

L'AVANFOSSA CENTRO-ADRIATICA: STILI STRUTTURALI E SEDIMENTAZIONE

RIASSUNTO

Notevoli variazioni dello stile strutturale si osservano su brevi distanze in un piccolo settore marino dell'avanfossa adriatica. L'evoluzione tettonico-sedimentaria dell'avanfossa, di età pliocenica, appare notevolmente condizionata dall'assetto stratigrafico precedente; in particolare, la distribuzione delle *facies* mesozoiche gioca un ruolo determinante, controllando, tramite l'estensione originaria dei livelli di scollamento potenziali (principalmente le evaporiti triassiche), lo stile deformativo dell'intera successione. Nel dettaglio si osserva poi come molte delle pieghe plioceniche siano impostate su strutture distensive precedenti, evidenziate dalla presenza di cunei clastici pre-pliocenici.

ABSTRACT

Significant changes in structural style occur over short distance in a small offshore sector of the Adriatic foredeep. The sedimentary and tectonic evolution of this foredeep of Pliocene age appears to be strongly affected by the previous stratigraphy. In particular, the lateral extent of the main décollement horizons (Triassic evaporites, Jurassic Rosso Ammonitico and Fucoidi marls), that is a major control on the deformation style, is related to the distribution of the Mesozoic *facies*. In many instances, it can be shown that the growth of folds and thrust faults is promoted by the presence of pre-Pliocene extensional faults.

PAROLE CHIAVE: Avanfossa, Adriatico, Stili strutturali, Tettonica e sedimentazione.

KEY WORDS: Foredeep, Adriatic sea, Structural styles, Tectonics and sedimentation.

INTRODUZIONE

L'avanfossa plio-quadernaria della catena appenninica è stata oggetto, sin dagli anni quaranta, di una intensa esplorazione a fini petroliferi ed è stata estesamente investigata con l'ausilio di pozzi e di rilievi sismici, questi ultimi molto spesso di eccellente qualità (PIERI, 1983). Nelle aree a mare una parte di questi dati è di pubblico dominio ed è stata utilizzata per lavori che erano finalizzati, principalmente, allo studio delle sequenze sedimentarie plio-quadernarie (DONDI

et al., 1982; ORI *et al.*, 1986; ROVERI *et al.*, 1986), mentre l'aspetto strutturale è stato solo marginalmente affrontato.

Il presente lavoro si propone di illustrare e discutere gli stili strutturali che caratterizzano un segmento centrale, situato a mare, dell'avanfossa adriatica (Fig. 1), con particolare riguardo sia per le variazioni spaziali delle geometrie delle strutture tettoniche, sia per la loro evoluzione temporale. Inoltre, verranno discusse le possibili relazioni esistenti fra gli elementi stratigrafico-strutturali pre-messiniani e le strutture tettoniche originatesi successivamente durante il Plio-Quadernario.

ASSETTO GEOLOGICO

L'avanfossa plio-quadernaria appenninica è l'ultima di una serie di avanfosse originatesi a partire dall'Oligocene, con la nascita della catena appenninica, e migrate progressivamente verso Est (RICCI LUCCHI, 1986). I sedimenti di tale avanfossa, a differenza di quelli delle precedenti che sono stati incorporati nell'edificio della catena, si trovano sostanzialmente nel

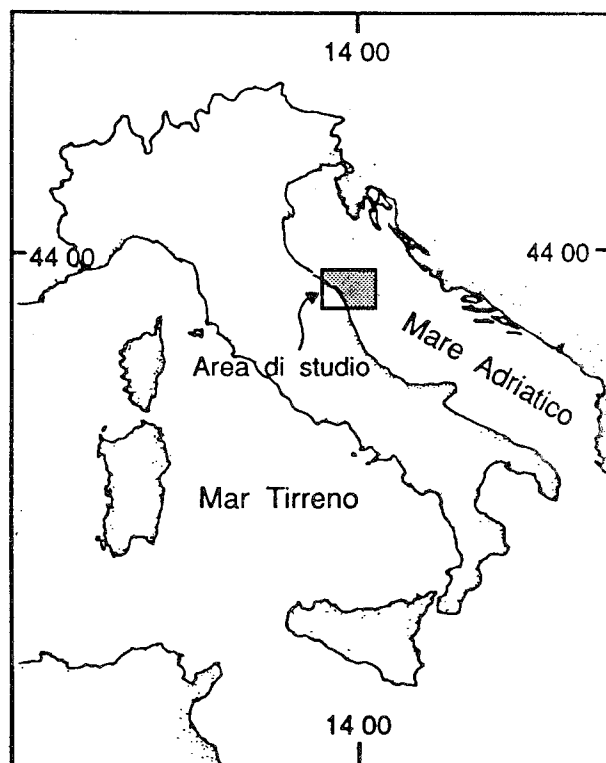


Fig. 1 - Ubicazione dell'area studiata.

(*) Istituto per la Geologia Marina - CNR, Bologna.

(**) Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Parma.

(***) Dipartimento di Scienze Geologiche, Università di Bologna.

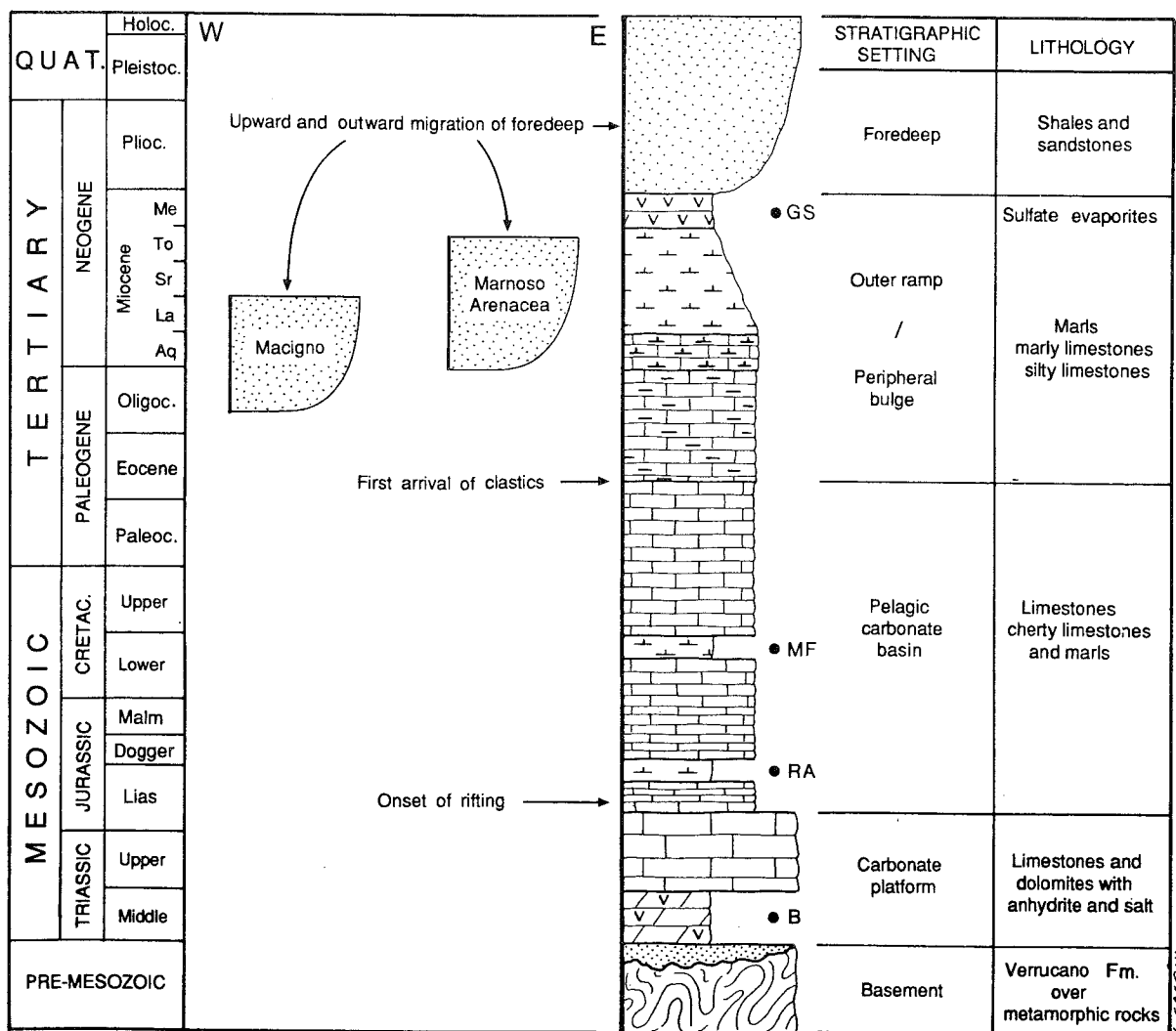


Fig. 2 - Schema stratigrafico semplificato dell'area centro-Adriatica.

sottosuolo e nel mare Adriatico dove hanno subito deformazioni di limitata entità. Una parte di questi sedimenti affiora, tuttavia, sul margine orientale della catena appenninica a causa dei sollevamenti legati alle deformazioni successive alla individuazione dell'avanfossa avvenuta nel Pliocene inferiore (CREMONINI & RICCI LUCCHI, 1982; *outer foothill zone* di BALLY *et al.*, 1986; ORI *et al.*, 1991).

