Dorothia gibbosa, Florilus boueanum, Globobulimina affinis, G. ovula, Globocassidulina subglobosa, Melonis padanum, M. soldanii, Neoconorbina terquemi, Planulina ariminensis, Reussella spinulosa, Sphaeroidina bulloides, Textularia aciculata e Valvulineria bradyana). Tra i miliolidi, rappresentati da numerose specie, solo Quinqueloculina seminulum e Quinqueloculina spp. superano il 2%. Numerosi taxa significativi per l'interpretazione biostratigrafica e paleoambientale raggiungono percentuali >2%, tra questi si segnalano Bulimina minima e Heterolepa bellincionii, comuni



Fig. 7b – Percentuali dei taxa bentonici più frequenti nel sondaggio SS1 (Argine Morano, Casale M.): *Cibicidoides (C. pseudoungerianus, C. ungerianus)* + *Heterolepa (H. bellincionii)* spp.; *Dorothia gibbosa, Elphidium* spp. (*Elphidium* spp., *Cribroelphidium* spp., *Protelphidium* spp.).e *Globobulimina* spp. Fig. 7b – Percentages of the more frequent benthic taxa within the SS1 bore–hole (Argine Morano, Casale M.): *Cibicidoides (C. pseudoungerianus, C. ungerianus)* + *Heterolepa (H. bellincionii)* spp.; *Dorothia gibbosa, Elphidium* spp., (*Elphidium* spp., *Cribroelphidium* spp., *Protelphidium* spp., *Protelphidium* spp., *Dorothia gibbosa, Elphidium* spp., (*Elphidium* spp., *Cribroelphidium* spp., *Protelphidium* spp., *Protelphidium* spp., *and Globobulimina* spp.

nelle associazioni circalitorali ed epibatiali del Pliocene Inferiore piemontese (VIOLANTI, 2005), *Hoeglundina elegans, Uvigerina peregrina*, specie attualmente viventi a batimetrie dal circalitorale profondo (>–100m, COLOM, 1974, SGARRELLA, MONCHARMONT ZEI, 1993) al batiale (VAN MORKHOVEN et al., 1986; SCHÖNFELD, 2006). *Amphistegina* sp., forma di acque basse e calde, segnalata in successioni plioceniche dell'Italia centrale fino al Gelasiano (DI BELLA et al., 2005), è rappresentata non solo da gusci abrasi e glauconitizzati, ma anche da esemplari ben conservati, vuoti, nei camp. SS17 e SS21. Sono inoltre presenti esemplari di taxa estinti al limite tra Pliocene Medio/Pliocene Superiore,



Fig. 7c – Percentuali dei taxa bentonici più frequenti nel sondaggio SS1 (Argine Morano, Casale M.): Melonis spp. (M. padanum, M. soldanii), miliolidi (Quinqueloculina s.l., Triloculina spp., Sigmoilona spp., Sigmoilopsis schlumbergeri), Neoconorbina terquemi, Textularia spp. (T. aciculata, T. agglutinans, T. soldanii).

Fig. 7c – Percentages of the more frequent benthic taxa within the SS1 bore-hole (Argine Morano, Casale M.): *Melonis* spp. (*M. padanum, M. soldanii*), miliolids (*Quinqueloculina* s.l., *Triloculina* spp., *Sigmoilina* spp., *Sigmoilopsis schlumbergeri*), *Neoconorbina terquemi, Textularia* spp. (*T. aciculata, T. agglutinans, T. soldanii*).

quali Anomalinoides granosus e Marginulina costata coarctata, o nel Pliocene Superiore, quali Anomalinoides helicinus, Marginulina crebricosta (SPROVIERI, 1986). Altre specie bentoniche peculiari del Pliocene Inferiore e Medio dell'area mediterranea sono rappresentate nei campioni inferiori e medi da Bolivina usensis, Globulina fissicostata, G. tuberculata, Rectuvigerina siphogenerinoides, Siphonina planoconvexa e Textularia ponderosa (AGIP, 1982, CONATO, 1954). Reussella checchiarispoli, specie istituita in associazioni plioceniche del Lazio (KICINSKI, 1952) e presente nel Pliocene Inferiore (zona MPI3) del Rio Torsero (Liguria) (VIOLANTI, 1987) è stata osservata in molti campioni ed è più comune nei campioni



Fig. 8 – Dendrogramma ricavato dalla Q-mode Cluster Analysis, che evidenzia il grado di similarità tra campioni, in base alle frequenze dei taxa bentonici con percentuali >2% nel sondaggio SS1 (Argine Morano, Casale M.).

**Fig. 8** – Dendrogram resulting from a Q–mode Cluster Analysis showing the similarity degree among samples, on the basis of benthic taxa frequencies >2% in the SS1 bore–hole (Argine Morano, Casale M.).

Fig. 9 - Specie significative tra i foraminiferi dei sondaggi di Casale Monferrato. Barra = 200 µm.

1 - Globorotalia aemiliana COLALONGO & SARTONI, sondaggio SS4, camp. -15,10 m, veduta spirale.

2 - Globorotalia aemiliana COLALONGO & SARTONI, sondaggio SS4, camp. -15,10 m, veduta ombelicale.

3 - Bulimina marginata D'ORBIGNY, sondaggio SS3, camp. -15,80 m, veduta laterale.

4 - Coryphostoma pseudodigitale DI NAPOLI, sondaggio SS1, camp. 19, -15,90 m, veduta laterale.

5 - Reussella checchiarispolii KICINSKI, sondaggio SS1, camp. 22, -12,10 m, veduta laterale.

6 – Globorotalia puncticulata padana DONDI & PAPETTI, sondaggio SS11, camp. –24,90 m, veduta ombelicale.

7 - Buccella granulata (DI NAPOLI), sondaggio SS1, camp. 19, -15,90 m, veduta ombelicale.

Fig. 9 – Significant foraminiferal species occurring in the Casale Monferrato bore-holes:

1 - Globorotalia aemiliana COLALONGO & SARTONI, SS4 bore-hole, sample -15,10 m, spiral view.

2 – Globorotalia aemiliana COLALONGO & SARTONI, SS4 bore-hole, sample -15,10 m, umbilical view.

3 - Bulimina marginata D'ORBIGNY, SS3 bore-hole, sample -15,80 m, lateral view.

4 - Coryphostoma pseudodigitale DI NAPOLI, SS1 bore-hole, sample 19, -15,90 m, lateral view.

5 - Reussella checchiarispolii KICINSKI, SS1 bore-hole, sample 22, -12,10 m, lateral view.

6 – *Globorotalia puncticulata padana* DONDI & PAPETTI, SS11 bore–hole, sample –24,90 m, umbilical view.

7 - Buccella granulata (DI NAPOLI), SS1 bore-hole, sample 19, -15,90 m, umbilical view.


sommitali, dove è associata a frequenti R. simplex e R. spinulosa. Sono però presenti anche specie segnalate dalla parte superiore del Pliocene Inferiore, quali Buccella granulata, descritta originariamente nelle sabbie e calcareniti in facies astiana di Castell'Arquato (DI NAPOLI ALLIATA, 1952), poi riferite alla zona MPl4 (RIO et al, 1988) e rinvenuta a partire dalla sottozona MPl4a in associazioni del Piemonte (BASILICI et al., 1997; BOVE FORGIOT et al., 2005). Bulimina basispinosa è sporadicamente presente: in letteratura la comparsa di questo taxon è riportata alla sommità del Pliocene Medio in successioni della Sicilia (SPROVIERI, 1986) e nel Gelasiano (Pliocene Superiore) dell'Appennino settentrionale, dove risulta associata a G. crassaformis e B. marginata ed è stata datata a 2,58 Ma (CAPOZZI, PICOTTI, 2003). Globobulimina ovula, segnalata a partire da circa 2,2 Ma da SPROVIERI (1986) e in concomitanza con la comparsa di Bulimina basispinosa da COLALONGO et al. (1982), raggiunge percentuali >5% nel camp. SS14, ma è tuttavia presente in tutta la successione. Coryphostoma perforata e C. pseudodigitale, taxa istituiti nelle sabbie in facies astiana di Castell'Arquato, (DI NAPOLI ALLIATA, 1952), sono rari nei campioni inferiori, comuni in quelli sommitali.

#### 5.3 – Analisi paleoambientali

I taxa planctonici, più sensibili alle variazioni climatiche, sono rappresentati in numerosi campioni da abbondanti esemplari di Globigerinoides spp. (in prevalenza G. elongatus, G. trilobus) e di Orbulina universa, taxa predatori, oligotrofici e di acque calde. Globigerinoides spp., taxon vivente negli strati superficiali della colonna d'acqua fino a circa -50m (HEMLEBEN et al., 1989), raggiunge i valori massimi nei camp. SS7–SS9 e nel camp. SS22 (Fig.6). La curva di Orbulina universa, specie vivente a profondità comprese tra -50/-300m, mostra un andamento opposto a quella di Globigerinoides in numerosi campioni e raggiunge i valori più elevati nella parte media del sondaggio. Inoltre, gli esemplari di Orbulina universa sono più grandi (diametro  $>500 \ \mu m$ ) nei campioni in cui la specie è più abbondante e nei quali sono anche stati osservati pteropodi (camp. SS10, SS12, SS14, SS15). I taxa di acque calde (Orbulina universa, Globigerinoides spp., Globigerina (Globoturborotalita) apertura, G. (Gt.) decoraperta) costituiscono nel complesso la percentuale prevalente dell'associazione planctonica, con valori massimi tra 60-80% nei camp. SS6–SS12; registrano successivamente un calo, più marcato e continuo tra i camp. SS17 - SS21 (Fig. 6). Le variazioni dei taxa di acque fredde (Neogloboquadrina acostaensis, Globigerina bulloides, Globigerinita glutinata e Turborotalita quinqueloba) hanno andamento opposto, con valori elevati nei camp. SS18-20 (Fig. 6), in cui è stata osservata la presenza di Globorotalia bononiensis.

I taxa bentonici mostrano ugualmente significative oscillazioni percentuali. Tra le specie che raggiungono percentuali superiori al 10%, *Ammonia beccarii*, forma infaunale diffusa in sabbie infralitorali e limitatamente in ambienti salmastri (MURRAY, 1991; 2006), risulta presente in tutta la successione ed è particolarmente abbondante nella sua parte centrale (camp. SS10–15) (Fig. 7a). *Ammonia*  parkinsoniana, A. tepida e Aubignyna perlucida, specie diffuse in acque molto basse, a salinità ridotta e in aree soggette ad apporti fluviali (JORISSEN, 1987; ALBANI, SERANDREI BARBERO, 1990; MURRAY, 1991; 2006; DEBENAY et al., 1996; MORIGI et al., 2005) sono rare, ma relativamente più rappresentate nei campioni sommitali (Fig. 5). Il gruppo Bolivina spp. (Fig. 7a), comprensivo dei generi Bolivina (B. antiqua, B. apenninica, B. punctata, B. variabilis etc.) e Brizalina (B. aenaeriensis, B. catanensis, B. spathulata etc.), forme infaunali ed opportuniste, ha percentuali per lo più inferiori al 5% e un massimo intorno al 10% nei camp. SS4 e SS18. Anche il genere Bulimina (B. aculeata, B. basispinosa, B. elongata, B. gibba, B. minima etc.), infaunale e, come Bolivina spp., tollerante bassi tenori di ossigeno ed elevati quantitativi di sostanza organica (VERHALLEN, 1991; MURRAY, 2006), ha percentuali generalmente prossime o inferiori al 5% (Fig. 7a), vicine o superiori al 10% nei camp. SS7-SS11. Cassidulina carinata (spesso descritta come C. laevigata o C. neocarinata), specie adattata a tenori da moderati ad alti di materia organica (DE STIGTER et al., 1998), considerata come epifaunale (MURRAY, 2006) o infaunale (CORLISS, CHEN, 1988), è comune nei campioni inferiori del sondaggio, con percentuali tra 10-15% (Fig. 7a), scarsa nella parte centrale e in aumento (5-10%) verso l'alto. Le diverse specie appartenenti al genere Cibicidoides (C. pachydermus, C pseudoungerianus etc.) e Heterolepa *bellincionii* sono state sommate, in base a ipotizzate simili modalità di vita, quali taxa epifaunali di ambienti da circalitorali a batiali (PARKER, 1958; WRIGHT, 1978; VAN MORKHOVEN et al., 1986); la curva relativa (Fig. 7b) evidenzia un andamento simile a quello di *Cassidulina carinata* nella maggior parte dei campioni, ad eccezione di quelli sommitali in cui i due taxa hanno andamento opposto. Dorothia gibbosa, specie estinta di cui è stato ipotizzato un habitat confrontabile con quello di Eggerella scabra, che attualmente vive in sabbie fini litorali e fanghi costieri (BLANC-VERNET, 1969), è più frequente nell'intervallo tra i camp. SS10-16 e ha un andamento approssimativamente simile a quello di Ammonia beccarii (Fig. 7b). Il gruppo Elphidium spp. (Fig. 7b), comprensivo anche di Cribroelphidium spp. e Protelphidium spp., include forme di acque basse, sia di fondali vegetati (E. crispum) che detritici (COLOM, 1974; MURRAY, 2006) e registra valori superiori al 5% solo nella parte alta del sondaggio. Globobulimina spp. (G. affinis, G. ovula, G. pyrula), forme infaunali, tolleranti condizioni disaerobiche (MULLINEAUX, LOHMANN, 1981; VIOLANTI, 1994; FONTANIER et al., 2006) raggiunge percentuali >5% solo nei camp. SS13–16, con un massimo intorno al 16% nel camp. SS14 (Fig. 7b). Il genere Melonis (M. padanum, M. soldanii), forma infaunale, è invece ben rappresentato in tutta la successione ed è una delle forme dominanti nelle associazioni dei camp. SS8 e SS9 (%>15%) (Fig. 7c). I miliolidi nel loro complesso sono comuni o frequenti (10-18%) nella parte centrale del sondaggio (Fig. 7c); essi sono rappresentati da un numero molto elevato di specie appartenenti ai generi Quinqueloculina s.l., Pyrgo, Sigmoilinita, Spiroloculina, Triloculina etc. (Fig. 5). Le singole specie hanno però percentuali molto basse e solo Quinqueloculina seminulum e Sigmoilopsis schlumbergeri superano sporadicamente il 2% dell'associazione bentonica. Neoconorbina terquemi, taxon epifaunale, (MURRAY, 1991; 2006), segnalata in acque basse ma anche in fondali detritici circalitorali (SGARRELLA, MONCHARMONT ZEI, 1993), è molto scarsa dalla base del sondaggio fino al camp. SS16, ha un massimo del 24% circa nel camp. SS17 e rimane comune nei campioni successivi (Fig. 7c). Il genere *Textularia*, ad ampia diffusione batimetrica (MURRAY, 1991; 2006) che però raggiunge la massima diffusione nei fondali sabbiosi e detritici del circalitorale (BLANC–VERNET, 1969), è rappresentato da numerose specie, tra le quali sono più comuni *T. abbreviata, T. aciculata, T. conica* e *T. soldanii*. Il suo andamento percentuale è simile a quello dei miliolidi (Fig. 7c), con i valori più alti nei campioni centrali.

Il dendrogramma in Fig. 8, ricavato dalla Q-mode Cluster Analysis (Legame completo, 1-r Pearson, programma Statistica, StatSoft) individua tre gruppi di campioni in base al grado di similarità tra le associazioni bentoniche.

Il gruppo 1 riunisce i campioni inferiori, da SS1 a SS9 (manca il camp. SS5, non utilizzato) e il camp. SS11: le associazioni bentoniche di questi campioni sono caratterizzate dalle percentuali maggiori di *Cassidulina carinata, Cibicidoides* + *Heterolepa* spp. e di *Melonis* spp. (Fig. 7b e 7c) e dalla presenza di taxa di acque profonde quali *Hoeglundina elegans, Planulina ariminensis, Uvigerina peregrina* (VAN MORKHOVEN et al., 1986). I camp. SS1–3, con il più alto numero di specie bentoniche, sono riuniti nel sottogruppo 1a, mentre i camp. SS7–11, con le percentuali più alte di *Bulimina* spp. e di *Melonis* spp., individuano il sottogruppo 1b.

Il gruppo 2 riunisce i camp. SS10, SS12–16, caratterizzati dalle maggiori frequenze di *Ammonia beccarii*, *Dorothia gibbosa*, *Globobulimina* spp., miliolidi e *Textularia* spp. e dalle percentuali generalmente molto basse di *Bolivina* spp., *Bulimina* spp., *Cassidulina carinata* e *Melonis* spp. (Fig. 7a–c). I camp. SS13–15, sottogruppo 2a, sono distinti dalle percentuali più alte di *Globobulimina* spp., mentre i camp. SS10, 12, 16, riuniti nel sottogruppo 2b, mostrano le più alte percentuali di *Ammonia beccarii* e *Dorothia gibbosa*.

Il gruppo 3 comprende i campioni più superficiali, da SS17 a SS22, caratterizzati dalla maggiore frequenza di *Elphidium* spp. e di *Neoconorbina terquemi*, oltre che da un leggero aumento di *Bolivina* spp., *Bulimina* spp., *Cassidulina carinata* e *Melonis* spp. (Fig. 7a–c). Nei camp. SS20–22, sottogruppo 3a, sono inoltre frequenti o più comuni Ammonia parkinsoniana, A. tepida, Aubignyna perlucida, Cibicides lobatulus, Reussella simplex e R. spinulosa.

