

## INTRODUZIONE ALLA PROGETTAZIONE DEL PROFILO CROP 1

## INDICE

INQUADRAMENTO STRUTTURALE DEL PROFILO CROP 1	pag.	9
GLI ELEMENTI STRUTTURALI DEL PROFILO CROP 1 ...	"	9
I POTESI A CONFRONTO	"	11
EPILOGO	"	14
BIBLIOGRAFIA	"	14

## INQUADRAMENTO STRUTTURALE DEL PROFILO CROP 1

Il profilo CROP 1-1A è stato programmato attraverso i principali domini strutturali presenti sul margine N del Mediterraneo occidentale. È prevista infatti l'acquisizione di dati sismici dal settore E del Mar ligure, attraverso la parte strutturalmente più rialzata dell'Appennino settentrionale (La Spezia e bordo NO della Finestra delle Alpi Apuane) e la Pianura Padana, completa delle sue avansosse (fronte appenninico sepolto e margine sudalpino friulano), fino alle Alpi orientali (Fig. 1).

I sistemi orogenici delle Alpi e degli Appennini presentano degli stretti legami in termini di evoluzione strutturale e cinematica (C.N.R., 1989; 1991). Il collegamento tra queste due catene orogeniche è esplicito da una grande fascia di torsione strutturale che si estende dalle Alpi occidentali alle Alpi liguri (la catena eo e mesoalpina "Europa"-vergente) fino al settore compreso tra la linea Sestri-Voltaggio e la linea Ottone-Levanto ove il sistema strutturale inverte la sua polarità con la tipica strutturazione dell'Appennino settentrionale a vergenza padano-adriatica (Catena appenninica, neoalpina "Africa"-vergente).

Se si esaminano i grandi elementi strutturali circostanti l'area padana, procedendo da ovest, riconosciamo:

- Il Bacino Ligure-Provenzale (a crosta continentale assottigliata e in parte oceanizzata) che si è sviluppato durante l'evoluzione strutturale neoalpina precoce (Oligocene sup. - Miocene medio).

- Il microcatone continentale del Blocco Corso-Sardo con una fascia di strutturazione alpina (Alpi Corse), inquadrabile come avampaese europeo ruotato e traslato verso SE, è interpretabile come resto abbandonato di arco ("arco rimanente") della catena orogenica appenninica precoce.

- Il Bacino Tirrenico e la Catena appenninica interna. Questo comparto è situato all'interno di un ampio settore di crosta continentale assottigliata, di recente strutturazione

(dal Miocene superiore in poi), con vistose propaggini verso E (Graben della Toscana) che si spingono fino a ridosso dello spartiacque, all'interno dei ricoprimenti della catena.

- La zona frontale appenninica che si estende fino all'interno della Pianura Padana ove si propaga ampiamente fino ad incrociare e a collidere con il fronte sepolto delle Alpi Meridionali, di strutturazione antecedente, con vergenze opposte a quelle dell'Appennino.

- La Pianura Padana "indeformata" ampiamente rappresentata soltanto a E e a N della "Dorsale Ferrarese". La zona indeformata prosegue ampiamente verso NE, all'interno delle Pianure Venete.

- Le Alpi Meridionali rappresentano l'edificio a vergenza meridionale delle Alpi e sono separate dalla Catena Nordalpina a falde di ricoprimento dal Lineamento Periadriatico; escludendo un'ampia fascia N-occidentale (Orbie, Presolana, Grigne) l'accrescimento strutturale di questo edificio si è sviluppato durante l'evoluzione post-collisionale della catena in seguito alle compressioni degli eventi neoalpini. Gran parte di questo edificio è di strutturazione antecedente al fronte appenninico padano-adriatico. La sola eccezione è rappresentata dalla fascia pedemontana e di pianura localizzate a E della Linea Schio-Vicenza (Montello-Friuli) che ha avuto un accrescimento più o meno sincrono con quello del fronte appenninico.

- Unità Nordalpine, costituiscono gli elementi di prevalente strutturazione eo e mesoalpina collegate alla subduzione oceanica della Tetide e alle collisioni dei suoi margini continentali. Si tratta della Catena a falde di ricoprimento "Europa"-vergente con polarità orogenica verso l'Avampese Europeo.

## GLI ELEMENTI STRUTTURALI DEL PROFILO CROP 1 NEL QUADRO DELL'EVOLUZIONE NEOALPINA DEL MEDITERRANEO OCCIDENTALE

Se si tralascia l'edificio delle Alpi, per inquadrare strutturalmente e cinematicamente i vari domini crostali sopra elencati occorre assumere ampie rotazioni e traslazioni di blocchi crostali, processi che risultano in buon accordo con i dati geologici e geofisici fino ad oggi acquisiti. Più precisamente le conseguenze delle rotazioni e traslazioni di blocchi, in prima approssimazione, appaiono abbastanza semplici; i loro effetti più immediati e significativi sarebbero:

- denudamento tettonico con assottigliamenti crostali e litosferici sul retro di blocchi traslati;

- accumulo tettonico con ispessimenti crostali e litosferici nelle zone frontali e al di sotto dei blocchi stessi.