La stratigrafia schematica della zona di avanfossa (Fig. 2) mostra, nel Triassico - Giurassico inferiore, una situazione di piattaforma carbonatica di mare basso, con episodi evaporitici, che viene successivamente annegata, a causa di un evento di *rifting*, lasciando così il posto, nel Lias, ad un bacino pelagico sempre a sedimentazione carbonatica. Con l'Oligocene si registrano i primi arrivi di sedimenti silicolastici a documentare l'esistenza di un sistema di avanfosse situate più ad occidente che si manifestano in quest'area solo con un assetto stratigrafico di rampa esterna o di flessura periferica. Il sistema di avanfosse sopra menzionato è legato alla nascita della catena appenninica che deve la sua origine, senza entrare nel merito delle cause geodinamiche, alla rotazione antioraria del blocco sardo-corso (CHANNELL *et al.*, 1979).

L'edificio della catena appenninica si costruisce essenzialmente a spese dei sedimenti mesozoici del margine continentale apulo, secondo uno stile sovrascorrimenti che si scollano su livelli a bassa competenza (es. evaporiti della Formazione di Burano, marne delle Formazioni Rosso Ammonitico e Fucoidi) e vanno in rampa attraverso le unità più competenti. Lo stile a pieghe e faglie che deriva da questo andamento dei sovrascorrimenti è illustrato, per l'Appennino centrale, in vari lavori basati su dati di affioramento e dati sismici (BALLY *et al.*, 1986; HILL & HAYWARD, 1987; SAGE *et al.*, 1991) che producono stime di raccorciamento dell'ordine del 35- 50% per le parti esterne della catena. Questa veduta non è tuttavia condivisa da chi ha svolto dettagliati lavori di rilevamento e ritiene, invece, che uno stile a pieghe di *buckling*, in seguito fagliate, sia più calzante rispetto a quello a *ramp-and-flat* (LAVECCHIA, 1981; LAVECCHIA *et al.*, 1989).

La deformazione dell'avanfossa plio-quadernaria, come già accennato in precedenza, è relativamente limitata nella parte a mare, mentre nella zona delle *outer foothill* i sedimenti plio-quadernari sono interessati da numerosi sovrascorrimenti, di piccole dimensioni, scollati al tetto dei sedimenti carbonatici (Fig. 3). Dal-

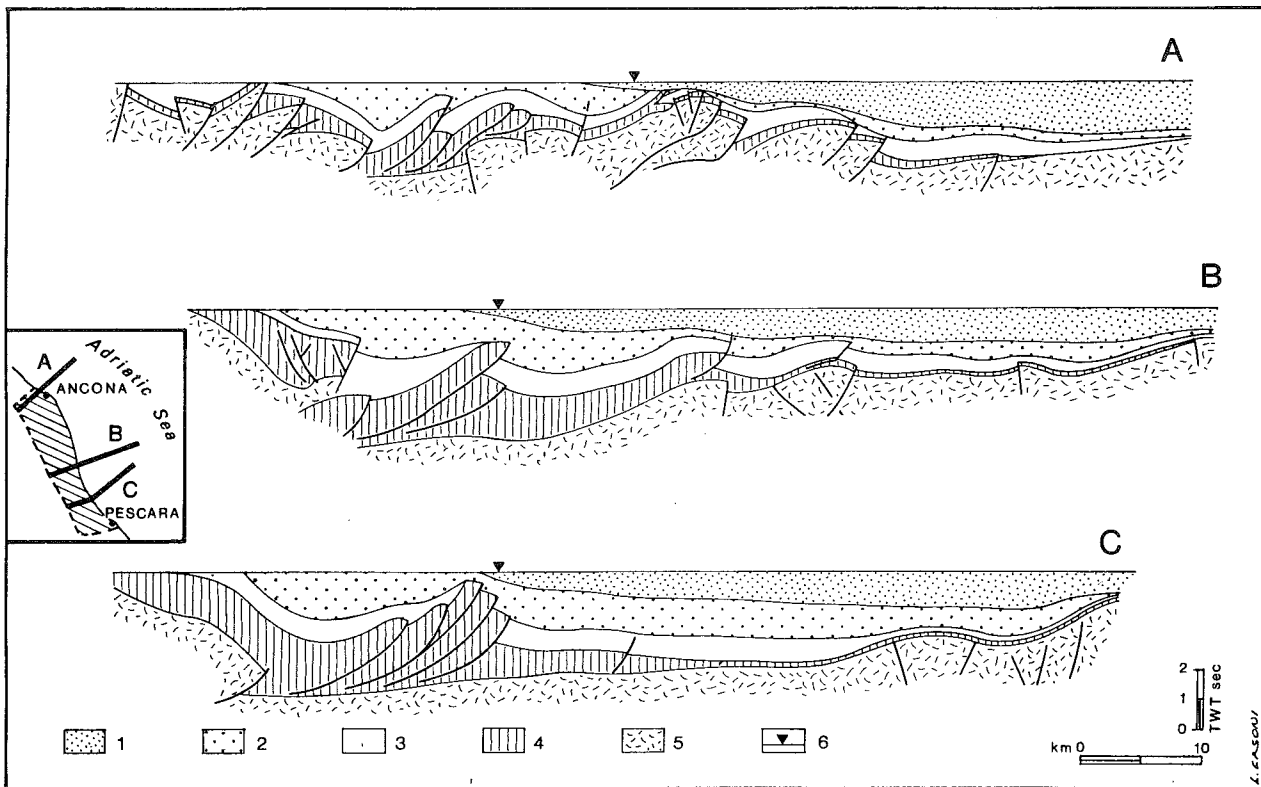


Fig. 3 - Line drawings di profili sismici attraverso l'avanfossa adriatica (da ORI *et al.*, 1991, modif.) 1 - Pleistocene, progadazioni longitudinali e trasversali; 2 - Pliocene medio-sup.-Pleistocene, bacini di *piggyback* chiusi; 3 - Pliocene inf. p.p., bacini di *piggyback* aperti; 4 - Messiniano-Pliocene inf. p.p., avanfossa s.s.; 5 - rampa di avampaese; 6 - linea di costa.

le sezioni si evince una evoluzione plio-quadernaria piuttosto complessa, caratterizzata da significative variazioni, sia spaziali sia temporali, di depocentri e stili strutturali. Nell'evoluzione dell'avanfossa si riconosce un primo stadio di individuazione, databile Messiniano-Pliocene inferiore, che è sviluppato principalmente nel settore meridionale dell'area illustrata in figura 3. I sedimenti di questo stadio vengono in seguito deformati dando origine ad un'avanfossa caratterizzata da bacini di *piggy-back* (ORI & FRIEND, 1984) in cui si depositano i sedimenti degli stadi successivi. La modalità con cui avviene la deformazione varia spazialmente: nelle zone meridionali, dove lo spessore dell'unità messiniano-pliocenica inferiore è maggiore, i sedimenti dell'avanfossa si scollano al di sopra del substrato carbonatico; nella parte settentrionale tale scollamento, che pure è presente, è accompagnato da deformazioni che interessano il substrato in maniera piuttosto estesa. In generale, tuttavia, la deformazione risulta più sviluppata nella parte a terra mentre è solo limitatamente presente a mare. Nell'area trattata in questo lavoro (situata nell'intorno della sezione A in figura 3) i sedimenti dell'avanfossa sono essenzialmente plio-quadernari e, dal punto di vista della stratigrafia sismica, sono suddivisibili in due principali unità: una inferiore caratterizzata da riflessioni in *onlap* di età pliocenica, ed una superiore con riflessioni in *downlap* di età pleistocenica (Fig. 4; ORI *et al.*, 1986). La prima è il prodotto di una sedimentazione torbiditica a distribuzione assiale, mentre la seconda è

dovuta a sistemi progadanti di provenienza sia appenninica sia padana.

