

Riv. It. Paleont. Strat.	v. 98	n. 4	pp. 425-452	Marzo 1993
--------------------------	-------	------	-------------	------------

**STRATIGRAFIA SEQUENZIALE DELLA SUCCESSIONE
OLIGO-MIOCENICA DELLE LANGHE,
BACINO TERZIARIO LIGURE-PIEMONTESE**

ROMANO GELATI (1), MARIO GNACCOLINI (1),
PAOLO FALLETTI (1) & DONATA CATRULLO (2)

Key-words: Sequence stratigraphy, Tertiary Piedmont Basin, Italy.

Abstract. The Piedmont Tertiary Basin (PTB) is bounded southwards and westwards by the Western Alps, and northwards by the north-western end of the Apennines. It develops internally to a south-dipping suture zone, on a basement consisting of allochthonous alpine and apenninic units. The PTB history began at the end of the Eocene and has continued through the Oligocene, under mainly extensional tectonics conditions, and the Miocene, in a regime dominated by prevailing compressive phases. The PTB is filled by a more than 4,000 m thick succession of siliciclastic sediments.

In the Langhe region, three groups of depositional sequences were recognized, bottom to top. Group A consists of continental to coastal conglomerates, shallow water sandstones and hemipelagic mudstones with thickness ranging from a few tens of metres to more than 600 m. Two depositional sequences (Early Oligocene; locally Late Eocene ?) characterize this group. Group B is represented by six depositional sequences (B1 to B6; Late Oligocene-Burdigalian), each consisting of turbiditic sandstones and subordinate resedimented conglomerates in the lower part, and of hemipelagic mudstones with intercalated thin-bedded turbidites in the upper part. Total thickness of group B may be over 1,000 m. Group C shows six depositional sequences (C1 to C6; Late Burdigalian-Early Tortonian), consisting of turbidite systems, with sandstone/mudstone ratio from $\gg 1$ to 1, at the depocentres, and of mudstones on the slopes bounding the basin. Total thickness may be over 2,000 m.

Synsedimentary tectonic activity is indicated by the following: a) angular unconformities, at the passage B1-B2 and at the lower boundary of sequence B5/B6; b) onlap of turbiditic sandstones on slightly folded mudstones (B1-B2 and B2-B3 sequence boundaries); c) vertical and lateral evolution of the facies which differs from that of the models proposed for eustatically controlled sequences (C1, C2 and C5).

On the basis of biostratigraphic data, C1-C2 and C2-C3 boundaries correlate respectively with the 16.5 and 15.5 MA sequence boundaries of Haq et al. (1988). It is possible that the boundary between group A sequences and sequence B1 corresponds to their 30.0 MA boundary. B4-B5 sequence boundary, characterized by a long hiatus, probably correlates with the events dated 22.0/21.0 MA.

By taking into account: a) the forementioned correlations; b) the stratigraphic setting and number of sequence boundaries between the 30.0 MA, 22.0/21.0 MA and 16.5 MA boundaries; c) the stratigraphic setting of the three sequence boundaries above the 15.5 MA boundary (all of Serravallian age), it is possible

(1) Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Milano, via Mangiagalli 34, 20133 Milano.

(2) AGIP S.p.a., San Donato Milanese, Milano.

to correlate the observed depositional sequences with the third order global cycles of Haq et al. (1988).

Therefore, the global eustatic signal has not been obliterated in the studied area, in spite of the intense synsedimentary tectonic activity.

Introduzione.

Il Bacino terziario ligure-piemontese è collocato all'interno della catena alpina e risulta delimitato a sud e ad ovest dall'arco delle Alpi occidentali ed a settentrione

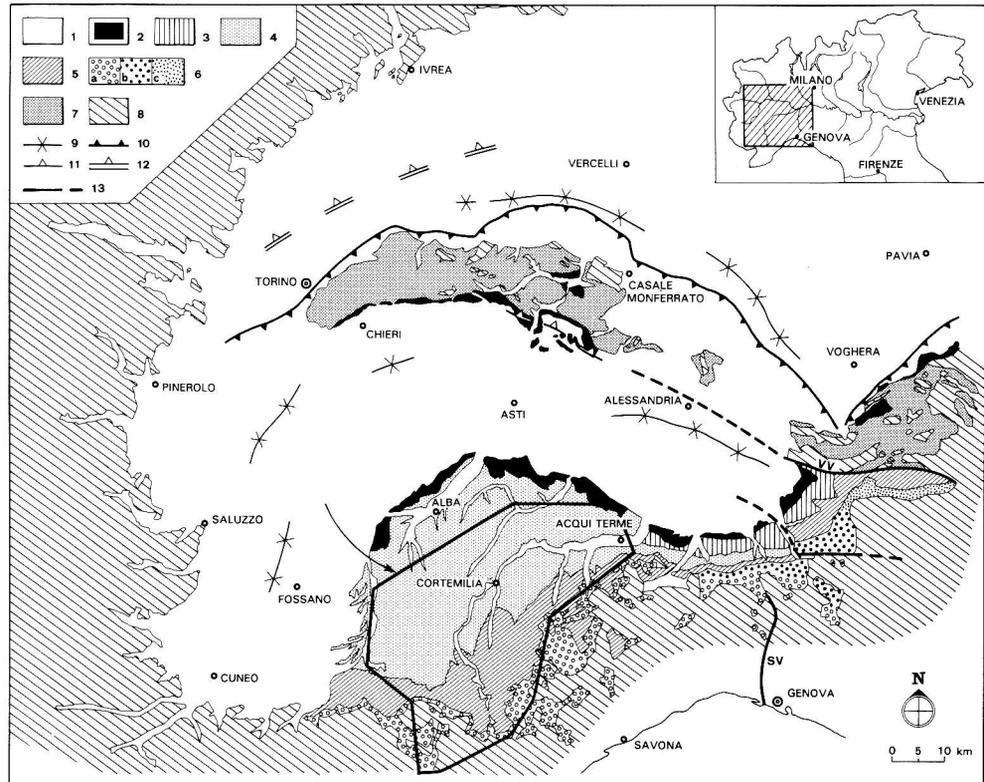


Fig. 1 - L'area studiata (indicata dalla freccia): inquadramento geologico. 1) Depositi plio-quadernari; 2) depositi messiniani; 3) depositi siliciclastici e carbonatici di piattaforma e di pendio (Langhiano-Tortoniano); 4) successioni prevalentemente torbiditiche (Burdigaliano superiore-Tortoniano, solo Burdigaliano nel settore orientale); 5) sistemi torbiditici e peliti emipelagiche (Oligocene superiore-Burdigaliano); 6) depositi dell'Eocene superiore-Oligocene inferiore: a) conglomerati alluvionali e costieri, arenarie di mare sottile e peliti emipelagiche; b) conglomerati risedimentati, di pendio e di base-pendio; c) principalmente torbiditi; 7) depositi essenzialmente siliciclastici (Eocene superiore-Tortoniano) dell'area "Collina di Torino-Basso Monferrato-Appennino nord-occidentale"; 8) unità alloctone alpine ed appenniniche; 9) asse del depocentro dei bacini plio-quadernari; 10) "thrust-front" sepolto dell'area "Collina di Torino-Basso Monferrato-Appennino nord-occidentale"; 11) "backthrusts" sepolti, sud-vergenti, del Basso Monferrato, attivi dal Messiniano in poi; 12) "backthrusts" sepolti, pre-Burdigaliani, delle Alpi occidentali (ricavati da Roure et al., 1990); 13) linee tettoniche: SV, Sestri-Voltaggio; VV, Villalvernia-Varzi.

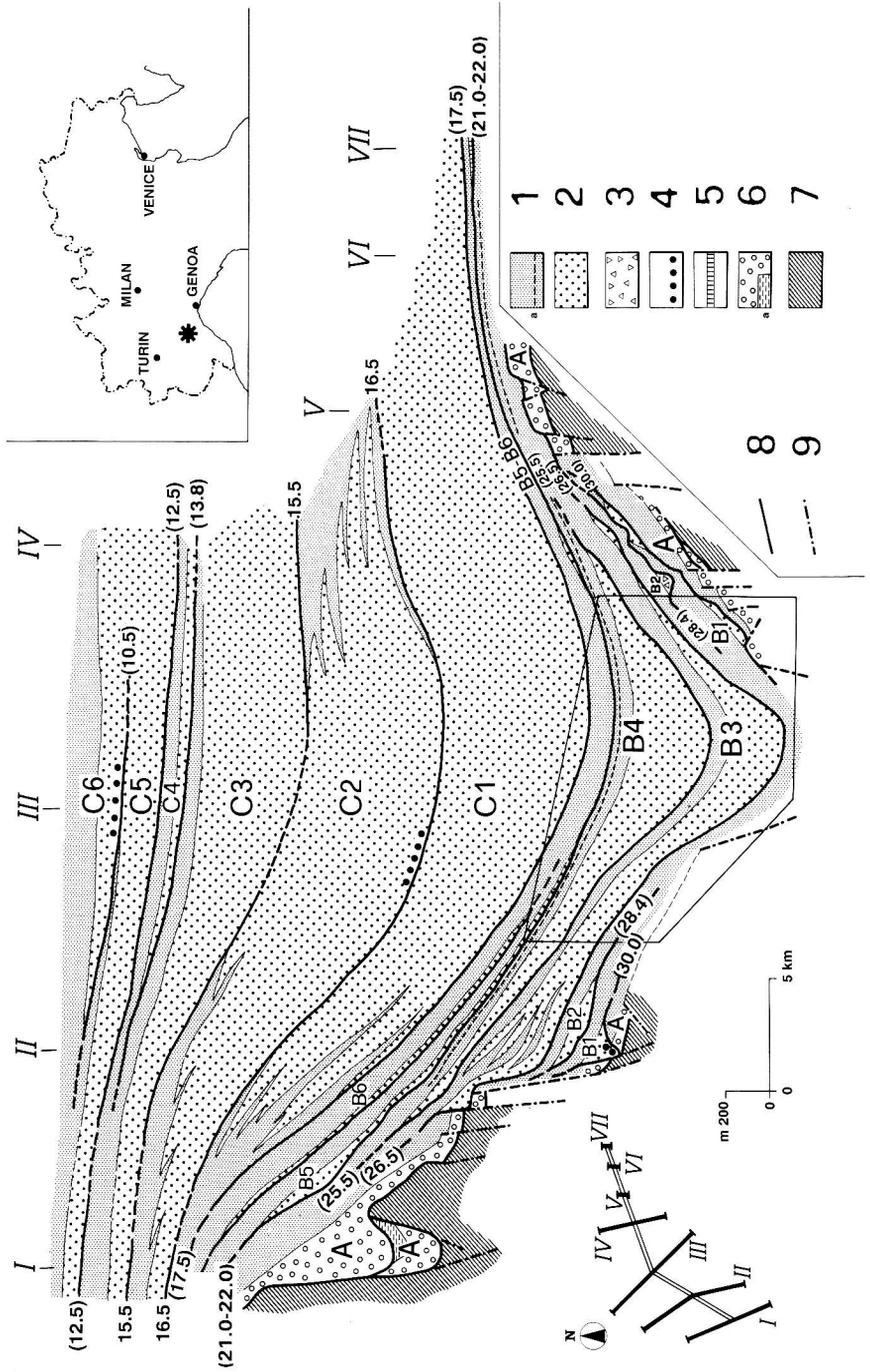
dall'estremità nord-occidentale dell'Appennino. Esso si sviluppa su di un substrato formato da unità alloctone alpine ed appenniniche, all'interno di una zona di sutura immergente verso sud (Fig. 1). La sua storia, che inizia alla fine dell'Eocene, si sviluppa durante l'Oligocene in un contesto prevalentemente distensivo e durante il Miocene in relazione a fasi essenzialmente compressive (Dalla et al., in stampa). Il bacino in questione risulta colmato da una successione siliciclastica spessa più di 4.000 m.

