

## L'AFFIORAMENTO DEL CAIO (LAGO DI CORBARA, ORVIETO, ITALIA CENTRALE) NELL'AMBITO DELL'EVOLUZIONE PALEO GEOGRAFICA PLIO – PLEISTOCENICA DELLA VALLE DEL TEVERE: EVIDENZE SEDIMENTOLOGICHE E STRATIGRAFICHE

Roberto Bizzarri<sup>1\*</sup>, Pierluigi Ambrosetti<sup>1\*\*</sup>, Patrizia Argenti<sup>1\*\*\*</sup>,  
Giacomo Diego Gatta<sup>2</sup> & Angela Baldanza<sup>1\*\*\*\*</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Perugia, P.zza Università, 1, 06100 Perugia,  
\*roberto.bizzarri@libero.it, \*\*pambrose@unipg.it, \*\*\*biogeo@unipg.it, \*\*\*\*abaldanz@unipg.it

<sup>2</sup>Bayerisches Geoinstitut, Universität Bayreuth, Universität Strasse, 30 D95447 Bayreuth, Germany,  
Diego.Gatta@uni-bayreuth.de

### RIASSUNTO

L'affioramento del Caio (Lago di Corbara, Orvieto, Italia Centrale), per i suoi peculiari caratteri sedimentologici e stratigrafici, suggerisce un riesame del contesto paleoambientale e paleogeografico dell'area durante il Pliocene superiore – Pleistocene inferiore. L'affioramento, situato a circa 6 km dall'abitato di Corbara, mostra una successione di depositi marini e continentali del Pliocene medio – superiore e Pleistocene inferiore, passanti da sabbie, a sabbie argillose, ad argille e infine a ghiaie, riferibili alle Unità delle "Sabbie a *Flabellipecten*" e delle "Argille e Sabbie del Chiani – Tevere" (Ambrosetti *et al.*, 1987). La parte finale della successione, affiorante all'interno di una piccola cava, è costituita da diversi corpi ghiaiosi, che sono stati interpretati come depositi della parte medio - prossimale di un conoide alluvionale, probabilmente deposti in un breve intervallo temporale. Sia nelle argille che nelle ghiaie sono state inoltre rinvenute piroclastiti. È stata effettuata sia un'analisi di facies che uno studio biostratigrafico; inoltre, i campioni contenenti materiale vulcanoclastico sono stati oggetto di indagini mineralogico - cristallografiche, eseguite in diffrattometria a raggi-X da polveri e in microscopia elettronica a scansione (SEM-EDS). Il rinvenimento di *Hyalinea balthica* e nannoplancton calcareo del Pleistocene inferiore basale all'interno di depositi riferibili alle "Argille e Sabbie del Chiani – Tevere", il ritrovamento di piroclastiti a probabile affinità Toscana, ed infine la presenza di depositi continentali di età confrontabile con quella delle argille forniscono nuovi dati utilizzabili per la ricostruzione dell'evoluzione paleogeografica dell'area durante il Pliocene superiore – Pleistocene inferiore

### ABSTRACT

*The Caio outcrop (Corbara Lake, Orvieto, Central Italy) in the Plio – Pleistocene palaeogeographic evolution of Tiber Valley: sedimentological and stratigraphical evidences.*

*The Caio outcrop (Corbara Lake, Orvieto, Central Italy) suggests a re-evaluation of the palaeoenvironmental and palaeogeographical scenery during the Late Pliocene – Early Pleistocene induced by its peculiar sedimentological and stratigraphical feature. The outcrop is located about 6 km from the Corbara village, and shows a succession of marine and continental deposits, varying from sands, to clayey sands, to clay and finally to gravels. The latest part of Caio succession, made of several gravel bodies, outcrops into a small abandoned quarry. Both clay and gravel bodies contain pyroclastic material. A facies analysis, based on sedimentological and palaeontological features, and a biostratigraphic study have been made; moreover, the samples with volcanoclastic material were object of SEM – EDS analysis and X-ray diffractometry for mineralogical and petrological determination. On the basis of paleontological content, the sand sediments (from 0 m to 15 m) are referred to the "Sabbie a Flabellipecten" Unit (Ambrosetti *et al.*, 1987) for the presence of Pecten (*Flabellipecten*) *flabelliformis* (Brocchi) in assemblage with common *Amphistegina* sp. and benthic microforaminifers typical of detrital environments (Conti *et al.*, 1983). The overlying clayey sand sediments (from 15 m to 17.5 m), in spite of the lack of *Flabellipecten*, for their macropaleontological content, with no particular variation in respect to underlying sands, are here related to "Sabbie a Flabellipecten" Unit; however, some problems still remain about their stratigraphical attribution. The following (from 17.5 m to 23 m) clay sediments are instead referred to the "Argille e Sabbie del Chiani – Tevere" Unit (Ambrosetti *et al.*, 1987). The presence of *Amusium* sp., *Globorotalia inflata* (*d'Orbigny*), common *Bulimina marginata* and *B. elegans*, *Gephyrocapsa oceanica*, *Helicosphaera sellii* and *Calcidiscus macintyreii* allows the identification of Early Pleistocene age; this age attribution is supported by the finding of *Hyalinea balthica* from 19.50 m. The Pliocene – Pleistocene boundary is hypothetically placed at 18.50 m, in the lower part of clay sediments. The gravel bodies (from 23 m to 29 m) are interpreted as middle – proximal alluvial fan deposits, probably deposited over a short time period. Their age attribution is still an open problem, but some considerations could be made: 1) the reworked microfossil assemblages contain only Middle Pliocene – Early Pleistocene specimens, accompanied by *H. balthica*; 2) the younger clastic components of gravel bodies come from Middle – Upper Pliocene biocalcarenes (*Amphistegina* level sensu Conti *et al.*, 1983); 3) the pyroclastites, found from 17.5 m to 29 m, contain the same pyroxenes not altered with typical habitus, showing no or only little abrasion; 4) on the basis of preliminary mineralogical and petrological data, it is possible to make some generalizations on the affinity of the volcanic products with the neighbouring magmatic provinces (HKS-Roman Comagmatic Province; KS- Monti Vulsini, Roccamonfina, Ventotene; Tuscan Magmatic Province; ULUD-Umbria-Latium ultra-alkaline district). The presence of orthopyroxenes suggest, for at least part of the pyroclastites, a Tuscan affinity and consequently an older age. On the other hand, our geological study suggests the probable existence of small eruptive centres in the vicinity; 5) a reworked mollusc assemblage, recorded in the middle-upper part of the Caio outcrop, is composed of poor littoral marine and freshwater species, the last ones referable to the Early Pleistocene. These considerations, although a Middle Pliocene age is not totally rejectable, allow the hypothesis of an Early Pleistocene age (Upper Emiliano - Siciliano) for alluvial – fan deposits, with the consequence of a minimal age gap in respect to the underlying marine clay sediments. Thus, Caio's gravel bodies could be considered as heterotypical to upper part of "Argille e Sabbie del Chiani – Tevere" Unit. In this way, the upper portion of Caio outcrop, still marking a local paleoenvironmental situation, testifies the great lateral variability of Early Pleistocene deposits, referable to "Argille e Sabbie del Chiani – Tevere" Unit. Could be ipotized a coastal morphology articulation, somehow inherited but surely exasperated by strong tectonics at Pliocene – Pleistocene boundary: this tectonic phase, with structural axes striking NE – SW to E – W, displaced Pliocene deposits, that were partially reworked, causing a lateral environmental variability, testified by facies heteropy. In a similar scenery, with clay testifying marine environments of increasing depth from east to west, alluvial – fan complexes, as Caio alluvial - fan, took place, draining SW or NW and partially reworking different deposits of the same marine basin in which they came, during a regressive phase of marine level.*

Parole chiave: Sedimentologia, Stratigrafia, Conoide alluvionale, Pliocene, Pleistocene, Piroclastiti, Umbria occidentale.

Keywords: Sedimentology, Stratigraphy, Alluvial fan, Pliocene, Pleistocene, Pyroclastites, western Umbria.

## 1. INTRODUZIONE

Dalla seconda metà degli anni settanta fino agli inizi degli anni novanta l'area è stata oggetto di studio per le sue implicazioni nell'evoluzione dell'Italia centrale durante il Pliocene ed il Pleistocene (Ambrosetti *et al.*, 1977; 1978a), sia in chiave neotettonica e geomorfologica (Ambrosetti *et al.*, 1978b; Cattuto *et al.*, 1979), che stratigrafica (Ambrosetti *et al.*, 1987). Dai lavori citati emerge una ricostruzione evolutiva abbastanza ben delineata nelle sue linee principali, ma anche un'estrema variabilità nelle caratteristiche dei singoli affioramenti, espressione di numerose, e spesso poco note, situazioni locali (Bizzarri, 2001).

L'affioramento del Caio presenta delle peculiarità, sia dal punto di vista sedimentologico e stratigrafico, che per la presenza di intercalazioni piroclastiche, che lo rendono interessante sia in chiave di interpretazione paleoambientale, sia nell'ottica di una ricostruzione evolutiva dell'area. Con questa finalità si è tentato un approccio sedimentologico, tramite analisi di *facies*, per ricostruire le caratteristiche paleoambientali, affiancato da un'analisi biostratigrafica di dettaglio, tramite foraminiferi planctonici e bentonici, nannoplancton calcareo e malacofaune, che ha permesso di inquadrare cronologicamente la successione. I campioni provenienti dalla porzione terminale, contenenti materiali piroclastici, sono stati oggetto di analisi mineralogico – petrografica tramite microscopia elettronica a scansione (SEM – EDS) e diffrattometria a raggi – X.

Appare già chiaro, nonostante gli studi siano ancora in una fase preliminare, come questa situazione getti una nuova luce sia sulla variabilità dei paleoambienti pleistocenici nell'area in esame, sia sull'evoluzione paleoambientale tra il Pliocene superiore ed il Pleistocene inferiore.

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA STUDIATA

L'affioramento in oggetto è situato nei dintorni di Orvieto (Fig. 1), nell'Umbria occidentale, circa 6 km a NW dell'abitato di Corbara. Sul versante collinare in sponda sinistra del F. Paglia a quota 200 m s.l.m. è situata una piccola cava di ghiaia; da qui parte una carreggiabile che scende in modo graduale, portando, dopo un paio di chilometri, a guardare il F.so del Caio. La successione risulta esposta anche a seguito del terrazzamento operato dal F. Paglia in tempi recenti. La Valle del Paglia è stata storicamente interpretata come un *graben* (Funicello *et al.*, 1981; AA.VV., 1982), delimitato da sistemi di faglie dirette, ad andamento appenninico, attivi probabilmente fin dal Pliocene inferiore. Un ulteriore sistema di faglie a prevalente carattere estensionale, ad andamento anti - appenninico, comprendente tra l'altro la vicina faglia all'interno della Gola del Forello, ne interrompe la continuità, creando un insieme di blocchi, variamente dislocati. Questo articolato quadro tettonico probabilmente ha determinato, localmente, movimenti compressivi e/o trascorrenti in un contesto complessivamente estensionale. L'attività tettonica (Ambrosetti *et al.*, 1977; 1978b; Cattuto *et al.*, 1979; 1988) si articola in varie fasi: come detto, durante il Pliocene inferiore l'azione di faglie dirette creò dei bac-

ni, come appunto la valle attualmente occupata dal basso corso del F. Paglia, fortemente subsidenti, dove si impostarono ambienti marini da costieri a relativamente profondi. Tra il Pliocene medio – superiore e, probabilmente, il Pleistocene inferiore, una ripresa dell'attività tettonica determinò un'articolazione ancora più marcata dei paleoambienti, con evidenze di variazioni laterali di *facies* da francamente continentali, salmastre fino a marine. Nell'area del Caio, i depositi pliocenici e pleistocenici sono riferibili, rispettivamente, alle Unità delle "Sabbie a *Flabellipecten*" e delle "Argille e Sabbie del Chiani – Tevere" (Ambrosetti *et al.*, 1987).

