

**EVOLUZIONE GEOLOGICO-STRUTTURALE
DEL BACINO DI CINIGIANO-BACCINELLO (TOSCANA MERIDIONALE)(**)**

INDICE

RIASSUNTO	pag. 475
ABSTRACT	" 476
INTRODUZIONE	" 476
STRATIGRAFIA	" 478
<i>Primo Supersintema</i>	" 478
<i>Secondo Supersintema</i>	" 479
<i>Terzo Supersintema</i>	" 480
<i>Quarto Supersintema</i>	" 481
TETTONICA	" 481
<i>Analisi mesostrutturale</i>	" 481
<i>Strutture maggiori ed assetto della successione stratigrafica</i>	" 482
CONCLUSIONI	" 485
BIBLIOGRAFIA	" 486

RIASSUNTO

Il bacino di Cinigiano-Baccinello è collocato nella Toscana meridionale ed è delimitato ad ovest dalla dorsale Monticiano-Roccastrada-M. Leoni e ad est dall'allineamento Montalcino-M. Amiata-M. Labbro. E' stato effettuato un nuovo rilevamento geologico dell'intero bacino che ha portato alla definizione della stratigrafia della successione neogenico-quadernaria che fino ad oggi era nota con precisione solo per aree limitate (valle del T. Trasubbie, LORENZ, 1968; area meridionale, BENVENUTI *et alii*, 1992).

Tale successione risulta costituita da quattro cicli principali delimitati da discordanze angolari che pertanto sono assimilabili a UBSU (SALVADOR, 1987) o, come recentemente proposto da PASQUARÈ *et alii* (1992), definibili come Supersintemi. In questa ottica tutta la stratigrafia neogenico-quadernaria dell'area interna dell'Appennino Settentrionale è stata suddivisa in cinque supersintemi dal momento che le discordanze che li delimitano sono correlabili regionalmente (BOCCALETTI *et alii*, 1994).

Il 1° Supersintema è relativo all'intervallo Tortoniano medio-Messiniano medio ed è costituito (dal basso) da: Conglomerati poligenici (Tcg) affioranti in prossimità dei bordi del bacino e rappresentati da corpi conglomeratici disorganizzati costituiti da clasti piuttosto spigolosi, prevalentemente matrice-sostenuti; Sabbie e Argille lacustri (Tsa) presenti in maniera discontinua nella porzione centro-meridionale del bacino, sono costituite da sabbie e sabbie argillose con livelli di calcari sabbiosi ricchi di sostanza organica in cui sono stati ritrovati due livelli a mammiferi (V0-V1, HURZELER & ENGESSER, 1976; LORENZ 1968); Argille lacustri (Ma) affioranti estesamente in tutto il bacino e rappresentate da argille e limi contenenti livelli di lignite. E' in questo termine che sono stati riconosciuti altri due livelli a mammiferi (V2-V3, LORENZ, 1968); Sabbie e calcari lacustri (Mcs) e Gesso (Mag). Si tratta di diversi litotipi, prevalenti localmente, in rapporti

eteropici tra loro. Nell'area di Cinigiano, e in generale nella parte centrale del bacino affiorano sabbie ben stratificate con intercalati livelli centimetrici di calcari. Le sabbie passano, verso sud, nell'area di Baccinello, a calcari sabbiosi biancorosati fittamente stratificati. Nella parte settentrionale, presso Casenovole e Murlo sono presenti limitati affioramenti di gessoareniti, argille con gessi e marne calcaree con *Melanopsis* e *Neritina* coevi delle sabbie e dei calcari lacustri e pertanto interpretati come eteropici di questi.

In discordanza angolare sui termini del 1° Supersintema, sopradescritti, poggiano i sedimenti del 2° Supersintema, di età Messiniano superiore-Pliocene Inferiore rappresentati da: Conglomerati poligenici (Mcg) presenti in tutto il bacino e costituiti da clasti arrotondati in matrice sabbioso-argillosa fortemente arrossata. Come già ipotizzato da PASQUARÈ *et alii* (1983) tali conglomerati sono stati correlati con il Conglomerato di Montebamboli (LAZZAROTTO *et alii*, 1969) affiorante in aree occidentali rispetto alla Dorsale Medio Toscana. Al di sopra di questo conglomerato giacciono in discordanza angolare i sedimenti marini del Pliocene Inferiore. Tale discordanza essendo presente solo localmente in Toscana meridionale, non riteniamo possa rappresentare un elemento per la definizione di un ulteriore Supersintema. Argille, argille sabbiose marine (Pa) e Sabbie marine (Ps). Affiorano in prossimità del Fiume Orcia e nella zona di Arcille. Sono rappresentate da argille, argille sabbiose e sabbie ricche di microfossili e macrofossili marini.

Il 3° Supersintema è costituito soltanto da Sabbie marine (Psc) del Pliocene medio superiore che affiorano nella porzione settentrionale e meridionale del bacino in discordanza sui termini neogenici precedenti (1° e 2° Supersintema). Litologicamente sono rappresentate da sabbie gialle con intercalazioni conglomeratiche e livelli calcarei conchigliari. Tali sabbie passano lateralmente, sul margine orientale, nell'area di Civitella Marittima, di Cana e in corrispondenza del M. Faete a Conglomerati Poligenici (Pcg) in matrice sabbiosa di colore marrone scuro, di ambiente di transizione.

I sedimenti del 4° Supersintema del Villafranchiano superiore sono rappresentati da Conglomerati fluvio-lacustri (Vcg) affioranti frammentariamente nella porzione centro-meridionale del bacino e costituiti da ciottoli arrotondati in matrice argilloso-sabbiosa di colore rosso scuro.

Per quanto riguarda la tettonica, il rilevamento effettuato ha messo in luce alcuni aspetti che portano all'individuazione di un quadro del tutto nuovo a cui riferire l'evoluzione del bacino di Cinigiano-Baccinello. In particolare non sono state individuate strutture distensive che possano far ritenere che si tratti un graben o di un semi-graben. Sono presenti molte faglie normali che tagliano i depositi neogenico-quadernari ma nessuna sembra da mettere in relazione con la deposizione, né, tanto meno, con la formazione del bacino. Per contro sono da segnalare numerose faglie inverse, sia alla mesoscala che a scala maggiore specialmente nella parte orientale del bacino. In quest'area inoltre i depositi del 1° e del 2° Supersintema risultano piegati, in qualche caso fino alla verticale, e sviluppano progressive unconformities (RIBA, 1976) che tendono a divenire delle paraconformities al centro del bacino. Tale situazione si verifica tra il 1° ed il 2° Supersintema e tra il 3° e i due precedenti. Verticalizzazioni sono comunque presenti anche al bordo occidentale del bacino. Tale situazione geometrica, unitamente all'assetto reciproco dei vari supersintemi, risulta, nelle linee generali, mol-

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

(***)Lavoro eseguito con il contributo finanziario M.U.R.S.T. (fondi 40%, responsabile M. BOCCALETTI). Pubblicazione n° 284 del C.N.R. Centro di Studio per la Geologia dell'Appennino e delle catene perimediteranee.

to simile a quella presente nei bacini sviluppati in catene a thrust (bacini *piggy-back*, sensu ORI & FRIEND, 1984). Le strutture compressive a cui riferire una tale evoluzione sono: ad ovest la Dorsale Medio Toscana che rappresenta un accavallamento di importanza regionale che porta in superficie porzioni molto profonde della crosta, e, ad oriente, un *blind thrust* segnalato da BALLY *et alii* (1986) la cui espressione superficiale è costituita in affioramento da un'anticlinale al cui nucleo affiorano, in finestra tettonica al di sotto delle Unità liguri s.l., i depositi dell'unità toscana non metamorfica.

ABSTRACT

The Cinigiano-Baccinello Basin is located in southern Tuscany and it is delimited by the Monticiano-Roccastrada-Monti Leoni ridge on the west side, and by the Montalcino-Monte Amiata-Monte Labbro alignment on the east side.

A new geological research of the whole basin have been performed allowing to better define the Neogenic-Quaternary succession that until now was well known only for limited areas (T. Trasubbie valley, LORENZ, 1968; southernmost part of the basin, BENVENUTI *et alii*, 1992).

The Neogenic-Quaternary succession of this basin is constituted by four principal cycles, limited by angular unconformities, that can be assimilable with UBSU (SALVADOR, 1987), or, as recently proposed by PASQUARÈ *et alii* (1992), definable as "Supersintemi".

By this point of view the entire Neogenic-Quaternary stratigraphy of the inner area of the Northern Apennines has been subdivided in five UBSU, since the unconformities that limit each UBSU are correlable on a regional scale (BOCCALETTI *et alii*, 1995).

The 1st UBSU belongs to the Middle Tortonian-Middle Messinian time and is constituted by (from the bottom):

Polimictic Conglomerates (Tcg): they outcrop near the margin of the basin and are constituted by disorganized matrix-supported conglomeratic bodies made up by angular pebbles;

Lacustrine Sands and Clays (Tsa): they discontinuously outcrop in the central-southern part of the basin. They are made up by sands clayey silts and calcs with sandy limestone levels rich in organic matter. Inside this term two mammal fauna levels have been recognized (V0-V1) by LORENZ (1968) and Hurzeler & Engesser (1976); Lacustrine Clays (Ma): they are widely outcropping in the entire basin and are represented by clays and silts containing lignite layers. Inside this term two different layers have been recognized containing mammal fauna assemblages (V2-V3, Lorenz, 1968); Lacustrine Sands and Carbonates (Mcs) and Gypsum (Mag): this term is constituted by different lithofacies each of them prevailing in determined areas. In the Cinigiano area and generally in the central part of the basin, well stratified sands interbedded with centrimetric-thick limestone layers, outcrop. The sands are eteropic, toward the southernmost part of the basin (Baccinello area), with closely layered white-pink sandy carbonates. In the northern part of the basin near Casenovole and Murlo are sited some small outcrops of gypsum-arenites, clays with gypsum and calcareous marls containing Melanopsis and Neritina, that are coeval of the lacustrine sands and carbonates. For this reason such gypsum-arenites deposits have been interpreted as eteropic of Mcs ones.

