

PROBLEMATICHE RELATIVE ALL'ANALISI MESOSTRUTTURALE DI CONGLOMERATI NEOGENICI PROVENIENTI DA DEPOSITI DELL'AVANFOSSA, EPILIGURI E NEOAUTOC-TONI (APPENNINO MARCHIGIANO-ROMAGNOLO)**

INDICE

RIASSUNTO	pag. 103
ABSTRACT	" 103
INTRODUZIONE	" 103
INQUADRAMENTO GEOLOGICO	" 105
METODO DI STUDIO	" 108
DATI MESOSTRUTTURALI	" 109
Formazione di Acquaviva	" 110
Formazione di Casa Monte Sabatino	" 111
Formazione a Colombacci	" 112
Arenarie di Monte Perticara	" 112
DISCUSSIONE DEI DATI	" 114
CONCLUSIONI	" 116
BIBLIOGRAFIA	" 116

RIASSUNTO

E' stato condotto un rilevamento mesostrutturale dei corpi conglomeratici inclusi in formazioni di età compresa tra il Tortoniano superiore ed il Pliocene inferiore, affioranti tra le valli dei fiumi Savio, Marecchia e Foglia (Appennino marchigiano-romagnolo). I ciottoli analizzati provengono da contesti strutturali differenti: 1) da unità appartenenti alla Successione Umbro-marchigiano-romagnola, sia sottostanti che soprastanti la coltre alloctona della Val Marecchia e 2) da unità appartenenti alla Successione Epiligure. Le mesostrutture misurate si sono formate durante almeno tre episodi deformativi. Il primo, probabilmente di età Messiniana, presenta caratteristiche di tipo distensivo. Gli altri due, di età pliocenica inferiore o posteriore, sono caratterizzati da direzioni di raccorciamento suborizzontali dirette NE-SW, il più antico, e NW-SE, il più recente.

ABSTRACT

A mesostructural analysis has been carried out on pebble-cobble surfaces belonging to various formations (Upper Tortonian-Early Pliocene) cropping out between the Savio, Marecchia and Foglia rivers (northern Apennines). The conglomerates occur at different structural levels: 1) in units belonging to the Umbro-Marche-Romagna Sequence, both underlying and overlying the allochthonous deposits of the Val marecchia thrust sheet, 2) in units belonging to the epi-Ligurian Sequence. The analysis of pitted and striated pebbles and cobbles, mesoscopic faults and fractures show evidences of three episodes of tectonic deformations. The first one, characterized by a NE-SW trending subhorizontal extension, is of Messinian age. This extensional episode could be related to the slowing in the

(*) Dipartimento di Scienze della Terra, Largo S. Eufemia 19, 41100 Modena.

(**) Lavoro eseguito coi fondi MURST 40% (responsabile P. Fazzini) e MURST 60% (responsabile G. Bettelli).

outward migration rate of the Apennine deformational front during the late Tortonian-Messinian. The other episodes of deformation, of early Pliocene-Pleistocene age, are characterized by a main subhorizontal shortening direction trending NE-SW, the older one, and NW-SE, the younger one. The episode characterized by the NE-SW shortening direction is probably related to the main tectonic stress field acting in the Northern Apennines during the Neogene. The NW-SE shortening direction is more difficult to explain. It was detected in other sectors of the chain, where was linked to the tectonic activity of local transverse structural elements. Indeed in the studied area there are transverse structures (transfer faults) that could be linked to this shortening direction. Another hypothesis is that the NW-SE shortening direction can be related to a sinistral transpressive stress field acting in the Northern Apennines during the Pleistocene.

PAROLE CHIAVE: Neogene, Coltre della Val Marecchia, Successione Umbro-marchigiano-romagnola, ciottoli improntati, analisi mesostrutturale, episodio deformativo.

KEY WORDS: Neogene, Val Marecchia thrust sheet, Umbro-Marche-Romagna Sequence, pitted pebbles-cobbles, mesostructural analysis, tectonic event.

INTRODUZIONE

Negli ultimi anni sono stati condotti vari studi finalizzati al miglioramento delle conoscenze relative all'assetto strutturale dell'Appennino Settentrionale: numerosi sono i lavori di sintesi alla scala macroscopica proponenti differenti modelli geodinamici e ricostruzioni paleogeografiche (CASTELLARIN *et alii*, 1985; GASPERI *et alii*, 1986; RICCI LUCCHI, 1986; VAL, 1988; BOCCALETTI *et alii*, 1990; DOGLIONI, 1991; PATACCA *et alii*, 1993; MANTOVANI *et alii*, 1993; CONTI & GELMINI, 1994; BARTOLE, 1995; CARMIGNANI *et alii*, 1996; LAVECCHIA *et alii*, 1996; PIALLI *et alii*, 1996; FUNICIELLO *et alii*, 1997), mentre sporadici e riferiti solo a peculiari aree geologiche sono quelli alla scala meso-microscopica (PERTUSATI *et alii*, 1978; PLESI & CERRINA FERRONI, 1979; BERNINI & CLERICI, 1983; BARBANO *et alii*, 1984; BERNINI, 1986; BERNINI & PAPANI, 1987; FESCE, 1987a; 1987b; 1989; FESCE & PINI, 1987; MANNORI & SANI, 1987; PINI, 1987; 1992; PEROTTI, 1995; BETTELLI *et alii*, 1996). Fra questi ultimi vengono spesso privilegiate le tecniche di rilevamento e analisi di strutture (improntature da pressodissoluzione, strie, sliccoliti, stiloliti, mesofaglie) riconoscibili su ciottoli di depositi conglomeratici.

Utilizzando queste stesse tecniche si è deciso di

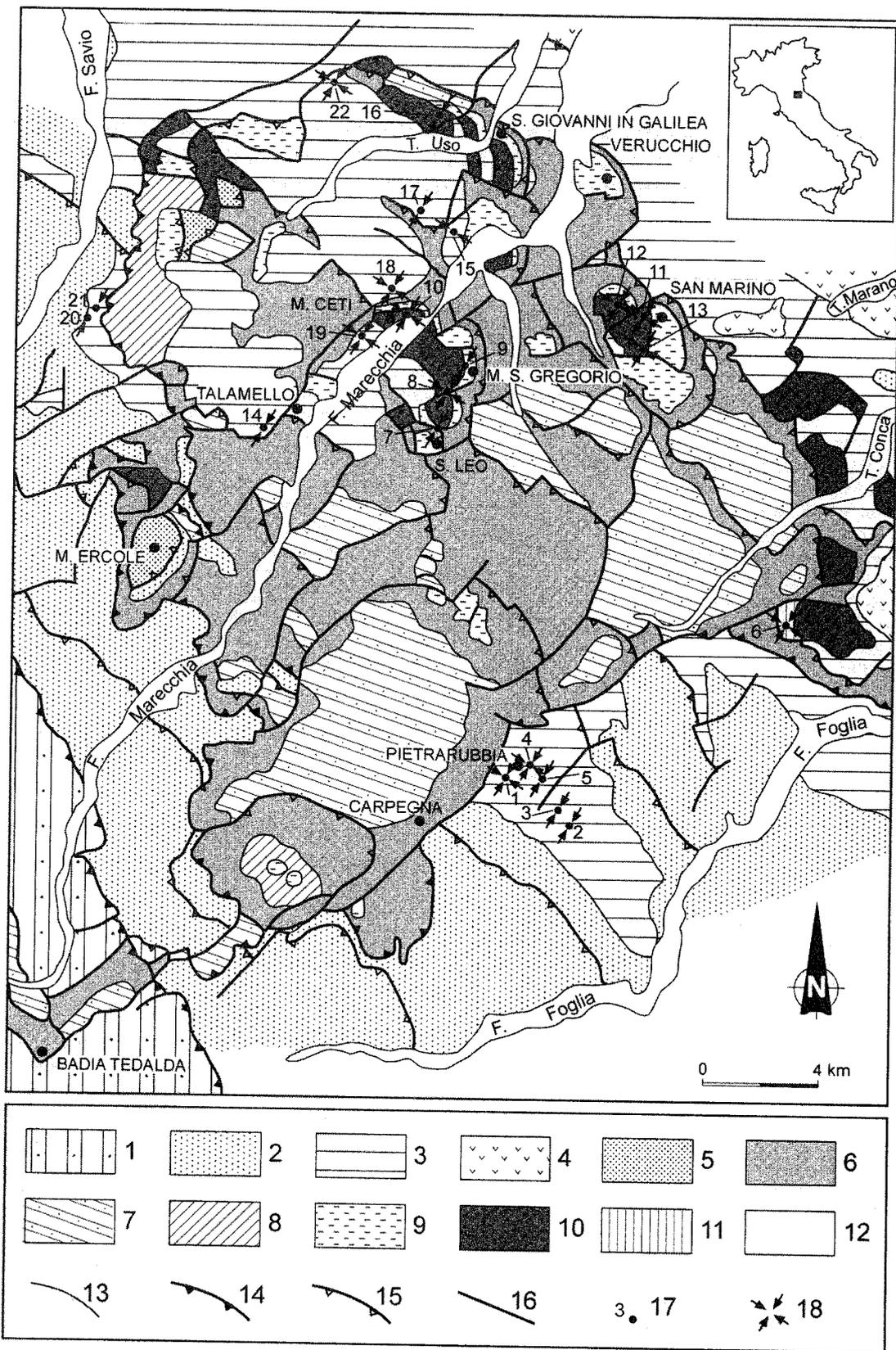


Fig. 1A - Carta geologica schematica dell'area studiata (da CONTI, 1989, 1994). Successione Umbro-marchigiano-romagnola: (1) Marnoso-arenacea - unità interna (Langhiano-Serravalliano) e Marnoso-verghereto (Serravalliano sup.-Tortoniano inf.); (2) Schlier (Serravalliano-Tortoniano), Marnoso-arenacea - unità esterna (Serravalliano sup.-Messiniano inf.), Ghioli di letto (Tortoniano-Messiniano inf.) e Formazione Gessoso-solfifera (Messiniano inf.); (3) Formazione a Colombacci (Messiniano sup.), Argille azzurre (Pliocene inf.) e Arenarie di M. Perticara (Pliocene inf.); (4) Formazione di Montecalvo in Foglia (Pliocene medio). Unità subliguri: (5) Arenarie di M. Senario (Eocene sup.-Oligocene), Unità liguri: (6) Argille varicolori (Cretaceo inf.-Eocene inf.), Formazione di Sillano (Cretaceo sup.-Eocene inf.) e Formazione di Pugliano (Paleocene-Eocene inf.); (7) Formazione di M. Morello (Eocene inf.-medio). Unità epiliguri: (8) Breccie poligeniche del Sasso di Simone (Eocene sup.-Burdigaliano inf.), Formazione di Antognola (Oligocene sup.) e Formazione di Campaolo (Oligocene sup.-Burdigaliano inf.); (9) Formazione di S. Marino (Burdigaliano sup.-Langhiano inf.) e Formazione del M. Fumaiolo (Langhiano sup.-Serravalliano inf.); (10) Formazione di Acquaviva (Tortoniano sup.-Messiniano inf.), Argille di Casa i Gessi (Messiniano inf.) e Evaporiti (Messiniano inf.); (11) Formazione di Casa M. Sabatino (Messiniano sup.) e peliti grigio-azzurre (Pliocene inf.). (12) Depositi alluvionali (Quaternario). (13) Limiti stratigrafici. (14) Sovrascorrimenti principali separanti unità tettoniche differenti. (15) Faglie inverse e sovrascorrimenti minori. (16) Faglie dirette e trascorrenti. (17) Stazioni mesostrutturali. (18) Direzioni di raccorciamento.

