

**STRUTTURAZIONE EO- E MESOALPINA DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE
ATTORNO AL "NODO LIGURE"(**)**

ABSTRACT

The present contribution concerning the structural evolution of the Ligurian border of the Alps and Apennines indicate prevalent former eoalpine to mesoalpine tectonic accretion of the structural mosaic around the Ligurian knot. The more significant eo- and mesoalpine structures corresponds to the fault system linked to the Villalvernia-Varzi Line (VV) and to its N-Western prosecution (Rio Freddo Shear Zone according to PIANA & POLINO, 1994). These lineaments are interpreted as sinistral transfer fault zone along which the Ligurian tectonic units propagate to the W up to the Monferrato region forming a narrow wedge between the Western - Maritime Alps and the Insubric margin of the Southern Alps (S border of the Gonfolite basin) (Fig. 2). The supposed former eo- and mesoalpine structure of the Ligurian knot underwent severe deformations and rearrangement during Oligo-Miocene neoalpine events (Fig. 3) and especially in the subsequent Po Plane - Adriatic Phase (Messinian-Pleistocene) (Fig. 1). During this last phase the structural mosaic of former tectonic origin (eo- to mesoalpine in the present interpretation) was displaced to the N by N-S severe compression having been incorporated within the more external and prominent front of the Apennines (the Monferrato folded Arc by PIERI & GROPPI, 1981), largely overridden on the Po Plain border (external Pliocene foredeep of the Apennines).

OBIETTIVI PRESCELTI E ASSUNZIONI DI PARTENZA

Uno dei problemi più dibattuti che riguardano la geologia del N Italia è rappresentato dal "nodo ligure" ("the Ligurian Knot" di LAUBSCHER *et al.*, 1992) non solo per gli aspetti crostali profondi (BIELLA *et al.*, 1987; LAUBSCHER *et al.*, 1992; BIELLA *et al.*, 1992; POLINO *et al.*, 1992; POLINO *et al.*, 1994), ma anche per l'intricato mosaico di elementi strutturali rappresentati tra il fronte appenninico in prevalenza sepolto del settore centro-occidentale (Arco del Monferrato e Pieghe emiliane) (PIERI & GROPPI, 1981; CASSANO *et al.*, 1986) e il Mar Ligure (VANOSSI *et al.*, 1986, VANOSSI 1986, a cura di; CNR, 1981, 1991).

a) La presente nota ha lo scopo di sintetizzare gli aspetti cinematici più significativi riguardanti l'evoluzione tettonica di questo settore, tentando una ricostruzione palinspastica soprattutto dei grandi domini paleogeografico-strutturali dell'Appennino Settentrionale. Queste sintesi (Figg. 2 e 3) si avvalgono delle precedenti ricostruzioni paleotettoniche basate sull'evoluzione dei

bacini sedimentari in funzione della propagazione dei fronti di sovrascorrimento che tra l'Oligocene superiore e il Plio-Pleistocene si sono spostati dal margine orientale corso al bordo padano-adriatico (BOCCALETTI *et al.*, 1990; CASTELLARIN *et al.*, 1992; PATACCA *et al.*, 1993; VAI, 1992). Questo studio tenta di portare contributi sui seguenti principali temi: ruolo della Linea Sestri-Voltaggio (si veda ad esempio CORTESOGNO & HACCARD, 1986 e MARINI, 1978, 1986); significato strutturale della Linea Villalvernia-Varzi e sua prosecuzione e possibile collegamento verso W con la zona di taglio di Rio Freddo, tra la Collina di Torino e il Monferrato (PIANA & POLINO, 1994) e verso S con il Lineamento Varzi-Ottone-Levanto.

Questi temi sono direttamente collegati al problema principale del limite Alpi-Appennino del quale, a partire dal secolo scorso (FRANCHI, 1892), si sono occupati in modo approfondito e moderno qualificati rappresentanti della geologia italiana e straniera (si veda ad esempio VANOSSI 1986, a cura di). Riassumendo quanto sintetizzato da PRINCIPI & TREVES (1986, p.569), alcuni fra questi hanno proposto di risolvere il problema del limite utilizzando la Linea Sestri-Voltaggio cioè identificando un elemento strutturale preciso come confine dei due sistemi (SCHOLLE, 1970; HACCARD *et al.*, 1972; ELTER & PERTUSATI, 1973; STURANI, 1973; CHIESA *et al.*, 1975; TEN HAAF, 1975; MARINI, 1978, 1982; CORTESOGNO *et al.*, 1979; ZANZUCCHI, 1980). Un'altra proposta è quella di considerare il passaggio nell'ambito di una fascia strutturale piuttosto ampia equivalente ad una zona di transizione fra Alpi e Appennino. È stato proposto che questo ruolo possa essere stato esplicito dalla fascia strutturale compresa tra la Linea Sestri-Voltaggio e la Linea Ottone-Levanto collegate fra loro dalla Linea Villalvernia-Varzi (ELTER & PERTUSATI, 1973; TEN HAAF, 1975). Su questa seconda alternativa sembrano orientati gli studi e le comunicazioni più recenti (POLINO *et al.*, 1992, 1994).

b) Una delle principali difficoltà nell'interpretazione tettonica dell'Italia Settentrionale è rappresentata dalla presenza di successioni liguri e sub-liguri già da tempo individuate con sicurezza al di sotto delle coperture oligo-mioceniche del Monferrato. Si tratta di flysch ad Helmintoidi tipo Caio *Auct.*, di complessi di base con associazioni tipo mélange e di successioni epiliguri (Formazione di Ranzano *Auct.*, Marne di Antognola *Auct.*, ecc.) (si veda ad esempio ELTER *et al.*, 1966; *cum bibl.*) (Fig. 1). Inoltre come hanno documentato moderni studi di dettaglio (PIANA & POLINO, 1994) le successioni oligo-mioceniche del Monferrato sono nettamente differenziate rispetto a quelle della Collina di Torino; le prime risultano inoltre direttamente sovrastanti alle potenti successioni di tipo appenninico, le seconde invece sono, più o meno direttamente, sovrapposte alle successioni cri-

(*) Dipartimento di Scienze Geologiche dell'Università di Bologna.

(**) Lavoro eseguito con il contributo finanziario del MURST (1991, 1992) e del C.N.R. (1991, 1992).

