

Analisi strutturale lungo un profilo geologico tra la linea Fella-Sava e l'avampaese adriatico (Friuli Venezia Giulia-Italia)

S. MERLINI (*), C. DOGLIONI (**), R. FANTONI (*) & M. PONTON (***)

RIASSUNTO

Sulla base di dati aggiornati, provenienti da rilevamento geologico, interpretazione sismica, revisione di pozzi, è stato realizzato uno schema interpretativo della catena delle Alpi e Prealpi Giulie e del relativo avampaese.

La catena interna è caratterizzata da un ampio sinclinorio, delimitato a nord dalla linea Fella-Sava (faglia subverticale a carattere transpressivo destro) e a meridione dalla linea M. S. Simeone-Val Ucceca-Saga, sud-vergente, e dalle linee della Val Resia e del M. Amariana, *backthrusts* nord-vergenti. All'interno della catena sono presenti porzioni dell'edificio della fase mesoalpina, a direzione dinarica (NW-SE), riarrangiate nel successivo edificio neoalpino. La linea M. S. Simeone-Val Ucceca-Saga viene interpretata come struttura di probabile origine mesoalpina ripiegata ed in parte riattivata in fase neoalpina. La linea della Val Dogna presenta le stesse caratteristiche evolutive, con rigetti più limitati. Entrambe le strutture vengono dislocate e ruotate dalla linea Fella-Sava fino ad immergere a sud. In posizione più esterna la catena è caratterizzata da una serie di embrici sudvergenti (linee Pinedo-Ucceca e Barcis-Staro Selo) scolati nelle unità evaporitiche carniche e che coinvolgono il basamento in posizione più interna e profonda. Questo sistema di embrici sovrascorre sul Flysch del Grivò (Paleocene sup-Eocene inf. *p.p.*) con piani spesso ad alto angolo a causa della riattivazione alpina esterna di strutture pre-esistenti dinariche.

La deposizione del Gruppo di Cavanella (Aquitano-Langhiano) sigilla la morfologia ereditata dalla strutturazione dinarica osservabile in sismica nell'avampaese. In età post-Cavanella la struttura dinarica è stata certamente riattivata, come evidente dal profilo sismico.

Frontalmente all'anticlinale di Cargnacco, struttura legata al sovrascorrimento di Palmanova, è conservata la porzione più esterna dell'avanfossa dinarica, fino ad una distanza di circa 20 km.

TERMINI CHIAVE: *Alpi Meridionali, Dinaridi, Friuli, tettonica compressiva.*

ABSTRACT

Structural analysis between the Fella-Sava line and the adriatic foreland (Friuli Venezia Giulia-Italy).

The eastern part of the Southern Alps (northern Italy, Friuli V.G. Region) has been the object of an integrated study to produce a revised tectonic scheme for the Julian Alps and Prealps and for their adjacent Adriatic-Friuli foreland (fig. 1). A compilation of surface stratigraphic and structural data have been used for constructing a geological cross-section through the inner part of the Julian Alps and Prealps, while their external part has been reconstructed integrating surface and seismic data. Ultimately, the buried parts of the thrust-belt and its adjacent foreland have been interpreted on the

basis of seismic lines constrained by well data. The study area is located in the interference zone between the Paleogene forebelt of the Dinarides subduction and the Neogene-Quaternary Southern Alps, which represent the retrobelt of the Alpine subduction.

In the regional section (fig. 2), the inner part of the Julian Alps and Prealps is best described as a large sinclinorium, limited to the north by the Fella-Sava line (vertical fault with a dextral transpressive component) and to the south by a narrow south-verging flexure, connected to the Mt. S. Simeone-Val Ucceca-Saga line and complicated by backthrusts (Val Resia and Amariana lines). To the south of this sinclinorium, pre-existing dinaric thrusts (NW-SE) are present, which have been successively reactivated and made part of the alpine edifice. In this respect, the Mt. S. Simeone-Val Ucceca-Saga line is interpreted as a dinaric structure, later folded and partly reactivated during the neoalpine phase. In fact, this line can be described as a series of steps NW-SE oriented activated during the pre-Miocene, and others E-W trending lines utilized during the more recent alpine phases. The Val Dogna line has got the same characteristics as the above mentioned; both tectonic lines utilize the Permian and Carnian evaporitic units as preferred *decollement* horizons and are dislocated and rotated by the Fella-Sava line to become south-verging.

The external part of the Julian Alps and Prealps has a south-verging embricated structure (Pinedo-Ucceca line and Barcis-Staro Selo line) with the single tectonic units detached along the Carnian evaporites level, with some basement involvement in the deeper and internal areas. This embricated structure overrode the Flysch del Grivò (Upper Paleocene-Lower Eocene *p.p.*); some thrusts are relatively steep, possibly due to the alpine reactivation in the external parts of the mountain chain. At the dinaric margin, underneath the Mt. Bernadia, another structural unit belonging to the shallow deformation of the Cividale line has been recognized (figs. 2-3).

In the subsurface, in the forefront of the exposed thrust-belt (figs. 3-5), there is the Cargnacco anticline in the hangingwall of the Palmanova line which represents the front of the compressive features. Combining seismic and well data (Cargnacco 1, in fig. 4, and Lavariano1 wells) it is possible to reconstruct in detail the deformation history of this structure (VENTURINI, *this volume*). The first deformation phase occurred in the Late Paleocene-Early Eocene *p.p.*, with the deposition of the syntectonic unit of the Flysch del Grivò, overlain by the Lower Eocene *p.p.*-Middle Eocene Flysch di Cormons with clear post-cinematic geometry. The Miocene Gruppo di Cavanella (Aquitano-Langhian) sutures the morphology inherited from the dinaric phase. During post-Cavanella time the same structure has been deformed by the new compressional phase. In fact, the southeastern part of the structure, a relative depression during the dinaric phase, was reactivated as a local high during the Plio-Quaternary. The overall throw can be estimated in approximately 300 m, based on the difference in elevation of base Quaternary strata between Cargnacco1 and Lavariano1 wells.

To the south of the Cargnacco structure the Adriatic-Friuli foreland is almost undeformed, and it is possible to recognize the Mesozoic stratigraphic and structural architecture of the Mesozoic terrains, such as the Friuli Platform to the east and the Belluno Basin to the west. In this sector of the Adriatic-Friuli foreland the Miocene clastics (Gruppo di Cavanella) unconformably overlay the Friuli Platform, while the Paleogene terrains accumulated only to the west of the platform edge, in the morphologic depression inherited from the Belluno Basin.

KEY WORDS: *Southern Alps, Dinarides, Friuli, thrust tectonics.*

(*) Eni-Divisione Agip, Via Emilia, 1 - 20097 S. Donato Milanese (MI).

(**) Dipartimento di Sc. della Terra - Università La Sapienza, piazzale A. Moro, 5 - 00185 Roma.

