

## CAPITOLO 7 - CHAPTER 7

# FORME DI ORIGINE TETTONICA TECTONIC LANDFORMS

CLAUDIO TELLINI & LUISA PELLEGRINI

con contributi di - *with contributions by* G. B. CASTIGLIONI, C. ELMI & G. B. PELLEGRINI

### 7.1 Introduzione

Nell'ambito della *Carta Geomorfologica* le forme di origine tettonica e neotettonica riguardano un aspetto geodinamico importante che era già stato affrontato su tutto il territorio nazionale a partire dalla fine degli anni '70 e che ha occupato numerosi ricercatori, molti dei quali poi direttamente impegnati nella stesura della carta stessa. Da tale impegno erano nati alcuni lavori di carattere generale in cui venivano trattati gli aspetti neotettonici del territorio italiano: qui si ricordano il lavoro dell'Enel (1981), la *Carta Neotettonica d'Italia*, realizzata nell'ambito del Progetto Finalizzato Geodinamica - sottoprogetto Neotettonica del C.N.R. (1983), e lo *Structural Model of Italy* del C.N.R. (1991). Molti dati inerenti le forme di origine tettonica della pianura sono, pertanto, desunti da questi studi e da altri ancora, altrettanto importanti e di respiro regionale, pubblicati successivamente.

La maggior parte delle forme di origine tettonica riguardanti la Pianura Padana, in realtà, si trova ubicata presso i bordi della pianura stessa, in particolare nella fascia di contatto pianura-rilievi marginali e, in qualche caso, in corrispondenza di alcuni rilievi isolati interni la cui origine viene collegata ad attività tettonica recente. Nella parte centrale della pianura nella *Carta Geomorfologica* non sono state indicate alcune evidenze segnalate in letteratura come probabili espressioni superficiali di faglie neotettoniche («Faglia dei Laghi di Mantova»: Baraldi & alii, 1980a; «Faglie di Correggio - Reggio E. e Massa Finalese - Modena»: Pellegrini M. & Vezzani, 1979), in quanto sono ancora oggetto di discussione, approfondimenti o reinterpretazione. L'attività di alcune strutture è documentata da emissioni superficiali di gas e da locali affossamenti episodici della superficie del suolo (Bonori & alii, 2000).

### 7.1 Introduction

*In the Geomorphological Map, landforms of tectonic and neotectonic origin cover an important geodynamic aspect which had already been studied throughout Italy since the late 1970s and which has occupied many researchers, many of whom then directly involved in preparing the Map itself. Their commitment resulted in several general works dealing with neotectonic aspects in Italy, including reports by Enel (1981), the Neotectonic Map of Italy (prepared within the framework of the Progetto Finalizzato Geodinamica: Sottoprogetto Neotettonica of C.N.R., 1983) and the Structural Map of Italy (C.N.R., 1991). Many data regarding tectonic forms in the Po Plain are thus taken from these studies and from other, later ones, equally important and carried out on a regional scale.*

*Most of the tectonic landforms in the Po Plain are in fact to be found along its borders, particularly in the contacts between plain and marginal reliefs and, in some cases, corresponding to isolated inner reliefs whose origin is due to recent tectonic activity. On the Geomorphological Map, in the central part of the Plain, some pieces of evidence reported in the literature as probable superficial expressions of neotectonic faults («Mantova Lakes Fault»: Baraldi & alii, 1980a; «Faults of Correggio-Reggio Emilia and Massa Finalese-Modena»: Pellegrini M. & Vezzani, 1979) are not indicated, since they are still subject to debate, further in-depth study, or re-interpretation. The activity of some structures is proved by gas emissions and episodic local collapse phenomena of the ground surface (Bonori & alii, 2000).*

*More in general, neotectonic activity is known to influence sedimentation and trends in the hydrographic network. The latter aspect will be treated in Chapters 9 and 15.*

Più in generale è noto che l'influenza dell'attività neotettonica determina condizionamenti nella sedimentazione e nell'andamento della rete idrografica. Quest'ultimo aspetto verrà trattato nei capitoli 9 e 15.

## 7.2 Domini neo-tettonici (caratteri sintetici)

Prima di affrontare la descrizione di dettaglio delle forme di origine tettonica della pianura si ritiene opportuno fornire un quadro sintetico della situazione relativa ai vari domini strutturali del substrato (fig. 7.1), con riferimento all'attività tettonica neogenica dei vari settori strutturali marginali delle due catene alpina ed appenninica su cui i sedimenti quaternari della pianura poggiano direttamente.

## 7.2. Brief notes on neotectonic domains

Before describing in detail the tectonic landforms of the Po Plain, we briefly outline below the situation regarding the various structural domains of the substrate (fig. 7.1), with reference to neogenic tectonic activity in the structural sectors on the edges of the Alpine and Apennine chains on which the Quaternary sediments of the plain lie directly.

Pliocene and Lower Quaternary foredeep evolving into a chain (Bv).