The sediments of the 2nd UBSU are of Upper Messinian-Lower Pliocene age and are represented by: Polimictic Conglomerates (Mcg): they are outcropping in the entire basin and are constituted by rounded pebbles in sandy-clayey strongly reddened matrix. As supposed by PASQUARÈ *et alii* (1983) these conglomerates can be correlated with the Conglomerato di Montebamboli (LAZZAROTTO *et alii*, 1969) that outcrops in western areas with respect to the Mid-Tuscany Ridge. These conglomerates are unconformably overlain by some marine sediments of Lower Pliocene age. This unconformity, being only locally present in southern Tuscany, and not on a regional scale, can not represent a feature to define

a further UBSU; Marine Clays (Pa) and Marine Sandy Clays (Ps): they outcrop principally near the Orcia River and in the Arcille area. They are represented by clays, sandy clays and sands rich in marine micro and macro fossils.

The 3rd UBSU is only constituted by Marine Sands (Psc) of Middle-Upper Pliocene age. They both outcrop in the northern and southern portions of the basin and rest unconformably on the other neogenic sediments (1st and 2nd UBSU). They are represented by yellow sands interbedded with conglomeratic and shelly limestone layers. This sediments are laterally eteropic, toward the western margin, in the Civitella Marittima area and in the M. Faete area with Polimictic Conglomerates (Pcg) constituted by rounded pebbles immerse in a dark-brown sandy matrix.

The sediments of the 4th UBSU of Upper Villafranchian age are represented by scattered outcrops of Fluvio-Lacustrine conglomerates (Vcg) in the central-southern part of the basin, and constituted by rounded pebbles immerse in a sandy-clayey dark-red matrix.

This geological research has pointed out some new and important aspects, regarding the tectonic evolution of the basin, that lead to the individualization of a completely new picture of the history of the basin.

In particular any normal fault directly conncted with a graben or semi-graben structure have been observed in this basin. Many normal faults are present that affects the neogenic sediments but no one of them seem to have influenced the deposition of the neogenic succession; moreover it seems that they don't have any relation with the origin of the basin. On the contrary many reverse faults have been found, at the mesoscale and at major scale, especially sited on the eastern side of the basin.

In this area the deposits of the 1st and 2nd UBSU are steeply inclined, in some case they reach the vertical, and frequently give rise to progressive unconformities (RIBA, 1976) that become paraconformities toward the centre of the basin. This situation take place between the sediments of the 1st and 2nd UBSU and between the sediments of the 3rd UBSU and the two preceding UBSU. Some verticalizations are also present near the western margin of the basin. This geometrical situation, together with the mutual relation of the different UBSU, results, in a general way, very similar to the situation present in basin developed in thrust chain (*piggy-back* basin sensu ORI & FRIEND, 1984).

The following compressive structures are responsible of such evolution of the basin: the Mid-Tuscany Ridge, on the west side of the basin, that represents a thrust of regional importance that carries very deep portions of earth's crust on earth's surface, and, on the east side, a blind thrust (BALLY *et alii*, 1986) whose surficial expression is constituted by an anticlyne structure where the deposits of the Non Metamorphic Toscan Units outcrop at the core, in tectonic window, below the deposits of the Ligurids Units.

PAROLE CHIAVE: Toscana Meridionale, Analisi Strutturale, Tettonica Compressiva.

KEY WORDS: Southern Tuscany, Structural Analysis, Compressive Tectonics.

INTRODUZIONE

Il bacino neogenico-quaternario di Cinigiano-Baccinello è situato in Toscana meridionale, tra la "Dorsale Medio-Toscana" ad ovest e l'area del M. Amiata ad est (Fig. 1). Esso fa parte dei bacini "neoautoctoni" toscani, sviluppati dal Tortoniano superiore al Quaternario nel settore interno dell'Appennino Settentrionale. La loro genesi, secondo gli Autori, è legata alla tettonica estensionale connessa con l'apertura del ba-

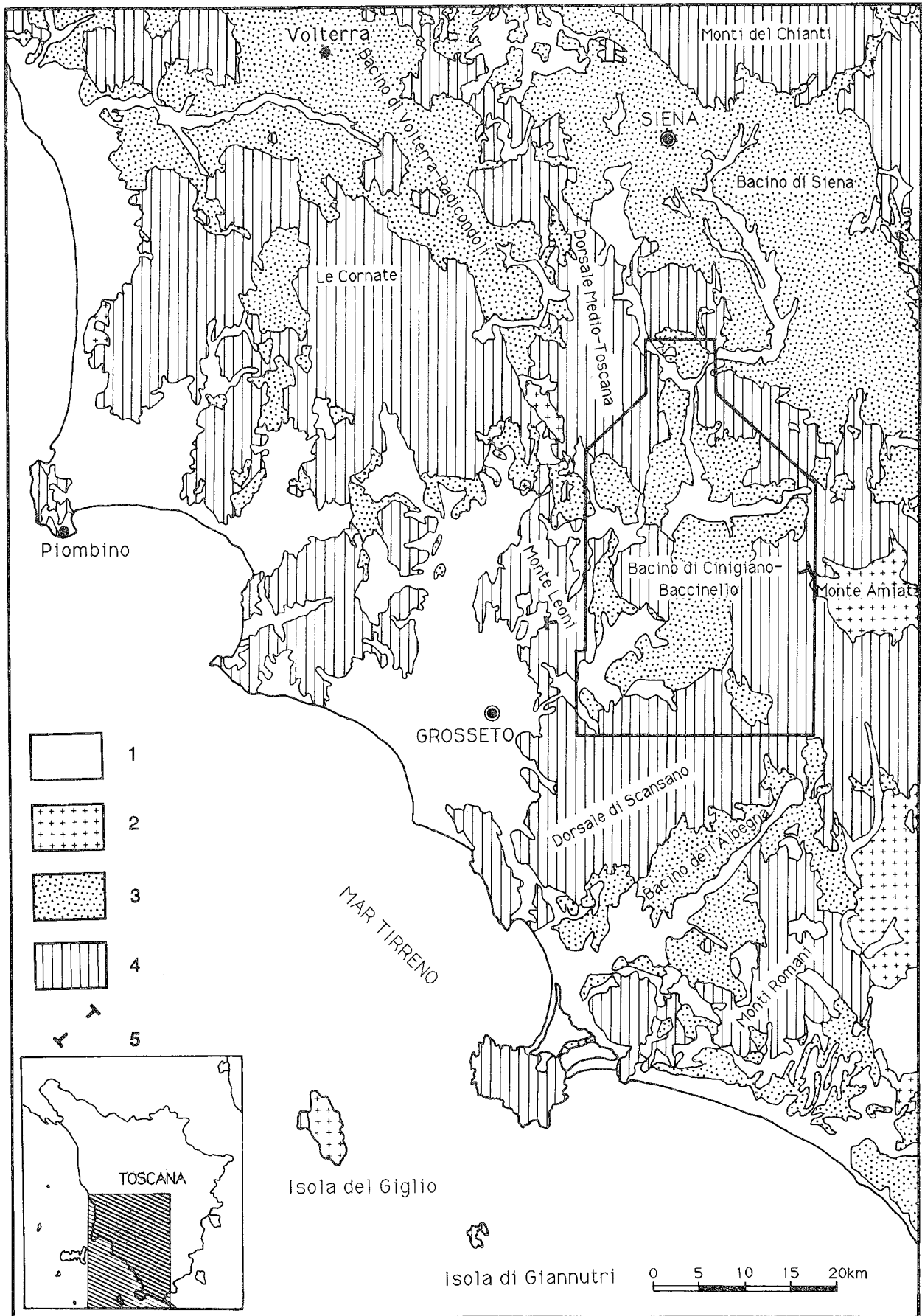


Fig. 1 - Ubicazione geografica del Bacino di Cinigiano-Baccinello in relazione agli altri bacini neogenici della Toscana Meridionale. 1: Depositi alluvionali; 2: Rocce magmatiche; 3: Depositi neogenico-quadernari; 4: Substrato; 5: traccia della sezione riportata in figura 7.

cino tirrenico ed instauratasi come conseguenza della progradazione verso est del fronte compressivo della catena (TREVISAN, 1952; BALDACCINI *et alii*, 1967; SESTINI, 1970; GIANNINI *et alii*, 1971; ELTER *et alii*, 1975; LAZZAROTTO & MAZZANTI, 1976; BOCCALETTI *et alii*, 1987). A conferma di questo sarebbe l'età progressivamente più giovane dei depositi dei bacini verso est ed i processi magmatici i cui prodotti risultano progressivamente più giovani procedendo verso oriente (ELTER *et alii*, 1975; CIVETTA *et alii*, 1978; SERRI *et alii*, 1991 *cum bib.*).

Questo quadro relativamente semplice è stato recentemente messo in discussione con l'acquisizione di numerosi dati strutturali raccolti sui depositi dei bacini, nonché dal riesame critico delle strutture maggiori e da nuovi rilevamenti di alcuni bacini. Sono stati infatti individuati alcuni episodi compressivi a carattere regionale a cui vengono riferiti sollevamenti regionali e l'interruzione della sedimentazione con formazione di discordanze (BERNINI *et alii*, 1990; BOCCALETTI *et alii*, 1991, 1992, 1994).

Recentemente, inoltre, dallo studio dei rapporti tra i depositi dei bacini col substrato, e tra i sedimenti dei vari cicli riconosciuti, unitamente alla revisione delle maggiori strutture presenti, per alcuni bacini è stata ipotizzata un'origine relativa ad un diverso quadro deformativo regionale (BOCCALETTI *et alii*, 1995a, 1995b questo volume). In particolare alcuni di essi sono stati riferiti a contesti strutturali compressivi e sono stati definiti come "perched basin". Questo aspetto porta a prolungare nel tempo fino a tutto il Messiniano l'attività compressiva anche molto internamente nella catena (BOCCALETTI *et alii*, 1995a, 1995b).

