

## LO SBARRAMENTO DI TRAVERTINO DELLE MARMORE (BACINO DI RIETI, ITALIA CENTRALE): ASPETTI GEOMORFOLOGICI, FAUNISTICI ED AMBIENTALI

C. Carrara<sup>(1)</sup> - D. Esu<sup>(2)</sup> - L. Ferrelli<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>ENEA C.R.E. Casaccia - Dip. AMB ANV, Roma

<sup>(2)</sup>Dip.to di Scienze della Terra, Università "La Sapienza", Roma

<sup>(3)</sup>CNR - Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, c/o ENEA-DISP, Roma

**RIASSUNTO** - *Lo sbarramento di travertino delle Marmore (Bacino di Rieti, Italia centrale): aspetti geomorfologici, faunistici ed ambientali* - Il Quaternario, 8(1), 1995, 111-118 - E' stato affrontato lo studio dello sbarramento naturale di travertino che si è formato alla confluenza dei fiumi Velino e Nera, in località Marmore. Per accrescimento continuo detto sbarramento ha dato luogo alla cascata omonima, che presenta un dislivello di circa 160 m, e ha determinato per lungo tempo, fino in epoca storica, la formazione a monte di ambienti fluvio-lacustri e palustri. In località Cuor delle Fosse affiora la parte superiore del piastrone travertinoso che presenta una sequenza di 20 m circa. Essa è costituita da corpi sovrapposti di travertini detritici e autoctoni, ricchi di molluschi d'acqua dolce e terrestri, e contiene un orizzonte colluviale antropizzato con reperti archeologici del bronzo finale. Lo studio dei caratteri sedimentologici e malacologici e della composizione isotopica dei sedimenti considerati, associato a dati aminostratigrafici e a datazioni radiometriche, ha permesso di attribuire i depositi all'Olocene e di evidenziare il contesto ambientale e climatico nel quale si sono depositi.

**ABSTRACT** - *The "Marmore" travertine barrier (Rieti basin, central Italy): geomorphological, faunistic and environmental features* - Il Quaternario, 8(1), 1995, 111-118 - A study of the natural travertine barrier at the confluence of the Velino and Nera rivers in the Marmore area is described. The natural travertine barrier, during its development, caused the formation of a 160 m high waterfall and has long governed — up to Historical times — the development of fluvio-lacustrine and palustrine environments upstream. In the "Cuor delle Fosse" area, the upper part of the travertine plate outcrops; this consists of a 20 m thick sequence of superimposed autochthonous and detrital travertine bodies, rich in fresh-water and terrestrial mollusks. An anthropic colluvial horizon containing archeological remains attributed to the late Bronze Age (about 3,000 years B.P.), occurs within the travertine sequence. On the basis of sedimentological and malacological features and of the isotopic composition of studied sediments, together with aminostratigraphic analyses and radiometric age determinations, it has been possible to reconstruct the environmental and climatic conditions and to date sediments to Holocene times.

Parole-chiave: Travertino, geomorfologia, Malacofauna, geochimica isotopica, ambiente, clima, Rieti, Italia centrale

Key-words: Travertine, geomorphology, Malacofauna, isotopic geochemistry, environment, climate, Rieti, central Italy

### 1. INTRODUZIONE

Il lavoro è stato svolto nell'ambito di un programma di ricerche interdisciplinari condotte nel bacino di Rieti, finalizzate alla definizione del ruolo che i vari agenti della morfogenesi hanno avuto nell'evoluzione del paesaggio durante il Pleistocene superiore-Olocene. In particolare, è stato affrontato lo studio dell'area delle Marmore e del relativo sbarramento travertinoso per comprenderne la sua evoluzione e quella dell'area a monte dello stesso.

### 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E MORFOLOGICO

Il bacino di Rieti è situato nel tratto sabino dell'Appennino centrale e costituisce una depressione intramontana ospitante una potente successione continentale plio-quadernaria (Manfredini, 1972; Cosentino *et al.*, 1991; Barberi & Cavinato, in stampa). Almeno dal Plei-

stocene medio fino all'Olocene la sua evoluzione geomorfologica è stata controllata dallo sviluppo di sbarramenti di travertino lungo la valle del fiume Velino, che hanno determinato la formazione di una serie di depositi terrazzati (Carrara *et al.*, in stampa). Uno dei principali sbarramenti naturali di travertino si è formato alla confluenza del F. Velino con il F. Nera, in località Marmore (Fig.1), dove, ha formato, accrescendosi, una scarpata di circa 160 m di dislivello, che dà luogo alla cascata omonima. Il progressivo innalzamento di detta soglia, protrattosi anche durante il periodo storico (Plin., nat. 3, 109, fonte classica del I sec. d.C.; Verri, 1883; Duprè Theseider, 1938; Vinken, 1968; Leggio & Serva, 1991) ha determinato, a monte, la formazione di bacini fluvio-lacustri e palustri più o meno estesi. In detti bacini si sono formati depositi sabbioso-limosi calcarei interdigerati con travertini stromatolitici e fitoermali (Ferreri, 1985), come confermato da alcuni sondaggi effettuati dall'ANAS e dalla Regione Umbria lungo il corso del Fiume Velino e presso la sua confluenza con il Fiume Nera.

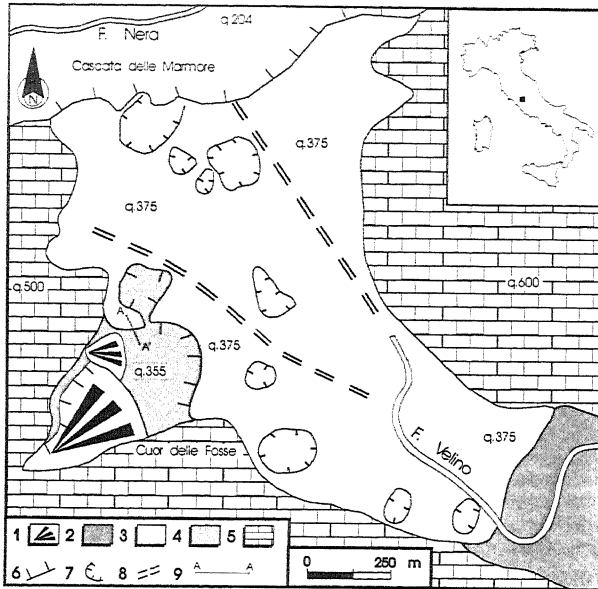


Fig. 1 - Schema geomorfologico dell'area delle Marmore. 1: Conoidi alluvionali recenti; 2: depositi alluvionali recenti del F. Velino; 3: parte affiorante del piastrone di travertino (Olocene); 4: sabbie e limi calcarei lacustri (Olocene); 5: substrato carbonatico cenozoico; 6: orlo di scarpata; 7: depressioni carsiche; 8: canalizzazioni antropiche del F. Velino; 9: traccia della sezione geologica.