#### 5.4 – Dati di altri sondaggi

Altri dati significativi ai fini di un confronto con i risultati acquisiti nel sondaggio SS1 sono stati ottenuti dall'analisi delle altre perforazioni dell'area di Argine Morano (sondaggi SS2–SS11) e dal sondaggio SB2, effettuato in zona C.na S. Bernardino.

Le associazioni dei silt marnosi dei sondaggi di Argine Morano risultano complessivamente simili a quelle del sondaggio SS1. Di particolare importanza

biostratigrafica è il rinvenimento di *Globorotalia puncticulata padana* nel sondaggio SS11, a –24,90 m s.p.c e di *Globorotalia bononiensis* nel sondaggio SS3 a quota –15,80 m e –14,80 m. Da segnalare ancora sono i comuni esemplari di *Globorotalia aemiliana* nel sondaggio SS4, a –15,10 m.

Livelli simili a quelli del camp. SS17, con comuni frammenti di alghe calcaree ("pralines"), frequenti gusci abrasi e glauconitizzati, in prevalenza di *Elphidium crispum* e *Amphistegina* sp., gusci ben conservati delle stesse specie e abbondanti miliolidi, sono stati osservati nei sondaggi SS3, a quota di – 15,80 e SS5, a –20,40 e –16,50 m. Tra i foraminiferi bentonici, nel sondaggio SS3, a –15,80 m, sono stati rinvenuti anche rarissimi esemplari di *Bulimina marginata*, confrontabili con gli esemplari a morfologia moderatamente sviluppata, illustrati da VERHALLEN, 1991.

Le microfaune del sondaggio SB2 risultano meno indicative per l'interpretazione biostratigrafica: non sono stati rinvenuti esemplari del genere *Globorotalia*, mentre solo a quota –13,50 m sono stati determinati rari gusci di *Buccella granulata*, *Bulimina sublimbata*, *Coryphostoma perforata e C. pseudodigitale*, specie segnalate dal Piacenziano (RIO et al., 1988, come *Rectobolivina perforata e R. pseudodigitale*). Rari gusci ben conservati di *Amphistegina* sp. sono presenti a –12 m circa. L'osservazione preliminare degli ostracodi mostra che le forme più comuni appartengono ai generi *Aurila*, *Costa*, *Echinocythereis*, *Loxoconcha* e *Pterygocythereis* (Stefania Trenkwalder, com. pers.). Le associazioni sembrano differenziarsi da quelle del sondaggio SS1 anche per il progressivo aumento verso l'alto delle forme di sedimenti sabbiosi infralitorali (*Ammonia beccarii, Elphidium* spp.).

#### 6. – Discussione

Le associazioni a foraminiferi bentonici dei sondaggi di Casale M. risultano costituite da percentuali variabili sia di specie infralitorali (Ammonia spp., Elphidium spp., miliolidi) che da taxa diffusi in sedimenti pelitici circalitorali (Cassidulina carinata, Cibicidoides spp.) e appaiono complessivamente riferibili ad ambienti della piattaforma, sia in base al rapporto P/(P+B) che alla distribuzione delle specie bentoniche (CHIERICI et al., 1962; JORISSEN, 1987; 1988). Le microfaune differiscono in modo marcato da quelle recentemente studiate nel Pliocene del Piemonte centro-occidentale (Monferrato orientale, Astigiano, Monregalese) (VIOLANTI, 2005). Nei sondaggi di Casale M., le specie diffuse in sedimenti da circalitorali profondi a epibatiali (Nodosariidae, Hoeglundina elegans, Martinottiella perparva, Uvigerina rutila etc.), databili alle biozone MP12-MP14, sono molto rare, o assenti. Anche Florilus boueanum e Bulimina elongata, abbondanti in silt argilloso-sabbiosi circalitorali dell'Astigiano, datati alla sottozona MPl4a (VIOLANTI et al, 2000) sono scarsamente presenti nelle associazioni in studio. Al contrario, nei campioni qui analizzati i miliolidi (Quinqueloculina s.l., Triloculina spp., Pyrgo spp, Sigmoilina spp.) sono molto più frequenti e diversificati di quanto osservato nelle associazioni dell'Astigiano e del Piemonte occidentale, databili al

Pliocene Inferiore (VIOLANTI, 2005). Le differenze sembrano imputabili solo in parte a differenti paleobatimetrie dei depositi, ma soprattutto a differenti condizioni paleoambientali del settore orientale del Monferrato, al margine del bacino padano, nel Pliocene Medio.

Le analisi mostrano variazioni nella struttura granulometrica dei silt argillosi del sondaggio SS1, con una porzione siltoso–pelitica nella parte più profonda, un breve tratto centrale a prevalente componente pelitica ed una porzione superiore più uniformemente siltosa. Inoltre, si sono evidenziati due livelli a granulometria più grossolana (camp. SS12 e SS17), non rilevati macroscopicamente, che costituiscono i limiti inferiore e superiore della porzione più fine. Le analisi quantitative condotte sui foraminiferi planctonici e bentonici confermano una differenziazione delle associazioni, approssimativamente in tre intervalli, in cui il rapporto P/(P+B), le percentuali dei taxa planctonici di acque calde e fredde, i taxa bentonici più comuni e l'insieme delle specie bentoniche con percentuali >2%, analizzate con la Cluster Analysis, mostrano caratteri tra di loro omogenei.

I campioni riuniti nel gruppo 1 del dendrogramma in Fig. 8 presentano basse percentuali della componente sabbiosa, in particolare delle frazioni >250 µm, e 250-125 µm, valori del rapporto P/(P+B) e del numero di specie bentoniche più alti di quelli dei campioni sovrastanti (Fig. 3). Questi caratteri si accentuano nei campioni basali SS1-3, individuati dal sottogruppo 1a (Fig. 8). I taxa planctonici di acque calde (Fig. 4) hanno valori compresi tra 40–70%, uniformemente intorno al 60-70% nei campioni SS7, 8, 9, 11, individuati dal sottogruppo 1b (Fig. 6). L'associazione bentonica è abbastanza diversificata, i taxa dominanti (Cassidulina carinata, Cibicidoides/Heterolepa spp., Fig. 7a-b), e comuni (Bulimina gibba, Pullenia bulloides, Sphaeroidina bulloides, Trifarina angulosa,), che risultano diffusi in fondali fangosi dal circalitorale al batiale (MURRAY, 2006), sono oggi segnalati a partire da -70/80 m (Cassidulina carinata, Trifarina angulosa, JORISSEN, 1987; 1988; MORIGI et al., 2005). È presente, ma non abbondante, anche Valvulineria bradyana, tipica della piattaforma (COLOM, 1974), frequente o dominante in fondali tra -40/80 m, ricchi di materia organica e prossimi a delta (JORISSEN, 1987; 1988; BERGAMIN et al., 1999; FREZZA et al., 2005). Le comunque scarse percentuali di forme profonde, viventi a partire da -100/120 m, quali Hoeglundina elegans, Planulina ariminensis, Uvigerina peregrina, U. pygmaea, CHIERICI et al. 1962; SGARRELLA, MONCHARMONT ZEI, 1993) suggeriscono paleobatimetrie nella zona circalitorale, prossime o non molto superiori a -100 m, e fondali soggetti a trasporto dalla piattaforma interna, documentato dai relativamente comuni gusci di Ammonia beccarii ed Elphidium spp. Nei campioni più profondi del sondaggio SS1, camp. SS2, a -32,50 e SS3, a -31,50, sottogruppo 1a della Cluster Analisi, la presenza di Globorotalia puncticulata potrebbe far attribuire le associazioni alla sottozona MPl4a (Pliocene Inferiore, Zancleano). Il rinvenimento di Globorotalia puncticulata padana, a quote nettamente superiori nel sondaggio SS11, camp. -24.90 m, potrebbe indicare il passaggio alla sottozona MPl4b (Pliocene Medio, Piacenziano), come segnalato in successioni nord-appenniniche (CAPOZZI, PICOTTI, 2003).

I campioni centrali del sondaggio SS1, (camp. SS10, SS12-16), riuniti nel gruppo 2 della O-mode Cluster Analysis, sono caratterizzati da una associazione bentonica dominata da Ammonia beccarii, Dorothia gibbosa, miliolidi, Globobulimina spp. e Textularia spp. I residui complessivi > 63 µm sono scarsi, ad eccezione del camp. 12, in cui la frazione >250 um è molto abbondante; i frustoli vegetali sono particolarmente abbondanti, il rapporto P/(P+B) ha valori bassi, spesso <10%, le percentuali dei taxa planctonici di acque calde, e in particolare di Orbulina universa, mostrano ampie oscillazioni. Microfaune ad Ammonia beccarii, miliolidi e Textularia spp. sono tipiche delle biocenosi DC (BLANC-VERNET, 1969) dei fondali grossolani infra-circalitorali (SGARRELLA, MONCHARMONT ZEI, 1993); esse sono state interpretate come indicative di ambiente infralitorale in successioni pleistoceniche della Pianura Padana orientale (FIORINI, 2004). Al contrario, il genere Globobulimina, molto abbondante in questo intervallo, comprende specie ampiamente diffuse in fondali pelitici e tolleranti tenori molto bassi di ossigeno (MULLINEAUX, LOHMANN, 1981; VIOLANTI, 1994; MURRAY, 2006). La contemporanea abbondanza di specie di sedimenti detritici e pelitici suggerisce una fase di intensificato trasporto da acque basse, evidenziato maggiormente nei due livelli grossolani a tetto e a letto dell'intervallo, con accumulo in fondali della piattaforma marcatamente disaerobici, dove Globobulimina spp. poteva diffondersi, a scapito di forme tolleranti bassi tenori di ossigeno ma non così specializzate (Bolivina spp., Bulimina spp.). Un trasporto differenziale dei gusci più pesanti di Miliolina e Textulariina e un conseguente arricchimento di queste forme nelle associazioni morte è ipotizzato in depositi recenti dell'Adriatico (SERANDREI BARBERO et al., 2003).

I campioni più superficiali, da SS17 a SS22, riuniti nel gruppo 3 del dendrogramma (Fig. 8), sono caratterizzati dal forte aumento percentuale di taxa infralitorali quali Cibicides lobatulus, Elphidium spp. e Neoconorbina terquemi, oltre che dalla presenza di taxa tolleranti salinità ridotte quali Ammonia parkinsoniana, A. tepida, Aubignyna perlucida (camp. SS20-22, sottogruppo 3a), attualmente comuni nelle associazioni costiere e lagunari dell'Adriatico settentrionale (ALBANI, SERANDREI BARBERO, 1990; DONNICI, SERANDREI BARBERO, 2002). Il residuo totale > 63  $\mu$ m è abbondante, formando circa il 40% del sedimento, le percentuali del rapporto P/(P+B) oscillano intorno al 10%, i taxa planctonici di acque calde subiscono una diminuzione nel tratto tra i campioni SS17-SS20 e un successivo aumento nei campioni sommitali. Orbulina universa è comune solo nel camp. SS18, rara o assente nei rimanenti campioni del gruppo. La presenza di Globorotalia bononiensis, con esemplari piccoli e probabilmente giovanili, nei camp. SS18-20 del sondaggio SS1 (intervallo tra -16,50/14,90 m), a quote simili nel sondaggio SS3, - 15,80 m e -14,80 m, e il rinvenimento di più comuni esemplari di Globorotalia aemiliana nel sondaggio SS4, -15,10 m, permettono di attribuire la parte sommitale dei silt argillosi alla sottozona MPI5a (SPROVIERI 1992) e ad un intervallo correlabile alla zona 5 di CAPOZZI, PICOTTI, 2003, definita nell'Appennino settentrionale in base alla presenza concomitante dei due taxa. Il ritrovamento di G. bononiensis e G. aemiliana solo nell'intervallo tra -15/-16 m p.c.

potrebbe indicare un periodo di maggiore diffusione dei due taxa e/o più intensi flussi di acque aperte, in grado di portare sulla piattaforma anche forme mesopelagiche quali le globorotalie. Nel sondaggio SS3, – 15,80, insieme a G. *bononiensis* è stata identificata *Bulimina marginata*. Tale forma, finora non rintracciata nel Pliocene piemontese (VIOLANTI, 2005), fa la sua comparsa nel Pliocene Medio–Superiore (AGIP, 1982; SPROVIERI 1986; DONDI, D'ANDREA, 1986; CAPOZZI, PICOTTI, 2003). Le associazioni a foraminiferi sembrano documentare un afflusso di acque a bassa salinità, di provenienza continentale, su fondali pelitici circalitorali poco profondi, probabilmenti relativamente meglio ossigenati di quelli dell'intervallo sottostante, in base al leggero aumento di *Bolivina* spp., *Bulimina* spp., *Cassidulina carinata* e *Melonis* spp. e alla forte riduzione di *Globobulimina* spp., taxon tipico di sedimenti disaerobici.

Le variazioni percentuali dei taxa planctonici indicano ulteriori oscillazioni climatiche, con un peggioramento in concomitanza con la presenza di *Globorotalia bononiensis* ed un nuovo miglioramento alla sommità dei silt argillosi. Le differenze nell'andamento percentuale di *Globigerinoides* spp., atttualmente vivente nella parte superficiale della colonna d'acqua e di *Orbulina universa*, vivente a profondità intermedie nello stadio adulto (HEMLEBEN et al., 1985), riflettono le diverse esigenze ecologiche dei due taxa, ma potrebbero anche suggerire una stratificazione delle masse d'acqua più marcata nella parte sommitale della successione.

Risultati in contraddizione con i dati della letteratura derivano dalla distribuzione di *Bulimina basispinosa* e di *Globobulimina ovula*, riconosciute in tutta la successione, ma finora segnalate solo a partire dal Pliocene Medio: *B. basispinosa* dalla parte media della zona a *G. aemiliana* (comprendente le sottozone MPI5a e MPI5b), secondo COLALONGO et al. (1982); *G. ovula* dalla parte alta della zona MPI5, 2,2 Ma, secondo SPROVIERI (1986). In base ai dati in letteratura, VIOLANTI (2005) ha riferito associazioni a *G. ovula* contenute in campioni isolati del Piemonte centrale alla zona MPI5; analisi successive di campioni prelevati in continuità stratigrafica hanno tuttavia evidenziato la presenza di *G. ovula* in associazioni circalitorali con *Globorotalia puncticulata* e quindi di pertinenza della sottozona MPI4a. La diffusione di *G. basispinosa, G. ovula* e *B. marginata*, taxa infaunali, opportunisti, tolleranti di bassi tenori d'ossigeno e di elevati quantitativi di nutrienti, nelle associazioni plioceniche dell'Italia nord–occidentale appare fortemente influenzata da fattori ambientali e la loro effettiva distribuzione stratigrafica richiede ulteriori verifiche.

### 7 - Conclusioni

Le analisi micropaleontologiche preliminari, condotte su sedimenti prelevati nel sottosuolo di Casale Monferrato, documentano l'effettiva presenza di depositi pliocenici, finora segnalati solo in sondaggi profondi della Pianura Padana. I sedimenti siltosi più antichi risultano riferibili al Pliocene Inferiore, sottozona MPl4a, in base alla presenza di *Globorotalia puncticulata* e si sono deposti nella zona circalitorale esterna, a profondità probabilmente intorno o poco superiori a -100 m, in base ad associazioni bentoniche abbastanza diversificate, con dominanti forme di fondali pelitici (Cassidulina carinata, Cibicidoides spp.) e di scarsi esemplari di Hoeglundina elegans, Planulina ariminensis e Uvigerina peregrina, taxa attualmente viventi in Mediterraneo nella zona circalitorale da circa –100/120 m (COLOM, 1974) fino al batiale (WRIGHT, 1978). Sembra inoltre documentata anche la sottozona MPl4b del Pliocene Medio, in base al rinvenimento di rari esemplari di Globorotalia puncticulata padana, segnalata nelle successioni coeve dell'Appenino settentrionale (CAPOZZI, PICOTTI, 2003). Nella parte intermedia della successione, due livelli di sedimenti detritici, prevalentemente biogenici, contenenti frammenti di alghe calcaree ("pralines") e gusci di Amphistegina sp., delimitano a letto e a tetto un intervallo in cui sono associate forme di acque basse e sedimenti sabbiosi ben ossigenati (Ammonia beccarii, miliolidi) ed esemplari di taxa preferenziali di fondali pelitici, disaerobici (Globobulimina spp.). Questa associazione suggerisce una fase di più intenso trasporto dalla zona interna della piattaforma ed accumulo nella piattafoma esterna. I livelli grossolani potrebbero rappresentare la documentazione di fasi erosive, con perdita di spessori non quantificabili dei sedimenti. Infatti, la parte sommitale dei silt argillosi risulta attribuibile alla sottozona MPI5a del Pliocene Medio, in base alla presenza concomitante di G. bononiensis e G. aemiliana ed al rinvenimento di Bulimina marginata. La prima comparsa di G. aemiliana è datata a circa 3 Ma (BERGGREN et al., 1995) ed è successiva alla prima comparsa di G. bononiensis, datata a 3,31 Ma (GRADSTEIN et al., 2004) o a 3,30 Ma (SCOTT et al., 2007). Il ridotto spessore, circa 22 m, dei silt argillosi campionati nel sondaggio SS1 sarebbe quindi rappresentativo di un intervallo di tempo compreso tra un limite inferiore antecedente o prossimo a 3,57 Ma (LAD G. puncticulata) e un limite superiore approssimabile a 3 Ma (FO G. aemiliana). L'abbondante materiale detritico terrigeno e biogenico suggerisce tuttavia un tasso di sedimentazione elevato, coerente con le interpretazioni paleobatimetriche derivanti dalle associazioni bentoniche, tipiche di fondali da circalitorali fino a infra-circalitorali. Sembrano quindi ipotizzabili fasi erosive, evidenziate dai due livelli grossolani e dalle microfaune, contemporaneamente rappresentative di diverse zone batimetriche.

