

**EVOLUZIONE TETTONICO-SEDIMENTARIA NEOGENICA
LUNGO UNA TRASVERSALE AI BACINI DI VOLTERRA E DELLA VAL D'ELSA(***)**

INDICE

RIASSUNTO	pag. 93
ABSTRACT	" 93
INTRODUZIONE	" 94
INQUADRAMENTO GEOLOGICO	" 94
SEZIONE GEOLOGICA ED EVOLUZIONE PALEOGEOGRAFICA	" 102
BIBLIOGRAFIA	" 103

RIASSUNTO

Sulla base di ricerche interdisciplinari è stata ricostruita la successione degli eventi tettonici e sedimentari nel settore orientale del Bacino di Volterra (area Volterra-Spicchiaiola) e in quello meridionale del Bacino della Val d'Elsa (area Poggibonsi-Siena). Il confronto tra questi due settori lungo una sezione significativa ad essi trasversale (Sezione Mazzolla-Castellina in Chianti) ha permesso di precisare lo sviluppo dell'alto strutturale (Dorsale Medio-toscana) che li separa e quindi di ricostruire l'evoluzione di quest'area dell'Appennino. La ricostruzione si è articolata con l'eliminazione progressiva dalla Sezione Mazzolla - Castellina in Chianti delle deformazioni realizzatesi durante il Neogene. Nella considerazione dei rigetti e dell'attività delle faglie sono risultati determinanti i dati stratigrafici e paleobatimetrici.

Durante l'intervallo Serravalliano-Tortoniano inferiore l'area attraversata dalla sezione faceva parte di un unico bacino sedimentario marino (Bacino di Ponsano). Solo dal Tortoniano superiore inizia ad identificarsi la Dorsale Medio-toscana come elemento di separazione tra il Bacino di Volterra (-Chiusdino) e quello della Val d'Elsa (-Siena). Questi due bacini divengono così il ricettacolo di una sedimentazione dapprima fluviale e successivamente lacustre; è probabile comunque che inizialmente la dorsale non riuscisse a separare in modo completo i due bacini tant'è che i loro depositi sono caratterizzati da identiche ostracofaune. La presenza di olistostromi nei sedimenti lacustri è inoltre testimone di movimenti relativi tra le aree di bacino e la dorsale, mentre la natura dei clasti (di Liguridi e in minore misura di Arenaria di Ponsano) offre utili indicazioni sulle formazioni presenti negli alti morfologici.

Con il proseguire dell'attività tettonica i due bacini si separavano definitivamente in quanto la trasgressione marina del Messiniano inferiore interessa solo il bacino occidentale non riuscendo a superare la Dorsale Medio-toscana. Nonostante lungo la fascia della sezione la dorsale sia rimasta emersa fino al Pliocene medio, al momento della deposizione dei sedimenti di "lago-mare" del Messiniano sommitale i bacini tornavano ad essere comunicanti; lo testimonia la presenza nei relativi depositi di identiche associazioni dulcicole o di acque leggermente salmastre.

Con il Pliocene i due bacini mostrano una evoluzione dinamico-sedimentaria diversa: sedimentazione continua e ad

vato tasso nel Bacino di Volterra, discontinua e con modesti spessori di sedimenti nel Bacino della Val d'Elsa. Nel Pliocene medio iniziale, comunque, la subsidenza interessava tutta la fascia della sezione (con gran parte della Dorsale Medio-toscana sommersa), ad eccezione dell'area di Spicchiaiola-Pignano. Sempre nell'ambito del Pliocene medio, infine, i due bacini risentivano del generale sollevamento responsabile della regressione marina in tutta la Toscana meridionale.

ABSTRACT

The tectono-sedimentary, Neogene evolution of a key area of Southern Tuscany has been analyzed. The area is characterized by two extensional basins (the Volterra Basin to the west and Val d'Elsa Basin to the east) separated by a morphological and structural high (the "Dorsale Medio-toscana"). The analysis has been carried out along a cross-section from the southwest edge of the Volterra Basin (Mazzolla-Castellina in Chianti) to the eastern edge of the Val d'Elsa Basin (Chianti Mountain). Six paleo-sections were reconstructed ranging in age from the Serravallian to the Recent. Biostratigraphic and paleoenvironmental information obtained from micropaleontological analyses has allowed the evaluation of fault activities in the two basins at the various stages of evolution.

During Serravallian-early Tortonian the whole area was part of a single sedimentary basin: the Ponsano Basin. That is, there is no evidence to suggest that at that time the "Dorsale Medio-toscana" was a morphological high.

During late Tortonian the "Dorsale Medio-toscana" developed and separated the basins of Volterra and Val d'Elsa. The separation was not complete, however, as indicated by identical ostracod assemblages in the two basins. The basins contain fluvial and lacustrine sediments. Rapid rise and partial emersion of the "Dorsale Medio-toscana" and possible presence of relatively steep slopes are suggested by conglomeratic debris flow deposits interbedded with lacustrine sediments. Furthermore, pebbles of conglomeratic layers of fluvio-lacustrine sequence were totally originated from the rocks of ligurian units and from the Ponsano Formation, that formed the ridge bedrock.

During early Messinian the "Dorsale Medio-toscana" was fully emerged, and separated completely the two basins. In fact, Messinian marine facies have been found in the Volterra Basin but not in the Val d'Elsa Basin.

During late Messinian ("lago mare" phase) a connection was re-established between the two basins as indicated by identical microfaunistic assemblages. This connection must have developed elsewhere, because along the studied cross-section the "Dorsale Medio-toscana" remained a morphological high.

During Pliocene the two basins behaved differently. The Volterra Basin experienced a continuous high rate of sedimentation, whereas the Val d'Elsa Basin experienced discontinuous, variable sedimentation. Furthermore during the early Middle Pliocene, subsidence affected the area studied and much of the "Dorsale Medio-toscana" was submerged except in the Spicchiaiola-Pignano region. Afterwards, still in the Middle Pliocene, the whole area was affected by regional uplift, which led to a major marine regression everywhere in Southern Tuscany.

(*)Dipartimento di Scienze della Terra - Università di Pisa.

(**)Dipartimento di Scienze della Terra - Università di Siena.

(***)Lavoro eseguito con fondi MURST 60% (titolari BOSSIO, MAZZEI, SALVATORINI, SANDRELLI) e CNR (contratto n° 9400181 titolare LAZZAROTTO).

PAROLE CHIAVE: Stratigrafia, Evoluzione tettonico-sedimentaria, Neogene, Toscana meridionale.

KEY WORDS: Stratigraphy, Tectonic-sedimentary evolution, Neogene, Southern Tuscany.

INTRODUZIONE

La Toscana meridionale è caratterizzata da depressioni tettoniche, con orientamento prevalente NNW-SSE (definite strutture di tipo graben da GIANNINI & TONGIORGI, 1959), all'interno delle quali si sarebbe realizzata, a partire dal Tortoniano superiore, la sedimentazione neoautoctona (si vedano, ad esempio, TREVISAN, 1952; GIANNINI, 1962; LAZZAROTTO & MAZZANTI, 1965; MAZZANTI, 1966a,b; LAZZAROTTO, 1967; CALAMAI *et alii*, 1970; LAZZAROTTO & MAZZANTI, 1978; GIANNELLI *et alii*, 1981; COSTANTINI *et alii*, 1982, 1988). Tali depressioni vengono ad interferire (Fig. 1) con lo sviluppo di linee trasversali (transfer fault) orientate WSW-ENE (LAZZAROTTO & SANDRELLI, in stampa)⁽¹⁾. L'inizio della tettonica distensiva nella Toscana meridionale è stato messo di recente in discussione; è stato prospettato infatti che esso si sia realizzato nel Miocene medio o addirittura nella parte terminale del Miocene inferiore (BERTINI *et alii*, 1991; BALDI *et alii*, 1994;

⁽¹⁾Questo lavoro, già citato in altre pubblicazioni (ad es. in COSTANTINI *et alii*, 1988), era stato accettato nel 1988 per la stampa su un volume speciale edito dall'ENEL ma ancora non pubblicato. In tale lavoro, del quale riproponiamo lo schema di Fig. 1, viene per la prima volta indicato il ruolo passivo di due linee ("transfer fault") a sviluppo regionale e trasversali all'Appennino Settentrionale: la "linea Piombino-Faenza" e la "linea Follonica-Rimini".

ELTER & SANDRELLI, 1995). Non meno interessanti sono le recenti acquisizioni dal punto di vista stratigrafico e paleogeografico ottenute con ricerche interdisciplinari sulle successioni di numerosi bacini neogenici e per le quali si rimanda a BOSSIO *et alii* (1992a,b,c,d,e; 1993; 1994a,b; in stampa a,b).

