

Bollettino della Società Paleontologica Italiana	36 (3), 1997	ISSN 0375-7633	339-353	—	Modena, Aprile 1998
--	--------------	----------------	---------	---	---------------------

Dati paleoecologici ed isotopici su una successione pleistocenica del Salento (Puglia, Italia)

Gabriello LEONE

Elena MENESINI
Dipartimento di Scienze della Terra
Università di Pisa

Luca RAGAINI

KEY WORDS – Molluscs, Benthic paleobionomy, Stable isotopes, Pleistocene, Salento (Southern Italy).

ABSTRACT – Sono state prese in esame le paleocomunità a Molluschi provenienti da tre livelli (L1, L2, L3) di una successione pleistocenica (Siciliano) affiorante in una cava nei pressi di S. Pietro in Lama (Lecce). Lo studio paleoecologico ha permesso di ipotizzare un'originaria profondità di sedimentazione compresa tra il limite infra-circalitorale e la parte superiore di quest'ultimo piano. L'analisi paleobionomica ha individuato, nei livelli L1 ed L2, una progressiva facies di transizione tra le Biocenosi DC e DE, mentre nel livello L3 è stata riconosciuta una facies a lenta sedimentazione a Nucula-Abra della Biocenosi VTC.

È stata inoltre misurata la composizione isotopica del carbonio e dell'ossigeno di otto campioni appartenenti a quattro specie di bivalvi ed una di gasteropodi, sei provenienti dal citato deposito di San Pietro in Lama e due raccolti in una cava poco a sud di Cutrofiano, Lecce. Il $\delta^{18}\text{O}$ di tutti i campioni studiati è molto elevato, compreso fra +3,0 e +4,4 ‰, comprovando l'appartenenza delle faune in questione ad un periodo di marcato raffreddamento climatico globale, caratterizzato dalla presenza di estese calotte polari. Sulla base di una ragionata comparazione con i dati isotopici misurati nei foraminiferi ricavati dai sondaggi eseguiti nel Mediterraneo durante l'Ocean Drilling Program viene suggerita una attribuzione temporale delle faune studiate allo stage isotopico 22.

ABSTRACT – [Palaeoecologic and isotopic remarks on a Pleistocene series from Salento (Apulia, Italy)] – The Pleistocene (Sicilian) sedimentary section outcropping in a quarry near S. Pietro in Lama (Lecce) has been investigated with reference to the molluscan paleocommunities. Samples gathered from three levels have been studied by benthic paleobionomic and stable isotope analyses. The molluscan assemblage of the lower level (L1), composed of silty-sands, contains 75 taxa among which the trophic group of suspension-feeders is prevailing. This assemblage is characterised by the high dominance of mixtophilous species, many of which are characteristic in the biocenoses of the "coastal detritic" (DC) and the "muddy detritic bottoms" (DE). It may be interpreted as an initial stage of the transition facies between DC and DE, located in the upper part of the circalittoral zone. The second level (L2) shows granulometric characteristics similar to those of the previous one and contains the most abundant and diversified molluscan fauna studied so far (135 taxa), characterised by the predominance of suspension-feeders. From the biocenotic point of view, the mixtophilous and/or DC-DE-species stock is still prominent whereas the fossil community appears roughly similar to that of L1, a transition facies between DC and DE located in the upper part of the circalittoral zone. However, the significant dominance of VTC stock and the slight increase of deposit-feeders may be related to the increase of the silty component of the sediment and the following decrease of bottom energy. The molluscan assemblages found in L1 and L2 levels may be considered representative of the modern Adriatic "complex muddy sand-detritic biocenosis" (DC-E, sensu Gamulin-Brida, 1974). The highest level (L3) consists of sandy silts containing the poorest molluscan fauna out of the three levels (33 taxa), made up predominantly by detritus-feeders. The bionomic structure of this fossil community differs from the previous levels. The stock of VTC-species becomes dominant, and it is mainly represented by Nucula sulcata, accompanied by a strong decrease in the DC-DE stock. The paleobionomic analysis allows to recognise an originally Nucula-Abra facies of a shallow-water VTC characterised by a soft, but not soupy, bottom, related to a low sedimentation rate. It may be inferred that the paleobiotope developed at the boundary between the infralittoral and circalittoral zone or in the upper part of the latter.

The carbon and oxygen isotope composition of eight samples belonging to four species of bivalvia (*Pseudoamussium septemradiatum*, *Anodonta fragilis*, *Plagiocardium papillosum* and *Chlamys opercularis*) and one of gastropoda (*Turritella tricarinata pliorecens*) was measured. Six samples are from the San Pietro in Lama deposit while two others were collected in the Sicilian sand and clay sediments of a quarry to the south of Cutrofiano, near Lecce. All the measured samples yielded $\delta^{18}\text{O}$ values between +3.0 and +4.4‰ suggesting cold environmental conditions with a marked $\delta^{18}\text{O}$ enrichment of the Mediterranean water. The data suggest a chronological correlation with the isotopic stage 22 when compared with other isotopic results, particularly with those obtained from foraminifera from Mediterranean cores (Ocean Drilling Program). The shell $\delta^{13}\text{C}$ is always positive, ranging from +0.1 to +2.6‰. Four samples of *Anodonta fragilis* of two different size show no apparent differences in stable isotope composition.

PREMESSA E SCOPI DEL LAVORO

Nella parte settentrionale del Salento leccese (ed in particolare nell'area tra S. Pietro in Lama e Lecce) i depositi quaternari sono costituiti da calcareniti organogene (*packstone* e *grainstone* bioclastici) sormontate da sedimenti argilloso-sabbiosi. Nell'interpretazione di Bossio *et al.* (1989a) queste due unità (riconducibili rispettivamente alle "Calcareniti del Salento" ed alla "Formazione di Gallipoli") partecipano ad uno stesso

ciclo sedimentario interamente realizzatosi nel Siciliano.

Lo schema di D'Alessandro *et al.* (1994) vede invece l'unità delle "Sabbie a Brachiopodi", considerata di età post-siciliana sulla base del contenuto in nannofossili calcarei, trasgredire sulle calcareniti organogene (riferite alle "Calcareniti di Gravina", Pleistocene inf.). Le "Sabbie a Brachiopodi" sono a loro volta sormontate da depositi argilloso-siltosi del Pleistocene Medio, denominati "Argilliti di S. Pietro", che chiudono la successione.

Nel presente lavoro vengono presentati i risultati di indagini paleoecologiche e isotopiche condotte su paleocomunità a molluschi provenienti da una successione quaternaria, affiorante nei dintorni di S. Pietro in Lama (Lecce) già inquadrata, da un punto di vista bio e cronostatigrafico, da Bossio *et al.* (1989a). Le analisi isotopiche sono state estese, per confronto, a campioni provenienti da una successione esposta in una cava poco a sud di Cutrofiano (Lecce) anch'essa riconducibile al Siciliano (Bossio *et al.*, 1989a; Salvatorini, 1969) (Fig. 1).

La misura della composizione isotopica, carbonio e ossigeno, dei gusci carbonatici di molluschi fossili marini è tecnica ormai di routine in studi a carattere paleoambientale e paleoclimatico (Bowen, 1991). Nella fattispecie si è ritenuto opportuno eseguire un numero limitato ma significativo di analisi isotopiche con l'intento di apportare nuovi elementi conoscitivi utili per una migliore caratterizzazione paleoecologica e stratigrafica della malacofauna studiata.

CONSIDERAZIONI BIOSTRATIGRAFICHE E CRONOSTRATIGRAFICHE

Lo studio delle microfaune e delle nannoflore (Bossio *et al.*, 1989a) ha consentito il riferimento dell'intera successione al Siciliano. In particolare, per quanto riguarda i Foraminiferi è stata riconosciuta la presenza della Zona a *Globorotalia truncatulinoides excelsa*, mentre per quanto riguarda i nannofossili calcarei è stata individuata la presenza della Zona a

"small" *Gephyrocapsa* e la parte basale della successiva Zona a *Pseudoemiliana lacunosa* (secondo lo schema proposto in Bossio *et al.*, 1989b).

Tra i molluschi appare significativa la presenza di *Arctica islandica* (rinvenuta soltanto con la campionatura manuale), *Pseudoamussium septemradiatum* ed *Acanthocardia echinata*, appartenenti al primo gruppo di ospiti nordici che entrano nel Mediterraneo alla base del Santerniano (Raffi, 1986), nonché di *Venerupis rhomboides*, un ospite attardato attualmente presente nel Mediterraneo soltanto in aree di pertinenza atlantica (Mar d'Alboran, Golfo del Leone) (Di Geronimo, 1975). Da segnalare inoltre la presenza di *Nucula placentina*, che scompare verso la fine del Siciliano e di *Turritella tricarinata pliorecens* e *Melanella distincta*, specie ritenute esclusive del Pleistocene inferiore. In conclusione i dati ottenuti dai Molluschi sono in accordo con il riferimento al Pleistocene inf. (tra l'altro confermato anche dal rinvenimento di alcuni esemplari di *Terebratula scillae*), ma non consentono un inquadramento di maggior dettaglio all'interno di questo intervallo.

MATERIALI E METODI

Per l'esame della componente organogena sono state effettuate campionature volumetriche (circa 36 dmc) su tre livelli della sezione di S. Pietro in Lama (Fig. 2), da ognuno dei quali sono stati prelevati anche 100 g di sedimento per le indagini granulometriche. Dai "bulk samples", sottoposti a lavaggio e

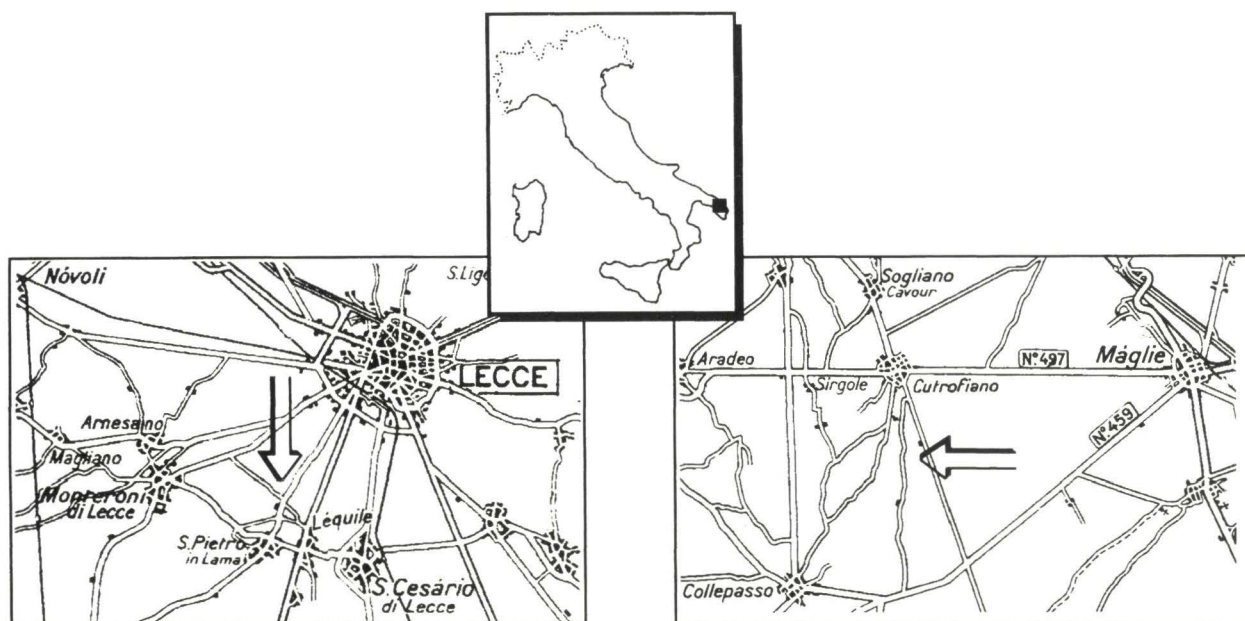


Fig. 1 - Ubicazione delle sezioni di S. Pietro in Lama e Cutrofiano.