In questo lavoro viene presentata una nuova carta geologica completa del Bacino di Cinigiano-Baccinello, per la compilazione della quale sono state effettuate numerose nuove datazioni biostratigrafiche. Inoltre è stato effettuato, parallelamente al rilevamento, un accurato studio strutturale dei depositi neogenico-quadernari.

STRATIGRAFIA

Il Bacino di Cinigiano-Baccinello è posto, in Toscana meridionale tra la "Dorsale Medio-Toscana" ed il bacino di Siena-Radicofani (Fig. 1). L'area di affioramento è molto vasta, e mancano completamente a tutt'oggi lavori organici e completi sul bacino ed in particolare riguardo alla successione stratigrafica. Per quanto riguarda i lavori precedenti il primo lavoro di rilevamento pubblicato per questo bacino risale al 1905 con i fogli 128 (Grosseto) e 129 (S. Fiora), al 1906 con il Foglio 120 (Siena) ed al 1908 con il Foglio 121 (Montepulciano), della prima edizione della Carta Geologica d'Italia preceduti soltanto da un lavoro di NOVARESE (1897) riguardante la zona di Cinigiano. I lavori successivi, relativi esclusivamente alla parte centro-meridionale del bacino, sono strettamente legati all'attività estrattiva della lignite (NOVARESE, 1908; DE CASTRO & PILOTTI, 1933; FALINI, 1949) basati su dati di miniera o di sondaggi, dai quali è possibile ricavare serie stratigrafiche molto precise, limitate tuttavia solo alle immediate vicinanze di orizzonti lignitiferi.

Assai vasta è la letteratura a prevalente carattere paleontologico (DE TERRA, 1956; GILLET *et alii*, 1965; LORENZ, 1968; MASINI & TORRE, 1987; ENGESSER, 1989;

BOSSIO *et alii*, 1991) dato l'interesse suscitato dalla zona per l'elevato contenuto faunistico a mammiferi. Alla fine degli anni '60 è stata pubblicata la seconda edizione della Carta Geologica d'Italia: Foglio 129 (S. Fiora), 1965.; Foglio 120 (Siena) e Foglio 121 (Montepulciano), 1968; Foglio 128 (Grosseto), 1969. Fra la fine degli anni '70 e l'inizio degli anni '80 sono stati pubblicati una serie di lavori riguardanti l'evoluzione paleogeografica e tettonica di bacini compresi tra la Toscana Meridionale ed il Lazio Settentrionale (AMBROSETTI *et alii*, 1978; DAMIANI *et alii*, 1980; PASQUARÈ *et alii*, 1983). BENVENUTI *et alii* (1992) hanno infine presentato un lavoro in cui vengono riesaminati i caratteri sedimentologici e paleontologici della successione affiorante nella zona di Cinigiano e Baccinello.

Il nuovo rilevamento geologico dell'intero bacino ha portato alla definizione della stratigrafia della successione neogenico-quadernaria: nell'area settentrionale si è reso necessario effettuare nuove datazioni biostratigrafiche, mentre sono state riesaminate le aree del bacino per le quali era già stata proposta una suddivisione stratigrafica (FALINI, 1949; LORENZ, 1968; GELMINI, 1969; PASQUARÈ *et alii*, 1983); ciò ha portato al riconoscimento di nuovi termini stratigrafici ed alla datazione di termini già distinti (Tav. f.t.).

La successione neogenico-quadernaria dell'Appennino Settentrionale ("Ciclo Neoautoctono" di BOCCALETTI *et alii*, 1987) è stata recentemente suddivisa in cinque unità stratigrafiche delimitate da discordanze regionali (UBSU, SALVADOR, 1987; Supersintemi, PASQUARÈ *et alii*, 1992) correlabili in tutto l'Appennino Settentrionale (BOCCALETTI *et alii*, 1995). Nel Bacino di Cinigiano-Baccinello sono presenti le prime quattro di tali unità, o seguendo la terminologia adottata da BOCCALETTI *et alii*, (1995), i primi quattro Supersintemi. Nel prosieguo dell'esposizione della stratigrafia del bacino così come ricostruita nel presente lavoro, ci riferiremo a tale suddivisione.

Primo Supersintema

Il primo Supersintema è relativo all'intervallo Tortoniano medio-Messiniano medio ed è costituito dai seguenti termini (dal basso):

Conglomerati poligenici (Tcg): giacciono in discordanza angolare sul substrato preneogenico e sono rappresentati da corpi conglomeratici disorganizzati costituiti da clasti piuttosto spigolosi, provenienti dalle rocce del substrato (Unità Liguri e Sub-liguri), prevalentemente *matrix-supported*. Affiorano in prossimità dei bordi del bacino (area a sud di Montepescini e area di Castiglioncello Bandini, Tav. f.t.) e presentano uno spessore estremamente variabile da un massimo di 80 metri fino ad alcuni metri. In base alla posizione stratigrafica rispetto ai termini sovrastanti sono stati indicativamente attribuiti al Tortoniano medio.

Sabbie ed Argille lacustri (Tsa): affiorano esclusivamente nella porzione meridionale del bacino e sono costituite da due sedimenti litologicamente diversi: sabbie e calcari a *Cardium* nell'area di Castiglioncello Bandini ed argille lacustri con lignite nell'area di Baccinello. Queste argille erano state cartografate insieme alle Argille Lacustri (Ma) nella Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000, F. Grosseto, n° 128); tuttavia i due termini argillosi sono separati da una discordanza angolare (Tav. f.t.). Inoltre anche le sabbie e calcari a *Cardium* (Tsa) sono discordanti rispetto al termine argilloso superiore (Ma). Le argille inferiori di Baccinello

e le sabbie ed i calcari a *Cardium* di Castiglioncello Bandini hanno pertanto un'identica posizione stratigrafica poiché sono delimitati, al tetto, dalla medesima discordanza angolare, rispetto alle Argille lacustri (Ma). Sebbene non si osservino rapporti eteropici tra di loro sono stati considerati equivalenti. Lo spessore valutabile è estremamente variabile e si aggira mediamente intorno a 40 metri.

Nei depositi argillosi affioranti in sinistra orografica del Torrente Trasubbie sono stati ritrovati due livelli fossiliferi a mammiferi: V_0 (HURZELER & ENGESSER, 1976; ENGESSER, 1989) e V_1 (LORENZ, 1968). Il ritrovamento nel livello V_0 di un muride non endemico, *Valerymys vireti*, ne ha permesso l'assegnazione alla biozona a mammiferi MN11 (ENGESSER, 1989), la quale costituisce la prima biozona del Turoliano. Ciò consente di fare risalire l'inizio della sedimentazione di questo termine ad un momento corrispondente al Tortoniano medio. Il livello V_1 presenta una fauna fortemente endemica che è stata correlata da ENGESSER (1989) alla biozona a mammiferi MN12 corrispondente al Turoliano medio.

Argille lacustri (Ma): questo termine è rappresentato da diversi litotipi localmente prevalenti. La successione più completa affiora nella parte centro-meridionale del bacino (area del T. Melacce, Tav. f.t.) dove la porzione basale è costituita da livelli sabbioso-conglomeratici poligenici, spesso cementati, i cui clasti provenienti dalle Unità Liguri, presentano dimensioni dell'ordine del centimetro ed hanno un notevole arrotondamento. Verso l'alto si passa ad argille alternanti con livelli marnosi di colore grigio scuro, ricchi di sostanza organica. Nella parte settentrionale del bacino affiorano esclusivamente le argille che costituiscono il litotipo dominante. Infine in tutto il bacino, la parte alta della successione è costituita da argille alternanti con livelli marnosi di colore marrone chiaro.

Lo spessore stimato nella porzione centro-meridionale del bacino è di circa 180 metri, mentre nella zona settentrionale è di circa 100 metri. L'ambiente di sedimentazione è di tipo palustre-lacustre caratterizzato da una crescente aridità (BENVENUTI *et alii*, 1992). Il ritrovamento, anche all'interno di questi sedimenti argillosi, di due livelli a mammiferi, V_2 e V_3 (LORENZ, 1968), di cui il più recente (V_3) attribuito alla biozona a mammiferi MN13, ultima zona del Turoliano, ne consente l'assegnazione al Messiniano inferiore. In corrispondenza del livello a mammiferi V_2 è stato ritrovato un orizzonte di cineriti la cui datazione assoluta ha fornito un'età di $8,4 \pm 0,4$ Ma (HURZELER, comunicazione personale in HURZELER & ENGESSER, 1976).

Sabbie e calcari lacustri (Mcs) e gesso (Mag): per quanto riguarda le sabbie e i calcari lacustri (Mcs) si tratta di litotipi prevalenti localmente, in rapporti eteropici tra di loro; il passaggio è graduale e particolarmente ben visibile nella parte centro-meridionale del bacino (zona in destra orografica del T. Melacce, Tav. f.t.). Nella parte settentrionale (poco ad est di Montepescini e a sud di Casenovole, Tav. f.t.) sono presenti limitati affioramenti di gessoareniti, argille con gessi e marne calcaree fittamente stratificate con *Melanopsis* e *Neritina* (Mag), i quali, sebbene non si osservino rapporti eteropici diretti, sono stati correlati alle sabbie e calcari lacustri (Mcs) in quanto occupano la medesima posizione stratigrafica. La presenza di livelli gessosi, sia pure in qualche caso di origine secondaria, pone alcuni interrogativi riguardo alla ricostruzione pa-

leogeografica dell'area. La spiegazione più immediata per giustificare la presenza di depositi di questo tipo ad est della Dorsale Medio-Toscana, potrebbe prevedere un'ingressione marina rapida e poco estesa, probabilmente da aree settentrionali. In alternativa si potrebbe pensare ad un arricchimento in solfato di calcio delle acque nell'area di sedimentazione per dilavamento dei depositi evaporitici del Trias Superiore della dorsale stessa. Tuttavia l'esiguità degli affioramenti e le loro condizioni non permettono uno studio accurato del problema. Nella porzione centrale del bacino affiorano sabbie ben stratificate spesso compatte con intercalati livelli centimetrici di calcari. Lo spessore di queste sabbie è estremamente variabile: da pochi metri in alcune zone, e fino ad oltre 100 metri in altre. Infine, nell'area meridionale del bacino, affiorano calcari bianco-rosati, fittamente stratificati, i quali contengono una piccola frazione sabbiosa. Lo spessore dei calcari può variare da pochissimi metri (talvolta assenti) sino ad un massimo di 50 metri. Sia le sabbie che i calcari contengono una ricca fauna di molluschi continentali soprattutto del genere *Melanopsis*, ricollegabili al livello a molluschi F2 (GILLET *et alii*, 1965) della zona di Baccinello, attribuito ad un Messiniano generico (LORENZ, 1968; ESU & GIROTTI, 1989).