I bacini del Mediterraneo occidentale a crosta assottigliata e oceanizzata e le catene accresciute nel suo bordo meridionale e orientale sembrano in accordo con queste assunzioni (Fig. 2).

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

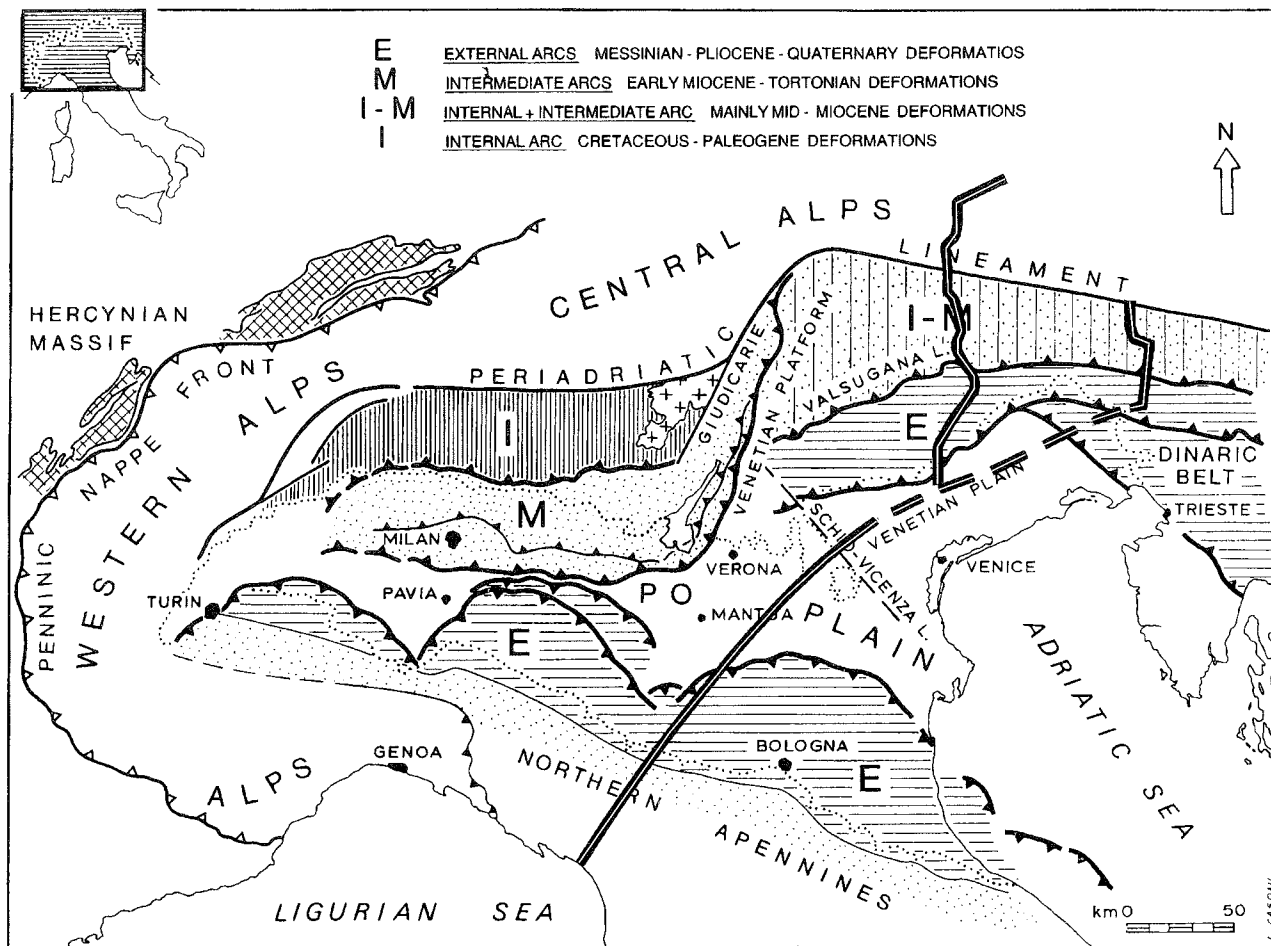


Fig. 1 - Schema strutturale semplificato delle Alpi Meridionali, loro inquadramento tra la Catena Nordalpina, la zona frontale padano-adriatica dell'Appennino e il Mar Ligure. I dati del sottosuolo padano provengono dall'AGIP (Pieri & Groppi, 1981), (da CASTELLARIN & VAI, 1986). Le tracce del Profilo CROP I-1A sono quelle riportate nella copertina del volume.

A questo quadro di sviluppo per roto-traslazione di blocchi delle catene attorno al Mediterraneo Occidentale non può essere riferita né la strutturazione delle Alpi (Nordalpine), né quella delle Alpi Meridionali. La Catena Nordalpina è infatti la conseguenza dei processi di convergenza, con subduzione di tipo oceanico e collisione dei margini continentali della Tetide, per traslazioni in prevalenza verso N della Placca Adriatica (margine continentale africano) che si sono sviluppati nel Cretaceo medio-superiore e nell'Eocene, durante gli eventi eoalpini e mesoalpini. Le Alpi Meridionali, in massima parte, sono la conseguenza delle compressioni post-collisionali dovute al persistere, dopo le collisioni eoceniche, della convergenza tra gli antichi margini continentali e delle compressioni responsabili degli eventi nealpini svoltisi dall'Oligocene superiore in poi.