successiva vagliatura con un setaccio a maglie di 0.5 mm, sono stati ottenuti i molluschi contati secondo quanto proposto da Di Geronimo & Robba (1976). Nella Tab. 1 è riportato l'elenco completo dei taxa determinati per ognuno dei quali sono indicati l'abbondanza e la dominanza nei tre livelli. Complessivamente la malacofauna è risultata costituita da 140 taxa, di cui 72 bivalvi, 65 gasteropodi e 3 scafopodi; la porzione organogena comprende anche brachiopodi (*Terebratula scillae*), otoliti, tubi calcarei di policheti (*Ditrupa arietina*), placchette e radioli di echinoidi e chele di crostacei.

Lo studio paleoecologico si basa sull'analisi paleobionomica, con riferimento allo schema biocenotico proposto da Pérès & Picard (1964), e sull'esame di affinità tessiturale, habitus-forma biologica e trofismo dei vari taxa riconosciuti.

Per quanto riguarda l'analisi isotopica del carbonio e dell'ossigeno sono stati studiati nove campioni (Tab. 7), appartenenti a sei specie, selezionati sia sulla base dell'apparente buono stato di conservazione che di una certa rappresentatività delle varie componenti la biocenosi di appartenenza; la scelta dei quattro esemplari della stessa specie, *Anodontia (Loripinus) fragilis* è motivata dalla presenza, all'interno della

associazione fossilifera del livello 2 di San Pietro in Lama, di esemplari con dimensioni anomale, circa due volte quanto comunemente riportato in letteratura come misure massime per questa specie [$h \times l = 14,6 \times 16,2$ mm (Malatesta, 1974)] associate per altro a valve con dimensioni "normali". Il conteggio delle strie di accrescimento ha accertato che le dimensioni degli esemplari maggiori sono notevolmente superiori anche eseguendo la misura a parità numerica di strie di accrescimento, come evidenziato in Tab. 2.

L'aumento delle dimensioni, che nell'associazione studiata interessa anche altre specie (ad es. *Timoclea ovata*), viene messo in relazione con un rallentamento dell'attività metabolica legato ad un abbassamento della temperatura (Costa *et al.*, 1989; Di Geronimo *et al.*, 1994).

I campioni L1, L2 ed L3 provengono dai corrispondenti livelli di San Pietro in Lama, mentre CT1 e CT 2 rappresentano campioni di confronto raccolti in due livelli di una cava poco a sud di Cutrofiano, Lecce, nei pressi della strada che collega Cutrofiano a Supersano, dove la successione argilloso sabbiosa è ancora riconducibile al Siciliano (Bossio *et al.*, 1989a; Salvatorini, 1969) (Fig. 1). I campioni siglati L2A, L2B, L2C, L2D appartengono invece tutti al livello 2 (L2) di San Pietro in Lama (Fig. 2).

Gli esemplari selezionati sono stati accuratamente puliti da ogni traccia di sedimento ed incrostazione, anche mediante l'uso di un bagno ad ultrasuoni, dopo aver frammentato il guscio stesso; successivamente l'intero esemplare è stato macinato manualmente in mortaio d'agata fino ad ottenere una polvere molto fine, intorno ai 50µm. La composizione mineralogica di tutti i campioni è stata quindi analizzata mediante diffrazione di polveri (XRD) al fine di valutare lo stato di conservazione degli esemplari studiati; è noto infatti come una eventuale alterazione della struttura cristallina originaria è quasi certamente anche indice di una alterazione *post mortem* della composizione isotopica. Le analisi isotopiche, svolte anch'esse presso il Dipartimento di Scienze della Terra di Pisa con la collaborazione dell'Istituto Internazionale per le Ricerche Geotermiche del C.N.R., Pisa, per quanto concerne le analisi spettrometriche, sono state condotte mediante spettrometria di massa della CO_2 ottenuta dalla reazione sotto vuoto di circa 10 mg di campione con H_3PO_4 al 100% a 25°C per 12h e successiva purificazione mediante trappole criogeniche. Quando sullo stesso campione sono state eseguite due separate preparazioni ed analisi, questo è evidenziato nella Tab. 8 riportando lo scarto dalla media dei due valori: l'errore analitico risulta < 0,1‰. Non si è ritenuto opportuno procedere ad un pretrattamento termico del campione al fine di ridurre l'interferenza della materia organica sulla misura spettrometrica, visto la modesta influenza accertata per campioni di questo tipo, ~ 0,1‰ e le incertezze connesse a trattamenti alternativi (D'Eugenio & Leone, 1989).

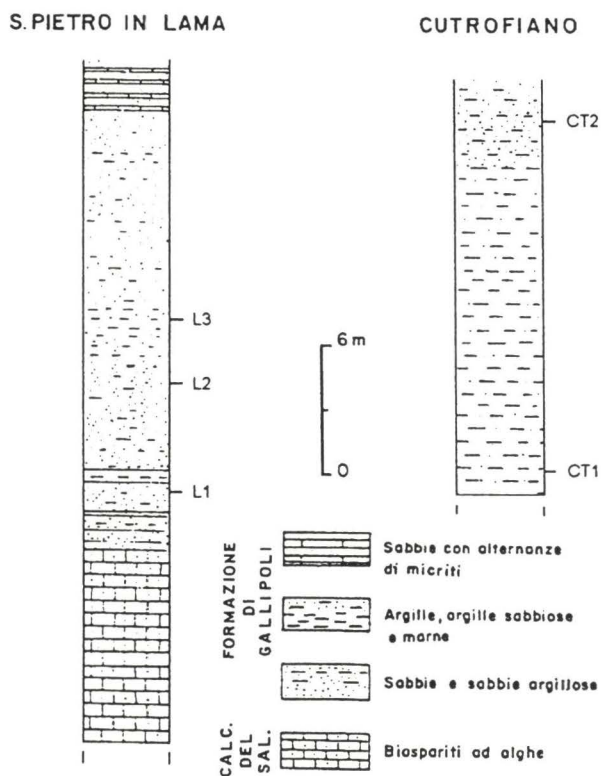


Fig. 2 - Ricostruzione schematica delle sezioni prese in esame (modificato da Bossio *et al.*, 1989a).

MOLLUSCA	L1		L2		L3	
	a	d	a	d	a	d
BIVALVIA						
<i>Nucula (Leionucula) aegeensis</i> FORBES	66	0.83	136	0.448		
<i>Nucula (Lamellinucula) jeffreysi</i> BELLARDI	390	4.92	146	0.481		
<i>Nucula (N.) nucleus</i> (LINNEO)	43	0.54	428	1.411		
<i>Nucula (N.) placentina</i> LAMARCK	24	0.30	234	0.771		
<i>Nucula (N.) sulcata</i> BRONN	18	0.23	224	0.738	676	30.63
<i>Nuculana (Lembulus) pella</i> (LINNEO)	1	0.01				
<i>Nuculana (Saccella) fragilis</i> (CHEMNITZ)	1188	14.99	3880	12.791		
<i>Nuculana (S.) minuta</i> (MULLER)			328	1.081		
<i>Arca (A.) tetragona</i> POLI	5	0.06	14	0.046		
<i>Barbatia (B.) barbata</i> (LINNEO)			1	0.003		
<i>Anadara</i> sp.			1	0.003		
<i>Glycymeris (G.) insubrica</i> (BROCCHI)	69	0.87	1	0.003		
<i>Glycymeris</i> sp.	3	0.04	2	0.006		
<i>Musculus costulatus</i> (RISSO)			36	0.118	12	0.54
<i>Modiolus (Gibbomodiolus) adriaticus</i> (LAMARCK)	1	0.01	15	0.049	19	0.86
<i>Palliolus (P.) incomparabile</i> (RISSO)	27	0.34	2	0.006		
<i>Palliolus (Delectopecten) simile</i> (LASKEY)	137	1.73	474	1.562		
<i>Pseudamussium septemradiatum</i> (MULLER)	21	0.26				
<i>Chlamys (Aequipecten) opercularis</i> (LINNEO)	441	5.56	597	1.968	90	4.08
<i>Chlamys (C.) varia</i> (LINNEO)	194	2.45	224	0.738		
<i>Chlamys (Flexopecten) flexuosa</i> (POLI)	120	1.51	2	0.006		
<i>Chlamys (F.) inaequicostalis</i> (LAMARCK)	11	0.14	3	0.010		
<i>Pecten (P.) jacobaeus</i> (LINNEO)	1	0.01				
<i>Anomia (A.) ephippium</i> LINNEO	224	2.83	224	0.738	40	1.81
<i>Pododesmus (Monia) patelliformis</i> (LINNEO)	187	2.36	215	0.709	10	0.45
<i>Lima</i> sp.			2	0.006		
<i>Limatula subauriculata subauriculata</i> (MONTAGU)	5	0.06	69	0.227	6	0.27
<i>Myrtea (M.) spinifera</i> (MONTAGU)	59	0.74	522	1.721		
<i>Lucinoma borealis</i> (LINNEO)	6	0.08	51	0.168		
<i>Anodontia (Loripinus) fragilis</i> (PHILIPPI)			145	0.478		
<i>Thyasira (T.) flexuosa</i> (MONTAGU)	18	0.23	127	0.418	48	2.17
<i>Axinulus croulinensis</i> (JEFFREYS)	6	0.08				
<i>Chama</i> sp.			1	0.003		
<i>Kellia suborbicularis</i> (MONTAGU)			51	0.168		
<i>Lepton (L.) nitidum</i> TURTON	5	0.06	37	0.122		
<i>Mysella (M.) bidentata</i> (MONTAGU)	1	0.01	19	0.062	61	2.76
<i>Mysella</i> sp.			3	0.010		
<i>Pteromeris (Coripia) corbis</i> (PHILIPPI)	3	0.04				
<i>Astarte (A.) sulcata</i> (DA COSTA)	54	0.68	48	0.158		
<i>Goodallia (G.) triangularis</i> (MONTAGU)			5	0.016	4	0.18
<i>Acanthocardia (A.) echinata</i> (LINNEO)			10	0.033		
<i>A. (A.) paucicostata</i> (G.B. SOWERBY)			103	0.339	5	0.23
<i>Parvicardium exiguum</i> (GMELIN in LINNEO)			7	0.023		
<i>Parvicardium hirsutum</i> (BRONN)	15	0.19	438	1.444		
<i>Parvicardium minimum</i> (PHILIPPI)	851	10.74	6924	22.826	152	6.89
<i>Plagiocardium (Papillicardium) papillosum</i> (POLI)			4	0.013	78	3.53
Cardiidae indet.	6	0.08	1	0.003	4	0.18
<i>Mactra (M.) corallina</i> (LINNEO)	187	2.36	391	1.289	3	0.13
<i>Lutraria</i> cf. <i>angustior</i> PHILIPPI			4	0.013		
<i>Ervilia castanea</i> (MONTAGU)			146	0.481		
<i>Cultellus (C.) tenuis</i> (PHILIPPI)	1	0.01	64	0.211		
<i>Tellina (Oudardia) compressa</i> BROCCHI			9	0.030		
<i>Donax (Serrula) trunculus</i> LINNEO			13	0.043		

