

301

Stanza Gokato

ADRIANO ZANFERRARI, GUIDO BOLLETTINARI, LUIGI CAROBENE, ALBERTO CARTON,
GIOVANNI B. CARULLI, DORIANO CASTALDINI, ANGELO CAVALLIN, MARIO PANIZZA,
GIOVANNI B. PELLEGRINI, FRANCO PIANETTI, UGO SAURO

EVOLUZIONE NEOTETTONICA DELL'ITALIA NORD - ORIENTALE

(con 9 figure nel testo e 3 carte neotettoniche)



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PADOVA
BIBLIOTECA DI GEOSCIENZE

554

500

(128)

PADOVA

SOCIETÀ COOPERATIVA TIPOGRAFICA

1982



MEMORIE DI SCIENZE GEOLOGICHE

già *Memorie degli Istituti di Geologia e Mineralogia dell'Università di Padova*

Vol. XXXV, pagg. 355-376, 9 figg., 3 carte neotettoniche, Padova 1982

ADRIANO ZANFERRARI,* GUIDO BOLLETTINARI, LUIGI CAROBENE,** ALBERTO CARTON,*** GIOVANNI B. CARULLI,^o DORIANO CASTALDINI,*** ANGELO CAVALLIN,^{oo} MARIO PANIZZA,*** GIOVANNI B. PELLEGRINI,^{ooo} FRANCO PIANETTI,^{oooo} UGO SAURO^{oooo}

EVOLUZIONE NEOTETTONICA DELL'ITALIA NORD - ORIENTALE⁺

INDICE

ABSTRACT	355
RIASSUNTO	356
INTRODUZIONE	356
INQUADRAMENTO GEODINAMICO	357
PALEOGEOGRAFIA DELLA PIANURA E SCHEMA EVOLUTIVO REGIONALE	358
QUADRO ANALITICO DELL'EVOLUZIONE NEOTETTONICA	363
MORFONEOTETTONICA	369
CONCLUSIONI	373
BIBLIOGRAFIA	375

Key words: Pliocene, Quaternary, neotectonics, paleogeography, morphotectonics, neotectonic map, NE-Italy, eastern Po Plain, Veneto and Friuli Plain, eastern Alps.

ABSTRACT

In this paper the documentation produced by the researchers of Subproject « Neotectonics » (C.N.R. Finalized Project « Geodynamics »), which worked in NE Italy from 1977 to 1980, are synthesized, with revisions and reinterpretations. On the base of the analysis developed in the initial chapters a general neotectonic scheme and setting of geodynamic

evolution in NE Italy during the Pliocene-Quaternary are presented here. In this region four main sectors are recognized, clearly distinct owing to typology of neotectonic structures and importance of relative deformation or, in other terms, intensity of neotectonic activity.

1. *Alpine sector*, corresponding to unit 7, 8 and the northern part of 6 (see Fig. 7), marked by general uplift of different intensity. Such activity is essentially linked to isostatic re-adjustment processes within the Alpine range with Cretaceous-Paleogene tectogenesis. Consequently, the areas with the highest uplift values are localized in the axial zone, i. e. the Pennides (Tauern Window) and adjoining Austroalpine units (Fig. 1). On the other hand, in a clearly subordinated way, the effects of a SSE-NNW compression, linked with the northward movement of the « Adriatic microplate », are shown here and also characterize the other three sectors, situated further South. In conclusion, neotectonic activity is shown both through vertical differential movements (and tilting) along pre-existing tectonic surfaces of various kinds, and through dense systems of prevailing strike-slip faults, running NW-SE and N-S and, subordinatedly, NNE-SSW. This process of regional cutting takes place partially along recently formed faults, but mostly tend to reactivate pre-existing discontinuities and to add to the above-described vertical differential movements.

2. *Main Prealpine sector* (excluding Lessini, Berici and Euganei Hills), corresponding to the central-southern part of unit 6, unit 4 and nearly the whole of unit 5, characterized by quicker and more intense uplift of the whole NE Italy. This phenomenon is caused by a SSE-NNW compression, together with intense crustal shortening with maximum values in central Friuli. During the Plio-Quaternary, the effects of tectonic activity tend to diminish in the northern part. Instead, a constant feature is the increasing neotectonic « deformation quantity » from western Veneto towards central Friuli. The most important neotectonic structures are firstly represented by overthrusts running toward SE (in unit 6), SSE or S (in the western, central and NE part of unit 4) and SW (in the eastern sector of unit 4).

* Istituto di Geologia dell'Università, PADOVA.

** Dipartimento di Scienze della Terra, Università della Calabria, COSENZA.

*** Istituto di Geologia dell'Università, MODENA.

^o Istituto di Geologia dell'Università, TRIESTE.

^{oo} Istituto di Geologia dell'Università, MILANO.

^{ooo} Istituto di Geografia dell'Università, PADOVA.

^{oooo} Istituto per lo studio della dinamica delle grandi masse - C.N.R., VENEZIA.

⁺ Lavoro realizzato nell'ambito del Progetto Finalizzato Geodinamica - Sottoprogetto Neotettonica (pubblicazione n. 402). Le ricerche sono state eseguite con il contributo del C.N.R. (Centro di Studio per i Problemi dell'Orogeno delle Alpi Orientali, Padova; Centro di Studio per la Stratigrafia e la Petrografia delle Alpi Centrali, Milano; contratto n. 80.01417.89 (resp. M. PANIZZA); contributo n. 81.01873.05 (resp. L. CAROBENE)). L'allestimento e la stampa delle Carte Neotettoniche alla scala 1:400.000 sono stati finanziati con il contratto n. 80.01417.89 (resp. M. PANIZZA).

and in unit 5). The other group of neotectonic structures of regional importance is formed of three systems of subvertical faults, all of which have a more or less relevant strike-slip movement. Their prevailing areal distribution is the following: a) faults with directions between WNW-ESE and NW-SE: unit 6; b) those between NW-SE and N-S: western and central sectors of unit 4; c) those between NNE-SSW and NE-SW: eastern sector of unit 4 and unit 5. The last two systems clearly tend to overlap in the border area between sectors b) and c), i. e. in central Friuli and, in particular, in the Osoppo-Gemona-Venzone area. It must be emphasized that the two groups of structures - overthrusts and mainly strike-slip faults - are compatible with each other and consistent with the neotectonic stress field of the region, the maximum compression stress of which is oriented SSE-NNW.

3. *Prealpine sector of central-western Veneto* (Lessini, Berici and Euganei Hills), corresponding to unit 3, characterized by moderate differentiated uplift, with increasing intensity from South to North. This sector is closely subdivided in blocks, very often tilting, owing to the activity of subvertical faults, which may schematically be grouped into the three well-known systems: Giudicariense (NNE-SSW), Scledense (NW-SE) and Valsuganese (WSW-ENE). An initial distinction may be established between a more northerly area (high Lessini Hills) with relatively more intense uplift, an eastern area (eastern Lessini, Berici and Euganei Hills) involved in a broad anticline uparching with WSW-ENE axis situated near the Berici Hills, and a western area (western Lessini Hills) characterized mainly by tilting movements with lowering of the western part of the blocks. The small local collapses are ascribed to secondary tensile stress normal to the axis in the vast hinge area of the Berici-Euganei anticline, with the formation of tectonic depressions (in particular: the graben between the Lessini and Berici Hills and the one dividing the second hilly group from the Euganei Hills).

4. *Plain sector*, corresponding to units 1, 2 and the SW part of unit 5, characterized by a prevailing lowering. During the Pliocene subsidence was locally substituted by more or less prolonged periods of stasis or weak lifting. Maximum subsidence values were reached in the most southerly sector of unit 1 and in the central-southern sector of unit 2. Disjunctive and/or folding structures, practically absent in the first neotectonic unit, instead characterize the second. These are strike-slip faults showing often a dip-slip component, running NW-SE and NNW-SSE, and mild folds with axes mostly oriented WSW-ENE or sometimes NW-SE. Finally, of great tectonic significance is the presence of some overthrusts buried in the high eastern Veneto and Friuli plain. To their activity is connected the feeble lifting which has involved this portion of plain since the Upper Pleistocene.

The geodynamic drive of the moderate Plio-Quaternary activity of this portion of plain and the Prealpine sector of the Lessini, Berici and Euganei Hills is again the SSE-NNW compression, also the cause of the violent uplift registered in unit 4 and subordinately in unit 6. This uplift started at least at the beginning of the Miocene in the northern sector of unit 4 and in unit 6, and is one of the most

significant neotectonic processes in NE Italy. Particularly important, from the seismotectonic point of view too, is the SSE migration of the most intensely deformed and significantly uplifted sector, which at present coincides with the piedmont area of eastern Veneto (East of the Schio-Vicenza fault) and Friuli. The Sacile line (n. 5 in Fig. 8) is the most southerly tectonic element, still buried in the plain.

From the geodynamic point of view we may therefore state that unit 2, formerly part of the hinterland of the Alpine range with Cretaceous-Paleogene tectogenesis, presently constitutes the foreland of a range which mainly formed during the neotectonic period. The range tends to increase southwards at the expense of the foreland, owing to the setting up of subsequent overthrust fronts: the Belluno line (n. 41 in Fig. 8) and the periadriatic overthrust (n. 65) represent the prevailing upper Miocene-Pliocene front; the Bassano-Valdobbiadene flexure (n. 4) and the Aviano line (n. 6) make up the prevailing upper Pliocene-Pleistocene front; the Sacile line marks the most external and recent front. If not only units 4 and 2 but also the others are examined, it may be noticed that even units 3 and 1 (i. e. Lessini Hills and contiguous plain) hold the Plio-Quaternary foreland role compared with the central-southern portion of unit 6, which tends to uplift more and overlap the former towards the SE. Similar symmetrical behaviour is shown by the SE sector of unit 4, i. e. the Udine plain with its buried overthrusts (n. 7) which overlap the eastern border of the Plio-Quaternary foreland towards the SW.

RIASSUNTO

In questo lavoro sono sintetizzati ed elaborati, con modifiche, reinterpretazioni e aggiornamenti, i documenti prodotti dai ricercatori del Sottoprogetto « Neotettonica » (Progetto Finalizzato « Geodinamica » del C.N.R.), che hanno operato nell'Italia nord-orientale dal 1977 al 1980. Nei capitoli analitici sono presentati: uno schema dell'evoluzione paleogeografica della regione nel Plio-quaternario, con particolare riguardo alla pianura veneto-friulana e al settore prealpino; un modello di zonazione neotettonica, con la descrizione sintetica dell'attività tettonica di ciascuna « unità » e dei principali elementi strutturali in esse presenti, nei vari intervalli di tempo; un'analisi morfoneotettonica della regione, allo scopo di individuare e caratterizzare i principali sistemi morfostrutturali, evidenziandone i rapporti con le modificazioni recenti della rete idrografica. Infine, nelle « Conclusioni », vengono proposti un quadro neotettonico generale e uno schema dell'evoluzione geodinamica dell'Italia nord-orientale durante il Plio-quaternario.

INTRODUZIONE

La Carta Neotettonica dell'Italia nord-orientale in scala 1:400.000 è stata realizzata sulla base dei documenti in scala 1:100.000 prodotti negli anni dal 1977 al 1980 dalle Unità Operative facenti capo al Sottoprogetto « Neotettonica » del Progetto Finalizzato « Geodinamica » del C.N.R. Alla

realizzazione hanno provveduto i Responsabili delle tre Unità Operative che hanno operato nel settore ed alcuni altri Ricercatori delle stesse (U.O.6.2.9, Padova; U.O.6.2.10, Trieste; U.O. 6.2.13, Modena): i loro nominativi figurano nelle carte neotettoniche allegate. Il coordinamento è stato curato da M. PANIZZA.

Il lavoro è consistito nel confronto critico dei documenti cartografici parziali, pubblicati in anni diversi, elaborati da ricercatori di scuole differenti, a volte con metodologie non eguali, e riguardanti aree geologiche con caratteri tettonici talora estremamente dissimili. Di conseguenza, al di sopra di un puro e semplice assemblaggio, è stato necessario un notevole lavoro di omogeneizzazione dei vari prodotti, a volte accompagnato da una reinterpretazione dei dati, da modifiche e da integrazioni.

Questo lavoro di sintesi ha condotto alle carte neotettoniche qui illustrate ed allegate, che offrono una visione d'insieme e consentono una più facile comprensione dell'evoluzione geodinamica plio-quadernaria di un'area molto vasta e complessa, della quale le pubblicazioni attualmente edite forniscono un'immagine ovviamente troppo frammentaria.

Attraverso la formulazione di considerazioni e di concetti nuovi e le correlazioni tra settori adiacenti è stato così possibile, nelle Note, individuare e caratterizzare otto settori (« unità neotettoniche ») con differente comportamento geodinamico, formulare un'ipotesi di evoluzione paleogeografica e uno schema morfoneotettonico dell'intera area in esame, offrire una base omogenea per l'elaborazione della Carta Neotettonica d'Italia alla scala 1:500.000, prodotto conclusivo dell'omonimo Sottoprogetto del Progetto Finalizzato « Geodinamica ».

Il comportamento geodinamico dell'area è stato preso in esame per intervalli temporali. Il primo comprende il Pliocene e il Pleistocene inferiore (intervalli II e III del Sottoprogetto): il secondo comprende il Pleistocene medio e superiore fino a 18.000 anni fa (intervallo IV); il terzo gli ultimi 18.000 anni (intervallo V, comprendente l'ultima parte del Pleistocene e l'Olocene). Sono state evitate suddivisioni ulteriori, sia per non frammentare eccessivamente la descrizione, sia per la mancanza, a volte, di sufficienti elementi di discriminazione, specialmente nell'area alpina s.s.

Gli elementi lineari, che compaiono nelle tre carte degli intervalli cronologici sopra citati, sono stati ritenuti *attivi* sulla base dei criteri seguenti:

a) presenza di rocce significative fagliate o comunque deformate;

b) oppure — nell'impossibilità di verificare la presenza della faglia — notevole convergenza e congruenza di indizi geomorfologici, o necessità

della sua presenza per la coerenza del quadro regionale o locale (ad esempio, quale elemento di separazione fra aree contigue con comportamento nettamente differenziato).

Si specifica, infine, che l'Introduzione e le Conclusioni sono frutto del contributo collegiale di tutti gli Autori. I singoli capitoli sono stati scritti da alcuni ricercatori, come risulta in nota a ogni capitolo, e sono stati elaborati sulla base dei contenuti delle carte neotettoniche allegate, di dati frutto di ricerche degli autori stessi e dei risultati delle riunioni collegiali. Il coordinamento scientifico del testo è stato curato da A. ZANFERRARI.

