

A. BOSSIO (\*), A. CIAMPALINI (\*), A.C. COLONESE (\*\*),  
S. DA PRATO (\*), A. RAFANELLI (\*\*\*), G. ZANCHETTA (\*)

## NUOVI DATI SULLE SUCCESSIONI DEL SOTTOSUOLO DI LIVORNO

**Riassunto** - In questa nota sono discussi i risultati ottenuti dallo studio di cinque sondaggi a carotaggio continuo (profondità massima di venticinque metri dal p.c.) effettuati nella località di Salviano (Livorno).

Le analisi effettuate includono osservazioni litologiche, sedimentologiche, macro e micropaleontologiche le quali hanno permesso di individuare cinque unità litostratigrafiche informali. Dal basso esse sono:

- Unità 1: limi sabbiosi e sabbie fini con associazioni ad ostracodi di ambiente continentale caratteristiche del Messiniano superiore (Zona a *Loxocorniculina djafarovi* Sen-su Carbonnel, 1978).
- Unità 2: sabbie fossilifere e calcareniti. Le associazioni ad ostracodi indicano un ambiente deposizionale marino litorale. Questa unità è attribuita al Pleistocene Medio sulla base di considerazioni di ordine stratigrafico e in accordo con quanto noto in letteratura.
- Unità 3: limi e sabbie fossilifere con noduli carbonatici. Questa unità è caratterizzata da una associazione a gasteropodi pulmonati, ostracodi e gasteropodi di ambiente acquatico con acque oligoaline.
- Unità 4: limi, sabbie e ghiaie. Tale unità è correlabile con la formazione di ambiente fluviale dei «Conglomerati di Rio Maggiore» affiorante nella zona di studio e attribuita al Pleistocene Superiore.
- Unità 5: limi sabbiosi e sabbie limose arrossate correlabili alla formazione delle Sabbie di Ardenza ed attribuita ancora al Pleistocene Superiore.

La successione esaminata permette di migliorare ulteriormente le conoscenze del sottosuolo dell'entroterra livornese.

**Parole chiave** - Messiniano, Quaternario, Molluschi pulmonati, Ostracodi, Livorno.

**Abstract** - *New data on the subsurface succession of Leghorn.* The main results of an integrated study of 5 boreholes drilled (the maximum depth of twenty-five meters from the p.c.) in the subsurface of the Salviano surroundings are reported (Livorno). The analyses performed included lithological-sedimentological observations, macro and micropaleontological investigations. Stratigraphic interpretation of the 5 investigated boreholes allowed to distinguish 5 main lithostratigraphic units; these are, from the base:

- Unit 1: sandy silts and fine sands with continental ostracod associations characteristics of upper Messinian (*Loxocorniculina djafarovi* Zone).
- Unit 2: fossiliferous sand and calcarenitic layer. Ostracod assemblage indicates litoral environment. This unit can be referred to Middle Pleistocene on the base of stratigraphical remarks.
- Unit 3: silt and fossiliferous sands with carbonate glauco-bules. Land snails and fresh water faunas (mollusc and ostracods) are recorded in this unit.

- Unit 4: silt, sand and gravel. This unit can be correlated with fluvial environment «Conglomerati di Rio Maggiore» formation outcropping in the neighbourous (Upper Pleistocene).
- Unit 5: red sandy silts and silty sands can be correlated with Sabbie di Ardenza Formation (Upper Pleistocene). The examined succession allows to improve the subsurface knowledge of Livorno surroundings.

**Key words** - Messinian, Quaternary, Molluscs, Ostracods, Livorno.

### INTRODUZIONE

Negli ultimi anni la città di Livorno e le aree immediatamente circostanti sono state interessate da una notevole attività edilizia. Questa circostanza ha reso possibili nuove indagini geologico-stratigrafiche pertinenti soprattutto la geologia del sottosuolo (Ciampalini, 2002; Ciampalini *et al.*, 2006; Dall'Antonia *et al.*, 2004; Zanchetta *et al.*, 2004, 2006). I lavori citati, pur confermando e arricchendo di dettagli le ricostruzioni stratigrafiche tradizionalmente proposte per questa area, hanno evidenziato la complessità ed i numerosi problemi ancora aperti relativi alla stratigrafia delle successioni neogeniche e quaternarie presenti nel sottosuolo. In particolare in questo lavoro viene discussa la stratigrafia del sottosuolo dell'area nelle immediate vicinanze della località di Salviano, presso Livorno (Fig. 1), risultante dallo studio di 5 sondaggi a carotaggio continuo, effettuati nel 2005, che raggiungono una profondità massima di 25 m. I dati raccolti sono quindi integrati con i dati stratigrafici desumibili da altri sondaggi effettuati nella zona, dei quali sono disponibili soltanto i logs stratigrafici, e dai dati di scavi e sezioni esaminate da Malatesta (1942).

### INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area studiata è situata ad est della città di Livorno ed insiste principalmente su sedimenti del Pleistocene Medio-Superiore (Fig. 1), attribuiti alle formazioni delle Sabbie di Villa Padula, dei Conglomerati di Rio Maggiore, e delle Sabbie di Ardenza (Barsotti *et al.*, 1974; Lazzarotto *et al.*, 1990). Poco a sud-ovest della frazione di Salviano è presente anche un piccolo affioramento di

(\*) Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pisa, via S. Maria 53, 56126 Pisa, Italia. E-mail: bossio@dst.unipi.it

(\*\*) Institución Miláy Fontanals, Spanish National Research Council (IMF - CSIC). GASA-UAB (CSIC-Associated Unit). Carrer de les Egipcíaques, 15, 08001 Barcelona, Spain.

(\*\*\*) Studio geologico «A. Rafanelli», via Borra 38, 57123 Livorno, Italia.

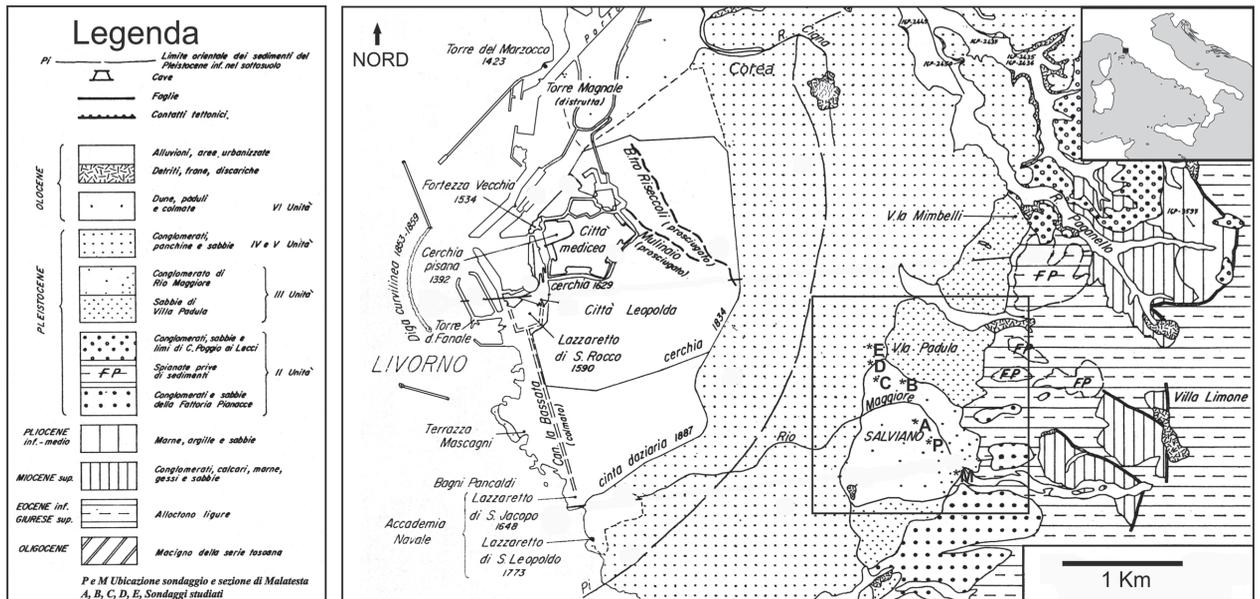


Fig. 1 - Carta geologica schematica di Livorno e ubicazione dell'area di studio (modificata da Barsotti *et al.*, 1974).

argille e sabbie marine del Pliocene Inferiore. Sedimenti attribuiti al Messiniano e costituiti da conglomerati, calcari e marne di ambiente marino, affiorano più ad oriente lungo la valle del Rio Maggiore ed in un piccolo lembo presso la frazione di Ardenza.

