

IPOTESI SUL RUOLO DELLA LINEA TETTONICA TRASVERSALE FOLLONICA-VAL MARECCHIA SULL' ASSETTO STRUTTURALE DELLA TOSCANA MARITTIMA

Riassunto

Abstract

1. Introduzione
2. Isoanomale di Bouguer
3. Linea tettonica trasversale Follonica-Val Marecchia
4. Conclusioni

Riferimenti bibliografici

RIASSUNTO

Sulla base dei dati geologici e geofisici viene ipotizzata l'influenza della linea tettonica trasversale Follonica-Val Marecchia sull'assetto strutturale della Toscana marittima.

La linea tettonica avrebbe agito, almeno a partire dal Miocene inferiore-medio, come svincolo meccanico legato alle fasi compressive e alla rotazione antioraria della catena appenninica. I movimenti si sarebbero verificati con una forte componente trascorrente sinistrorsa, accompagnata da rilevanti spostamenti verticali con abbassamento del blocco settentrionale e che possono aver interessato non solo la crosta ma anche il mantello superiore.

La Follonica-Val Marecchia ha rappresentato, fin dal suo manifestarsi, una fascia di separazione tra la zona settentrionale, caratterizzata da direttrici tettoniche in prevalenza appenniniche (NW-SE) e quella meridionale con direttrici grossomodo N-S, particolarmente marcate nella zona dominata dall'alto strutturale Monticiano-Roccastrada-M. Leoni.

L'assetto assunto durante le fasi compressive principali ha probabilmente influenzato la formazione dei bacini neogenici impostati in zone di debolezza crostale già strutturalmente depresse e in precedenza delineate, anche per quanto riguarda il loro orientamento.

La subsidenza dei bacini sarebbe stata determinata da movimenti con forte componente verticale lungo sistemi di faglie dirette, longitudinali con un'estensione dell'ordine del 6-7%.

Durante le fasi distensive la linea tettonica avrebbe svolto un ruolo sostanzialmente passivo, comportandosi probabilmente come *transfer fault*; non si può comunque escludere che una ripresa dei movimenti trascorrenti, seppure di assai più modesta entità, possa essersi verificata anche posteriormente al Tortoniano fino al Pleistocene, durante le fasi tettoniche compressive minori intercalate a quelle distensive.

Nel Plio-Pleistocene la Follonica-Val Marecchia, che rappresentava una zona di debolezza crostale, può aver favorito la messa in posto di masse magmatiche acide che, nella loro risalita, avrebbero modificato i precedenti assetti strutturali, soprattutto con un ulteriore sollevamento della zona di Larderello.

Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Modena.

ABSTRACT

On the basis of geological and geophysical data, the influence of a tectonic transcurrent line on the structural evolution of the Toscana Marittima is hypothesized.

The line, transversal to the major tectonic structures of the Northern Apennines, is oriented SW-NE from the Follonica Gulf to the Marecchia Valley. It was active almost from the Early-Middle Miocene to the Pleistocene and was connected to the compressional tectonics and to the counterclockwise rotation of the Apenninic chain.

The movements along the line were of two types: one transcurrent sinistral, the other vertical with uplift of the southern block. The vertical movements affected not only the crust, but probably also the upper mantle, as it is pointed out by the Moho, deeper at north than at south of the line.

The Follonica-Marecchia line divides the northern and the southern zones; the first is characterized by structures oriented NW-SE and with wider distribution of the Ligurian Units, whereas in the second the structures are N-S to NNE-SSW trending, as in the case of the uplifted Monticiano-Roccastrada-Mt. Leoni ridge.

The structural arrangement, deriving from the compressional phases, conditioned the formation of the Neogenic-Pleistocene basins that started in the areas of crustal weakness, maintaining the same orientation. The Neogenic-Pleistocene subsidence, during the extensional phases, was caused by normal faults with moderate extension of the order of 6-7%.

During the extensional phases the Follonica-Marecchia tectonic line played probably a passive role, prevalently as a transfer fault; but it can not be excluded that moderate transcurrent movements were resumed during the secondary compressional phases alternated to the extensional ones from the Messinian until the Pleistocene.

In the Plio-Pleistocene the Follonica-Marecchia line, that was a zone of crustal weakness, could have favoured the uplift of magmatic bodies that changed partially the structural picture, especially north of the line, with the further uplift of the Larderello zone.

PAROLE CHIAVE: Tettonica trasversale, bacini neogenici, Toscana Marittima.

KEY WORDS: Transversal tectonics, Neogenic basins, Toscana Marittima.

1. INTRODUZIONE

L'evolversi delle conoscenze sulla geodinamica della catena appenninica ha messo in evidenza come la tettonica

