

FRANCO FORCELLA (*) & UGO SAURO (**)

EVOLUZIONE MORFOTETTONICA DEL SETTORE MERIDIONALE DELLA DORSALE DEL MONTE BALDO (PREALPI VENETE) (***)

Abstract: FORCELLA F. & SAURO U., *Morphotectonic evolution of the southern sector of the Mt. Baldo chain (Venetian Prealps, Italy).*

The morphostructural evolution of an area belonging to the southeastern sector of the Giudicarie belt (Mt. Baldo chain, Venetian Prealps, Southern Alps) is here examined. The geological structure of this belt is the consequence of Late Miocene tectonics characterized by thrust faulting toward ESE.

Ridges and valleys show NNE-SSW direction; the ridges have a homocline structure dipping to the west and are delimited toward the east by tectonic scarps, which form the right slope of large asymmetrical valleys. Frequent surface evidences of neotectonic activity are ribbon-like fault scarps, dipping eastward as well as westward, that affect the major slopes.

In the southern sector of the Monte Baldo chain the neotectonic activity is particularly evident. It is characterized by collapse surfaces or scarps that prevalently dip eastward and witness a superficial gravity tectonics with mass transport in that direction. The most imposing scarps crop out near the summit of the ridge where a karst topography, characterized by high density of dolines, is cut and displaced. One of the scarps strikes parallel to the «ridges of Naole» splitting the ridge itself. The intermediate furrow is some 30-50 m deep and runs parallel to the ridges for a few kilometers. Near its base a ribbon like scarplet, 1-1,5 m height, testify a recent, probably Holocene, episode of surface faulting. The southeastern slope of the main ridge is characterized by a complex pattern of uphill — and downhill — facing scarps as well as by patterns of concentric scars that support the hypothesis of detachment of large rock bodies.

Downslope, wide outcrops of «syntectonic breccias» (*sensu* COZZAGLIO, 1933) further strengthen the image of active slope tectonics. It represents the superficial expression of a regional compressive tectonics still in progress in the Giudicarie belt as it is independently suggested by seismotectonic data.

KEY WORDS: Morphotectonics, Slope tectonics, Karst landform, Venetian Prealps.

Riassunto: FORCELLA F. & SAURO U., *Evoluzione morfotettonica del settore meridionale della dorsale del Monte Baldo (Prealpi Venete).*

Viene tratteggiata l'evoluzione morfostrutturale della porzione meridionale della catena del Monte Baldo, appartenente al fascio tettonico delle Giudicarie (Alpi Meridionali, Italia). La zona è caratterizzata dalla presenza di elementi morfostrutturali inquadrabili nel contesto di una tettonica gravitativa di versante. Sono prevalenti le superfici di cedimento immergenti verso Est, che determinano scarpate rivolte in quella direzione; una di tali scarpate è situata in prossimità del crinale principale che risulta così sdoppiato, per una lunghezza di alcuni chilometri (Creste di Naole). Nelle zone più basse del versante, vasti accumuli di «Breccie sintettoniche» (*sensu* COZZAGLIO, 1933) sono spiegabili come prodotti della disgregazione dei corpi rocciosi disarticolati a quota maggiore. Tale tettonica di versante è ritenuta l'espressione superficiale di una tettonica compressiva profonda, ancora attiva lungo il fascio tettonico giudicariense, come risulta confermato da un complesso di indizi congruenti.

TERMINI CHIAVE: Morfotettonica, Tettonica di versante, Morfologia carsica, Prealpi Venete.