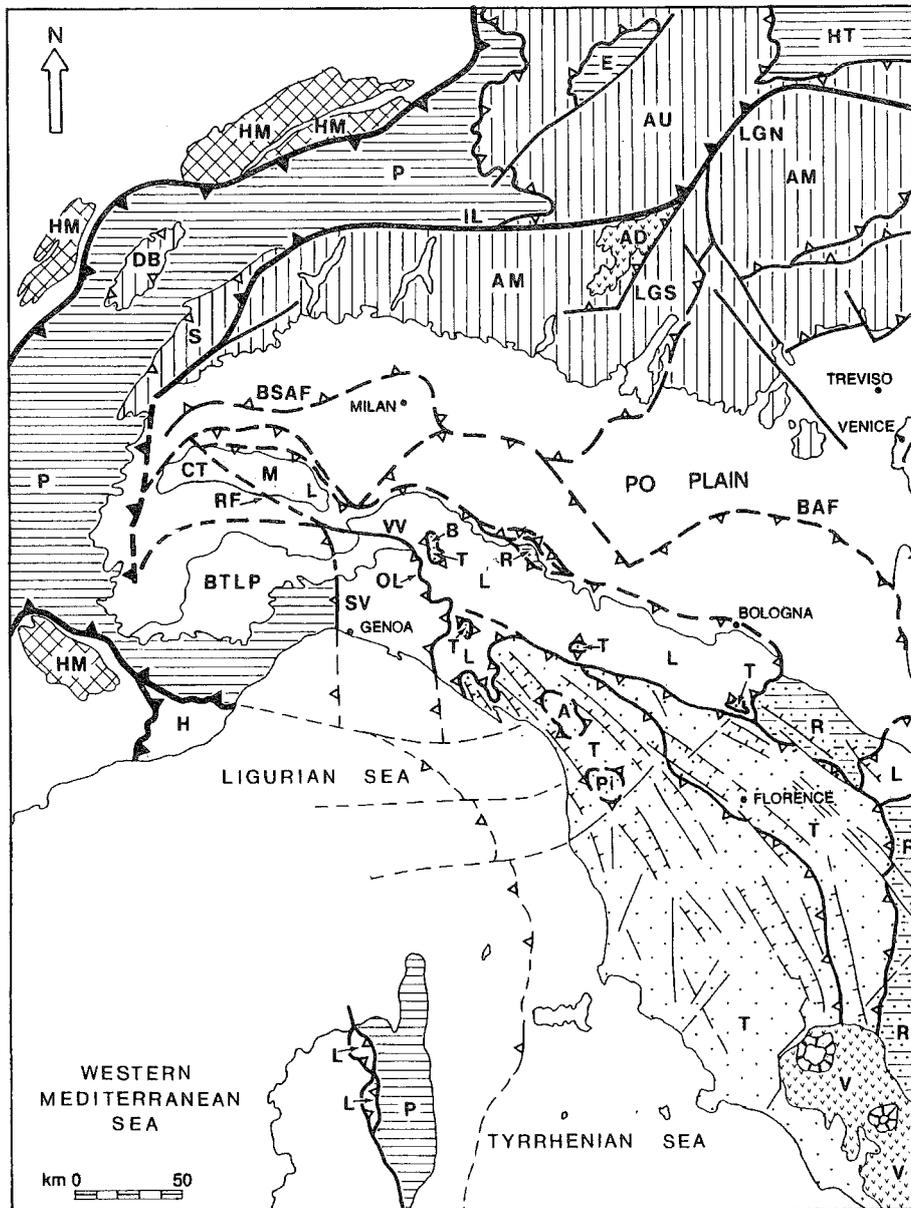


Fig. 1 - Schema tettonico del sistema strutturale attorno al Mar Ligure e al bordo tirrenico settentrionale (da C.N.R., 1981 e 1991, modificati; per il Tirreno settentrionale sono state utilizzate le ricostruzioni di BARTOLE *et al.*, 1992). Spiegazione delle lettere: **Alpi** (Nordalpino, Alpi Marittime e Alpi Meridionali); HM, massicci elvetic; P, Unità Piemontesi, Piemontese-Liguri e Brianzonesi (con intenso metamorfismo); L, coltri liguri (Balagna, Corsica); H, Flysch ad Helmintoidi delle Alpi Marittime; AU, Unità Austroalpine; DB e S, ricoprimenti del Dente Bianco (DB) e di Sesia (S); E, HT, finestre tettoniche dell'Engadina (E) e degli Alti Tauri (HT); AM, Alpi Meridionali; AD, plutone composto dell'Adamello; IL, Lineamento Insubrico (o Periadriatico); LGN, LGS, Linee delle Giudicarie N (LGN) e S (LGS); BSAF, fronte sepolto delle Alpi Meridionali. **Appennino e Monferrato**: R, Unità Romagnole ed Umbre; T, Unità Toscane con plaghe estese di L (Toscana a SW dello spartiacque); L, ricoprimenti Liguridi e loro coperture epiliguri; V, vulcanico; BTLP, Bacino Terziario Ligure Piemontese (Langhe); M, Monferrato; CT, Collina di Torino; A, Pi, B, finestre tettoniche delle Apuane (A), del Monte Pisano (Pi), e di Bobbio (B); RF, zona di taglio di Rio Freddo (PIANA & POLINO, 1994); VV, Linea Villalvernia - Varzi; SV, Linea Sestri-Volta; OL, Linea Ottone-Levanto; BAF, fronte appenninico sepolto. Segni strutturali: le linee con i triangolini chiusi e aperti indicano sovrascorrimenti e limiti dei ricoprimenti (nel sottosuolo e nelle aree marine le linee sono tratteggiate); le linee con tratti ortogonali brevi e sottili sono faglie normali; le linee a tratto semplice sono faglie trascorrenti, faglie di trasferimento oppure dislocazioni di significato non precisato.

stallino-metamorfiche alpine. La zona di taglio principalmente trascorrente di Rio Freddo ben riconosciuta nelle ricerche di dettaglio sopra ricordate costituisce uno svincolo di primaria importanza che separa i due elementi crostali fra loro e che può rappresentare il prolungamento verso WNW della Linea Villalvernia-Varzi. In questo contesto l'ampia fascia del Monferrato rappresenta il principale problema da risolvere in quanto sul retro di questa fascia, a S del prolungamento verso W della Linea Villalvernia-Varzi, per una cinquantina di Km verso E, fino al prolungamento verso N dell'allineamento Sestri-Voltaggio (Fig. 1), al di sotto delle successioni del Bacino Terziario Ligure-Piemontese (Langhe), sono presenti le rocce cristalline e cristallino-metamorfiche delle Alpi Marittime - Alpi Occidentali. Le successioni liguri del Monferrato risultano dunque disaccoppiate rispetto a quelle dell'Appennino Occidentale (La Spezia, Levante, Piacentino). Non si comprende cioè come le propaggini appenniniche del Monferrato possano essere state portate a fianco delle Alpi Liguri e delle Alpi Occidentali.

c) Per le ricostruzioni cinematiche di partenza si è fatto riferimento alle roto-traslazioni antiorarie del Blocco Corso e della Penisola italiana (v. ad es. VANOSI *et al.*, 1994) come documentano i dati paleomagnetici da tempo disponibili almeno per quanto riguarda il Blocco Corso-Sardo (si veda VIGLIOTTI & KENT, 1990; *cum bibl.*). Va inoltre tenuto presente che detto blocco possa essere stato caratterizzato da movimenti differenziati e in tempi diversi che si sarebbero prolungati oltre il Miocene basale fino al Langhiano ed oltre per il settore meridionale sardo (BOCCALETTI *et al.*, 1990; PATACCA *et al.*, 1993). I movimenti connessi alle roto-traslazioni antiorarie possono essere risolti secondo le proposte più o meno univoche degli Autori, ipotizzando aperture a ventaglio (fino a 30° per il massiccio Corso) con fulcri localizzati in corrispondenza della costa ligure o poco più a N, entro il Bacino Terziario Ligure Piemontese (si veda VANOSI *et al.*, 1994; *cum bibl.*).