(***) Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine, via E. Weiss, 2 - 34127 Trieste - ponton@univ.trieste.it

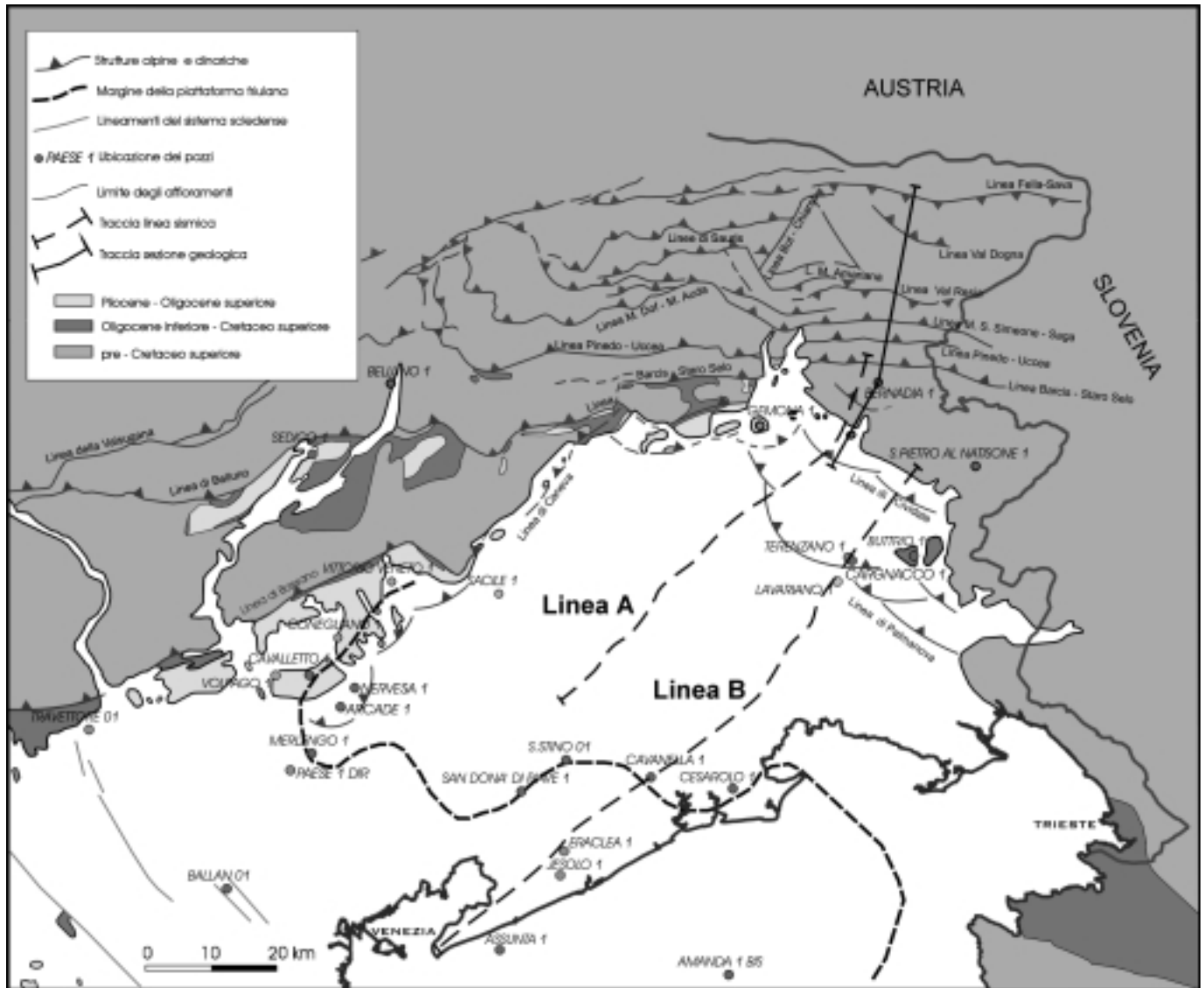


Fig. 1 - Schema strutturale e ubicazione della sezione geologica e dei profili sismici.
- Structural sketch and location map.

INTRODUZIONE

Il Friuli Venezia Giulia è notoriamente l'area in cui le Alpi Meridionali interferiscono con le Dinaridi, cioè l'area in cui la retrocatena alpina della subduzione europea sotto la placca adriatica, interferisce con la catena frontale dinarica, dovuta alla subduzione della placca adriatica sotto quella euroasiatica. Questo lavoro propone una sezione geologica attraverso questa zona di sovrapposizione, nella quale le strutture compressive dinariche SW-vergenti, ritenute in gran parte paleogeniche, sono state deformate da quelle sudalpine, generalmente S-vergenti, attive dal Miocene al presente.

È stata realizzata una sezione interpretativa di sintesi del settore orientale delle Alpi Meridionali (Alpi e Prealpi Giulie) e dell'avampaese friulano. Ci si è basati su dati aggiornati provenienti da rilevamenti geologici, da interpretazione di profili sismici e da interpretazione e revisione di dati dei pozzi esplorativi.

La sezione segue un tracciato con direzione circa N-S nel settore interno della catena e con direzione NE-SW in avampaese (fig. 1).

In passato è stata evidenziata la presenza di strutture con direzioni circa NW-SE e E-W e attribuite rispettivamente alla fase mesoalpina e a quelle neoalpine (COUSIN, 1981; DOGLIONI & BOSELLINI, 1987; VENTURINI & TUNIS, 1989; VENTURINI C., 1990a,b; CARULLI & PONTON, 1992; CASTELLARIN *et alii*, 1992; POLI, 1995; POLI & ZANFERRARI, 1995; PONTON & TUNIS, 1996). Anche recentemente il tema viene ripreso e viene riconosciuta l'importanza dell'interferenza fra i vari sistemi anche per la comprensione della sismicità dell'area (BRESSAN *et alii*, 1998; PONTON & VENTURINI, 2000).

La ricostruzione del settore interno della catena in particolare è stata realizzata tramite una sezione geologica (fig. 2) eseguita sulla base di nuovi dati stratigrafici e strutturali rilevati sull'intera area delle Alpi e Prealpi Giulie. In questa sezione di catena si è cercato quindi di ri-

