

IL BACINO DI VOLTERRA: NOTIZIE PRELIMINARI SULL'EVOLUZIONE DELLA SUA AREA CENTRO MERIDIONALE DURANTE IL PLIOCENE

Riassunto

Abstract

1. Introduzione

2. La successione pliocenica nell'area a Nord del Fiume Cecina

3. La successione pliocenica nelle aree a Sud del F. Cecina

4. Considerazioni conclusive

Riferimenti bibliografici

RIASSUNTO

Sono stati effettuati il rilevamento geologico (scala 1:10.000) e l'esame micropaleontologico (Foraminiferi e nannofossili calcarei) di sedimenti pliocenici compresi tra il F.Cecina e l'abitato di Volterra. I risultati di queste ricerche sono messi a confronto con quelli ottenuti per alcune successioni plioceniche di zone poste a sud del F.Cecina nelle quali era stata riconosciuta la presenza di due cicli sedimentari. E' stato così possibile evidenziare, per l'area centro-meridionale del Bacino di Volterra, una più accurata evoluzione tettonico-sedimentaria. In particolare sono stati distinti due settori dell'area a diverso sviluppo e separati da una fascia di svincolo che cade in coincidenza del corso del F.Cecina.

Nel settore a Nord di questo fiume la sedimentazione è continua a partire dal Pliocene basale fino a gran parte del Pliocene medio (dalla Zona a *S. seminulina* s.l. alla Zona a *G. aemiliana*; dalla Zona a *D. variabilis* s.l. alla Zona a *D. surculus*); in quello a sud è discontinua e si realizza attraverso un ciclo del Pliocene inferiore (dalla Zona a *S. seminulina* s.l. alla Zona a *G. punctulata*; dalla Zona a *D. variabilis* s.l. alla Zona a *D. tamalis*, sottozona a *R. pseudoubilica*) ed uno del Pliocene medio (Zona a *G. aemiliana* dalla porzione superiore della Zona a *D. tamalis* a quella inferiore della Zona a *D. surculus*).

La trasgressione alla base del Pliocene si è realizzata in ambedue i settori prevalentemente con modalità "acqua su acqua" per cui i sedimenti della prima biozona giacciono in continuità e concordanza su quelli di "lago-mare".

L'analisi dei livelli clastici grossolani presenti nelle successioni del Pliocene inferiore delle aree di Casa al Pazzo - Volterra; Pomarance, Poggio la Pertica e Lustignano suggerisce una provenienza dei clasti da una zona meridionale (compresa tra Castelnuovo Val di Cecina e Prata) per la ripresa di movimenti positivi. Essi sono risultati seguire vie preferenziali differenti nello spazio e nel tempo.

Nelle aree a Sud del F.Cecina il ciclo del Pliocene inferiore

termina a seguito di un marcato sollevamento. In quella di Casa al Pazzo-Volterra, dove la sedimentazione pliocenica è continua, si assiste ad una locale risposta a questo sollevamento con la presenza di corpi sabbiosi.

Durante il Pliocene medio, per la ripresa della subsidenza, il mare invade nuovamente le aree a Sud del F.Cecina. Lo sviluppo areale del secondo ciclo risulta condizionato dall'alto morfologico impostatosi durante il Miocene superiore e delineatosi completamente nel Pliocene inferiore.

ABSTRACT

A geological survey (scale 1:10.000) and a micropaleontological analysis (based on foraminifers and calcareous nannofossils) of Pliocene sediments in the area between the Cecina River and Volterra were carried out. The results of these studies were compared to those which were recently obtained for some Pliocene successions of zones that lie south of the Cecina River. This comparison allows a more detailed tectonic and sedimentary evolution for the central and southern part of the Volterra Basin. In particular, the Pliocene sedimentation in the sector to the north of the Cecina River is continuous (from the *S. seminulina* s.l. zone to the *G. aemiliana* Zone; from the *D. variabilis* s.l. Zone to the *D. surculus* Zone); in the southern sector, it is discontinuous and has developed in a cycle of the Lower Pliocene (from the *S. seminulina* s.l. zone to the *G. punctulata* Zone; from the *D. variabilis* s.l. Zone to the *D. tamalis* Zone; *R. pseudoubilica* subzone) and in a cycle of the Middle Pliocene (*G. aemiliana* Zone from the upper portion of the *D. tamalis* Zone to the lower portion of the *D. surculus* Zone).

The transgression at the beginning of the Pliocene developed in both sectors through the same modalities, therefore the sediments of the first biozone lie conformably on those of "lago-mare".

The analysis of the roughly clastic levels, which are present in the successions of the Lower Pliocene in the area of Casa al Pazzo-Volterra, Pomarance, Poggio la Pertica and Lustignano, suggest that the clasts come from the southern area between Castelnuovo Val di Cecina and Prata which was uplifting. They followed preferential ways which are different as to space and time.

In the areas south of the Cecina River, the cycle of the Lower Pliocene stops due to a marked uplift. In the area of Casa al Pazzo - Volterra, where the Pliocene sedimentation is continuous, the presence of sandy bodies constitutes a local answer to this uplift. During the Middle Pliocene, the sea flooded the areas south of the Cecina River again because of a new subsidence occurred. The areal development of the second cycle was influenced by an uplifted zone which formed during the Late Miocene and developed definitely in the Early Pliocene.

PAROLE CHIAVE: stratigrafia, tettonica, Toscana meridionale.

KEY WORDS: stratigraphy, tectonics, Southern Tuscany.

* Dipartimento di Scienze della Terra - Via S.Maria, Pisa

** CNR - Via S.Maria, Pisa

*** Dipartimento di Scienze della Terra - Via delle Cerchia, Siena

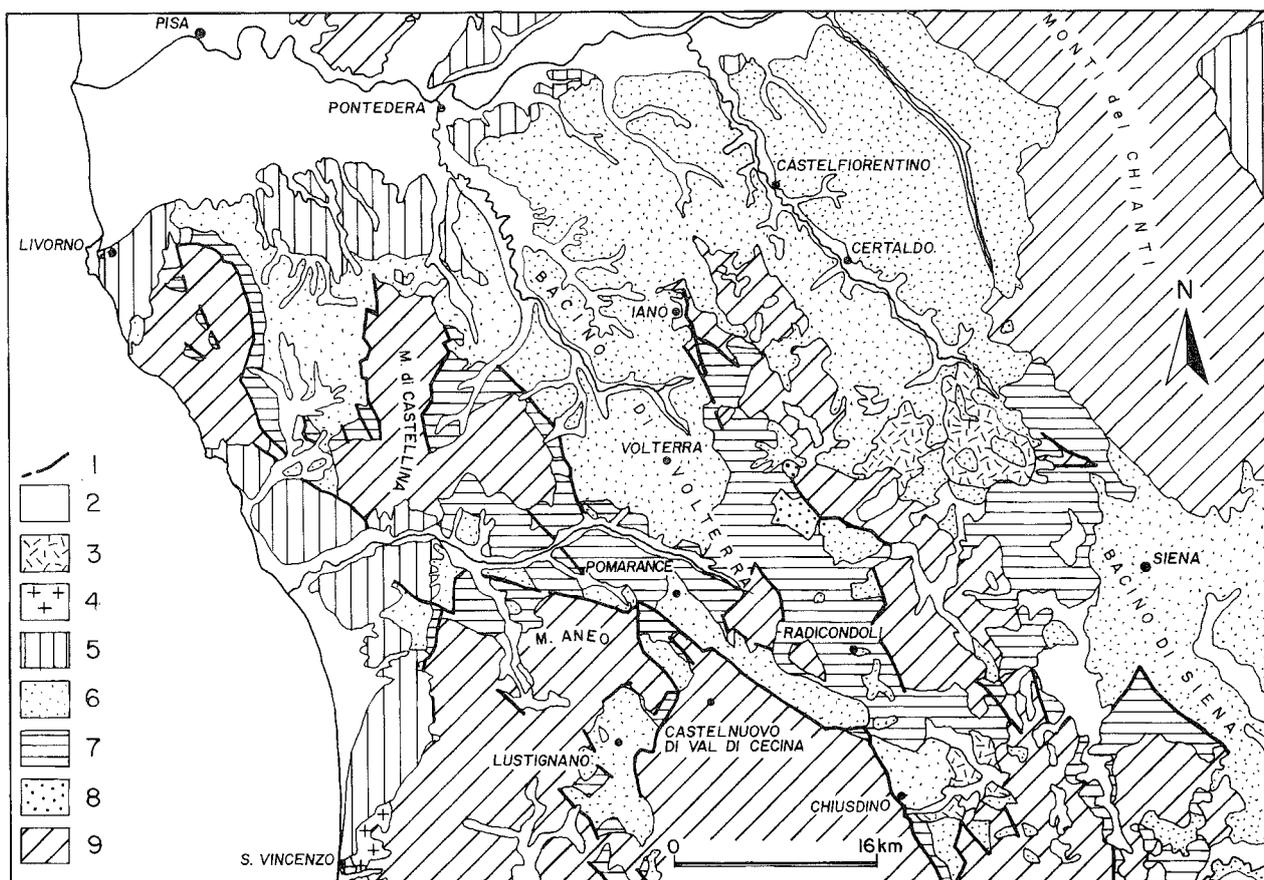


Fig. 1 - Il Bacino di Volterra (da Bossio *et al.*, 1992). Spiegazione della legenda: 1 faglie; 2 alluvioni, dune, spiagge; 3 travertini; 4 magmatiti; 5 sedimenti del Pleistocene; 6 sedimenti del Pliocene inferiore e medio; 7 sedimenti del Miocene superiore; 8 sedimenti epiliguri del Miocene superiore; 9 substrato pre-neogenico.