Tuttavia le ricostruzioni strutturali eseguite su profili geologici del settore tosco ligure emiliano, interpretati in profondità (si veda in particolare il profilo a Levante-Cremona in CASTELLARIN *et al.*, 1994) hanno indicato che i raccorciamenti crostali successivi al Miocene inferiore e principalmente riferibili alla Fase Padano-Adriatica (Messiniano-Pleistocene) possono essere dell'ordine del centinaio di Km o superiori. Inoltre in questo profilo che è orientato NNE-SSW la componente di trasporto connessa ai movimenti roto-traslativi (componente di trasporto E-W) risulta del tutto subordinata rispetto alle compressioni N-S che sembrano preponderanti. Ne consegue pertanto che nel settore NW dell'Appennino e all'interno delle Alpi Marittime adiacenti, il trasporto tettonico N-S connesso all'evoluzione tettonica neoalpina è stato di rilevante entità.

A questi raccorciamenti nel settore Appennino - Alpi Marittime andrebbero aggiunti anche quelli che si sono realizzati nelle Alpi Meridionali (circa 60 Km secondo CASTELLARIN *et al.*, 1992) nonché quelli del settore esterno delle Alpi (zona elvetica, Molassa Subalpina e Giura Franco-Svizzero) anche se in quest'ultimo caso andrebbero valutate anche altre aree tettoniche sorgenti (Graben dell'Europa Centrale). Di questi ultimi

spostamenti S-N degli elementi tettonici meridionali (Placca Adriatica e vari domini a questa saldati) (Figg. 2 e 3), non si è però tenuto conto per ovvie necessità di semplificazione.

Si assume pertanto che ai movimenti connessi, alle rotazioni antiorarie dei blocchi si sia accompagnata anche una notevole traslazione N-S che, per il settore Appennino - Alpi Marittime, è stata approssimata intorno un centinaio di Km dal Burdigaliano medio in avanti (da circa 20 M.A. in poi) (Fig. 3). La posizione della Corsica nelle figure qui presentate (Figg. 2, 3) è indicativa degli spostamenti N-S della Placca Adriatica che sono cinematicamente richiesti per soddisfare i raccorciamenti crostali riconosciuti nel settore NW dell'Appennino Settentrionale.

RUOLO DEL MONFERRATO NEL SISTEMA STRUTTURALE ATTORNO ALLA LINEA VILLALVERNIA-VARZI (VV) E LIMITE ALPI-APPENNINO

La Linea Villalvernia-Varzi (VV) si estende verso occidente in prevalenza al di sotto delle coperture del Bacino Terziario Ligure Piemontese. Come documentato da recenti studi il prolungamento più significativo si esplica nella zona di taglio di Rio Freddo (RFSZ di PIANA & POLINO, 1994). Verso E si estende fino a congiungersi con il lineamento Ottone-Levanto (OL).

La Linea Villalvernia-Varzi (VV) può essere interpretata come uno svincolo cinematico (trascorrente) sinistrorso a carattere regionale che consente il trasferimento del Fronte eo- e mesoalpino delle Alpi Meridionali (AEMF), dal settore Orobio-Grigna-Presolana al comparto dei ricoprimenti liguri fino al Monferrato (Fronte eo- e mesoalpino ligure, LEMF) (Fig. 2). Il Monferrato viene dunque a rappresentare la porzione alpina di pertinenza ligure (ELTER *et al.*, 1966) a "destinazione appenninica" (ELTER, 1972) che, attraverso questo trasferimento si incunea tra le Alpi Marittime, la Collina di Torino, le Alpi occidentali e il dominio padano e sudalpino insubrico (margine S-occidentale del Bacino della Gonnfolite). L'attività primaria di questo svincolo (*transfer fault*) è da attribuire agli eventi eo- e mesoalpini (Cretaceo superiore - Eocene medio, v. ad es. VAI & CASTELLARIN, 1993), culminanti nella Fase Ligure. Questa attribuzione discende dal collegamento cinematico ammesso tra la Linea Villalvernia-Varzi e la Linea Sestri-Voltaggio che risulta sigillata dai depositi clastici dell'Oligocene inferiore del Bacino Terziario Ligure Piemontese (si veda CORTESOGNO & HACCARD, 1986) in buon accordo con la strutturazione eo- e mesoalpina primaria sia di questa struttura nonché di tutto il sistema di lineamenti collegato alla Linea Villalvernia-Varzi (v. Fig. 2 e testo seguente).

In un simile quadro viene inoltre inserito il prolungamento occidentale della Linea Villalvernia-Varzi cioè il lineamento (o zona di taglio) di Rio Freddo che sarebbe stato attivo pertanto anche durante la strutturazione eo- e mesoalpina e che, come hanno documentato gli studi più recenti (PIANA & POLINO, 1994; a cui si rimanda), ha controllato la sedimentazione oligo-miocenica della Collina di Torino - Monferrato durante l'evoluzione tettonica neo alpina. La Linea Sestri-Voltaggio (SV), nella

interpretazione qui proposta (Fig. 2) viene trasferita dalla Villalvernia-Varzi (VV) sul bordo interno della fascia di ricoprimenti liguri eo- e mesoalpini a "destinazione appenninica" (Fig. 2). In modo del tutto analogo può essere interpretata la Linea Ottone-Levanto (OL) che può essere considerata come un sovrascorrimento più orientale (esterno) rispetto alla Sestri-Voltaggio, contenuto all'interno del fascio di elementi frontali eo- e mesoalpini di unità liguri a "destinazione appenninica". Per quanto riguarda la Linea Ottone-Levanto essa corrisponde ad uno dei principali sovrascorrimenti di unità interne (Flysch del M. Antola) su quelle più esterne e loro complessi di base (*mélange* di vario tipo) come è stato proposto già in passato (ELTER & PERTUSATI, 1973) e come viene riconfermato nelle revisioni recenti (CRISPINI *et al.*, 1994).