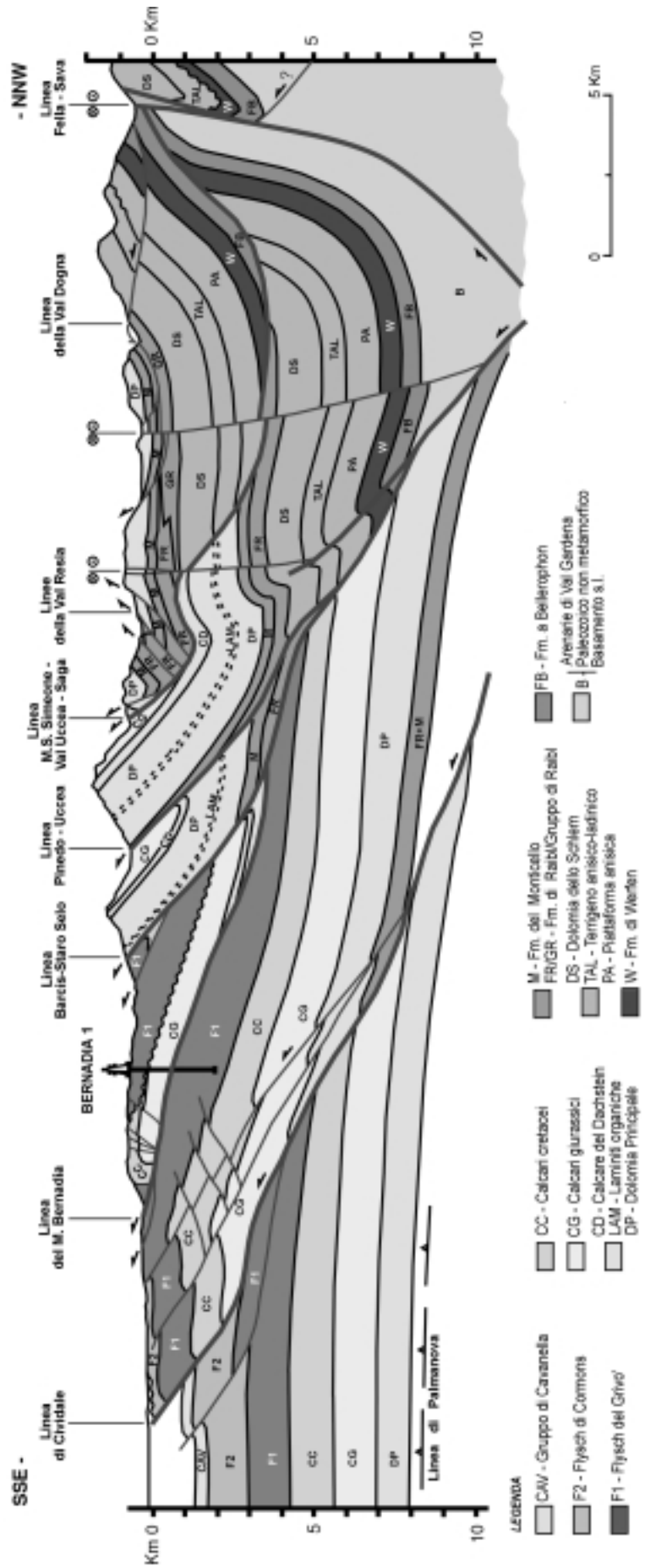


Fig. 2 - Sezione geologica dalla linea Fella-Sava al margine dinarico affiorante.
 - Geological cross-section from Fella-Sava line to dinaric border in the outcrop.

costruire geometrie in profondità che rispettino la molteplicità dei dati di superficie integrando le conoscenze che si hanno di questo settore orientale delle Alpi Meridionali; l'interpretazione profonda del tratto meridionale è stata inoltre integrata con i dati geofisici disponibili.

La ricostruzione del margine sepolto della catena e dell'avampaese friulano/adriatico invece si basa sull'interpretazione di alcune linee sismiche (fig. 3).

I profili sismici sono stati calibrati con i dati dei seguenti pozzi: Bernadia 1, Cargnacco 1, San Pietro al Natissone 1, Buttrio 1, Lavariano 1, Terenzano 1, Cesarolo 1, Eraclea 1 e Cavarella 1.

LINEAMENTI PRINCIPALI DELLA CATENA

Il settore interno della catena è un edificio strutturale complesso, composto da una successione stratigrafica caratterizzata da un'estrema variabilità laterale di facies e di spessori sia in senso meridiano che longitudinale. Questo fatto testimonia la complessa evoluzione dell'area, che nella parte più interna eredita la strutturazione ercinica, e che fa parte del margine nord-est della Placca Adriatica. In questo contesto si collocano le variazioni di spessore spesso legate a paleostrutture per lo più distensive con direzione compresa fra NW-SE e NE-SW. Tali strutture sono state in parte invertite con movimento trascorrente o inverso durante le deformazioni compressive sia meso- che neo-alpine.

La sezione è stata eseguita lungo una traccia circa NNE-SSW che dai pressi di Pontebba in Val Canale, tagliando il settore occidentale delle Alpi Giulie, giunge nelle Prealpi Giulie meridionali attraverso il M. Bernadia (fig. 2).

Sotto la copertura mesozoico-terziaria esiste un basamento composito poco suscettivo (CATI *et alii*, 1989) entro cui ritroviamo il metamorfico cristallino ricoperto da notevoli spessori di depositi poco o per nulla metamorfosati del Paleozoico Carnico sia pre- che post-ercinici (Sequenza ordoviciana-carbonifera e Permo-Carbonifero Pontebbano) (VENTURINI C., 1990a). Tali depositi affiorano soltanto nella Catena Paleocarnica e sembrano ridursi drasticamente verso sud, non essendo testimoniati nei pozzi profondi dell'Alto Adriatico (CATI *et alii*, 1989).

Il complesso *multilayer* presente sopra questo basamento è caratterizzato da un'alternanza di rigidi corpi carbonatici (piattaforme sviluppatesi dall'Anisico al Cretaceo), di meno competenti successioni carbonatico-terrigene dello Scitico, Anisico e Ladinico e di due sequenze miste con importanti livelli a gessi del Permiano sup. e del Carnico sup. (SELLI, 1963; FRASCARI *et alii*, 1981; FOIS & JADOUL, 1983; CARULLI *et alii*, 1987). Entro i corpi di piattaforma o in corrispondenza delle loro scarpate si sviluppano di solito le rampe dei sovrascorrimenti, mentre nelle altre successioni, e in particolare nelle evaporiti, si verificano gli scollamenti e si sviluppano le zone di *flat*.

Sono state osservate rapide variazioni di facies e di spessori nei terreni del Carnico: a nord sono più potenti le unità carbonatico-terrigene del Gruppo di Raibl (secondo ASSERETO *et alii*, 1968), comprensivo di tutto il Carnico e tipico delle Alpi Giulie, mentre a sud si sviluppano maggiormente le unità evaporitiche raibliane del Carnico sup. tipiche dei settori più occidentali come le Dolomiti e la Carnia (CARULLI *et alii*, 1998; DE MARCO *et alii*, 2000).

Sono evidenti inoltre le forti variazioni di spessore della piattaforma carbonatica norico-retica (da 800 a 2000 m) procedendo da sud verso nord.

Si segnala inoltre la presenza all'interno della Dolomia Principale di un orizzonte di dolomie scure con livelli di *oil shale* (unità a laminita organiche del Rio Resartico di FANTONI *et alii*, 1998), riconosciuto anche in avampaese nel Pozzo Cargnacco 1 (VENTURINI S., questo volume).

Le piattaforme carbonatiche nei settori settentrionali persistono sino al Lias *p.p.*; nel Giurassico medio-sup. si sviluppa invece una successione generalmente condensata o ridotta a poche decine di metri, mentre più a sud (Prealpi Giulie meridionali e avampaese) le piattaforme si sviluppano ampiamente fino a tutto il Cretaceo.