La strutturazione nealpina precoce dell'Appennino avveniva sul bordo E della Corsica Alpina, ad una certa distanza cioè dalle Alpi Meridionali e i due sistemi potevano accrescersi indipendentemente: le Alpi Meridionali si sviluppavano a causa delle compressioni all'incirca N-S. L'Appennino settentrionale nasceva invece come conseguenza del distacco e della successiva roto-traslazione antioraria del Blocco Corso-Sardo. Dalla fine del Miocene in avanti, col procedere verso NE del fronte appenninico, le zone di avampaese si restrinsero fino alla comparsa del Bacino Padano, comune alle due catene; anche la fascia indeformata dell'avampaese si ridusse progressivamente

mano a mano che il fronte appenninico si propagava verso N (v. Figg. 3 e 4). Da questo momento iniziarono le interferenze fra i due sistemi: ampi settori della catena sudalpina furono incorporati all'interno della flessura litosferica frontale dell'Appennino cioè nell'avanfossa; è questo il caso della fascia pedemontana e delle strutture del sottosuolo lombardo.

Gli accumuli crostali e litosferici connessi alla convergenza degli antichi margini continentali della Tetide, nelle grandi linee già ampiamente previsti da ARGAND (1924), sono stati recentemente confermati fino ad oltre 60 km di profondità dagli esperimenti di sismica a riflessione eseguiti nelle Alpi occidentali (Progetto CROP-ECORS franco-italiano) e nelle Alpi centrali (Ticino) (Progetto NFP 20 elvetico) (v. ROURE *et al.*, 1990).

Gli accumuli tettonici nell'Appennino costituiscono invece un problema a causa delle condizioni da tempo note: le radici crostali dell'Appennino sono piuttosto inconsistenti e l'Appennino appare come una catena quasi priva di radici o con ispessimenti crostali in ogni modo sottodimensionati alla complessità ed ampiezza della sua strutturazione orogenica; inoltre sono ancora piuttosto scarse le prove sulla presenza di radici litosferiche significative al di sotto della catena N-appenninica che possano documentare processi generalizzati e sicuri di accumulo tettonico di litosfera mantellica in subduzione.

