

MODELLO CINEMATICO DI EVOLUZIONE DEL MEDITERRANEO NORD-OCCIDENTALE

INDICE

RIASSUNTO	pag. 383
ABSTRACT	" 383
PREMESSA	" 383
STRUTTURA ED EVOLUZIONE DEL SETTORE SARDO-BALEARICO	" 384
APERTURA DEL MAR LIGURE E MODELLO CINEMATICO	" 387
CONCLUSIONI	" 387
BIBLIOGRAFIA	" 389

RIASSUNTO

Viene discussa la cinematica del Blocco corso-sardo durante l'apertura del Bacino mediterraneo nord-occidentale alla luce di una verifica sulle conoscenze sperimentali sul Blocco stesso resa possibile dalle nuove acquisizioni del progetto ECORS-CROP, anche al fine di contribuire a sanare l'apparente inconciliabilità tra modelli geodinamici relativi al solo Bacino e modelli riguardanti l'origine e l'evoluzione delle catene della regione.

Attualmente il Blocco corso-sardo è circondato dai due sistemi di bacini del Mediterraneo occidentale e del Tirreno, di diversa età e origine, che si riuniscono a Nord nell'area del Mar Ligure e a Sud in quella del Canale di Sardegna.

In base alle più recenti acquisizioni, il Mediterraneo occidentale nel settore di interesse:

— è caratterizzato da una litosfera "oceanica" assai ridotta, posizionata e strutturata in maniera diversa a seconda dei vari settori (sardo-balearico, provenzale e ligure) del Bacino; — si è originato in tre fasi distinte: *rifting* iniziale; rototraslazione verso SE; rototraslazione verso E e NE.

La fase di prevalente traslazione verso SE riguarda soprattutto la Sardegna, mentre sulla Corsica ha influito l'ultima fase di deriva, che a Nord avviene in maniera differenziata per settori, sfruttando il prolungamento della Faglia Nord-pirenaica e le sue vicarianti. Le traslazioni descritte, in progressiva attenuazione verso Nord, rendono conto del peculiare assetto del Bacino Ligure s.s.

Questo modello cinematico, elaborato a partire da conoscenze geologico-geofisiche sul Bacino nord-occidentale e i suoi margini, senza aver posto alcuna condizione al contorno relativa alla tettonica dell'Appennino, risulta comunque compatibile con una relazione effetto-causa tra tettonica appenninica eomiocenica e collisione o prosecuzione di collisione tra Blocco corso-sardo e margine adriatico.

ABSTRACT

Kinematic evolution of the drifting of Corsican-Sardinian Block is discussed on the basis of interpretation of ECORS-CROP seismic profile recorded in the North-western Mediterranean Basin; this discussion represents a contribution to solve the apparent disagreement among the geodynamic models about the origin of the Basin and the origin and evolution of the surrounding chains.

(*)Istituto di Geodinamica e Sedimentologia - Università di Urbino.

At present, the Sardinian-Corsican Block is surrounded by the Western Mediterranean and the Tyrrhenian seas which have different ages and origins and join northward in the Ligurian Sea and southward in the Sardinian Channel.

Recent results point out that this sector of the Western Mediterranean Sea is characterized by:

— a highly reduced "oceanic" lithosphere with different structure in the divers sectors of the Basin (Sardinian-Balearic, Provençal-Ligurian);

— an origin related to three different phases: initial rifting; drifting with a rotation-translation towards SE; drifting with a rotation-translation towards E and NE.

Following an Oligocene rifting phase a prevalent translation towards SE occurred. This translation mostly affects Sardinia, while Corsica moves mainly during the last drifting phase. The translation towards E and NE, in the northern sector of the Basin determines the formation of different structural features across different sectors along the eastward prolongation of the North Pyrenean Fault System. This displacement, progressively decreasing towards North, justifies the tectonic setting of the Ligurian Basin.

The kinematic model proposed, arising from new geological-geophysical knowledges about the North-western Basin and its margins, is consistent with geodynamic model considering a direct relation between the Apennine tectonics and the collision between the Corsican-Sardinia Block and the adriatic margin.

PAROLE CHIAVE: Mediterraneo nord-occidentale, Blocco corso-sardo, Appennini settentrionali, Evoluzione geodinamica, Schema cinematico, Neotettonica.

KEY WORDS: North-western Mediterranean, Corsica-Sardinian Block, Northern Apennines, Geodynamic evolution, Kinematic sketch, Neotectonics.

PREMESSA

Da alcuni lustri vengono elaborati modelli sulla evoluzione geodinamica del Mediterraneo che includono il processo di rototraslazione verso E del Blocco corso-sardo come fondamentale per la spiegazione dell'attuale assetto dell'area centro-occidentale. La realtà di questo processo è ormai ammessa dalla totalità della comunità scientifica, ma variano ancora di molto i punti di vista circa le cause del processo, gli effetti da esso prodotti e l'età dei movimenti.

Non pochi Autori che si interessano alla tetto-genesi e all'evoluzione dell'Appennino, pur riconoscendo la validità di visioni alternative, considerano tuttora plausibile identificare, nella traslazione del Blocco corso-sardo e nella collisione dello stesso con il margine adriatico, il primo motore della tettonica con trasporto verso NE, tipica dell'Appennino settentrionale.