Il Cretaceo, nei settori a nord e dove affiorante, è rappresentato in genere dalle facies bacinali del Biancone e della Scaglia, a comportamento semiduttile. In corrispondenza del M. Bernadia è invece presente un margine di piattaforma giurassico-cretacea. (COUSIN, 1981; PONTON & TUNIS, 1996; SARTORIO *et alii*, 1997; PERNARCIC, 2000). La successione cretacea presenta notevoli variazioni di spessore che vanno dai circa 500 m presso il versante sud del M. Bernadia fino ai circa 1500 m in avampaese (Pozzo Cargnacco 1, fig. 4).

Presso il M. Bernadia esiste inoltre una importante discordanza angolare al tetto della piattaforma giurassico-cretacea, coperta dal *flysch* (VENTURINI & TUNIS, 1989; PONTON & TUNIS, 1996; VENTURINI & TUNIS, 1998), documentata anche nel Pozzo Bernadia 1 (fig. 4).

Il *flysch*, in questo settore di catena, può essere distinto in due unità: il *Flysch* del Grivò e il *Flysch* di Cormons (VENTURINI & TUNIS, 1991; TUNIS & VENTURINI, 1992, 2000). Il primo, del Paleocene sup.-Eocene inf., è caratterizzato dalla presenza di megabanchi carbonatici con torbiditi subordinate mentre nel secondo, dell'Eocene inf.-medio, predominano le torbiditi silicoclastiche e, verso l'alto anche depositi deltizi di chiusura del bacino.

La catena interna è caratterizzata da un ampio sinclinorio, delimitato a nord dalla linea Fella-Sava, transpressiva destra immergente a sud con alto angolo, e a meridione da una stretta flessura sud-vergente legata alla linea M. S. Simeone-Val Ucea-Saga, cui sono connesse faglie inverse retrovergenti (linea della Val Resia e linea del M. Amariana). Frontalmente si sviluppa un serrato prisma accrezionale di scaglie tettoniche.

La linea Fella-Sava tronca nettamente la catena e il settore a nord di essa appare disgiunto da quello a sud. Infatti la faglia ha avuto attività diverse, in momenti diversi: compressiva, distensiva, trascorrente (VENTURINI C., 1990b). Gli effetti più evidenti sono una marcata componente inversa (circa 4 km di rigetto verticale) su un piano nord-vergente ad alto angolo che accavalla la base della Fm. a Bellerophon, affiorante nel blocco meridionale, sulla Dolomia dello Schlern (piattaforma ladino-carnica indifferenziata), e una successiva trascorrenza molto evidente, ma non facilmente quantificabile.

La linea M. S. Simeone-Val Ucea-Saga, sulla base di rapporti geometrici e in attesa di dati puntuali, viene interpretata come struttura di probabile origine mesoalpina, ripiegata ed in parte riattivata durante la fase neoalpina. Infatti planimetricamente essa descrive un andamento a gradini con i tratti NW-SE (a *trend* dinarico) attivati nelle fasi pre-mioceniche e quelli E-W, più recenti, allineati con quelli delle strutture neoalpine (fig. 1). Questa è una caratteristica comune a molte delle struttu-

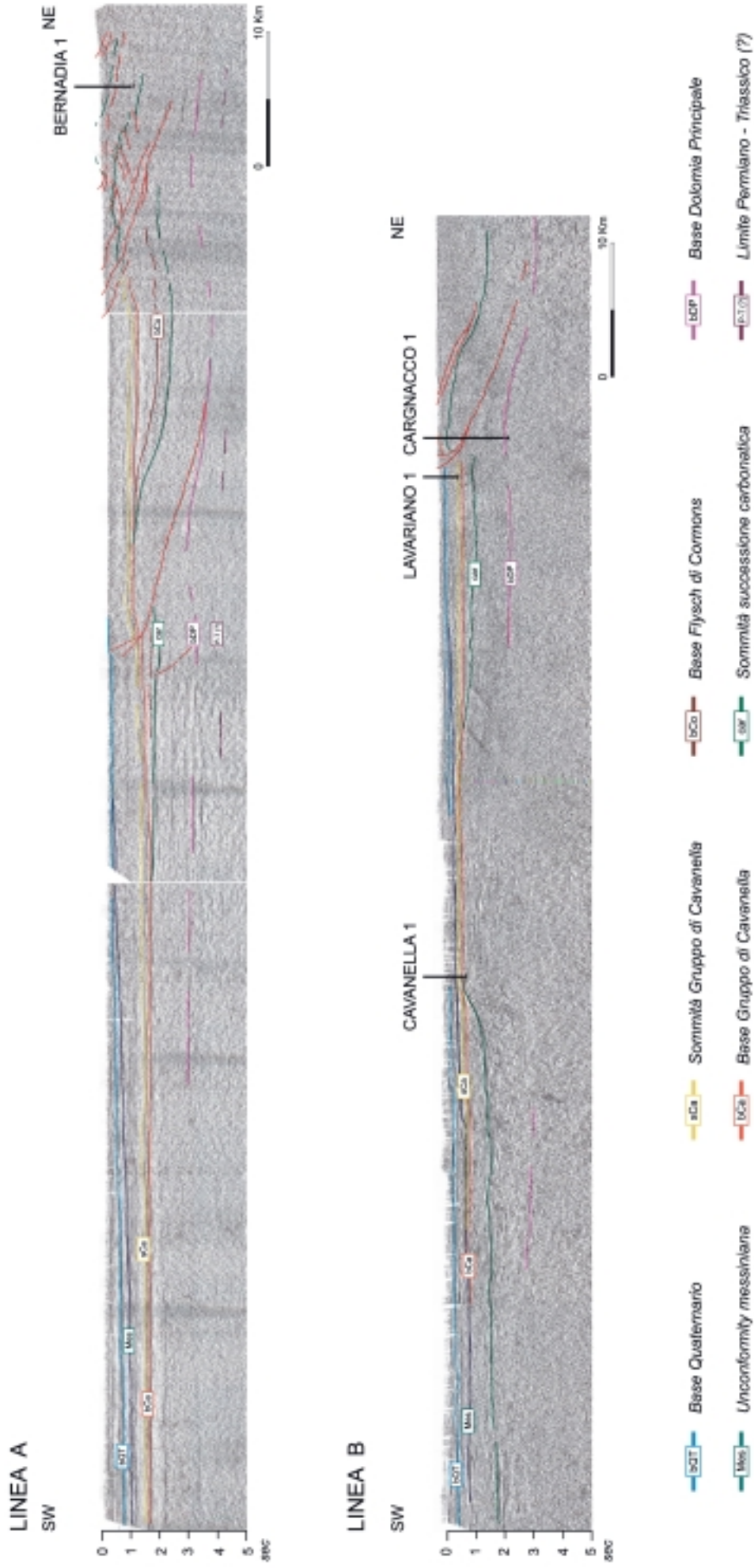


Fig. 3 - Profili sismici dalla catena dinamica all'avamposto adriatico.
 - Seismic profiles from dynamic belt to adriatic foreland.

re presenti nella catena friulana, in particolare nel settore frontale: segnaliamo le unità del M. Ciaurlec e dell'Arzino in Prealpi Carniche e del M. Bernadia in Prealpi Giulie che presentano una evidente piega da rampa con asse NW-SE e un *thrust* a direzione E-W che riprende e disloca il preesistente motivo strutturale. Inoltre si fa notare come subito a sud-est di Saga, in Slovenia, il ramo orientale della linea M. S. Simeone-Val Ucea-Saga, con direzione WNW-ESE, separa due bacini torbiditici maastrihtiani con caratteristiche sedimentologiche nettamente diverse; si ipotizza infatti che durante il Maastrihtiano esistesse una «ruga» orientata WNW-ESE che separava i due solchi (KUŠCER *et alii*, 1974; PIRINI *et alii*, 1986).