Il Bacino terziario ligure-piemontese si situa in un contesto nettamente diverso, dal punto di vista geodinamico, rispetto a quello delle aree tettonicamente stabili o quasi stabili, come margini continentali divergenti e maturi o zone cratoniche, nelle quali i concetti della stratigrafia sequenziale si sono sviluppati (Payton, 1977; Sloss, 1988; Wilgus et al., 1988; ecc.). Si tratta infatti di un bacino episeturale (nel senso di Bally & Snelson, in Bally et al., 1985), che si è individuato in un contesto collisionale, a tergo del fronte di accavallamento dell'edificio mesoalpino sulla microplacca Adriatica (Gelati & Gnaccolini, 1980; Hunziker & Martinotti, 1987; Boccaletti et al., 1990; Gelati & Gnaccolini, 1990).

Questo lavoro si propone di illustrare la stratigrafia fisica del settore centrale del Bacino terziario ligure-piemontese in chiave di sequenze deposizionali, così come definite da Mitchum et al. (1977). Il quadro parziale, presentato in occasione del 75° Congresso della Società Geologica Italiana, Milano 1990 (Gelati & Gnaccolini, 1990; Gnaccolini et al., in stampa), è stato ora esteso a tutta l'area delle Langhe, tra Acqui e Ceva (Fig. 1). Le sequenze deposizionali individuate sono state collocate in un quadro biostratigrafico basato sull'esame dei Foraminiferi planctonici e dei Nannofossili calcarei. Inoltre, nell'ambito di ciascuna sequenza sono stati illustrati i "depositional systems tracts" (Van Wagoner et al., 1988) e si è affrontato il problema dei meccanismi di controllo. Nell'ambito di questa ricerca R. Gelati e M. Gnaccolini si sono occupati del rilevamento geologico, dell'individuazione e dell'interpretazione delle sequenze deposizionali; D. Catrullo e P. Falletti hanno effettuato le analisi biostratigrafiche, facendo riferimento rispettivamente a Nannofossili e Foraminiferi planctonici.

Sequenze deposizionali oligo-mioceniche nella regione delle Langhe.

I caratteri generali delle sequenze deposizionali (*sensu* Mitchum et al., 1977) individuate consentono di raggrupparle in tre gruppi principali (Fig. 2): il gruppo A è costituito da sequenze formate da conglomerati continentali e costieri, da arenarie di acque basse e da peliti emipelagiche; il gruppo B comprende sequenze deposizionali tipicamente caratterizzate da una parte inferiore con arenarie torbiditiche e da una parte superiore essenzialmente pelitica; il gruppo C consiste di sequenze deposizionali costituite principalmente da successioni torbiditiche nelle parti centrali del bacino, da torbiditi più peliti o essenzialmente da peliti nelle aree marginali.



Gruppo di sequenze A

Rientrano in questo gruppo le unità stratigrafiche denominate Formazione di Molare e Formazione di Rocchetta (parte basale) del Foglio 81 Ceva della Carta Geologica d'Italia.

In esso sono riconoscibili almeno due sequenze, l'inferiore con depositi continentali o da continentali a costieri, la superiore con depositi da continentali fino ad emipelagici. Queste sequenze sono ben evidenti in due aree: all'estremità sud-occidentale della regione, lungo la valle del F. Tanaro, nei dintorni di Bagnasco e Scagnello, ed al margine orientale della zona in esame, nei pressi di Spigno Monferrato (valle del F. Bormida di Spigno) (Fig. 3).

Area Bagnasco-Scagnello.

La sequenza inferiore è qui costituita da conglomerati di conoide alluvionale prossimale, con spessore massimo di circa 130 m, passanti verso l'alto ad arenarie e peliti lacustri potenti fino a 70 m. I conglomerati si presentano in banchi massicci, sono spesso a supporto di matrice e disorganizzati; sono costituiti da clasti eterometrici, poco arrotondati, prevalentemente dolomitici (38-96%), calcarei (massimo 28%) e quarzitici (2-15%). Anche le arenarie e le peliti sono a prevalente componente calcareo-dolomitica: queste ultime sono note nella letteratura geologica per i fossili continentali che contengono (Lorenz, 1969).

La sequenza in esame poggia in discordanza sul substrato pre-cenozoico ed è ricoperta ancora da conglomerati che si differenziano dai precedenti per la presenza di ciottoli di metagabbro e prasinite, in percentuali variabili dal 2 al 22%.

La sequenza soprastante inizia, come accennato, con conglomerati, passanti verso l'alto ad alternanze conglomerato-arenaria che si ripetono ciclicamente su uno spessore di oltre 400 m. Questa successione rappresenta un sistema deposizionale di conoide alluvionale (parte intermedia e distale), cui succede un orizzonte trasgressivo costituito da conglomerati meglio selezionati alternati ad arenarie a fossili marini. I conglomerati trasgressivi, talora poggianti direttamente sul substrato pre-cenozoico, si differenziano

Fig. 2 - Sequenze deposizionali oligo-mioceniche (A, B1-B6, C1-C6) nella regione delle Langhe, Bacino terziario ligure-piemontese. I) Transetto Bagnasco-Ceva-Bastia Mondovì; II) transetto Millesimo-Monesiglio-Somano; III) transetto Dego-Torre Bormida-Albaretto della Torre; IV) transetto Spigno Monferrato-Cessole; V) Montechiaro d'Acqui; VI) Cavatore; VII) Visone. L'area racchiusa nel poligono è basata principalmente su Cazzola et al. (1981), Cazzola & Sgavetti (1984), Cazzola & Fornaciari (1990). Legenda: 1) peliti, localmente con torbiditi sottilmente stratificate (a); 2) sistemi torbiditici (rapporto arenaria/pelite da $\gg 1$ fino a $= 1$; localmente conglomerati); 3) breccia ofiolitica risedimentata; 4) conglomerati a supporto di matrice pelitica, contenenti olistoliti; 5) depositi carbonatici di mare sottile; 6) conglomerati alluvionali, conglomerati ed arenarie costieri, localmente peliti di acqua dolce (a); 7) substrato precenozoico; 8) limite di sequenza; 9) faglia. I numeri (30.0), (28.4), ..., 16.5, ecc., si riferiscono alla correlazione con i limiti (datati in MA) dei cicli globali di terzo ordine di Haq et al. (1988).

troncati alla sommità da un'evidente superficie erosionale, potrebbero forse essere considerati come l'espressione marginale di una sequenza il cui rango non è al momento precisabile.

La sequenza successiva inizia con uno spessore variabile (3-6 m) di conglomerati e breccie con blocchi fino ad 1 m di diametro, localmente a diretto contatto con il substrato pre-cenozoico. Ad essi segue un orizzonte trasgressivo costituito da una biolite passante a calcare bioclastico (Coralli, Alghe corallinacee, Ostreidi, ecc.), con uno spessore massimo di circa 2 m. Questo orizzonte è osservabile solo localmente ed è sostituito, lateralmente e verso l'alto, da un conglomerato minuto, arenaceo, contenente frammenti di Coralli e Ostreidi. Quest'ultima litofacies può sovrapporsi direttamente ai conglomerati di base della sequenza e presenta uno spessore variabile da poco più di 1 m fino a 4,5 m. Seguono arenarie fini, molto fossilifere (Foraminiferi), bioturbate, con uno spessore di circa 15 m, e quindi peliti emipelagiche (circa 150 m nei dintorni di Mombaldone). Il limite superiore della sequenza non è sempre facilmente ubicabile. Nella zona di Mombaldone è sottolineato dalla comparsa di un corpo di arenarie torbiditiche spesso circa 40 m; negli immediati dintorni di Spigno Monferrato esso passa all'interno di una successione prevalentemente pelitica.

E' da notare che nell'area compresa tra Montechiaro d'Acqui e Cartosio il gruppo di sequenze A è costituito da una successione prevalentemente conglomeratica, continentale, potente almeno 125 m, all'interno della quale non è stato possibile operare suddivisioni. La successione in questione, fagliata e basculata, appare delimitata superiormente da una superficie di discontinuità sulla quale poggiano in "onlap" peliti emipelagiche probabilmente appartenenti al gruppo di sequenze B.

Gruppo di sequenze B

Rientrano in questo gruppo parte della Formazione di Rocchetta e la Formazione di Monesiglio del F. 81 Ceva della Carta Geologica d'Italia. Il gruppo B comprende sei sequenze deposizionali (da B1 a B6), tipicamente caratterizzate da una parte inferiore con arenarie e, subordinatamente, conglomerati risedimentati, e da una parte superiore formata in prevalenza da peliti emipelagiche, per uno spessore massimo complessivo di oltre 1.000 m.

Sequenza B1.

La sequenza più bassa (B1) è ben osservabile nell'alta valle del F. Bormida di Millesimo, tra Biestro, Plodio, Millesimo e Bormida. Nei dintorni di Biestro il suo limite inferiore è dato da una superficie erosionale profondamente incisa nelle peliti e, localmente, anche nei conglomerati del sottostante gruppo A, arrivando a volte a toccare il substrato pre-cenozoico. La sequenza inizia con un conglomerato a supporto di

matrice pelitica (molto abbondante), con sparsi blocchi di dimensioni fino a più di 1 m. Si sviluppa verso l'alto con conglomerati risedimentati ed arenarie grossolane, localmente conglomeratiche, in banchi con rozza gradazione normale; queste ultime si presentano talora alternate a letti costituiti da ciottoli e blocchi con dimensioni fino a qualche metro. La successione raggiunge nei dintorni di Biestro uno spessore di circa 170 m (è cartografata come Formazione di Molare sul F. 81 Ceva della Carta geologica d'Italia). Più a nord, tra Millesimo e Bormida, la successione riduce drasticamente il suo spessore a qualche decina di metri, mostrando comunque sempre alla base un conglomerato a supporto di matrice pelitica contenente anche veri e propri olistoliti.

I depositi sopra descritti costituiscono nell'insieme un corpo di forma marcatamente lenticolare, che denominiamo Corpo Cima della Costa, rappresentante con ogni probabilità il riempimento della porzione inferiore di un canyon sottomarino.

La sequenza B1 è chiusa superiormente da un orizzonte di peliti emipelagiche, con subordinate intercalazioni di sottili torbiditi arenacee, il cui spessore si aggira sui 60 m.