Tale scenario non è però inquadrabile nei modelli proposti dagli Autori che si interessano soprattutto di evoluzione dei Bacini. Detti modelli comportano per

il Blocco stesso una cinematica incompatibile non solo con le deformazioni appenniniche, ma anche con il reale assetto strutturale e l'evoluzione del Bacino ligure-provenzale (REHAULT *et alii*, 1984; FANUCCI & NICOLICH, 1984; BURRUS, 1989, con bibliografia).

Per contribuire a superare l'apparente inconciliabilità tra le varie posizioni, si è partiti da una verifica delle conoscenze sperimentali resa possibile dalle nuove acquisizioni del progetto CROP-MARE I.

Tale progetto si è concretizzato nella esecuzione di due profili sismici a riflessione ad alta energia parzialmente sovrapposti, dal Golfo del Leone alla Gallura, attraverso la parte più ampia e più discussa del Mediterraneo nord-occidentale (Fig. 1). Il progetto ha avuto ottimo esito: i risultati preliminari sono comparsi in varie forme e sedi (DE VOOGD *et alii*, 1991; PASCAL *et alii*, 1993).

STRUTTURA ED EVOLUZIONE DEL SETTORE SARDO-BALEARICO

Benché la qualità di *processing* della parte italiana di profilo sia inferiore a quella del tratto francese, l'interpretazione integrata dei due spezzoni ha condotto subito alla puntualizzazione di alcune importanti novità rispetto all'immagine del Bacino consolidata in letteratura:

1) anzitutto risulta evidente l'esigua estensione del settore a basamento "oceanico" che si presenta anche poco movimentato (Fig. 1a). Non vi è traccia di un rilievo assiale interpretabile come *spreading center*. Qualche rilievo molto modesto si trova in prossimità del margine francese, mentre presso il margine sardo si situa la massima depressione strutturale. I dati ESP indicano uno spessore molto esiguo per detta crosta (non superiore a 5 Km), ammesso che il concetto di Moho conservi un senso in un simile contesto;

2) emerge, riguardo ai due margini continentali, oltre alla estensione ben maggiore di quanto ritenuto in precedenza, una decisa asimmetria strutturale (Fig. 1a). In particolare la parte più esterna del margine sardo, completamente coperta dalle sequenze sedimentarie più recenti del Bacino, ha un'estensione insospettata e una strutturazione iniziale per faglie dirette litorali immergenti ad E come le faglie che determinano l'assottigliamento crostale nel Golfo del Leone.

A dette strutture si sovrappongono faglie più recenti, immergenti ad W e corpi magmatici diversi. Il margine è inoltre caratterizzato da un'area a subsidenza tardiva (detta "terrazza" in DE VOOGD *et alii*, 1991), che conserva potenti sequenze sedimentarie, anteriori alla sua inclusione nel Bacino, analoghe alle sequenze mioceniche del *graben* sardo.

Morfologia e strutturazione attuale dipendono prevalentemente dalla fase disgiuntiva plio-pleistocenica, responsabile anche del ciclo magmatico alcalino coevo. Essa dà origine al massimo assottigliamento litosferico e ad una zona di elevato flusso di calore, entrambi ubicati all'interno del margine sardo (Fig. 1-2).

3) Per quello che riguarda le sequenze sedimentarie bacinali, i profili ci forniscono una conferma dell'esistenza e dell'importanza di una superficie erosiva miocenica pre-evaporitica (vedi BIJU-DUVAL & MONTA-DERT, 1977; orizzonte E in legenda Fig. 1). Altre fasi erosive tardo messiniane, di minor importanza, sono riscontrabili sul margine del Golfo del Leone.

Resta aperto un problema di primaria importanza: quello della datazione dei livelli basali della successione pre-evaporitica (orizzonti X e Y in legenda Fig. 1), atti a fornire delle indicazioni circa l'età esatta di apertura del bacino. Se si limita il concetto di "apertura" alla fase di *drifting* del blocco corso-sardo, si può ipotizzare uno scenario in cui la fase di apertura sia più recente di quanto comunemente ammesso in base alla datazione dei prodotti magmatici.

In detto scenario verrebbe ben inquadrato il fatto di una sequenza pre-evaporitica relativamente poco potente. Il fatto può essere conseguenza anche di una subsidenza attenuata e quindi di una scarsa profondità del nuovo Bacino. L'inesistenza di un processo di vera accrezione oceanica rende prive di senso le considerazioni e i calcoli precedentemente elaborati nell'ipotesi di una litosfera oceanica di neoformazione (BURRUS, 1989). Comunque sia, i caratteri acustici della sequenza pre-evaporitica la definiscono come una successione omogenea di livelli semitrasparenti con sporadiche intercalazioni più riflettive verso la base: il Bacino, dopo l'apertura ha conosciuto una modesta fase di collasso o subsidenza, messa in evidenza dalle discontinuità deposizionali poste alla base della sequenza bacinale, seguita da una più lunga fase di quiescenza tettonica, durante la quale doveva essere caratterizzato da dislivelli limitati.