## 3. CARATTERI SEDIMENTOLOGICI E STRATIGRAFICI DELL'AFFIORAMENTO

La successione plio – pleistocenica del Caio poggia in discordanza su terreni di età miocenica rappresentati nella fattispecie da corpi "torbiditici". La successione può essere seguita con continuità per uno spessore di circa 30 m, la maggior parte dei quali visibili come taglio stradale; gli ultimi 6 m affiorano invece nella parete di una cava dismessa. Nel dettaglio, è costituita da sabbie con intercalazioni ciottolose (spessore circa 15 m), passanti a sabbie argillose (3 m circa), seguite da argille (5 m circa) e ghiaie (6 m, parete di cava). Il contatto argille – ghiaie, visibile alla base del piano di cava, è di natura chiaramente erosiva. La parete della cava (Fig. 2) si estende in direzione N – S per circa 30 m ed ha un'altezza di 6 m; la sua continuità è interrotta da due piani di taglio, con componente inversa, immergenti verso nord, che rialzano (rigetto apparente circa 50 cm) il blocco settentrionale. Mancano completamente dei *marker* cinematici misurabili, così come una sezione ortogonale alla parete di cava, che permettano di stabilire con precisione l'entità reale del rigetto. Sono inoltre ben visibili corpi ghiaiosi con caratteristiche diverse.

I corpi sabbiosi alla base della successione e le argille possono essere riferiti rispettivamente alle "Sabbie a *Flabellipecten*" e alle "Argille e sabbie del Chiani – Tevere" (Ambrosetti *et al.*, 1987); di incerta attribuzione restano al momento le sabbie argillose, interposte tra le due suddette unità, così come i corpi ghiaiosi della cava. Le prime sono state riferite alle

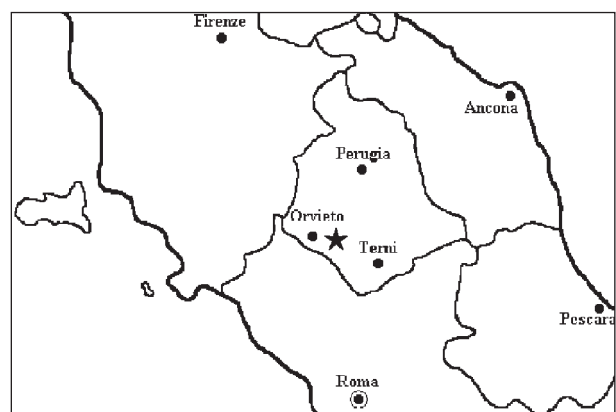


Fig. 1- Ubicazione dell'affioramento del Caio.  
Location of Caio outcrop.

“Sabbie a *Flabellipecten*”, mentre i secondi meritano alcune riflessioni, che sono riportate nel capitolo conclusivo.

Nella descrizione sedimentologica è stata utilizzata la scala granulometrica proposta da Blair & McPherson (1999) e riportata in tabella 1.

### Sabbie a *Flabellipecten*

Sabbie con ciottoli

La parte inferiore della successione (Fig. 3) è costituita nei primi 7 – 8 m da sabbia media – fine (mS), localmente cementata, da sabbia fine (fS) nei metri successivi, per uno spessore complessivo di ~15 m. Il colore è giallo ocra, mentre i singoli granuli, da subangolosi a subarrotondati, ad alto *sorting*, sono in prevalenza frammenti litici, tra cui dominano carbonati e selci. Sono presenti numerose intercalazioni ciottolose, con tre differenti tipologie:

- Corpi lenticolari, non ben definiti, costituiti da elementi con diametro 2-8 mm (classi granulometriche G e fP), presenti in tutto il livello: lo spessore è sempre modesto (max 10 cm), mentre lo sviluppo laterale è variabile.
- Livelli a geometria piano – convessa, con spessore nella parte centrale 10 cm max, larghi poche decine di centimetri, costituiti da granuli (G), con un abbozzo di laminazione (presenti tra il metro 2,5 e il metro 3).
- Livelli a base erosiva, con geometria lenticolare, spessore e persistenza variabili, con gradazione diretta, sia in senso verticale che laterale: la granulometria passa infatti da fP a G.

Litologia (litotipi carbonatici con subordinate areniti nella classe fP, prevalenza di selce nella classe G) ed arrotondamento (elementi da subarrotondati a molto arrotondati, ad eccezione della selce che appare sempre da subangolosa ad angolosa) sono elementi tessiturali comuni a tutte le intercalazioni ciottolose. Si rinvennero frequenti ostreidi di grandi dimensioni ed altri bivalvi prevalentemente integri, insieme ad accumuli locali di frammenti. Questo livello suggerisce la sedimentazione in un ambiente marino costiero poco profondo, riferibile ad una *shoreface* superiore; i materiali più grossolani almeno in parte sembrano testimo-

niare una rielaborazione ad opera del moto ondoso (dune sottomarine), anche se non si escludono apporti fluviali. La presenza di *Pecten (Flabellipecten) flabelliformis* (Brocchi), associato a comuni esemplari di *Amphistegina* sp. e foraminiferi bentonici tipici di substrati detritici (Conti *et al.*, 1983), ne consente l'attribuzione alle “Sabbie a *Flabellipecten*” (Ambrosetti *et al.*, 1987).

Sabbie argillose

A diretto contatto con il livello precedente, si trovano sabbie molto fini, limoso – argillose (vfS/M) per uno spessore di circa 3 m. Il colore è giallo, e le caratteristiche tessiturali sono le stesse descritte per lo spessore sottostante, ad eccezione della granulometria e dell'assenza di intercalazioni ciottolose. Sono frequenti, invece, accumuli di gusci frammentati, in una matrice di sabbia molto grossolana (vcS); comuni sono anche locali associazioni di ostreidi, cementati gli uni sugli altri. La documentazione paleontologica appare molto più evidente di prima, e compaiono frequenti microresti vegetali. L'ambiente deposizionale, marino costiero con apporti continentali, e la costanza faunistica, malgrado l'assenza di *P. (flabellipecten) flabelliformis*, suggeriscono una continuità deposizionale rispetto alle sottostanti sabbie, durante un trend regressivo. Pertanto, questi depositi sono riferiti alle “Sabbie a *Flabellipecten*”.

### Argille e Sabbie del Chiani – Tevere

Argille

Tra il livello precedente ed i corpi ghiaiosi visibili nella parete di cava sono presenti ~ 5 m di argille limose (M), grigiastre, prive di strutture macroscopiche, ma contenenti sia un'abbondante fauna marina che numerosi microresti vegetali. Sono soprattutto questi ultimi caratteri, come verrà meglio esposto nel paragrafo successivo, che ci permettono di attribuirle ad un ambiente frangente marino, ma con apporti continentali di carattere distale. Da segnalare la presenza di macrocristalli di pirosseno, non rielaborati né frammentati.

### Depositi di Conoide

Affiorano come parete di cava, sono separati dalle

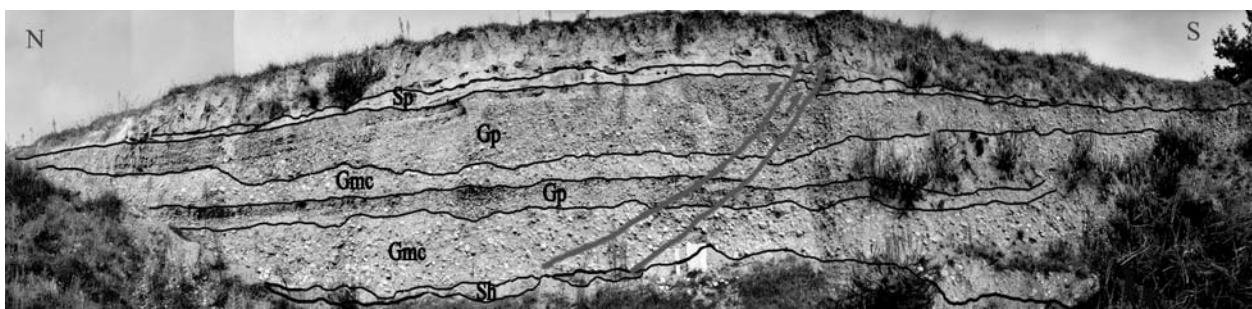


Fig. 2 - Porzione superiore dell'affioramento del Caio. La parete di cava misura 30 m in larghezza e 6 m in altezza, sviluppandosi in direzione N-S (Nord a sinistra nella foto). La continuità della parete è interrotta da due piani di taglio con componente inversa, immergenti circa verso NW; il rigetto apparente è di circa 50 cm. Sono visibili corpi ghiaiosi e sabbiosi con caratteristiche differenti, complessivamente interpretati come depositi di conoide alluvionale. Gmc = ghiaia non organizzata; Gp = ghiaia a stratificazione incrociata; Sh = sabbia argillosa a laminazione piano - parallela; Sp = sabbia a laminazione incrociata.

Upper portion of the Caio outcrop. The quarry front is 30 m width and 6 m high, and oriented N-S (North on the left in the photo). The front continuity is broken off by two reverse – fault planes, dipping NW, for a total dislocation of 50 cm. Are clearly visible several gravel and sand bodies, with different characters, interpreted as alluvial fan deposits. Gmc = disorganized gravel; Gp = planar cross – stratified gravel; Sh = laminated clayey – sand; Sp = planar cross – laminate sand.

sottostanti argille da un chiaro contatto erosivo, parzialmente visibile a livello del piano di escavazione, e sono costituiti da corpi con caratteristiche diverse.

Alternanze ciottoli - sabbia

La porzione basale della parete di cava (Fig. 4) è caratterizzata dall'alternanza di corpi ghiaiosi, abbastanza organizzati, e sabbie a laminazione incrociata.