Scopo di questa nota è quello di apportare un contributo alla comprensione dell'evoluzione tettonico-sedimentaria di un settore dell'Appennino settentrionale attraverso l'esame di una sezione geologica (Sezione Mazzolla-Castellina in Chianti) disposta trasversalmente ai bacini mio-pliocenici di Volterra e della Val d'Elsa e alla Dorsale Medio-toscana che li separa. Per poter comprendere e descrivere le progressive tappe di questa evoluzione lo studio è stato articolato attraverso l'esame di sezioni retrodeformate in modo sequenziale.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La Sezione Mazzolla-Castellina in Chianti attraversa un settore della Toscana meridionale comprendente aree di pertinenza del Bacino di Volterra, della Dorsale Medio-toscana e del Bacino della Val d'Elsa (Fig. 2). Questo settore dell'Appennino si è intensamente evoluto durante il regime estensionale che ha interessato la Toscana meridionale a partire dal Burdigaliano superiore; secondo ELTER & SANDRELLI (1995) questo regime è caratterizzato all'inizio da un rapido sollevamento (Antiforme paleoappenninica) seguito, nell'area più occidentale (fianco occidentale dell'Antiforme), dall'attivazione di faglie dirette responsabili della "serie ridotta"; a quest'ultime sono da ricollegare le depressioni tettoniche in cui si sono deposte le arenarie di Manciano (Langhiano sup. - Serravalliano

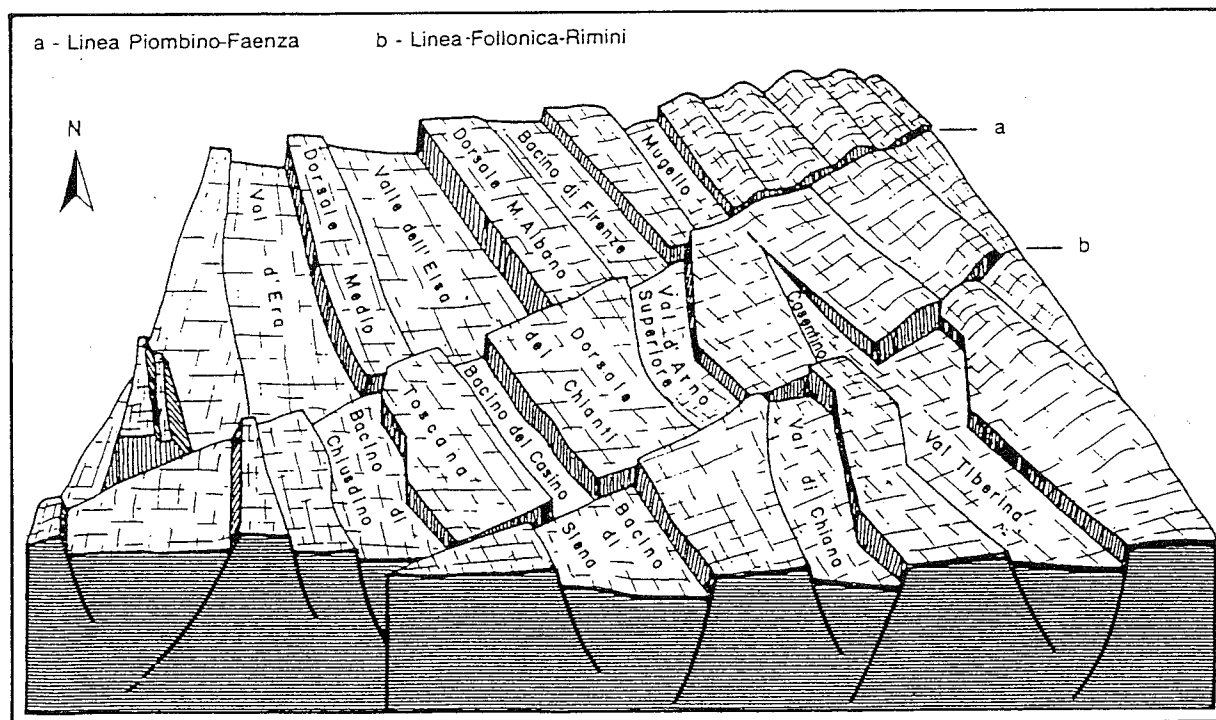


Fig. 1 - Stereogramma strutturale, schematico e non in scala, mostrante i probabili rapporti delle linee trasversali dell'Appennino settentrionale con le strutture rigide distensive e con quelle plicative (da LAZZAROTTO & SANDRELLI, in stampa). In questa nota la depressione tettonica della Val d'Era e quella del Bacino di Chiusdino corrispondono al Bacino di Volterra mentre la depressione tettonica della Valle dell'Elsa e il Bacino del Casino al Bacino della Val d'Elsa.