Più verso est, la sequenza in questione sembra essere rappresentata, almeno per quanto riguarda la sua parte inferiore, dai conglomerati e dalle arenarie risedimentati dell'"Unità Piana Crixia" di Cazzola et al. (1981), ai quali rimandiamo per una dettagliata descrizione delle associazioni di litofacies. Presso Mombaldone essa corrisponde, con ogni probabilità, alla "sequenza 4a" di Gelati e Gnaccolini (1990) e di Gnaccolini et al. (in stampa). In questa località essa è costituita da un corpo arenaceo, spesso 40 m, inarcato a delineare una blanda anticlinale. Le estese coperture impediscono l'osservazione del limite inferiore; il limite superiore è dato da una marcata superficie erosionale sopra la quale poggiano, in "onlap", i depositi prevalentemente pelitici della sequenza successiva (Fig. 4).

Sequenza B2.

Nella valle del F. Bormida di Millesimo questa sequenza inizia con arenarie torbiditiche costituenti un corpo a geometria marcatamente lenticolare, il cui spessore, nei dintorni di Cengio, è di circa 65 m (Gelati & Gnaccolini, 1980); esso corrisponde al "Corpo Cengio" di Gelati e Gnaccolini (1980), all'"Unità Cengio" di Cazzola et al. (1981), al "Sistema torbiditico Cengio" di Cazzola e Sgavetti (1984), al "Cengio Turbidite System" di Cazzola et al. (1984). Le arenarie sembrano livellare una depressione determinata da una blanda inflessione delle peliti che costituiscono la sommità della sequenza B1, sul cui fianco si appoggiano con relazioni di "onlap". La sequenza è chiusa da un orizzonte di peliti con subordinate sottili intercalazioni di torbiditi arenacee, avente uno spessore di circa 30 m.

Nella valle del F. Bormida di Spigno, presso Mombaldone, la sequenza B2 sembra costituita unicamente da peliti ("Sequenza 4b" di Gelati & Gnaccolini, 1990, e di Gnaccolini et al., in stampa). Le peliti, che giacciono sopra la superficie erosionale precedentemente citata a tetto della sequenza B1, hanno qui uno spessore di circa 100

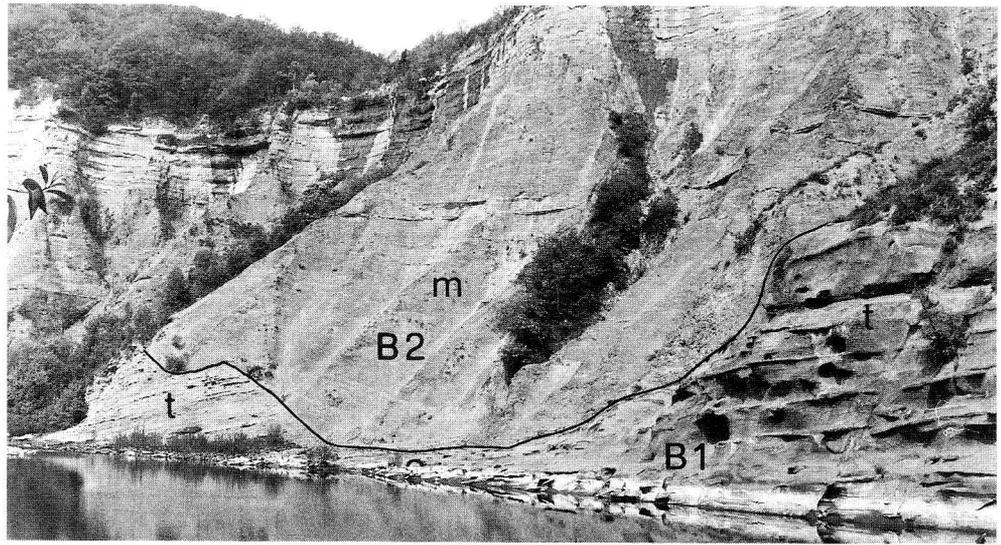


Fig. 4 - Presso Mombaldone (valle del F. Bormida di Spigno) il limite tra le sequenze B1 e B2 è contrassegnato da una superficie erosionale profondamente incisa (t: arenarie torbiditiche; m: peliti empelagiche).

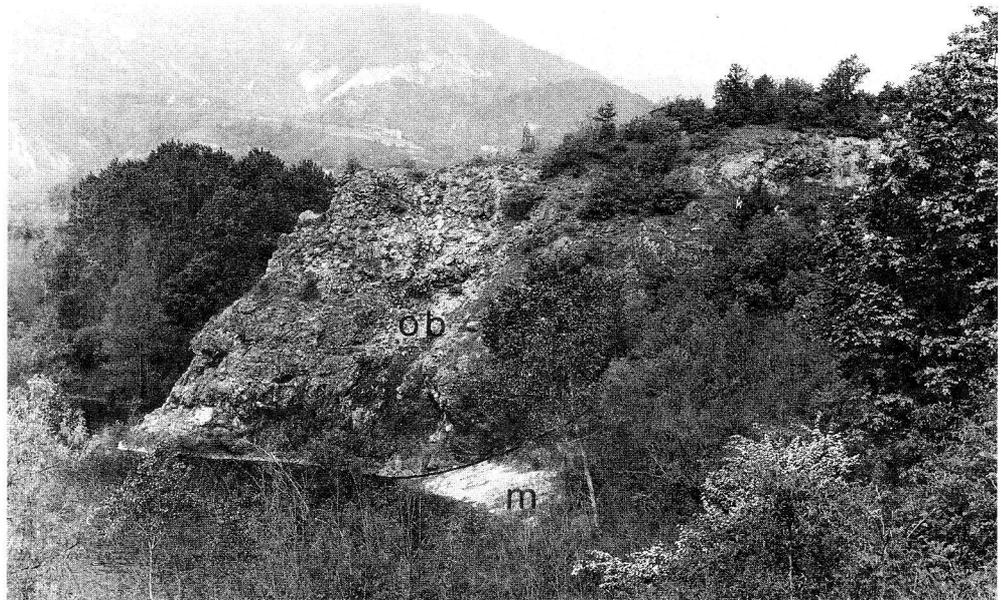


Fig. 5 - Una breccia ofiolitica molto grossolana (ob) riempie un canyon profondamente inciso nelle sottostanti peliti (m). Limite tra le sequenze B1 e B2 presso Spigno Monferrato.

m ed alla sommità sono debolmente inflesse a formare un motivo sinclinale.

Tra Mombaldone e Spigno Monferrato la parte inferiore della sequenza B2 è marcata da una grossa lente di breccia ofiolitica, mal selezionata, con clasti di dimensioni fino al metro, visibile su di un'estensione orizzontale di oltre 80 m e con uno spessore massimo di circa 45 m (Fig. 5). La breccia riempie un canyon profondamente inciso nelle peliti della sottostante sequenza B1, qui ridotta a 25 m di spessore e caratterizzata dalla presenza di orizzonti coinvolti in scivolamenti sinsedimentari. A loro volta queste peliti poggiano, con una marcata discordanza angolare, sulle peliti del gruppo di sequenze A.

Sequenza B3.

Nella valle del F. Bormida di Millesimo l'inizio della sequenza è marcato dalle arenarie torbiditiche del "Corpo Bric la Croce" e, più ad ovest del "Corpo Castelnuovo di Ceva" (Gelati & Gnaccolini, 1980), con spessori fino a 85 m. Alla stessa sequenza appartengono gli orizzonti pelitici con saltuarie intercalazioni arenacee sviluppati tra Saliceto e Gabutti, sviluppati su uno spessore massimo di circa 300 m.

La sequenza B3, verso est, all'altezza di Deگو, è rappresentata inferiormente dal "Sistema torbiditico di Budroni" (Cazzola & Fornaciari, 1990) e dalle "Peliti di



Fig. 6 - Il limite tra le sequenze B2 e B3 presso Mombaldone. Si noti l'"onlap" delle arenarie torbiditiche (t) della sequenza B3 sulle peliti debolmente inflesse (m) della sottostante sequenza B2.

Brovida" (Cazzola & Sgavetti, 1984), raggiungenti rispettivamente lo spessore massimo di 250 e 70 m. Si rimanda a Cazzola e Fornaciari (1990) per una dettagliata descrizione del sistema torbiditico in questione.

Nei dintorni di Mombaldone, sempre nella valle del F. Bormida di Spigno, la sequenza B3 corrisponde alla "Sequenza 4c" di Gelati e Gnaccolini (1990) e di Gnaccolini et al. (in stampa). Le arenarie alla base di questa sequenza ("Corpo Ovrano", spessore massimo 40 m) poggiano in "onlap" sulle peliti debolmente inflesse che costituiscono la sommità della sottostante sequenza B2 (Fig. 6).

E' da notare che, spostandosi verso est, i limiti inferiori delle sequenze B3 e B2 sembrano convergere nella superficie osservata a tetto dei conglomerati del gruppo A descritti in precedenza tra Montechiaro d'Acqui e Cartosio.

Sequenza B4.

La sequenza B4, all'altezza di Deago, è rappresentata nella sua parte inferiore dal "Sistema torbiditico di Noceto" di Cazzola e Fornaciari (1990), con uno spessore massimo di 350 m, e superiormente da una successione prevalentemente pelitica ("Peliti di Barbei"; Cazzola & Sgavetti, 1984), con uno spessore da 30 a 100 m. La sequenza si sviluppa verso ovest con un orizzonte arenaceo basale di qualche decina di metri, affiorante tra C.se Riondino e Contrada (valle del F. Bormida di Millesimo), cui segue l'orizzonte pelitico di Barbei, per uno spessore totale di circa 80 m.

A nord di Deago la sequenza in esame corrisponde alla "Sequenza 4e" di Gnaccolini et al. (in stampa), rappresentata da un orizzonte arenaceo-conglomeratico basale di oltre 80 m di spessore, ben esposto all'altezza di Rocchetta lungo la strada Spigno Monferrato-Serole, seguito da una successione pelitica spessa circa 60 m. In queste peliti si intercala un orizzonte costituito da fitte alternanze di arenarie finissime, torbiditiche, in straterelli centimetrici, e peliti compatte. Tale orizzonte (spessore in genere sulla ventina di metri) può essere seguito con continuità dalla valle del T. Belbo (Barbei) verso nord-est fin oltre la valle del T. Erro (Caliogna), su una distanza di circa 40 km.

Sequenze B5 e B6.

Queste due sequenze sono separabili solo dalla valle del F. Bormida di Millesimo verso ovest. In detta valle, dai dintorni di C.se Praia a Costa, la sequenza B5 è costituita da un orizzonte basale di torbiditi arenacei (con saltuarie intercalazioni conglomeratiche) spesso sui 30 m, cui seguono circa 50 m di prevalenti peliti. La parte inferiore della sequenza B5 potrebbe essere rappresentata, più ad ovest, nei dintorni di Ceva, dal "Corpo C. Turco" (Gelati & Gnaccolini, 1980), che raggiunge uno spessore di 45 m.

Nella valle del F. Bormida di Millesimo alla sequenza B5 segue la sequenza B6, costituita dalle torbiditi arenacee del "Corpo Arbi-Gottasecca" (Gelati & Gnaccolini, 1980), con uno spessore in media sui 25 m, sormontate da circa 200 m di prevalenti peliti.