[Pede-Apennine belt and southern Piemonte]

The ancient fluvial deposits and more recent fans of the plain lie on and interfinger with an external, mainly Plio-

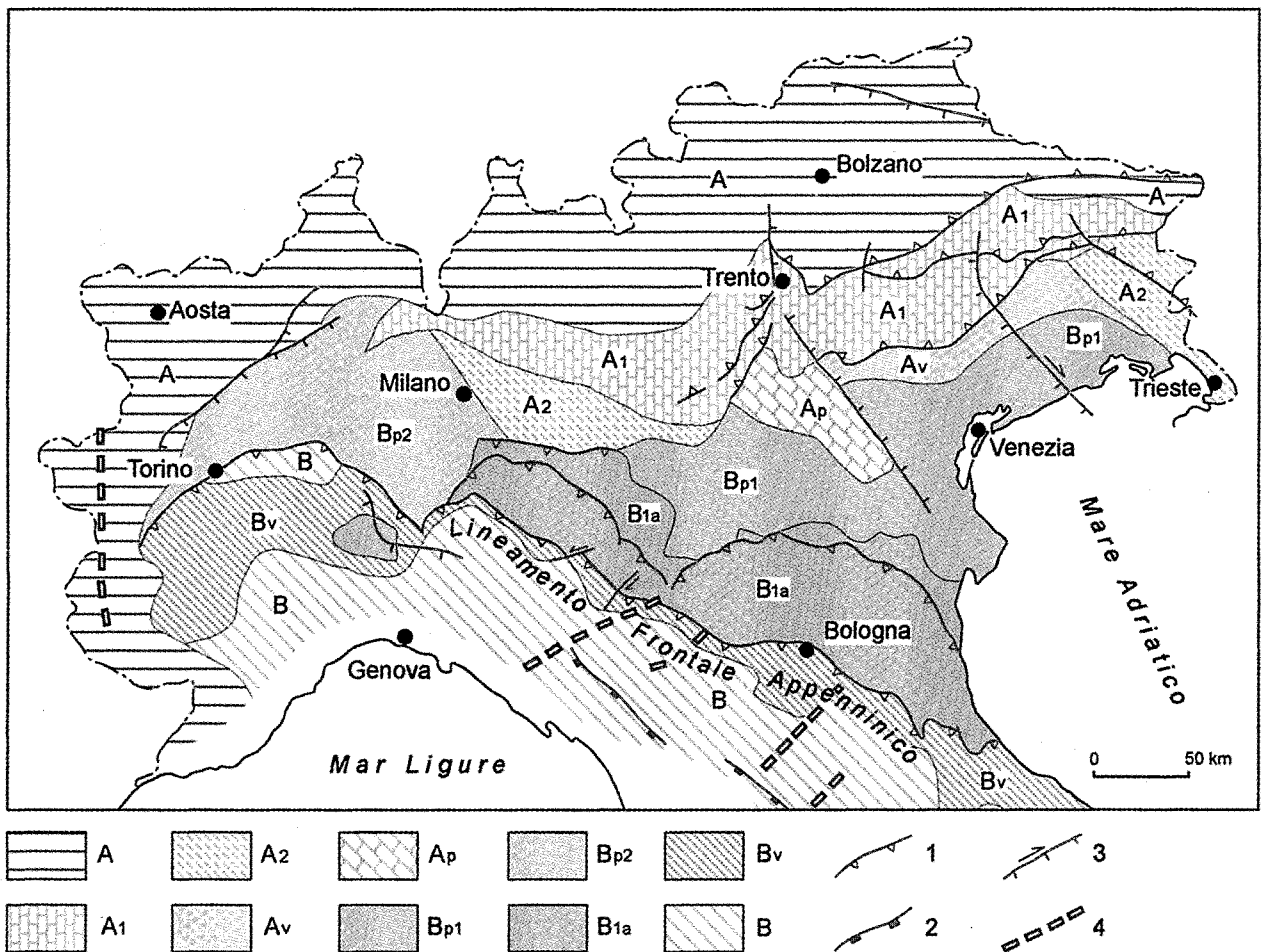


FIG. 7.1 - Quadro riassuntivo dei domini neotettonici del bacino padano e dell'area veneto-friulana tratto dalla *Carta neotettonica d'Italia* (C.N.R., 1983). Per la spiegazione di dettaglio delle zone comprese tra A1 e B1a, vedasi testo. La zona A riguarda la catena alpina prepliocenica, la B la catena appenninica fortemente raccorciata e la zona Bv l'avanfossa pliocenica in forte raccorciamento. Legenda dei simboli tettonici lineari: 1 - principale fascia dei thrust plio-quadernari più esterni; 2 - principale sistema di faglie distensive connesse alla zona di abbassamento peri-tirrenica; 3 - principali zone di taglio con meccanismi di spostamento secondo la direzione e/o l'immersione dei piani di taglio; 4 - idem, con scarse evidenze in superficie.

FIG. 7.1 - Neotectonic domains of Po basin and Veneto-Friuli area, taken from Neotectonic Map of Italy (C.N.R., 1983). See text for detailed explanation of areas between zones A1 and B1a. Zone A includes pre-Pliocene Alpine chain, zone B strongly shortened Apennine chain, and zone Bv strongly shortened Pliocene foredeep. Key to linear tectonic symbols: 1 - main belt of outer Plio-Quaternary thrusts; 2 - main systems of distensive faults linked to area of peri-Tyrrhenian lowering; 3 - main shear zones with displacement mechanisms according to direction and/or dip of shear planes; 4 - as before, with little surface evidence.

*Avanfossa del plio-quadernario (basale) che evolve in catena (Bv).*

[Fascia pedeappenninica e Piemonte meridionale]

Gli antichi depositi fluviali e i conoidi più recenti della pianura poggiano e si innestano in un margine pedeappenninico esterno, prevalentemente plio-quadernario, costituito dai depositi di avanfossa interessati da forte raccorciamento neogenico responsabile delle pieghe, dei *thrust* e, talora, coinvolti in colate gravitative. In tale ambito si riscontrano due distinte situazioni tettoniche connesse alla strutturazione trasversale dei blocchi appenninici e al raccordo delle due catene nel settore piemontese-ligure.