Dal punto di vista morfologico il territorio nei pressi di Salviano a nord del Rio Ardenza è suddiviso in tre distinti ordini di terrazzi (Barsotti *et al.*, 1974).

Il più recente, conosciuto come «Terrazzo di Livorno», è considerato un terrazzo marino policiclico sviluppatosi prevalentemente durante il *marine isotope stage 5* (MIS 5) (Federici & Mazzanti, 1995). Il terrazzo più antico, noto come «Terrazzo della Fattoria Pianacce», è fortemente sollevato e «tiltato» (Barsotti *et al.*, 1974), ed è attribuito ad una fase di stazionamento alto del mare durante il Pleistocene Medio. Tra il «Terrazzo di Livorno» e il «Terrazzo della Fattoria Pianacce» è presente un terrazzo intermedio, detto «Terrazzo di Salviano», il cui significato è ancora oggetto di discussione (Giannelli *et al.*, 1982; Boschian *et al.*, 2006). Zanchetta *et al.* (2006) suggeriscono che possa corrispondere ad un'oscillazione marina relativa al MIS 7 o al MIS 9.

Il «Terrazzo di Livorno» o «Terrazzo II» (Federici & Mazzanti, 1995) è costituito da depositi litorali e di spiaggia, fossiliferi, spesso cementati (calcareniti) e conosciuti come «panchina»; questa unità marina può essere sostituita localmente da calcareniti di origine eolica. Al tetto della successione sono presenti sabbie fini, arrossate, sempre del Pleistocene Superiore note come «Sabbie di Ardenza» all'interno delle quali sono presenti industrie musteriene (Sammartino, 1984; Ciampalini & Sammartino, 2007). La successione che forma il «Terrazzo di Livorno» è parzialmente eterotropa con la formazione dei «Conglomerati di Rio Maggiore» definiti da Lazzarotto *et al.* (1990), come

suggerito anche, più recentemente, da Ciampalini *et al.* (2006).

Il «Terrazzo della Fattoria Pianacce» o «Terrazzo I» è costituito da una formazione basale marina conosciuta con il nome di «Conglomerati di Villa Umberto I» o più recentemente come Conglomerati di Villa Battaglia (Boschian *et al.*, 2006) sormontati da sabbie arrossate di origine eolica (Sabbie di Val di Gori, Boschian *et al.*, 2006). Questo terrazzo è impostato su un substrato costituito da argilliti e calcari del Cretacico e da calcari marnosi del Paleocene-Eocene (Lazzarotto *et al.*, 1990).

Il «Terrazzo di Salviano», che si estende fra il Rio Ardenza ed il Rio Paganello, è formato da sabbie arrossate, secondo Lazzarotto *et al.* (1990) di origine eolica, e conosciute come «Sabbie rosse di Villa Padula» (Barsotti *et al.*, 1974; Giannelli *et al.*, 1982). Sebbene i dati riguardanti il sottosuolo del «Terrazzo di Salviano» siano ancora scarsi, Barsotti *et al.* (1974) suggeriscono che la successione tardo quaternaria inizi alla base con una «panchina» marina alla quale si sovrappongono depositi di ambiente continentale. Infatti, Malatesta (1942) descrivendo la stratigrafia di un pozzo eseguito presso la località di Salviano, segnala due livelli di «panchina» marina, seguiti da argille con fossili terrestri e di acqua dolce. La successione termina con un conglomerato poligenico di origine fluviale, che nell'attuale ricostruzione stratigrafica può essere facilmente correlabile ai Conglomerati di Rio Maggiore.

#### MATERIALI E METODI

Sono stati studiati direttamente cinque sondaggi, a carotaggio continuo, ubicati nella zona di Salviano

(Livorno) che sono stati utilizzati come riferimento per l'interpretazione stratigrafica di altri 20 sondaggi di cui è stato possibile recuperare soltanto l'ubicazione e la stratigrafia (Fig. 2). La profondità dei sondaggi analizzati è compresa fra i 10 m e i 25 m. Le carote sono state preventivamente descritte in campagna, fotografate e campionate.

L'analisi micropaleontologica è stata eseguita su 200 campioni del peso anidro di 150 g. I campioni sono stati disgregati in acqua deionizzata con aggiunta di perossido di idrogeno a 120 vol., alla temperatura di 95°C. Successivamente sono stati setacciati fino a 63 µm ed asciugati in forno ad una temperatura di 110°C e i residui pesati. I residui sono stati osservati al microscopio ottico binoculare, con lo scopo di descrivere la componente litica e micropaleontologica.

Particolare attenzione è stata prestata allo studio delle ostracofaune, in quanto sono risultate abbondanti e frequenti nei vari sedimenti studiati. Ulteriori osservazioni sono occasionalmente riportate anche per altri gruppi di organismi.

Per rendere più agevole l'interpretazione paleoecologica sono state costruite tabelle numeriche, normalizzate a 150 g di campione anidro, degli individui rinvenuti in ciascuna sezione. Nel conteggio dei taxa sono inclusi individui adulti e giovani. Successivamente sono stati calcolati gli indici biotici principali e realizzati i grafici corrispondenti.

Nella realizzazione della carta delle isobate (Fig. 3), è stato utilizzato il metodo dei poligoni di Thiessen (Burrough & McDonnel, 1998). Oltre ai sondaggi studiati nella presente nota sono stati presi in considerazione anche altri logs stratigrafici relativi all'area di Salviano, la cui ubicazione è riportata in figura con un numero arabo progressivo da 1 a 15.

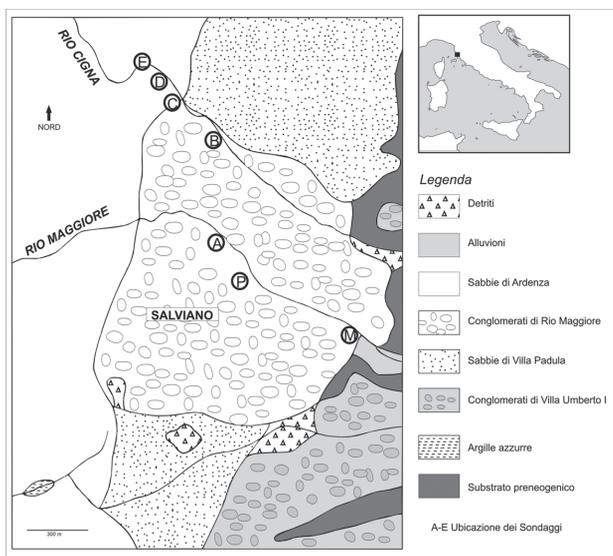


Fig. 2 - Schema geologico di dettaglio dell'area di studio e ubicazione dei sondaggi.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Stratigrafia

L'analisi stratigrafica e il contenuto paleontologico hanno permesso di individuare 5 unità informali (Fig. 4) che a partire dalla più antica sono:

- Unità 1: limi sabbiosi e sabbie fini del Messiniano superiore. Questa unità, rinvenuta nei sondaggi A, C, D, comprende generalmente limi sabbiosi e sabbie fini grigie o marroni cui si aggiungono livelli più grossolani anche ghiaiosi e cementati. Localmente alla sommità della serie il colore appare più scuro per la presenza di materia organica. L'ambiente risulta salmastro per la presenza di *Cyprideis agrigentina* e *Loxoconcha mülleri*. Occasionalmente sono presenti livelli arricchiti in gesso detritico. Dal punto di vista stratigrafico, è di particolare rilevanza la presenza di *L. mülleri* in tutto l'intervallo considerato, e di *Loxocornulina djafarovi* nel sondaggio A (Tab. 1, Tav. 1), che permettono di assegnare questa unità alla parte sommitale del Messiniano superiore (episodio di «lago mare»). La base di questa successione non è stata raggiunta dai sondaggi.