studiare i depositi conglomeratici affioranti nelle valli dei fiumi Savio, Marecchia e Foglia, al confine tra le regioni Marche, Emilia Romagna, Toscana e Repubblica di San Marino, essenzialmente per due motivi. Il primo perché a tutt'oggi mancano lavori strutturali di dettaglio di quest'area, ad esclusione dei lavori di MANNORI & SANI (1987), CONTI (1991), BENDKIK *et alii*, (1994) e CONTI & TOSATTI (1996), che peraltro prendono essenzialmente in esame l'analisi cinematica e dinamica di sistemi di fratture (faglie e diaclasi). Il secondo perché in questo settore dell'Appennino Settentrionale affiorano, con rapporti di sovrapposizione tettonica, le principali unità che costituiscono la catena (unità umbro-marchigiano romagnole, toscane esterne, subliguri e liguri) (CONTI, 1989, 1994), caratterizzate, in alcuni casi (Successioni Umbro-marchigiano-romagnola ed Epiligure), da vari depositi conglomeratici. Questi, distribuiti dal Tortoniano superiore fino al Pliocene medio e presenti in diversi contesti strutturali, rivestono un particolare interesse, in quanto potrebbero portare impresse le deformazioni legate ai vari accavallamenti delle unità subliguri, liguri ed epiliguri, costituenti il complesso alloctono noto come coltre della Val Marecchia, sulle unità umbro-marchigiano-romagnole dell'avanfossa. Tali accavallamenti, avvenuti in tempi differenti, sono ricollegabili alle principali fasi tettoniche neogeniche (fasi tortoniana, messiniana e pliocenica inferiore) (CONTI & GELMINI, 1994).

Infine un altro scopo di questo lavoro è verificare se esistono differenze nelle deformazioni fra i ciottoli situati in depositi geometricamente soprastanti e quelli geometricamente sottostanti l'alloctono ligure; fattore che è stato da alcuni autori (CERRINA FERRONI *et alii* 1997) preso in considerazione per ipotizzare continuità di affioramento tra le Liguridi della Val Sillaro e quelle della Val Marecchia.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Nell'area studiata (Fig. 1A, 1B) affiorano 3 delle 4 unità tettoniche principali che costituiscono la catena dell'Appennino Settentrionale, corrispondenti a 3 domini paleogeografici distinti: Ligure, Toscano Esterno e Umbro-Marchigiano-Romagnolo. Il Dominio Ligure (vi sono anche unità di pertinenza subligure, di età Eocene superiore-Oligocene, le quali d'ora in poi, data la loro limitata estensione, verranno considerate come facenti parte del Dominio Ligure) si trova nella parte geometricamente superiore dell'edificio tettonico appenninico ed è caratterizzato da unità di età compresa fra il Cretaceo inferiore e l'Eocene inferiore. Al di sopra di esso, e, mentre questo migrava verso l'esterno ricoprendo in età progressivamente più recenti le altre unità tettoniche, si è deposta una successione (chiamata epiligure), caratterizzata da sequenze deposizionali separate da discordanze e/o lacune, di età compresa fra l'Oligocene ed il Pliocene inferiore. Il substrato tettonico delle unità liguri è costituito dalle unità toscane esterne e da quelle umbro-marchigiano-romagnole, con le prime (di età Eocene superiore-Miocene medio) che si accavallano sulle seconde (di età essenzialmente neogenica nell'area studiata).

In particolare, intercalazioni ciottolose di varia na-

tura e provenienza affiorano in varie unità delle Successioni Epiligure ed Umbro-marchigiano-romagnola e sono state, soprattutto queste ultime, abbondantemente studiate dal punto di vista sedimentologico e petrografico.

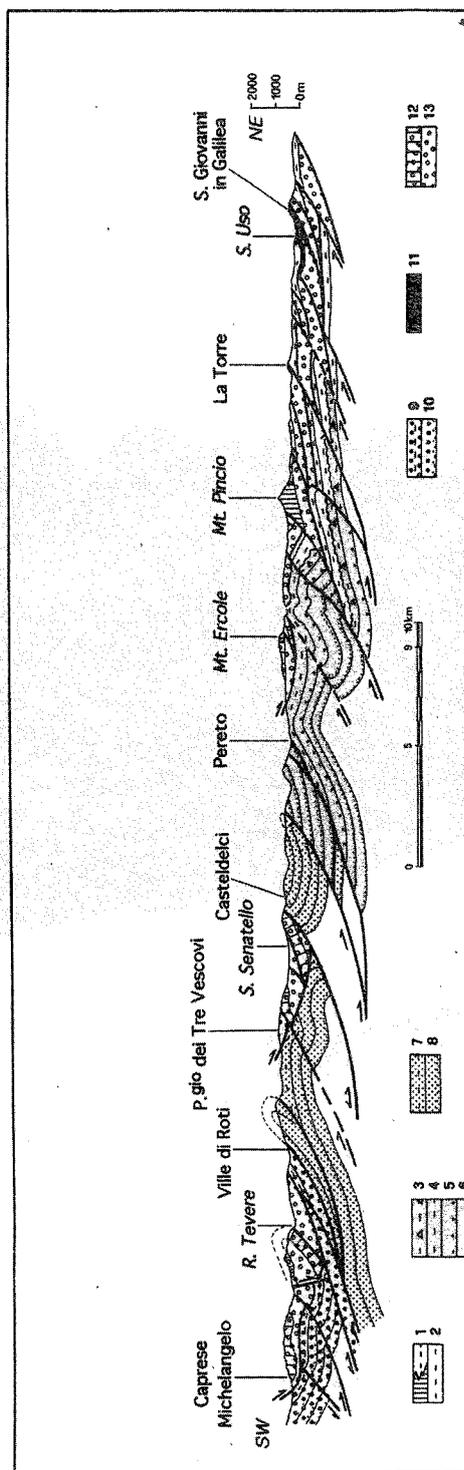


Fig. 1B - Sezione geologica schematica dell'area studiata mostrante i rapporti tettonici e stratigrafici fra le varie unità. Legenda - Successione Umbro-marchigiano-romagnola: 1) Argille Azzurre ed Arenarie (Pliocene inf.); 2) Formazioni di Tetto, S. Donato e Colombacci (Messiniano sup.); 3) Formazione Gessoso-solfifera (Messiniano inf.); 4) Ghioli di letto (Tortoniano-Messiniano inf.); 5) Arenarie (Serravalliano sup.-Messiniano inf.); 6) torbiditi prossimali, Marno-arenacea - unità esterna (Serravalliano sup.-Messiniano inf.); 7) Marno-arenacea - unità interna (Langhiano-Serravalliano inf.); 8) torbiditi distali; 9) Mare Verghero (Serravalliano inf.); 10) Arenarie del Cervarola e del M. Falterona (Aquitano-Burdigaliano); 11) Unità Toscano Esterne; 12) Unità epiliguri (Oligocene-Pliocene inf.); 13) Complessi basali liguri (Cretaceo inf.-Eocene inf.).

Nella Successione Epiligure corpi conglomeratici di varia natura e spessore sono segnalati:

1) nella Formazione di Acquaviva (Tortoniano superiore-Messiniano inferiore) (RUGGIERI, 1970; CAPUANO *et alii*, 1989a; CONTI, 1989);

2) nella Formazione di Casa Monte Sabatino (Messiniano superiore) (CONTI, 1989).

Nella Successione Umbro-marchigiano-romagnola corpi conglomeratici affiorano in numerose formazioni:

1) nella parte sommitale di età tortoniana della Formazione Marnoso-arenacea, inclusi in arenarie torbideiche indicate localmente con nomi diversi (Molasse grossolane = Membro 4 = Membro di Fontanelice = Arenarie di Urbania) (VEGGIANI, 1955; VEGGIANI & DE FRANCESCO, 1968; CAPUANO *et alii*, 1987);

2) nella Formazione dei Ghioli di letto (Arenarie di S. Agata Feltria del Messiniano inferiore in CONTI, 1994);

3) nella Formazione a Colombacci (Messiniano superiore) in due posizioni stratigraficamente differenti: alla base della formazione (membro C di CONTI 1989) e al tetto (conglomerati di Pietrarubbia, ampiamente de-

livelli centimetrici entro corpi arenacei più potenti, con ciottoli di piccole o piccolissime dimensioni, spesso immersi in una più abbondante matrice arenacea e quasi mai improntati o recanti strutture atte alla ricostruzione del campo deformativo. Anche i conglomerati presenti nelle arenarie risedimentate della Marnoso-arenacea (affioramenti di Ranchio nella valle del torrente Borello e di Frontino nella valle del torrente Mutino, affluente del fiume Foglia) non si sono rivelati adatti, sia perché troppo sottili sia perché costituiti quasi interamente da ciottoli cristallini (metamorfici e magmatici) poco o per nulla deformati, pur essendo situati in prossimità di un accavallamento d'importanza regionale (*thrust* della Marnoso-arenacea in facies di piana bacinale sui depositi della stessa in facies canalizzata) (CONTI & GELMINI, 1994).



Fig. 2 - Località Canepa (Rep. di S. Marino): affioramento di conglomerati della Formazione di Acquaviva, indicato in figura 1A col numero 13.

scritti in FARABEGOLI & RICCI LUCCHI, 1973; DE FEYTER & MOLENAAR, 1984; ARDANESE & MARTELLI, 1986; CANTALAMESSA *et alii*, 1986; BASSETTI, 1994);

4) nella parte medio-alta dei depositi del Pliocene inferiore (Arenarie di Monte Perticara, Zona a *Globorotalia puncticulata*) (CONTI, 1989; CAPUANO & PAPPALICO, 1994);

5) nei depositi del Pliocene medio della Formazione di Montecalvo in Foglia (CONTI, 1989; CAPUANO *et alii*, 1989b; CAPUANO *et alii*, 1992).

Sopralluoghi effettuati nei vari affioramenti conglomeratici hanno permesso di evidenziare che solo alcuni erano studiabili con le metodologie dell'analisi mesostrutturale. In particolare, i depositi della Formazione dei Ghioli di letto e quelli della Formazione di Montecalvo in Foglia si presentano troppo sottili: si tratta di

Risultati nettamente più soddisfacenti, con la misura di circa 1500 impronte da presso-dissoluzione e di alcune decine di superficie striate, sono stati invece ottenuti dall'analisi strutturale di 22 affioramenti provenienti dalle Formazioni di Acquaviva (Fig. 2), Casa Monte Sabatino (Successione Epiligure) (Fig. 3) e da quelle a Colombacci (Fig. 4) e delle Arenarie di Monte Perticara (Successione Umbro-marchigiano-romagnola) (Fig. 5).

La diversa posizione strutturale di queste due ultime formazioni conferisce poi ai dati raccolti una notevole importanza. Infatti, anche se non è stato possibile analizzare depositi della Successione Umbro-marchigiano-romagnola più vecchi del Messiniano, e quindi non è possibile avere dati per gli eventi deformativi antecedenti a tale età, le due unità analizzate occupano due posizioni strutturali ben distinte. I depositi conglomeratici della



Fig. 3 - Località Casa Monte Sabatino (Marche): affioramento di conglomerati della Formazione di Casa Monte Sabatino (nel centro della fotografia, al di sotto della casa), indicato in figura 1A col numero 6. Al di sotto affiorano le evaporiti (EV) e le Argille di Casa i Gessi (ACG) del Messiniano inf.