La prima situazione, verso Est, riguarda i settori in generale caratterizzati da abbassamento sino al Pleistocene inferiore e poi da sollevamento; la tettonica è espressa da pieghe, faglie inverse e *thrust* interessando il pedeappennino forlivese, quello reggiano-parmense e il settore centrale del Piemonte meridionale.

La seconda situazione è caratterizzata da un abbassamento sino al Pliocene medio (area piemontese esterna alla precedente, vogherese, bolognese e cesenate), e successivamente da sollevamento nel Pliocene superiore - Quadernario basale; in tale intervallo la tettonica si esprime con pieghe, faglie inverse e sovrascorrimenti accentuati.

Questa fascia si interrompe per breve tratto poco prima dello «sperone di Stradella» dove nella pianura avanza direttamente la catena appenninica fortemente sollevata e deformata nel Plio-Quadernario, mediante pieghe, faglie inverse e faglie trascorrenti (queste ultime, verso NNE, giungono a contatto dell'arco formato dal sudalpino orobico sepolto). Analoga situazione si verifica nel settore della Collina di Torino-Monferrato dove gli elementi strutturali del substrato pre-Quadernario sono a contatto con i depositi di avanfossa fortemente raccorciati.

*Avanfossa plio-quadernaria moderatamente deformata (Bp1 e Bp2)*

[Pianura piemontese-lombarda (Bp2) e lombardo-veneto-friulana (Bp1)]

Il substrato sottostante a questi tratti di pianura corrisponde ai settori più esterni della fossa padano-adriatica e coinvolge depositi di avanfossa in subsidenza, interrotta da stazionamenti e/o innalzamenti nel Plio-Quadernario. La deformazione subita è moderata e si esplica mediante faglie distensive e, localmente, da pieghe.

Il settore Bp2 è caratterizzato da un debole abbassamento sino al Pliocene inferiore nell'area della piana di Ivrea e zona pedalpina tra Ivrea e Varese, e sino al Pleistocene inferiore per le restanti parti del settore. Successivamente si registra un sollevamento generalizzato del substrato, da moderato a forte, differenziato nel tempo: nel Pliocene medio e Quadernario per la prima area e dal Pleistocene medio per la seconda.

Più ad oriente (area Bp1) lievi differenze di comportamento esistono fra la zona della bassa pianura mantovana, in continuo e intenso abbassamento dal Pliocene ed esente da deformazioni significative, e la bassa pianura veneto-friulana. Quest'ultima, nel Pliocene, è andata soggetta a

*Quaternary pede-Apennine margin composed of foreland deposits subjected to severe neogenic shortening responsible for the folds, thrusts and sometimes gravity slidings involving them. Here, two separate tectonic situations are found, connected to the transversal structuring of the Apennine blocks and the link between the two chains in the Piemonte-Liguria sector.*

*The first situation, to the East, regards sectors generally characterized by sinking until the Lower Pleistocene and then by uplift. Tectonic activity is expressed by folds, inverse faults and thrusts involving the Forlì and Reggio Emilia-Parma pede-Apennine area and the central sector of southern Piemonte.*

*The second situation is characterized by sinking until the Middle Pliocene (area of Piemonte outside the one mentioned above, and areas near Voghera, Bologna and Cesena), and then by uplift in the Upper Pliocene-Lower Quaternary, tectonic activity being expressed by folds, inverse faults and marked overthrusts. This belt is briefly interrupted just before the «Stradella promontory», where the Apennine chain, strongly uplifted and deformed in the Plio-Quaternary, advances directly by means of folds, inverse faults and transcurent faults (the latter, towards the NNE, reach the arc formed by the buried Orobic Sudalpino). A similar situation is found in the sector of the Collina di Torino-Monferrato, where structural elements of the pre-Quaternary substrate are in contact with strongly shortened foredeep deposits.*

Moderately deformed plio-quadernary foredeep (Bp1, Bp2).

[Piemonte-Lombardia (Bp2) and Lombardia-Veneto-Friuli (Bp1) plain]

*The substrate underlying these stretches of the plain corresponds to the outermost sectors of the Po Plain-Adriatic foredeep and involves foredeep deposits in subsidence, interrupted by pauses and/or uplifts in the Plio-Quaternary. Deformation is moderate, appearing in the form of distensive faults and, locally, folds.*

*Sector Bp2 shows weak sinking until the Lower Pliocene in the Ivrea plain and pede-Alpine area between Ivrea and Varese, and until the Lower Pleistocene in the remaining areas. Generalized uplift of the substrate, from moderate to strong, then occurred, ranging in time from the Middle Pliocene and Quaternary for the former area and from the Middle Pleistocene for the latter.*

*Further East (Bp1), slight differences in behaviour are found between the Mantova low plain, in continual, intense sinking since the Pliocene, without significant deformations, and the low Veneto-Friuli plain. In the Pliocene, the latter underwent less subsidence (sometimes interrupted by episodes of local uplift), the speed of which definitely increased in the Quaternary. This foredeep sector is deformed by folds and direct faults.*

un minor grado di subsidenza (talora interrotta da locali sollevamenti) il cui tasso aumenta decisamente nel Quaternario. Questo settore di avanfossa è deformato da pieghe e faglie dirette.