INQUADRAMENTO GEODINAMICO ⁽¹⁾

L'area presa in esame comprende parti delle seguenti unità strutturali (Fig. 1):

- 1 - Pennidico (Finestra dei Tauri);
- 2 - Austroalpino;
- 3 - Sudalpino, Dinaridi esterne e prospiciente pianura.

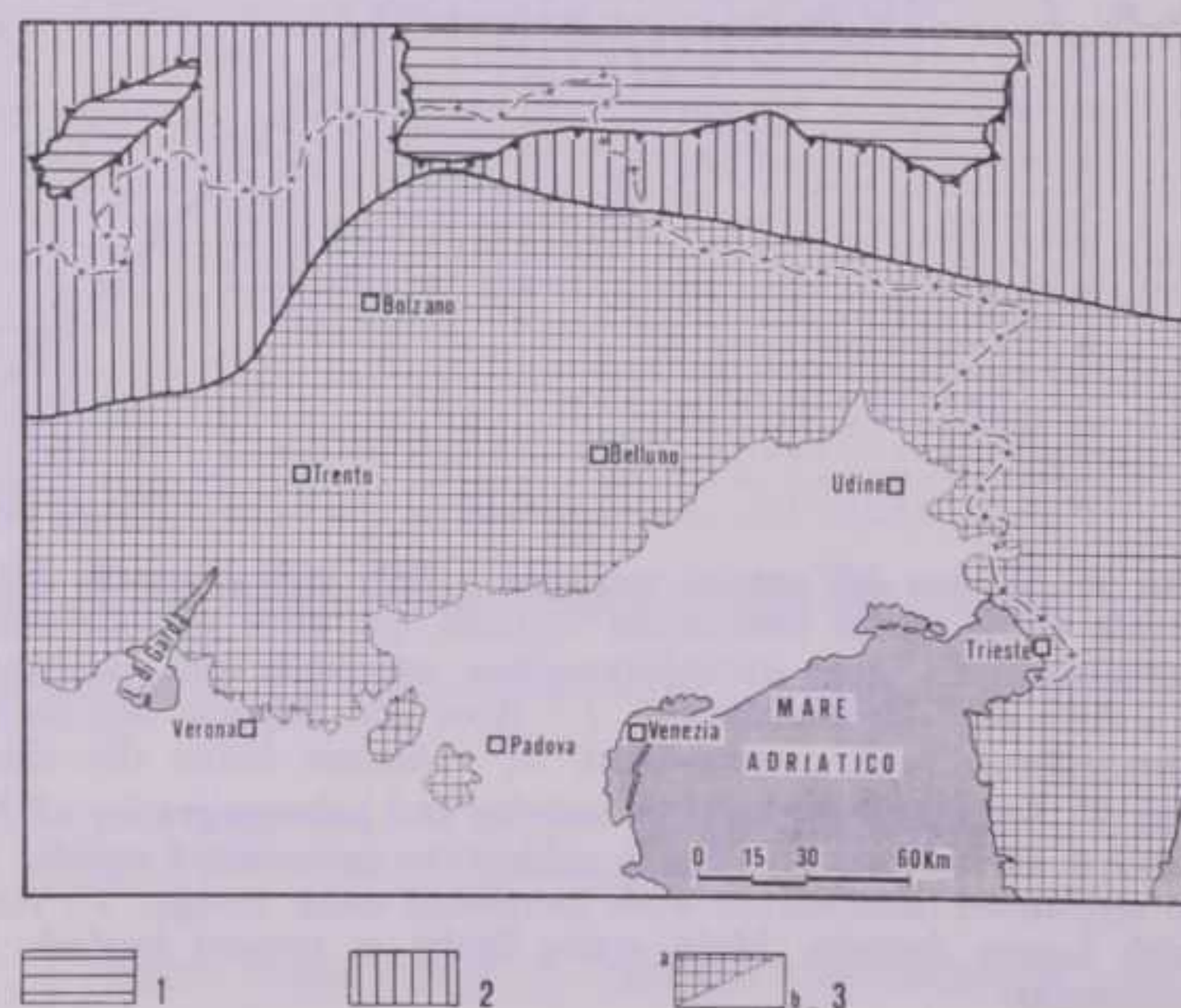


FIG. 1 - Principali elementi strutturali dell'Italia nord-orientale: 1 - Pennidico; 2 - Austroalpino; 3 - Sudalpino e Dinaridi esterne (a - rilievi; b - pianura).

FIG. 1 - Main structural elements of North-eastern Italy: 1 - Pennides; 2 - Austrides; 3 - Southern Alps and external Dinarides (a - mountains; b - plain).

Il Sudalpino e l'Austroalpino corrispondono alla porzione più settentrionale della « zolla adriatica », mentre il Pennidico rappresenta un relitto della Tetide. Tali unità si sono individuate nel Giurassico con l'apertura della Tetide fra la placca africana e quella europea. La sua chiusura si è realizzata essenzialmente nel Cretacico medio e superiore. Le fasi collisionali tardocretacico-paleogeniche hanno coinvolto soprattutto le unità pennidiche

(1) A cura di G.B. CARULLI e A. CAVALLIN.

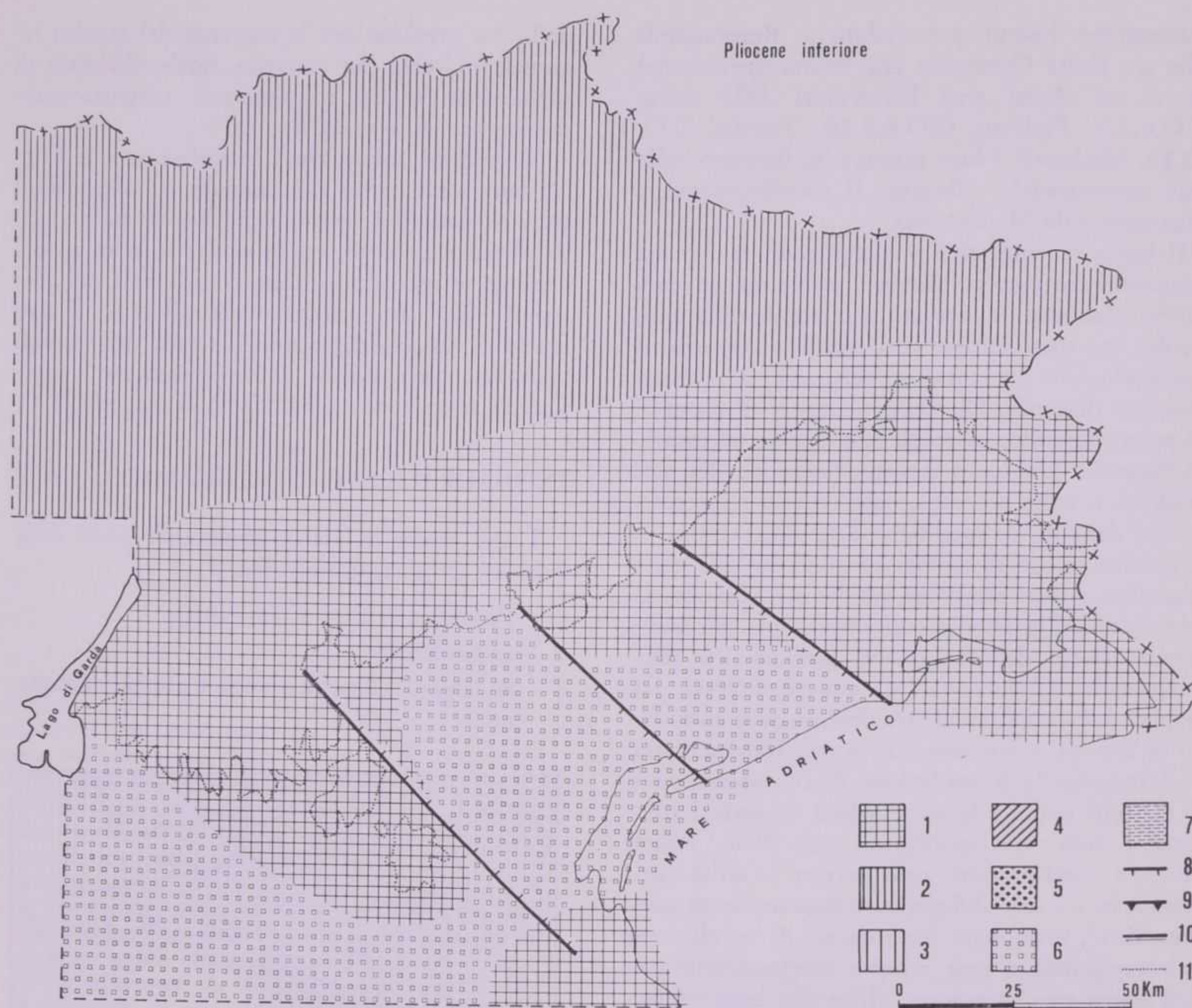


Fig. 2 - Schema dell'attività tettonica e della paleogeografia dell'Italia nord-orientale durante il Pliocene inferiore. Legenda: 1 - Aree stabili o con blandi movimenti verticali. 2 - Aree in sollevamento generalizzato. 3 - Aree in sollevamento e/o deformazione non accentuati. 4 - Aree in deformazione articolata con aumento dell'energia del rilievo. 5 - Aree con depositi continentali. 6 - Aree con depositi marini. 7 - Aree con depositi lagunari. Principali faglie attive attualmente sepolte: 8 - dirette; 9 - sovrascorimenti; 10 - trascorrenti. 11 - Attuale limite dei rilievi.

Fig. 2 - Scheme of the tectonic activity and paleogeography of N-E Italy during lower Pliocene. Legend: 1 - Stable areas or with mild vertical movements. 2 - Areas subject to generalized uplift. 3 - Areas subject to mild uplift and/or deformation. 4 - Areas subject to articulated deformation with increasing range energy. 5 - Areas with continental deposit. 6 - Areas with marine deposits. 7 - Areas with lagoon deposits. Main active faults at present buried: 8 - normal; 9 - overthrusts; 10 - transcurrent. 11 - Present border of mountains.

e quelle austroalpine, portando queste ultime a sovrapporsi verso nord sulle prime, con traslazioni massime dell'ordine del centinaio di km. Nel Paleogene il settore orientale del Sudalpino è stato coinvolto anche nell'orogeno dinarico, con formazione di accavallamenti vergenti a sud-ovest.

Il continuo movimento della zolla adriatica verso nord nel Neogene e nel Quaternario ha determinato il sollevamento di settori del Sudalpino via via più esterni, con formazione di pieghe e di accavallamenti vergenti verso la pianura e di solchi sedimentari lungo il fronte degli stessi. Tale movimento continua tutt'oggi, come denunciato anche dalla intensa attività sismica della fascia pedemontana.

Nel Sudalpino, limitato a nord dall'importante Lineamento Periadriatico, si individuano motivi

tettonici differenti fra il settore corrispondente alla piattaforma trentina e quello corrispondente al bacino bellunese-carnico e alla piattaforma friulana. Il secondo, in particolare, è caratterizzato da raccorciamento crostale più intenso, con riduzione a quasi 1/3 dell'originaria sezione nord-sud (CASTELLARIN, 1979).

PALEOGEOGRAFIA DELLA PIANURA E SCHEMA EVOLUTIVO REGIONALE ⁽¹⁾

PREMESSA

Al fine di tarare i movimenti neotettonici, riferendosi al livello del mare nel « momento » consi-

⁽¹⁾ A cura di A. CAVALLIN e A. ZANFERRARI.



FIG. 3 - Schema dell'attività tettonica e della paleogeografia dell'Italia nord-orientale durante il Pliocene superiore.

FIG. 3 - Scheme of the tectonic activity and paleogeography of NE Italy during upper Pliocene.

derato, e per meglio inquadrare l'evoluzione dell'area, sono state effettuate delle ricostruzioni paleogeografiche della pianura, visualizzando così il succedersi delle fasi sedimentarie.

Per i settori prealpino ed alpino sono state schematizzate aree a comportamento neotettonico omogeneo, derivate dalle allegate carte neotettoniche in scala 1:400.000. È stato preso in esame quest'ultimo aspetto perché permette di datare, in relazione al succedersi delle fasi sedimentarie in pianura, le tappe dell'evoluzione neotettonica dell'intera area. Analogamente, lo stile e l'attività tettonica dell'area prealpina sono state estrapolate al settore di pianura.

Per effettuare le ricostruzioni ci si è avvalsi, oltre che dei lavori di neotettonica concernenti l'area, pubblicati nei volumi n. 155 (C.N.R., 1978), n. 251 (C.N.R., 1979) e n. 356 (C.N.R., 1980) del P.F. Geodinamica, anche di quelli successivi dell'ENEL (1981) e di PIERI e GROPPi (1981).

RICOSTRUZIONI PALEOGEOGRAFICHE

Sono state eseguite cinque ricostruzioni paleogeografiche (Figg. 2-6), che intendono rappresentare una situazione fissata in un *momento* ritenuto rappresentativo nell'ambito dell'area studiata. La legenda è stata articolata in modo da fornire contemporaneamente varie informazioni riferite al « momento » preso in esame: aree in cui vi è deposizione, distinta per ambienti; tipo di movimenti areali; attività delle principali faglie (solo per le attuali aree di pianura).

Depositi

Sono stati distinti due ambienti deposizionali: marino e continentale. Di essi non sono state specificate le facies, in quanto già illustrate in vari lavori riportati in bibliografia. Limitatamente alle aree prealpina ed alpina, non sono stati riportati



FIG. 4 - Schema dell'attività tettonica e della paleogeografia dell'Italia nord-orientale durante il Pleistocene inferiore.

FIG. 4 - Scheme of the tectonic activity and paleogeography of N-E Italy during lower Pleistocene.

i sedimenti che si sono depositi durante l'intervallo neotettonico considerato.

Il significato geologico dei vari depositi non è stato legato solo all'ambiente sedimentario, ma anche all'area di provenienza, alle modalità di trasporto e alla geometria del bacino di sedimentazione.

Movimenti areali

Sono stati riferiti alle aree prive di sedimenti significativi, corrispondenti per lo più a quelle alpine e prealpine. Sono stati schematizzati in:

— Aree stabili o con blandi movimenti verticali. Attualmente esse corrispondono al Carso, agli Euganei e ai Berici.

— Aree in sollevamento generalizzato. Corrispondono per lo più al settore alpino, ove i movimenti verticali sono dedotti da misure geodetiche e da elementi morfologici. Si ritiene che i movi-

menti siano legati principalmente al sollevamento isostatico della catena alpina.