Geomorphological sketch map of the Marmore area. 1: Recent alluvial fan; 2: recent alluvial deposits of the Velino river; 3: outcropping part of the travertine plate (Holocene); 4: lacustrine calcareous tufa (Holocene); 5: cenozoic carbonate substratum; 6: scarp edge; 7: karst depression; 8: anthropic channels of the Velino river; 9: geological profile.

## 2.1 Sezione di Cuor delle Fosse

I corpi travertinosi descritti, talora divisi da superfici di erosione, hanno formato un esteso e complesso piastrone, pianeggiante, interessato da forme carsiche (doli-

ne, inghiottitoi) e di crollo di cavità.

Tali forme, particolarmente sviluppate in località Cuor delle Fosse, hanno permesso di osservare la costituzione interna della parte superiore del piastrone travertino su una sezione di alcune decine di metri.

La sezione (Fig. 2) è costituita, dal basso in alto, da:

— A) Sabbie e limi calcarei biancastri, fitoclastici, sciolti o poco cementati, in bancate orizzontali, ricchi di malacofauna, con spessore visibile di una ventina di metri. Granulometricamente sono rappresentati da sabbie fini più o meno siltose prevalenti; sono costituite quasi interamente da frammenti di incrostazioni su supporto vegetale (fitoclasti), soprattutto di Characee (fusto, foglie, oogoni), da gusci di molluschi di acqua dolce e di ostracodi, cui si associano cristallini o aggregati di calcite. Talora si osserva anche una frazione detritica molto scarsa composta da cristalli di sanidino e di quarzo, e da piccoli clasti arrotondati di selce e di calcari. L'ambiente di deposizione è lacustre-palustre.

I sedimenti descritti sono stati interessati da una fase erosionale che li ha incisi profondamente; un modesto lembo della loro superficie deposizionale affiora nella vallecola di Cuor delle Fosse alla quota massima di 375 m circa.

— B) Deposito colluviale eterogeneo, discontinuo, di colore bruno scuro, con limite inferiore netto, costituito da materiale limoso-argilloso mescolato a limo calcareo, dello spessore variabile da alcuni centimetri ad alcuni decimetri, contenente piccoli frammenti di materiale carbonioso, di ossa e denti di equidi e di reperti ceramici (Fig. 3), già descritti da Bellucci (1870) ed attribuiti al bronzo finale (Finetti, com. pers.).

L'orizzonte colluviale antropizzato è presente solamente dove la superficie sommitale dei sedimenti lacustri sottostanti è piana e presenta condizioni di stabilità; nelle depressioni originatesi per effetto della fase erosiva si sono depositi i travertini dell'Unità C.

— C) Travertini fitoermali, microermali e stromatolitici, che hanno formato corpi pro-

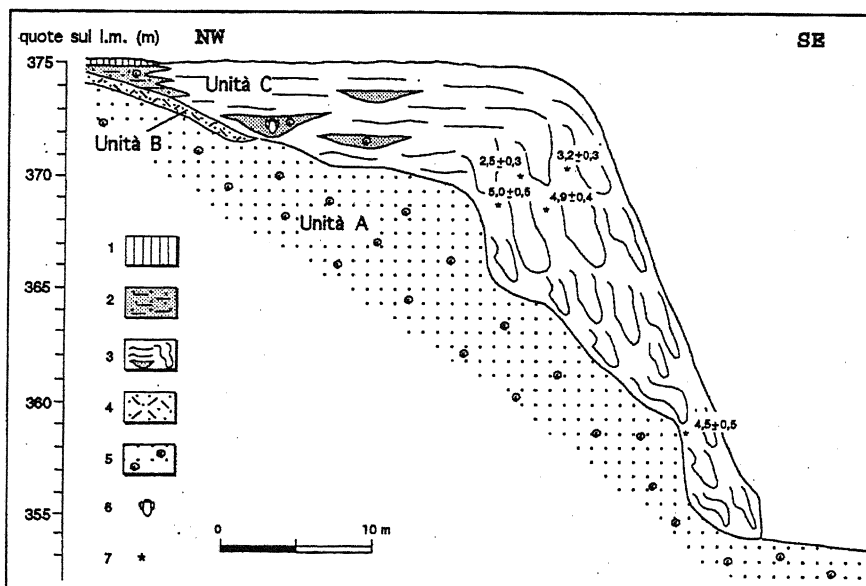


Fig. 2 - Sezione di Cuor delle Fosse. 1: Suolo agrario; 2: limi calcarei "terrosi" dell'unità C; 3: travertini in facies di gradinata di vasche e di cascata dell'unità C; 4: orizzonte colluviale antropizzato (unità B) con reperti ceramici; 5: sabbie e limi calcarei ricchi di molluschi dell'unità A; 6: reperti archeologici; 7: datazioni U/Th (ka B.P.).

"Cuor delle Fosse" section. 1: Soil; 2: terrigenous calcareous tufa of the C Unit; 3: pool-gradine and waterfall travertine; 4: colluvial anthropic horizon (B Unit) containing pottery fragments; 5: calcareous sand and silt (calcareous tufa) rich in fresh-water mollusks of the A Unit; 6: archeological remains; 7: U/Th ages (ka B.P.).