(continua)

	L1		L2		L3	
	a	d	a	d	a	d
<i>Gari (Psammobia) fervensis</i> GMELIN			13	0.043		
<i>Abra (A.) nitida</i> (MULLER)	68	0.86	2860	9.428	125	5.66
<i>Abra (A.) prismatica</i> (MONTAGU)	27	0.34	188	0.620	269	12.19
<i>Abra (Sindosmya) alba</i> (WOOD)	15	0.19	61	0.201	304	13.77
<i>Azorinus (A.) chamasolen</i> (DA COSTA)	7	0.09	28	0.092		
<i>Venus (Ventricoloidea) multilamella</i> (LAMARCK)	662	8.35	1047	3.451		
<i>Gouldia (G.) minima</i> (MONTAGU)	17	0.21	7	0.023		
<i>Pitar (P.) rudis</i> (POLI)			39	0.128		
<i>Venerupis rhomboides</i> (PENNANT)			7	0.023		
<i>Chamelea gallina</i> (LINNEO)			23	0.076		
<i>Timoclea (T.) ovata</i> (PENNANT)	1928	24.32	2376	7.833	15	0.68
Veneridae indet.	201	2.54	157	0.517		
<i>Corbula (Varicorbula) gibba</i> (OLIVI)	38	0.48	195	0.643		
<i>Hiatella (H.) arctica</i> (LINNEO)	13	0.16	150	0.494	12	0.54
<i>Hiatella (H.) rugosa</i> (PENNANT)	9	0.11	21	0.069	3	0.13
<i>Saxicavella plicata</i> (GMELIN in MONTAGU)			4	0.013	5	0.23
<i>Pandora (P.) pinna</i> (MONTAGU)	1	0.01	26	0.086		
<i>Cuspidaria (C.) cuspidata</i> (OLIVI)			5	0.016		
<i>Cardiomya (C.) costellata</i> (DESHAYES)	1	0.01	12	0.039		
Bivalvia indet.	122	1.54	31	0.102		
Totale Bivalvia	7497	94.57	23631	77.888	1941	87.91
GASTROPODA						
<i>Scissurella (S.) costata</i> D'ORBIGNY			1	0.003		
<i>Patella (P.) caerulea</i> LINNEO			1	0.003		
<i>Jujubinus (J.) miliaris</i> (BROCCHI)	8	0.10	3	0.010		
<i>Jujubinus (J.) striatus</i> (LINNEO)			32	0.105		
<i>Gibbula (G.) magus</i> (LINNEO)			2	0.006		
<i>Gibbula</i> sp.					1	0.04
<i>Calliostoma (C.) zizyphinum</i> (LINNEO)			3	0.010		
<i>Tubiola nitens</i> (PHILIPPI)			25	0.082		
<i>Tricolia (T.) pulla</i> (LINNEO)	2	0.03	120	0.396		
<i>Cingula intersecta</i> (WOOD)	26	0.33	594	1.958	11	0.50
<i>Ceratia proxima</i> (ALDER)			30	0.100		
<i>Turboella inospicua</i> (ALDER)			7	0.023		
<i>Turboella parva</i> (DA COSTA)			72	0.237		
<i>Turboella</i> sp.	5	0.06	43	0.142	4	0.18
<i>Rissoa variabilis</i> (VON MUHLFELDT)			91	0.300		
<i>Rissoa ventricosa</i> DESMAREST			104	0.343		
<i>Rissoa</i> spp.			20	0.066		
<i>Alvania (Alvanolira) lineata</i> RISSO			14	0.046		
<i>Arsenia punctura</i> (MONTAGU)			107	0.353		
<i>Thapsiella rudis</i> (PHILIPPI)			2	0.006		
<i>Turbona (Acinulus) cimicoides</i> (FORBES)	34	0.43	338	1.114		
<i>Turbona</i> spp.			4	0.013		
<i>Turritella (T.) tricarinata pliorecens</i> SCALIA			1033	3.406		
<i>Haustator triplicata</i> (BROCCHI)	139	1.75	1363	4.493		
<i>Bittium (B.) deshayesi</i> CERULLI-IRELLI	39	0.49	342	1.127		
<i>Bittium (B.) latreillei</i> (PAYRAUDEAU)	2	0.02	115	0.379		
<i>Bittium (B.) reticulatum</i> DA COSTA	35	0.44	45	0.148	167	7.57
<i>Biforina perversa</i> (LINNEO)			3	0.010		

(continua)

	L1		L2		L3	
	a	d	a	d	a	d
<i>Epitonium spiniferum</i> (SEGUENZA)			3	0.010		
<i>Epitonium</i> spp.	5	0.06				
<i>Melanella distincta</i> (CERULLI-IRELLI)	2	0.03	13	0.043		
<i>Melanella lactea</i> (GRATELOUP)			2	0.006		
<i>Balcis incurvata</i> (RENIER)			2	0.006	3	0.13
<i>Capulus</i> sp.	1	0.01				
<i>Calyptraea chinensis</i> (LINNEO)	6	0.08	123	0.405		
<i>Xenophora crispa</i> (KOENIG)			1	0.003		
<i>Trivia artica</i> (SOLANDER in HUMPHREY)			2	0.006		
<i>Lunatia catena</i> (DA COSTA)	2	0.03	33	0.109		
<i>Pyrene</i> cf. <i>gervillei</i> (PAYRAUDEAU)			1	0.003		
<i>Nassarius</i> (<i>Gussonea</i>) <i>corniculum</i> (OLIVI)			14	0.046		
<i>Hinia</i> (<i>H.</i>) <i>limata</i> (CHEMNITZ)	1	0.01	62	0.204	1	0.04
<i>Hinia</i> (<i>H.</i>) <i>musiva</i> (BROCCHI)			1	0.003		
<i>Fusinus rostratus</i> (OLIVI)			62	0.204		
<i>Gibberula miliaria</i> (LINNEO)			3	0.010		
<i>Mangelia attenuata</i> (MONTAGU)			21	0.069		
<i>Bela brachystoma</i> (PHILIPPI)	6	0.08	150	0.495		
<i>Raphitoma</i> (<i>Lineotoma</i>) <i>linearis</i> (MONTAGU)			1	0.003		
<i>Comarmondia gracilis</i> (MONTAGU)			6	0.020		
<i>Acteon tornatilis</i> (LINNEO)			13	0.043		
<i>Retusa truncatula</i> (BRUGUIERE)	2	0.03	3	0.010	57	2.58
<i>Cylichnina subcylindrica</i> (BROWN)			965	3.181	9	0.41
<i>Rhizorus acuminatus</i> (BRUGUIERE)			29	0.096		
<i>Philine scabra</i> (MULLER)	1	0.01	83	0.274		
<i>Cylichna cylindracea</i> (PENNANT)			3	0.010		
<i>Chrysallida fenestrata</i> (FORBES in JEFFREYS)			6	0.020		
<i>Chrysallida</i> (<i>Parthenina</i>) <i>interstincta</i> (MONTAGU)			6	0.020		
<i>Chrysallida</i> sp.			36	0.119		
<i>Eulimella</i> (<i>E.</i>) <i>acicula</i> (PHILIPPI)	6	0.08	69	0.227		
<i>Eulimella</i> (<i>E.</i>) <i>scillae</i> (SACCHI)			61	0.201		
<i>Odostomia</i> (<i>Brachystomia</i>) <i>rissoides</i> HANLEY			13	0.043		
<i>Odostomia</i> (<i>Megastomia</i>) <i>conoidea</i> (BROCCHI)	6	0.08	54	0.178		
<i>Odostomia</i> (<i>M.</i>) <i>unidentata</i> (MONTAGU)	4	0.05	48	0.158	4	0.18
<i>Turbonilla</i> (<i>Graciliturbonilla</i>) <i>delicata</i> (MONTER.)			69	0.227		
<i>Turbonilla</i> (<i>Pyrgiscus</i>) <i>rufa</i> (PHILIPPI)	2	0.03	7	0.023		
<i>Turbonilla</i> (<i>T.</i>) <i>lactea</i> (LINNEO)	7	0.09	42	0.138		
Piramidellidae indet.			51	0.168		
Gastropoda indet.	83	1.05	67	0.168	7	0.32
Totale Gastropoda	425	5.38	6661	21.954	266	12.31
SCAPHOPODA						
<i>Dentalium</i> (<i>Fissidentalium</i>) <i>rectum</i> GMELIN	5	0.06	1	0.003		
<i>Fustiaria</i> (<i>F.</i>) <i>rubescens</i> (DESHAYES)			33	0.109		
<i>Cadulus</i> (<i>Dischides</i>) <i>politus</i> (WOOD)			7	0.023		
Totale Scaphopoda	5	0.06	41	0.135		
Totale Mollusca	7927	100.01	30333	99.987	2207	100.02

Tab. 1 - Elenco sistematico dei Molluschi rinvenuti nei livelli campionati (a=abbondanza; d=dominanza).