Nella sezione geologica (fig. 2) la linea M. S. Simeone-Val Ucea-Saga presenta una strutturazione antecedente alle linee Barcis-Staro Selo e Pinedo-Ucea testimoniata dal forte ripiegamento subito in seguito alla impostazione di tutto il sistema frontale della catena e del retroscorrimento della linea Fella-Sava (cfr. PONTON, 2000 e CARULLI & PONTON, 1992).

Il raccorciamento osservabile per questa struttura, lungo la sezione, è valutabile in circa 10 km. Connessi ad essa, come retroscorrimenti, sono la linea della Val Resia e, immediatamente a nord di questa, la linea del M. Amariana (PONTON, 2000; PONTON & VENTURINI, 2000). La linea della Val Dogna presenta le stesse caratteristiche evolutive della linea M. S. Simeone-Val Ucea-Saga, con rigetti più limitati. Il ripiegamento del piano di queste strutture è evidente sui due fianchi della Val Dogna, ove presenta immersioni opposte (fig. 2). Entrambe le strutture utilizzano gli orizzonti del Permiano e del Carnico come piani di scollamento. Le zone di rampa di queste strutture vengono dislocate e ruotate, fino ad immergere nettamente verso sud, dall'azione della linea Fella-Sava.

In posizione più esterna la catena è caratterizzata da una serie di embrici sud-vergenti impostati lungo la linea Pinedo-Ucea e la linea Barcis-Staro Selo, lungo le quali i raccorciamenti sono rispettivamente di circa 6 e 20 km. Le strutture sono scollate nelle unità evaporitiche carniche (*flut* superiore) e coinvolgono il basamento in posizione interna e profonda. Il sistema scorre sul flysch e, a causa dell'interferenza con le strutture dinariche alla fronte (M. Bernadia) e del basculamento al tetto delle strutture alpine esterne, presenta piani ad alto angolo (fino a 60°). Nella fase finale di strutturazione è ipotizzabile che all'interno di questo sistema si sia generata una flessura dovuta ad un limitato taglio fuori sequenza, prolungamento della rampa profonda, che ha ripiegato e riattivato in parte la scaglia tettonica della Val Resia sovrastante. Nel settore della sezione la flessura è meno pronunciata rispetto a quello occidentale (CARULLI & PONTON, 1992) come avviene sul M. Festa, a nord del M. S. Simeone (PONTON, 2000 e in questo volume).

La catena è ritagliata da faglie trascorrenti destre con direzione WNW-ESE tipiche della fine dell'ultima fase deformativa (PONTON, questo volume).

È evidente la difficoltà di eseguire una sezione completamente bilanciata per la non ortogonalità delle strutture a *trend* dinarico con la stessa. Bisogna comunque ricordare che quasi tutte sono state riattivate durante la fase neoalpina con compressioni N-S e NNW-SSE (BRESAN *et alii*, 1998 e PONTON & VENTURINI, 2000). Si fa notare come la fase mesoalpina con un chiaro *trend* dinarico è documentata anche in alcuni settori della Catena Paleocarnica (VENTURINI, 1990a); nel settore interno del-

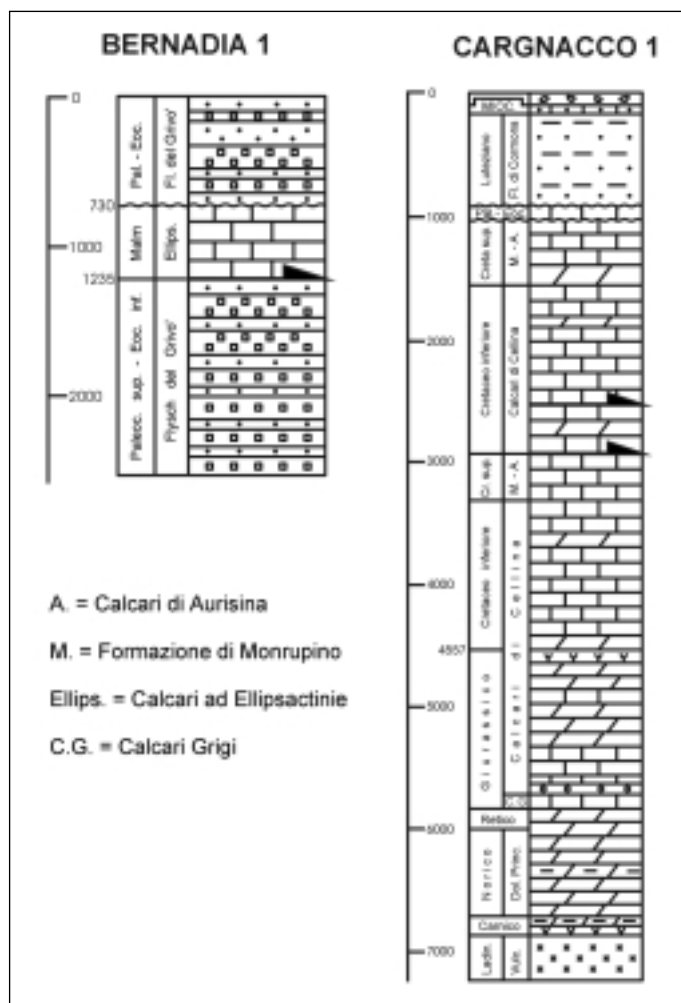


Fig. 4 - Profili dei pozzi Cargnacco 1 e Bernadia 1.
- Profiles of Cargnacco 1 and Bernadia 1 wells.

la catena inoltre è più evidente la discordanza fra le direzioni del sistema alpino e dinarico; quest'ultimo infine, che come sopra descritto è ripiegato ed esumato dalle strutture successive, sembra qui presentare rigetti maggiori rispetto al settore più esterno.

Il settore esterno è stato ricostruito anche tramite un *grid* sismico relativamente fitto; in particolare vengono presentati due profili sismici (fig. 3) paralleli alla sezione geologica di superficie. Il tracciato del profilo sismico A prosegue quello della sezione geologica di catena; il profilo B attraversa le medesime strutture esterne in una posizione meglio tarata dai dati di pozzo. Il profilo sismico A, nel tratto settentrionale, ha evidenziato la presenza di una struttura profonda, connessa all'emersione del fascio di deformazione della linea di Cividale. L'asse di tale struttura presenta una direzione coincidente con il fronte sovrascorso del M. Bernadia che risulta parzialmente rideformato.