PREMESSA

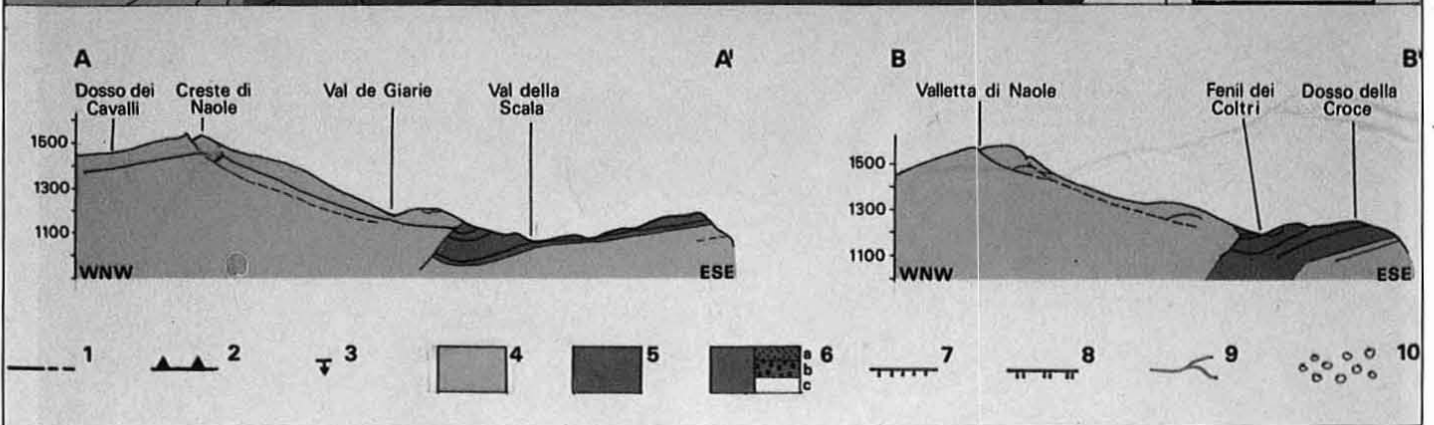
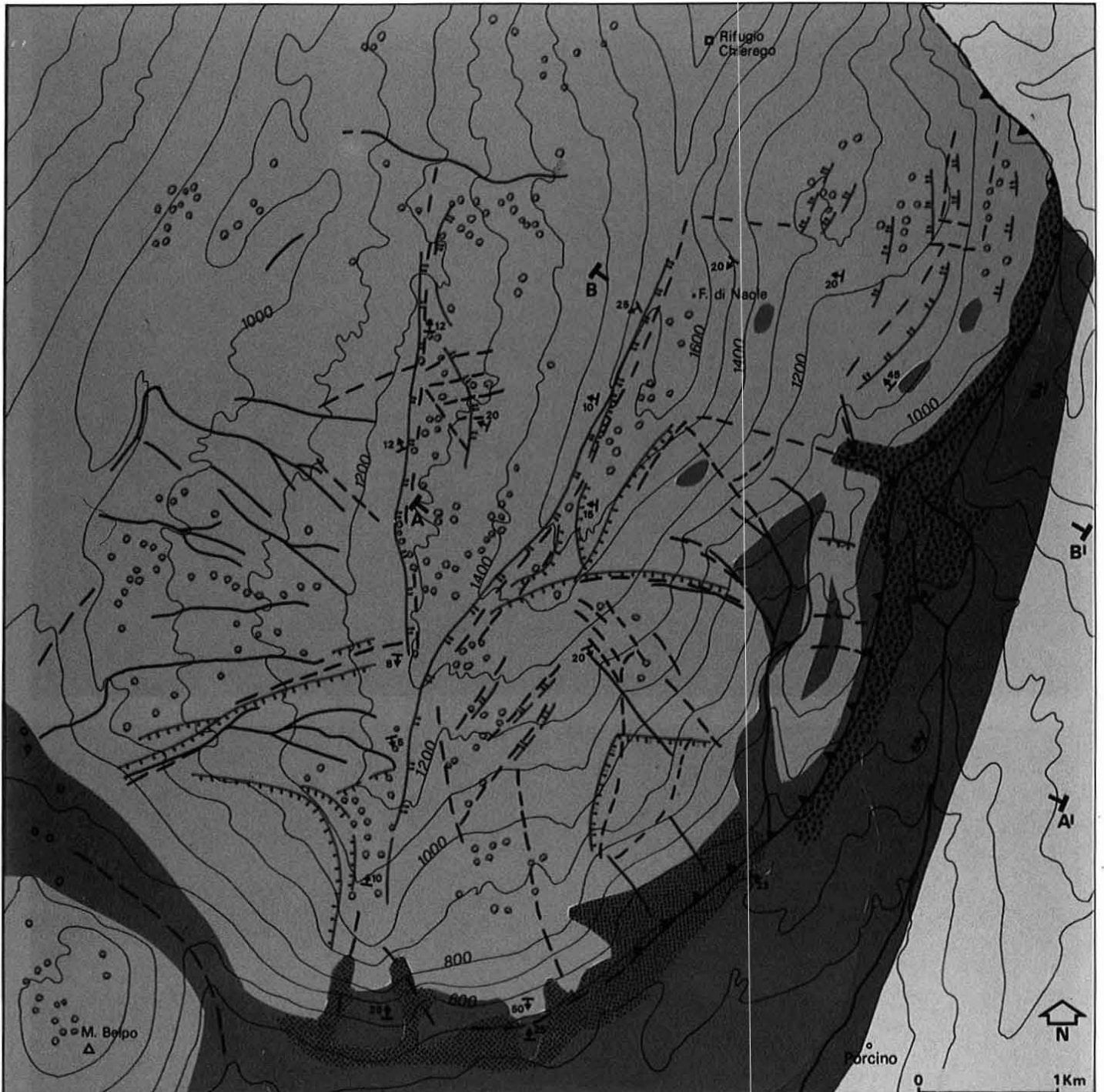
La presente nota si innesta nelle ricerche svolte dagli scriventi nel contesto delle indagini sulla evoluzione neotettonica d'Italia (Prog. Fin. Geodinamica, Sottoprogetto Neotettonica) (SAURO, 1979; SAURO & MENEGHEL, 1980; ZANFERRARI & *alii*, 1982), nonché nelle indagini successivamente promosse dall'ENEL (CAVALLIN & *alii*, 1989a, b, c) per una miglior zonizzazione del territorio. Il settore meridionale della catena del Monte Baldo è parso particolarmente significativo dal punto di vista dell'evoluzione morfotettonica recente, in quanto dall'esame delle foto aeree appaiono chiare fenomenologie ascrivibili a rilascio gravitativo di ampie porzioni dei suoi versanti orientale e meridionale (fig. 1).