1. INTRODUZIONE

Bossio *et al.* (1992 a, b, c) hanno documentato l'evoluzione sedimentaria e paleogeografica, nel corso del Pliocene, delle aree di Pomarance, S.Dalmazio-Anqua, Radicondoli-Belforte e Chiusdino (province di Pisa e di Siena); la novità più evidente emersa da queste ricerche consiste nell'aver riconosciuto come la deposizione si sia realizzata attraverso due cicli sedimentari riferibili rispettivamente al Pliocene inferiore (Zona a *Sphaeroidinellopsis seminulina* s.l. - Zona a *Globorotalia puncticulata* p.p.) e al Pliocene medio (Zona a *Globorotalia aemiliana*)-Villafranchiano inferiore. In ragione dell'interesse che questi studi hanno suscitato nel contesto dell'evoluzione geodinamica della Toscana meridionale, le ricerche sono state estese al settore del Bacino di Volterra immediatamente a Nord del F. Cecina (e quindi limitrofo con l'area di Pomarance), con l'obiettivo di localizzare il limite settentrionale dell'area interessata dai due cicli pliocenici.

I risultati preliminari su questo settore sono confrontati poi con quelli ottenuti per altre aree a Sud del F. Cecina, già pubblicati (v. citazioni sopra) o ancora inediti seppure in avanzata fase di studio (relativi alle aree di Poggio la Pertica e di Lustignano), al fine di precisare i rapporti fra

tettonica e sedimentazione in questa parte dell'Appennino Settentrionale (fig. 1).

2. LA SUCCESSIONE PLIOCENICA NELL'AREA A NORD DEL F. CECINA

Le ricerche nel settore centro-meridionale del Bacino di Volterra ricadono nell'ambito del Progetto cartografico nazionale (scala 1:50.000) e si avvalgono essenzialmente di rilevamenti geologici di dettaglio (eseguiti alla scala 1:10.000) integrati con studi micropaleontologici.

Nella fig. 2 viene presentata la carta geologica del settore studiato e la successione delle unità litostratigrafiche. Dal basso verso l'alto tale successione è costituita da:

— Argille e gessi del F. Era Morta - Questa formazione, i cui caratteri sedimentari sono stati puntualizzati in Bossio *et al.* (1992e) e Bossio *et al.* (in stampa), comprende nell'area esaminata un potente intervallo argilloso e argilloso sabbioso, con vari livelli di gesso (talvolta cartografabili) e di conglomerati.

— Argille azzurre (GIANNELLI *et al.*, 1981) - La formazione è costituita prevalentemente da argille massicce, debolmente marnose e di colore grigio-azzurro. Nella sua parte inferiore sono presenti livelli detritici grossolani

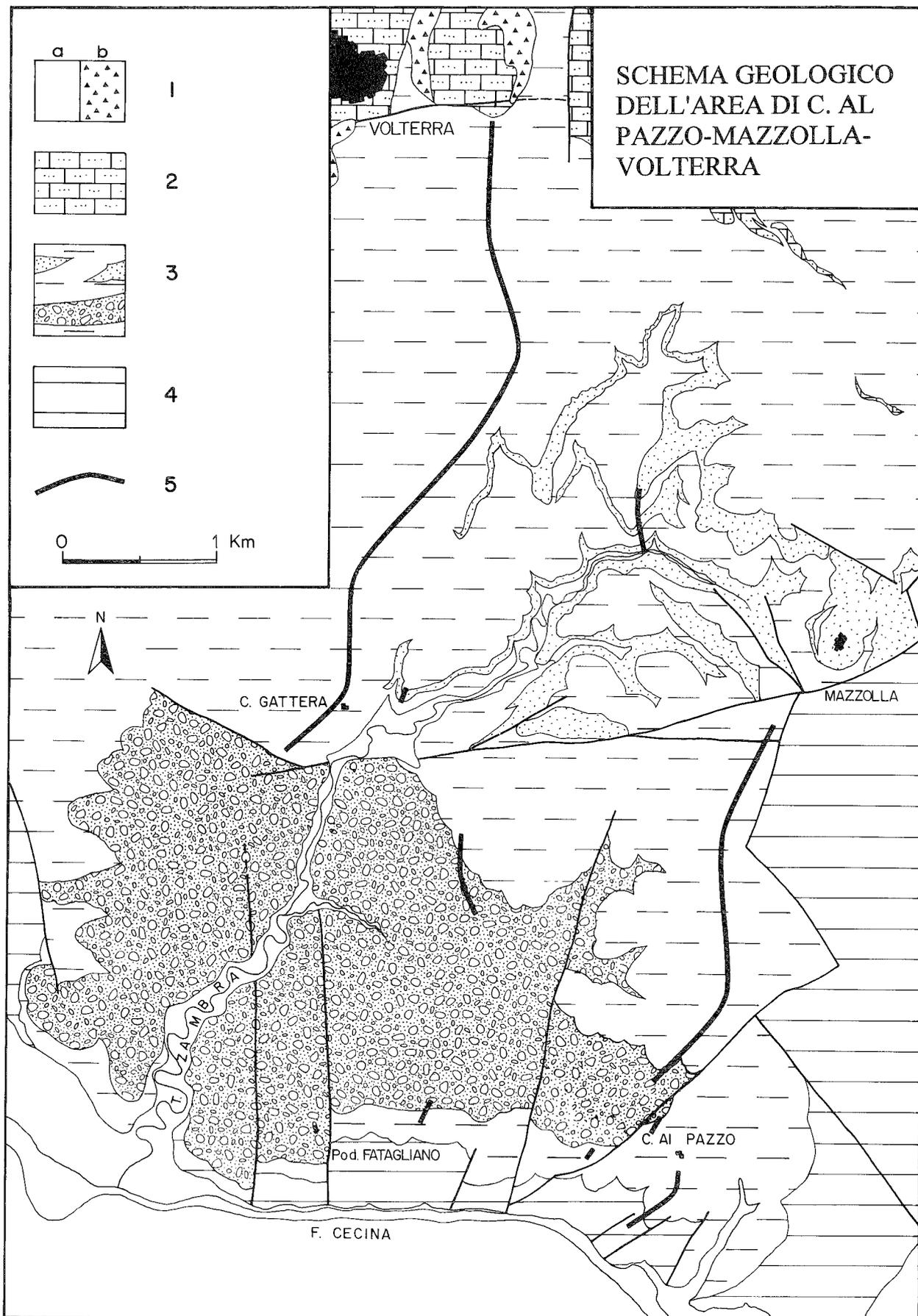


Fig. 2 - Spiegazione della legenda: 1a alluvioni; 1b detriti; 2 sabbie e calcari arenacei; 3 Argille azzurre con Sabbie di Mazzolla e Argille e conglomerati del T.Zambra; 4 Argille e gessi del F. Era Morta; 5 sezioni studiate.

(membro delle Argille e conglomerati del T. Zambra), in quella intermedia livelli di sabbie quarzoso-carbonatiche giallastre (Sabbie di Mazzolla).

— Sabbie e calcari arenacei (GIANNELLI *et al.*, 1981) - L'unità è rappresentata prevalentemente da sabbie quarzoso-carbonatiche e da sabbie argillose giallastre ricche in fossili; ad esse si intercalano strati più o meno sottili di arenarie carbonatiche e di calcari bioclastici (*grainstone* e *packstone*) che diventano predominanti nella parte alta dell'unità.

Le Argille e gessi del F. Era Morta costituiscono la parte terminale del Miocene, mentre le Argille azzurre e le soprastanti Sabbie e calcari arenacei sono di età pliocenica. In questa nota ci limiteremo a descrivere la sezione che si sviluppa lungo l'allineamento C. al Pazzo - Mazzolla C.Gattera - Volterra, la quale costituisce la successione pliocenica più rappresentativa dell'area a Nord del Fiume Cecina.

Sezione C. al Pazzo - Volterra

La sezione, dello spessore complessivo di circa 760 metri, consta di vari spezzoni (la loro traccia è evidenziata in figura 2) il primo dei quali nel suo tratto iniziale coincide con quello dello Stop II-4 di Bossio *et al.* (1978) e verso l'alto dell'intervallo G da essi distinto. Per semplicità di esposizione anche il resto della successione pliocenica è stato distinto in intervalli (siglati fino alla lettera O) qui di seguito descritti (fig. 3).