*Avanfossa appenninica plio-quadernaria fortemente deformata (B1a).*

[Avanfossa sepolta del margine adriatico (B1a)]

Il sottosuolo padano del margine appenninico compreso tra Rimini e Voghera è caratterizzato da depositi di avanfossa, variamente deformati da pieghe diritte e rovesciate, faglie inverse e da *thrust* a vergenza padana, i quali costituiscono due grandi archi frontali che racchiudono le cosiddette Pieghe Emiliane, Romagnole e Ferraresi, e testimoniano l'evoluzione dei sovrascorrimenti delle unità appenniniche sulla monoclinale pedealpina. Tali aree, generalmente interessate da abbassamento nel Plio-Quaternario, sono state localmente interessate da sollevamento nel Pleistocene inferiore-medio. Ad Ovest queste caratteristiche si riscontrano anche nel bacino di Alessandria, in forte abbassamento per quasi tutto il Quaternario.

*Catena fortemente deformata nel plio-quadernario (A1 e A2).*  
[Prealpi e pianure lombardo-veneto-friulane (A1 e A2)]

In questo lungo tratto di margine sudalpino-dinarico si delineano due zone che mostrano diversa intensità di attività neotettonica e che risultano deformate da pieghe, faglie inverse, *thrust* e, localmente, da faglie sia normali che a componente orizzontale. La prima corrisponde al margine pedealpino lombardo e veneto il quale, nel Pliocene inferiore, è caratterizzato da stasi tettonica, o da locali abbassamenti, e successivamente da intenso sollevamento dal Pliocene medio al Quaternario. Nella seconda area (A2), corrispondente alla pianura lombarda orientale e a settori del Friuli orientale, invece, si sono registrati movimenti alterni di abbassamento e sollevamento, con prevalenza dell'innalzamento nel Pliocene e nel Quaternario.

*Avampaese plio-quadernario e avampaese pliocenico deformato (Ap e Av)*

[Area lessineo-berico-euganea (Ap), colline e alta pianura veneto-friulana (Av)]

L'area dei Lessini, dei Monti Berici e dei Colli Euganei costituisce l'avampaese (Ap) che nel Plio-Quaternario è stato interessato da moderato sollevamento, da stasi o temporaneo abbassamento; le deformazioni che lo riguardano sono comunemente faglie normali e localmente trascorrenti. Con l'interposizione della «Linea Schio-Vicenza», al plateau dei Lessini si accosta l'avampaese pliocenico (Av) che costituisce una lunga fascia deformata a ridosso dei sovrascorrimenti marginali sudalpino-dinarici. Quest'ultimo settore di avampaese è stato caratterizzato da prevalente abbassamento sino al Pleistocene medio e poi da sollevamento; sin dal Pliocene superiore è fortemente deformato da pieghe, faglie e, localmente, da *thrust*.

Da questo succinto inquadramento emerge che il comportamento delle varie zone strutturali è differenziato nel

Strongly deformed Plio-Quaternary Apennine foredeep (B1a).

[Buried foredeep of the Adriatic margin (B1a)]

*The Po Plain subsoil of the Apennine margin between Rimini and Voghera contains foredeep deposits, variously deformed by direct and overturned folds, inverse faults and thrusts verging to the plain, making up two large frontal arcs enclosing the so-called «Emilia, Romagna and Ferrara Folds» and revealing the evolution of the overthrusts of the Apennine units on the pede-Alpine monocline. These areas, generally subjected to sinking in the Plio-Quaternary, were locally uplifted during the Lower-Middle Pleistocene. To the West, these characteristics are also found in the Alessandria basin, subjected to strong sinking almost throughout the Quaternary.*

Chain strongly deformed in the Plio-Quaternary (A1, A2).

[Lombardia-Veneto-Friuli Prealps and plains (A1, A2)]

*Two areas may be defined in this long stretch of the Sudalpino-Dinaric margin, differing in neotectonic intensity and deformed by folds, inverse faults, thrusts and, locally, both normal and horizontal faults. Area A1 corresponds to the Lombardia and Veneto pede-Alpine margin which, in the Lower Pliocene, was characterized by tectonic stability or local sinking, and then by intense episodes of uplift from the Middle Pliocene to the Quaternary. In area A2, corresponding to the plain of eastern Lombardia and sectors of eastern Friuli, alternate lowering and uplift occurred, the latter prevailing in the Pliocene and Quaternary.*

Plio-Quaternary foreland and deformed Pliocene foreland (Ap, Av).

[Lessini-Berici-Euganei Hills (Ap) and hills and high Veneto-Friuli plain (Av)]

*The area of the Lessini, Berici and Euganei Hills composes the foreland (Ap) which, in the Pliocene and Quaternary, underwent moderate uplift, from a static situation or one of temporary lowering; deformations are commonly normal and locally transcurrent faults. East of the Schio-Vicenza Line is the Pliocene foreland (Av), which makes up a long deformed belt behind the Sudalpino-Dinaric marginal overthrusts. This foreland sector was mainly involved in lowering until the Middle Pleistocene and then in uplift; since the Upper Pliocene, it has been strongly deformed by folds, faults and, locally, thrusts.*

*This brief outline shows that the behaviour of the various structural areas is differentiated in time and that the main tectonic forms found in the Po Plain are concentrated along its margins, where sediments are thinner and more subject to deformation, and where the longitudinal and transversal tectonic elements of the chains interfere in a more or less complex manner.*

tempo e che le principali forme tettoniche della pianura sono concentrate presso i suoi margini dove gli spessori dei sedimenti sono più esigui e maggiormente soggetti a deformazione e dove gli elementi tettonici longitudinali e trasversali alle catene vengono ad interferire in maniera più o meno complessa.