Nella parte frontale (linea del M. Bernadia) la catena presenta ancora geometrie difficilmente bilanciabili in quanto chiaramente evolutesi con diversi *trends* nelle varie fasi deformative descritte (fig. 2).

In quest'area inoltre è evidente il grande spessore di flysch caratteristico dell'avanfossa paleogenica della catena dinarica.

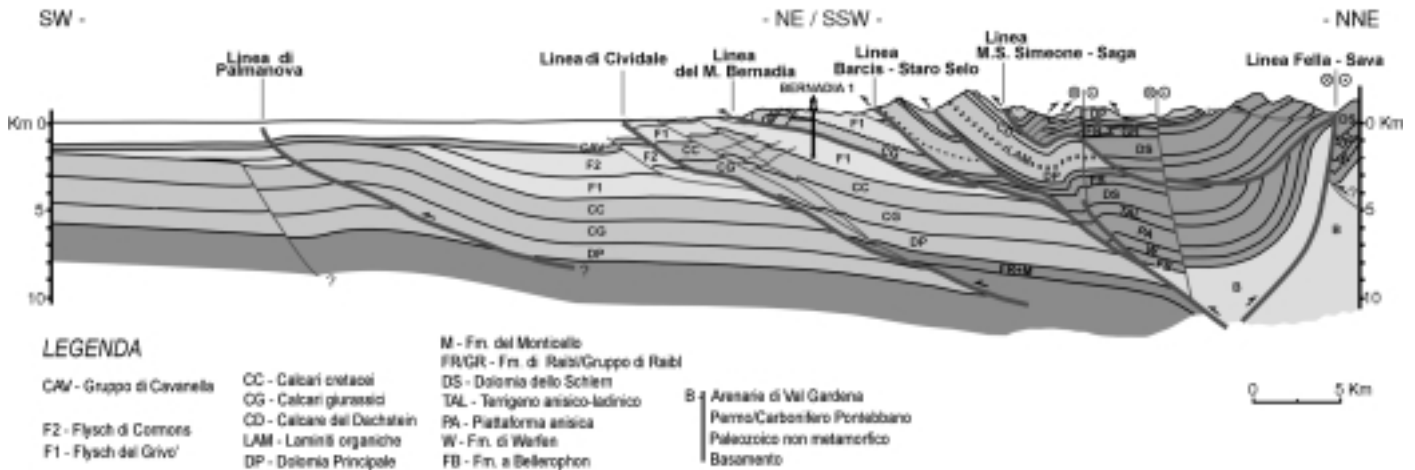


Fig. 5 - Sezione strutturale di sintesi del Friuli orientale.
- Structural section of Eastern Friuli region.

Le strutture più esterne rappresentate nella sezione geologica (linea di Cividale, fig. 2), pur presentando una *trend* dinarico originario evidente, di età paleogenica, sono anche interessate da movimenti neogenico-quadernari successivi (post-langhiani) alla deposizione del Gruppo Cavanella (Aquitano-Langhiano).

Un contributo nella definizione di questa struttura in sottosuolo proviene anche dalla revisione del pozzo Bernadia 1, riportata in fig. 4. Si è riscontrato infatti che le ripetizioni tettoniche di unità mesozoiche indicate da MARTINIS (1966) sotto il piano di scorrimento principale, corrispondono in realtà a megablocchi inglobati nel Flysch del Grivò (Paleocene sup.-Eocene inf. *p.p.*), analoghi a quelli ben documentati anche in affioramento in località limitrofe, come ad esempio la Cava di Vernasso poco a SE (TUNIS & VENTURINI, 1992). Il pozzo ha documentato anche la presenza di depositi di piattaforma del Malm (Calcari ad Ellipsactinie) troncati a tetto da una discordanza angolare su cui poggia il Flysch del Grivò.

Altri esempi di *unconformity* coperte da sedimenti paleogenici (CARULLI *et alii*, 1982) testimoniano fasi di strutturazione con emersione fra la fine del Cretaceo e il Paleocene (VENTURINI & TUNIS, 1992).

Procedendo verso l'esterno è ben evidente, su entrambe le sezioni in fig. 3, la struttura polifasica (linea di Palmanova Auct.) attraversata dal pozzo Cargnacco 1 (fig. 4). La caratteristica principale è costituita da una classica piega per propagazione di faglia, di dimensioni plurichilometriche, asimmetrica col fianco orientale più sviluppato, compatibile con un'unica rampa nella successione carbonatica norico/cretacea e livello di scollamento all'interno delle unità carniche. Nella sezione A si evidenzia, sul fianco interno della struttura, la presenza di flysch di età paleocenico-eocenica.

Si possono riconoscere sismicamente due unità, separate da un'*unconformity*, presumibilmente correlabili con il Flysch del Grivò (Paleocene sup.-Eocene inf. *p.p.*) e il Flysch di Cormons (Eocene inf. *p.p.*- medio).

L'unità inferiore (Grivò) sembra essere coeva all'evento deformativo; l'unità a tetto (Cormons) presenta geometrie di *onlap* sul fianco interno della struttura indicando l'età di disattivazione.

Il Gruppo di Cavanella (Aquitano-Langhiano), costituito da depositi di piattaforma terrigena (MELLERE *et alii*, 2000, con bibl.), si depone con spessore costante lungo tutta la sezione, senza evidenze di crescita verso i settori interni della catena dinarica.

Sulla stessa sezione è evidente la riattivazione del piano tettonico (linea di Palmanova), in età post-Cavanella. L'entità del rigetto relativa a questa fase, ridotto lungo la sezione A, risulta invece cospicuo nel profilo sismico B: il rigetto verticale, tarato dai pozzi Cargnacco 1 e Lavariano 1, è quantificabile in circa 700 m in corrispondenza del Gruppo di Cavanella. L'età in cui si realizza tale rigetto è ritenuta essere estremamente recente, in quanto tra i due pozzi si registra un dislivello tettonico di circa 300 m della base del Quaternario.

Il confronto tra le due sezioni evidenzia la polifasicità della struttura: nella sezione A è evidente la forte sopraelevazione strutturale pre-Cavanella e il ridotto rigetto post-Cavanella. Nel settore sud-orientale (sezione B) invece è evidente il minor dislivello paleogenico, coniugato ad una maggior elevazione tortoniano-quadernaria.

Frontalmente alla struttura di Cargnacco è conservata la porzione più esterna dell'avanfossa dinarica, fino ad una distanza di circa 20 km dalla linea di Palmanova.

Il settore più esterno dell'avampaese friulano/adriatico è sostanzialmente indeformato e sono preservate le geometrie strutturali e fisiografiche del precedente ciclo mesozoico. La Piattaforma Friulana è presente nel settore orientale e il Bacino Bellunese nel settore occidentale. In fig. 1 è indicato l'andamento in pianta del paleomargine.

La successione clastica miocenica del Gruppo di Cavanella copre in discordanza la Piattaforma Friulana e, solo ad ovest della paleoscarpata, ricompaiono le successioni paleogeniche, a riempire la depressione ereditata dal Bacino Bellunese.