Va inoltre ricordato a questo punto che, in accordo con gli studi precedenti (si veda ad es. TEN HAAF, 1975; LAUBSCHER *et al.*, 1992) la Linea Villalvernia-Varzi (e in parte anche il sistema strutturale associato, v. testo seguente) ha subito evidenti riattivazioni durante gli eventi neoalpini susseguenti alla Fase Ligure, come documenta la storia probabile di faglia di trasferimento sinistro svolta durante l'Oligo-Miocene (v. Fig. 3) e quella principalmente compressiva giocata, sempre da questa struttura, dopo il Miocene medio (v. testo seguente). Questa faglia è tuttora instabile in quanto corrisponde probabilmente ad una struttura sismogenetica (Fig. 4 in TOMMASELLI *et al.*, 1992) con manifestazioni sismiche storiche di intensità piuttosto blanda (EVA, comunicazione verbale).

Per quanto riguarda il limite Alpi-Appennino va innanzitutto precisato cosa si intende con questo termine. Se si intende il passaggio dalla strutturazione delle Alpi Marittime e loro unità metamorfiche al settore adiacente ad unità liguri a basso grado metamorfico o prive di metamorfismo, in questo caso il limite può essere indicato in corrispondenza della Linea Sestri-Voltaggio, con annessa una stretta fascia di transizione (zona Sestri-Voltaggio) e fatto proseguire nel lineamento Villalvernia - Varzi - Rio Freddo che delimita le unità liguri non metamorfiche del Monferrato separandole, verso S, da quelle metamorfiche delle Alpi Marittime. Tale demarcazione inoltre soddisfa pienamente come confine tra la strutturazione neoalpina appenninica e quella delle Alpi occidentali e Marittime, se per limite Alpi-Appennino si intende la divisione superficiale attuale tra i due differenti sistemi di accrescimento strutturale che oggi risultano tra loro saldati e sovrapposti.

Infine, per quanto riguarda le ricostruzioni strutturali viste sopra, se il limite Alpi-Appennino è inteso come bordo del settore frontale della strutturazione eo- e mesoalpina cioè come margine più esterno delle Alpi, il confine Alpi-Appennino va ricercato nell'ambito della fascia di unità liguri inserita nel fronte eo- e mesoalpino omonimo (LEMF), e poiché, se si prescinde dal metamorfismo, le unità liguri sono fortemente imparentate con quelle piemontesi (si veda ad esempio VANOSI *et al.*, 1986; *cum bibl.*) il fronte eo- e mesoalpino delle unità liguri (LEMF) (Fig. 2) può essere interpretato come limite dell'edificio alpino di elementi liguri a "destinazione appenninica" (unità sostanzialmente non metamorfiche o con metamorfismo locale, a carattere blando). Infatti l'edificio N-appenninico vero e proprio è stato edificato in seguito

all'appilamento delle unità tettoniche toscane, umbro-romagnole e padano-adriatiche (VAI & CASTELLARIN, 1993) derivate dal denudamento, per scollamento forzato, degli elementi crostali superiori della Placca Adriatica. In sostanza, come quelle piemontesi, le unità liguri in oggetto sono unità alpine di pertinenza oceanica che hanno avuto una evoluzione in regime di bassi valori di T e P avendo occupato porzioni superficiali all'interno del prisma di "accrezione" tettonico eo- e mesoalpino (PRINCIPI & TREVES, 1994 e TREVES, 1994). Tali unità hanno avuto una "destinazione appenninica" finale (ELTER, 1972, 1973; BOCCALETTI & GUAZZONE, 1974; BOCCALETTI *et al.* 1974) del tutto identica a quella degli elementi appenninici veri e propri.

LA LINEA OTTONE-LEVANTO NELL'OLIGO-MIOCENE

Esistono sostanziali differenze oltre che strutturali anche nell'attivazione tettonica tra la Linea Sestri-Voltaggio (SV) e la Linea Ottone-Levanto (OL). Infatti mentre la Linea Sestri-Voltaggio risulta sigillata dalle successioni conglomeratiche marine dell'Oligocene inferiore del Bacino Terziario Ligure Piemontese (CORTE-SOGNO & HACCARD, 1986) documentando la sua disattivazione dopo le compressioni eoceniche della Fase Ligure, non risulta del tutto chiaro il ruolo giocato dalla Linea Ottone-Levanto dopo questa fase nella quale, come visto più sopra, doveva aver contribuito alla strutturazione interna del prisma di "accrezione" tettonica ligure.

Essa deve avere avuto anche una storia più recente con riattivazioni forse intense, durante gli eventi neoalpini soprattutto dell'Oligo-Miocene. Infatti il collegamento con il settore orientale neogenico della Linea Villalvernia-Varzi si realizza attraverso l'implicazione delle successioni oligo-mioceniche dei dintorni di Varzi come risulterebbe anche dalle più recenti ricostruzioni (DI GIULIO & GALBIATI, 1994) e come era stato proposto nelle interpretazioni della Linea eseguite da LAUBSCHER *et al.*, 1992 che hanno fortemente enfatizzato l'attività oligo-miocenica di questa struttura. L'attività oligo-miocenica di sovrascorrimento della Linea Ottone-Levanto (OL) va comunque presa in seria considerazione e può essere collegata a quella del segmento orientale oligo-miocenico della Linea Villalvernia-Varzi (VV) verosimilmente caratterizzata da spostamenti orizzontali sinistrorsi di trasferimento (*transfer fault*) (VAI, 1992) (Fig. 3).

IL BACINO CORSO E IL BACINO TERZIARIO LIGURE PIEMONTESE

Subito dopo la strutturazione del fronte appenninico oligo-miocenico si ha l'apertura del Bacino Corso localizzato tra il bordo orientale del massiccio omonimo, la zona marina antistante e l'isola di Pianosa. È ormai noto da tempo (ZITELLINI *et al.*, 1986) che nel Bacino Corso è presente una potente successione, direttamente sottostante alle evaporiti messiniane, che in base alle ricerche e alle correlazioni effettuate con le successioni studiate sulla terra ferma risulta riferibile ad un intervallo com-