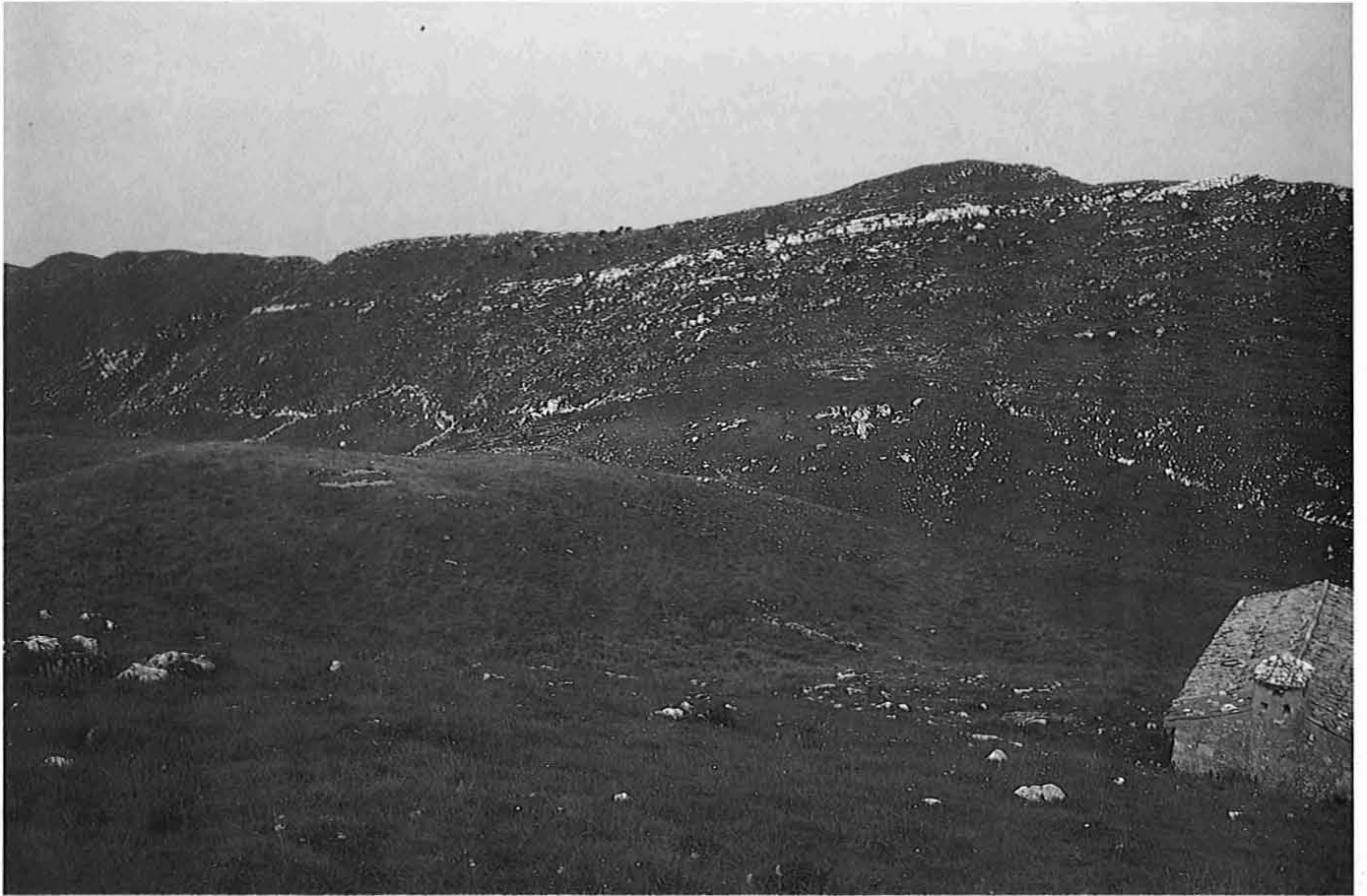
Tali fenomeni sono piuttosto comuni nelle aree alpine e prealpine, sebbene gli esempi descritti fino ad ora siano relativamente pochi (FORCELLA, 1984; OROMBELLI & FORCELLA, 1984). Ciò è dovuto unicamente allo scarso interesse che questi fatti hanno finora suscitato.

