

INTERPRETAZIONE STRUTTURALE PROFONDA DEL SETTORE CENTRALE CARNICO-FRIULANO (**)

INDICE

RIASSUNTO	pag. 275
ABSTRACT	" 275
INTRODUZIONE	" 275
STUDI PRECEDENTI	" 276
INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO	" 276
MODELLO STRUTTURALE E SISMOLOGICO	" 277
CONCLUSIONI	" 282
BIBLIOGRAFIA	" 283

RIASSUNTO

Viene proposta una sezione geologica crostale, estesa in senso meridiano dalla Valle della Gail (Austria) fino alla pianura friulana centrale, quale interpretazione strutturale di un settore del Sudalpino orientale estesa fino a circa 15 km di profondità.

A partire dai dati geologici pellicolari editi ed inediti, l'interpretazione si avvale essenzialmente di dati magnetici e sismologici tentando di evidenziare i grandi piani di accavallamento profondi.

Il modello strutturale adottato prevede un notevole ruolo delle discontinuità del basamento nell'evoluzione delle strutture medio-superficiali.

La catena è il risultato di un continuo sottoscorrimento litosferico responsabile della strutturazione di sistemi di sovrascorrimenti sudvergenti e in sequenza progressiva verso l'avampese; all'interno di ogni sistema, invece, la strutturazione dei sovrascorrimenti avviene in sequenza regressiva verso Nord. Un piano ad alto angolo, fuori sequenza, segna l'ultimo atto dei sistemi in esaurimento.

Si delineano così tre principali sistemi strutturali di età neogenico-quadernaria che, nel settore considerato, hanno un andamento generale E-W e vergenza verso Sud: il Sistema Valsuganese Settentrionale, che riprende precedenti strutturazioni; il Sistema dell'Alto Tagliamento (o Sistema Valsuganese Meridionale) ed il Sistema Pedemontano. Quest'ultimo, più esterno, risulta essere quello attualmente attivo in quanto ancora in fase di strutturazione e sede di un'intensa attività sismica concentrata in corrispondenza della zona di massima interferenza crostale con il sistema ad orientamento dinarico.

ABSTRACT

A crustal geological section extending southwards from the Gail Valley (Austria) to the Friulian central plain has been

(*) Istituto di Geologia e Paleontologia-Università degli Studi di Trieste, Piazzale Europa 1, 34127 Trieste

(**) Lavoro eseguito con il contributo C.N.R. CT 90.02529.05-Gruppo Alpi (resp. G.B. Carulli).

proposed as a deep structural interpretation of one sector of the eastern part of Southern Alps. Moving on from published and unpublished surface geological data, in the interpretation reported, mainly based on magnetic and seismologic findings, we attempted to highlight the big planes of deep thrusts. In the evolution of middle surface structures, the structural model adopted involves an important role for the discontinuities within the basement.

The chain is the result of a continuous lithospheric underthrusting toward the North marked by the setting-up of structural systems in progressive sequence towards the foreland and, within every system, from the creation of overthrusting in break-back sequence toward the North. A high angle plane, out of sequence, marks the last act of the exhausting systems.

Three main structural systems of Neogenic age have been described which, in the sector under study, have a general East-Westwards strike and a southwards vergence: the Northern Valsugana System, which rearrange previous structurations; the High Tagliamento System (or Southern Valsugana System) and the Piedmont System. The latter, the outer one, is currently active since it is still going through its setting-up phase and showing an intense seismic activity which is mainly focused in proximity of the area of maximum crustal interference with the Dinaric orientation system.

PAROLE CHIAVE: Geologia strutturale, evoluzione cinematica, sismotettonica, Sudalpino, Friuli

KEY WORDS: Structural geology, kinematic evolution, seismotectonics, Southern Alps, Friuli

INTRODUZIONE

Nella fase di progettazione del profilo CROP 1 viene proposta, per il settore carnico-friulano, una sezione geologica profonda subparallela al percorso previsto per l'estremo transetto nord-orientale del profilo stesso.

La traccia della sezione si estende per circa 70 km in direzione pressochè meridiana, subperpendicolare agli assi strutturali, dalla valle della Gail, in territorio austriaco, (coordinate dell'estremo settentrionale: lat. 46° 40' 28"; long. 12° 58' 18") fino all'alta pianura friulana (coordinate dell'estremo meridionale: lat. 46° 03' 14"; long. 13° 00' 40"). Essa passa attraverso la cresta del M. Polinik (Austria), le cime dei monti Zoufplan e Dauda da dove devia di pochi gradi verso Est passando poi per il lago di Verzegnis, la cresta occidentale del M. Corno, il M. Prat e l'abitato di S. Daniele per giungere in pianura nelle vicinanze del paese di Flaibano (circa 16 km a occidente di Udine). Pertanto la sezione si discosta di pochi chilometri, ad occidente, dal prevedibile percorso per l'acquisizione dei dati del profilo CROP 1, intercettandolo a Nord, lungo la S.S. Carnica 52

bis, in prossimità del confine italo-austriaco e, a Sud, presso l'abitato di S. Daniele del Friuli.

La sezione (Tav. 1) viene qui presentata in scala 1:200.000 ma è stata realizzata in scala 1:50.000 sulla base di dati geologici e geofisici (DSS, magnetici, gravimetrici) editi e inediti. Dalla sintesi e dal confronto ponderato di essi nasce questa proposta di interpretazione strutturale profonda che vuole essere un documento di lavoro, cioè un insieme di informazioni utilizzabili, anche come apporto per discussioni propositive, ai fini dell'acquisizione e dell'elaborazione dei dati che deriveranno dalla prospezione sismica a riflessione verticale.

STUDI PRECEDENTI

In passato vari Autori hanno proposto profili geologici interpretativi della struttura delle Alpi e Prealpi Carniche centrali con tentativi di estrapolazione più o meno profonda realizzati specie negli ultimi decenni. Il primo di questi si deve a SELLI (1971) che pubblica una sezione interpretativa in cui ipotizza una decisa risalita del "substrato ercinico sedimentario e metamorfico" poco a Nord della valle del F. Tagliamento.

Nel 1979 FRASCARI *et al.* propongono il Profilo Carnico Centrale, a carattere essenzialmente pellicolare, alla cui traccia si avvicina alquanto quella della sezione qui proposta ed ai cui dati, relativi alla strutturazione ercinica, si è fatto riferimento. Leggermente più ad occidente si sviluppa il Profilo Carnico B di FRASCARI *et al.* (1980), punto di partenza per l'interpretazione strutturale profonda di CASTELLARIN *et al.* (1980). In quest'ultimo lavoro vengono analizzate per la prima volta le principali problematiche che derivano da una sintesi di dati geologici e geofisici. Il tema viene parzialmente sviluppato da CARULLI *et al.* (1981, 1982, 1990) trasferendo i dati sismologici e neotettonici su una serie di sezioni geologiche già note ed affrontato in maniera integrata, con tutti i dati geofisici disponibili, nelle sintesi di SLEJKO *et al.* (1986, 1987, 1989) in chiave di modellizzazione sismotettonica. Una proposta di interpretazione profonda per le Alpi Carniche centrali viene successivamente avanzata in forma sintetica da CARULLI & PONTON (1988).

Il più specifico tema dei raccorciamenti crostali dell'area friulana è stato invece affrontato nei lavori di CASTELLARIN (1979), VAI (1979), ROEDER (1985, 1989, 1992) e ROEDER & LINDSEY (1992).

Sintesi più o meno generali sul Sudalpino orientale, o lavori in genere in cui viene affrontato l'assetto strutturale del settore centrale carnico-friulano qui considerato, sono stati proposti a più riprese da vari Autori. Fra i più recenti si ricordano, oltre a quelli in precedenza citati, i contributi di AMATO *et al.* (1976), CAROBENE *et al.* (1981), COUSIN (1981), FRASCARI *et al.* (1981), CAVALLIN & PIRINI RADRIZZANI (1980), CAVALLIN & MARTINIS (1982), CAVALLIN & GIORGETTI (1983), CAVALLIN *et al.* (1984), OGNIBEN (1986), VENTURINI (1990a, 1990b) e di CASTELLARIN *et al.* (1992).

I problemi principali che emergono dalle sezioni geologiche e dalle ricostruzioni palinspastiche finora proposte riguardano per lo più: le geometrie e la natura del basamento ercinico ed il suo coinvolgimento nei raccorciamenti alpini; il sottoscorrimento litosferico verso Nord come spiegazio-

ne dell'estremo impilamento tettonico di scaglie embriciate sud-vergenti; il ruolo condizionante svolto dalla tettonica sinsedimentaria postercinica nella messa in posto della potente serie sedimentaria mesozoica e nella sua riattivazione in fase collisionale; l'età delle varie fasi tettoniche succedutesi nella strutturazione della catena sudalpina orientale; l'individuazione delle strutture sismogenetiche; le relazioni di interferenza fra *trends* strutturali alpini e dinarici.

INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO

Dati certi e completi sulla successione dei terreni presenti nell'area oggetto di modellizzazione strutturale provengono solamente da investigazioni e rilevamenti di superficie. In profondità si è proceduto inevitabilmente ad una estrapolazione di questi dati e di quelli di aree adiacenti o derivanti dai pochi pozzi più o meno vicini (Amanda 1 bis, Cesarolo 1, Lavariano 1 e Terenzano 1).

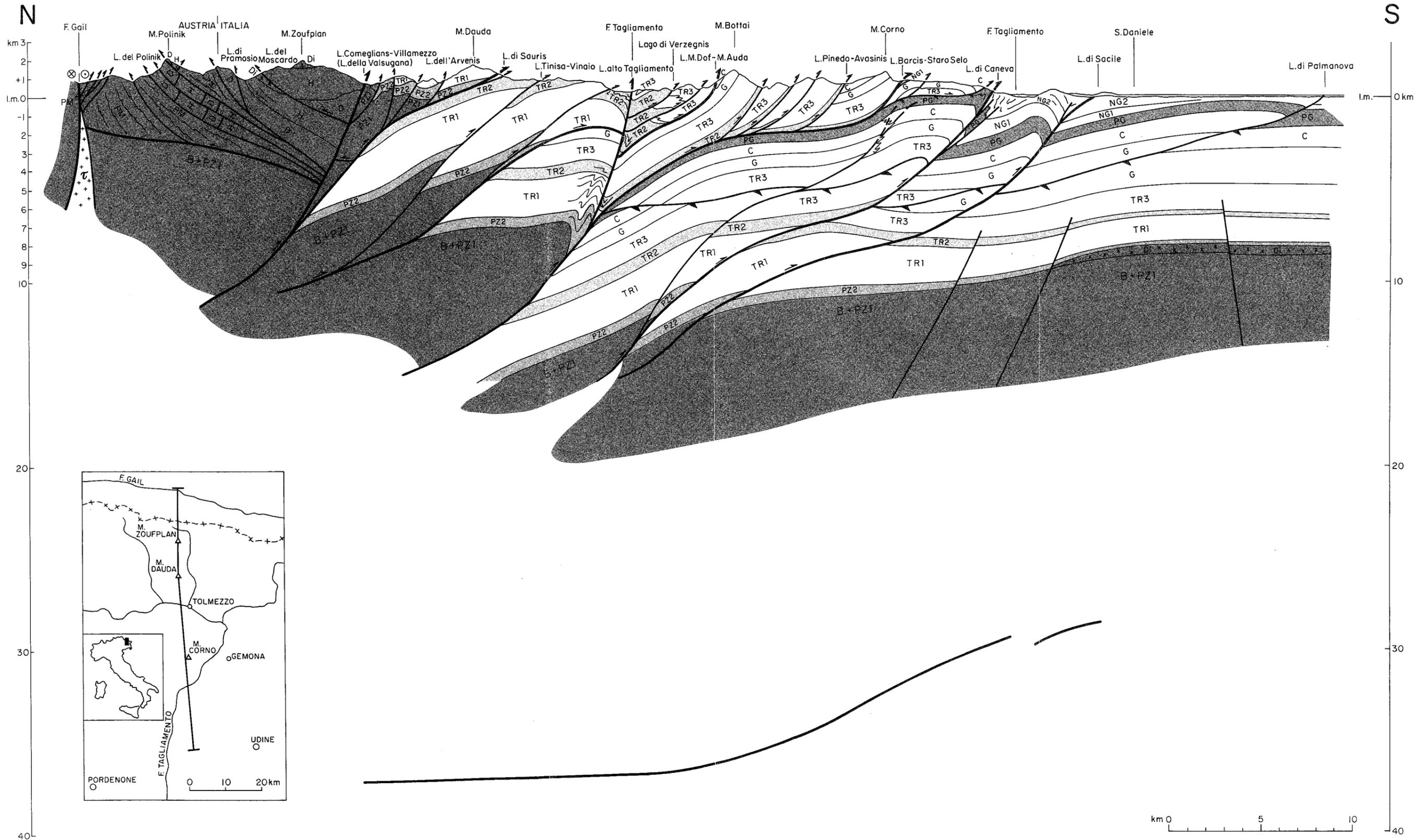
Il basamento non affiorante è quello evidenziato da CASSANO *et al.* (1986) e da CATI *et al.* (1987a) in base a dati aeromagnetici dell'AGIP. È un basamento a bassa suscettività che dovrebbe comprendere, nella sua parte più alta, terreni paleozoici tettonizzati e più o meno metamorfosati dall'orogenesi ercinica che includono spesso corpi di origine vulcanica (CASTELLARIN *et al.*, 1980) presenti nella Formazione del *Dimòn* (Di) della parte basale del Carbonifero superiore (si fa presente che i simboli qui e di seguito usati accanto alle successioni dei terreni descritti si riferiscono a quanto rappresentato nella sezione di Tav. 1).

Nelle citate mappe magnetiche dell'AGIP è evidenziato un grosso corpo subellittico ad alta suscettività sepolto sotto la pianura friulana nell'area compresa fra Udine e Pordenone. Esso giace al tetto del basamento e potrebbe essere attribuito alle vulcaniti della Formazione del *Dimòn*. Questa formazione affiora spesso nella Catena Paleocarnica dove copre una potente serie terrigena flyschoida costituita dalla Formazione del *Hochwipfel* (H) e, assieme a quest'ultima, giace sopra una successione di terreni prevalentemente carbonatici che vanno dall'Ordoviciano al Carbonifero (D). Nel settore della Catena Paleocarnica i terreni paleozoici affioranti si presentano a metamorfismo ercinico crescente verso NW (PM), ma ciò non esclude che nel sottosuolo del settore più a meridione il basamento sia costituito da sequenze più o meno metamorfosate che potrebbero giustificare i bassi valori del magnetismo residuo. Del resto l'edificio ercinico, viste le direttrici strutturali evidenziate da VENTURINI (1990a), doveva svilupparsi anche più a Sud entro le aree attualmente occupate dalle coperture mesozoiche e terziarie e dell'alta pianura friulana.

Considerata la scarsità e l'incertezza dei dati in profondità si è qui incluso nel cosiddetto basamento, contrassegnato con B, anche un generico complesso PZ 1 che comprende, oltre alle sequenze preerciniche, anche eventuali terreni del Carbonifero superiore-Permiano superiore. Di questi, tra quelli affioranti, l'unico presente ovunque è rappresentato dalle arenarie della Formazione della *Val Gardena*. Gli altri, che costituiscono il ciclo sedimentario "permo-carbonifero pontebbano", dalle molasse posterciniche ai complessi carbonatici del Permiano inferiore, si sviluppano anche con spessori considerevoli ma solo local-

Tav. 1 - Sezione geologica crostale.

NG 2 - Neogene: *facies* continentali del Miocene sup.; NG 1 - Neogene: molasse del Miocene medio e inf.; PG - Paleogene: *facies* carbonatiche (scaglia *L.s.*) e torbiditiche (Flysch); C - Cretacico: *facies* di piattaforma nell'avampaese, di transizione e di bacino nella catena; G - Giurassico: *facies* di piattaforma nell'avampaese, di transizione e di bacino nella catena; TR 3 - Triassico sup.: *facies* di piattaforma (Dolomia Principale) e di bacino (Dolomia di Forni) del Retico-Norico; TR 2 - Triassico sup.: *facies* varie, talora evaporitiche, del Carnico (Gruppo di Raibl); TR 1 - Triassico medio e inf.: *facies* di piattaforma e di bacino del Ladinico-Scitico; PZ 2 - Permiano sup.: *facies* in prevalenza evaporitiche (Fm. a *Bellerophon*); PZ 1 - Permiano inf.-Carbonifero sup.: formazioni post-erciniche; Di - Carbonifero sup.: Flysch ercinico (Fm. del *Dimon*); H - Carbonifero sup.: Flysch ercinico (Fm. del *Hochwipfel*); D - Carbonifero inf.-Ordoviciano sup.: formazioni pre-erciniche non metamorfiche, con prevalenti piattaforme devoniche; PM - Carbonifero inf.-Ordoviciano sup.: formazioni a metamorfismo ercinico; B - basamento magnetico; - tonaliti della Lesachtal (Oligocene?).
La discontinuità litosferica profonda corrisponde al tetto della crosta inferiore.



mente (VENTURINI, 1990a).

In generale le successioni sedimentarie paleozoiche dovrebbero ridursi di spessore verso Sud, come testimonia dai pozzi AGIP Amanda Ibis e specialmente Assunta 1 dove, sopra un basamento granitico, poggiano direttamente dolomie triassiche. Anche le formazioni della parte alta del Permiano superiore (PZ 2) e di tutto il Triassico inferiore e medio dovrebbero in genere assottigliarsi verso Sud, cioè verso la cosiddetta "fascia mobile meridionale" di BRUSCA *et al.* (1981) recentemente ben inquadrata anche da DE ZANCHE (1990).