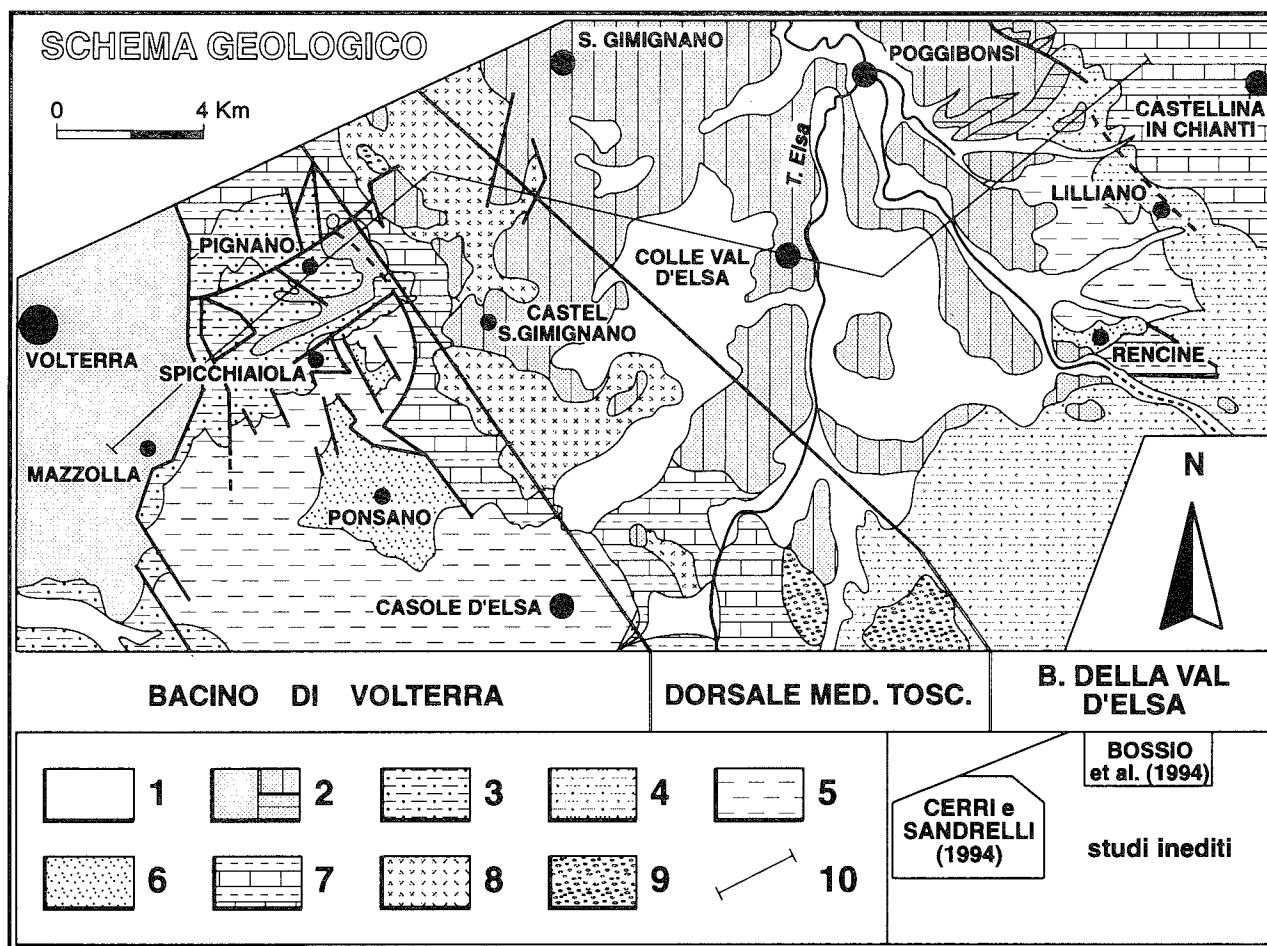


Fig. 2 - Schema geologico delle aree circostanti la Sezione Mazzolla-Castellina in Chianti: 1) Depositi fluviali e lacustri, travertini (Plio-Quaternario); 2) Argille, sabbie e conglomerati marini pliocenici (*Conglomerati di Bosco delle Volpaie, Argille azzurre, Conglomerati di C. Stieri, Sabbie di Talciona*). Con il rigato orizzontale e verticale rispettivamente i sedimenti del I e II ciclo del Bacino della Val d'Elsa; 3) Argille, conglomerati, gessi e calcari messiniani di ambiente marino e lacustre ("lago-mare") del Bacino di Volterra (*Argille e gessi del F. Era Morta, Argille a Pycnodonta, Calcari di Castelnuovo, Conglomerati di Villa Mirabella*); 4) Argille e conglomerati di età Turoliano e di ambiente lacustre ("lago-mare") del Bacino della Val d'Elsa (*Argille del Casino, Conglomerati di Lilliano, Breccia di Grotti*); 5) Argille, arenarie e conglomerati di età Turoliano-Messiniano di ambiente lacustre e lagunare (*Conglomerati di Pod. Luppiano, Argille del T. Foschi e Formazione della Spicchiaiola*, quest'ultima presente solo nel Bacino di Volterra); 6) *Arenaria di Ponsano* (Serravalliano superiore-Tortoniano inferiore); 7) Complesso delle formazioni di facies ligure (Giurassico-Eocene: *Formazione di Lanciata, Arenaria di Montecatini, Formazione di M. Morello, Flysch di Montaione, Argille a Palombini, Diaspri, Basalto, Serpentina, Gabbro*); 8) Complesso delle formazioni di facies toscana (Triassico: *Formazione anidritica di Burano*); 9) Complesso delle formazioni metamorfiche (Paleozoico-Triassico: *Gruppo delle formazioni della Montagnola Senese, Gruppo del Verrucano, Scisti e arenarie di Iano*); 10) Traccia della Sezione Mazzolla-Castellina in Chianti.

inf.) e di Ponsano (Serravalliano sup. - Tortoniano inf.). Alla tettonica distensiva pre-Tortoniano superiore, che ha provocato una estensione di almeno il 60%, è seguito lo sviluppo di una nuova fase distensiva (BERTINI et alii, 1991) alla quale sono da ricollegare i bacini del Tortoniano superiore - Pliocene medio.

Area del Bacino di Volterra — Fanno parte di questo bacino i depositi del Miocene superiore e del Pliocene inferiore-medio che costituiscono le colline che si allungano in direzione appenninica tra Pontedera e Monticiano per circa 75 km. Nell'area della sezione è presente una successione neoautoctona che, a partire dai termini più recenti, è così composta (per le terminologie delle unità litostratigrafiche si fa riferimento a CERRI & SANDRELLI, 1994):

— argille, sabbie e conglomerati marini pliocenici: *Argille azzurre e Conglomerati di Bosco delle Volpaie*;

— argille, conglomerati, gessi e calcari messiniani di ambiente marino e lacustre (facies di "lago-mare"): *Argille e gessi del F. Era Morta, Argille a Pycnodonta, Calcari di Castelnuovo, Conglomerati di Villa Mirabella*;

— argille, arenarie e conglomerati di età turoliano-messiniana di ambiente lacustre e lagunare: *Formazione della Spicchiaiola, Argille del T. Foschi, Conglomerati di Pod. Luppiano*;

— arenarie e marne argillose marine del Tortoniano inferiore: *Arenaria di Ponsano*.

Una lacuna sedimentaria accompagnata da discordanze angolari, localmente ben evidenti (GIANNINI & TONGIORGI, 1960), è documentabile tra l'*Arenaria di Ponsano* del Tortoniano inferiore e il *Conglomerato di Pod. Luppiano* di età turoliana (colonna A2 in Fig. 3). Una seconda discordanza è presente nell'area più orientale (colonne A2 e B1 di Fig. 3) alla base della

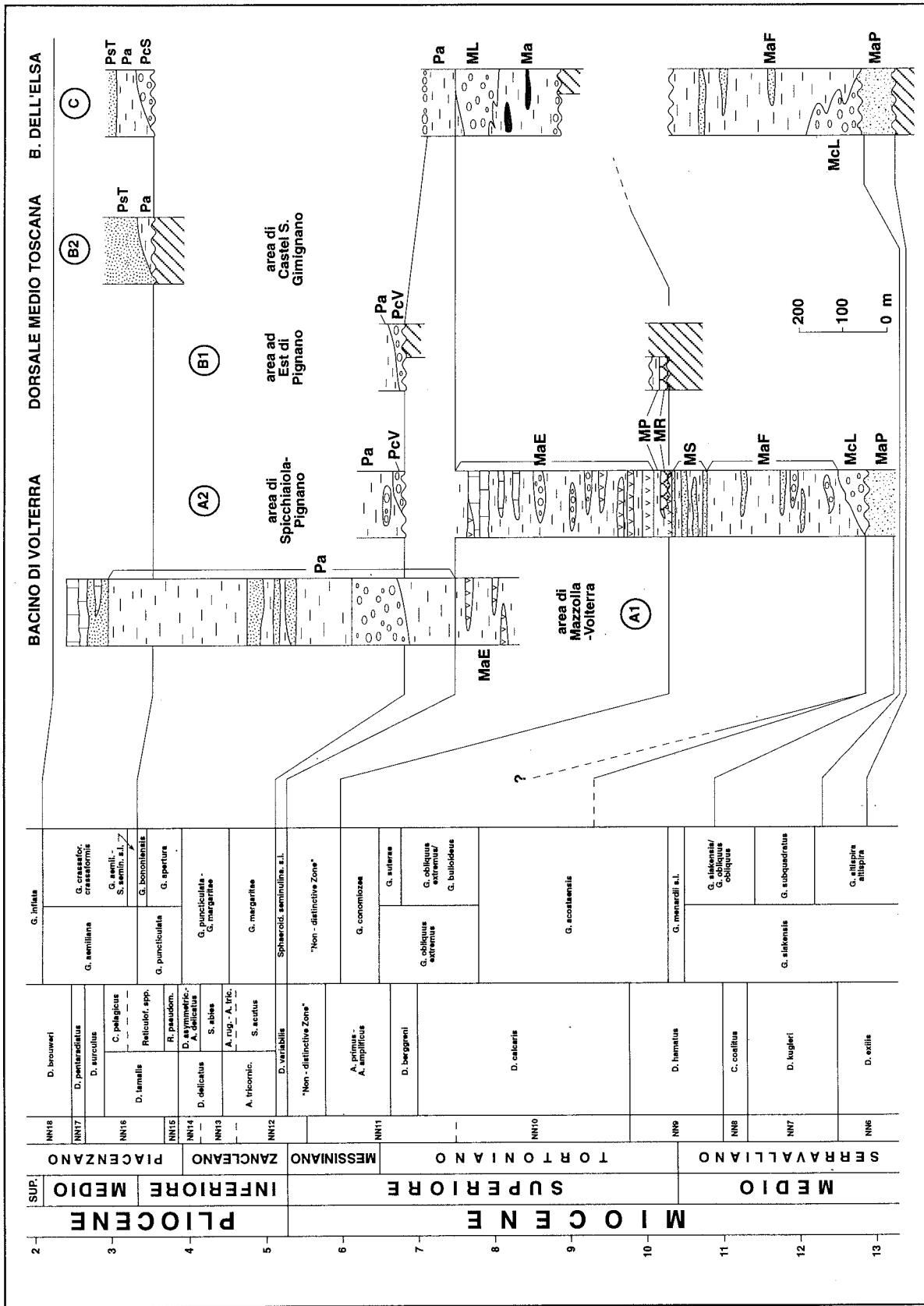


Fig. 3 - Inquadramento bio-cronostratigrafico delle successioni sedimentarie neogene dell'area studiata. Per le sigle si faccia riferimento al testo e a quelle di Fig. 4, in rigato obliquo è rappresentato il substrato preneogenico.

trasgressione marina messiniana. Al passaggio Mio-Pliocene si individuano poi settori del Bacino di Volterra che presentano tratti evolutivi differenti: in quello di Mazzolla-Volterra (colonna A1 di Fig. 3), che peraltro costituisce l'area maggiormente subsidente, si realizza un passaggio continuo e concordante (trasgressione "acqua su acqua" di BOSSIO *et alii*, 1978) tra le mioceniche *Argille e gessi del F. Era Morta* e le soprastanti *Argille azzurre* plioceniche; in quello di Spicchiaiola-Pignano (colonna A2 di Fig. 3) è invece documentabile una lacuna alla base del Pliocene (corrispondente alla Zona a *Sphaeroidinellopsis seminulina* s.l. dei Foraminiferi planctonici e alla Zona a *Discoaster variabilis* s.l. dei nanfofossili) accompagnata da una marcata discordanza angolare tra sedimenti pliocenici e quelli miocenici (BOSSIO *et alii*, 1992d,e; in stampa a). Nel primo settore sono inoltre osservabili, all'interno delle *Argille azzurre*, corpi lentiformi costituiti da conglomerati e sabbie; questi corpi sono stati messi in relazione con sollevamenti di aree più meridionali (BOSSIO *et alii*, 1992a, 1994b).