Le moderne interpretazioni profonde dell'Appennino

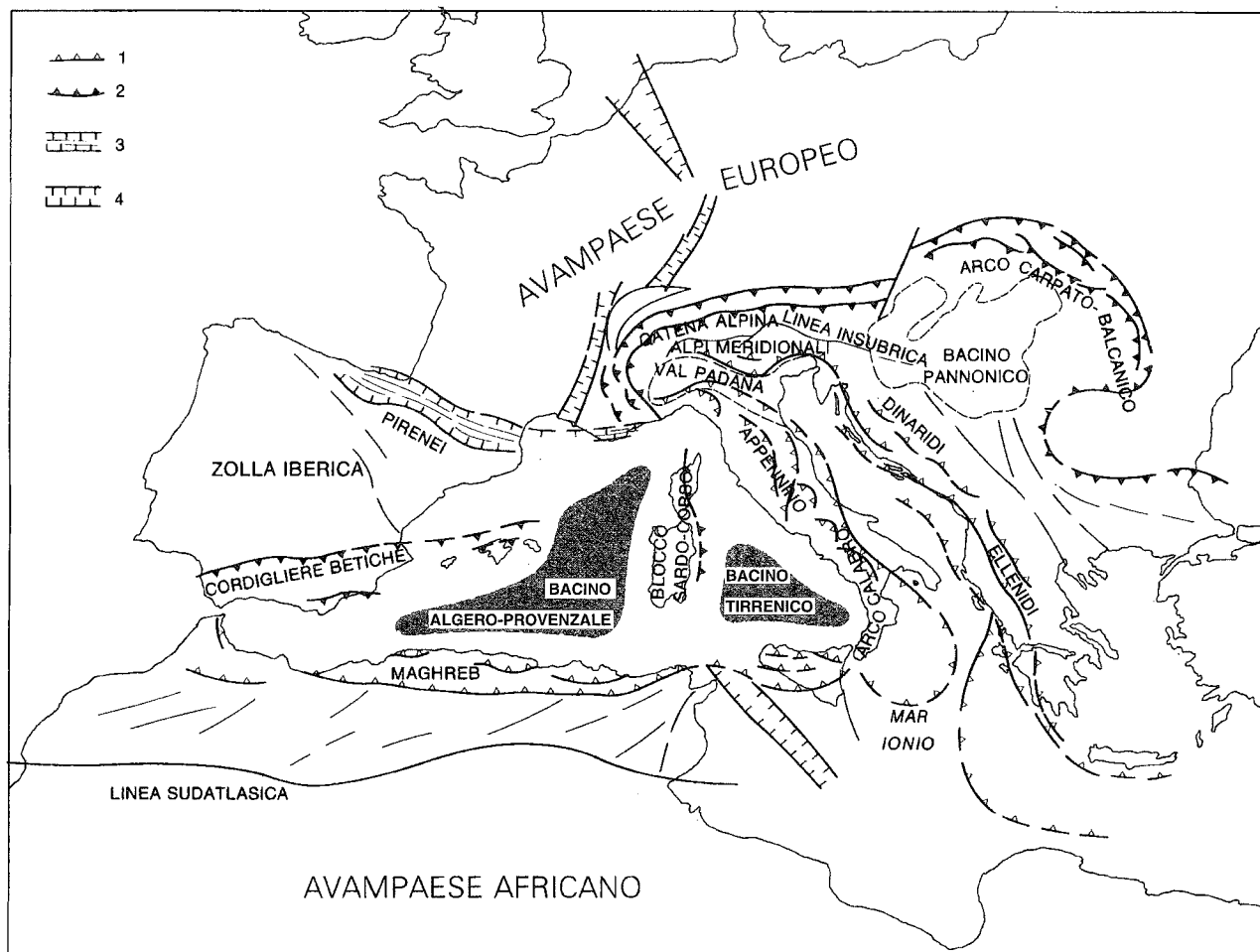


Fig. 2 - Schema strutturale del Mediterraneo occidentale. Le zone bacinali profonde (Bacino Algero-Provenzale, Bacino Tirrenico) sono caratterizzate da crosta e litosfera intensamente assottigliate localmente di tipo oceanico (da PANZA *et al.*, 1980).

risultano contrastanti fra loro e sono principalmente incentrate su due possibili principali schemi alternativi.

1 - Propagazione di un arco orogenico con ampia estensione di litosfera padano-adriatica in profondità al di sotto della catena e trasporto in subduzione verso SO ad elevata inclinazione della litosfera "adriatica" (principalmente mantellica) (v. ad es. SCANDONE, 1979; REUTTER *et al.*, 1980; BECCALUVA *et al.*, 1989; MANTOVANI *et al.*, 1992; ecc.)

2 - Risalita del mantello non accoppiata ai processi di subduzione: la crosta appenninica viene delaminata e progressivamente assottigliata ad opera della risalita e propagazione verso NE del mantello astenosferico con meccanismi di *rifting* asimmetrico per taglio semplice secondo il modello del "*Basin and Range*". Gli assottigliamenti crostali verso SO sono compensati da accumuli tettonici verso NE in un equilibrio di masse crostali che non richiede alcun intervento della subduzione litosferica (v. ad es. LAVECCHIA & STOPPA, 1989). Proposte simili nella sostanza o con differenze non sostanziali sono però anche precedenti (v. ad es. LOCARDI, 1982; LOCARDI & NICOLICH, 1988).

#### IPOTESI A CONFRONTO

Rimanendo all'ipotesi 1 e cioè alle interpretazioni cinematiche basate sulla propagazione di una zona orogena ad arco (v. gli esempi del Pacifico) non si possono avere soluzioni alternative a quelle di una subduzione litosferica

in quanto per la propagazione di un arco magmatico orogenico occorre che le sezioni litosferiche via via ragguante scendano in profondità secondo le modalità proposte (KARIG, 1975) e accertate dalle esplorazioni del *Deep Sea Drilling Project* sugli archi insulari del Pacifico occidentale. Nel caso dell'Appennino settentrionale, la crosta inferiore e il mantello litosferico "adriatici" scenderebbero in profondità in subduzione mentre gli elementi superficiali della crosta scollati dalla litosfera subdotta verrebbero appilati nelle zone di accumulo superficiale.

Ritornando agli scarsi accumuli crostali e mantellici dell'Appennino si possono proporre, sia pure in via ipotetica, alcune spiegazioni di questi assetti apparentemente anomali. Ad esempio per quanto riguarda la litosfera mantellica della Placca Adriatica subdotta, il suo spessore e la sua individualità attuali potrebbero essere stati sensibilmente alterati ad opera dell'astenosfera calda e ricca di fluidi adiacente che avrebbe "assimilato" e amalgamato al suo interno porzioni più o meno ampie del Lid "adriatico" durante i processi di discesa (anche nelle fasi iniziali o immediatamente precedenti il trasporto in profondità). Ne sarebbe derivata una eliminazione almeno parziale del mantello litosferico subdotta, concomitante alla propagazione dell'arco.

Per quanto riguarda la crosta, gli spessori delle radici crostali non sembrano proporzionati all'entità delle traslazioni ipotizzabili sulla base dell'ampiezza delle rotazioni. Inoltre un graduale ispessimento della crosta da NO a SE