La Formazione a *Bellerophon* (PZ 2) rappresenta la parte sommitale del Permiano superiore ed è stata evidenziata in quanto ha costituito uno dei livelli di scollamento preferenziale nelle fasi di deformazione.

Il Triassico inferiore e medio, considerato nella sua totalità (TR 1), raggruppa tutte quelle formazioni depositatesi in bacini e piattaforme ben delimitati e soggetti ad una tettonica triassica di transpressione lungo direttrici E-W (BOSELLINI *et al.*, 1982; DOGLIONI, 1984; DE ZANCHE, 1990). Lo spessore complessivo medio si può valutare, sulla base dei dati di affioramento, attorno ai 2000 metri essendo impossibile la ricostruzione in profondità degli ipotetici rapporti e degli spessori delle singole unità.

Un altro importante orizzonte di scollamento evidenziato nella sezione è rappresentato dai terreni del Gruppo di *Raibl* (TR 2), della parte alta del Carnico, che in affioramento si presentano con caratteristiche di elevata duttilità globale. Essi avrebbero svolto una funzione determinante nello sviluppo delle strutture a "ramp and flat" e nella messa in posto delle scaglie tettoniche ad esse connesse nel settore prealpino.

La parte più alta del Triassico è dominata da *facies* dolomitiche (TR 3). Esse si differenziano in *facies* anossiche fittamente stratificate, note come *Calcare di Caprizzi* di FERASIN *et al.* (1969) o *Dolomia di Forni* di MATTAVELLI & RIZZINI (1974), affioranti immediatamente a Sud dell'alto corso del fiume Tagliamento; ancor più a meridione predomina invece la *Dolomia Principale* eteropica lateralmente con le precedenti e con spessori paragonabili a quelle ma probabilmente in aumento procedendo verso Sud.

In quest'ultima area si sviluppa la piattaforma friulana con potenti depositi carbonatici continui dal Norico almeno fino al Cretaceo superiore (CATI *et al.*, 1987b). Così, mentre in piena zona di avampaese ritroviamo fino a 2000 metri di calcari giurassici (G) e più di 1000 metri di calcari cretaci (C), andando verso Nord, nei settori prealpini gli spessori via via si riducono prevalendo le *facies* di scarpata e poi quelle di bacino.

Con la sigla PG si è voluto evidenziare un insieme di terreni ben stratificati ed in prevalenza incompetenti, di età paleogenica, caratterizzati da strutture di piegamento e spesso sedi di sovrascorrimenti intercutanei per *duplex* o per sistemi di scaglie tettoniche. In essi sono compresi la *Scaglia Ls.* ed i prevalenti "Flysch" di età dall'Eocene inferiore all'Eocene medio (?).

I depositi molassici della serie neogenica (NG) costituiscono un prisma clastico ben delimitato, con depocentro corrispondente alla fascia dei deboli rilievi pedemontani (MASSARI *et al.*, 1986). In corrispondenza della Linea di Caneva affiorano i sedimenti essenzialmente silico-clastici dell'Aquitano-Burdigaliano e quelli detritici carbonati-

ci del Langhiano-Tortoniano (complessivamente indicati come NG 1). Immediatamente a Sud del M. Corno, al letto del sovrascorrimento Barcis-Staro Selo, va segnalata la discordanza (PONTON, dati inediti) di un piccolo lembo di arenarie quarzose aquitaniano-burdigaliane (?) poggianti su calcari giurassici (FERUGLIO, 1925; BOSELLINI & SARTI, 1978).

I conglomerati essenzialmente carbonatici del Pontico (NG 2) si presentano con spessori notevoli e ripiegati in corrispondenza dei fronti più esterni.

Il prisma neogenico si chiude rapidamente verso Nord e più gradatamente a Sud dove viene coperto dai depositi quaternari fluvio-glaciali ed alluvionali dell'alta pianura friulana.

In corrispondenza della Linea della Gail sono presenti masse granitoidi che presso l'area attraversata dalla sezione affiorano con composizione essenzialmente tonalitica (tonaliti della Lesachtal) e che risultano aver subito a più riprese fenomeni di tettonizzazione (SASSI & ZANFERRARI, 1973). Esse, unitamente alla Linea della Gail (segmento del Lineamento Periadriatico), segnano il confine fra i terreni paleozoici sudalpini più o meno metamorfosati a Sud ed i paragneiss ed i micascisti austridici a Nord. L'età della messa in posto di queste intrusioni va probabilmente collocata nel Paleogene (Oligocene ?).

MODELLO STRUTTURALE E SISMOLOGICO

Lo stile evolutivo che si ricava dal modello proposto, mediante un tentativo di sezione bilanciata, deriva essenzialmente da criteri geometrico-strutturali tenendo sempre in considerazione l'evoluzione sedimentaria dell'avampaese.

Il modello schematizza ovviamente una situazione ben più complessa per cui sono state omesse, ad esempio, strutture di riattivazione alpina nella Catena Paleocarnica e strutture subverticali di assestamento delle ultime fasi nealpine.

Alle fasi tettoniche dell'orogenesi ercinica sono riconducibili parecchi elementi strutturali presenti all'interno del sistema più settentrionale. Quasi tutte queste strutture hanno subito una forte riattivazione o sono state dislocate prevalentemente con vergenza settentrionale forse già nelle fasi alpine (eoalpine) ancora legate alla subduzione del margine europeo verso Sud (CASTELLARIN *et al.*, 1980). Rientrano in questo quadro le Linee del Polinik, le Linee di Pramsoio e la Linea del Moscardo, oltre a quelle ipotizzate in profondità nel settore (FRASCARI & VAL, 1981; FRASCARI *et al.*, 1981).

Alla tettonica mesoalpina di età paleogenica andrebbero ascritte strutture ad andamento dinarico SW-vergenti rilevate anche nella Catena Paleocarnica in settori immediatamente ad Est del profilo (VENTURINI, 1990a) e molto probabilmente anche quelle della zona a cavallo fra le Alpi Tolmezzine e le Prealpi, in particolare attorno al Lago di Verzegnis, visti certi *trends* locali. Naturalmente in questi settori tali strutture sono state notevolmente riprese e mascherate dalle più recenti fasi alpine. Apparterrebbe a questi scorrimenti ad orientamento dinarico anche la Linea di Palmanova, evidenziata in profilo e dislocata in profondità dalle strutture successive.

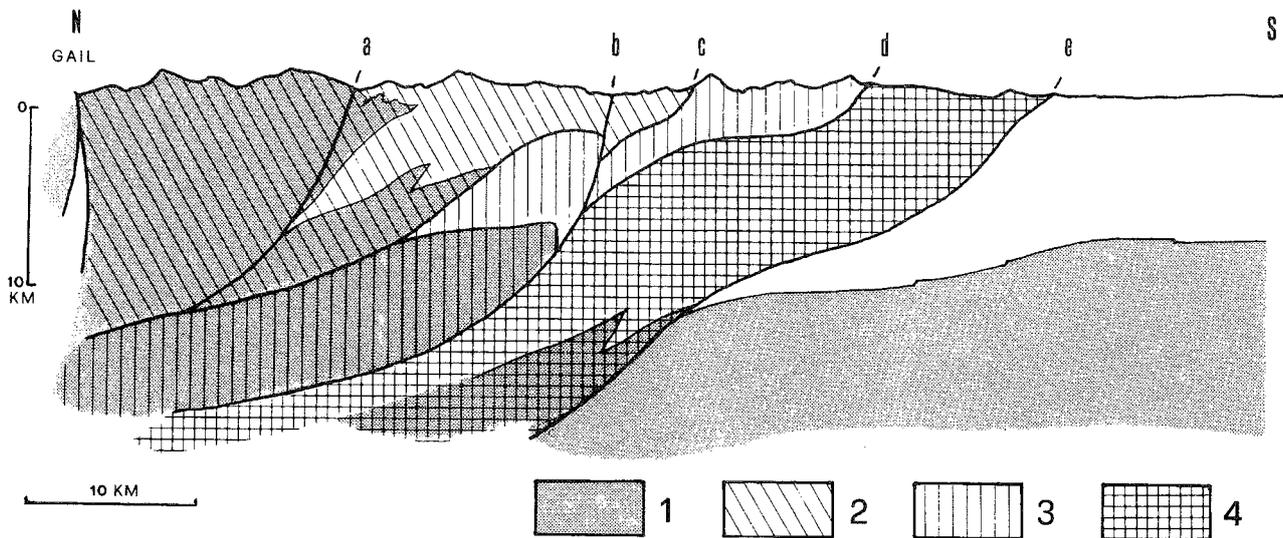


Fig. 1 - Schema tettonico sintetico.