Area della Dorsale Medio-toscana — La Dorsale Medio-toscana costituisce l'alto morfologico-strutturale che da poco a Nord di Iano si estende verso Sud fino al M.te Leoni. Le formazioni affioranti sono in gran parte metamorfiche e appartengono all'Unità di Monticiano-Roccastrada. Di questa unità nella fascia interessata dalla Sezione Mazzolla-Castellina in Chianti si rinvennero, a Sud-Ovest di Poggio del Comune (località Petrocchio), Anageniti minute del Gruppo del Verrucano e una litofacies correlabile con gli *Scisti e arenarie di Iano* del Carbonifero. Al di sopra delle unità metamorfiche si ha la *Formazione delle Anidriti di Burano - Calcare cavernoso* (Trias sup.) a sua volta sormontata da unità mesozoiche e terziarie del Complesso ligure (*Argille a Palombini, Flysch di Montaine, Arenaria di Montecatini*); si individuano così rapporti da "serie ridotta" mancando sempre gli altri termini della Falda Toscana. Sono infine presenti, sui margini della dorsale, piccoli lembi di sedimenti neoautoctoni che rappresentano significative testimonianze per le ricostruzioni paleogeografiche. In riferimento a questi lembi è possibile riconoscere un settore occidentale (colonna B1 di Fig. 3) con sedimenti mio-pliocenici confrontabili con quelli del Bacino di Volterra ed uno orientale (colonna B2 di Fig. 3) con termini marini pliocenici senza soluzione di continuità con quelli del Bacino della Val d'Elsa. Nel primo settore sono riconoscibili due discordanze: una alla base della trasgressione marina del Messiniano l'altra alla base di quella pliocenica (colonna B1 di Fig. 3); nel secondo è palese invece una marcata discordanza alla base dei sedimenti marini del Pliocene medio, appartenenti al 2° ciclo pliocenico riconosciuto nel Bacino della Val d'Elsa da BOSSIO *et alii* (1993).

Area del Bacino dell'Elsa — Il bacino costituisce un segmento della lunga (oltre 300 km) fossa tettonica che, a partire dalla Valle del Serchio, raggiunge quella del Tevere. Nell'area esaminata (Fig. 2) sono state riconosciute le seguenti unità neoautoctone, in ordine a partire dalla più recente e in riferimento ai lavori di PASINI & SANDRELLI (1977), LAZZAROTTO & SANDRELLI (1979) e BOSSIO *et alii* (1993, in preparazione):

— argille, sabbie e conglomerati marini pliocenici (costituenti due cicli sedimentari secondo BOSSIO *et alii*,

1993): *Sabbie di Talciona, Argille azzurre, Conglomerati di C. Stieri*;

— argille e conglomerati di ambiente lacustre ("lagomare") e di età turoliana: *Argille del Casino, Conglomerati di Lilliano e Breccia di Grotti*;

— argille e conglomerati fluvio-lacustri e lacustri del Turoliano: *Conglomerati di Pod. Luppiano e Argille del T. Fosci*;

— arenarie marine del Serravalliano superiore: *Arenaria di Ponsano*.

Nel settore più orientale del Bacino dell'Elsa (noto come "Bacino del Casino") affiorano esclusivamente sedimenti miocenici. Quelli stratigraficamente più bassi (*Arenaria di Ponsano*) poggiano in discordanza (colonna C di Fig. 3) su litofacies diverse del Complesso ofiolitico (PASINI & SANDRELLI, 1977; LAZZAROTTO & SANDRELLI, 1979). Anche l'inizio della successione lacustre è contrassegnato da una discordanza angolare, localmente evidenziata da paleosuperfici di erosione al tetto dell'unità sottostante (PASINI & SANDRELLI, 1977). All'interno di questa successione lacustre si riconoscono inoltre due cicli sedimentari anch'essi separati da una marcata discordanza angolare (LAZZAROTTO & SANDRELLI, 1979). Recentemente BOSSIO *et alii* (1993) hanno individuato nella porzione superiore del ciclo più recente faune pannoniche della biofacies di "lagomare" del Miocene terminale. Gli stessi Autori riconoscono inoltre una continuità di sedimentazione tra i termini miocenici e le argille di base del Pliocene (Zona a *Sphaeroidinellopsis seminulina* s.l., Zona a *Discoaster variabilis* s.l.) e documentano per la prima volta nell'area del Borro dei Carfini un secondo ciclo sedimentario, riferibile al Pliocene medio.

* * *

La descrizione delle formazioni neoautoctone (di cui, come già detto, fa parte anche l'*Arenaria di Ponsano*) è limitata ai caratteri essenziali, di integrazione alla lettura delle colonne stratigrafiche riportate in Fig. 3 e della Sezione Mazzolla-Castellina in Chianti illustrata in Fig. 4. Per maggiori dettagli si rimanda comunque ai lavori di LAZZAROTTO & SANDRELLI (1979), MAZZANTI *et alii* (1981), BOSSIO *et alii* (1992a,d,e; 1993; 1994b; in stampa a). Questa descrizione viene effettuata a partire dall'unità più antica; nel caso si abbiano più formazioni della stessa età la loro trattazione inizierà da quelle poste ad occidente della dorsale.

Arenaria di Ponsano (MaP) - Dei tre affioramenti dell'unità, quello della località tipo e quello di Rencine-Trasqua sono noti da tempo, mentre un terzo è stato individuato recentemente poco ad Est di Casole d'Elsa (lungo la strada che da questa località porta alla S.S. N° 541 - Traversa Maremmana). Nelle località di Rencine e di Casole affiora la porzione più bassa dell'unità; questa è costituita in netta prevalenza da arenarie più o meno grossolane e solo eccezionalmente da conglomerati e argille o argille siltose. Nell'area di Ponsano anche il litotipo pelitico è invece ben sviluppato, tanto da consentirne una distinzione cartografica. La base della formazione a Rencine è stata riferita al Serravalliano inoltrato (MAZZEI *et alii*, 1982) mentre la porzione più recente, affiorante a Ponsano, è risultata del Tortoniano inferiore (MAZZANTI *et alii*, 1981). Le associazioni rinvenute nei campioni esaminati sono inoltre costantemente indicative della zona neritica. Il notevole spessore dei sedimenti riscontrato nell'area-tipo



Fig. 4 - Sezione Mazzolla - Castellina in Chianti: (d) Depositi recenti fluviali, lacustri e travertini, *Sabbie di Talciona* (PsT), *Argille azzurre* (Pa), *Conglomerati di C. Stieri* (PsS), *Conglomerati di Bosco delle Volpae* (PsV), *Conglomerati di Lilliano* (ML), *Argille del Casino* (Ma), *Argille a Pynodonta* (MP), *Calccare di Rosignano* (MR), *Formazione della Spicchiola* (MS), *Argille del T. Fosci* (MaF), *Conglomerati di Pod. Luppiano* (McL) e *Arenaria di Ponsano* (MaP). *Complesso delle formazioni di facies ligure* (CL), *Complesso delle formazioni di facies toscana* (CT), *Complesso delle formazioni metamorfiche* (UM).

(circa 500 m), se rapportato al breve tempo di deposizione, è indicativo di un bacino fortemente subsidente.

Conglomerato di Pod. Luppiano (McL): Tortoniano superiore (Turoliano) - Si tratta di conglomerati disorganizzati e mal stratificati, con elementi eterometrici arrotondati e subarrotondati costituiti prevalentemente da calcari silicei e subordinatamente da radiolariti e ofioliti. Molti clasti presentano la caratteristica patina rossastra tipica dei conglomerati lacustri basali del Miocene superiore. La matrice arenacea, quantitativamente variabile, assume localmente un colore rosso. L'unità è stata istituita nel Bacino di Volterra (CERRI & SANDRELLI, 1994; BOSSIO *et alii*, 1992d, e, in stampa a) ed è correlabile con il "Conglomerato rosso" riconosciuto da LAZZAROTTO & SANDRELLI (1979) nel "Bacino del Casino" alla base del ciclo del lacustre inferiore.