Fig. 4 - Località Pietrafagnana (Marche): affioramento di conglomerati della Formazione a Colombacci, indicato in figura 1A col numero 1.

Formazione a Colombacci sono situati al di sotto dell'accavallamento dei terreni alloctoni della coltre della Val Marecchia, mentre le Arenarie di Monte Perticara affiorano al di sopra dei terreni alloctoni della coltre ricoprendo in discordanza sia i terreni liguri che quelli epiliguri (Fig. 1B). A loro volta i depositi del Pliocene

inferiore sono di natura sintettonica, affiorando in bacini situati sul dorso di scaglie embricate, alla cui attività è legata la messa in posto della coltre della Val Marecchia durante la fase tettonica databile alla Zona a *G. punctulata* (CONTI *et alii*, 1989; CONTI, 1989). Tali depositi non possono infatti essere considerati come facenti parte

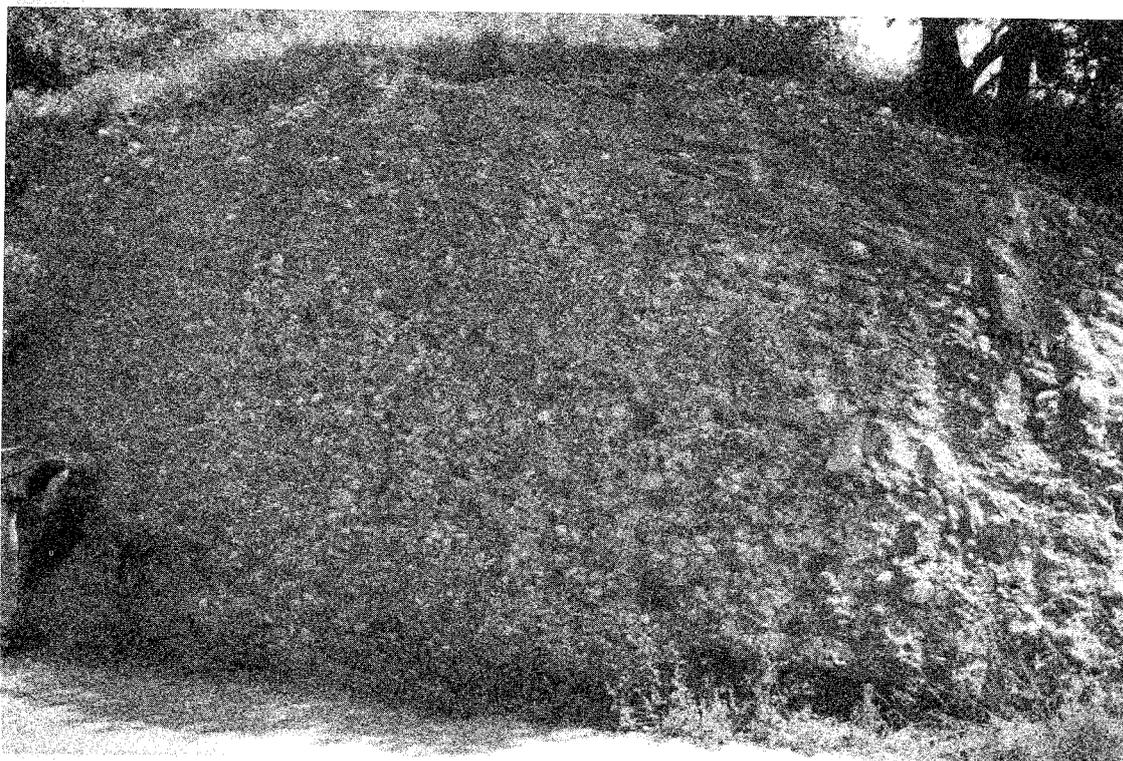


Fig. 5 - Località Le Cute (Marche): affioramento di conglomerati appartenenti alle Arenarie di Monte Perticara, indicato in figura 1A col numero 19.

della Successione Epiligure, in quanto lateralmente alla coltre sfumano impercettibilmente ai depositi del Pliocene inferiore della Successione Umbro-marchigiano-romagnola (Argille azzurre).

Inoltre, come già detto, i depositi conglomeratici della Formazione a Colombacci occupano 2 posizioni differenti. I più alti (conglomerati di Pietrarubbia) sono situati al tetto della formazione, nel substrato orientale della coltre della Val Marecchia e sono tagliati dal piano di accavallamento di età pliocenica della coltre. Quelli più bassi (depositi del membro C) affiorano invece nel substrato occidentale della coltre, alla base della Formazione a Colombacci, e ricoprono con contatti erosivi paraconcordanti o addirittura discordanti la Formazione Gessoso-solfifera. Essi marcano quindi un importante episodio erosivo legato alla fase tettonica inframessiniana (Fig. 6) mentre passano verso l'alto in maniera concordante alle Argille Azzurre del Pliocene inferiore.

Pure importanti sono i depositi conglomeratici epiliguri in quanto affioranti in bacini di *piggyback* di forma arcuata e appartenenti a sequenze deposizionali separate da discordanze e/o contatti erosivi con lacune stratigrafiche. Quelli delle Formazioni di Acquaviva e Casa Monte Sabatino appartengono rispettivamente alla quinta e sesta sequenza (CONTI, 1994). Quest'ultima formazione si rivela poi di particolare importanza perché della stessa età della Formazione a Colombacci. Infatti, come comunemente accettato (RICCI LUCCHI, 1986), le interruzioni fra le varie sequenze deposizionali epiliguri sono da mettere in relazione alle fasi di traslazione delle unità liguri sulle unità dell'avanfossa e quindi alle principali fasi tettoniche neogeniche. A tal proposito sono state effettuate stazioni di misura nei depositi della Formazione a Colombacci, provenienti da affioramenti situati sia ad occidente che ad oriente del

piano di accavallamento di età pliocenica inferiore dell'alloctono ligure.

METODO DI STUDIO

Impronte da presso-dissoluzione e strie meccaniche su ciottoli conglomeratici sono state studiate e descritte in Appennino da vari autori (si veda la rassegna bibliografica dell'introduzione). Si tratta di strutture originate da sforzi tettonici orientati (SANZ DE GALDEANO & ESTEVEZ, 1981; SCHRADER, 1988) il cui studio statistico può fornire utili indicazioni sull'orientazione degli assi principali dell'ellissoide delle deformazioni e, in certe condizioni, sull'orientazione del campo di sforzi che le ha generate (CAMPREDON *et alii*, 1977; PERTUSATI *et alii*, 1978; PLESI & CERRINA FERRONI, 1979; SANZ DE GALDEANO & ESTEVEZ, 1981; BERNINI & CLERICI, 1983; BERNINI, 1986; FESCE, 1987a, 1987b, 1989; FESCE & PINI, 1989; MANNORI & SANI, 1987; SCHRADER, 1988; PEROTTI, 1995). Le strutture riconoscibili sui ciottoli conglomeratici (SANZ DE GALDEANO & ESTEVEZ, 1981; SCHRADER, 1988) sono essenzialmente di due tipi:

a) impronte da presso-dissoluzione, formatesi per dissoluzione parziale lungo la superficie di contatto tra due ciottoli, o tra ciottoli e granuli della matrice;

b) strutture lineari.

Queste ultime possono essere strie meccaniche da attrito e da indentazione dovute allo scorrimento e/o alla compenetrazione dei granuli della matrice lungo ed entro le facce del ciottolo, oppure fibre di minerali cristallizzati sotto l'effetto delle pressioni orientate.

Dal punto di vista teorico sul medesimo ciottolo è possibile rinvenire tutti questi tipi di strutture. In realtà, i

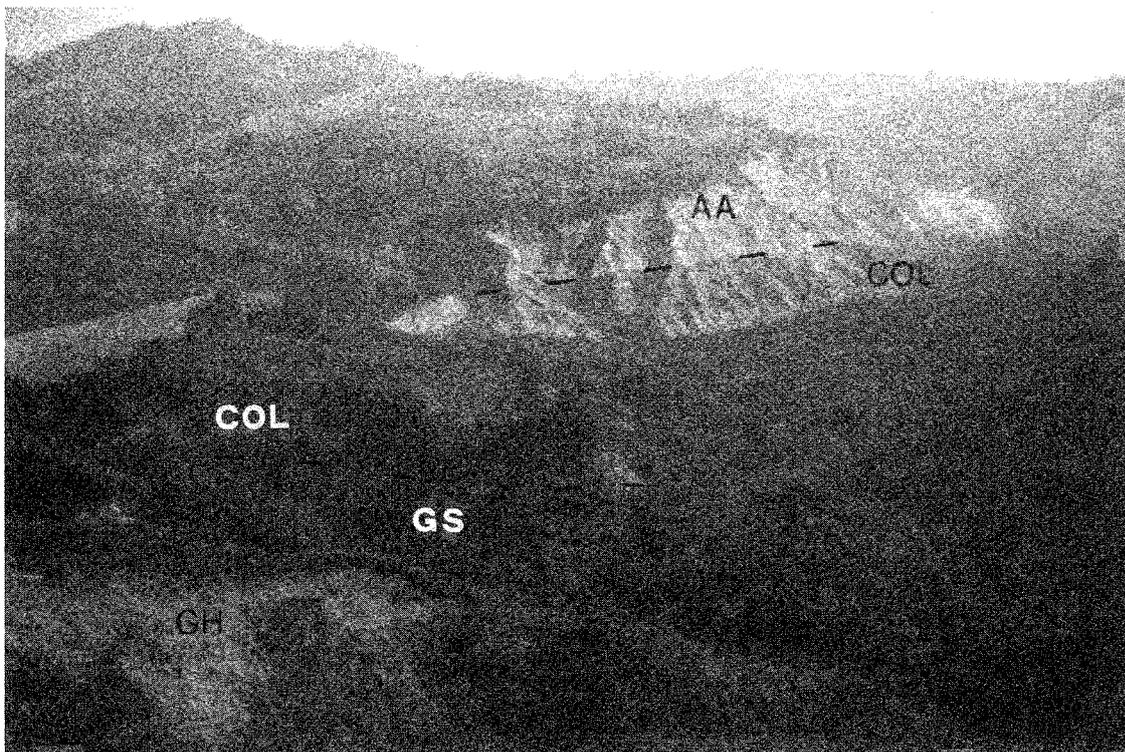


Fig. 6 - Valle del Rio Nassetto (Romagna): in primo piano è visibile il contatto discordante (indicato a tratteggio) tra i conglomerati della Formazione a Colombacci (COL, affioramento numero 20 di figura 1A) e la sottostante Formazione Gessoso-solfifera (GS). Nei calanchi sullo sfondo è visibile il passaggio concordante, marcato da una variazione di tonalità cromatica, tra le peliti della Formazione a Colombacci e le Argille azzurre (AA) del Pliocene inferiore. GH= Ghioli di letto.

conglomerati naturali non sono sempre costituiti da ciottoli di forma omogenea, tanto meno sferica. Pertanto capita spesso di riscontrare nello stesso affioramento ciottoli con impronte, ciottoli con strie, ciottoli apparentemente senza strutture, etc. Ne consegue che non si può sempre effettuare uno studio rigoroso di tali strutture in maniera da poter dettagliare con la maggior precisione possibile la tipologia deformativa. Operazione attuabile soltanto nei casi più favorevoli, dove si può discriminare tra tipi differenti di deformazione (taglio puro o taglio eterogeneo con componente rotazionale) (SCHRADER, 1988). Spesso ci si deve accontentare della misurazione dell'orientazione della direzione di penetrazione dell'elemento improntatore. Essa viene infatti ipotizzata essere parallela alla direzione di raccorciamento principale e di compressione massima locale (sotto l'ipotesi ulteriore di deformazione irrotazionale o con rotazioni piccole). Altra limitazione è data dal fatto che sul terreno la misura (PEROTTI, 1995) andrebbe effettuata verificando se i ciottoli presentano impronte a coppie simmetricamente contrapposte: occorrerebbe quindi determinare la giacitura della normale alle due facce (condizione che suffragherebbe l'ipotesi che tale normale rappresenta la direzione di raccorciamento principale con deformazione irrotazionale). In realtà ciò non è sempre fattibile, soprattutto in presenza di conglomerati cementati, quali sono la maggior parte di quelli studiati. Questa limitazione ha condizionato il rilevamento delle misure, permettendo comunque di evidenziare già sul terreno l'esistenza di più direzioni di raccorciamento compatibili con le impronte osservabili anche su singoli ciottoli.