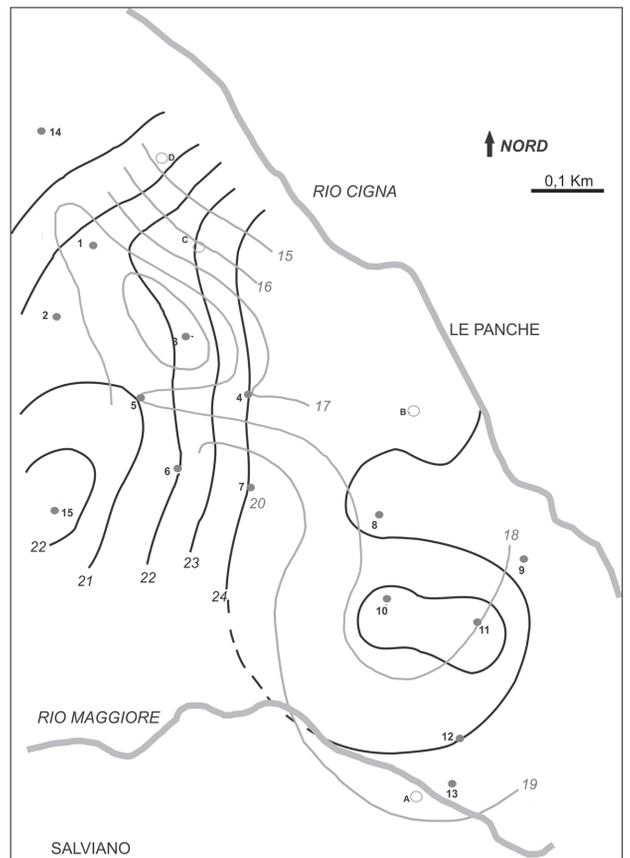


Fig. 3 - Le isobate hanno equidistanza di 1 m e rappresentano rispettivamente il tetto dei depositi messiniani (a tratto sottile) e della base dei Conglomerati di Rio Maggiore (tratto forte).

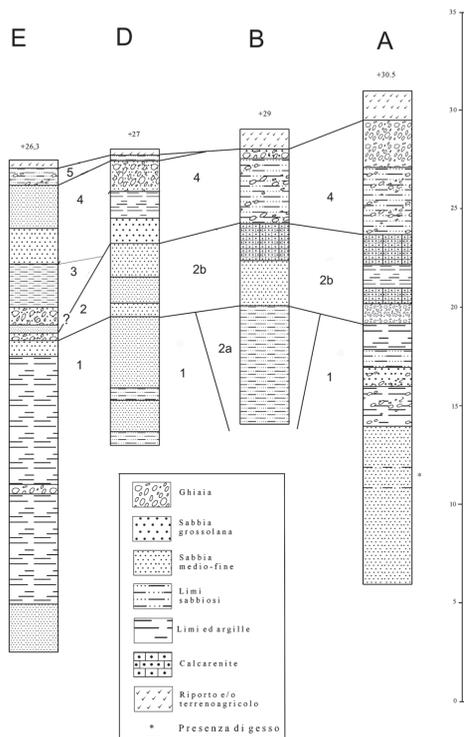


Fig. 4 - Logs stratigrafici dei sondaggi più significativi esaminati; i numeri indicano le unità informali individuate.

– Unità 2: sabbie fossilifere e calcareniti marine del Pleistocene. Questa unità, che giace sulla sottostante attraverso un contatto netto ove visibile chiaramente, può essere suddivisa in due sotto unità (2a e 2b). L'unità 2a, presente solo alla base del sondaggio B, è costituita da un'alternanza di sabbie fini di colore grigio e di argilla limosa nella quale sono stati rinvenuti fossili marini, molto usurati, caratteristici di ambiente litorale. Lo stato di conservazione di questi organismi sembrerebbe indicare, in particolare, un ambiente di spiaggia emersa; sono inoltre presenti noduli ossidati assenti nell'unità 2b sovrastante. L'unità 2b comprende un livello basale costituito generalmente da sabbie medie e fini, grigie, fossilifere, a volte cementate, che vengono sostituite nella parte sommitale da sabbie medie e grossolane, da marroni ad arancio, con strati e blocchi calcarenitici. Nel sondaggio A, in particolare, sono presenti due livelli calcarenitici separati da un livello limo-argilloso grigio di ambiente dulcicolo come testimoniato dalla presenza di ostracodi appartenenti al genere *Candona*. Gli strati dell'unità 2b, compresi i livelli calcarenitici, sono ricchi in frammenti di gasteropodi, bivalvi, spicole di spugne e presentano un'associazione caratteristica di ambiente litorale o comunque di mare basso comprendente una ricca ostracofauna (vedi Tab. 1)

e una associazione a foraminiferi ad *Ammonia* ed *Elphidium*. L'appartenenza al Pleistocene è assicurata dalla presenza di *Loxoconcha elliptica* e di *Neocythereis subspiralis* (Athersuch & Whittaker, 1976; Ruggieri, 1978, 1980).

