

W. LANDINI (\*), E. MENESINI (\*), L. RAGAINI (\*\*)

## PALEOCOMUNITÀ A MOLLUSCHI ED OTOLITI NEL PLIOCENE DI CASTELFIORENTINO (FIRENZE, ITALIA)

**Riassunto** — Viene presa in esame un'associazione a Molluschi ed otoliti raccolta in un livello di sedimenti pliocenici nei dintorni di Castelfiorentino. Tale associazione ha confermato l'inquadramento biostratigrafico del livello di provenienza, già individuato sulla base di microfaune e nannoflore (Zona a *Globorotalia puncticulata*: parte inoltrata - Zona a *G. crassaformis* s.l.: parte inferiore).

I Molluschi sono rappresentati da 83 taxa, di cui 24 riferibili ai Bivalvi, 54 ai Gasteropodi e 5 agli Scafopodi; gli otoliti sono rappresentati da 19 taxa riferibili a 12 famiglie. Sono inoltre presenti Coralli, Anellidi, Policheti, Echinoidi, Cirripedi e Briozoi.

**Abstract** — *Molluscs and Otoliths paleocommunities from the Castelfiorentino pliocenic sediments (Florence, Italy)*. This work deals with an association of Molluscs and otoliths collected from a Pliocenic fossiliferous level outcropping near Castelfiorentino (Florence).

This level had been attributed, on the basis of Microfaunas and Nannofloras, to: *Globorotalia puncticulata* Zone (lower, but not the lowermost part) - *G. crassaformis* s.l. Zone (lower part). Our work on the fossil association confirms this biostratigraphic attribution.

The Molluscs are represented by 83 taxa: 24 taxa belong to Bivalvia, 54 to Gastropoda and 5 to Scaphopoda; the otoliths are represented by 19 taxa belonging to 12 families. Corals, Polychaetes, Echinoids, Barnacles and Bryozoans are also represented.

The Castelfiorentino Molluscan palaeocommunity is typical of muddy soft bottoms where the pelophilous and pelophilous-tolerant forms are predominant. This fossil association can be attributed to a bathymetric level which corresponds to the upper part of the circalittoral zone (not below -60/-80 m). This conclusion was reached on the basis of the following considerations: 1) predominance of shelf eurybathial species; 2) presence of typical circalittoral species; 3) very scarce presence of bathyal species. The presence of a large benthic component in the fish-community, principally represented by Gobiidae, confirms this bathymetric interpretation.

The infaunal forms are prevalent among the Molluscs. The community is dominat-

---

(\*) Dip. Scienze della Terra, Università di Pisa.

(\*\*) Centro Interdip. Museo St. Nat. e del Territorio, Università di Pisa.

Lavoro eseguito con fondi M.P.I. 40%: Paleoecologia e Evoluzione dei bacini Neogenici (PEN).

ed by two suspension-feeders, namely *Turritella tricarinata tricarinata* and *Corbula gibba*: the former is indicative of a high sedimentation rate and the latter is typical of a heterogeneous association. In the fossil assemblage it is possible to recognize the VTC and DC/DE biocoenoses with low values of dominance (lower than 10%) and made up only by preferring species. The most reasonable assumption is that the benthic molluscan community represents a first phase of the instability sequence (DI GERONIMO, 1983), where some instability-indicating species invade the biotope, superimposing to the previous biota, which, however, can be still recognized. In this case the presence of PE, related to water turbidity probably caused by high sedimentation rate, is confirmed by the elevated dominance of suspension-feeders, the abundance of «l.r.e.» taxa and by the presence of a large number of Polychaete *Ditrupa cornea*.

*Bregmaceros albyi* and *Gobius guerini* are widely represented (up to 80%) in the fish-community. The abundance of the otoliths of these two species is due, in our opinion, to the action of several marine predators.

The presence of *Circomphalus foliaceolamellosus* among the Molluscs and the presence of *Bregmaceros albyi* among the Fishes, which are tropical and/or subtropical forms, shows that the temperature of the water was higher than today.

In the Ichthyofauna three extinct species are present: *Bregmaceros albyi*, widely diffused during the Neogene; *Gobius guerini* and *G. weileri*, exclusive of the Mediterranean Pliocene. The other part of this association is made by fishes still living in the Atlantic-Mediterranean bioprovince and, in particular, in the Mediterranean-Atlantic subgroup.

**Key words** — Molluscs, Otoliths, Paleoecology, Pliocene, Tuscany.

## PREMESSA

L'unità di ricerca di Pisa appartenente al gruppo informale «Paleobenthos» conduce da vari anni studi a carattere prevalentemente paleoecologico sulle faune marine a invertebrati e vertebrati del Plio-Pleistocene dei bacini neoautoctoni della Toscana a Sud dell'Arno.

Il presente lavoro si propone di fornire un ulteriore contributo all'ampliamento delle conoscenze sulle faune del Pliocene della Val d'Elsa, particolarmente interessanti per la loro abbondanza e varietà, con l'esame di un'associazione fossilifera raccolta in una ex cava di argilla per laterizi, indicata in occasione del IX Convegno della S.P.I. come «Fornace Mazzoni» (GIANNELLI *et alii*, 1981), ubicata a circa 1,5 Km. a SW di Castelfiorentino (Firenze) ed a circa 1 Km. dal fiume Elsa (Fig. 1).

I campioni sono stati raccolti sulla parete posta alla sinistra del complesso della ex cava, dove i sedimenti pliocenici affiorano per uno spessore complessivo di circa 16-17 metri. Su questa parete, procedendo dal basso verso l'alto, si possono distinguere sei livelli sub-orizzontali, che qui indicheremo con le lettere a-f:

a - argille siltoso-sabbiose con fossili sparsi; spessore 6,5 metri circa;



Fig. 1 - Ubicazione della cava «Fornace Mazzoni».

- b - sabbie più o meno argillose, praticamente prive di fossili; spessore 0,5 metri;
- c - silt molto fine, ricchissimo in fossili; spessore 0,3 metri;
- d - argille leggermente siltose e/o sabbiose con fossili sparsi; spessore 5 metri;
- e - livello di fossili cementati, costituito essenzialmente da Vermetidi nella parte inferiore e da Ostreidi in quella superiore; spessore 0,5 metri circa;

f - argille più o meno sabbiose, con fossili diffusi; spessore 3,7 metri.

L'associazione fossilifera qui presa in esame proviene dal livello c, a circa 7 metri dalla base della sezione; essa è costituita essenzialmente da Molluschi (lo studio sistematico è stato effettuato da Menesini, mentre l'interpretazione paleoecologica è stata effettuata da Ragaini) ed otoliti (studiati da Landini). Sono presenti anche Scleractinie, Briozoi, Policheti, Echinoidi e Cirripedi.

## METODOLOGIE

Lo studio della fauna è stato effettuato su tre campioni volumetrici per un totale di 50 dm<sup>3</sup>, i quali sono stati sottoposti a lavaggio ed a successiva vagliatura mediante setacci con maglie da 0,5 mm di lato. In aggiunta, per l'analisi della fauna ad otoliti, è stato esaminato un ulteriore campione di 12 dm<sup>3</sup>.

Per i vari gruppi è stata valutata la frequenza dei singoli taxa; per i Molluschi e per gli otoliti è stata calcolata la relativa dominanza.

Per quanto riguarda il conteggio degli esemplari sono stati adottati i seguenti criteri:

— Bivalvi: è stata applicata la formula  $N. es. = N.V. + N.V'/2$ , dove con V. si intende il tipo di valva più rappresentata e con V' quello meno rappresentato. Per quanto riguarda i frammenti sono stati conteggiati solo quelli comprendenti l'intera area cardinale.

— Gasteropodi: nel caso di esemplari incompleti sono stati conteggiati solo quelli in cui la porzione mancante presumibilmente non superava 1/3 dell'altezza totale.

— Scafopodi: sono stati scartati tutti i frammenti minuti.

— Policheti: per quanto riguarda *Ditrupa cornea* sono stati conteggiati solo gli esemplari provvisti della regione prostomiale; per quanto riguarda *Protula firma* sono stati conteggiati tutti i frammenti.

Il sedimento del livello campionato è stato sottoposto ad analisi granulometrica secondo i metodi usuali di vagliatura e decantazione. È stata valutata la classe di massima frequenza (moda), il diametro corrispondente al 50% del materiale (mediana), la media granulometrica (calcolata secondo le due formule: a)  $(16\% + 84\%)/2$ ; b)  $(16\% + 50\% + 84\%)/3$ ), il coefficiente di cernita (che esprime la capacità selettiva del mezzo acqueo) ed il coefficiente di asimmetria, che valuta la coda in eccesso. Tale analisi ha fornito i seguenti valori, qui espressi in unità  $\Phi$ :

— Moda: 7,38

- Mediana: 6,75
- Media: a) 7,875; b) 7,650
- Coeff. di cernita: 2,825
- Coeff. di asimmetria: +0,216

Questi dati indicano che il sedimento è costituito da un silt finissimo, non selezionato, con coda in eccesso di frazioni fini.