### 7.3 Le forme di origine tettonica

Le forme di questa natura, riportate in violetto nella *Carta Geomorfologica* della pianura, riassumono alcune situazioni ben evidenziate dalla morfologia e riguardano, soprattutto, scarpate e gradini di faglia o zone di flessura e aree sollevate o piegate, in qualche caso ascrivibili a strutture anticlinali viventi, oppure a zone soggette a *tilting*. La loro evidenza morfologica talora è ben conservata, altre volte attenuata o suddivisa da processi di denudamento o di erosione fluvio-torrentizia. Nell'ambito della pianura la distribuzione delle forme di origine tettonica è disomogenea e alcune sono più frequenti di altre (es. scarpate tettoniche) anche in funzione delle caratteristiche litologiche del substrato interessato; tuttavia, il margine appenninico e quello veneto-friulano mostrano una maggiore concentrazione ed evidenza di forme a testimonianza di una significativa attività neotettonica.

La *Carta* non fornisce indicazioni relative agli intervalli di tempo nei quali le forme tettoniche si sono realizzate, né precisa quali siano le morfostrutture «attive» (per questi aspetti si rimanda alle pubblicazioni qui ampiamente citate). Inoltre, gli autori sono consapevoli che l'indicazione *inclinazione anomala della superficie topografica* si presta a diversi significati, ma si sottintende che si tratti di zone dove l'attuale inclinazione della superficie deposizionale è stata causata da movimenti tettonici areali.

Altro tema di grande interesse, che verrà trattato nel capitolo 13, riguarda la tendenza alla «subsidenza geologica» presente in ampie settori della pianura, specialmente lungo il Po ed a Sud di questo.

Si può iniziare l'analisi di dettaglio delle forme tettoniche procedendo in senso orario, partendo dal margine romagnolo della pianura per arrivare a quello friulano rimarcando, infine, quegli aspetti che in piena pianura mostrano di avere legami con le forme superficiali e con l'evoluzione recente dell'assetto geologico del sottosuolo.

#### 7.3.1 Margine appenninico: settori romagnolo, emiliano e dell'Oltrepò Pavese

Il contatto fra la pianura romagnola ed il margine collinare è contraddistinto dall'andamento del Lineamento Frontale Appenninico (LFA); esso si manifesta attraverso un sistema di faglie inverse ad alto angolo e delimita l'area appenninica in sollevamento dall'antistante pianura soggetta a forte subsidenza. La continuità longitudinale di tale lineamento è di frequente interrotta da discontinuità trasversali, aventi per la maggior parte carattere di trascorrenza sinistra, in corrispondenza delle quali si sono impostati alcuni corsi d'acqua (Reno, Ronco, Rubicone, Conca, ecc.). Tali strutture definiscono una serie di archi frontali

### 7.3 Tectonic landforms

*The tectonic forms shown by violet symbols in the legend to the Geomorphological Map describe some clearcut morphological situations and mainly deal with fault scarps and steps or flexure zones and raised or folded zones sometimes due to living anticlines or areas subjected to tilting. Their morphological features is sometimes well preserved, at others attenuated by denudation or fluvial erosion. Within the plain, the original tectonic forms are distributed dishomogeneously, some being more frequent than others (e.g., tectonic scarps), partly due to the bedrock lithology. However, these forms are more frequent in the Apennine and Veneto-Friuli margins, indicating large-scale neotectonic activity.*

*The Map does not indicate the time intervals in which the tectonic forms came into being, nor does it state which morphostructures are «active» (for these aspects, see many quoted references). The authors are also aware that the indication «anomalous slope of plain surface» may be interpreted in several ways, but it should be understood that these are places where present-day slope of the depositional surface is mainly due to areal tectonic movements.*

*Another very interesting topic, treated in Chapter 13, regards the tendency to «geological» sinking in extensive sectors of the Plain, especially along the Po and South of it.*

*Detailed analysis of tectonic forms now follows, in a clock-wise direction, from the Romagna to the Friuli margins of the plain, without neglecting those aspects which, in the central area of the plain, show links between surface forms and the recent evolution of subsoil geology.*

#### 7.3.1 Apennine margin: Romagna, Emilia and «Oltrepò Pavese» sectors

*The contact between the Romagna plain and the hilly margin is marked by the «Lineamento Frontale Appenninico» (Apennine Frontal Lineament: AFL). This is a system of high-angle inverse faults separating the Apennine area in uplift from the strongly subsiding plain. The AFL is frequently interrupted by transversal discontinuities, mainly left strike-slip faults, near which several rivers flow (Reno, Ronco, Rubicone, Conca, etc.). These structures define a system of frontal arcs, progressively more advanced moving from West towards the Adriatic. They correspond to the terminations of fold arcs of intra-Messinian and Middle-Upper Pleistocene age (Elmi & alii, 1987; Vai, 1987). Castellarin & alii (1985) briefly describe their main characteristics.*

*Only some of these transversal structures, believed to be of greater relevance due to their effects on morphology, are shown on the Geomorphological Map. They are: a deep dislocation between Cattolica and Riccione (along the river Conca), and another between Reggio Emilia and Parma (on the right bank of the river Enza); the latter defines a Pleistocene terrace by means of a true scarp. Other structures are reported in the «Oltrepò Pavese».*

progressivamente sempre più avanzati andando da Ovest verso l'Adriatico. Essi corrispondono a terminazioni di archi di pieghe intramessiniane e del Pleistocene medio-superiore (Elmi & alii, 1987; Vai, 1987). In Castellarin & alii (1985) ne sono sintetizzate le principali caratteristiche.