Entrambi mostrano geometrie lenticolari, tanto da interdigitarsi reciprocamente. I corpi ghiaiosi, *clast – supported*, hanno geometria lenticolare e sono abbastanza ben organizzati. I ciottoli, di forma piatta o allungata, da sub – arrotondati a molto arrotondati (arrotondamento da 0,5 a 0,9), hanno dimensioni max di 12 cm, con media intorno ai 5 cm: rientrano pertanto nella classe dei vcP. I clasti sono in netta prevalenza di natura carbonatica (micri-

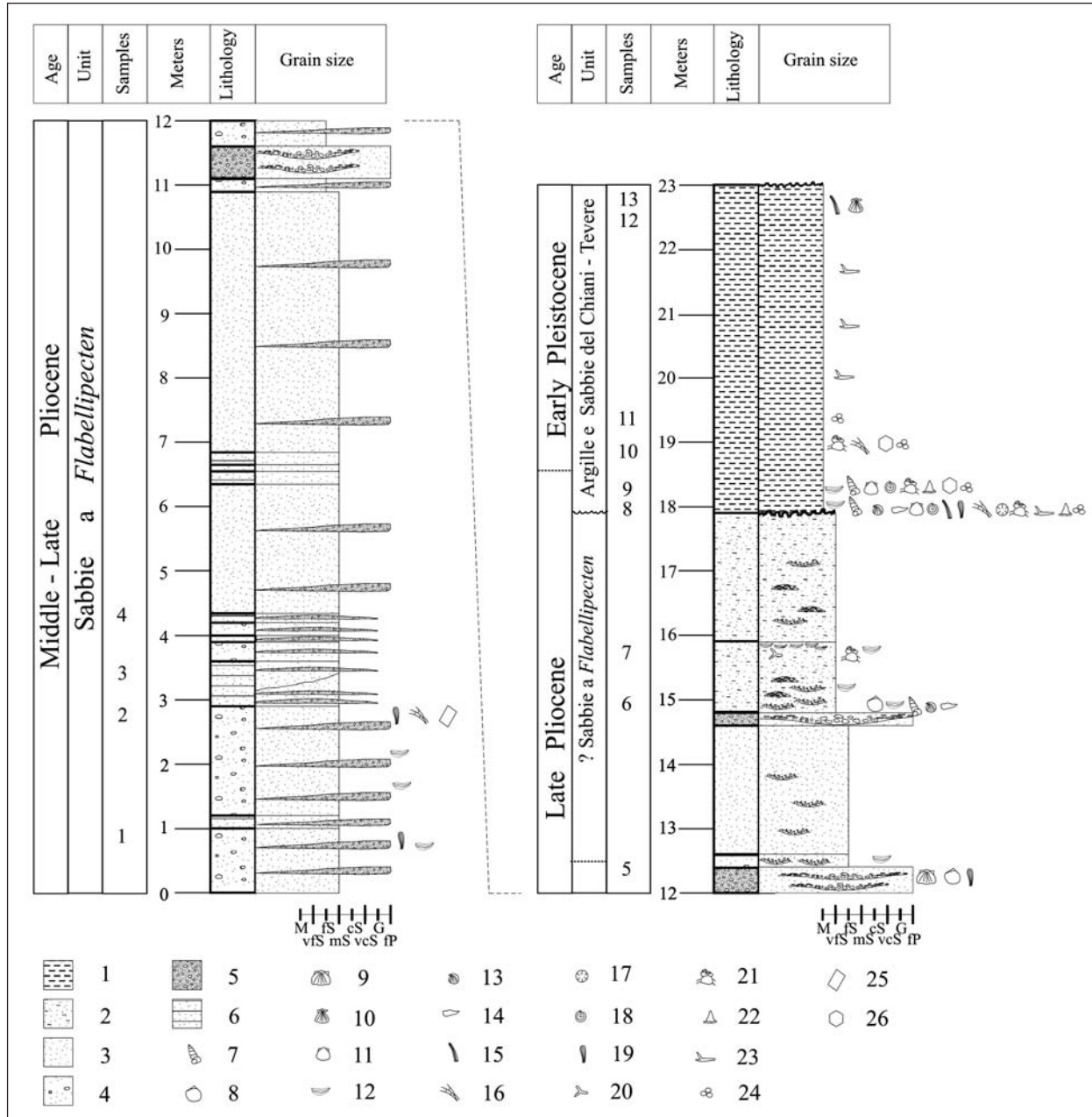


Fig. 3 - Successione stratigrafica del Caio (parte inferiore). 1 = argilla; 2 = sabbia argillosa; 3 = sabbia; 4 = sabbia con ciottoli; 5 = ghiaia matrice – sostenuta; 6 = livelli cementati; 7 = gasteropodi marini; 8 = *Glycimeris* sp.; 9 = *Flabellipecten flabelliformis*; 10 = *Chlamys* spp.; 11 = *Amusium* sp.; 12 = *Ostrea* spp.; 13 = *Cerastoderma edule*; 14 = *Anadara* spp.; 15 = *Dentalium* spp.; 16 = Briozoi; 17 = Coralli; 18 = Serpulidi; 19 = Radioli di echinidi; 20 = burrows di crostacei; 21 = chele di crostacei; 22 = denti di pesci; 23 = frustoli vegetali; 24 = foraminiferi planctonici; 25 = miche; 26 = pirosseni.

*Caio stratigraphic section (lower portion).* 1 = clay; 2 = clayey sand; 3 = sand; 4 = gravelly sand; 5 = matrix – supported gravels; 6 = cemented levels; 7 = marine gastropods; 8 = *Glycimeris* sp.; 9 = *Flabellipecten flabelliformis*; 10 = *Chlamys* spp.; 11 = *Amusium* sp.; 12 = *Ostrea* spp.; 13 = *Cerastoderma edule*; 14 = *Anadara* spp.; 15 = *Dentalium* spp.; 16 = Briozoa; 17 = Corals; 18 = Serpulids; 19 = Echinoidal radioles; 20 = crustacean (burrows); 21 = crustacean (pincers); 22 = fish teeths; 23 = frustoles; 24 = planctonic foraminifers; 25 = micas; 26 = pyroxenes.

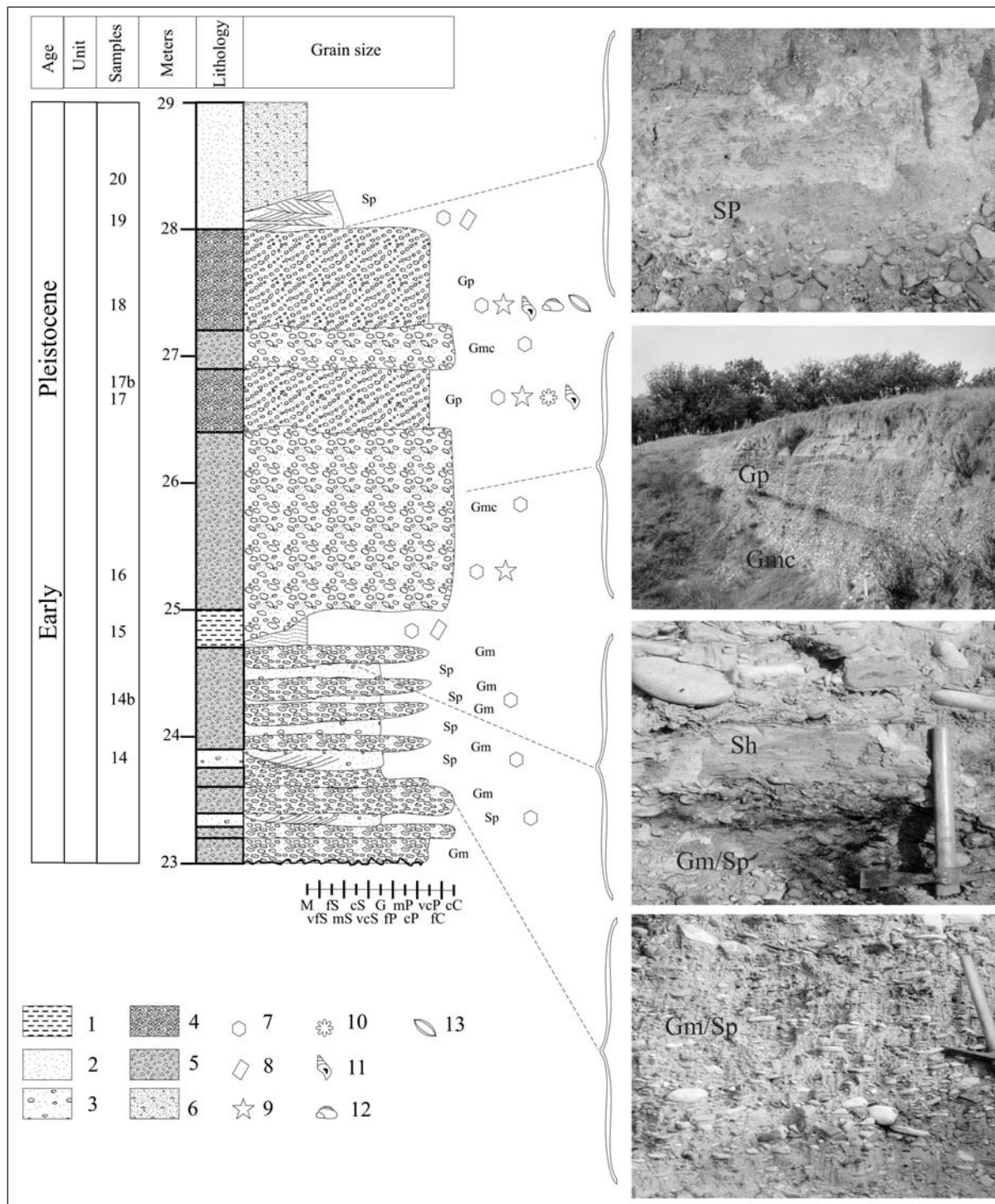


Fig. 4 - Successione stratigrafica del Caio (parte superiore). 1 = argilla; 2 = sabbia; 3 = sabbia con ciottoli; 4 = ghiaia clasto – sostenuta; 5 = ghiaia matrice – sostenuta; 6 = livello pedogenizzato non organizzato; 7 = pirosseni; 8 = miche; 9 = pomici; 10 = scorie; 11 = gasteropodi dulcicoli; 12 = *Natica* sp; 13 = *Unio* sp.

*Caio stratigraphic section (upper portion). 1 = clay; 2 = sand; 3 = gravelly sand; 4 = clast – supported gravel; 5 = matrix – supported gravel; 6 = not organized pedogenetic level; 7 = pyroxenes; 8 = micas; 9 = pumices; 10 = scoriae; 11 = freshwater gastropodes; 12 = *Natica* sp; 13 = *Unio* sp.*

ti e calcareniti della Scaglia s.l., calcareniti della Marnoso - Arenacea), ma sono presenti anche areniti, provenienti da formazioni mioceniche della serie umbra o toscana, quarzoareniti di provenienza non chiara (simili ad “Anageniti minute” del Verrucano Toscano) e

calcareniti provenienti da corpi parzialmente cementati di età pliocenica (Livello ad *Amphistegina sensu* Conti *et al.*, 1983). I ciottoli appaiono di colore rosso e/o ocre per la presenza di una patina di ossidi, e sono associati ad una matrice di vcS/G, in cui sono abbondanti macro-

cristalli di pirosseno e proietti piroclastici della taglia dei lapilli. I ciottoli appaiono chiaramente isorientati, disposti con l'asse **a** ortogonale al fronte della cava ed il piano **a-b** immergente verso monte, secondo un'embriciatura da corrente, del tipo **a(t) b(i)**. Sembra possibile definirli come *facies* Gm (Miall, 1982). Ai ciottoli si alternano lenti di sabbia ciottolosa, molto grossolana fino a passare ai granuli (vcS/G), a *sorting* medio – alto ( $\sigma = 0,80 - 1,40 \phi$ ); i singoli elementi, da subarrotondati ad angolosi (arrotondamento da 0,20 a 0,40), sia ad alta che a bassa sfericità, sono in prevalenza frammenti litici di composizione carbonatica, associati a cristalli di quarzo, feldspato e calcite, con frazioni subordinate di pirosseni ad *habitus* prismatico, di colore verde scuro o nero. Sono molto rare le pomici, mentre nella taglia dei granuli sono comuni frammenti di selce. Le lenti sabbiose mostrano, localmente, più o meno evidenti laminazioni incrociate a set tabulari, tanto da poterle definire come *facies* Sp (Miall, 1982).

Le alternanze tra *facies* Gm e Sp sono interpretate come depositi da *Sheetflood* (Blair & McPherson, 1994).