#### CONSIDERAZIONI BIOSTRATIGRAFICHE E CRONOLOGICHE

L'analisi delle microfaune planctoniche contenute in 13 campioni, prelevati a suo tempo sulla parete di sinistra della ex cava, aveva consentito a GIANNELLI *et alii* (1981) solo un generico riferimento della successione all'intervallo Zona a *Globorotalia puncticulata*: parte inoltrata - Zona a *Globorotalia crassaformis* s.l.: parte inferiore di CATI *et al.*. Anche lo studio delle microflore non aveva permesso una più precisa definizione biostratigrafica.

Tuttavia la presenza, in due campioni, prelevati rispettivamente alla sommità del livello *a* e del livello *f*, di alcuni esemplari del foraminifero bentonico *Bolivina placentina*, «... taxon tipico dei sedimenti profondi del Pliocene inferiore, sporadicamente frequente anche in qualche sequenza del Pliocene medio ad esso favorevole...» (GIANNELLI *et alii*, 1981), lasciò supporre, sulla base di considerazioni batimetriche, un riferimento alla Zona a *Globorotalia puncticulata* (parte inoltrata). Quest'ipotesi fu avvalorata dal ritrovamento di *Globorotalia aemiliana* (la cui comparsa definisce la base della Zona a *G. crassaformis* s.l.) in un campione prelevato nelle argille di una parete ubicata sulla destra della cava, in una posizione stratigrafica nettamente più elevata.

Le informazioni biostratigrafiche ottenute sulla base dei Molluschi sono in accordo con quelle fornite dalle microfaune e dalle nannoflore. In particolare, oltre alla presenza di *Chlamys pesfelis*, che compare nel Pliocene inferiore, di *Charonia appenninica* e di *Pyramidella plicosa*, che scompaiono durante il Pliocene superiore, risulta significativa la presenza di *Lathyrus ligusticus*, mai segnalata oltre il Tabianiano *sensu* Mayer e Cocconi (PELOSIO, 1966), e di *Circomphalus foliacelolamellosus*, ospite climatico «caldo» del Pliocene. Quest'ultimo, che vive attualmente nella zona tropicale-subtropicale, si è estinto nel Mediterraneo durante la fase di raffreddamento verificatasi a circa 3.0-3.2 m.a., intorno all'evento paleomagnetico Mammoth.

La fauna ad otoliti, infine, per la presenza di *Bregmaceros albyi*,

*Gobius guerini* e *Gobius weileri*, ben si accorda con le interpretazioni biostratigrafiche sopra riportate.

*B. albyi*, infatti, è specie ad ampia diffusione stratigrafica e, secondo LANDINI e MENESINI (1988), si estingue nel Bacino Mediterraneo in corrispondenza della Zona a *Globorotalia aemiliana*, mentre *G. guerini* e *G. weileri* sono specie esclusivamente plioceniche, che non superano la zona E a *G. crassaformis* (CAPPETTA e NOLF, 1983).

#### ASSOCIAZIONE A MOLLUSCHI

La fauna a Molluschi è costituita da 83 taxa (Tab. 1), di cui 24 riferiti ai Bivalvi (28,92%), 54 ai Gasteropodi (65,06%) e 5 agli Scafopodi (6,02%).

I taxa con dominanza inferiore ad 1% sono 66 (di cui 20 rappresentati da un solo esemplare) e corrispondono al 20,63% dell'intera malacofauna; il rimanente 79,37% è composto dalle seguenti 17 specie:

*Turritella tricarinata tricarinata* (19,17%); *Corbula gibba* (11,62%); *Vermetus intortus* (5,52%); *Anomia ephippium* (4,13%); *Striarca lactea* (3,94%); *Bittium reticulatum scabrum* (2,98%); *Odostomia conoidea* (2,67%); *Hinia limata* (2,28%); *Fustiaria jani* (2,25%); *Pyrene gervillei* (2,03%); *Chlamys multistriata* (1,84%); *Lunatia catena helicina* (1,46%); *Ringicula buccinea* (1,27%); *Muricopsis cristata* (1,14%); *Nassarius elatus* (1,14%); *Nassarius serratus* (1,14%); *Ringicula auriculata* (1,14%).

L'associazione a Molluschi è accompagnata da altri invertebrati bentonici che vengono, per comodità di studio, qui di seguito elencati:

- *Dendrophyllia* gruppo *ramea*, presente con numerosissimi frammenti.
- *Protula firma*, presente con alcune centinaia di frammenti, e *Ditrupea cornea*, di cui sono stati individuati oltre 500 esemplari.
- Echinoidi regolari, fra i quali *Arbacia* sp., *Sphaerechinus* sp. e *Psammechinus* sp., rappresentati da oltre 1300 placche isolate (assule e majores). Sono stati inoltre individuati una cinquantina di minuti frammenti di Spatangoidi e varie migliaia di piccoli radioli, anche questi con tutta probabilità riferibili a Spatangoidi.
- Alcune migliaia di compartimenti di Balanidi fra i quali predominano quelli di *Concavus concavus*, specie rappresentata anche da una ventina di valve opercolari.
- Briozoi, rappresentati da una ventina di frammenti di colonie.

L'analisi dei dati autoecologici ricavabili dalla letteratura eviden-

Elenco dei taxa	F	D
<b>B I V A L V I A</b>		
<i>Nucula jeffreysi</i> Bellardi	1	00,06
<i>N. nucleus</i> (Linneo)	5	00,31
<i>N. placentina</i> Lamarck	7	00,44
<i>Yoldia minima</i> (Seguenza)	3	00,19
<i>Anadara diluvii</i> (Lamarck)	11	00,70
<i>Striarca lactea</i> (Linneo)	62	3,94
<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck	1	00,06
<i>Modiolus adriaticus</i> (Lamarck)	12	00,76
<i>M. longus</i> (Bronn)	1	00,06
<i>Amusium cristatum</i> (Bronn)	7	00,44
<i>Chlamys multistriata</i> (Poli)	29	1,84
<i>C. pesfelis</i> (Linneo)	5	00,31
<i>C. varia</i> (Linneo)	3	00,19
<i>Hinnites ercolianus</i> Cocconi	1	00,06
<i>Anomia ephippium</i> Linneo	65	4,13
<i>Pododesmus aculeatus</i> (Müller)	2	00,13
<i>Ostrea lamellosa</i> Brocchi	198	12,57
<i>Acanthocardia mucronata</i> (Poli)	8	00,51
<i>A. aculeata</i> (Linneo)	1	00,06
<i>Parvicardium minimum</i> (Philippi)	1	00,06
<i>Venus multilamella</i> (Lamarck)	14	00,89
<i>Circomphalus foliaceolamellosus</i> (Dillwyn)	2	00,13
<i>Pelecypora islandicoides</i> (Lamarck)	15	00,95
<i>Corbula gibba</i> (Olivi)	183	11,62
Bivalvi non determinati	22	
Totale Bivalvi	659	41,84
<b>G A S T R O P O D A</b>		
<i>Emarginula elongata</i> O.G.Costa	3	00,19
<i>Diodora italica</i> (Defrance)	4	00,25
<i>D. gibberula</i> (Lamarck)	1	00,06
<i>Calliostoma</i> sp.	1	00,06
<i>Acinopsis cancellata</i> (Da Costa)	9	00,57
<i>Turbona aglaja</i> (De Stefani & Pantanelli)	3	00,19
<i>T. geryonia</i> (Chiereghin)	1	00,06
<i>Turritella tricarinata tricarinata</i> (Brocchi)	302	19,17
<i>Vermetus arenarius</i> (Linneo)	3	00,19
<i>V. deshayesi</i> (Mayer)	3	00,19
<i>V. intortus</i> (Lamarck)	87	5,52
<i>Bittium reticulatum scabrum</i> (Olivi)	47	2,98
<i>Cerithiopsis tubercularis</i> (Montagu)	17	1,08
<i>Biforina perversa</i> (Linneo)	4	00,25
<i>Epitonium commune</i> (Lamarck)	3	00,19
<i>Acirsa corrugata</i> (Brocchi)	7	00,44
<i>Strombiformis glabra</i> (Da Costa)	2	00,13
<i>Calyptraea chinensis</i> (Linneo)	9	00,57

Tab.1 - Elenco sistematico dei Molluschi. F: frequenza; D: dominanza.