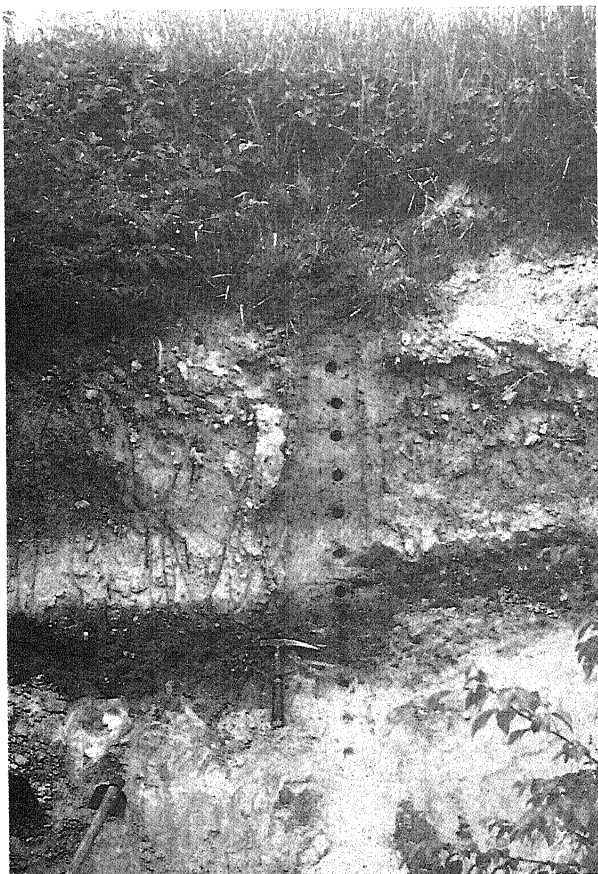


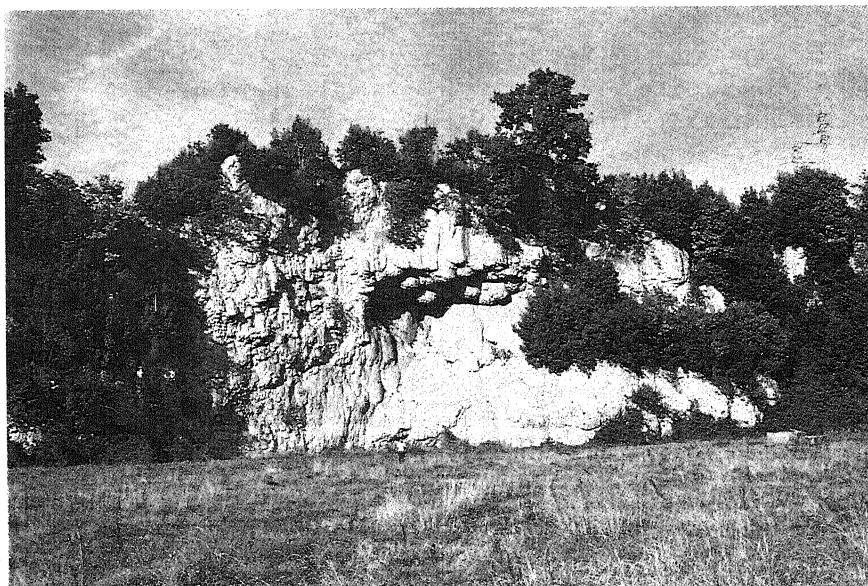
Fig. 3 - Orizzonte colluviale bruno antropizzato con frammenti di ceramica (unità B).

*Anthropic brown colluvial horizon with pottery fragments (member B).*

gradanti a gradinata di vasche, con sviluppo di vere e proprie facies di cascata sul fronte (Fig.4). Nelle vasche si sono accumulate facies detritiche (sabbie e limi calcarei) ricche di molluschi d'acqua dolce. In una di dette vasche e nei travertini circostanti, situati alla stessa quota dell'orizzonte colluviale antropizzato, sono stati rinvenuti da Finetti (1975) (e di nuovo dagli autori nel corso della ricerca) alcuni reperti archeologici ceramici di carattere votivo attribuiti al bronzo finale. La parte dei travertini affiorante sopra i livelli a reperti archeologici è costituita ancora da associazioni di gradinata di vasche

→  
Fig. 4 - Travertini di cascata cresciuti su una scarpata incisa nelle sabbie calcaree lacustri (alla base).

*Waterfall travertine hanging on a scarp in lacustrine calcareous tufa (at the bottom).*



e di cascata nella parte più esterna, verso il fronte della struttura, mentre nella parte interna passa in eteropia a limi calcarei sciolti, grigio-biancastri, massivi, "terrosi" per presenza di una certa quantità di detrito fine colluviale, contenenti molluschi acquatici e terrestri. Detti limi calcarei, che hanno uno spessore di 1-2 m, ricoprono l'orizzonte colluviale antropizzato (unità B) e raggiungono la quota massima di 375 m circa. Sui limi affiora, infine, un colluvio limoso-argilloso, più o meno pedogenizzato, di alcuni decimetri di spessore.

### 2.1.1 Malacofauna

I limi calcarei dell'unità A si sono rivelati molto ricchi di malacofauna in ottimo stato di conservazione. I molluschi sono rappresentati prevalentemente da gasteropodi dulcicoli, mentre sporadici sono i bivalvi e i gasteropodi terrestri. In associazione si rinvenivano frequenti ostracodi e oogoni di Characeae.

La parte basale della successione (fino a q. 360 m circa) si presenta discretamente ricca in specie e in numero di individui.

Fra i gasteropodi sono presenti Prosobranchi e Polmonati acquatici: *Valvata cristata* MÜLLER, *V. piscinalis* (MÜLLER), *Bithynia tentaculata* (LINNEO) con numerosi opercoli, *Lymnaea palustris* (MÜLLER), *L. peregra* (MÜLLER), *Planorbis planorbis* (LINNEO), *Armiger crista* (LINNEO), *Hippeutis complanatus* (LINNEO), *Acroloxus lacustris* (LINNEO) e fra i bivalvi una sola specie con rari individui: *Sphaerium corneum* (LINNEO).

Gli ostracodi sono scarsamente rappresentati, mentre molto frequenti sono gli oogoni di Characeae.

L'associazione malacologica, in cui prevalgono le specie di acque a debole corrente, come *V. piscinalis* e *B. tentaculata*, su quelle tipiche di acque ferme, stagnanti, come *L. palustris* e *P. planorbis*, è indicativa di un ambiente lacustre-palustre ricco di vegetazione, a corpo

idrico poco profondo con acque quasi stagnanti.