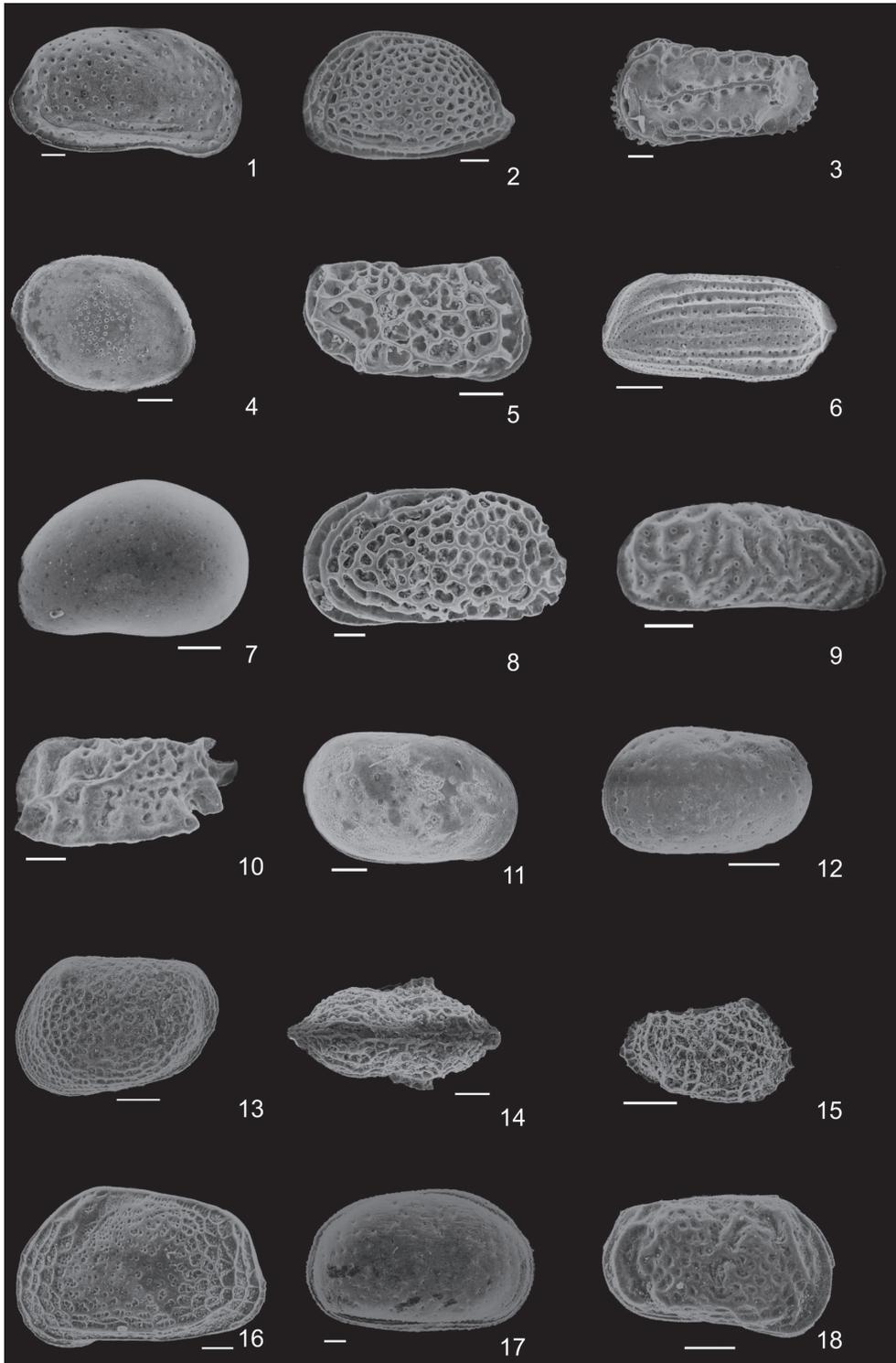
- Unità 3: limi e sabbie fossilifere del Pleistocene con noduli carbonatici. Questa unità è costituita da un livello basale con sabbie e ghiaie, grigio chiaro, passante a limi argillosi dello stesso colore. È stata incontrata solamente nel sondaggio più occidentale (E); sedimenti analoghi con molluschi polmonati sono inoltre presenti nel Pozzo di Salviano e nella sezione di Rio Maggiore descritti da Malatesta (1942) (Fig. 5). La caratteristica più evidente di questa unità è la presenza di noduli carbonatici fino ad 1-2 cm di diametro. Nel sondaggio E alla base di questa unità sono presenti numerosi esemplari di molluschi polmonati (ad es. *Pomatias elegans*, *Carychium tridentatum*, *Vitrea subrimata*) che divengono progressivamente più rari procedendo verso l'alto e rari esemplari di gasteropodi e bivalvi di acqua dolce (ad es. *Galba truncatula*, *Anisus spirorbis* e *Pisidium sp.*). Nei livelli più argillosi sommitali tra gli ostracodi sono presenti esemplari di *Candona* associato ad opercoli di *Bythinia*.
- Unità 4: limi, sabbie e conglomerati del Pleistocene Superiore. Questa unità è formata da alternanze di limi sabbiosi, sabbie anche grossolane e ghiaie con ciottoli eterogenei, poligenici, di colore arancio, oca o marrone. Questa unità è facilmente correlabile (anche sulla base delle osservazioni di campagna) con la formazione dei «Conglomerati di Rio Maggiore» che secondo Barsotti *et al.* (1974) e Giannelli *et al.* (1982) rappresenta un cono di deiezione fossile del Rio Maggiore.
- Unità 5: limi sabbiosi e sabbie limose arrossate del Pleistocene superiore. Questa unità, che è stata osservata e rilevata in alcuni scassi di case in costruzione, è presente solamente al tetto dei sondaggi D ed E e corrisponde alle «Sabbie di Ardenza» di Lazzarotto *et al.* (1990). Durante le ricerche per questo lavoro vi sono stati ritrovati rari manufatti musteriani in diaspro rosso.

### Considerazioni stratigrafiche e paleoambientali

I sedimenti della successione neogenico-quadernaria nell'area presa in esame sono rappresentati, alla massima profondità raggiunta dai sondaggi, da limi sabbiosi e sabbie fini, talvolta con livelli più grossolani di ghiaie, di colore grigio o marrone, ed attribuibili al Messiniano superiore (unità 1). Questa attribuzione si basa sulla presenza di ostracofaune tipiche della zona a *Loxocorniculina djafarovi* (Carbannel, 1978) quali *Amnicythere* spp., *A. accicularia*, *Cyprideis agrigentina*, *Loxoconcha eichwaldi*, *L. mülleri*, *Tyrrenocythere pontica*.

In particolare *L. mülleri* e *C. agrigentina* sono state rinvenute in un discreto numero di esemplari distribuiti in tutti sondaggi studiati; *Loxocorniculina djafarovi* è stata rinvenuta a +16,9 e +14,9 m s.l.m. nel sondaggio A, e *Tyrrenocythere pontica* sempre nel sondaggio A in un intervallo stratigrafico che si estende da +17,30 m a +16,90 m.





Tav. 1 - 1: *Heterocythereis albomaculata*., VD NLE (Valva destra in norma laterale esterna); 2: *Aurila lanceaeformis*, VS NLE (Valva sinistra in norma laterale esterna); 3: *Costa batei* VS NLE; 4: *Palmoconcha turbida*, VD NLE; 5: *Loxoconcha napoliana*, VD NLE; 6: *Semicytherura sulcata*, VS NLE; 7: *Xestoleberis communis*, VD NLE; 8: *Urocythereis sororcula*, VS NLE; 9: *Neocythereideis complicata*, VD NLE; 10: *Paracytheridea cf. hexalpha*., VS NLE; 11: *Loxoconcha elliptica*, VS NLE; 12: *Loxoconcha mülleri*, VS NLE; 13: *Loxoconcha eichwaldi*, VS NLE; 14: *Loxocorniculina djafarovi*, CNDR (carapace in norma dorsale); 15: *Loxocorniculina djafarovi*, VD NLE; 16: *Tyrrhenocythere pontica*, VS NLE; 17: *Cyprideis agrigentina*, CND (carapace in norma destra); 18: *Amnicythere acciccularia*, VD NLE. La barra bianca, posta alla base degli esemplari, indica 100 µm.

## Pozzo Salviano

## Sezione Rio Maggiore

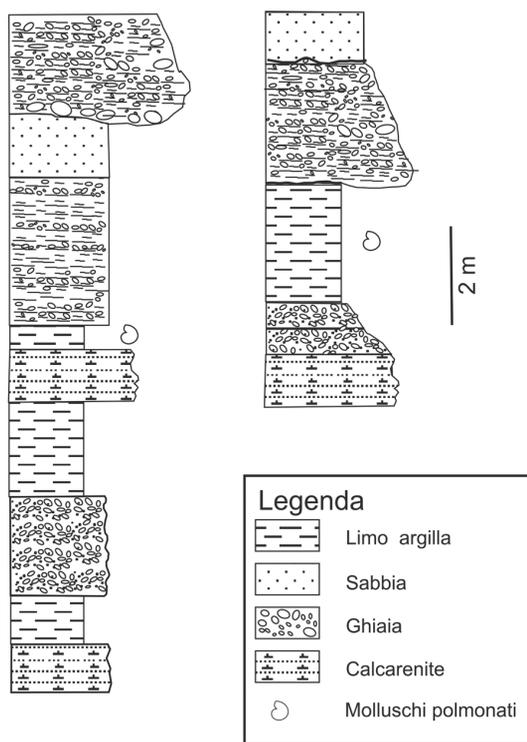


Fig. 5 - Sezioni stratigrafiche studiate da Malatesta (1942).

Lo studio delle ostracofaune ha evidenziato come la porzione inferiore della successione sia caratterizzata da un'associazione a *L. mülleri* e *C. agrigentina*, mentre *L. djafarovi* e rappresentanti del genere *Tyrrenocythere* e *Amnicythere* sono presenti solamente nella porzione sommitale.