G - argille massicce debolmente marnose di colore grigio e grigio-azzurro; a luoghi presentano percentuali maggiori di carbonato di calcio che vengono messe in evidenza da lenti di calcari marnosi grigio-chiari dello spessore massimo di 30 cm. Lo spessore di questo intervallo è di circa 125 metri. Nel tratto inferiore e medio i fossili sono rari e rappresentati esclusivamente da *Pycnodonte navicularis*; nella parte alta dell'intervallo divengono più comuni e a *Pycnodonte* si aggiungono *Chlamys* e *Amusium*. Le analisi condotte sui Foraminiferi planctonici e sui nannofossili calcarei hanno messo in evidenza che l'intervallo appartiene alla Zona a *Sphaeroidinellopsis seminulina* s.l. dei primi e alla Zona a *Discoaster variabilis* s.l. dei secondi e quindi ad un Pliocene basale. Nei campioni prelevati nei primi 50 cm le associazioni bentoniche a Foraminiferi manifestano una rapida evoluzione qualitativa e quantitativa, molto simile a quella documentata da Bossio *et al.* (1981) per la parte basale della sequenza pliocenica di Fornace Serredi nel Bacino del F.Fine. Essa è la conseguenza di un veloce approfondimento fino a valori compatibili con la parte più profonda della zona neritica. Ciò nondimeno la frazione organica di pressoché tutti i campioni dell'intervallo è caratterizzata dalla presenza di più o meno abbondanti organismi (Foraminiferi, Balanidi, Briozoi, Molluschi ecc.) costieri, spesso in frammenti, rimossi da aree più superficiali e trasportati in zone più profonde insieme a ingenti quantità di materiale terrigeno fine, preludio del prossimo arrivo di quello ben più grossolano.

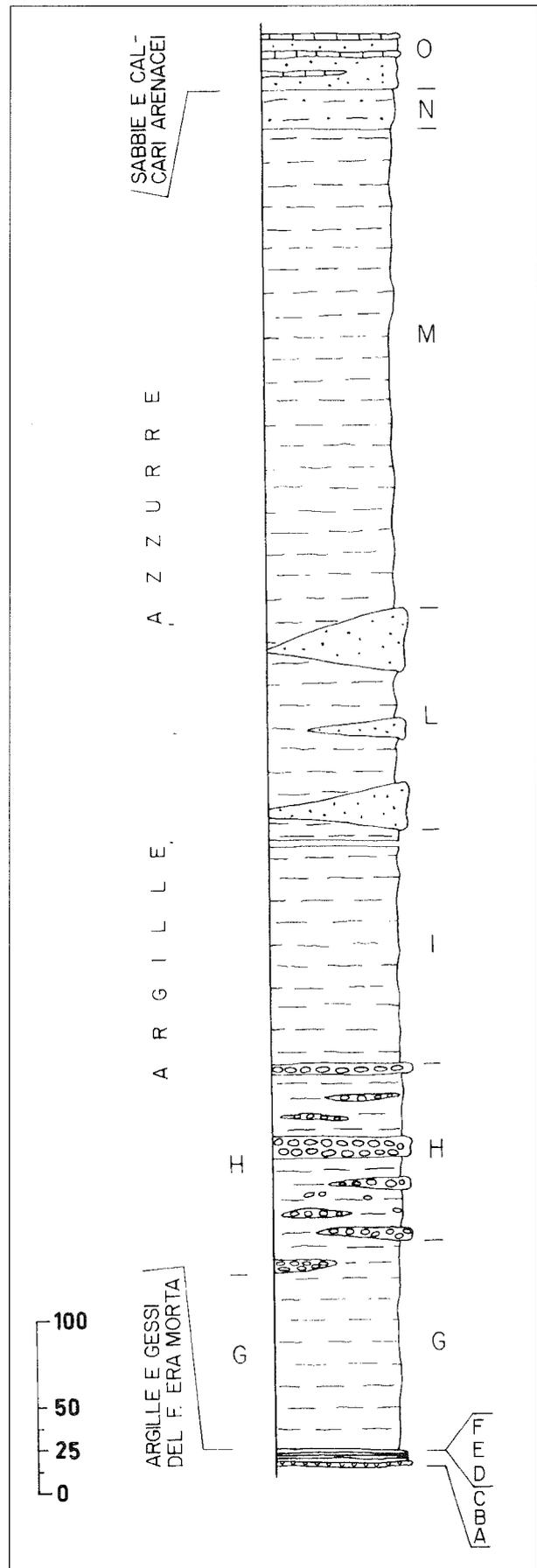


Fig. 3 - Sezione C. al Pazzo - Volterra.

H - (Argille e conglomerati del Torrente Zambra) - argille debolmente marnose e argille siltose ricche in ciottoli con lenti di conglomerati e paraconglomerati. Le argille si presentano mal stratificate o con strati di norma a colorazione da grigio fino a nocciola e a debole differenza granulometrica. Esse contengono macrofossili (tra i più comuni si ricordano: *Arca*, *Chlamys*, *Venus*, *Ostrea*, *Pecten*, *Pycnodonte Natica*, *Turritella* e *Dentalium*), sia concentrati che dispersi, talvolta in frammenti. Nelle argille, più frequentemente in quelle siltose di colore nocciola, sono presenti ciottoli subarrotondati, delle dimensioni massime di 20 cm, costituiti in prevalenza da calcari silicei, radiolariti ed ofioliti; questi ciottoli si ritrovano sia dispersi che concentrati in "nubi".

Nella frazione argillosa sono presenti eccezionalmente strati e lenti di arenarie grigio bruno dello spessore massimo di 20 cm. Esse sono generalmente del tipo *grain supported*, con granuli medio-fini, poco elaborati, costituiti per la maggior parte da quarzo e da calcite. All'interno degli strati arenacei si osservano localmente successioni del tipo *fining upward*; nella loro parte alta, dove passano gradualmente alle argille, si rinvengono invece laminazioni piano-parallele.

Del tutto eccezionale è la presenza di lenti di calcari marnosi a grana fine e di colore grigio-chiaro, il cui spessore è compreso tra i 50 e i 100 cm.

La frazione conglomeratica dell'unità del T. Zambra è caratterizzata da ciottoli di calcari silicei (talvolta forati da litofagi) e, subordinatamente, di arenarie carbonatiche ed ofioliti, generalmente subarrotondati e delle dimensioni comprese tra 15 e i 50 cm nei conglomerati, 5 e 30 cm nei paraconglomerati. La disposizione embriicata dei ciottoli, osservata solo localmente, indica di una direzione di provenienza dai quadranti meridionali. La matrice è più o meno abbondante e argillosa o argilloso-sabbiosa.

Lo spessore dell'intervallo H è di circa 120 metri.

Lungo la sezione le associazioni a organismi planctonici consentono di riferire la porzione basale dell'intervallo alla Zona a *Globorotalia margaritae* dei Foraminiferi e alla corrispondente Zona a *Amaurolithus tricorniculatus* (Sottozona a *Ceratolithus acutus*) dei nanofossili. Da alcune campionature eseguite più a W risulta che la deposizione dei livelli conglomeratici è iniziata prima (sono riferibili alla Zona a *S. seminulina* s.l. e a quella a *D. variabilis* s.l.) e questo consente di prospettare un modello di distribuzione dei livelli grossolani analogo a quello della limitrofa area di Pomarance (Bossio *et al.*, 1992a). La loro distribuzione termina nella Zona a *Globorotalia puncticulata* - *G. margaritae* (Zona a *A. tricorniculatus*, Sottozona a *Ceratolithus rugosus*). Per quanto riguarda l'ambiente deposizionale, le associazioni bentoniche indicano costantemente valori batimetrici di pertinenza della zona neritica esterna, anche se all'interno di essa è registrabile almeno un'oscillazione in senso positivo.

I - argille grigio-azzurre debolmente marnose, (del tutto analoghe a quelle dell'intervallo G). I fossili, di norma poco frequenti, sono rappresentati soprattutto da *Pycnodonte navicularis* e *Chlamys*. Lo spessore dell'inter-

vallo è di circa 135 metri. Le analisi micropaleontologiche hanno messo in evidenza la presenza di associazioni a Foraminiferi planctonici e a nanofossili che permettono di riferire l'intervallo rispettivamente alla Zona a *G. puncticulata* *G. margaritae* e alla Zona a *Amaurolithus delicatus*. I Foraminiferi bentonici indicano batimetrie generalmente riconducibili alla parte più profonda della zona neritica esterna, e talora, quella mediana.

L - argille grigie-azzurre, frequentemente siltose, con intercalati tre potenti (al massimo 60 m) corpi sabbiosi (viene usato il termine di "corpo sabbioso" per indicare la risultante di più episodi di accumulo realizzatisi a seguito di flussi gravitativi) indicati come Sabbie di Mazzolla. Le sabbie, di tipo *grain supported* sono di colore giallo ocra, hanno grana fine o medio-fine e sono costituite prevalentemente da quarzo (in genere poco elaborato) e da calcite. Affiorano in strati debolmente gradati in sequenze del tipo *fining upward*. Nella loro porzione superiore, dove il sedimento è più fine, si rinvengono laminazioni piano parallele e incrociate; al loro interno sono saltuariamente presenti fossili (sparsi o concentrati in sottili livelli), *mud pebbles*, vegetali carbonizzati e ciottoli minuti. Le caratteristiche sedimentologiche riscontrate suggeriscono un ambiente marino al di sotto della base d'onda nel quale arrivavano materiali in sospensione (*grain flows*).