La parte media della sezione (fino a q. 370 m circa) si presenta più ricca in malacofauna (particolarmente intorno a quota 368 m) sia per numero di specie che di individui. Abbondanti sono anche gli ostracodi e gli oogoni di Characeae. Accanto alle specie già rinvenute nella parte inferiore, sono presenti *Theodoxus fluviatilis* (LINNEO), *Belgrandia* cfr. *zilchi* (SETTEPASSI) sporadica alla base ma più frequente verso l'alto, *Lymnaea auricularia* (LINNEO), *L. stagnalis* (LINNEO) e fra i bivalvi *Pisidium amnicum* MÜLLER e *Unio elongatulus* PFEIFFER. Si nota in questa parte della sequenza la presenza dei generi *Theodoxus*, *Belgrandia* e *Unio* che non compaiono nella parte inferiore. Tali generi che vivono in acque correnti o solo parzialmente stagnanti indicano una probabile maggiore energia correntizia in questa fase deposizionale, pur sempre nell'ambito dell'ambiente lacustre. In particolare il genere *Belgrandia*, qui ben rappresentato, è legato strettamente a sistemi sorgentizi e fluviatili. E' presente inoltre una sola specie di gasteropode terrestre, *Pomatias elegans* (MÜLLER), con 1 solo esemplare. Tale specie, mesofila, è legata prevalentemente a bosco misto ad elementi xerotermofili, ma può vivere anche in aree arbustive, sempre su suoli altamente calcarei, talora ciottolosi (Kerney & Cameron, 1976).

La parte superiore dell'unità A presenta numerose specie di molluschi con grande abbondanza di individui. Il sedimento inoltre è ricco di ostracodi e oogoni di Characeae.

I molluschi rinvenuti sono rappresentati anche qui prevalentemente da gasteropodi, mentre i bivalvi sono presenti con tre specie e con rari individui: *T. fluviatilis*, *V. cristata*, *V. piscinalis*, *B. tentaculata* (con opercoli), *Islamia pusilla* PIERSANTI, *B. cfr. zilchi*, *L. auricularia*, *L. peregra*, *L. stagnalis*, *P. planorbis*, *A. crista*, *H. complanatus*, *Segmentina nitida* (MÜLLER), *A. lacustris*, *Oxyloma elegans* (RISSO), *S. corneum*, *P. amnicum*, *U. elongatulus*.

Anche in questa parte della sezione, la presenza di specie di ambiente lacustre-palustre, associata a quella di specie dei generi *Theodoxus*, *Belgrandia*, *Islamia*, *Sphaerium* e *Unio* di acque correnti, indica un ambiente lacustre non stagnante con deboli correnti. Anche il genere *Islamia*, oltre a *Belgrandia*, ambedue qui ben rappresentati, è legato a sistemi sorgentizi e fluviatili.

I limi calcarei dell'unità C si presentano localmente ricchi in malacofaune e in oogoni di Characeae, mentre gli ostracodi sono scarsamente rappresentati. Tali associazioni si rinvencono nelle vasche della parte alta della sezione, in cui si sono accumulate sabbie e limi calcarei.

Nella parte più esterna, verso il fronte della struttura, le associazioni malacologiche che si rinvencono alla stessa quota dell'orizzonte antropizzato sono caratterizzate esclusivamente da molluschi dulcicoli. La composizione è simile a quella delle associazioni dell'unità A, anche se più povera in numero di specie e di individui. Si rinvencono: *T. fluviatilis*, *V. piscinalis*, *B. tentaculata* con opercoli, *B. cfr. zilchi*, *I. pusilla*, *L. auricularia*, *L. palustris*, *L. peregra*, *L. stagnalis*, *P. planorbis*, *A. fluviatilis*,

*A. lacustris*, *Pisidium* sp. *U. elongatulus*. I gusci sono frequentemente incrostatati. Nel sedimento sono presenti ostracodi e resti carboniosi. Nella malacofauna, accanto alle specie di ambiente palustre-lacustre di acque calme, sono presenti anche qui elementi di acque correnti come *Theodoxus*, *Belgrandia*, *Islamia* e *Unio*.

Nella parte interna, i limi calcarei sciolti "terrosi" in eteropia, che ricoprono l'orizzonte colluviale antropizzato dell'unità B, contengono numerose specie di gasteropodi acquatici e terrestri, mentre i bivalvi sono scarsamente rappresentati. Le specie di gasteropodi dulcicoli rinvenute sono: *B. tentaculata*, *B. cfr. zilchi*, *I. pusilla*, *L. auricularia*, *L. palustris*, *L. peregra*, *L. stagnalis*, *A. lacustris*, *A. crista*, *H. complanatus*, *O. elegans*.

I bivalvi sono sporadicamente rappresentati da *P. amnicum*.

E' presente inoltre un discreto numero di gasteropodi terrestri: *P. elegans*, *Vallonia pulchella* (MÜLLER), *Chondrula tridens* (MÜLLER), *Oxychilus hydatinus* (ROSSMAESSLER), *Limax* sp., *Cecilioides acicula* (MÜLLER), *Cernuella neglecta* (DRAPARNAUD), *Trochoidea pyramidata* (DRAPARNAUD), *Monacha cartusiana* (MÜLLER), *Hygromia cinctella* (DRAPARNAUD). Fra queste *P. elegans*, *Limax* e *H. cinctella*, qui scarsamente rappresentate, preferiscono luoghi con una certa copertura arbustiva, mentre le altre specie rinvenute, prevalenti sulle altre per numero di individui, sono indicative di luoghi aperti, erbosi e asciutti.

L'associazione malacologica, che non si discosta di molto dalle precedenti, se non per la presenza delle specie terrestri, è indicativa di un ambiente lacustre-palustre ad acque debolmente correnti, con aree limitrofe asciutte, esposte, prevalentemente a bassa vegetazione.