#### Argille sabbiose

Al tetto dell'alternanza ghiaie – sabbie è presente un livello costituito da argilla limoso – sabbiosa (M/vfS), che può essere designato come *facies* Sh (Miall, 1982). Si sviluppa per uno spessore massimo di 30 cm ed appare discontinuo. Il colore è prevalentemente grigio – verde, ma piccole variazioni cromatiche mettono in evidenza una laminazione ondulata parallela; anche la base del livello appare ondulata. La frazione più grossolana ha rivelato, all'esame microscopico, la prevalenza di frammenti litici a composizione carbonatica, ad alto *sorting*, elevata sfericità e di forma prevalentemente subarrotondata; questi sono accompagnati da macrocristalli di pirosseno, lamelle di mica e rare pomici. Assente la malacofauna, la documentazione micropaleontologica è costituita da qualche *Ammonia* e rari foraminiferi planctonici rimaneggiati.

#### Livelli ghiaiosi non organizzati

Livelli di ciottoli grossolani (max 30 cm, media 16 cm: fC/mC) sono presenti nella parte centrale della parete di cava. Mostrano tessitura *matrix – supported* e sono privi di un'evidente organizzazione, se si esclude la presenza, localmente, di embriciature da flusso gravitativo, di tipo **a(p) a(i)**: sono stati designati come *facies* Gmc (Orton, 1988). Tra i ciottoli, prevalgono i litotipi carbonatici, associati ad areniti e a litoclasti argillosi. La forma varia con la litologia, ma i ciottoli appaiono in prevalenza ben arrotondati (arrotondamento 0,8 – 0,9). La matrice sabbiosa è molto grossolana (vcS/G), a *sorting* medio – alto ( $\sigma = 0,80 - 1,40 \phi$ ), arrotondamento da 0,20 a 0,40, e costituita da prevalenti elementi piroclastici (macrocristalli di pirosseno e pomici), con abbondante selce nella taglia dei granuli. Si tratta di depositi legati all'azione di un processo di tipo gravitativo, presumibilmente un *debris flow* non coesivo, o *grain flow* (Nemec & Steel, 1984).

#### Ciottoli a stratificazione incrociata

Sempre nella porzione intermedia della parete di cava, si rinvengono due livelli ghiaiosi a stratificazione incrociata, *clast – supported*, a base erosiva, designati come *facies* Gp (Miall, 1982). La media dei ciottoli è

intorno a 5 cm, con i clasti più grandi che arrivano a 10 cm (vcP); i litotipi mostrano la stessa associazione descritta in precedenza, sempre con dominanza degli elementi carbonatici. Tutti i ciottoli presentano una patina di ossidazione superficiale, che penetra all'interno per alcuni mm, dando al livello un colore bruno – nerastro. La presenza di tale forma di alterazione lascia supporre periodi di esposizione subaerea. La matrice è costituita da sabbia molto grossolana/granuli (vcS/G) ad alto *sorting* ( $\sigma = 0,35 - 0,50 \phi$ ) ed arrotondamento da 0,20 a 0,40, composta in parti uguali da frammenti litici, pirosseni ad *habitus* prismatico e pomici. La matrice evidenzia la stratificazione incrociata a set tabulari delle ghiaie, mettendo in luce variazioni nell'inclinazione. Si tratta in definitiva del riempimento *multi – storey* di canali, non molto profondi, dove l'azione di una corrente canalizzata, con buona competenza, si alternava a momenti di emersione del canale. La costruzione dei corpi ghiaiosi ("barre") avveniva secondo il modello dei *gravel sheets* (Hein & Walker, 1977). All'interno del livello superiore si rinvengono frequenti gasteropodi, di dimensioni massime di 1 – 2 cm, ben conservati, sia dulcicoli che marini, accompagnati da individui interi e frammenti di lamellibranchi (*Unio* sp.).

#### Sabbie a laminazione incrociata

Sabbie a gradazione diretta, con granulometria decrescente da media (mS) a fine (fS), identificabili come *facies* Sp (Miall, 1982), sono presenti nella parte alta della successione. Il livello, di colore grigio e spessore variabile da 10 a 30 cm, con una notevole presenza di mica e pirosseni, mostra una laminazione incrociata a set tabulari ma con verso opposto. Una simile situazione, di età diversa, ma con analoghe strutture viene illustrata nella sezione di Torre del Pagliaccetto (Blanch, 1955; Malatesta, 1978), dove viene interpretata come risultato di flussi piroclastici. Ci sembra che tale interpretazione sedimentologica possa essere applicata anche nel nostro caso, sebbene l'argomento necessiti di ulteriori e più approfonditi studi.

Tab. 1 - scala granulometrica utilizzata (da BLAIR & McPHERSON, 1999, ridis. e semplif.).

*adopted grain – size scale (from BLAIR & McPHERSON, 1999, redrawn).*

PARTICLE LENGTH (Dt)		GRADE	CLASS	FRACTION	
mm	$\phi$			Unlithified	Lithified
2028	—	very coarse	Boulder	Gravel	Conglomerate
1024	—	coarse			
512	—	medium			
256	—	fine	Cobble		
128	—	coarse			
64	—	fine	Pebble		
32	—	very coarse			
16	—	coarse			
8	—	medium	Granule		
4	—	fine			
2	—	—	Sand	Sand	Sandstone
1	—	very coarse			
0.5	—	coarse			
0.25	—	medium			
0.125	—	fine			
0.063	—	very fine	Mud	Mud	Mudstone

#### Sabbie argillose

La successione è chiusa da circa un metro di sabbie molto fini, limoso - argillose (vfS/M), di colore giallo ocra e prive di organizzazione. La presenza di materia organica, di probabile origine vegetale, e di masserelle grigio - verdi di  $\text{CaCO}_3$ , probabilmente calcinoli, lascia supporre che si tratti di un livello pedogenizzato non organizzato.

### 4. ANALISI MACRO E MICROPALAEONTOLOGICA

Le litologie incoerenti (sabbie, argille sabbiose ed argille) sono state sottoposte a lavaggio con acqua ossigenata. Il residuo di lavaggio è stato poi setacciato con maglie a luce netta da 125  $\mu\text{m}$  e 63  $\mu\text{m}$ . Sono state osservate tutte le frazioni, da quelle maggiori di 125  $\mu\text{m}$  fino a 63  $\mu\text{m}$ ; la componente al di sotto dei 63  $\mu\text{m}$  si è rivelata sempre sterile. Il contenuto microfossilifero è stato sottoposto ad un'analisi di tipo semiquantitativo i cui risultati sono riportati nelle Tabelle 2 e 3.

Le litologie argillose sono state inoltre sottoposte ad analisi del contenuto di nannoplancton calcareo, tramite preparazioni di *smear slides* dal campione integro. L'analisi del nannoplancton calcareo ha rilevato la presenza, nel campione 10, di un'associazione a *Gephyrocapsa oceanica s.l.* Kamptner, *Calcidiscus macintyreii* (Bukry & Bramlette) Loeblich & Tappan, *Helicosphaera sellii* (Bukry & Bramlette) Jafar & Martini, *Coccolithus pelagicus* (Wallick) Schiller. Sia per la presenza del *marker* (Zona a *C. macintyreii*) associato alla *G. oceanica s.l.*, che per l'assenza di Discoasteridi, è possibile riferire il campione 10 al Pleistocene inferiore. L'associazione permane con abbondante *C. macintyreii* anche nel campione 11. Come riportato da Rio *et al.* (1997), la scomparsa di *C. macintyreii*, sincrona a livello mondiale, è riferibile a 1,45 - 1,46 Ma. La presenza di tale specie nel nostro campione è ancora cospicua, e pertanto non dovremmo aver raggiunto questa età. La comparsa (FA) di *G. oceanica s.l.*, per la nostra collocazione areale, deve essere considerata come quella del DSDP 132 (M. Mediterraneo) e cioè variabile tra 1,56 - 1,62 Ma. La concomitante presenza di *G. oceanica s.l.* e *C. macintyreii* ci indica un'età ipoteticamente compresa tra 1,62 - 1,46 Ma oppure 1,56 - 1,45 Ma.

#### 4.1. Commenti sulla microfauna

Sulla base delle conoscenze delle faune bentoniche viventi nel Mediterraneo e riportate da Murray (1991) è possibile individuare caratteristiche associazioni con importanza paleoecologica utilizzabili per una ricostruzione paleoambientale. L'abbondanza del genere *Ammonia*, fin dai campioni basali, indica un ambiente fortemente influenzato da una sedimentazione detritica.

La microfauna planctonica fino al campione 8 è assente ad eccezione di rarissime forme di *Globigerinoides trilobus* (Reuss) ed *Orbulina universa* D'Orbigny rinvenute nel campione 2.

Le Ammonie sono sempre accompagnate, anche come grado di frequenza, dal genere *Elphidium*; a questi due generi si associa, anch'essa abbondante, *Asterigerinata planorbis* (D'Orbigny), confermando una situazione di mare poco profondo.

La presenza in molti campioni della specie *Nonion depressulum* (Walker & Jacob), riconosciuto come

attualmente vivente nelle associazioni bentoniche che abitano gli ambienti iperalini, accompagnato da *Ammonia beccari* (Linnaeus), ci potrebbe fornire indicazioni indirette sulla condizione di salinità di queste acque costiere; la sua presenza infatti ci testimonia che i valori della salinità potevano essere localmente più elevati, forse legati ad una concentrazione di sali causata dall'evaporazione in stagni costieri o pozze d'acqua isolate dal mare da cordoni di sabbie.

La variabilità compositiva delle associazioni rinvenute ci indica che nelle immediate vicinanze doveva esistere un collegamento con acque in condizioni più profonde e con valori nella norma marina di salinità. Tale evidenza ci viene suggerita dalla abbondanza dei generi *Elphidium* e *Quinqueloculina*, cui si associa la forma erbivora *Cibicides lobatulus* (Walker & Jacob).

Lo stile di vita attuale degli *Elphidium* e delle *Quinqueloculine*, che vivono attaccati ai rami delle posidonie, associato con la presenza di *C. lobatulus*, che vive sulle foglie ed è erbivoro, ci permettono di ipotizzare la presenza di praterie in cui queste forme epifite trovavano un *habitat* ideale. L'abbondanza inoltre di radioli di echinoidi, di chele di crostacei e di briozoi (spine e rami), abituali abitatori delle praterie a posidonie lungo costa e con fondali prevalentemente sabbiosi, ci confermerebbe un tale quadro paleoecologico.

È stato rinvenuto anche il genere *Amphistegina*, il cui unico rappresentante attuale, *Amphistegina madagascariensis* D'Orbigny (presente nel Mediterraneo orientale), vive in *habitat* di praterie algali associate al genere *Ammonia*. Il genere *Amphistegina* si trova abbondante in molti dei campioni analizzati, in cui si rinvenivano forme di varia taglia non affetti da abrasione ed interi; questo fatto ci indica che esse vivevano in quell'ambiente, e non vi sono giunte per rielaborazione, probabilmente perché il loro stile di vita era epifita e sfruttavano anch'esse il substrato fornito dalle posidonie.

Bisogna ricordare a partire dal campione 11 (Fig. 5) la presenza di *Hyalinea balthica* (Schroeter), tipico "ospite nordico"; tale forma viene riportata in letteratura (Azzaroli *et al.*, 1997) come evento caratteristico del Pleistocene inferiore (Emiliano), anche se la sua comparsa risulta diacrona nelle successioni proposte per la definizione del limite Plio - Pleistocene. Il suo carattere spiccatamente indicativo di variazioni della paleotemperatura delle acque, ci permette di evidenziare un arrivo precoce di masse fredde sul versante paleotirrenico. La specie *H. balthica* viene attualmente riportata in Adriatico come costituente della associazione a *Bulimina marginata* D'Orbigny (Murray, 1991).

Concludendo, ci sembra corretto riferire il campione 10 (19 m) al Santerniano, mentre il campione 11 (19,5 m) potrebbe essere riferito all' Emiliano basale.