(*) Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Milano, e Centro di Studio per la Stratigrafia e la Petrografia delle Alpi Centrali del CNR.

(**) Dipartimento di Geografia dell'Università di Padova.

(***) Ricerca svolta nell'ambito del Progetto di Ricerca "Morfoneotettonica", Fondi 40% del M.P.I., Gruppo locale di Padova. Questa ricerca è frutto di una stretta collaborazione dei due autori, che hanno rilevato insieme sul terreno e partecipato alla stesura e discussione del testo.





di depressione carsiche. Tra le forme carsiche più antiche, testimoni di un rilievo carsico meglio sviluppato, figurano dossi a cupola e grandi conche a contorno poligonale nel cui ambito sono racchiusi raggruppamenti di doline di medie dimensioni (MAGALDI & SAURO, 1982).

Il versante orientale è invece una forma più complessa, sia per l'alternanza di fasce a diversa pendenza, talora addirittura in contropendenza, sia per una gradazione di forme d'erosione diverse da monte verso valle. Sui ripiani più elevati sono ancora presenti le doline, ma più in basso queste vengono a mancare e sono sostituite o da vallette secche o da vere e proprie incisioni torrentizie. Lo stesso versante orientale si presenta con caratteri diversi da Nord verso Sud: infatti nel tratto più settentrionale dell'area esaminata tale versante è caratterizzato dall'ampio ripiano di Valfredda, mentre nel tratto centro-meridionale sono presenti vari stretti ripiani alternati a scarpate.