La movimentazione delle sequenze evaporitica e plio-pleistocenica, determinata dallo sviluppo dei diapiri salini, è scarsa nel Golfo del Leone anche in presenza di substrato "oceanico" e di forte potenza del Sale. Essa si accentua bruscamente in corrispondenza di un particolare dislivello strutturale di tale substrato e si prolunga, attenuandosi, al di sopra del settore più esterno del margine sardo.

Assimilate queste nuove conoscenze, occorre riconsiderare il problema dell'apertura e della successiva evoluzione del Bacino in un'ottica nuova, integrando i dati geofisici e geologici nel frattempo acquisiti sulla regione per altre vie.

Il primo prodotto di tale elaborazione è stato un modello di apertura per il settore direttamente interessato dal profilo ECORS-CROP che viene qui di seguito sintetizzato in tre gruppi di eventi (MORELLI *et alii*, 1993; Fig. 2).

A) *Rifting*

L'inizio della disgiunzione crostale risale al passaggio Rupeliano-Cattiano in tutto il Bacino. Nel settore di interesse il *rifting* riguarda tanto il blocco sardo che un settore della catena pirenaico-provenzale (Fig. 2a).

B) *Apertura del Golfo del Leone*

Nell'Aquitano una successiva accelerazione ed estremizzazione del processo riattiva una struttura importante dell'orogene pirenaico nel Golfo del Leone. Si evidenzia una *détachement fault* che dà luogo al denudamento di una porzione del Lid sub-continentale (Fig. 2b).

Questo settore viene sbloccato lateralmente, rispetto agli altri settori, mediante linee, aventi valenza di trasformanti, riconosciute già da diversi Autori.

C) *Evoluzione post-apertura*

Nel settore denudato si ricostituisce progressivamente una crosta, mentre i processi disgiuntivi proseguono estendendosi agli altri settori del Bacino.