CAMP.	STRIE n°	DIMENSIONI mm altezza x larghezza		DIMENSIONI mm (h x l) MISURATE A n° STRIE
L2A	45	13,0	15,5	-----
L2B	42	12,0	14,0	-----
L2C	54	26,0	30,0	n = 45 21,5 x 25,5
L2D	52	25,0	29,0	n = 42 21,0 x 24,0

Tab. 2 - Confronto fra il numero delle strie di accrescimento e le dimensioni per gli esemplari di *A. fragilis* analizzati. Per i due esemplari più grandi sono riportate le dimensioni in mm misurate in corrispondenza del numero di strie presenti negli esemplari più piccoli.

ANALISI GRANULOMETRICA

L'analisi granulometrica dei sedimenti è stata effettuata tramite vagliatura per la frazione con $\phi > 75 \mu\text{m}$ mentre per quella con $\phi < 75 \mu\text{m}$ è stato utilizzato il metodo del densimetro. Per ogni campione è stata costruita la curva cumulativa delle percentuali (Fig. 3) e sono stati calcolati i seguenti parametri granulometrici statistici: media (M), mediana (Md), moda (m), coefficiente di cernita (σ) e coefficiente di asimmetria (Sk) (Tab. 3).

Dall'analisi del diagramma triangolare di Trefethen per la tessitura dei sedimenti (Fig. 4) e della Tab. 3 emerge quanto segue:

- il livello 1 (L1) è costituito da sabbia limosa (sabbia

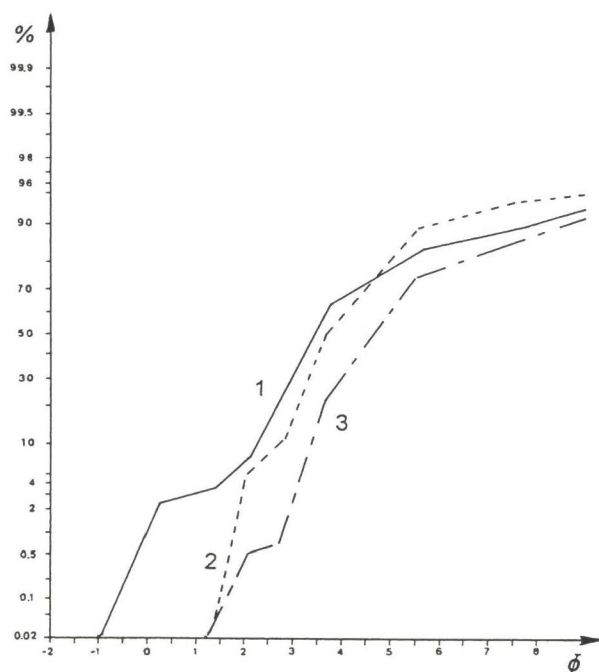


Fig. 3 - Curve percentuali cumulative della granulometria dei singoli campioni: 1=L1, 2=L2, 3=L3.

	m	Md	M	σ	Sk
L1	3.346	3.53	4.28	1.38	0.28
L2	3.346	3.80	4.08	1.23	0.17
L3	5.455	4.80	5.33	2.15	0.66

Tab. 3 - Parametri granulometrici statistici (valori espressi in ϕ). (m=moda; Md=mediana; M=media; σ = coefficiente di cernita; Sk = coefficiente di asimmetria).

63.5%, limo 25%, argilla 11,5%) mediocrementemente selezionata ($=1.38$) e con asimmetria positiva ($Sk=0.28$) per l'eccesso di materiali fini;

- il livello 2 (L2) è ugualmente rappresentato da sabbia limosa (sabbia 55%, limo 37.7%, argilla 7.3%) mediocrementemente selezionata ($=1.25$) e con una ridotta asimmetria positiva ($Sk=0.17$) per l'eccesso di materiali fini;

- il livello 3 (L3) risulta essere un limo sabbioso (sabbia 28%, limo 57.5%, argilla 14.5%) scarsissimamente selezionato ($=2.15$) e con una certa asimmetria positiva ($Sk=0.66$) per l'eccesso di materiali fini.

In definitiva, i primi due livelli evidenziano caratteristiche abbastanza simili, ricadendo entrambi nell'ambito delle sabbie limose. Nel livello 2 si nota un leggero calo della percentuale sabbiosa, con la perdita della pur scarsa componente grossolana presente nel livello 1, ed un certo aumento della parte limosa. Si può supporre che questi sedimenti si siano depositati in ambienti caratterizzati da un moderato idrodinamismo di fondo, probabilmente più intenso nel primo livello, come sembra suggerire anche la diversa ripartizione delle forme reofile. La situazione appare diversa per il terzo livello, rappresentato da un limo

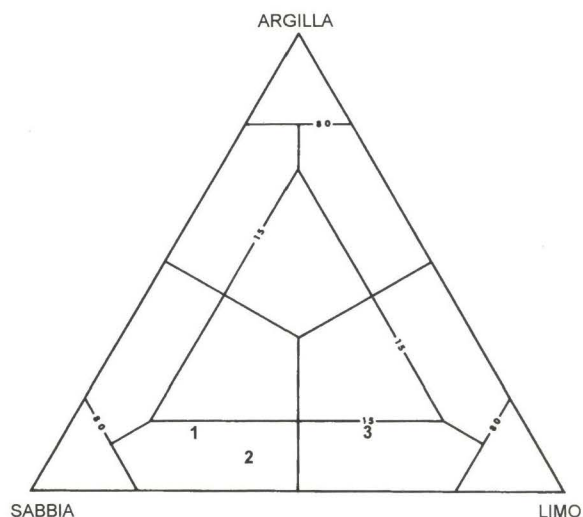


Fig. 4 - Posizionamento dei campioni nel diagramma di Trefethen: 1=L1, 2=L2, 3=L3.

sabbioso probabilmente legato ad un ambiente più tranquillo.

PALEOCOMUNITA'

Livello 1

La malacofauna consta di 75 taxa, per un totale di circa 8.000 (7927) individui, con la prevalenza dei Bivalvi (49 sp.; d. 94.53%) sui Gasteropodi (25 sp.; d. 5.29%) e sugli Scafopodi (1 sp.; d. 0.06%). Tra i Bivalvi più frequenti *Timoclea ovata* (d. 24.34%), *Nuculana fragilis* (d. 14.98%), *Parvicardium minimum* (d. 10.73%), *Venus multilamella* (d. 8.36%) e *Chlamys opercularis* (d. 5.56%), mentre l'unico Gasteropode con d. > 1% è *Haustator triplicata* (1.75%). Da segnalare inoltre il rinvenimento di alcuni esemplari di *Terebratula scillae*, un taxon caratteristico dei fondali detritico-sabbiosi del Circa-litorale.

Da un punto di vista biocenotico lo stock dominante (Tab. 4) è quello delle specie caratteristiche preferenziali delle Biocenosi DC-DE (12 sp.; d. 53.78%), tra cui *Timoclea ovata* (d. 24.34%), *Nuculana fragilis* (d. 14.98%) e *Parvicardium minimum* (d. 10.73%) sono le più abbondanti. A questo segue uno stock di 5 specie (d. 4.52%) esclusive o preferenziali della Biocenosi DC (*Arca tetragona*, *Pododesmus patelliformis*, *Abra prismatica*, *Cardiomya costellata*, *Haustator triplicata*), mentre la Biocenosi SFBC ha rilevanza minore (d. 3.23%) ed è legata alla presenza di *Glycymeris insubrica* e *Mastra corallina*, entrambe presenti soltanto con forme giovanili.

Dominanza estremamente bassa presentano le specie rapportabili a Biocenosi VTC-VP (1.19%) e

VTC (1.11%). Anche se attualmente diffusa nei fanghi terrigeni costieri circalitorali del Mediterraneo, si è preferito svincolare *Venus multilamella* (d. 8.36%) da questa biocenosi, in quanto il suo inserimento apparirebbe in contrasto con i caratteri edafici presentati dall'associazione. Tale valutazione sembra giustificata anche dall'esame del livello 2 (vedi "Livello 2") che, a fronte di un aumento della frazione fangosa e della dominanza dello stock VTC (13.62%), vede una riduzione della percentuale di *V. multilamella* (3.45%). È importante ricordare che nel Neogene e nel Pleistocene inf. questa specie è stata segnalata più volte in biotopi caratterizzati da substrati con una componente sabbiosa predominante o comunque importante, probabilmente in relazione ad un cambiamento del suo habitat nel tempo (Benigni & Corselli, 1981; Bernasconi, 1989; Raffi & Serpagli, 1992).

La dominanza delle forme a larga ripartizione ecologica (l.r.e.) (19.38%) è dovuta, se si esclude la già citata *Venus multilamella*, prevalentemente a specie filtratrici dell'epifauna sessile, legate all'esistenza di piccoli substrati solidi, come *Chlamys opercularis* (d. 5.56%) e *Anomia ephippium* (d. 2.83%), la cui dominanza tende ad aumentare in presenza di un maggiore idrodinamismo (Benigni & Corselli, 1981).

Per quanto riguarda l'inquadramento batimetrico (Tab. 5) risultano prevalere le forme euribate a larga ripartizione (infra-batiali) (24 sp.; d. 52.51%), tra le quali sono significative quelle ad affinità infra-circalitorale (36.93%). Pressoché analoga diversità specifica (26 sp.), ma dominanza largamente inferiore (7.68%), caratterizza le specie euribate di piattaforma, ma il gruppo a maggiore significato è comunque quello dei taxa circalitorali, costituito soltanto da 4

Significato Biocenotico	L1			L 2			L 3		
	n.sp.	%	d	n.sp.	%	d	n.sp.	%	d
SFBC	2	2.67	3.23	8	5.93	4.75	1	3.03	0.41
SGCF	3	4.00	0.26	5	3.70	0.08	1	3.03	0.18
AP-HP	3	4.00	0.53	11	8.15	2.87	--	----	----
DC	5	6.67	4.52	6	4.44	6.08	3	9.09	16.17
DC-DE	12	16.00	53.78	15	11.11	47.94	4	12.12	9.07
VTC	4	5.33	1.11	6	4.44	13.62	4	12.12	41.22
VTC-VP	4	5.33	1.19	3	2.22	1.41	1	3.03	0.27
PE	2	2.67	0.09	3	2.22	0.30	--	----	----
L.R.E.	16	21.33	19.38	27	20.00	11.99	8	24.24	29.34
S.S.PR.	6	8.00	4.57	12	8.89	2.57	4	12.12	0.89
Altre	18	24.00	11.22	39	28.89	8.37	7	21.15	2.40

Tab. 4 - Rapporti tra gli stocks biocenotici nelle paleocomunità dei livelli esaminati. Per le sigle si rimanda a Pérès & Picard (1964) e Picard (1965).