Nel corpo sabbioso stratigraficamente più alto è presente una lente di conglomerato minuto in matrice sabbiosa costituito da ciottoli prevalentemente di calcari silicei tipo "Palombino", subarrotondati e di dimensioni max di 3 cm, a cui si accompagnano frequenti macrofossili (Pettinidi e Gasteropodi).

Lo spessore dell'intervallo L è di circa 125 metri.

Le associazioni a Foraminiferi planctonici e a nanofossili permettono di riferire questo intervallo rispettivamente alla Zona a *G. puncticulata* e alla Zona a *Discoaster tamalis* (Sottozona a *Reticulofenestra pseudoumbilica*). Le associazioni a Foraminiferi bentonici, soprattutto quelle dei corpi sabbiosi, sono in genere costituite da elementi a significato batimetrico eterogeneo comprendendo sia forme profonde, sia taxa costieri. A giudicare da quelle degli intervalli più argillosi, dove questo carattere è meno evidente, si può comunque dedurre un ambiente deposizionale riferibile alla zona neritica esterna, anche se con batimetrie variabili, evidenziando così maggiormente l'"alloctonia" dei corpi sabbiosi.

M - argille grigio-azzurre, simili a quelle degli intervalli G ed I ma più ricche in fossili anche se ancora rappresentati prevalentemente da *Pycnodonte navicularis* e *Chlamys*. Lo spessore dell'intervallo è di circa 275 metri. Le associazioni a Foraminiferi planctonici e a nanofossili hanno permesso di riferire la porzione inferiore dell'intervallo alla Zona a *G. puncticulata* (Zona a *D. tamalis*, Sottozona a *Reticulofenestra* spp.) e quindi ancora al Pliocene inferiore, quella superiore alla Zona a *G. aemiliana* (Zona a *D. tamalis*, Sottozona a R. spp. - Sottozona a *Coccolithus pelagicus*) e quindi al Pliocene medio. I Foraminiferi bentonici indicano, per la porzione basale dell'intervallo, batimetrie riferibili alla parte medio-superiore della zona

neritica esterna; verso l'alto si apprezza un aumento progressivo della profondità fino entro la parte superiore della Zona a *G. puncticulata* ed una sua progressiva riduzione a partire dalla Sottozona a *Globorotalia bononiensis*.

N - sabbie argillose prevalenti e con intercalate argille sabbiose grigio-nocciola in strati di spessore medio di 15 cm. I fossili sono abbondanti; tra i più frequenti si segnalano *Arca*, *Ostrea*, *Venus*, *Chlamys*, *Flabellipecten*, *Turritella*, *Strombus*, *Natica*, *Dentalium*. Lo spessore di questo intervallo è di circa 25 metri.

O - sabbie del tipo *grain supported*, di colore giallo-ocra e a grana medio-fine, con granuli generalmente a spigoli vivi costituiti da quarzo e calcite e, in subordine, da plagioclasti, fillosilicati, e bioclasti. Nella parte alta dell'intervallo le sabbie passano ad arenarie carbonatiche e a calcari bioclastici del tipo *grainstone* e *packstone*. I fossili sono sempre abbondanti e rappresentati principalmente da *Ostrea*, *Chlamys*, *Pecten*, *Turritella* e *Dentalium*.

Nell'area esaminata i sedimenti marini pliocenici riferibili alla Zona a *S. seminulina* s.l. (Zona a *D. variabilis* s.l. dei nannofossili) giacciono direttamente sui sedimenti lacustri della facies di "lago-mare" (BOSSIO *et al.*, 1978) che caratterizza i livelli terminali del Miocene mediterraneo. Secondo i citati Autori la trasgressione pliocenica nell'area di Casa al Pazzo si è realizzata con modalità "acqua su acqua". La drastica sostituzione avvenuta all'inizio del Pliocene, di un dominio continentale con acque poco profonde da parte di uno francamente marino e profondo, viene interpretata da BOSSIO *et al.* (1992a) come conseguenza di due fattori: uno di natura tettonica che interessa probabilmente buona parte della Toscana (il Bacino di Volterra era in regime di subsidenza all'inizio del Pliocene), l'altro di ordine ben più generale, dovuto alla brusca invasione del Bacino Mediterraneo da parte di acque oceaniche per il ripristinarsi delle comunicazioni tra Mediterraneo ed Atlantico, dopo un periodo di isolamento e conseguente "crisi di salinità". La sedimentazione argillosa, iniziata fin dalla base della trasgressione, è accompagnata, a partire dal tratto sommitale della prima zona pliocenica, dall'arrivo di un'ingente quantità di materiale clastico grossolano, più o meno caotico e atipico per un'ambiente profondo; questa deposizione pelitica e clastica perdura fino alla parte inferiore della Zona a *G. puncticulata-margaritae* (parte sommitale della Zona a *A. tricorniculatus*). La forma lenticolare dei sedimenti grossolani nelle Argille e conglomerati del Torrente Zambra, unitamente alla natura e dimensioni dei clasti e alle indicazioni circa il verso della corrente, suggeriscono che il materiale clastico provenga dai quadranti meridionali. La messa in posto di tale materiale è da ricondurre ad una complessa rete di canalizzazioni che interessa il fondo argilloso, che si è imposta a seguito del ringiovanimento morfologico di aree poste a Sud del F. Cecina (BOSSIO *et al.*, 1992a).

Anche la sedimentazione argillosa in acque relativamente profonde che caratterizza la Zona a *G. puncticulata* (parte inferiore della Zona a *D. tamalis*) è interessata da

apporti detritici più grossolani; si depositano infatti i tre potenti corpi sabbiosi dell'area di Mazzolla. La loro deposizione è avvenuta ad opera di flussi gravitativi innescatisi in aree costiere a seguito di eventi tettonici sinsedimentari; singolare è la contemporaneità della loro deposizione con il generale sollevamento che determina l'emersione nelle aree a Sud del F. Cecina.

La sedimentazione pelitica prosegue anche nella parte superiore della Zona a *G. puncticulata* e in quella inferiore della Zona a *G. aemiliana* (Zona a *D. tamalis*, Sottozona a *Reticulofenestra* spp. - Sottozona a *C. pelagicus*) anche se nell'ambito di quest'ultima cominciano a manifestarsi tendenze regressive indicative dell'inizio della chiusura del ciclo marino pliocenico nell'area di Volterra, rappresentata dall'unità delle Sabbie e calcari arenacei (verosimilmente della porzione inferiore della Zona a *D. surculus*).

In conclusione nel settore indagato del Bacino di Volterra la sedimentazione pliocenica si prosegue senza soluzione di continuità dalla base del Pliocene fino al Pliocene medio ed è quindi l'espressione di un unico ciclo sedimentario.

3. LA SUCCESSIONE PLIOCENICA NELLE AREE A SUD DEL F. CECINA

Per chiarire l'evoluzione del settore meridionale del bacino di Volterra nel corso del Pliocene vengono illustrate in maniera sintetica e con l'ausilio di alcune colonne stratigrafiche (fig. 4) le successioni relative alle aree di Pomarance, Poggio alla Pertica, Lustignano, Anqua-Radicondoli e Chiusdino.

Area di Pomarance

Situata immediatamente a Sud del F. Cecina, è stata oggetto di studi da parte di LAZZAROTTO & MAZZANTI (1965), MAZZANTI (1966) e più recentemente di BOSSIO *et al.* (1992 a). Nel loro lavoro dedicato al Pliocene questi ultimi Autori distinguono nell'area due settori che, pur caratterizzati dalla presenza di due cicli, presentano un diverso sviluppo sedimentario nell'ambito del I ciclo.