Elenco dei taxa	F	D
<i>Crepidula gibbosa</i> DeFrance	2	00,13
<i>C. unguiformis</i> Lamarck	1	00,06
<i>Aporrhais uttingeriana</i> (Risso)	3	00,19
<i>Naticarius tigrinus</i> (DeFrance)	2	00,13
<i>Lunatia catena helicina</i> (Brocchi)	23	1,46
<i>Neverita josephinia</i> Risso	9	00,57
<i>Charonia appenninica</i> (Sassi)	2	00,13
<i>Muricopsis cristata</i> (Brocchi)	18	1,14
<i>Ocinebrina scalaris</i> (Brocchi)	6	00,38
<i>Ocinebrina</i> sp.	1	00,06
<i>Pyrene gervillei</i> (Payraudeau)	32	2,03
<i>Mitrella nassoides</i> (Grateloup)	2	00,13
<i>Nassarius asperulus</i> (Brocchi)	8	00,51
<i>N. cabrierensis italicus</i> (Mayer)	1	00,06
<i>N. elatus</i> (Gould)	18	1,14
<i>N. semistriatus</i> (Brocchi)	11	00,70
<i>N. serratus</i> (Brocchi)	18	1,14
<i>Hinia limata</i> (Chemnitz)	36	2,29
<i>Lathyrus ligusticus</i> (Bellardi)	1	00,06
<i>Trigonostoma umbilicare</i> (Brocchi)	1	00,06
<i>Narona coronata</i> (Scacchi)	1	00,06
<i>Mitra bronni</i> Michelotti	3	00,19
<i>Mangelia costata</i> (Donovan)	2	00,13
<i>M. rugulosa</i> (Philippi)	1	00,06
<i>Bela nebula</i> (Montagu)	3	00,19
<i>Comarmondia gracilis</i> (Montagu)	11	00,70
<i>Ringicula auriculata</i> (Ménard)	18	1,14
<i>R. buccinea</i> (Brocchi)	20	1,27
<i>R. ventricosa</i> (Sowerby)	2	00,13
<i>Ringicula</i> spp.	8	00,51
<i>Pyramidella plicosa</i> Bronn	10	00,63
<i>Eulimella acicula</i> (Philippi)	2	00,13
<i>Odostomia conoidea</i> (Brocchi)	42	2,67
<i>Turbonilla densecostata</i> (Philippi)	1	00,06
<i>Niso terebellum</i> (Dillwyn)	10	00,63
<i>Chrysalida</i> sp.	1	00,06
Gasteropodi non determinati	37	
Totale Gasteropodi	873	55,43
S C A P H O P O D A		
<i>Dentalium agile</i> M. Sars	7	00,44
<i>D. mutabile inaequicostatum</i> Dautzenberg	1	00,06
<i>Fustiaria jani</i> (Hörnes)	31	1,97
<i>F. cfr. emersoni</i> Caprotti	3	00,19
<i>Gadulus ventricosus</i> (Bronn)	1	00,06
Totale Scafopodi	43	2,73
Totale Molluschi: 1.575		

Tab.1 - Continuazione e fine.

zia la prevalenza, fra i Molluschi, di specie legate a fondi mobili a granulometria fine (silt-argilla) e con una distribuzione batimetrica in cui il piano circalitorale rappresenta il denominatore comune. Sulla base di queste constatazioni abbiamo considerato alloctone tutte quelle forme che presentano una distribuzione batimetrica superficiale ed evidenziano una chiara disarmonia tessiturale con il tipo di sedimento, per le quali si è ipotizzato un trasporto post-mortem.

Le specie legate alla presenza di piccoli substrati solidi, quali *Striarca lactea*, *Anomia ephippium*, *Pododesmus aculeatus*, *Hinnites ercolanianus*, *Biforina perversa*, sono state invece ritenute autoctone in considerazione del fatto che la loro distribuzione batimetrica risulta compatibile con quella individuata dalla maggior parte degli altri taxa. D'altra parte la loro autoctonia è confermata dal valore (1.16) del rapporto v.ds./v.sin. della specie più frequente, *Striarca lactea*, mentre la netta prevalenza della valva sinistra sulla destra in *Anomia ephippium* può essere dovuta all'estrema fragilità di quest'ultima, che molto spesso si frantuma nella preparazione dei campioni. È possibile che queste forme legate a piccoli substrati solidi rappresentino un popolamento epizootico sulla originaria biocenosi (BERNASCONI, 1988).

Eliminate quindi tutte le specie ritenute alloctone (oltre a tre taxa la cui determinazione a livello generico non consentiva un preciso inquadramento nelle varie categorie utilizzate per l'analisi paleoecologica), si è provveduto a ricalcolare la dominanza per quelle rimanenti (Tab. 2), che sono state utilizzate per definire la paleocomunità e valutarne il significato paleobiocenotico.

*Rapporto con il substrato.* - La maggior parte dei taxa (31 sp.; D=61,78%) è in accordo con le caratteristiche del sedimento (Tab. 3). Questo stock raggruppa sia le forme ritenute pelofile tolleranti, quali ad esempio *Amusium cristatum*, *Lunatia catena helicina* e *Cadulus venticosus*, che quelle considerate genericamente pelofile come *Aporrhais uttingeriana* e *Nassarius cabrierensis italicus*. Un'impronta tessiturale significativa è data dalle specie mistofile (6 sp.; D=20,14%), ed in particolare da *Corbula gibba* (D=18,06%), che caratterizza la paleocomunità assieme alla pelofila tollerante *Turritella tricarinata tricarinata* (D=29,81%). Le rimanenti specie sono raggruppate in due categorie: la prima (7 sp. D=4,85%) comprende le forme indipendenti dalla tessitura del sedimento (o poco esigenti per quanto riguarda quest'ultima) oppure quelle il cui adattamento non è ancora noto, mentre la seconda include cinque specie (*Striarca lactea*, *Hinnites ercolanianus*, *Anomia ephippium*, *Pododesmus aculeatus*, *Biforina perversa*), con dominanza

Elenco dei taxa	F	D
<i>Nucula nucleus</i> (Linneo)	5	0,49
<i>N. placentina</i> Lamarck	7	0,69
<i>Yoldia minima</i> (Seguenza)	3	0,30
<i>Anadara diluvii</i> (Lamarck)	11	1,09
<i>Striarca lactea</i> (Linneo)	62	6,12
<i>Amusium cristatum</i> (Bronn)	7	0,69
<i>Chlamys multistriata</i> (Poli)	29	2,86
<i>C. pesfelis</i> (Linneo)	5	0,49
<i>C. varia</i> (Linneo)	3	0,30
<i>Himites ercolanianus</i> Cocconi	1	0,10
<i>Anomia ephippium</i> Linneo	65	6,42
<i>Pododesmus aculeatus</i> (Müller)	2	0,20
<i>Acanthocardia mucronata</i> (Poli)	8	0,79
<i>Parvicardium minimum</i> (Philippi)	1	0,10
<i>Venus multilamella</i> (Lamarck)	14	1,38
<i>Pelecypora islandicoidea</i> (Lamarck)	15	1,48
<i>Corbula gibba</i> (Olivi)	183	18,06
<i>Turritella tricarinata tricarinata</i> (Brocchi)	302	29,81
<i>Biforina perversa</i> (Linneo)	4	0,39
<i>Epitonium commune</i> (Lamarck)	3	0,30
<i>Acirsa corrugata</i> (Brocchi)	7	0,69
<i>Strombiformis glabra</i> (Da Costa)	2	0,20
<i>Aporrhais uttingeriana</i> (Risso)	3	0,30
<i>Naticarius tigrinus</i> (Defrance)	2	0,20
<i>Lunatia catena helicina</i> (Brocchi)	23	2,27
<i>Charonia appenninica</i> (Sassi)	2	0,20
<i>Muricopsis cristata</i> (Brocchi)	18	1,78
<i>Ocenebrina scalaris</i> (Brocchi)	6	0,59
<i>Nassarius cabrierensis italicus</i> (Mayer)	1	0,10
<i>N. elatus</i> (Gould)	18	1,78
<i>N. semistriatus</i> (Brocchi)	11	1,09
<i>N. serratus</i> (Brocchi)	18	1,78
<i>Hinia limata</i> (Chemnitz)	36	3,55
<i>Lathyrus ligusticus</i> (Bellardi)	1	0,10
<i>Trigonostoma umbilicare</i> (Brocchi)	1	0,10
<i>Narona coronata</i> (Scacchi)	1	0,10
<i>Mitra bronni</i> Michelotti	3	0,30
<i>Ringicula buccinea</i> (Brocchi)	20	1,97
<i>R. ventricosa</i> (Sowerby)	2	0,20
<i>Pyramidella plicosa</i> Bronn	10	0,99
<i>Eulimella acicula</i> (Philippi)	2	0,20
<i>Odostomia conoidea</i> (Brocchi)	42	4,15
<i>Turbonilla densecostata</i> (Philippi)	1	0,10
<i>Niso terebellum</i> (Dillwyn)	10	0,99
<i>Dentalium agile</i> M.Sars	7	0,69
<i>D. mutabile inaequicostatum</i> Dautzenberg	1	0,10
<i>Fustiaria jani</i> (Hörnes)	31	3,06
<i>F. cfr. emersoni</i> Caprotti	3	0,30
<i>Gadulus ventricosus</i> (Bronn)	1	0,10

Tab. 2 - Elenco sistematico dei Molluschi ritenuti autoctoni (F: frequenza; D: dominanza).

TAB. 3 (*D* = *dominanza*).

Affinità tessiturale	n. taxa	%	D
Pelofile pure o tolleranti	31	63,27	61,78
Mistofile	6	12,24	20,14
Substrati duri	5	10,20	13,23
Altre	7	14,29	4,85

non trascurabile (13,23%), che richiedono la presenza di piccoli substrati solidi.

TAB. 4 (*D* = *dominanza*).