Nella parte orientale della regione in esame, come già accennato, le due sequenze non sono più separabili. Nei dintorni di Visone, la base della successione B5/B6, marcata da un'evidente discordanza angolare, è rappresentata da biocalcareni di piattaforma, con uno spessore massimo di circa 20 m. Esse sono sormontate da areniti glauconitiche e quindi da peliti, per uno spessore di 15-20 m. La successione è delimitata a tetto dalle alternanze arenaceo-pelitiche che segnano l'inizio delle sequenze del gruppo C. E' possibile che nei dintorni di Visone la successione in questione comprenda cicli di ordine minore; infatti D'Atri (1990), Gelati e Gnaccolini (1990) e Gnaccolini et al. (in stampa) segnalano superfici di discontinuità all'interno ed alla sommità dell'orizzonte carbonatico di piattaforma. Presso Cavatore le areniti glauconitiche poggiano direttamente sulle peliti appartenenti alle sequenze inferiori.

All'altezza di Mombaldone e di Spigno Monferrato (valle del F. Bormida di Spigno) la successione B5/B6 è caratterizzata alla base dalla comparsa di torbiditi biocalcarenitiche e, localmente, da torbiditi costituite da areniti glauconitiche; ad esse segue un intervallo essenzialmente pelitico. Lo spessore complessivo, fino alla base delle alternanze arenaceo-pelitiche della sequenza soprastante (gruppo C), raggiunge i 95 m.

A chiusura del capitolo dedicato alla descrizione delle sequenze del gruppo B è opportuno precisare che queste sequenze, a causa della chiusura laterale dei corpi torbiditici, possono a volte essere rappresentate unicamente da peliti con intercalazioni di torbiditi sottilmente stratificate. Ciò si realizza, ad esempio, tra Montechiaro d'Acqui e Cartosio, ove le peliti del gruppo B, con uno spessore complessivo di circa 150 m, poggiano in "onlap" sui sottostanti conglomerati del gruppo di sequenze A, fagliati e basculati. Tali peliti si sono probabilmente deposte in corrispondenza di zone di alto o in aree di pendio situate ai lati del bacino e rappresentano l'equivalente laterale degli oltre 1000 m di successione sedimentatisi nelle zone depocentrali.

Gruppo di sequenze C

Questo gruppo di sequenze, sviluppato su di uno spessore fino a più di 2.200 m, abbraccia numerose formazioni: Cortemilia, Paroldo, Cassinasco, Cessole, Murazano, Lequio (cf. F. 81 Ceva della Carta Geologica d'Italia). Nelle parti centrali del bacino le sequenze del gruppo C sono costituite principalmente da successioni torbiditiche, con rapporto sabbia/pelite da molto maggiore di uno fino ad uno; nelle parti laterali, verso i margini del bacino, la parte superiore delle sequenze, o anche l'intera sequenza, può essere rappresentata da orizzonti prevalentemente pelitici. Il gruppo di sequenze C comprende le sequenze numerate dal 6 al 10 in Gelati e Gnaccolini (1990) e Gnaccolini et al. (in stampa).

Sequenza C1.

E' tipicamente costituita, su tutto il suo spessore (che può raggiungere gli 800 m), da un'alternanza di torbiditi arenacei e peliti, con rapporto arenaria/pelite generalmente uguale o inferiore a 1. Si tratta di un sistema torbiditico di piana bacinale che affiora con continuità su quasi tutta l'area presa in esame, estendendosi verso est oltre i limiti della stessa. Nelle Langhe corrisponde alla Formazione di Cortemilia. Questa successione, tra le valli del T. Belbo e del F. Tanaro, è sostituita lateralmente da peliti interpretabili come depositi di pendio, cartografati in gran parte come Marna di Paroldo sul F. 81 Ceva della Carta Geologica d'Italia. La transizione appare relativamente rapida, specialmente per quanto riguarda la parte inferiore della successione, come si può osservare nella valle del F. Bormida di Millesimo, all'altezza di Monesiglio.

La delimitazione di questa sequenza non è sempre immediata. Il suo limite inferiore è stato da noi posto là dove torbiditi arenacei cominciano ad alternarsi ritmicamente alle peliti. Generalmente nelle zone depocentrali il rapporto arenaria/pelite è all'inizio nettamente inferiore ad 1, aumentando progressivamente verso l'alto; nelle zone più marginali, invece, tale rapporto si aggira attorno all'unità fin dalla base. A volte, come nei dintorni di Monesiglio e di Piantivello, la base della sequenza è marcata dalla presenza di un orizzonte, di estensione locale, prevalentemente arenaceo. Il limite superiore, almeno nelle zone depocentrali, è contrassegnato da un evidente incremento del rapporto arenaria/pelite e conseguente passaggio ad una successione prevalentemente costituita da torbiditi arenacei. Localmente, come ad esempio nei dintorni di Gorzegno (valle del F. Bormida di Millesimo), esso è sottolineato da un orizzonte di conglomerato a supporto di matrice contenente ciottoli di varia natura con dimen-



Fig. 7 - Conglomerato a supporto di matrice pelitica (pm), contenente olistoliti (ol) di notevoli dimensioni al limite tra le sequenze C1 e C2, presso Gorzegno. La scala è data dal martello.

sioni fino a 25 cm ed olistoliti arenacei con dimensioni fino a 5-6 m (Fig. 7); lo spessore osservabile è di circa 13 m, su una distanza per lo meno di 2 km.

Sequenza C2.

Si presenta con caratteristiche diverse passando dalla porzione sud-occidentale a quella nord-orientale dell'area considerata.

Tra le valli del F. Tanaro e del T. Belbo la sequenza C2 inizia con un corpo costituito da arenarie e, subordinatamente, conglomerati risedimentati che raggiunge lo spessore di circa 80 m. Tale orizzonte, nella valle del F. Tanaro, poggia direttamente su peliti, con contatto erosionale; nei dintorni di Mombarcaro, invece, sormonta alternanze arenaceo-pelitiche appartenenti alla sequenza C1. A questo orizzonte basale seguono, nella valle del F. Tanaro, circa 70 m di peliti, che chiudono la sequenza verso l'alto. Nella valle del T. Belbo la sequenza, con uno spessore complessivo superiore ai 400 m, continua con alternanze arenaceo-pelitiche organizzate in orizzonti con rapporto arenaria/pelite da prossimo all'unità fino a molto maggiore di 1; anche in questo caso la sequenza è chiusa verso l'alto da peliti.

Nella valle del F. Bormida di Millesimo, fino all'altezza di Cessole, la sequenza C2 è costituita su tutto il suo spessore da arenarie torbiditiche in strati talora amalgamati, talora alternati a subordinati letti pelitici, costituenti un sistema di lobi con estensione bacinale la cui parte apicale è testimoniata dalle successioni arenaceo-conglomeratiche descritte nel settore tra Tanaro e Belbo.

In questa area la sequenza supera probabilmente lo spessore di 600 m; il suo limite superiore, tuttavia, non è ubicabile con sicurezza e può essere tracciato solo collegando i limiti individuati nelle zone più marginali.

All'estremità nord-orientale della regione esaminata, nei dintorni di Cessole, la sequenza C2 (spessore circa 400 m) si caratterizza per la prevalenza di peliti. Esse contraddistinguono soprattutto la parte inferiore della sequenza in esame, ove contengono due orizzonti arenacei con uno spessore dell'ordine della decina di metri; verso l'alto alle stesse si intercalano con una certa frequenza strati arenacei con uno spessore massimo di qualche decimetro. Questa successione è interpretabile come depostasi in corrispondenza di un pendio in gran parte aggirato dalle correnti di torbidità. Esso rappresentava probabilmente la zona di raccordo tra il bacino e le aree di piattaforma, testimoniate dai depositi coevi affioranti ad est della valle Bormida.

Facendo riferimento alle unità stratigrafiche tradizionali (F. 81 Ceva della Carta Geologica d'Italia), la sequenza C2 comprende, da sud-ovest verso nord-est, parte della Formazione di Murazzano, la parte inferiore della Formazione di Cassinasco e la Formazione di Cessole.

Sequenza C3.

L'inizio della sequenza è ben marcato tra Cessole e Bubbio (valle del F. Bormida di Millesimo) e tra le valli del Belbo e del Tanaro per l'improvvisa comparsa di cospi-

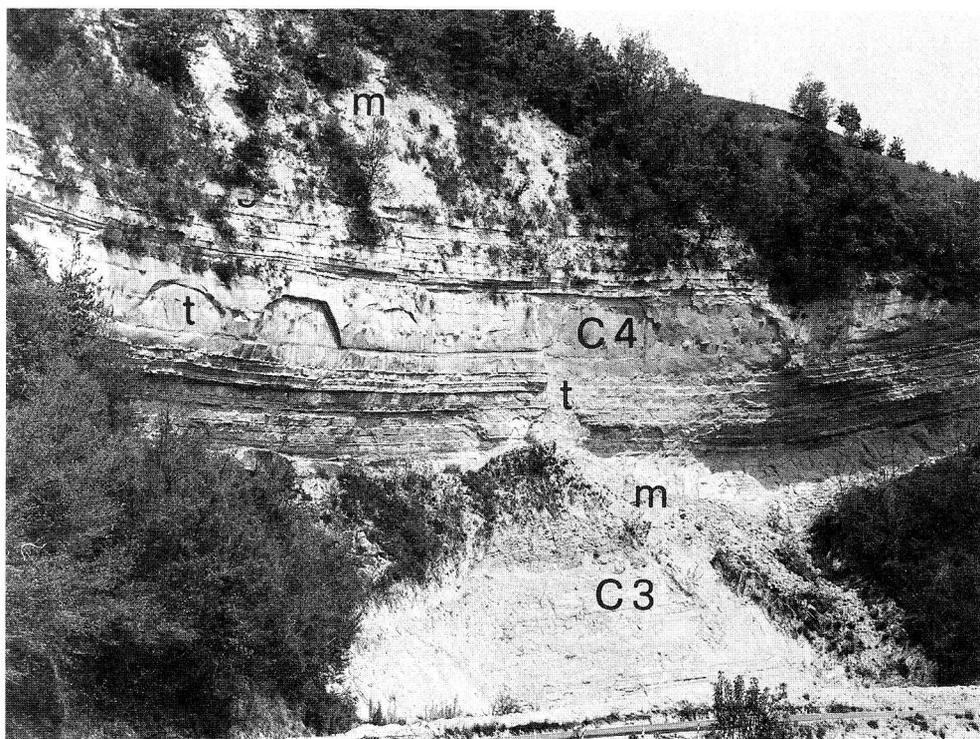


Fig. 8 - Il limite tra le sequenze C3 e C4 nella valle del T. Belbo, a nord-est di Lequio Berria (t: arenarie torbiditiche; m: peliti emipelagiche).

cui depositi torbiditici a tetto delle peliti che in queste aree costituiscono la parte superiore della sequenza C2. E' invece di difficile identificazione nella zona compresa tra le due aree citate per la presenza, come già accennato, di una monotona successione torbiditica.