Sembra inoltre possibile, pur se in via ipotetica, collocare il limite Pliocene - Pleistocene al metro 18,5 cioè tra i campioni 9 e 10 (Fig.3).

#### 4.2. Commenti sulla macrofauna

Il contenuto macropaleontologico è sintetizzato in Tab. 3. Nei campioni fino al numero 12 la fauna a molluschi è analoga a quelle riportate nei lavori precedenti (Ambrosetti *et al.*, 1987; Piccardi, 1994). Da segnalare la presenza di *Pecten (Flabellipecten) flabelliformis* (Brocchi) nel campione 5 e del genere *Amusium* dal campione 8 in poi; nel campione 12 sono presenti due

Tab. 2 - Analisi semiquantitativa della microfauna del Caio. (A= abbondante; F= frequente; C= comune; R= raro; P= presente)  
 Semiquantitative analysis of the Caio section. (A= abundant; F= frequent; C= common; R= rare; P= present)

Età	Pliocene								Pleistocene										
	1	2	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16	17	17b	18	20		
<b>Resti fossili/Campioni</b>																			
<b>Microfauna</b>																			
<i>Textularia</i> sp.	P																		
<i>Ammonia beccari</i> (Linnaeus)		C	A	C		C	C	A	A	A	C	R				R			
<i>Ammonia parkinsoniana</i> (d'Orbigny)		C	C	C		C	C	C											
<i>Ammonia tepida</i> (Cushman)		C									C								
<i>Ammonia papillosa</i> (d'Orbigny)											A								
<i>Ammonia inflata</i> (Seguenza)			C	C		C	C	C											
<i>Elphidium crispum</i> (Linnaeus)		C	C	A		A	C	C			A								
<i>Elphidium macellum</i> (Fichtel & Moll)		R	R	A		A	C												
<i>Elphidium complanatum</i> (d'Orbigny)											C								
<i>Elphidium advenum</i> (Cushman)											F								
<i>Criboelphidium decipiens</i> (Costa)				F		F													
<i>Lenticulina gibba</i> (d'Orbigny)		C	F					F											
<i>Melonis pompilioides</i> (Fichtel & Moll)								F											
<i>Melonis padanum</i> (Perconig)											C								
<i>Melonis</i> sp.		C																	
<i>Amphistegina lessonii</i> D'Orbigny											R								
<i>Amphistegina</i> sp.			A	A		A													
<i>Florilus boueanum</i> (d'Orbigny)		C		F/C		F/C													
<i>Hastigerina</i> sp.		R																	
<i>Anomalinoidea elicinus</i> (Costa)								F											
<i>Anomalinoidea</i> sp.		R																	
<i>Asterigerinata planorbis</i> (d'Orbigny)			A								C								
<i>Nonion depressulum</i> (Walker & Jacob)				C		C			C	C	C								
<i>Nonionella turgida</i> (Williamson)											C								
<i>Dorothia gibbosa</i> (d'Orbigny)											A								
<i>Dorothia</i> sp.									F	F									
<i>Pullenia</i> sp.									F	F			R						
<i>Spiroloculina</i> sp.									R	R									
<i>Quinqueloculina</i> sp.									R	R									
<i>Quinqueloculina bicarinata</i> D'Orbigny											R								
<i>Pleurostomella alternans</i> Schwager								F											
<i>Sphaeroidina bulloides</i> D'Orbigny								R											
<i>Gavelinopsis lobatulus</i> (Parr)											C								
<i>Neocorbina orbicularis</i> (Terquem)											R								
<i>Gyroidinoides longispira</i> (Tedeschi & Zanmatti)									A	A	R								
<i>Gyroidinoides umbonatus</i> (Silvestri)											R								
<i>Hanzawaia boueana</i> (d'Orbigny)											C								
<i>Heterolepa floridana</i> (Cushman)											A								
<i>Cibicides lobatulus</i> (Walker & Jacob)									C	C	C								
<i>Oridorsalis</i> sp.													R						
<i>Planulina ariminensis</i> D'Orbigny													F/C						
<i>Bulimina elegans</i> D'Orbigny								F											
<i>Bulimina marginata</i> D'Orbigny								F	F/C	C	C		C						
<i>Bulimina minima</i> Tedeschi & Zanmatti													F						
<i>Bulimina elegans marginata</i> Fornasini									F	C	C		C						
<i>Bolivina (Brizalina) catanensis</i> Seguenza											R								
<i>Uvigerina pygmaea</i> D'Orbigny									R								C		
<i>Uvigerina peregrina</i> Cushman																	F		
<i>Uvigerina mediterranea</i> Cushman & Todd																	F		
<i>Hyalinea balthica</i> (Schroeter)									F	F						F	P		



Segue Tab. 2

Età	Pliocene								Pleistocene									
	1	2	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16	17	17b	18	20	
<b>Resti fossili/Campioni</b>																		
<i>Orbulina universa</i> D'Orbigny		F						F/C	C	C			R		R/F			
<i>Globigerinoides trilobus</i> (Reuss)		R					F	F					C		R			
<i>Globigerinoides sacculifer</i> (Brady)							F					R						
<i>Globigerinoides quadrilobatus</i> (d'Orbigny)															R			
<i>Globigerinoides ruber</i> (d'Orbigny)							F	F/C	F/C	F/C	F/C	F	F/C		R			
<i>Globigerinoides gomitulus</i> (Scguenza)								F				R			F			
<i>Globigerina falconensis</i> Blow															R			
<i>Globigerina quinqueloba</i> Natland								F	R				R					
<i>Globigerina apertura</i> Cushman							F	R	R	R					R			
<i>Globigerina decoraperta</i> Takayanagi & Saito																		
<i>Globigerina multiloba</i> (Blow)													R					
<i>Globigerina bulloides</i> D'Orbigny							F	F			R		F					
<i>Globigerina praealida</i> (Blow)													F					
<i>Globigerinita glutinata</i> (Egger)												R	R					
<i>Neogloboquadrina acostaensis</i> (Blow)															R			
<i>Globorotalia inflata</i> (d'Orbigny)								C	C	C		F	C					
<i>Globorotalia crassaformis</i> (Galloway & Wissler)								R					R					
<i>Globorotalia gr. acostaensis</i>													R					

specie del genere *Chlamys*.

Nei campioni 17 e 18 sono presenti solo molluschi dulcicoli (*Melanopsis* sp., *Theodoxus* sp., *Planorbis* sp., *Succinea* sp., *Unio* sp.), riferibili genericamente ad un Pleistocene inferiore (Esu D., com. pers.), e qualche esemplare di *Natica* sp.

## 5. VULCANISMO ED ASPETTI MINERALOGICO – PETROGRAFICI

Le indagini mineralogico - petrografiche eseguite sui materiali appartenenti all'affioramento in esame evidenziano una complessa e articolata composizione geo-chimico – mineralogico - petrografica dei depositi. Nel corso dei precedenti paragrafi è stata evidenziata la presenza, dal metro 17,5 fino al tetto della successione, di due distinte famiglie di macrocristalli di pirosseni (con dimensioni fino a 8-10 mm), denominate “pirosseni verdi” e “neri”, le quali vengono sempre rinvenute insieme. Le indagini mineralogico - cristallografiche, eseguite in diffrattometria a raggi-X da polveri e in microscopia elettronica a scansione (SEM-EDS) presso il laboratorio di cristallografia del Bayerisches Geoinstitut – Universitat Bayreuth, dimostrano che la famiglia dei “pirosseni verdi” è rappresentata da termini a composizione prevalentemente diopsidica (FeO wt% 2%), mentre i “pirosseni neri” rappresentano i termini più augitici (FeO wt% 10%).

I fillosilicati segnalati (esclusa la frazione argillosa) sono sostanzialmente rappresentati da anniti - biotiti e da qualche esemplare di muscovite. La componente feldspatica è rappresentata prevalentemente da K-feldspati (Or 70-80).

Un approfondimento analitico è stato rivolto alle micropomici presenti nei campioni 17 e 18. Tali pomici, che si rinvenivano peraltro dal metro 25 al metro 28, hanno forma spigolosa, con dimensioni che raramente

superano il millimetro, e mostrano solo minime evidenze di rielaborazione in ambiente alluvionale, indice di un trasporto limitato. Le indagini effettuate in microscopia elettronica a scansione mostrano dei materiali estremamente variabili in termini di porosità, tessitura, composizione mineralogica.

La Figura 6A mostra un'immagine SEM di una pomice relativa al campione 18. E' evidente la presenza di due distinti litotipi. La parte superiore (frazione con più alta presenza di fasi cristalline) è caratterizzata dalla presenza di K-feldspati, Na-plagioclasti, clinopirosseni augitici, alcuni ossidi (spinelli) e da una pasta di fondo vetrosa. La parte inferiore della pomice mostra la presenza di Na-plagioclasti e di qualche cristallo di calcite, immersi in pasta di fondo vetrosa. Dal punto di vista minerogenetico, è presumibile che il forte arricchimento in sodio dei plagioclasti (Ab 70-85) sia un fenomeno secondario e che i cristalli di calcite rappresentino dei termini estranei all'assemblaggio mineralogico della roccia originaria (es. frammenti strappati da un eventuale condotto vulcanico, materiali saldati al frammento pomice all'impatto con il terreno, etc.).

Al campione 18 appartiene la pomice rappresentata nella Figura 6B. In questo caso sono evidenti una diversa porosità ed una differente tessitura rispetto alla pomice rappresentata in Figura 6A. La frazione cristallina è rappresentata da clinopirosseni (augitici) idiomorfi tozzi e aciculari immersi in una pasta di fondo vetrosa. Sono abbondanti minerali secondari, come ad esempio Na- e Ca-zeoliti.

La Figura 6C rappresenta l'immagine SEM di una pomice appartenente al campione 17. Sono evidenti alcuni fenocristalli di ortopirosseno enstatitico (analisi media: MgO 47.9%, FeO 8.9%, CaO 0.3%, SiO<sub>2</sub> 42.9%), di clinopirosseno augitico e di Na-plagioclasio. Anche in questo caso sono presenti minerali zeolitici.

I tre esempi di pomici appena descritti evidenziano un'articolata composizione mineralogico - petrografica

Tab. 3 - Distribuzione della macrofauna del Caio. (A= abbondante; F= frequente; C= comune; R= raro; P= presente)  
 Macrofauna distribution of Caio section. (A= abundant; F= frequent; C= common; R= rare; P= present)

Età	Pliocene										Pleistocene									
	1	2	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16	17	17b	18	20			
<b>Resti fossili/Campioni</b>																				
<b>Macrofauna</b>																				
Denti di pesci						P														
Chele di granchi						P		P	P											
Coralli						P														
Serpulidi						P	P													
Balanidi				P																
Briozoi		P	A			A		A	A											
Radioli di Echinidi	P	P	A			P		P	P											
<i>Pecten (Flabellipecten) flabelliformis</i> (Brocchi)			P																	
<i>Glycimeris</i> sp.			P	P																
<i>Cerastoderma edule</i> (Linnaeus)				P		P														
<i>Ostrea edulis</i> Linnaeus				P			P													
<i>Ostrea</i> cfr. <i>O. lamellosa</i> (Lamarck)				P																
<i>Ostrea</i> sp.					P	P		P	P											
<i>Anadara</i> sp.				P		P														
? <i>Spondylus</i>				P																
<i>Corbula</i> sp. cfr. <i>C. gibba</i> (Olivi)						P														
<i>Amusium</i> sp.						P	P													
<i>Cardium</i> sp.									P	P										
<i>Chlamys inaequicostalis</i> (Lamarck)										P										
<i>Chlamys</i> sp.										P										
<i>Unio</i> sp.																	P			
<i>Natica</i> sp.																	P			
<i>Melanopsis</i> sp.																	P			
<i>Theodoxus</i> sp.																	P			
<i>Planorbis</i> sp.														P			P			
<i>Succinea</i> sp.																	P			
<i>Theridium vulgatum</i> (Bruguiere)				P			P													
<i>Theridium</i> cfr. <i>T. crenatum</i> (Brocchi)				P																
<i>Haustator vermicularis</i> (Brocchi)				P		P	P													
<i>Haustator</i> sp.							P													
<i>Archimediella</i> sp. cfr. <i>A. spirata</i> (Linnaeus)							P													
<i>Potamides tricinctus</i> (Brocchi)				P																
<i>Dentalium sexangulum</i> (Schroeter)										P										
<i>Dentalium</i> sp.							P		P	P										
Resti vegetali							P													

dei materiali in esame. Tale disomogeneità non consente di effettuare risolutivi confronti mineralogico - petrografici con i litotipi delle province comagmatiche limitrofe all'area in esame (HKS - Provincia Comagmatica Romana; KS - M.ti Vulsini, Roccamonfina, Ventotene; ULUD - Distretto ultra - alcalino umbro-laziale; Provincia Comagmatica Toscana; Poli, 1985; Conticelli & Peccerillo 1992; Stoppa & Lavecchia, 1992; Peccerillo, 1998; 1999) allo scopo di stabilire eventuali relazioni e affinità.