— Aree in deformazione articolata con aumento dell'energia del rilievo. Corrispondono all'attuale fascia pedemontana da Schio verso oriente e al settore del M. Baldo (Prealpi venete occidentali). In queste zone si ha la formazione o l'accentuazione di pieghe, faglie inverse e sovrascorrimenti, faglie trascorrenti e faglie dirette, che interessano anche depositi plio-quadernari nella fascia pedemontana e rocce più antiche in quella settentrionale. Le dislocazioni neotettoniche individuano, soprattutto nel settore orientale, elementi fisiografici caratteristici, i cui esempi più significativi sono la catena dei M. Musi (Prealpi giulie), il margine meridionale del massiccio Cansiglio-M. Cavallo (Prealpi friulane), la dorsale M. Cesen-Col Visentin, il margine meridionale del massiccio del M. Grappa e la dorsale del M. Baldo (Prealpi venete).

— Aree in sollevamento e/o deformazione non accentuati. Sono aree con caratteristiche intermedie tra le due precedenti; corrispondono ai Lessini, a parte della pianura veneto-friulana nel Pliocene medio-superiore e nel Pleistocene inferiore e ad alcuni settori alpini durante il Quaternario.

EVOLUZIONE REGIONALE SCHEMATICA

In base alle ricostruzioni paleogeografiche si può notare come vi sia stata una diversa evoluzione tra la pianura veronese e mantovana e quella veneta orientale-friulana.

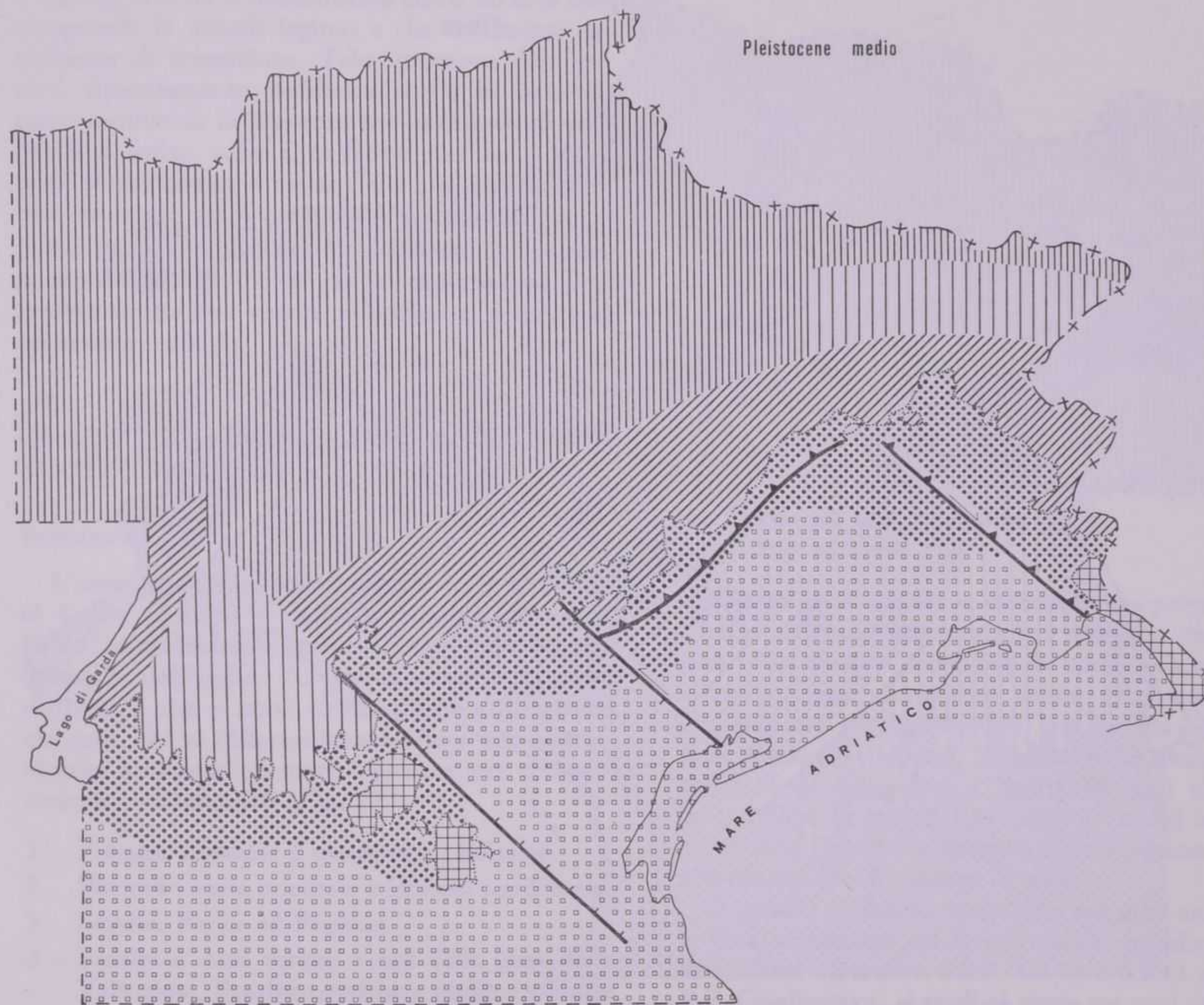


FIG. 5 - Schema dell'attività tettonica e della paleogeografia dell'Italia nord-orientale durante il Pleistocene medio.

FIG. 5 - Scheme of the tectonic activity and paleogeography of N-E Italy during middle Pleistocene.

Faglie

Desunte dalle allegate carte neotettoniche, sono state riportate le faglie più importanti che hanno interessato l'attuale area di pianura. In tal modo se ne evidenziano l'influenza e il tipo di tettonica che si è manifestata in tale area, determinando la formazione di bacini sedimentari in cui si sono depositati dapprima i sedimenti marini e, successivamente, quelli continentali.

Nella prima, tranne che nel Pleistocene superiore-Olocene (Fig. 6), si è mantenuto un ambiente marino quasi ovunque (Figg. 2-5). Fa eccezione la fascia di pianura lungo il margine dei Lessini, Berici ed Euganei, interessata da un ripetuto alternarsi di ambienti continentali e marini. Va anche ricordato che, soprattutto durante il Pleistocene medio e superiore, si sono verificate anche ingressioni e regressioni del mare legate al glacio-eustatismo.

Nella pianura veneta orientale e in quella friulana l'evoluzione è stata invece più articolata.

Nella seconda, posta ad oriente della linea di Caorle (n. 11 in Fig. 8), i primi sedimenti marini rinvenuti nel sottosuolo hanno una età pleistocenica inferiore (Fig. 4), per cui l'ambiente conti-

ed è maggiore di quella di subsidenza sia per il contemporaneo innalzamento del settore settentrionale della pianura sia, infine, per la migrazione verso sud dell'asse del bacino. L'innalzamento del settore di pianura nell'Olocene è evidenziato dal simbolo « aree in deformazione articolata con au-

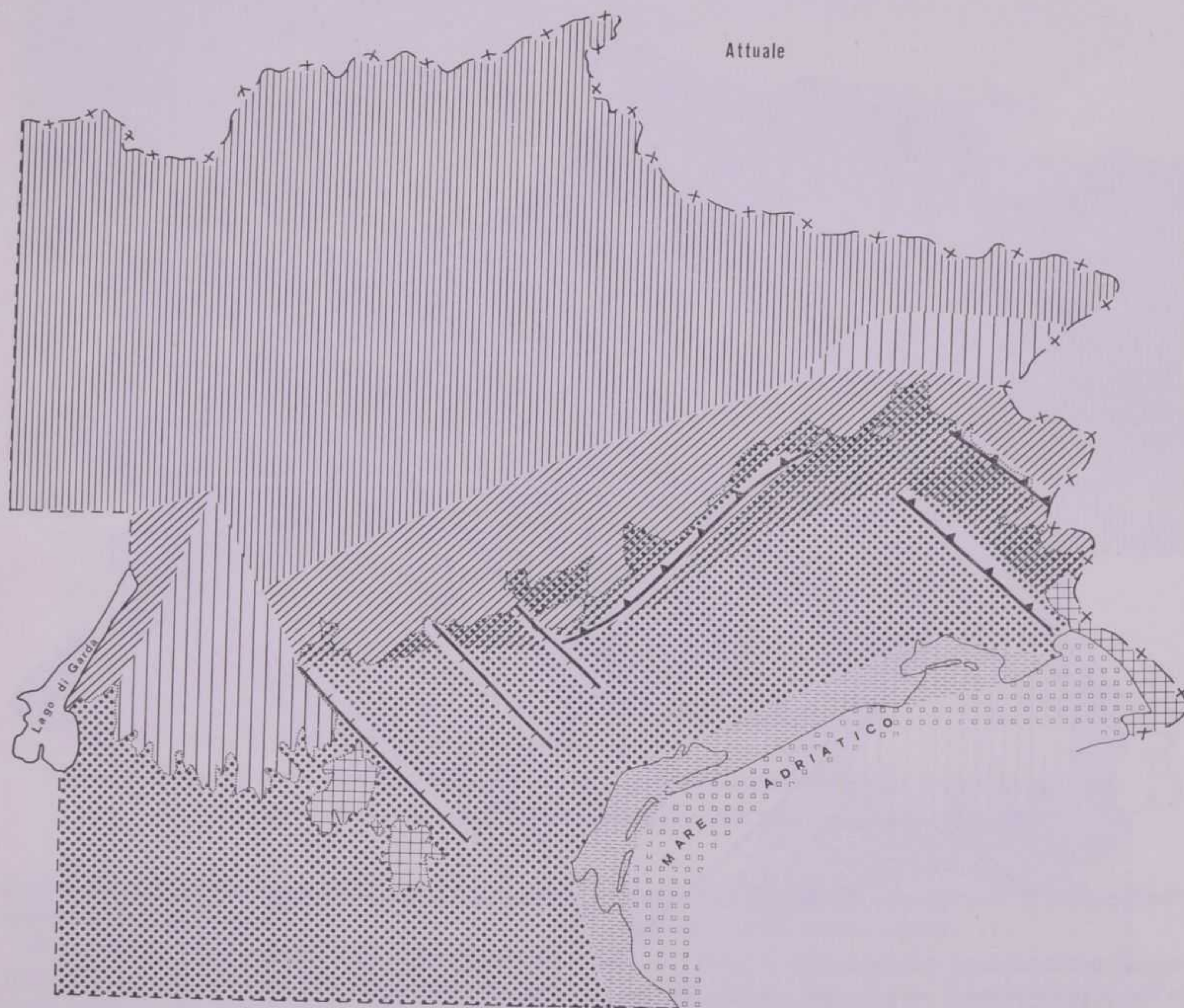


FIG. 6 - Schema dell'attività tettonica e della distribuzione dei depositi nell'attuale area di pianura.

FIG. 6 - Scheme of tectonic activity and distribution of deposits in present plain area.

nentale è perdurato durante tutto il Pliocene (Figg. 2 e 3). Per il settore ad oriente della linea di Palmanova (n. 32 in Fig. 8) non si conoscono depositi marini plio-pleistocenici. Quelli continentali, che si depositavano nel Pleistocene a nord e ad est di Udine (Fig. 4), erano probabilmente separati dal mare da una dorsale, legata all'attività del fascio di faglie dinariche situate a SW di Udine (n. 7 in Fig. 8).

Dal Pleistocene medio in poi (Figg. 5 e 6) i sedimenti continentali si sono sovrapposti a quelli marini sia perché la velocità di sedimentazione era

mento dell'energia del rilievo» sovrapposto a quello di « aree con depositi continentali ».

La pianura veneta orientale invece, ha subito varie ingressioni e regressioni marine. Nel Pliocene inferiore (Fig. 2) il mare occupava quasi tutta l'attuale pianura, estendendosi fino alle Prealpi, come testimoniato dai lembi pliocenici di Cornuda e di Bassano (FAVERO e GRANDESSO, in stampa), nonché dai pozzi della pianura. Come in quella friulana, anche qui i depositi marini successivi, che si rinvenivano nel sottosuolo, sono attribuiti al Pleistocene inferiore, per cui durante il Pliocene

medio-superiore tutta l'area era emersa e in deformazione (Fig. 3). Durante il Pleistocene inferiore (Fig. 4) si registra la massima estensione del mare, che poi regredisce gradualmente verso sud per il lento avanzare dei depositi continentali — salvo le variazioni legate al glacio-eustatismo — con modalità analoghe a quelle già descritte per l'area friulana.

In Fig. 6 è stata differenziata anche un'area che comprende le attuali lagune e che costituisce un ambiente di transizione. Tale situazione deve essersi ripetutamente verificata anche in passato, come testimonia la presenza nel sottosuolo di vari livelli di torba; nelle altre figure essa non è stata però rappresentata a causa della sua difficile definizione areale nei « momenti » precedenti.

Per quanto concerne l'evoluzione dei settori prealpino ed alpino, di cui le ricostruzioni presentate danno una visione schematica, si rinvia al successivo capitolo.

QUADRO ANALITICO DELL'EVOLUZIONE NEOTETTONICA ⁽¹⁾

PREMESSA

L'area considerata si estende dal Lago di Garda al Carso triestino e dallo spartiacque alpino al F. Po, comprendendo quindi l'intero settore nord-orientale dell'Italia. Al suo interno sono state distinte le otto « unità neotettoniche » di seguito elencate, che si differenziano fra loro per caratteristiche strutturali e morfologiche e per comportamento neotettonico (Fig. 7).

- 1 - Pianura veronese e mantovana, Polesine.
- 2 - Pianura veneta orientale e friulana occidentale.
- 3 - Lessini, Berici ed Euganei.
- 4 - Prealpi e Alpi venete a sud della linea della Valsugana, Prealpi carniche e giulie e pianura friulana orientale.
- 5 - Carso goriziano e triestino.
- 6 - M. Baldo e Dolomiti di Brenta.
- 7 - Alpi sarentine, Dolomiti, Alpi carniche e giulie.
- 8 - Settore alpino ad ovest della linea delle Giudicarie e a nord della linea della Pusteria.

A causa della vastità e della complessità geologica della regione, ciascuna unità non è perfettamente omogenea in tutti i caratteri distintivi: solo una suddivisione molto più articolata avrebbe con-

sentito di raggiungere tale obiettivo, a tutto discapito, però, dell'organicità della trattazione.

Alcuni tratti dei confini fra le unità sono stati ubicati arbitrariamente, in quanto, almeno localmente, si constata un graduale evolversi del quadro neotettonico da un settore ad un altro. Ciò vale soprattutto per la regione alpina, in particolare per i confini tra le unità 6 e 7 e tra la 7 e la 8.