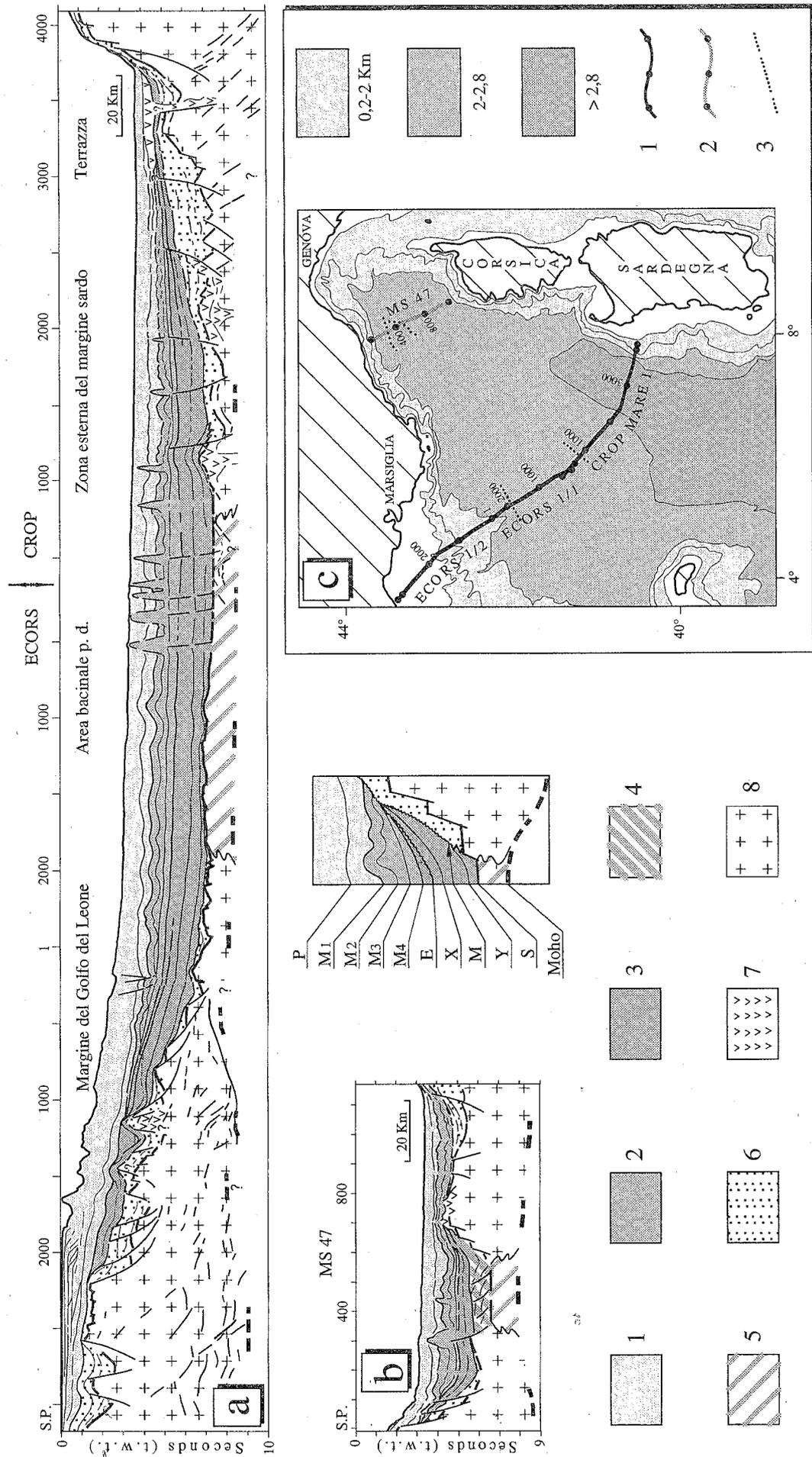


Fig. 1 - Interpretazione dei profili sismici ECORS 1/1-1/2, CROP MARE 1 (a) e MS 47 (b).
 In legenda: 1) Plio-quadernario; 2) Evaporiti; 3) Sequenza sedimentaria profonda (Pre-evaporiti); 4) Sequenza sedimentaria profonda deformata; 5) Crosta oceanica; 6) Sequenza sedimentaria pre-sin-drifting; 7) Vulcaniti; 8) Crosta continentale; 9) P; 10) M1; 11) M2; 12) M3; 13) M4; 14) E; 15) X; 16) M; 17) Y; 18) S; 19) Moho.
 In (c) è illustrata la carta batimetrica dell'area oggetto di studio con il posizionamento dei profili sismici utilizzati: 1) Profili CROP ed ECORS; 2) Profilo MS 47; 3) Limite tra crosta continentale e crosta oceanica.

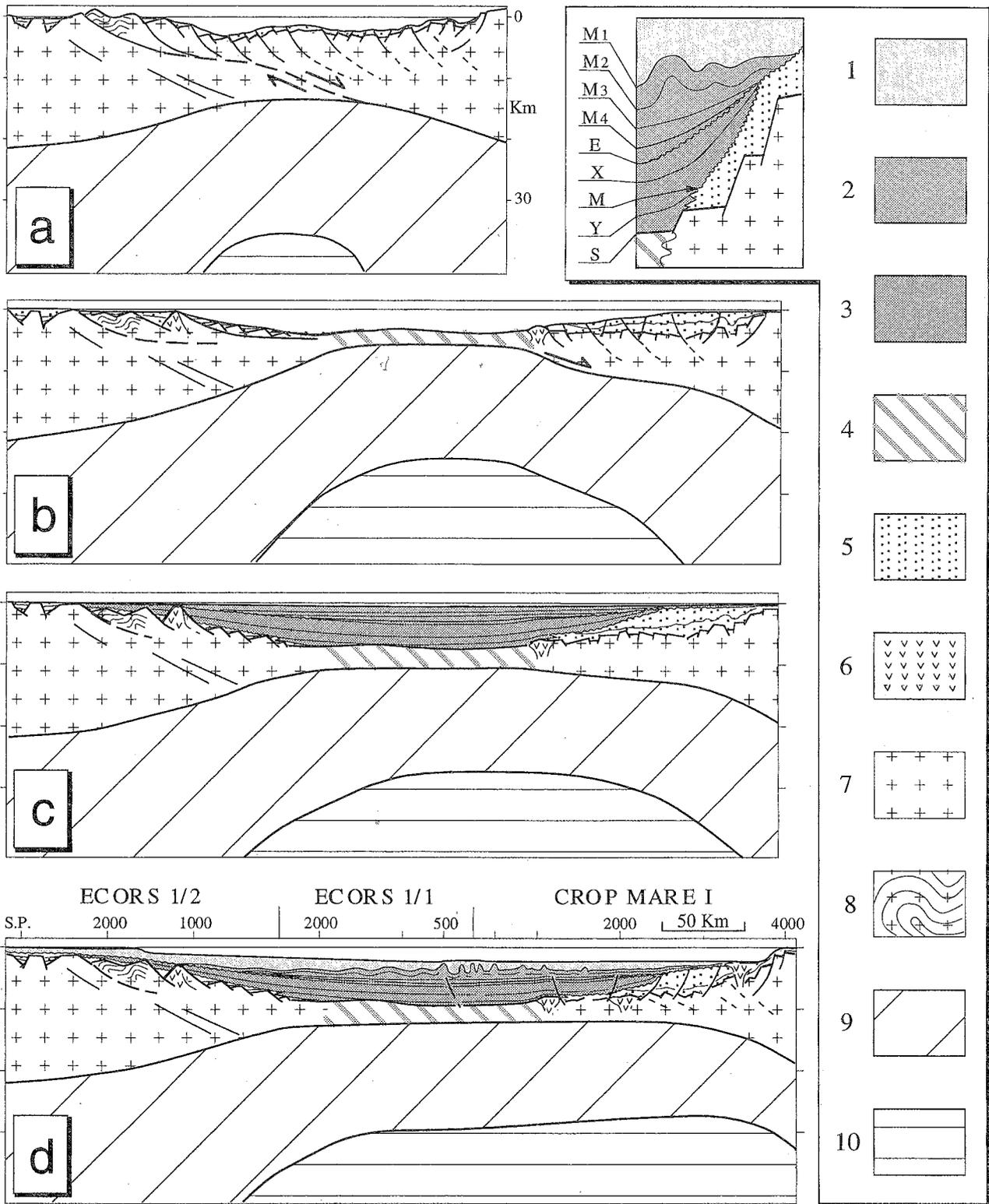


Fig. 2 - Sketch cinematico della sezione litosferica attraversata dai profili CROP ed ECORS.

a) *Rifting*; b) *Drifting* (apertura del Golfo del Leone); c) Evoluzione post-*drifting* (primo colmamento del Bacino); d) Effetti della tettonica plio-pleistocenica, attiva sul lato orientale (assetto attuale del Bacino). 1) Plio-quadernario; 2) Evaporiti; 3) Sequenza sedimentaria profonda (Pre-evaporiti); 4) Crosta oceanica; 5) Sequenza sedimentaria pre-sin-*drifting*; 6) Vulcaniti; 7) Crosta continentale; 8) Porzione dell'orogene pirenaico; 9) Mantello litosferico; 10) Astenosfera.