1: Basamento; 2: Sistema Valsuganese Settentrionale; 3: Sistema dell'Alto Tagliamento (Sistema Valsuganese Meridionale); 4: Sistema Pedemontano; a: Linea Comeglians-Villamezzo (Linea della Valsugana); b: Linea dell'Alto Tagliamento; c: Linea M. Dof-M. Auda; d: Linea Barcis-Staro Selo; e: Linea di Sacile.

La struttura del M. Prat-M. Pala, compresa fra la Linea Barcis-Staro Selo e la Linea di Caneva, sarebbe anch'essa di origine mesoalpina ripresa e traslata verso Sud.

Alla fase estensionale oligocenica, invece, potrebbe appartenere l'intrusione della massa tonalitica della Lesachtal lungo la fascia insubrica.

Gli allineamenti mesoalpini o dinarici sono stati riattivati intensamente durante la compressione NNE-NE della fase insubrica (o gonfolitica) del Cattiano-Burdigaliano che avrebbe determinato notevoli deformazioni tettoniche riconosciute in vasti settori delle Alpi meridionali (CASTELLARIN *et al.*, 1992). A questa fase, nell'area, potrebbe essere imputata la presenza di ruditi ed areniti carbonatiche alla base della sequenza molassica (STEFANI, 1984; DOGLIONI & BOSELLINI, 1988; PONTON, 1989; CAVALLIN & PIRINI RADRIZZANI, 1980; VENTURINI & TUNIS, 1991).

La strutturazione attuale ed il riarrangiamento tettonico in genere sono infine imputabili agli eventi neogenico-quaternari.

In generale le direzioni delle strutture, nel settore considerato, si orientano attorno a E-W con immersioni prevalenti verso Nord.

L'edificio sudalpino orientale in questo settore di catena può essere suddiviso in tre principali sistemi strutturali che, da Nord a Sud, si possono individuare come segue: Sistema Valsuganese Settentrionale, Sistema dell'Alto Tagliamento (o Sistema Valsuganese Meridionale) e Sistema Pedemontano (Fig. 1).

Ognuno di essi corrisponde ad un ciclo dell'evoluzione cinematica neogenica ed è caratterizzato dal coinvolgimento del "basamento" e/o dei terreni paleozoici nelle fasi di compressione e raccorciamento proprie della tettonica nealpina.

Questi sistemi strutturali, che rientrano più propriamente nel merito dell'analisi fatta ai fini della costruzione del modello e che verranno descritti in sequenza cinematica, appartengono alla storia evolutiva più recente, quella

legata alla fase di retrovergenza della catena alpina e di sottoscorrimento litosferico della placca adriatica.

Il Sistema Valsuganese Settentrionale è costituito da più scaglie tettoniche che coinvolgono il basamento e strutturate a "ramp-flat" con livelli di scollamento in corrispondenza di PZ 2 e TR 2. A questo sistema appartengono le Linee di Sauris con le scaglie embriciate ad esse collegate e la Linea M. Dof-M. Auda alla quale è connessa in profondità la Linea Tinisa-Vinaio ed un'altra struttura più a meridione appena a monte dell'alto Tagliamento (Fig. 2).

Le Linee di Sauris sarebbero state le prime ad enuclearsi durante le prime fasi compressive neogeniche responsabili della ripresa del sollevamento del settore paleocarnico. Se le sequenze silico-clastiche proprie del Miocene inferiore dell'avanfossa traggono origine dal dominio austro-alpino (MASSARI *et al.*, 1986) le strutture valsuganesi settentrionali in questo intervallo di tempo erano limitate al solo settore carnico probabilmente connesse con la riattivazione del sistema dinarico nella fase insubrica (CASTELLARIN *et al.*, 1992) permettendo così la provenienza dei materiali direttamente da NW; se invece tali sequenze sono costituite esclusivamente da materiale ripreso dalle serie post-erciniche del Permo-carbonifero pontebbano, nulla escluderebbe una strutturazione dell'intero Sistema Valsuganese già nell'intervallo Cattiano-Burdigaliano, cioè in fase insubrica, consentendo un collegamento strutturale continuo fra la Linea della Val Trompia e la Linea della Valsugana.

Il raccorciamento totale legato alle Linee di Sauris può essere valutato attorno ai 14 km.

In sequenza quasi continua con l'evoluzione delle strutture di Sauris si individua un fascio di accavallamenti facenti capo alla Linea M. Dof-M. Auda che coinvolgono essenzialmente le serie alto-mesozoiche. I due *thrusts* a Nord del fiume Tagliamento e connessi in profondità con la Linea M. Dof-M. Auda potrebbero essere in *break back sequence* (MORLEY, 1986; VENTURINI, 1990b). C'è da precisare che propriamente la Linea M. Dof-M. Auda, che più ad



Fig. 2 - La fotografia, che riprende da Ovest le Alpi Carniche meridionali, rappresenta quasi esattamente il tratto della sezione di Tav. 1 compreso fra il M. Dauda ed il F. Tagliamento (a destra nella foto): a) Linee di Sauris; b) Linea Tinisa- Vinaio; c) Linea dell'Alto Tagliamento. Per il significato delle sigle di questa figura e delle successive si veda la legenda di Tav. 1.

occidente (Fig. 3) porta *facies* carniche e dolomie noriche bituminose (Dolomia di Forni) a sovrascorrere su termini giurassici e cretacici, sembra chiudersi appena ad Ovest della sezione conflueno nella Linea dell'Alto Tagliamento (FRASCARI & VAI, 1981). La sezione taglia la catena attorno al Lago di Verzegnis dove compare una serie di scaglie tettoniche con caratteristiche simili a quelle della Linea M. Dof-M. Auda ma con andamenti ruotati da E-W a NW-SE e con notevoli problemi di raccordo in sequenza con le strutture settentrionali.

Questi effetti potrebbero essere imputati a precedenti strutturazioni ad orientamento dinarico e/o a recenti tra-

scorrenze destre di notevole entità lungo questo *trend*.

In conseguenza di ciò risulta difficilmente valutabile il raccorciamento in direzione N-S connesso all'insieme di strutture legate alla Linea M. Dof - M. Auda ma si può ipotizzare che esso sia dello stesso ordine di grandezza di quello delle Linee di Sauris.

Il Sistema Valsuganese Settentrionale, ormai in fase di esaurimento della sua evoluzione cinematica, si chiude con la risalita del nucleo paleocarnico lungo un piano ad alto angolo (Linea Comeglians-Villamezzo, segmento orientale della Linea della Valsugana), prolungamento della rampa profonda. Il piano taglia fuori sequenza la struttura



Fig. 3 - Il settore occidentale delle Prealpi Carniche visto da Est: sulla destra il M. Pramaggiore. È evidenziata la Linea M. Dof (al centro della foto) - M. Auda.

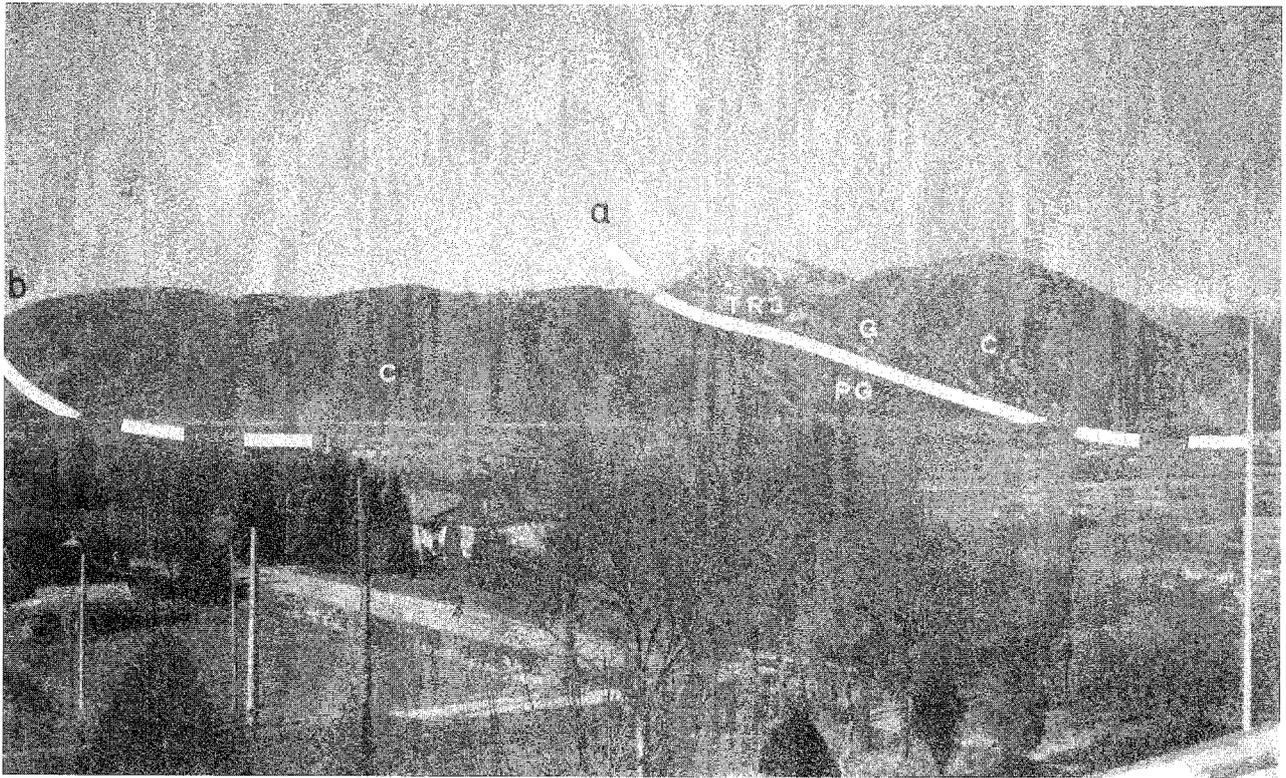


Fig. 4 - La fotografia, che riprende da Est le Prealpi Carniche meridionali, rappresenta quasi esattamente il tratto della sezione di Tav. 1 compreso fra il M. Corno (al centro della foto) ed il F. Tagliamento: a) Linea Barcis-Staro Selo; b) Linea di Caneva.