FIG. 7 - Principali unità neotettoniche.

FIG. 7 - Main neotectonic units.

Le otto unità esibiscono comunque una propria « individualità neotettonica » ben definita e risultano quasi sempre delimitate da strutture a sviluppo regionale, variamente attive. Il carattere discriminante più significativo, che sta alla base della zonazione proposta, è costituito dal diverso grado di attività tettonica registratasi negli ultimi 5 milioni di anni in ogni unità o, in altri termini, dalla differente « quantità di deformazione » plio-quadernaria di ciascuna di esse.

Il quadro evolutivo presentato per ogni unità si basa soprattutto sui lavori specifici pubblicati dalle Unità Operative 6.2.9, 6.2.10 e 6.2.13 del P.F. Geodinamica, ai quali si rinvia per ogni riferimento di dettaglio (CARTON *et al.*, 1978; CAVALLIN *et al.*, 1978; DE ZANCHE *et al.*, 1978; CAROBENE *et al.*, 1979; SAURO, 1979; BARALDI *et al.*, 1980; BONDESAN, 1980; CARTON *et al.*, 1980; CARULLI *et al.*, 1980; PELLEGRINI e ZANFERRARI, 1980; PIANETTI e ZANFERRARI, 1980; SAURO e MENEGHEL, 1980; ZANFERRARI *et al.*, 1980 a; ZANFERRARI *et al.*, 1980 b).

Allo scopo di rendere più agevole l'individuazione, sulle carte alla scala 1:400.000, delle strutture neotettoniche menzionate nel testo, è stata allestita una cartina-indice (Fig. 8), dove dette strutture sono riportate con il numero progressivo che a ciascuna viene assegnato al momento della citazione.

⁽¹⁾ A cura di G. BOLLETTINARI, L. CAROBENE, G.B. CARULLI, D. CASTALDINI, G.B. PELLEGRINI, U. SAURO e A. ZANFERRARI.

1 - PIANURA VERONESE E MANTOVANA, POLESINE

È un'unità caratterizzata da subsidenza pressoché continua, che raggiunge i valori più elevati nel settore meridionale. Le poche strutture neotettoniche individuatevi denotano un'attività sempre molto modesta. Quelle più significative sono la fascia di deformazione al bordo meridionale dei Lessini (n. 1) e la faglia dei Laghi di Mantova (n. 2).

Pliocene - Pleistocene inferiore

La maggior parte dell'area è interessata da abbassamento continuo. Fa eccezione il settore dell'alta pianura al margine dei rilievi prealpini, che nel Pliocene è stato interessato da episodi di debole sollevamento. La zona di Adria, invece, è caratterizzata dall'assenza di sedimentazione marina solo durante il Pliocene inferiore; ciò può essere attribuito ad una fase di stabilità in corrispondenza ad un alto strutturale.

Pleistocene medio - Olocene

In questo intervallo tutta l'area è interessata da subsidenza generalizzata, con depositi che raggiungono spessori di molte centinaia di metri in corrispondenza dell'attuale corso del Po. Continua l'attività della fascia di deformazione al bordo dei Lessini (n. 1), marcata anche attualmente da numerose salienze di acque termali. Alla faglia dei Laghi di Mantova (n. 2), la cui presenza è indicata da dati morfologici e paleontologici, sarebbe invece legato il sollevamento olocenico dell'area situata subito a sud di Mantova.

Si segnala, infine, la faglia Mincio-Po (n. 3), che si riscontra sul prolungamento di un importante elemento attivo nella pianura modenese.

2 - PIANURA VENETA ORIENTALE E FRIULANA OCCIDENTALE

Tutta l'unità è stata ed è tuttora interessata da una sensibile attività neotettonica, che aumenta verso NW e, ad oriente del F. Tagliamento, verso NE. Infatti, in corrispondenza delle grandi strutture WSW-ENE situate al margine della zona pedemontana (flessura Bassano-Valdobbiadene (n. 4), linee di Sacile (n. 5) e di Aviano (n. 6)) e rispettivamente, in corrispondenza del fascio di faglie dinariche situato a sud di Udine (n. 7), si verifica la transizione fra questa e l'unità « 4 », nella quale si è sempre registrata l'attività neotettonica più intensa.

I dati del sottosuolo, ricavati da pozzi e da linee sismiche, forniscono ampia e varia documentazione dell'attività delle strutture sepolte; in superficie

— e quindi per i tempi più recenti — le prove sono portate da misure geodetiche e, indirettamente, da elementi morfologici, quali migrazioni dei maggiori corsi d'acqua e loro terrazzamenti.

Un carattere peculiare dell'unità è rappresentato dalla stretta dipendenza della sedimentazione (facies, spessori, caratteri fisiografici del bacino di deposizione) dall'attività tettonica.

Pliocene inferiore

In questo intervallo di tempo, caratterizzato da sedimentazione marina solo nella pianura veneta, l'attività più significativa è quella connessa alle grandi strutture ENE-WSW della fascia pedemontana (n. 4 e 6) e alle maggiori faglie NW-SE (Schio-Vicenza (n. 8), di Bassano (n. 9), di Montebelluna (n. 10) e di Caorle (n. 11)), che delimitano il bacino e vi individuano settori a subsidenza differenziata.

Pliocene medio-superiore - Pleistocene inferiore

In concomitanza con un forte incremento di attività tettonica (« fase tardo-pliocenica ») le faglie NW-SE acquistano una componente più o meno rilevante di trascorrenza, prevalentemente sinistrorsa nella pianura veneta, sempre destrorsa dalla faglia di Caorle verso oriente. I vari blocchi, delimitati dalle faglie NW-SE, manifestano ripetute ondulazioni anticlinali e sinclinali e, in qualche caso, mostrano anche di esser stati parzialmente basculati attorno a un asse NW-SE. Ne consegue che la trasgressione del Pleistocene inferiore (« calabrianica ») è avvenuta su un substrato pliocenico inferiore piegato, fagliato e variamente eroso. Anche il bacino di sedimentazione pleistocenico inferiore e lo spessore dei depositi relativi, come già si era verificato per quelli del Pliocene inferiore, sono controllati dall'attività tettonica delle strutture regionali prima citate.

Pleistocene medio e superiore p.p.

Le deformazioni neotettoniche proseguono con lo stile descritto in precedenza e, verosimilmente, con la stessa intensità: i depositi del Pleistocene risultano variamente fagliati o piegati secondo le direzioni dominanti in questa e nell'unità « 4 », cioè NW-SE e WSW-ENE. In particolare, nel settore più orientale della bassa pianura veneta (pozzi S. Donà, Eraclea e Jesolo), è documentabile in questo intervallo una migrazione di bande pieghie in formazione nell'ambito del bacino, analogamente a quanto già rilevato per tutta la pianura nel Miocene superiore e nel Pliocene inferiore.

L'area circostante la laguna di Venezia si caratterizza definitivamente come zona di maggior subsidenza relativa e di richiamo del reticolo idrografico. Un'altra area con analoghe caratteristiche, ma più ristretta e con valori inferiori di abbassamento, è individuabile a nord di Padova (graben di Villa del Conte (n. 13)), tra la faglia di Bassano (n. 9) e quella di Padova-est (n. 12).

Pleistocene superiore p.p. - Olocene

I tratti fondamentali dell'evoluzione più recente della pianura sono rappresentati dall'innalzamento del settore settentrionale, corrispondente grosso modo all'alta pianura, e dal persistere della subsidenza nell'area restante, con i valori più elevati nel settore di Venezia.



FIG. 8 - Cartina-indice degli elementi lineari e areali citati nel testo. Essa ha lo scopo di facilitarne l'individuazione sulle carte alla scala 1:400.000: le strutture sono perciò rappresentate in modo schematico. I numeri iscritti in un cerchio indicano uno o più sistemi contigui di elementi tettonici. Legenda: 1 - fascia di deformazione al bordo meridionale dei Lessini; 2 - faglia dei Laghi di Mantova; 3 - faglia Mincio-Po; 4 - flessura Bassano-Valdobbiadene; 5 - linea di Sacile; 6 - linea di Aviano; 7 - fascio di faglie dinamiche a sud di Udine; 8 - faglia Schio-Vicenza; 9 - faglia di Bassano; 10 - faglia di Montebelluna; 11 - faglia di Caorle; 12 - faglia di Padova-est; 13 - zona del graben di Villa del Conte; 14 - faglia della Val dei Ronchi; 15 - graben Vicenza-Montebelluna; 16 - faglia del Vajo dell'Anguilla; 17 - faglia Bosco-Tracchi; 18 - sistema di accavallamenti legati alla linea della Valsugana; 19 - linea della Valsugana; 20 - sovrascorrimento di Tramonti; 21 - sovrascorrimento dell'alto Tagliamento; 22 - sinclinale di Erto; 23 - anticlinale del Montello; 24 - pieghe fra Sequals e Ragogna; 25 - zona della sinclinale di Belluno; 26 - faglie normali sui fianchi della sinclinale di Belluno; 27 - anticlinale di Cugnan; 28 - sinclinale dell'Alpago; 29 - faglia Buja-Tricesimo; 30 - faglia Udine-Buttrio; 31 - faglia di Terenzano; 32 - faglia di Palmanova; 33 e 34 - faglie NE-SW fra Cividale e Gorizia; 35 - fascio di faglie trascorrenti con direzione fra NW-SE e N-S; 36 - faglie della stretta di Venzona; 37 - faglia di Osoppo; 38 - faglia di Majano; 39 - faglia di Ragogna; 40 - sistema di sovrascorrimenti delle Prealpi friulane centro-orientali; 41 - linea di Belluno; 42 - faglia di Longhere; 43 - faglia Trieste-Golfo di Panzano; 44 - linea del Colle Nero; 45 - linea di Monfalcone; 46 - linea di Contovello; 47 - sovrascorrimenti della val Rosandra; 48 - faglia di M. Spaccato; 49 - faglia del Golfo di Sistiana; 50 - linea della Valle di Loppio; 51 - linea Trento-Cles; 52 - linea di Caprino; 53 - linea di M. Pastello; 54 - linea della Pusteria; 55 - linea delle Giudicarie; 56 - linea Fella-Sava; 57 - fascio di faglie con direzione fra NW-SE e NNW-SSE; 58 - linea Kalkstein-Vallarga; 59 - linea Deferegental-Anterselva-Valles; 60 - horst dell'alta Val Venosta; 61 - fascio di faglie con direzione fra NW-SE e N-S; 62 - sistema di faglie normali nell'area ad est di Brunico; 63 - sinclinale di Soligo; 64 - graben di Longarone; 65 - sovrascorrimento periadriatico; 66 - graben fra Colli Berici ed Euganei.

FIG. 8 - Index map of linear and areal elements quoted in text, to facilitate their location on 1:400.000 scale maps: structures are therefore represented schematically. Numbers in circles indicate one or more contiguous systems of tectonic elements.

3 - LESSINI, BERICI ED EUGANEI

Si tratta di un'unità che, rispetto a quelle contigue, presenta uno stile di deformazione essenzialmente di tipo rigido. Nell'intervallo neotettonico è in atto un processo di sollevamento articolato dell'intera area, che si suddivide pertanto in piccoli blocchi, soggetti sia a sollevamenti differenziali sia a movimenti di basculamento. In forte innalzamento risulta soprattutto il settore nord-orientale, ove l'erosione mette localmente in luce il basamento metamorfico.

Pliocene - Pleistocene inferiore

L'area è soggetta a un sollevamento generalizzato, intervallato da fasi di relativa stabilità, con velocità più elevata nel gruppo del M. Carega e, subordinatamente, negli Alti Lessini. Tale sollevamento differenziale è in rapporto all'attività di faglie di direzione NW-SE (ad es., il sistema di faglie della Val dei Ronchi (n. 14)) e di pieghe-faglie di direzione WNW-ESE. Si verificano anche limitati movimenti di basculamento di blocchi, soprattutto nell'ambito dei settori più elevati (Alti Lessini, ecc.).

Nell'insieme si individua ed accentua un motivo a gradinata fra il gruppo del M. Carega e la pianura veronese occidentale, lungo un profilo di direzione NNE-SSW, mentre fra il gruppo del M. Carega e la depressione Vicenza-Montecchio (n. 15), secondo una direzione NNW-SSE, si verifica un prevalente inarcamento. Quest'ultimo motivo è delimitato verso oriente dalla netta scarpata della faglia Schio-Vicenza (n. 8).

Durante il moderato sollevamento i Colli Berici si frammentano in blocchi minori e restano separati dai Lessini per l'approfondimento relativo del graben Vicenza-Montecchio (n. 15); anche la blanda depressione tettonica fra Berici ed Euganei (n. 66) tende ad accentuarsi.

Un sollevamento generalizzato, con suddivisione dell'area in vari blocchi, si registra anche nei Colli Euganei; è verosimile che esso sia stato intervallato da alcuni episodi di stasi.

Pleistocene medio e superiore p.p.

Mentre continua il sollevamento del settore settentrionale, nei Lessini centro-occidentali si accentuano i movimenti di basculamento, con attività lungo faglie di direzione giudicariense o nord-sud (ad es., faglie del Vajo dell'Anguilla (n. 16) e Bosco-Tracchi (n. 17)).

I vari blocchi che costituiscono il corpo principale dei Berici continuano a sollevarsi debolmente e in modo differenziale. Movimenti di abbassa-

mento seguiti da moderato sollevamento caratterizzano, in particolare, il loro margine meridionale.

Il tratto saliente dell'attività tettonica tardo-pleistocenica negli Euganei è rappresentato dal movimento generalizzato di basculamento, che determina un persistente sollevamento del settore nord-occidentale e il progressivo abbassamento differenziato di quelli orientale e meridionale.

Pleistocene superiore p.p. - Olocene

Continua il sollevamento dell'area del M. Carega, mentre nei Lessini medi centro-occidentali si verificano movimenti verticali differenziali e di basculamento dei blocchi, con rigetti che localmente superano i due metri nel Postglaciale.

Mentre nei Berici probabilmente persiste un debole sollevamento differenziato, nei Colli Euganei si estende ulteriormente l'area soggetta ad abbassamento differenziato, da cui resta esclusa solo l'estremità nord-occidentale del gruppo collinare.