Per gli orizzonti sedimentari raffigurati vedi legenda in figura 1.

Se effettivamente l'intero processo si esaurisce nell'arco di tempo indicato dalle datazioni radiometriche sui corpi magmatici che permettono di valutare l'entità della rotazione della Sardegna (cosa di cui è lecito dubitare alla luce dei dati descritti) resta il problema di definire l'evoluzione del Bacino e dei suoi margini, tra il termine dell'apertura e la fase distensiva (o le fasi) del Miocene inferiore-medio che ha interessato Corsica e Sardegna (CHERCHI & MONTADERT, 1982; JOLIVET *et alii*, 1990). In caso contrario quest'ultima viene a saldarsi cronologicamente con le fasi di apertura e può essere vista come un progressivo migrare della distensione verso E (Fig. 2c).

D) Ulteriori fasi di evoluzione

Le fasi deformative del Miocene medio-superiore, che interessano vaste aree del Mediterraneo Occidentale, Sardegna compresa (CHERCHI & MONTADERT, 1982) devono aver prodotto qualche effetto anche nel settore di Bacino considerato, che sembra però interessato prevalentemente da una moderata subsidenza. La fase disgiuntiva plio-pleistocenica dipende da un nuovo processo, che si focalizza lungo il margine occidentale corso-sardo.

La contemporanea apertura del sistema tirrenico ad E ha però funzione di "blocco" per il sistema occidentale. Ne risulta una disgiunzione importante, ma a componente tangenziale molto ridotta, che si manifesta soprattutto come tettonica verticale (Fig. 2d).

APERTURA DEL MAR LIGURE E MODELLO CINEMATICO

Parallelamente alla elaborazione descritta, si approfondiva lo studio sulle modalità di apertura del settore Ligure del Bacino (Fig. 1b), iniziando col definire i limiti strutturali attuali del Blocco corso-sardo. Mentre quelli occidentali vengono ridefiniti dalle nuove acquisizioni suesposte, a N esso si prolunga ben oltre i limiti morfologici del margine, spingendosi in prossimità della costa ligure a includere i *seamounts* del Golfo di Genova. Ad E i suoi limiti sono meno ben definiti, ma occorre considerare che alla sutura corso-sardo-adriatica si è sovrapposto il più recente bacino tirrenico, separando e traslando parti dell'originario Blocco. Esso non doveva originariamente essere limitato come oggi neppure a N, zona dove esisteva continuità tra Corsica Alpina e Alpi Liguri (Fig. 3), mentre attualmente i due settori di catena hanno rapporti alterati dalle successive vicissitudini geodinamiche.

In un sistema come quello ligure, in cui le unità in gioco erano praticamente a contatto sin dall'inizio, vi sono scarse possibilità di movimentazione e molti sono i vincoli che si impongono alla cinematica delle unità stesse (FANUCCI & NICOLICH, 1984; GIAMMARINO, 1984; FANUCCI, 1986).

Il modello di apertura maggiormente compatibile con tutte le conoscenze relative a quell'area è sintetizzato in figura 3 (FANUCCI *et alii*, 1994; FANUCCI & MORELLI, 1994).

Il movimento avviene lungo direttrici curve e in maniera differenziata per settori, sfruttando il prolungamento orientale della Faglia Nord-pirenaica e le sue vicarianti settentrionali. Si originano dei bacini di *pull-*

apart di cui il più evoluto diventa il Bacino Ligure s.s. Le traslazioni descritte, in progressiva attenuazione verso N (con una ultima possibile manifestazione nella *Ligurian Fault sensu* LAUBSCHER, 1988), impongono all'area la peculiare strutturazione che verrà ereditata anche dalle fasi deformative tarde, differenziandola da tutti gli altri settori del Mediterraneo occidentale.

Dalla intercalibrazione dei due modelli descritti scaturisce il modello cinematico di figura 4. Esso inquadra l'apertura in due fasi, cosa che sembra rappresentare una necessità, quale che sia l'ottica sotto cui si considera il problema, e che è già stata presa in considerazione da più Autori (REHAULT *et alii*, 1984; BURRUS, 1984).

La prima fase comporta una traslazione verso SE, prevalentemente a carico della Sardegna, mentre nella seconda fase si muovono tanto Sardegna che Corsica rispettivamente ruotando verso E e rototraslando verso NE. La divergenza dei moti determina la disgiunzione nella zona dell'Asinara.