DATI

I dati disponibili nell'area sono rappresentati in Fig. 5 e consistono in pozzi per esplorazione petrolifera e profili sismici multicanale.

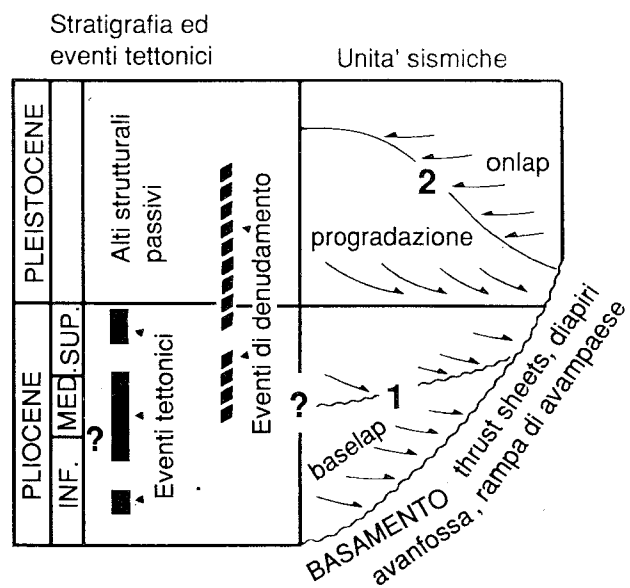


Fig. 4 - Sintesi delle unità sismiche e degli eventi tettonici Plio-Pleistocenici (da ORI *et al.*, 1986, modif.).

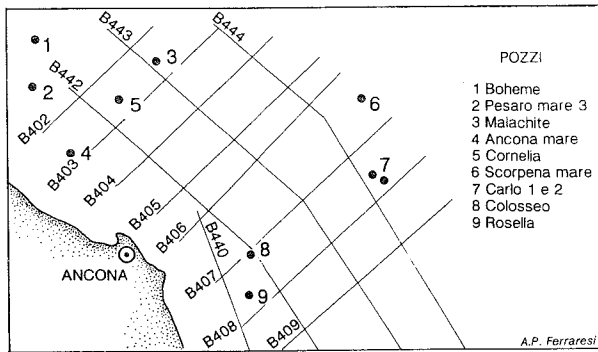


Fig. 5 - Ubicazione dei dati utilizzati (linee sismiche e pozzi).

Attualmente sono disponibili nella zona 9 pozzi esplorativi che raggiungono profondità ed unità variabili da pozzo a pozzo. Le unità più antiche perforate sono del periodo Giurassico e sono state raggiunte fino ad una profondità di circa 4000 m. Più comunemente, le informazioni derivanti dai pozzi si limitano al Terziario.

I dati sismici consistono in circa 700 km di linee multicanale a 24 tracce con copertura 600% acquisite nel 1967 dalla *Geophysical Service International Ltd.*, per conto dell'Agip, nella zona ministeriale "B". Le sezioni sismiche, non migrate ed in tempi doppi, registrano fino a 5 secondi in profondità.

ANALISI DEI DATI

L'analisi congiunta della stratigrafia, derivante dai pozzi, e delle relazioni geometriche riguardanti le uni-

tà tettoniche e sismo-stratigrafiche, riconosciute nei profili sismici, consente di ricostruire l'evoluzione di questo settore dell'avanfossa adriatica. Tuttavia, per convenienza di esposizione, i dati relativi ai pozzi ed ai profili verranno descritti separatamente e solo nel paragrafo relativo all'interpretazione verranno trattati unitamente.

DATI DI POZZO

L'ubicazione dei pozzi risente del fatto che questi sono stati progettati con finalità petrolifere, per cui molti di essi sono collocati su zone di alto strutturale. Tuttavia questo non impedisce di tentare delle ricostruzioni paleogeografiche, in quanto la deformazione, a tutti i livelli stratigrafici, è sempre piuttosto limitata. I terreni oligo-miocenici, che sono quelli meglio rappresentati, sono in *facies* bacinale e di rampa carbonatica nella parte Sud-occidentale dell'area (Fig. 6b). Nella parte Nord-orientale è presente una lacuna comprendente l'intero intervallo oligo-miocenico ed i sedimenti dell'avanfossa plio-quadernaria poggiano direttamente sopra a depositi eocenici di piattaforma carbonatica.

Nell'intervallo Cretaceo-Eocene (Fig. 6c) la distribuzione delle *facies* delinea un'area bacinale nel settore Sud-occidentale, ed una di piattaforma nella parte Nord-orientale. La separazione tra i due settori di piattaforma e bacino era già evidente nel Giurassico (Fig. 6d) ed è in parte ricalcata dall'andamento della lacuna oligo-miocenica.

Integrando i dati di pozzo con le informazioni de-

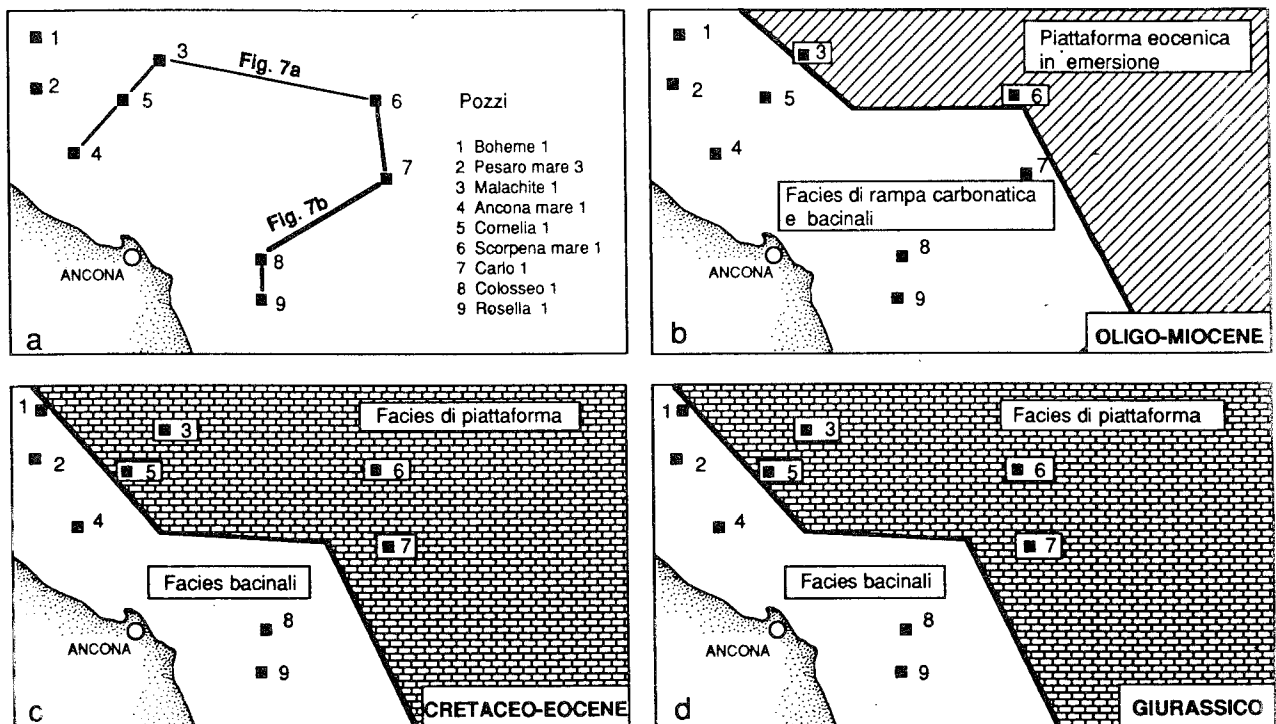


Fig. 6 - Distribuzione delle *facies* nei diversi intervalli temporali precedenti la formazione dell'avanfossa.