4 - PREALPI E ALPI VENETE A SUD DELLA LINEA DELLA VALSUGANA, PREALPI CARNICHE E GIULIE E PIANURA FRIULANA ORIENTALE

Come si è accennato in precedenza, questa è l'unità in cui si è sempre manifestata l'attività neotettonica più intensa. Nel settore pedemontano, in particolare, la maggior parte delle strutture si è realizzata quasi totalmente nell'ambito dell'intervallo plio-quadernario e tuttora presenta un'attività tettonica rilevante. Spostandosi verso nord, invece, si nota che i maggiori elementi (soprattutto pieghe, pieghe-faglie e sovrascorimenti) hanno iniziato a formarsi in momenti via via più precoci del Terziario. Pertanto, la maggior parte di tali strutture, quali, ad esempio, il sistema di accavallamenti (n. 18) legati alla linea della Valsugana (n. 19), i tratti occidentali dei sovrascorimenti di Tramonti (n. 20) e dell'alto Tagliamento (n. 21) e la sinclinale di Erto (n. 22), dopo esser stata riattivata e ulteriormente deformata specie nel corso del Pliocene superiore e del Pleistocene inferiore, dimostra di aver attualmente raggiunto una configurazione tettonica pressoché definitiva.

Pliocene - Pleistocene inferiore

Tra la dorsale euganeo-berico-lessinea e il F. Tagliamento sono in intensa deformazione le strutture WSW-ENE, fra le quali sono particolarmente importanti la flessura Bassano-Valdobbiadene (n. 4), l'anticlinale del Montello (n. 23), le linee di Sacile (n. 5) e di Aviano (n. 6) e le pieghe fra

Sequals e Ragogna (n. 24). Esse vengono interessate da faglie NW-SE (subordinatamente NNW-SSE o N-S), in genere con componente di trascorrenza prevalente. Anche nella zona prealpina veneta, così come nella contigua pianura (cfr. unità « 2 »), le faglie trascorrenti individuano settori allungati in direzione meridiana, in cui le strutture WSW-ENE presentano deformazioni di entità variabile sia tra un settore e l'altro che all'interno di ognuno e risultano inoltre troncate e rigettate ad opera delle prime.

A seguito dell'intenso sollevamento del sistema anticlinale Bassano-Valdobbiadene-Col Visentin acquista la sua configurazione la sinclinale complessa di Belluno (n. 25), già individuata come area emersa con blando motivo a sinclinale nel Miocene superiore e che in questo intervallo viene anche interessata da alcune faglie normali (n. 26) parallele al suo asse. Il sollevamento dell'anticlinale di Cugnan (n. 27) provoca la netta separazione fra la sinclinale di Belluno e quella dell'Alpago (n. 28).

Tra il F. Tagliamento e il Carso si manifesta l'attività delle faglie inverse dinariche, con accavallamento verso SW, accompagnato però da trascorrenza destrorsa (faglie Buja-Tricesimo (n. 29), Udine-Buttrio (n. 30), di Terenzano (n. 31) e di Palmanova (n. 32)). Di conseguenza, nella pianura friulana orientale si individua una vasta area caratterizzata da prevalente sollevamento e da sedimentazione continentale durante tutto il Quaternario.

Pleistocene medio e superiore p.p.

Nelle Prealpi giulie tra i fiumi Natisone e Isonzo sono attive faglie NE-SW (n. 33 e 34), che individuano zolle con più intenso sollevamento delle porzioni nord-orientali. Nella restante fascia pedemontana aumenta la deformazione degli elementi WSW-ENE, anche in rapporto all'attività delle faglie NW-SE trascorrenti.

Nel settore centrale dell'unità, a cavallo tra Veneto e Friuli, si imposta in questo periodo un ampio fascio di numerose ed estese faglie trascorrenti (n. 35) con direzioni comprese fra NW-SE e N-S. Il sistema, che in parte riutilizza più antiche discontinuità tettoniche, interessa anche le due unità più a nord (« 7 » e « 8 »), fino alle Alpi Aurine. Con le stesse caratteristiche, ma apparentemente con minor frequenza e intensità, il sistema è diffuso nella regione dolomitica e in quella friulana, evidentemente in relazione a un fenomeno di taglio a scala regionale.

Nell'intervallo in oggetto si formano anche le importanti faglie NNE-SSW o N-S della stretta di

Venzona (n. 36), di Osoppo (n. 37) e di Majano (n. 38), che presentano una componente di trascorrenza sinistrorsa, nonché la faglia di Ragogna (n. 39).

Mentre prosegue l'attività dei sovrascorrimenti prealpini specialmente nel Friuli centro-orientale (n. 40), nella regione veneta compresa tra la zona prealpina e la linea della Valsugana (n. 19) tende ad esaurirsi l'attività dei grandi elementi tettonici longitudinali e il settore, sia pure con alcune eccezioni, sembra sollevarsi in modo relativamente omogeneo e generalizzato. Significativa è, infine, l'inversione del rigetto che si registra lungo la linea della Valsugana a partire da questo periodo.

Pleistocene superiore p.p. - Olocene

In generale è possibile affermare che l'intera unità è interessata da sollevamento, spesso differenziato, ma in ogni caso d'intensità crescente dal settore alpino verso la zona pedemontana e dal Veneto verso il Friuli. Ciò viene desunto sia da numerosi dati morfotettonici sia da misure geodetiche, eseguite a cavallo delle linee della Valsugana (n. 19) e di Belluno (n. 41) (DE CONCINI *et al.*, 1980), nonché nel settore centrale delle Prealpi friulane, tra Osoppo e Venzona, sia dalla presenza di depositi tardo-würmiani variamente dislocati, come lungo il margine meridionale dell'anticlinale del Montello (n. 23) e la faglia di Longhere (n. 42), sul tratto più orientale della linea dell'alto Tagliamento (n. 21), ecc. È pertanto legittimo ritenere che l'attività tettonica prosegua anche attualmente con le stesse caratteristiche descritte per l'intervallo precedente.

5 - CARSO GORIZIANO E TRIESTINO

L'unità comprende sia l'altopiano carsico s.s. che il Golfo di Trieste e il settore di pianura del Monfalconese. Il primo, struttura anticlinale a direzione dinarica fagliata sui fianchi, è caratterizzato da sollevamento pressoché continuo, anche se debole, durante tutto l'intervallo neotettonico. Le strutture prevalenti sia plicative che disgiuntive sono di tipo dinarico; un ruolo importante svolgono anche le faglie NE-SW, che costituiscono elemento di separazione fra questa e le unità limitrofe.

Pliocene - Pleistocene inferiore

Continua un blando sollevamento generalizzato, più pronunciato lungo il margine sud-occidentale, dove si trova la faglia (o piega-faglia) Trieste-Golfo di Panzano (n. 43) in funzione di svincolo rispetto all'unità « 2 ». Parallelamente a tale struttura sono

attive le linee del Colle Nero (n. 44) e di Monfalcone (n. 45) nel Carso goriziano, la linea di Contovello (n. 46), che consente un maggior sollevamento della massa carbonatica rispetto al flysch costiero, nonché i sovrascorrimenti della Val Rosandra (n. 47) nel Carso triestino.

Svincoli laterali sono dati da faglie NE-SW, antidinariche (ad es.: faglie di M. Spaccato (n. 48) e del Golfo di Sistiana (n. 49)) con probabile trascorrenza destrorsa, che individuano vari blocchi separati da movimenti differenziali, in media maggiori nei settori meridionali. Nella parte sud-occidentale dell'unità si individua così un'area in abbassamento, corrispondente all'attuale Golfo di Trieste, con sedimentazione marina a partire dal Pleistocene inferiore.

Pleistocene medio - Olocene

Continua la tendenza evolutiva espressa precedentemente, con ulteriore sollevamento dell'altopiano carsico ed abbassamento del settore corrispondente al Golfo e alla pianura monfalconese.

6 - M. BALDO E DOLOMITI DI BRENTA

Le principali strutture di quest'unità sono il risultato di una lunga attività tettonica: già nel Miocene inferiore, ad esempio, erano sicuramente presenti dorsali e depressioni tettoniche di direzione giudicariense. Nel Plio-quadernario si accentuano i movimenti di sollevamento differenziale e di basculamento, questi ultimi particolarmente attivi nel settore meridionale.

Pliocene - Pleistocene inferiore

Il sistema di grandi blocchi separati da faglie di direzione giudicariense e da faglie oblique di direzione scledense è soggetto ad un sollevamento differenziale, con movimenti di inclinazione verso ovest più accentuati per i blocchi sud-orientali. Ai movimenti di inclinazione, che comportano il sollevamento del bordo orientale dei blocchi, è associata l'attività delle faglie di direzione giudicariense di tipo inverso, talora con caratteri di sovrascorrimento. Lungo tali faglie si individuano spesso anche strutture plicative nelle formazioni più superficiali.

A causa del basculamento dei blocchi, che presenta minori evidenze verso nord, si formano scarpate anche lungo lineamenti di direzione scledense (scarpata della Valle di Loppio-sud (n. 50), scarpata Trento-Cles (n. 51)).

L'horst complesso del gruppo di Brenta sembra rallentare la sua attività durante questo intervallo.

Pleistocene medio e superiore p.p.

I movimenti di basculamento si accentuano soprattutto nel settore meridionale, ove alcuni grandi blocchi, oltre a inclinarsi o ad inarcarsi, si suddividono in zolle minori separate da faglie giudicariensi di neoformazione. Tale suddivisione comporta l'individuazione di gradinate tettoniche rivolte ad est o ad ESE (es.: gradinata Naole-Valfreda nel M. Baldo meridionale).

Si accentuano infine alcune depressioni di angolo di faglia e in particolare quella della conca del Lago di Garda.

Pleistocene superiore p.p. - Olocene

La continuazione dei movimenti di basculamento con riattivazione delle scarpate tettoniche, in particolare di quelle lungo le faglie di più recente individuazione, è evidente soprattutto nel settore meridionale (M. Baldo). Qui risultano attivi anche elementi di orientamento WSW-ENE (scarpata di Caprino (n. 52) e horst di « la Chiusa di Ceraino » come prolungamento della struttura del M. Pastello (n. 53) verso SW).

Numerose grandi frane protostoriche e storiche nel settore dell'alto Garda e dell'alta Val Lagarina potrebbero essere ascritte a violenti episodi sismici, connessi all'attività di faglie di direzione giudicariense, soprattutto in vicinanza delle intersezioni con elementi scledensi.

7 - ALPI SARENTINE, DOLOMITI, ALPI CARNICHE E GIULIE

Limitata a sud dalla linea della Valsugana e dal lineamento alto Tagliamento - Valle di Resia, a nord dalla linea della Pusteria (n. 54) e ad occidente da quella delle Giudicarie (n. 55), questa unità è soggetta a un sollevamento generalizzato, ma di tipo differenziale e comunque più sensibile nei settori settentrionale e meridionale piuttosto che in quello centrale.

Pliocene - Pleistocene inferiore

Ai movimenti di sollevamento si associano deboli basculamenti specie nel settore sud-occidentale e nella fascia fra la linea Fella-Sava (n. 56) e il confine italo-austriaco.

Non mancano segni di attività lungo alcune faglie inverse e lungo altre con movimenti trascorrenti. Esiste tuttavia una netta prevalenza di attività in corrispondenza delle faglie di direzione NE-SW nel settore occidentale e di quelle con direzione NW-SE o NE-SW nella parte centrale dell'unità.

Pleistocene medio e superiore p.p.

Continua un sollevamento generalizzato, con periodi di maggior intensità durante le principali fasi di deglaciazione. Nell'insieme, tuttavia, l'attività tettonica sembra diminuire d'intensità, specialmente in corrispondenza delle maggiori faglie inverse.

In questo periodo si caratterizza un fascio di piccole faglie per lo più trascorrenti (n. 57) con direzione tra NW-SE e NNW-SSE, direttamente collegato con quello già descritto per l'unità « 4 » (n. 35). Tale sistema è diffuso anche nell'area dolomitica, ma con minore continuità.

Pleistocene superiore p.p. - Olocene

Anche in questo intervallo il motivo dominante è dato da un sollevamento generalizzato, in atto con maggior intensità alla fine dell'ultima glaciazione.

L'attività delle strutture disgiuntive, dimostrata con considerazioni di carattere morfotettonico, è evidente soprattutto lungo il fascio di faglie (n. 57) nel settore centrale dell'unità. A faglie di varia orientazione sono molto probabilmente ricollegabili diverse frane di grandi proporzioni, sia protostoriche che storiche.

8 - SETTORE ALPINO AD OVEST DELLA LINEA DELLE GIUDICARIE E A NORD DELLA LINEA DELLA PUSTERIA

Pur presentando caratteri geologici e strutturali compositi, in quanto costituita da unità austroalpine e pennidiche, l'unità neotettonica in oggetto è interessata da sollevamento generalizzato con carattere differenziale, verosimilmente continuo durante tutto il Plio-quadernario.

La sua evoluzione è ricostruibile solo su base morfostrutturale, con evidenze per lo più puntiformi. Fa eccezione l'area corrispondente alle « radici » delle unità pennidiche e alla zona di Matri, dove, in territorio austriaco, sono stati misurati valori di velocità media di sollevamento di $1 \div 1,2$ mm/anno (SENFTEL ed EXNER, 1973).

Pliocene - Pleistocene inferiore

I movimenti di sollevamento, massimi nel settore fra il Passo del Brennero e la Vetta d'Italia, sono probabilmente accompagnati da moderata trascorrenza destrorsa lungo la linea della Pusteria e le grandi faglie austridiche (Kalkstein-Vallarga (n. 58) e Defereggental-Anterselva-Valles (n. 59)). Nell'alta Val Venosta si individua un horst complesso, attivo in parte anche successivamente (n. 50).

Pleistocene medio - Olocene

Nel settore orientale un motivo significativo è rappresentato dal fascio di faglie con direzione tra NW-SE e N-S (n. 61), in prevalenza trascorrenti. Nell'area ad est di Brunico si manifesta anche in epoca post-glaciale un movimento di basculamento regionale, in parte coadiuvato da un sistema di faglie normali con direzione attorno a NNW-SSE (n. 62), che si prolungano verso sud anche nella contigua unità « 7 ».

Soprattutto nei settori orientale e centrale dell'unità si riscontrano in quest'intervallo sia gli effetti del sollevamento isostatico, che caratterizza il settore assiale della catena alpina, che, subordinatamente, quelli della compressione SSE-NNW, responsabile delle intense deformazioni e dell'attività sismica della regione prealpina veneto-friulana.

MORFONEOTETTONICA ⁽¹⁾

PREMESSA

L'analisi dei rapporti che intercorrono fra la situazione tettonica e la situazione morfologica permette di meglio comprendere la storia evolutiva del rilievo, che è sempre il risultato di una combinazione di processi endogeni ed esogeni.

Da un punto di vista metodologico l'analisi morfotettonica si è articolata nei seguenti punti:

1. Riconoscimento delle principali « forme tettoniche » riferibili ad elementi lineari neotettonici. Tra queste citiamo le scarpate di faglia, le scarpate di flessura, le scarpate tettoniche complesse.