La marcata estensione del margine sardo non rende necessarie grosse traslazioni relative tra le due isole in nessuna fase. L'entità globale della rotazione necessaria ad esaurire il processo può sembrare inferiore ai 30° di cui parla concordemente la letteratura, ma se si considera che nel Golfo del Leone occorre ricostituire, almeno in parte, l'orogene pirenaico, la differenza si riduce sensibilmente. Tra i principali candidati all'inversione tettonica che da origine alla *detachment fault* nel Golfo del Leone viene considerata la North Pyrenean Fault (NPF), al cui prolungamento orientale e alle cui vicarianti vengono imputati i processi di apertura in Mar Ligure (FANUCCI *et alii*, 1994).

CONCLUSIONI

Dall'insieme delle considerazioni scaturisce, tra l'altro, un concetto di Blocco sardo-corso non convenzionale la cui ampiezza può contribuire a inquadrare eventi deformativi neogenici, soprattutto nell'area Ligure. Già nel corso della seconda fase di apertura del Bacino il Blocco assume una componente di moto verso N e non è da escludere che vi siano stati degli effetti transpressivi coinvolgenti il settore ligure dell'edificio strutturale alpino. La torsione degli assi strutturali delle Alpi Marittime e Liguri è comunque un fatto complesso che non può essersi prodotto in un'unica fase. Possono aver giocato un importante ruolo trascorrenze parallele e coeve a quelle invocate per l'apertura del Bacino Ligure, ma a nostro avviso il fenomeno si è completato con la fase deformativa serravaliano-tortoniana, che oblitera in parte le strutture ereditate dal meccanismo di apertura e conferisce tanto al bacino che all'arco orografico ligure un assetto che prefigura quello attuale (GIAMMARINO, 1984; FANUCCI, 1986; LAUBSCHER *et alii*, 1992; BIELLA *et alii*, 1992).

Tale assetto si delinea ulteriormente a seguito della disgiunzione tirrenica e di quella che si focalizza sul margine occidentale del Blocco corso-sardo (vedi Fig. 2). Esse raggiungeranno congiuntamente i massimi effetti, nell'area ligure, nel Pliocene inferiore dando luogo alla tettonica verticale che determina gli attuali dislivelli.

Il fenomeno interessa in varia misura tutto il Bacino, con l'eccezione del margine del Golfo del Leone