L'eccessiva alterazione dei vetri che costituiscono la pasta di fondo delle pomice, dimostrata dalla presenza di minerali zeolitici, comporta una diversissima composizione chimica evidente anche esaminando punti a distanza di pochi micrometri. La limitata quantità di campione a disposizione per ciascun tipo di pomice (ciascun individuo ha dimensioni inferiori al millimetro) non ha

permesso di effettuare indagini, con un fondato significato statistico, sulla composizione chimica globale dei litotipi al fine di poter effettuare una classificazione petrologica.

Tuttavia, la presenza di ortopirosseni, riscontrata in diversi campioni pomice, sembra suggerire un'affinità geochemica con la Provincia Toscana piuttosto che con le altre province magmatiche succitate, in cui gli ortopirosseni non sono mai stati segnalati.

Un particolare ritrovamento nel corso del rilevamento geologico ha suggerito la possibilità di un centro eruttivo, probabilmente di modeste dimensioni, localizzato in prossimità dell'area in esame. Particolari campioni di materiale vetroso sono stati rinvenuti nel campione 17b, prelevato al metro 26,5. Le indagini in diffrattometria a raggi-X da polveri rivelano l'assoluto stato amorfo di questa sostanza. L'osservazione SEM-EDS

mostra una tipica morfologia da campioni vetrosi (Fig. 6D), caratterizzata da frattura concoide/vetrosa. L'analisi chimica semiquantitativa (SEM-EDS) riporta la seguente composizione media: 28.4%  $Al_2O_3$ , 59.4%  $SiO_2$ , 1.6%  $CaO$ , 0.6%  $TiO_2$ , 8.0%  $FeO$ , 1.9%  $MgO$ . L'ipotesi maturata riguardo la genesi di questi materiali è la fusione di argille (o comunque di litotipi molto ricchi in alluminio) da parte di un fuso magmatico: l'associazione micropaleontologica (Tab. 2) rinvenuta nel medesimo campione 17b sembra suffragare tale interpretazione. Questo comporterebbe la presenza in loco di un evento effusivo, se pur di modeste dimensioni (es. dicco). Il rilevamento geologico dell'area non ha ancora evidenziato la presenza di tale evento e gli studi sono ancora in corso.

## 6. DISCUSSIONE

Sulla base delle associazioni microfaunistiche,

malacologiche e dei caratteri sedimentologici è possibile affermare che la porzione basale del Caio (0 - 23m) comprende sia la parte superiore dell'Unità delle "Sabbie a Flabellipecten" (Ambrosetti *et al.*, 1987) che la porzione basale dell'Unità "Argille e sabbie del Chiani - Tevere" (Ambrosetti *et al.*, 1987).

L'analisi micropaleontologica ha inoltre permesso di identificare, all'interno delle "Argille e sabbie del Chiani - Tevere", sedimenti riferibili al Pliocene superiore - Pleistocene inferiore (Zona a *G. inflata*) per la presenza del marker zonale (Fig. 5). La successione evolve da un ambiente marino costiero (*shoreface* superiore) ad un ambiente salmastro durante il Pliocene superiore, per poi passare ad un ambiente francamente marino databile al Pleistocene inferiore. Ad ulteriore conferma dell'età pleistocenica si riscontra la presenza di *H. balthica* "ospite nordico" (Fig. 5).

Il limite Plio - Pleistocene è stato posto all'interno delle argille, mentre appare probabile la presenza di una lacuna, riconducibile alla fase erosiva nota in letteratura

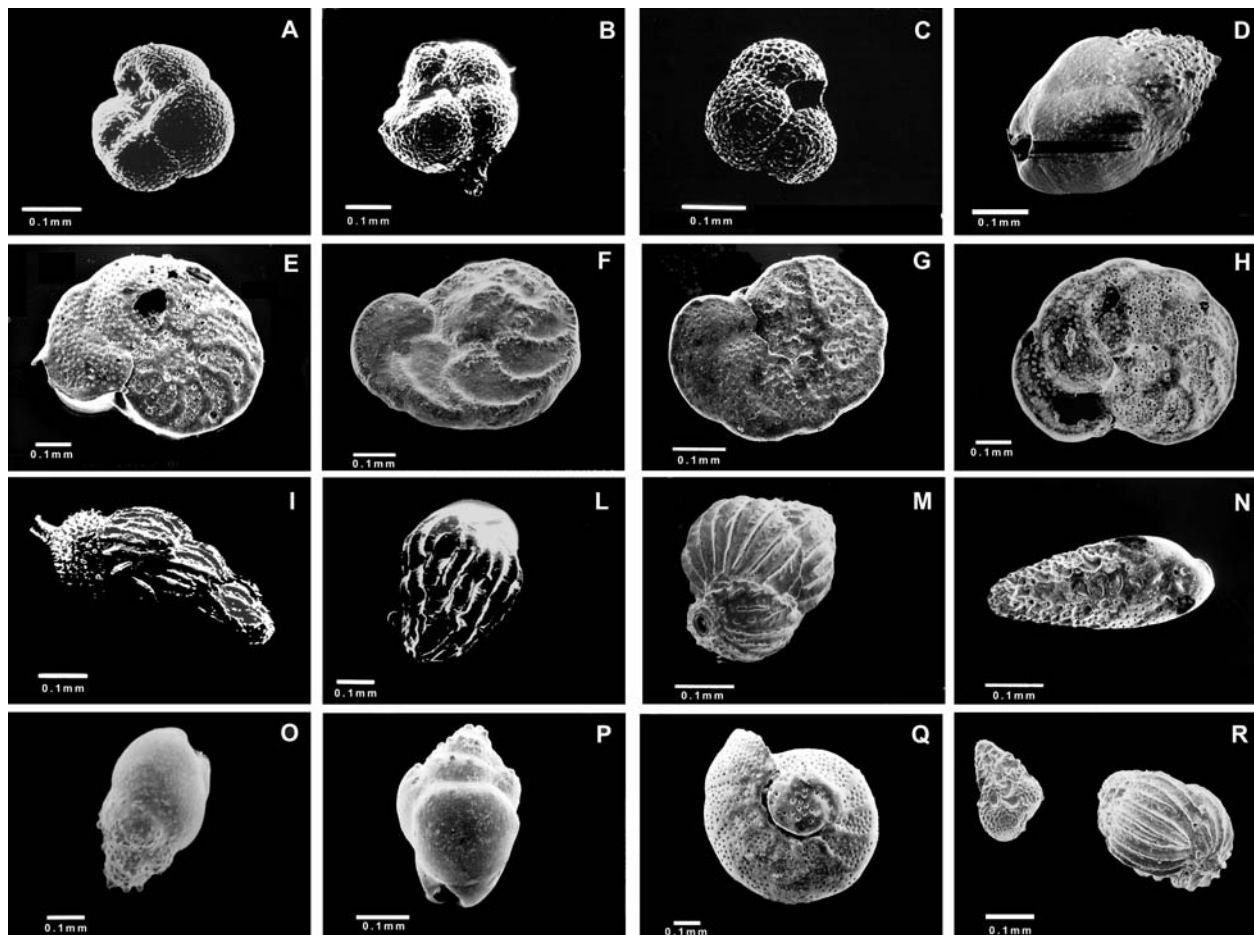


Fig. 5 - A) *Globorotalia inflata* (d'Orbigny), lato ombelicale, campione 10; B) *Globorotalia inflata* (d'Orbigny), lato ombelicale, individuo con margine aperturale rotto, campione 12; C) *Globigerina decoraperta* Takayanagi & Saito, visione laterale, campione 10; D, O, P) *Bulimina marginata* d'Orbigny, campioni 10, 11, 16; E, H) *Planulina ariminensis* d'Orbigny, lato ombelicale, campione 16; F, G) *Hyalinea balthica* (Schroeter) lato ombelicale, campioni 11, 17b; I) *Uvigerina peregrina* Cushman, campione 17; L) *Bulimina costata* d'Orbigny, campione 11; M) *Uvigerina mediterranea* Hofker, campione 17b; N) *Bolivina* sp., campione 13; Q) *Anomalinoidea* sp., campione 2; R) *Uvigerina pigmea* d'Orbigny, campione 17b.

A) *Globorotalia inflata* (d'Orbigny), umbilical view, sample 10; B) *Globorotalia inflata* (d'Orbigny), umbilical view, specimen with broken apertural border, sample 12; C) *Globigerina decoraperta* Takayanagi & Saito, side view, sample 10; D, O, P) *Bulimina marginata* d'Orbigny, samples 10, 11, 16; E, H) *Planulina ariminensis* d'Orbigny, umbilical view, sample 16; F, G) *Hyalinea balthica* (Schroeter) umbilical view, samples 11, 17b; I) *Uvigerina peregrina* Cushman, sample 17; L) *Bulimina costata* d'Orbigny, sample 11; M) *Uvigerina mediterranea* Hofker, sample 17b; N) *Bolivina* sp., sample 13; Q) *Anomalinoidea* sp., sample 2; R) *Uvigerina pigmea* d'Orbigny, sample 17b.

come "Acquatrasversa" (Ambrosetti & Bonadonna, 1967), tra le sabbie argillose e le argille. Appare qui opportuna una breve riflessione sul significato di tale termine. Ambrosetti *et al.* (1987) suggeriscono la presenza di una lacuna, estesa dalla parte finale della Zona *G. crassaformis* fin dentro alla Zona *G. cariacensis* comprendente pertanto l'intera estensione della Zona *G. inflata*. Tale *hiatus* di natura almeno in parte erosiva sarebbe legato principalmente all'attività tettonica distensiva del Pliocene medio - superiore (Ambrosetti *et al.*, 1977), ma sembrerebbe coincidere (Azzaroli *et al.*, 1997) con un importante deterioramento climatico che accompagna la caduta del livello marino. La risalita del livello marino nel Pleistocene inferiore sembra essere conseguenza di una nuova fase tettonica estensionale, con faglie ad andamento antiappenninico. I dati in nostro possesso sembrano collocare almeno parte dell'affioramento del Caio all'interno dell'originaria estensione della suddetta lacuna stratigrafica (Ambrosetti *et al.*, 1987). Da un lato, si assiste ad una transizione graduale da un ambiente

marino costiero ad un salmastro con malacofaune che, malgrado la scomparsa del *Flabellipecten*, non mostrano apprezzabili variazioni e sono le stesse citate in letteratura (Piccardi, 1994); una simile tendenza ben si sposa con il *trend* regressivo del Pliocene medio. D'altro canto nelle sovrastanti argille marine, riferibili ad una successiva fase di *high - stand*, è già presente *G. inflata* prima della comparsa di forme francamente pleistoceniche (*G. oceanica*, *H. balthica*).