Le superfici dei ciottoli conglomeratici che presentano strie da attrito o lineazioni di minerali fibrosi possono invece essere considerate e studiate come delle vere

e proprie microfaglie applicando ad esse i vari metodi di analisi geometrica, cinematica e dinamica (FESCE, 1989). In questo caso non è stato possibile applicare quest'ultima metodologia in quanto i dati misurati non soddisfanno pienamente alle condizioni del modello che sta alla base della stessa (CAREY & BRUNIER, 1974). Più in particolare le poche microfaglie rilevate tendono in ogni affioramento ad essere isorientate, mentre il modello di Carey e Brunier prevede un mezzo roccioso prefatturato con fratture orientate secondo tutte le direzioni spaziali e con un minimo di 4 orientazioni diverse, affinché si possano applicare le metodologie di inversione numerica. Pertanto ci si è limitati a considerazioni di tipo geometrico e cinematico nei confronti delle superfici striate.

Esula dagli scopi della presente nota la descrizione delle caratteristiche e delle condizioni che favoriscono la formazione di strutture da presso-dissoluzione e di lineazioni sui ciottoli conglomeratici, per la quale si rimanda a lavori più specifici (SANZ DE GALDEANO & ESTEVEZ, 1981; SCHRADER, 1988).

DATI MESOSTRUTTURALI

Sono state misurate circa 1500 impronte da presso-dissoluzione ed alcune decine (43) di superfici striate. I conglomerati presentano impronte da presso-dissoluzione più o meno evidenti in tutte le esposizioni. Le superfici striate sono visibili solo in alcuni affioramenti e presentano soprattutto strie sliccolitiche, mentre gli scalini in calcite fibrosa sono rari. Le superfici striate sono state assimilate a delle vere e proprie microfaglie e indicano direzioni di raccorciamento quasi sempre compatibili con quelle ricavate dalle impronte da presso-dissoluzione.

I vari dati raccolti (tab. 1) vengono qui di seguito

passati in rassegna in base alla posizione stratigrafica dei depositi conglomeratici.

Tab. 1 - In tabella sono riportati i dati relativi alle elaborazioni delle misure mesostrutturali affioramento per affioramento (la numerazione segue quella di figura 1A). Le direzioni cardinali indicano le direzioni di raccorciamento.

Stop	Formazione	NE-SW	NW-SE	ESE-WNW	vert.	dati
1	COLOMBACCI	X	X	X		121
2	COLOMBACCI	X	X			89
3	COLOMBACCI	X		X		93
4	COLOMBACCI	X	X			70
5	COLOMBACCI	X		X		69
6	C. M. SABATINO	X	X		X	99
7	ACQUAVIVA	X			X	50
8	ACQUAVIVA	X		X	X	61
9	ACQUAVIVA	X			X	57
10	ACQUAVIVA	X	X		X	51
11	ACQUAVIVA	X	X		X	118
12	ACQUAVIVA	X	X		X	98
13	ACQUAVIVA	X	X	X	X	51
14	M. PERTICARA	X				38
15	M. PERTICARA		X			26
17	M. PERTICARA	X			X	78
18	M. PERTICARA	X	X			88
19	M. PERTICARA	X	X			47
20	COLOMBACCI	X	X			38
21	COLOMBACCI	X				53
22	M. PERTICARA	X	X			58

Formazione di Acquaviva

La Formazione di Acquaviva affiora in un contesto strutturale ben definito: all'interno degli archi strutturali che caratterizzano l'assetto interno della coltre della Val Marecchia. Si tratta sostanzialmente di accavallamenti, di età pliocenica inferiore, riattivanti superfici di età messiniana inferiore eortoniana superiore, che hanno condizionato la sedimentazione dei depositi epiligruri post-serravalliani all'interno di bacini tipo *piggyback*, mentre la coltre della Val Marecchia traslava verso NE (CONTI, 1991, 1994; CONTI & TOSATTI, 1996). La formazione, dal punto di vista litologico, è formata da arenarie grossolane e corpi conglomeratici con più rare e sporadiche intercalazioni argillose.

I ciottoli dei conglomerati provengono dall'elaborazione di rocce appartenenti alle unità liguri ed epiligruri. Essi presentano una composizione prevalentemente calcarea, calcareo marnosa e, subordinatamente, arenacea. I clasti hanno dimensioni da pluricentriche a pluridecimetriche, sono ben arrotondati e sono immersi in una matrice arenacea grossolana, con grado di cementazione variabile a seconda dell'affioramento. In tutte le esposizioni i ciottoli presentano impronte da presso-dissoluzione ben evidenti (Fig. 7), le cui orientazioni sono riportate negli stereogrammi di figura 8.

Gli affioramenti sono distribuiti seguendo l'andamento arcuato delle strutture di M. S. Gregorio-M. Ceti (affioramenti nn. 7, 8, 9 e 10 di Fig. 1A) e S. Marino (affioramenti nn. 11, 12 e 13 di Fig. 1A). Tale distribuzione areale delle stazioni di misura, favorita dalla presenza di buoni affioramenti, ha permesso di indagare gli eventuali rapporti tra le deformazioni alla scala mesoscopica e la tettonica caratterizzante gli archi antitassiali (CONTI & TOSATTI, 1996; CONTI & GELMINI, 1996), presenti in questo settore della catena appenninica.

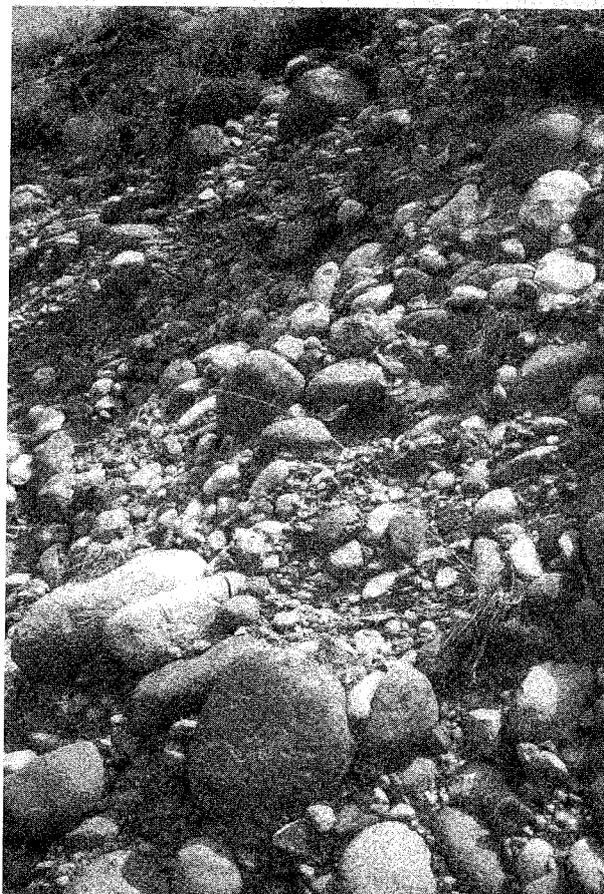


Fig. 7 - Località Montalbo (Rep. di S. Marino): affioramento di conglomerati della Formazione di Acquaviva, indicato in figura 1A col numero 11. Si notano chiaramente impronte da presso-dissoluzione su vari ciottoli eterometrici.

I diagrammi riportati in figura 8, per un totale di circa 500 misure, mettono chiaramente in evidenza come i corpi conglomeratici della Formazione di Acquaviva registrino almeno tre eventi deformativi. Il primo episodio deformativo ha caratteristiche di tipo estensionale, mentre gli altri due sono caratterizzati da direzioni di raccorciamento suborizzontali orientate NE-SW, l'una, e NW-SE, l'altra.

La sostanziale uniformità delle misure delle direzioni di raccorciamento suborizzontali, indipendentemente dalla collocazione degli affioramenti rispetto alle strutture tettoniche arcuate, fa pensare che gli eventi deformativi compressivi registrati dai conglomerati siano posteriori alla formazione di dette macrostrutture.

I dati relativi alle misure di microfaglie e di superfici striate, per il loro numero esiguo, danno solamente delle indicazioni di tipo qualitativo. Si riconoscono diversi tipi di cinematica, che comunque si accordano sostanzialmente con l'interpretazione dei dati relativi alle misure delle impronte da presso-dissoluzione. Si hanno infatti movimenti da faglie trascorrenti, sia sinistre sia destre, da faglie inverse e da faglie normali. Più frequenti comunque risultano le cinematiche estensionali e trascorrenti, mentre quelle da faglie inverse sono più rare. Le microfaglie normali indicano direzioni di estensione circa NE-SW e NNW-SSE, ma l'esiguo numero di misure non permette di comprendere chiaramente l'importanza regionale di tale dato.