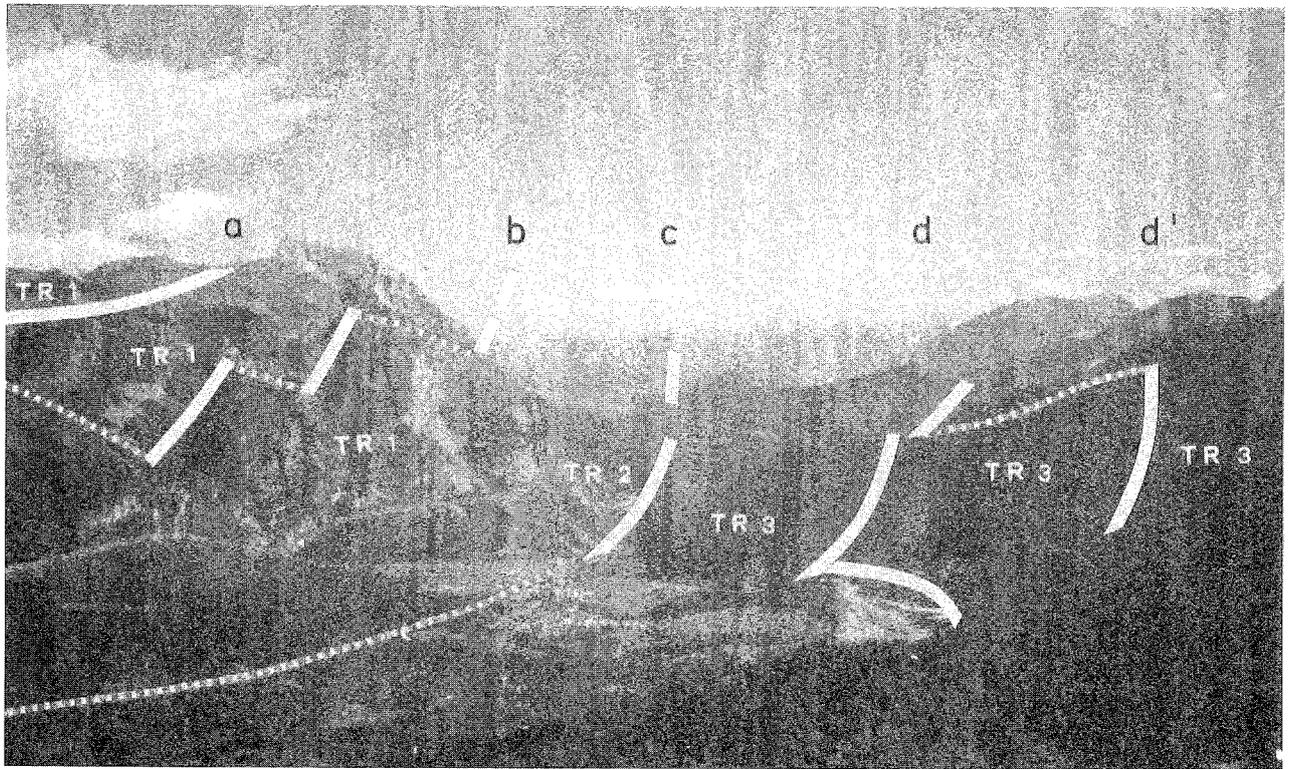


Fig. 5 - Veduta da Ovest dell'alta valle del Tagliamento. Al centro, l'abitato di Forni di sotto. a) Linea di Sauris; b) Linea Tinisa-Vinaio; c) Linea dell'Alto Tagliamento; d-d') faglie connesse con la Linea M. Dof-M. Auda. È evidente, anche dalla morfologia, il notevole rigetto provocato dalla Linea dell'Alto Tagliamento.

formatasi in precedenza con un rigetto verticale di circa 2 km. Contemporaneamente a queste ultime fasi e continuando la tendenza al raccorciamento a causa del sottoscorrimiento litosferico, immediatamente al letto del Sistema Valsuganese Settentrionale si struttura una nuova scaglia nel basamento con formazione del Sistema dell'Alto Tagliamento che pertanto si considera pertinenza meridionale del Sistema Valsuganese. Anch'esso ha un andamento generale a *ramp-flat* con scollamenti a livello di PZ 2 e, più ampi, a livello di TR 2.

Il primo *thrust* a formarsi è quello più avanzato del Sistema, rappresentato dalla Linea Barcis-Staro Selo che porta la Dolomia Principale a sovrascorrere in *flat* sui terreni plastici del Terziario fino ad incontrare l'ostacolo frontale della struttura del M. Prat - M. Pala di origine mesoalpina (Fig. 4). Quest'ultima struttura viene spinta verso Sud riutilizzando in parte il piano di scorrimento preesistente di pertinenza dinarica e formando, al tetto di esso, una piega frontale di trascinamento entro i terreni cretaci e, al letto, nei terreni flyschoidi e molassici.

Alla fronte della Linea Barcis-Staro Selo vengono sovrascorsi dei depositi molassici aquitaniano-burdigaliani(?) dimostrando che la strutturazione del sovrascorrimiento si può collocare dopo il Miocene inferiore.

Considerando il modesto spessore e la relativa lunghezza della falda del M. Corno, scollata sull'orizzonte raibliano e seguendo uno schema dinamico evolutivo per questo tipo di accavallamenti a basso angolo, si può ipotizzare che la Linea Pinedo-Avasinis e le altre tre ancora più a Nord possano essersi strutturate liberando le tensioni, anche in questo sistema, in sequenza regressiva (*break back sequence*), utilizzando via via il grado di libertà maggiore in risposta alle spinte. Fra il M. Corno e il M. Bottai si è formata così una serie serrata di scaglie embriciate generalmente con piani ad alto angolo.

Il raccorciamento totale per il sistema legato alla Linea Barcis-Staro Selo può essere valutato attorno a 35 km. Per motivi grafici il corrispondente raccorciamento del basamento non è stato rappresentato nella sezione.

Come ultimo atto, ed in modo simile al Sistema precedente, il piano della rampa profonda taglia fuori sequenza sia il Sistema dell'Alto Tagliamento che la parte frontale di quello Valsuganese Settentrionale con rigetti verticali di circa 2 km, generando così la Linea dell'Alto Tagliamento (Fig. 5). In corrispondenza profonda di essa le mappe magnetiche dell'AGIP (CATI *et al.*, 1987a; CASSANO *et al.*, 1986) rivelano infatti un'importante risalita del basamento.

Il riempimento del bacino di avanfossa con i depositi molassici essenzialmente carbonatici del Miocene inferiore-medio potrebbe corrispondere alle ultime fasi di strutturazione del Sistema Valsuganese Settentrionale ed a quelle del Sistema dell'Alto Tagliamento che coinvolgono nei sovrascorrimenti terreni mesozoici quasi esclusivamente carbonatici. La deposizione dei sedimenti molassici, che dal Tortoniano in poi si fanno via via più continentali, potrebbe coincidere con le ultime fasi del Sistema dell'Alto Tagliamento e, forse, con le primissime di quello Pedemontano. I conglomerati messiniani risultano infatti ampiamente piegati specialmente in corrispondenza delle strutture legate a quest'ultimo.

Il sistema pedemontano è costituito dalla Linea di

Caneva, affiorante al piede dei primi rilievi prealpini e dalla Linea di Sacile, coperta dai depositi alluvionali dell'alta pianura friulana. Sono due strutture caratterizzate da un inizio di risalita del basamento e dalla strutturazione dei terreni sovrastanti in anticlinali da rampa. Il sistema, con un raccorciamento complessivo valutabile in circa 5 km, è in via di vivace evoluzione recente ed attuale (CARULLI *et al.*, 1980; ZANFERRARI *et al.*, 1982).