Significato Batimetrico	L 1			L 2			L 3		
	n.sp.	%	d	n.sp.	%	d	n.sp.	%	d
M-I-C	2	2.67	0.04	8	5.92	0.82	1	3.03	2.58
I	4	5.33	8.11	1	0.74	0.48	1	3.03	0.04
I-C	26	34.66	7.68	61	45.18	25.84	12	36.36	43.84
I-C-B	24	32.00	52.51	33	24.44	26.30	12	36.36	44.44
C	4	5.33	27.48	6	4.44	40.18	1	3.03	6.89
C-B	4	5.33	0.21	4	2.96	0.29	--	----	----
Altre	11	14.67	3.85	22	16.30	6.06	6	18.18	2.17

Tab. 5 - Rapporti tra le categorie batimetriche nelle paleocomunità dei livelli esaminati.
(M = mesolitorale; I = Infralitorale; C = Circalitorale; B = Batiale).

specie, ma con una dominanza complessiva di 27.48%. Le forme infralitorali hanno un'incidenza più bassa (8.11%) ed in parte a carico di forme rappresentate soltanto da esemplari giovanili, mentre del tutto trascurabile è la presenza di quelle circa-batiali (0.21%).

L'insieme dei dati biocenotici e batimetrici porta quindi a riferire la paleocomunità ad una facies di transizione, in fase iniziale, tra le Biocenosi DC e DE, probabilmente inquadrabile nella parte più superficiale del Circalitorale, come testimonia anche la presenza di forme legate a biotopi infralitorali. Tale riferimento sembra confermato anche dall'elevata percentuale di forme mistofile tipiche del Circalitorale superiore e dai bassi valori percentuali della frazione fine nel sedimento che, congiuntamente alla presenza di forme reofile, testimonia a favore di un certo idrodinamismo di fondo. Il corrispettivo attuale, in Adriatico, di questa associazione potrebbe essere individuato nella "Biocenosi Complessa dei Fondi Sabbioso-Detritici Più o Meno Fangosi" descritta da Gamulin-Brida (1974).

Livello 2

L'associazione rinvenuta in questo campione si differenzia nettamente dalle altre per quanto riguarda sia l'abbondanza che il numero dei taxa presenti. Essa è infatti rappresentata da 135 taxa, per un totale di oltre 30.000 (30.333) individui, di cui 68 riferibili ai Bivalvi (d. 77.89%), 64 ai Gasteropodi (d. 21.95%) e 3 agli Scafopodi (d. 0.13%). Tra i Bivalvi con dominanza più elevata *Parvicardium minimum* (22.83%), *Nuculana fragilis* (12.79%), *Abra nitida* (9.43%) e *Timoclea ovata* (7.83%), mentre tra i Gasteropodi *Haustator triplicata* (4.49%), *Turritella tricarinata pliorecens* (3.41%) e *Cylichnina subcylindrica* (3.18%): queste due ultime specie risultano assenti nel campione precedente. Rispetto al livello 1, i Bivalvi vedono quindi il notevole incremento di *Parvicardium minimum* e *Abra nitida* contrapposto

alla forte riduzione di *Timoclea ovata* che, secondo Di Geronimo *et al.* (1987), è caratterizzata da frequenze elevate in presenza di notevoli quantità di detrito conchigliare.

Da un punto di vista biocenotico risulta ancora dominante lo stock faunistico riferibile alle Biocenosi DC-DE (15 sp.; d. 47.94%), caratterizzato sostanzialmente dagli stessi taxa, seguito però, anche se in subordine, da quello delle specie esclusive o preferenziali della Biocenosi VTC (6 sp.; d. 13.62%) in buona parte legato alla presenza di *Abra nitida* (d. 9.43%) e di *Turritella tricarinata pliorecens* (d. 3.41%). Gli stocks biocenotici DC e VTC-VP presentano valori sostanzialmente simili a quelli del campione precedente (rispettivamente 6 sp.; d. 6.08% e 3 sp.; d. 1.19%). Sono rappresentati anche, seppure con dominanze piuttosto ridotte, alcuni stocks tipici dell'infralitorale come quelli delle Biocenosi SFBC (4.75%) e AP/HP (2.87%).

I dati relativi alla batimetria evidenziano un'elevata dominanza, associata ad una bassa diversità specifica, delle forme circalitorali (6 sp.; d. 40.18%), cui seguono gli stocks delle specie infra-batiali ed infracircalitorali caratterizzati da diversità specifiche maggiori ma dominanze inferiori (rispettivamente 33 sp., d. 26.3% e 61 sp., d. 25.84%). Subordinati appaiono i taxa di pertinenza infralitorale (d. 7.53%) mentre quelli circa-batiali sono del tutto trascurabili (0.29%).

In conclusione l'orictocenosi può ancora essere riferita ad una facies di transizione tra le Biocenosi DC e DE, fatto questo che trova conferma nell'elevata dominanza (circa 45%) di forme mistofile ascrivibili a queste biocenosi, caratterizzata da una fase di infangamento più accentuata rispetto al livello 1, come sembrano indicare l'incremento delle forme VTC e l'aumento della frazione siltsosa del sedimento. La profondità di sedimentazione non dovrebbe essere troppo diversa da quella suggerita per il campione precedente, anche se è forse ipotizzabile un limitato incremento batimetrico nell'ambito del Circalitorale.

Tale paleocomunità può trovare ancora un riscontro attuale nella "Biocenosi Complessa dei Fondi Sabbioso-Detritici Più o Meno Fangosi" indicata da Gamulin-Brida (1974) per l'Adriatico.

Livello 3

Rispetto ai livelli precedenti la malacofauna si presenta assai meno abbondante e diversificata. Essa è infatti costituita soltanto da 33 taxa, per un totale di 2207 individui, di cui 22 riferibili ai Bivalvi (d. 87.91%) ed 11 ai Gasteropodi (d. 12.04%). L'associazione è nettamente dominata da *Nucula sulcata* (d. 30.63%) e dai Semelidi *Abra alba* (d. 13.77%) ed *Abra prismatica*, (d. 12.19%) tra i Bivalvi e da *Bittium reticulatum* (d. 7.57%) e *Retusa truncatula* (d. 2.58%) tra i Gasteropodi.

Pur tenendo in considerazione la minore diversità specifica, è evidente il cambiamento biocenotico rispetto ai livelli precedenti, dovuto al deciso incremento delle specie esclusive o preferenziali della Biocenosi VTC (d. 41.22%), rappresentata in buona parte da *Nucula sulcata* (d. 30.63%), cui seguono *Abra nitida* (d. 5.66%), *Mysella bidentata* (d. 2.76%) e *Thyasira flexuosa* (d. 2.17%). Secondo Di Geronimo & Giacobbe (1993), la presenza di *Mysella bidentata* non è direttamente legata a questa biocenosi, quanto piuttosto alla frequenza dell'echinoide *Echinocardium mediterraneum*, di cui essa è commensale. Di conseguenza questo bivalve lo si rinviene, piuttosto di frequente, anche nella Biocenosi SFBC dove il genere *Echinocardium* è ugualmente comune. Nel livello qui esaminato quest'ultima indicazione è comunque da trascurare anche soltanto sulla base delle evidenze sedimentologiche. Decisamente più modesti risultano gli stocks delle specie legate alle Biocenosi DC-DE (d. 9.07%) e DC (d. 16.17%), quest'ultimo sostanzialmente legato alla presenza di *Abra prismatica* e *Plagiocardium papillosum* (d. 3.53%). Tra le specie a larga distribuzione ecologica (l.r.e.) (d. 29.34%) la più abbondante è *Abra alba* (d. 13.77%), segnalata in diverse Biocenosi (SFBC, DE, ecc.), ma che nell'alto e medio Adriatico è generalmente rinvenuta nella Biocenosi dei Fanghi Terrigeni Costieri (Caldara et al., 1989).

Lo stock VTC sembra rapportabile ad una facies a *Nucula-Abra* caratterizzata dall'elevata dominanza di *Nucula sulcata*, ritenuta indicativa di ambienti a lenta sedimentazione, e di *Abra nitida* e *Mysella bidentata*, caratteristiche della parte meno profonda della biocenosi, lontana quindi dalle aree di influenza VP. Se si considera inoltre la non trascurabile presenza di forme mistofile legate alle Biocenosi DC e DC-DE e di specie epifaunali vagili, la paleocomunità originaria sembra inquadrabile nella parte più superficiale di una Biocenosi VTC in un ambiente caratterizzato da una bassa velocità di sedimentazione (rapportabile alla facies a "vases gluantes" descritta da Pérès & Picard, 1964) e da un substrato fangoso ma sufficien-

temente compatto, grazie all'elevata percentuale di silt, da risultare favorevole alle forme epifaunali vagili ed a quelle infaunali sedentarie (Di Geronimo & Giacobbe, 1983).

La connotazione batimetrica della paleocomunità risente del netto calo delle forme tipiche del circolitorale, rappresentate da *Parvicardium minimum* (d. 6.89%), mentre dominanze assai più elevate si riscontrano nello stock infra-circolitorale (d. 43.84%) ed in quello infra-batiale (d. 44.44%). Nel primo presentano un'elevata incidenza alcune forme con maggiore affinità per limitate profondità, come *Abra alba* (d. 13.77%) e *Mysella bidentata* (d. 2.76%), alle quali si può aggiungere *Bittium reticulatum* (d. 7.57%), specie ad ampia distribuzione ecologica ma che prevalentemente si rinviene in biotopi infralitorali o del Circolitorale superiore (Di Geronimo et al., 1994). Al secondo gruppo appartiene invece *Nucula sulcata* che, pur presentando un'ampia distribuzione batimetrica, caratterizza sostanzialmente il Circolitorale ed il Batiale, con una distribuzione che appare legata alla natura fangosa del substrato (Di Geronimo, 1974).

In conclusione l'orictocenosi è riferibile ad una facies a *Nucula-Abra* del VTC caratterizzata da una lenta sedimentazione e da un substrato fangoso sufficientemente compatto da giustificare la presenza di forme epifaunali. I Fanghi Terrigeni Costieri presentano una distribuzione batimetrica molto ampia (da 8 a 110-120 m di profondità secondo Bernasconi & Robba, 1993), ed in questo caso la presenza di specie legate alla loro parte più superficiale e l'assenza di quelle più profonde sembrano indicative di una scarsa profondità, valutabile intorno al limite Infralitorale-Circolitorale, che ben si accorda con la presenza di forme mistofile delle Biocenosi DC e DC-DE e con l'incidenza di taxa con affinità Infralitorale o Circolitorale superiore.

HABITUS, FORMA BIOLOGICA E TROFISMO

L'infauna evidenzia elevati valori percentuali, compresi tra 79.43% e 84.14%, che le consentono di prevalere nettamente sull'epifauna in tutti i livelli. La forma biologica dei taxa infaunali vede la predominanza dei vagili (43.38%) sui sedentari (26.84%) nel livello L1, una sostanziale equivalenza in L2 ed una maggiore incidenza dei sedentari sui vagili in L3.