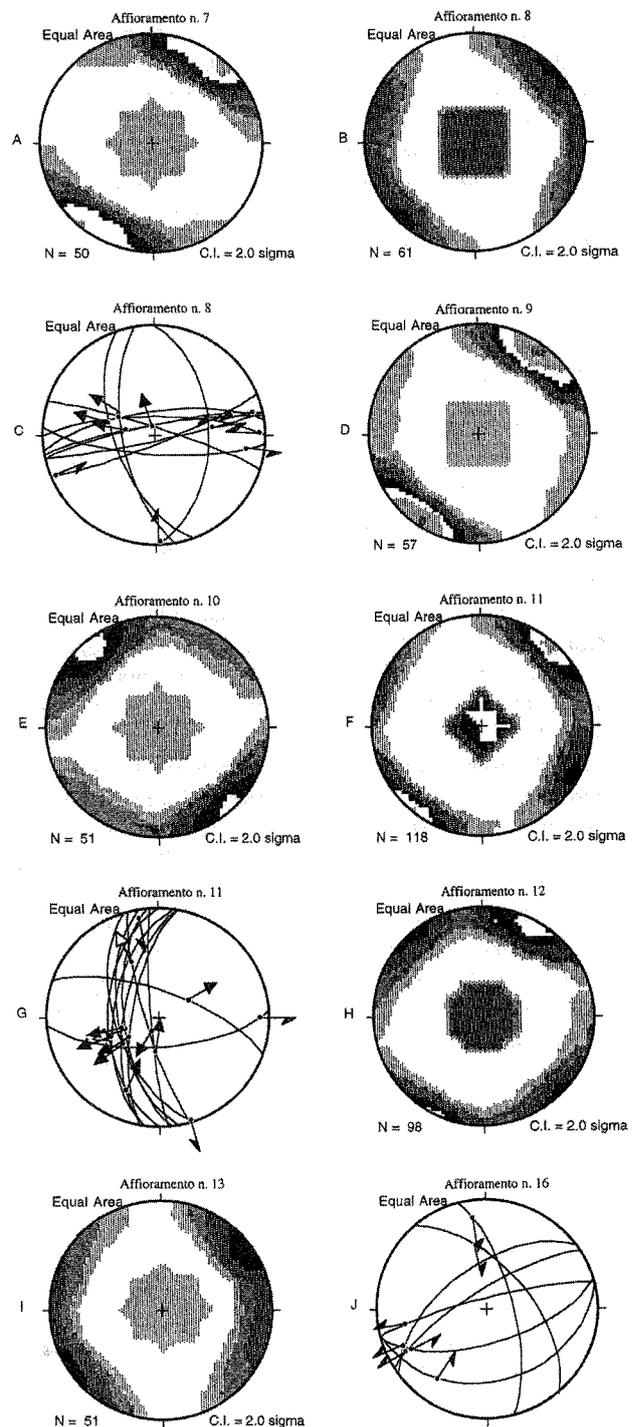
Le osservazioni condotte in tutte le stazioni hanno fornito indicazioni utili per stabilire la cronologia relativa tra i singoli eventi deformativi solo su due superfici striate (Fig. 8G), dove sono stati osservati rapporti di sovrapposizione tra strie a cinematica trascorrente e strie a cinematica normale, con queste ultime a rappresentare il movimento più antico. Comunque il fatto che l'evento distensivo sia il più antico è confermato dai dati provenienti dai depositi conglomeratici pliocenici, in cui tale evento non viene registrato, mentre sono sempre presenti e ben caratterizzate le direzioni di raccorciamento NW-SE e NE-SW, analoghe a quelle riscontrate nella Formazione di Acquaviva. Le impronte da presso-dissoluzione che indicano un raccorciamento subverticale potrebbero anche essere interpretate come dovute al carico. Tuttavia, non si tratterebbe del carico litostatico, dovuto all'accumulo sedimentario al di sopra dei conglomerati, in quanto le impronte indicano un raccorciamento verticale, che avrebbe agito quando la stratificazione era già inclinata (in media sui 30°-35°). Pertanto, potrebbe trattarsi di un carico subverticale dovuto a cause tettoniche, quale ad esempio quello esercitato dall'accavallamento delle scaglie tettoniche che compongono la coltre della Val Marecchia (si veda ad es. la figura 7 in CONTI & GELMINI, 1994).

Formazione di Casa Monte Sabatino

Fig. 8 - Stereogrammi (reticolo di Schmidt, emisfero inferiore) relativi alle misure di impronte da presso-dissoluzione e di superfici striate condotte negli affioramenti di conglomerati della Formazione di Acquaviva. I numeri degli affioramenti fanno riferimento alla figura 1A e alla tabella 1: (A) affioramento n. 7; (B) affioramento n. 8; (C) affioramento n. 8 (superfici striate); (D) affioramento n. 9; (E) affioramento n. 10; (F) affioramento n. 11; (G) affioramento n. 11 (superfici striate: la freccia bianca indica il movimento più antico, per quelle superfici sulle quali sono state riconosciute due generazioni di strie sovrapposte); (H) affioramento n. 12; (I) affioramento n. 13; (J) affioramento n. 16 (faglie mesoscopiche misurate entro le arenarie della Formazione di Acquaviva)

Affiora pressoché solo nei dintorni della località tipo, sul lato orientale della coltre della Val Marecchia, in contatto discordante sulle unità epiliguri messiniane (evaporiti e Argille di Casa i Gessi). Essa è costituita da arenarie giallastre e da spessi corpi conglomeratici. Questi sono formati da ciottoli eterometrici, generalmente grossolani (da pluricentrici a pluridecimetri), di rocce provenienti dai depositi liguri ed epiliguri (calcarei, calcareo marnosi e arenacei).

Le misure effettuate (circa un centinaio, riportate in Fig. 9) sono state raggruppate in un'unica stazione, sebbene siano state condotte in due affioramenti distanti tra di loro una cinquantina di metri circa (affioramento 6 di Fig. 1A).



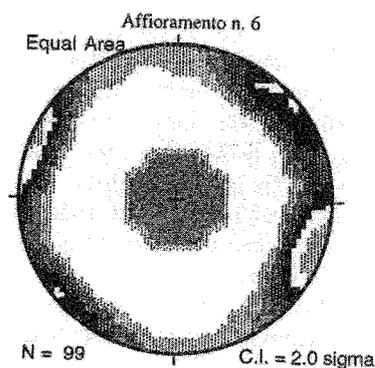


Fig. 9 - Stereogramma (reticolo di Schmidt, emisfero inferiore) relativo alle misure di impronte da presso-dissoluzione presenti negli affioramenti di conglomerati della Formazione di Casa Monte Sabatino.

Le misure delle orientazioni delle impronte da presso-dissoluzione indicano, come per la Formazione di Acquaviva, due eventi deformativi caratterizzati da raccorciamenti suborizzontali orientati NE-SW e NW-SE. Poche misure indicherebbero poi un raccorciamento subverticale probabilmente legato ad un evento estensionale. Non sono state osservate superfici striate con indicatori cinematici chiari, né rapporti di cronologia relativa fra strutture.

Formazione a Colombacci

Le misure mesostrutturali condotte entro la Formazione a Colombacci sono state effettuate in affioramenti collocati sia ad ovest che ad est della coltre della Val Marecchia. Come già detto, si tratta di dati riferibili ad un'unità litostratigrafica non appartenente alla coltre, ma al substrato da essa sovrascorso. Inoltre, gli affioramenti ad ovest (Fig. 1A) sono localizzati alla base della formazione (al contatto con le unità evaporitiche). Al contrario, gli affioramenti orientali (presso l'abitato di Pietrarubbia e nelle sue immediate vicinanze), dal punto di vista stratigrafico sono collocati al tetto della Formazione a Colombacci (Fig. 1A). Proprio questi ultimi, non solo per le somiglianze tessiture e sedimentologiche, ma anche sulla base della posizione geografica sono da correlare ai depositi conglomeratici della Formazione di Casa Monte Sabatino: infatti riportando la coltre nella posizione antecedente alla traslazione pliocenica, tali depositi vengono a trovarsi in continuità (CONTI *et alii*, 1989).

Negli affioramenti orientali (affioramenti n. 1, 2, 3, 4, 5 di Fig. 1A) in generale si hanno corpi conglomeratici molto estesi, caratterizzati da ciottoli centimetrici e, più raramente, decimetrici in matrice arenaceo limosa, spesso cementata. Le dimensioni più piccole dei ciottoli e la cementazione hanno reso, in alcuni casi, difficoltose le osservazioni mesostrutturali. Le impronte da presso-dissoluzione sono di solito più piccole, più alterate e, a volte, difficili da evidenziare. Inoltre il grado di cementazione più elevato limita in certi casi l'accessibilità degli affioramenti, per la presenza di pareti subverticali. Anche negli affioramenti occidentali (nn. 20 e 21 di Fig. 1A) si hanno condizioni di esposizione precarie; qui però i conglomerati sono formati da ciottoli di dimensioni maggiori, con strutture da presso-dissoluzione, microfaglie e superfici striate ben conservate. In certi casi i ciottoli sono fortemente deformati fino ad assumere un aspetto decisamente appiattito, secondo un asse congruente alla dire-

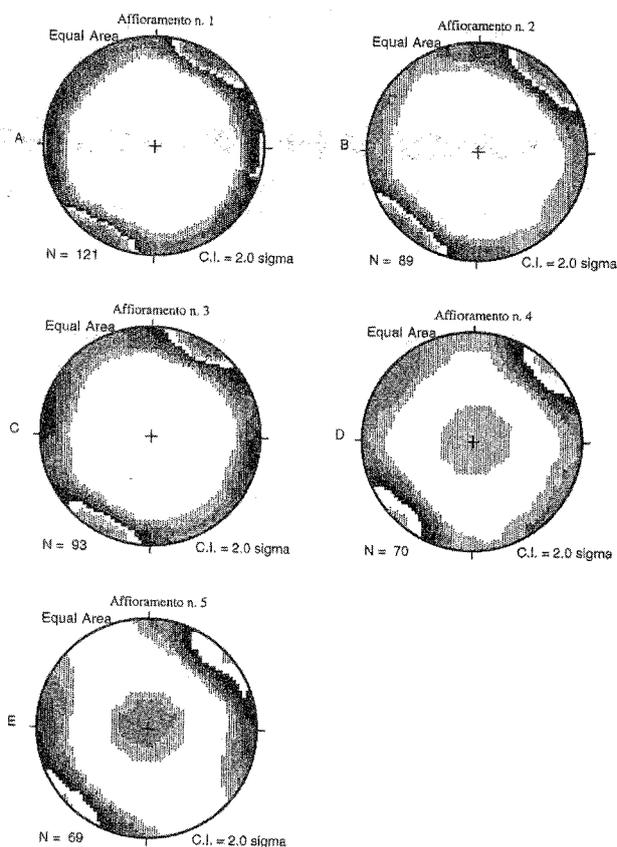


Fig. 10 - Stereogrammi (reticolo di Schmidt, emisfero inferiore) relativi alle misure di impronte da presso-dissoluzione presenti negli affioramenti di conglomerati della Formazione a Colombacci ad est della coltre della Val Marecchia. I numeri degli affioramenti fanno riferimento alla figura 1A e alla tabella 1: (A) affioramento n. 1; (B) affioramento n. 2; (C) affioramento n. 3; (D) affioramento n. 4; (E) affioramento n. 5.

zione di raccorciamento evidenziata nei diagrammi di Fig. 11.

Sono state effettuate oltre 500 misure, con risultati leggermente diversificati nelle due aree studiate. I dati raccolti negli affioramenti orientali (Fig. 10) indicano la presenza di due eventi caratterizzati da raccorciamenti suborizzontali, uno a direzione NE-SW, l'altro a direzione meno definita e compresa tra WSW-ESE e NW-SE. Quest'ultimo evento deformativo, inoltre, non è ben registrato in tutti gli affioramenti. Alcuni dati poi, pochi comunque, sono indicativi di un raccorciamento subverticale.

Negli affioramenti occidentali (Fig. 11) invece le mesostrutture (impronte, microfaglie e superfici striate) sono indicative solamente di un evento deformativo caratterizzato da raccorciamento suborizzontale diretto NE-SW. La geometria e la cinematica delle microfaglie e delle superfici striate qui misurate indicano inoltre che tale evento dovrebbe essere di tipo compressivo.

Allo stato attuale delle ricerche non è stato possibile evidenziare una cronologia univoca degli eventi deformativi, nelle stazioni mesostrutturali in cui è stata evidenziata la presenza di più di una direzione di raccorciamento (Fig. 10).