2. Individuazione su base strutturale delle principali unità morfotettoniche, ciascuna delle quali presenta stili tettonici e morfologici relativamente omogenei e « conformi ». Sono « unità morfotettoniche »: gli horst e i graben, i blocchi monoclinali e le grandi depressioni di angolo di faglia, i rilievi anticlinali e le grandi valli sinclinali, i rilievi costituiti da blocchi sovrascorsi, ecc.

3. Analisi degli stili erosivi (interrelazioni spaziali e temporali tra le forme tettoniche a sviluppo lineare e i caratteri della rete idrografica, delle forme di erosione e di deposito, delle frane, ecc.) nell'ambito delle diverse unità morfotettoniche e nelle zone di transizione fra due unità contigue.

Un'analisi morfotettonica di questo tipo fornisce le basi per la messa a punto, a scala regionale, di uno schema dell'evoluzione recente del rilievo.

⁽¹⁾ A cura di G.B. PELLEGRINI e U. SAURO.

Data la vastità dell'area considerata e la molteplicità dei problemi morfostrutturali ivi presenti, si è ritenuto di prendere in esame solo gli elementi con una più spiccata individualità morfotettonica o gli aspetti morfologici tipici ad essi legati. Inoltre, tutta l'area alpina più interna, che risulta essere caratterizzata da un generale sollevamento, presenta unità strutturali più complesse e nel contempo meno differenziate dal punto di vista morfotettonico. Ciò si spiega con una più intensa deformazione pre-pliocenica, per il succedersi di più fasi diastrofiche, e con la più lunga storia del modellamento in situazioni morfoclimatiche diverse.

PROBLEMI DI DATAZIONE

Per l'aspetto cronologico sono in genere estremamente scarsi i dati significativi sui depositi continentali quaternari. Le indagini sul terreno non hanno messo in evidenza, per esempio, forme moreniche sicuramente dislocate. Non mancano tuttavia numerosi casi di depositi connessi alle fasi glaciali o interglaciali, che presentano evidenze di sicure deformazioni di tipo tettonico (ad es.: conglomerati piegati o fagliati), oppure che nell'ipotesi dell'esistenza di una faglia attiva non mostrano prove contrarie.

Si è considerata come prova di attività neotettonica postglaciale l'assenza di tracce di modellamento glaciale su determinate forme tettoniche poste in valli interessate dal passaggio di potenti correnti glaciali.

Per questi motivi si è resa necessaria anche una datazione delle forme tettoniche su base morfologica. Fra quelle che meglio si prestano ad essere datate con criteri morfologici vi sono le forme che corrispondono a superfici tettoniche attive: si tratta per lo più di pareti tettoniche o di scarpate molto ripide, risultanti dall'attività di faglie normali. Una cronologia relativa di queste forme, per situazioni strutturali ed ambientali simili, può basarsi sull'entità dell'erosione subita da ciascuna. Ma molte di tali forme sono polifasiche e quindi composte da elementi di età diversa: nelle scarpate di faglia, ad esempio, la superficie più recente è quella basale, spesso però mascherata dalla falda detritica.

Più difficile risulta l'analisi morfocronologica di altre forme tettoniche (ad es.: scarpate di flessura o di piega-faglia, fronte di sovrascorrimento), se non interessano direttamente depositi quaternari.

Le misure geodetiche ripetute a distanza di tempo, trasversalmente a lineamenti che già presentavano indizi morfologici di attività tettonica

recente, hanno comprovato la presenza di movimenti differenziali in atto e confermato la validità generale del metodo di analisi morfotettonico.

LE PRINCIPALI SCARPATE TETTONICHE

Dall'esame della Fig. 9 emerge come le principali scarpate tettoniche rientrino nei tre più importanti sistemi strutturali del settore alpino considerato.

1. Sistema con andamento inizialmente WSW-ENE e quindi W-E, che interessa la fascia alpina e prealpina.

2. Sistema che interessa il settore occidentale, rappresentato da una serie di scarpate rivolte ad oriente, con andamento giudicariense (NNE-SSW).

3. Sistema di scarpate con andamento NW-SE (dinarico o scledense), che si ritrova sia nel settore sud-orientale sia in quello occidentale, ove interferisce con i due sistemi prima descritti.

Nei due settori orientale ed occidentale le scarpate del terzo sistema presentano esposizioni opposte e precisamente verso SW le principali scarpate orientali, verso NE le principali scarpate occidentali. Esse, assieme con il margine prealpino meridionale, delimitano il bacino pliocenico-quaternario veneto-friulano.

Qui di seguito sono elencate le scarpate più significative dei tre sistemi, che presentano una netta corrispondenza con i più importanti elementi tettonici regionali. I numeri fra parentesi, che accompagnano il nome delle strutture citate, si riferiscono sempre alla cartina-indice di Fig. 8.

Primo sistema

a) Grande scarpata tettonica Schio-Bassano-Valdobbiadene-Montaner-Aviano;

b) scarpata della linea di Belluno (n. 41) e suo prolungamento ad est fino al bacino dell'Alpago e ad ovest fino alla Valsugana;

c) serie di scarpate fra il T. Cellina e il F. Tagliamento e loro continuazione ad oriente sino al F. Isonzo.

Le morfostrutture a) e b), corrispondenti a flessure passanti localmente a pieghe-faglie e a sovrascorrimenti, presentano una grande evidenza morfotettonica, riconoscibile dall'elevata energia del rilievo connessa alle forti pendenze della fascia di transizione fra gli altopiani prealpini e l'alta pianura e fra i rilievi alpini e le grandi valli longitudinali della Valsugana e del Piave.

Nell'ambito di tali lineamenti, e in particolare del primo (a), ricorrono frequentemente pareti o scarpate di faglie che rigettano « paleosuperfici carsificate », che durante la fase pedogenetica correlabile all'Interglaciale Mindel-Riss dovevano estendersi con maggiore continuità.

Le morfostrutture del gruppo c) sono molto più discontinue delle precedenti, in quanto dissecate da profonde valli trasversali, localmente corrispondenti ai fianchi dei blocchi sovrascorsi.

Secondo sistema

d) Serie di grandi scarpate tettoniche M. Baldo-Stivo-Bondone;

e) serie di grandi scarpate Monti di Arco-Paganella-Monte Roen;

f) serie di scarpate di media altezza dei Lessini centrali (es.: Vajo dell'Anguilla (n. 16) e Bosco-Tracchi (n. 17)).

I sistemi d), e) ed f) sono caratterizzati da scarpate molto ripide, corrispondenti a faglie sia normali che inverse, talora accompagnate da motivi plicativi.

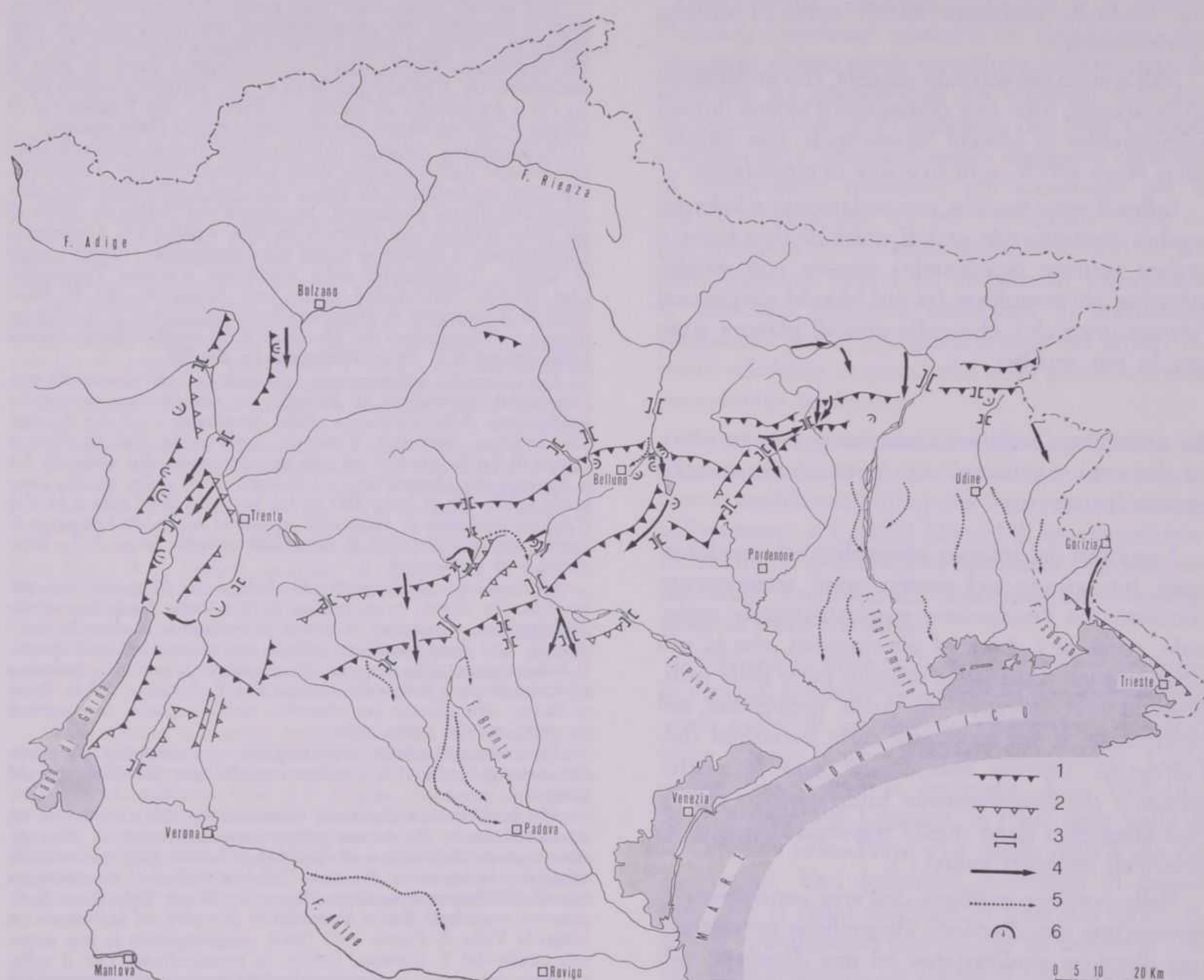


FIG. 9 - Principali modificazioni della rete idrografica in rapporto all'evoluzione delle morfostrutture. Legenda: 1 - scarpate morfotettoniche di grandi dimensioni (> 500 m); 2 - scarpate morfotettoniche ben conservate di medie dimensioni; 3 - forre e/o tratti di valli antecedenti; 4 - paleovalli e antiche direzioni di scorrimento; 5 - paleovalvei e deviazioni fluviali; 6 - grandi frane, legate probabilmente a eventi sismici, in corrispondenza a strutture neotettoniche.

FIG. 9 - Main modifications of hydrographic network in relation to morphostructure evolution. Legend: 1 - large morphotectonic scarps (> 500 m); 2 - medium sized well-preserved morphotectonic scarps; 3 - gorges and/or tracts of antecedent valleys; 4 - paleovalleys and ancient flow directions; 5 - paleoriver-beds and fluvial deviations; 6 - large landslides, probably connected with seismic events, along neotectonic structures.

Terzo sistema

- g) Scarpata Trento-Cles (n. 51);
- h) scarpata lungo la faglia Schio-Vicenza, che delimita i Lessini sud-orientali;
- i) morfostrutture sepolte, connesse con le linee Buja-Tricesimo (n. 29), Udine-Buttrio (n. 30), di Palmanova (n. 32), ecc.;
- l) scarpata costiera del Carso triestino.

Si può notare che alcune strutture neotettoniche appartenenti al terzo sistema, individuate nel sottosuolo della pianura veneto-friulana, sono solo indirettamente osservabili in superficie attraverso gli effetti morfologici da esse indotti sull'andamento della rete idrografica post-würmiana (linea di Caorle (n. 11), proseguimento verso sud della linea Schio-Vicenza (n. 8), faglie di Padova-est (n. 12) e di Bassano (n. 9) delimitanti il graben di Villa del Conte (n. 13)).

CENNI SUGLI STILI MORFOTETTONICI REGIONALI

Questa prima analisi delle scarpate permette di distinguere i principali stili morfotettonici regionali. Così, in rapporto alle scarpate del primo siste-

ma, con andamento per lo più est-ovest, riconosciamo sia morfostrutture a pieghe, talora passanti ad horst e graben (sinclinale bellunese (n. 25), sinclinale dell'Alpago (n. 28), sinclinale di Soligo (n. 63), anticlinale collegata alla linea di Belluno (n. 41), anticlinale del Montello (n. 23), pieghe della zona Sequals-Ragogna (n. 24), alti strutturali complessi con caratteri di horst di Asiago, del Grappa e del Cansiglio, nonché il graben di Longarone (n. 64)), sia dorsali monoclinali in blocchi sovrascorsi (es.: dorsale M. Chiampon-Gran Monte e dorsale dei Musi nelle Prealpi giulie).

Nell'area alpina più interna non sono altrettanto ben definibili, su base neotettonica, grandi morfostrutture a scala regionale; fanno eccezione alcuni grandi blocchi monoclinali (es.: M. Marmolada),

che sembrano costituire settori attivi di antiche morfostrutture.

Nell'ambito del secondo sistema, con andamento giudicariense, sono ben distinguibili alcune dorsali asimmetriche in blocchi monoclinali, con immersione verso WNW, o in strutture di piega-faglia.

Infine il terzo sistema, con andamento scledense, sembra connesso con grandi unità di tipo horst e graben (settore occidentale) oppure con morfostrutture più complesse fra cui blocchi sovrascorsi (settore orientale), che nelle aree di pianura sono per lo più sepolte.

LE PRINCIPALI MODIFICAZIONI DELLA RETE IDROGRAFICA IN RAPPORTO ALL'EVOLUZIONE DELLE MORFOSTRUTTURE

I caratteri del reticolo idrografico e le modificazioni intervenute nel tempo sono strettamente connesse con l'evoluzione morfostrutturale regionale, anche se i ghiacciai pleistocenici, che in più riprese hanno occupato la maggior parte delle valli, possono aver rivestito un ruolo importante nel determinare o nell'accelerare certe variazioni dell'idrografia. Occorre considerare come le morfostrutture che maggiormente interferiscono con la rete idrografica siano quelle trasversali rispetto ai principali segmenti vallivi⁽¹⁾.

Nella porzione mediana dell'area considerata si riconoscono due direzioni idrografiche prevalenti: una direzione giudicariense ed una direzione valsuganese. Quella giudicariense è ben rappresentata nel settore atesino e benacense, ma la si ritrova anche più ad oriente (ad es.: nel Canale del Piave e nella Valle del F. Tagliamento fra Osoppo e Venzona).