Ulteriori discontinuità nel basamento sono quelle più meridionali, a carattere distensivo e orientate circa NW-SE, che delimitano l'alto strutturale del medio Friuli (CATI *et al.*, 1987a). La loro attività limitata alla base dei terreni del Trias superiore è stata desunta da CASSANO *et al.* (1986) ma non è escluso che quelle più settentrionali, che ribassano i lembi a Nord, siano ancora attive essendo a ridosso dei fronti alpini più esterni.

Nella sezione geologica proposta, infine, è stato riportato ad una profondità compresa fra i 30 ed i 40 km un orizzonte di discontinuità litosferica rilevato dalla sismica profonda a rifrazione (CARULLI *et al.*, 1981). Esso potrebbe corrispondere al tetto della crosta inferiore che, tramite una accentuata flessura, si approfondisce verso Nord indicando un netto ispessimento crostale.

Per quanto riguarda i dati gravimetrici il modello strutturale proposto trova buona corrispondenza con il generale andamento delle relative anomalie. Infatti il modello gravimetrico evidenzia una costante diminuzione dei valori da Sud verso Nord, effetto indotto dall'approfondimento della Moho e dal raddoppio crostale. A questo andamento generale si sovrappongono anomalie locali, come ad esempio nella fascia prealpina dove a valori relativamente alti di gravità corrisponde il massimo impilamento tettonico di serie carbonatiche e nella zona pedemontana dove ad un minimo gravimetrico relativo corrisponde lo spessore massimo di sedimenti terziari (SLEJKO *et al.*, 1987).

Sulla interpretazione tettonica illustrata nella sezione geologica sono stati riportati (Tav. 2) i fuochi dei terremoti registrati dalla Rete Sismometrica del Friuli-Venezia Giulia (gestita dall'Osservatorio Geofisico Sperimentale di Trieste) fra il 5 maggio 1977 e il 31 dicembre 1989 su una fascia di 10 km di larghezza.

In generale, dal solo punto di vista della loro distribuzione, si nota che gli ipocentri si concentrano quasi esclusivamente nel settore compreso tra la Linea dell'Alto Tagliamento, il basamento e la zona più esterna dei sistemi strutturali evidenziando l'assenza di sismicità nella Catena Paleocarnica ad un estremo e nella pianura friulana all'altro. In particolare si possono individuare degli addensamenti di eventi allungati a varie profondità e distribuiti fra il basamento e l'area compresa fra il M. Bottai ed il M. Corno nonchè, fra quest'ultimo e l'alto Tagliamento, una serie di eventi di piccola intensità molto superficiali.

Il sisma di maggior magnitudo (M_L pari a 5,2 del 16.9.1977) nell'intervallo temporale considerato, ed altri di media intensità, si distribuiscono invece fra i 7 e gli 11 km di profondità.

Va precisato che sono riportati tutti i sismi, sia con meccanismi focali compressivi (più numerosi) che trascorrenti (SLEJKO *et al.*, 1987). Pertanto alcuni di essi non trovano corrispondenza con i piani di scorrimento rappresentati in quanto sono legati a strutture subverticali ad

andamento compreso fra NNW-SSE e NE-SW (e con traslazioni orizzontali tipiche delle ultimissime fasi dislocative) e non riportate nella sezione per ovvi motivi geometrici.

Dal punto di vista sismotettonico si può notare innanzi tutto una buona corrispondenza fra le strutture ipotizzate nel modello e la distribuzione degli ipocentri. Risulta poi evidente una attività sismica pronunciata in corrispondenza dei segmenti più profondi del Sistema Pedemontano ed una dispersione di altri ipocentri fino alla Linea dell'Alto Tagliamento che limita a Nord il settore più sismico.

In corrispondenza del tetto del basamento dell'avampaese vari sono gli eventi sismici che denotano movimenti al di sotto delle coperture sedimentarie mesozoiche.

I sismi più superficiali che ricadono nel settore delle strutture in sequenza con la Linea Barcis-Staro Selo e con la Linea M. Dof-M. Auda almeno in apparenza non sono collegabili direttamente con strutture più profonde. D'altra parte prove dirette di innalzamento attuale di queste aree sono fornite dagli elevati valori di sollevamento denunciati dalle misure geodetiche (TALAMO *et al.*, 1978) mentre prove indirette di deformazioni recenti provengono dall'osservazione dei terreni quaternari basculati o dislocati. I microsismi superficiali registrati in questo settore delle Prealpi potrebbero essere pertanto interpretati come eventi essenzialmente di assestamento delle strutture preesistenti. Esse sarebbero sottoposte in gran parte ad un innalzamento passivo dell'area prealpina facente parte del Sistema dell'Alto Tagliamento sotto la componente verticale di spinta di strutture relativamente profonde ed appartenenti al Sistema Pedemontano. L'attuale attività di quest'ultimo non presenta grosse evidenze dislocative lungo fronti di sovrascorrimento bensì si manifesta attualmente attraverso deformazioni plicative a causa dell'assorbimento plastico all'interno dei terreni terziari nonchè per la presenza delle potenti coperture alluvionali dell'alta pianura che comunque presentano locali testimonianze di fagliazione superficiale (CARRARO & PETRUCCI, 1977).

Bisogna ricordare infine che i terremoti, arealmente, si concentrano nella zona subito ad Est del M. Corno e non in modo omogeneo lungo gli andamenti delle strutture neoalpine. Ciò sembrerebbe indicare una maggiore attività sismica nel settore di massima interferenza crostale tra le strutture a direzione dinarica e quelle a direzione tilaventina.

CONCLUSIONI

Nell'elaborazione del modello strutturale proposto sono stati affrontati molti dei problemi emersi dagli studi precedenti tentando di proporre quelle soluzioni che sembravano più coerenti con il quadro generale del Sudalpino e con i problemi specifici inerenti al suo settore orientale.

L'edificio strutturale rappresentato nella sezione geologica crostale è il risultato di una originaria orogenesi ercinica, di una prima strutturazione alpina a vergenza settentrionale e di una dinarica a vergenza sud-occidentale, tutte riprese da strutture prevalentemente sud-vergenti di età neogenica. Il "thrust belt" risultante è composto da scorrimenti raggruppati in sistemi strutturali in evoluzione progressiva da Nord a Sud.

Nel modello esposto emerge l'entità del coinvolgimento del basamento nei raccorciamenti alpini che risulta sempre

dislocato dalle strutture principali dei vari sistemi strutturali.

Mentre i sistemi quasi esauriti dal punto di vista cinematico presentano a tergo delle strutture a carattere regionale ad alto angolo e fuori sequenza, prolungamento delle rampe profonde, il sistema strutturalmente più avanzato è ancora in fase di evoluzione.

Le caratteristiche evolutive neogeniche illustrate sembrano indicare una spinta pressochè continua derivante da sottoscorrimento litosferico verso Nord. La scansione in fasi tettoniche successive sarebbe pertanto dovuta alle caratteristiche fisiche dei materiali costituenti il "multi-layer system" della crosta superiore. Esso, sottoposto a spinte compressive continue, si struttura con una prima risalita del basamento alla quale, nella copertura, è connesso un sistema strutturale a scaglie embriciate in sequenza retrograda ("break back sequence") fino al taglio fuori sequenza della rampa profonda; a quest'ultimo segue una nuova risalita del basamento in posizione più avanzata e così via, creando una generale progressione del "thrust belt" verso l'avampaese.

Le rampe di alcuni dei principali piani di scorrimento potrebbero rappresentare l'inversione strutturale di paleofaglie distensive sinsedimentarie impostatesi durante il Permo-Trias, il Triassico superiore ed il Giurassico, come testimoniato dai passaggi talora bruschi di facies spesso accompagnati da brecce sindeposizionali in corrispondenza dei piani di scorrimento.