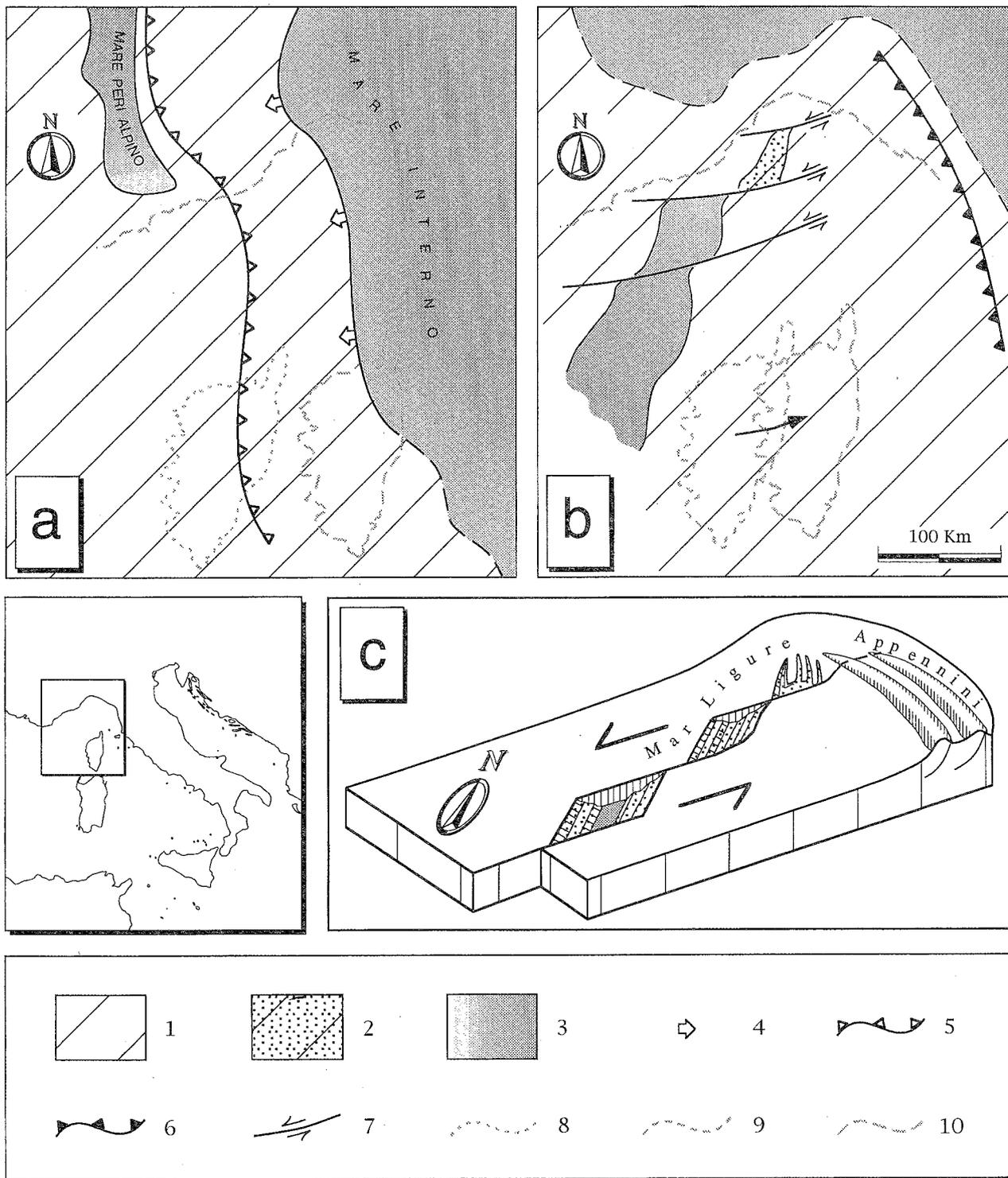


Fig. 3 - Evoluzione geodinamica della porzione settentrionale del Bacino dall'Eocene superiore (a) al Miocene inferiore (b) e relativo schema cinematico tridimensionale (c).

In legenda: 1) Aree emerse; 2) Depressioni tettoniche continentali; 3) Aree marine; 4) Verso della trasgressione marina; 5) Fronte tettonico alpino; 6) Fronte tettonico appenninico; 7) Faglie trascorrenti e trasformanti; 8) Posizione della Corsica all'Eocene superiore; 9) Posizione della Corsica al Miocene inferiore; 10) Linea di costa attuale.

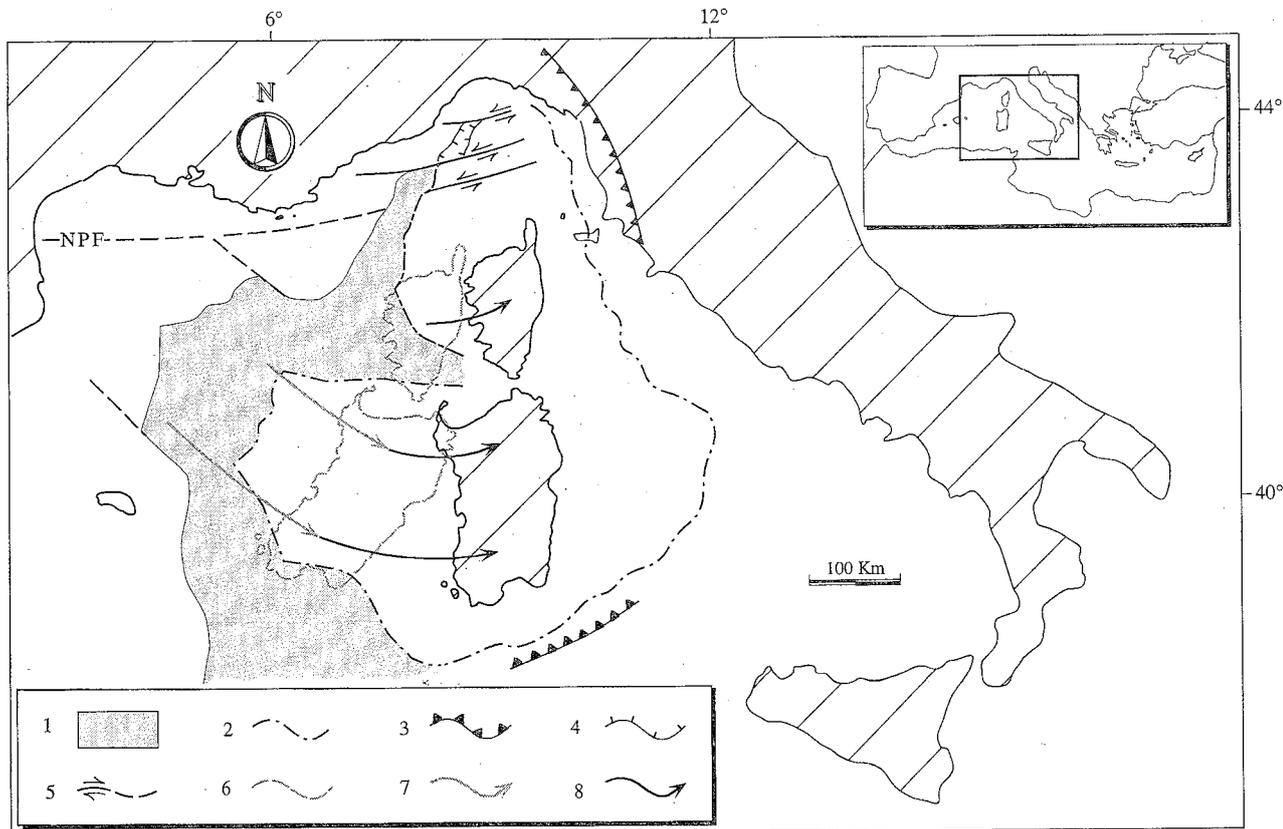


Fig. 4 - Cinematica del Blocco corso-sardo.

In legenda: 1) Area a crosta oceanica; 2) Limiti attuali del Blocco corso-sardo; 3) Fronti tettonici; 4) Faglie dirette; 5) Faglie a rigetto orizzontale; 6) Posizione della Sardegna e della Corsica alla fine della prima fase di apertura; 7) Direzione di deriva della Sardegna nella prima fase di apertura; 8) Direzione di deriva della Sardegna e della Corsica nella seconda fase di apertura; NPF) Faglia Nord-pirenaica.

che, posteriormente all'apertura sembra aver subito solo una lenta e graduale subsidenza.