Le associazioni malacofaunistiche rinvenute nell'intera successione dell'unità A differiscono di poco dal basso verso l'alto e quindi si può ipotizzare un'ambiente per lo più uniforme che consisteva in una zona lacustre, quasi paludosa, ricca di vegetazione con regimi di corrente molto deboli; occasionalmente l'energia correntizia aumentava lievemente come testimoniato principalmente dai generi *Theodoxus*, *Belgrandia*, *Islamia*, *Unio*, presenti nella parte media e superiore della sequenza. Le associazioni rinvenute indicano una fase climatica temperata tendente al caldo. Tutte le specie sono presenti attualmente nella penisola italiana (tranne *B. zilchi*, estinta) e in gran parte dell'Europa e sono note nei depositi pleistocenici delle fasi interglaciali e interstadiali ed olocenici europei (Lozek, 1976; Puissegur, 1976). La presenza dell'unica specie di ambiente terrestre, *P. elegans*, peraltro sporadica, non fornisce sufficienti indicazioni per una dettagliata ricostruzione paleoambientale delle aree circostanti, ma può indicare aree limitrofe con copertura arbustiva o di bosco e un clima temperato.

Le associazioni malacofaunistiche dulcicole dell'unità C sono indicative di ambiente palustre-lacustre con debole corrente, a luoghi con maggiore energia correntizia, specialmente nelle facies di vasca più esterne dove i

gusci risultano anche frequentemente incrostati e frammentati. L'ambiente emerso limitrofo doveva essere aperto, asciutto, a bassa vegetazione, come indicano le specie di gasteropodi terrestri rinvenute nei limi calcarei in eteropia. Ciò potrebbe indicare, rispetto la fase climatica durante la quale si è deposta la successione dell'unità A, una oscillazione climatica tendente al fresco e asciutto.

### 2.1.2 Inquadramento cronologico

I gusci di *Bithynia* sp. contenuti nelle sabbie e nei limi calcarei delle unità A e C sono stati oggetto di analisi dell'epimerizzazione dell'isoleucina<sup>(1)</sup>.

Le analisi hanno mostrato per i gusci dell'unità A (sabbie e limi calcarei lacustri) valori di D/L (Tab. 1) compresi tra 0,06 e 0,09, corrispondenti all'Aminoazona A, riferita all'Olocene (Hearty & Dai Pra, 1992). I valori di D/L per la parte alta dell'unità C (limi calcarei "terrosi" e limi di vasca, Fig 2) sono compresi tra 0,04 e 0,07; corrispondono all'Aminoazona A (Olocene), ma sono più recenti dei precedenti.

Datazioni eseguite con il metodo U/Th<sup>(2)</sup> sui travertini dell'unità C ne ha permesso l'attribuzione ad un'età variabile tra 5.000 anni per la parte inferiore dell'unità a 2.500 anni B.P. per la parte superiore, in corrispondenza dei livelli contenenti i reperti ceramici descritti da Finetti (1975).

Ulteriori elementi per l'inquadramento cronologico della successione sono forniti dallo studio dei reperti archeologici presenti all'interno dell'unità C, attribuibili per l'integrità e la tipologia ad un contesto culturale di offerta votiva alle acque (Finetti, 1975; De Angelis, 1979), riferibile al Bronzo finale (3.000 anni circa dal Presente). Dello stesso tipo sono ritenuti da Finetti (comun. pers.) i piccoli frammenti di ceramica rinvenuti nell'unità B (orizzonte col-luviale antropizzato).

Le datazioni dirette ed indirette, effettuate sui sedimenti in esame, hanno, quindi, dato risultati in buon accordo con la stratigrafia e con i dati archeologici.

### 2.1.3 Elementi di geochimica isotopica

E' stata analizzata non solo la composizione isotopica di numerosi campioni di travertino della successione di Cuor delle Fosse, ma anche quella dei gusci di un gasteropode (*Bithynia* sp.) presente in detti campioni. I valori di  $\delta^{18}\text{O}$  e  $\delta^{13}\text{C}$  ottenuti sono riportati in Figura 5.

Nei travertini fitoclastici e nei limi calcarei lacustri di base i valori di  $\delta^{18}\text{O}$  variano da -8.5 a -7.4‰ PDB, con media intorno a -7.8. La loro dispersione è minima, intorno all'1‰.

Tabella 1 - Rapporti D/L relativi alle analisi dell'epimerizzazione dell'isoleucina di gusci di *Bithynia*.

*Isoleucine epimerization D/L ratios of Bithynia shells.*

N. Camp.	Unità	D/L	Aminoazona
258	C	0,04	A
236		0,06	
261		0,07	
235	A	0,06	
234		0,06	
233		0,09	
232		0,06	
231		0,06	

Nei travertini autoctoni in facies di gradinata di vasche e/o di cascata sovrastanti, i valori di  $\delta^{18}\text{O}$  variano da -7.8 a -6.7‰ PDB, con media intorno a -7.1. La dispersione anche qui è minima, intorno all'1‰; i travertini autoctoni sono leggermente arricchiti di  $^{18}\text{O}$  rispetto ai limi.

I valori di  $\delta^{13}\text{C}$  dei travertini fitoclastici e dei limi varia da 0.1 a 1.6‰ PDB, con media intorno a 0.6; quelli dei travertini autoctoni sono molto vicini ai precedenti, essendo compresi tra 0.0 e 1.3‰ PDB, con media intorno a 0.5. Anche qui la dispersione è bassa, essendo dell'ordine di poco più di una unità per mille PDB.

Per quanto riguarda la composizione isotopica dei gusci di *Bithynia*, i valori di  $\delta^{18}\text{O}$  variano da -8.4 a -6.5‰ PDB, con media intorno a -7.1, mentre quelli di  $\delta^{13}\text{C}$  sono compresi nell'intervallo -1.0 e 1.4‰ PDB, con media intorno a 0.2. La composizione isotopica dei gusci è quindi molto vicina a quella dei travertini in cui sono contenuti e mostra anch'essa una dispersione dei valori piuttosto bassa.