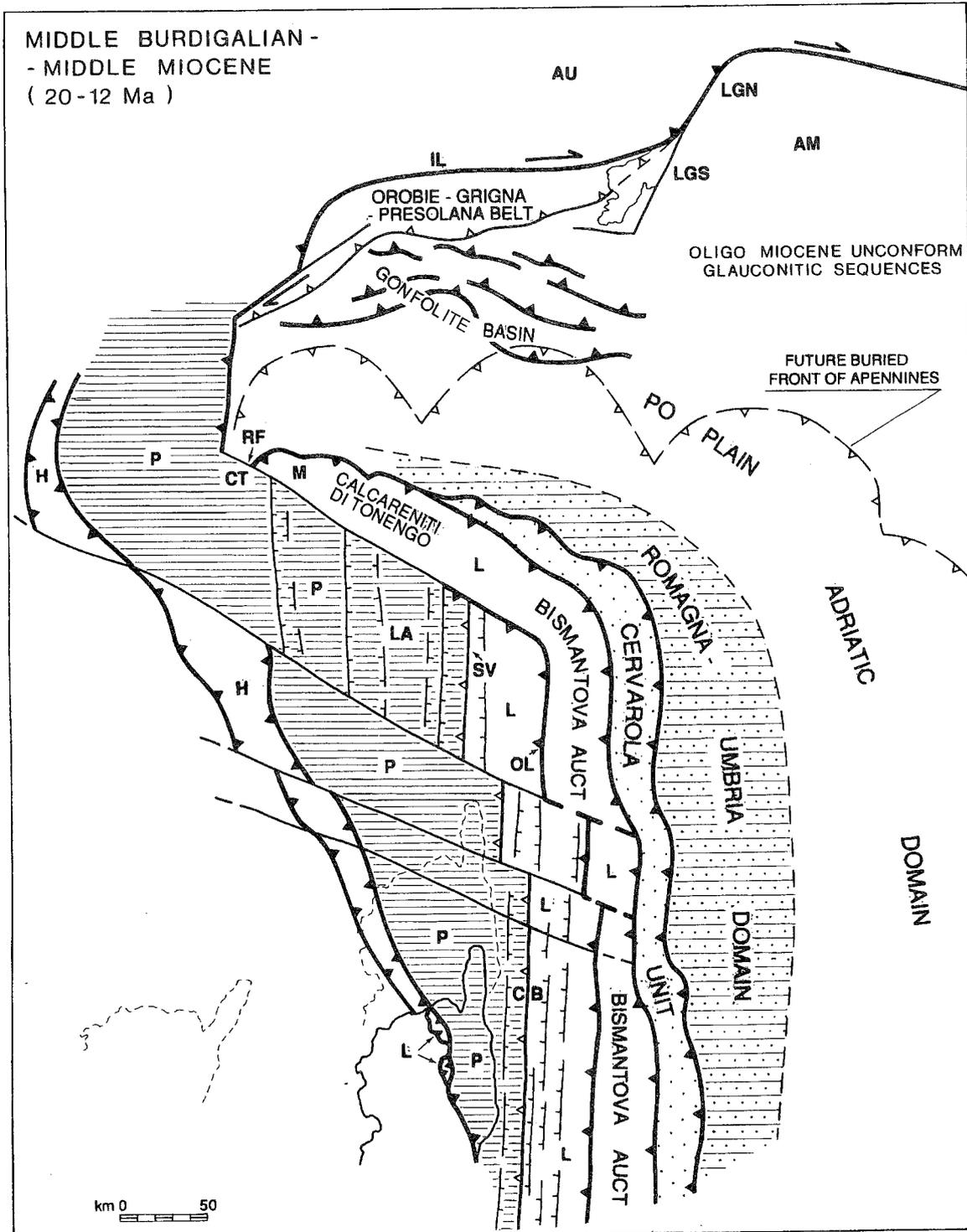


Fig. 3 - Tentativo di ricostruzione dell'accrescimento strutturale dell'Appennino in seguito alla roto-traslazione del blocco Corso fino all'evoluzione miocenica immediatamente successiva (Burdigaliano medio - ? Serravalliano). Lettere come nelle Figure 1 e 2 (vedi); LA, Langhe; CB, Bacino Corso.

preso tra il Burdigaliano medio e una parte del Miocene medio, documentando in tal modo la presenza di una zona bacinale precoce antecedente il Tortoniano superiore all'interno del Tirreno occidentale (si veda BARTOLE *et al.*, 1992; *cum bibl.*).

Gli equivalenti settentrionali di queste successioni del Bacino Corso spostati verso occidente dal sistema di faglie di trasferimento sinistrorse potrebbero essere localizzati all'interno del Bacino delle Langhe (o più genericamente nella parte S del Bacino Terziario Ligure Piemontese) (Fig. 3), ove le successioni del Burdigaliano medio-superiore e del Miocene medio sono molto potenti e risultano di solito fortemente discordanti rispetto a quelle oligo-mioceniche sottostanti (FALLETTI *et al.*, 1994). Questa discordanza delle successioni delle Langhe potrebbe essere spiegata ammettendo un primo ciclo distensivo (*rifting*) connesso all'apertura del Bacino Ligure Balearico di età oligo-miocenica ed uno successivo di poco più recente realizzatosi dopo l'arresto delle rototraslazioni del Blocco Corso e durante la strutturazione distensiva del Burdigaliano medio-superiore e post burdigaliana corrispondente a quella del Bacino Corso. Distensioni, connesse a processi di *rifting* sia pure periferici (nel caso del primo ciclo) e piuttosto precoci (nel secondo ciclo) potrebbero essere alla base dell'evoluzione tettono-sedimentaria di questo settore e della ingente deposizione del Miocene medio con spessori chilometrici delle successioni; ipotesi questa che sembra in buon accordo con l'interpretazione distensiva formulata per le successioni oligo-mioceniche delle Langhe in alcune approfondite ricerche sedimentologiche e stratigrafiche (GELATI & GNACCOLINI, 1982).

In questo quadro, se questa interpretazione ha valore, le Langhe come il Bacino Corso potrebbero costituire aree tettoniche sorgenti che avrebbero potuto intensificare la strutturazione compressiva oligo-miocenica degli elementi toscani dell'Appennino producendo forse anche nuovi sovrascorrimenti frontali e riattivazioni all'interno dell'edificio già strutturato con ripresa anche dei sovrascorrimenti e ricoprimenti liguri: in questo ultimo ambito il sovrascorrimento della Linea Ottone-Levanto sembra possedere una localizzazione alquanto appropriata per un eventuale collegamento con la possibile area tettonica sorgente delle Langhe e zone circostanti che sono localizzate alle spalle del sovrascorrimento in parola.