Arenarie di Monte Perticara

All'interno di tale unità sono presenti spessi corpi conglomeratici, formati da ciottoli eterometrici da cen-

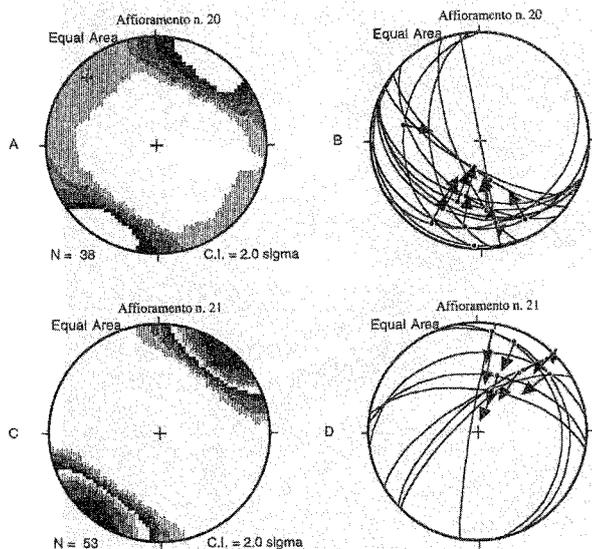


Fig. 11 - Stereogrammi (reticolo di Schmidt, emisfero inferiore) relativi alle misure di impronte da presso-dissoluzione e di superfici striate presenti negli affioramenti di conglomerati della Formazione a Colombacci ad ovest della coltre della Val Marecchia. I numeri degli affioramenti fanno riferimento alla figura 1A e alla tabella 1: (A) affioramento n. 20; (B) affioramento n. 20 (superfici striate); (C) affioramento n. 21; (D) affioramento n. 21 (superfici striate).

di stazioni di misura si riconoscono non solo numerose superfici striate (Fig. 12), ma anche superfici con scalini in calcite fibrosa o addirittura ciottoli interamente cataclasati o compenetranti l'un l'altro (Fig. 13), manifestando un'intensità deformativa superiore anche a quella riscontrata nei depositi conglomeratici della Formazione a Colombacci, che pure sono situati geometricamente al di sotto dei terreni liguri.

Le Arenarie di Monte Perticara si sono deposte al di sopra dei terreni della coltre della Val Marecchia in apparati di delta-conoide, situati alla fronte dei vari accavallamenti di forma arcuata, che fungevano da aree di scarico del materiale alluvionale. Nella maggior parte dei casi tale unità si depone, in discordanza e con migrazione del depocentro verso l'interno della catena, negli stessi bacini di *piggyback* in cui si erano sedimentati i depositi epiliguri di età precedente. La sedimentazione delle Arenarie di Perticara sarebbe quindi avvenuta essenzialmente durante e subito dopo la messa in posto della coltre.

In quasi tutti gli affioramenti le misure mesostrutturali (Fig. 14, per un totale di circa 350) mettono in evidenza il risultato di un evento deformativo con compressione suborizzontale a direzione NE-SW, accompagnato da un altro evento con compressione suborizzontale diretta NW-SE. Quest'ultimo evento non è riconoscibile in tutti gli affioramenti, sebbene sia chiaramente delineato



Fig. 12 - Località le Cute (Marche), indicato in figura 1A col numero 19: picchi sliccolitici su un ciottolo calcareo-marnoso entro i corpi conglomeratici appartenenti alle Arenarie di Monte Perticara indicanti un movimento trascorrente destro.

timetrici a pluridecimetrici, di rocce calcaree, calcareo marnose e arenacee provenienti dalle formazioni liguri ed epiliguri. Il grado di cementazione è variabile a seconda dell'affioramento considerato, come pure la presenza di strutture tettoniche. In alcuni affioramenti le impronte da presso-dissoluzione e le superfici striate sono poco conservate e poco evidenti. Al contrario in un paio

dalle misure, quando presente. Ad ogni modo nell'affioramento n. 19 di Fig. 1A alcuni ciottoli striati permettono, tramite l'analisi dei rapporti d'intersezione, di stabilire che l'evento a direzione NW-SE è posteriore a quello a direzione NE-SW.

L'evento deformativo estensionale è praticamente assente in tutte le stazioni misurate ad esclusione dell'af-

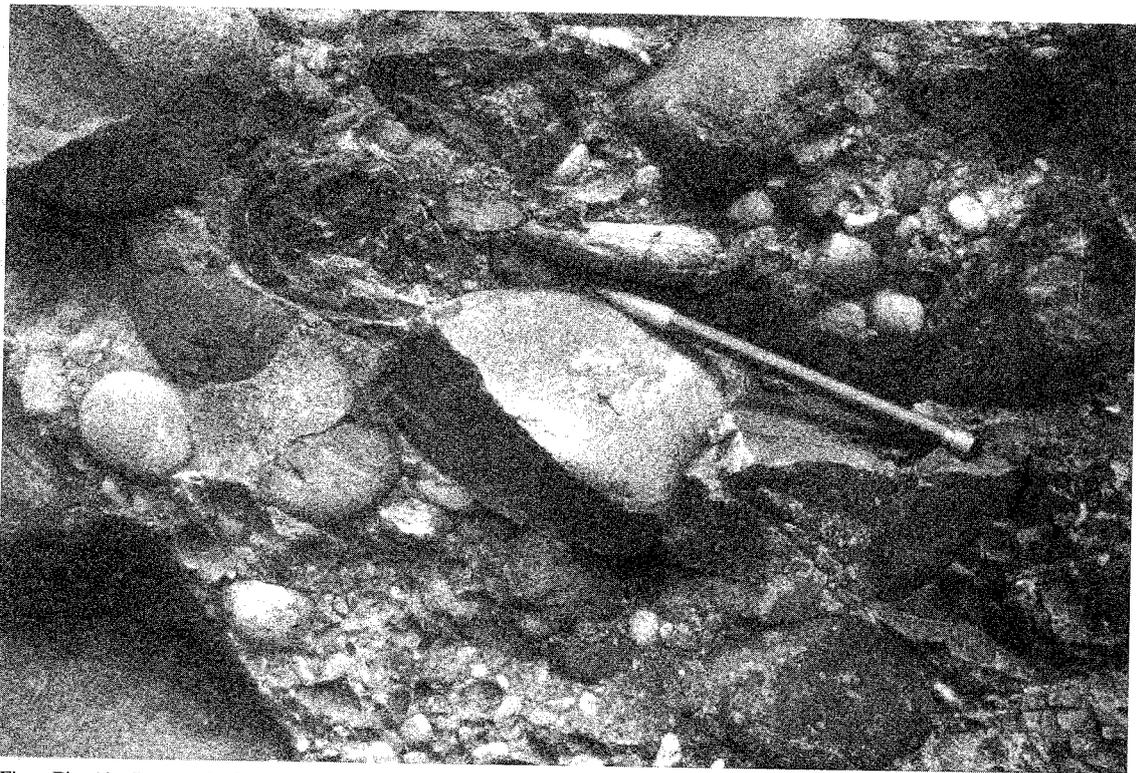


Fig. - Fig. 13 - Località le Cute (Marche), indicato in figura 1A col numero 19: scalini in calcite fibrosa su un ciottolo entro i corpi conglomeratici appartenenti alle Arenarie di Monte Perticara. La cinematica del movimento (faglia inversa) è indicata dalla freccia.

fioramento n. 17 di Fig. 1A, dove sono state riconosciute alcune impronte da presso-dissoluzione indicanti un raccorciamento subverticale.

DISCUSSIONE DEI DATI

Le rappresentazione stereografiche dei dati mettono chiaramente in evidenza che i conglomerati degli affioramenti studiati, indipendentemente dalla formazione considerata e dall'assetto locale degli strati, sono stati sottoposti ad almeno due episodi deformativi di raccorciamento così caratterizzati: il primo da una direzione di raccorciamento massima suborizzontale NE-SW, riconosciuta in tutte le stazioni di misura, e il secondo da una direzione di raccorciamento suborizzontale NW-SE, non rilevata in alcuni affioramenti. Dati provenienti dall'unità più recente (conglomerati appartenenti alle Arenarie di Monte Perticara del Pliocene inferiore) indicano che il primo è antecedente al secondo. Nelle unità preplioceniche risulta poi evidente una direzione di raccorciamento subverticale denotante una distensione antiappenninica (ricavata dagli stereogrammi delle superfici striate), più evidente nelle unità epiliguri rispetto a quelle della Successione Umbro-marchigiano-romagnola, e, fra le prime, nella Formazione di Acquaviva, la più vecchia. Se si escludono le impronte da presso-dissoluzione, indicanti direzioni di raccorciamento comprese tra WSW-ESE e NW-SE (peraltro non ben definite e riconoscibili solo in alcuni affioramenti), presenti unicamente nella Formazione a Colombacci, non sembrano risultare significative differenze fra le deformazioni registrate nei depositi epiliguri e quelle presenti nel substrato tettonico delle Liguri (tab. 1).

Occorre fare alcune considerazioni:

A) Indipendentemente dall'assetto locale degli strati (da poco inclinati a subverticali) si ottengono pressoché sempre gli stessi risultati. Provando a ruotare i dati dell'angolo per il quale le stratificazioni sono riportate all'orizzontale, generalmente almeno una delle direzioni di compressione viene ad essere obliqua rispetto all'orizzontale, tanto da poter ipotizzare che le impronte si siano formate dopo il basculamento degli strati. In altri casi, entrambe le direzioni di compressione, evidenziate dalle impronte da presso-dissoluzione, dopo la rotazione assumono un andamento inclinato rispetto all'orizzontale. L'elaborazione delle misure, condotta ruotando i dati dell'angolo e secondo l'asse per il quale la stratificazione locale viene riportata all'orizzontale, non comporta quindi miglioramenti per quanto riguarda l'interpretazione. Dopo la rotazione, infatti, si ottengono stereogrammi caratterizzati da una o due direzioni di raccorciamento inclinate, non suborizzontali. Quando poi una delle due direzioni di raccorciamento si mantiene suborizzontale dopo la rotazione, ciò è dovuto al fatto che essa è subparallela alla direzione locale della stratificazione. Tuttavia tale situazione non è mai sistematica: in certi affioramenti la direzione di So è antiappenninica, in altri è appenninica, in altri ancora è obliqua. Pertanto è probabile che le strutture misurate si siano formate dopo il basculamento della stratificazione (o comunque quando la stratificazione non presentava un assetto suborizzontale). Occorre sottolineare che a livello generale le unità che presentano stratificazioni inclinate sono quelle più antiche, mentre le Arenarie di Monte Perticara mostrano assetti generalmente poco inclinati o suborizzontali. Non è inoltre escluso che la giacitura di So entro i conglomerati possa essere in parte primaria. In un ambiente sedimen-