Dall'esame e dal confronto delle curve isotopiche dei limi calcarei lacustri e dei relativi molluschi (Fig. 5) si osserva che:

- i valori di  $\delta^{18}\text{O}$  e  $\delta^{13}\text{C}$  dei travertini esaminati cadono nel campo dei carbonati marini e lacustri e sono peraltro simili a quelli dei travertini della Valle Velina, riportati in Manfra *et al.* (1976);

- i gusci di *Bithynia*, che dall'esame diffrattometrico risultano costituiti quasi esclusivamente da aragonite, sono generalmente arricchiti di  $^{18}\text{O}$  (in media meno dell'1‰) rispetto al sedimento; i loro valori sono allineati con quelli riportati da altri autori per gasteropodi lacustri di località con la stessa latitudine (Keith *et al.*, 1964; Weber & La Rocque, 1964; Stuiver, 1970; Fritz & Pop-lawski, 1974; Fritz *et al.*, 1975; Buchardt & Fritz, 1980; Fritz *et al.*, 1987; Moshkovitz & Magaritz, 1987);

- i valori di  $\delta^{13}\text{C}$  dei gusci di *Bithynia* sono, invece, leggermente più negativi di quelli dei relativi sedimenti e cadono mediamente nel campo dei valori più alti degli autori citati precedentemente per situazioni analoghe;

- le curve di  $\delta^{18}\text{O}$  e  $\delta^{13}\text{C}$  dei sedimenti e dei gusci presentano un andamento globalmente parallelo;

(1) Analisi effettuate presso INSTAAR, Università del Colorado, Boulder (Analyses were carried out at the INSTAAR Laboratories, Colorado University, Boulder, USA).

(2) Datazioni effettuate presso il CISE (Milano) (Age determinations carried out at CISE, Milan, Italy).

– nella parte medio-inferiore della sequenza, sotto la quota di 366,5 m, le curve dei rapporti  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  e  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  dei sedimenti sono molto uniformi, non presentano variazioni significative e sembrano globalmente speculari l'una all'altra;

– gli stessi rapporti nei gusci di *Bithynia* sono meno uniformi e presentano alcune variazioni che non si riscontrano nelle curve dei sedimenti;

– nella parte superiore della successione, sopra la quota di 366,5 m, al contrario, le curve del rapporto  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  dei sedimenti e dei gusci, pur mantenendo un andamento parallelo, sono meno regolari e mostrano una dispersione più accentuata. Le curve di  $\delta^{13}\text{C}$  sono speculari a quelle di  $\delta^{18}\text{O}$ . In particolare, la curva di  $\delta^{18}\text{O}$  assume valori globalmente più negativi con un picco a quota 367,5; risale verso valori meno negativi fino a quota 370 m circa, in corrispondenza dell'orizzonte colluviale antropizzato, per poi proseguire verso l'alto con valori leggermente più negativi;

– due campioni di *Bithynia* sp. estratti dai travertini autoctoni mostrano un valore di  $\delta^{18}\text{O}$  coincidente e uno più pesante del carbonato corrispondente, mentre i valori di  $\delta^{13}\text{C}$  sono entrambi più leggeri.

### 3. DISCUSSIONE

Sulla base dei dati esposti precedentemente si possono svolgere alcune considerazioni.

Poichè i gusci sono composti quasi esclusivamente di aragonite e si sono formati generalmente in equilibrio con le specie carbonatiche presenti nel loro *habitat* (Stuiver, 1970; Fritz & Poplawski, 1974; Buchardt & Fritz, 1980; Fritz *et al.*, 1987) si può escludere che siano intervenuti processi diagenetici e/o di scambio con le acque del suolo.

La bassa dispersione dei valori isotopici di  $\delta^{18}\text{O}$  e di  $\delta^{13}\text{C}$  della parte inferiore della serie e la differenza abbastanza costante di detti valori nei travertini e nei gusci indica che i sedimenti si sono depositi da acque con caratteri geochimici costanti, in condizioni ambientali e climatiche relativamente uniformi. Ciò è confermato anche dallo studio della malacofauna che indica la presenza di un ambiente lacustre-palustre, ad acque quasi stagnanti, con ricca vegetazione intorno, in condizioni climatiche temperate tendenti al caldo.

I travertini autoctoni, in facies di gradinata di vasche e di cascata, sono leggermente più pesanti (arricchiti in  $^{18}\text{O}$ ) dei limi lacustri per il fatto che si sono depositi presso piccole vasche e cascatelle o sotto veli d'acqua corrente dove la perdita di  $\text{CO}_2$  per degassamento o per evaporazione è più intensa.

I valori positivi di  $\delta^{13}\text{C}$  dei limi lacustri, dei travertini sovrastanti e dei gusci di *Bithynia* (generalmente negativi, fino a molto negativi in ambiente lacustre) suggeriscono che la  $\text{CO}_2$  coinvolta nella deposizione dei sedimenti considerati sia di origine in parte atmosferica, in parte profonda.

La leggera variazione in senso negativo del  $\delta^{18}\text{O}$  dei limi che si osserva nella parte alta della successione, al di sopra di quota 366,5 m, sottolineata dalla parallela variazione dello stesso rapporto nei gusci di *Bithynia*, può essere imputata a una variazione (nel caso presente