La direzione valsuganese prevale invece nel settore centrale della regione in esame (es.: Alta Valle del F. Brenta, Vallone Bellunese, Alto Tagliamento, Valle del F. Fella, ecc.).

La direzione scledense, invece, è particolarmente ben sviluppata nell'ambito della pianura.

Vari segmenti vallivi che seguono le prime due direzioni sono sicuramente molto antichi, pre-quaternari, alcuni pre-pliocenici, e documentano la preesistenza delle depressioni tettoniche in cui si sono impostati.

Nell'estremo settore orientale sono ben evidenti aste vallive con direzione NE-SW, mentre nella zona del Carso prevalgono sistemi idrografici a direzione dinarica (ora valli morte).

⁽¹⁾ Le ipotesi che seguono, relative ad importanti variazioni della rete idrografica, sono in parte ricavate dalla bibliografia specifica, in parte frutto di nuove osservazioni personali.

Nel settore occidentale vari elementi morfologici permettono di ipotizzare una paleoidrografia incentrata sull'asse idrografico di un « paleo-Adige » (Val d'Adige a nord di Lavis-Valle dei Laghi-basso Sarca-Garda), in cui poco a nord di Riva si immetteva un « paleo-Noce-Sarca » via Andalo-Molveno-Ballno (?) e forse, circa all'altezza di Torbole, una « paleo-Val di Loppio », con un bacino notevolmente esteso verso oriente.

Il successivo riassetto dell'idrografia potrebbe essere stato determinato dall'evoluzione della scarpata tettonica Trento-Fai-Cles, che ha facilitato, in epoca non ben precisabile ma precedente alle ultime glaciazioni, la cattura dell'Adige da parte di un corso d'acqua che scorreva in una « paleo-Val Lagarina ». Quest'ultima si era estesa verso nord troncando l'antico bacino di Loppio. L'evoluzione della medesima scarpata Trento-Fai-Cles avrebbe determinato anche una deviazione del F. Noce verso la depressione di Mezzolombardo attraverso la Rocchetta, mentre il sollevamento dei Monti di Arco avrebbe fatto deviare verso oriente il F. Sarca attraverso Le Sarche.

Un successivo sollevamento regionale, accompagnato da movimenti di inclinazione di blocchi, ha determinato un approfondimento delle « chiuse » della Rocchetta e di Le Sarche, con erosione regressiva a monte (gole della Val di Non a monte di La Rocchetta) ed una accentuazione dei dislivelli fra la « nuova rete idrografica » e i tronchi morti della vecchia idrografia (dislivello di circa 400 m fra la Valle dei Laghi e la Val d'Adige, dislivello di circa 100 m fra la Valle di Loppio e il Garda, approfondimento di oltre 100 m nelle forre di La Rocchetta e di Le Sarche).

Nell'ambito dell'altopiano di Asiago si riconosce una paleoidrografia diretta verso sud a partire dalla parte sommitale dell'altopiano, attraverso la conca di Asiago e la dorsale meridionale. Qui sono ben riconoscibili vari tronchi di valli morte. Il sollevamento della dorsale più meridionale e il concomitante approfondimento delle valli laterali del T. Astico e del F. Brenta hanno determinato un riassetto dell'idrografia con catture sia verso est che verso ovest.

Una riorganizzazione dell'idrografia con modalità per qualche aspetto simili si è verificata anche per il Massiccio del Grappa.

Più problematica risulta la ricostruzione del tracciato di un « paleo-Brenta », che in un primo momento avrebbe attraversato la conca di Tesino e di qui, lungo la Val Rodena, avrebbe raggiunto la conca di Fonzaso. Successivamente, abbandonata tale via, il Brenta si sarebbe diretto da Borgo Valsugana direttamente verso sud fino a Primolano, per piegare poi verso est lungo la Valle di Fastro e di Arsìe congiungendo le sue acque con quelle del T. Cismon. Infine, in concomitanza con il sollevamento del settore settentrionale del Grappa e dei dintorni del M. Aurin — ed anche per le azioni dei ghiacciai pleistocenici — il Brenta e il Cismon si sono diretti verso la pianura seguendo l'attuale tracciato.

Un « paleo-Piave » di direzione giudicariense scendeva per la Valle di S. Croce e la Valle Lapisina sino a Vittorio Veneto. In seguito al sollevamento della dorsale prealpina, più accentuato nel settore Col Visentin - Cansiglio, il « paleo-Piave » fu in grado di mantenere per un certo tempo il suo corso antecedente. In seguito, anche a causa di importanti frane, fu costretto a deviare verso ovest lungo la sinclinale bellunese e la stretta di Fener-Quero, già aperta dal corso del T. Cordevole. Anche in questa stretta il Piave approfondisce la valle in più fasi, in rapporto a vari episodi di sollevamento.

Nell'ambito dell'area subalpina le ultime fasi di sollevamento, che hanno interessato in modo particolare l'anticlinale del Montello (22), avrebbero determinato una deviazione del Piave verso oriente. Restavano così abbandonate le due paleovalli di Biadene e di Caerano.

Un « paleo-Cellina » scorreva probabilmente in direzione W-E fra Barcis e Meduno in una depressione monoclinale di angolo di faglia, compresa fra i rilievi del M. Raut a nord e quelli dei M. Fara e Jof a sud. L'ostruzione di questa valle, forse avvenuta per un movimento verso sud del blocco sovrascorrente del M. Raut, avrebbe determinato una prima deviazione verso Ponte Ravedis con escavazione di una nuova valle (Valle di S. Antonio) attraverso la Forcella La Croce. In una successiva fase tettonica il T. Cellina sarebbe stato catturato da un corso d'acqua con direzione N-S fra la Pala d'Altei e il M. Fara, ove ha approfondito la forra attuale.

La valle di un « paleo-Meduna » è riconoscibile nel settore pedemontano ad est del corso attuale, fra il M. Chiarandit e il M. Mulon. In questo segmento vallivo, in corrispondenza della Forchia di Meduno, si immette il paleo-Chiarsò, successivamente deviato verso ovest in seguito al sollevamento dei rilievi dell'altopiano del M. Ciaurlec.

Anche nella Valle del Tagliamento lateralmente al corso attuale si riconoscono dei segmenti di paleo-vallée con potenti depositi conglomeratici, che testimoniano importanti variazioni idrografiche di età verosimilmente pleistocenica. In particolare ricordiamo il tronco vallivo attraverso la conca di Ampezzo e, più a valle, quello fra Cavazzo Carnico e Trasaghis.

Nelle Prealpi giulie, negli alti bacini del Natisone e dell'Isonzo sono ben evidenti due paleovalli, che documentano variazioni idrografiche connesse con l'attività di faglie NW-SE, con movimento prevalentemente trascorrente.

Nella fascia di confine tra Friuli e Slovenia due grandi paleovalli (il Vallone di Chiapovano e quello di Doberdò) evidenziano uno spostamento del corso dell'Isonzo verso ovest, imputabile ad un sollevamento dei rilievi della Selva di Tarnova e, rispettivamente, del settore orientale dell'altopiano carsico.

Nel settore prealpino e pedemontano, dove i corsi d'acqua veneto-friulani sboccano nell'alta pianura, sono evidenti le tracce di recenti sollevamenti che hanno interessato il margine meridionale prealpino, obbligando i fiumi a scavarsi profonde forre. In vari casi tali sollevamenti hanno provocato fenomeni di deviazione, come per l'Astico a Caltrano, per il Brenta a Bassano, per il Piave al Montello, per il Cellina a Montereale, per il Tagliamento a Pinzano, per il Torre a Tarcento, ecc.

In altre circostanze il sollevamento ha determinato il riempimento di un tratto vallivo a monte e contemporaneamente l'escavazione di una forra a valle (Val Lagarina e Chiusa di Ceraino, Val Belluna e Canale di Quero, i bacini di Pinedo e di Barcis con la gola di Ferron e quella a valle di Ponte Molassa lungo il T. Cellina, la conca di Tramonti e la forra di Ponte Racli nella bassa Valle del T. Meduna, la conca di Pradielis nell'alta Valle del T. Torre, ecc.).

Nel settore occidentale forre per qualche aspetto analoghe alle precedenti si riscontrano in corrispondenza dei margini orientali dei blocchi monoclinali del sistema giudicariense (es.: forra del F. Noce a La Rocchetta, forra del F. Sarca a Le Sarche).

Nella pianura si possono notare gli effetti sull'idrografia ad opera delle strutture con direzione NW-SE, nonché lo spostamento dell'alveo dell'Adige verso SW, per l'abbassamento della Pianura polesana. Così il F. Brenta, risentendo del richiamo verso est determinato dalla depressione di Villa del Conte (n. 13), si sposta in epoca protostorica da ovest verso est. Punto di convergenza dei corsi d'acqua friulani è la depressione posta fra il F. Sile e il F. Livenza e, più a oriente, il Golfo di Panzano, ove si dirigono, con ampia deviazione, il F. Isonzo e con esso il T. Torre, il F. Natisone e il T. Iudrio.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I caratteri della rete idrografica in rapporto con le principali morfostrutture, insieme ad altri indizi morfologici che necessitano di ulteriori approfondimenti, permettono di abbozzare uno schema evolutivo del rilievo ad una scala regionale. L'insieme delle ipotesi sulle modificazioni della rete idrografica formulate dai precedenti Autori (ricordiamo in particolare: NICOLIS, 1898; PENCK e BRÜCKNER, 1909; STEFANINI, 1915; FERUGLIO, 1923; SCHWINNER, 1923; TREVISAN, 1937; 1938; VENZO, 1944) trova conferma ed integrazione nel quadro dell'evoluzione morfotettonica di questo settore delle Alpi.

In sintesi, nel settore occidentale risulta chiara la corrispondenza fra la paleoidrografia e le strutture giudicariensi (valli in depressioni di angolo di faglia). In seguito all'interferenza con sistemi trasversali (scledensi, ecc.) si verifica specialmente nel settore meridionale uno smembramento delle unità morfotettoniche e degli antichi bacini idrografici. Si approfondiscono così nuove forre trasversali con migrazione verso est di alcuni elementi idrografici.

Nella fascia prealpina, i Lessini e le Piccole Dolomiti rivestono caratteri di transizione, con idrografia grosso modo centrifuga, condizionata da strutture sia giudicariensi sia scledensi. Gli altri gruppi montuosi fra l'altopiano dei Sette Comuni e quello del Cansiglio-Cavallo assumono carattere di sbarramento tettonico, più accentuato per le dorsali meridionali, sia per l'idrografia locale sia per quella di provenienza dolomitica. Così ad antichi segmenti vallivi ad andamento valsuganese si associano segmenti trasversali di andamento composito, per lo più giudicariense nei settori interni, scledense in prossimità delle grandi scarpate prospicienti la pianura.

A est del massiccio Cansiglio-Cavallo fino all'Isonzo, le strutture morfotettoniche che indirizzano e modificano l'idrografia sono i settori in forte sollevamento e i grandi blocchi di sovrascorrimento. Alcuni di questi ultimi sembrano aver sbarrato paleovalli longitudinali, determinando l'impostazione di forre trasversali.

Nell'ambito delle valli, e in particolare dei grandi versanti tettonici, possono risultare significative, quali indizi di attività sismotettonica, le grandi frane situate lungo elementi lineari attivi. Come esempi ricordiamo le marocche della Valle del Sarca e della Val Lagarina, le frane della Valle di S. Croce (« paleo-Piave ») e quelle della Valle del T. Arzino. Vari fenomeni gravitativi di questo tipo, che si siano verificati in intervalli molto ristretti, costituiscono ben più che un indizio di attività sismotettonica. Lo studio di tali fenomeni rappresenta uno stimolante campo di indagini tuttora aperto.

Da questo contesto generale emergono nuovi elementi a favore di una corrispondenza più stretta fra rete idrografica e strutture lineari attive. È soprattutto nella fascia prealpina che tali interrelazioni hanno determinato l'origine di forme miste « tettonico-erosive » tipiche, il cui studio approfondito potrà fornire nuove indicazioni sulla storia evolutiva del rilievo prealpino.

CONCLUSIONI

Sulla base dell'analisi svolta nei capitoli precedenti si possono ricavare uno schema neotettonico generale e un quadro dell'evoluzione geodinamica dell'Italia nord-orientale durante il Plio-quaternario.

Le otto « unità neotettoniche » considerate in precedenza dal punto di vista analitico, possono essere ricondotte, sotto l'aspetto geodinamico, a quattro « settori », nettamente distinti per tipo-

logia delle strutture neotettoniche e per « entità » della deformazione relativa o, in altri termini, per « intensità » dell'attività tettonica di dette strutture.

1. *Settore « alpino »*, corrispondente alle unità « 7 », « 8 » e alla parte settentrionale della « 6 », contraddistinto da sollevamento generalizzato di tipo differenziale. Tale attività è legata essenzialmente ai processi di riequilibrio isostatico nell'ambito della catena alpina a tetto-genesi cretaco-paleogenica. Di conseguenza, le aree con i valori più elevati di sollevamento sono localizzate in corrispondenza della zona assiale della catena, cioè nel Pennidico della Finestra dei Tauri e nelle unità austroalpine ad esso più vicine (v. Fig. 1).

In modo nettamente subordinato, invece, si risentono qui gli effetti della compressione SSE-NNW, legata allo scorrimento della zolla adriatica verso nord, compressione che caratterizza gli altri tre settori situati più a meridione.

In definitiva, l'attività tettonica si manifesta da un lato con movimenti differenziali verticali, o di basculamento, lungo preesistenti discontinuità tettoniche di vario tipo, dall'altro attraverso fitti sistemi di faglie prevalentemente trascorrenti, con direzione tra NW-SE e N-S, subordinatamente attorno a NNE-SSW.

Tale processo di taglio regionale si esplica in parte lungo faglie di neoformazione, ma per lo più tende a riattivare preesistenti discontinuità e a sommarsi con i movimenti differenziali verticali prima descritti.

2. *Settore prealpino principale* (esclusi i Lessini, i Berici e gli Euganei), corrispondente alla parte centro-meridionale dell'unità « 6 », alla « 4 » e alla quasi totalità della « 5 », contraddistinto dal sollevamento più rapido e intenso di tutta l'Italia nord-orientale. Tale fenomeno è causato da compressione SSE-NNW, accompagnata da forte raccorciamento crostale, con valori massimi nel Friuli centrale.

Nel corso del Plio-quadernario gli effetti dell'attività tettonica tendono a diminuire nella porzione settentrionale. Un carattere costante sembra essere, invece, il crescere della « quantità di deformazione » neotettonica procedendo dal Veneto occidentale verso il Friuli centrale.