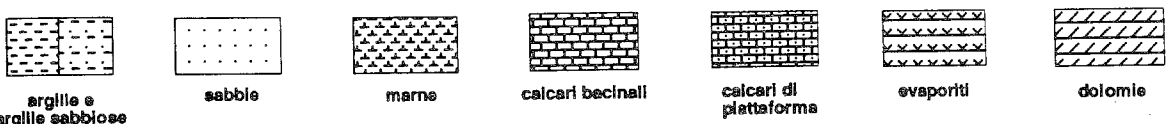
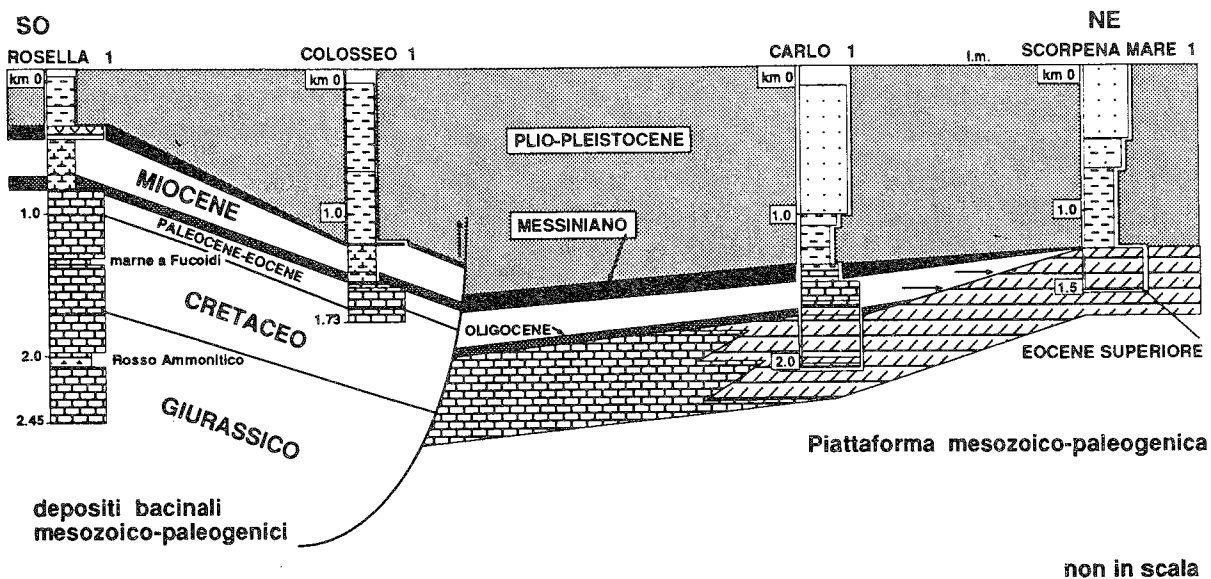
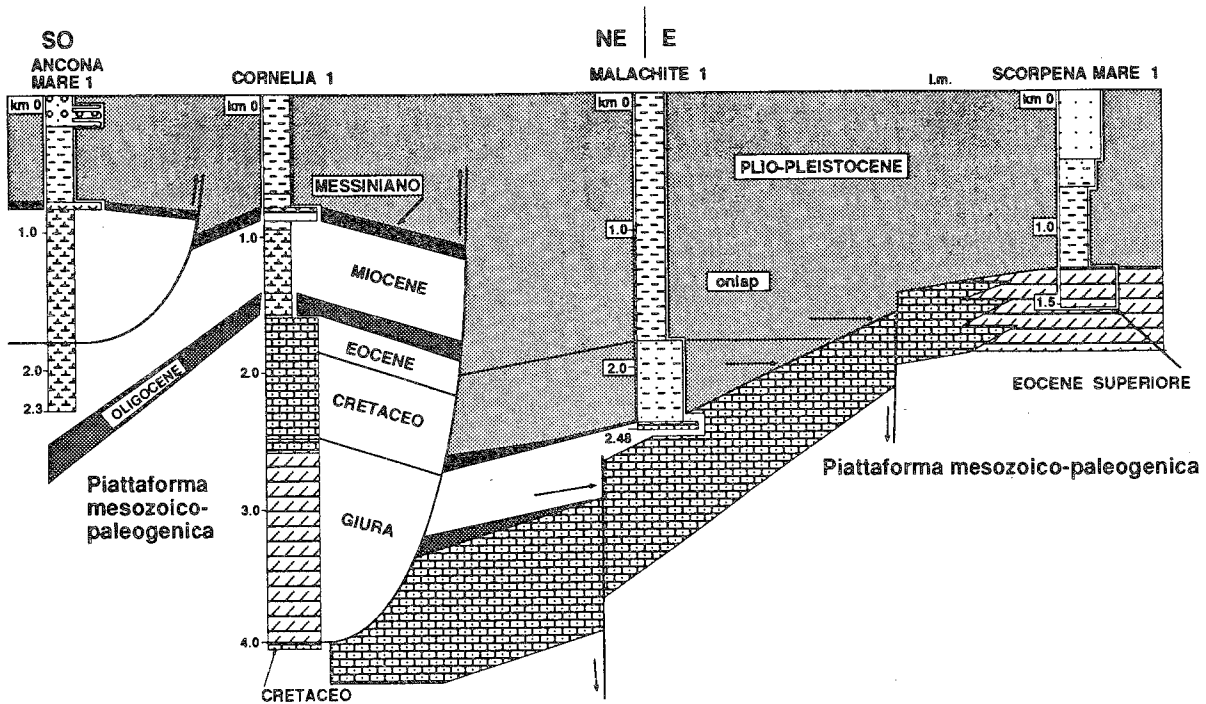


Fig. 7 - Transetti di correlazione tra pozzi (ubicazione in Fig. 6a).

sunte dalla sismica sono stati costruiti due transetti di correlazione (Fig. 6a, 7a e 7b) che esemplificano le relazioni stratigrafiche osservabili nell'area.

Il primo transetto (Fig. 7a), rappresentativo dell'area settentrionale, mostra una situazione di piattaforma carbonatica persistente per tutto il Mesozoico ed il Paleogene. Tale piattaforma viene poi tiltata verso Ovest, ed in parte anche fagliata, nel settore Nord-orientale

mentre ad Ovest viene coinvolta nei sovrascorrimenti della catena. Al di sopra di essa poggiano in *onlap* le unità oligo-mioceniche ed i sedimenti dell'avansfossa plio-pleistocenica.

Nell'area meridionale (Fig. 7b) invece, i sedimenti mesozoico-paleogenici passano da *facies* di piattaforma nelle zone orientali a *facies* bacinali nelle parti occidentali, attualmente coinvolte nei sovrascorrimenti