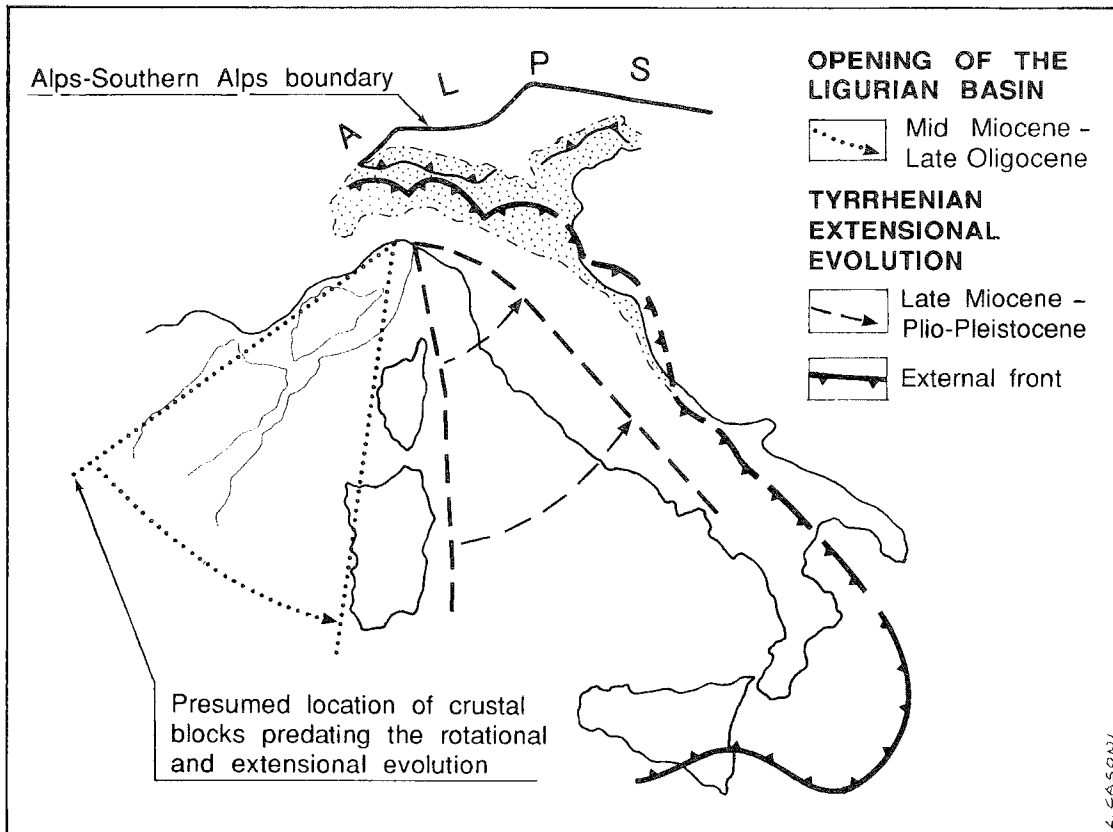


Fig. 3 - Schema sintetic e indicativo mostrante le rotazioni e traslazioni dei blocchi crostali principali nel Mediterraneo Occidentale, riconosciute dai dati geofisici e geologici (da CASTELLARIN *et al.*, 1992).

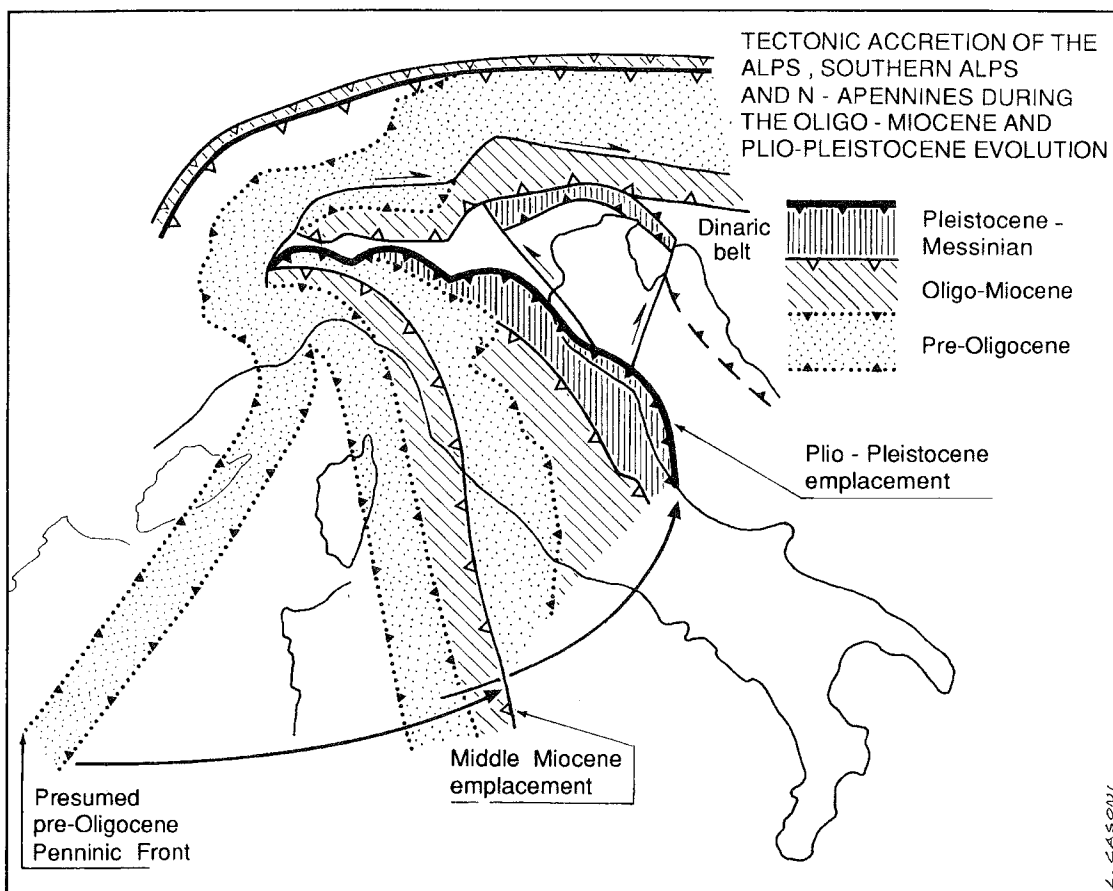


Fig. 4 - Sintesi rappresentativa della strutturazione tettonica sui bordi frontali (E e NE) dei blocchi ruotati e traslati del Mediterraneo occidentale durante l'evoluzione nealpina (v. Fig. 3) (Da CASTELLARIN *et al.*, 1992).