Le variazioni quantitative dei taxa planctonici di acque calde e fredde evidenziano inoltre oscillazioni climatiche, ben correlabili con quelle documentate in successioni appenniniche del Pliocene Medio (CAPOZZI et al., 2006), con un intervallo dominato da specie planctoniche di acque calde nella parte inferiore della successione, successive fluttuazioni più frequenti, con dominanza delle specie di acque fredde nella parte alta e un ulteriore aumento di taxa "caldi". La presenza di comuni *Globigerinoides* spp. e di alcuni esemplari di *Amphistegina* sp., taxon di acque calde, sembra tuttavia documentare acque superficiali abbastanza calde, nettamente o stagionalmente stratificate, anche nella parte sommitale della successione.

Lavoro consegnato il 04.05.2007

#### RINGRAZIAMENTI

Gli autori desiderano ringraziare il Comune di Casale Monferrato (Assessorato all'Ambiente) per aver messo a disposizione il materiale di studio, Francesca e David Caulton, Stefania Trenkwalder e Marta Zunino per la collaborazione e le utili informazioni scientifiche, Magda Minoli per la collaborazione tecnica. Ringraziano inoltre Roberto Mazzei e Romana Melis per la revisione critica del manoscritto.

#### BIBLIOGRAFIA

- AGIP, 1982 Foraminiferi padani (Terziario e Quaternario). Atlante iconografico e distribuzioni stratigrafiche. 2<sup>nd</sup> Ed., 52 tav.
- ALBANI A.D., SERANDREI BARBERO R., 1990 I foraminiferi della Laguna e del Golfo di Venzia. Mem. Sc. Geol., 42: 271–341.
- BASILICI G., MARTINETTO E., PAVIA G., VIOLANTI D., 1997 Paleoenvironmental evolution in the Pliocene marine–coastal succession of Val Chiusella (Ivrea, NW Italy). *Boll. Soc. Paleont. Ital.*, 35 (1): 25–32.
- BE' A.W., TOLDERLUND D.S., 1971 Distribution and ecology of living planktonic foraminifera in surface waters of the Atlantic and Indian Oceans. In: Funnell, B.M. & Riedel, W.R. (Eds.), Micropaleontology of Oceans, Cambridge University Press, Cambridge: 105–149.
- BERGAMIN L., DI BELLA L., CARBONI M.G., 1999 Valvulineria bradyana (Fornasini) in organic matter–enriched environment. Il Quatern., 12 (1): 51–56.
- BERGGREN W.A., HILGEN F.J., LANGEREIS C.G., KENT D.V., OBRADOVICH J.D., RAFFI I., RAYMO M.E., SHACKLETON N.J., 1995 – Late Neogene chronology: New perspective in high-resolution stratigraphy. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 107: 1272–1287.
- BLANC-VERNET L., 1969 Contribution a l'étude des foraminiféres du Mediterranée. Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume, 64 (48): 1–315.
- BONSIGNORE G., BORTOLAMI G. C., ELTER G., MONTRASIO A., PETRUCCI F., RAGNI U., SACCHI R., STURANI C., ZANELLA E., 1969 – Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000., Fogli 56 e 57 Torino – Vercelli, IIa ed., Serv. Geol. It., Roma, 96 pp.
- BOVE FORGIOT L., TRENKWALDER S., VIOLANTI D., 2005 Le associazioni plioceniche a foraminiferi ed ostracodi di Verrua Savoia (Piemonte, Italia NW): analisi biostratigrafica e paleoambientale. *Rend. Soc. Paleont. It.*, 2: 9–27
- BRAGA G., RAGNI U., 1969 Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000., Fogli 44 e 58 Novara – Mortara, IIa ed., Serv. Geol. It., Roma, 54 pp.
- CAPOZZI R., PICOTTI V., 2003 Pliocene sequence stratigraphy, climatic trends and sapropel formation in the northern Apennines (Italy). Palaeogeogr., Palaeocclim., Palaeoecol., 190: 349–371.
- CAPOZZI R., NEGRI A., PICOTTI V., DINELLI E., GIUNTA S., MORIGI C., SCOTTI P., LOMBI G., MARANGONI F., 2006 – Mid–Pliocene warm climate and annual primary productivity peaks recorded in sapropel deposition. *Clim. Res.*, 31: 137–144.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, 1969a Foglio 57 "Vercelli", Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Ila ed., Serv. Geol. It., Roma.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, 1969b Foglio 58 "Mortara", Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. IIa ed., Serv. Geol. It., Roma.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, 1970 Foglio 69 "Asti", Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. IIa ed., Serv. Geol. It., Roma.
- CHAISSON W.P., RAVELO A.C., 1997 Changes in upper water-column structure at Site 925, Late Miocene-Pleistocene: planktonic foraminifer assemblage and isotopic evidence. In: Shackleton, N.J., Curry, W.B., Richter, C. & Bralower, T.J. (Eds.), *Proc. ODP Res.*, 154: 255–268.
- CHIERICI M.A., BUSI M.T., CITA M.B., 1962 Contribution a une étude écologique des foraminifères dans la Mer Adriatique. Rev. Micropaléont., 5 (2): 123–142.
- CIMERMAN F., LANGER M.R., 1991 Mediterranean Foraminifera. Slov. Akad. Znan. Umetn., 30: 1-119.
- COLALONGO M.L., DONDI L., D'ONOFRIO S., IACCARINO S., 1982 Schema biostratigrafico a Foraminiferi per il Pliocene e il basso Pleistocene nell'Appennino settentrionale e nella Pianura Padana. In: Cremonini G., Ricci Lucchi F. (Eds.) Guida alla geologia del margine appenninico padano. Guida Geol. Reg. S.G.I.: 121–122.
- COLOM G., 1974 Foraminiferos Ibèricos. Introducción al estudio de las especies bentônicas recientes. *Invest. Pesq.*, 38 (1): 1–245.
- CONATO V., 1954 Rettifica di nomenclatura di foraminiferi per omonimia. Riv. It. Paleont. Strat., 60 (1): 3.

CORLISS B.H., CHEN C., 1988 – Morphotype pattern of Norvegian Sea deep–sea benthic foraminifera and ecological implications. Geol., 16: 716–719.

DEBENAY J-P., PAWLOWSKI J., DECROUEZ D., 1996 - Les foraminifères actuels. Masson, Paris, 329 pp.

- DELA PIERRE F., PIANA F., FIORASO G., BOANO P., BICCHI E., FORNO M.G., VIOLANTI D., BALESTRO G., CLARI P., D'ATRI A., DE LUCA D., MORELLI M., RUFFINI R. (2003): Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 157 Trino. APAT, Dipart. Dif. Suolo, Litografia Geda, Nichelino (TO), 147 pp.
- DE STIGTER H.C., JORISSEN F.J., VAN DER ZWAAN G.J., 1998 Bathymetric distribution and microhabitat partitioning of live (Rose Bengal stained) benthic foraminifera along a shelf to deep sea transect in the Southern Adriatic Sea. *Journ Foram. Res.*, 28: 40–65.
- DI BELLA L., CARBONI M.G., PIGNATTI J., 2005 Paleoclimatic significance of the Pliocene Amphistegina levels from the Tyrrhenian margin of Central Italy. Boll. Soc. Paleont. Ital., 44 (3): 219–229.
- DI NAPOLIALLIATA E., 1952 Nuove specie di foraminiferi nel Pliocene e nel Pleistocene della zona di Castell'Arquato (Piacenza). Riv. It. Paleont. Strat., 58 (3): 95–110.
- DONDI L., D'ANDREA M.G., 1986 La Pianura Padana e Veneta dall'Oligocene superiore al Pleistocene. Giorn. Geol. s.3, 48 (1/2): 197–225.
- DONNICI S., SERANDREI BARBERO R., 2002 The benthic foraminiferal communities of the norhern Adriatic shelf. Mar. Micropaleont., 44: 93–123.
- FIORINI F., 2004 Benthic foraminiferal associations from Upper Quaternary deposits of Southeastern Po Plain. *Micropaleont.*, 50 (1): 45–58.
- FONTANIER C., MACKENSEN A., JORISSEN F.J., ANSCHUTZ P., LICARI L., GRIVEAUD C., 2006 Stable oxygen and carbon isotopes of live benthic foraminifera from the Bay of Biscay: Microhabitat impact and seasonal variability. *Mar. Micropaleont.*, 58: 159–183.
- FREZZA V., BERGAMIN L., DI BELLA L., 2005 Opportunistic benthic foraminifera as indicators of eutrophicated environments. Actualistic study and comparison with the Santernian middle Tiber valley. *Boll. Soc. Paleont. Ital.*, 44 (3), 193–201.
- GRADSTEIN F., OGG J., SMITH A., 2004 A Geologic Time Scale 2004. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 589 pp.
- HEMLEBEN C., SPINDLER M., ANDERSON O.R., 1989 Modern Planktonic Foraminifera. Springer–Verlag, Berlin, 363 pp.
- IACCARINO S., 1985 Mediterranean Miocene and Pliocene planktic foraminifera. In: Bolli H.M., Saunders J.B., Perch Nielsen K. (Eds.), Plankton Stratigraphy. Cambridge University Press, Cambridge: 283–314.
- JORISSEN F.J., 1987 The distribution of benthic foraminifera in the Adriatic Sea. Mar. Micropaleont., 12: 21-48.
- JORISSEN F.J., 1988 Benthic foraminifera from the Adriatic Sea: principles of phenotypic variation. Utrecht Micropaleont. Bull., 37: 1–174.
- KENNETT J.P., SRINIVASAN M.S., 1983 Neogene planktonic foraminifera. Hutchinson Ross Publishing Company, Stroudsburg, 265 pp.
- KICINSKI F.M., 1952 Contributo alla stratigrafia nel territorio di Orte. C.N.R. Contr. Sc. Geol., 22: 23-42.
- LOEBLICH A.R., TAPPAN H., 1988 Foraminiferal genera and their Classification. Van Nostrand Reinhold Comp., New York, 970 pp., 847 tav.
- MARTINIS B., 1949 Osservazioni sul lembo "Villafranchiano" di Valenza (Alessandria). Riv. It. Paleont. Strat., 55: 135–138.
- MARTINIS B., 1954 Ricerche stratigrafiche e micropaleontologiche sul Pliocene piemontese. Riv. It. Paleont. Strat., 60, (1): 45–114; (2): 125–194.
- MORIGI C., JORISSEN F.J., FRATICELLI S., HORTON B.P., PRINCIPI M., SABBATINI A., CAPOTONDI L., CURZI P.V., NEGRI A., 2005 – Benthic foraminiferal evidence for the formation of the Holocene mud-belt and bathymetrical evolution in the central Adriatic Sea. *Mar. Micropaleont.*, 57: 25–49.
- MULLINEAUX L.S., LOHMANN G.P., 1981 Late Quaternary stagnations and recirculation of the Eastern Mediterranean: changes in the deep water recorded by fossil benthic foraminifera. *Journ. Foram. Res.*, 11 (1): 20–39.
- MURRAY J.W., 1991 Ecology and Paleoecology of Benthic Foraminifera. Longman Scientific & Technical, New York, 397 pp..
- MURRAY J.W., 2006 Ecology and Applications of Benthic Foraminifera. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 426 pp.
- PARKER F.L., 1958 Eastern Mediterranean Foraminifera. Repts. Swedish Deep–Sea Exped. 1947–1948, 8 (4): 219– 283.
- PERES J.M., PICARD J., 1964 Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume, 31 (47): 1–137.
- PUJOL C., VERGNAUD GRAZZINI C., 1995 Distribution patterns of live planktic foraminifers as related to regional hydrography and productive systems of the Mediterranean Sea. *Mar. Micropaleont.*, 25: 187–217.

- RIO D., SPROVIERI R., RAFFI I., VALLERI G., 1988 Biostratigrafia e paleoecologia della sezione stratotipica del Piacenziano. Boll. Soc. Paleont. Ital., 27 (2): 213–238.
- RIO D., CHANNELL J.E.T., BERTOLDI R., POLI M.S., VERGERIO P.P., RAFFI I., SPROVIERI R., THUNELL R.C., 1997 – Pliocene sapropels in the northern Adriatic area: chronology and paleoenvironmental significance. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, 135: 1–25.
- SACCO F., 1935 Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Fogli di Torino, Vercelli, Mortara, Carmagnola Asti, Alessandria Cuneo, Ceva, Genova N. e Voghera O. costituenti il bacino terziario del Piemonte. Min. Corp. R. Uff. Geol., Roma, 85 pp.
- SCHÖNFELD J., 2006 Taxonomy and distribution of the Uvigerina peregrina plexus in the tropical to northeastern Atlantic. Journ. Foram. Res., 36 (4): 355–367.
- SCOTT G.H., KENNETT J.P. WILSON K.J., HAYWARD B..W., 2007 Globorotalia puncticulata: Population divergence, dispersal and extinction related to Pliocene–Quaternary water masses. Mar. Micropaleont., 62: 235–253.
- SERANDREI BARBERO R., MORISIERI M., CARBOGNIN L., DONNICI S., 2003 An inner shelf foraminiferal fauna and its response to environmental processes (Adriatic Sea, Italy). *Rev. Espan. Micropaleont.*, 35 (2): 241–264.
- SERRANO F., GONZALES–DONOSO J.M., LINARES D., 1999 Biostratigraphy and Paleoceanography of the Pliocene at Site 975 (Menorca Rise) and 976 (Alboran Sea) from a quantitative analysis of the planktonic foraminiferal assemblages. In: Zahn, R., Comas, M.C. & Klaus, A. (Eds.), *Proc. ODP Sc. Res.*, 161: 185– 195.
- SGARRELLA F., MONCHARMONT ZEI M., 1993 Benthic Foraminifera of the Gulf of Naples (Italy): systematics and autoecology. Boll. Soc. Paleont. Ital., 32 (2): 145–264.
- SIERRO F.J., FLORES J.A., BÁRCENA M.A., VÁZQUEZ A., UTRILLA R., ZAMARREÑO Y., 2003 Orbitallycontrolled oscillations in the planktic communities and cyclical changes in western Mediterranean hydrography during the Messinian. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, 190: 289–316.
- SOCIN C., 1954 Microfaune terziarie del Monferrato. Pubbl. Ist. Geol. Univ. Torino, 3: 25-50.
- SPROVIERI R., 1986 Paleotemperature changes and speciation among benthic foraminifera in the Mediterranean Pliocene. Boll. Soc. Paleont. Ital., 24 (1): 13–21.
- SPROVIERI R., 1992 Mediterranean Pliocene biochronology: a high resolution record based on quantitative planktonic foraminifera distribution. Riv. It. Paleont. Strat., 98: 61–100.
- SPROVIERI R., DI STEFANO E., HOWELL M., SAKAMOTO T., DI STEFANO A., MARINO M., 1998 Integrated calcareous plankton biostratigraphy and cyclostratigraphy at Site 964. In: Robertson A.H.F., Emeis K.-C., Richter C., Camerlenghi A. (Eds.), Proc. ODP Sc. Res., 160: 155–165.
- SPROVIERI R., HASEGAWA S., 1990 Plio–Pleistocene benthic foraminifer stratigraphic distribution in the Deep Sea record of the Thyrrhenian Sea (ODP LEG 107). In: Kastens K.A., Mascle J. et al., *Proc. ODP Sc. Res.*, 107: 429–459.
- TRENKWALDER S., VIOLANTI D., 2001 Il Pliocene di Verrua Savoia (Piemonte, Italia Settentrionale): sintesi dei nuovi dati biostratigrafici e paleoambientali. Gior. Geol., s. 3, 62 (2000): 77–82.
- VAN MORKHOVEN F.P.C.M., BERGGREN W.A., EDWARDS A.S., 1986 Cenozoic cosmopolitan deep-water benthic foraminifera. Bull. Centr. Res. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine, Mem., 11, 421 pp.
- VERHALLEN P.J.J.M., 1991 Late Pliocene to Early Pleistocene Mediterranean mud–dwelling foraminifera; influence of a changing environment on community structure and evolution. Utrecht Micropaleont. Bull., 40, 220 pp.
- VIOLANTI D., 1987 Analisi paleoambientali e tassonomiche di associazioni a Foraminiferi del Pliocene ligure (Rio Torsero). Boll. Mus. Region. Sc. Nat. Torino, 5 (1): 239–293.
- VIOLANTI D., 1994 Pliocene mud–dwelling benthic foraminiferal assemblages dominated by *Globobulimina affinis* (Castel di Sotto, Canton Ticino, Switzerland). *Boll. Soc. Paleont. Ital.*, Spec. Vol. 2: 365–379.
- VIOLANTI D., 2005 Pliocene Foraminifera of Piedmont (north–western Italy): a synthesis of recent data. Ann. Univ. St. Ferrara, Mus. Sc. Nat., Vol. Spec. 2005: 75–88.
- VIOLANTI D., BARONCELLI M.A., FLOREAN S., GALLO L.M., LOZAR F., 2000 Benthic assemblages as indicators of deltaic paleoenvironments: a study of Pliocene biofacies from Piedmont (Northwestern Italy). *XI RCMNS Congress*, Abstrs.: 43.
- VIOLANTI D., GALLO L.M., RIZZI A., 2007 Foraminiferal assemblages of the Bric della Muda laminites (Nizza Monferrato, Piedmont): Proxies of cyclic paleoenvironmental changes in the Lower Messinian of Northwestern Italy. *Geobios*, 40: 281–290.
- WRIGHT R., 1978 Neogene paleobathymetry of the Mediterranean based on benthic foraminifers from DSDP Leg 42A. In Kidd R.B., Worstell P.J. (Eds.), *Init. Repts. DSDP.*, 42: 837–846.