Argille del T. Fosci (MaF): Tortoniano superiore (Turoliano) - La formazione è costituita essenzialmente da argille massicce di colore grigio a cui si intercalano sottili livelli lentiformi di arenarie con ciottoli e/o di marne sabbiose. Nelle argille che affiorano nel "Bacino del Casino" è presente localmente una frazione sabbiosa più cospicua. I fossili dell'unità consentono di evidenziare un ambiente deposizionale lacustre di debole profondità. Alle *Argille del T. Fosci*, unità introdotta per l'area della Spicchiaiola presso Volterra (CERRI & SANDRELLI, 1994; BOSSIO *et alii*, 1992 d,e, in stampa a) sono riconducibili parte dei litotipi del ciclo lacustre inferiore del "Bacino del Casino".

Formazione della Spicchiaiola (MS): Messiniano inferiore - L'unità istituita nella località omonima del Bacino di Volterra (CERRI & SANDRELLI, 1994; BOSSIO *et alii*, 1992d,e, in stampa a) è costituita da argille e argille sabbiose di colore grigio e grigio nocciola a cui si intercalano arenarie calcaree gradate; queste ultime aumentano in genere verso l'alto sia in spessore sia in frequenza. Nella porzione superiore della formazione sono presenti localmente banchi di conglomerato. Il contenuto micropaleontologico dell'unità è rappresentato sostanzialmente da associazioni oligotipiche (in ogni caso molto povere) a Foraminiferi bentonici e ad Ostracodi; esso è indicativo di un ambiente lagunare caratterizzato da acque debolmente salmastre.

Calcare di Rosignano (MR): Messiniano inferiore - La formazione è rappresentata dai *Conglomerati di Villa Mirabella* e dai *Calcari di Castelnuovo*, i due membri più recenti dei quattro riconosciuti nell'area tipo da BARTOLETTI *et alii* (1986). La prima unità consiste di conglomerati marini eterometrici con clasti rappresentativi del substrato (prevalentemente calcari e calcari silicei) sul quale si realizza la trasgressione marina. La seconda è costituita da depositi recifali con facies biocostruite alternate ricorrentemente ad altre di tipo bioclastico. L'ambiente di sedimentazione marino è costiero per entrambe.

Argille a Pycnodonta (MP): Messiniano inferiore - Sono costituite per la massima parte da argille massicce di colore grigio e grigio scuro. La loro porzione basale, con microfaune di ambiente lagunare salmastro, è comprensiva di un livello di gesso; per il resto esse contengono abbondanti *Pycnodonte navicularis* e associazioni microfaunistiche e nanofloristiche denotanti un ambiente marino con condizioni chimiche non normali.

Argille del F. Era Morta (MaE): Messiniano superiore (Turoliano) - La formazione è stata riconosciuta

da CERRI & SANDRELLI (1994) nell'area della Spicchiaiola. Consiste di argille e argille sabbiose contenenti numerosi livelli e lenti di litotipi diversi (gessi, conglomerati, sabbie e travertini). Il suo livello basale, costituito da vari strati di gesso intercalati ad argille, è correlabile con quello d'inizio della generale deposizione evaporitica nel Bacino Mediterraneo (BOSSIO *et alii*, 1978, 1986, in stampa a). La parte restante della successione appartiene alla cosiddetta "facies di lago-mare" caratterizzata da acque dolci o, a salinità molto ridotta.

Argille del Casino (Ma): Messiniano sup. (Turoliano) - L'unità, introdotta per la prima volta in questo lavoro, è costituita da argille, argille marnose e marne di colore grigio caratterizzate, soprattutto nella parte centrale del bacino, da banchi di lignite (spessore massimo di due o tre metri). Anche questa unità, che appartiene al ciclo lacustre più recente dei due descritti da LAZZAROTTO & SANDRELLI (1979) per il "Bacino del Casino", è di pertinenza del dominio di "lago-mare" (BOSSIO *et alii*, 1993).

Conglomerati di Lilliano (ML): Messiniano superiore (Turoliano) - Sono diffusi in tutto il margine orientale del "Bacino del Casino" dove sormontano le argille MaC o dove si ritrovano lateralmente ad esse. Corrispondono alla litofacies A di LAZZAROTTO & SANDRELLI (1979), rappresentata da un conglomerato eterometrico prevalentemente granosostenuto e localmente con debole classazione, costituito da clasti provenienti da unità liguri e raramente dal *Calcare cavernoso*. Anche questa unità del ciclo lacustre superiore è proposta per la prima volta in questa nota.

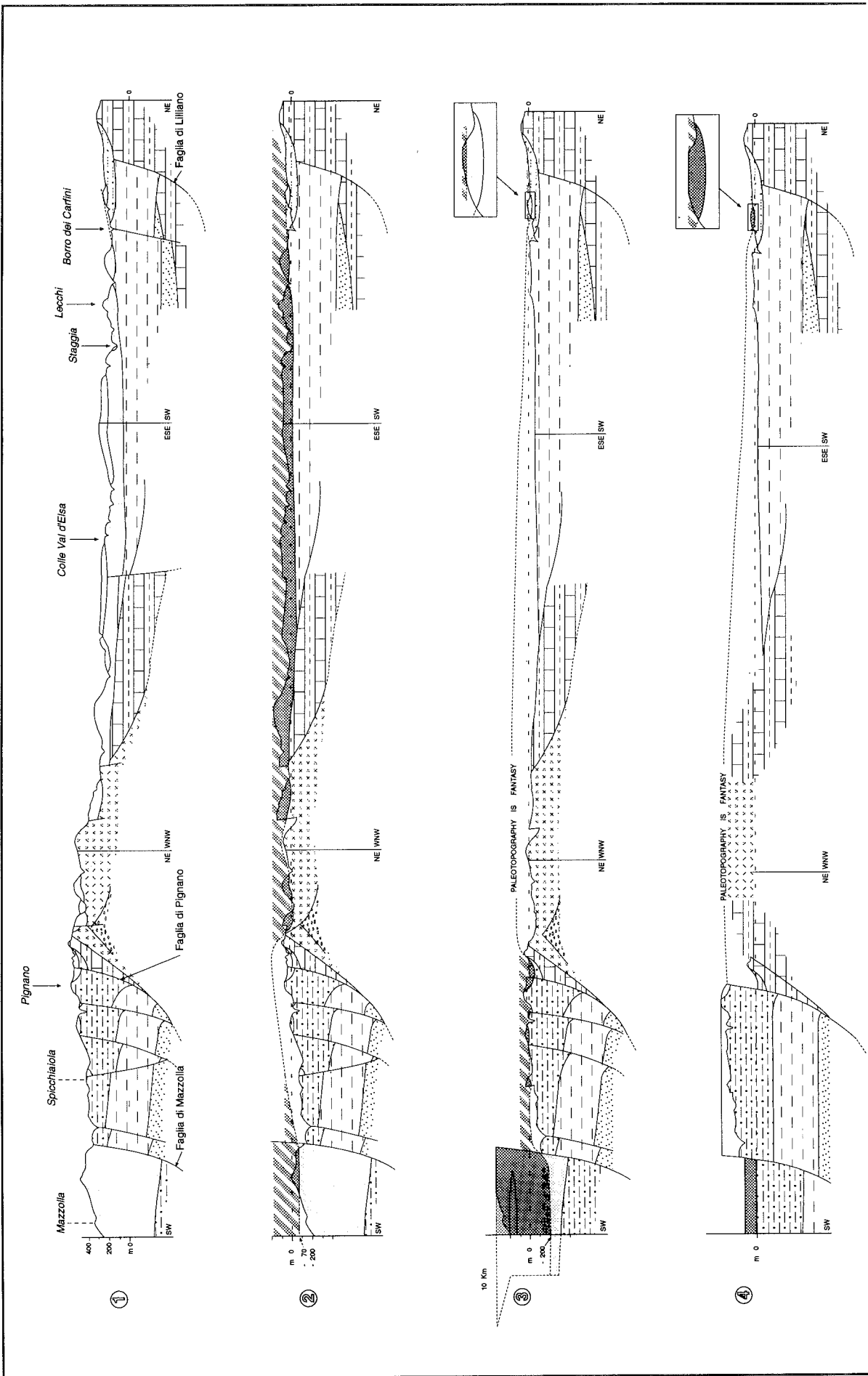
Breccia di Grotti (MG): Messiniano superiore (Turoliano) - L'unità affiora estesamente lungo il margine occidentale del "Bacino del Casino" (litofacies B di LAZZAROTTO & SANDRELLI, 1979), dove mostra una giacitura analoga a quella dei *Conglomerati di Lilliano*. Da questi ultimi si distingue sostanzialmente per essere costituita da clasti carbonatici poco elaborati provenienti dal *Calcare cavernoso*.