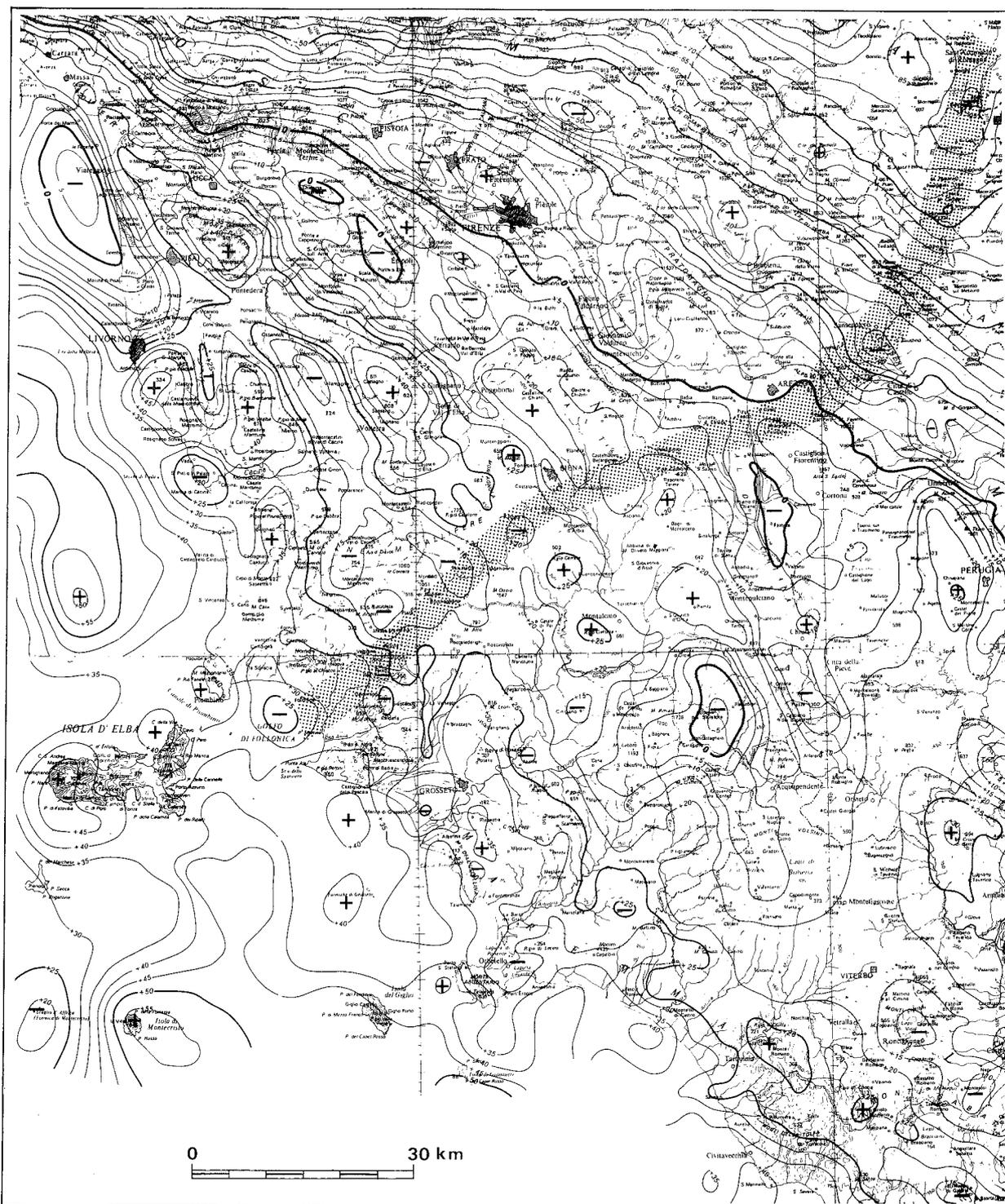


Fig. 1 - Carta delle anomalie gravimetriche con equidistanza di 5 mgal (da CARROZZO *et al.*, 1991). In punteggiato la fascia corrispondente alla linea tettonica trasversale Follonica-Val Marecchia.

trasversale abbia giocato un ruolo importante nel determinare l'attuale assetto strutturale.

Purtroppo però mancano sufficienti studi di dettaglio, sia di superficie che profondi, tali da fornire un quadro preciso di tale ruolo; pertanto non si può far altro che tentare ricostruzioni basate su pochi dati e quindi suscet-

tibili di forti variazioni. Si può comunque sperare che i dati sismici provenienti dai profili CROP, unitamente a ricerche di campagna, possano fornire importanti informazioni anche su questi aspetti dell'evoluzione strutturale della catena.

2. ISOANOMALE DI BOUGUER

Le isoanomale di Bouguer della Toscana Marittima (Fig.1, da CAROZZO *et al.*, 1991), a SW della isoanomala zero, presentano un andamento assai complicato. A nord dell'allineamento Golfo di Follonica-Arezzo-Val Marecchia, corrispondente ad una fascia depressa in cui sono presenti numerosi minimi relativi, le isoanomale hanno un andamento decisamente appenninico in cui si alternano zone depresse (Val d'Era, Val d'Elsa, Valdarno) con zone ad anomalia relativamente positiva (M. Pisano-Pontedera-Casole d'Elsa); solo ad occidente, verso costa, le isoanomale diventano N-S (bacino della Fine, relativamente negativo e dorsale Bagni di Casciana-Campiglia Marittima relativamente positiva) concordemente con quanto avviene nel Tirreno fino alla latitudine dell'Argentario.

A sud della Follonica-Val Marecchia, procedendo da ovest verso est si hanno ancora allineamenti N-S (alto di Punta Ala-Formiche di Grosseto, depressione della Bruna, alto Roccastrada-M. Leoni- Monti dell'Uccellina-Argentario) che però non sono allineati con quelli precedentemente ricordati, ma spostati verso est di alcune decine di chilometri; segue la zona tra l'Argentario, l'Amiata e M. Bellino dove le isoanomale assumono direzioni antiappenniniche, soprattutto in corrispondenza della valle dell'Albegna. Solo la dorsale di Montalcino e quella medio-toscana di Rapolano-M. Cetona e le depressioni del Paglia e della Val di Chiana presentano andamenti appenninici, ma non più NW-SE bensì NNW-SSE; a est del Trasimeno-Bolsena infine compare di nuovo un marcato andamento N-S con l'alto di Perugia. Questo rappresenta il margine occidentale della grande curvatura dell'Appennino Umbro e corrisponde alla variazione strutturale dell'Appennino da NW-SE a N-S che si spinge a sud fino all'allineamento Latina-Pescara dove le isoanomale di Bouguer si dispongono in direzione antiappenninica, WSW-ENE, in una fascia che separa l'Appennino Centro-Settentrionale da quello Meridionale.

Nella zona compresa tra l'Amiata, Perugia e Civitavecchia le isoanomale di Bouguer sono ancora complessivamente appenniniche, con un'ampia e continua depressione che ha il suo minimo tra l'Amiata e Radicofani (-5 mGal) e che, attraverso il Lago di Bolsena si spinge a SE oltre quello di Vico.

Anche le anomalie aeromagnetiche presentano una complessità analoga a quella delle isoanomale di Bouguer come ha messo in evidenza CASSANO (1991) il quale, nell'interpretazione del basamento magnetico della Toscana marittima, individua una marcata discontinuità lungo l'allineamento antiappenninico Golfo di Follonica-Arezzo.