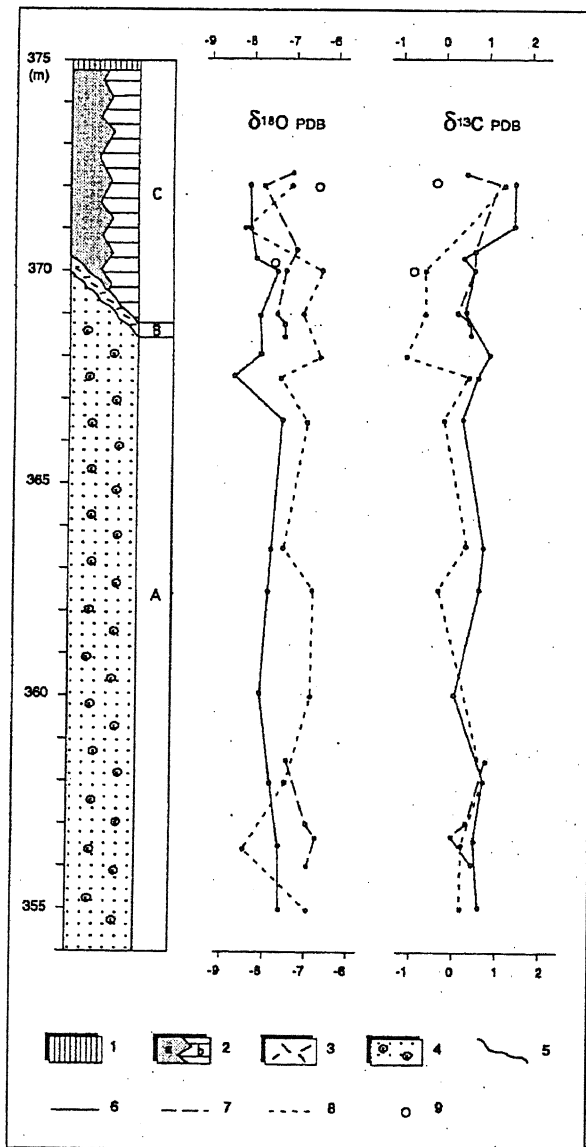


Fig. 5 - Colonna litostратigrafica e curve di  $\delta^{18}\text{O}$  e  $\delta^{13}\text{C}$ . 1 - Suolo; 2 - Unità C, a: limi calcarei terrosi, b: travertini; 3 - Unità B (Orizzonte colluviale antropizzato); 4 - Unità A (Limi calcarei fossiliferi); 5 - superficie di erosione; 6 - Composizione isotopica dei limi calcarei; 7 - Composizione isotopica dei travertini di cascata; 8 - Composizione isotopica dei gusci di *Bithynia*; 9 - Composizione isotopica dei gusci di *Bithynia* nei travertini.

Lithostratigraphic column and  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  curves. 1 - Soil; 2 - C member, a: calcareous tufa, b: travertine; 3 - B member (Anthropized colluvial horizon); 4 - A member (Fossiliferous calcareous tufa); 5 - Erosional surface; 6 - Isotopic composition of calcareous tufa; 7 - Isotopic composition of water-fall travertine; 8 - Isotopic composition of *Bithynia* shells; 9 - Isotopic composition of *Bithynia* shells in travertine.

diminuzione) della temperatura delle acque lacustri o ad una variazione dell'umidità presente nell'area, dovuta, per esempio, a precipitazioni deplete di  $^{18}\text{O}$ . Anche questa ipotesi è suffragata dallo studio della malacofauna, che, pur mantenendo l'ambiente lacustre-palustre, evidenzia, tuttavia, una maggiore energia correntizia delle acque nella parte medio-alta della successione. Suggestisce, inoltre, la presenza di un ambiente circostante più aperto ed asciutto, caratterizzato da bassa vegetazione.

L'andamento speculare delle curve di  $\delta^{13}\text{C}$  nei sedimenti e nei gusci rispetto a quelle di  $\delta^{18}\text{O}$ , può essere il riflesso più o meno indiretto delle stesse perturbazioni ambientali (Carrara, 1991). In effetti, ad un cambiamento delle condizioni di temperatura e umidità, può corrispondere una variazione di produttività biogenica. Singole deviazioni di  $\delta^{18}\text{O}$  e  $\delta^{13}\text{C}$ , presenti nella sola curva dei gusci e non anche in quella dei carbonati, possono essere dovute a condizioni ambientali locali. La produzione locale di  $\text{CO}_2$  metabolica o l'alta attività fotosintetica della flora acquatica, infatti, possono facilmente abbassare o alzare rispettivamente il contenuto di  $^{13}\text{C}$ , mentre il contenuto di  $^{18}\text{O}$  può cambiare, per esempio, per contaminazione locale di acque dolci o per evaporazione in bacini più o meno chiusi (Mook & Vogel, 1968; Fritz *et al.*, 1987). Edwards *et al.* (1985) dimostrano, del resto, che le variazioni dell'umidità atmosferica sono responsabili più di ogni altro fattore delle variazioni di  $^{18}\text{O}$  negli ultimi 15.000 anni.

Concludendo, le deviazioni tra la composizione isotopica dei limi e dei gusci di *Bithynia* che si osservano nella parte medio-inferiore della successione considerata possono essere dovute a condizioni ambientali locali; le variazioni parallele presenti in entrambe le curve che si osservano nella parte superiore della sequenza, invece, potrebbero essere imputate a cambiamenti di temperatura e/o di umidità nell'area.

Le variazioni messe in evidenza non possono essere inquadrare cronologicamente con precisione per mancanza di datazioni assolute sui limi della parte inferiore della successione di Cuor delle Fosse, al di sotto della superficie di erosione. Le indicazioni fornite dai rapporti D/L (compresi tra 0,06 e 0,09), ottenuti con l'analisi dell'epimerizzazione dell'isoleucina sui gusci di *Bithynia* sp., suggeriscono per detti sedimenti un'età olocenica, precedente a 5.000 anni B.P.

I travertini sovrastanti, in facies di gradinata di vasche e di cascata, si sono depositi, come indicano le datazioni U/Th, tra 5.000 e 2.500 anni dal Presente; nei limi di vasca e nell'orizzonte colluviale coevo si trovano reperti datati a 3.000 anni dal Presente, mentre i relativi gusci di *Bithynia* sp. mostrano valori di D/L compresi tra 0,04 e 0,07, che suggeriscono un'età olocenica relativamente più recente di quella delle sabbie e dei limi lacustri basali.

La deviazione della curva di  $\delta^{18}\text{O}$  che inizia a quota 366,5 m, potrebbe essere connessa, quindi, con l'inizio di una variazione climatica che ha preceduto di poco la fase erosionale. Successivamente si sono depositi i tra-

vertini in facies di gradinata di vasche e di cascata. Nelle curve isotopiche, dopo una leggera variazione in senso positivo di  $\delta^{18}\text{O}$  intorno a 370,0-370,5 m, corrispondente alla formazione del livello antropizzato attribuito a 3.000 anni dal presente, si nota nuovamente una leggera diminuzione di  $\delta^{18}\text{O}$ , che potrebbe essere correlata con il deterioramento climatico succeduto all'*Optimum Climatico* olocenico (Panizza, 1986).