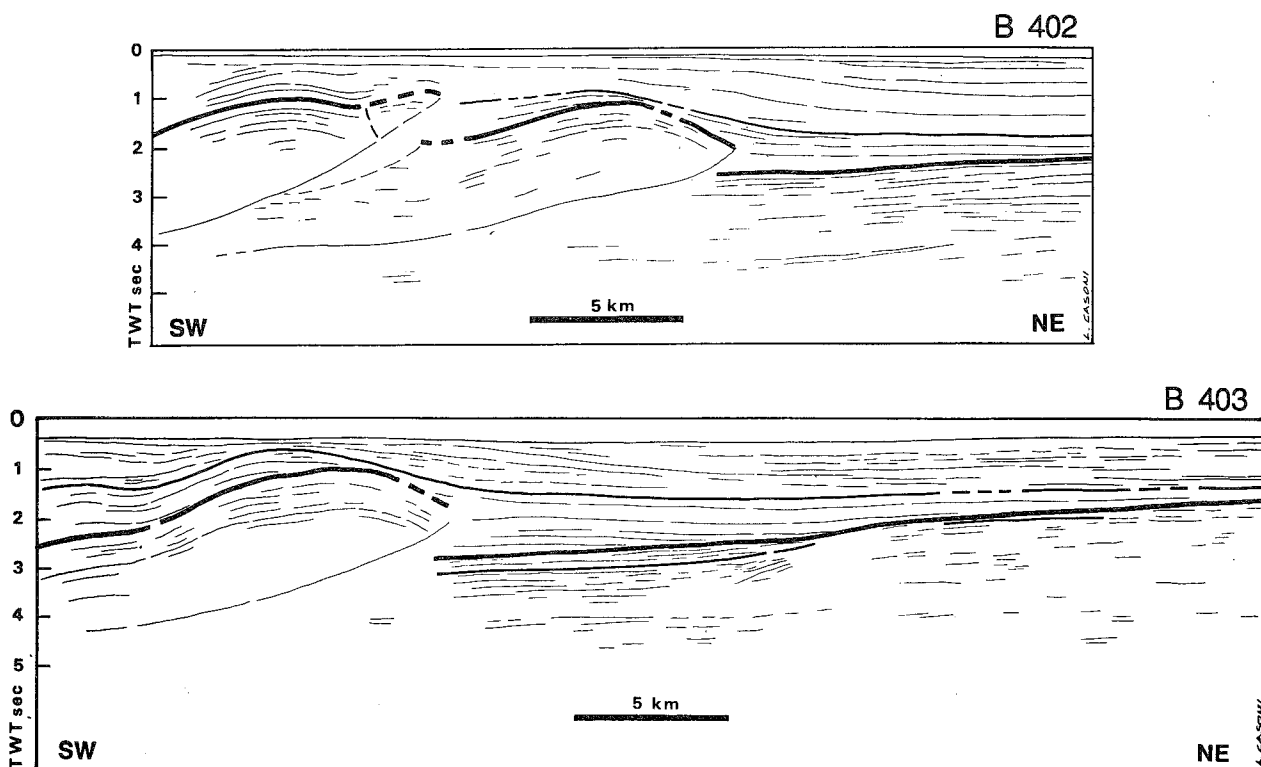


Fig. 8 - Line drawings di profili sismici (ubicazione in Fig.5). La linea più' spessa corrisponde al riflettore Messiniano.

della catena, richiedendo così la presenza di una transizione piattaforma/bacino. Anche in questo caso le unità oligo- mioceniche e quelle plio-pleistoceniche (entrambe a componente clastica sempre più marcata verso l'alto) sono in *onlap* al di sopra dei sedimenti carbonatici paleogenici.

PROFILI SISMICI

I profili sismici vengono utilizzati essenzialmente per illustrare lo stile strutturale dell'area. Analisi più dettagliate riguardanti la stratigrafia sismica dell'avanfossa plio-pleistocenica sono state pubblicate altrove (ORI *et al.*, 1986), mentre esistono oggettive difficoltà ad estendere uno studio simile alle unità pre-plioceniche, sia per insufficienza di pozzi sia per assenza di riflettori ben riconoscibili e presenti in tutta l'area.

Uno degli aspetti più interessanti dell'area è dato dalla variazione dello stile strutturale, osservabile al fronte della catena andando da Nord-Ovest a Sud-Est. Allo scopo di illustrare tale variazione vengono presentati i *line drawings* di alcuni profili trasversali al fronte della catena e quelli di due profili longitudinali.

I profili della zona settentrionale (Fig. 8) mostrano un assetto tipico da avanfossa. Il fronte della catena, sul lato occidentale, è ben definito da un sovrascorrimento che coinvolge quasi tutta la successione sedimentaria mesozoica (vedi pozzo Cornelia, Fig. 7a). Al fronte di questo sovrascorrimento il substrato pre-pliocenico dell'avanfossa raggiunge la massima profondità per poi risalire in rampa verso Est. I sedimenti che

riempiono il bacino di avanfossa si sono depositi durante la crescita delle strutture tettoniche del fronte e quindi registrano la deformazione e ne indicano l'età. Dalle correlazioni stratigrafiche effettuate nei sedimenti dell'avanfossa risulta che solo nella sequenza pliocenica viene registrata la deformazione. Si può quindi ritenere che essa sia cessata, in quest'area, col Pleistocene. Le pieghe del fronte presentano una marcata asimmetria con il fianco frontale che appare molto ripido. Questo fa pensare che si tratti di pieghe di propagazione di faglia (SUPPE, 1985) anche se la geometria del sovrascorrimento non viene risolta dalla sismica. Il raccorciamento associato a queste strutture, stimato approssimativamente usando il riflettore base-Pliocene come riferimento, risulta essere di circa il 10%.

Nella porzione centrale dell'area il fronte risulta meno evidente di quello visto in precedenza (Fig 9). Nella rampa dell'avampaese si osserva una piega formata durante il Pliocene la quale mostra, al di sotto dell'orizzonte base-Pliocene, un cuneo sedimentario di età incerta ma verosimilmente post-eocenico. Sembra molto probabile, quindi, che la piega di propagazione di faglia che si osserva sui profili (e particolarmente sul B405; Fig. 9a) sia stata condizionata nella sua crescita dalla presenza di una struttura precedente. Tale struttura, considerando i rapporti geometrici osservabili sul profilo, appare come una faglia distensiva.

Nel settore meridionale (Fig. 10) il quadro strutturale cambia sostanzialmente. Non sono presenti sovrascorrimenti che tagliano il riflettore base-Pliocene e, pertanto, non esiste un fronte di catena vero e pro-

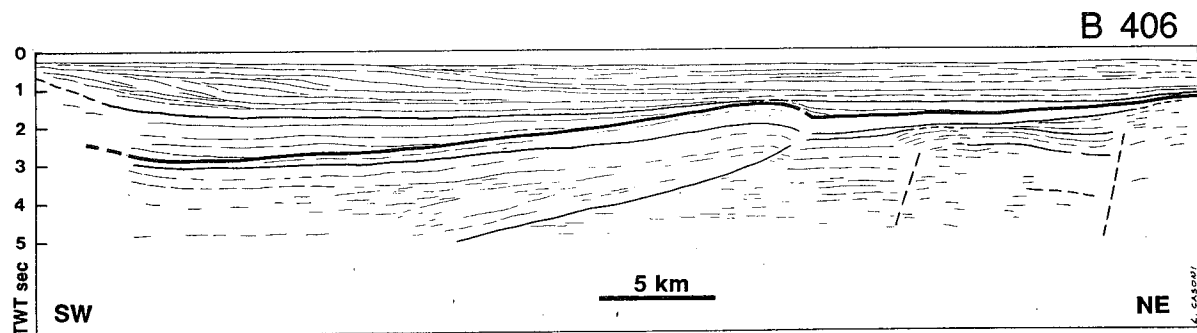
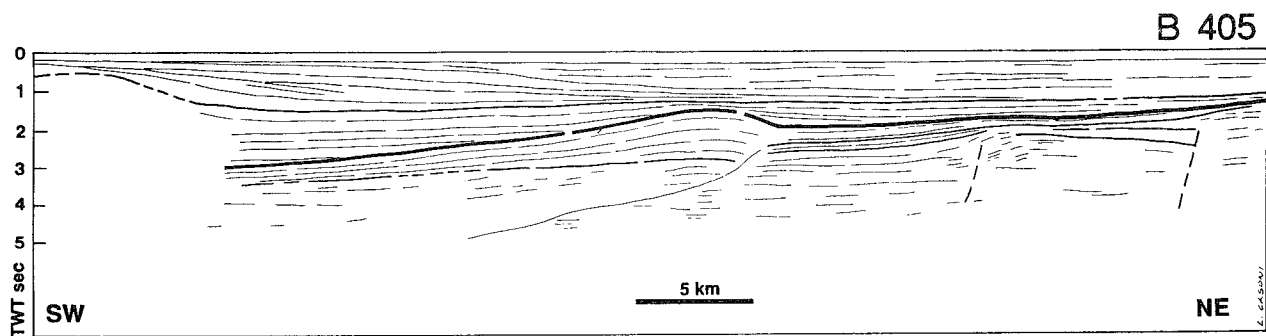


Fig. 9 - Line drawings di profili sismici (ubicazione in Fig.5). La linea piu' spessa corrisponde al riflettore Messiniano.