Nella successione clastica terziaria sono inoltre evidenti i principali limiti di sequenza (indicati sui profili sismici di fig. 3). Una marcata capacità erosionale è testimoniata dall'*unconformity* alla base del Gruppo di Cavanella e dall'*unconformity* intramessiniana (FANTONI *et alii*, questo volume).

Il Quaternario si ispessisce andando verso sud-ovest.

DISCUSSIONE

Il nord-est d'Italia è caratterizzato dall'interferenza tra la retrocatena alpina ed il fronte della catena dinarica; in linea generale, la catena alpina ha età note, e confermabili dai dati esposti in questo studio come anche dalla sismicità, almeno dal Miocene all'attuale. La catena dinarica è stata finora interpretata come precedente, maastrichtiano-paleogenica, sulla base del flysch coevo e dell'interferenza con le strutture alpine che in larga parte tagliano e ripiegano le strutture dinariche (fig. 2). Nel settore frontale delle due catene, alpina e dinarica, tuttavia, entrambe risultano essere attive (fig. 3).

Il confronto tra i due settori della catena, rappresentati in un'unica sezione regionale in fig. 5, evidenzia come in quello interno l'interferenza tra i due sistemi tettonici, mesoalpino-dinarico e neoalpino, avvenga con l'attivazione di strutture che ritagliano le precedenti, con elevati angoli tra le rispettive direzioni (fig. 1)

Infatti nel settore interno sono evidenti almeno due strutture (linea della Val Dogna e linea del M. Bernadia) che presentano una direzione NW-SE nettamente discordante da quella circa E-W delle strutture sicuramente neoalpine e che sono da queste ultime ripiegate e ritagliate. Per ragioni analoghe anche la linea M. S. Simeone-Val Ucea-Saga può essere interpretata in tal senso. Le strutture mesoalpine sono generalmente riferibili ad una età maastrichtiano-paleogenica, quelle neoalpine ad un'età neogenica.

Nel settore esterno (struttura di Cargnacco) la riattivazione neoalpina avviene invece sostanzialmente lungo i piani precedenti, con limitate variazioni nella direzione di deformazione. Si osserva infatti la presenza di strutture a direzione dinarica, di età mesoalpina, riattivate in età neogenica con direzione di deformazione sostanzialmente coassiale. Questa diversa direzione delle strutture nella fase deformativa neogenica tra i due settori di catena, evidenzia l'elevata redistribuzione dello *stress* locale, probabilmente indotta anche dall'eredità paleostrutturale mesozoica.

L'unità più esterna è costituita dalla struttura di Cargnacco (connessa alla linea di Palmanova Auct.); i dati sismici disponibili e le tarature offerte dai pozzi Cargnacco 1 e Lavariano 1 (VENTURINI S., questo volume) ne consentono la ricostruzione della storia deformativa: una successione sincinemica marca un primo evento deformativo compressivo di età Paleocene sup.-Eocene inf. *p.p.* (deposizione del Flysch del Grivò); la successione sovrastante, di età Eocene inf. *p.p.*-medio (Flysch di Cormons), presenta geometrie postcinematiche, evidenziate da orizzonti sismici piano-paralleli, sub-orizzontali, con chiare terminazioni in *onlap* sul fianco interno della struttura di Cargnacco. La successione paleogenica, assente in corrispondenza della culminazione assiale della struttura (profilo sismico A), è invece parzialmente conservata in depressione assiale nel settore sud-orientale (profilo sismico B).

L'età di disattivazione delle strutture mesoalpine nei settori esterni della catena sembra essere vincolata proprio dai caratteri post-cinematici del Flysch di Cormons (Eocene inf. *p.p.*-medio).

La deposizione del Gruppo di Cavanella (Aquitania-Langhiano) sigilla la morfologia ereditata dalla strutturazione mesoalpina. In età post-Cavanella la struttura è stata certamente riattivata, come evidente dal profilo sismico A di fig. 3.

A SW della struttura di Cargnacco è conservata la porzione più esterna dell'avanfossa mesoalpina della catena, fino ad una distanza di circa 20 km dalla struttura stessa.

In definitiva nel settore interno della catena non esistono elementi per una precisa attribuzione cronologica delle deformazioni più recenti. Nel settore esterno invece è possibile confinare queste fasi di strutturazione in una età successiva alla deposizione del Gruppo di Cavanella (post-Langhiano).

È inoltre evidente che buona parte del rigetto neoalpino è attribuibile al Plio-Quaternario.

Entrambe le catene sudalpina e dinarica presentano le geometrie tipiche di catene a sovrascorrimenti, con pieghe per propagazione di faglia o per faglia ondulata. Il raccorciamento neoalpino sembra di almeno 40 km, mentre la sezione non si presta a valutazioni realistiche del raccorciamento mesoalpino, vista l'obliquità della sezione nel settore interno.

Nel profilo sismico A di fig. 3 si nota un ispessimento del Quaternario che pare riconducibile agli effetti distali dell'avanfossa appenninica.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano: Franco Forcella e Corrado Venturini per la revisione critica del manoscritto; Dario Sartorio (ENI-Div. Agip) per la reinterpretazione stratigrafica del Pozzo Bernadia 1; Sandro Venturini (ENI-Div. Agip) per le utili discussioni sull'interpretazione della struttura di Cargnacco. Il lavoro è stato realizzato con il contributo CNR «Gruppo Alpi» CT99.00643.CT05 (resp. G.B. Carulli) e CNR 2000 (C. Doglioni).

OPERE CITATE

- ASSERETO R., DESIO A., DI COLBERTALDO D. & PASSERI L. (1968) - *Foglio 14A Tarvisio, note illustrative della Carta Geologica d'Italia*. Servizio Geologico d'Italia, Roma.
- BRESSAN G., SNIDARCIC A. & VENTURINI C. (1998) - *Present state of tectonic stress in the eastern Southern Alps (Friuli Region)*. *Tectonophysics*, **292**, 211-227.
- CARULLI G.B., FANTONI R., MASETTI D., PONTON M., TRINCIANTI E., TROMBETTA G.L. & VENTURINI S. (1998) - *Analisi di facies e proposta di revisione stratigrafica del Triassico superiore del Sudalpine orientale*. *Atti Tic. Sc. terra, serie spec.*, **7**, 159-183.
- CARULLI G.B., FRIZZO P., LONGO SALVADOR G., SEMENZA E., BIANCHIN G., MANTOVANI F. & MEZZACASA G. (1987) - *La geologia della zona tra il T. Chiarzò e il F. Fella (Alpi Carniche)*. *Giorn. Geol.*, serie 3^a, **49** (1), 1-32.
- CARULLI G.B. & PONTON M. (1992) - *Interpretazione strutturale profonda del settore centrale carnico-friulano*. *Studi Geol. Camerti*, vol. spec., **2**, 1992, CROP 1-1A, 275-284.
- CARULLI G.B., ZUCCHI STOLFA M.L. & PIRINI RADIZZANI C. (1982) - *L'Eocene di M. Forcella (Gruppo del M. Amariana-Carnia orientale)*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **24**, 65-70.
- 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. Relationship with the N-Appennines*. *Annales Tectonicae*, **6** (1), 62-94.
- CATI A., FICHERA R. & CAPPELLI V. (1989) - *Northeastern Italy. Integrated processing of geophysical and geological data*. In: Carulli G.B. et alii (editors), *Evolution of the karstic carbonate platform: relation with other periadriatic carbonate platforms*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **40**, 273-288.
- COUSIN M. (1981) - *Les rapports Alpes-Dinarides. Les confins de l'Italie et de la Yougoslavie*. *Soc. Géol. Nord, Publ.* **5** (I-II), 521 pp.
- DE MARCO S., FANTONI R., PONTON M. & SCOTTI P. (2000) - *La successione di Raibl*. In: Carulli G.B. (editor), *Guida alle escursioni dell'80^a Riunione Estiva S.G.I.* 102-111. Univ. Trieste.
- DOGLIONI C. & BOSELLINI A. (1987) - *Eoalpine and mesoalpine tectonics in the Southern Alps*. *Geol. Rund.*, **76** (3), 735-754.