Conglomerati di Bosco delle Volpaie (PcV): Pliocene inferiore - Si tratta di conglomerati eterogenei con prevalenti clasti dolomitici mediamente ben elaborati ed eterometrici (generalmente però del diametro di 2-3 cm); la matrice è arenaceo-carbonatica e a luoghi abbondante. L'unità rappresenta il termine basale della trasgressione marina del Pliocene inferiore (Zona a *Globorotalia margaritae*; Zona a *Amaurolithus tricorniculatus*) nel versante occidentale della Dorsale Mediotoscana (CERRI & SANDRELLI, 1994; BOSSIO *et alii*, in stampa a).

Conglomerati di C. Stieri (PcS): Pliocene medio - I conglomerati, prevalentemente granosostenuti, sono eterometrici e poligenici, con elementi provenienti in massima parte dalle formazioni liguri e subordinatamente dal *Calcare cavernoso*; essi materializzano l'inizio della trasgressione del secondo ciclo pliocenico nel Bacino dell'Elsa (BOSSIO *et alii*, 1993).

Argille azzurre (Pa): Pliocene inferiore e medio - La formazione è costituita essenzialmente da argille di aspetto massiccio e di colore grigio-azzurro fino a nocciola, contenenti sporadici partimenti argilloso-sabbiosi.

In BOSSIO *et alii* (1993) questa unità è stata indicata come *Argille di B. ro dei Carfini* (Pliocene inferiore) e *Argille di C. Strolla* (Pliocene medio). Nell'area tra Volterra e la Dorsale Medio-toscana all'interno della formazione sono state individuate unità di rango inferiore (per i loro rapporti si veda anche la Fig. 3):



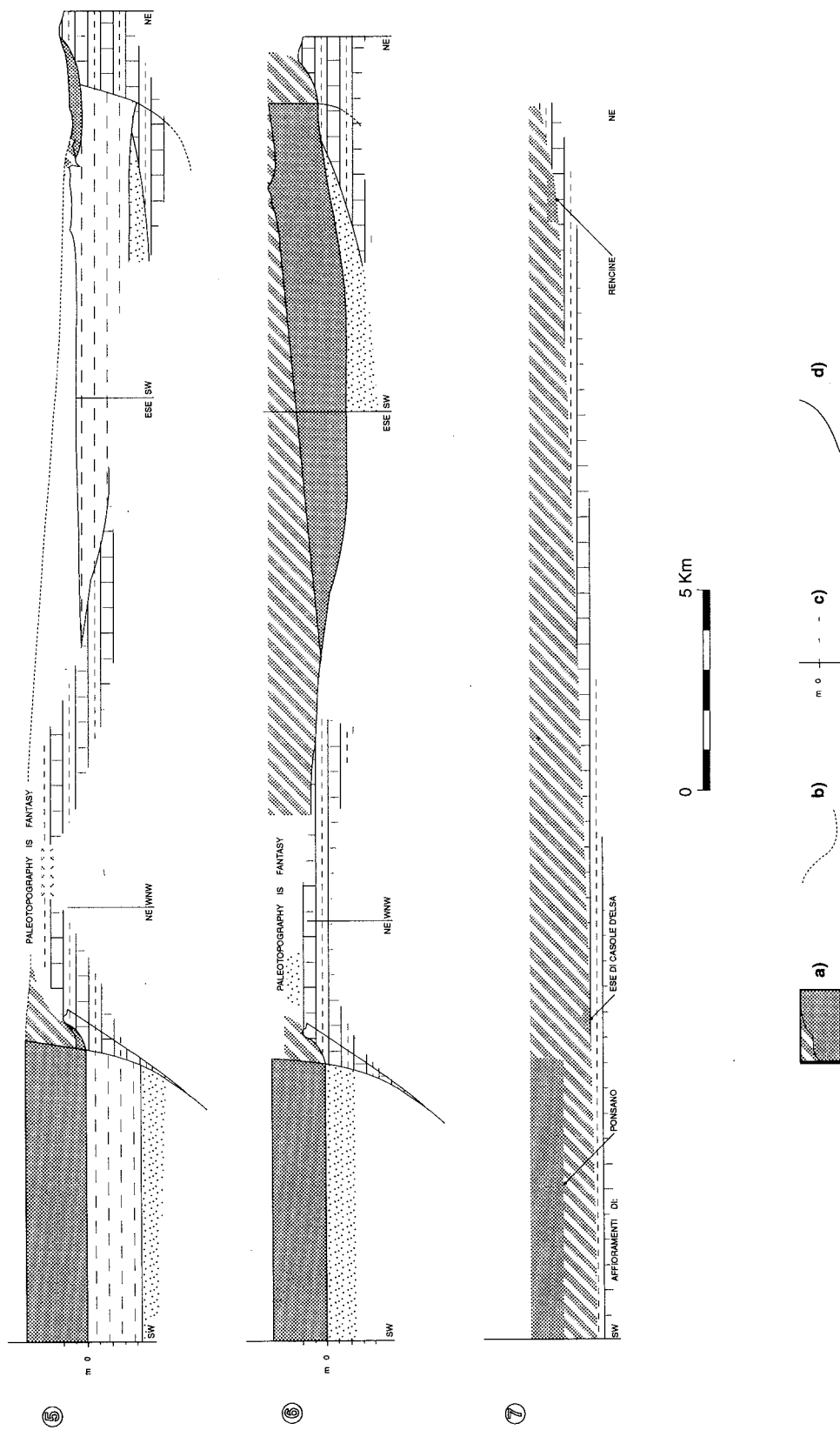


Fig. 5 - Retrodeformazione della Sezione geologica Mazzolla-Castellina in Chianti. a) Sedimenti depositi tra due intervalli successivi (in tratteggio quelli presunti); b) paleotopografia; c) livello del mare (considerato fisso nel tempo); d) faglie principali. Per la restante simbologia si veda Fig. 2.

a) *Argille e conglomerati del Torrente Zambra* (Bossio *et alii*, 1994b): argille con ciottoli sparsi e lenti di conglomerato con clasti ben elaborati prevalentemente calcarei.

b) *Brecce e conglomerati* (CERRI & SANDRELLI, 1994; Bossio *et alii*, in stampa a): brecce, a luoghi sostituite da conglomerati con matrice sabbiosa grossolana o da microconglomerato; gli elementi sono di dolomia grigia e subordinatamente di calcari; le loro dimensioni variano da 2 cm a 2 m. Nell'ambito dell'unità sono stati osservati anche sporadici blocchi di argilla del diametro di 10-40 cm, tra cui uno contenente piccoli clasti di gesso.

c) *Sabbie di Mazzolla* (Bossio *et alii*, 1994b): sabbie giallastre a grana da media a grossolana con caratteristiche deposizionali tipo "grain flows". Nell'area omonima costituiscono 3 potenti livelli intercalati nella porzione mediana delle *Argille azzurre*; ciascuno è contraddistinto da più strati localmente amalgamati e sfuma gradualmente alle argille.

Sabbie di Talciona (PsT): Pliocene medio - L'unità è stata istituita da Bossio *et alii* (1993) su una litofacies, prevalentemente regressiva, ben estesa nell'area di Colle Val d'Elsa - Poggibonsi. Si tratta di sabbie e arenarie di colore giallo-ocra, generalmente mal stratificate e localmente con abbondanti Molluschi.

SEZIONE GEOLOGICA ED EVOLUZIONE PALEOGEOGRAFICA

Nell'area interessata dalla Sezione Mazzolla-Castellina in Chianti (Fig. 4) gli scriventi hanno svolto da alcuni anni rilevamenti di dettaglio accompagnati da accurati studi stratigrafici e paleoambientali che hanno permesso di definire i rapporti tra le formazioni neoaotocone lungo il tracciato scelto della sezione e di valutare l'attività di alcune importanti faglie. Con l'integrazione dei dati di campagna e di laboratorio (sono stati utilizzati soprattutto quelli tratti da Bossio *et alii*, 1994a e in stampa a, CERRI & SANDRELLI (1994), per il settore occidentale, da studi inediti e dalle note di LAZZAROTTO & SANDRELLI, 1979, COSTANTINI *et alii*, 1988 e BOSSIO *et alii*, 1993 per il settore orientale) è stata ricostruita e riportata in Fig. 5 una sequenza di sette situazioni tettonico-paleogeografiche lungo il tracciato della sezione. La ricostruzione è stata articolata tramite l'eliminazione progressiva degli effetti della deformazione neogenica dalla sezione di partenza (sez. 1 della Fig. 5; essa rappresenta una semplificazione di quella alla scala 1:50.000 riportata in Fig. 4 e utilizza gli stessi raggruppamenti di formazioni indicati nello schema geologico di Fig. 2); la scelta temporale è stata effettuata in ragione di importanti eventi tettonico-sedimentari registrati in almeno uno dei settori. Per comodità del lettore la descrizione della sequenza viene fatta comunque iniziare dalla situazione più antica.