Nel settore occidentale i sedimenti pliocenici del I ciclo, caratterizzati da litofacies argillose e conglomeratiche sono da attribuire all'intervallo Zona a *S. seminulina* s.l. - Zona a *G. puncticulata* - *G. margaritae* (parte iniziale). A partire dalla Zona a *S. seminulina* s.l. ai sedimenti pelitici, le cui associazioni esprimono costantemente condizioni di mare profondo, si accompagnano materiali clastici, più o meno grossolani e caotici, distinti con la sigla pc da MAZZANTI (1966). Secondo BOSSIO *et al.* (1992 a) questa unità conglomeratica è da mettere in relazione con un "complesso sistema di canalizzazioni, laterali e variamente sovrapposte, immerso in una facies argillosa". Tali Autori rilevano inoltre una dispersione "tempo-spaziale" delle facies conglomeratiche in quanto "l'arrivo delle masse clastiche si è realizzato inizialmente su un'area probabilmente assai ristretta e limitata alla zona immedia-

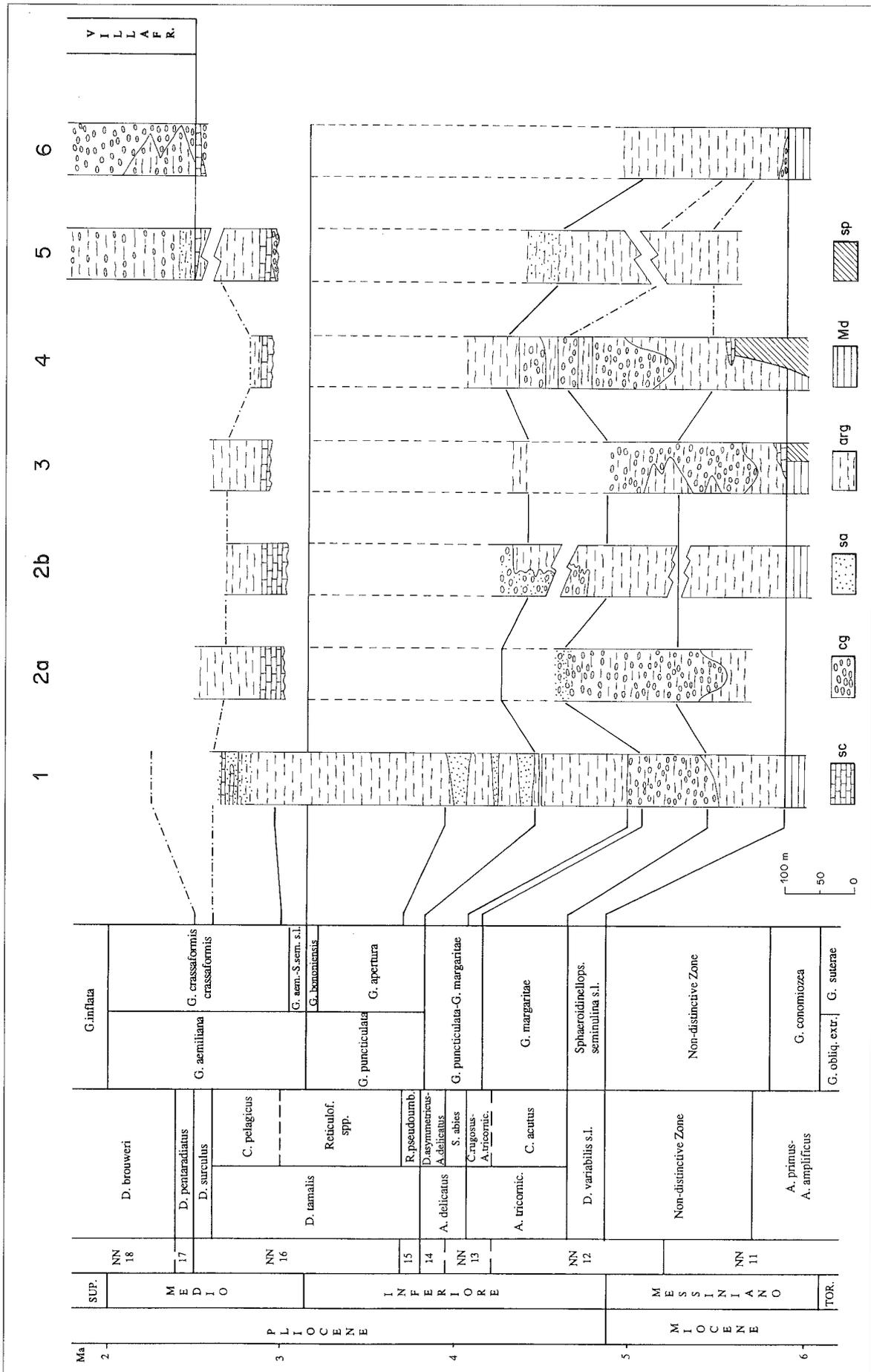


Fig. 4 - La successione pliocenica dell'area centro-meridionale del Bacino di Volterra: 1 - sez. di C. al Pazzo - Volterra; 2a - sez. dell'area di Pomarance (porzione centro-occidentale); 2b - sez. dell'area di Pomarance (porzione orientale); 3 - sez. dell'area di Poggio la Pertica; 4 - sez. dell'area di Lustignano (porzione settentrionale); 5 - sez. dell'area S. Dalmazio-Anqua; 6 - sez. dell'area di Chiusdino. Simbologgiatura usata: sc) calcari detritico-organogeni; cg) conglomerati e ciottolami; sa) sabbie; arg) argille e argille sabbiose; Md) depositi del Miocene superiore; sp) substrato preneogenico.

tamente circostante l'abitato di Pomarance e si è esteso verso W e verso E solo in tempi di poco successivi, contenuti sempre nei limiti della Zona a *S. seminulina* s.l."

Nel settore orientale è documentata da BOSSIO *et al.*, (1992a) la trasgressione dei sedimenti pliocenici su quelli miocenici di "lago-mare" con modalità "acqua su acqua". Il I ciclo pliocenico è qui rappresentato dall'intervallo Zona a *S. seminulina* s.l. - Zona a *G. puncticulata*. La sedimentazione argillosa di mare profondo, espressa in gran parte della successione, è seguita da una conglomeratica a partire dalla Zona *G. puncticulata*-*G. margaritae* o più in generale dalla Zona a *G. puncticulata*. Gli Autori citati non escludono che i conglomerati della Zona a *G. puncticulata* possano costituire l'espressione regressiva del I ciclo.

Come nel settore occidentale anche in quello orientale sopra i sedimenti del Pliocene inferiore si ritrovano, discordanti e trasgressivi, i calcari e le sabbie del II ciclo pliocenico appartenenti alla Zona a *G. aemiliana* (Zona a *D. tamalis*, Sottozona a *Reticulofenestra* spp. - Sottozona a *C. pelagicus*). A questi litotipi, deposti in un ambiente marino di modeste profondità, seguono argille della porzione sommitale della Zona a *D. tamalis*, che esprimono batimetrie riconducibili alla zona neritica esterna; la successiva Zona a *D. surculus* (porzione inferiore), ancora in facies argillosa, manifesta invece batimetrie leggermente minori.

Area di Poggio la Pertica

Ubicata a Sud-Ovest dell'area di Pomarance, è stata rilevata (alla scala 1: 25000) da MAZZANTI (1966). Di recente le successioni plioceniche dell'area sono state oggetto di studi di dettaglio (ancora inediti) da parte di alcuni degli scriventi. Tali studi, hanno permesso di documentare anche per questa area l'avvicinarsi di due cicli sedimentari.

I sedimenti del I ciclo sono riferibili all'intervallo Zona a *S. seminulina* s.l.-Zona a *G. puncticulata* (parte inferiore). La trasgressione del Pliocene inferiore è materializzata da argille con microfaune della zona neritica esterna e subordinatamente da litotipi detritico-carbonatici; questi ultimi sono il prodotto della fluitazione, in zone profonde, di un fango calcareo associato ad un ciottolame eterogeneo e blocchi di "palombino" per meccanismi verosimilmente legati ad un rapido approfondimento. In un regime di subsidenza, perdurato almeno fino a gran parte della Zona a *G. margaritae*, la sedimentazione argillosa è stata integrata o addirittura sostituita da quella di materiale clastico grossolano e caotico già a partire dalla Zona a *S. seminulina* s.l. (solo nel settore nord-occidentale dell'area si è mantenuta di tipo sostanzialmente argilloso). I primi sintomi regressivi del ciclo si manifestano sicuramente a partire dalla Zona a *G. puncticulata*.

L'ingente quantità di clasti prima ricordata e la sua progressiva espansione in un dominio marino profondo a partire dal settore centrale dell'area, sono da legare ad un ringiovanimento morfologico di una non lontana zona

emersa.

Le dimensioni dei clasti, mediamente maggiori di quelli in posizione stratigrafica analoga dell'area di Pomarance, evidenziano inoltre che l'area di Poggio la Pertica si trovava in una posizione più prossimale rispetto alla sorgente di provenienza del materiale grossolano.

I sedimenti del ciclo medio-pliocenico trasgrediscono sia su espressioni sedimentarie che su zone diverse del Pliocene inferiore; ad una facies costiera carbonatica seguono argille della Zona a *D. surculus* le cui microfaune indicano un progressivo approfondimento del bacino.

Area di Lustignano

E' ubicata a SSW dell'area di Poggio la Pertica; in passato è stata oggetto di studio da parte di LAZZAROTTO *et al.* (1964) ed è stata rilevata (scala 1: 25000) da LAZZAROTTO (1967).

Da studi inediti sui sedimenti pliocenici del settore settentrionale condotti da alcuni degli scriventi è stata evidenziata la presenza di due cicli sedimentari. La trasgressione del Pliocene inferiore (sempre nell'ambito della Zona a *S. seminulina* s.l.) ha interessato aree progressivamente più estese in conseguenza probabilmente di una paleomorfologia del substrato (sia miocenico che preneogenico) a forti dislivelli ed è rappresentata da sedimenti prima carbonatici e poi argillosi. Solo nella porzione Nord orientale essa si è estrinsecata con modalità "acqua su acqua" come testimonia la presenza di argille marine di ambiente profondo in continuità su quelle lacustri di acqua bassa, tipiche del "lago-mare".