Atti Mus. Civ. Stor. Nat. Trieste	Suppl. al 53	2008	265-276	novembre 2008	ISSN: 0335–1576
-----------------------------------	--------------	------	---------	---------------	-----------------

# AIGIALOSAURS: REMARKS ON THEIR TAXONOMY AND PHYLOGENY

#### ALESSANDRO PALCI

Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Modena e Reggio Emilia, Largo S. Eufemia nº 19, 41100, Modena, Italy

Abstract – The Aigialosauridae KRAMBERGER, 1892, was erected in order to group a heterogeneous set of Cenomanian and Turonian (Upper Cretaceous) fossil squamates. However, recent studies have pointed out the impossibility of identifying any diagnostic characters (synapomorphies) of the group to support their monophyly. Many characters, on the other hand, link these lizards to the Mosasauridae. Bell (1997) was the first to attempt a phylogenetic analysis inclusive of all representative species of mosasaurs and of all known "aigialosaurs" (with the exception of *Carsosaurus marchesettii*), the result was a paraphyletic Mosasauridae into which some "aigialosaurs" were intercalated. The data matrix used by BELL (1997) for his phylogenetic analysis, and later implemented by BELL and POLCYN (2005), was recently edited by DUTCHAK and CALDWELL (2006) and by CALDWELL and PALCI (2007) after examination of the "Trieste aigialosaur" and the type specimens of *Aigialosaurus dalmaticus* and *Opetiosaurus bucchichi*. The latter study in particular pointed out a series of methodological problems in the previous analyses and extended the taxic composition of the original data matrix by inclusion of *Carsosaurus marchesettii*. Current consensus holds that the Aigialosauridae, as currently defined, is a paraphyletic assemblage, and that the Mosasauridae (Mosasauroidea with paddle–like limbs) are demonstrably polyphyletic.

Key words: aigialosaurs, mosasaurs, Upper Cretaceous, taxonomy, phylogeny.

**Riassunto – Aigialosauri: tassonomia e rapporti filogenetici** – La famiglia Aigialosauridae KRAMBERGER, 1892, venne istituita per raggruppare un insieme alquanto eterogeneo di rettili squamati fossili vissuti tra il Cenomaniano e il Turoniano (Cretaceo superiore). Tuttavia recenti studi hanno fatto notare come non sia possibile identificare dei caratteri diagnostici (sinapomorfici) in grado di giustificare tale gruppo di rettili da un punto di vista sistematico. Esistono però numerosi caratteri che legano questi rettili ai Mosasauridae. Bell nel 1997 è stato il primo a proporre un'analisi filogenetica comprendente tutte le specie più rappresentative di Mosasauridae insieme a tutti gli "aigialosauridi" noti (ad eccezione di *Carsosaurus marchesettii*, ritenuto troppo incompleto), ottenendo così che i Mosasauridae apparivano come un gruppo parafiletico con intercalati all'interno i diversi aigialosauri. La matrice utilizzata per l'analisi filogenetica da BELL (1997) e in seguito ampliata da BELL e POLCYN (2005) è stata poi rivista e parzialmente corretta prima da DUTCHAK e CALDWELL (2006) e poi ulteriormente da CALDWELL PALCI (2007) alla luce di osservazioni dirette effettuate sull'"aigialosauro di Trieste" e sugli olotipi di *Aigialosaurus dalmaticus e Opetiosaurus bucchichi.* Quest'ultimo studio in particolare ha messo in evidenza una serie di problemi metodologici presenti ne precedenti lavori ed ha incluso nell'analisi dei dati anche *Carsosaurus marchesettii.* I risultati ottenuti da tutti questi studi concordano nel considerare parafiletica la famiglia Aigialosauridae cosi come è attualmente definita e sul carattere polifiletico dei Mosasauridae (Mosasauridae con arti modificati in pinne).

Parole chiave: aigialosauri, mosasauri, Cretacico superiore, tassonomia, filogenesi.

#### 1. – Introduction

The Aigialosauridae was created by KRAMBERGER (1892) to include a wide range of Upper Cretaceous semi–aquatic lizards, namely *Acteosaurus tommasinii* Von MEYER, 1860, *Adriosaurus suessi* SEELEY, 1881, *Pontosaurus lesinensis* KORNHUBER, 1873, *Aigialosaurus dalmaticus* and *A. novaki* KRAMBERGER, 1892. Ten years later, however, after a careful review of the available specimens, NOPCSA (1903) proposed a different classification scheme, placing the long– necked (more than 10 cervical vertebrae) lizards, namely *Acteosaurus, Adriosaurus* and *Pontosaurus*, into the Dolichosauridae GERVAIS, 1852, along with the English genus *Dolichosaurus longicollis* OWEN, 1850, and the short–necked lizards, namely



Fig. 1 – Aigialosaur and mosasaur body plans. A, reconstruction of the generalized aigialosaur body plan (modified from CARROLL and DeBRAGA, 1992); B, a typical mosasaur body plan, *Clidastes liodontus* (from RUSSELL, 1967); C, generalized skull anatomy of an aigialosaur; D, skull anatomy of a mosasaur, *Platecarpus ictericus* (modified from RUSSELL, 1967). Abbreviations: q, quadrate bone; imh, intra–mandibular hinge–joint. Scale bar equals 5 cm.

Fig. 1 – Confronto tra il piano strutturale degli aigialosauri e dei mosasauri. A, ricostruzione dell'aspetto generale di un aigialosauro (modificato da CARROLL e DeBRAGA, 1992); B, aspetto di un tipico mosasauro, *Clidastes liodontus* (da RUSSELL, 1967); C, anatomia generalizzata del cranio di un aigialosauro; D, anatomia del cranio di un mosasauro, *Platecarpus ictericus* (modificato da RUSSELL, 1967). Abbreviazioni: q, osso quadrato; imh, articolazione intra-mandibolare. La scala equivale a 5 cm.

Aigialosaurus, Opetiosaurus KORNHUBER, 1901, Carsosaurus KORNHUBER, 1893, and Mesoleptos CORNALIA and CHIOZZA, 1852, into the family Aigialosauridae. After the discovery of Eidolosaurus trauthi, NOPCSA (1923) again modified this taxonomic scheme, considering that his former Aigialosauridae and Dolichosauridae were too similar to be considered different families and suggested the erection of three subfamilies: Dolichosaurinae (Acteosaurus, Adriosaurus, Pontosaurus, Dolichosaurus and Eidolosaurus), Aigialosaurinae (Aigialosaurus, Opetiosaurus, Carsosaurus) and the monogeneric Mesoleptinae (Mesoleptos), all of which were included inside a more broadly conceived Dolichosauridae. That same year CAMP (1923) published his monograph on the classification of lizards, where he reported Nopcsa's first taxonomic scheme with Dolichosauridae and Aigialosauridae as separate families, and grouped them with Varanidae in the superfamily Varanoidea. With only a few minor changes and additions (e.g.,

CAMP and ALLISON, 1961; ESTES et al., 1988; CARROLL and DeBRAGA, 1992; DeBRAGA and CARROLL, 1993; see also DUTCHAK, 2005 for a more detailed review of the history of systematics for the family "Aigialosauridae") Camp's classification scheme placed dolichosaurs and aigialosaurs into distinct but closely related taxonomic units, standing until recently, as the commonly accepted phylogenetic scheme for these various aquatic lizards.

Indeed, recent publications have found no support for a monophyletic Dolichosauridae sensu CAMP (1923), so that this family name should be restricted to include only Dolichosaurus. Coniasaurus (considered by both ROMER [1956] and CARROLL [1988] as an aigialosaur) is probably a close relative of *Dolichosaurus* and, as suggested by the similar stratigraphic occurrence and vertebral morphology, future discoveries could even reveal that the two taxa are congeneric (CALDWELL, 1999a; CALDWELL and COOPER, 1999; CALDWELL, 2000). According to the latest works on the systematics and phylogeny of "dolichosaurs", all the smallheaded and long-necked lizards (i.e. Dolichosaurus, Coniasaurus, Acteosaurus, Adriosaurus, Pontosaurus, Eidolosaurus and the more recently described Aphanizocnemus Dal SASSO e PINNA, 1997) should all be placed into a stem lineage leading to snakes (LEE and CALDWELL, 2000; RAGE and ESCUILLIE', 2000; CALDWELL and Dal SASSO, 2004; CALDWELL and LEE, 2004; PIERCE and CALDWELL, 2004; LEE, 2005; CALDWELL, 2006), forming the clade Ophidiomorpha (PALCI and CALDWELL, 2007), considered to be the sistergroup of the Mosasauroidea (a clade composed of "aigialosaurs" and mosasaurs).

Thus far, no exclusive synapomorphies have been identified for the family "Aigialosauridae", meaning that phylogenetically they are "primitive" mosasauroid reptiles without paddle–like limbs in the sistergroup position to a variety of different mosasaurid clades (Fig. 1A, B).

CARROLL and DeBRAGA (1992) and BELL (1997) identified nine synapomorphic characters supporting the monophyletic status of the clade Mosasauroidea, inclusive of mosasaurs and aigialosaurs:

- 1) Circular configuration of the quadrate.
- 2) Well developed hinge-joint between angular and splenial.
- 3) Articulating surface of the lower jaw formed equally by surangular and articular.
- 4) Reduction of transverse processes and zygapophyses of [distal] caudal vertebrae.
- 5) Frontal invaded by posterior end of nares [but reversed in Mosasaurinae and not observable in any of the aigialosaurid specimens].
- 6) Teeth with expanded bony base of attachment.
- 7) Extreme forward extension of the prearticular process.
- 8) Extreme reduction of posteromedial process of coronoid.
- 9) Elongation of haemal and neural processes of caudal vertebrae.

The skull anatomy of the "aigialosaurs" is extremely similar to that of some

#### ALESSANDRO PALCI

mosasaurs like *Clidastes* or *Platecarpus* (Fig. 1C, D), not only in terms of the characters listed above (i.e., the presence of a circular or semi–circular tympanic rim of the quadrate and the presence of an intra–mandibular joint), but also for the lack of a symphysis between the dentaries and for the antero–posteriorly elongated external nares that extend posteriorly to include about 50% of the maxillae. This latter two characters, however, are symplesiomorphies of aigialosaurs, mosasaurs and dolichosaurs, that function as a synapomorphy of the larger clade Pythonomorpha, originally introduced by COPE (1869) and recently resurrected and emended by LEE (1997), and again by PALCI and CALDWELL (2007).

There is no universal consensus at present with regard to the phylogenetic relationships of the "aigialosaurs" within the Mosasauroidea. As a matter of fact it is still uncertain whether the taxa informally named 'aigialosaurs' make up a paraphyletic assemblage of basal mosasauroids (CALDWELL et al., 1995; CALDWELL, 1996; CALDWELL, 1999b; CALDWELL and PALCI, 2007) or if they represent a polyphyletic assemblage of taxa that are scattered among the more derived Mosasauridae, making the latter polyphyletic too, as suggested by BELL (1997), POLCYN and BELL (2005), and BELL and POLCYN (2005) (the latter two refer to the same phylogenetic analysis but focus on different taxa). In this paper the latest hypotheses of the phylogenetic interrelationships of aigialosaurs among mosasauroid lizards will be reviewed and commented upon in order to illustrate the present state of the art on a much debated topic that can have important evolutionary implications (e.g. multiple parallel evolution of paddle–like appendages in a relatively short geologic time span).

#### 2. – Review

#### 3.1 – The cladistic analysis by BELL and POLCYN (2005)

BELL and POLCYN (2005) recently presented a phylogeny that included numerous mosasaurs from North America along with the supposedly basal aigialosaurs *Opetiosaurus*, *Aigialosaurus*, the "Trieste aigialosaur" (CARROLL and DeBRAGA, 1992; CALDWELL and PALCI, 2007), *Haasiasaurus gittelmani* POLCYN et al., 1999, and *Dallasaurus turneri* BELL and POLCYN, 2005.

These two authors proposed a data matrix of 144 characters and 41 taxa, that was a slightly modified version (i.e., four new taxa and two new characters) of the one used by BELL (1997). Their analysis produced three equally parsimonious trees with a length of 412 steps (CI=0.43; RI=0,76), (their preferred phylogenetic hypothesis is given in Fig. 2A). The only uncertainty affected the phylogenetic relationships among the different species of *Clidastes*, but apart from this the same basic relationships were recovered in all trees: *Dallasaurus turneri* was the sister taxon of the subfamily Mosasaurinae; *Russellosaurus coheni, Yaguarasaurus colombianus* and *Tethysaurus nopcsai* together formed the sister group to the clade containing Plioplatecarpinae and Tylosaurinae (this whole group was collectively



**Fig. 2**–Most recent phylogenetic hypotheses for mosasauroid interrelationships. A, preferred phylogenetic hypothesis of BELL and POLCYN (2005). Note: this is one of their three equally parsimonious trees, which taken as a whole in a strict consensus tree shows three possible arrangements (a polytomy) for the species of the genus *Clidastes*; B, strict consensus of 15 most parsimonious trees recovered from the analysis of DUTCHAK and CALDWELL (2006); C, strict consensus of 12 most parsimonious trees recovered from the analysis by CALDWELL and PALCI (2007). Black triangles indicate taxa traditionally classified as "aigialosaurs" (i.e. mosasauroids with limbs not evolved into paddle–like structures).

**Fig. 2** – Le più recenti ipotesi filogenetiche sulle relazioni tra rettili mosasauroidi. A, ipotesi filogenetica proposta da BELL e POLCYN (2005). Si noti come quella proposta dagli autori sia solo una delle tre ipotesi filogenetiche equivalenti da loro rinvenute, che se raffigurate in un albero di consenso stretto rivelerebbero tre diversi possibili posizionamenti (una politomia) per le specie appartenenti al genere *Clidastes*; B, albero risultante dal consenso stretto di 15 alberi egualmente parsimoniosi rinvenuti nell'analisi di DUTCHAK e CALDWELL (2006); C, albero risultante dal consenso stretto di 12 alberi egualmente parsimoniosi rinvenuti nell'analisi di CALDWELL e PALCI (2007). I triangoli neri indicano quei taxa che tradizionalmente sarebbero stati classificati come "aigialosauri" (mosasauroidi con arti non evolutisi in pinne).

#### ALESSANDRO PALCI

named "parafamily Russellosaurina" in another paper by the same authors: POLCYN and BELL, 2005); *Opetiosaurus* and *Aigialosaurus* were arranged as successive sister groups to the rest of the ingroup taxa; the Halisaurinae plus the 'Trieste aigialosaur' were reconstructed as the sister group to Russellosaurina; and *Haasiasaurus gittelmani* was the sister taxon of ((Halisaurinae + 'Trieste aigialosaur') + Russellosaurina).

Of note in this study is that all these trees support the presence of taxa with primitive terrestrially adapted limbs, not paddle–like limbs (defined as the "plesiopedal condition" by the authors as opposed to "hydropedal", i.e. possessing paddle–like limbs) at the base of each mosasaur subfamily. The evolutionary implication of this hypothesis is that evolution of paddle–like appendages was not a single event occurring at the beginning of the radiation of mosasaurs, but was instead the result of convergent evolution occurring multiple times in different lineages of mosasauroids (at least three, once within Mosasaurinae, once within Russellosaurina, and a third time within Halisaurinae). The taxonomic implication of this hypothesis is that the family name "Mosasauridae" should be dismissed as polyphyletic. But BELL and POLCYN (2005) did not feel so confident in their phylogeny as to redefine the family, explicitly saying that, "…although it is likely warranted, we refrain from revising the diagnosis of Mosasaurinae at this time, pending further phylogenetic analyses utilizing more robust data sets." (BELL and POLCYN, 2005, p. 190).