Nel corso dell'analisi morfologica sono state considerate, sia nell'ambito dell'altopiano carsico, sia del versante orientale, tutte le forme ritenute significative dal punto di vista dell'evoluzione morfotettonica recente; in particolare sono state considerate: a) le scarpate piccole e medie che interrompono in modo evidente la continuità delle superfici degli altopiani e ripiani, distinguendole in scarpate conformi alla pendenza generale e scarpate in contropendenza; b) le incisioni lineari impostate in corrispondenza di fratture o piccole faglie, c) i fondi delle doline, che risultano generalmente impostati in corrispondenza di linee e sistemi di fratture in condizioni di distensione.

Il quadro che ne scaturisce, illustrato nello schema geomorfologico (fig. 1), è il seguente. Nell'ambito dell'altopiano di Naole sono presenti due scarpate rettilinee in contropendenza, lunghe alcuni chilometri. Quella più occidentale (del Dosso dei Cavalli), pur troncando nettamente la superficie dell'altopiano, si presenta maggiormente degradata; quella orientale (o della valletta di Naole) determina invece un evidente sdoppiamento di cresta, con individuazione di una valletta longitudinale. Quest'ultima scarpata, alta 30-50 m, è stata regolarizzata dai processi periglaciali che l'hanno trasformata in un versante rettilineo (*Glatthang*), ma alla sua base presenta per un lungo tratto una paretina nastriforme poco intaccata dai processi della corrosione carsica e per niente dai processi crioclastici, coincidente con un piano di movimento (fig. 2). Tale paretina è sicuramente una forma neotettonica, che documenta un episodio recente (quasi certamente olocenico) di *surface faulting* connesso con un evento sismico di elevata energia (SAURO, 1979; SAURO & MENEGHEL, 1980; MAGALDI & SAURO, 1982; CAVALLIN & alii, 1989a, b, c).

Più complesso è il quadro delle deformazioni del versante orientale e meridionale. Nel settore settentrionale dell'area esaminata (Valfreda), tale versante è contraddistinto da numerose contropendenze; nel settore sudorientale, oltre

a modeste scarpate in contropendenza, si riconoscono scarpate ed incisioni allineate in sistemi arcuati e concentrici che documentano uno scollamento gravitativo di larghi blocchi, interpretabile come una tettonica di versante vivente; infine nel settore meridionale (versante che domina la conca di Lumini) si osservano altre scarpate disposte a formare un sistema arcuato, oltre a una gradinata di scarpate rettilinee.

I fondi delle doline sono spesso allineati secondo direzioni parallele alle fratture e alle faglie che hanno determinato le incisioni e le scarpate. La distribuzione del rilievo carsico, che interessa anche alcuni dei ripiani alti del versante orientale, documenta la primitiva estensione dell'altopiano carsico, poi smembrato e dislocato dalla tettonica (fig. 3).

Altro elemento di particolare interesse è rappresentato dai caratteri e dalla distribuzione delle «Brecce sintettoniche». Queste brecce, ben visibili lungo la strada che sale da Caprino a Spiazzi, sono depositi caotici di blocchi eterometrici di calcari locali. Se si sale il versante i caratteri delle brecce cambiano, tanto da passare gradualmente a roccia in posto fortemente fratturata, ma della quale sono ancora rinoscibili i piani di stratificazione (es.: al Piano di Pradonego). Nell'insieme dunque le brecce non si presentano come tipici depositi di frana o di versante, ma piuttosto come roccia quasi in posto, fortemente fratturata. L'ipotesi già formulata da COZZAGLIO, che aveva interpretato questi materiali come «Brecce sintettoniche», viene dunque rafforzata dalle nuove osservazioni.