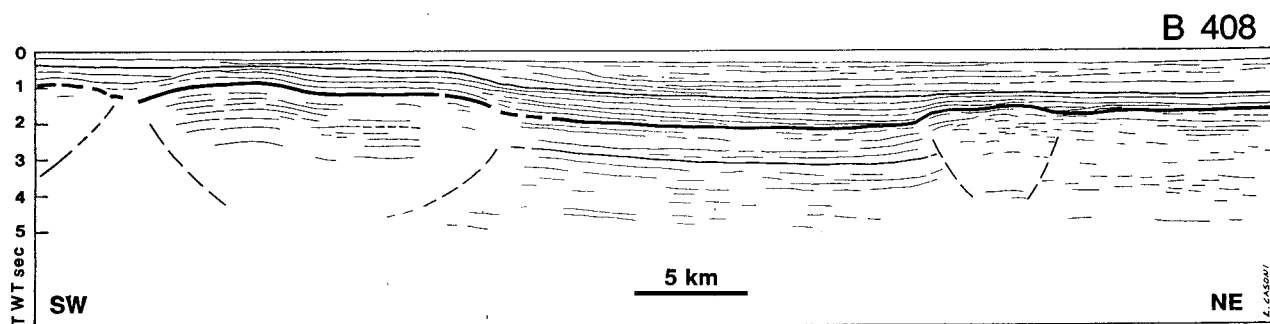
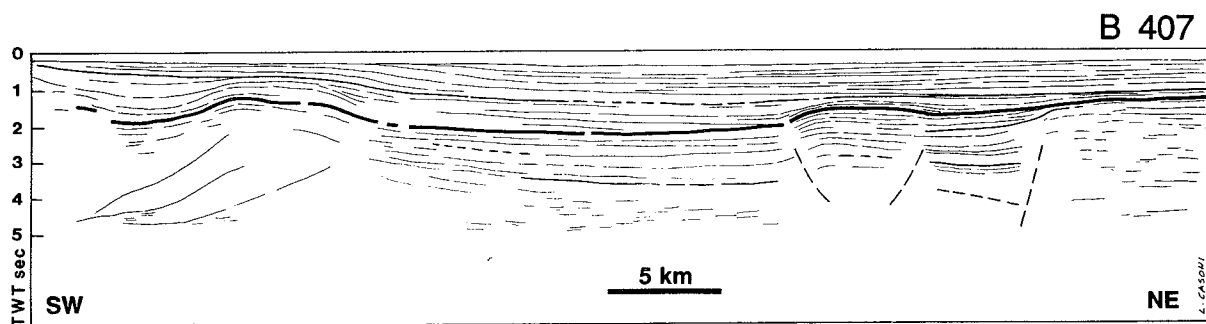


Fig. 10 - Line drawings di profili sismici (ubicazione in Fig.5). La linea piu' spessa corrisponde al riflettore Messiniano.

prio. La deformazione si manifesta come pieghe blande, talora composite, di grande ampiezza che si ritrovano anche molto all'esterno nella rampa dell'avampese. In quest'area la profondità dell'avanfossa è notevolmente ridotta, rispetto ai settori settentrionali, e così anche lo spessore del riempimento sedimentario, ed in particolare di quello relativo al Pliocene.

Dai profondi longitudinali all'avanfossa (Fig. 11) si conferma quanto sopra descritto. Il profilo più prossimo (B443, Fig. 11a) mostra la base del Plio-Quaternario molto più rialzata nel settore meridionale in seguito alla presenza di strutture che si attenuano e scompaiono andando verso Nord. Nelle zone distali (B444, Fig. 11b) le deformazioni che interessano la base del

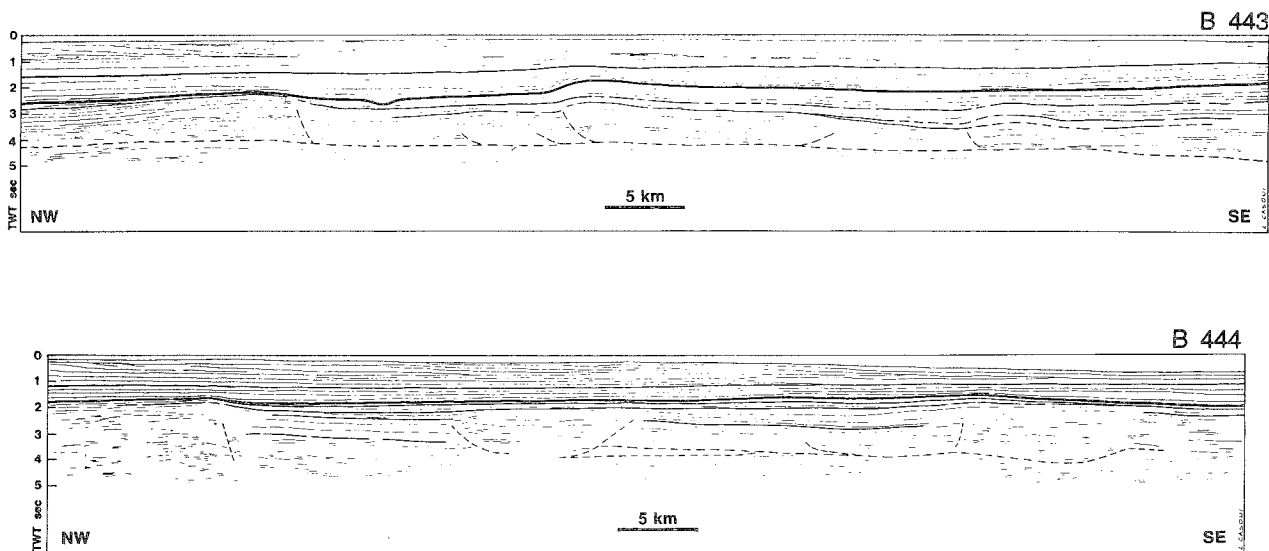


Fig. 11 - Line drawings di profili sismici (ubicazione in Fig.5). La linea più spessa corrisponde al riflettore Messiniano.

Plio-Quaternario sono molto attenuate ovunque, anche se permane qualche lieve disturbo nel settore meridionale.

Dai profili sismici è stata ricavata una mappa strutturale della base del Plio-Quaternario (Fig. 12) la quale mostra la variazione spaziale del fronte della catena ed il suo riflesso sulla profondità dell'avanfossa. Nella parte settentrionale il fronte della deformazione contrazionale risulta confinato in una fascia relativamente stretta prossima alla costa ed è caratterizzato da un marcato gradino nelle isocrone. Andando verso Sud la deformazione si spinge sempre più nell'avampaese, mancano gradini netti nelle isocrone, anche verso costa dove si trovano gli elementi strutturali più elevati, e la profondità dell'avanfossa diminuisce vistosamente. Si noti come la direzione della piega di propagazione di faglia descritta in precedenza (Fig. 9a) risulti marcatamente obliqua rispetto all'andamento delle strutture principali e che, nell'insieme, le strutture contrazionali più esterne richiamano il limite della piattaforma eocenica in emersione illustrato in figura 6b.

INTERPRETAZIONE DEI DATI

Alla luce delle evidenze sopra esposte risulta che l'evoluzione stratigrafico- strutturale di questa parte dell'avanfossa adriatica presenta notevoli variazioni spaziali, anche su distanze relativamente piccole come quelle qui considerate.

La strutturazione dell'avanfossa attuale è avvenuta sostanzialmente nel Pliocene inferiore, coinvolgendo una successione stratigrafica che va dal Trias al Miocene. I dati di pozzo documentano, anche se in maniera lacunosa, una variazione laterale di *facies* imputabile ad una paleogeografia a piattaforme carbonatiche e bacini esistente durante gran parte del Mesozoico. Questo si riflette sulle caratteristiche litomeccaniche della successione sedimentaria ed ha, probabilmente, delle implicazioni riguardanti la natura dello scollamento

principale, come sarà discusso più avanti. La stratigrafia oligo-miocenica riflette un assetto di avanfossa esterna con le unità in *onlap* sulla rampa dell'avampaese. La grossa lacuna presente nella parte orientale (Fig. 6b) è imputabile all'inarcamento periferico dell'avanfossa. Il fatto che questa lacuna segua il limite piattaforma/bacino delle *facies* mesozoiche lascia presumere l'importanza del controllo esercitato dalle strutture di questo periodo.