Habitus e Forma biologica	n. taxa	%	D
Endobionti vagili	21	42,86	49,83
Endobionti sessili	2	4,08	18,36
Seminfaunali	9	18,37	6,62
Epibionti vagili	12	24,49	11,96
Epibionti sessili	5	10,20	13,23

Per quanto riguarda l'habitus e la forma biologica (Tab. 4) appare evidente la preponderanza delle forme infossate (32 sp.; *D*=74,81%). Esse comprendono i seminfaunali, con gli Scafopodi (4,25%) ed i Bivalvi *Nucula nucleus*, *Nucula placentina*, *Anadara diluvii*, *Parvicardium minimum*, gli endobionti vagili, che rappresentano lo stock più numeroso (21 sp.), la cui dominanza (49,83%) è dovuta in gran parte alla presenza di *Turritella tricarinata tricarinata* (29,81%), e gli endobionti sessili con due sole specie (18,36%), di cui una, *Corbula gibba*, particolarmente significativa (18,06%). L'epifauna vagile (12 sp.; *D*=11,45%) comprende, tra l'altro, sette specie di ectoparassiti (*Epitonium commune*, *Strombiformis glabra*, *Pyramidella plicosa*, *Eulimella acicula*, *Odostomia conoidea*, *Turbonilla densecostata*) ed il gasteropode carnivoro *Acirsa corrugata*, mentre l'epifauna sessile è rappresentata dalle cinque specie, precedentemente elencate, che richiedono substrati solidi (13,23%).

Nel complesso il rapporto dei taxa con il sedimento evidenzia i seguenti aspetti:

— predominanza degli endobionti infossati e mobili, tra cui prevale

nettamente *Turritella tricarinata tricarinata* che, con i valori di dominanza presentati (29,81%), è ritenuta indicatrice di un elevato tasso di sedimentazione;

— gli endobionti sessili sono rappresentati soltanto da due specie, ma con una dominanza significativa quasi interamente dovuta a *Corbula gibba*, la cui presenza appare legata a torbidità delle acque causata da materiale in sospensione;

— gli epibionti vagili presentano una diversità specifica maggiore rispetto ai sessili (12 contro 5), ma questi ultimi risultano avere una dominanza leggermente più elevata (11,96% contro 13,23%).

Quest'ultimo dato sembra non collimare perfettamente con quelli precedenti, indicativi di un fondale sottoposto ad un elevato tasso di sedimentazione. In una situazione di questo tipo, infatti, il fango mobile riduce la possibilità di ancoraggio degli organismi sessili, favorendo quindi gli epibionti in grado di sfuggire all'interramento (RHOADS *et al.*, 1972). Bisogna comunque sottolineare che l'epifauna sessile è rappresentata da esemplari giovanili probabilmente corrispondenti ad uno stanziamento larvale su substrati solidi occasionali in una fase di relativa stabilità, come talvolta avviene all'interno di un popolamento eterogeneo. D'altra parte è anche possibile che la loro presenza sia legata all'«effetto palizzata» determinato dall'elevato numero di esemplari (oltre 500) del Polichete *Ditrupa cornea*, che «stabilizza» il fondo mobile rendendolo più facilmente colonizzabile da parte di organismi epibionti.

*Analisi trofica.* - L'associazione è dominata dai sospensivori (15 sp.; D=69,89%), soprattutto per la diffusione di *Corbula gibba* (18,06%) e *Turritella tricarinata tricarinata* (29,81%) (Tab. 5).

TAB. 5 (D = dominanza).

Gruppi trofici	n. taxa	%	D
Sospensivori	15	30,61	69,89
Detritivori	9	18,37	6,03
Predatori	14	28,57	9,15
Necrofagi	5	10,20	8,30
Parassiti	6	12,24	6,63

Tale preponderanza appare ancor più accentuata dalla presenza, riscontrata nei residui dei lavati, di *Protula firma* e di numerosi

esemplari (oltre 500) di *Ditrupa cornea*. A proposito di quest'ultima non è comunque da escludere la possibile alloctonia di una parte degli esemplari, in considerazione della disarmonia esistente tra la tessitura del sedimento e la frequenza degli individui. Sembra infatti che *D. cornea* raggiunga le maggiori frequenze in sedimenti con un'elevata componente sabbiosa (DI GERONIMO *et alii*, 1987).

I detritivori sono nettamente subordinati (9 sp.; D=6,03%) e soltanto lo Scafopode *Fustiaria jani* presenta una dominanza superiore all'unità (3,06%).

Il rapporto trofico nettamente a favore dei sospensivori è, in questo caso, da ritenersi indicativo di elevata torbidità delle acque e di un apporto discontinuo dei nutrienti (STANTON e DODD, 1976), piuttosto che legato a fondali con sensibile turbolenza, tale da asportare il film organico superficiale che costituisce l'alimentazione dei detritivori (FURISCH, 1976; STANTON e DODD, 1976). L'assenza di specie reofile, la granulometria fine del sedimento e la prevalenza di taxa infaunali escludono, infatti, la presenza di correnti di fondo (BOUCOT, 1981).

Per quanto riguarda gli altri gruppi trofici, i necrofagi sono piuttosto contenuti (5 sp.; D=8,3%), mentre i predatori, pur registrando una dominanza di poco superiore (9,15%), presentano una maggiore diversità specifica (14 sp.). Tale diversificazione dei predatori può essere dovuta sia all'elevata frequenza di sospensivori attaccabili dai Gasteropodi carnivori che alla possibile presenza di altri invertebrati-prede, rappresentati da organismi non fossilizzabili. Tra i parassiti (6 sp.; D=6,63%), infine, l'unica specie con una certa rilevanza è *Odostomia conoidea* (4,15%), ectoparassita dell'Asteroide *Astropecten irregularis* (BENIGNI e CORSELLI, 1981).

*Localizzazione batimetrica.* - Lo stock più numeroso (Tab. 6) è quello

TAB. 6 - (D = dominanza).

Significato batimetrico	n. taxa	%	D
Infra-Circalitorali	21	42,86	64,33
Infra-Batiali	2	4,08	10,57
Circalitorali	9	18,37	10,27
Circa-Batiali	11	22,45	8,30
Batiali	2	4,08	1,00
Altre	4	6,25	5,53

delle forme infra-circalitorali (od euribate di piattaforma) con 21 specie (D=64,33%), mentre i taxa a larga ripartizione batimetrica sono soltanto due, *Anomia ephippium* e *Odostomia conoidea*, ma con una dominanza non trascurabile (10,57%). Le forme esclusivamente circalitorali (9 sp.; D=10,27%), che comprendono i Bivalvi *Anadara diluvii*, *Chlamys pesfelis*, *Parvicardium minimum* e *Pelecypora islandicoides*, presentano una consistenza simile a quella delle specie circalitorali-batiali (11 sp.; D=8,3%), tra le quali soltanto *Venus multilamella*, *Nassarius serratus* e *Ringicula buccinea* hanno una dominanza superiore all'unità. Poco significative, infine, le forme batiali (2 sp.; D=1%), rappresentate da *Yoldia minima* e *Dentalium agile*.

Altre indicazioni batimetriche provengono dall'abbondanza di *Ditrupa cornea*, un Polichete indicatore di instabilità del fondo, che attualmente si ritrova, con frequenze particolarmente elevate, nell'intervallo 15-60 metri (DI GERONIMO, 1979), e, indirettamente, dalla presenza del Gasteropode *Odostomia conoidea* (D=4,15%), ectoparassita di *Astropecten irregularis*. Quest'ultimo, infatti, è un Asteroide predatore che vive generalmente in fondi fangosi compresi tra 50 e 400 m. di profondità; esso annovera tra le proprie prede, oltre a vari Bivalvi, come ad esempio *Corbula gibba*, anche l'Ofiuroide *Amphiura sp.*, che individua, se molto abbondante, una vera e propria comunità («*Amphiura community*») ad affinità circalitorale, caratterizzata da un'elevata percentuale di fango nel sedimento. Infine il Corallo *Dendrophyllia ramea*, tutt'oggi vivente sia nel Mediterraneo che in Atlantico, è tipico del piano circalitorale (PACELLA, 1979).

In conclusione quindi possiamo individuare il livello batimetrico più verosimile della nostra paleocomunità in corrispondenza del piano circalitorale e, più in particolare, considerando la netta prevalenza delle forme euribate di piattaforma e la scarsissima rilevanza di quelle francamente batiali, nella parte superiore di questo piano, ad una profondità che probabilmente non superava i 60/80 metri.

*Significato biocenotico.* - Lo schema biocenotico adottato è quello di PERES e PICARD (1964) e PICARD (1965). Nel testo e nelle tabelle verranno utilizzate, per brevità, le originali sigle francesi al posto della dizione completa italiana delle seguenti biocenosi:

- VP : Biocenosi dei Fanghi Batiali;
- VTC : Biocenosi dei Fanghi Terrigeni Costieri;
- DC : Biocenosi dei Fondi Detritici Costieri;
- DE : Biocenosi dei Fondi Detritici Fangosi;
- C : Biocenosi del Coralligeno.

Sono state inoltre adottate le seguenti abbreviazioni:

- l.r.e. : larga ripartizione ecologica;
- s.s.pr.: senza significato preciso.

Sulla base dei dati forniti dalla letteratura si possono distinguere i seguenti gruppi (Tab. 7):

Tab. 7 - (*D* = *dominanza*).

Significato biocenotico	n. taxa	%	D
Preferenziali VTC	7	14,29	5,63
Preferenziali DC e/o DE	7	14,29	8,98
Indicatrici instabilità	1	2,04	18,06
Accidentali	6	12,24	1,88
l.r.e.	6	12,24	20,04
s.s.pr.	22	44,90	45,45

1) **Specie preferenziali VTC** — Questo gruppo è costituito da sette specie ( $D=5,63\%$ ), tra cui tre Bivalvi (*Anadara diluvii*, *Amusium cristatum*, *Venus multilamella*) e quattro Gasteropodi (*Strombiformis glabra*, *Lathyrus ligusticus*, *Ringicula ventricosa*, *Ringicula buccinea*). Soltanto *Venus multilamella* (1,38%) e *Anadara diluvii* (1,09%) presentano valori di dominanza superiori all'unità.