Secondo Supersintema

In discordanza angolare sui termini del Primo Supersintema poggiano i sedimenti del Secondo Supersintema di età Messiniano superiore-Pliocene inferiore rappresentati da:

Conglomerati poligenici (Mcg): al loro interno possono essere individuate due litofacies principali:

— la prima è costituita da un conglomerato a ciottoli arrotondati, talora assimilabile a ciottolami, di dimensioni variabilissime (con diametro da pochi centimetri a circa 50 centimetri), piuttosto disorganizzato, prevalentemente *matrix-supported*, ma talora anche *clast-supported*. I clasti provengono dalle Unità Liguri, Subliguri e subordinatamente anche dal Macigno, rispecchiando la locale composizione del substrato preneogenico.

— La seconda litofacies è costituita da sabbie, sabbie argillose e limi all'interno delle quali possono essere ritrovati livelletti di ciottoli *matrix-supported*, piuttosto spigolosi. La composizione litologica di questa litofacies sembra essere principalmente influenzata da apporti derivanti dalle Unità Subliguri (ROOK, 1989; BENVENUTI *et alii*, 1992).

Entrambe le facies presentano una marcata colorazione rosso-scuro conferita da una patina ematitica presente su tutto il sedimento.

I conglomerati poligenici (Mcg) riferibili ad un ambiente sedimentario ad alta energia quale quello di conoide alluvionale e frutto di processi deposizionali quali trasporto in massa di ciottolami disorganizzati ed espansione di flussi non confinati (sheet flood-flussi iperconcentrati) in clima arido (BENVENUTI *et alii*, 1992), si sono sviluppati probabilmente in un contesto regionale tettonicamente attivo (PASQUARÈ *et alii*, 1983; ROOK, 1989; BENVENUTI *et alii*, 1992). Sebbene privi di contenuto fossilifero questi conglomerati possono essere assegnati cronologicamente al Messiniano superiore (PASQUARÈ *et alii*, 1983). Essi giacciono, infatti, al di sopra dei calcari del Messiniano medio-superiore e al di sotto di argille marine appartenenti alla prima biozona del Pliocene (Pliocene inferiore, Zona a *Sphae-*

roidinellopsis seminulina s.l.) (Bossio *et alii*, 1991). In base alle loro caratteristiche litologiche ed alla posizione stratigrafica possono essere correlati con il Conglomerato di Montebamboli (Formazione formalizzata da LAZZAROTTO *et alii*, 1969) come già proposto da alcuni Autori (PASQUARÈ *et alii*, 1983). Lo spessore medio di questo termine si aggira intorno ai 100 metri, raggiungendo talora potenze di circa 250 metri nell'area del Monte Faete.

Argille e argille sabbiose (Pa) - Sabbie (Ps): esse segnano l'inizio della sedimentazione pliocenica e sono l'espressione di una trasgressione marina iniziata in corrispondenza della prima biozona del Pliocene (Zona a *Sphaeroidinellopsis seminulina* s.l.) e proseguita anche durante la seconda biozona pliocenica (Zona a *Globorotalia margaritae*), ciò confermato anche da campioni analizzati che sono stati raccolti nella parte settentrionale del bacino. Tali sedimenti sono prevalentemente costituiti da argille e argille sabbiose grigio-azzurre. Spesso presentano alla base dei livelletti conglomeratici e solo nella zona di Poggio alle Mura è presente un livello torboso contenente faune oligotipiche. Il limite cronologico superiore del Secondo Supersintema ricade in corrispondenza della parte basale della biozona pliocenica a *Globorotalia puncticulata*, momento in cui si verifica anche la massima espansione marina del Pliocene inferiore (Bossio *et alii*, 1991). Lo spessore si aggira mediamente sui 100 metri. Le argille e argille sabbiose (Pa) presentano un rapporto eteropico latero-verticale con sabbie medio-fini (Ps) che mostrano diminuzione della granulometria verso l'alto (*fining upward*). Queste sabbie sono generalmente massicce, ben consolidate e coerenti, talvolta a stratificazione incrociata. I campioni pre-

levati nella parte alta del deposito hanno rilevato la presenza di *Globorotalia margaritae*, permettendo così di datare le sabbie al Pliocene inferiore (seconda biozona). I rapporti tra Mcg e Pa-Ps sono di chiara discordanza angolare (Fig. 2). Inoltre le Argille e le Sabbie marine (Pa-Ps) poggiano indifferentemente su tutti i termini prepliocenici con chiara discordanza ma che, essendo presente solo localmente in Toscana, non riteniamo possa rappresentare un elemento per la definizione di un ulteriore Supersintema.

Terzo Supersintema

È costituito da sabbie marine e conglomerati che giacciono in discordanza sui termini neogenici precedenti (Primo e Secondo Supersintema).

Sabbie marine (Psc): Litologicamente sono rappresentate da sabbie gialle con intercalazioni conglomeratiche e livelli calcarei conchigliari. La macrofauna ritrovata nei pressi di Monte Antico e Poggio alle Mura (Tav. f. t.) è costituita da *Pelicyora* (P.) *Gigas* (LAMARK), *Neopycnodonte navicularis* (BROCCHI), *Corbula* sp., *Pecten* sp., *Terebratule* sp., *Glycymeris* (G.) *bimaculata* (POLI), *Gyrineum marginatum* ed Ostracodi di notevoli dimensioni. Presso Arcille la parte alta del deposito è costituita da sabbie lacustri. L'età attribuita al deposito marino (Bossio *et alii*, 1991) corrisponde al Pliocene medio (Zona a *Globorotalia aemiliana*). Per quanto riguarda le sabbie lacustri di Arcille esse sono state riferite al Villafranchiano (MASINI & TORRE, 1987, BOSSIO *et alii*, 1991). Lo spessore medio è di 100 metri.

Conglomerati poligenici (Pcg): Le Sabbie Marine (Psc) del Pliocene medio passano lateralmente nell'area di Civitella Marittima, di Cana ed in corrispondenza



Fig. 2 - Discordanza all'interno del Secondo Supersintema tra i Conglomerati poligenici del Messiniano superiore (Mcg) e le Sabbie del Pliocene inferiore (Ps) (loc. Camigliano).

del Monte Faete (Tav. f.t.) a conglomerati poligenici in matrice sabbiosa, prevalentemente *clast-supported* (con ciottoli arrotondati di diametro da alcuni cm a circa 10-20 cm), disposti in corpi tabulari o lenticolari alternati talvolta con lenti sabbiose. Presentano generalmente un colore di alterazione marrone. Lo spessore, estremamente variabile, si aggira intorno ai 25-30 metri nella zona di Civitella M.ma, mentre raggiunge i 200 metri nell'area del Monte Faete. In base alla loro posizione stratigrafica vengono attribuiti al Pliocene medio.

Quarto Supersintema

I sedimenti di questo Supersintema sono rappresentati soltanto da conglomerati fluvio-lacustri che giacciono in discordanza sui termini mio-pliocenici precedenti.

Conglomerati poligenici (Vcg): affiorano frammentariamente nella porzione centro-meridionale del bacino (Tav. f.t.) e sono costituiti da clasti ben arrotondati ed immersi in una matrice argilloso-sabbiosa di colorazione rosso-scura. Lo spessore è stimabile intorno ai 50 metri. Il rinvenimento al loro interno di alcuni resti di vertebrati ne ha permesso l'attribuzione al Villafranchiano superiore (Pleistocene inferiore) (Bossio *et alii*, 1991).

TETTONICA

Come già accennato nell'introduzione, relativamente al bacino di Cinigiano-Baccinello erano stati precedentemente pubblicati alcuni dati mesostrutturali (BOCCALETTI *et alii*, 1992 e 1994). Tuttavia il rilevamento ha reso necessario un nuovo studio strutturale completo, sia a scala mesostrutturale che relativamente alle strutture maggiori. I dati strutturali presentati sono pertanto del tutto nuovi ed inediti.

Analisi mesostrutturale

Le mesostrutture presenti sono costituite essenzialmente da picchi e strie stilolitiche su ciottolo, abbondanti nei livelli conglomeratici, e da mesofaglie, localizzate prevalentemente nei termini argillosi di tutta la successione e omogeneamente distribuite su tutta l'area del bacino (Fig. 3). Queste ultime strutture particolarmente significative ai fini della ricostruzione dell'evoluzione strutturale proposta, presentano un'estensione areale del piano di faglia in affioramento variabile da alcuni centimetri ad alcuni metri quadrati e rigetti compresi tra alcuni centimetri e alcuni decimetri. I dati raccolti sono stati inoltre elaborati statisticamente ed analiticamente. Il quadro completo dei dati mesostrutturali divisi stazione per stazione nonché uno schema tettonico particolareggiato è riportato in Tav. 2 f.t.

Mediante questo studio è stato possibile identificare la presenza di alcuni eventi tettonici che durante il Neogene hanno interessato i depositi dell'area presa in esame. Gli eventi progressivamente più recenti hanno interessato tutta la successione deposta precedentemente ma mediante l'osservazione della sovrapposizione diretta in campagna fra mesostrutture coerenti con orientazioni diverse del tensore degli sforzi e indagini sul contenuto strutturale di ogni singolo termine della successione neogenica, è stato possibile risalire ad una cronologia relativa di questi eventi tettonici (Fig. 4).