Anche l'analisi dei profili sismici indica che le strutture precedenti hanno esercitato un forte controllo sull'evoluzione strutturale. Un caso evidente è quello illustrato dal profilo B405 (Fig. 9a) in cui una vecchia faglia distensiva focalizza la deformazione contrazionale pliocenica dando luogo ad una piega di propagazione di faglia in embrione. La mancanza di definizione della sismica impedisce di stabilire se si tratta di una vera e propria struttura di inversione, con riattivazione, almeno parziale, della precedente faglia distensiva (ARGNANI, 1987; COOPER & WILLIAMS, 1989), oppure se tale faglia ha soltanto avuto il ruolo di concentrare lo sforzo per l'effetto di gradino (SCHEDL & WILTSCHKO, 1987). A tale proposito si nota anche che la presenza di cunei sedimentari prepliocenici è osservabile anche nelle pieghe frontali della porzione settentrionale (es. Fig. 8b). Sebbene l'indizio sia tenue, appare quindi possibile che la posizione delle pieghe sia controllata in generale da strutture precedenti. Quanto all'origine di tali strutture che appaiono come faglie distensive, l'incertezza sulla loro età non consente un'interpretazione univoca. Tuttavia le ipotesi più verosimili sono due: i) faglie dovute alla tettonica distensiva mesozoica; oppure ii) faglie prodottesi durante le fasi iniziali di costruzione della catena in un ambiente di inarcamento esterno dell'avanfossa (dove operano sforzi tensionali). La seconda ipotesi viene qui preferita in quanto il cuneo sedimentario dovuto alla faglia è più evidente nella parte alta della successione sedimentaria pre-pliocenica. La tettonica distensiva mesozoica ha invece avuto la sua attività

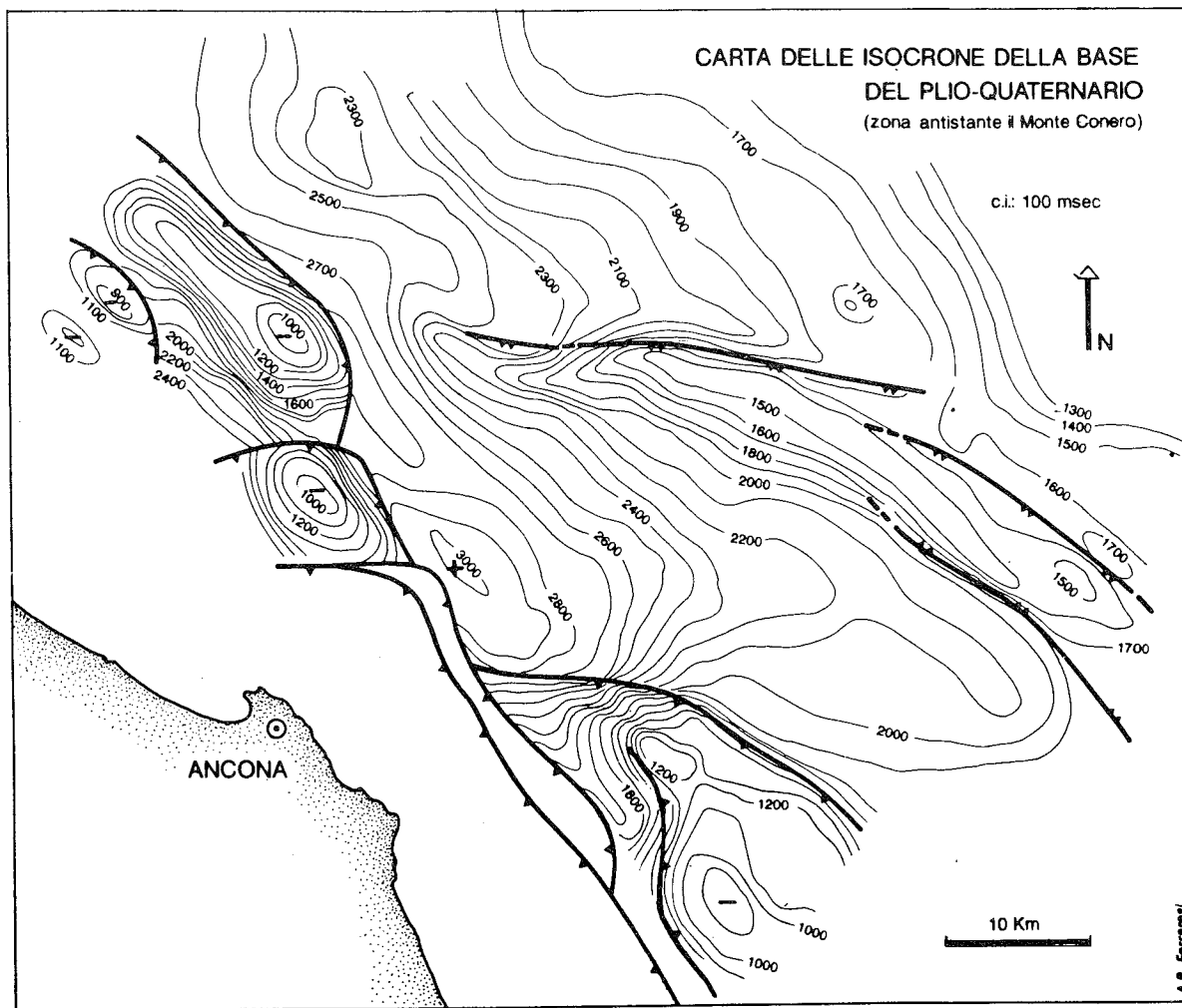


Fig. 12 - Mappa delle isocrone della base del Plio-Pleistocene.

principale nel Giurassico.

Un altro fatto di una certa rilevanza è dato dalle significative variazioni spaziali osservate nello stile strutturale del fronte.

Nella parte settentrionale, il fronte della deformazione viene definito da una grande piega, verosimilmente dovuta a propagazione di faglia, impostata sopra ad una rampa che sale dalla superficie di scollamento basale fino all'orizzonte base- Pliocene. Esternamente a questa struttura non si osservano deformazioni.

Nella parte centrale, il fronte di deformazione si spinge maggiormente all'esterno, nella rampa di avampaese, e dà origine alla piega impostata sulla precedente faglia distensiva.

La situazione deformativa della parte meridionale è piuttosto diversa in quanto non si osservano rampe evidenti che interessano la successione Meso-Cenozoica. Sono invece presenti ondulazioni a grande scala della superficie base Plio-Quaternario che sollevano significativamente la base dell'avanfossa. La scala delle ondulazioni e l'assenza di rotture evidenti nei riflettori pre- pliocenici suggeriscono che la deformazione è avvenuta al di sopra di un livello di scollamento profon-

do particolarmente efficiente, verosimilmente dato dalle evaporiti della Formazione di Burano.

Appare quindi ipotizzabile che le variazioni laterali nello stile strutturale osservabili nel tratto di avanfossa adriatica qui considerato siano dovute a variazioni litomeccaniche fondamentali della successione Meso-Cenozoica. In particolare, la presenza nell'area meridionale di una superficie di scollamento più efficiente potrebbe giustificare l'assenza di sovrascorimenti in rampa e la distalità della propagazione della deformazione che caratterizza quest'area. In mancanza di tale superficie privilegiata, come nel caso delle zone settentrionali, lo scollamento basale viene abbandonato per dare origine ad una rampa, con associata piega di propagazione di faglia, che assorbe la maggior parte della deformazione. La presenza di pre-esistenti discontinuità, quali ad esempio faglie distensive, può facilitare la nucleazione di tali rampe.

La figura 13 mostra l'andamento strutturale su un'area più vasta di quella presa in esame in questo studio e comprende le strutture presenti a terra nella *foothills zone*. Appare evidente la presenza di un'area, in posizione centrale sulla mappa, in cui il fronte della deformazione si spinge notevolmente verso l'avamp-