## 3.1 – The cladistic analysis by DUTCHAK and CALDWELL (2006)

The analyses of BELL (1997) and BELL and POLCYN (2005) were undoubtedly the first important phylogenetic studies of the Mosasauroidea, and the first to address the problem of their evolutionary relationships using the cladistic method. However, these works were also criticized for some minor and major flaws (e.g. DUTCHAK, 2005). In particular DUTCHAK and CALDWELL (2006) noticed a series of miscodings related to erroneous anatomical interpretations of Aigialosaurus dalmaticus. They provided a redescription of the type and only specimen focusing also on new anatomical details that passed unnoticed in previous works devoted to this specimen (KRAMBERGER, 1892; CARROLL and DeBRAGA, 1992). As a result of their analysis of Aigialosaurus dalmaticus Dutchak and Caldwell recoded as "unknown" (i.e. as "?") four of the character states assigned to this specimen by BELL and POLCYN (2005) and used by the latter authors to separate this genus from Opetiosaurus. After this modification to the original data matrix, the phylogenetic analysis resulted in 15 most parsimonious trees of 409 steps (CI=0,43; RI=0.76), meaning they recovered 12 more trees than did BELL and POLCYN (2005) (i.e., the data set contained more homoplastic characters). Of course this increase in alternative topologies is to be expected after the introduction of more uncertainty (more "?") into the data matrix, but what is less straightforward is the modification of the phylogenetic relationships occurring among taxa in the two phylogenies (Fig. 2A, B). The most notable differences in Dutchak and Caldwell's

cladogram are as follows: the position of "Taxon novum", which is basal to the Halisaurinae (and no longer to the Mosasaurinae); the "Trieste aigialosaur" which is not the sister group of the Halisaurinae; the movement of *Aigialosaurus dalmaticus* from a basal position with *Opetiosaurus bucchichi* to a more derived position in the sister group to the "Trieste aigialosaur".

What is interesting to note here is that DUTCHAK and CALDWELL (2006) recovered a phylogenetic hypothesis that is in conflict with their perception of Aigialosaurus dalmaticus and Opetiosaurus bucchichi as belonging to the same genus. According to the authors this could be due to the fact that other problematic character state assignments remain in the data matrix of BELL and POLCYN (2005) and need to be addressed, especially after a new examination and description of the type and only specimen of Opetiosaurus bucchichi. However, it should be also pointed out that programs performing phylogenetic analyses using parsimony (e.g., PAUP) can create for a taxon a certain number of artificial synapomorphic characters as a result of the method followed in finding the most parsimonious tree(s) from a data matrix containing unavailable data (i.e. "?"). Each question mark is indeed artificially converted into a known character state depending on the most parsimonious distribution present at that moment of the building of the tree (STRONG and LIPSCOMB, 1999). This methodological flaw may well be responsible for the unexpected phylogenetic hypothesis recovered after the introduction of four question marks in the data matrix by Dutchak and Caldwell.

Phylogenetic details aside, one of the most intriguing observations made by DUTCHAK and CALDWELL (2006) concerns the pelvic anatomy of *Aigialosaurus dalmaticus*. These authors indeed recognized the presence of a strongly developed anterodorsal process on the ilium of this specimen that is an autapomorphy for that taxon, and that they suggested showed a trend towards the ilium of mosasaurs (i.e. an anterodorsally oriented rod–like element with no direct contact with the axial skeleton) (Fig. 3). As pointed out by the authors, this implies that the mosasaur condition could have been achieved with the loss of the posterior iliac ramus (also resulting in the loss of the sacrum) and with an extension of the anterodorsal process of the ilium. This evolutionary scenario would be more parsimonious in terms of anatomical modifications to muscle attachments, etc., than the scenario which holds that the mosasaur ilium resulted from a clockwise rotation of the bone.

## 3.1 – The cladistic analysis by CALDWELL and PALCI (2007)

Following DUTCHAK and CALDWELL's (2006) critical analysis of the data used by BELL and POLCYN (2005), CALDWELL and PALCI (2007), in their description and systematization of the "Trieste aigialosaur", addressed additional problems in the data set of BELL and POLCYN (2005) (see also DUTCHAK [2005]). Caldwell and Palci rejected Bell and Polcyn's use of undiagnosed taxa and multiple specimens used to represent a single species, thus excluding eleven terminal taxa from the analysis (i.e., undescribed taxa such as "Taxon novum YPM", or indeterminate taxa such as "*Mosasaurus* indet."). Further, CALDWELL



**Fig. 3** – Comparison among the ilia of different squamates. A, ilium of *Varanus*; B, ilium of *Aigialosaurus dalmaticus* showing an expanded anterodorsal process; C, ilium of *Mosasaurus conodon*, almost entirely constituted by the anterodorsal process (modified from RUSSELL, 1967). Abbreviations: a.p., anterodorsal process of ilium; a.f., acetabular fossa. Scale bar equals 1 cm in A and B, and 5 cm in C. **Fig. 3** – Confronto tra l'ilio di diversi squamati. A, ilio di *Varanus*; B, ilio di *Aigialosaurus dalmaticus*, si noti il processo anterodorsale espanso; C, ilio di *Mosasaurus conodon*, costituito pressoché unicamente dal processo anterodorsale (modificato da RUSSELL, 1967). Abbreviazioni: a.p. processo anterodorsale dell'ilio; a.f. fossa dell'acetabolo. La scala equivale a 1 cm in A e B, e a 5 cm in C.

and PALCI (2007) collapsed *Opetiosaurus bucchichi* and *Aigialosaurus dalmaticus* into a single terminal taxon *Aigialosaurus*. They also created new single terminal taxa for BELL and POLCYN's (2005) multiple specimen number terminals (e.g., *Platecarpus tympaniticus* 8769 and *Platecarpus tympaniticus* 600 simply became *Platecarpus tympaniticus*). CALDWELL and PALCI (2007) also included *Carsosaurus marchesettii* in the data matrix, and deleted ten of BELL and POLCYN's (2005) characters (8, 15, 53–55, 57–60, and 62). Characters were deleted either because they dealt with problematic anatomical units or because they were uninformative. Their final data set eventually included 135 characters (one character was added in place of two deleted ones) and 31 terminal taxa. Analysis of the matrix resulted in the recovery of 12 equally parsimonious trees with tree lengths of 351 steps (CI=0.48, RI=0.73) (Fig. 2C).

A comparison of the three most recent phylogenetic hypotheses (Fig. 2) finds that in CALDWELL and PALCI's (2007) phylogeny, *Aigialosaurus* is restored to the basal position it had in BELL and POLCYN (2005), the "Trieste aigialosaur" is now basal to *Haasiasaurus*, *Carsosaurus* is in an unsolved polytomy with the "Trieste aigialosaur", and the parafamily "Russellosaurina", as originally defined by BELL and POLCYN (2005), is no longer recognizable due to the sister group relationship of the Halisaurinae with the clade composed of *Yaguarasaurus*, *Tethysaurus* and *Russellosaurus*.

Moreover, CALDWELL and PALCI (2007), following DUTCHAK and CALDWELL (2006), further stressed the importance of the modifications to the anatomy of the ilium and its importance to the evolution of a completely aquatic life–style in mosasaurs; they proposed two new anatomical terms to describe the condition of retaining or not retaining a sacrum (plesiopelvic and hydropelvic respectively).

### 3. - Conclusions

These phylogenetic studies, although different in many respects, all agree that the family "Aigialosauridae" as defined by CAMP (1923) should be abandoned or restricted in its use to the genus *Aigialosaurus*. As regards the family "Mosasauridae", it should be either abandoned as polyphyletic or emended so that its definition is independent of the limb condition of the included taxa. Indeed the presence of plesiopedal mosasauroids as basal members of the differing clades of hydropedal mosasauroids strongly supports the hypothesis that the hydropedal condition evolved independently at least three different times: once for the Mosasaurinae, once for the Halisaurinae and once for the Tylosaurinae + Plioplatecarpinae. Alternatively the plesiopedal condition observed in some forms might be considered as a reversal, but in support of this hypothesis there is no known example of the re–evolution of a "terrestrial" limb from a paddle–like precursor.

Even if this high degree of convergence seems striking at first, we have just to consider the multiple evolution of paddles in marine vertebrates to reconsider how easily the latter can evolve toward a similar limb structure under the constraints imposed by an aquatic environment. Water indeed constitutes one of the most efficient environments where organisms of all kinds are uniformly influenced by very specific physical constraints. The most striking examples of convergent evolution are observed among aquatic vertebrates like sharks, tunas, ichthyosaurs and dolphins, that even if distantly related, share extremely similar body plans. It should not be surprising then if in closely related taxa, such as mosasauroid reptiles, we can observe such a high degree of parallel evolution.

In conclusion, the taxonomical term "Mosasauridae" should be either abandoned or rediagnosed. The long–lasting, popular use of this term however, makes its abandonment quite undesirable. A re–diagnosis is here strongly supported and the term Mosasauridae should be considered as a senior synonym of Mosasauroidea *sensu* BELL (1997) or LEE (1997). Noteworthy in this case, is that CAMP (1923) had already used the term Mosasauroidea to refer to the Mosasauridae of other workers, but he did not include "aigialosaurs" in this group, considering them as a family (Aigialosauridae) outside the Mosasauroidea (even if joined to the latter along with Varanidae and Dolichosauridae in the Platynota).

Even if future phylogenetic studies will recover some support for a monophyletic grouping of the hydropedal (and/or hydropelvic) forms, for the sake of taxonomic stability it is here proposed that the family name Mosasauridae should take the place of the younger and less commonly used term Mosasauridea, thus basing the diagnosis of the group on cranial characters, with the anatomical terms plesiopedal/hydropedal and plesiopelvic/hydropelvic serving to distinguish the qualitative differences of more exclusive clades within the group.

Lavoro consegnato il 01.10.2007

#### ACKNOWLEDGEMENTS

I wish to thank Dr. Deborah Arbulla, curator of the palaeontological collections of the Museo Civico di Storia Naturale di Trieste, for the invitation to contribute to this volume and Dr. Michael W. Caldwell, of the Department of Biological Sciences of the University of Alberta, Canada, for many interesting discussions on the evolution of mosasauroid lizards and for a friendly review of this manuscript. I am very grateful to the two referees, Dr. Jean–Claude Rage, of the Laboratoire de paléontologie, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France, and to Dr. Cristano Dal Sasso, Museo Civico di Storia Naturale di Milano, for their helpful comments and suggestions on how to improve this manuscript.

#### LITERATURE CITED

- BELL G.L. Jr., 1997 Part IV: Mosasauridae Introduction. In Callaway J. M. and E. L. Nicholls, (eds.), Ancient Marine Reptiles, Academic Press, San Diego: 281–292.
- BELL G.L., POLCYN M.J., 2005 Dallasaurus turneri, a new primitive mosasauroid from the middle Turonian of Texas and comments on the phylogeny of Mosasauridae (Squamata). Netherlands Journal of Geosciences. 84(3): 177–194.
- CALDWELL M.W., CARROLL R.L. and KAISER H., 1995 The pectoral girdle and forelimb of Carsosaurus marchesetti. Journal of Vertebrate Paleontology, 15: 516–531.
- CALDWELL M.W., 1996 Ontogeny and phylogeny of the mesopodial skeleton in mosasauroid reptiles. Zoological Journal of the Linnean Society. 116: 407–436.
- CALDWELL M.W., 1999a Description and phylogenetic relationships of a new species of *Coniasaurus* Owen, 1850 (Squamata). *Journal of Vertebrate Paleontology*. 19: 438–455.
- CALDWELL M.W., 1999b Squamate phylogeny and the relationships of snakes and mosasauroids. Zoological Journal of the Linnean Society. 125: 115–147.
- CALDWELL M.W., 2000 An aquatic squamate reptile from the English Chalk: Dolichosaurus longicollis Owen, 1850. Journal of Vertebrate Paleontology. 20: 720–735.
- CALDWELL M.W., 2006 A new species of *Pontosaurus* (Squamata, Pythonomorpha) from the Upper Cretaceous of Lebanon and a phylogenetic analysis of Pythonomorpha. *Memorie della Societa Italiana di Scienze Naturali* e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano. 34: 1–42.
- CALDWELL M.W., COOPER J., 1999 Redescription, palaebiogeography, and palaeoecology of *Coniasaurus crassidens* Owen, 1850 (Squamata) from the English Chalk (Cretaceous; Cenomanian). *Zoological Journal of the Linnean Society*. 127: 423–452.
- CALDWELL M.W., Dal SASSO C., 2004 Soft tissue preservation in a 95 million year old lizard: Form, function and aquatic adaptation. *Journal of Vertebrate Paleontology*. 24: 980–984.
- CALDWELL M.W., Lee M.S.Y, 2004 Reevaluation of the Cretaceous marine lizard Acteosaurus crassicostatus Calligaris, 1993. Journal of Paleontology. 78: 617–619.
- CALDWELL M.W., PALCI A., 2007 A new basal mosasauroid (Squamata: Pythonomorpha) from the Cenomanian (Upper Cretaceous) of Slovenia, and a discussion of mosasauroid pelvic evolution. *Journal of Vertebrate Paleontology*. 27(4): 863–880.
- CAMP C.L., 1923 Classification of the lizard families. Bulletin of the American Museum of Natural History. 48: 289–481.
- CAMP C.L., ALLISON H.J., 1961 Bibliography of fossil vertebrates 1949–1953. Memoirs of the Geological Society of America. 84: 1–532.
- CARROLL R.L., 1988 Vertebrate paleontology and evolution. W.H. Freeman and Company, New York: 698 pp.
- CARROLL R.L., DeBRAGA M., 1992 Aigialosaurs: mid–Cretaceous varanoid lizards: Journal of Vertebrate Paleontology. 12(1): 66–86.
- COPE E.D., 1869 On the reptilian orders Pythonomorpha and Streptosauria. Proceedings of the Boston Society of Natural History. 12: 250–267.
- CORNALIA E., CHIOZZA L., 1852 Cenni geologici sull'Istria. Giornale dell'I. R. Instituto Lombardo. 3: 1-35.
- Dal SASSO C., PINNA G., 1997 Aphanizocnemus libanensis n. gen. n. sp., a new dolichosaur (Reptilia, Varanoidea) from the Upper Cretaceous of Lebanon. Paleontologia Lombarda. Nuova serie 7: 3–31.
- DeBRAGA M., CARROLL R.L., 1993 The origin of mosasaurs as a model of macroevolutionary patterns and processes. Evolutionary Biology. 27: 245–322.
- DUTCHAK A.R., 2005 A review of the taxonomy and systematics of aigialosaurs. Netherland Journal of Geosciences. 84(3): 221–229.

- DUTCHAK A.R., CALDWELL M.W., 2006 Redescription of Aigialosaurus dalmaticus Kramberger, 1892, a Cenomanian mosasauroid lizard from Hvar Island, Croatia. Canadian Journal of Earth Sciences. 43: 1821– 1834.
- ESTES R., De QUEIROZ K. and GAUTHIER J., 1988 Phylogenetic relationships within Squamata. In R. Estes and G. Pregill (eds.), Phylogenetic Relationships of the Lizard Families. Stanford University Press, Stanford, California: 119–281.
- GERVAIS P., 1852 Zoologie et Paleontologie Francaises (Animaux Vertébrés), 1st ed. Paris. 271 pp.
- KORNHUBER A., 1873 Über einen neuen fossilen saurier aus Lesina. Herausgegeben von der k. k. geologischen Reichsanstalt, Wien. 5(4): 75–90.
- KORNHUBER A., 1893 Carsosaurus marchesettii, ein neuer fossiler Lacertilier aus den Kreideschichten des Karstes bei Komen. Abhandlungen der geologischen Reichsanstalt, Wien. 17: 1–15.
- KORNHUBER A., 1901 Opetiosaurus bucchichi, eine neue fossile Eidechse aus der unteren Kreide von Lesina in Dalmatien. Abhandlungen der geologischen Reichsanstalt, Wien. 17: 1–24.
- KRAMBERGER K.G., 1892 Aigialosaurus: eine neue Eidechse aus den Kreideschiefern de Insel Lesina mit Rücksicht auf die bereits beschriebenen Lacertiden von Comen und Lesina. Glasnika hrvatskoga naravoslovnoga druztv (Societas historico-naturalis Croatica) u Zagrebu. 7: 74–106.
- LEE M.S.Y., 1997 The phylogeny of varanoid lizards and the affinities of snakes. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, series B, biological Sciences. 352: 53–91.
- LEE, M.S.Y., CALDWELL M.W., 2000 Adriosaurus and the affinities of mosasaurs, dolichosaurs, and snakes. Journal of Paleontology. 74: 915–937.
- LEE M.S.Y., 2005 Molecular evidence and marine snake origins. Biology Letters. 1: 227-230.
- MEYER H.V., 1860 Acteosaurus tommasinii aus dem schwarzen Kredieschiefern von Comen am Karste. Palaeontographica. 7: 223–231.
- NOPCSA F.B., 1903 Über die varanusartigen Lacerten Istriens. Beiträge zur Paläontologie und Geologie Österreich-Ungarns und des Orients. 15: 31–42.
- NOPCSA F.B., 1923 Eidolosaurus und Pachyophis: Zwei neue Neocom-Reptilien. Palaeontographica. 65: 96-154.
- OWEN R., 1850 Description of the fossil reptiles of the Chalk Formation. In F. Dixon (ed.), The geology and fossils of the Tertiary and Cretaceous Formations of Sussex. Longman, Brown, Green, and Longman, London: 378–404.
- PALCI A., CALDWELL M.W., 2007 Vestigial forelimbs and axial elongation in a 95 million–year–old non–snake squamate. Journal of Vertebrate Paleontology. 27: 1–7.
- PIERCE S., CALDWELL M.W., 2004 Redescription and phylogenetic position of the Adriatic (Upper Cretaceous; Cenomanian) dolichosaur, *Pontosaurus lesinensis* (Kornhuber, 1873). *Journal of Vertebrate Paleontology*. 24: 376–389.
- POLCYN M.J., TCHERNOV E. and JACOBS L.L., 1999 The Cretaceous biogeography of the Eastern Mediterranean with a description of a new basal mosasauroid from the 'Ein Yabrud, Israel. In Y. Tomida, T. H. Rich, and P. Vickers–Rich (eds.), Proceedings of the Second Gondwanan Dinosaur Symposium, National Science Monogaph, No. 15, Tokyo: pp. 259–290.
- RAGE J.-C., ESCUILLIE' F., 2000 Un nouveau serpent bipède du Cénomanien
- (Crétacé). Implications phylétiques. Compte Rendu de l'Academie des Sciences. (IIa) 330: 513-520.
- ROMER A.S., 1956 Osteology of the Reptiles. University of Chicago Press, Chicago: 772 pp.
- RUSSELL D.A., 1967. Systematics and morphology of American mosasaurs. Bulletin of the Peabody Museum of Natural History, Yale University, 23: 241 pp.
- SEELEY H.G., 1881 On remains of a small lizard from Neocomian rocks of Comen, near Trieste, preserved in the Geological Museum of the University of Vienna. *Quarterly Journal of the Geological Society of London*. 37: 52–56.
- STRONG E.E., LIPSCOMB E., 1999 Character coding and inapplicable data. Cladistics. 15: 363-371.