Come accennato nell'introduzione la presenza di quattro supersintemi separati da discordanze è stata

messa in relazione con episodi deformativi compressivi responsabili dell'interruzione della sedimentazione e del sollevamento dell'area. Infatti lo studio mesostrutturale ha permesso di distinguere quattro fasi tettoniche di tipo compressivo caratterizzanti ciascuna i sedimenti dei diversi Supersintemi depositi in precedenza. Un dato interessante consiste nel fatto che tali fasi, di breve durata, sono caratterizzate in certi casi da più orientazioni dell'asse di massima compressione tra loro sovrapposte; l'interpretazione di tale situazione, peculiare di questo bacino, viene riportata caso per caso. I risultati dell'analisi strutturale con i terreni interessati, le relazioni di sovrapposizione e la datazione dell'evento relativo, sono riportati in Tav. 2 f.t. e Fig. 4.

La prima fase tettonica, che interessa i sedimenti del Primo Supersintema, è caratterizzata da un evento compressivo con direzione di massima compressione orientata intorno a N 20-30. Tale evento è marcato da mesofaglie prevalentemente inverse e subordinatamente trascorrenti molto ben rappresentate. Alcune di queste strutture sono concentrate in corrispondenza della faglia inversa in direzione NW-SE localizzata nella porzione centro-meridionale del bacino nei pressi del T. Melacciole (Tav. f.t.). Tale struttura interessa esclusivamente i sedimenti del Primo Supersintema essendo sigillata dai Conglomerati Poligenici (Mcg) del Secondo Supersintema è pertanto riferibile a Messiniano.

Della seconda fase tettonica, che interessa il Primo ed il Secondo Supersintema, fanno parte due eventi compressivi con σ_1 orientato rispettivamente N-S e N 40-60. Di questi eventi compressivi quello in direzione N-S precede quello con direzione N 40-60 come rilevabile dai rapporti di sovrapposizione direttamente osservabili in campagna fra strutture rispettivamente coerenti con i due eventi tettonici. L'evento N-S che interessa esclusivamente i Conglomerati poligenici (Mcg) del Messiniano superiore, presenta una direzione di massima compressione che non differisce sostanzialmente (10/20°) dall'asse di massima compressione caratterizzante l'evento tettonico ritrovato a carico dei sedimenti del Primo Supersintema, e può rappresentare una ripresa di tale evento al passaggio tra Messiniano e Pliocene.

L'evento N 40-60 interessa anche i sedimenti del Pliocene inferiore, separati dai sottostanti conglomerati da una discordanza interna al Secondo Supersintema e deve pertanto collocarsi al passaggio tra il Secondo ed il Terzo Supersintema, nel Pliocene Inferiore.

La terza fase è caratterizzata da un asse di massimo raccorciamento in direzione E-W il quale è stato ricavato dall'analisi di mesofaglie inverse, pieghe rovesciate con asse orientato mediamente N-S e picchi e strie stilolitiche su ciottolo; queste si presentano frequentemente sovrapposte alle strutture che definiscono gli eventi tettonici con σ_1 in direzione N-S e N 40. Questa fase rappresenta un evento a scala regionale nell'area interna appenninica ed è diffusa in tutti i bacini (BOCCALETTI *et alii*, 1992; 1994).

I termini del Quarto Supersintema, affioranti discontinuamente, non hanno permesso la ricostruzione del campo degli sforzi agenti nel lasso di tempo corrispondente al Pleistocene, in quanto caratterizzati da mesostrutture non affidabili. A questo periodo è probabilmente da far risalire un evento tettonico distensivo con σ_3 in direzione N 20-30, di limitata importanza in quanto le strutture ad esso associate sono assai scarse, analogamente a quanto è stato riscontrato in



(a)

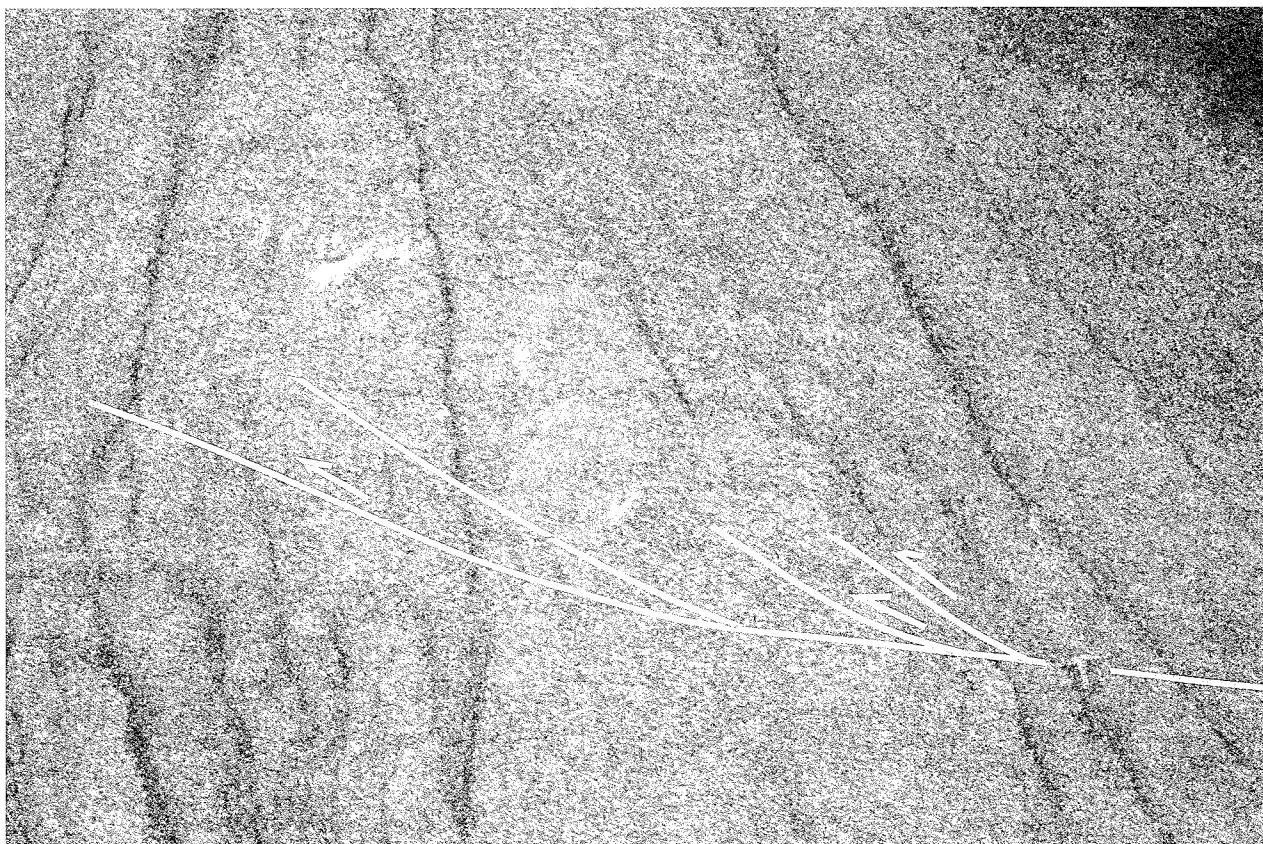
altre zone della Toscana (BOCCALETTI *et alii*, questo volume *cum bib.*). Tuttavia a carico dei sedimenti di tutta la successione neogenica è stata riscontrata la presenza di due eventi tettonici con assi di massima compressione orientati in direzione rispettivamente NE-SW e NW-SE. Benché la prima direzione non differisca sostanzialmente da quella della fase del Pliocene inferiore, si è ritenuto necessario distinguere i due eventi. Infatti in numerosi casi è stato possibile osservare che strutture coerenti con un σ_1 orientato E-W sono tagliate da strutture da cui è ricavabile un tensore degli sforzi che presenta una direzione dell'asse di massima compressione orientato NE-SW.

L'evento NW-SE è da considerarsi l'ultimo che ha interessato i sedimenti della successione neogenico-quadernaria in quanto le strutture ad esso relative si sovrappongono a tutte le altre.

Questi ultimi due eventi sono stati riconosciuti anche a livello regionale a carico di sedimenti appartenenti al Pleistocene (MARTELLI *et alii*, 1989; BOCCALETTI *et alii*, 1991, 1992, 1994; BONINI & SANI, 1993). Si può pertanto ipotizzare che anche un'analogia fase tettonica abbia interessato il Bacino di Cinigiano-Baccinello durante questo periodo.

Strutture maggiori ed assetto della successione stratigrafica

Durante il rilevamento sono state individuate alcune strutture a scala maggiore che, quando possibile sono state cartografate (Tav. f.t. e Tav. 3 f.t.). Il dato forse più interessante di questo lavoro risulta tuttavia nella non individuazione di strutture estensionali po-



(b)

Fig. 3 - (a) Faglie trascorrenti nelle Argille lacustri del Messiniano (Ma) (riva destra del Torrente Melacce). (b) mesofaglie inverse nelle Argille lacustri (località l'Abbandonato).