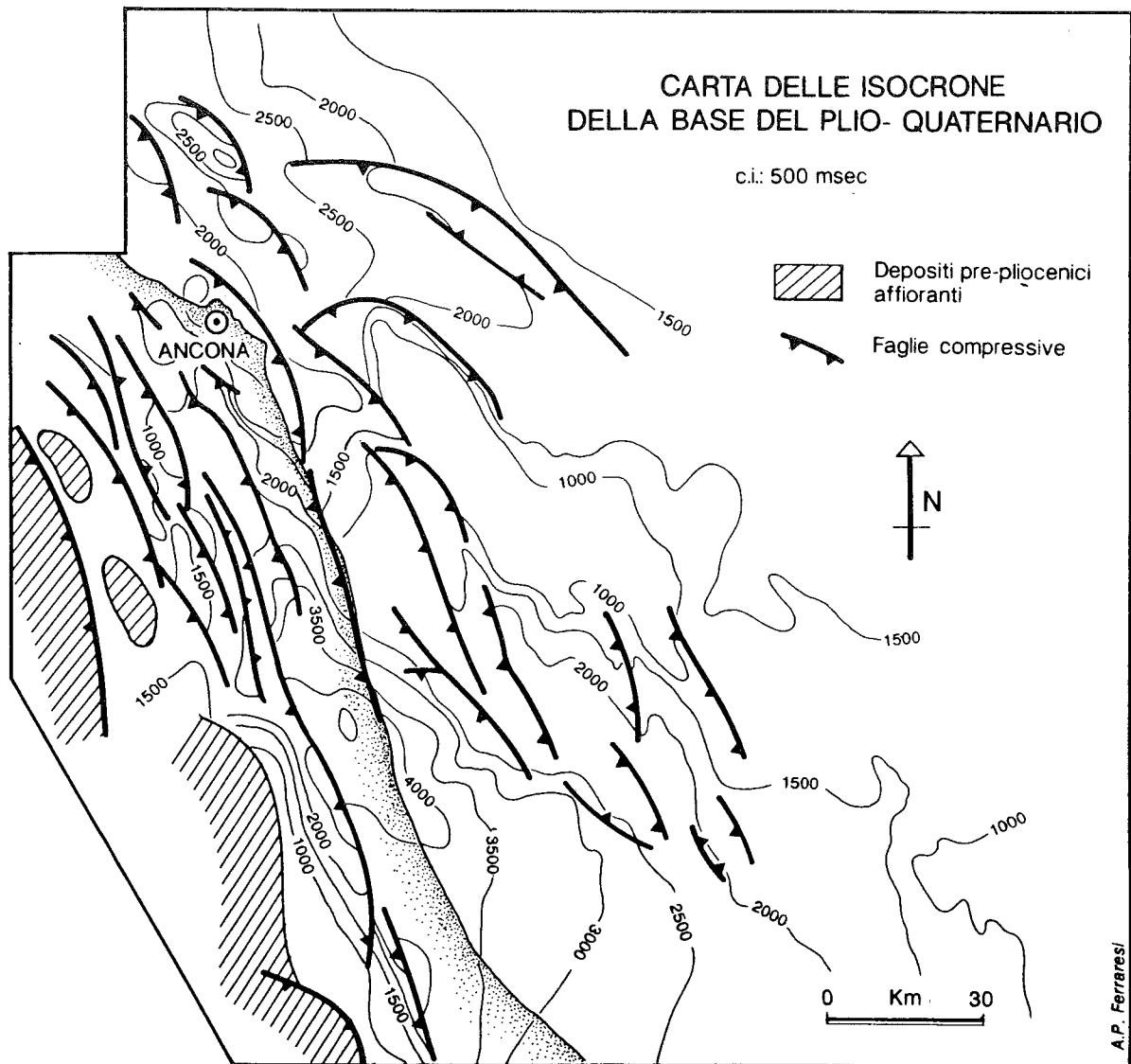


Fig. 13 - Mappa delle isocrone della base del Plio-Pleistocene in terra e a mare (modif. da ORI *et al.*, 1986 e da ORI *et al.*, 1991).

aese. In tale area la profondità della base del Plio-Quaternario è minima. I profili sismici nella parte meridionale di questa zona mostrano evidenze abbastanza chiare di tettonica diapirica e la presenza di evaporiti triassiche è stata ulteriormente confermata da perforazioni esplorative (es. pozzo Mizar). Questo dato porta un'ulteriore supporto all'ipotesi qui avanzata che il controllo sullo stile strutturale della zona studiata sia dovuto in primo luogo alla distribuzione delle evaporiti triassiche.

CONCLUSIONI

La parte a mare dell'avanfossa centro-adriatica è stata investigata con l'ausilio di profili sismici a riflessione e dati di pozzo. Nell'area in esame appare evidente l'esistenza di una successione stratigrafica Meso-Cenozoica, precedente all'instaurarsi dell'avanfossa, differenziata ed indicativa di aree bacinali e aree

di piattaforma. Questo assetto preesistente ha notevoli ripercussioni sullo stile deformativo dell'area. In particolare emergono alcuni punti:

i) nei settori settentrionale e centrale dell'area il fronte di deformazione è ben evidente e segue abbastanza bene il vecchio margine della piattaforma mesozoica; nella zona di piattaforma la successione è caratterizzata dall'assenza o dall'estrema riduzione dei depositi oligo-miocenici;

ii) nel settore meridionale non esiste un vero e proprio fronte deformativo; l'intera successione Meso-Cenozoica risulta blandamente piegata e scollata su un orizzonte altamente efficiente; le testimonianze in questa zona di fenomeni di diapirismo suggeriscono la presenza in origine di un forte spessore di evaporiti triassiche;

iii) cunei clastici di età pre-Pliocenica sono ben evidenti nelle aree più esterne a testimonianza di fasi tensionali di età tardo-Mesozoica o Cenozoica; su queste faglie distensive si impostano, durante il Pliocene, le strutture compressive.

BIBLIOGRAFIA

- ARGNANI A. (1987) -*Sandbox Modelling of Inversion Tectonics*. Unpublished MSc Thesis, University of London.
- BALLY A.W., BURBI L., COOPER C. & GHELARDONI R. (1986). *Balanced sections and seismic reflection profiles across the central Apennines*. Mem. Soc. Geol. It., **35**, 257-310.
- CHANNELL J.E.T., D'ARGENIO B. & HORWATH F. (1979). *Adria, the African promontory, in Mesozoic Mediterranean paleogeography*. Earth Sci. Rev., **15**, 213-292.
- COOPER W.A. & WILLIAMS G.D. (Eds) (1989). *Inversion Tectonics*. Geol. Soc. Sp. Publ., **44**, London, 375 pp.
- CREMONINI G. & RICCI LUCCHI F. (1982). *Guida alla Geologia del margine appenninico-padano*. Soc. Geol. Ital., *Guida geol. reg.*, 247 pp.
- DONDI L., MOSTARDINI F. & RIZZINI A. (1982). *Evoluzione sedimentaria e paleogeografica della Pianura Padana*. In (G. CREMONINI & F. RICCI LUCCHI Eds): *Guida alla Geologia del margine appenninico-padano*. Soc. Geol. Ital., *Guida geol. reg.*, 47-58.
- HILL K.C. & HAYWARD A.B. (1988). *Structural constraints on the Tertiary plate tectonic evolution of Italy*. Mar. Petr. Geol., **5**, 2-16.
- LAVECCHIA G. & STOPPA F. (1989). *Il "rifting" tirrenico: delaminazione della litosfera continentale e magmatogenesi*. Boll. Soc. Geol. It., **108**, 219-235.
- LAVECCHIA G. (1981). *Appunti per uno schema strutturale dell'Appennino umbro-marchigiano*. 3. *Lo stile deformativo*. Boll. Soc. Geol. It., **100**, 271-278.
- ORI G.G. & FRIEND P. (1984) *Sedimentary basins, formed and carried piggyback on active thrust sheets*. Geology, **12**, 475-478.
- ORI G.G., ROVERI M. & VANNONI F. (1986). *Plio-Pleistocene sedimentation in the Apenninic-Adriatic foredeep (Central Adriatic Sea, Italy)*. In (P.A. ALLEN and P. HOMEWOOD Eds): *FORELAND BASINS*, IAS Spec. Publ., **8**, 183-198.
- ORI G.G., SERAFINI G., VISENTIN C., RICCI LUCCHI F., CASNEDI R., COLALONGO M.L. & MOSNA S. (1991). *The Pliocene-Pleistocene Adriatic foredeep (Marche and Abruzzo, Italy): an integrated approach to surface and subsurface geology*. 3rd EAPG Conference Field Trip Guidebook, Florence, 85 pp.
- PIERI M. (1983). *Three seismic profiles through the Po Plain*. In (A.W. BALLY Ed.): *SEISMIC EXPRESSION OF STRUCTURAL STYLES*. AAPG Stud. Geol., **15**, 3.4.1/8-3.4.1/26.
- RICCI LUCCHI F. (1986). *The Oligocene to Recent foreland basins of the northern Apennines*. In (P.A. ALLEN and P. HOMEWOOD Eds): *FORELAND BASINS*. IAS Spec. Publ., **8**, 105-140.
- ROVERI M., ORI G.G. & ZITELLINI N. (1986). *Sedimentazione Plio-quadernaria nell'Adriatico centrale*. *Atti Riunione Gruppo Sedimentologia CNR*, Ancona, 141-146.
- SAGE L., MOSCONI A., MORETTI I., RIVA E. & ROURE F. (1991). *Cross Section Balancing in the Central Apennines: An Application of LOCACE*. AAPG Bull., **75**, 832-844.
- SCHEDL A. & WILTSCHKO D.V. (1987). *Possible effects of pre-existing basement topography on thrust fault ramping*. J. Struct. Geol., **9**, 1029-1037.
- SUPPE J. (1985). *Principles of structural geology*. Prentice and Hall.