La sequenza in esame risulta ovunque caratterizzata da una parte inferiore prevalentemente arenacea (lobi di estensione bacinale), con caratteri analoghi a quelli della sequenza sottostante, e da una porzione superiore prevalentemente pelitica riconoscibile in tutta l'area considerata, con uno spessore massimo complessivo di circa 500 m. Comprende parte della Formazione di Murazzano, la parte superiore della Formazione di Cassinasco e la parte basale della Formazione di Lequio.

Sequenze C4, C5 e C6.

La sequenza C4, che raggiunge uno spessore massimo di quasi 140 m, è ben evidente soprattutto nella valle del T. Belbo (versante occidentale), ove appare costituita da un orizzonte arenaceo basale seguito da una successione prevalentemente pelitica (Fig. 8). La brusca ricomparsa di torbiditi segna l'inizio della sequenza C5. Le torbidi-

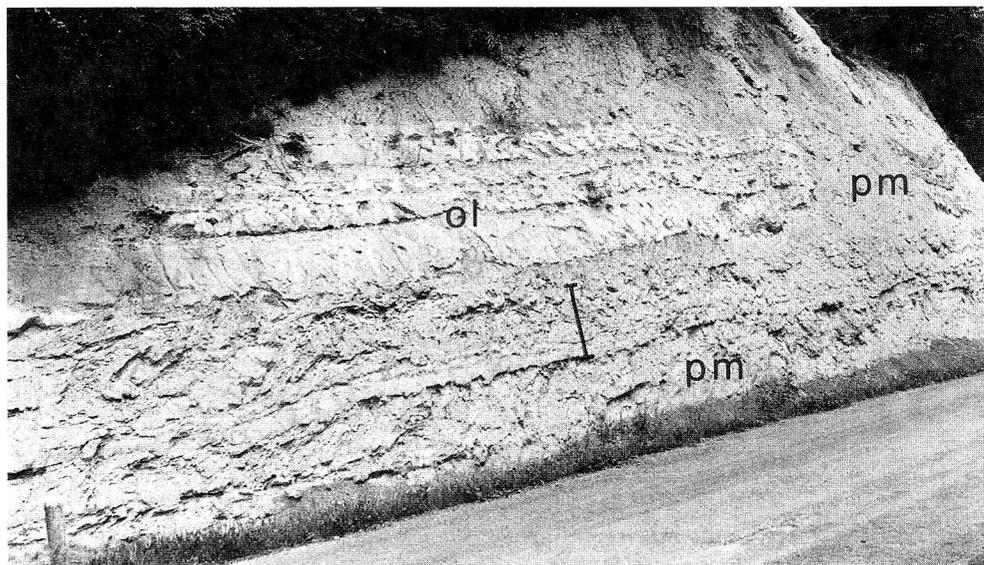


Fig. 9 - Conglomerato a supporto di matrice pelitica (pm), contenente olistoliti di notevoli dimensioni (ol), alla base della sequenza C6, presso Albaretto della Torre (Fosso dei Quiri). L'asta posta come scala corrisponde a 1,5 m.

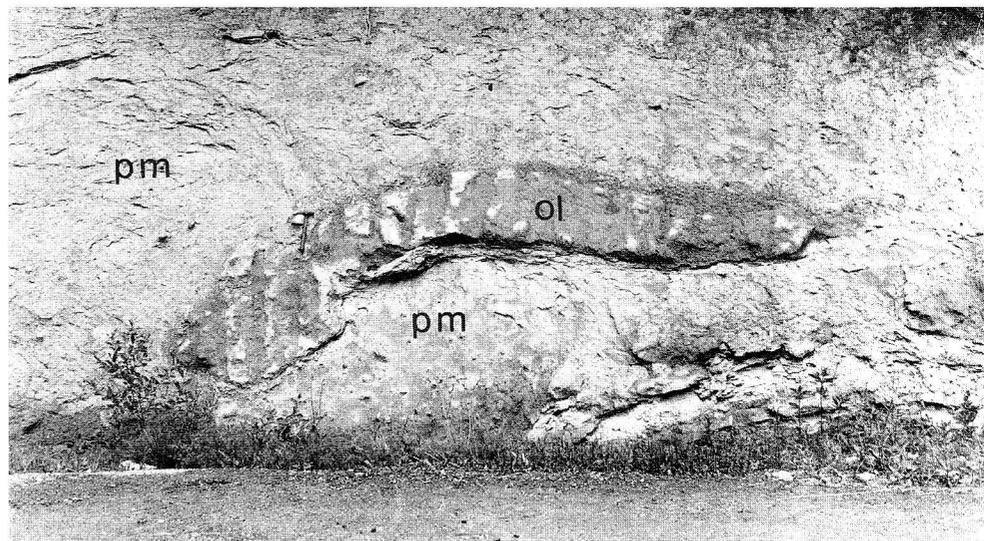


Fig. 10 - Il conglomerato a supporto di matrice pelitica (pm), contenente olistoliti (ol), osservabile alla base della sequenza C6, a qualche centinaio di metri dall'affioramento rappresentato nella Fig. 9.

ti, con uno spessore di circa 130 m, caratterizzano nella stessa area l'intera sequenza C5, che risulta comunque ben delimitata alla sommità. La successiva sequenza C6 inizia infatti con un orizzonte potente più di 15 m costituito da un conglomerato a supporto di matrice pelitica, nettamente prevalente, nella quale sono contenuti ciottoli sparsi o addensati in sciami ed olistoliti arenacei e arenaceo-pelitici con dimensioni fino a più di 20 m (Fig. 9 e 10). L'orizzonte in questione è ben osservabile nei dintorni di Albaretto della Torre, per lo meno su una distanza di 5 km. La sequenza C6 è costituita ancora da torbiditi nella parte inferiore, sviluppata su uno spessore di oltre 90 m, sormontate da peliti. Il limite superiore della sequenza non è stato preso in considerazione in questo lavoro.

Considerazioni biostratigrafiche.

Gli elementi di datazione dei limiti di sequenza individuati provengono dallo studio dei Foraminiferi planctonici e dei Nannofossili calcarei. Sono stati presi in esame circa 230 campioni, facendo riferimento alla successione standard di eventi biostratigrafici segnalati nell'Oligo-Miocene ed alle zonazioni di Blow (1969) e Iaccarino (1985) per quanto riguarda i Foraminiferi planctonici, a Martini (1971) e Okada & Bukry (1980) per quanto riguarda i Nannofossili.

Gruppo di sequenze A. Le peliti emipelagiche che ne costituiscono la parte sommitale sono state campionate nei dintorni di Spigno Monferrato, Mombaldone e Millesimo. Le faune osservate, e in particolare la presenza sporadica dapprima di *Globigerina ampliapertura* e, alla sommità, di *Paragloborotalia opima opima*, consentono il riferimento della porzione superiore del Gruppo di sequenze A alla zona P20 ed alla zona P21 (Oligocene inferiore). I Nannofossili osservati in alcuni dei campioni raccolti hanno permesso di riconoscere la zona CP19a di Okada e Bukry (1980) (zona NP24 di Martini, 1971); l'associazione floristica è dominata da *Cyclicargolithus floridanus*, *C. abisectus*, *Dictyococcites bisectus* e *Reticulofenestra lockeri*, cui si aggiungono sporadicamente *Sphenolithus ciperoensis* e *S. distentus*.

Sequenza B1. Nella porzione pelitica (Spigno Monferrato, Millesimo) la sequenza B1 presenta associazioni riferibili alla parte alta della zona P21, caratterizzate oltre che dalla presenza di *Paragloborotalia opima opima*, anche da *Catapsydrax dissimilis*, *Globoquadrina tripartita* e *Globigerina venezuelana*. I Nannofossili sono rappresentati principalmente da *Dictyococcites bisectus*, *Cyclicargolithus abisectus*, *C. floridanus*, *Reticulofenestra lockeri* e da rare *Helicosphaera recta*, mentre mancano i marker zonali. Questo intervallo può essere tentativamente riferito alla zona CP19b (NP25).

Il limite tra la sequenza B1 ed il gruppo di sequenze A può dunque essere situato in corrispondenza del limite Oligocene inferiore-Oligocene superiore.

Sequenza B2. Nei pressi della località Molino di Mombaldone, dove è costituita interamente da peliti, è stata campionata per l'intero spessore; controlli sono stati effettuati a Spigno Monferrato e nella valle del F. Bormida di Millesimo. Nella parte

basale si assiste alla scomparsa di *Paragloborotalia opima opima*, cui seguono le prime presenze di *Globigerinoides primordius* e *Globoquadrina praedehiscens*. Questi elementi consentono di attribuire la parte inferiore della sequenza alla zona P21 e la parte superiore alla zona P22, databili all'Oligocene superiore.

Sequenza B3. I campioni, raccolti nelle valli del F. Bormida di Spigno e del F. Bormida di Millesimo, presentano gli stessi elementi della parte alta della sequenza precedente; l'intervallo biostratigrafico interessato è ancora la zona P22 (Oligocene superiore). Le faune sono caratterizzate dall'abbondanza dei generi *Globoquadrina* e *Catapsydrax*; a Mombaldone è stato osservato un significativo "bloom" di *Globigerinoides primordius*.

Sequenza B4. Le sezioni studiate sono attribuibili alla zona P22; la diffusa presenza di Globigerine del gruppo *ciperoensis* viene ritenuta diagnostica della parte sommitale di tale zona, consentendo ancora un riferimento all'Oligocene superiore.

L'associazione floristica relativa alle sequenze B2, B3 e B4 è sempre ricca e ben conservata, con carattere tipicamente oligocenico, pur in assenza di forme diagnostiche, ad eccezione di *Helicosphaera recta* presente con continuità. Essa consente l'attribuzione delle tre sequenze in esame ad un intervallo collocabile tra le zone CP19b e CN1a.

Sequenza B5. Fin dalla base della sequenza B5 si registrano eventi faunistici che vengono ritenuti indicativi della parte inferiore del Miocene: la presenza di *Globoquadrina dehiscens* (sottozona a *Globoquadrina dehiscens dehiscens* di Iaccarino, 1985) e la differenziazione dei *Globigerinoides*. Per quanto riguarda i Nannofossili, alla base della sequenza B5 si ha un "bloom" di specie quali *Helicosphaera ampliapertura*, *H. carteri*, *Reticulofenestra pseudoumbilica*, *Helicosphaera minuta*, ecc., tipiche del Miocene inferiore (CN1c; NN2). L'insieme dei dati raccolti consente l'attribuzione alla parte sommitale dell'Aquitano.

Sequenza B6. I Foraminiferi planctonici si caratterizzano per l'associazione di *Globoquadrina dehiscens* con *Globigerinoides immaturus*, *G. altiapertura*, *G. trilobus*, *Globigerina woodi* e *Catapsydrax dissimilis*, ritenuta indicativa delle zone N5 ed N6 di Blow (1969). Per quanto riguarda i Nannofossili, la sequenza B6 si colloca nell'intervallo di distribuzione di *Sphenolithus belemnus*, permettendo il riferimento alla zona CN2. Foraminiferi planctonici e Nannofossili consentono un riferimento alla parte inferiore del Burdigaliano.