## AUTORI CITATI

- Barberi R. & Cavinato G.P. (in stampa) - *Analisi sedimentologiche ed evoluzione paleogeografica del settore meridionale del bacino di Rieti*. Studi Geol. Camerti, Vol. spec.
- Bellucci G., 1870 - *Avanzi dell'epoca preistorica dell'uomo nel territorio di Terni. Prima nota*. Atti Soc. It. Sc. Nat., **13**, 149-165.
- Buchardt B. & Fritz P., 1980 - *Environmental isotopes as environmental and climatological indicators*. In: Fritz P. & Fontes J.Ch., *Handbook of environmental isotope geochemistry, 1 (The terrestrial environment)*, A., 473-532, Elsevier Sci. Publ. Co., Amsterdam, Oxford, New York.
- Carrara C., 1991 - *Travertine deposits of the middle Liri Valley (Central Italy): geomorphological, sedimentological and geochemical study. Palaeoenvironmental and palaeoclimatic implications*. Il Quaternario, **4(1a)**, 55-84.
- Carrara C., Brunamonte F., Ferrelli L., Lorenzoni P., Margheriti L., Michetti A.M., Raglione M., Rosati M. & Serva L. (in stampa) - *I terrazzi della medio-bassa valle del F. Velino*. Studi Geol. Camerti, Vol. spec.
- Cosentino D., Scoppola C., Scrocca D. & Vecchia P., 1991 - *Stile strutturale dei Monti Reatini e dei Monti Sabini settentrionali (Appennino centrale) a confronto*. Studi Geol. Camerti, vol. spec. (1991/2), CROP **11**, 55-61.
- De Angelis M. C., 1979 - *Il Bronzo finale in Umbria e Toscana interna*. Atti 21<sup>a</sup> Riun. Sc., **II**, 221-247.
- Dupré Theseider E., 1938 - *Il lago Velino saggio storico-geografico*. Arti Grafiche Nobili, Rieti, 108 pp.
- Edwards T. V. D., Aravene R. O., Fritz P. & Morgan A.V., 1985 - *Interpreting paleoclimate from  $^{18}\text{O}$  and  $^2\text{H}$  in plant cellulose: comparison with evidence from fossil insects and relict permafrost in southwestern Ontario*. Can.J. Earth Sci., **22**, 1720-1726.
- Ferreri V., 1985 - *Criteri di analisi di facies e classificazione dei travertini pleistocenici dell'Italia meridionale*. Rend. Sc. Fis. Mat., ser.4, **50(2)**, 1-31.
- Finetti A., 1975 - *Preistoria e protostoria a Terni*. Comune di Terni, 20 pp.
- Fritz P. & Poplawski S., 1974 -  *$^{18}\text{O}$  and  $^{13}\text{C}$  in the shells of fresh-water mollusk and their environments*. Earth and Planet. Sc. Letters, **24**, 91-98.

- Fritz P., Anderson T.W. & Lewis C.F.M., 1975 - *Late-Quaternary climatic trends and history of Lake Erie from stable isotope studies*. *Sciences*, **190**, 267-269.
- Fritz P., Morgan A.V., Eicher U. & McAndrews J.H., 1987 - *Stable isotope, fossil coleoptera and pollen stratigraphy in Late Quaternary sediments from Ontario and New York State*. *Palæogeogr., Palæoclim., Palæoec.*, **58**, 183-202.
- Keith M.L., Anderson G.M. & Eichler R., 1964 - *Carbon and oxygen isotopic composition of mollusk shells from marine and fresh-water environments*. *Geoch. et Cosmochim. Acta*, **28**, 1757-1786.
- Kerney M.P. & Cameron R.A.D., 1976 - *A field guide to the land snails of Britain and North-West Europe*. Collins, London, 288.
- Hearty P.J. & Dai Pra G., 1992 - *The age and stratigraphy of Middle Pleistocene and younger deposits along the Gulf of Taranto (South-East Italy)*. *Jour. Coast Res.*, **8**(4), 882-905.
- Leggio T. & Serva L., 1991 - *La bonifica della piana di Rieti dall'età romana al Medioevo*. ENEA, Notiz. Sicur. e Prot., **25-26**, 61-70.
- Lozek V., 1976 - *Quartarmollusken der Tschechoslowakei*. *Rozpr. Ustr. Ust. Geol.*, **31**, 1-374
- Manfra L., Masi U. & Turi B., 1976 - *La composizione isotopica dei travertini del Lazio*. *Geol. Rom.*, **15**, 127-174.
- Manfredini M., 1972 - *Studio idrogeologico della piana di Rieti*. C.N.R., Quad. Ist. Ric. Acque, **6**, 87-122.
- Mook W.G. & Vogel J.C., 1968 - *Isotopic equilibrium between shells and their environment*. *Science*, **159**, 874-875.
- Moshkovitz S. & Magaritz M., 1987 - *Stratigraphy and isotope records of Middle and Late Pleistocene mollusks from a continuous corehole in the Hula Basin, Northern Jordan Valley, Israel*. *Quat. Res.*, **28**, 226-237.
- Panizza M., 1986 - *Schemi cronologici del Quaternario*. *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, **8**(1), 1985, 44-48.
- Plin., Nat.3, 109, fonte classica (I sec. d.C.) - *Naturalis Historia*. Edit. Einaudi, 1984, **1**, Libro II (106).
- Puissegur J.J., 1976 - *Mollusques continentaux quaternaires de Bourgogne*. *Mem. Geol. Univ. Dijon*, **3**, 1-241.
- Stuiver M., 1970 - *Oxygen and carbon isotope ratios of fresh-water carbonates as climatic indicators*. *J. Geophys. Res.*, **75** (27), 5247-5257.
- Verri A., 1883 - *Studi geologici sulle conche di Terni e di Rieti*. *Mem. R. Acc. Naz. Lincei*, **15**(4), 69-84.
- Vinken R., 1968 - *Zur entstehung und Altersstellung der Travertine, limnischen Sedimente und fluviatilen Terrassen im Gebiet der Mittleren Nera und des Como (Umbrien, Mittelitalien)*. *Eiszeit. und Gegenw.*, **19**, 5-30.
- Weber J.N. & La Rocque A., 1964 - *Carbon isotopic composition of lacustrine gastropoda from pondweed environments*. *J. Paleont.*, **38**(5), 965-967.

Manoscritto ricevuto il 16. 11. 1993  
 Inviato all'Autore per la revisione il 5. 10. 1994  
 Testo definitivo ricevuto il 19. 10. 1994