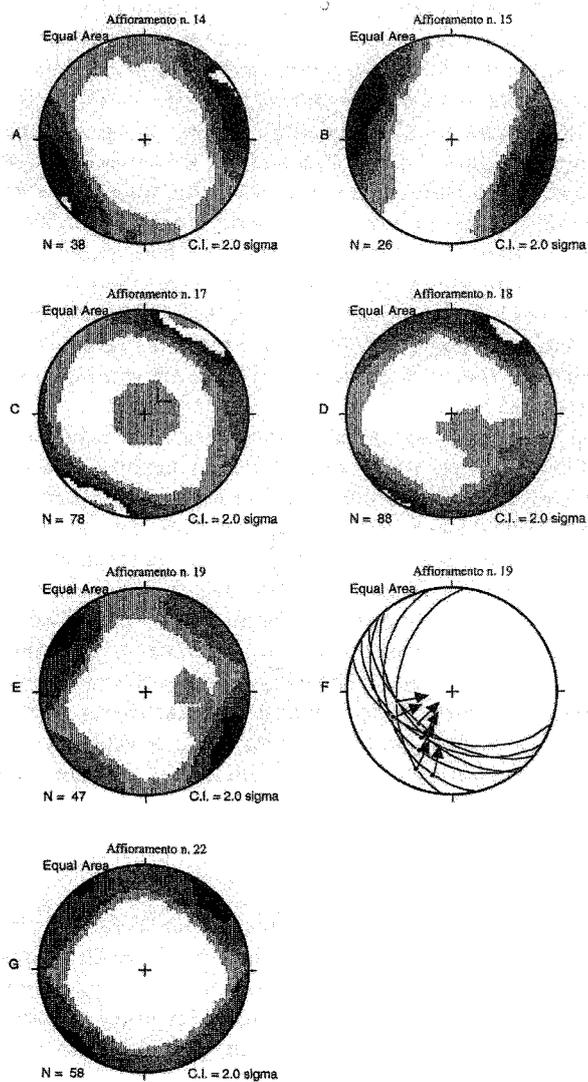


Fig. 14 - Stereogrammi (reticolo di Schmidt, emisfero inferiore) relativi alle misure di impronte da presso-dissoluzione e di superfici striate presenti negli affioramenti di corpi conglomeratici appartenenti alle Arenarie di Monte Perticara. I numeri degli affioramenti fanno riferimento alla figura 1A e alla tabella 1: (A) affioramento n. 14; (B) affioramento n. 15; (C) affioramento n. 17; (D) affioramento n. 18; (E) affioramento n. 19; (F) affioramento n. 19 (superfici striate); (G) affioramento n. 22.

tario fluvio-deltizio si possono avere ad esempio situazioni di deposizione progradante o retrogradante con contatti sedimentari discordanti o inclinati all'origine.

B) Sebbene solo in alcuni affioramenti siano state riconosciute impronte da presso-dissoluzione compatibili con direzioni di raccorciamento orientate circa E-W o ESE-WNW e deformazioni estensionali (direzioni di affossamento subverticali, picchi stilolitici verticali e microfaglie normali), ciò non rappresenta una prova, ma solo un'evidenza, a favore dell'ipotesi che tali strutture deformative siano indicative di una condizione strutturale locale. La mancanza di dati rilevati nelle altre stazioni potrebbe essere dovuta agli stessi limiti del metodo di analisi dei ciottoli improntati. Infatti molto spesso gli affioramenti studiati si presentano con delle pareti orientate secondo una sola direzione cardinale. Solo in certi casi le esposizioni sono più di una e orientate secondo direzioni diverse, permettendo di verificare come



Fig. 15 - Località M. La Costa (Romagna), indicato in figura 1A col numero 17: esempio d'intensa deformazione nei ciottoli appartenenti alle Arenarie di Monte Perticara.

l'orientazione dell'affioramento influisca in maniera selettiva sul campionamento. Nella pratica si tendono infatti a campionare più frequentemente quelle impronte su ciottoli la cui normale è perpendicolare alla direzione dell'affioramento. Non si può quindi totalmente escludere che gli episodi deformativi, apparentemente d'importanza locale, caratterizzati da una compressione E-W, l'uno, e da estensione (secondo direzioni non sempre identificabili), l'altro siano più ampiamente diffusi, ma meno evidenti.

C) Gli stereogrammi (Figg. 10, 11, 14) evidenziano come le misure, sebbene tendano sempre a concentrarsi su dei massimi di orientazione, siano accompagnate anche da valori di orientazione molto dispersi, qualora il loro numero di dati sia abbastanza grande, nonostante che per l'elaborazione dei diagrammi sia stato utilizzato il metodo di Kamb (MARSHAK & MITRA, 1988), che tende ad attenuare la dispersione. Ciò potrebbe essere dovuto a varie cause: problemi di campionamento descritti al punto precedente; presenza di eventi deformativi minori, locali o comunque mal registrati; deformazioni con componente rotazionale; ecc. Non sono state invece osservate strutture o deformazioni caratterizzanti una particolare formazione rispetto alle altre.

D) Non è stato possibile approntare uno studio di dettaglio di tutte le strutture su singoli ciottoli orientati per poter definire il tipo di deformazione (irrotazionale o rotazionale) secondo la metodologia di SCHRADER (1988).

E) Non esistono evidenze per le quali i conglomerati più antichi sembrano più deformati di quelli più recenti. Nè d'altra parte, pur non essendo stato fatto uno studio statistico accurato, sono evidenti deformazioni più marcate nelle unità costituenti il substrato tettonico della coltre alloctona rispetto a quelle presenti nelle unità epiliguri (sitate praticamente al tetto della pila tettonica). Al contrario, i ciottoli pliocenici, occupanti sia stratigraficamente che strutturalmente la posizione geometricamente più elevata e quindi meno soggetti a carichi litostatici e tettonici, sono quelli che apparentemente presentano le maggiori (Fig. 15) e le minori deformazioni a seconda degli affioramenti considerati. Questo porta a pensare che il grado di deformazione raggiunto dai ciottoli sia legato a molte variabili e a fattori in parte anche locali, tanto da non poter essere considerato indicativo degli sforzi tettonici regionali, ai quali i ciottoli possono essere stati sottoposti.

CONCLUSIONI

I rilevamenti mesostrutturali condotti sui ciottoli delle formazioni conglomeratiche della Val Marecchia hanno messo in evidenza la presenza di strutture da presso-dissoluzione, di strie meccaniche e sliocolitiche, e più raramente di altre strutture quali scalini in calcite, microfaglie, etc. I risultati ottenuti permettono di riconoscere diversi episodi deformativi di natura sia compressiva che distensiva, confermando, in parte, quelli descritti da MANNORI & SANI (1987).

Il più antico è l'episodio distensivo (a direzione antiappenninica e di età Messiniana), in quanto assente nei depositi pliocenici. Questo episodio è probabilmente da mettere in relazione al rallentamento (susseguente alla fase tettonica tortoniana e perdurante per quasi tutto il Messiniano), della migrazione del fronte deformativo appenninico, che porta alla chiusura di una avanfossa con caratteristiche fliscoidi ed alla ripresa della subsidenza nella Successione Epiligure (CONTI & GELMINI, 1994).

Gli episodi compressivi sono stati registrati in tutte le formazioni conglomeratiche studiate, dove sono riconoscibili almeno 2 eventi deformativi caratterizzati da direzioni di raccorciamento suborizzontali a direzione NE-SW, la più evidente e più antica, e NW-SE, statisticamente meno frequente e più recente. Inoltre, alcuni affioramenti delle formazioni messiniane presentano (al posto della direzione di raccorciamento NW-SE) raccorciamenti orientati E-O, ESE-WSW. Questi ultimi dati potrebbero essere variamente interpretati: a) come effetto di eventi deformativi diversi che però sono stati scarsamente registrati; b) come risultato di deformazioni localizzate; c) come variazioni, legate a condizioni strutturali locali, dell'evento deformativo a raccorciamento appenninico. A tal proposito tali direzioni sono più evidenti nel substrato tettonico della coltre della Val Marecchia che non nelle unità epiliguri forse delineando un contesto strutturale differente.

Più difficile risulta collocare temporalmente gli episodi compressivi: questi potrebbero essere di età posteriore al Pliocene inferiore e quindi essenzialmente successivi alla messa in posto della coltre della Val Marecchia. Comunque l'episodio più antico a direzione NE-

SW, essendo univocamente rappresentato in tutte le unità, potrebbe essere stato attivo anche precedentemente e registrare quindi la fase tettonica del Pliocene inferiore, che è stata senz'altro la più significativa nell'area studiata. D'altra parte il fatto che i depositi conglomeratici pliocenici siano coinvolti nel sistema di sovraccorrimenti responsabile della messa in posto della coltre della Val Marecchia può indicare che proprio alcuni di essi siano stati fortemente deformati durante tale fase tettonica. In questo contesto la direzione NW-SE potrebbe essere legata all'attività degli elementi tettonici trasversali, quali le faglie di strappo degli archi strutturali della Coltre della Val Marecchia, che in vari casi tagliano i depositi pliocenici.

Ad ogni modo mentre il raccorciamento a direzione antiappenninica risulta compatibile nel quadro dell'assetto strutturale appenninico (i fronti di accavallamento principali, gli assi delle pieghe maggiori, etc., lo stesso fronte di accavallamenti che delimita esternamente la coltre della Val Marecchia è orientato NW-SE), la direzione di raccorciamento appenninica non risulta univocamente interpretabile anche se già nota in letteratura (Perotti, 1995). Questa potrebbe essere anche molto recente visto che almeno a partire dal Quaternario i movimenti delle strutture padano-romagnole si esplicano secondo transpressioni sinistre lungo piani a direzione appenninica (DOGLIONI, 1991).

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Prof. G. Bettelli per le proficue discussioni e la Dott. M. Bertacchini per la realizzazione grafica della figura 1A. Siamo sentitamente riconoscenti al Prof. M. Bernini per il suo attento lavoro di revisione che ha sicuramente portato ad un miglioramento nella stesura del manoscritto.

BIBLIOGRAFIA

- ARDANESE L.R. & MARTELLI G. (1986) - *Peculiarità geologico-strutturali ed evidenze sedimentologiche, chimiche e petrografiche del bacino evaporitico di Pietrarubbia-Peglio-M. Santo (Marche settentrionali-Italia)*. Boll. Serv. Geol. d'It., **104**(1983-84), 35-82.
- BARBANO D., PEROTTI C.R. & VERCESI P.L. (1984) - *La tettonica recente dell'alta Val Nure*. Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, **30**, 221-233.
- BARTOLE R. (1995) - *The North Tyrrhenian-Northern Apennines post-collisional system: constraints for a geodynamic model*. Terra Nova, **7**, 7-30.
- BASSETTI M.A. (1994) - *Coarse-grained clastics (fan delta deposits) in the Messinian of Montefeltro (Pesaro province, northern Apennines)*. Giorn. Geol., **56**(2), 259-273.
- BENDKIK A., BOCCALETTI M., BONINI M., POCCHIANTI C. & SANI F. (1994) - *Structural evolution of the outer apennine chain (Firenzuola-Città di Castello sector and Montefeltro area, Tuscan-Romagnan and Umbro-Marchean Apennine)*. Mem. Soc. Geol. It., **48**, 515-522.
- BERNINI M. & CLERICI A. (1983) - *Individuazione di un campo di sforzi compressivo in alcuni affioramenti del Pleistocene continentale del margine appenninico presso Collecchio (Parma)*. Boll. Soc. Geol. It., **102**, 369-384.
- BERNINI M. (1986) - *Le deformazioni dei sedimenti messiniano-pleistocenici fra il F. Taro ed il T. Baganza (Parma)*. Ateneo Parmense, Acta Nat., **22**, 171-186.