2) **Specie preferenziali DC e/o DE** — Anche questo stock è costituito da sette specie, ma con una dominanza più elevata rispetto al precedente (8,98%). I due taxa di maggior peso sono *Hinia limata* (3,55%) e *Chlamys multistriata* (2,86%).

3) **Specie indicatrici di instabilità** (*sensu* PAVIA *et al.*, 1985) — Tra i Molluschi è presente *Corbula gibba* (18,06%), a cui si aggiunge *Ditrupa cornea*, rappresentata da oltre 500 esemplari. La dominanza di *Corbula gibba*, certamente elevata, ma largamente inferiore al 50%, porta ad escludere valori critici dei parametri ambientali ed appare legata alla torbidità delle acque, dovuta a materiale in sospensione (PAVIA *et al.*, 1985).

4) **Specie accidentali** — Oltre a *Dentalium agile* (0,69%) e *Chlamys pesfelis* (0,49%), esclusive rispettivamente delle biocenosi VP e C, questa categoria comprende le specie «indicatrici dei fanghi di transizione tra le biocenosi VTC e VP» (ft tra VTC e VP). Così come definita da BERNASCONI (1988), la categoria non rappresenta una precisa entità biocenotica, ma piuttosto raggruppa uno stock di specie

a distribuzione circalitorale-batiale, probabilmente localizzate al passaggio tra piattaforma e scarpata continentale e legate ai sedimenti fangosi. A Castelfiorentino questo gruppo è costituito da quattro specie soltanto (*Cadulus ventricosus*, *Aporrhais uttingeriana*, *Charonia appenninica*, *Nassarius cabrierensis italicus*), con una dominanza complessiva molto bassa (0,7%).

5) **Specie l.r.e.** — Questa categoria comprende soltanto sei specie, ma con dominanza significativa (20,04%): *Nucula placentina*, *Striarca lactea*, *Anomia ehippium*, *Biforina perversa*, *Lunatia catena helicina*, *Odostomia conoidea*.

6) **Specie s.s.pr.** — Costituiscono il gruppo più differenziato (22 sp.), la cui elevata dominanza (45,45%) è dovuta, per oltre la metà, alla presenza di *Turritella tricarinata tricarinata* (29,81%).

L'inserimento di questo taxon nella categoria «s.s.pr.», probabilmente riduttiva ai fini di una sua possibile interpretazione, è da considerarsi prudenziale, in considerazione da un lato della sua affinità biocenotica ancora non ben definita e dall'altro del «peso» elevato all'interno dell'associazione studiata (rappresenta, infatti, la specie nettamente più frequente).

La forma attuale *Turritella tricarinata communis* è considerata infatti preferenziale VTC nei fanghi a sedimentazione rapida (PERES e PICARD, 1964) e frequente nei PE dei fondali di decantazione sovrapposti a biocenosi SFBC e DC (PAVIA *et al.*, *fide* DI GERONIMO, 1985); una simile interpretazione biocenotica è stata verificata anche per la sottospecie plio-pleistocenica *T. tricarinata pliocens* (DI GERONIMO e COSTA, 1978). Relativamente alla forma pliocenica *T. tricarinata tricarinata* i dati disponibili sembrerebbero invece indicare biocenosi legate a livelli batimetrici minori (MARASTI e RAFFI, 1976 e 1977) ed è stata quindi prospettata l'ipotesi di un graduale approfondimento dell'habitat di questa specie (PAVIA *et al.*, 1985).

Considerato che a Castelfiorentino *T. tricarinata tricarinata* caratterizza una malacofauna legata ad un substrato mobile fangoso circalitorale, dove l'elevato tasso di sedimentazione provoca una notevole torbidità delle acque in prossimità del fondo, si può ipotizzare anche per questo taxon un'affinità biocenotica per i Fanghi Terri-  
geni Costieri (VTC), almeno per la parte che compete alla zona superiore del piano circalitorale, in una facies di infangamento.

*Definizione della paleocomunità.* — Per la denominazione della paleocomunità abbiamo utilizzato le due specie più frequenti e maggiormente significative da un punto di vista paleoecologico, *Corbula*

*gibba* e *Turritella tricarinata tricarinata*, che sottolineano la netta predominanza dei sospensivori, rappresentati in prevalenza da forme pelofile e mistofile. Inoltre *C. gibba*, accompagnata da *Ditrupa cornea*, è rappresentativa di una fase di instabilità del biotopo, mentre *T. tricarinata tricarinata* indica un tasso di sedimentazione piuttosto elevato.

L'analisi bionomica evidenzia l'assenza di specie caratteristiche esclusive, mentre sono presenti taxa preferenziali delle biocenosi DC e/o DE e VTC, ma con valori di dominanza (rispettivamente 8,98% e 5,63%) che non consentono l'attribuzione della paleocomunità a nessuna di queste. D'altra parte l'abbondanza di *Corbula gibba* (18,06%), accompagnata da numerosi esemplari (oltre 500) di *Ditrupa cornea*, è indicativa di un popolamento eterogeneo, probabilmente connesso con la torbidità dell'acqua. Una conferma in tal senso viene dall'abbondanza delle specie «a larga ripartizione ecologica» (20,04%), che non essendo vincolate a particolari biocenosi, sono in grado di adattarsi a fasi di stress o comunque di instabilità del biotopo (DI GERONIMO, 1983; PAVIA *et al.*, 1985).

La struttura della paleocomunità a *C. gibba* e *T. tricarinata tricarinata* corrisponde alla prima fase della sequenza di instabilità di DI GERONIMO (1983), durante la quale alcune specie indicatrici di stress ambientale (*sensu* PAVIA *et al.*, 1985) invadono il biotopo, sovrapponendosi ai biota residenti, che comunque rimangono ancora riconoscibili.

In conclusione l'associazione di Castelfiorentino rappresenta un PE nella sua fase iniziale, che si è instaurato su un biotopo del circalitorale superiore, probabilmente localizzato in corrispondenza dell'ecoclino VTC-DE. Se poi studi successivi confermeranno l'ipotizzata pertinenza biocenotica di *T. tricarinata tricarinata* ai Fanghi Terrogeni Costieri, sarà allora possibile supporre una tendenza evolutiva del popolamento verso tale biocenosi.

#### ASSOCIAZIONE AD OTOLITI

Sono stati esaminati gli otoliti provenienti da 62 dm<sup>3</sup> di sedimento derivante da due distinti campioni: uno, del volume di 50 dm<sup>3</sup> (C-mol) è stato utilizzato anche per le analisi malacologiche, l'altro, del volume di 12 dm<sup>3</sup> (C-oto), è stato prelevato appositamente per l'analisi della fauna ad otoliti. Oltre a numerosi frammenti sono state separate complessivamente 1031 sagitte, il cui stato di conservazione generale è discreto, anche se in vari casi si possono

osservare evidenti tracce di usura, di probabile natura chimica, dovute all'azione di succhi gastrici e/o a fenomeni di dissoluzione post-sedimentari. L'associazione risulta costituita da 19 specie (5 delle quali sono state lasciate a nomenclatura aperta), distribuite in 14 generi, appartenenti a 12 famiglie.

TAB. 8 - Frequenze (F) e Dominanze (D) dei taxa (c-mol.: campione di 50 dm<sup>3</sup>; C-oto.: campione di 12 dm<sup>3</sup>; C-tot.: campione complessivo (62 dm<sup>3</sup>)).

ELENCO DEI TAXA	C - tot		C - mol		C - oto	
	F	D	F	D	F	D
<i>Engraulis</i> sp.	1	00,10	1	00,12	-	-
<i>Maurolicus muelleri</i> (Gmelin,1789)	1	00,10	1	00,12	-	-
<i>Diaphus</i> sp.	1	00,10	1	00,12	-	-
Myctophidae gen.et sp. ind.	1	00,10	1	00,12	-	-
<i>Bregmaceros albyi</i> (Sauvage,1880)	465	45,10	390	46,76	75	38,07
<i>Carapus acus</i> (Brunnich,1768)	1	00,10	1	00,12	-	-
<i>Cepola macrophtalma</i> (Linnaeus,1758)	14	1,36	13	1,56	1	00,51
<i>Trachurus</i> cfr. <i>trachurus</i> (Linnaeus,1758)	1	00,10	-	-	1	00,51
<i>Pagellus erythrinus</i> (Linnaeus,1758)	3	00,29	1	00,12	2	1,01
<i>P. bojaraveo</i> (Brunnich,1768)	2	00,19	2	00,24	-	-
<i>P. acarne</i> (Risso,1826)	1	00,10	-	-	1	00,51
<i>Dentex</i> ? sp.	1	00,10	-	-	1	00,51
<i>Gobius querini</i> Chaine & Duvergier,1931	394	38,22	309	37,05	85	43,15
<i>G. niger</i> Linnaeus,1758	54	5,24	38	4,56	16	8,12
<i>G. weileri</i> Bauza Rullan,1955	47	4,56	39	4,68	8	4,06
<i>Gobiidarum</i> sp.	7	00,68	6	00,72	1	00,51
<i>Arnoglossus laterna</i> (Walbaum,1792)	32	3,10	26	3,12	6	3,05
<i>Arnoglossus</i> sp.	1	00,10	1	00,12	-	-
<i>Solea</i> sp.	3	00,29	3	00,36	-	-
Sciaenidae gen.et sp. ind.	1	00,10	1	00,12	-	-
Totali	1.031		834		197	

Nella tabella 8 sono riportate le frequenze e le dominanze di tutti i taxa riconosciuti, mentre nella tabella 9 sono elencate solo quelle delle rispettive famiglie. Al fine di verificare l'andamento percentuale delle diverse categorie sistematiche, sono stati tabulati sia i valori totali (C-tot) che quelli parziali, relativi ai due campioni esaminati.