Nella Zona a *G. margaritae* inoltrata, ai sedimenti argillosi di mare profondo si associano masse caotiche ciottolose più o meno consistenti. L'arrivo di una grande quantità di clasti in tempi più recenti rispetto a quanto documentato per le aree di Poggio la Pertica e Pomarance esclude che la via di diffusione sia stata la stessa. La presenza di ciottoli della formazione del Macigno, che affiora nelle zone di Sasso Pisano e Castelnuovo Val di Cecina, indica che il materiale clastico grossolano proveniva da aree orientali.

Le prime evidenze regressive si rinvencono nelle porzioni più recenti dei conglomerati (Conglomerati di Serrazzano) di pertinenza della Zona a *G. puncticulata*-*G. margaritae*, il ciclo si conclude successivamente nell'ambito della Zona a *Globorotalia puncticulata*.

La presenza dei termini del ciclo medio-pliocenico, rappresentato da litotipi carbonatici seguiti da argille, è stata al momento documentata, solo per la zona del Poggio Valla (a Sud di Serrazzano).

Area di S.Dalmazio-Anqua

L'area, rilevata (alla scala 1:25.000) da LAZZAROTTO & MAZZANTI (1978), rappresenta il prolungamento verso SE di quella di Pomarance. Di recente BOSSIO *et al.* (1992 b) hanno riconosciuto che i sedimenti pliocenici di quest'area sono l'espressione di due cicli sedimentari.

I sedimenti del I ciclo affiorano frammentariamente e con deboli spessori solo nella parte occidentale dell'area (lungo il fianco vallivo in destra del T. Possera e nei pressi del T. Pavone); essi sono rappresentati da argille che verso l'alto divengono più o meno sabbiose e che sono riferibili, nel loro insieme, all'intervallo Zona a *S. seminulina* s.l. - Zona a *G. puncticulata* (porzione inferiore). Le consistenti batimetrie raggiunte durante questo ciclo fanno ritenere che il dominio marino si estendesse ben oltre i limiti degli attuali affioramenti. La regressione del I ciclo, imputabile al sollevamento dell'area, si manifesta palesemente solo nella Zona a *G. puncticulata* (Zona a *D. tamalis*, Sottozona a *R. pseudoumbilica*).

Il II ciclo, caratterizzato inizialmente da litofacies carbonatiche indicative di acque poco profonde, si è realizzato nell'ambito della Zona a *G. aemiliana* (Zona a *D. tamalis*, Sottozona a *C. pelagicus* Sottozona a *Reticulofenestra* spp.). Verso l'alto la deposizione carbonatica è rapidamente sostituita da quella argillosa in conseguenza del progressivo approfondimento del bacino che raggiunge batimetrie di pertinenza della zona neritica esterna. I sedimenti marini più recenti sono riferibili alla porzione basale della medio-pliocenica Zona a *D. surculus*. Con la regressione del II ciclo, il dominio marino migra progressivamente verso Ovest e ad esso si sostituisce (con l'interposizione di un effimero episodio salmastro) un dominio continentale (con facies lacustri e deltizie) caratterizzato da una elevata quantità di elementi clastici grossolani, che si esaurisce nel Villafranchiano medio.

Area di Chiusdino

E' ubicata a SE rispetto a quella di Anqua-Radicondoli; di recente è stata rilevata in dettaglio da SANDRELLI (scala 1:10.000; lavoro inedito) e presa in esame, per gli affioramenti pliocenici, da BOSSIO *et al.* (1992c).

Questi Autori documentano l'avvicinarsi di due cicli sedimentari. Il primo di questi è rappresentato estesamente a Sud del F. Merse da argille (in continuità su quelle di "lago-mare") riferibili all'intervallo Zona a *S. seminulina* s.l. - Zona a *G. puncticulata* (parte inferiore). Nel loro tratto inferiore (Zona a *S. seminulina* s.l. - Zona a *G. margaritae*) le argille esprimono batimetrie riconducibili alla parte più distale della zona neritica esterna; in quello superiore sono evidenti gli indizi di una tendenza regressiva preludio della completa emersione dell'area prima della fine del Pliocene inferiore. Nella zona di Le Grotte di Ganone affiora, in posizione laterale alle argille basali di mare profondo, una lente di conglomerati interpretata come un sedimento richiamato da zone occidentali a seguito di un rapido approfondimento dell'area.

La ripresa della subsidenza innesca un secondo ciclo sedimentario di età medio-pliocenica, espresso da un limitato spessore di sedimenti (argille più o meno sabbiose, conglomerati e calcari detritici). Nel corso di questo ciclo

il dominio marino viene sostituito da uno continentale (più esteso del precedente), rappresentato essenzialmente da argille e conglomerati (la distribuzione di questi ultimi indica una provenienza da settori occidentali). L'episodio lacustre con cui il ciclo si chiude, comune all'area di Anqua-Radicondoli, si sviluppa anche in zone più meridionali (Torniella-Roccastrada).

4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il Bacino di Volterra comprende le colline formate da sedimenti del Miocene superiore e del Pliocene inferiore-medio che si allungano in direzione appenninica per circa 75 Km tra Pontedera e Monticiano (Fig. 1). Nel Miocene superiore esso faceva parte di una fossa tettonica, compresa tra la Dorsale medio-toscana e la Dorsale peritirrenica, che si sviluppava fino all'attuale area grossetana (l'individuazione di questa fossa è legata ad eventi distensivi che secondo BERTINI *et al.*, 1992 seguono la fase estensionale del Miocene medio - Tortoniano superiore che ha portato alla realizzazione della "serie ridotta" nella Toscana meridionale). In essa si sono depositi, seguendo BOSSIO *et al.* (1992e), significativi spessori di sedimenti miocenici rappresentativi inizialmente (fig. 5A-E) di un dominio lacustre cui seguono un lagunare-salmastro, un marino ed infine un lacustre ("lago-mare"). Relativamente al Miocene terminale tali Autori mettono in evidenza (fig. 5E) come a Sud di Volterra alcune aree siano emerse; la loro emersione è da imputare ad un locale sollevamento la cui testimonianza sedimentaria più evidente è rappresentata dal Conglomerato di Montebamboli.

Nel settore centro-meridionale del Bacino di Volterra, esaminato specificatamente in questo lavoro, la trasgressione marina del Pliocene inferiore è da imputarsi oltre che al ripristino delle comunicazioni tra il Mediterraneo e l'Atlantico anche al regime di subsidenza. In alcune porzioni di questo settore essa si è relizzata con modalità "acqua su acqua" per cui i sedimenti basali del Pliocene giacciono in continuità su quelli di "lago-mare"; in altre porzioni invece (ad esempio quella di Lustignano) il dominio marino si è espanso in modo diacrono ed i sedimenti pliocenici sormontano sia vari termini miocenici della successione neoautoctona che il substrato pre-miocenico.

Nel Bacino di Volterra si possono distinguere due settori con evoluzione tettonico-sedimentaria differente durante il Pliocene, uno a Nord e l'altro a Sud del F. Cecina (la fascia di svincolo cade proprio in coincidenza del tratto medio del corso del fiume per cui risulta trasversale all'andamento appenninico del graben; fig. 6). Nel primo la sedimentazione è continua fino a gran parte del Pliocene medio (dalla Zona a *S. seminulina* s.l. alla Zona a *G. aemiliana*; dalla Zona a *D. variabilis* s.l. alla Zona a *D. surculus*), nel secondo è discontinua e si estrinseca attraverso un ciclo del Pliocene inferiore (dalla Zona a *S.*