Dal m 23 al m 29 i corpi ghiaiosi, legati ad un contesto deposizionale di conoide alluvionale, testimoniano la fine della tendenza trasgressiva e l'instaurarsi di locali condizioni continentali. Le caratteristiche dei depositi ghiaiosi indicano chiaramente l'alternanza di momenti di intenso dilavamento, in cui sono attivi sia processi gravitativi che processi trattivi, canalizzati e non, e momenti di stasi, durante i quali parte dei materiali depositi subisce un'esposizione subaerea, che ne determina ossidazione superficiale. Si può ipotizzare un paleoambiente di tipo caldo - umido o temperato - umido, caratterizzato

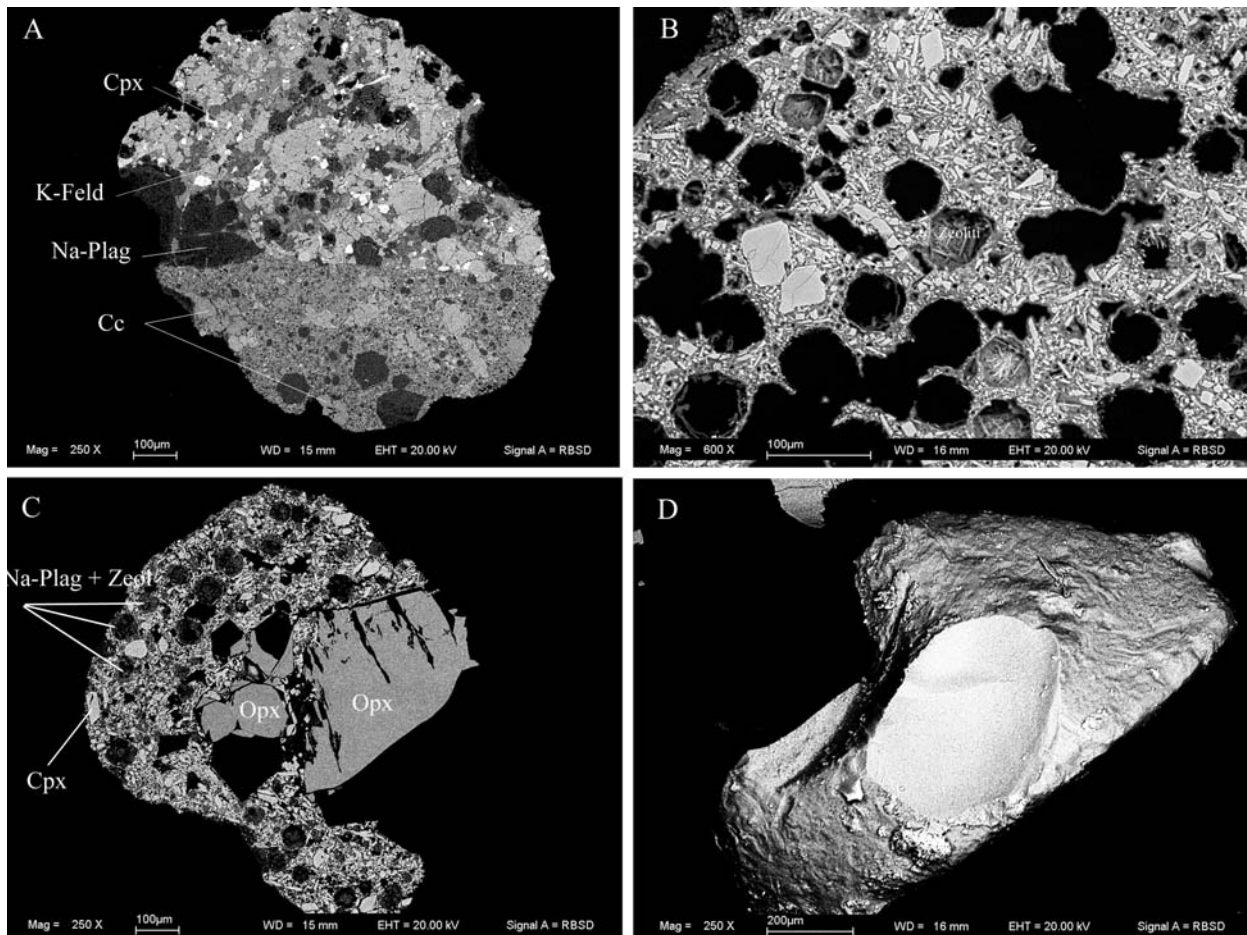


Fig. 6 - Immagini SEM (in elettroni retrodiffusi) dei campioni con materiale piroclastico: A) pomice proveniente dal campione 18 (Cc: calcite, Cpx: clinopirosseno, K-Feld: K-feldspato, Na-Plag: Na-plagioclasio); B) pomice proveniente dal campione 18. In questo particolare sono evidenti clinopirosseni idiomorfi tozzi e aciculari nonché minerali zeolitici, dall'aspetto fibroso - aciculare, localizzati particolarmente nei vucooli; C) pomice proveniente dal campione 17. Sono evidenti dei fenocristalli di ortopirosseno enstatitico, di clinopirosseno augitico e di Na-plagioclasio, questi ultimi fortemente alterati e associati a minerali zeolitici; D) campione di materiale vetroso rinvenuto nel campione 17b.

SEM-EDS image from samples with volcanoclastic material: A) a pumice from sample 18 (Cc: calcite, Cpx: clinopyroxene, K-Feld: K-feldspar, Na-Plag: Na-plagioclase); B) a pumice from sample 18. Are evident hidiomorph acicular and squat clinopyroxenes, fibratus - acicular zeolites into the vacuolar porosity; C) a pumice from sample 17; are evident phenocrystals of enstatitic orthopyroxenes, augitic clinopyroxenes and of Na-plagioclases (deeply altered and in assemblage with zeolites); D) glass material from sample 17b.

da una marcata stagionalità, con momenti di intense precipitazioni, motore dei processi di dilavamento e delle "piene" fluviali, seguiti da periodi di "magra" sufficientemente lunghi da permettere l'esposizione subaerea di parte dei depositi. L'età di questi corpi di conoide resta un problema aperto. E' però possibile proporre alcune considerazioni, mutate dai dati fin qui acquisiti, che ne suggeriscono un'attribuzione al Pleistocene inferiore (Emiliano inferiore), sebbene non possa essere del tutto esclusa un'età ancora più recente. 1) Tra le microfaune rimaneggiate sono presenti solo forme del Pliocene medio - Pleistocene inferiore, accompagnate da *H. balthica*. 2) La petrologia dei clasti, a prescindere dalle litologie legate allo smantellamento del substrato pre-pliocenico, evidenzia la rielaborazione delle litofacies marine sottostanti, principalmente biocalcareni del Pliocene medio - superiore (Livello ad *Amphistegina sensu* Conti *et al.*, 1983). 3) Le piroclastiti, rinvenute dal m 17.5 al m 29, contengono gli stessi pirosseni non alterati, con *habitus* prismatico pressoché perfetto, i quali non mostrano evidenze di abrasione da trasporto. La costanza dei caratteri per cristalli contenuti all'interno di corpi depositi in ambienti di sedimentazione profondamente diversi suggerisce che i due paleoambienti siano pressoché coevi. 4) Sulla base dei dati mineralogici e petrografici preliminari, si possono fare alcune considerazioni generali sull'affinità dei prodotti vulcanici rispetto alle Province comagmatiche limitrofe (HKS - Provincia Comagmatica Romana; KS - Monti Vulsini, Roccamonfina, Ventotene; Provincia Magmatica Toscana; ULUD - Distretto ultra - alcalino umbro-laziale). Malgrado le caratteristiche del materiale analizzato non permettano determinazioni radiometriche, la presenza di cristalli di ortopirosseno, mai segnalati nelle altre Province Magmatiche, suggerisce un'affinità Toscana. Gli eventi vulcanici legati a tale provincia comagmatica, se si esclude l'attività recente del M. Amiata, hanno un'età anteriore rispetto al vulcanismo Cimino (1,35 - 0,95 Ma) e al complesso del Paleo - Bolsena (0,576 - 0,505 Ma). L'aspetto stesso delle piroclastiti, che mostrano minime evidenze di rielaborazione in ambiente alluvionale, testimonia un trasporto limitato e probabilmente una contemporaneità tra messa in posto del conoide e almeno parte dell'attività eruttiva. 5) Nella parte finale dell'affioramento è stata rinvenuta un'associazione a molluschi, costituita da poche forme sia marine che dulcicole, queste ultime riferibili al Pleistocene inferiore (Esu, com. pers.).

Le vulcaniti presenti nella sezione del Caio potrebbero essere assimilabili a quelle riportate in letteratura da Ambrosetti *et al.* (1968) e Bigazzi *et al.* (1994), come vulcaniti plio-pleistoceniche del Lazio e della Toscana. Sembra che non sia da escludere la possibilità di correlare i livelli vulcanoclastici del Caio con uno dei livelli già noti, da oltre 30 anni, e segnalati da uno degli scrittori (P.A.) nella successione di Valle Ricca (Lazio); d'altro canto, appare plausibile la correlabilità con un centro di emissione ad affinità Tirrenica non noto, ma supposto anche da altri autori (Bigazzi *et al.*, 1994).

La presenza di materiale vetroso, probabilmente dovuto alla fusione di minerali argillosi e rinvenuto nel campione 17b, non esclude che la frazione piroclastica presente possa provenire da un piccolo centro vulcanico situato nelle vicinanze e non ancora evidenziato dal rilevamento geologico. Diversi sono stati gli eventi vulcanici

di modeste dimensioni (es. dicchi) segnalati in Umbria e Lazio nel corso degli ultimi anni (Stoppa & Cundari, 1995; 1998; Stoppa *et al.*, 1997), ma si tratta in tutti i casi di eventi più recenti.

Un evento continentale, analogo a quello da noi riscontrato, intercalato alle "Argille e Sabbie del Chiani - Tevere", è stato descritto da Girotti & Piccardi (1994) immediatamente a sud dell'area in esame (Camartana). Tale evento viene riferito dagli autori al Santerniano (fase erosiva "Aulla"), più in base ai dati conosciuti riguardo all'età delle "Argille e Sabbie del Chiani - Tevere" che non per la presenza di riferimenti temporali certi. Con i dati attualmente in nostro possesso, è solo possibile ipotizzare un'analogo contesto deposizionale. L'argomento merita un successivo approfondimento, per determinare se si tratti dello stesso evento oppure di due eventi distinti, di ordine minore, all'interno di un evento di ordine maggiore.