LE CONNESSIONI TRA LE STRUTTURE LIGURI E GLI ELEMENTI SUDALPINI E NORDALPINI

Il collegamento del sistema strutturale ligure a destinazione appenninica con quello settentrionale delle Alpi Meridionali e Nordalpino adiacente è di difficile definizione. Come visto nello schema qui presentato (Fig. 2) si propone che il Fronte eo- e mesoalpino delle Unità Liguri (LEMF) sia trasferito in quello omologo delle Alpi Meridionali (AEMF) (in prevalenza di strutturazione eoalpina) dal Lineamento Villalvernia-Varzi e Rio Freddo. Il fronte sudalpino costituisce un arco strutturale che si è propagato verso S e SW lungo una rampa obliqua e laterale in transpressione e trascorrenza sinistra localiz-

zata poco a ovest della Paleo Linea delle Giudicarie Sud (LGS) (Fig. 2). Il settore orientale equivalente di questo fronte sarebbe rimasto in posizione arretrata, confinato a N dagli elementi crostali più rigidi della piattaforma porfirica atesina e loro masse plutoniche associate, sul bordo N della Pusteria cioè in corrispondenza del Lineamento Paleo Insubrico (PIL) (Fig. 2) (CASSINIS & CASTELLARIN, 1988; CASTELLARIN & VAI, 1982, 1986; CASTELLARIN *et al.*, 1988, 1992). Questa interpretazione rappresenta una alternativa a quella di alcuni Autori svizzeri (in particolare si veda LAUBSCHER, 1990) che considerano questo arco di età neogenica e la sua rampa laterale coincidente con la Linea delle Giudicarie S. Va però ricordato che la parte sud-occidentale del Plutone dell'Adamello, con età radiometriche dell'Eocene medio finale (43 M.A.) sutura e interrompe sigillandolo il fascio di strutture connesse alla rampa laterale del nucleo Orobico-Grigne-Presolana e costituisce un vincolo difficilmente superabile, in contrasto con la classica interpretazione di LAUBSCHER sopra ricordata (si veda BRACK, 1986).

Infine nella Fig. 2 il Fronte eo- e mesoalpino orientale (AEMF) presenta una vergenza meridionale e ha una localizzazione corrispondente al Paleo Lineamento Insubrico (PIL). Non si può escludere però che questo fronte fosse localizzato più a N, all'interno delle unità superiori del dominio austroalpino (? margine N dell'Austroalpino della Drava o Drauzug) e con una vergenza verso N, cioè opposta a quella del comparto occidentale arcuato del fronte stesso (CASTELLARIN & VAI, 1982).

CONCLUSIONI

La strutturazione eo- e mesoalpina originata dai processi di subduzione di crosta oceanica alpina fino alle compressioni finali eoceniche che produssero l'assetto delle Alpi connesso alla strutturazione collisionale è stata caratterizzata da trasferimenti di fasce mobili di rilevante entità. La Linea Villalvernia-Varzi (VV), con il suo prolungamento verso WNW nella zona di taglio di Rio Freddo (RF) di PIANA & POLINO (1994), viene considerata come una zona di svincolo principale lungo la quale si è verificato il notevole trasferimento dei fronti di sovrascorrimento: da quello connesso alla strutturazione eo- e mesoalpina ligure a quello omologo del versante interno (S) delle Alpi (Fig. 2). Questo allineamento e il sistema strutturale associato (Linea Sestri-Voltaggio, SV; Linea Ottone-Levanto, OL) costituiscono probabilmente eredità strutturali connesse alla geometria primaria della Tetide alpina mesozoica, come suggerito in passato per la Linea Sestri-Voltaggio (si veda ad es. SCHOLLE, 1970); i lineamenti sopra indicati confinavano probabilmente, almeno in parte, l'ampio settore oceanico ligure che poteva essere indipendente e separato da quello piemontese adiacente, con modalità e andamenti al momento non precisabili. Da un punto di vista strutturale il limite Alpi-Appennino conseguente alla strutturazione eo- e mesoalpina andrebbe indicato nella superficie di sovrascorrimento frontale delle unità liguri esteso dal settore tosco-ligure ed emiliano fino al Monferrato (Fig. 2). Infatti tale proposta appare legittima se le unità tettoniche

liguri possono essere effettivamente considerate come elementi alpini che si sono propagati verso il retropaese (Placca Adriatica) cioè in senso opposto alla polarità generale delle Alpi, assumendo così una apparente destinazione appenninica. Tuttavia una simile proposta non risulta applicabile, in quanto alla fine degli eventi mesoalpini esisteva soltanto l'edificio alpino. Pertanto nessuna demarcazione effettiva con gli Appennini, che non erano ancora stati originati può essere indicata. Per la definizione del limite attuale Alpi-Appennino si rimanda a quanto discusso nelle pagine precedenti (par. 4), anche se la definizione di detto limite rappresenta un problema tuttora aperto. Infatti se le unità liguri (derivate dalla Tetide alpina) sono da considerare effettivamente come unità alpine, come è stato proposto già da tempo (v. Fig. 1 in SCANDONE, 1980), detto limite dovrebbe corrispondere alla superficie ampia e di notevole complessità negli andamenti e geometrie lungo la quale si ha il contatto tra il ricoprimento ligure più profondo e le unità sottostanti che sono rappresentate da quelle subliguri a quelle dei domini toscano, umbro-romagnolo e padano-adriatico sottostanti. Infatti le traslazioni dei ricoprimenti liguri verso il dominio padano-adriatico sono proseguite durante l'evoluzione neoalpina post collisionale.

Questi ultimi eventi riarrangiarono intensamente l'assetto della strutturazione primaria raggiunto con la Fase Ligure. La strutturazione neoalpina è dominata dai processi che portarono alla formazione del settore NW del Mediterraneo occidentale con rotazioni antiorarie di grandi blocchi crostali. Sul retro dei blocchi ruotati si ebbero intensi denudamenti crostali e litosferici e si formarono profonde aree bacinali. Nei settori frontali dei blocchi ruotati si ebbero intense duplicazioni tettoniche con accumulo di unità tettoniche e formazione di prismi di "accrezione" derivati dalla delaminazione della Placca continentale adriatica. Iniziò così la strutturazione dell'Appennino vero e proprio (si veda ad es.: CASTELLARIN *et al.*, 1992; 1994). Parti estese delle deformazioni e dei raccorciamenti crostali sono però riferibili anche alle compressioni N-S determinate dagli spostamenti verso N della Placca Adriatica e di tutti gli elementi strutturali a questa saldati. Gli effetti delle compressioni N-S risultano particolarmente appariscenti lungo il margine appenninico-padano strutturatosi in seguito alle compressioni della Fase padano-adriatica (Messiniano-Pleistocene) che hanno portato all'assetto tettonico attuale (Fig.1) determinando l'ampio sovrascorrimento delle unità liguri del Monferrato al di sopra delle successioni plioceniche dell'avanfossa padana (v. Fig. 2 in CASSANO *et al.*, 1986). Le basilari ricerche dell'AGIP (PIERI & GROPPi, 1981; CASSANO *et al.*, 1986) hanno documentato che l'Arco del Monferrato rappresenta il segmento occidentale del sovrascorrimento appenninico più esterno, qui di età prevalentemente messiniana e pliocenica. L'Arco del Monferrato (Fig. 1) oltre alle unità liguri omonime incorpora al suo interno e nelle sue immediate adiacenze a S e SE, buona parte del mosaico strutturale descritto nella presente nota. Questo mosaico viene interpretato come dovuto a prevalente strutturazione primaria eo- e mesoalpina (v. Fig. 2) imputabile cioè ad eredità strutturali, in prevalenza originate dagli eventi del Cretaceo e dell'Eocene. Di conseguenza, l'Arco del Monferrato costituisce

una voluminosa scaglia dell'edificio alpino traslata al di sopra delle successioni dell'Avanfossa pliocenica dell'Appennino.