In conclusione si vuole sottolineare che il modello, elaborato per rendere conto in maniera il più possibile completa dei processi di apertura del Bacino e basato su solide recenti acquisizioni, risulta a posteriori del tutto compatibile con la tettonogenesi appenninica, riproponendo la relazione di causa ed effetto tra i due processi.

BIBLIOGRAFIA

- BIELLA G., 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*. S.G.I. 76° Congr. Naz., Riassunti. Firenze, 21-23 Settembre, 192-195.
- BIJU-DUVAL B. & MONTADERT L. (1977) - *Introduction to the structural history of the Mediterranean Basins*. In: International Symposium on the Structural History of the Mediterranean Basins. Split, 1-12.
- BOCCALETTI M. & GUAZZONE G. (1972) - *Gli archi appenninici, il Mar Ligure ed il Tirreno nel quadro della tettonica dei bacini marginali retro-arco*. Mem. Soc. Geol. It., 11 (2), 201-216.
- BURRUS J. (1984) - *Contribution to a geodynamical synthesis of the Provençal Basin (North Western Mediterranean)*. Marine Geology, 55 (3/4), 247-259.
- BURRUS J. (1989) - *Review of geodynamic models for extensional basins: The paradox of stretching in the Gulf of Lions (Northwest Mediterranean)*. Bull. Soc. Géol. Fr., (8), 2, 377-393.
- CHERCHI A. & MONTADERT L. (1982) - *Oligo-Miocene rift of Sardinia and the early history of the western Mediterranean basins*. Nature, 298, 736-739.
- DE VOOOD B., NICOLICH R., OLIVET J.L., FANUCCI F., BURRUS J., MAUFFRET A., PASCAL G., ARGNANI A., AUZENDE J.M., BERNABINI M., BOIS C., CARMIGNANI L., FABBRI A., FINETTI I., GALDEANO A., GORINI C.Y., LABAUME P., LAJAT D., PATRIAT P., PINET B., RAVAT J., RICCI LUCCHI F., & VERNASSA S. (1991) - *First deep seismic reflection transect from the Gulf of Lions to Sardinia (ECORS-CROP profiles in Western Mediterranean)*. Geodynamics, 22, 265-274.
- FANUCCI F. & NICOLICH R. (1984) - *Il Mar Ligure: nuove acquisizioni sulla natura, genesi ed evoluzione di un "bacino marginale"*. Mem. Soc. Geol. It., 27, 97-110.
- FANUCCI F. (1986) - *Evolution stratigraphique de la région du Golfe de Gênes depuis l'Eocène supérieur*. Mem. Soc. Geol. It., 36, 19-30.
- FANUCCI F., FIRPO M., MORELLI D. & PICCAZZO M. (1994) - *Il Mar Ligure: origine e storia di un bacino mediterraneo*. In: "Studi geografici in onore di Domenico Ruocco", Loffredo Editore, 117-130.
- FANUCCI F. & MORELLI D. (1994) - *Principali lineamenti strutturali ed evoluzione del Mar Ligure (Mediterraneo occidentale)*. Atti del XI Congresso Nazionale dell' A.I.O.L., in stampa.
- GIAMMARINO S. (1984) - *Evoluzione delle Alpi Marittime liguri e sue relazioni con il Bacino Terziario del Piemonte e il Mar Ligure*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., A, 91, 1-25.
- GIGLIA G. (1974) - *L'insieme Corsica-Sardegna e i suoi rapporti con l'Appennino settentrionale: rassegna di dati cronologici e strutturali*. In: "Paleogeografia del Terziario Sardo nell'ambito del Mediterraneo Occidentale". Rendiconti del Seminario della Facoltà di Scienze dell'Università di Cagliari, suppl. 43, 245-276.
- LAUBSCHER H. P. (1988) - *The arcs of the Western Alps and the north Apennines: an update view*. Tectonophysics, 146, 67-78.

- LAUSCHER H.P., BIELLA G.C., CASSINIS R., GELATI R., LOZEJ A. & TOBACCO S. (1992) - *The collisional knot in Liguria*. Geologische Rundschau, 81, (2), 275-289.
- LE DOUARAN S., BURRUS J. & AVEDIK F. (1984) - *Deep structure of the North Western Mediterranean basin: results of a two ships seismic survey*. Marine Geology, 55 (3/4), 325-346.
- MORELLI D., FANUCCI F. & SANTINI S. (1993) - *Struttura ed evoluzione del Mediterraneo occidentale: alcuni risultati del progetto ECORS-CROP*. Atti del XII Convegno Nazionale del G.N.G.T.S., 31-42.
- PASCAL G.P., MAUFFRET A. & PATRIAT P. (1993) - *The ocean-continent boundary in the Gulf of Lion from analysis of expanding spread profiles and gravity modelling*. Geophys. J. Int., 113, 701-726.
- REHAULT J.P., BOLLOT G. & MAUFFRET A. (1984) - *The Western Mediterranean Basin: geological evolution*. Mar. Geol., 55, 447-478.