In conclusione, alcune significative novità sembrano emergere dai dati fin qui raccolti: 1) il rinvenimento di *H. balthica* all'interno di depositi riferibili alle "Argille e Sabbie del Chiani - Tevere", evento finora mai riscontrato, se da un lato sembra permettere l'estensione temporale di tale Unità fin dentro l'Emiliano, dall'altro mette in discussione la proposta attribuzione al Santerniano della definitiva regressione marina di questa porzione di costa paleotirrenica (Ambrosetti *et al.*, 1987). 2) Il ritrovamento di piroclastiti a probabile affinità Toscana suggerisce l'esistenza di un evento vulcanico non noto, riferibile al Pleistocene inferiore, di età antecedente sia all'attività Cimino più antica, che a quella del "Paleo - Bolsena". 3) La presenza di depositi francamente continentali, di età confrontabile con quella delle sottostanti argille marine, se da un lato complica la ricostruzione del quadro paleogeografico dell'area, dall'altro evidenzia l'esistenza di più eventi di fluttuazione del l.m. durante il Pleistocene inferiore (Santerniano - Emiliano).

La parte superiore dell'affioramento del Caio, pur evidenziando una situazione paleoambientale locale, testimonia quindi l'estrema variabilità laterale dei depositi del Pleistocene inferiore, riferibili o eteropici alle "Argille e Sabbie del Chiani - Tevere". Infatti, è ipotizzabile un'articolazione delle morfologie costiere, in parte ereditate ma senz'altro esasperate dall'intensa tettonica che caratterizza il passaggio Pliocene - Pleistocene: questa fase, con assi strutturali ad andamento antiappenninico, disloca i depositi del Pliocene, che vengono in parte rielaborati, e determina una marcata eteropia di *facies*.

In questo contesto, in cui le stesse argille documentano ambienti marini di profondità diverse, complessivamente più distali andando da est ad ovest, si impostavano corpi di conoide, come quello del Caio, che drenavano verso SW o NW, rimaneggiando le differenti *facies* presenti nel bacino in cui confluivano.

Nell'affioramento descritto mancano del tutto depositi di barra di foce e di piana costiera, mentre sono presenti corpi di ambiente francamente continentale, collegabili alla porzione medio - prossimale del conoide, direttamente a contatto con depositi marini, che potrebbero forse costituire la porzione più distale del prodelta. Una simile situazione di affioramento, in cui non tutti i depositi sono contemporaneamente conservati, è stata descritta ad esempio nel *Fan - delta* di Loro - Ciuffenna, in Valdarno (Billi *et al.*, 1991).

Non è da escludere che nell'area esistano situazioni analoghe a quella del Caio, che potranno essere evidenziate da un dettagliato rilevamento.

## RINGRAZIAMENTI

Gli autori intendono qui ringraziare la Prof. Daniela Esu ed il Prof. Francesco Paolo Bonadonna per la loro collaborazione, nonché il Dott. Luca Costantini, che ci ha segnalato l'affioramento.

Vogliamo inoltre ringraziare il Prof. Roberto Colacicchi ed il Prof. Leonsevero Passeri per la loro disponibilità ad interessanti e costruttive discussioni.

## LAVORI CITATI

- AA.VV. (1982) – *Bacino del Fiume Paglia (Umbria – Toscana): studi strutturali, idrogeologici e geochemici*. Relazione finale sul tema di ricerca: “ Studi geologici, idrogeologici e geofisici finalizzati alla ricerca di fluidi caldi nel sottosuolo”. CNR – Progetto Finalizzato Energetica, RF **16**.
- Ambrosetti P., Azzaroli A., Bonadonna F.P. & Follieri M. (1972) – *A scheme of Pleistocene chronology for the Tyrrhenian side of Central Italy* - Boll. Soc. Geol. Ital., **91**, 169- 184.
- Ambrosetti P. & Bonadonna F.P. (1967) – *Revisione dei dati sul Plio - Pleistocene di Roma* - Atti Acc. Gioenia Sci. Nat. Catania, **18**, 33-72.
- Ambrosetti P., Bonadonna F.P., Ferrara G., Fornasieri M., Tolomeo L. & Tongiorgi E. (1968) – *Segnalazione di un livello vulcanico nelle argille plioceniche della Sabina (Lazio settentrionale)* - Boll. Soc. Geol. Ital., **87**, 333- 340.
- Ambrosetti P., Carboni M.G., Conti M.A., Costantini A., Esu D., Gandin A., Girotti O., Lazzarotto A., Mazzanti R., Nicosia U., Parisi G. & Sandrelli F. (1978a) - *Evoluzione paleogeografica e tettonica nei bacini Tosco - Umbro - Laziali nel Pliocene e nel Pleistocene inferiore* - Mem. Soc. Geol. Ital., **19**, 573-580.
- Ambrosetti P., Carboni M.G., Conti M.A., Esu D., Girotti O., La Monica G.B., Landini B. & Parisi G. (1987) - *Il Pliocene ed il Pleistocene inferiore del bacino del Fiume Tevere nell'Umbria meridionale* - Geogr. Fis. Dinam. Quat., **10**, 10 – 33.
- Ambrosetti P., Cattuto C., Conti M.A., Nicosia U. & Parisi G. (1978b) – *Dati preliminari sulla neotettonica del foglio 130 (Orvieto)* - Contributi preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia - C.N.R. - Progetto Finalizzato Geodinamica, **155**, 391-397.
- Ambrosetti P., Conti M.A., Parisi G., Kotsakis T. & Nicosia U. (1977) - *Neotettonica e cicli sedimentari plio-pleistocenici nei dintorni di Città della Pieve (Umbria)* - Boll. Soc. Geol. Ital., **96**, 605 – 635.
- Azzaroli A., Colalongo M.L., Nakagawa H., Pasini G., Rio D., Ruggieri G., Sartoni S. & Sprovieri R. (1997) – *The Pliocene – Pleistocene boundary in Italy* – In “The Pleistocene boundary and the beginning of the Quaternary”, Van Couvering J.A. (ed.). Cambridge University Press, New York, 141 – 155.
- Bigazzi G., Bonadonna F.P., Cioni R., Leone G., Sbrana A. & Zanchetta G. (1994) – *Nuovi dati geochemici, petrografici e geocronologici su alcune cineriti Plio - Pleistoceniche del Lazio e della Toscana* - Mem. Descr. Carta Geol. D'It., **49**, 135-150.
- Billi P., Magi M. & Sagri M. (1991) - *Pleistocene lacustrine fan delta deposits of the Valdarno Basin – Italy* - Jour. Sedim. Petr., **61**, 280 – 290.
- Bizzarri R. (2001) – *Facies costiere plioceniche nell'area di Corbara (Orvieto)* - Tesi di Laurea inedita, Università degli Studi di Perugia, 169 pp.
- Blair T.C. & McPherson J.G. (1994) - *Alluvial fan and their natural distinction from rivers based on morphology, hydraulic processes, sedimentary processes, and facies assemblages* - Jour. Sedim. Petr., **64**, 450 – 489.
- Blair T.C. & McPherson J.G. (1999) - *Grain size and textural classification of coarse sedimentary particles* - Jour. Sedim. Res., **69**, 6-19.
- Blanch A.C. (1955) – *Giacimento Paleolitico Inferiore di Torre in Pietra e giacimenti levalloisio – musteriani di Palo e di Palidoro* - Quaternaria, **2**, 305-308.
- Cattuto C., Cencetti C. & Gregori L. (1988) – *Il Bacino di Pornello – Frattaguida e l'evoluzione idrografica plio – pleistocenica tra il Fiume Paglia e il Fiume Tevere* – Suppl. Geogr. Fis. Dinam. Quat., **1**, 161-169.
- Cattuto C., Conti M.A., Nicosia U. & Parisi G. (1979) – *Relazione sulla neotettonica dei fogli 130, 131, 137 e 138* - Contributi preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia - C.N.R. - Progetto Finalizzato Geodinamica, **251**, 13-28.
- Conti M.A., Parisi G. & Nicosia U. (1983) - *Un orizzonte ad Amphistegina nel Pliocene di Orvieto e sue implicazioni neotettoniche* - Boll. Soc. Geol. It., **102**, 113 – 122.
- Coticelli S. & Peccerillo A. (1992) - *Petrology and geochemistry of potassic and ultrapotassic volcanism in Central Italy: petrogenesis and inferences on the evolution of the mantle sources* - In: Peccerillo A., and Foley S. (eds), Potassic and Ultrapotassic Magmas and their Origin, Lithos, **28**, 221-240.
- Funciello R., Parotto M. & Praturlon A. (1981) – *Carta Tettonica d'Italia*. CNR – Progetto Finalizzato Geodinamica, **269**, Roma.
- Girotti O. & Piccardi E. (1994) – *Linee di riva del Pleistocene inferiore sul versante sinistro della media valle del F. Tevere* – Il Quaternario, **7**, 525-536.
- Hein F.J. & Walker R.G. (1977) – *Bar evolution and development of stratification in the gravelly, braided, Kicking Horse River, British Columbia* - Can. Jour. Earth Scien., **14**, 562 – 570.
- Malatesta A. (1978) – *La serie di Torre del Pagliaccetto e il bacino di Torre in Pietra* - Quaternaria, **20**, 237-246.
- Miall A.D. (1982) - *Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary* - In Miall, A.D., ed., Fluvial Sedimentology. CSPG Memoir **5**, 597 – 604.
- Murray J. (1991) – *Ecology and palaeoecology of benthic foraminifera*. Longman, 397 pp.
- Nemec W. & Steel R.J. (1984) – *Alluvial and coastal conglomerates: their significant features and some comments on gravelly mass – flow deposit* -In

- Koster E.H. & Steel R.J., eds., *Sedimentology of gravels and conglomerates*. CSPG Memoir **10**, 1-31.
- Orton G.J. (1988) – *A spectrum of Middle Ordovician fan deltas and braidplain deltas, North Wales: a consequence of varying fluvial clastic input* - In Nemeč W. & Steel R.J., eds., *Fan Deltas: Sedimentology And Tectonic Settings*: Blackie And Son, 23-49.
- Peccerillo A. (1998) - *Relationships between ultrapotassic and carbonate-rich volcanic rocks in central Italy: petrogenetic implications and geodynamic significance* - *Lithos*, **43**, 267-279.
- Peccerillo A. (1999) - *Multiple mantle metasomatism in central-southern Italy: geochemical effects, timing and geodynamic implications* - *Geology*, **27**, 315-318.
- Piccardi E. (1994) - *New data on the "Argille sabbiose del Chiani- Tevere" (northern Latium- southern Umbria, central Italy)* - In "Studies on Ecology and palaeoecology of benthic communities", R. Matteucci, Carboni M.G. & Pignatti J.S. (eds.). Boll. Soc. Pal. Ital., Spec. Vol. **2**: 213- 220.
- Poli G. (1985) - *Phase composition in volcanic rocks from south of Tuscany magmatic area (Central Italy): inference of conditions of magma crystallization* - *Neues Jahrb. Miner. Abh.*, **151**, 141-167.
- Stoppa F. & Cundari A. (1995) - *A new Italian carbonatite occurrence at Cupaello (Rieti) and its genetic significance* – *Contr. Mineral. Petrol.*, **75**, 275-288.
- Stoppa F. & Cundari A. (1998) - *Origin and multiple crystallization of the kamafugite - carbonatite association: the San Venanzo - Pian di Celle occurrence (Umbria, Italy)* - *Min. Mag.*, **62**, 273-289.
- Stoppa F. & Lavecchia G. (1992) - *Late Pleistocene ultra-alkaline magmatic activity in the Umbria-Latium region (Italy)*. An overview - *J. Volcanol. Geothermal Res.*, **52**, 277-293.
- Stoppa F., Sharygin V. & Cundari A. (1997) - *New mineral data from the kamafugite - carbonatite association: The melilitolite from San Venanzo, Italy* - *Mineral Petrol.*, **78**, 251-265.

Ms. ricevuto il 30 aprile 2003  
Testo definitivo ricevuto il 7 ottobre 2003

Ms. received: April 30, 2003  
Final text received: October 7, 2003