## I COCCODRILLI DEL VILLAGGIO DEL PESCATORE: UNA PANORAMICA GENERALE

#### MASSIMO DELFINO<sup>1</sup>, JEREMY E. MARTIN<sup>2</sup>, ERIC BUFFETAUT<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Firenze, Via La Pira 4, I-50121 Firenze, Italy;

e.mail: massimo.delfino@unifi.it

<sup>2</sup>PaléoEnvironnements et PaléobioSphères UMR CNRS 5125, Université Claude Bernard Lyon 1,

Bâtiment GEODE, 2 rue Dubois, 222 (R2), F-69622 Villeurbanne cédex, France;

e.mail: jeremy.martin@pepsmail.univ-lyon1.fr

<sup>3</sup>Centre National de la Recherche Scientifique (UMR 8538, Laboratoire de Géologie de l'Ecole Normale Supérieure), 16 Cour du Liégat, F–75013 Paris, France; e.mail: eric.buffetaut@wanadoo.fr

Abstract – The crocodylians of the Villaggio del Pescatore: an overview – The palaeontological investigations at the Villaggio del Pescatore (Duino–Aurisina, Trieste Province; Santonian–Campanian, Late Cretaceous) allowed to identify four remains referable to Crocodylia. At least two of them (MCSNT 57248 and MCSNT 57032) can be referred to a still undescribed species of the Alligatoroid genus *Acynodon*. The identification of the two other remains (MCSNT 57031 and MCSNT 57245) is limited to order rank waiting further preparation of the slabs that host them. The crocodylian remains of the Villaggio del Pescatore offer many new information on the fine anatomy of *Acynodon*. They represent the oldest Eusuchia ever reported for Italy and, if the Santonian age is confirmed, they could represent the first appearance datum of the genus *Acynodon*.

Key words: Acynodon, Alligatoroids, Campanian, Late Cretaceous, Santonian

Riassunto – Le indagini paleontologiche nel Villaggio del Pescatore (Duino–Aurisina, Provincia di Trieste; Santoniano– Campaniano, Cretaceo superiore) hanno consentito di identificare quattro resti appartenenti al gruppo dei Crocodylia. Almeno due di essi (MCSNT 57248 e MCSNT 57032) possono essere attribuiti a una specie non ancora descritta del genere Acynodon. L'identificazione degli altri due resti (MCSNT 57031 e MCSNT 57245) è limitata a livello di ordine in attesa di una ulteriore preparazione. I resti del Villaggio del Pescatore consentono di conoscere numerose particolarità anatomiche di Acynodon sino ad ora sconosciute. Essi rappresentare la più antichi Eusuchia conosciuti in Italia e, qualora l'età santoniana venisse confermata, potrebbero rappresentare la più antica testimonianza del genere Acynodon. Parole chiave: Acynodon, Alligatoroidi, Campaniano, Cretaceo superiore, Santoniano

#### 1. – Introduzione

I giacimento paleontologico del Villaggio del Pescatore (Comune di Duino-Aurisina, Provincia di Trieste) ha conservato, oltre ai più grandi e completi dinosauri d'Italia (si vedano fra gli altri, BRAZZATTI, CALLIGARIS, 1995; BUFFETAUT et al., 2001; DAL SASSO, 2003; DALLA VECCHIA et al., 2005; DALLA VECCHIA, BUFFETAUT, 2006; DALLA VECCHIA, 2007), anche resti di rettili volanti (BUFFETAUT, PINNA, 2001) e coccodrilli (BUFFETAUT et al., 2001; DALLA VECCHIA et al., 2005; DELFINO, BUFFETAUT, 2006; DELFINO et al., 2008). I resti dei coccodrilli del Villaggio del Pescatore, due dei quali attribuiti recentemente al genere *Acynodon*, rappresentano probabilmente la più antica presenza in Italia di un membro del gruppo degli Eusuchia. Sebbene l'età del giacimento sia ancora un argomento dibattuto, sembra plausibile che gli organismi che hanno lasciato traccia nelle rocce del Villaggio del Pescatore risalgano al Santoniano o il Campaniano, e quindi al Cretaceo superiore (ARBULLA et al., 2001, 2006; DALLA VECCHIA, 2006).

In realtà, forme primitive sono state rinvenute in varie località italiane, anche più antiche del Villaggio del Pescatore. Coccodrilli marini, i talattosuchi, sono stati ritrovati in varie località italiane del Giurassico (per una rassegna critica dei ritrovamenti si veda DELFINO, DAL SASSO, 2005) e forse anche del Cretaceo (il sito A di Polazzo in Provincia di Gorizia; DALLA VECCHIA, 2007). Le forme terrestri del Mesozoico sembrano essere invece più rare. I resti più antichi rinvenuti in Italia provengono da Pietraroia in Provincia di Benevento, un altro sito celebre per il ritrovamento di un dinosauro (il famoso *Scipionyx samniticus*): si tratta di resti non ancora studiati che, a causa della loro età (Cretaceo inferiore), potrebbero appartenere a un neosuco primitivo (materiale attualmente in studio da A. Buscalioni, P. Piras e M. Signore). Decisamente più recenti sono i pochi resti attribuiti con dubbio a uno zifosuco del genere *Doratodon* (Santoniano del sito B di Polazzo) e quelli non ancora studiati provenienti dal Cretaceo superiore o Paleocene inferiore di Trebiciano (Provincia di Trieste; DALLA VECCHIA, 2007). I fossili cenozoici di coccodrilli sono invece piuttosto comuni in Italia: KOTSAKIS et al. (2004) hanno recentemente censito circa 40 località italiane da cui provengono coccodrilli eusuchi.

I resti del Villaggio del Pescatore sembrano quindi essere gli eusuchi più antichi sino ad ora descritti per l'Italia.

## 2. – Il materiale

I coccodrilli del Villaggio del Pescatore sono conservati nelle collezioni del Museo Civico di Storia Naturale del Museo di Trieste (acronimo: MCSNT).

L'esemplare più completo, MCSNT 57248 (Fig. 1A), conserva il cranio e le mandibole, parte delle ossa ioidee e del cinto pettorale, l'arto destro, la prima decina di vertebre, alcune coste e numerosi osteodermi. Coste e osteodermi dalla morfologia riconducibile a quella dell'esemplare precedente sono catalogati con il numero MCSNT 57032 (Fig. 1B).

Un secondo esemplare, MCSNT 57031 (Fig. 1C), conserva parte delle mandibole, della regione anteriore del tronco e degli arti anteriori.

Una costa isolata è catalogata con il numero MCSNT 57245 (Fig. 1D).

Tutti i resti erano originariamente immersi nella roccia carbonatica da cui sono stati almeno parzialmente liberati mediante trattamenti con acido formico.

#### 3. – Una descrizione sintetica

I coccodrilli del Villaggio del Pescatore si presentano attualmente come resti parzialmente liberati dalla roccia che li conteneva. I fossili giacciono su lastra e solo le parti liberate possono essere osservate e descritte. Queste mostrano una morfologia molto chiara e ricca di dettagli (quali foramina, fossette, creste) con la sola eccezione delle suture fra gli elementi scheletrici costitutivi del cranio e le mandibole che sono poco visibili (probabilmente a causa di una forte ossificazione degli elementi scheletrici).



**Fig. 1** – I resti dei coccodrilli del Villaggio del Pescatore. A, *Acynodon* sp., MCSNT 57248, dettaglio del cranio in norma dorsale. B, *Acynodon* sp., MCSNT 57032, dettaglio di alcuni osteodermi in norma dorsale. C, Crocodylia indet., MCSNT 57031, i resti di un secondo individuo sono stati riferiti a livello di ordine. Una ulteriore preparazione della lastra, e in particolare l'esposizione completa dei resti cranici potrebbe consentire di identificare i caratteri tipici del genere *Acynodon*. D, Crocodylia indet., MCSNT 57245, costa isolata. Le barre corrispondono a 5 cm eccetto che in D dove la barra corrisponde a 1 cm.

**Fig. 1** – Crocodylian remains from Villaggio del Pescatore. A, *Acynodon* sp., MCSNT 57248, detail of the head in dorsal view. B, *Acynodon* sp., MCSNT 57032, detail of some osteoderms in dorsal view. C, Crocodylia indet., MCSNT 57031, further preparation of the slab, with the complete exposure of the head skeletal elements, could allow to identify the characters typical of the genus *Acynodon*. D, Crocodylia indet., MCSNT 57245, isolated rib. Bars correspond to 5 cm except in D where the bar corresponds to 1 cm.

La morfologia dei resti MCSNT 57248 e MCSNT 57032 è stata descritta in dettaglio in un lavoro precedente (DELFINO et al., 2008) e pertanto verrà trattata qui solo superficialmente.

Il resto MCSNT 57248 (Fig. 1A) è, fra quelli attualmente disponibili, senza dubbio quello meglio conservato e più ricco di informazioni. Il cranio ha una forma triangolare, è lungo 15.5 cm (lunghezza misurata sagittalmente dall'estremità del muso al livello dell'estremità posteriore dei condili del guadrato) ed è caratterizzato da un muso particolarmente corto poiché l'area anteriore alle orbite è lunga solo 6.5 cm. Le narici esterne sono proporzionalmente piccole, così come le finestre postorbitali, sopratemporali e suborbitali. I margini delle orbite sono leggermente in rilievo rispetto al resto della superficie degli elementi ossei che le delimitano. Le barre postorbitali sono piuttosto massicce. Le coane interne sono collocate sul palato in posizione arretrata, circondate dalle sole ossa pterigoidee. Il margine postero-laterale del mascellare sinistro (il destro non è stato liberato dalla roccia) è distintamente inarcato e ispessito in corrispondenza dei denti molariformi (gli ultimi della fila dentaria). Le mandibole sono caratterizzare da una area sinfisaria estremamente lunga, raggiunta ma non penetrata dagli spleniali, e dall'essere estremamente spesse nella regione mediana e alte in quella posteriore. La finestra mandibolare esterna non è presente. La morfologia dentaria è estremamente caratteristica: i denti premascellari e mascellari anteriori sono marcatamente compressi in senso labiolinguale, provvisti di evidenti creste medio-distali e apici solo debolmente appuntiti; il quarto e il quinto dente mascellare hanno le stesse dimensioni dei denti contigui; gli ultimi tre denti situati nella regione posteriore del mascellare sono particolarmente grandi e hanno aspetto molariforme. Il penultimo dente è decisamente più grande degli altri. Non è possibile vedere i denti dei dentali a causa dell'occlusione delle mandibole e alla preparazione incompleta, ma si suppone che il quarto dente dentale abbia dimensioni comparabili a quelle dei denti vicini e che i denti posteriori siano molariformi. Si contano cinque denti premascellari e tredici denti mascellari.

Le vertebre cervicali hanno una sutura neurocentrale chiusa. Almeno in un caso è possibile supporre la presenza di un condilo posteriore.

Il resto MCSNT 57032 (Fig. 1B) consiste in numerosi osteodermi e alcune coste disposti in posizione approssimativamente anatomica. Due file longitudinali di osteodermi (tentativamente interpretati come medio-dorsali) mostrano la presenza di una doppia carena, di cui una ad andamento quasi rettilineo e l'altra concava lateralmente. Gli osteodermi delle file adiacenti hanno una sola carena approssimativamente rettilinea, disposta obliquamente con l'estremità posteriore collocata nel settore postero-laterale dell'osteoderma.

I resto catalogato come MCSNT 57031 (Fig. 1C) è stato preparato solo parzialmente ma mostra in modo chiaro la presenza di un secondo individuo i cui resti affiorano sulla superficie di una lastra. Questo individuo conserva la parte posteriore delle mandibole di cui emerge dalla roccia solo la superficie ventrale. Non è quindi possibile osservare la morfologia dei denti posteriori (che potrebbero essere presenti) o verificare direttamente la probabile presenza della regione posteriore del cranio.

L'emimandibola destra è esposta più estesamente della sinistra: si osservano l'angolare e forse anche l'articolare e parte del dentale. L'emimandibola sinistra mostra solo parte dell'angolare. L'ornamentazione delle superfici visibili delle mandibole è costituita da profonde fossette che in alcuni casi si uniscono a formare canali separati da creste molto sviluppate. Fra le emimandibole sono visibili numerosi frammenti ossei che potrebbero appartenere alla superficie ventrale del cranio. Accanto alla emimandibola sinistra sono presenti almeno sette vertebre adagiate sul loro lato sinistro e disposte lungo una linea che forma una curva di circa 90 gradi (la concavità è dorsale). Una vertebra cervicale, che mostra un condilo posteriore piccolo ma ben definito, è chiaramente procelica. Nei due casi misurabili, la lunghezza del centro (escluso il condilo che è nascosto dalla vertebra successiva) è di circa 16 mm. La seconda vertebra della serie mostra una sutura neurocentrale leggermente beante, ma poiché una piccola frattura corrisponde a questa sutura non è chiaro se la sutura fosse aperta o chiusa in origine. La quinta vertebra della serie mostra chiaramente un condilo posteriore e la sua lunghezza totale può essere stimata in circa 21 mm.

L'arto anteriore destro, disposto in posizione supina, è piuttosto completo, fatta eccezione per molti degli elementi della mano. L'omero, la cui lunghezza totale è stata stimata in circa 87 mm, mostra la superficie anteriore ed è caratterizzato da una cresta deltopettorale ben sviluppata che non emerge gradualmente dall'estremità prossimale dell'elemento ed è visibilmente concava. Il radio e l'ulna sono disposti l'uno accanto all'altro, parallelamente. Poiché parte del settore mediale della loro diafisi è stato ricostruito, la lunghezza originale potrebbe essere leggermente diversa da quella rilevabile (57 mm per il radio e 58 mm per l'ulna). I carpali radiali e ulnari sono perfettamente visibili e sono lunghi rispettivamente 18 e 11 mm. Almeno tre metacarpali e cinque falangi (di cui due sono elementi ungueali) sono visibili sulla superficie della lastra. L'arto sinistro è rappresentato dall'omero (rotto in tre frammenti principali) seguito dalla regione prossimale del radio e dell'ulna. Deformati, danneggiati e parzialmente nascosti dalla matrice, i piccoli elementi scheletrici che si trovano accanto agli elementi sopra descritti potrebbero essere due elementi del carpo, un metacarpale e almeno due falangi. Il cinto pettorale è rappresentato dal coracoide destro che mostra la superficie ventrale allargata e parte del margine posteriore. Il coracoide sinistro potrebbe essere rappresentato da due elementi ossei collocati alla destra del femore sinistro. Posteriormente all'arto anteriore sinistro, sono presenti almeno sette coste disposte in modo regolare che conservano parte della convessità originaria. Il materiale collocato sotto le coste, di colore scuro, di aspetto laminare e dalla superficie uniformemente vermicolare, potrebbe rappresentare materiale organico fossilizzato.

Lungo il margine della lastra, alla sinistra dell'emimandibola sinistra, 15 osteodermi (più alcuni frammenti di piccole dimensioni) espongono la loro superficie esterna. Gli osteodermi si trovano approssimativamente in connessione anatomica. La maggior parte di essi è parzialmente sovrapposta all'elemento collocato in posizione posteriore e a quello in posizione laterale destra.

Tutti gli osteodermi conservati sono caratterizzati da ampie e profonde fossette

separate da creste piuttosto larghe. In tutti gli osteodermi osservabili eccetto uno, le creste formano nell'area posteriore della superficie dell'osteoderma un tubercolo allungato in direzione posteriore. Nell'osteoderma meglio conservato, le fossette del tubercolo hanno una disposizione radiale. Nel solo osteoderma senza tubercolo, le fossette hanno una disposizione irregolare e le creste formano un reticolato. Gli osteodermi hanno una forma vagamente rettangolare. L'osteoderma più grande ha una larghezza di circa 22 mm e una la lunghezza di circa 18 mm.