3. LINEA TETTONICA TRASVERSALE FOLLONICA-VAL MARECCHIA

Se si confronta la carta gravimetrica con lo schema geologico di Fig. 2, si nota una perfetta corrispondenza tra

depressioni gravimetriche e bacini neogenici, fatta eccezione per la zona delle colline metallifere (Castelnuovo Val di Cecina-Niccioleto-Boccheggiano) che è stato spiegato con la presenza a pochi chilometri di profondità di un batolite granitico (BERTINI *et al.*, 1991).

La fascia depressa corrispondente alla Follonica - Val Marecchia separa due aree con direttrici tettoniche molto diverse: decisamente appenniniche a nord e variabili a sud, ma con spiccata preferenza alla N-S. Inoltre lungo tale allineamento sono rilevabili altre due interessanti situazioni: la presenza di manifestazioni magmatiche, a Gavorrano, a Roccatederici e a Roccastrada, e in secondo luogo il fatto che i terreni liguri arrivano fino al margine padano (in Val Marecchia) a nord dell'allineamento mentre a sud si arrestano in corrispondenza della dorsale medio-toscana di Rapolano-M. Cetona, con un "gradino" di oltre cento chilometri.

Se si considera poi la base del Pliocene nel margine padano-adriatico si può notare che essa, in corrispondenza della linea Follonica-Val Marecchia, come anche nel caso della sopraricordata linea Latina-Pescara, entrambe zone di congiunzione tra due sistemi di archi di pieghe adriatiche, raggiunge la profondità di 7000 metri nel primo caso e di 4000 nel secondo.

Gli elementi sopra ricordati concorrono tutti ad ipotizzare che la linea Follonica-Val Marecchia corrisponda per buona parte, ad eccezione del tratto più sud-occidentale, alla linea tettonica trasversale Grosseto-Val Marecchia (FAZZINI & GELMINI, 1982) avente carattere trascorrente sinistro; rappresenterebbe uno degli svincoli meccanici trasversali alle direttrici tettoniche principali dell'Appennino, sviluppatasi durante le fasi compressive dell'orogenesi, e lungo i quali si sarebbe realizzata la rotazione antioraria della catena con andamento di tipo pendolare avente il fulcro grossomodo nel Mar Ligure, prima dell'instaurarsi della fase distensiva che ha portato alla formazione dei bacini neogenici e pleistocenici.

Due sono gli interrogativi che ci si può porre: a) in quale intervallo di tempo abbia agito la tettonica trasversale antiappenninica; b) quale ruolo essa abbia giocato sull'assetto tettonico della regione.

Per quanto riguarda il primo punto si può ipotizzare che l'attività tettonica abbia avuto origine almeno in concomitanza con la fase compressiva che ha interessato la regione contemporaneamente con l'inizio della rotazione antioraria della catena, e cioè almeno a partire dal Burdigaliano. La fase compressiva, che ha interessato la Toscana Marittima, è quella burdigaliana (CONTI & GELMINI, 1992, e in stampa) che ben si accorda con l'età ($19,68 \pm 0,5$ Ma) del metamorfismo della messa in posto dell'Unità Ortano-Rio Marina dell'Isola d'Elba (DEINO *et al.*, 1992) e con quella della successiva prima fase estensiva datata a 12-14 Ma (Miocene medio) nelle Apuane (CARMIGNANI *et al.*, 1992).

Con il migrare verso est dell'"onda orogenica", l'entità tende ad attenuarsi ad ovest e ad aumentare ad est; nella Toscana marittima l'attività tettonica lungo la trasversale si attenua, ma senza terminare definitivamente, con il