dovrebbe rappresentare una conseguenza degli incrementi nelle traslazioni. Una condizione questa che non sembra verificata per l'Appennino settentrionale, nè in generale per l'Appennino nel suo complesso. Si può pensare a croste relitte ampiamente assottigliate in tempi antecedenti alle traslazioni e cioè ad eredità piuttosto antiche della crosta quali quelle dovute allo sviluppo del *rifting* mesozoico. Ma questi assetti ancestrali non possono essere chiamati in causa poiché essi sono stati completamente riarrangiati dai ricoprimenti e dalla generale inversione strutturale compressiva durante la strutturazione di questa catena che è essenzialmente nealpina. Anche se in via del tutto generale va però ricordato che ricoprimenti di sezioni crostali a crosta più sottile possono portare ad appilamenti più ridotti e cioè ad accumuli di entità più limitata di quelli realizzati su crosta a spessore normale. È tuttavia ormai ampiamente accertato che il forte assottigliamento della crosta appenninica si realizza nelle zone poste sul retro della catena, zone che sono dominate da una intensa frammentazione distensiva (*rifting*) che, soprattutto dal Messiniano in poi si è propagata dalle zone tirreniche alle zone appenniniche toscano-liguri fino allo spartiacque ed oltre (v. ad es. LAVECCHIA *et al.*, 1984). Appare dunque evidente che la principale causa dell'attenuazione delle radici crostali appenniniche è determinata dalla propagazione del sistema orogenico verso l'esterno. Essa si è realizzata attraverso progressive frammentazioni distensive e "distruzioni" dei settori interni della catena secondo modalità e meccanismi che appaiono alquanto simili a quelli riconosciuti negli archi del Pacifico (*Initial Report of the Deep Sea Drilling Project*, Vol. 59).

Da ultimo il problema che una simile interpretazione pone, riguarda il bilancio della crosta continentale. Se si

ricostruisce una crosta mediterranea media cioè una media "pesata" dei vari settori presenti tra il margine provenzale e l'Adriatico, si ottiene una crosta continentale di spessore alquanto ridotto. La riduzione è di circa un terzo rispetto ad una crosta continentale normale (Sardegna, Avampaese europeo, Avampaese adriatico). Dove sono finiti volumi così ingenti di masse continentali così conservative? Come possono essere stati eliminati? Non è forse il caso di pensare all'esistenza di ampie zone semioceaniche e/o a crosta continentale assottigliata già presenti dopo gli eventi collisionali mesoalpini (Paleogene) nel settore attualmente occupato dal Mediterraneo occidentale e cioè prima dell'inizio della sua strutturazione?

Allo stato attuale delle nostre conoscenze, l'ipotesi che l'origine della catena appenninica e del Bacino Tirrenico retrostante sia collegata alla risalita del mantello astenosferico e ai processi di delaminazione litosferica che questa messa in posto comporta (ipotesi 2) è alquanto interessante. Infatti le condizioni del Mediterraneo occidentale sono molto differenti da quelle degli archi insulari del Pacifico: nel Mediterraneo occidentale, se si escludono possibili ampi lembi di crosta oceanica relitta forse mesozoica come è stato proposto per il Bacino Ionico, la crosta oceanizzata si è formata a spese della crosta continentale che è stata sottoposta a progressivo assottigliamento senza subire lacerazioni e lacune generalizzate (a parte fasce di limitata estensione); nel Tirreno mancano infatti esempi di dorsali tipiche e sicure e i processi di *rifting* e *drifting* sembrano piuttosto imperfetti rispetto a quelli delle dorsali oceaniche (v. SARTORI, 1990). Inoltre l'interpretazione in oggetto (ipotesi 2), che non prevede subduzione di litosfera "adriatica", può sembrare in sostanziale accordo con le piccole dimensioni delle radici crostali dell'Appennino, con lo