BIBLIOGRAFIA

- BARTOLE R., TORELLI L., MATTEI G., PEIS D. & BRANCOLI G. (1992) - *Assetto stratigrafico-strutturale del Tirreno settentrionale: stato dell'arte*. Studi Geologici Camerti, Volume speciale **1991/1**, 115-140.
- BIELLA G.C., GELATI R., MAISTRELLA M., MANCUSO M., MASSIOTTA P., & SCARASCIA S. (1987) - *The structure of the upper crust in the Alps-Appennines boundary region deduced from refraction seismic data*. Tectonophysics, **142**, 71-85.
- BIELLA G.C., CLARI P., DE FRANCO R., GELATI R., GHIBAUDO G., GNACCOLINI M., LANZA R., POLINO R., RICCI B. & ROSSI P.M. (1992) - *Geometrie crostali al nodo Alpi-Appennino; conseguenze sull'evoluzione cinematica dei bacini neogenici*. 76° Congresso Soc. Geol. It., Riassunti, 192-195.
- 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 paleogeographic reconstruction of the pery-Tyrrhenian area during the Neogene*. Paleog., Paleoclim., Paleoec., **77**, 41-50.
- BOCCALETTI M. & GUAZZONE G. (1974) - *Remnant arcs and marginal basins in the caenozoic development of the Mediterranean*. Nature, **252**, 5478, 18-21.
- BOCCALETTI M., GUAZZONE G. & MANETTI P. (1974) - *Evoluzione paleogeografica e geodinamica del Mediterraneo: i bacini marginali*. Soc. Geol. It., **13** (2), 1-39.
- BRACK P. (1986) - *Multiple intrusions-examples from the Adamello batholith (Italy) and their significance on the mechanism of intrusion*. Mem. Soc. Geol. It., **26**, 145-157.
- CASSANO E., ANELLI L., FICHERA R. & CAPPELLI V. (1986) - *Pianura padana, interpretazione integrata di dati geofisici e geologici*. 73° Congr. Soc. Geol. It., AGIP, Roma, 1-28.
- CASSINIS R. & CASTELLARIN A. (1988) - *Il significato delle linee della Gallinera e delle Giudicarie Sud nella Geologia dell'Adamello e zone circostanti*. Atti Tic. Sci. Terra, **31**, 446-462.
- CASTELLARIN A., FESCE A.M., PICOTTI V., PINI G.A., PROSSER G., SARTORI R., SELLI L., CANTELLI L. & RICCI R. (1988) - *Structural and kinematic analysis of the Giudicarie deformation belt. Implications for compressional tectonics of Southern Alps*. Min. Petr. Acta, 287-310.
- CASTELLARIN A., CANTELLI L., FESCE A.M., MERCIER J.L., PICOTTI V., PINI G.A., PROSSER G. & SELLI L. (1992) - *Alpine compressional tectonics in the Southern Alps. Relationships with the N- Apennines*. Annales Tectonicae, **6** (1), 62-94.
- CASTELLARIN A., EVA C. & CAPOZZI R. (1994) - *Tomografie sismiche e interpretazione geologica profonda dell'Appennino Settentrionale Nord-occidentale*. Questo volume.
- CASTELLARIN A. & VAI G.B. (1982) - *Introduzione alla geologia strutturale del Sudalpino. Guida alla geologia del Sudal-*