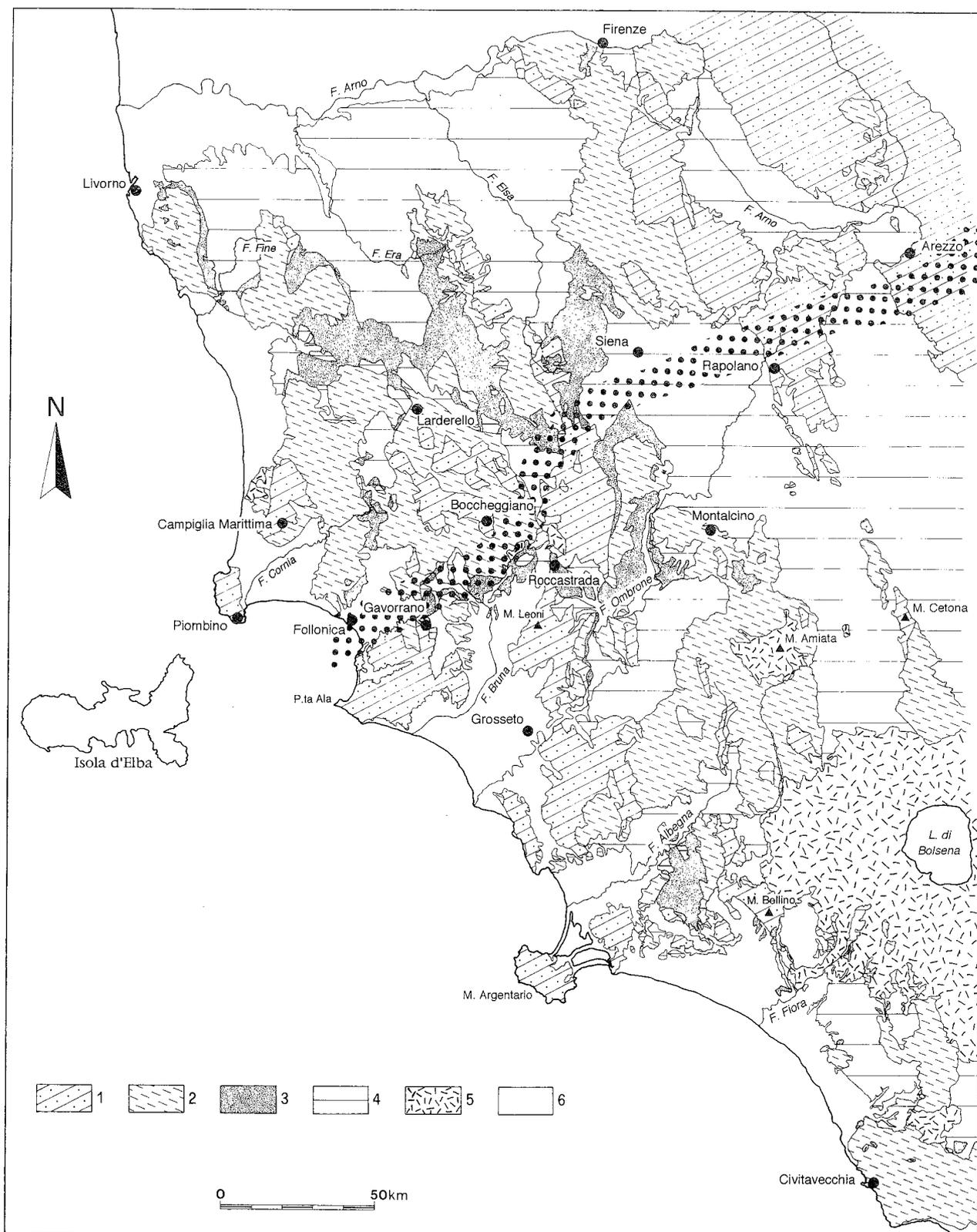


Fig. 2 - Carta geologica schematica della Toscana a sud dell'Arno. 1. Terreni della Successione Toscana; 2. terreni delle Unità Liguri. Bacini neogenico-quadernari: 3. Terreni tortoniano-messiniani; 4. Terreni plio-pleistocenici. 5. Vulcaniti e plutoniti neogenico-quadernarie; 6. Terreni recenti. In punteggiato la fascia corrispondente alla linea tettonica trasversale Follonica-Val Marecchia.

Tortoniano, quando, con l'instaurarsi di un generale regime distensivo, cominciano a delinearci i bacini neogenici; sia nel Messiniano che successivamente fino al Pleistocene,

infatti si hanno testimonianze di eventi tettonici compressivi, anche con carattere trascorrente (CERRINA FERONI *et al.*, 1983; MARTELLI *et al.*, 1989; BETTINI *et al.*, 1990;

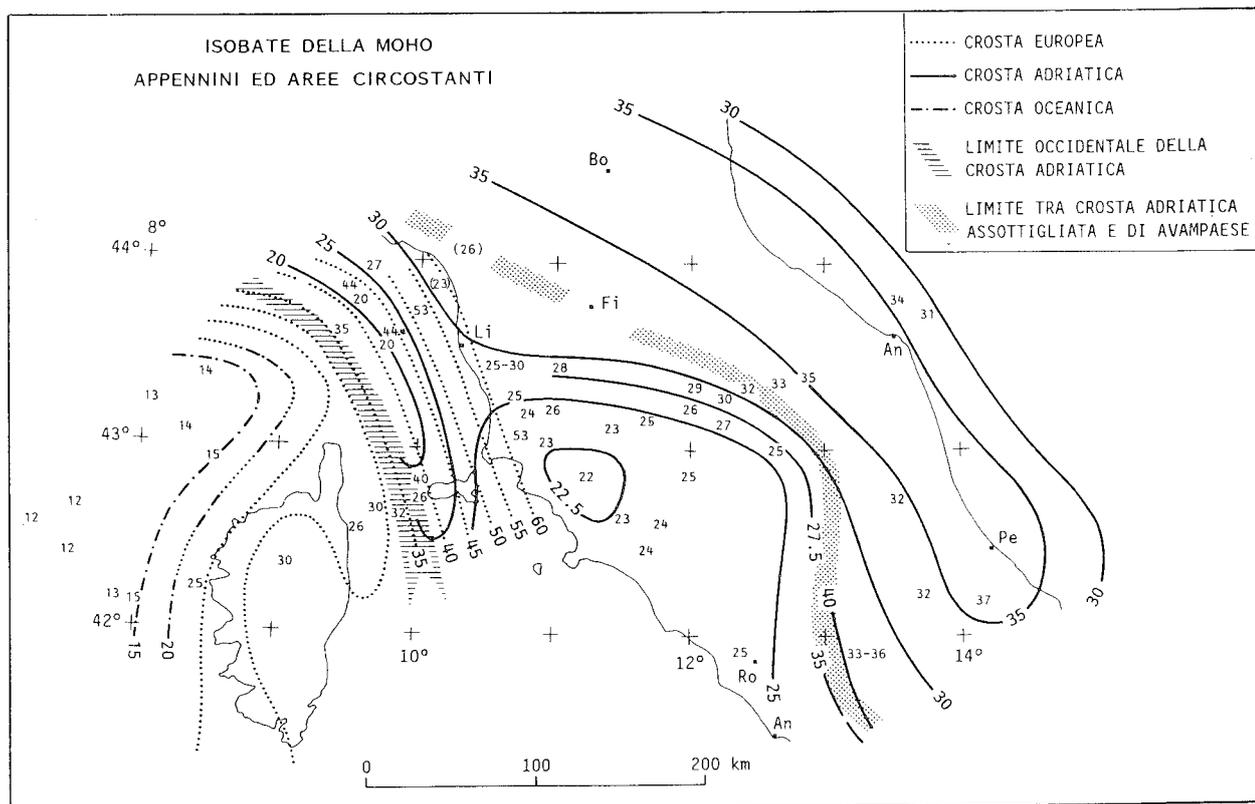


Fig. 3 - Isobate della Moho nell'Appennino Settentrionale e nella Corsica (da MINELLI *et al.*, 1991).

BERNINI *et al.*, 1990; BOCCALETTI *et al.*, 1991).