IPOTESI MORFODINAMICHE, CINEMATICHE E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Gli elementi morfologici descritti permettono di abbozzare un'ipotesi sull'evoluzione morfotettonica di questo settore del Baldo. Le fasi evolutive, non sempre ben definibili dal punto di vista cronologico, potrebbero essere state le seguenti:

I - dopo una o più fasi tettoniche si individua un'antica superficie di spianamento, situata ad una quota inferiore a quella attuale dell'altopiano di Naole;

II - deformazione e prima carsificazione della superficie di spianamento;

III - sollevamento e smembramento della stessa, in relazione a movimenti di inclinazione del grande *hogback* che costituisce la catena baldense (ai più recenti di questi eventi tettonici si accompagna un parziale smantellamento del rilievo carsico in relazione ai periodi freddi del Pleistocene, caratterizzati da processi crioclastici particolarmente efficaci);

IV - gli ultimi episodi di movimento si verificano nel-

FIG. 2 - La scarpata neotettonica della valletta di Naole determina uno sdoppiamento di cresta. Alla sua base è ben riconoscibile una paretina nastriforme che documenta un episodio particolarmente recente di *surface faulting* (foto U. Sauro).

FIG. 3 - L'altopiano a doline di Naole le cui superfici carsificate risultano smembrate e dislocate dalla tettonica. D'altro canto l'evoluzione neotettonica, oltre a determinare l'individuazione di scarpate, ha influenzato la localizzazione delle doline (foto U. Sauro).



FIG. 4 - Tipico aspetto delle «Breccie sintettoniche» (sensu COZZAGLIO, 1933), lungo la strada per Spiazzi, poco a Sud di Pazzon (foto U. Sauro).

l'Olocene, come sembrano documentare le forme tettoniche più recenti.

Il contesto morfotettonico permette di trarre alcune considerazioni sullo stile delle deformazioni. In prima approssimazione le due ipotesi possibili potrebbero essere le seguenti:

a) le deformazioni sono il risultato di una tettonica di versante, determinata da fenomeni di collasso, senza fenomeni di innesco esercitati dall'attività contemporanea delle strutture tettoniche principali;

b) le deformazioni sono il risultato di una tettonica di versante innescata direttamente dall'attività delle strutture tettoniche principali (faglia inversa del Dosso della Croce).

I seguenti indizi farebbero propendere per la seconda ipotesi:

— la presenza di forme tettoniche fresche, quali la parecina nastriforme di Naole, che nella letteratura vengono comunemente interpretate come il risultato di eventi sismici violenti;

— il cambiamento di stile del versante orientale da Sud verso Nord, e la presenza, in particolare sul ripiano di Malga Valfredda, di numerose contropendenze, di cui è difficile spiegare la genesi nel quadro di un'evoluzione gravitativa pura e semplice;

— la distribuzione ed i caratteri della «Breccia sintettonica» (COZZAGLIO, 1933), che indicherebbero una frantumazione determinata da eventi sismici.

L'ipotesi b) è rafforzata anche dalle conoscenze sulla sismicità storica di quest'area, che è stata spesso interessata da sismi anche di notevole intensità (PANIZZA & *alii*, 1981).

Dunque l'evoluzione del versante orientale del Baldo meridionale potrebbe essere il risultato di fenomeni di compressione in atto, che attivano la faglia inversa del Dosso della Croce, con conseguente sollevamento della dorsale e innesco di fenomeni di tettonica di versante, ove sono possibili fenomeni di rilascio tensionale. Nel blocco di Valfredda, incastrato nella depressione tettonica di Spiazzi-Ferrara, ove quindi questi fenomeni non sono più possibili, subentrano fenomeni di raccorciamento, con individuazione di scarpate in contropendenza. I blocchi soggetti ad una tettonica di versante, sembrano essersi mossi più che per l'effetto della gravità, in seguito ad una sorta di *tectonic shaking*, che avrebbe determinato anche l'individuazione delle «Breccie sintettoniche».

È noto dalla letteratura geologica che la principale fase compressiva, che ha interessato il settore giudicariense dell'orogeno sud-alpino viene ascritta al Miocene medio-superiore (CASTELLARIN, 1984, CASTELLARIN & VAI, 1986). I raccorciamenti generati in tale settore sono stati inquadrati in margini di rampa obliqua (DOGLIONI & BOSELLINI, 1987) nell'ambito del più ampio quadro strutturale, delineato dalle geometrie del margine meridionale del settore sudalpino centro occidentale. Gli elementi morfotettonici, illustrati sopra, sono congruenti con il quadro cinematico generale ed inducono a ritenere ancora attiva la compressione, sebbene attenuata rispetto all'acme miocenico.