STRATIGRAFIA						BACINO CINIGIANO-BACCINELLO		
Ma	MARINA			CONTINENTALE		SUPER-SINTEMI	EVENTI TETTONICI	
	CRONOSTR.	BIOSTRAT. (FORAM. PL.)		CRONOSTR.	BIOSTRAT. (MAMM.)			
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11	PLEISTOCENE	OLOCENE		GALERIANO				
		SICIL.		Globorotalia truncatulin. excelsa	VILLAFRANCIANO		4°	
			EMIL.			Globorotalia carliacoensis		
	SANT.		G. inflata	MN 17				
	PLIOCENE	PIACENZIANO		Globorotalia crassaformis	RUSCINIANO	MN 16	3°	
				G. puncticul.		MN 15		
		ZANCLEANO		G. puncticul. - G. margaritae		MN 14		
				Globorotalia margaritae Sphaeroid. s.		MN 13		
	MIOCENE	MESSINIANO		non distinctive z.	TUROLIANO	MN 12	1°	
				Globorotalia conomiozea		MN 11		
		TORTONIANO	Globorotalia obliquus extremus			Glob. suterae		
				Glob. obliq. extrem./Glob. buli.		MN 10		
			Globorotalia acostaensis G. menardii s.l.	MN 9				



Fig. 4 - Rappresentazione schematica dei principali eventi deformativi riconosciuti nella successione neogenico-quadernaria attraverso l'analisi mesostrutturale. a: discordanze delimitanti Supersintemi; b: discordanze interne ai Supersintemi; c: eventi compressivi (freccie convergenti); d: eventi distensivi (freccie divergenti); e: non deposizione o erosione. Per ulteriori spiegazioni vedi testo.

ste a delimitare il bacino sia ad ovest, nell'area della Dorsale Medio-Toscana, che ad est lungo il bordo orientale. La mancata individuazione di queste strutture distensive rimette in discussione il contesto strutturale a cui riferire la genesi e la successiva evoluzione del Bacino di Cinigiano-Baccinello. Tornando alle strutture presenti esse sono sia a carattere compressivo che distensivo.

Le strutture ritenute più antiche sono esclusivamente a carattere compressivo ed interessano i termini del Tortoniano e del Messiniano. Di questo tipo di strutture fanno parte faglie trascorrenti ed inverse a vergenza prevalentemente NE e direzione NW-SE, di cui una chiaramente identificabile sul terreno nell'area del Torrente Melacciole (Fig. 5a), e marcata da intensa tettonizzazione delle argille e dalla presenza di piani di taglio riempiti da vene di gesso (di spessore variabile da 0.5-30 cm) (Fig. 5b). Questa struttura è evidenziata anche dall'allineamento di quattro stazioni di mesofaglie inverse (Tav. 2 f.t.) i cui dati hanno consentito di

risalire allo *slip-vector* (Tav. 2 f.t.). Questi sedimenti sono inoltre caratterizzati da una serie di piegamenti con assi subparalleli in direzione NW-SE, particolarmente evidenti nell'area di Cinigiano e subordinatamente nell'area di Baccinello.

Le strutture di tipo distensivo individuate, sia quelle chiaramente affioranti che quelle presunte, interessano generalmente tutti i termini della successione neogenica ed hanno direzione prevalente NW-SE e secondariamente direzioni NNE-SSW e E-W.

Come già detto, del tutto assenti sono faglie normali in direzione N-S parallele ai margini del bacino miocenico che potrebbero essere messe in relazione con una sua origine distensiva. Nell'area di Poggio alle Mura (Tav. f.t.) sono presenti strutture, alcune delle quali solo presunte, già citate da DAMIANI *et alii* (1980) e DAMIANI & PANNUZI (1986), per le quali è evidente una componente di movimento verticale, di qualche decina di metri di rigetto (sez. A-A', Tav. 3 f.t.), responsabile della dislocazione della successione fino almeno al Pliocene medio. Lungo il corso del fiume Orcia inoltre è stata ipotizzata la presenza di una struttura orientata E-W responsabile del sollevamento della porzione affiorante in sinistra orografica e per la quale DAMIANI & PANNUZI (1986) hanno ipotizzato anche movimenti trascorrenti. Un altro sistema di faglie normali particolarmente sviluppato è presente nell'area del T. Melacce e di Baccinello (Tav. f.t.). Tali faglie orientate mediamente NW-SE e subordinatamente NE-SW interessano la successione fino al Pliocene inferiore e non sono comunque sigillate da sedimenti più recenti.

Le strutture distensive ritrovate, pertanto, non coincidendo né con i margini del bacino miocenico né con quelli del bacino pliocenico, non possono essere correlate con la loro formazione; lo sviluppo di tali strutture è da riferire a periodi successivi alla deposizione dei sedimenti neogenici.

Un aspetto importante anche se non direttamente collegabile con strutture, riguarda gli assetti della successione stratigrafica. Essi immergono mediamente verso ovest nella porzione centro-orientale del bacino e l'inclinazione aumenta progressivamente verso il bordo orientale (sez. B-B' e D-D', Tav. 3 f.t.). Nella parte settentrionale invece le maggiori inclinazioni si hanno lungo il bordo occidentale decrescenti verso il centro del bacino (sez. A-A', Tav. 3 f.t.). Tali assetti sono incompatibili con strutture a carattere distensivo ai margini del bacino che oltre a non essere ipotizzabili non sono neanche state osservate direttamente.

Inoltre ai margini sia orientale che occidentale del bacino (Tav. 1 f.t. e Tav. 3 f.t.) si riscontra la presenza di discordanze angolari, a carattere strettamente locale (Fig. 6a), sia all'interno del Primo Supersintema che del Secondo Supersintema, le quali scompaiono verso il centro del bacino (*progressive unconformities*; RIBA, 1976). Un esempio molto evidente di questo tipo di discordanze si ritrova nei pressi di Cana all'interno dei conglomerati poligenici del Messiniano superiore: in prossimità del contatto con il substrato i conglomerati hanno un'inclinazione di 80-90° (Fig. 6b) che diminuisce progressivamente allontanandosi da esso.

Nell'area di Campagnatico e di Casenovole la successione neogenico-quadernaria immerge mediamente verso est. I sedimenti del Primo Supersintema presentano forti inclinazioni in prossimità del margine occidentale raggiungendo anche una giacitura subverticale nei pressi del Torrente Lescone a sud di Casenovole (Fig. 6c).



(a)



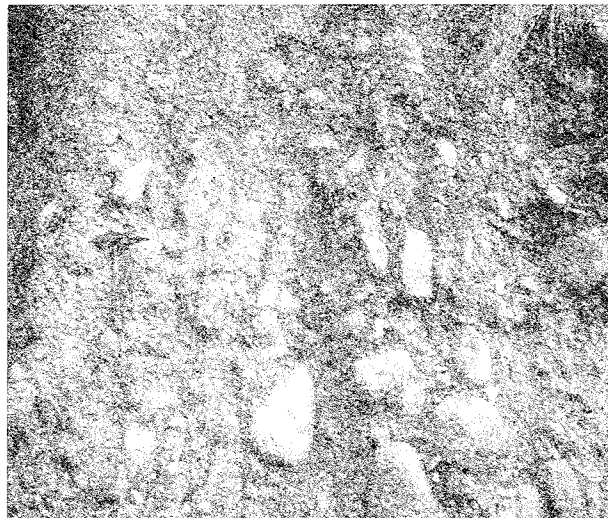
(b)

Fig. 5 - (a) Deformazione nelle Argille lacustri del Messiniano (Ma) legata alla presenza di una faglia inversa. Affioramento lungo la riva sinistra del Torrente Melacciole. (b) Esempio di vena di gesso presente in corrispondenza della faglia inversa illustrata nella precedente figura.



(a)

Fig. 6 - (a) Discordanza locale tra le Sabbie e calcari a *Cardium* del Tortoniano medio (Tsa) e le Argille lacustri del Messiniano (Ma) (loc. L'Abbandonato, margine orientale). (b) Assetto verticale dei Conglomerati poligenici del Messiniano superiore (Mcg) nei pressi di Cana. (c) Assetto verticale dei Conglomerati poligenici del Tortoniano medio (Tcg) nei pressi del Torrente Lescone a sud di Casenovole.



(b)



(c)

CONCLUSIONI

L'evoluzione geologico-strutturale del Bacino di Cinigiano-Baccinello risulta, da quanto sopra esposto, piuttosto articolata. Il nuovo rilevamento geologico ha portato a definire con precisione i rapporti stratigrafici tra i diversi litotipi presenti che sono stati riferiti ad un unico schema regionale che caratterizza tutto il settore interno appenninico. Dai rapporti tra i sedimenti neogenici ed il substrato, chiaramente stratigrafici, unitamente alle evidenze di campagna, è possibile escludere la presenza di strutture di tipo distensivo ai margini del bacino, e, conseguentemente, dobbiamo rimettere in discussione le modalità di formazione del Bacino di Cinigiano-Baccinello. Un dato interessante, precedentemente descritto, è costituito dagli assetti della stratificazione ai margini del bacino: la presenza di forti inclinazioni, e più in particolare di *progressive unconformities* è stata messa in relazione con la mobilità della rampa in regimi di tipo compressivo (RIBA, 1976; ANADON *et alii*, 1986; BEER *et alii*, 1990).

Assumendo tale situazione come ipotesi di lavoro, da notare che, a scala maggiore, il Bacino di Cinigiano - Baccinello è situato tra due strutture compres-

sive regionali orientate circa N-S rappresentate dalla Dorsale Medio-Toscana ad ovest e dall'allineamento Castelnuovo dell'Abate-M. Labbro ad est (Fig. 1). Entrambe queste strutture costituiscono l'espressione di accavallamenti crostali nei quali è coinvolto il basamento, come dimostrato dai dati geofisici (ARISI ROTA & FICHERA, 1985; MINELLI *et alii*, 1991; PONZIANI *et alii*, 1994). Il basamento affiora nella Dorsale Medio-Toscana mentre, nell'area di M. Labbro, è presente un'anticlinale al cui nucleo sono presenti sedimenti appartenenti alla Successione Toscana affioranti in finestra tettonica al di sotto delle Unità Liguri s.l.. Tale anticlinale, corrisponde in profondità ad un *blind thrust* del basamento (BALLY *et alii*, 1986).