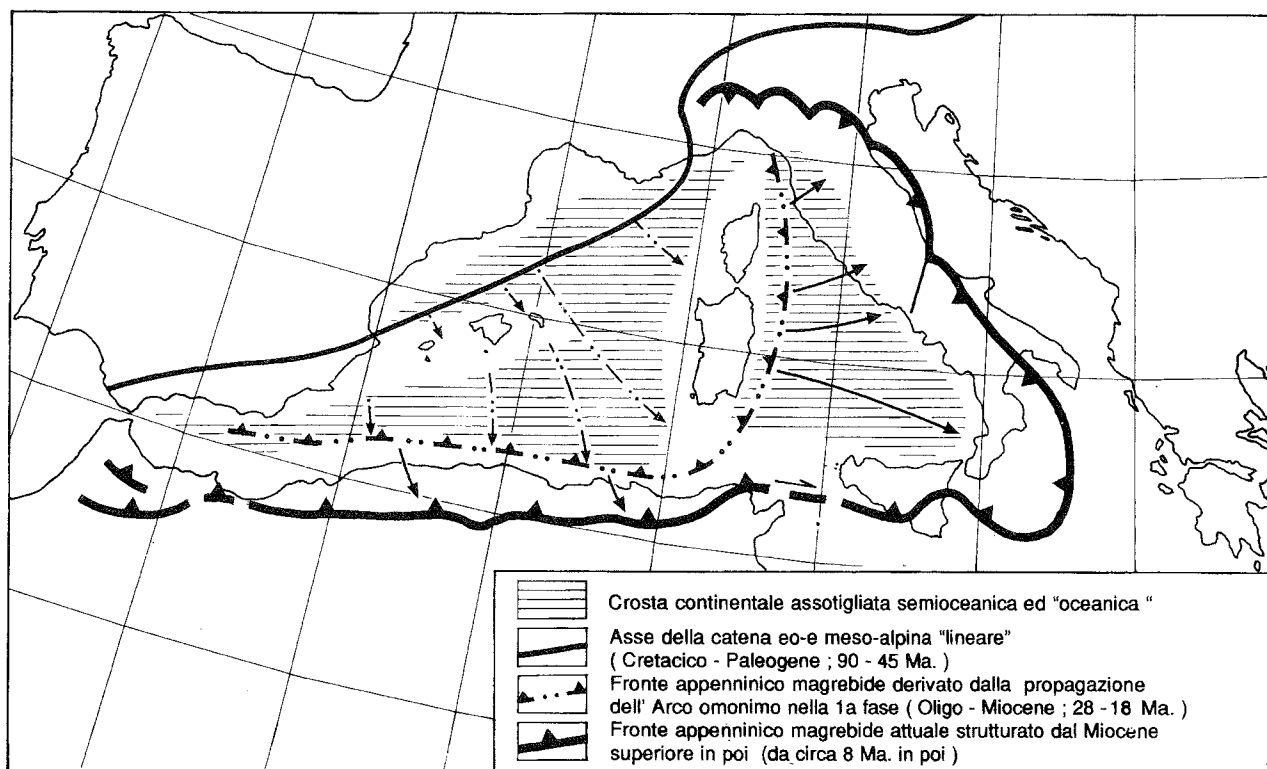


Fig. 5 - Tentativo di interpretazione strutturale del Mediterraneo occidentale secondo uno schema di un arco orogenico che si è propagato durante due principali intervalli dinamici dell'evoluzione nealpina.

scarsissimo risalto della sismicità profonda dell'Appennino settentrionale, nonché con le sorgenti mantelliche (astenosfera) di parte del vulcanismo della zona appenninica interna.

D'altro canto una oceanizzazione dei bacini del Mediterraneo occidentale per semplice intrusione e messa in posto dell'astenosfera all'interno della litosfera dovrebbe comportare una regolare ed omogenea deformazione periclinale attorno agli ammassi astenolitici, così le associazioni distensive e quelle compressive dovrebbero essersi propagate in tutte le direzioni intorno al Tirreno. Al contrario la loro polarità verso le zone adriatiche, ioniche ed iblee e la totale assenza di questa fascia di corrugamento lungo il bordo corso-sardo sembra alquanto problematica in un contesto genetico siffatto.

In base a queste poche essenziali indicazioni il quadro che viene a delinearsi risulta dunque in accordo o almeno non in contraddizione con quello di un arco magmatico orogenico in corso di propagazione verso E (NE e SE) cioè attorno ai margini E e S del Bacino Tirrenico (v. BOCCALETTI & GUAZZONE, 1989; PATACCA *et al.*, 1992). Nelle grandi linee l'Appennino settentrionale costituisce la maggior parte del fianco NE di questo arco e cioè il lato che si propaga verso NE e E per roto-traslazioni antiorarie e transpressioni sinistre. La parte più avanzata e frontale di questo arco del Mediterraneo occidentale è rappresentata dall'Arco Calabro esterno ove si ha il raccordo con il fianco complementare dello stesso arco (Calabria e cintura del Magreb) caratterizzato da roto-traslazioni orarie con intense dislocazioni trascorrenti e transpressioni destre (Fig. 5).

Il "motore" di tutta questa attività va ricercato principalmente nel mantello astenosferico: i meccanismi di attivazione profonda della dinamica mantellica nonché i dispositivi cinematici di trasmissione di questa attività del mantello astenosferico alla litosfera sovrastante fino alla crosta superiore non sono ancora abbastanza conosciuti e compresi.