Queste ostracofaune, sono confrontabili con associazioni rinvenute in altre località dell'area mediterranea dove affiorano sedimenti del Messiniano superiore (lago mare), e in particolare con la sezione di Cava Serredi presso la frazione di Gabbro (Rosignano Marittimo) (Bossio *et al.*, 1981, 1986; Gliozzi, 1999).

Nell'intervallo compreso tra circa +12 e +11 m s.l.m., sempre nel sondaggio A, sono presenti argille gessose con cristalli di gesso ben conservati, limpidi, indice di una deposizione in posto oppure di un limitato trasporto sinsedimentario.

Dal punto di vista paleoecologico le ostracofaune indicano che l'unità 1 si è deposta in ambiente continentale con salinità che varia dall'oligoalino al mesoalino.

La presenza di sedimenti messiniani nel sottosuolo della frazione di Salviano (Fig. 6) può essere messa in relazione con estesi affioramenti di formazioni del Messiniano (vedi Lazzarotto *et al.* 1990), che si trovano nei dintorni della frazione di Limone e della Puzzolente situati rispettivamente a 1,5 km ad Est e poco più di 2 km a Nord dell'area studiata. Secondo quanto

riportato da Lazzarotto *et al.* (1990) nella località detta Puzzolente è visibile il passaggio alle argille azzurre del Pliocene Inferiore.

Nei sondaggi studiati sedimenti del Pliocene sono invece assenti, probabilmente erosi nel corso del Pleistocene Medio quando si verifica una fase di lento sollevamento testimoniato dalle quote dei più antichi terrazzi glacioeustatici (Terrazzo I) che raggiungono anche i 100-110 m s.l.m. (Federici & Mazzanti, 1995).

L'età dei sedimenti marini, appartenenti all'unità 2 nel suo complesso, può essere attribuita con sicurezza al Pleistocene per la presenza di *Loxoconcha elliptica*, *L. subrugosa*, *Neocythereis subspiralis*, *N. fasciata*, *Semicytherura rarecostata* (Athersuch & Whittaker, 1976; Ruggieri, 1978, 1980; Feranda & Gliozzi, 2008).

Dal punto di vista stratigrafico l'unità 2 deve essere più giovane della formazione del «Terrazzo della Fattoria Pianacce» ma anche più antica dei «Conglomerati di Rio Maggiore», che, essendo eteropici al «Terrazzo di Livorno» del Pleistocene superiore permettono di attribuire questa unità certamente al Pleistocene medio. In quest'ottica il «Terrazzo di Salviano» possiede, come il «Terrazzo di Livorno» e il «Terrazzo della fattoria Pianacce» un deposito basale di origine marina, come proposto nella prime interpretazioni di Malatesta (1942) e Barsotti *et al.* (1974). L'unità basale 2a potrebbe rappresentare il riempimento di paleoincisioni al tetto del substrato neogenico. Tuttavia, l'andamento delle isobate riferite al tetto dei depositi messiniani sembra mostrare una geometria complessa che, per un'interpretazione completa, necessita di ulteriori dati.

L'unità 2a, incontrata solamente nel sondaggio B fino a +14 m s.l.m., presenta alternanze di sabbie fini grigie e limi sabbiosi con faune marine mal conservate; il sedimento si presenta molto elaborato con granuli subsferici costituiti da quarzo e litici vari. L'insieme di queste caratteristiche permette di attribuire l'unità a un ambiente di spiaggia emersa.

Al di sopra dell'unità 2a, ed in apparente continuità, si incontrano sabbie grigie, a luoghi cementate, riccamente fossilifere, di ambiente marino litorale, al cui tetto si è formata una calcarenite marina con livelli sabbiosi color ocra, anch'essa riccamente fossilifera. Nel loro complesso questi strati sono considerati appartenere all'unità 2b. Dal punto di vista qualitativo le ostracofaune non variano molto, mentre l'analisi quantitativa ha messo in evidenza un aumento nella ricchezza, numero di valve per campione e nella diversità specifica rispetto all'unità sottostante.

Sulla base di questi dati cade ogni possibilità di messa in discussione sull'origine del «Terrazzo di Salviano», che è formato da una chiara successione marina alla sua base. Certamente questa unità risulta sollevata rispetto al «Terrazzo di Livorno» e parzialmente modificata anche dalla successiva deposizione dei Conglomerati di Rio Maggiore. Resta quindi valida la possibilità che questa successione si sia formata durante il MIS 7 od il MIS 9 come proposto da Zanchetta *et al.* (2006) sulla base di considerazioni stratigrafiche di carattere generale.

Più complessa è l'attribuzione di dettaglio dell'unità 3 contenente prevalentemente faune terrestri, caratteri-

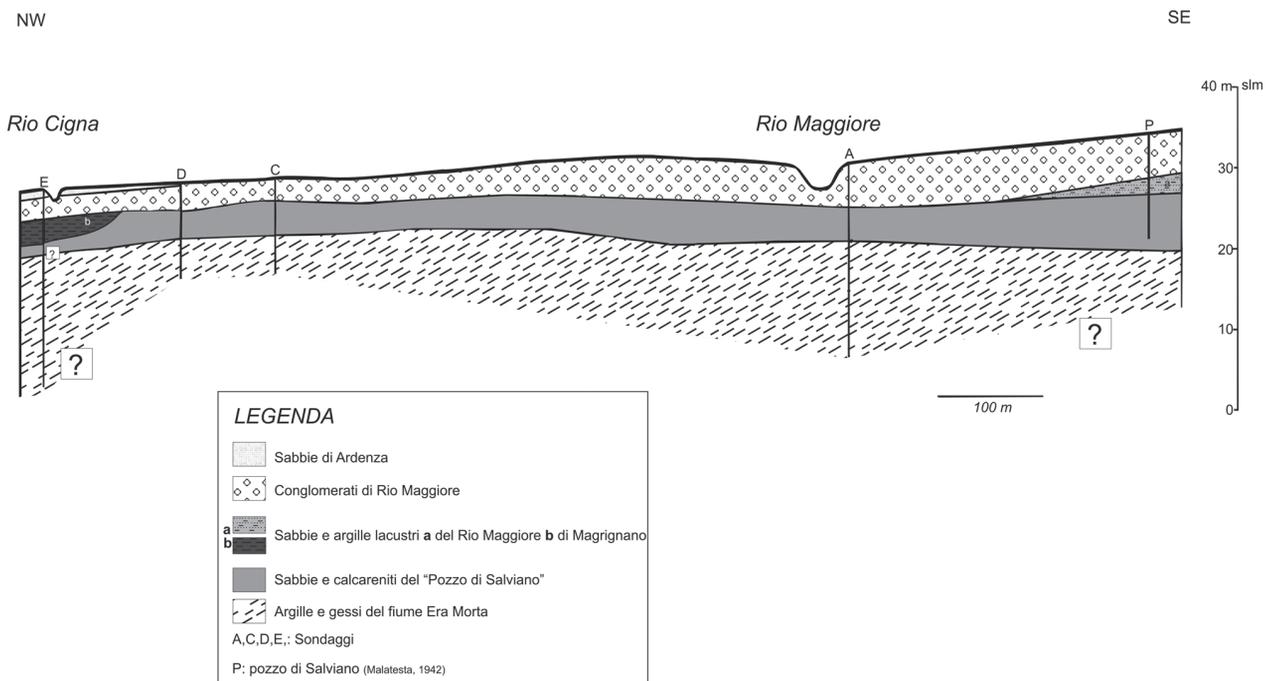


Fig. 6 - Sezione geologica schematica della zona di Salviano.

stiche di un ambiente boscoso ed umido (*Vitrea sublimata*, *Carychium tridentatum*, *Pomatias elegans*), che potrebbe essere parzialmente eterotropa ai primi depositi marini che formano la base del «Terrazzo di Livorno» (Panchina I). Quest'ultimi vengono comunemente attribuiti, per la presenza anche di faune calde, al MIS5e. L'ambiente deposizionale sembra essere prevalentemente continentale di piana alluvionale ma con breve episodio di collegamento con il mare posto alla base della successione (ambiente di spiaggia con infiltrazioni di acqua dolce). Questa interpretazione è legata al significato di un sottile livello di sabbie ghiaiose con fossili marini (principalmente gasteropodi) di cui non è certa l'appartenenza all'unità 3. È infatti possibile che il livello marino in questione rappresenti una porzione non erosa dell'unità 2.