Nell'epifauna, invece, il livello L1 vede la prevalenza dei sessili (16.98%) sui vagili (2.29%), mentre la situazione si inverte, ma con differenze assai meno marcate, nei due livelli successivi (rispettivamente 5.91% contro 8.71% in L1 e 6.88% contro 11.41% in L3).

Le forme seminaunali sono del tutto trascurabili in L1 ed L2, mentre in L3 sono addirittura assenti.

L'analisi trofica (Tab. 6) ha evidenziato nell'infauna la netta predominanza dei filtratori sui detritivori in L1 ed L2 (rispettivamente 55.50% contro 23.80% e 51.41% contro 28.36%), mentre in L3 i rapporti di

Campioni		EPIFAUNA					INFAUNA			S. INF.
		C	D	E	F	P	C	D	F	D
L1	n.sp.	3	5	4	17	6	5	10	22	1
	%	4.11	6.85	5.48	23.29	8.22	6.85	13.7	30.14	1.37
	d	0.08	1.43	0.52	17.96	0.33	0.13	23.80	55.50	0.06
L2	n.sp.	8	5	18	25	12	13	11	38	3
	%	6.06	3.76	13.53	18.80	9.02	9.77	8.27	28.57	2.26
	d	0.46	3.94	4.13	6.97	1.43	4.37	23.36	51.41	0.13
L3	n.sp.	----	1	3	6	3	2	4	13	----
	%	----	3.13	9.38	18.75	9.38	6.25	12.50	40.63	----
	d	----	7.59	0.40	10.26	0.40	2.73	62.45	16.40	----

Tab. 6 - Gruppi trofici e forme biologiche. I taxa individuati come Bivalvia indet. e Gastropoda indet. sono stati esclusi dal calcolo in quanto non è possibile fornire indicazioni a riguardo. (C=carnivori; D=detritivori; E=erbivori; F=filtratori; P=parassiti).

dominanza si invertono, evidenziando differenze ancora più marcate (62.45% detritivori contro 16.40% filtratori); l'incidenza dei carnivori è piuttosto bassa od addirittura trascurabile. Nell'epifauna i filtratori prevalgono sempre sugli altri gruppi trofici, in particolare in L1 dove raggiungono la dominanza massima del 17.96%, mentre i detritivori hanno una incidenza minore che aumenta progressivamente raggiungendo il valore più elevato nel terzo livello L3 (7.59%); carnivori e parassiti sono presenti con dominanze trascurabili, mentre gli erbivori raggiungono valori significativi soltanto nel secondo livello (4.13%).

Sulla base dei dati sopra riportati, la struttura trofica del paleopopolamento del livello L1 è compatibile con quella di un fondo mobile a granulometria mista, prevalentemente sabbioso, dove predominano i filtratori dell'infauna (55.50%) su quelli dell'epifauna (17.96%) e sono ben rappresentati anche i detritivori infaunali (23.80%), a testimonianza della presenza sul fondo di una quantità di film organico sufficiente per la loro alimentazione. Il livello successivo (L2) è ancora caratterizzato da un fondo mobile a granulometria mista, con una leggera prevalenza della componente sabbiosa, la cui struttura trofica non si discosta molto dalla precedente. Mentre le forme sospensivore dell'infauna si mantengono sostanzialmente invariate (51.41%), diminuisce notevolmente l'incidenza di quelle epifaunali (6.97%) soprattutto per la riduzione delle specie sessili. Il leggero aumento delle forme detritivore, sia tra le infaunali che le epifaunali, è probabilmente da imputare al modesto incremento della frazione fangosa. Il terzo livello (L3) segna invece un netto cambiamento in relazione al forte incremento della frazione fangosa che rappresenta la componente principale del substrato. La paleocomunità è caratterizzata dall'elevata dominanza dei detritivori infaunali (in particolare con *Nucula sulcata*, 30.63%) e dalla netta riduzione dei filtratori (16.40%), mentre nell'epifauna, nettamente subordinata, si ha una leggera predominanza dei filtratori (10.26%) sui detritivori (7.59%). L'equilibrio della struttura trofica si è quindi spostato per il forte aumento della quantità di film alimentare, in buon accordo con la prevalente componente limosa del sedimento.

RISULTATI ISOTOPICI

In Tab.7 sono riportate le informazioni ricavate dalle analisi mineralogiche (XRD) sui gusci e la corrispondenza fra sigla alfanumerica e individuazione del campione. La presenza di piccolissime quantità di quarzo trovata in alcuni di essi non è riportata in tabella: è un fenomeno molto comune dovuto a particelle detritiche inglobate dall'animale durante la costruzione del guscio.

I bivalvi, qui rappresentati dai campioni L1, L2A+L2D, L3, CT1 e CT2, comunemente formano gusci monomineralici composti di pura aragonite ma sono noti generi il cui guscio è formato da una miscela di calcite ed aragonite o addirittura di sola calcite come gli ostreidi; i gasteropodi, rappresentati dal campione L2, sono tipicamente aragonitici salvo poche documentate eccezioni a mineralogia mista calcite-aragonite (Morrison & Brand, 1986). Nel caso dei pectinidi, campione L1 e CT2, il guscio è formato da calcite, salvo una sottile banda aragonitica ristretta alla parte interna della linea palleale (Carter, 1990). I campioni a composizione aragonitica hanno quindi mantenuto sostanzialmente inalterata la composizione mineralogica iniziale, nonostante la facilità della trasformazione della aragonite in calcite, fase stabile in condizioni sedimentarie; i campioni a composizione calcitica sono a loro volta in accordo con quanto dedotto da esemplari viventi. Il campione L3, infine, è certamente alterato ad opera di un processo di dolomitizzazione secondaria; questo ha quasi certamente comportato uno scambio isotopico con acque a composizione isotopica ignota ma comunque quasi certamente diversa da quella dell'acqua nella quale è vissuto questo individuo. Il suo dato isotopico non è stato quindi preso in considerazione in quanto, almeno in questo contesto, non avrebbe avuto un significato attendibile. I risultati delle analisi isotopiche sono riportati in Tab. 7, utilizzando la consueta notazione $\delta\text{‰}$, con riferimento allo standard PDB (Hoefs, 1997).

È ovvio che i pochi dati isotopici riportati in questo lavoro non possono essere oggetto di interpretazioni particolarmente dettagliate: il numero di specie studiate e di esemplari considerati suggerisce di limi-

SIGLA	CAMPIONE	COMPOSIZIONE MINERALOGICA	$\delta^{18}\text{O}_{(\text{PDB})} \text{‰}$	$\delta^{13}\text{C}_{(\text{PDB})} \text{‰}$
L1	<i>Pseudoamussium septemradiatum</i>	Calcite pura	+3,37	+2,08
L2	<i>Turritella (T.) tricarenata pliorecens</i>	Aragonite (calcite in tracce)	+3,41	+2,64
L2A	<i>Anodontia fragilis</i>	Aragonite (calcite in tracce minime)	$+2,97 \pm 0,07$	$+0,84 \pm 0,03$
L2B	“ “	Aragonite (calcite in tracce minime)	$+3,43 \pm 0,03$	$+0,13 \pm 0,05$
L2C	“ “	Aragonite (calcite in tracce minime)	$+3,55 \pm 0,07$	$+0,91 \pm 0,09$
L2D	“ “	Aragonite (calcite in tracce minime)	+3,56	+0,77
L3	<i>Nucula (N.) sulcata</i>	Aragonite, Dolomite abbondante, (calcite in tracce)	-----	-----
CT1	<i>Plagiocardium (P.) papillosum</i>	Aragonite pura	+4,38	+1,76
CT2	<i>Chlamys (A.) opercularis</i>	Calcite pura	+2,97	+1,06

Tab. 7 - Composizione mineralogica ed isotopica degli esemplari selezionati per le analisi isotopiche.

tarsi, per ora, ad uno sguardo d'insieme sul significato dei dati isotopici. Nei dati di Tab. 7 l'unico livello rappresentato da più individui della stessa specie è il livello due di San Pietro in Lama per il quale si hanno tre campioni addensati su un $\delta^{18}\text{O} = +3,5\text{‰}$, con il solo valore di L2A discosto apprezzabilmente, -0,5‰, dalla media. Il $\delta^{13}\text{C}$ ha un comportamento simile con tre valori omogenei a +0,8 e il campione L2B lievemente più basso. Nel complesso la composizione isotopica appare abbastanza omogenea a testimonianza di una buona rappresentatività delle condizioni ambientali di precipitazione del guscio. Per quanto è possibile valutare su un numero così ridotto di campioni, non appaiono marcate differenze sistematiche nella composizione isotopica del carbonio e dell'ossigeno fra esemplari di dimensioni maggiori e standard, campioni L2A÷L2D, anche se questo problema, senz'altro meritevole di maggiore attenzione, può essere affrontato solo con un numero di analisi statisticamente significativo e su più specie. Ciò che appare evidente dall'insieme dei dati è una sensibile uniformità dei $\delta^{18}\text{O}$ intorno a valori molto elevati con un campo di variazione di 1,41‰. I $\delta^{13}\text{C}$, pur sempre positivi, coprono un intervallo di 2,51‰, anche se, a loro volta, questi dati sono notevolmente uniformi nell'ambito dei campioni L2A÷L2D, tutti appartenenti alla stessa specie.

Per quanto concerne il significato paleoclimatico di questi dati si deve tener presente che, mentre abbondano studi sulla composizione isotopica dei molluschi marini in genere, ben poco è disponibile nella letteratura recente per quanto concerne i molluschi marini plio-pleistocenici del Mediterraneo dopo i lavori connessi all'epoca pionieristica delle "paleotemperature" (Emiliani & Mayeda, 1964; Vergnaud Grazzini, 1968). La composizione isotopica dell'ossigeno delle faune a molluschi marini dell'area mediterranea è infatti difficilmente interpretabile in soli

termini di differenze di temperature e variazione del volume totale delle calotte glaciali a causa del peculiare comportamento fisico-chimico delle acque del bacino mediterraneo dovuto alla sua caratteristica di parziale isolamento dalle masse oceaniche sommata ad un regime climatico in cui domina la componente evaporativa. Ciò nonostante un marcato segnale delle oscillazioni climatiche è impresso nella composizione isotopica del carbonato biogenico marino come ampiamente dimostrato dalle variazioni misurate nel $\delta^{18}\text{O}$ di foraminiferi recuperati durante i vari progetti di perforazione sul fondo marino «DSDP» e «ODP» (Rio *et al.*, 1990a) ed anche sul continente (Bonadonna *et al.*, 1990). Questo segnale è stato ricostruito ed interpretato mediante gli "isotopic stages" (Emiliani, 1966; Shackleton & Opdyke, 1976; Williams *et al.*, 1988) ed anche il carbonato dei gusci di molluschi mantiene memoria di questi eventi (Kaufmann & Magaritz, 1980; Leone & Roselli, 1989).