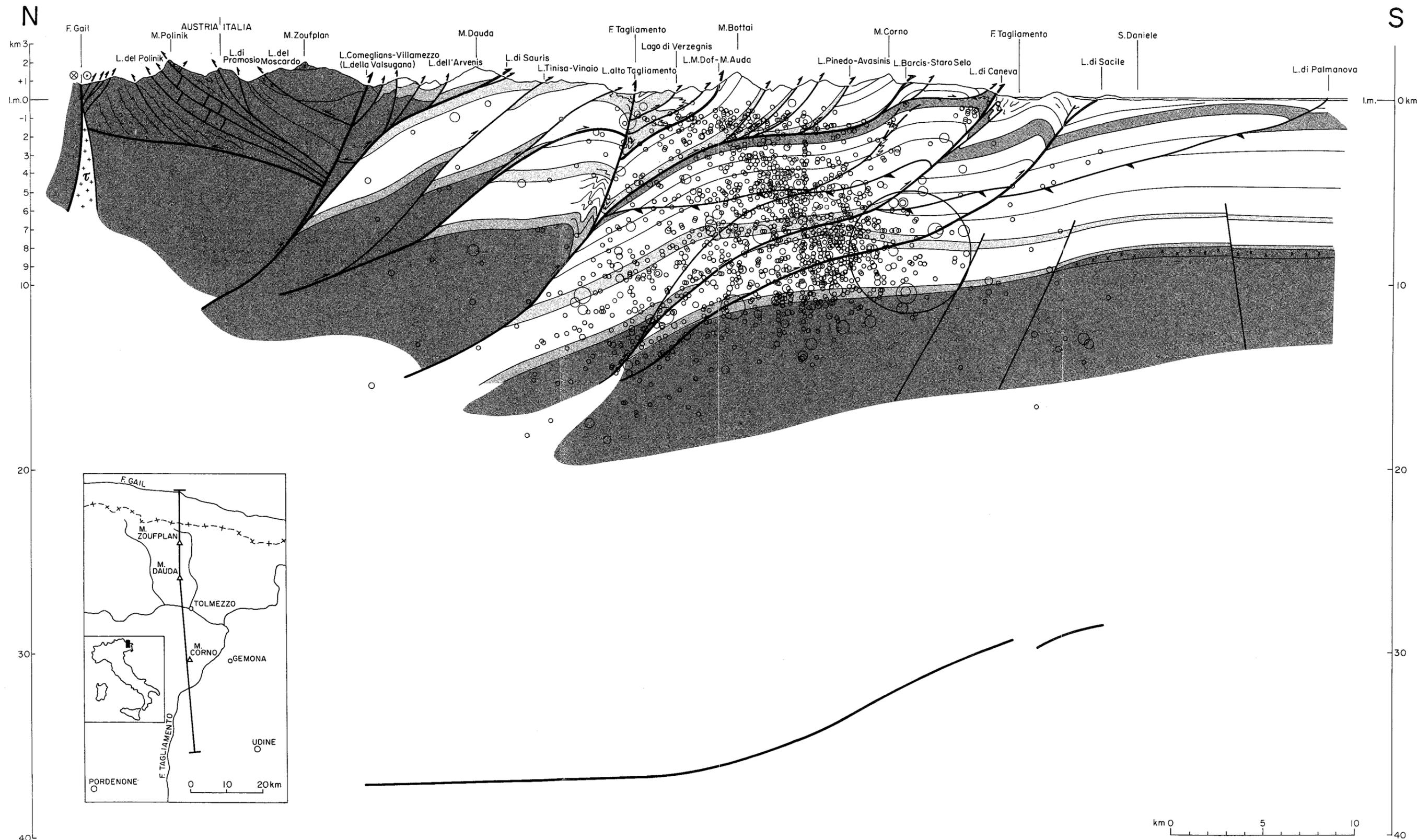
Dalle possibili relazioni esistenti fra momenti di strutturazione e deposizione di sedimenti terrigeni in avanfossa si può proporre una sequenza temporale che lega: il Miocene inferiore silicoclastico con l'impostazione in fase insubrica del Sistema Valsuganese o nella sua totale estensione o limitatamente al settore carnico; il Miocene carbonatico clastico con le ultime fasi di esso e con quelle del Sistema dell'Alto Tagliamento; il Miocene superiore continentale con le fasi finali di quest'ultimo. Il Sistema Pedemontano, responsabile degli innalzamenti generalizzati e delle deformazioni anche dei depositi dal Messiniano all'Olocene nel settore prealpino, sarebbe tuttora in piena evoluzione come testimoniato dall'intensa attività sismica a media profondità in buona corrispondenza con le strutture connesse al sistema stesso.

Alcuni addensamenti di ipocentri sembrano imputabili anche a interferenze fra le strutture sopra citate e quelle a trend dinarico (NW-SE) denotando concentrazioni di stress tettonico e loro parziale riattivazione. Fenomeni di interferenza fra il thrust-belt friulano e quello dinarico interessano un po' tutto il Sudalpino orientale come viene in parte evidenziato nella sezione geologica. Per le ragioni sopra esposte quest'ultima risulta solo in parte bilanciata e "restorabile"; nonostante ciò il raccorciamento totale meridiano può essere valutato intorno ai 70 km.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano l'Osservatorio Geofisico Sperimentale di Trieste, ed in particolare i dott.ri G. Renner e D. Slejko, per aver cortesemente fornito i dati sismologici, il prof. A. Zanferrari del Dipartimento di Georisorse e Territorio dell'Università di Udine per la proficua discussione dei dati ed il prof. A. Castellarin del Dipartimento di Scienze Geologiche dell'Università di Bologna per la lettura critica del manoscritto.

Tav. 2 - L'attività sismica registrata dal 5.5.1977 al 31.12.1989 dall'O.G.S. su una fascia larga 10 km attorno alla sezione geologica e proiettata sulla stessa. Il diametro dei cerchi è proporzionale alla magnitudo degli eventi. L'evento maggiore ($M_L = 5,2$) posto circa al centro della sezione si riferisce alla scossa del 1.9.1977.



BIBLIOGRAFIA

- AMATO A., BARNABA P.F., FINETTI I., GROPPI G., MARTINIS B. & MUZZIN A. (1976) - *Geodynamic outline and Seismicity of Friuli-Venezia Giulia Region*. Boll. Geof. Teor. Appl., **72** (1), 217-256.
- BOSELLINI A. & SARTI M. (1978) - *Geologia del gruppo M. Cuar-M. Covria (Prealpi Carniche)*. Giorn. Geol., ser. 2, **43**(1), 38-47.
- BOSELLINI A., CASTELLARIN A., DOGLIONI C., GUY F., LUCCHINI F., PERRI M.C., ROSSI P.L., SIMBOLI G. & SOMMAVILLA E. (1982) - *Magmatismo e tettonica nel Trias delle Dolomiti*. In: CASTELLARIN A. & VAI G.B. (a cura di), Guida alla geologia del Sudalpino centro-orientale. Guide geol. reg. S.G.I., 189-210.
- BRUSCA C., GAETANI M., JADOU F. & VIEL G. (1981) - *Paleogeografia ladino-carnica e metallogenese del Sudalpino*. Mem. Soc. Geol. It., **22**, 65-82.
- CAROBENE L., CARULLI G.B. & VAIA F. (1981) - *Foglio 25 Udine*. In: CASTELLARIN A. (a cura di), Carta tettonica delle Alpi Meridionali (alla scala 1:200.000), Prog. Fin. Geodinam., Pubbl. **441**, 39-45.
- CARRARO F. & PETRUCCI F. (1977) - *Geologia dei depositi superficiali: anfiteatro morenico del Tagliamento*. In: MARTINIS B. (a cura di), Studio geologico dell'area maggiormente colpita dal terremoto friulano del 1976. Riv. Ital. Paleont., **83** (2), 281-306.
- CARULLI G.B., CAROBENE L., CAVALLIN A., MARTINIS B. & ONOFRI R. (1980) - *Evoluzione strutturale plio-quadernaria del Friuli e della Venezia Giulia*. In: Contrib. prelim. realizzaz. Carta neotettonica d'Italia. C.N.R., Pubbl. n° **356** P.F. Geodinamica, 489-545.
- CARULLI G.B., GIORGETTI F., NICOLICH R. & SLEJKO D. (1981) - *Considerazioni per un modello sismotettonico del Friuli*. Rend. Soc. Geol. It., **4**(1981), 605-611.
- CARULLI G.B., GIORGETTI F., NICOLICH R. & SLEJKO D. (1982) - *Friuli zona sismica: sintesi di dati sismologici, strutturali e geofisici*. In: CASTELLARIN A. & VAI G.B. (a cura di), Guida alla geologia del Sudalpino centro-orientale. Guide geol. reg. S.G.I., 361-370.
- CARULLI G.B. & PONTON M. (1988) - *Interpretazione strutturale profonda delle Alpi Carniche centrali*. Rend. Soc. Geol. It., **11**(2), 251-252.
- CARULLI G.B., NICOLICH R., REBEZ A. & SLEJKO D. (1990) - *Seismotectonics of the Northwest External Dinarides*. Tectonophysics, **179**, 11-25.
- CASSANO E., ANELLI L., FICHERA R. & CAPPELLI V. (1986) - *Pianura Padana. Interpretazione integrata di dati geofisici e geologici*. AGIP, 73° Congr. Soc. Geol. Ital., 28 pp.
- CASTELLARIN A. (1979) - *Il problema dei raccorciamenti crostali nel Sudalpino*. Rend. Soc. Geol. It., **1**, 21-23.
- CASTELLARIN A., FRASCARI F. & VAI G.B. (1980) - *Problemi di interpretazione geologica profonda del Sudalpino orientale*. Rend. Soc. Geol. It., **2**(1979), 55-60.
- 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*. Ann. Tectonicae, **6**(1), 62-94.
- CATI A., FICHERA R. & CAPPELLI V. (1987a) - *Northeastern Italy. Integrated processing of geophysical and geological data*. Mem. Soc. Geol. It., **40**, 273-288.
- CATI A., SARTORIO D. & VENTURINI S. (1987b) - *Carbonate platforms in the subsurface of the northern Adriatic area*. Mem. Soc. Geol. It., **40**, 295-308.
- CAVALLIN A. & PIRINI RADRIZZANI C. (1980) - *Il Miocene trasgressivo di Pian Cavallo (Prealpi Carniche): margine settentrionale della Piattaforma Adriatica*. Riv. Ital. Paleont. Strat., **86**(2), 399-416.
- CAVALLIN A. & GIORGETTI F. (1983) - *Elementi geologici e geofisici per un modello geodinamico dell'Italia nord-orientale e suoi rapporti con l'Appennino*. Mem. Soc. Geol. It., **24**(1982), 79-87.
- CAVALLIN A. & MARTINIS B. (1982) - *Gli scorrimenti del margine settentrionale della piattaforma carbonatica adriatica*. In: CASTELLARIN A. & VAI G.B. (a cura di), Guida alla geologia del Sudalpino centro-orientale. Guide geol. reg. S.G.I., 349-359.
- CAVALLIN A., GIORGETTI F. & MARTINIS B. (1984) - *Geodynamic outline of north-eastern Italy and seismogenetic implications*. Boll. Geof. Teor. Appl., **26**, 69-92.
- COUSIN M. (1981) - *Les rapports Alpes-Dinarides. Les confins de l'Italie et de la Yougoslavie*. Soc. Géol. du Nord, **5**, 521 pp.
- DE ZANCHE V. (1990) - *A review of triassic stratigraphy and paleogeography in the Eastern Southern Alps*. Boll. Soc. Geol. It., **109**, 59-71.
- DOGLIONI C. (1984) - *Tettonica triassica transpressiva nelle Dolomiti*. Giorn. Geol., **46**, 47-60.
- DOGLIONI C. & BOSELLINI A. (1988) - *Eoalpine and mesoalpine tectonics in the Southern Alps*. Geol. Rund., **76**/3, 735-754.
- FERASIN F., BRAGA G.P., CORSI M. & LOCATELLI D. (1969) - *La "Linea dell'alto Tagliamento" fra la Val Cimoliana ed il gruppo del Verzegnis in Carnia*. Mem. Ist. Geol. Miner. Univ. Padova, **27**, 1-15.
- FERUGLIO E. (1925) - *Le Prealpi fra l'Isonzo e l'Arzino. Descrizione geologica*. Boll. Ass. Agr. Friul., **39-40**, 301 pp.
- FRASCARI F., VAI G.B. & ZANFERRARI A. (1979) - *Profilo Carnico centrale. Nota illustrativa sommaria*. Rend. Soc. Geol. It., **1**, 15-17.
- FRASCARI F., SEMENZA E., SPALLETTA C., VAI G.B. & VENTURINI C. (1980) - *Profilo Carnico B: Gailtal - M. San Simeone. Note illustrative sommarie*. Rend. Soc. Geol. It., **2**, 17-20.
- FRASCARI F., SPALLETTA C., VAI G.B. & VENTURINI C. (1981) - *Foglio 14 Pontebba*. In: CASTELLARIN A. (a cura di), Carta tettonica delle Alpi Meridionali (alla scala 1:200.000), Prog. Fin. Geodinam., Pubbl. **441**, 23-30.
- FRASCARI F. & VAI G.B. (1981) - *Fogli 4c-13 Monte Cavallino-Ampezzo*. In: CASTELLARIN A. (a cura di), Carta tettonica delle Alpi Meridionali (alla scala 1:200.000), Prog. Fin. Geodinam., Pubbl. **441**, 31-38.
- MASSARI F., GRANDESSO P., STEFANI C. & ZANFERRARI A. (1986) - *The Oligo-Miocene Molasse of the Veneto-Friuli region, Southern Alps*. Giorn. Geol., ser. 3, **48**/1-2, 235-255.