- BERNINI M. & PAPANI G. (1987) - Alcune considerazioni sulla struttura del margine appenninico emiliano fra lo Stirone e l'Enza (e sue relazioni con il sistema del Taro). *Ateneo Parmense, Acta Nat.*, **24**, 219-240.
- BETTELLI G., CAPITANI M. & PANINI F. (1996) - *Origine della struttura a "blocchi in pelite" e dell'estensione parallela alla stratificazione nelle formazioni smembrate liguri del Supergruppo del Baganza affioranti nel settore sudorientale dell'Appennino emiliano*. *Accad. Naz. Sci. Lett. Arti di Modena, Collana di Studi*, **15**, Miscellanea Geologica, 261-298.
- BOCCALETTI M., CALAMITA F., DEIANA G., GELATI R., MASSARI F., MORATTI G. & RICCI LUCCHI F. (1990) - *Migrating foredeep-thrust belt system in the Northern Apennines and Southern Alps*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **77**, 3-14.
- CAMPREDON R., FRANCO M., GIANNERINI G., GIGOT P., IRF F., LANTEUME M., SPINI H. & TAPOUL J. F. (1977) - *Les déformations de conglomerates pliocènes de l'Arc de Nice (chaînes subalpines méridionales)*. *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, (2), 75-77.
- CANTALAMESSA G., CENTAMORE E., CHIOCCHINI U., MICARELLI A. & POTETTI M., con la collaborazione di DI LORITO L. (1986) - *Il Miocene delle Marche*. In: E. CENTAMORE & G. DEIANA (eds.), *La Geologia delle Marche*, *Studi Geol. Cam.*, vol. spec., 35-55.
- CAPUANO N. & PAPPAFICO G. (1994) - *Estuarine and shoreface-foreshore sedimentation in the Pliocene Epiligurian basin, northern Marche, Italy*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **48**(2), 447-457.
- CAPUANO N.P., PAPPAFICO G.F. & PERA M. (1992) - Carta geologica della sequenza infrapliocenica del Montefeltro: geometria e distribuzione delle facies dei corpi grossolani. *Mem. Descr. Carta Geol. d'It.*, **46**(1991), 475-480.
- CAPUANO N., TONELLI G.L. & VENERI F. (1987) - *Significato paleogeografico delle intercalazioni ciottolose nella Marnoso-arenacea feltresca (Marche settentrionali)*. *Boll. Soc. Geol. It.*, **106**, 13-18.
- CAPUANO N., TONELLI G.L. & VENERI F. (1989a) - *Rapporti fra la successione « autoctona » ed i complessi alloctoni nell'area della Val Marecchia dal Miocene superiore al Pliocene inferiore*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **39**, 165-173.
- CAPUANO N., TONELLI G.L., VENERI F., RICCI LUCCHI, F. & BARBIERI B. (1989b) - *Cannibalized fan delta deposits of Montecalvo in Foglia, Marche Apennines, Italy: a problem of identification*. *Giorn. Geol.*, **51**(1), 45-60.
- CAREY E. & BRUNIER B. (1974) - *Analyse théorique et numérique d'un modèle mécanique élémentaire appliqué à l'étude d'une population de failles*. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **279** (D), 891-894.
- CARMIGNANI L., DECANDIA F.A., DISPERATI L., FANTOZZI P.L., LAZZAROTTO A., LIOTTA D., OGGIANO G. & TAVARNELLI E. (1996) - *Relazioni tra il Bacino Balearico, il Tirreno settentrionale e l'evoluzione neogenica dell'Appennino settentrionale*. *Studi Geol. Cam.*, Vol. Spec. **1995/1**, 255-268.
- CASTELLARIN A., EVA C., GIGLIA G. & VAI G.B. (con contributo di RABBI E., PINI G.A. & CRESTANA G.) (1985) - *Analisi strutturale del fronte appenninico padano*. *Giorn. Geol.*, Ser. 3, **47**, 47-76.
- CERRINA FERONI A., GHISELLI F., LEONI L., MARTELLI L., MARTINELLI P., OTTRIA G. & SARTI G. (1997) - *L'assenza delle Liguridi nell'Appennino romagnolo: possibili relazioni con il sollevamento quaternario*. In: *Tettonica quaternaria del territorio italiano: conoscenze, problemi ed applicazioni*. In stampa.
- CONTI S. (1989) - *Geologia dell'Appennino marchigiano-romagnolo tra le valli del Savio e del Foglia. (Note illustrative alla carta geologica a scala 1:50.000)*. *Boll. Soc. Geol. It.*, **108**(3), 453-490.
- CONTI S. (1991) - *Caratteristiche geologico-strutturali delle placche epiliguri della coltre della Val Marecchia e loro riflessi sulla franosità*. *Giorn. Geol.*, **53**(2), 147-165.
- CONTI S. (1994) - *La geologia dell'alta Val Marecchia (Appennino toscano-marchigiano) - Note illustrative alla carta geologica 1:50.000*. *Atti Tic. Soc. Terra*, **37**, 51-98.
- CONTI S., FREGNI P. & GELMINI R. (1989) - *L'età della messa in posto della coltre della Val Marecchia. Implicazioni paleogeografiche e strutturali*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **39** (1987), 143-164.
- CONTI S. & GELMINI R. (1994) - *Miocene-Pliocene tectonic phases and migration of foredeep-thrust belt system in Northern Apennines*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **48**(1), 261-274.
- CONTI S. & GELMINI R. (1996) - *La tettonica trasversale dell'Appennino Settentrionale: il caso della Val Marecchia*. *Studi Geol. Cam.*, Vol. Spec. **1995/1**, 337-348.
- CONTI S. & TOSATTI G. (1996) - *Tectonic vs gravitational processes affecting Ligurian and Epiligurian units in the Marecchia valley (Northern Apennines)*. *Mem. Sci. Geol.*, **48**, 107-142.
- DE FEYTER A.J. & MOLENAAR N. (1984) - *Messinian fanglomerates: the Colombacci Formation in the Pietrarubbia Basin, Italy*. *J. Sed. Petrol.*, **54**, 746-758.
- DOGLIONI C. (1991) - *A proposal for the kinematic modelling of W-dipping subductions: possible applications to the Tyrrhenian-Apennines system*. *Terra Nova*, **3**, 423-434.
- FARABEGOLI E. & RICCI LUCCHI F. (1973) - *Studio sedimentologico di alcuni conglomerati messiniani dell'Avanfossa Padano-appenninica (Appennino Pesarese)*. *Atti Soc. Nat. Mat. di Modena*, **104**, 193-238.
- FESCE A.M. (1987a) - *Analisi mesostrutturale sui ciottoli di conglomerato e su superfici di faglia della Formazione a Colombacci lungo la Valle del Bidente (Forlì)*. *Rend. Soc. Geol. It.*, **10**, 41-43.
- FESCE A.M. (1987b) - *Individuazione di un campo di deformazione compressivo nei conglomerati del Messiniano superiore del bolognese*. *Rend. Soc. Geol. It.*, **10**, 45-46.
- FESCE A.M. (1989) - *Deformazioni compressive neogeniche nei conglomerati messiniani del bacino sinclinalico Giaggiolo-Cella (Forlì)*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **39** (1987), 345-358.
- FESCE A.M. & PINI G.A. (1987) - *Analisi mesoscopiche sui terreni caotici (Argille Scagliose) e sul Pliocene intrappenninico del Bolognese*. *Acta Nat. At. Parm.*, **23**(4), 211-218.
- FUNICIELLO R., MATTEI M., SPERANZA F. & FACCENNA C. (1997) - *La geodinamica del sistema Tirreno-Appennino*. *Le Scienze* **343**, 44-53.
- GASPERI G., GELATI R. & PAPANI G. (1986) - *Neogenic evolution of the Northern Apennines on the Po Valley*. *Giorn. Geol.*, **48**, 187-195.
- LAVECCHIA G., FEDERICO C., KARNER G.D. & STOPPA F. (1996) - *La distensione toscano-tirrenica come possibile motore della compressione appenninica*. *Studi Geol. Cam.*, Vol. Spec. **1995/1**, 489-498.
- MANNORI M.R. & SANI F. (1987) - *Analisi strutturale dei depositi neogenici neoautoctoni e semialloctoni della Val Marecchia*. *L'Ateneo Parmense, Acta Nat.*, **23**, 61-76.
- MANTOVANI E., ALBARELLO, D., BABBUCCI D. & TAMBURELLI C. (1993) - *Post Tortonian deformation pattern in the Central Mediterranean: a result of extrusion tectonics driven by the Africa-Eurasia convergence*. In: E. BOSCHI, E. MANTOVANI & A. MORELLI, (Eds.), *Recent Evolution and Seismicity of the Mediterranean Region*, 105-116, Kluwer Academic Publishers.
- MARSHAK S. & MITRA G. (1988) - *Basic Methods of Structural Geology*, 1-446. Prentice Hall.
- PATACCA E., SARTORI R. & SCANDONE P. (1993) - *Tyrrhenian basin and Apennines. Kinematic evolution and related dynamic constraints*. In: E. BOSCHI, E. MANTOVANI & A.

- MORELLI, (Eds.), Recent Evolution and Seismicity of the Mediterranean Region, 161-171, Kluwer Academic Publishers.
- PEROTTI C.R. (1995) - *Analisi strutturale dei depositi conglomeratici neogenici affioranti lungo il margine padano dell'Appennino pavese-alessandrino*. Atti Tic. Sc. Terra. Ser. Spec. 3, 89-98.
- PERTUSATI P.G., PLESI G. & CERRINA FERRONI A. (1978) - *Utilizzazione delle strutture stilolitiche per l'interpretazione di un'anticlinale nella Toscana meridionale*. Boll. Soc. Geol. It., 97, 289-296.
- PIALLI G., ALVAREZ W. & MINELLI G. (1996) - *Geodinamica dell'Appennino settentrionale e sue ripercussioni nell'evoluzione tettonica neogenica*. Studi Geol. Cam., Vol. Spec. 1995/1, 523-536.
- PINI G.A. (1987) - *Inquadramento strutturale delle argille scagliose del pedeappennino bolognese (Nota preliminare)*. Rend. Soc. Geol. It., 10, 47-50.
- PINI G.A. (1992) - *Associazioni micro-mesostrutturali nelle "Argille Scagliose" (pedeappennino bolognese): loro significato meccanico*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It. 46(1991), 355-373.
- PLESI G. & CERRINA FERRONI A. (1979) - *Contributo alla conoscenza delle deformazioni nel neautoctono della Toscana: segnalazione di due fasi di raccorciamento attraverso lo studio degli stiloliti impressi su ciottoli*. Boll. Soc. Geol. It., 98, 15-25.
- RICCI LUCCHI F. (1986) - *The Oligocene to Recent foreland basins of the Northern Apennines*. Spec. Publ. Int. Ass. Sediment., 8, 105-139.
- RUGGIERI G. (1970) - *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla Scala 1:100.000, Foglio 108 Mercato Saraceno*. Serv. Geol. d'It., 1-56.
- SANZ DE GALDEANO C. & ESTEVEZ A. (1981) - *Estraciones tectonicas en cantos de conglomerados su enstudio en las depreciones de Grenada Y Guadix-Baza*. Estudios Geol. 37, 227-232.
- SCHRADER F. (1988) - *Symmetry of pebble-deformation involving solution pits and slip-lineations in the Northern Alpine Molasse Basin*. Journ. Struct. Geol. 10, 41-52.
- VAI G.B. (1988) - *Migrazione complessa del sistema fronte deformativo-avanfossa-cercine periferico: il caso dell'Appennino Settentrionale*. Mem. Soc. Geol. It., 38(1987), 95-105.
- VEGGIANI A. (1955) - *Intercalazioni di ciottoli cristallini nella Formazione Marnoso-arenacea romagnola (nota preliminare)*. Giorn. Geol., 25, 178-181.
- VEGGIANI A. & DE FRANCESCO A. (1968) - *I ciottoli inclusi nelle arenarie di Ranchio (Forlì)*. Giorn. Geol., 36, 185-202.