BIBLIOGRAFIA

- CARRARO F., MALARODA R., PICCOLI G., STURANI C. & VENZO S. (1969) - *Note illustrative della carta geologica d'Italia: Foglio 48, Peschiera del Garda*, Serv. Geol. d'Italia, 97 pp.
- CASTELLARIN A. & VAI G.B. (a cura di) (1982) - *Guida alla geologia del Sudalpino centro-orientale*. Soc. Geol. It., Guide Regionali, 386 pp.
- CASTELLARIN A. (1984) - *Schema delle deformazioni tettoniche sudalpine*. Boll. Oceanologia Teor. Appl., 2, 105-114.
- CASTELLARIN A. & VAI G.B. (1986) - *Southalpine veisus Po Plain Apennine arcs*. In: «F.C. Wezel (ed.) *The origin of 4 arcs*», Elsevier, Amsterdam, 253-280.
- CAVALLIN A., FORCELLA F., OROMBELLI G. & SAURO U. (1989a) - *Le grandi frane dette «Marocche», nel Trentino meridionale*. ENEL (in stampa).
- CAVALLIN A., FORCELLA F., OROMBELLI G. & SAURO U. (1989b) - *Le scarpate-pareti di faglia del settore centro meridionale del «Fascio Giudicariense»*. ENEL (in stampa).
- CAVALLIN A., OROMBELLI G. & SAURO U. (1989) - *Studio neotettonico del settore centro meridionale del «Fascio Giudicariense»*. ENEL (in stampa).

- COZZAGLIO A. (1933) - Fogli «Peschiera» e «Mantova» (Note illustrative della Carta Geologica delle Tre Venezie): Parti I e II. Magistrato alle Acque, Venezia, 130 + 66 pp.
- DOGLIONI C. & BOSELLINI A. (1987) - *Eoalpine and Mesoalpine Tectonics in the Southern Alps*. Geol. Rund. 76, 735-754.
- FORCELLA F. (1984) - *The Sackung between M. Padrio and M. Varadega, Central Alps, Italy, a remarkable example of slope gravitational tectonics*. Méditerranée, 1-2, 1984, 81, 91.
- MAGALDI D. & SAURO U. (1982) - *Landforms and soil evolution in some karstic areas of the Lessini Mountains and Monte Baldo (Verona, Northern Italy)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 5, 82-101.
- OROMBELLI G. & FORCELLA F. (1984) - *Olocene slope deformations in Valfurva, Central Alps, Italy*. Geogr. Fis. Din. Quatern., 7, 41-48.
- PANIZZA M., SLEIKO D., BARTOLOMEI G., CARTON A., CASTALDINI D., DEMARTIN M., NICOLICH R., SAURO U., SEMENZA E. & SORBINI L. (1981) - *Modello sismotettonico dell'area fra il lago di Garda ed il Monte Grappa*. Boll. Soc. Geol. It., 4, 587-603.
- SAURO U. & MENEGHEL M. (1980) - *Dati preliminari sulla neotettonica dei fogli 21 (Trento), 35 (Riva), 36 (Schio) e 49 (Verona)*. C.N.R., Prog. Fin. Geodinamica, Pubbl. 356, 331-357.
- SAURO U. (1974) - *Indagini sul Lago di Garda: lineamenti geografici e geologici*. Quaderni Ist. Ricerca sulle Acque, 18, 13-32.
- SAURO U. (1979) - *Dati preliminari sulla neotettonica del F. 48 (Peschiera)*. C.N.R., Prog. Fin. Geodinamica, Pubbl. 251, 251-260.
- SAURO U. (1985) - *Una montagna in evoluzione*. Vita del Monte Baldo I, Comunità Montana del Baldo, Verona, 8-23.
- SORBINI L. (1983) - *Aspetti Geografici e Geologici del Lago di Garda*. In: «AA.VV. - Un lago, una civiltà: il Garda». Banca Popolare di Verona, 1983.
- 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.