Sez. 7 - Serravalliano superiore - Tortoniano inferiore (intervallo corrispondente a quello della Zona a *Globorotalia siakensis* - Zona a *Globorotalia acostaensis*, Zona a *Discoaster exilis* - Zona a *D. calcaris*). L'intera area fa parte di un unico bacino marino, caratterizzato da una prevalente o esclusiva sedimentazione arenitica (*Arenaria di Ponsano*). Esso si è formato in regime estensionale durante lo sviluppo nella Toscana Meridionale della "serie ridotta" (ELTER & SANDRELLI cum bibl., 1995). Con l'estinzione del do-

minio marino a seguito di un generale sollevamento inizia una fase di intensa erosione.

Sez. 6 - Tortoniano superiore - Messiniano inferiore. Per movimenti differenziati fra le aree si individuano la Dorsale Medio-toscana e i due bacini ad essa adiacenti: il Bacino di Volterra, ad W e il Bacino della Val d'Elsa ad E, entrambi caratterizzati da un ambiente deposizionale lacustre. Nella fase iniziale della sedimentazione la dorsale non riusciva probabilmente a separare in modo completo i due bacini; una sua sicura emersione in aree vicine è comunque indicata dalla presenza di ciottoli di *Arenaria di Ponsano* nelle litofacies arenaceo-conglomeratiche laterali alle *Argille del T. Fosci* (PASCUCCI, in stampa). In ogni caso la dorsale costituiva un alto morfologico continuo nel Messiniano inferiore poiché ad oriente di essa non sono mai state rinvenute le facies salmastre che invece caratterizzano ad occidente la *Formazione della Spicchiaiola*. L'ambiente lagunare in cui si sono depositi i sedimenti di quest'ultima e che ha sostituito quello lacustre è stato messo in relazione all'apertura delle comunicazioni con il dominio marino ancor più occidentale (Bossio *et alii*, 1991 e successivi). Durante la sedimentazione tra il Tortoniano superiore ed il Messiniano inferiore si attiva la faglia di Pignano (vedi olistostromi nelle *Argille del T. Fosci*) e solo nella fase terminale dell'intervallo quella di Lilliano.

Sez. 5 - Messiniano inferiore - Messiniano superiore. La sezione si riferisce all'intervallo che inizia al momento della generale trasgressione marina messiniana riconosciuta nel Bacino di Volterra e in tutte le aree a W della Dorsale Medio-toscana. Quest'ultima continua a rappresentare un alto morfologico ben marcato poiché i sedimenti marini messiniani non sono presenti nel Bacino dell'Elsa che quindi doveva costituire un'area continentale e probabilmente emersa.

Nel Messiniano superiore sia il Bacino di Volterra sia quello dell'Elsa sono interessati da un dominio lacustre con acque dolci o debolmente salmastre ("lagomare") i cui sedimenti (in continuità su quelli marini del primo e in discordanza su quelli lacustri del I ciclo nel secondo bacino) sono caratterizzati da identiche ostracofaune (Bossio *et alii*, 1993). E' quindi del tutto verosimile che in questo intervallo la Dorsale Medio-toscana non costituisse più una barriera continua.

Sez. 4 - Pliocene inferiore (intervallo corrispondente alla Zona a *Sphaeroidinellopsis seminulina* s.l., Zona a *Discoaster variabilis* s.l.). Nel Bacino di Volterra e in quello dell'Elsa i sedimenti marini pliocenici seguono in continuità quelli miocenici in ragione di una trasgressione "acqua su acqua" (Bossio *et alii*, 1978, 1993, in stampa a); quest'ultima è da ricollegarsi al progredire della subsidenza e al completo ripristino delle comunicazioni del Mediterraneo con l'Oceano Atlantico. Le batimetrie elevate registrate nei livelli basali delle successioni plioceniche stanno a testimoniare la rapidità del fenomeno. L'area della Spicchiaiola-Pignano all'inizio del Pliocene è sicuramente emersa (per un sollevamento che verosimilmente ha coinvolto anche la dorsale) e la trasgressione pliocenica la raggiungerà solo in tempi corrispondenti alla Zona a *Globorotalia margaritae*. In questo intervallo si identifica la Faglia di Mazzolla. Nel Bacino dell'Elsa dopo un rapido approfondimento si hanno evidenze di una diminuzione batimetrica.

Sez. 3 - Pliocene inferiore (intervallo corrispondente alle unità Zona a *Globorotalia margaritae* - Zo-

na a *Globorotalia puncticulata*, Zona a *Amaurolithus tricorniculatus* p.p. - Zona a *Amaurolithus delicatus*). All'inizio di questo intervallo il mare invade anche l'area Spicchiaiola-Pignano del Bacino di Volterra e i sedimenti relativi giacciono in forte discordanza su quelli miocenici; l'elevato angolo di discordanza è dovuto all'accentuato basculamento realizzatosi nel Pliocene iniziale. Nell'area di Mazzolla-Volterra la successione di questo intervallo è caratterizzata da elevati spessori di sedimenti argillosi e da potenti intercalazioni di conglomerati e sabbie. Questa deposizione clastica è da mettere in relazione con flussi gravitativi provenienti dai settori meridionali in sollevamento (Bossio *et alii*, 1992a, 1994b). La locale presenza di tali depositi è indicativa di una asimmetria del Bacino di Volterra con depocentro in prossimità della Faglia di Mazzolla. Dal punto di vista strutturale il bacino deve quindi considerarsi come un semigraben con *master fault* collocata sul suo bordo orientale. Nel Bacino dell'Elsa i processi regressivi, già innescati precedentemente, conducono alla totale emersione all'inizio dell'intervallo considerato (Bossio *et alii*, 1993).

Sez. 2 - Pliocene medio (intervallo corrispondente alla Zona a *Globorotalia aemiliana*, Zona a *Discoaster tamalis*). Nel Bacino di Volterra prosegue la sedimentazione marina anche se in un contesto generalmente meno profondo del precedente; anche il settore Spicchiaiola-Pignano, pur non presentando sedimenti di questo intervallo, viene considerato parzialmente sommerso. L'area della Val d'Elsa è interessata da una nuova ed ampia trasgressione marina la cui documentazione è stata sinora resa nota solo per la zona di Borro dei Carfini (Bossio *et alii*, 1994). Successivamente, ma sempre nell'ambito del Pliocene medio, tutta la fascia interessata dalla sezione risulta emersa.

* * *

La correlazione dei sedimenti depositi nei bacini di Volterra e della Val d'Elsa tra il Tortonianiano superiore ed il Pliocene medio consente di evidenziare la contemporaneità, per alcuni intervalli, di movimenti di sprofondamento ed di sollevamento tra le due aree. Tale contemporaneità trova giustificazione nel particolare regime geodinamico che interessa la Toscana meridionale a partire dal Burdigaliano superiore (ELTER & SANDRELLI, 1995) caratterizzato da episodici e accentuati sollevamenti (Bossio *et alii*, 1994b) in aree soggette ad estensione.

Dal confronto delle sezioni retrodeformate appare anche evidente una migrazione verso occidente delle faglie principali e l'evoluzione della Dorsale Mediotoscana sembra esserne la causa. Più specificatamente il fenomeno potrebbe essere spiegato con lo spostamento verso l'alto, durante l'esumazione della dorsale, dei livelli principali di scollamento (*Formazione anidritica di Burano*, *Gruppo filladico-quarzitico* e *Gruppo dei Micascisti*), nei quali le faglie listriche tendono ad assumere andamento orizzontale.

BIBLIOGRAFIA

BALDI P., BERTINI G., CAMELI G.M., DECANDIA F.A., DINI I., LAZZAROTTO A. & LIOTTA D. (1994) - *Tettonica distensiva post-collisionale nell'area getemica di Larderello (Toscana meridionale)*. Studi Geol. camerti, Vol. speciale 1994/1, 183-193.