Più probabilmente le sabbie costituiscono i sedimenti rimaneggiati dagli strati calcarenitici appartenenti alla stessa unità ad opera di un corso d'acqua. Questo corso d'acqua successivamente avrebbe depositato gli strati di ambiente fluviale costituiti da sabbie e argille con molluschi continentali.

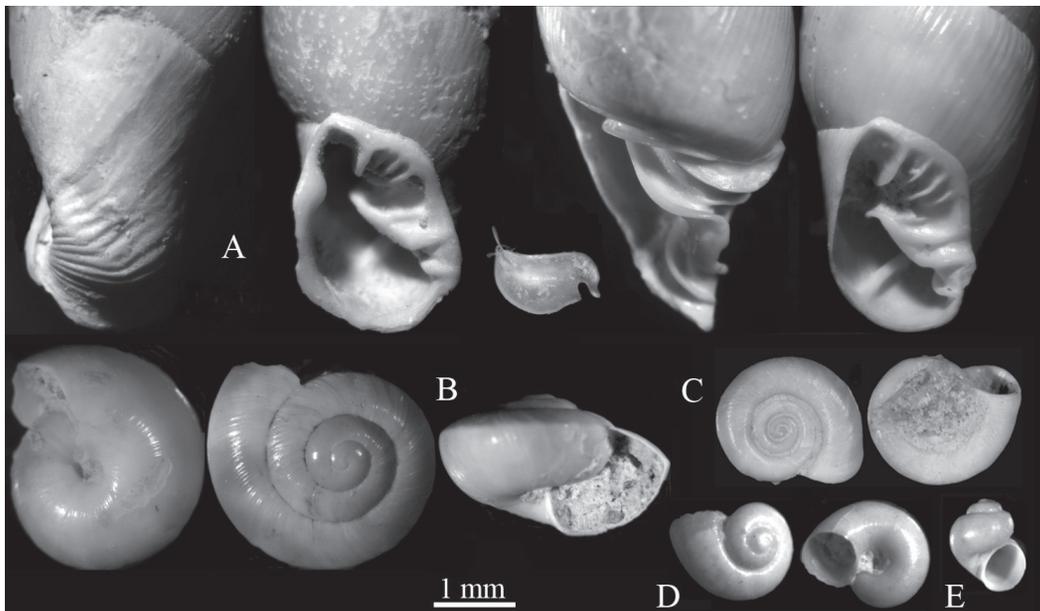
Le conchiglie sono ben preservate, con molti esemplari interi. Come adottato in precedenti studi sulle associazioni fossili continentali della penisola italiana (ad es. Esu, 1981; Crispino & Esu, 1995; Zanchetta *et al.*, 2006), i molluschi continentali sono riuniti in gruppi ecologici usando lo schema proposto da Ložek (1964, 1986, 1990).

L'associazione è politipica e può essere separata in 5 gruppi diversi a seconda delle loro esigenze ecologiche

(Tab. 2, Tav. 2). Essi indicano condizioni umide, nelle quali può essere riconosciuto una variazione delle condizioni ambientali che spaziano dai biotopi forestali a quelli di acqua dolce. Un bosco ben sviluppato è indicato da *Helicodonta obvoluta*, *Cochlodina comensis lucensi* e *Deudebardia* cfr. *rufa* e da taxa viventi in una lettiera di foresta come *Platyla* sp., *Platyla* cfr. *stussineri*, *Carychium tridentatum*, *Punctum pygmaeum*, *Sphyradium doliolum*, *Discus rotundatus*, *Vitrea sublimata*, *Oxychilus* sp. Questa associazione faunistica è abbastanza simile a quelle presenti nelle Prealpi e nelle faggete appenniniche della penisola italiana (Giusti *et al.*, 1985). Questi ambienti appaiono alternati a biotopi umidi con vegetazione sparsa come suggerito da *Pomatias elegans*, *Hygromia cinctella* in aggiunta a *Carychium tridentatum* e *Vitrinobranchium* sp. I taxa di acqua dolce come *Pseudamnicola moussonii*, *Galba truncatula*, *Anisus spirorbis* e *Pisidium* sp. indicano anche la presenza di corpi d'acqua poco profonda a bassa energia. L'abbondanza di specie e le loro esigenze ecologiche sono in accordo con un ambiente temperato umido. Confrontando i molluschi del Pozzo di Salviano (*Bythinia* sp., *Stagnicola palustris*, *Succinea oblonga*, *Cachlicopa lubrica*, *Vertigo antivertigo*, *Orcula doliolum*, *Retinella olivetorum*, *Theba cartusiana*) con i molluschi presenti all'interno dell'unità 3 (sondaggio E) è possibile notare come questi ultimi siano indicativi di un ambiente leggermente più caldo dell'attuale. Se accettiamo per il «Conglomerato di Rio Maggiore» un'età del MIS 5d, è quindi possibile ipotizzare che le argille a molluschi continentali del Pozzo di Salviano

Tab. 2. - Lista sistematica delle specie e della relativa frequenza (N). Gruppi ecologici secondo la suddivisione di Ložek (1964): 1: Foresta; 2: Semi-foresta; 7: Mesofili; 8: Igrofilo; 10: Acqua dolce.

Specie	N	Gruppi ecologici
<i>Platyla</i> sp.	5	1
<i>Platyla</i> cfr. <i>stussineri</i> (Boettger, 1884)	2	1
<i>Pomatias elegans</i> (Müller, 1774)	12	2
<i>Pseudamnicola moussonii</i> (Calcara, 1841)	3	10
<i>Islamia</i> sp.	5	10
<i>Carychium tridentatum</i> (Risso, 1826)	11	8
<i>Galba truncatula</i> (Müller, 1774)	4	10
<i>Anisus spirorbis</i> (Linnaeus, 1758)	1	10
<i>Sphyradium doliolum</i> (Bruguière, 1792)	2	1
<i>Punctum pygmaeum</i> (Draparnaud, 1801)	2	7
<i>Discus rotundatus</i> (Müller, 1774)	3	2
<i>Vitrinobrachium</i> sp.	1	7
<i>Vitrea subrimata</i> (Reinhardt, 1871)	17	1
<i>Oxychilus</i> sp.	5	
<i>Deudebardia</i> cfr. <i>rufa</i> (Draparnaud, 1805)	1	1
Clausiliidae	1	
<i>Cochlodina comensis lucensi</i> (Gentiluomo, 1868)	3	1
<i>Hygromia cinctella</i> (Draparnaud, 1801)	3	2
<i>Helicodonta obvoluta</i> (Müller, 1774)	1	1
Helicidae	1	
<i>Pisidium</i> sp.	2	10
<b>Totale</b>	<b>85</b>	



Tav. 2 - A: *Cochlodina comensis lucensi*; B: *Hygromia cinctella*; C: *Anisus spirorbis*; D: *Islamia* sp.; E: *Pseudamnicola moussonii*.

rappresentino un momento di passaggio fra il MIS 5e ed il MIS 5d mentre le sabbie e argille dell'unità 3 rappresentino il pieno MIS 5e.