Le fam. Gobiidae e Bregmacerotidae risultano largamente rappresentate, con valori percentuali che complessivamente raggiungono quasi il 94% (rispettivamente 48,69% e 45,10%); esse presentano un andamento percentuale che si mantiene pressoché uguale nei due campioni.

Nelle restanti famiglie, a parte quella dei Bothidae (C-tot: 3,20%; C-mol: 3,24%; C-oto: 3,09%), le dominanze sono in genere inferiori all'1%.

TAB. 9 - Frequenze (F) e Dominanze (D) delle famiglie (C-mol.: campione di 50 dm<sup>3</sup>; C-oto.: campione di 12 dm<sup>3</sup>; C-tot.: campione complessivo (62 dm<sup>3</sup>)).

Elenco delle Famiglie	C - tot		C - mol		C - oto	
	F	D	F	D	F	D
Engraulidae	1	00,10	1	00,12	-	-
Gonostomatidae	1	00,10	1	00,12	-	-
Myctophidae	2	00,19	2	00,24	-	-
Bregmacerotidae	465	45,10	75	38,07	390	46,76
Carapidae	1	00,10	1	00,12	-	-
Cepolidae	14	1,36	13	1,56	1	00,51
Carangidae	1	00,10	-	-	1	00,51
Sparidae	7	00,68	3	00,36	4	2,03
Gobiidae	502	48,69	392	47,01	110	55,83
Bothidae	33	3,20	27	3,24	6	3,09
Soleidae	3	00,29	3	00,36	-	-
Sciaenidae	1	00,10	1	00,12	-	-

Questo andamento disarmonico dei valori delle dominanze è condizionato dalla presenza di due specie che da sole costituiscono l'83% circa dell'associazione e precisamente: *Bregmaceros albyi*, che rappresenta il 45% e *Gobius guerini*, che costituisce il rimanente 38%.

Questa paleocomunità, per la sua composizione qualitativa e quantitativa, non trova un preciso riscontro nei modelli strutturali attuali, mentre composizioni anomale risultano abbastanza frequenti in diverse associazioni ad otoliti fossili. Ad un accurato esame si può rilevare che spesso gli otoliti presenti in elevato numero appartengono a pesci di piccole e medie dimensioni, che costituiscono la base alimentare per molti predatori (altri pesci, cetacei, uccelli piscivori). Il meccanismo che determina questi fenomeni di arricchimento relativo è dato dall'ingresso, nei sedimenti, di escrementi e/o rigurgiti di questi predatori. Tali prodotti, infatti, contengono molti otoliti che non vengono digeriti durante i processi digestivi, perché, a differenza delle altre parti scheletriche, resistono all'attacco dei succhi gastrici. Tuttavia un loro prolungato stazionamento nell'apparato digerente può portare ad una corrosione della superficie esterna della sagitta, con la cancellazione dei caratteri diagnostici.

Gli scompensi rilevati nella composizione quantitativa dell'associazione in esame, a nostro avviso possono essere, almeno in parte, considerati come il risultato dell'espletamento di tali attività di pre-

dazione. Queste considerazioni sono suffragate da evidenze dirette, quali la presenza di diversi esemplari che mostrano evidenti tracce di usura di probabile natura chimica; esse sono avvalorate anche da evidenze indirette, derivanti dalla constatazione che gli otoliti maggiormente rappresentati appartengono a specie dalle abitudini gregarie (*Bregmaceros albyi*) o formanti popolamenti ad elevate densità individuali (Gobiidae), di pesci di piccola taglia, che probabilmente costituivano una parte essenziale della dieta alimentare di alcuni predatori.

*Analisi dell'associazione.* - In base al modo di vita ed alla distribuzione spaziale, l'ittiofauna in esame si può inquadrare in quattro distinte categorie: bentonica, necto-bentonica, nectonica e pelagica.

1) La categoria bentonica è caratterizzata da pesci che mantengono costanti rapporti con il fondo: possono essere fedeli ad un determinato tipo di fondale o indifferenti alla natura del fondo. Questa categoria è ben rappresentata sia da un punto di vista qualitativo (8 specie su 19) che quantitativo (54%); in particolare tutti i taxa ad essa attribuiti risultano fedeli alle stazioni sabbioso-siltose (*Gobius niger*, *Carapus acus*, *Arnoglossus laterna*, *Solea* sp., ecc.).

2) La categoria necto-bentonica è costituita da pesci che, pur avendo stretti rapporti con il fondo, di natura essenzialmente trofica, hanno una discreta escursione spaziale. In base al loro grado di libertà possono essere, a loro volta, distinti in: fedeli alla natura del fondo, come *Pagellus acarne*, *P. bogaraveo*, o indifferenti ad esso, come ad es. *P. erythrinus*. Questa categoria è rappresentata dalla sola fam. Sparidae, la cui dominanza non supera l'1%.

3) Alla categoria nectonica appartengono invece quei pesci che vivono nelle masse d'acqua degli ambienti di piattaforma e che hanno un'ampia escursione spaziale. Attribuiamo ad essa, con qualche dubbio, la specie estinta *Bregmaceros albyi*, perché nei popolamenti attuali questo genere, pur essendo rappresentato per la maggior parte da specie pelagiche (epipelagiche in particolare), è costituito anche da tipi (es. *B. nectabanus*) diffusi negli ambienti neritici (D'ANCONA e CAVINATO, 1965). La componente nectonica, ad eccezione di questa specie, è praticamente assente (Tab. 10); *Trachurus trachurus* frequenta infatti gli ambienti tipici della categoria nectonica solo in relazione a particolari momenti del suo sviluppo ontogenetico.

4) La categoria pelagica, infine, è costituita da pesci ad ampia escursione spaziale e che generalmente hanno abitudini migratorie.

La distribuzione di queste categorie nell'ambito dell'associazio-

ne di Castelfiorentino è riportata nella tabella 10.

Allo scopo di fornire un quadro più articolato della composizione qualitativa dell'ittiofauna, in questa tabella sono stati inclusi tutti i taxa riconosciuti, anche quelli a nomenclatura aperta, per i quali sono stati presi in esame i caratteri dei rispettivi generi.

TAB. 10 - Inquadramento dei taxa nelle categorie di distribuzione spaziale (B: bentonico; NB: nectobentonico; N: nectonico; P: pelagico).

Elenco dei taxa	B	NB	N	P
<i>Engraulis</i> sp.				*
<i>Maurolicus muelleri</i>				*
<i>Diaphus</i> sp.				*
<i>Bregmaceros albyi</i>			(*)	*
<i>Trachurus</i> cfr. <i>trachurus</i>			-	*
<i>Pagellus erythrinus</i>		*		
<i>P. bogaraveo</i>		*		
<i>P. acarne</i>		*		
<i>Dentex</i> sp.		*		
<i>Carapus acus</i>	*			
<i>Cepola macrophthalmia</i>	*			
<i>Gobius guerini</i>	*			
<i>G. niger</i>	*			
<i>G. weileri</i>	*			
<i>Arnoglossus laterna</i>	*			
<i>Arnoglossus</i> sp.	*			
<i>Solea</i> sp.	*			

La componente bentonica, con 8 unità, è quella maggiormente rappresentata, seguita da quella pelagica, con 5 unità. Sotto l'aspetto quantitativo il popolamento bentonico risulta largamente dominato da *Gobius guerini*, anche se altre specie presentano valori significativi (*Gobius niger*, *G. weileri*, *Arnoglossus laterna*, *Cepola macrophthalmia*).

Il gruppo pelagico, da un punto di vista quantitativo, è invece rappresentato quasi esclusivamente da *Bregmaceros albyi*, essendo le altre specie presenti con un solo esemplare.

Data la bassa diversità tassonomica risulta difficile delineare le relazioni strutturali e dinamiche e le relazioni ambientali dell'associazione ad otoliti di Castelfiorentino. Tuttavia alcuni elementi possono fornire utili indicazioni; in particolare la discreta diversifica-

zione qualitativa e quantitativa della componente bentonica e l'assenza di rappresentanti spiazzati rispetto al proprio habitus (tutti i taxa identificati sono fedeli ai fondi molli e sabbiosi e/o fangosi), depongono a favore di una generale autoctonia dell'associazione.

La componente necto-bentonica, inoltre, pur essendo poco diversificata, è costituita sia da specie fedeli alle stazioni sabbiose e fangose, ma con un discreto grado di libertà in rapporto alla batimetria, che da specie indifferenti alla natura del fondo (roccioso, detritico, sabbioso, fangoso, ecc.) e con ampia distribuzione spaziale.