- pino Centro-Orientale. Congr. 1° Centenario, Soc. Geol. Ital., Bologna, 1982, 1-22.
- CASTELLARIN A. & VAI G.B. (1986) - *Southalpine versus Po Plain apenninic arcs*. In: F.C. WEZEL (Ed.), *The origin of Arcs. Development in Geotectonics*, **21**, 253-280, Elsevier, Amsterdam.
- CHIESA S., CORTESOGNO L., FORCELLA F., GALLI M., MESSIGA B., PASQUARÈ G., PEDEMONTA G.M., PICCARDO G.B. & ROSSI P.M. (1975) - *Assetto strutturale ed interpretazione geodinamica del Gruppo di Voltri*. Boll. Soc. Geol. It., **94**, 555-581.
- C.N.R. (1981) - *Carta tettonica d'Italia. A colori, alla scala 1:1.500.000*. Grafica Editoriale Cartografica, Roma.
- C.N.R. (1991) - *Structural model of Italy. Scale 1:500.000*. Selca, Firenze.
- CORTESOGNO L., GRANDJACQUET C. & HACCARD D. (1979) - *Contribution à l'étude de la liaison Alpes-Appennins: evolution tectonométamorphique des principaux ensembles ophiolitiques de la Ligurie (Apennins du Nord)*. Ofioliti, **4** (2), 157-172.
- CORTESOGNO L. & HACCARD D. (1986) - *Note illustrative alla carta geologica della zona Sestri-Voltaggio*. Mem. Soc. Geol. It., **28** (1984), 115-150.
- CRISPINI L., PANDOLFI L., MARRONI M. & CAPPONI G. (1994) - *Analisi comparata dell'evoluzione strutturale delle unità tettoniche tra il Gruppo di Voltri e la linea Levante-Ottone*. Convegno sul tema "Rapporti tra Alpi e Appennino", Peveragno (CN), Riassunti, 45-46.
- DI GIULIO A. & GALBIATI B. (1994) - *Interazione tettonica-sedimentazione durante il Priaboniano-Oligocene nel bacino terziario piemontese orientale*. Convegno sul tema "Rapporti tra Alpi e Appennino", Peveragno (CN), Riassunti, 53-54.
- ELTER P. (1972) - *La zona ofiolitica del Bracco nel quadro dell'Appennino settentrionale. Introduzione alla geologia delle Liguridi*. 66° Congr. Soc. Geol. It., Guida alle escursioni, Pacini, Pisa, 5-35.
- ELTER P. (1973) - *I lineamenti tettonici ed evolutivi dell'Appennino settentrionale*. Acc. Naz. dei Lincei, Quaderno n.183: "Moderne vedute sulla geologia dell'Appennino", 97-118.
- ELTER G., ELTER P., STURANI C. & WEIDMANN M. (1966) - *Sur la prolongation du domaine ligure de l'Appennin dans le Monferrat et les Alpes et sur l'origine de la Nappe de la Simme s. l. et des Préalpes romande et chablaisiennes*. Arch. Sci. Genève, **19**, 279-377.
- ELTER P. & PERTUSATI P. (1973) - *Considerazioni sul limite Alpi-Appennino e sulla relazione con l'arco delle Alpi occidentali*. Mem. Soc. Geol. It., **12**, 359-375.
- FALLETTI P., GELATI R., GNACCOLINI M. & ROGLEDI S. (1994) - *Evoluzione dei bacini oligo-miocenici di Monferrato e Langhe in relazione alla strutturazione profonda*. Convegno sul tema "Rapporti tra Alpi e Appennino", Peveragno (CN), Riassunti, 57-58.
- FRANCHI S. (1892) - *Sul limite fra le Alpi e gli Appennini*. La geografia per tutti, **2** (13), 193-196.
- GELATI R. & GNACCOLINI M. (1982) - *Evoluzione tettonico-sedimentaria della zona al limite tra Alpi ed Appennino tra l'inizio dell'Oligocene ed il Miocene medio*. Mem. Soc. Geol. It., **24**, 183-191.
- HACCARD D., LORENZ C. & GRANDJACQUET C. (1972) - *Essai sur l'évolution tectogénétique de la liaison Alpes-Appennins (de la Ligurie à la Calabre)*. Mem. Soc. Geol. It., **11**, 309-389.
- LAUBSCHER H.P. (1990) - *The problem of deep structure of the Southern Alps: 3-D material balance. Considerations and regional consequences*. Tectonophysics, **176**, 103-121.
- LAUBSCHER H.P., BIELLA G.C., CASSINIS R., GELATI R., LOZEJ A., SCARASCIA S. & TABACCO I. (1992) - *The collisional knot in Liguria*. Geologische Rundschau, **81/2**, 275-289.
- MARINI M. (1978) - *La linea Sestri-Voltaggio nel quadro dell'evoluzione tectogenetica del limite Alpi-Appennino: proposta d'interpretazione*. Mem. Soc. Geol. It., **19**, 445-452.
- MARINI M. (1982) - *Fasi deformative in Liguria e loro possibili riflessi nell'interpretazione geodinamica del passaggio Alpi-Appennini*. Mem. Soc. Geol. It., **24** (2), 277-287.
- MARINI M. (1986) - *Litostratigrafia del Flysch cretaceo-eocenico di Castelvecchio*. Mem. Soc. Geol. It., **28** (1984), 505-517.
- PATACCA E., SARTORI R. & SCANDONE P. (1993) - *Tyrrhenian basin and Apennines. Kinematic evolution and related dynamic constraints*. In: BOSCHI *et al.* (Eds.), *Recent evolution and seismicity of the Mediterranean Region*. Kluwer Academic Publisher. NATO/ASI, Series C: Mathemat. and Physical Sciences, **402**, 161-171.
- PIANA F. & POLINO R. (1994) - *La zona transpressiva di Rio Freddo e l'evoluzione convergente della Collina di Torino e del Monferrato durante il Terziario*. Atti Tic. Sc. Terra, Serie speciale, **1**, 167-180.
- PIERI M. & GROPPI G. (1981) - *Subsurface geological structure of the Po Plain*. CNR, P.F. Geodinamica, **414**, pp.23.
- POLINO R., GELATI R., ROSSI P.M., BIELLA G. & DE FRANCO R. (1992) - *Crustal structures beneath the southern Piemonte (North-Western Italy): consequences on kinematic of the Alps/Appennines boundary*. Géol. Alpine, Sér. Spéc. Colloques et excursions, **1**, 74-75.
- POLINO R., BIELLA G., DE FRANCO R., GELATI R. & ROSSI P.M. (1994) - *Il limite crosta/mantello nell'Italia nordoccidentale: ipotesi per le cinematiche crostali*. Convegno sul tema "Rapporti tra Alpi e Appennino", Peveragno (CN), Riassunti, 103-104.
- PRINCIPI G. & TREVES B. (1986) - *Il sistema corso-appenninico come prisma d'accrescimento. Riflessi sul problema generale del limite Alpi-Appennino*. Mem. Soc. Geol. It., **28** (1984), 549-576.
- SCANDONE P. (1980) - *Origin of the Tyrrhenian sea and Calabrian Arc*. Boll. Soc. Geol. Ital., **98** (1979), 27-34.
- SCHOLLE P.A. (1970) - *The Sestri-Voltaggio Line: a transform fault induced tectonic boundary between the Alps and the Apennines*. Am. Jour. of Science, **269**, 343-359.

- STURANI C. (1973) - *Considerazioni sui rapporti tra Appennino settentrionale ed Alpi occidentali*. Atti Convegno "Moderne vedute sulla Geologia dell'Appennino", Roma, Accad. Naz. Lincei, **183**, 119-142.
- TEN HAAF E. (1975) - *The superficial boundary between the Alps and the Apennines*. Progr. in Geodyn. Roy. Neth. Acad. of Arts and Sc., Amsterdam, 154-164.
- TOMASELLI A., PASTORE S., AUGLIERA P. & EVA C. (1993) - *Sismicità dell'Appennino nord-occidentale*. Studi Geol. Camerti, Vol. Spec. **1992/2**, 35-42.
- TREVES B. (1984) - *Orogenic belts as accretionary prisms: the example of the Northern Apennines*. Ofioliti, **9** (3), 577-618.
- VAI G.B. (1992) - *Il Segmento Calabro-Peloritano dell'Orogene Ercinico. Disaggregazione palinspastica*. Boll. Soc. Geol. Ital., **111**, 109-129.
- VAI G.B. & CASTELLARIN A. (1993) - *Correlazione sinottica delle unità stratigrafiche nell'Appennino Settentrionale*. Studi Geologici Camerti. Volume speciale **1992/2**, CROP 1-1A, 171-185.
- VANOSI M. (a cura di) (1986) - *Geologia delle Alpi Liguri*. Mem. Soc. Geol. It., **28** (1984), 1-598.
- VANOSI M., CORTESOGNO L., GALBIATI B., MESSIGA B., PICCARDO G. & VANNUCCI R. (1986) - *Geologia delle Alpi Liguri: dati, problemi, ipotesi*. Mem. Soc. Geol. It., **28** (1984), 5-75.
- VANOSI M., PEROTTI C.R. & SENO S. (1994) - *The Maritime Alps arc in the Ligurian and Tyrrhenian systems*. Tectonophysics, **230**, 75-89.
- VIGLIOTTI L. & KENT D.V. (1990) - *Paleomagnetic results of Tertiary sediments from Corsica: evidence of post-Eocene rotation*. Physics of the Earth and Plan. Interiors, **62**, 97-108.
- ZANZUCCHI G. (1980) - *I lineamenti geologici dell'Appennino Parmense. Note illustrative alla carta e sezioni geologiche della Provincia di Parma e zone limitrofe (1:100.000)*. Volume dedicato a Sergio Venzo, Univ. Parma, Grafiche Step. Ed., Parma, 201-233.
- ZITELLINI N., TRINCARDI F., MARANI M. & FABBRI A. (1986) - *Neogene tectonics of the Northern Tyrrhenian sea*. Giorn. Geol., **48** (3), 1-2, 25-40.