Le panchine ed il livello con ciottoli forati da litodomi, separati da un intervallo di argilla azzurra, del Pozzo di Salviano descritto da Malatesta (1942), possono essere paragonati all'analogia successione del sondaggio A descritta in questo lavoro, che risulta riccamente fossilifera e di ambiente marino litorale. Poiché l'intervallo di argilla del sondaggio A presenta un'influenza dulcicola testimoniata dalla presenza di ostracofaune di acqua dolce (ad es. *Candona*), è possibile ipotizzare un'analogia con l'argilla posta fra le due panchine del Pozzo di Salviano.

L'unica divergenza fra le due sezioni sembrerebbe rappresentata dalla presenza, al di sopra della «panchina» stratigraficamente posta più in alto, del livello a molluschi continentali non rintracciato nel sondaggio A.

Poiché alla base della successione del Pozzo di Salviano non è visibile il livello messiniano, sfortunatamente non sono possibili correlazioni stratigrafiche per questo intervallo.

Il terrazzo più antico, o «Terrazzo I» (Terrazzo della fattoria Pianacce), attribuito al Pleistocene medio sulla base di considerazioni stratigrafiche generali (Lazza-

rotto *et al.*, 1990) e di ritrovamenti di industrie (Sammartino *et al.*, 1986), va incontro ad una fase erosiva in un momento imprecisabile dal modellamento del terrazzo stesso, cui fa seguito il deposito delle «Sabbie rosse di Villa Padula» (assimilabili alle Sabbie rosse di Val di Gori, Boschian *et al.*, 2006). Queste sabbie, costituite principalmente da un sedimento di ambiente eolico, vengono datate sulla base del ritrovamento superficiale e/o al loro interno di industrie acheuleane (Stoduti, 1982).

I depositi marini litorali a cui è associata la calcarenite dell'unità 2 rappresenterebbero quindi l'espressione di una ingressione marina, dovuta a glacioeustatismo, successiva all'evento erosivo descritto in precedenza e più antica della deposizione delle «Sabbie rosse di Villa Padula» i cui depositi sono presenti sia immediatamente a N che a S dell'area esaminata.

La formazione delle «Sabbie rosse di Villa Padula» viene parzialmente erosa probabilmente in un'epoca di poco successiva all'interglaciale Tirreniano (MIS 5e), dopo la quale si ha la deposizione degli strati sabbiosi e conglomeratici di ambiente fluviale (Unità 4 o «Conglomerati di Rio Maggiore») che, come è visibile specialmente in destra del Rio Cigna, tagliano i sedimenti appartenenti alle «Sabbie rosse di Villa Padula»

		Dati di rilevanza biostratigrafica (Ostracoda = 0)	Paleoambiente	Età dedotta	Correlazione con formazioni affioranti nelle vicinanze	
		Distribuzione conosciuta				
UNITA' 5		Sterile in fossili	Eolico e/o piana alluvionale	PLEISTOCENE SUPERIORE (mis. 4-3)	"Sabbie d'Ardenza" (Pleistocene Superiore)	
UNITA' 4		Sterile in fossili	Fluviale	PLEISTOCENE SUPERIORE (5d)	"Conglomerati di Rio Maggiore" (Pleistocene Superiore)	
UNITA' 3		Faune di acqua dolce o continentali prive di significato biostratigrafico	Acqua dolce	PLEISTOCENE SUPERIORE (5e?)	?	
UNITA' 2	SOTTO-UNITA' 2B	<i>Aurila lancaeformis</i> , <i>Loxocochla elliptica</i> , <i>L. subrugosa</i> , <i>Neocytherideis fasciata</i> , <i>N. subspiralis</i> , <i>Pontocythere turbida</i> , <i>Semicytherura incongruens</i>	Pleistocene Inferiore-recente	Litorale	PLEISTOCENE MEDIO-SUPERIORE?	"pozzo of Salviano" (Boschian <i>et al.</i> 2006)
	SOTTO-UNITA' 2A			Spiaggia emersa		
UNITA' 1		<i>Loxocorniculina djafarovi</i> , <i>Euxinocythere praeabaquana</i> , <i>Ammnocythere accicularia</i> , <i>Loxocochla muelleri</i> , <i>Cyprideis agrigentina</i> , <i>Tyrrhenocythere pontica</i>	Messiniano superiore	Salmastro	MESSINIANO SUPERIORE	Fm. Argille e Gessi del fiume Era Morta (Messiniano superiore)

Fig. 7 - Tabella riassuntiva dei principali dati riguardanti la stratigrafia del Neogene-Quaternario di Salviano (sono riportati i dati biostratigrafici significativi).

e quindi ne sono sicuramente posteriori. Recentemente, per i «Conglomerati di Rio Maggiore», è stata accertata la posizione stratigrafica intermedia fra la «panchina I» del MIS 5e e la «panchina II» di età successiva (5c/5a), per cui ne è stata proposta la datazione al MIS 5d (Ciampalini *et al.*, 2006). L'analisi delle isobate, per quanto concerne la base del Conglomerato di Rio Maggiore, mostra un andamento generale di approfondimento verso ovest; questa geometria sembra rispecchiare quella di un deposito di conoide fossile. Infine le «Sabbie di Ardenza» (unità 5) si formano a partire dal MIS 4 successivamente ad una importante fase erosiva segnalata in più località del «Terrazzo di Livorno» da un sottile livello conglomeratico (Ciampalini *et al.*, 2006). L'ambiente di formazione dell'unità 5, sicuramente continentale, nell'area di Salviano presenta livelli ghiaiosi attribuibili ad attività fluviale data anche la vicinanza a due corsi d'acqua (Rio Cigna e Rio Maggiore).

## CONCLUSIONI

Lo studio multidisciplinare di 5 sondaggi eseguiti presso la frazione di Salviano ha permesso l'individuazione di 5 unità litostratigrafiche (Fig. 7), alcune delle quali finora conosciute in modo approssimativo.

Nell'unità inferiore (unità 1) sono state rinvenute associazioni ad ostracodi del Messiniano superiore, appartenenti alla nota zona a *Loxocorniculina djaffarovi* (Carbonnel, 1978). Queste ostracofaune sono indicative di ambienti con salinità variabile da oligoalina a mesoalina. A livello regionale questa unità può essere riferita alle «Argille e gessi del Fiume Era Morta» (Costantini *et al.*, 2002).

Al tetto dei sedimenti Messiniani è presente una superficie di erosione, anche se a volte non molto marcata, che nella zona indagata segnala la mancanza dei sedimenti del Pliocene marino.

I livelli marini dell'unità 2, posti stratigraficamente sopra alle argille messiniane, sono databili al Quaternario tenuto conto della presenza di *Loxococoncha elliptica*, *L. subrugosa*, *Neocythereis subspiralis*, *N. fasciata*, *Semicytherura rarecostata*; inoltre la loro posizione stratigrafica, intermedia fra il «Terrazzo I» del Pleistocene Medio ed il «Terrazzo II» del Pleistocene Superiore permette di restringerne l'età al tardo Pleistocene Medio (MIS 7 o 9).

Il riconoscimento di un'unità marina litorale del Pleistocene Medio, posta stratigraficamente al di sotto delle Sabbie rosse di Villa Padula (Sabbie rosse di Val di Gori, Boschian *et al.*, 2006), fornisce maggiore consistenza alla vecchia ipotesi dell'esistenza del «Terrazzo di Salviano», in precedenza messa in discussione proprio a causa del mancato riconoscimento di strati marini pleistocenici alla base del terrazzo stesso.

La sotto unità 2a, attribuita in base a considerazioni micropaleontologiche ad un ambiente di spiaggia emersa, probabilmente rappresenta il riempimento di paleoincisioni nei sedimenti Messiniani; la sotto unità 2b è attribuita ad ambiente marino litorale riccamente fossilifero.