Per quanto riguarda il ruolo svolto dalla linea trasversale, si può ipotizzare che si sia esplicata in due modi interdipendenti, non facilmente scindibili in merito ai tempi in cui si sono manifestati: da una parte con un'attività trascorrente e dall'altra di dislocazione verticale; inoltre non si può trascurare il fatto, messo in evidenza da LIOTTA (1991), che la linea tettonica trasversale può essersi comportata come *transfer fault*.

L'attività trascorrente si è esplicata soprattutto durante le fasi tettoniche compressive principali e in misura minore in quelle verificatesi dal Messiniano sup. al Pleistocene e interposte alle fasi distensive; i movimenti verticali sembrano aver avuto la massima entità contemporaneamente all'attività trascorrente, arrivando ad interessare non solo la crosta ma forse anche il mantello superiore.

Gli elementi principali indicativi dei due tipi di movimenti si possono così riassumere:

— I terreni liguri affiorano fino alla Val Marecchia nel versante padano dell'Appennino mentre si interrompono, in Toscana, all'altezza della dorsale Rapolano-M. Cetona, con un "gradino" in pianta, di oltre cento chilometri, proprio lungo l'allineamento Follonica-Val Marecchia (se si esclude la coltre della Val Marecchia il gradino si riduce ad una sessantina di chilometri) Il "gradino" sopraricordato non necessariamente corrisponde all'entità della trascorrenza che, per la scarsità di riferimenti certi ai lati della linea tettonica trasversale, non può essere attualmen-

te valutata.

— In Toscana i terreni liguri sono molto più ampiamente distribuiti a nord che a sud dello stesso allineamento che, pertanto sembra aver rappresentato, a sud, un ostacolo alla loro diffusione; ciò può essere dovuto ad un innalzamento del blocco meridionale rispetto a quello settentrionale.

— Una indicazione in questo senso proviene dall'andamento dell'orizzonte sismico K rilevato in numerose linee sismiche nella zona di Larderello (BATINI *et al.*, 1983) che tende ad abbassarsi procedendo da sud verso nord (BERTINI *et al.*, 1991).

— Anche la Moho (Fig.3), ricostruita da MINELLI *et al.* (1991), presenta un innalzamento di qualche chilometro nella zona di Grosseto a sud della Follonica-Val Marecchia, in accordo con quanto si può rilevare nel profilo 09 di rifrazione profonda (DSS) (Fig.4); qui, in prossimità della linea trasversale, è indicata una discontinuità subverticale che interessa anche il mantello superiore e con innalzamento della parte meridionale; resta comunque da spiegare come tale discontinuità non sia stata rilevata anche nei profili 07-08 (Fig.4).

— Le anomalie residue del flusso di calore nell'area toscana (Fig.5) (MONGELLI & ZITO, 1991; MONGELLI *et al.*, 1991) mostrano un allineamento dei massimi in direzione appenninica interrotto dalla linea trasversale: il massimo di anomalia della zona di Larderello è spostato verso ovest, rispetto a quelli meridionali, di circa 30-40 chilometri, interpretabile come una trascorrenza sinistrorsa manife-