Allo scopo di illustrare i rapporti tra la tettonica del substrato e l'evoluzione del Bacino di Cinigiano-Baccinello, è stata compilata una sezione profonda (Fig. 7), la cui traccia è riportata in Fig. 1. In tale sezione sono state rappresentate oltre agli accavallamenti crostali sopra descritti, anche altre strutture nelle quali termini delle Unità Toscane sovrascorrono termini delle Unità Liguri. Tale situazione è presente nell'area di M. Cucco dove il Macigno si accavalla verso ovest sulle Unità Liguri, come osservabile anche nel Foglio

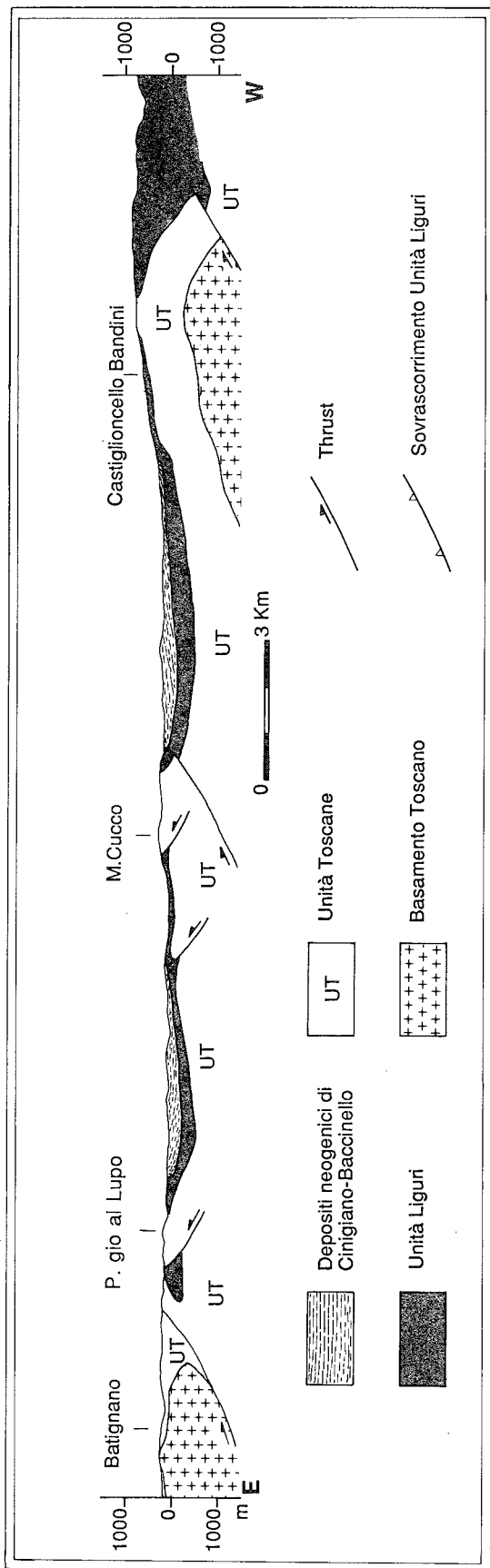


Fig. 7 - Sezione geologica profonda tra i Monti Leoni (Dorsale Medio-Toscana) - Castiglioncello Bandini (M. Labbro) passante attraverso il bacino di Cinigiano-Baccinello (parzialmente ripresa con modifiche da: F° 128 della Carta Geologica d'Italia (1969); BALLY *et alii*, 1986; MORETTI, 1991; BOCCALETTI *et alii*, 1994).

128 della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (Fig. 7 e sez. B-B'-B'', Tav. 3 f.t.). Tale struttura è stata da noi interpretata come un *back-thrust* minore di un accavallamento a vergenza orientale (riportato nelle sezioni B-B'-B'', C-C', D-D' e E-E'), coerente con gli accavallamenti crostali già citati. Una situazione analoga è riportata anche più ad ovest (Fig. 7), presso P. gio al Lupo, come descritto da MORETTI (1991). Tali rapporti presuppongono una riattivazione del contatto tettonico tra le Unità Liguri s. l. e quelle Toscane. E' interessante notare che le deformazioni più intense dei depositi neogenici del Bacino di Cinigiano-Baccinello si ritrovano ai margini, in prossimità di alcune delle strutture sopradescritte (Fig. 7). Secondo la nostra opinione l'attività di queste strutture compressive del substrato è responsabile delle deformazioni dei depositi del bacino. Se la nostra ipotesi è corretta è possibile riferire all'intervallo Tortoniano medio-Messiniano l'attività di tali strutture come dimostrato dalle deformazioni sin-sedimentarie (*progressive unconformities*) riscontrate nei depositi.

In questa ottica il Bacino di Cinigiano-Baccinello potrebbe rappresentare un *perched basin* compressivo (BUTLER & GRASSO, 1993). Esso si sarebbe formato, come già ipotizzato da BOCCALETTI *et alii* (1995), nel Tortoniano medio-Messiniano, in relazione con la tettonica compressiva che interessava questo settore appenninico. L'ipotesi che la tettonica compressiva abbia agito in tempi relativamente recenti, anche molto internamente nella catena, è in accordo con quanto osservato in altre aree appenniniche (BENDKIK *et alii*, 1992; CALAMITA *et alii*, 1994), nelle quali sono state individuate riattivazioni degli accavallamenti.

Successivamente, dal Pliocene inferiore in poi, la mancanza di strutture compressive regionali significative, nonché l'assetto suborizzontale dei depositi, fa pensare che in quest'area la tettonica compressiva abbia agito meno intensamente. Si registrano infatti solo eventi riconoscibili a scala mesoscopica e relativi al Pliocene inferiore, al Pliocene superiore e al Pleistocene inferiore-medio già riscontrati in tutto il settore interno dell'Appennino Settentrionale (BERNINI *et alii*, 1990; BOCCALETTI *et alii*, 1992 e 1994; BONINI & SANI, 1993), messi in relazione anch'essi comunque, con l'attività o la riattivazione di accavallamenti più esterni (BOCCALETTI *et alii*, questo volume). Con l'inizio del Pleistocene, l'area è stata interessata dalla tettonica distensiva la cui evidenza è costituita dalle faglie normali variamente orientate che tagliano tutti i termini della successione del bacino.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Dr. MARCO BONINI per l'aiuto determinante dato durante il lavoro in campagna, le utili e vivaci discussioni e la lettura critica del manoscritto. Si ringrazia inoltre l'anonimo referee per la lettura e gli utili suggerimenti.

BIBLIOGRAFIA

- AMBROSETTI P., CARBONI M.G., CONTI M.A., COSTANTINI A., ESU D., GANDIN A., GIROTTI O., LAZZAROTTO A., MAZZANTI R., NICOSIA U., PARISI G. & SANDRELLI F. (1978) - *Evoluzione paleogeografica e tettonica dei bacini tosco-umbro-laziali nel Pliocene e nel Pleistocene inferiore*. Mem. Soc. Geol. It., 19, 573-580.
- ANADON P., CABRERA L., COLUMBO F., MARZO M. & RIBA O. (1986) - *Syntectonic intraformational unconformities in alluvial fan*