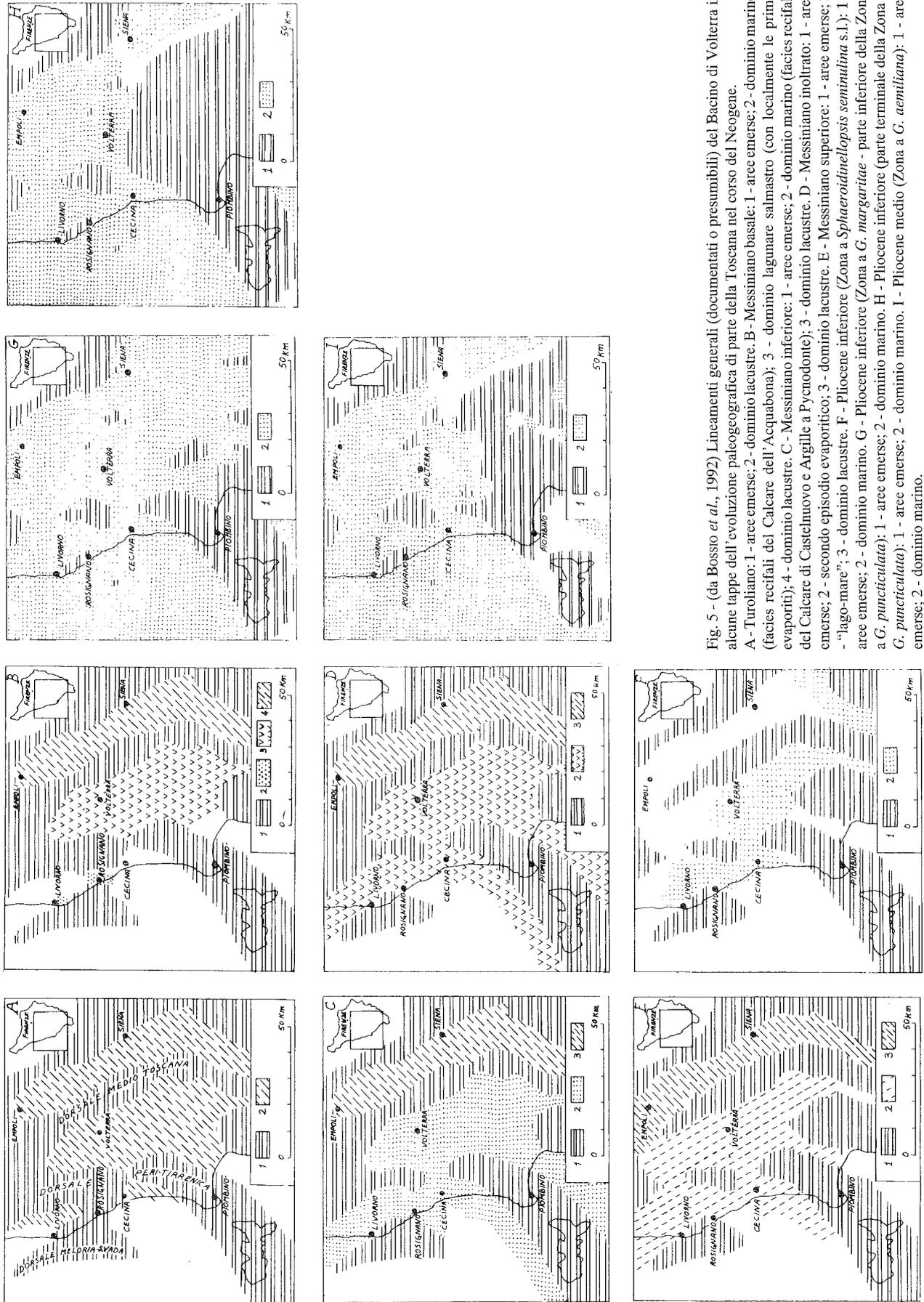


Fig. 5 - (da Bossio *et al.*, 1992) Lineamenti generali (documentati o presumibili) del Bacino di Volterra in alcune tappe dell'evoluzione paleogeografica di parte della Toscana nel corso del Neogene.

A - Turliano: 1 - aree emerse; 2 - dominio lacustre. B - Messiniano basale: 1 - aree emerse; 2 - dominio marino (facies reefali del Calcare dell'Acquabona); 3 - dominio lagunare salmastro (con localmente le prime evaporiti); 4 - dominio lacustre. C - Messiniano inferiore: 1 - aree emerse; 2 - dominio marino (facies reefali del Calcare di Castelnuovo e Argille a Pycnodonte); 3 - dominio lacustre. D - Messiniano inoltrato: 1 - aree emerse; 2 - secondo episodio evaporitico; 3 - dominio lacustre. E - Messiniano superiore: 1 - aree emerse; 2 - "lago-mare"; 3 - dominio lacustre. F - Pliocene inferiore (Zona a *Sphaeroidinellopsis semimulina* s.l.): 1 - aree emerse; 2 - dominio marino. G - Pliocene inferiore (Zona a *G. margaritae* - parte inferiore della Zona a *G. punctulata*): 1 - aree emerse; 2 - dominio marino. H - Pliocene inferiore (parte terminale della Zona a *G. punctulata*): 1 - aree emerse; 2 - dominio marino. I - Pliocene medio (Zona a *G. aemiliana*): 1 - aree emerse; 2 - dominio marino.

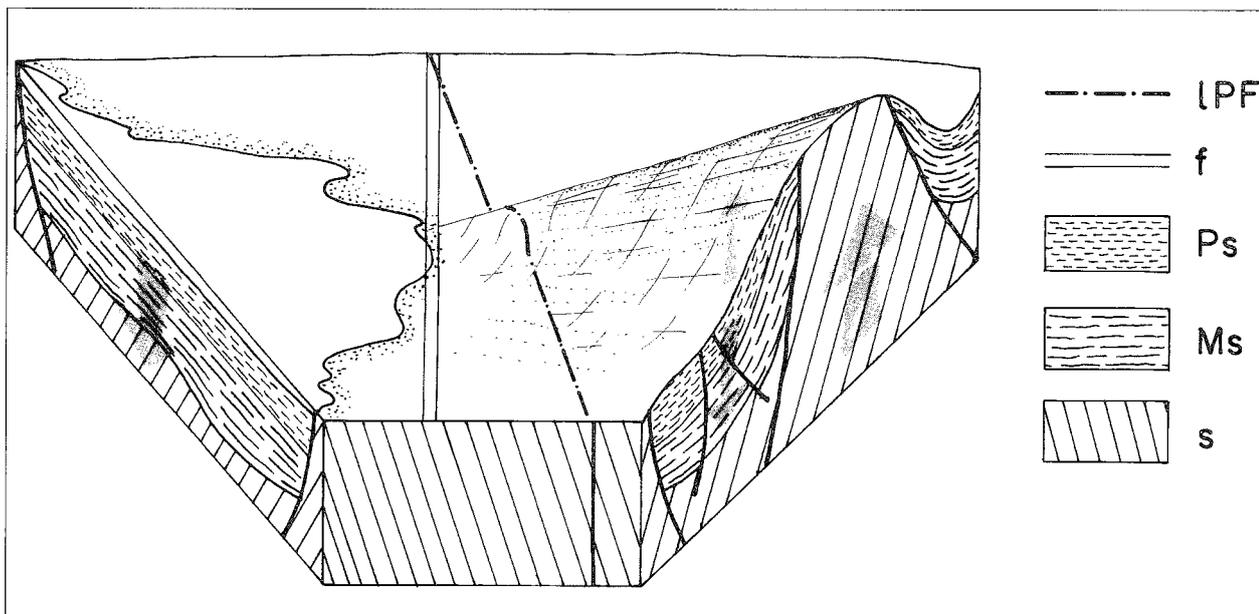


Fig. 6 - Paleogeografia del Pliocene inferiore alto nell'area del Bacino di Volterra compresa tra il centro omonimo e Castelnuovo Val di Cecina. Rapporti tra tettonica e sedimentazione durante l'intervallo Miocene superiore - Pliocene inferiore. Simbologgiatura usata: (L)PF) transfer fault di carattere regionale conosciuta come linea Piombino-Faenza; f) fascia di svincolo del F. Cecina; Ps) sedimenti del Pliocene inferiore; Ms) sedimenti del Miocene superiore; s) substrato pre-neogenico; le frecce indicano sollevamento e abbassamento relativo.

seminulina s.l. alla Zona a *G. puncticulata*; dalla Zona a *D. variabilis* s.l. alla Zona a *D. tamalis*, Sottozona a *R. pseudoumbilica*) ed uno del Pliocene medio (Zona a *G. aemiliana*; dalla porzione superiore della Zona a *D. tamalis* a quella inferiore della Zona a *D. surculus*).

La presenza di diffusi livelli clastici grossolani nelle successioni del Pliocene inferiore delle aree di C. al Pazzo-Volterra, Pomarance, Poggio la Pertica e Lustignano (fig. 4) è da ricondurre ad improvvisi movimenti positivi di un'area meridionale che riteniamo compresa tra Castelnuovo Val di Cecina e Prata (il limite a sud è suggerito dal fatto che nella zona di Perolla si rinvenivano arenarie dell'intervallo Zona a *S. seminulina* s.l.-Zona a *G. margaritae*, i cui caratteri sedimentari testimoniano una provenienza settentrionale legata a flussi gravitativi).

La massa clastica doveva seguire vie preferenziali differenti nello spazio (fig. 7) e nel tempo (fig. 4); infatti nell'area di Pomarance (settore occidentale) e in quella di Casa al Pazzo - Volterra l'arrivo clastico caratterizza rispettivamente la parte superiore e quella terminale della prima biozona pliocenica, mentre nell'area di Lustignano (settore settentrionale) si realizza solo a Zona a *G. margaritae* inoltrata. Per quanto riguarda l'area di Poggio la Pertica (ciottoli grossolani sono presenti fin dalla Zona a *S. seminulina* s.l.) è probabile solo una leggera diversificazione rispetto al sistema di canalizzazione Pomarance - Casa al Pazzo.