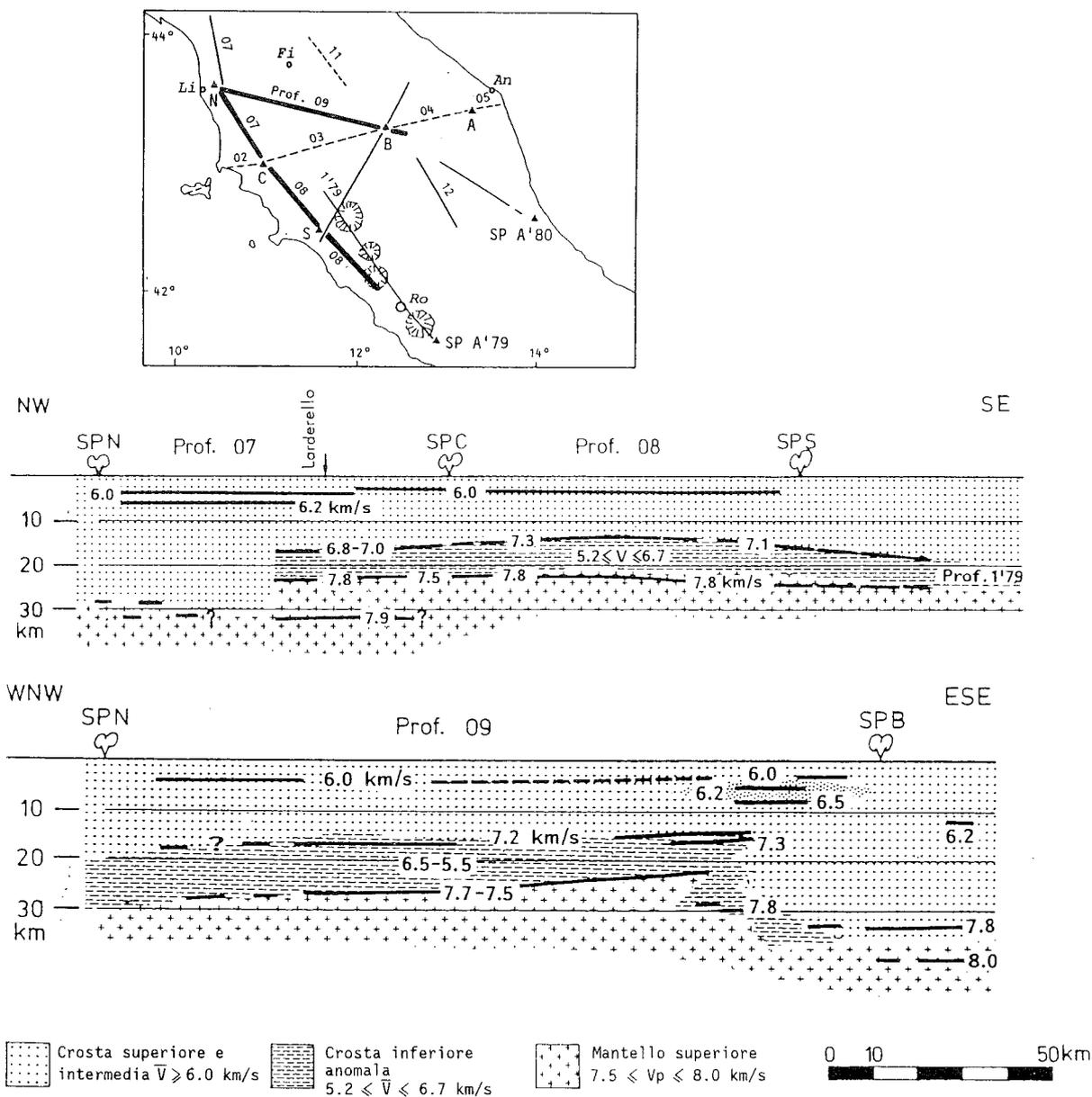


Fig. 4 - Sezioni crostali a rifrazione profonda (DSS) n. 07-08-09 (da WIGGER, 1984).

statis negli ultimi 5 Ma, età attribuibile al magmatismo della zona (SERRI *et al.*, 1991).

— Le manifestazioni magmatiche della zona (Gavorrano, Roccatederici, Roccastrada), tutte appartenenti alla stessa fase (SERRI *et al.*, 1991), sono allineate in direzione antiappenninica così come risulta anche per il corpo batolitico della zona di Larderello dalle indagini telesismiche (FOLEY *et al.*, 1990). Inoltre si può aggiungere il fatto che anche le magmatiti incontrate nel Pozzo S. Stefano 1 dell'AGIP (cfr Fig.3 in CASSANO, 1991), sono allineate con le precedenti e ubicate in prossimità della linea tettonica trasversale Follonica-Val Marecchia, anche se non risulta ancora chiaro a quale fase magmatica siano riferibili.

— Durante le fasi distensive neogenico-quadernarie la linea tettonica trasversale corrisponde ad una zona di sepa-

razione tra quanto avviene a sud e a nord di essa. Soprattutto ad ovest del bacino di Siena la corrispondenza tra blocchi sollevati e blocchi abbassati ai due lati è assai scarsa: di frequente si fronteggiano zone a polarità inversa, aventi un orientamento tendenzialmente appenninico a nord e in prevalenza N-S con tendenza all'antiappenninico a sud (Fig. 6); ciò è particolarmente evidente nel grossetano dove i bacini dell'Ombrone e della Bruna sono fortemente condizionati dall'andamento della dorsale Monticiano-Roccastrada-M. Leoni.

4. CONCLUSIONI

I dati di superficie e profondi sono ancora insufficienti a definire con precisione o almeno sufficiente attendibilità

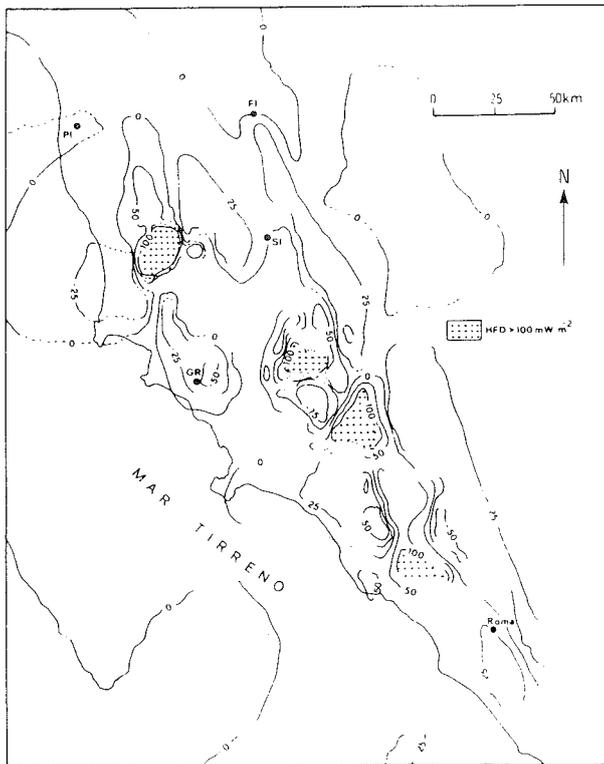


Fig. 5 - Mappa delle anomalie residue del flusso di calore dell'area Tosco-Laziale (da MONGELLI *et al.*, 1991).

i tempi e i modi in cui l'ipotizzata linea tettonica trasversale Follonica-Val Marecchia ha svolto la sua attività.

Essa ha modificato il suo ruolo al variare delle condizioni tettoniche generali in cui si è venuta a trovare la Toscana marittima a partire almeno dal Burdigaliano fino al Pleistocene. Durante la fase compressiva principale, di età burdigaliana (CONTI & GELMINI, 1992 e in stampa) accompagnata dalla rotazione antioraria della catena, la linea trasversale ha agito come svincolo meccanico con trascorrenza sinistra diversamente condizionando la strutturazione del basamento toscano e la distribuzione delle coltri liguri. Queste sono infatti più sviluppate a nord della Follonica-Val Marecchia che non a sud e ciò è forse da mettere in relazione anche con la componente verticale lungo la trascorrente con innalzamento del blocco meridionale.

E' in questa zona inoltre che le direttrici tettoniche si discostano maggiormente da quelle appenniniche assumendo un andamento N-S tendente a NNE-SSW particolarmente marcato nella dorsale Monticiano-Roccastrada-M. Leoni.

Durante le fasi tettoniche distensive a nord e a sud della trasversale si ha una diversa distribuzione dei blocchi relativamente abbassati (bacini) e di quelli rialzati (dorsali) a testimoniare come la linea tettonica abbia svolto un ruolo sostanzialmente passivo, agendo anche come *transfer fault* (LIOTTA, 1991).