## EPILOGO

L'insieme dei problemi geofisici e geologici che vengono affrontati negli studi sulla progettazione del Profilo CROP 1 non si esaurisce certo all'interno delle problematiche che sono state indicate nelle pagine precedenti. Molte ricerche analitiche e studi sintetici di base, geologici e geofisici, sono stati messi a fuoco e possono in parte rappresentare documenti a sostegno delle differenti alternative indicate riguardo al quadro genetico ed evolutivo del sistema Alpi-Appennino. Oppure possono essere in parziale o totale antitesi con le interpretazioni precedenti consentendo di modificarle o di rinnovarle totalmente. Tutte queste ricerche integrate di geologia e geofisica che saranno "proiettate" sul Profilo CROP 1, potranno certo fornire contributi innovativi ai problemi scientifici di maggior risalto ed attualità, ma, in ogni modo, esse rappresentano prima di tutto, anche in questa fase iniziale del Sottoprogetto, un importante retroterra culturale, tecnico oltre che scientifico che dovrebbe essere messo al servizio delle applicazioni: mi riferisco allo studio e alla risoluzione dei vari problemi concreti di varia natura da quelli delle risorse naturali, alle varie tipologie di rischi naturali (geologico-geofisici) ai quali il Progetto CROP nel suo insieme intende contribuire.

## BIBLIOGRAFIA

ARGAND E. (1924) - *La tectonique de l'Asie*. Cong. Géol. Int., 13, Belgique 1922, 1, 171-372.

BECCALUVA L., BROTZU P., MACIOTTA G., MORBIDELLI L., SERRI G. & TRAVERSA G. (1989) - *Cainozoic tectono-magmatic evolution and inferred mantle source in the Sardo-Tyrrhenian Area*. In: A. BORIANI *et al.* (Eds), *The lithosphere in Italy*. Acc. Naz. Lincei, Atti dei Convegni Lincei, **80**, 229-248.

BOCCALETTI M. & GUAZZONE G. (1970) - *La migrazione terziaria dei bacini toscani e la rotazione dell'Appennino settentrionale in una zona di torsione per deriva continentale*. Mem. Soc. Geol. Ital., **9**, 177-195.

CASTELLARIN A. & VAI G.B. (1986) - *Southalpine versus Po Plain Apenninic Arcs*. In: *Origin of Arcs. Development in Geotectonics*, **21**, 253-280, Elsevier Amsterdam 1986.

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.

C.N.R. (1989) - *Synthetic structural and kinematic Model of Italy. Scale 1:2.000.000*. L.Salomone Editore, Roma.

C.N.R. (1991) - *Structural Model of Italy. Scale 1:500.000*. Selca, Firenze.

LAVECCHIA G., MINELLI G. & PIALLI G. (1984) - *L'Appennino umbro-marchigiano: tettonica distensiva e ipotesi di sismogenesi*. Boll. Soc. Geol. Ital., **103**, 467-476.

LAVECCHIA G. & STOPPA F. (1990) - *The Tyrrhenian zone: a case of lithosphere extension control of intra-continental magmatism*. Earth and Plan. Sci. Letters, **99**, 336-350.

LOCARDI E. (1982) - *Individuazione di strutture sismogenetiche dall'esame dell'evoluzione vulcano-tettonica dell'Appennino e del Tirreno*. Mem. Soc. Geol. Ital., **34**, 569-596.

LOCARDI E. & NICOLICH R. (1988) - *Geodinamica del Tirreno e dell'Appennino centro-meridionale. La nuova carta della Moho*. Mem. Soc. Geol. Ital., **41**, 121-140.

KARIG D.E. (1974) - *Evolution of Arc Systems in the Western Pacific*. Ann. Rev. Earth Plan. Sci., **2**, 51-75.

MANTOVANI E., ALBARELLO D., BABBUCCI D. & TAMBURELLI C. (1992) - *Recent geodynamic evolution of the Central Mediterranean Region*. Dipart. Scienze della Terra Univ. Siena, 1-88, Tipografia Senese.

PANZA G., CALCAGNILE G., SCANDONE P. & MUELLER S. (1980) - *Struttura profonda dell'area mediterranea*. "Le Scienze", 141.

PATACCA E. & SCANDONE P. (1989) - *Post Tortonian mountain building in the Apennines. The role of the passive sinking of a relic lithospheric slab*. In: A. BORIANI *et al.* (Eds), *The Lithosphere in Italy*. Acc. Naz. Lincei, Atti Convegni Lincei, **80**, 157-176.

PATACCA E., SARTORI R. & SCANDONE P. (1992) - *Tyrrhenian Basin and Apenninic Arcs: kinematic relations since Late Tortonian times*. Mem. Soc. Geol. Ital., **45** (1990), 425-451.

PIERI M. & GROPPI G. (1981) - *Subsurface geological structure*

*of the Po Plain*. C.N.R. Prog. Fin. Geodinamica, Pubblic. n. **414**, 1-23.

REUTTER K., GIESE P. & CLOSS H. (1980) - *Lithospheric split in the descending plate: observations from the N-Apennines*. Tectonophysics, **64**, T1- T9.

ROURE F., HEITZMANN P. & POLINO R. (1990) - *Deep structure of*

*the Alps*. Soc. Geol. Ital., Vol. spec. n. **1**, 1-367.

SARTORI R. (1990) - *Evoluzione neogenico-recente del Bacino Tirrenico e i suoi rapporti con la geologia delle aree circostanti*. Giornale di Geologia (3), **51** (2) (1989), 1-39, Bologna.

SCANDONE P. (1980) - *Origin of the Tyrrhenian Sea and Calabrian Arc*. Boll. Soc. Geol. Ital., **98** (1979), 27-34.