Nella *Carta Geomorfologica* solo alcune di tali strutture trasversali, ritenute di maggiore rilevanza per i loro effetti sulla morfologia, sono indicate: una dislocazione profonda tra Cattolica e Riccione (lungo il T. Conca), e una tra Reggio nell'Emilia e Parma (sulla destra del T. Enza); quest'ultima delimita un terrazzo pleistocenico mediante una vera e propria scarpata. Altre sono segnalate nell'Oltrepò Pavese.

Le altre indicazioni, in questo settore della carta, riguardano le *scarpate tettoniche nella fascia al limite tra pianura e rilievi*, le evidenze di *inclinazione anomala della superficie topografica* e le *locali elevazioni attribuite a sollevamento tettonico*.

Nel settore romagnolo vengono indicate come forme di origine tettonica alcune scarpate poste tra pianura e rilievi, nella fascia grosso modo corrispondente al Lineamento Frontale Appenninico (LFA) (fig. 7.1). Si tratta, in realtà, di frammenti di scarpate, poste all'estremità di alcune dorsali collinari, in particolare alle spalle di Rimini e poi tra Savignano e Forlimpopoli, dove il loro andamento disegna un arco che individua la struttura compresa tra le linee trasversali del Ronco e del Marecchia (Castellarin & alii, 1985). Non sono forme di grande evidenza, anche per la loro scarsa continuità e per la natura delle litologie che formano le colline che inducono fenomeni di degradazione; a queste «scarpate», in quanto allineate sulla fascia di deformazione corrispondente ad una brusca inflessione del substrato pre-alluvionale, è stata attribuita un'origine prevalentemente tettonica (Elmi & alii, 1987; 1991).

È naturale che esistano scarpate, più o meno evidenti nella morfologia, di origine mista, o anche di origine diversa (soprattutto quelle di erosione fluviale), sempre molto rimodellate da processi di denudazione. A questo proposito si può citare Parea (1986; 1991), il quale nello studio delle superfici a terrazzo, fa riferimento anche a scarpate indicandone indirettamente l'origine per abrasione marina, ma si tratta principalmente di forme sepolte o dubbie.

I terrazzi immediatamente a Sud di Forlì, posti al fronte della struttura trasversale minore compresa tra i torrenti Ronco e Montone, mostrano un'inclinazione anomala verso Nord-Est (Elmi & alii, 1991), e con l'apposito simbolo sono rappresentati nella *Carta*; ne esistono anche altri esempi fino presso Imola, associati a basse scarpate tettoniche. La deformazione tettonica dei terrazzi antichi si evidenzia nella loro inclinazione, che è molto superiore a quella dei conoidi fluvio-torrentizi attuali.

Nelle colline retrostanti Bologna la scarpata tettonica del cosiddetto «Arco bolognese» delimita le antiche unità marine fortemente dislocate e sopravanzate verso Nord di circa tre chilometri. Ai lati di questo cuneo si ripetono gli stessi motivi visti in Romagna: antichi terrazzi basculati e, tra Reno e Panaro, una struttura trasversale arretrata, al cui fronte la rettilineità delle terminazioni in pianura dei terrazzi sembra sia da mettere in relazione con effetti della tettonica (Gasperi & alii, 1989).

Also shown on the Map are «tectonic escarpments in belt between plain and reliefs», evidence of «anomalous slope of plain surface» and «local height ascribed to tectonic uplift».

In the Romagna section, some scarps between the plain and reliefs in the belt approximately corresponding to the Apennine Frontal Lineament (fig. 7.1) are shown as tectonic landforms. They are in fact fragments of scarps on the ends of hilly ridges, mainly inland from Rimini and again between Savignano and Forlimpopoli, where their trend defines an arc identifying the structure between the transversal lines of the rivers Ronco and Marecchia (Castellarin & alii, 1985). They are not particularly evident forms, partly because of their poor continuity and the nature of the rocks making up the hills, subject to denudation. Since they are aligned along the deformation belt corresponding to abrupt lowering in the pre-alluvial substrate, these scarps are believed to be mainly tectonic in origin (Elmi & alii, 1987; 1991).

There are of course scarps, more or less morphologically evident, of mixed or different origin (mainly those due to fluvial erosion), always considerably remodelled by denudation processes. The works of Parea (1986, 1991) may be quoted at this point: in his study of the terrace surfaces, he also refers to scarps, stating that they originated indirectly by marine abrasion; but they are mainly buried or doubtful forms.

The terraces immediately South of Forlì, in front of the small transversal structure between the rivers Ronco and Montone, show anomalous NE sloping surface (Elmi & alii, 1991) and are marked with the appropriate symbol on the Map. Other examples may be found near Imola, associated with low tectonic scarps. The tectonic deformation of the old terraces is evident in their tilting, which is much greater than that of the present-day alluvial fans.

In the hills behind Bologna, the tectonic scarp of the so-called «arco bolognese» defines the old marine units, strongly dislocated and advancing to the North for about 3 km. The sides of this wedge repeat the same motifs seen in Romagna: old tilted terraces and, between the rivers Reno and Panaro, a transversal structure further back: the straight ends of the terraces indicate that their front is related to tectonic effects (Gasperi & alii, 1989).

Between the Panaro and the Enza rivers, the contact between hills and plain is almost everywhere marked by scarps linked to faults of the AFL, dislocating Pleistocene sediments. West of the Crostolo R., at Quattro Castella in the province of Reggio Emilia, the tectonic scarp becomes very evident, terminating near the already mentioned transversal dislocation East of the Enza R.

From the Enza to the Taro R., the ancient Pleistocene plain reaches the hills without sudden variations in altitude, although the progressive changes in gradient of the terraced surfaces upstream are related to the different degrees of uplift undergone by the structures along the margin of the AFL: the terraces between the Parma and the Baganza R. are steeper than those outside (Bernini & Papani, 1987).