Il resto MCSNT 57245 (Fig. 1D) è rappresentato da una costa isolata aderente ad una lastra. La costa è molto ben conservata. L'estremità prossimale mostra un tuberculum dorsale leggermente più grande del capitulum ventrale (l'ampiezza della superficie articolare è rispettivamente di 6 e 4 mm). Tuberculum e capitulum hanno approssimativamente la stessa lunghezza. Una modesta cresta longitudinale si sviluppa dove entrambe queste strutture incontrano la diafisi curva. La costa ha una lunghezza totale di 46 mm. È probabile che la costa provenga dalla regione cervicale posteriore o da quella dorsale anteriore.

## 4. - Conclusioni

I quattro resti di coccodrillo del Villaggio del Pescatore sono stati preliminarmente attribuiti a un unico taxon, *Acynodon* sp. (DELFINO, BUFFETAUT, 2006), ma in seguito allo studio dettagliato del materiale (DELFINO et al., 2008) i reperti MCSNT 57248 e MCSNT 57032 sono stati considerati come appartenenti a una nuova specie del genere *Acynodon*, mentre i restanti MCSNT 57031 e MCSNT 57245 sono stati provvisoriamente attribuiti ad un coccodrillo non identificato (Crocodylia indet.).

L'appartenenza dei resti del primo gruppo al genere *Acynodon* è indicata dalla assenza di denti "caniniformi", come indicato dal nome stesso del genere descritto da BUSCALIONI et al. (1997). Caratteri tipici di questo genere sono inoltre la presenza di denti molariformi collocati nella regione posteriore delle mascelle, e la brevità del muso che conferisce al cranio una forma triangolare molto particolare (si veda MARTIN, 2007, per una dettagliata descrizione dell'anatomia cranica di *Acynodon iberoccitanus*, la specie di questo genere sino ad ora meglio conosciuta). Una serie di caratteri (DELFINO et al., 2008) consente di distinguere l'*Acynodon* del Villaggio del Pescatore da *A. iberoccitanus* e *A. lopezi*, le uniche due specie sino ad ora descritte (BUSCALIONI et al., 1997; MARTIN, 2007).

Il resto MCSNT 57032 è stato considerato come appartenente alla nuova specie di *Acynodon* (non necessariamente allo stesso individuo rappresentato dal resto MCSNT 57248) sulla base della somiglianza nella morfologia di alcuni osteodermi. Questo resto consente di associare al genere *Acynodon* dei caratteri morfologici sino ad ora sconosciuti. In particolare, gli osteodermi di due file longitudinali (considerate come le file longitudinali sagittali) posseggono due carene di cui una rettilinea (quella mediana) e una lateralmente concava (quella laterale).

Non è escluso che anche i resti MCSNT 57031 e MCSNT 57245 appartengano allo stesso taxon. Si è però preferito attendere una ulteriore preparazione del resto MCSNT 57031 per confermare la presenza di denti molariformi nel dentale ancora parzialmente imprigionato nella roccia o di altri caratteri morfologici chiaramente riconducibili ad *Acynodon*. Qualora venga confermata l'attribuzione di MCSNT 57031 ad *Acynodon* e quindi la presenza di un solo taxon nel sito del Villaggio del Pescatore, potrà essere riferita allo stesso taxon anche la costa isolata MCSNT 57245 (si consideri che le coste sono notoriamente povere di caratteri diagnostici).

La recente analisi filogenetica di *Acynodon* (MARTIN, 2007) ha consentito di confermare le ipotesi relative ai suoi rapporti di parentela con gli altri taxa: è un alligatoroide che si colloca alla base del gruppo dei Globidonta. Se l'età santoniana dei giacimento del Villaggio del Pescatore verrà confermata da ulteriori ricerche, i resti di *Acynodon* rappresenteranno la più antica testimonianza di questo genere: allo stato attuale delle conoscenze, *Acynodon* sembra essere endemico dell'Europa dove visse almeno fra il tardo Campaniano e il Maastrichtiano (Cretaceo superiore) nell'area che corrisponde alla fascia fra l'attuale Spagna e la Romania (questo genere è stato complessivamente identificato in otto localita; DELFINO et al., 2008, e letteratura citata). La presenza di questo genere in quella che è l'Italia nord orientale attuale colma un ampio vuoto geografico fra le località della Francia meridionale e una località della Romania (DELFINO et al., 2008, e letteratura citata). Particolarmente interessante è la presenza nella località Slovena di Kozina (situata a pochi chilometri di distanza da Duino–Aurisina; DEBELJAK et al., 2002) di denti isolati la cui morfologia potrebbe essere congruente con quella di *Acynodon*.

In conclusione, è possibile sottolineare che i materiali fossili provenienti dal giacimento paleontologico del Villaggio del Pescatore consentono di migliorare le conoscenze sulla morfologia e sulla storia evolutiva degli alligatoroidi basali. Poiché il giacimento non è stato ancora sfruttato completamente, ulteriori scavi potrebbero fornire nuovi esemplari di *Acynodon* e quindi informazioni su regioni anatomiche non ancora conosciute (quali il cinto pelvico e gli arti posteriori).

Per quanto riguarda invece i materiali già disponibili, l'isolamento completo del cranio e delle mandibole perfettamente conservate del resto MCSNT 57248 consentirà di confermare le peculiarità morfologiche che caratterizzano la nuova specie di *Acynodon*, peculiarità attualmente visibili solo sul lato sinistro del reperto. La preparazione del resto MCSNT 57031, e in particolare l'isolamento tridimensionale di quanto rimane del cranio e delle mandibole, consentiranno di chiarire se questo individuo appartiene alla specie descritta sulla base del resto MCSNT 57248 e, in caso affermativo, di aggiungere preziose informazioni relative allo scheletro post–craniale del genere *Acynodon*.

Lavoro consegnato il 18.09.2007

#### RIGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano la Soprintendenza per i Beni Archeologici per il Friuli Venezia Giulia e S. Dolce (Museo Civico di Storia Naturale, Trieste) per l'invito a studiare i resti dei coccodrilli del Villaggio del Pescatore. G. Pinna e N. Pugliese hanno coordinato il progetto. D. Arbulla e N. Bressi hanno assistito gli autori durante le ricorrenti visite al

museo. F. Bacchia e collaboratori (Stoneage s.r.l.) hanno preparato il materiale fossile. C. Dal Sasso e P. Piras hanno revisionato il manoscritto.

#### BIBLIOGRAFIA

- ARBULLA D., CAFFA M., COTZA F., CUCCHI F., FLORA O., MASETTI D., PITTAU P., PUGLIESE N., STENNI B., TARLAO A., TUNIS G., ZINI L., 2001 – The Santonina–Campanian succession of the Villaggio del Pescatore (Trieste karst) yelding the hadrosaur: palaeoecology, stratigraphy, sedimentology and geochemistry. P. 14. *In* Abstracts "6th European Workshop on Vertebrate Palaeontology", 19–22 September 2001, Firenze– Montevarchi, Italy, 60 pp.
- ARBULLA D., COTZA F., CUCCHI F., DALLA VECCHIA F. M., DE GIUSTO A., FLORA O., MASETTI D., PALCI A., PITTAU P., PUGLIESE P., STENNI B., TARLAO A., TUNIS G., ZINI L., 2006 – La successione santoniano–campaniana del Villaggio del Pescatore (Carso Triestino) nella quale sono stati rinvenuti i dinosauri. Pp. 20–23. In Melis, R., Romano, R. and Fonda, G. (eds). Guida alle escursioni. Giornate di Paleontologia 2006. Società Paleontologica Italiana. Edizioni Università di Trieste, Trieste, 126 pp.
- BRAZZATTI T., CALLIGARIS R., 1995 Studio preliminare di reperti ossei di dinosauri del Carso Triestino. Atti Mus. civ. Stor. nat. Trieste, Trieste, 46: 221–226.
- BUFFETAUT E., PINNA G., 2001 First Cretaceous pterosaur from Italy: a wing metacarpal from the Santonian of Villaggio del Pescatore. Strata, Paris. Série 1, 11: 23–25.
- BUFFETAUT, E., DELFINO, M., PINNA G., 2001 The crocodilians, pterosaurs and dinosaurs from the Campanian– Santonian of Villaggio del Pescatore (northeastern Italy): a preliminary report. P. 22. In Abstracts "6th European Workshop on Vertebrate Palaeontology", 19–22 September 2001, Firenze–Montevarchi, Italy, 60 pp.
- BUSCALIONI, A. D., ORTEGA, F., VASSE D., 1997 New crocodiles (Eusuchia: Alligatoridea) from the Upper Cretaceous of Southern Europe. C. R. Acad. Sci. Paris, Paris, 325: 525–530.
- DAL SASSO C., 2003 Dinosaurs of Italy. C. R. Palevol, Paris. 2: 46-66.
- DALLA VECCHIA F. M., 2006 Telmatosaurus and the other hadrosaurids of the Cretaceous European Archipelago. An overview. Natura Nascosta, Monfalcone. 32: 1–55.
- DALLA VECCHIA F. M., 2007 300 milioni di anni di evoluzione. Pp. 11–25. In Salvaguardia dell'Erpetofauna nel Territorio di Alpe–Adria. Un contributo della Regione Friuli Venezia Giulia a favore della Biodiversità. Programma di Iniziativa Comunitaria Interreg III A Italia–Austria. Direzione centrale risorse agricole, naturali, forestali e montagna, Ufficio Studi Faunistici, Udine. 176 pp.
- DALLA VECCHIA F. M., BUFFETAUT E., 2006 I dinosauri del Villaggio del Pescatore (Trieste): potenzialità e problemi. P. 26. In Fonda G., Melis R. and Romano R. (eds). Abstracts "Giornate di Paleontologia della Società Paleontologica Italiana", 8–11 June 2006, Trieste, Italy.
- DALLA VECCHIA F. M., BARBERA C., BIZZARINI F., BRAVI S., DELFINO M., GIUSBERTI L., GUIDOTTI G., MIETTO P., PAPAZZONI G., ROGHI G., SIGNORE M., SIMONE O., 2005 – Il cretaceo marino. Pp. 101– 116. In Bonfigio L. (ed). Paleontologia dei vertebrati in Italia. Evolucione biologica, significato ambientale e paleogeografia. Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, S. 2, Sezione di Scienze della Terra 6, Verona, 238 pp.
- DEBELJAK I., KOŠIR A., BUFFETAUT E., OTONIČAR B., 2002 The Late Cretaceous dinosaurs and crocodiles of Kozina (SW Slovenia): a preliminary study. *Mem. Soc. Geol. It., Padova.* 57: 193–201.
- DELFINO M., BUFFETAUT E., 2006 A preliminary description of the crocodylian remains from the Late Cretaceous of Villaggio del Pescatore (northeastern Italy). Pp. 33. *In* Fonda G., Melis R. and Romano R. (eds). Abstracts "Giornate di Paleontologia della Società Paleontologica Italiana", 8–11 June 2006, Trieste, Italy.
- DELFINO M., DAL SASSO C., 2006 Marine reptiles (Thalattosuchia) from the Early Jurassic of Lombardy (northern Italy). Geobios, Amsterdam. 39: 346–354.
- DELFINO M., MARTIN J. E., BUFFETAUT E., 2008 A new species of Acynodon (Crocodylia) from the Upper Cretaceous (Santonian–Campanian) of Villaggio del Pescatore, Italy. Palaeontology, London. 51(5): 1091-1106.
- KOTSAKIS T., DELFINO M., PIRAS P., 2004 Italian Cenozoic crocodilians: taxa, timing and biogeographic implications. Palaeogeogr, Palaeoclim., Palaeoeco., Amsterdam. 210: 67–87.
- MARTIN J. E., 2007 New material of the Late Cretaceous globidontan Acynodon iberoccitanus (Crocodylia) from Southern France. J. Vert. Paleont., Lawrence. 27(2): 362–372.

# THE COLLECTIONS OF THE TRIESTE CIVIC MUSEUM OF NATURAL HISTORY: THE QUATERNARY FAUNA OF THE TILDE CAVE (GABROVIZZA-TRIESTE)

#### VIRGINIA MAZZOCATO, DEBORAH ARBULLA

Trieste Natural History Museum virginiamazzocato@yahoo.it

Abstract: – This work concerns a study of a historical collection of fossil bones stored in Trieste Natural History Museum. The fossil specimens, discovered at the end of 19<sup>th</sup> century, was found in a Trieste Karst Cave (Gabrovizza Cave).

The fossil specimens of Gabrovizza Cave collection was studied. Besides, the species found (determinate on the bases of their fossils parts) and their skeleton parts allow to suppose the origin of the bone breccia inside the Cave. **Key words**: Gabrovizza Cave; vertebrates; Pleistocene; museum collection

Riassunto: – Le collezioni del Museo Civico di Storia Naturale di Trieste: la fauna quaternaria della Grotta Tilde – Il lavoro è stato svolto sulla base di una collezione storica di reperti osteologici pleistocenici conservata nel Museo Civico di Storia Naturale di Trieste.

I reperti, scoperti alla fine dell'Ottocento, sono stati trovati in una breccia ossifera all'interno di una grotta del Carso triestino (Grotta Tilde, Gabrovizza).

La collezione è stata studiata cercando di determinare i reperti in essa presenti. Inoltre, sulla base delle specie trovate e delle relative componenti scheletriche, si è ipotizzata l'origine del deposito.

Parole chiave : Grotta di Gabrovizza; vertebrati; Pleistocene; collezione museale

## 1. – Introduction

Trieste Natural History Museum preserves an important paleontological collection. In this collection, many remains were found in Karst Caves.

The Museum's historical collection was formed during the second half of the Nineteenth century. The collection specimens came mainly from Istria (Cretaceous and Eocene fossils) and from Trieste Karst (Quaternary vertebrate fauna from Karst cavities and from bone breccias).

The vertebrate remains from the Tilde cave belong to this historical collection. They were found in a bone breccia and the history of their discovery covers about half a century.

In the Tilde Cave, both Holocene and Pleistocene faunal assemblages were discovered. In this work only Pleistocene fossils have been taken into account.

## 2. - Previous studies and general characteristics of the area

Previously known as the "Grotta dell'Alce (Elk Cave)" because of the discovery of elk fossil remains, the Tilde Cave is located in the underground of a vast karst doline on a flat, cultivated bed, 700 m from the railway house Nr 842 of Gabrovizza, direction East–Northeast.

Inside this karst cavity, Pleistocene and Holocene vertebrate fossil remains had



Fig. 1 – Location of Tilde Cave. Right: CTR map of the Friuli Venezia Giulia Region.
Fig. 1 – Ubicazione della Grotta Tilde. A destra: carta CTR del Catasto Grotte del Friuli Venezia Giulia.

already been found during the first exploration of the cave, which took place in the spring of 1896 (PERKO, 1896).

The survey of the cave was carried out in 1924 by R. Battelini, upon request of Prof. Battaglia (further surveys were carried out in 1972 by Mario Gherbaz and in 2000 by Marco Manzoni).

The bones were found inside a 40 m–long chimney, in a breccia which occupies the last third of this. In that point the chimney has an inclination of about 60° and is a narrow, muddy arm, filled not only with the bone breccia, but also with soil and rocks.

The collected material is currently preserved at the Trieste Civic Museum of Natural History.

It is important to know all the processing and studies these finds have undergone from the time of their discovery in order to be able to establish whether the material has been wholly preserved, or if any changes or losses occurred over the years.

A preliminary list of the species found in the cave was proposed by Urban: *Bos primigenius*, *Bos priscus*, *Equus fossilis*, *Cervus* sp., *Canis spelaeus*, *Felis spelaea*, *Lepus* sp. e *Cricetus* sp. (URBAN, 1897).

The first scientific studies of Tilde Cave material were carried on by Professor Fabiani, who in 1914 screened the fossils present in Trieste Museum and in the Neumann private collection, on occasion of a general study of Quaternary mammals in Veneto. The species recognized by Fabiani were: *Felis leo spelaea, Equus caballus, Cervus elaphus, Megaceros euryceros, Bos taurus primigenius* (FABIANI, 1919).

The most recent studies of the Tilde cave material are due to Prof. Battaglia, who examined the cave between 1912 and 1914, when the excavations stopped for some time. The breccia was still visible, but the extraction of the bones was deemed unfeasible as there was a constant threat of landslides. In the following years, due to a rocky block which fell from above, the entrance to the well was obstructed and attempts at a further excavation were definitively abandoned.

From the fossils stored in the museum, Battaglia recognised the following species: *Felis leo spelaea, Equus caballus, Equus cfr. ferus przevalskii, Cervus elephus, Megacero euryceros, Alces alces, Bos taurus primigenius, Bison priscus* (BATTAGLIA, 1924).

During the 1940s, Dr. Leo Raunich also became interested in the study of the fauna found in the cave and visited the cave together with the engineer Dr. Toumaniscvilly. They collected numerous fossil remains, some bones were included into a stalagmite, whereas others were free. Three expeditions were carried on, and after these, an accurate study of the sampled material followed. Raunich immediately noticed that along with the species already found at the Tilde Cave, new species occurred.

Raunich recognised the following species: Ursus spelaeus, Canis lupus, Vulpes vulpes, Meles meles, Felis leo spelaea, Evotomis glareolus, Microtus arvalis, Dolomys sp., Lepus timidus, Capreolus capreolus, Megaceros euryceros, Cervus elaphus, Alces alces, Bos taurus primigenius, Bison priscus, Equus caballus, Equus cfr. ferus przevalskii (RAUNICH, 1943).