L'unità 3, la cui posizione stratigrafica non è ben delineata, è costituita da sedimenti prevalentemente sabbiosi e argillosi contenenti molluschi continentali di ambiente

temperato umido. Al momento attuale non è possibile stabilire con certezza se tali sedimenti rappresentino un evento separato, attribuito al MIS 5e, come sembra probabile considerato le faune presenti, oppure la base, di ambiente lacustre, dei «Conglomerati di Rio Maggiore» attribuiti al MIS 5d, come sembra accertato invece per i sedimenti limo argillosi a molluschi continentali del Pozzo di Salviano e della sezione del Rio Maggiore.

## RINGRAZIAMENTI

Ringraziamo G. Manganelli (Università di Siena) per la discussione sui molluschi continentali.

## BIBLIOGRAFIA

- Athersuch J., Whittaker J.E., 1976. On *Loxococoncha elliptica* Brady: *Stereo Atlas of Ostracod Shells* 3 (19): 99-106.
- Barsotti G., Federici P.R., Giannelli L., Mazzanti R., Salvatorini G., 1974. Studio del Quaternario Livornese, con particolare riferimento alla stratigrafia ed alle faune delle formazioni del Bacino di carenaggio della Torre del fanale. *Mem. Soc. Geol. It.* 13: 425-475.
- Boschian G., Bossio A., Dall'Antonia B., Mazzanti R., 2006. Il Quaternario della Toscana costiera. *Studi costieri* 12: 208 pp.
- Bossio A., Giannelli L., Mazzanti R., Mazzei R., Salvatorini G., 1981. Gli strati alti del Messiniano, il passaggio Miocene-Pliocene e la sezione plio-pleistocenica di Nugola nelle colline a NE dei Monti Livornesi. IX Convegno della Società paleontologica italiana, Pacini, Pisa, 55-90.
- Bossio A., Mazzanti R., Mazzei R., Salvatorini G., 1986. Analisi micropaleontologiche delle formazioni mioceniche, plioceniche e pleistoceniche dell'area del Comune di Rosignano Marittimo. *Quad. Mus. St. Nat. Livorno* Suppl. n. 1: 129-170.
- Burrough P.A., McDonnell R.A., 1998. *Principles of Geographic Information Systems*. Oxford University Press, Oxford.
- Carbonnel G., 1978. La zone a *Loxococoncha djaffarovi* Schneider (Ostracoda, Miocene superieur) ou le Messinien de la vallée du Rhone. *Rev. Micropaleontol.* 21 (3): 106-118.
- Ciampalini A., 2002. Studio sul Quaternario Livornese con particolare riferimento alla trasgressione Versiliana. Tesi inedita, Facoltà SMNF, Università di Pisa 172 pp.
- Ciampalini A., Sammartino F., 2007. Le industrie musteriane e le Sabbie di Ardenza (Livorno). *Quad. Mus. St. Nat. Livorno* 20: 27-45.
- Ciampalini A., Ciulli L., Sarti G., Zanchetta G., 2006. Nuovi dati geologici del sottosuolo del «Terrazzo di Livorno». *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem.* 111: 75-82.
- Costantini A., Lazzaretto A., Mazzanti R., Mazzei R., Salvatorini G., Sandrelli F., 2002. Note illustrative della carta geologica alla scala 1: 50.000. Foglio 285 Volterra.
- Crispino P., Esu D., 1995. Non-marine Late Villafranchian molluscs of the Crostolo river (Emilia, Northern Italy): systematics and paleoecology. *Boll. Soc. Geol. It.* 34: 283-300.
- Dall'Antonia B., Ciampalini A., Michelucci L., Zanchetta G., Bossio A., Bonadonna F.P., 2004. New insights on the Quaternary stratigraphy of the Livorno area as deduced by boreholes investigations. *Boll. Soc. Paleont. It.* 43: 155-172.
- Esu D., 1981. Significato paleoecologico e paleoclimatico di una malacofauna continentale pleistocenica dell'Italia centro-meridionale (Ibarni, Molise). *Boll. Soc. Geol. It.* 100: 93-98.
- Federici P.R., Mazzanti R., 1995. Note sulle pianure costiere della Toscana. *Mem. Soc. Geogr. It.* 53: 165-270.
- Feranda C., Gliozzi E., 2008. The ostracod fauna of the Plio-Pleistocene Monte Mario succession (Roma, Italy). *Boll. Soc. Paleont. It.* 47 (3): 215-267.
- Giannelli L., Mazzanti R., Mazzei R., Salvatorini G., Sanesi G., 1982. Nuove osservazioni sul Quaternario di Livorno. Studi sul Territorio Livornese. *Centro Liv. Studi Archeol.*: 30-61.

- Giusti F., Castagnolo L., Manganelli G., 1985. La fauna malacologia delle faggete italiane: brevi cenni di ecologia, elenco delle specie e chiave per il riconoscimento dei generi e delle entità più comuni. *Boll. Malacologico* 21 (5/6): 69-144.
- Gliozzi E., 1999. A late Messinian brackish water ostracod fauna of Paratethyan aspect from Le Vicenne Basin (Abruzzi, central Apennines, Italy). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 151: 191-208.
- Lazzarotto A., Mazzanti R., Nencini C., 1990. Geologia e morfologia dei Comuni di Livorno e Collesalveti. *Quad. Mus. St. Nat. Livorno* 11: 1-85.
- Ložek V., 1964. Quartärmollusken der Tschechoslowakei. *Rozpravy Ústředního Ústavu Geologického* 31: 1-374.
- Ložek V., 1986. Mollusca analysis. In: Berglund B.E. (ed.), *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. Wiley, New York: 729-740.
- Ložek V., 1990. Molluscs in loess, their paleoecological significance and role in geochronology principles and methods.
- Malatesta A., 1942. Le formazioni pleistoceniche del Livornese. *Atti Soc. Tosc. Nat. Mem.* 51: 145-206.
- Mazzanti R., Sanesi G., 1987. Geologia e morfologia della bassa Val di Cecina. Suppl. 1 *Quad. Mus. St. Nat. Livorno* 7: 1-27.
- Ruggieri G., 1978. Due ostracofaune dell'Emiliano (Pleistocene inferiore) argilloso del subappennino di Faenza: *Boll. Soc. Paleont. Ital.* 17 (1): 3-14.
- Ruggieri G., 1980. Sulla distribuzione stratigrafica di alcuni Ostracodi nel Pleistocene italiano: *Boll. Soc. Paleont. Ital.* 19 (1): 127-135.
- Sammartino F., 1984. La stazione preistorica di Stagno (Livorno). *Quad. Mus. St. Nat. Livorno* 5: 169-176.
- Sammartino F., Buonaccorsi G., Tessari R., 1986. Due manufatti acheuleani rinvenuti a casa dei ghiacci nella tenuta di Suese presso Livorno. *Quad. Mus. St. Nat. Livorno* 6: 131-137.
- Stoduti P., 1982. Contributo alla conoscenza del Paleolitico inferiore nel livornese. In: *Studi sul territorio livornese*. Editrice La Fortezza, Livorno: 81-100.
- Zanchetta G., Bonadonna F.P., Ciampalini A., Fallick A.E., Leone G., Marcolini F., Michelucci L., 2004. Intra-tyrrhenian cooling event deduced by non-marine mollusc assemblage at Villa S. Giorgio (Livorno, Italy). *Boll. Soc. Pal. It.* 43: 347-359.
- Zanchetta G., Beccatini R., Bonadonna F.P., Bossio A., Ciampalini A., Colonese A., Dall'Antonia B., Fallick A.E., Leone G., Marcolini F., Mariotti Lippi M., Michelucci L., 2006. Late middle Pleistocene cool non-marine mollusc and mammal faunas from Livorno (Italy). *Riv. It. Pal. Str.* 112: 135-155.

(ms. pres. il 31 dicembre 2008; ult. bozze il 17 aprile 2009)