- deposits, eastern Ebro Basin margins (NE Spain). In: Allen P.A. and Homewood P. (Eds.), *Foreland Basins*, "International Association Sedimentologists", vol. spec. 8, 259-271.
- ARISI ROTA & FICHERA (1985) - *Magnetic interpretation connected to Geo-Magnetic Provinces: the Italian case - history*. 47th EAEG Meeting, Budapest, Hungary, pp. 30.
- BALDACCI F., ELTER P., GIANNINI E., GIGLIA G., LAZZAROTTO A., NARDI R. & TONGIORGI M. (1967) - *Nuove osservazioni sulla Falda toscana e sull'interpretazione dei Flysch arenacei tipo Magcigno dell'Appennino Settentrionale*. Mem. Soc. Geol. It., 6, 213-244.
- BALLY A.W., BURBI L., COOPER C. & GHELARDONI R. (1986) - *Balanced sections and seismic reflection profiles across the central Apennines*. Mem. Soc. Geol. It., 35, 257-310.
- BEER J.A., ALLMENDINGER R.W., FIGUEROA D.E. & JORDAN T.E. (1990) - *Seismic stratigraphy of a Neogene piggyback basin, Argentina*. Am. Ass. Petr. Geol. Bull., 74, 1183-1202.
- BENDIKI A., BOCCALETTI M., BONINI M., POCCHIANTI C. & SANI F. (1992) - *Structural evolution of the outer Apennine chain (Firenze - Città di Castello sector and Montefeltro area, Tuscan-Romagnan and Umbro-Marchean Apennine)*. Mem. Soc. Geol. It., 48, (in stampa).
- BENVENUTI M., BERTINI A. & ROOK L. (1992) - *Il bacino miocenico di Baccinello-Cinigiano (Grosseto)*. In: Riassunti della 76° Riunione Estiva della S.G.I., 162-163.
- BERNINI M., BOCCALETTI M., MORATTI G., PAPANI G., SANI F. & TORELLI L. (1990) - *Episodi compressivi neogenico-quadernari nell'area estensionale tirrenica nord-orientale. Dati in mare e a terra*. Mem. Soc. Geol. It., 45, 577-589.
- BOCCALETTI M., BONINI M., MORATTI G. & SANI F. (1995) - *Nuove ipotesi sulla genesi e l'evoluzione dei bacini post-nappe in relazione alle fasi compressive neogenico-quadernarie dell'Appennino Settentrionale*. Acc. Naz. Scienze, Scritti e Documenti, 14, 229-262.
- BOCCALETTI M., BONINI M., MORATTI G. & SANI F. (1995) - *Le fasi compressive neogenico-quadernarie nell'Appennino Settentrionale: relazioni con l'evoluzione dei bacini interni e con la tettonica del basamento*. Questo Volume.
- BOCCALETTI M., CERRINA FERONI A., MARTINELLI P., MORATTI G., PLESI G. & SANI F. (1994) - *L'area toscano-laziale come dominio di transizione tra il bacino tirrenico e i thrusts esterni: rassegna dei dati mesostrutturali e possibili relazioni con le discontinuità del "Ciclo neoautoctono"*. Mem. Descr. della Carta Geologica d'Italia; Vol. 49, 9-22.
- BOCCALETTI M., CERRINA FERONI A., MARTINELLI P., MORATTI G., PLESI G. & SANI F. (1992) - *Late Miocene-Quaternary compressive events in the Tyrrhenian side of the Northern Apennines*. Annales Tectonicae, vol. IV n° 2, 214-230.
- BOCCALETTI M., CERRINA FERONI A., MARTINELLI P., MORATTI G., PLESI G. & SANI F. (1991a) - *L'alternanza distensione-compressione nel quadro evolutivo dei bacini neogenici dell'Appennino Settentrionale*. Studi Geol. Camerti, Vol. spec. n. 1, 187-192.
- BOCCALETTI M., DECANDIA F.A., GASPERI G., GELMINI R., LAZZAROTTO A. & ZANZUCCHI G. (1987) - *Carta Strutturale dell'Appennino Settentrionale*. Note illustrative. C.N.R.-P.F. Geodinamica, Pubbl. n. 429. Tipografia Senese.
- BONINI M. & MORATTI G. (1995) - *Evoluzione tettonica del bacino neogenico di Radicondoli-Volterra (Toscana Meridionale)*. Boll. Soc. Geol. It., 114, in stampa.
- BONINI M. & SANI F. (1993) - *Analisi strutturale dei depositi pleistocenici dell'area di Firenze e di Rignano sull'Arno (Valdarno Superiore) con considerazioni generali sulle deformazioni quadernarie dell'Appennino Settentrionale*. Boll. Soc. Geol. It., 112, 573-593.
- BOSSIO A., COSTANTINI A., FORESI L., MAZZEI R., MONTEFORTI B., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. (1991) - *Notizie preliminari sul Pliocene del bacino del Medio Ombrone e della zona di Roccastrada*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Serie A, 98, 259-269.
- CALAMITA F., PIERANTONI P. & ROMANO A. (1994) - *La "Virgazione" umbro-sabina (Appennino Centrale): assetto strutturale e cronologia della deformazione*. 77° Congresso Soc. Geol. It., Bari, Settembre 26-28, 1994, Riassunti, 84-86.
- CIVETTA L., ORSI G., SCANDONE P. & PECE R. (1978) - *Eastward migration of the Tuscan anatectic magmatism due to anticlockwise rotation of the Apennines*. Nature, 276, 604-606.
- DAMIANI A.V., GANDIN A. & PANNUZI L. (1980) - *Il Bacino dell'Ombrone-Orcia nel quadro dell'evoluzione paleogeografica e tettonica della Toscana meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., 21, 281-287.
- DAMIANI A.V. & PANNUZI L. (1986) - *I terrazzi della bassa valle del Fiume Orcia (Toscana meridionale) e considerazioni sull'evoluzione tettonico-paleogeografica della regione*. Boll. Serv. Geol., CV1, 43-73.
- DE CASTRO C. & PILOTTI C. (1933) - *I giacimenti di lignite della Toscana Meridionale*. Mem. Descr. della Carta Geologica d'Italia, vol. 23, 156-180.
- DE TERRA H. (1956) - *New approach to the problem of man's origin*. Science, 124, n. 3235, 1282-1285.
- ELTER P., GIGLIA G., TONGIORGI M. & TREVISAN L. (1975) - *Tensional and compressional areas in the recent (Tortonian to present) evolution of the Northern Apennines*. Boll. Geof. Teor. Appl., 17, 3-18.
- ENGESSER B. (1989) - *The Late Tertiary small mammals of the Maremma region (Tuscany, Italy)*. 2nd part: Muridae and Cricetidae (Rodentia, Mammalia). Boll. Soc. Paleont. It., 28 (2-3), 227-252.
- ESU D. & GIROTTI O. (1989) - *Late Miocene and Early Pliocene continental and oligohaline molluscan faunas from Italy*. Boll. Soc. Paleont. It., 28, 253-263.
- FALINI F. (1949) - *Il bacino di Baccinello-Cana*. In: Atti del Congr. Minerario It., 1-33.
- GELMINI R. (1969) - *Ricerche geologiche nel gruppo di M. Leoni (Grosseto, Toscana). I La geologia di M. Leoni tra Montepescali ed il fiume Ombrone*. Mem. Soc. Geol. It., 8, 765-796.
- GIANNINI E., LAZZAROTTO A. & SIGNORINI R. (1971) - *Lineamenti di geologia della Toscana meridionale*. In: "La Toscana meridionale". Fondamenti geologici-minerari per una prospettiva di valorizzazione delle risorse naturali. Rend. S.I.M.P., 27, fasc. spec., 33-168.
- GILLET S., LORENZ H.G. & WOLTERS DORF F. (1965) - *Introduction a l'étude du Miocène Supérieur de la région de Baccinello (environs de Grosseto, Italie)*. Bull. Serv. Carte Géol. Als. Lorr., 18, 1, 31-42.
- HURZELER J. & ENGESSER B. (1976) - *Les faunes de mammifères néogènes du Bassin de Baccinello (Grosseto, Italie)*. C.R. Acad. Sci. (Paris), ser II, 283, 333-336.
- LAZZAROTTO A., MAZZANTI R. & SALVATORINI G. (1969) - *Conglomerato di Montebamboli*. In: Studi illustrativi della Carta Geologica d'Italia, Formazioni Geologiche. Serv. Geol. d'It., 2, 101-113, Roma.
- LAZZAROTTO A. & MAZZANTI R. (1976) - *Geologia dell'alta Val di Cecina*. Boll. Soc. Geol. It., 95 (6), 1365-1478.
- LORENZ H.G. (1968) - *Stratigraphische und micropalaontologische Untersuchungen des Braunkohlengebites von Baccinello (Provinz Grosseto, Italien)*. Riv. Ital. Paleont. Stratig., 74, 147-270.
- MARTELLI L., MORATTI G. & SANI F. (1989) - *Analisi strutturale dei travertini della Toscana meridionale (Valle dell'Albegna)*. Boll. Soc. Geol. It., 108, 197-205.
- MASINI F. & TORRE D. (1987) - *Review of the Villafranchian Arvicolidi of Italy*. Geologica Romana, 26, 127-133.
- MINELLI G., PIALLI G. & SCARASCIA S. (1991) - *Revisione dei profili crostali nell'area dell'Appennino Settentrionale interessata dal profilo CROP 03*. Studi Geol. Camerti, Vol. spec. 1991/1, 55-64.
- MORETTI A. (1991) - *Stratigrafia e rilevamento geologico dell'area di Monte Leoni-Roselle (GR)*. Studi Geol. Camerti, Vol. spec. 1991/1, 149-153.
- NOVARESE V. (1897) - *Strati pontici dei dintorni di Campagnatico e Paganico*. Boll. Soc. Geol. It., 16, 69-72.
- NOVARESE V. (1908) - *I terreni miocenici di Val di Bruna (Maremma Toscana) ed i loro giacimenti di lignite*. Boll. Regio Comitato Geologico It. Serie IV, Vol. IX, 1-2, pp. 4-28 e 85-114.
- ORI G.G. & FRIEND P.F. (1984) - *Sedimentary basins formed and carried piggy-back on active thrust sheet*. Geology, 12, 475-478.
- PASQUARÈ G., CHIESA S., VEZZALI L. & ZANCHI A. (1983) - *Evoluzione paleogeografica e strutturale di parte della Toscana Meridionale a partire dal Miocene superiore*. Mem. Soc. Geol. It., 25, 145-157.
- PASQUARÈ G., ABBATE E., BOSI C., CASTIGLIONI G. B., MERENDA L., MUTTI E., OROMBELLI G., ORTOLANI F., PAROTTO M., PIGNONE R., POLINO R., PREMOLI SILVA I. & SASSI F. P. (1992) - *Carta Geologica d'Italia - 1:50.000. Guida al rilevamento*. Quaderni del Servizio Geologico Nazionale, ser. III, 1, pp. 203.
- PONZIANI F., DE FRANCO R., MINELLI G., BIELLA G., FEDERICO C. & PIALLI G. (1994) - *Caratteristiche della crosta dell'Appenni-*

- no settentrionale in base alla revisione dati dei profili N-C-S e B-C-A della campagna DSS 1978. Studi Geol. Camerti, Vol. spec. 1994/1, 151-162.
- RIBA O. (1976) - *Syntectonic unconformities of the Alto Cardener, Spanish Pyrenees: a genetic interpretation*. Sed. Geology, vol. 15, 213-233.
- ROOK L. (1989) - *Il bacino fluvio-lacustre di Baccinello- Cinigiano (media val d'Ombro, GR)*. Tesi di laurea inedita, Università degli Studi di Firenze.
- SALVADOR A. (1987) - *Unconformity-bounded stratigraphic units*. Geol. Soc. Am. Bull., 98, 232-237.
- SERRI G., INNOCENTI F., MANETTI P., TONARINI S. & FERRARA G. (1991) - *Il magmatismo neogenico-quadernario dell'area Tosco-Laziale-Umbra: implicazioni sui modelli di evoluzione geodinamica dell'Appennino settentrionale*. Studi Geol. Camerti, Vol. spec. 1991/1, 429-463.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1965) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, F° 129 "S. Fiora"*, II edizione.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1968) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, F° 120 "Siena"*, II edizione.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1968) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, F° 121 "Montepulciano"*, II edizione.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1969) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, F° 128 "Grosseto"*, II edizione.
- SESTINI G. (1970) - *Postgeosynclinal deposition*. In: G. Sestini (Ed.), Development of the Northern Apennines Geosyncline, Sedimentary Geology, 4, 481-520.
- TREVISAN L. (1952) - *Sul complesso sedimentario del Miocene e Pliocene della Val di Cecina e sui movimenti tettonici tardivi in rapporto ai giacimenti di lignite e salgemma*. Boll. Soc. Geol. It., LXX, 1, 65-78.
- VAI G.B. (1988) - *A field trip guide to the Romagna Apennine geology. The Lamone valley*. Boll. Soc. Paleont. It., 28, 343-367.