Sequenza C1. La base è stata campionata in numerose località, nelle valli Bormida, Belbo e Tanaro; in tutte le sezioni si osserva la comparsa di *Globigerinoides bisphericus*, evento che si realizza nella parte alta della zona a *Globigerinoides trilobus* di Iaccarino (1985), corrispondente alla parte alta della zona N7 di Blow (1969), indicando dunque il Burdigaliano sommitale. Tutto questo è sostanzialmente in accordo con le indicazioni ricavabili dalle associazioni a Nannofossili, che permettono un riferimento alla zona CN3. Queste, infatti, sono caratterizzate da *Helicosphaera ampliapertura* e *Sphenolithus heteromorphus*.

Sequenza C2. I limiti inferiore e superiore sono stati studiati nella sezione di Cessole, nota in letteratura come stratotipo del Langhiano; altri controlli sono stati effettuati nei pressi di Gorzegno, nella valle del F. Bormida di Millesimo, nei dintorni di Mombarcaro e nella valle del F. Tanaro. In corrispondenza della base della sequenza si osserva la comparsa del genere *Praeorbulina*; nella parte sommitale è presente *Orbulina suturalis*. E' dunque possibile attribuire la sequenza C2 alle zone a *Praeorbulina glomerosa* e *Orbulina suturalis* secondo Iaccarino (1985), equivalenti alla zona N8 ed alla parte inferiore della zona N9 di Blow (1969). Anche i Nannofossili danno indicazioni significative. Infatti alla base della sequenza si verifica l'estinzione di *Helicosphaera ampliapertura* (top della zona CN3) e, nel resto dell'intervallo, la presenza di *Sphenolithus heteromorphus*, indicativo della zona CN4.

Tutti gli elementi segnalati sono compatibili sostanzialmente con il riferimento al Langhiano della sequenza in esame.

Sequenza C3. Nella porzione pelitica, campionata nei settori centro-occidentali dell'area in esame, è individuabile la presenza di *Orbulina universa*, che indica l'avvenuto passaggio al Serravalliano. Questo riferimento è compatibile con l'associazione a Nannofossili, caratterizzata ancora dalla presenza di *Sphenolithus heteromorphus* e soprattutto di forme "long ranging" quali *Cyclicargolithus floridanus*, *Helicosphaera carteri*, *Coccolithus pelagicus*, *Reticulofenestra pseudoumbilica*.

Sequenze C4 e C5. Gli orizzonti pelitici che ne costituiscono le parti superiori sono stati campionati nell'area di Somano e sul versante occidentale della valle del T. Belbo. Per i Foraminiferi planctonici il solo carattere diagnostico è ancora la presenza di *Orbulina universa*. L'associazione a Nannofossili è ricca ma caratterizzata solo da forme ad ampia distribuzione stratigrafica (*Cyclicargolithus floridanus*, *Reticulofenestra pseudoumbilica*, *Helicosphaera carteri*, *Coccolithus pelagicus*). L'unico evento riscontrato in questa successione è la comparsa di *Reticulofenestra pseudoumbilica* var. *gelida*, il cui significato biostratigrafico non è però sufficientemente noto.

Sequenza C6. Sono state studiate due sezioni, nei pressi di Albaretto della Torre e di Somano. Nella porzione superiore, pelitica, della sequenza si assiste alla graduale comparsa di *Globorotalia* gr. *menardii*, fino ad arrivare a livelli attribuibili con sicurezza alla zona N15 di Blow (1969). Questo suggerisce lo sviluppo della sequenza dalla parte alta del Serravalliano per lo meno fino alla base del Tortonian. L'associazione a Nannofossili, sempre poco significativa, non consente ulteriori precisazioni.

In appendice a questo capitolo riteniamo interessante segnalare che nell'ambito delle analisi micropaleontologiche sono stati presi in esame anche i Foraminiferi bentonici, come indicatori paleobatimetrici. Nella parte superiore del gruppo di sequenze A e nel gruppo di sequenze B le forme più comuni sono *Cibicidoides*, *Anomalinoidea*, *Gyroidinoidea*, *Lenticulina*, *Stilostomella*, *Heterolepa*, *Uvigerina*, *Planulina*, *Karrerella*, con valori del rapporto plancton/benthos oscillanti tra 2 e 6. Nelle porzioni pelitiche del gruppo di sequenze C sono molto frequenti le Lenticuline, con numerose specie, Nodosaridi, Uvigerine, con un valore medio del rapporto plancton/benthos uguale a 8.

Associazioni con questi caratteri sono ritenute indicative di ambiente batiale superiore (Van Morkhoven et al., 1986), con profondità deposizionali comprese tra 200 e 600 m; particolarmente significativa a questo proposito è la presenza di *Uvigerina*, diffusa in tutta la successione con diverse specie, che conferma una profondità non inferiore ai 200 m.

La sporadica presenza di generi di piattaforma (rari Miliolidi in tutta la successione; *Elphidium* diffusi nel gruppo di sequenze C), peraltro sempre accompagnati da forme batiali, mette in evidenza l'importanza dei fenomeni di risedimentazione nell'ambito degli orizzonti pelitici.

Evidenze di tettonismo sinsedimentario.

Evidenze di controllo tettonico, sia nell'individuazione dei limiti di sequenza, sia sull'evoluzione verticale e laterale delle facies all'interno delle sequenze (cf. Mutti & Sgavetti, 1987), sono riscontrabili in varie località e in differenti posizioni stratigrafiche.

Tali evidenze possono essere rappresentate da:

- a) limite di sequenza contrassegnato da discordanza angolare;
- b) limite di sequenza caratterizzato da "onlap" di torbiditi o peliti sui depositi della sequenza sottostante blandamente ondulati;
- c) assenza, all'interno della sequenza, dell'evoluzione verticale e laterale delle facies ritenuta tipica delle sequenze controllate da oscillazioni eustatiche (cf. Posamentier & Vail, 1988; Van Wagoner et al., 1990; Vail et al., 1991).

Evidenti discordanze angolari si osservano al contatto tra le sequenze B1 e B2 e al limite inferiore della sequenza B5/B6.

Il primo caso è ben visibile in corrispondenza dell'ampio meandro disegnato dal F. Bormida di Spigno in località Molino di Mombaldone. Qui le peliti della sequenza B2 poggiano direttamente, con discordanza angolare, sulle arenarie della sequenza B1, inarcate ed intensamente fratturate. Il contatto è sottolineato da una superficie erosionale incisa nelle arenarie per una trentina di metri (Fig. 4). Questa superficie sembra correlabile con quella che, tra Montechiaro d'Acqui e Cartosio, separa i conglomerati continentali del gruppo di sequenze A dalle soprastanti peliti. Queste ultime suturano un sistema di faglie normali che scompongono in blocchi i conglomerati sottostanti.

Una evidente discordanza angolare è osservabile anche al contatto tra le biocalcareni alla base della sequenza B5/B6 e le peliti sottostanti nei dintorni di Visone, all'estremità orientale della regione studiata.

"Onlap" di arenarie torbiditiche su sottostanti peliti debolmente inflesse è stato riscontrato al limite tra le sequenze B1 e B2 presso Cengio, nella valle del F. Bormida di Millesimo, ed al limite tra le sequenze B2 e B3 ancora al meandro del Molino di Mombaldone (Bormida di Spigno) (Fig. 6).

Per quanto riguarda l'evoluzione delle facies nell'ambito della sequenza, sono in particolare le sequenze C1, C2 e C5 a staccarsi dal modello di evoluzione generalmente accettato per le sequenze a controllo eustatico. Infatti, specialmente nelle zone depocentrali, tali sequenze appaiono interamente costituite da una successione torbiditica. Ciò è ben osservabile tra Pezzolo Valle Uzzone e Cortemilia, ed anche tra Monesiglio e Torre Bormida, per la sequenza C1; sul versante sinistro della valle del F. Bormida di Millesimo, tra Torre Bormida e Cravanzana, per la C2; tra Cerreto e Lequio Berria, sul versante sinistro della valle del T. Belbo, per la sequenza C5.

Questa differenza potrebbe tuttavia essere solo apparente ed essere determinata dalla presenza di lacune più o meno ampie alla base e/o alla sommità delle successioni torbiditiche che costituiscono le sequenze ora prese in esame.

Le sequenze deposizionali nella regione delle Langhe: locali o globali?

Il controllo biostratigrafico consente di fissare alcuni elementi di correlazione relativamente sicuri tra alcuni dei limiti di sequenza individuati nelle Langhe ed alcuni dei limiti dei cicli globali di terzo ordine di Haq et al. (1988). Ciò vale in particolare per i limiti inferiore e superiore della sequenza C2: il primo caratterizzato dalla prima comparsa (FO) del genere *Praeorbulina*, il secondo situato tra la FO di *Orbulina suturalis* e la FO di *Orbulina universa*. La FO di *Praeorbulina* e la FO di *Orbulina universa* segnano rispettivamente la base ed il top del Langhiano (Iaccarino, 1985). I limiti inferiore e superiore della sequenza C2 sembrano di conseguenza corrispondere ai limiti inferiore e superiore del ciclo di terzo ordine 2.3, superciclo TB2, di Haq et al. (1988), rispettivamente datati 16,5 e 15,5 MA.

Anche le faune osservate al limite tra le sequenze del gruppo A e la sequenza B1 rendono probabile una correlazione tra il limite in questione e il limite tra il ciclo di terzo ordine 4.5, superciclo TA4, ed il ciclo 1.1, superciclo TB1, di Haq et al. (1988), datato 30,0 MA. Infatti tale limite cade in corrispondenza delle zone P21 e CP19a relative rispettivamente ai Foraminiferi planctonici ed ai Nannofossili.

Particolare attenzione va riservata al limite tra le sequenze B4 e B5. L'attribuzione all'Oligocene superiore della B4 ed all'Aquitano alto della B5 mette in evidenza un'ampia lacuna che può essere messa in relazione con gli eventi 22,0 MA e soprattutto 21,0 MA di Haq et al. (1988).

Per quanto riguarda l'intervallo compreso tra i limiti di sequenza correlati rispettivamente con i limiti 30,0 MA e 22,0-21,0 MA, i dati stratigrafici più significativi indicano un chiaro riferimento all'Oligocene superiore. In questo intervallo sono stati da noi individuati tre limiti di sequenza, che suggeriscono una correlazione con i limiti dei cicli globali di Haq et al. (1988) posti a 28,4 MA, 26,5 MA e 25,5 MA.

Per quanto riguarda l'intervallo compreso tra gli eventi 22,0-21,0 MA e 16,5 MA, sono stati individuati un limite di sequenza ben riconoscibile su tutta l'area studiata (B6-C1) ed un limite riscontrato invece solo localmente (B5-B6), entrambi collo-

cabili nel Burdigaliano. Il confronto con i cicli globali può far pensare ad una correlazione del limite lateralmente più esteso con l'evento 17,5 MA, mentre il secondo potrebbe essere ritenuto di carattere locale.