A questo punto ci si può chiedere quale sia stato il condizionamento che l'assetto strutturale, definitosi durante le principali fasi compressive, ha esercitato durante

le successive fasi distensive: probabilmente i bacini neogenici si sono impostati per lo più in zone di debolezza crostale già strutturalmente depresse, esaltate dagli sforzi estensionali, ma rimane comunque da chiarire se la distensione sia avvenuta con movimenti in prevalenza verticali e quindi con un'estensione limitata, oppure se essa si sia evoluta tramite superfici poco inclinate e pertanto con una forte estensione orizzontale come è stato di recente supposto da diversi autori.

Secondo BERTINI *et al.* (1991) la tettonica distensiva si è sviluppata in due fasi con caratteristiche diverse: la prima si sarebbe esplicata dopo la messa in posto delle Liguridi con faglie listriche dirette in un sistema di tipo *flat-ramp-flat* che, confinate per lo più nei livelli plastici della successione toscana (soprattutto Calcare cavernoso), non avrebbero interessato il "basamento" e che avrebbero provocato un'estensione di almeno il 60%. Difficile valutare l'eventuale interazione tra la linea tettonica trasversale e questa prima fase distensiva.

La seconda fase distensiva, con un'estensione del 6-7% e quindi con movimenti a forte componente verticale, concordemente con quanto indicato da GELMINI (1991), sarebbe responsabile della formazione dei bacini neogenici, soggetti ad una forte subsidenza.

Per quanto riguarda l'età delle due fasi distensive, la prima, ipotizzata tra il Miocene medio e il Tortoniano superiore da BERTINI *et al.*, (1991), trova una più precisa collocazione nel Miocene medio (CARMIGNANI *et al.*, 1992). Questa seconda datazione è quella che meglio si inserisce tra la fine della fase compressiva (burdigaliana) e la seconda fase distensiva il cui inizio si può ipotizzare tra il Serravalliano e il Tortoniano inferiore e non nel Turoliano, età dei depositi neoautoctoni considerati più antichi.

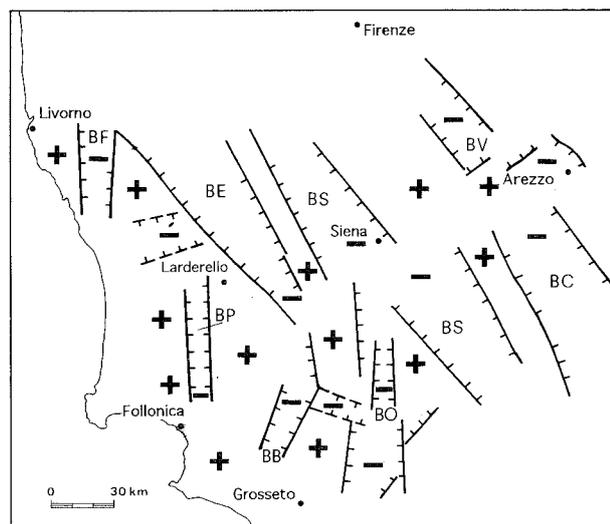


Fig. 6 - Abbassamenti e innalzamenti relativi a cavallo della linea tettonica trasversale Follonica-Val Marecchia durante le fasi distensive neogenico-quadernarie. Principali bacini neogenici e pleistocenici. BF= bacino del F. Fine; BE= bacino del F. Era; BP= bacino del F. Pecora e dell'alto F. Cornia; BB= bacino del F. Bruna; BO= bacino del F. Ombrone; BS= bacino di Siena; BC= bacino della Val di Chiana; BV= bacino del Valdarno Superiore.

Ritengo infatti che l'Arenaria di Ponsano, datata al Tortoniano inferiore (BOSSIO *et al.*, 1992), sia da considerare, concordemente con GIANNINI & TONGIORGI (1959), neoautoctona e non semialloctona come ipotizzato recentemente da diversi autori; pertanto la seconda fase distensiva dovrebbe essere iniziata tra il Serravalliano superiore e il Tortoniano inferiore.

Se si tiene inoltre conto del fatto che la successione lignitifera di età turoliana è discordante sull'Arenaria di Ponsano, si può ipotizzare che, dopo la fase compressiva burdigaliana, la distensione sia avvenuta secondo il seguente schema:

— nel Miocene medio (Langhiano-Serravalliano) 1° fase con estensione intorno al 60% lungo piani poco inclinati che hanno interessato solo le coperture sopra il Calcare cavernoso;

— nel Serravalliano superiore-Tortoniano inferiore inizio della 2° fase distensiva con deposizione dell'Arenaria di Ponsano;

— nel Tortoniano medio-superiore sollevamento con dislocazione ed erosione di buona parte dell'Arenaria di Ponsano;

— nel Tortoniano superiore inizio della grande fase distensiva con faglie ad alto angolo e scarsa estensione che ha prodotto i grandi bacini neogenici.

Lungo la trasversale (sempre in riferimento alla Toscana marittima, dato che ad est nel versante adriatico dell'Appennino continuavano le fasi compressive e la linea tettonica manteneva il suo prevalente carattere trascorrente), si è avuta inoltre una risalita di magmi (Gavorrano, Roccatederici e Roccastrada) appartenenti al magmatismo acido toscano la cui genesi sarebbe collegabile secondo SERRI *et al.* (1991) ad un meccanismo di *underplating* di magmi derivati dall'astenosfera ibridizzata.

Lavoro eseguito con il contributo finanziario M.U.R.S.T 40%, responsabile Prof. R. Gelmini.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

BATINI F., BERTINI G., GIANNELLI G., PANDELI E. & PUXEDDU M. (1983) - *Deep structure of the Larderello field: contribution from recent geophysical and geological data*. Mem. Soc. Geol. It., **25**, 219-236.

BERNINI M., BOCCALETTI M., MORATTI G., PAPANI G., SANI F. & TORELLI L. (1990) - *Episodi compressivi neogenico-quadernari nell'area estensionale tirrenica nord-orientale. Dati in mare e a terra*. Mem. Soc. Geol. It., **45**, 577-589.