- MATTAVELLI L. & RIZZINI A. (1974) - *Facies euxiniche nelle dolomie noriche dell'Ampezzano (Udine): petrografia e sedimentologia*. Mem. Riv. Ital. Paleont. Strat., **14**, 114-138.
- MORLEY C.K. (1986) - *A classification of thrust fronts*. Am. Ass. Petr. Geol. Bull., **70**, 12-25.
- OGNIBEN L. (1986) - *Modello geodinamico della regione trentina ed aree circostanti*. St. Trent. Sc. nat., Acta geol., **63**, 1-165.
- PONTON M. (1989) - *Nuovi dati sulla trasgressione miocenica (Casasola-Prealpi Carniche)*. Gortania, Atti Museo St. Nat. Udine, **11**, 25-38.
- ROEDER D. (1985) - *Geodynamics of Southern Alps*. Seminar paper given at University of Milano, November 28, 1985. The Anschutz Corporation, Exploration Research Division, Denver, Colorado, 12- 22.
- ROEDER D. (1989) - *South-Alpine thrusting and trans-Alpine convergence*. In: COWARD M.P., DIETRICH D. & PARK R.G. (Eds.), *Alpine Tectonics*. Geol. Soc. Spec. Publ., **45**, 211-227.
- ROEDER D. (1992) - *Thrusting and wedge growth, Southern Alps of Lombardia (Italy)*. Tectonophysics, **27**, 199-243.
- ROEDER D. & LINDSEY D. (1992) - *Barcis area (Veneto, Friuli, Slovenia): Architecture and geodynamics*. Nafta, **43**(11), 509-548.
- SASSI F.P. & ZANFERRARI A. (1973) - *Sulla presenza di una massa tonalitica lungo la linea della Gail fra Obertilliach e Liesing (Austria)*. Boll. Soc. Geol. It., **92**, 605-620.
- SELLI R. (1971) - *Tettonica*. In: BRAGA G.P., CARLONI G.C., COLANTONI P., CORSI M., CREMONINI G., FRASCARI F., LOCATELLI D., MONESI A., PISA G., SASSI F.P., SELLI R., VAI G.B. & ZIRPOLI G.: *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia*. Fogli 4c-13 Monte Cavallino-Ampezzo. Min. Ind. Comm. Artig. Serv. Geol. It., 83-94.
- SLEJKO D., CARRARO F., CARULLI G.B., CASTALDINI D., CAVALLIN A., DOGLIONI C., NICOLICH R., REBEZ A., SEMENZA E. & ZANFERRARI A. (1986) - *Seismotectonic Model of Northeastern Italy: an approach*. Geol. appl. Idrogeol., **21**(2), 153-165.
- SLEJKO D., CARULLI G. B., CARRARO F., CASTALDINI D., CAVALLIN A., DOGLIONI C., ILCETO V., NICOLICH R., REBEZ A., SEMENZA E., ZANFERRARI A. & ZANOLLA C. (1987) - *Modello sismotettonico dell'Italia nord-orientale*. C.N.R., Gr. Naz. Difesa Terremoti, Rend. n. **1**, 1-82.
- SLEJKO D., CARULLI G.B., NICOLICH R., REBEZ A., ZANFERRARI A., CAVALLIN A., DOGLIONI C., CARRARO F., CASTALDINI D., ILCETO V., SEMENZA E. & ZANOLLA C. (1989) - *Seismotectonics of the Eastern Southern-Alps: a review*. Boll. Geof. Teor. Appl., **31**, 122, 109- 136.
- STEFANI C. (1984) - *Sedimentologia della molassa delle Prealpi Carniche occidentali*. Mem. Sc. Geol., **36**, 427-442.
- TALAMO R., PAMPALONI M. & GRASSI S. (1978) - *Risultati delle misure di livellazione di alta precisione eseguite dall'Istituto Geografico Militare nelle zone del Friuli interessate dalle recenti attività sismiche*. Boll. Geod. Sc. Aff., **37**, 61-75.
- VAI G.B. (1979) - *Una palinspastica permiana della Catena Paleocarnica*. Rend. Soc. Geol. It., **1**, 25-27.
- VENTURINI C. (1990a) - *Geologia delle Alpi Caniche centro-orientali*. Museo Friul. St. Nat., Pubbl., **36**, 1-222.
- VENTURINI C. (1990b) - *Cinematica neogenico-quadernaria del Sudalpino orientale (settore friulano)*. St. Geol. Camerti, vol. spec., 109-113.
- VENTURINI S. & TUNIS G. (1991) - *Segnalazione di depositi miocenici nella Val Tremugna e presso Osoppo (Friuli)*. Atti Ticin. Sc. Terra, **34**, 39-42.
- ZANFERRARI A., BOLLETTINARI G., CAROBENE L., CARTON A., CARULLI G.B., CASTALDINI D., CAVALLIN A., PANIZZA M., PELLEGRINI G.B., PIANETTI F. & SAURO U. (1982) - *Evoluzione neotettonica dell'Italia nord-orientale*. Mem. Sc. Geol., **35**, 355-376.