Fra il F. Panàro ed il T. Enza il contatto fra rilievi pedecollinari e pianura è contrassegnato, quasi ovunque, da scarpate legate a faglie del LFA che dislocano sedimenti pleistocenici. Ad occidente del T. Crostolo, alle Quattro Castella, in provincia di Reggio Emilia, la scarpata tettonica assume grande evidenza terminando in corrispondenza della già citata dislocazione trasversale a destra del T. Enza.

Dall'Enza al F. Taro l'antica pianura pleistocenica si raccorda alle colline senza brusche variazioni altimetriche, tuttavia il progressivo variare delle pendenze delle superfici terrazzate verso monte può essere messo in relazione con la diversa entità di sollevamento subito dalle strutture del margine lungo il LFA. Così si nota che i terrazzi fra i torrenti Parma e Baganza sono i più pendenti rispetto a quelli limitrofi (Bernini & Papani, 1987).

Una serie discontinua di locali «elevazioni della pianura», si addossa al margine collinare emiliano interessando un'ampia fascia di alluvioni pleistoceniche deformate in blande anticlinali. Tali elevazioni sono segnalate: tra Vignola e Maranello, ad Ovest del quale sono sepolte sino a Scandiano; da quest'ultima località, attraverso l'«anticlinale del Ghiardo» (Cremaschi & Papani, 1975) sino al parmense dove si trova la culminazione di Montechiarugolo, in sinistra Enza; un altro piccolo lembo a SW di Parma, semisepolto dalle alluvioni oloceniche.

Caratteristica di queste elevazioni, corrispondenti alla manifestazione superficiale della culminazione del primo *thrust* sepolto a ridosso del margine pedecollinare e quindi, in sostanza, ad anticlinali viventi, è l'incisione antecedente sviluppata dai vari corsi d'acqua appenninici durante le varie fasi di sollevamento. Inoltre è riconosciuto che il sollevamento differenziale di queste strutture marginali ha contribuito allo spostamento dei principali corsi d'acqua di questo settore pedecollinare: ad esempio un tratto di Panàro a Nord-Est di Vignola si adegua alla struttura sottostante ed i torrenti Enza e Parma risultano deviati verso Ovest.

Tra il Taro ed il T. Stirone è l'anticlinale di Salsomaggiore Terme che influenza le deformazioni tettoniche del margine dell'antica pianura pleistocenica. Quest'ultima si appoggia sulla struttura a quote prossime ai 300 m mediante indentazioni sfrangiate dall'erosione, oppure con lembi residuali. Le evidenze maggiori di forme tettoniche sono alla sinistra del Taro, dove la *Carta* evidenzia una scarpata tettonica al margine dei terreni miocenici, un gradino di faglia (avente un rigetto variabile fra 10 e 30 m, che abbassa il lato orientale dei depositi pleistocenici) e la superficie di un terrazzo fortemente inclinata.

Secondo le indagini strutturali di Bernini & Papani (1987), il tracciato del T. Stirone si trova in corrispondenza di una linea trasversale («Linea del T. Stirone», non riportata in *Carta*) connessa a una coppia di taglio sinistra la cui attività si protrae dal Miocene superiore al tardo Pleistocene. Forse questa struttura potrebbe avere giocato un ruolo anche nel determinare il basculamento dei terrazzi compresi fra l'Arda e l'Ongina.

Dal T. Nure a Stradella i grandi terrazzi pleistocenici sono fortemente interessati da basculamenti differenziali che determinano sia un maggiore infossamento dei terrazzi tra Trebbia e Tidone, sia il fatto che alcune parti terminali

*A discontinuous series of local «plain elevations» occurs at the Emilian hill margin, involving a wide belt of Pleistocene alluvial deposits, deformed into mild anticlines. These elevations may be found as follows: between Vignola and Maranello, to the West of which they are buried as far as Scandiano; from Scandiano through the «Ghiardo anticline» (Cremaschi & Papani, 1975) as far as the province of Parma, culminating in Montechiarugolo, on the left bank of the Enza; another small strip South-West of Parma, half-buried by Holocene alluvial deposits.*

*Characteristic of the elevations, corresponding to the surface manifestation of the culmination of the first buried thrust behind the hill margin and thus, substantially, to living anticlines, are the antecedent valleys cut by Apennine watercourses during the various phases of uplift. The differential uplift of these marginal structures also clearly helped in shifting the main watercourses of this sector, e.g., a stretch of the Panaro North-West of Vignola fits the underlying structure, and the Enza and Parma are diverted westwards.*

*Between the Taro and the Stirone is the Salsomaggiore Terme anticline, which influences the tectonic deformations of the margin of the old Pleistocene plain, resting on the structure at altitudes of about 300 m by means of indentations. The most obvious tectonic forms are found on the left bank of the Taro, where the Map shows a tectonic escarpment at the margin of the Miocene hills, a fault scarp (with a throw varying between 10 and 30 m, which lowers the eastern side of the Pleistocene deposits), and the surface of a strongly tilted terrace.*

*According to Bernini & Papani (1987), the bed of the Stirone follows a transversal line («Stirone Line», not marked on the Map), connected with left strike-slip, the activity of which ranged from the Upper Miocene to the late Pleistocene. This structure may also have played a role in tilting the terraces between the Arda and the Ongina.*