Nelle aree a Sud del F. Cecina il ciclo del Pliocene inferiore termina con la Zona a *G. puncticulata* (Zona a *D. tamalis*, Sottozona a *R. pseudoumbilica*) a seguito di un marcato sollevamento che coinvolge anche aree meridio-

nali del Graben come quelle di Roccastrada e del medio Ombrone (Bossio *et al.*, 1992d).

Nell'area di Casa al Pazzo - Volterra, dove la sedimentazione pliocenica è continua, la Zona a *G. puncticulata* (Zona a *D. tamalis*, Sottozona a *R. pseudoumbilica*) è caratterizzata da tre potenti intervalli sabbiosi (Sabbie di Mazzolla) interpretabili come una risposta locale al sollevamento sopradetto.

I settori a Sud del F. Cecina tornano ad essere invasi dal mare durante il Pliocene medio (Zona a *G. aemiliana*; Zona a *D. tamalis*, Sottozona a *Reticulofenestra* spp. - Sottozona a *C. pelagicus*) per la ripresa della subsidenza. Lo sviluppo areale di questo secondo ciclo risulta però condizionato dall'alto morfologico impostatosi durante il Miocene superiore e delineatosi completamente nel Pliocene inferiore (fig. 5 I). Nelle aree di S. Dalmazio-Anqua e Chiusdino, dove si sono mantenuti i termini regressivi del ciclo, si assiste alla sostituzione del dominio marino da parte di uno continentale del Villafranchiano inferiore, caratterizzato dalla presenza di consistenti apporti detritici grossolani provenienti da settori occidentali.

La regressione è ben evidenziata anche nella zona di Volterra (e marcata principalmente dalle Sabbie e calcari arenacei) dove si realizza nell'ambito dell'intervallo Zona a *D. tamalis* (parte sommitale) - Zona a *D. surculus* (parte inferiore).

Lavoro realizzato nell'ambito del contributo CNR n° 9200855 (Responsabile Prof. A.Lazarro) e con i fondi 40% e 60% MURST.

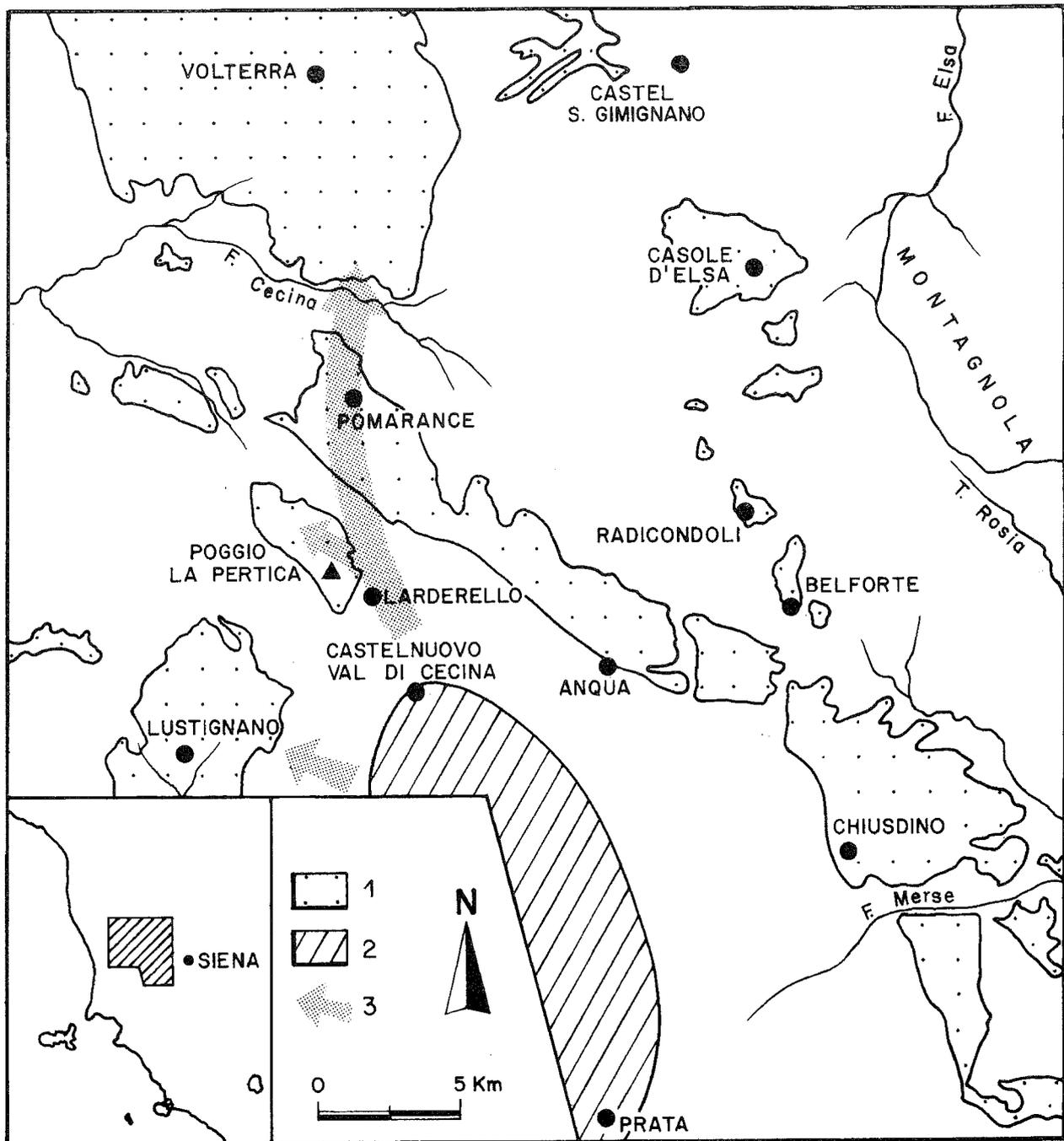


Fig. 7 - 1) Affioramenti pliocenici nell'area centro-meridionale del Bacino di Volterra; 2) area in sollevamento durante il Pliocene inferiore; 3) vie preferenziali dei clasti durante il Pliocene inferiore

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

BOSSIO A., COSTANTINI A., FORESI L., MAZZEI R., MONTEFORTI B., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. (1992d) - *Notizie preliminari sul Pliocene del Bacino del Medio Ombrone e della Zona di Roccastrada*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem., serie A, **98**, 259-269.

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, 193-250.

BOSSIO A., CERRI R., COSTANTINI A., GANDIN A., LAZZAROTTO A., MAGI M., MAZZANTI R., MAZZEI R., SAGRI M., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. (1992e) - *B4. I Bacini distensivi neogenici e quaternari della Toscana*. Guide all'escursione post-congresso 76ª riunione estiva. Soc. Geol. It., (settembre 1992), 199-277.

BOSSIO A., COSTANTINI A., LAZZAROTTO A., MAZZANTI R., MAZZEI R., MONTEFORTI B., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. (1991a) - *Evoluzione paleogeografica di alcuni bacini pliocenici toscani*. Workshop "Evoluzione dei bacini Neogenici e loro rapporti con il magmatismo Plio-Quaternario nell'area Tosco-Laziale". Pisa, 12-13 giugno 1991, Abstracts, 18-20.

- 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*. Messinian Seminar N. 4. Pacini, Pisa, 88.
- BOSSIO A., GIANNELLI L., MAZZANTI R., MAZZEI R. & SALVATORINI G. (1981) - *Il passaggio dalla facies lacustre alla evaporitica e le "Argille a Pycnodonta" presso Radicondoli (Siena)*. IX Conv. Soc. Paleont. It. (Pisa, Ottobre 1981), 160-174, Pisa.
- 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**, 1-98.
- BOSSIO A., MAZZANTI R., MAZZEI R., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. (1992b) - *Il Pliocene di S.Dalmazio-Anqua e Radicondoli-Belforte (Siena-Pisa)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., ser. A, **98**, 99-191.
- BOSSIO A., CERRI R., MAZZEI R., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. (1994) - *The neoautochthonous succession of the Spicchiaiola-Pignano area, East of Volterra (Southern Tuscany, Italy)*. Mem. Soc. Geol. It., in stampa.
- 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**, 151-197.
- LAZZAROTTO A. & MAZZANTI R. (1965) - *Stratigrafia neogenica toscana: Studio geologico di tre sezioni del complesso neoautoctono di Pomarance e Castelnuovo di Val di Cecina (Provincia di Pisa)*. Boll. Soc. Geol. It., **84**, 291-302.
- LAZZAROTTO A. & MAZZANTI R. (1978) - *Geologia dell'alta Val di Cecina*. Boll. Soc. Geol. It., **95**, (1976), 1365-1487.
- LAZZAROTTO A., MAZZANTI R. & SALVATORINI G. (1964) - *Stratigrafia neogenica toscana: esame geologico e micropaleontologico di alcune sezioni del complesso neoautoctono delle valli Cornia e di Milia (province di Pisa e Grosseto)*. Boll. Soc. Geol. It., **83**, 1-60.
- MAZZANTI R., (1966) - *Geologia della zona di Pomarance-Larderello (prov. di Pisa)*. Mem. Soc. Geol. It., **5**, 105-138.