Il $\delta^{18}\text{O}_{(\text{PDB})}$ misurato nei campioni provenienti dai depositi studiati varia da +3 ad oltre +4‰, concentrandosi intorno a +3,5‰. Valori tipici di gusci carbonatici di molluschi di ambiente marino franco viventi attualmente nel Mar Tirreno sono compresi fra -0,5 e +1,0 (Bonadonna & Leone, dati non pubblicati), mentre valori lievemente più bassi, verso Gibilterra, o più elevati, lungo le coste più orientali del bacino, sono collegati al gradiente isotopico attualmente presente nelle acque del Mediterraneo e legato al deficit per evaporazione del bacino stesso, parzialmente controbilanciato dall'afflusso Atlantico. Nel complesso è riscontrabile un buon accordo fra temperature «isotopiche» e quelle delle acque marine, quando ben riferite ai reali periodi di accrescimento (Bianucci & Longinelli, 1982; Schifano & Censi, 1983).

Valori isotopici così elevati come quelli osservati

nei nostri campioni sono peraltro tipici delle fasi glaciali più marcate. Longinelli *et al.* (1972) riportano valori che ricoprono lo stesso intervallo da noi trovato per due faune recuperate da un carotaggio al largo di Marina di Cecina, provincia di Livorno, ed attribuite ad una linea di spiaggia datata poco meno di 20ka ($\text{Th}^{232}/\text{Th}^{230}$) quindi al massimo dell'ultima espansione glaciale; dieci esemplari di *Turritella communis* (sic) hanno un $\delta^{18}\text{O}$ di $+3.76$ con una variazione totale di solo 0.24‰ . Ma il più opportuno termine di confronto, visto anche l'intervallo temporale al quale si riferiscono i depositi da noi studiati, è da cercarsi nei risultati ottenuti dai più recenti sondaggi eseguiti nel Mediterraneo durante l'Ocean Drilling Program (ODP) che rappresentano un dettagliato archivio delle variazioni a lungo termine del $\delta^{18}\text{O}$ nei carbonati biogenici plio-pleistocenici mediterranei. Nel confrontare i valori di composizione isotopica dell'ossigeno si deve tener conto del fatto che mentre per i molluschi, in particolare per i gasteropodi, la precipitazione del guscio approssima le condizioni di equilibrio isotopico anche se alcuni bivalvi presentano un leggero arricchimento in ^{18}O , nel caso dei foraminiferi si possono avere scostamenti più marcati, anche di oltre 1‰ , verso contenuti in ^{18}O più bassi di quelli predetti dalla relazione frazionamento/temperatura (Wefer & Berger, 1991).

Nel Pleistocene inf. tutte le carote studiate evidenziano valori di $\delta^{18}\text{O}$ molto elevati in corrispondenza dello stadio isotopico 22, intorno agli 850-900 ka. Questo livello appare nettamente marcato, come nei profili oceanici, da valori isotopici comparabili con le massime concentrazioni in ^{18}O misurate per gli stadi isotopici 2 e 10 (Thunell *et al.*, 1990; Vergnaud Grazzini *et al.*, 1990). In corrispondenza dello stadio 22 si raggiungono infatti, per la prima volta, i valori "glaciali" come $+3,5\text{‰}$ nel caso di *Globigerina bulloides* (ODP Site 653A): questi valori non si ripeteranno fino allo stadio 10 intorno ai 400 ka (Vergnaud Grazzini *et al.*, 1990). Un simile andamento della composizione isotopica di specie planctoniche è riportato da Thunell *et al.*, (1990) per *Orbulina universa*, (ODP Site 653), e da Thunell & Williams (1983) per *Globigerinoides ruber* (Site 132 del DSDP); in ambedue questi casi l'intero campo di oscillazione del $\delta^{18}\text{O}$ è tipicamente più basso ed i massimi in questo intervallo temporale si assestano intorno a $+1,50 \div +2,0\text{‰}$. Con tutte le cautele del caso, vista la relativa confrontabilità dei valori isotopici misurati nei molluschi con quelli delle varie specie di foraminiferi, che oltretutto si differenziano notevolmente fra loro anche in base alla massa d'acqua ed alla stagionalità di crescita preferite, i valori isotopici dell'ossigeno dei campioni studiati sembrano suggerire che le faune considerate siano vissute nel periodo corrispondente alla marcata fluttuazione climatica segnalata dallo stadio isotopico 22 come definito da Shackleton & Opdyke (1976); alternatively, esse potrebbero essere riferite all'impulso ad

alto ^{18}O immediatamente precedente e registrato nelle curve isotopiche dell'ODP 653A (Vergnaud Grazzini *et al.*, 1990) indicativamente intorno ai 950 ka, in corrispondenza al top "Small *Gephyrocapsa*" (Rio *et al.*, 1990; Raffi *et al.*, 1993) (Fig. 5). Siamo in ogni caso al tetto del Siciliano e quindi del Pleistocene inferiore (Sprovieri, 1993).

Il $\delta^{13}\text{C}$ nei molluschi marini è tipicamente specie-dipendente, notevolmente variabile e generalmente inferiore all'equilibrio isotopico a causa dell'attività metabolica (Leone & Roselli, 1989; Wefer & Berger, 1991). A fronte della uniformità dei valori isotopici dei quattro esemplari di *Anodontia fragilis* (intorno allo $0 \div +1\text{‰}$), si osserva infatti che il $\delta^{13}\text{C}$ degli altri individui analizzati è marcatamente più elevato, fino al $+2,64\text{‰}$ di *Turritella tricarinata pliorecens*, sempre dal livello 2 di San Pietro in Lama. Molluschi attuali viventi nel Mar Tirreno hanno un $\delta^{13}\text{C}$ intorno allo $0 \pm 1\text{‰}$ (Leone & Bonadonna, dati non pubblicati); valori decisamente più alti come quelli riscontrati nei campioni CT1, L1 e L2 possono essere imputati ad

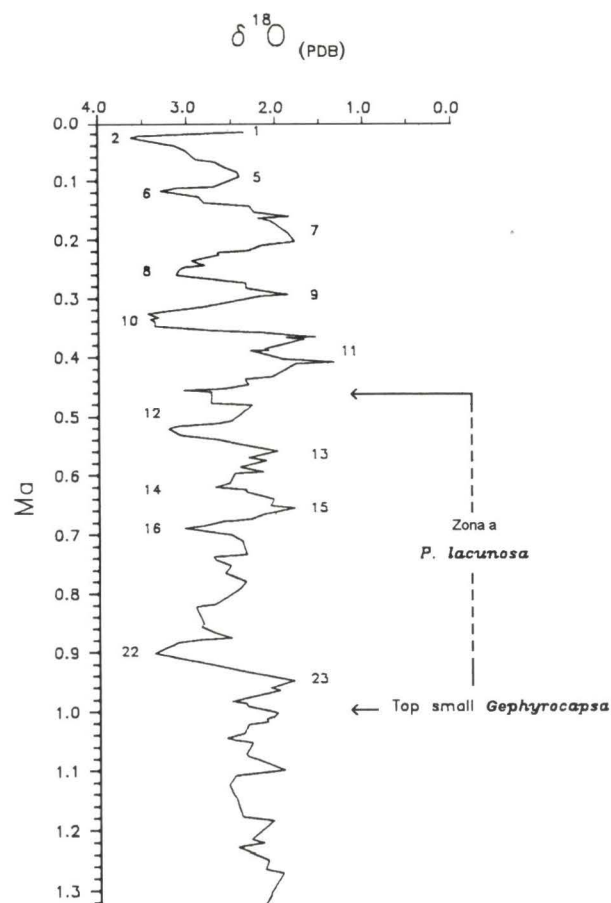


Fig. 5 - Composizione isotopica dell'ossigeno di *G. bulloides* proveniente dal Site 653 dell'ODP, in funzione dell'età. Sono indicati gli stadi isotopici più evidenti e gli eventi a nannofossili calcarei citati nel testo (modificato da Rio *et al.*, 1990a).

una ridotta produttività di carbonio organico, arricchito in ^{12}C , anche in concomitanza di variazioni nello scambio di acque con l'Atlantico associate ad un elevato gradiente verticale di mescolamento (Vergnaud Grazzini, 1983). Il $\delta^{13}\text{C}$ misurato è comunque in accordo con quanto osservato nei foraminiferi pleistocenici mediterranei che, in coincidenza con episodi glaciali, spesso mostrano contenuti in ^{13}C più elevati rispetto a quelli riscontrabili nelle forme attuali (Vergnaud Grazzini *et al.*, 1990).

CONCLUSIONI

Lo studio paleoecologico condotto sulle malacofaune provenienti da 3 livelli della successione di S. Pietro in Lama ha permesso di ipotizzare una profondità di sedimentazione compresa fra il passaggio infra-circalitorale e la parte superiore di quest'ultimo piano.

L'indagine paleobiocenotica ha consentito il riconoscimento, nei livelli L1 ed L2, di una facies di progressiva transizione tra le Biocenosi DC-DE, mentre il livello L3 testimonia la presenza di una facies a lenta sedimentazione a *Nucula-Abra* della Biocenosi VTC. Tali dati paleoambientali sono in buon accordo con quelli presentati da D'Alessandro *et al.* (1994) per l'area di S. Pietro in Lama.

L'aumento di volume delle calotte glaciali polari, l'incremento del rapporto evaporazione-precipitazione nel Mediterraneo ed un abbassamento della temperatura locale sono i fattori a cui è attribuibile l'elevato contenuto in ^{18}O osservato nelle faune studiate. Non è certo possibile approfondire la discussione su questo aspetto alla luce di questi soli dati, dati che però contengono una marcata indicazione climatica, dalla quale è possibile dedurre un elemento cronostratigrafico. Prendendo come punto di partenza l'intervallo temporale indicato dai nannofossili calcarei (Bossio *et al.*, 1989a) e dall'associazione a molluschi studiata, caratterizzata dagli "ospiti nordici", il confronto con la stratigrafia isotopica sviluppata sui foraminiferi per il Mediterraneo suggerisce per le faune di San Pietro in Lama e Cutrofiano una corrispondenza temporale con lo stadio isotopico 22. È quindi ipotizzabile che le faune studiate siano temporalmente localizzabili al tetto del Siciliano e quindi del Pleistocene inferiore (Sprovieri, 1993). Infine una osservazione di carattere più generale: probabilmente la composizione isotopica delle faune a molluschi plio-pleistoceniche mediterranee è uno strumento le cui potenzialità, in ambito paleoclimatico e stratigrafico, non sono state a tutt'oggi sfruttate a fondo.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano le dott. Katia Arfaioli e Carla Italia per il contributo fornito a questa ricerca in occasione della loro Tesi di Laurea. Ricerca finanziata con i fondi MURST 60%.