La struttura di questi popolamenti, anche se nelle componenti bentonica e necto-bentonica risulta riferibile ad un preciso modello ambientale, è, sotto l'aspetto quantitativo, fortemente influenzata dall'azione dei predatori marini, come già ricordato in precedenza.

Infine la presenza, in questi sedimenti, di alcuni otoliti appartenenti a pesci pelagici (mesopelagici in particolare), chiaramente spiazzati sotto il profilo ambientale (es. *Diaphus* sp. e *Mauroliticus muelleri*), può essere attribuito anch'esso all'attività dei predatori o, date le loro spiccate abitudini migratorie, ad una effettiva, anche se casuale, presenza in questi ambienti (specie accidentali).

Nella tabella 11 sono riportate le distribuzioni batimetriche delle specie ancora viventi e dei taxa rimasti a nomenclatura aperta, per i quali è stata presa in esame la distribuzione dei generi.

È stato seguito l'inquadramento in 4 fasce batimetriche utilizzato negli studi ittologici, anche se, a nostro avviso, tale suddivisione risulta, per alcuni aspetti, approssimativa. Ad esempio, per i pesci appartenenti alle categorie bentonica e necto-bentonica la distribuzione batimetrica, più che corrispondere a precisi valori di profondità, è legata alla estensione dei singoli ambienti, e quindi alla fedeltà, più o meno marcata, dei pesci verso il tipo di stazione.

Nella tabella 11 è stato mantenuto l'inquadramento dei singoli taxa nelle rispettive categorie di appartenenza (pelagica, necto-bentonica, bentonica), data la diversa importanza che queste rivestono ai fini della definizione del paleoambiente.

I pesci necto-bentonici mostrano un'ampia escursione batimetrica, da 0 fino a circa 1000 m, anche se prediligono essenzialmente gli ambienti di piattaforma.

La componente bentonica risulta invece completamente compresa nell'intervallo 0-200 m, ma la presenza di *Cepola macrophthalmia*, diffusa tra 50-200 m, e di *Gobius niger*, in pratica diffuso tra la linea di costa e 50-75 m di profondità, consentono di ipotizzare, per

TAB. 11 - Distribuzione batimetrica (\*: comune; —: poco frequente. Le profondità sono espresse in metri).

ELENCO DEI TAXA	0- 50	50- 200	200- 1000	più di 1000
Cat. pelagica				
<i>Engraulis</i>	—	*	—	
<i>Maurolicus muelleri</i>		—	*	
<i>Diaphus</i>	—	—	*	*
<i>Bregmaceros albyi</i>	—	*	*	(*)
Cat. nectonica/nectobentonica				
<i>Trachurus</i> cfr. <i>trachurus</i>	*	*	*	
<i>Pagellus erythrinus</i>	*	*	—	
<i>P. bogaraveo</i>	*	*	*	
<i>P. acarne</i>	*	*	*	
<i>Dentex</i>	*	*	—	
Cat. bentonica				
<i>Carapus acus</i>	*	*	*	
<i>Cepola macrophthalmia</i>		*	*	
<i>Gobius niger</i>	*	*		
<i>Arnoglossus laterna</i>	—	*	*	
<i>Arnoglossus</i>	—	*	*	
<i>Solea</i>	*	*		

l'ambiente di sedimentazione, una profondità vicina ai valori superiori della fascia 50-200 m.

Come già indicato in precedenza, nella tabella non sono state considerate le specie fossili, in particolare quelle ad habitus bentonico, relative alla fam. Gobiidae (*Gobius guerini*, *G. weileri*, *Gobidarium* sp.), che pure costituiscono una parte consistente del popolamento ittico (41%). In analogia a quanto si osserva nella attuale distribuzione dei popolamenti a Gobidi, questo consistente contingente che caratterizza l'intera associazione di Castelfiorentino ben si inquadra nell'interpretazione batimetrica sopra riportata.

Nella tabella 12 sono riportate le distribuzioni geografiche delle specie ancora viventi presenti nella paleocomunità in esame.

Tutte le specie qui segnalate risultano diffuse in tutto il Mediterraneo, compreso l'Adriatico, oltre che nell'Atlantico orientale, ad

TAB. 12 - Distribuzione geografica delle specie ancora viventi (Adr.: Adriatico; Occ.: occidentale; Or.: orientale).

ELENCO DEI TAXA	M. NERO	ATLANTICO		MEDITERRANEO		
		Occ.	Or.	Adr.	Or.	Occ.
<i>Mauroliticus muelleri</i>		*	*	*		*
<i>Carapus acus</i>			?	*	*	*
<i>Cepola macrophthalmia</i>			*	*	*	*
<i>Trachurus trachurus</i>	-	*	*	*	*	*
<i>Pagellus erythrinus</i>	*		*	*	*	*
<i>P. bogaraveo</i>			*	-	-	*
<i>P. acarne</i>			*	-	-	*
<i>Gobius niger</i>	*		*	*	*	*
<i>Arnoglossus laterna</i>	*		*	*	*	*

eccezione di *Carapus acus*, la cui presenza in quest'oceano appare dubbia.

Sotto l'aspetto biogeografico l'ittiofauna mediterranea viene suddivisa nei seguenti 5 gruppi: cosmopolita, pontico, endemico, indopacifico ed atlantico-mediterraneo. Il gruppo atlantico-mediterraneo, a sua volta, è articolato in 5 sottogruppi, come risulta dalla tabella 13.

TAB. 13 - Inquadramento biogeografico delle specie ancora viventi (COSM.: cosmopolita; PONT.: Pontica; END.: endemica; IN-PA.: Indiano-Pacifico; ATL-MED.: Atlantico-Mediterranea. Sottogruppi - I-M: Ibero-Marocchina; TR: tropicale; BR: boreale; M-A: Mediterraneo-Atlantica; A-AT: Anfiatlantica).

ELENCO DEI TAXA	COSM.	PONT.	END.	IN-PA.	ATL - MED				
					I-M	TR	BR	M-A	A-AT
<i>Mauroliticus muelleri</i>	*								
<i>Carapus acus</i>								*	
<i>Cepola macrophthalmia</i>								*	
<i>Trachurus trachurus</i>								*	*
<i>Pagellus erythrinus</i>								*	
<i>P. bogaraveo</i>								*	
<i>P. acarne</i>								*	
<i>Gobius niger</i>								*	
<i>Arnoglossus laterna</i>								*	

L'associazione fossile è costituita da forme che si inquadrano perfettamente nel gruppo atlantico-mediterraneo, in particolare nel sottogruppo mediterraneo-atlantico, ad eccezione di *Mauroliticus muelleri*, che è cosmopolita.

Nell'associazione in esame sono inoltre presenti 3 specie estinte (*Bregmaceros albyi*, *Gobius weileri*, *G. guerini*), oltre ad alcuni esemplari, sicuramente appartenenti alla fam. Gobiidae, che sono stati, in via provvisoria, attribuiti al parataxa «*Gobidarum*».

*Bregmaceros albyi* è specie nota sia attraverso reperti scheletrici che attraverso otoliti isolati e largamente diffusa nell'area mediterranea durante il Neogene. La sua estinzione, secondo LANDINI e MENESINI (1988), è legata agli effetti del secondo deterioramento climatico pliocenico (ca. 2,4-2,5 ma).

*Gobius weileri* e *G. guerini* sono specie fossili istituite sulla base di otoliti isolati e segnalate solo nel Pliocene dell'area mediterranea, fino alla Zona E a *Globorotalia crassaformis* (*sensu* SPAAK), secondo NOLF e CAPPETTA (1988).

La contemporanea presenza di queste tre specie fossili nei sedimenti di Castelfiorentino indica dunque, per questo affioramento, un'età pliocenica non superiore alla Zona a *Globorotalia crassaformis*.

Alcune considerazioni di carattere climatico possono infine essere formulate in base alla distribuzione geografica delle specie ancora viventi riconosciute nella nostra associazione. Questo stock, da noi attribuito al gruppo atlantico-mediterraneo, sottogruppo mediterraneo-atlantico, indicherebbe condizioni generali simili a quelle presenti oggi nel bacino del Mediterraneo, negli ambienti ubicati alle stesse latitudini; tuttavia la presenza consistente di otoliti appartenenti alla specie fossile *Bregmaceros albyi* (45,10%) porta invece ad ipotizzare valori di temperatura superiori a quelli odierni. Infatti i rappresentanti attuali di questo genere, oggi assenti nel Mediterraneo, sono diffusi tra 40° di latitudine Nord e 40° di latitudine Sud, in aree tropicali e subtropicali.

#### CONCLUSIONI PALEOAMBIENTALI

La paleocomunità a Molluschi oggetto di questo studio è caratteristica di un fondo mobile fangoso (definibile, sulla base dell'analisi granulometrica, come «silt finissimo non selezionato»), dove predominano le forme pelofile tolleranti. La netta prevalenza di specie euribate di piattaforma, la presenza di taxa francamente circalitorali e la scarsissima rilevanza di quelli batiali consentono di attribuire questa associazione ad un livello batimetrico riferibile alla parte superiore del piano circalitorale, ad una profondità che non scende oltre i 60-80 metri. Questa attribuzione viene confermata anche dal-

la presenza, nell'associazione ittica, di una ricca componente bentonica costituita da un consistente popolamento di Gobidi, che ben si inquadra in questo intervallo batimetrico.