BERTINI G., CAMELI G.M., COSTANTINI A., DECANDIA F.A., DI FILIPPO M., DINI I., ELTER M., LAZZAROTTO A., LIOTTA D., PANDELI E., SANDRELLI F. & TORO B. (1991) - *Struttura geologica fra i Monti di Campiglia e Rapolano Terme (Toscana Meridionale): stato attuale delle conoscenze e problematiche*. Studi Geol. Camerti, vol. spec., 1991/1, 155-178.

BETTINI P., BOCCALETTI M., BONINI M., MORATTI G., ROSSELLI S. &

SANI F. (1990) - *Indizi di episodi compressivi pleistocenici nell'Appennino Settentrionale. Dati preliminari*. Rend. Soc. Geol. It., **13**, 125-128.

BOCCALETTI M., CERRINA FERONI A., MARTINELLI P., MORATTI G., PLESI G. & SANI F. (1991) - *L'alternanza distensione-compressione nel quadro evolutivo dei bacini neogenici dell'Appennino Settentrionale*. Studi Geol. Camerti, vol. spec., 1991/1, 187-192.

BOSSIO A., COSTANTINI A., LAZZAROTTO A., MAZZANTI R., MAZZEI R., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. (1992) - *Aggiornamento bio-cronostratigrafico del Neogene toscano*. (Riassunto). Atti della 76° Riunione Estiva della Soc. Geol. It., Firenze, 21-23 sett. 1992, 150-152.

CARMIGNANI L., FANTOZZI P.L., GIGLIA G., KLIGFIELD R. & MECCHERI M. (1992) - *Tettonica di crosta media e di crosta superiore nelle Alpi Apuane: un modello per l'interpretazione dei profili sismici a riflessione dell'Appennino Settentrionale*. Studi Geol. Camerti, vol. spec., 1992/2, 211-226.

CARROZZO M.T., LUZIO D., MARGIOTTA C. & QUARTA T. (1991) - *Gravity map of Italy. Isoanomalies of Bouguer. Scale 1:500000*. Sheet n.1. P.F. Geodinamica, CNR. Quaderni della Ricerca Sc. **114**.

CASSANO E. (1991) - *Dati magnetici lungo il profilo*. Studi Geol. Camerti, vol. spec., 1991/1, 49-54.

CERRINA FERONI A., MORATTI G. & PLESI G. (1983) - *Evidenze di episodi compressivi messiniano-pliocenici alternati alla tettonica di distensione nella Toscana sud-occidentale, emerse dall'analisi mesostrutturale*. In: Atti della riunione sui "Meccanismi deformativi delle catene perimediteranee: stato di avanzamento delle ricerche e problematiche emerse". Firenze, 5 dic. 1983, 35-42.

CONTI S. & GELMINI R. (1992) - *Eventi tettonici e migrazione del sistema fronte deformativo-avanfossa nell'Appennino Settentrionale dal Miocene inferiore al Pliocene inferiore*. (Riassunto). Atti della 76° Riunione Estiva della Soc. Geol. It., Firenze, 21-23 sett. 1992, 93-95.

CONTI S. & GELMINI R. (in stampa) - *Tectonic phases and migration of foredeep-thrust belt system in the Northern Apennines from the Miocene to Early Pliocene*. Mem. Soc. Geol. It.

DEINO A., KELLER J.V.A., MINELLI G. & PIALI G. (1992) - *Datazione ⁴⁰Ar/³⁹Ar del metamorfismo dell'Unità di Ortano-Rio Marina (Isola d'Elba): risultati preliminari*. Studi Geol. Camerti, vol. spec., 1992/2, 187-192.

FAZZINI P. & GELMINI R. (1982) - *Tettonica trasversale nell'Appennino settentrionale*. Mem. Soc. Geol. It., **24**, 299-309.

FOLEY J.E., TOKSOZ M.N. & BATINI F. (1990) - *Three-dimensional inversion of teleseismic travel times for velocity structure in the Larderello geothermal field, Italy*. Geother. Res. Coun. Transactions, 1413-1419.

GELMINI R. (1991) - *Profilo geologico tra l'Argentario e il Cetona (Toscana meridionale)*. Studi Geol. Camerti, vol. spec., 1991/1, 179-185.

LIOTTA D. (1991) - *The Arbia-Val Marecchia Line, Northern Apennines*. *Ecl. Geol. Helv.*, **84**, (2), 413-430.

GIANNINI E & TONGIORGI M. (1959) - *Stratigrafia Neogenica Toscana. 1. - L'arenaria elveziana di Ponsano (Volterra)*. *Boll. Soc. Geol. It.*, **78**(2), 83-100.

MARTELLI L., MORATTI G. & SANI F. (1989) - *Analisi strutturale dei travertini della Toscana meridionale (Valle dell'Albegna)*. *Boll. Soc. Geol. It.*, **108**, 197-205.

MINELLI G., PIALLI G. & SCARASCIA S. (1991) - *Revisione dei profili crostali nell'area dell'Appennino Settentrionale interessata dal Profilo CROP 3*. *Studi Geol. Camerti*, vol. spec. 1991/1, 55-64.

MONGELLI F. & ZITO G. (1991) - *Flusso di calore nella regione*

Toscana. *Studi Geol. Camerti*, vol. spec., 1991/1, 91-98.

MONGELLI F., PUXEDDU M., SQUARCI P., TAFFI L. & ZITO G. (1991) - *Il flusso di calore e l'anomalia geotermica dell'area toscolaziare: implicazioni profonde*. *Studi Geol. Camerti*, vol. spec., 1991/1, 399-402.

SERRI G., INNOCENTI F., MANETTI P., TONARINI S. & FERRARA G. (1991) - *Il magmatismo neogenico-quadernario dell'area toscolaziare-umbra: implicazioni sui modelli di evoluzione geodinamica dell'Appennino Settentrionale*. *Studi Geol. Camerti*, vol. spec. 1991/1, 429-463.

WIGGER P.T. (1984) - *Die Krustenstruktur der Nordapennins und angrenzender Gebiete mit besonderer Berücksichtigung der geothermischen Anomalie der Toskana*. *Geowissenschaftliche Abhandlungen Reihe B/heft 9*, 1-87.