Towards the end of the 1970s, the study of the Tilde cave fossils was carried on by Dr. Alfredo Riedel, who was the first to create an inventory. He argued that the



**Fig. 2** – Tilde Cave plan and section (modified to BERTARELLI, BOEGAN, 1926). The letters A and B correspond to two access shafts; the letters C and D correspond to two shafts inside the cave; the letters b and a are the points where the bone breccia lies. The other numbers are the points of the survey carried out by Battelini in 1924.

**Fig 2** – Pianta e sezione della grotta Tilde effettuata dal rilievo di R. Battelini (BERTARELLI, BOEGAN, 1926) A e B indicano i 2 pozzi comunicanti con l'esterno, C e D indicano pozzi interni, b e a sono i punti che individuano la posizione della breccia ossifera. Gli altri numeri presenti sono i punti del rilievo effettuato da Battelini.

fossils were not homogeneous and he grouped them in two chronologically distinct assemblages (one referable to the Pleistocene and another one to the Holocene respectively) by analyzing their state of preservation. Two publications regarding the study of the horse and the lion of the caves followed (RIDEL, 1980, 1982).

In 1982 Bartolomei studied the faunal association of the cave, in particular the micromammals (BARTOLOMEI, 1982), but today these fossils are no longer present in the museum collections. A complete catalogue of the fossil material collected during the excavation campaigns in the Tilde cave was never issued, thus it is impossible to establish whether the material mentioned by previous authors corresponds exactly to that currently present in the collection of Trieste Civic Museum of Natural History.

## 3. - Materials and methods

The work carried out on ossiferous remains from the Tilde cave, preserved in Trieste Civic Museum of Natural History, regarded the determination, cataloguing and inventory of historical finds. 2,410 finds have been catalogued, the determination has been possible for 829 remains, and the remaining 1,081 are uncertain (as many are fragmented).

Where possible, the restoration was carried out on the finds, mainly by gluing fragments by way of a vinyl emulsion glue (vinavil).

## 4. – Faunal list

From the analyses of the fossil specimens of Tilde cave, the presence of the following species can be pointed out:

ARCTYODACTYLA: Bos primigenius BOJANUS, 1827

Bison priscus. (BOJANUS, 1827) Cervus elaphus LINNAEUS, 1758 Megaloceros giganteus BLUMENBACH, 1803 Alces alces (LINNAEUS, 1758) Capreolus capreolus (LINNAEUS, 1758) Sus scrofa LINNAEUS, 1758

PERISSODACTYLA:	Equus ferus BODDAERT, 1785
CARNIVORA:	Panthera spelaea (GOLDFUSS, 1810)
	Ursus spelaeus ROSENMÜLLER & HEINROTH, 17
	<i>Canis lupus</i> LINNAEUS, 1758

The ratio of the species found is as follows: 32.35% of the remains belong to *Equus ferus*, 16.62% are represented by *Bison priscus* remains, 13.32% is made up of Bovidae remains, the definition between the *Bos* and *Bison* genus is uncertain.
11,96% is represented by undefined cervids, with "large" Cervidae prevailing, which may belong to the genus Cervus, Megaloceros and Alces. The following percentages for the other finds are all lower than 7%: 3.76% is made up of remains of Cervus elaphus; 3.69% is represented by Panthera spelaea; 1.65% are represented by remains of *Megaloceros* giganteus; 1.65% by Ursus spelaeus; 0.98% by the remains of *Canis lupus*; 0.6% is made up of Bos primigenius remains, 0.53% of Sus scrofa, 0.45% is attributed to Alces alces and 0.38% to Capreolus capreolus. 6.17% and 5.64% is made up of finds belonging to the Arctiodactyla and Perissodactyla undefined species.

Remains	Numbers of specimens
Cervus elaphus	50
Megaloceros giganteus or sp	22
Alces alces	6
Arctyodactyla –"Large" Cervidi	159
Bos primigenius	8
Bison priscus	221
Arctyodactyla –Bovidi	177
Capreolus capreolus	3
Sus scrofa	5
Uncertain Arctyodactyla	82
Equus ferus	431
Arctyodactyla–Perissodactyla	75
Ursus spelaeus	22
Canis lupus	13
Panthera spelaea	49
Uncertain Carnivora	7
Uncertain remains	1081
Total number	2411

**Fig. 3** – Specimens numbers of Tilde Cave according to the specie or the order.

**Fig. 3** – Numero di esemplari trovati nella Grotta Tilde sulla base della specie e dell'ordine.

## 5 – Conclusions

The work of definition and inventory has been carried out on a historical collection. 2,411 remains have been examined, with the species *Equus ferus* (431 remains defined, 32.35% of the total remains) and *Bison priscus* (221 defined remains, 16.62% of the total remains) as the most frequent.

Almost all skeletal components of the main taxa were found if we consider not only the material defined at a species level, but also that defined at genus level. The presence of all skeletal components suggests that at least some individuals accidentally fell into the cavity and were not flooded as disarticulated remains. Indeed, in this case, only some skeletal components would have been found as the waters operate a selective transport based on the structural density of each bone (LEE LYMAN, 1994). In addition, the bones are in good condition, without showing signs of transport. We may assume that the bone fractures (for example, the bovid femurs are badly preserved and fractured) occurred after the accidental fall of the animals, following a rearrangement and repositioning of the bones via the flowing waters, the falling of external sediments in the cave or because of rocky material landsliding from the chimney walls.

Therefore, throughout the Pleistocene, Tilde cave may have acted as a natural trap: the chimney in which the breccia is found, at present obstructed by sediments, in the past was probably linked to the outside, favoring the animals fall.

We may also exclude the transport within the site by predators, as no predator traces were found on any examined bones.

Taking into account the age of the fauna from Tilde cave, the deposit could have been formed at the end of Middle Pleistocene, or at the beginning of Late Pleistocene. The presence of *Megaloceros giganteus*, *Ursus spelaeus* and *Cervus elaphus* are particularly indicative to this purpose. In addition, the analysis of the remains allows us to observe that the bones show similarities in appearance, colour and level of compactness, differing however from the more recent Holocene fossils (currently under study by Dr. Ridel). The Pleistocene material of Tilde cave could therefore belong to only one era which is part of the Late Pleistocene fauna present in the karst territory of Trieste.

At present some fossil bones are still present in the Tilde cave breccia, but it is not possible to carry on internal excavations because of the danger of collapse (excavations were carried out starting from the base of the breccia and working towards the apex of the well). Any future excavation has to be conducted from outside the cave, while attempting to locate the exact position of the chimney, albeit the position of the original opening of the ossiferous well.

Lavoro consegnato il 20.02.2007

## BIBLIOGRAPHY

BARTOLOMEI G., 1982 – Paleoecologia e paleobiologia nel Carso di Trieste durante il Quaternario sulla base di micromammiferi; Atti Mus. Civ. Stor. Nat. Trieste vol.34, pp. 1–8.

BATTAGLIA R., 1924 – Le caverne ossifere pleistoceniche della Venezia Giulia – La Grotta dell'Alce; Tipografia Iloyd triestina, pp. 11.

BERTARELLI L.V., BOEGAN E., 1926 - Duemila grotte; Touring Club Italiano, 1926, Milano, pp. 494

FABIANI R., 1919 - I Mammiferi Quaternari della regione Veneta; Mem. Ist. Geolg. R.U. di Padova, pp. 173.

LEE LYMAN R., 1994 - Vertebrate taphonomy; Cambridge Manuals in Archaeology, pp. 523.

PERKO G.A., 1896a - Grotta Tilde, presso Santa Croce; Il Turista, Trieste, Annata III, pp.40-43.

RAUNICH L., 1943 – Nuovi resti di mammiferi pleistocenici della Grotta dell'Alce (Carso triestino); Atti Soc. Ital. Sci. Nat. e Mus. Civ. St. Nat. Milano vol.LXXXII, fascicolo II, pp.189–203.

RIDEL A., 1980 - Il cavallo della Grotta Tilde; Atti Mus. Civ. Stor. Nat. Trieste Vol. 32, pp. 9-42.

RIDEL A., 1982 - Il grande felino della Grotta Tilde; Atti Mus. Civ. Stor. Nat. Trieste, vol.34, pp. 9-47.

URBAN G.B., 1897 – Sulle ossa diluviali della Grotta Tilde presso Santa Croce; Il Turista, Trieste, Annata IV, pp.44–46.

## NORME PER GLI AUTORI

I lavori da pubblicare negli Atti del Museo Civico di Storia Naturale di Trieste devono pervenire alla Direzione del Museo - P.zza A. Hortis 4, I - 34123 Trieste (TS), Italia; tel. +390406758658, Fax +39040302563, e-mail: sportellonatura@comune.trieste.it - nella stesura definitiva, sotto forma di documenti Word e in doppia copia a stampa, comprese le illustrazioni. I testi devono essere stampati su una sola facciata di fogli formato A4, con interlinea singola e margini di 2,5 cm (sup.), 1,5 cm (inf.) e 3 cm (destro e sinistro). Assieme al testo deve essere inviato un CD-Rom o Floppy Disc. E' richiesto il formato giustificato, carattere Times new roman, corpo 12.

Si raccomanda la stesura in lingua inglese o italiana, eccezionalmente possono essere stampati lavori in lingue diverse.

La Direzione, sentiti i referee, si riserva le decisioni circa la pubblicazione dei lavori.

La responsabilità scientifica dei lavori è degli Autori. Nel caso di correzioni numerose del testo originale, il costo relativo sarà a carico dell'Autore.

Nel predisporre gli originali gli Autori devono attenersi a quanto segue:

La prima pagina deve contenere, nell'ordine:

Titolo del lavoro, scritto in maiuscolo e grassetto;

Nome e cognome dell'Autore o degli Autori, scritto in maiuscolo e in tondo;

I loro indirizzi, scritti in minuscolo e in tondo;

Abstract e Key words (in English), con un massimo di 20 righe; deve iniziare con la traduzione in inglese del titolo originale;

Riassunto breve e parole chiave (in italiano), con un massimo di 20 righe;

Eventuale riassunto in una terza lingua;

Testo.

Testo: il testo deve essere suddiviso in sezioni sempre con titoli in grassetto e sottotitoli in tondo, numerati progressivamente con numeri arabi senza punto finale.

Esempi:

1. - Premessa

2. - Materiali e metodi

3. - Risultati

3.1 - Alcune considerazioni sugli Hydroadephaga

Figure:

Fotografie, grafici, disegni, diagrammi, tavole e tabelle sono considerati figure e vanno indicati progressivamente con i numeri arabi; nel testo i rimandi alle figure vanno indicati nel seguente modo: Fig. 1, Fig. 2, ......Figg. 1-3 oppure (Fig. 1) ecc.

La loro posizione nel testo deve essere indicata in modo chiaro sul margine del dattiloscritto. Le figure devono essere inviate a parte, in formato ".JPG" o ".TIF", oppure a stampa, e devono consentire eventuali riduzioni fino al formato massimo di 117 x 180 mm, compresa la didascalia. Per le figure, si raccomanda di fornire originali di buona qualità.

Didascalie e legende: devono essere riportate su fogli a parte, corredate da traduzione in inglese se il testo è in italiano, e di traduzione in italiano se il testo è in un'altra lingua.

Citazioni bibliografiche: i rimandi alla bibliografia devono essere citati nel testo come negli esempi seguenti:

GRIDELLI (1927) oppure (GRIDELLI, 1927) (ZANINI, 1908, 1917; POLLI, ALBERTI, 1969; ABRAMI, 1972) VARONE et al., 1922 oppure (VARONE et al., 1992) (quando ci sono più di due Autori).

In altre parti del testo (Riassunti, Abstracts, note a piè di pagina, didascalie di Figg.) i rimandi stessi vanno indicati con carattere maiuscolo.

Bibliografia: nella bibliografia i riferimenti devono essere riportati in ordine alfabetico per Autore. Il cognome e l'iniziale del nome dell'Autore sono da comporre con carattere maiuscolo. Più lavori dello stesso Autore devono seguire l'ordine cronologico e se pubblicati nello stesso anno, l'anno va contrassegnato con lettere in ordine alfabetico. Solo i titoli dei periodici e non quelli delle monografie vanno riportati in corsivo. Si vedano i seguenti esempi:

GARBINI A., 1919a - .....

GARBINI A., 1919b - .....

GARBINI A., 1919c - .....

HUXLEY A., 1972 - Piante perenni ed acquatiche. S.A.I.E., Torino. 420 pp. MAGRINI P., VANNI S., 1992 - Un nuovo Ocys dell'Italia meridionale (Coleoptera, Carabidae). Boll. Soc. ent. Ital., Genova. 123 (3): 213-216, 1 fig.

Note: il testo può essere corredato di note a piè di pagina che devono essere numerate progressivamente.

Bozze: le correzioni delle bozze di stampa dovranno essere effettuate dall'autore sia nel testo sia sui margini secondo le usuali norme vigenti entro 7 giorni dalla loro consegna.

Estratti: per ogni lavoro verranno stampati 25 estratti gratuiti senza copertina da suddividere tra gli Autori, i quali riceveranno anche una copia ciascuno del volume; le copertine ed eventuali copie in più sono a carico degli Autori e vanno richieste all'atto della restituzione delle bozze. In presenza di più autori dovrà essere indicato un referente per il contatto con la redazione, assieme al recapito postale, e-mail e telefonico.

## **GUIDELINES FOR THE AUTHORS**

The works to be published in the journal of the Civic Museum of Natural History of Trieste shall be sent to: Direzione del Museo di Storia Naturale – Piazza A. Hortis 4, I – 34123 TRIESTE, Italia; tel.: +390406758658, Fax: +39040302563, e-mail: sportellonatura@comune.trieste.it - in the definitive version, as a MS Word document and with two printed copies, figures included. Texts have to be typed on one side of the page only, size A4, using single spacing and margins of 2,5 cm (above), 1,5 cm (below), 3 cm (left and right). A 3,5" diskette or a CD-Rom has to be sent with the text, and MS-Dos (Word) format. The text should be justified format, font Time New Roman, and 12.

The contributions should be written in English or Italian; exceptionally, works can be printed in different languages.

The administration, after consulting the referees, reserves the decision about the publication of the works.

The scientific responsibility of the works is of the Authors. In the case of numerous corrections to the text, the Author/s will have to pay for extra cost.

In preparing the originals, the Authors have to keep to what follows:

The first page must be written as follow:

Title of the work capitalized and bold;

Name and surname of the Author or Authors capitalized and Roman;

Their addresses small Roman;

Abstract and key words (in English) up to a maximum of 20 lines;

Possible summary in a third language;

Text

TEXT: the text can be subdivided in sections always with the titles in bold and subtitles in Roman, progressively numbered with Arabic numbers without full stop.

Examples:

1. - Introduction

2. - Materials and methods

3. - Results

3.1 - some considerations on Hydroadephaga

FIGURES: Photographs, Charts, Drawings, Diagrams, Plates, Tables, Slides have to be considered as Figures and numbered progressively by Arabic numbers; in the text, the references marks to the figures have to be indicated as follows:

Fig. 1, Fig. 2, .....Figg. 1-3 or (Fig. 1) etc

The figures position in the text has to cleary indicated on the margins of the text. Figures have to be sent by separate mail, in ".JPG" or ".TIF" extension, or in print, and have to enable reductions at least to 117 x 180 mm dimensions, captions included. We recommend sending high printing quality original for both photos and tables.

CAPTIONS AND KEYS: they have to be supplied on different pages, with English translation if the main text is in a different language. The captions have to be numbered with the indications concerning their positioning in the text.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES: the reference marks to the bibliography have to be mentioned in the text as in following examples:

GRIDELLI (1927) or (GRIDELLI 1927)

(ZANINI, 1908, 1017; POLLI, ALBERTI, 1969; ABRAMI, 1972)

VARONE et al., 1922 or (VARONE et al., 1922) (when there are more than two authors)

In other parts of the text (summaries, abstracts, footnotes, captions) the same reference marks have to be indicated in capital letters.

BIBLIOGRAPHY: in the Bibliography reference marks have to be drawn in alphabetical order according to the author. The surname and the first letter of the name of the Author have to be in capital letters.

More works by the same Author have to follow the chronological order and, if published in the same year, the year has to be marked with letters, in alphabetical order. Only the magazines titles have to be written in italics, and not the titles of the monographs. Please see the following examples:

GARBINI A., 1919a -...... GARBINI A., 1919b - ..... GARBINI A., 1919c - ..... HUXLEY A., 1972 – Piante perenni ed acquatiche. S.AI.E., Torino. 420 pp MAGRINI P., VANNI S., 1992 – Un nuovo Ocys dell'Italia meridionale (Coleoptera, Carabidae). Boll. Soc. Ent. Ital., Genova 123 (3): 213-216, 1 fig.

FOOTNOTES: the text can be completed with footnotes that have to be progressively numbered.

OFFPRINTS: the Authors are entitled to 25 offprints in all without cover for free; the covers and the eventual exceeding copies are charged to the Authors and have to be asked at the moment of the proofs returning. In case of more than one Author, one person will be the main contact with the Editor, and address, e-mail and phone numbers must be indicated.

PROOFS: proofs have to be corrected by the Author on the margin of the text. They have to be returned to the Editor within 7 days upon receipt.