- FANTONI R., CATELLANI D., MERLINI S., ROGLEDI S. & VENTURINI S. (questo volume) - *La registrazione degli eventi deformativi terziari nell'avampese veneto-friulano*.
- FANTONI R., LONGO SALVADOR G., PODDA F., PONTON M. & SCOTTI P. (1998) - *L'unità a laminita organiche nel norico del Rio Resaratico (Val Resia, Prealpi Giulie)*. Atti Tic. Sc. Terra, serie spec., **7**, 109-123.
- FOIS E. & JADOUL F. (1983) - *La Dorsale Paleocarnica anisica di Pontebba*. Riv. It. Paleont. Strat., **89**, 3-30.
- 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), Pubbl. **441**, Prog. Finalizz. Geodinam. (S.P.5) C.N.R..
- KUŠČER D., GRAD K., NOSAN A. & OGORELEC B. (1974) - *Geoloske raziskave soske doline med Bovcem in kobaridom*. Geologija, **17**, 425-476, Ljubljana.
- MARTINIS B. (1966) - *Prove di ampi sovrascorrimenti nelle Prealpi Friulane e Venete*. Mem. Ist. Geol. e Miner. Univ. Padova, **25**, 1-33.
- MELLERE D., STEFANI C. & ANGEVINE C. (2000) - *Polyphase tectonics through subsidence analysis: the Oligo-Miocene Venetian and Friuli Basin, north-east Italy*. Basin Research, **12**, 159-182.
- PERNARCIC E. (2000) - *La successione giurassico-cretacica del M. Cumieli*. In Carulli G.B. (Ed.), Guida alle escursioni dell'80^a Riunione Estiva S.G.I., 132-138. Univ. Trieste.
- PIRINI RADRIZZANI C., TUNIS G. & VENTURINI S. (1986) - *Biostratigrafia e paleogeografia dell'area sud-occidentale dell'anticlinale M. Mia-M. Matajur (Prealpi Giulie)*. Riv. It. Paleont. Strat., **92** (3), 327-382.
- POLI M.E. (1995) - *Evidenze di tettonica a thrust dinarica nelle Prealpi Giulie meridionali (Italia nord-orientale)*. Nota preliminare. Atti Tic. Sc. Terra, serie spec., **3**, 99-114.
- POLI M.E. & ZANFERRARI A. (1995) - *Dinaric thrust tectonics in the southern Julian Prealps (Eastern Southern Alps, NE Italy)*. Proceedings of the first Croatian Geological Congress, October 18-21, 1995, Opatija, Croatia, **2**, 465-498, Zagreb.
- PONTON M. (2000) - *Il Monte S. Simeone*. In Carulli G.B. (Ed.), Guida alle escursioni dell'80^a Riunione Estiva S.G.I. 116-117, Univ. Trieste.
- PONTON M. (questo volume) - *La tettonica del gruppo del M. Canin e la Linea Val Resia-Val Coritenza (Alpi Giulie occidentali)*.
- PONTON M. & TUNIS G. (1996) - *La geologia del massiccio dei Monti La Bernadia (Prealpi Giulie)*. In: Il fenomeno carsico del massiccio dei Monti La Bernadia, Mem. Ist. It. Spel., sez. 2, **8**, 39-48.
- PONTON M. & VENTURINI C. (2000) - *La strutturazione post-ercinica delle Alpi e Prealpi Carniche e Giulie*. In Carulli G.B. (Ed.), Guida alle escursioni dell'80^a Riunione Estiva S.G.I. 27-31. Univ. Trieste.
- SARTORIO D., TUNIS G. & VENTURINI S. (1997) - *The Iudrio Valley section and the evolution of the northeastern margin of the Friuli Platform (Julian Prealps, NE Italy-W Slovenia)*. Mem. Sci. Geol., **49**, 163-193. Padova.
- SELLI R. (1963) - *Schema geologico delle Alpi Carniche e Giulie occidentali*. Giorn. Geol., serie 2, **30** (1962), 1-136.
- TUNIS G. & VENTURINI S. (1992) - *Evolution of the southern margin of the Julian Basin with emphasis on the megabeds and turbidites sequence of the Southern Julian Prealps (NE Italy)*. Geologia Croatica, **45**, 127-150. Zagreb.
- TUNIS G. & VENTURINI S. (2000) - *La successione giurassico-eroica*. In: Carulli G.B. (editor), Guida alle escursioni dell'80^a Riunione Estiva S.G.I., 21-25. Univ. Trieste.
- VENTURINI C. (1990a) - *Geologia delle Alpi Carniche centro-orientali*. Museo Friulano St. Nat. Udine, **36**, 1-220.
- VENTURINI C. (1990b) - *Cinematica neogenico-quadernaria del Sudalpino orientale (settore friulano)*. Studi Geol. Camerti, vol. spec., 109-116, Camerino.
- VENTURINI S. (questo volume) - *Il pozzo Cargnacco 1: un punto di taratura stratigrafica nella pianura friulana*.
- VENTURINI S. & TUNIS G. (1989) - *Nuovi dati ed interpretazioni sulla tettonica del settore meridionale delle Prealpi Giulie e della regione al confine fra Italia e Jugoslavia*. Gortania, Atti Mus. Fr. St. Nat., **10**, 1988, 5-34, Udine.
- VENTURINI S. & TUNIS G. (1991) - *Nuovi dati stratigrafici, paleoambientali e tettonici sul Flysch di Cormons (Friuli Orientale)*. Gortania, Atti Mus. Fr. St. Nat., **13**, 5-34, Udine.
- VENTURINI S. & TUNIS G. (1992) - *La composizione dei conglomerati cenozoici del Friuli: dati preliminari*. Studi Geol. Camerti, vol. spec., 285-295.
- VENTURINI S. & TUNIS G. (1998) - *Il canyon campaniano-maastrichtiano della Val Torre (Prealpi Giulie)*. Atti Tic. Sc. Terra, Serie Spec., **7**, 7-16.