- BARTOLETTI E., BOSSIO A., ESTEBAN M., MAZZANTI R., MAZZEI R., SALVATORINI G., SANESI G. & SQUARCI P. (1986) - *Studio geologico del territorio comunale di Rosignano Marittimo in relazione alla carta geologica alla scala 1:25.000*. Quad. Stor. Nat. di Livorno, 6, suppl. 1, 33-127.
- BERTINI G., CAMELI G.M., COSTANTINI A., DECANDIA F.A., DI FILIPPO M., DINI I., ELTER F.M., LAZZAROTTO A., LIOTTA D., PANDELI E., SANDRELLI F. & TORO B. (1991) - *Struttura geologica fra i monti di Campiglia e Rapolano Terme (Toscana meridionale): stato attuale delle conoscenze e problematiche*. Studi Geol. Camerti, Vol. speciale, 1994/1, 155-178.
- BOSSIO A., ESTEBAN M., GIANNELLI L., LONGINELLI A., MAZZANTI R., MAZZEI R., RICCI LUCCHI F. & SALVATORINI G. (1978) - *Some aspects of the Upper Miocene in Tuscany*. In Messinian Seminar n. 4, IGCP Project n. 96 (fasc. spec.), 1-88.
- BOSSIO A., ESTEBAN M., MAZZANTI R., MAZZEI R., SALVATORINI G. (1991) - *Ipotesi di correlazione tra facies sedimentarie del Miocene superiore dei bacini compresi fra il Valdarno inferiore e la Val di Cecina*. Workshop: "Evoluzione dei bacini Neogenici e loro rapporti con il magmatismo plio-quaternario nell'area toscano-laziale". Pisa, 12-13 giugno 1991, Abstracts, 70-72.
- BOSSIO A., MAZZANTI R., MAZZEI R., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. (1992a) - *Il Pliocene dell'area di Pomarance (Pisa)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A., 98, (1991), 1-97.
- BOSSIO A., MAZZANTI R., MAZZEI R., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. (1992b) - *Il Pliocene di S. Dalmazio-Anqua e Radicondoli-Belforte (Siena)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A., 98, (1991), 98-191.
- BOSSIO A., MAZZANTI R., MAZZEI R., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. (1992c) - *Il Pliocene del bacino di Chiusdino (Siena)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A., 98, (1991), 193-250.
- BOSSIO A., CERRI R., MAZZEI R., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. (1992d) - *La successione neogenica nell'area della Spicchiaiola-Pignano (Prov. Pisa e Siena)*. In: L'Appennino Settentrionale. 76° Congresso S.G.I. Firenze, 21-23 settembre 1992, Riasunti, 168.
- BOSSIO A., CERRI R., COSTANTINI A., GANDIN A., LAZZAROTTO A., MAGI M., MAZZANTI R., MAZZEI R., SAGRI M., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. (1992e) - *I bacini distensivi neogenici e quaternari della Toscana*. In: Guide alle escursioni post-congresso. 76° Congresso S.G.I., 199-277.
- BOSSIO A., MAZZEI R., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. (1993) - *Nuovi dati sui depositi mio-pliocenici del settore meridionale del Bacino del Fiume Elsa*. Paleopelagos, 3, 97-108.
- BOSSIO A., COSTANTINI A., FORESI L.M., MAZZANTI R., MAZZEI R., MONTEFORTI B., SALVATORINI G., SANDRELLI F. & TESTA G. (1994a) - *Note preliminari sul neautoctono dell'area di Sassa (settore SW del Bacino di Volterra, provine di Pisa e Livorno)*. Studi Geol. Camerti, Vol. speciale 1994/1, 33-43.
- BOSSIO A., MAZZANTI R., MAZZEI R., PASCUCCHI V., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. (1994b) - *Il Bacino di Volterra: notizie preliminari sull'evoluzione della sua area centro-meridionale durante il Pliocene*. Studi Geol. Camerti, Vol. Speciale 1994/1, 19-31.
- BOSSIO A., CERRI R., MAZZEI R., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. (in stampa a) - *The neautocthonous succession of the Spicchiaiola-Pignano area, East of Volterra (Southern Tuscany, Italy)*. Mem. Soc. Geol. It., (1992).
- BOSSIO A., ESTEBAN M., MAZZANTI R., MAZZEI R. & SALVATORINI G. (in stampa b) - *The Rosignano Reef Complex (Messinian), Livornese Mountains, Tuscany, Central Italy*. In FRANSSEN E.K. *et alii*: Models for carbonate stratigraphy from the Miocene of the Mediterranean Regions. S.E.P.M., Londra.
- CALAMAI A., CATALDI R., SQUARCI R. & TAFFI L. (1979) - *Geology, geophysics and hidrology of the Monte Amiata geothermal fields: I. Maps and comments*. Geothermics, special issue, 1-9.
- CERRI R. & SANDRELLI F. (1994) - *Carta geologica dell'area Spicchiaiola-Pignano*. Centro Offset Siena.
- COSTANTINI A., LAZZAROTTO A. & SANDRELLI F. (1982) - *Il Graben di Siena: conoscenze geologico-strutturali*. In: Rel. finale "Studi geol. idrogeol. finalizzati alla ricerca di fluidi caldi nel sottosuolo" CNR-PFE-RF9, 11-33.
- COSTANTINI A., LAZZAROTTO A. & SANDRELLI F. (1988) - *Sulle risorse geotermiche a medio-bassa temperatura nella parte meridionale del bacino neautoctono della Val d'Elsa*. Studi preliminari-Lineamenti geologici. CNR, PFE S15 - Sottoprogetto Energia Geotermica (1987), 489-514.
- ELTER F.M. & SANDRELLI F. (1995) - *La fase post-nappe nella Toscana Meridionale: nuova interpretazione sull'evoluzione del-*

- l'Appennino Settentrionale. Atti Ticinensi di Scienze della Terra, **37** (1994), 173-193.
- GIANNELLI L., MAZZANTI R., MAZZEI R. & SALVATORINI G. (1981) - *Breve quadro stratigrafico e paleogeografico del Neogene e del Quaternario del valdarno inferiore, della Val di Fine e della Val di Cecina*. IX Convegno Soc. Paleont. It., Pisa 1981, 9-20.
- GIANNINI E. (1962) - *Geologia del Bacino della Fine (province di Pisa e Livorno)*. Boll. Soc. Geol. It., **81**, 99-225.
- GIANNINI E. & TONGIORGI M. (1960) - *Stratigrafia neogenica toscana. I l'arenaria elveziana di Ponsano (Volterra)*. Boll. Soc. Geol. It. (1959), **78**, 83-100.
- GIANNINI E. & TONGIORGI M. (1959) - *Osservazioni sulla tettonica neogenica della Toscana Marittima*. Boll. Soc. Geol. It. (1958), **77**(2), 147-170.
- LAZZAROTTO A. (1967) - *Geologia della zona compresa fra l'alta Valle del Fiume Cornia ed il Torrente Pavone (Prov. di Pisa e Grosseto)*. Mem. Soc. Geol. It., **6**(2), 151-197.
- LAZZAROTTO A. & MAZZANTI R. (1965) - *Stratigrafia neogenica toscana: studio geologico di tre sezioni del complesso neotettonico di Pomarance e Castelnuovo di Val di Cecina (Prov. di Pisa)*. Boll. Soc. Geol. It., **84**(3), 291-302.
- LAZZAROTTO A. & MAZZANTI R. (1978) - *Geologia dell'alta Val di Cecina*. Boll. Soc. Geol. It., **95**(6), 1365-1487.
- LAZZAROTTO A. & SANDRELLI F. (1979) - *Stratigrafia ed assetto tettonico delle formazioni neogeniche del bacino del Casino (Siena)*. Boll. Soc. Geol. It., **96**(5/6)(1976), 747-762.
- LAZZAROTTO A. & SANDRELLI F. (in stampa) - *Studio geologico e morfotettonico dell'area interessata dalla "Linea Piombino-Faenza"*. Vol. Speciale ENEL-DCO (1988).
- MARTINI I.P. & SAGRI M. (1993) - *Tectono-sedimentary characteristics of Late Miocene-Quaternary extensional basins of the Northern Apennines, Italy*. Earth Sciences Reviews, **34**, 197-233.
- MAZZANTI R. (1966a) - *Geologia della zona di Pomarance-Larderello (Prov. di Pisa)*. Mem. Soc. Geol. It., **5**(2), 105-138.
- MAZZANTI R. (1966b) - *Geologia della zona di Monteverdi Marittimo-Canneto*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem., Ser. A, **73**(2), 467-490.
- MAZZANTI R., MAZZEI R., MENESINI E. & SALVATORINI G. (1981) - *L'Arenaria di Ponsano: nuove precisazioni sopra l'età*. IX Convegno della Soc. Paleont. It., Pisa, 135-160.
- MAZZEI R., PASINI M., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. (1982) - *L'età della "Arenaria di Ponsano" della zona di Castellina Scalo (Siena)*. Mem. Soc. Geol. It., **21**(1980), 63-72.
- PASCUCCI V. (in stampa) - *Evoluzione sedimentologica e paleogeografica dell'area di M.te Soldano settore meridionale del bacino di Volterra (Prov. di Pisa)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A, **101**(1994).
- PASINI M. & SANDRELLI F. (1977) - *L'Arenaria di Ponsano nell'area a sud-est di Castellina Scalo (Siena)*. Riv. Ital. Paleont., **83**, 641-664.
- TREVISAN L. (1952) - *Sul complesso sedimentario del Miocene superiore della Val di Cecina e sui movimenti tettonici tardivi in rapporto ai giacimenti di lignite e di salgemma*. Boll. Soc. Geol. It., **70**(1), 65-78.