OPERE CITATE

- BENIGNI, C. & CORSELLI, C., 1981, Paleocomunità a Molluschi bentonici del pliocene di Volpedo (Alessandria): Riv. It. Pal. Strat., 87 (4): 637-702, 1 tav.
- BERNASCONI, M.P., 1989, Studi paleoecologici sul Pliocene ligure V. Il Pliocene di Savona: Boll. Mus. reg. Sci. nat. Torino, 7 (1): 49-116, 2 tavv.
- & ROBBA, E., 1993, Molluscan paleoecology and sedimentological features: an integrated approach from the Miocene Meduna section, northern Italy: Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 100: 267-290.
- BIANUCCI, G.P. & LONGINELLI, A., 1982, Biological behaviour and accretion rates of *Patella coerulea* L. as indicated by oxygen isotope measurements: Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 37: 313-318.
- BONADONNA, F.P., D'EUGENIO, M. L. & LEONE, G., 1990, Stable isotope record of Valle Ricca Plio-Pleistocene cores, Latium, Italy: Paléobiologie continentale, XVII: 81-94.
- BOSSIO, A., GUELF, F., MAZZEI, R., MONTEFORTI, B., SALVATORINI, G. & VAROLA, A., 1989a, Studi sul Neogene e Quaternario della Penisola Salentina. VI-Precisazioni sull'età dei sedimenti pleistocenici di due cave del leccese (S. Pietro in Lama e Cutrofiano): Quad. Ric. Centro Studi Geot. e Ing., 11: 147-173, 3 tavv.
- , —, —, — & —, 1989b, Studi sul Neogene e Quaternario della Penisola Salentina. IV-Inquadramento bio-cronostratigrafico delle Calcareni del Salento di Porto Miggiano-S. Cesarea Terme: Quad. Ric. Centro Studi Geot. e Ing., 11: 89-125, 6 tavv.
- BOWEN, R., 1991, Isotopes and Climates. Elsevier Applied Science, 483 pp, Barking, England.
- CALDARA, M., D'ALESSANDRO, A. & LOIACONO, F., 1989, Regressive Pleistocene sequence near Gravina in Puglia, southern Italy: sedimentological and paleoecological analyses: Atti 3° Simp. Ecol. Paleoecol. Com. Bent.: 417-476, 3 tavv.
- CARTER, J.G., 1990, Skeletal Biomineralization: Patterns, Processes and Evolutionary Trends: vol. I: 832 pp.; vol. II, Atlas and Index: 200 pp.
- COSTA, B., ROSSO, A., SANFILIPPO, R. & ZANINI, A., 1989, Analisi paleoecologica delle sabbie pleistoceniche di Musalà (Reggio Calabria, Italia): Atti Acc. Pelor. Peric., Cl. Sc. Fis. Mat. e Nat., 67 (1): 395-439, 3 tavv.
- D'ALESSANDRO, A., MASTRONUZZI, G., PALMENTOLA, G. & SANÒ, P., 1994, Pleistocene deposits of Salento leccese (Southern Italy): Problematic relationships: Boll. Soc. Paleont. Ital., 33 (2): 257-263.
- D'EUGENIO, M.L. & LEONE, G., 1989, Influenza della metodologia di preparazione sull'analisi isotopica di carbonati biogenici: Quad. Museo St. Nat. Livorno, 10: 1-8.
- DI GERONIMO, I., 1974, Molluschi bentonici in sedimenti recenti batiali e abissali dello Ionio: Conchiglie, 10 (7-8): 133-172, 5 tavv.
- , 1975, La malacofauna siciliana del Ciaramitaio (Grammichele, Catania): Conchiglie, 11 (5-6): 101-137.
- & GIACOBBE, S., 1983, Popolamenti e tanatocenosi a molluschi dei fanghi terrigeni costieri al largo di Brucoli (Siracusa): Boll. Mus. reg. Sci. nat. Torino, 1 (1): 137-164.
- & ROBBA, E., 1976, Metodologie qualitative e quantitative per lo studio delle biocenosi e paleocomunità bentoniche: Il paleobenthos in una prospettiva paleoecologica, Gruppo informale di ricerca coordinata CNR, Rapporto di lavoro n.1: 1-35.
- , RAFFI, S. & ROSSO, A., 1987, Dominanza di specie opportuniste nei "popolamenti eterogenei" del Pleistocene Inferiore

- di Mazzarino (Sicilia centrale): Boll. Acc. Gioenia Sci. nat., 20 (n.331): 129-166, 1 tav.
- , COSTA, B., LA PERNA, R., RANDAZZO, G., ROSSO, A. & SANFILIPPO, R., 1994, The Pleistocene "Case Catarinichia" section (Belice, SW Sicily): Boll. Soc. Paleont. Ital., Spec. Vol. 2: 93-115.
- EMILIANI, C., 1966, Paleotemperature analysis of Caribbean Cores P.6304-8 and P.6304-9 and a generalized paleotemperature curve for the past 425,000 years: J. Geol., 74: 109-124.
- & MAYEDA, T., 1964, Oxygen isotope analysis of some molluscan shells from fossil littoral deposits of Pleistocene age: Am. J. Sci., 262: 107-113.
- GAMULIN-BRIDA, H., 1974, Biocenoses benthiques de la Mer Adriatique: Acta Adriatica, 15 (9): 3-103.
- HOEFS, J., 1997, Stable Isotope Geochemistry. Springer, 201 pp, Berlin.
- KAUFMANN, A. & MAGARITZ, M., 1980, The climatic history of the eastern Mediterranean as recorded in mollusk shells: Radiocarbon, 22: 778-781.
- LEONE, G. & ROSELLI, A., 1989, Distribution of oxygen isotopes in molluscan shells from two Quaternary shoreline deposits (Latium, Italy): Il Quaternario, 2: 41-47.
- LONGINELLI, A., CORTECCI, G. & FORNACA-RINALDI, G., 1972, Rinvenimento di una linea di spiaggia sepolta di età würmiana al largo del litorale toscano: Boll. Soc. Geol. It., 91: 3-10.
- MALATESTA, A., 1974, Malacofauna pliocenica umbra: Mem. Serv. Descr. C.G.I., 13: 498 pp., 32 tavv.
- MORRISON, J.O. & BRAND, U., 1986, Geochemistry of Recent Marine Invertebrates: Geosci. Canada, 13: 237-254.
- PÈRES, J.M. & PICARD, J., 1964, Nouveau manuel de bionomie benthiques de la Méditerranée: Rec. trav. stat. mar. Endoume, 31: 1-137.
- PICARD, J., 1965, Recherches qualitatives sur les biocénoses marines des substrats meubles dragable de la région marseillaise: Rec. trav. stat. mar. Endoume, 36: 1-160.
- RAFFI, I., BACKMAN, J., RIO, D. & SHACKLETON, N., 1993, Plio-Pleistocene nannofossil biostratigraphy and calibration to oxygen isotope stratigraphies from DSDP Site 607 and ODP Site 677: Paleoceanography, 8: 384-408.
- RAFFI, S., 1986, The significance of marine boreal Mollusc in the Early Pleistocene faunas on the Mediterranean Area: Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 52: 267-289.
- & SERPAGLI, E., 1992, Introduzione alla Paleontologia: 654 pp., Utet, Torino.
- RIO, D., RAFFI, I. & VILLA, G., 1990a, Pliocene-Pleistocene nannofossil distribution patterns in the Western Mediterranean. In Kastens K.A., Mascle J. *et al.*, Proceedings of the ODP, Scientific Results, 107: 513-533.
- , SPROVIERI, R., THUNELL, R.C., VERGNAUD GRAZZINI, C. & GLAÇON, G., 1990b, Pliocene-Pleistocene palaeoenvironmental history of the Western Mediterranean: a synthesis of ODP Site 653 results: In Kastens K.A., Mascle J. *et al.*, Proceedings of the ODP, Scientific Results, 107: 695-703.
- SCHIFANO, G. & CENSI, P., 1983, Oxygen isotope composition and rate growth of *Patella coerulea*, *Monodonta turbinata* and *M. articulata* shells from the western coast of Sicily: Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 42: 305-311.
- SHACKLETON, N. J. & OPDYKE, N.D., 1976, Oxygen isotope and palaeomagnetic stratigraphy of Pacific core V 28-239, Late Pliocene to latest Pleistocene: Geol. Soc. Am. Mem., 145: 449-464.
- SPROVIERI, R., 1993, Pliocene-Early Pleistocene astronomically forced planktonic foraminifera abundance fluctuations and chronology of Mediterranean calcareous plankton bioevents: Riv. It. Paleont. Strat., 99: 371-414.
- THUNELL, R.C. & WILLIAMS, D.F., 1983, The stepwise development of Pliocene-Pleistocene paleoclimatic and paleoceanographic conditions in the Mediterranean: oxygen isotopic studies of DSDP Sites 125 and 132: Utrecht Micropal. Bull., 30: 111-127.
- , TAPPA, E., RIO, D. & RAFFI, I., 1990, Pliocene-Pleistocene stable isotope record for ocean drilling program site 653, Tyrrhenian basin: implications for the paleoenvironmental history of the Mediterranean Sea. In Kastens K.A., Mascle J. *et al.*, Proceedings of the ODP, Scientific Results, 107: 387-399.
- VERGNAUD GRAZZINI, C., 1968, Analyses isotopiques de faunes malacologiques plio-pléistocènes des environs de Pise: Vie et Milieu, Série B: Océanographie, XIX 2B: 233-272.
- , 1983, Reconstruction of Mediterranean Late Cenozoic hydrography by means of carbon isotope analyses: Utrecht Micropal. Bull., 30: 25-47.
- , SALIÈGE, J.F., URRUTIAGUER, M. J. & IANNACE, A., 1990, Oxygen and carbon isotope stratigraphy of ODP Hole 653A and Site 654: the Plio-Pleistocene glacial history recorded in the Tyrrhenian basin (West Mediterranean). In Kastens K.A., Mascle J. *et al.*, Proceedings of the ODP, Scientific Results, 107: 361-384.
- WEFER, G. & BERGER, W.H., 1991, Isotope paleontology: growth and composition of extant calcareous species: Mar. Geol., 100: 207-248.
- WILLIAMS, D.F., THUNELL, R.C., TAPPA, E., RIO, D. & RAFFI, I., 1988, Chronology of the Pleistocene oxygen isotope record: 0-1.88 m.y. B.P.: Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 64: 221-240.

(manoscritto ricevuto il 24 luglio 1997
accettato il 16 dicembre 1997)

Gabriello LEONE
Elena MENESINI
Luca RAGAINI

Dipartimento di Scienze della Terra
Università di Pisa
Via S. Maria 53, 56126 Pisa, Italia