Per quanto riguarda l'habitus e la forma biologica dei Molluschi, prevalgono le forme infossate, tra le quali risultano particolarmente significative le sospensivore *Turritella tricarinata tricarinata* (indicatrice di un elevato tasso di sedimentazione) e *Corbula gibba* (tipica dei «popolamenti eterogenei»), che costituiscono i taxa nettamente più abbondanti dell'associazione a Molluschi. Se consideriamo inoltre che le biocenosi individuabili nella paleocomunità (DC/DE, VTC) sono rappresentate soltanto da forme preferenziali e presentano valori di dominanza piuttosto bassi (sempre inferiori al 10%), sembra plausibile un riferimento alla prima fase della sequenza di instabilità di DI GERONIMO (1983), durante la quale alcune specie indicatrici di stress ambientale (sensu PAVIA *et al.*, 1985) invadono il biotopo sovrapponendosi ai biota esistenti, che comunque rimangono ancora riconoscibili. La presenza di un PE (in questo caso legato ad un fenomeno di torbidità dell'acqua, probabilmente causato dall'elevato tasso di sedimentazione) è confermata dalla netta prevalenza di taxa sospensivori, dall'abbondanza delle forme «l.r.e.», nonché dalla presenza di numerosi esemplari del Polichete *Ditrupa cornea*.

L'associazione ittica risulta largamente rappresentata da due specie (*Bregmaceros albyi* e *Gobius guerini*), che da sole costituiscono circa l'80% del popolamento complessivo. Questo elevato valore percentuale che si registra nella composizione quantitativa, a nostro avviso è imputabile principalmente a fenomeni di arricchimento legati all'azione di vari tipi di predatori marini.

Da segnalare inoltre la presenza di *Circomphalus foliaceolamellosus* tra i Molluschi e di *Bregmaceros albyi* tra i pesci, i quali hanno una affinità tropicale e/o subtropicale e che testimoniano quindi a favore di temperature delle acque superiori alle attuali.

Nella comunità ittica, complessivamente di tipo moderno, si riconoscono 3 specie fossili, delle quali una (*Bregmaceros albyi*) è largamente diffusa durante il Neogene, mentre le altre (*Gobius guerini* e *G. weileri*) sono esclusive del Pliocene Mediterraneo. La parte rimanente dell'associazione è costituita, invece, da specie che si inquadrano perfettamente nell'ambito delle comunità oggi diffuse nella bioprovincia Atlantico-Mediterranea e, in particolare, nel sottogruppo «Mediterraneo-Atlantico».

## BIBLIOGRAFIA

- ARUTA L., GRECO G.J. (1980) - Otoliti dell'Emiliano di località Olivella (Palermo) e del Pliocene superiore di Contrada Pipitone (Agrigento), (Sicilia orientale). *Natur. Sic.*, **4**, 101-117.
- BASSOLI G.G. (1906) - Otoliti fossili terziari dell'Emilia. *Riv. It. Paleont.*, **12**, 36-60.
- BENIGNI C., CORSELLI C. (1981) - Paleocomunità a Molluschi del Pliocene di Volpedo (Alessandria). *Riv. It. Pal. Strat.*, **87**, 637-702.
- BERNASCONI M.P. (1988) - Studi paleoecologici sul Pliocene ligure V. Il Pliocene di Savona. *Boll. Mus. reg. Sci. nat. Torino*, **7** (1), 49-116.
- BOSSIO A., LANDINI W., MAZZEI R., SALVATORINI G., VAROLA A. (1985) - Studi sul Neogene e Quaternario della penisola salentina. I. La sequenza pliocenica di S. Andrea (Lecce) ed il suo contenuto in Pesci, Ostracodi, Foraminiferi e Nannofossili. *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat.*, **92** (A), 35-93.
- BOUCOT A.J. (1981) - Principles of benthic marine paleoecology. Academic Press, New York.
- D'ANCONA U., CAVINATO G. (1965) - The fishes of the family Bregmacerotidae. *Dana Rep.*, **64**, 91 pp.
- DI GERONIMO I. (1979) - Paleocomunità di Molluschi e profondità di sedimentazione nel Quaternario della Sicilia. *Oceanis*, **5**, 283-299.
- DI GERONIMO I. (1983) - Stabilité des peuplements benthiques et stabilité des bassins sédimentaires. *Geobios, Mem. Spec.*, **n. 8**, 145-150.
- DI GERONIMO I., COSTA B. (1978) - Il Pleistocene di Monte dell'Apa (Gela). *Riv. It. Pal. Strat.*, **84**, 1121-1158.
- DI GERONIMO I., RAFFI S., ROSSO A. (1987) - Dominanza di specie opportuniste nei «popolamenti eterogenei» del Pleistocene inferiore di Mazzarino (Sicilia centrale). *Boll. Acc. Soc. Gioenia Sci. Nat.*, **20**, 129-166.
- FURSICH F.T. (1976) - Fauna-substrate relationships in the Corallian of England and Normandy. *Lethaia*, **9**, 343-356.
- GAMERS P.A.M., SCHWARZHANS W. (1973) - Fisch-otolithen aus dem Pliozän von Antwerpen (Belgien) und Ouwerkerk (Niederlande) und aus dem Plio-Pleistozän der Westerschelde (Niederlande). *Leid. Geol. Med.*, **49**, 207-257.
- GIANNELLI L., MAZZANTI R., MAZZEI R., MENESINI E., SALVATORINI G. (1981) - Le cave di Poggibonsi e di Castelfiorentino nel quadro del Pliocene della Val d'Elsa. *IX Conv. Soc. Pal. It.*, 175-194, Pacini Edit.
- LANDINI W., MENESINI E. (1986) - L'ittiofauna pliocenica della Sez. Stuni e suoi rapporti con l'ittiofauna plio-pleistocenica della Vrica (Crotone-Calabria). *Boll. Soc. Pal. It.*, **25**, 46-63.
- LANDINI W., MENESINI E. (1988) - The *Bregmaceros* (Teleost fish) extinction in the Mediterranean basin. *Mod. Geol.*, **13**, 149-158.
- MARASTI R., RAFFI S. (1976) - Osservazioni biostratigrafiche e paleoecologiche sulla malacofauna del Piacenziano di Maiatico (Parma, Emilia occidentale). *Boll. Soc. Pal. It.*, **15**, 189-214.
- MARASTI R., RAFFI S. (1977) - Osservazioni sulla malacofauna del Piacenziano di Quattro Castella (Reggio Emilia). *Atti Soc. It. Sc. Nat. Mus. Civ. St. Nat. Milano*, **118**, 226-234.

- NOLF D. (1978) - Les otolithes de Téléostéens du Plio-Pleistocène belge. *Geobios*, **11**, 517-559.
- NOLF D., CAPPETTA H. (1988) - Otolithes de poissons pliocènes du Sud-Est de la France. *Bull. Inst. R. Sc. Nat. Belg.*, **58**, 209-271.
- NOLF D., MARTINELL J. (1980) - Otolithes de Téléostéens du Pliocène des environs de Figueras (Catalogne). *Geol. Palaeont.*, **14**, 209-234.
- PACELLA B. (1979) - Nuove osservazioni sulla corallofauna delle argille pleistoceniche di Archi (Reggio Calabria). *Boll. Soc. Nat. Napoli*, **87**, 31 pp.
- PAVIA G., CHIAMBRETTO L., OREGGIA G. (1985) - Paleocomunità a Molluschi nel Pliocene inferiore di Breolungi (Mondovì, Italia NW). *Atti III Simp. Ecol. Paleoecol. Com. bent.*, 521-569, Tip. Univ. Catania.
- PELOSIO G. (1966) - La malacofauna dello stratotipo del Tabianiano (Pliocene inferiore) di Tabiano Bagni (Parma). *Boll. Soc. Pal. It.*, **5**, 101-183.
- PERES J.M., PICARD J. (1964) - Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Rec. Trav. St. Mar. Endoume*, **31**, 147 pp.
- PICARD J. (1965) - Recherches qualitatives sur les biocénoses marines des substrats meubles dragables de la région marseillaise. *Rec. Trav. St. Mar. Endoume, Bull.*, **36**, 160 pp.
- PIERAGNOLI L. (1919) - Otoliti plioceniche della Toscana. *Riv. It. Paleont.*, **25**, 21-44.
- RHOADS D.C., SPEDEN J.G., WAAGE K.M. (1972) - Trophic group analysis of Upper Cretaceous (Maastrichtian) bivalve assemblages from South Dakota. *A.A.P.G. Bull.*, **56**, 1100-1113.
- SCHWARZHANS W. (1979) - Otolithen aus dem Unter-Pliozän von Sud-Sicilien und aus der Toskana. *Biol. Geow. Abh.*, **8**, 1-52.
- STANTON R.J., DODD J.R. (1976) - The applications of trophic structures of fossil communities in paleoenvironmental reconstruction. *Lethaia*, **9**, 327-342.
- WEILER W. (1971) - Fisch-otolithen aus dem Jungtertiär Sud-Siciliens. *Senck. Leth.*, **52**, 5-37.

(ms. presentato l'11 dicembre 1990; ult. bozze il 28 dicembre 1990)