Per quanto riguarda, infine, i tre limiti di sequenza individuati al di sopra del limite correlato con 15,5 MA, il riferimento al Serravalliano è stato consentito dalla presenza di *Orbulina universa* e dalla comparsa graduale di Globorotalie del gruppo *menardii* nelle peliti che costituiscono la parte superiore della sequenza C6. Anche in questo caso il numero di sequenze (tre) individuato nell'intervallo tempo in esame corrisponde a quello dei cicli di terzo ordine di Haq et al. (1988), delimitati alla base dagli eventi 13,8 MA, 12,5 MA e 10,5 MA.

In base alle correlazioni da noi proposte risulta evidente che il segnale eustatico globale è stato registrato con chiarezza nel bacino preso in esame, nonostante il tettonismo sinsedimentario abbia esercitato, come messo in evidenza nel capitolo precedente, una forte influenza sulla sua evoluzione.

Sequenze deposizionali e "systems tracts".

L'organizzazione interna delle sequenze individuate varia sensibilmente dal basso verso l'alto della successione oligo-miocenica (Fig. 2).

Per quanto riguarda il gruppo A, la sequenza inferiore è praticamente tutta rappresentata da depositi riferibili al "lowstand prograding complex", e in particolare alla sua porzione più prossimale ("incised valley fills"), localmente sormontati da depositi costieri. Nella sequenza superiore, ai depositi alluvionali che riempiono incisioni vallive seguono depositi arenacei di mare basso che passano verso l'alto, con immediatezza, a peliti emipelagiche. Questo passaggio corrisponde al rapido innalzamento relativo del livello marino che caratterizza il "Transgressive Systems Tract" ("top lowstand surface" o "top shelf-margin surface" di Vail et al., 1991). Le peliti che ovunque caratterizzano la parte sommitale della sequenza in esame rappresentano quindi sia il "Transgressive Systems Tract" (TST) che l' "Highstand Systems Tract" (HST).

Tutte le altre sequenze individuate (gruppo B e gruppo C) sono costituite da depositi di mare aperto, tranne la porzione più marginale della sequenza B5/B6. Le sequenze in questione sono organizzate secondo due modelli principali.

Il primo modello è caratterizzato nella sua parte inferiore da sistemi torbiditici e nella sua parte superiore da peliti con sottili intercalazioni di torbiditi arenacee. Rientrano in questa categoria le sequenze del gruppo B e parte di quelle del gruppo C (C3, C4, C6). E' da notare che i sistemi torbiditici della maggior parte delle sequenze del gruppo B sono essenzialmente riconducibili, secondo Mutti (1985), ai "type II systems".

Il secondo modello è costituito, nella parte depocentrale, interamente da torbiditi, mentre in situazione di pendio può giungere ad essere formato prevalentemente o esclusivamente da peliti. Ad esso appartengono le sequenze C1, C2 e C5.

Nell'ambito del primo modello i sistemi torbiditici rappresentano gran parte del "Lowstand Systems Tract" (LST), mentre la porzione pelitica potrebbe estendersi dalla parte sommitale del LST ("lowstand prograding complex") fino a tutto l'HST. Ciò potrebbe far pensare ad una chiara somiglianza tra l'organizzazione interna delle sequenze da noi individuate con quelle descritte, in situazione di margini divergenti, da Vail e coautori. Si fa tuttavia notare che le caratteristiche dei sistemi deposizionali sabbiosi di mare profondo segnalati nei modelli di Vail e coautori non sono ancora sufficientemente conosciute: si veda, al riguardo, l'approfondita analisi critica di Mutti (in stampa), secondo il quale i depositi arenacei del LST in un contesto di margine divergente potrebbero essere costituiti da sistemi contouritici piuttosto che torbiditici.

L'organizzazione interna del secondo modello può essere interpretata in due modi differenti:

a) se la successione torbiditica osservabile nelle aree depocentrali non è delimitata a letto e/o a tetto da ampie lacune, le correnti di torbidità risulterebbero predominanti per tutto lo sviluppo della sequenza (le sabbie trasportate da tali correnti tendevano spesso ad oltrepassare il pendio di raccordo tra la zona di alimentazione ed il fondo-bacino, andando a depositarsi su quest'ultimo; sul pendio si sedimentavano prevalentemente peliti, connesse alla coda, diluita, delle correnti di torbidità ed alla normale sedimentazione emipelagica; sedimentazione prevalentemente pelitica si realizzava anche in corrispondenza delle zone di alto eventualmente delimitanti il bacino). In questo caso l'organizzazione delle sequenze risulterebbe notevolmente differente rispetto al modello classico (cf. Posamentier & Vail, 1988; Van Wagoner et al., 1990).

b) Se la successione torbiditica osservabile nelle aree depocentrali è delimitata a letto e/o a tetto da hiatus rilevanti, essa potrebbe rappresentare unicamente il LST. Depositi riferibili ai "systems tracts" successivi sarebbero quindi assenti nelle porzioni centrali del bacino, mentre sarebbero rappresentati nelle zone marginali dalle successioni prevalentemente pelitiche ivi affioranti.

I dati biostratigrafici in nostro possesso non consentono, al momento, di stabilire quale delle due ipotesi sia quella corretta. Tuttavia, l'assenza di evidenze fisiche di importanti lacune sembra rendere più probabile l'ipotesi di cui al punto a).

Considerazioni finali.

Nella regione delle Langhe, parte integrante del Bacino terziario ligure-piemontese, sono state individuate, dalla base dell'Oligocene all'inizio del Tortoniano, quattordici sequenze deposizionali, quasi tutte correlabili con i cicli globali di terzo ordine di Haq et al. (1988). Tali sequenze sembrano quindi essere in relazione ad oscillazioni eustatiche, che hanno agito in concomitanza ad una intensa attività tettonica sinsedimentaria. Tenendo conto in particolare del recente lavoro di Bartek et al. (1991), dedicato a successioni oligo-mioceniche di località sparse su tutto il globo, è lecito supporre che tali oscillazioni del livello marino siano da imputare a glacioeustatismo.

Il gruppo di sequenze A (Oligocene inferiore; localmente anche Eocene sommitale ?) segna la fase di individuazione ed approfondimento del bacino, la cui successiva evoluzione è contrassegnata dalle sequenze del gruppo B e del gruppo C.

Le sequenze del gruppo B (Oligocene superiore-Burdigaliano inferiore) si caratterizzano per la tendenza dei corpi arenacei torbiditici, che ne costituiscono la parte inferiore, ad evolvere da geometrie marcatamente lenticolari a forme progressivamente più tabulari (Gelati & Gnaccolini, 1980), suggerendo, almeno per gran parte dell'Oligo-

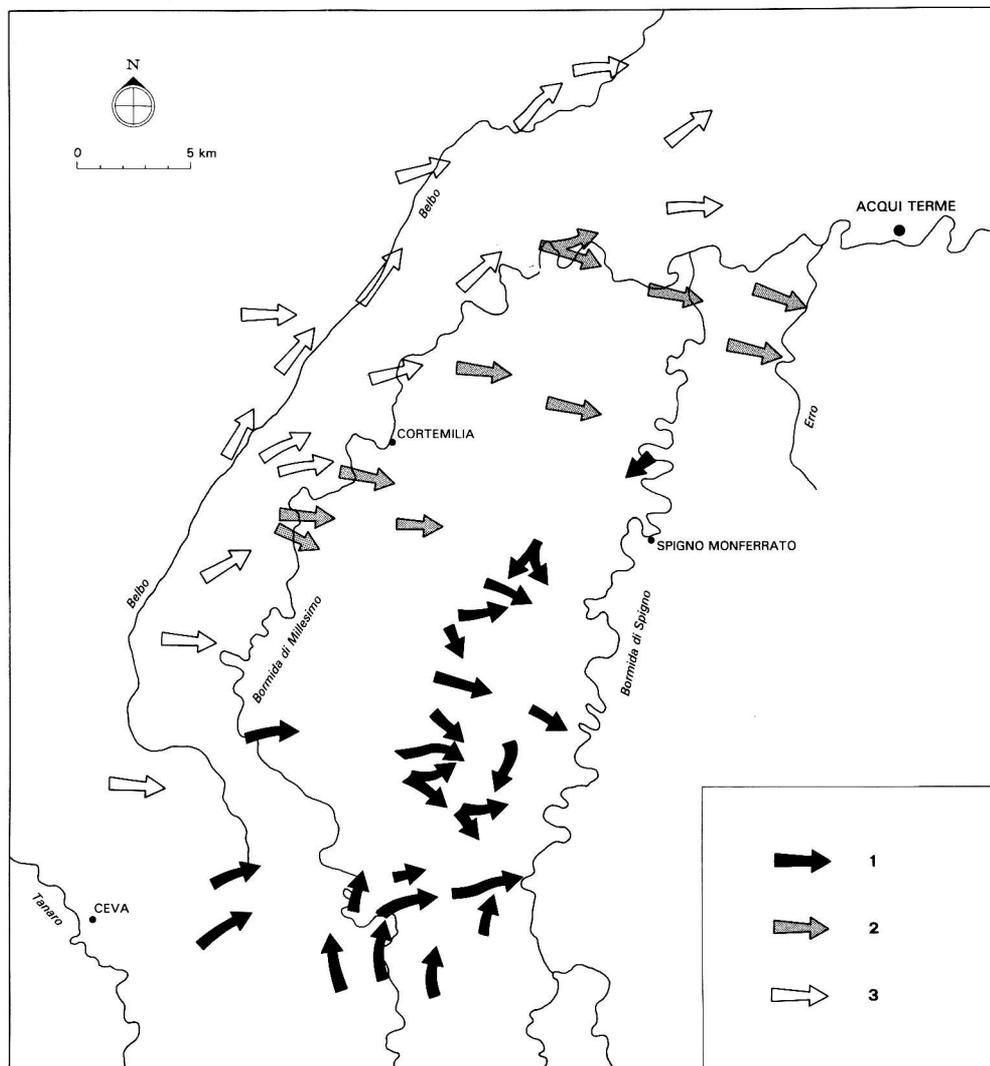


Fig. 11 - Verso delle paleocorrenti relative a: 1) sequenze del gruppo B (Oligocene superiore-Burdigaliano); 2) sequenza C1 (Burdigaliano superiore); 3) sequenze C2-C6 (Langhiano-Serravalliano). Ricavato da Gnaccolini (1968), Cazzola et al. (1981), Cazzola & Fornaciari (1990).

cene, una fisiografia dei fondali molto irregolare ed articolata. Questa supposizione è confermata dal quadro delle paleocorrenti (Fig. 11) (Gnaccolini, 1968; Cazzola et al., 1981; Cazzola & Fornaciari, 1990), che mostra una notevole variabilità anche su brevi distanze.

Nelle sequenze del gruppo C (Burdigaliano superiore-Tortoniano inferiore) i sistemi torbiditici si estendono con maggiore regolarità attraverso tutto il bacino, con geometria prevalentemente tabulare e con direzione delle paleocorrenti relativamente uniforme, da ovest verso est per la sequenza C1, in genere da sud-ovest verso nord-est (Gnaccolini, 1968) per le sequenze successive (Fig. 11). Ciò denota una fisiografia dei fondali più regolare ed uniforme.