Le strutture tettoniche più importanti sono rappresentate in primo luogo da sovrascorrimenti che si accavallano verso SE (nell'unità « 6 »), verso SSE e sud (nelle parti occidentale, centrale e nord-orientale dell'unità « 4 ») e verso SW (nel settore orientale dell'unità « 4 » e nella « 5 »).

L'altro gruppo di strutture neotettoniche di importanza regionale è costituito da tre sistemi di faglie subverticali, tutte con una componente più o meno rilevante di trascorrenza. La loro distribuzione areale prevalente è la seguente: a) faglie con direzione tra WNW-ESE e NW-SE: unità « 6 »; b) faglie con direzione tra NW-SE e N-S: settori occidentale e centrale dell'unità « 4 »; c) faglie con direzione fra NNE-SSW e NE-SW: settore orientale dell'unità « 4 » e unità « 5 ». Gli ultimi due sistemi tendono chiaramente a sovrapporsi nell'area di confine tra i settori b) e c), cioè nel Friuli centrale.

Va sottolineato che i due gruppi di strutture — sovrascorrimenti e faglie prevalentemente trascorrenti — risultano compatibili fra loro e congruenti con il campo di sforzi neotettonici della regione, che presenta lo sforzo compressivo massimo orientato SSE-NNW.

3. *Settore prealpino del Veneto centro-occidentale* (Lessini, Berici ed Euganei), corrispondente all'unità « 3 », caratterizzato da moderato sollevamento differenziale, di intensità crescente da sud verso nord.

Il settore è fittamente suddiviso in blocchi, molto spesso basculanti, ad opera di faglie subverticali, che schematicamente si possono raggruppare nei tre noti sistemi « giudicariense » NNE-SSW, « scledense » NW-SE e « valsuganese » WSW-ENE.

Una grossolana distinzione può essere istituita fra un'area più settentrionale (Alti Lessini) con sollevamento relativamente più intenso, un'area orientale (Lessini orientali, Berici ed Euganei) interessata da un grande motivo di inarcamento anticlinalico, con asse circa WSW-ENE collocabile in corrispondenza dei Berici, e un'area occidentale (Lessini occidentali) caratterizzata soprattutto da basculamenti con abbassamento della porzione occidentale dei blocchi. A tensioni secondarie normali all'asse nella vasta zona di cerniera dell'anticlinale berico-euganea sono imputabili i modesti collassi locali, con formazione di depressioni tettoniche (in particolare: graben Vicenza-Montebelluna (n. 15) e graben fra Berici ed Euganei (n. 66)).

4. *Settore di pianura*, corrispondente alle unità « 1 », « 2 » e alla parte sud-occidentale della « 5 », caratterizzato da una tendenza prevalente all'abbassamento. Nel corso del Pliocene la subsidenza viene sostituita localmente da episodi più o meno prolungati di stasi o debole sollevamento. I valori massimi di subsidenza si raggiungono nel settore più meridionale dell'unità « 1 » e in quello centro-meridionale della « 2 ».

Strutture disgiuntive e/o plicative, praticamente assenti nella prima unità neotettonica, caratterizzano invece la seconda. Si tratta di faglie trascorrenti, spesso con forte componente *dip-slip*, a direzione tra NW-SE e NNW-SSE, e di blande pieghe per lo più con asse attorno a WSW-ENE o, talora, NNW-SSE (ZANFERRARI, in stampa).

Di grande significato strutturale è, infine, la presenza di alcuni accavallamenti sepolti nell'alta pianura veneta orientale-friulana. Alla loro attività è legato il debole sollevamento che interessa tale settore di pianura a partire dal Pleistocene superiore.

Il « motore » geodinamico della moderata attività plio-quadernaria del settore di pianura e di quello prealpino dei Lessini, Berici ed Euganei è sempre la già citata compressione SSE-NNW, responsabile viceversa del violento sollevamento che si registra nell'unità « 4 » e, subordinatamente, nella « 6 ». Tale sollevamento, cominciato tuttavia almeno dall'inizio del Miocene nel settore settentrionale dell'unità « 4 » e nella « 6 », costituisce uno dei processi neotettonici più significativi che interessano l'Italia nord-orientale. Di particolare rilevanza, anche dal punto di vista sismotettonico, è la migrazione verso SSE del settore di più intensa deformazione e di più energico sollevamento, settore che in epoca attuale corrisponde alla fascia pedemontana del Veneto orientale (a est della faglia Schio-Vicenza) e del Friuli. La linea di Sacile (n. 5 in Fig. 8) ne costituisce l'elemento tettonico più meridionale, attualmente sepolto nella pianura.

Dal punto di vista geodinamico si può, pertanto, concludere che l'unità « 2 », già parte del retroterra della catena alpina a tetto-genesi cretaco-paleogenica, rappresenta attualmente l'avampaese di una catena formatasi in buona parte durante l'intervallo neotettonico. La catena tende ad accrescersi verso sud a spese dell'avampaese, a causa dell'impostarsi di fronti successivi di accavallamento: la linea di Belluno (n. 41 in Fig. 8) e il sovrascorrimento periadriatico (n. 65) rappresentano quello prevalentemente miocenico superiore-pliocenico, la « flessura » Bassano-Valdobbiadene (n. 4) e la linea di Aviano (n. 6) costituiscono il fronte prevalentemente pliocenico superiore-pleistocenico, mentre la linea di Sacile individua il fronte più esterno e recente.

Se oltre alle unità « 4 » e « 2 » si prendono in esame anche le altre, si constata che pure la « 3 » più la « 1 » — cioè i Lessini e la contigua pianura — rivestono il ruolo di avampaese plio-quadernario rispetto alla porzione centro-meridionale della « 6 », la quale tende a sollevarsi maggiormente e ad accavallarsi verso SE sulle prime.

Un analogo e simmetrico comportamento presenta il settore sud-orientale della « 4 », cioè la pianura udinese con i sovrascorrimenti sepolti (n. 7 in Fig. 8) che si accavallano verso SW sul margine orientale dell'avampaese plio-quadernario.

BIBLIOGRAFIA

Avvertenza: sono qui elencati solo i lavori citati nel testo. Una esauriente lista bibliografica su argomenti di Neotettonica, aggiornata fino all'autunno del 1980, si può ricavare dalle bibliografie contenute nei lavori contrassegnati dalla dicitura (*cum lit.*).

- BARALDI F., CARTON A., CASTALDINI D., PANIZZA M., PELLEGRINI M. e SORBINI L., 1980 - *Neotettonica di parte dei Fogli Peschiera del Garda (48), Verona (49), Mantova (62) e di tutto il Foglio Legnago (63)*. C.N.R., Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, pubbl. 356 P.F. Geodinamica, pp. 643-655, Napoli (*cum lit.*).
- BONDESAN M. (con la collab. di BOLLETTINARI G.), 1980 - *Dati preliminari sulla neotettonica del Foglio 65 Adria*. C.N.R., Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, pubbl. 356 P.F. Geodinamica, pp. 657-670, Napoli (*cum lit.*).
- CAROBENE L., CARULLI G.B., ONOFRI R. e CUCCHI F., 1979 - *Dati preliminari sulla neotettonica dei fogli 26 (Tolmino) e 40^a (Gorizia p.p.)*. C.N.R., Nuovi contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, pubbl. 251 P.F. Geodinamica, pp. 261-272, Napoli (*cum lit.*).
- CARTON A., CASTALDINI D., MANTOVANI F., PANIZZA M. e SPINA R., 1978 - *Dati preliminari sulla neotettonica dei Fogli 11 (M. Marmolada) e 97 (S. Marcello Pistoiese)*. C.N.R., Contributi preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, pubbl. 155 P.F. Geodinamica, pp. 277-246, Napoli (*cum lit.*).
- CARTON A., CASTALDINI D. e PANIZZA M., 1980 - *Schema neotettonico riassuntivo dell'area fra Trento e Cortina d'Ampezzo (Fogli p.p. Bolzano (10), M. Marmolada (11), Cortina d'Ampezzo (12), Trento (21) e Feltre (22))*. C.N.R., Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, pubbl. 356 P.F. Geodinamica, pp. 621-641, Napoli (*cum lit.*).
- CARULLI G.B., CAROBENE L., CAVALLIN A., MARTINIS B. e ONOFRI R., 1980 - *Evoluzione strutturale plio-quadernaria del Friuli e della Venezia Giulia*. C.N.R., Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, pubbl. 356 P.F. Geodinamica, pp. 489-545, Napoli (*cum lit.*).
- CASTELLARIN A., 1979 - *Il problema dei raccordi crostali nel Sudalpino*. Rend. Soc. Geol. It., v. 1 (1978), pp. 21-23, Roma.
- CAVALLIN A., MARTINIS B., CAROBENE L. e CARULLI G.B., 1978 - *Dati preliminari sulla neotettonica dei Fogli 25 (Udine p.p.) e 40^a (Gorizia)*. C.N.R., Contributi preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, pubbl. 155 P.F. Geodinamica, pp. 189-197, Napoli (*cum lit.*).
- C.N.R., 1978 - *Contributi preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia*. Pubbl. 155 P.F. Geodinamica, 397 pp., Napoli.
- C.N.R., 1979 - *Nuovi contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia*. Pubbl. 251 P.F. Geodinamica, 674 pp., Napoli.
- C.N.R., 1980 - *Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia*. Pubbl. 356 P.F. Geodinamica, 3 voll., 1459 pp., Napoli.
- DE CONCINI C., DE FLORENTIS N., GATTO G.O. e ILICETO V., 1980 - *Movimenti attuali nelle Alpi Orientali rilevati mediante livellazioni ripetute*. Mem. Sc. Geol., v. 34, pp. 53-66, Padova.
- DE ZANCHE V., MIETTO P. e SEDEA R., 1978 - *Dati preliminari sulla neotettonica dei Fogli 36 (Schiavon) e 49 (Verona)*. C.N.R., Contributi preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, Pubbl. n. 155 P.F. Geodinamica, pp. 181-188, Napoli (*cum lit.*).

- ENEL, 1981 - *Elementi di neotettonica del territorio italiano*. 94 pp., 3 voll. carte, Milano.
- FAVERO V. e GRANDESSO P. (in stampa) - *Nuovi affioramenti di Pliocene marino nei dintorni di Bassano del Grappa (Vicenza)*. Mem. Soc. Geol. Ital., v. 24, Roma.
- FERUGLIO E., 1923 - *L'altopiano carsico del Ciaurlec nel Friuli*. Mondo Sotterraneo, v. 1, 89 pp., Udine.
- NICOLIS E., 1898 - *Sugli antichi corsi del Fiume Adige*. Boll. Soc. Geol. It., v. 17, 7 pp., Roma.
- PENCK A. e BRÜCKNER E., 1909 - *Die Alpen im Eiszeitalter*. 3 voll., 1200 pp., Leipzig.
- PELLEGRINI G.B. e ZANFERRARI A., 1980 - *Inquadramento strutturale ed evoluzione neotettonica dell'area compresa nei Fogli 23 Belluno, 22 Feltre (p.p.) e 24 Maniago (p.p.)*. Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, Pubbl. 356 P.F. Geodinamica, pp. 359-396, Napoli (cum lit.).
- PIANETTI F. e ZANFERRARI A., 1980 - *Dati preliminari sulla neotettonica dei Fogli 51 - Venezia e 52 - S. Donà di Piave (p.p.) ed evoluzione Pliocenico-Quaternaria della pianura e dell'area prealpina del Veneto orientale*. C.N.R., Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, pubbl. 356 P.F. Geodinamica, pp. 463-487, Napoli (cum lit.).
- PIERI M. e GROPPI G., 1981 - *Subsurface geological structure of the Po Plain, Italy*. C.N.R., pubbl. 414 P.F. Geodinamica, 13 pp., Milano.
- SAURO U., 1979 - *Dati preliminari sulla neotettonica del Foglio 48 (Peschiera)*. C.N.R., Nuovi contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, Pubbl. 251 P.F. Geodinamica, pp. 261-272, Napoli (cum lit.).
- SAURO U. e MENEGHEL M., 1980 - *Dati preliminari sulla neotettonica dei Fogli 21 (Trento) (p.p.), 35 (Riva) (p.p.), 36 (Schiavon) (p.p.), 49 (Verona) (p.p.)*. C.N.R., Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, Pubbl. n. 356 P.F. Geodinamica, pp. 331-357, Napoli (cum lit.).
- SCHWINNER R., 1923 - *Die Oberflächengestaltung des östlichen Suganer Gebietes*. Ostalpine Formenstudien, 140 pp., Bornträger, Berlin.
- SENFTEL E. ed EXNER C., 1973 - *Rezente Hebung der Hohen Tauern und geologische Interpretation*. Verh. Geol. B.-A., pp. 209-234, Wien.
- STEFANINI G., 1915 - *Il Neogene Veneto*. Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, v. 3, 286 pp., Padova.
- TREVISAN L., 1937 - *La conca di Stenico (Trento). Vicende glaciali, fluviali e morfologiche*. Studi Trent. Sc. Nat., A, v. 18, pp. 1-21, Trento.
- TREVISAN L., 1938 - *Il fascio di fratture fra l'Adige e la linea delle Giudicarie e i suoi rapporti col massiccio intrusivo dell'Adamello*. Studi Trent. Sc. Nat., A, v. 19, pp. 177-187, Trento.
- VENZO S., 1944 - *Studio geomorfologico sull'altopiano di Lavarone e sull'alta Valsugana (Trentino). Raffronti colla bassa Valsugana e la Val d'Adige*. Atti Soc. Ital. Sc. Nat., v. 83, pp. 183-249, Milano (cum lit.).
- ZANFERRARI A., (in stampa) - *Il Pliocene nel sottosuolo della pianura veneta orientale: tentativo di sintesi strutturale*. Mem. Soc. Geol. Ital., v. 24, Roma.
- ZANFERRARI A., GIRARDI A., PIANETTI F. e SEDEA R., 1980a - *Dati preliminari sulla neotettonica dei Fogli 50 - Padova (p.p.) e 64 - Rovigo (p.p.)*. C.N.R., Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, pubbl. 356, pp. 437-461, Napoli (cum lit.).
- ZANFERRARI A., PIANETTI F., MATTANA U., DALL'ARCHE L. e TONIELLO V., 1980b - *Evoluzione neotettonica e schema strutturale dell'area compresa nei Fogli 38 - Conegliano, 37 - Bassano del Grappa e 39 Pordenone (p.p.)*. Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, Pubbl. 356 P.F. Geodinamica, pp. 397-435, Napoli (cum lit.).