L'evoluzione del bacino in esame negli intervalli-tempo relativi ai gruppi di sequenze B e C si differenzia anche per quanto riguarda la velocità di sedimentazione. Questa, nelle aree depocentrali, si aggira in media attorno ai 10 cm/1000 anni per il gruppo di sequenze B, supera i 30 cm/1000 anni per il gruppo di sequenze C.

Questo fatto può denotare un notevole cambiamento nel quadro geodinamico regionale, indicando il passaggio da una tettonica sinsedimentaria prevalentemente distensiva (Mutti, 1985; Dalla et al., in stampa) ad un regime compressivo, durante il quale l'appilamento dei "thrusts" nelle aree adiacenti a quella in esame ha provocato un aumento della velocità di subsidenza nel bacino, cui si è accompagnato un accresciuto apporto di sedimenti. Tali "thrusts" potrebbero essere connessi al prolungarsi nel Neogene dei fenomeni di "indentazione subcrostale" postulati da Roure et al. (1990) nelle Alpi occidentali. In particolare, essi potrebbero collocarsi sul prolungamento laterale di un sistema di "backthrusts" e "out-of-sequence thrusts" che gli Autori sopra citati ipotizzano svilupparsi verso i settori sudoccidentali dell'arco alpino occidentale.

Ringraziamenti.

Gli autori sono grati al Prof. Maurizio Gaetani e ad un revisore anonimo per la lettura critica del manoscritto. Il lavoro è stato svolto con il contributo finanziario del M.U.R.S.T. (40%).

B I B L I O G R A F I A

- Bally A. W., Catalano R. & Oldow J. (1985) - Elementi di tettonica regionale. V. di 271 pp., Pitagora Ed., Bologna.
- Bartek L., Vail P. R., Anderson J. B., Emmet P. A. & Wu S. (1991) - Effect of Cenozoic Ice Sheet Fluctuations in Antarctica on the Stratigraphic Signature of the Neogene. *J. Geophys. Res.*, v. 96, pp. 6753-6778, Washington D.C.
- Blow W. H. (1969) - Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. *Proc. 1st Intern. Conf. Plankt. Microf., Genève 1967*, v. 1, pp. 199-422, Leiden.
- Boccaletti M., Ciaranfi N., Cosentino D., Deiana G., Gelati R., Lentini F., Massari F., Moratti G., Pescatore T., Ricci Lucchi F. & Tortorici L. (1990) - Palinspastic restoration and paleo-

- geographic reconstruction of the peri-Tyrrhenian area during the Neogene. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, v. 77, pp. 41-50, Amsterdam.
- Cazzola C., Fonnesu F., Mutti E., Rampone G., Sonnino M. & Vigna B. (1981) - Geometry and facies of small, fault-controlled deep-sea fan system in a transgressive depositional setting (Tertiary Piedmont Basin, North-Western Italy). *2nd I.A.S. European Regional Meeting, Bologna 1981*, Libro Guida alle escursioni, pp. 8-53, Bologna.
- Cazzola C. & Fornaciari M. (1990) - Geometria e facies dei sistemi torbiditici di Budroni e Noceto (Bacino Terziario Piemontese). *Atti Tic. Sc. Terra*, v. 33, pp. 177-190, Pavia.
- Cazzola C., Mutti E. & Vigna B. (1984) - The Cengio Submarine Turbidite System of the Tertiary Piedmont Basin, Northwestern Italy. *Geo-Marine Letters*, v. 3, pp.173-177, New York.
- Cazzola C. & Sgavetti M. (1984) - Geometria dei depositi torbiditici delle formazioni di Rocchetta e Monesiglio (Oligocene superiore-Miocene inferiore) nell'area compresa tra Spigno e Ceva. *Giorn. Geol.*, v. 45, pp. 227-240, Bologna.
- Dalla S., Rossi M., Orlando M., Visentin C., Gelati R., Gnaccolini M., Papani G., Belli A., Biffi U. & Catrullo D. - Late Eocene-Tortonian tectono-sedimentary evolution in the western part of the Padan Basin (Northern Italy). *IX R.C.M.N.S. Proceedings Barcellona 1990* (in stampa).
- D'Atri A. (1990) - Analisi sedimentologica, biostratigrafica e sequenziale della successione del Miocene inferiore tra le valli Lemme e Bormida di Spigno (margine sudorientale del Bacino terziario ligure-piemontese). *Tesi di Dottorato Univ. Studi Torino*, Dip. Sc. Terra, 143 pp., Torino.
- Gelati R. & Gnaccolini M. (1980) - Significato dei corpi arenacei di conoide sottomarina (Oligocene-Miocene inferiore) nell'evoluzione tettonico-sedimentaria del Bacino terziario ligure-piemontese. *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, v. 86, pp. 167-186, Milano.
- Gelati R. & Gnaccolini M. (1990) - Un esempio di applicazione dei concetti della stratigrafia sequenziale: la successione oligo-miocenica delle Langhe, nel Bacino terziario ligure-piemontese. *Soc. Geol. Ital., 75° Congr. Naz.*, Riass. Relazioni a invito, pp. 55-59, Milano.
- Gnaccolini M. (1968) - Il bacino delle Langhe (Piemonte) durante il Miocene. *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, v. 74, pp. 133-142, Milano.
- Gnaccolini M., Gelati R., Catrullo D. & Falletti P. - Sequenze deposizionali nella successione oligo-miocenica delle "Langhe": un approccio alla stratigrafia sequenziale del Bacino terziario ligure-piemontese. *Mem. Soc. Geol. Ital.* (in stampa).
- Haq B. U., Hardenbol J. & Vail P. R. (1988) - Mesozoic and Cenozoic Chronostratigraphy and Cycles of Sea-Level Change. In C. K. Wilgus, B. S. Hastings, H. Posamentier, J. Van Wagoner, C. A. Ross & C. G. St. C. Kendall (Eds.) - *Sea-Level Changes: An Integrated Approach*. *Soc. Econ. Paleont. Miner.*, Spec. Publ. 42, pp. 71-108, Tulsa.
- Hunziker J. C. & Martinotti G. (1987) - Geochronology and evolution of Western Alps: a review. *Mem. Soc. Geol. Ital.*, v. 29, pp. 43-56, Roma.
- Iaccarino S. (1985) - Mediterranean Miocene and Pliocene planktic foraminifera. In H. M. Bolli, J. S. Sanders & K. Perch-Nielsen (Eds.) - *Plankton Stratigraphy*, pp.293-328, Cambridge.
- Lorenz C. (1969) - Contribution à l'étude stratigraphique de l'Oligocène inférieur des confins Liguro-Piémontais (Italie). *Atti Ist. Geol. Univ. Genova*, v. 6, 888 pp., Genova.
- Martini E. (1971) - Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. In A. Farinacci (Ed.) - *Proc. II Plankt. Conf., Roma 1970*, v. 2, pp. 739-785, Roma.
- Mitchum R. M., jr., Vail P. M. & Thompson S., III (1977) - Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level. Part 2: The Depositional Sequence as a Basic Unit for Stratigraphic

- Analysis. In Payton C.E. (Ed.) - Seismic Stratigraphy-applications to hydrocarbon exploration. *A.A.P.G. Mem.*, v. 26, pp. 53-62, Tulsa.
- Mutti E. (1985) - Turbidite Systems and their relations to depositional sequences. In G. G. Zuffa (Ed.) - Provenance of Arenites. *NATO ASI Series*, s. C, v. 148, pp. 65-93, Dordrecht.
- Mutti E. - Relazioni tra stratigrafia sequenziale e tettonica. *Mem. Soc. Geol. Ital.* (in stampa).
- Mutti E. & Sgavetti M. (1987) - Sequence stratigraphy of the Upper Cretaceous Aren Strata in the Orcau-Aren region, South-Central Pyrenees, Spain: distinction between eustatically and tectonically controlled depositional sequences. *Ann. Univ. Ferrara*, n.s., Sez. Sc. Terra, v. 1, pp. 1-22, Ferrara.
- Okada H. & Bukry D. (1980) - Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation. *Mar. Micropaleont.*, v. 5 (3), pp. 321-325, Amsterdam.
- Payton C. E. (Ed.) (1977) - Seismic Stratigraphy - application to hydrocarbon exploration. *A.A.P.G. Mem.*, v. 26, 516 pp., Tulsa.
- Posamentier H. W. & Vail P. R. (1988) - Eustatic controls on clastic deposition, II. Sequence and systems tract models. In C. K. Wilgus, B. S. Hastings, H. Posamentier, J. Van Wagoner, C. A. Ross & C. G. St. C. Kendall (Eds.) - Sea-level Changes: An Integrated Approach. *Soc. Econ. Paleont. Miner.*, Spec. Publ. 42, pp. 125-154, Tulsa.
- Roure F., Polino R. & Nicolich R. (1990) - Early Neogene deformation beneath the Po plain: constraints on the post-collisional Alpine evolution. *Mém. Soc. Géol. France*, n. s., v. 156, pp. 309-322, Paris.
- Servizio Geologico d'Italia (1970) - Foglio 69 Asti della Carta Geologica d'Italia 1:100.000.
- Servizio Geologico d'Italia (1970) - Foglio 81 Ceva della Carta Geologica d'Italia 1:100.000.
- Servizio Geologico d'Italia (1971) - Foglio 82 Genova della Carta Geologica d'Italia 1:100.000.
- Sloss L.L. (1988) - Forty years of sequence stratigraphy. *Geol. Soc. Am. Bull.*, v. 100, pp. 1661-1665, Boulder.
- Vail P. R., Audemard F., Bowman S. A., Eisner P. N. & Peres-Cruz C. (1991) - The Stratigraphic Signatures of Tectonics, Eustasy and Sedimentology - an Overview. In G. Einsele, W. Ricken & A. Seilacher (Eds.) - Cycles and Events in Stratigraphy, pp. 617-659, Berlin.
- Van Morkhoven F. P. C. M., Bergreen W. A. & Edwards A. S. (1986) - Cenozoic cosmopolitan deep-water benthic foraminifera. *Bull. Centr. Rech. Expl.-Prod. Elf-Aquitaine*, Mem. 11, 421 pp., Pau.
- Van Wagoner J. C., Mitchum R. M., Campion K. M. & Rahmanian V. D. (1990) - Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, core and outcrop: concepts for high-resolution correlation of time and facies. *Am. Ass. Petrol. Geol.*, Methods Explor., v. 7, 55 pp., Tulsa.
- Van Wagoner J. C., Posamentier H. W., Mitchum R. M., Vail P. R., Sarg J. F., Loutit T. S. & Handerbol J. (1988) - An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions. In Wilgus C. K., Hastings B. S., Posamentier H. W., Van Wagoner J., Ross C. A. & Kendall C. G. St. C. (Eds.) - Sea-Level Changes: An Integrated Approach. *Soc. Econ. Paleont. Miner.*, Spec. Publ. 42, pp. 39-45, Tulsa.
- Wilgus C. K., Hastings B. S., Posamentier H. W., Van Wagoner J., Ross C. A. & Kendall C. G. St. C. (Eds.) (1988) - Sea-Level Changes: An Integrated Approach. *Soc. Econ. Paleont. Miner.*, Spec. Publ. 42, 407 pp., Tulsa.