*From the river Nure to Stradella, the large Pleistocene terraces are strongly affected by differential tilting, which caused both greater sinking of the terraces between the Trebbia and the Tidone and the fact that some terminal parts are among the most advanced of the plain. In the case of the terrace on the right bank of the Trebbia, this is due to the local elevation of the median part, which keeps the weathered surface sediments almost outcropping practically as far as Piacenza.*

*In this area, the alluvial cover hides Mio-Pliocene successions occupying the north-western margin of a wide bent structure, corresponding to the «Pavia arc» (Gobetti & Perotti, 1990) (cfr. Chapter 6, section 6.4). More or less from Voghera, this extends towards the centre of the Po Plain, passes the Po, and then curves toward Cremona, Parma and Reggio Emilia. On the surface, this structure occurs in the «Stradella promontory» and the Colle di S. Colombano, which is an advanced sector, accompanying the «Scuropasso Line» passing through Broni. The uplift of this area, which also develops North of the Po, caused the Messinian*

si mostrano fra le più avanzate nella pianura; ciò è dovuto, nel caso del terrazzo in destra Trebbia, alla locale elevazione della parte mediana che mantiene subaffiorante la superficie con sedimenti alterati sin quasi alle porte di Piacenza.

In quest'area la copertura alluvionale ricopre le successioni mio-plioceniche occupanti il margine nord-occidentale di un'ampia struttura a festone, corrispondente all'«arco di Pavia» (Gobetti & Perotti, 1990), il quale, all'incirca da Voghera, si protende verso il centro della Pianura Padana, oltrepassando il Po, per poi inflettersi verso Cremona, Parma e Reggio. Tale struttura si manifesta, in superficie, nel rilievo dello «sperone di Stradella» e nel Colle di S. Colombano, che ne costituisce una propaggine avanzata, a cui si accompagna la «Linea dello Scuropasso» passante per Broni. Il sollevamento di quest'area, sviluppata anche a Nord del F. Po, ha determinato l'affioramento, nell'alveo del fiume, immediatamente a NNE di Stradella, delle calcareniti messiniane interessate da vistosi fenomeni plicativi. Si ritiene, inoltre, che tale struttura sia responsabile della marcata inclinazione, verso Est, del ripiano alluvionale pedogenizzato e ricoperto di *loess* che si estende da Stradella verso il T. Tidone: esso passa, infatti, dai 100 m di quota di Stradella ai 65 m di Sarmato, posto sulla punta nord-orientale del terrazzo.

Seguendo l'andamento della scarpata a Nord del ripiano in parola, si nota come tale orlo risulti bruscamente interrotto a Castel San Giovanni, proprio in corrispondenza della prosecuzione della «faglia del Rio Marsinola» (Pellegrini L. & Vercesi, 1995) per la quale è stata recentemente supposta un'attività neotettonica.

Ad occidente di Stradella i terrazzi alluvionali si riducono d'ampiezza sino a scomparire presso Broni, località da cui parte, dirigendosi verso Casteggio, una evidente scarpata tettonica, la cosiddetta «faglia marginale» (Boni & alii, 1981) che delimita, a settentrione, il Tortoniano dei rilievi collinari mettendoli a contatto con le alluvioni della pianura: la sua espressione morfologica si traduce in una serie di faccette triangolari.

Il Colle di S. Colombano, isolato nella pianura lombarda meridionale, rappresenta, nel suo insieme, un tipico rilievo di natura tettonica che si eleva per circa 70 m sulla pianura. Sul lato SE è delimitato da una faglia e relativa scarpata; gli altri pendii, influenzati dall'inarcamento tettonico, sono visibilmente dissecati da vallecole in cui affiorano le marni tortoniane che costituiscono il nucleo dell'attuale collina. Anche nell'area che circonda il rilievo la pianura presenta inclinazioni anomale e locali elevazioni (Desio, 1965) quale, ad esempio, il terrazzo presso Casalpusterlengo. Alcune evidenze di superficie attestano che parte dell'attività tettonica è recente:

- a) il Lambro meridionale, che doveva scorrere sul margine meridionale del Colle, è deviato bruscamente nel Lambro verso S. Angelo Lodigiano;
- b) nel settore di pianura a Sud del Colle si segnalano inclinazioni anomale ed elevazioni della superficie che dovrebbe essere di età tardo-pleistocenica;

Lo stesso sollevamento potrebbe essere anche la causa della forte tendenza alla divagazione del F. Po, a monte della confluenza col F. Ticino.

*calcarenites, affected by very obvious folding, to outcrop in the river bed immediately NNE of Stradella. It is also believed that this structural high is responsible for the marked eastward tilting of the alluvial terrace, now covered with soil and loess, which extends from Stradella towards the Tidone, since it passes from an altitude of 100 m at Stradella to 65 m at Sarmato, on the north-eastern tip of the terrace. The northern edge of this terrace is brusquely interrupted at Castel San Giovanni, just where the «Rio Marsinola fault» continues, for which neotectonic activity has recently been proposed (Pellegrini L. & Vercesi, 1995).*

*West of Stradella, the alluvial terraces narrow, tapering off near Broni. From this point, towards Casteggio, there is an evident tectonic scarp, the so-called «marginal fault» (Boni & alii, 1981), defining to the North the hilly reliefs (Tortonian sediments) and putting them in contact with the alluvial deposits of the plain: the morphological expression of this fault is translated into a series of small triangular facets.*

*The Colle di S. Colombano, isolated in the southern Lombardia, is a typical example of a tectonic relief, standing about 70 m above the plain. Its south-eastern side is defined by a fault and relative scarp; the other slopes, influenced by tectonic uplifting, are dissected by small valleys in which the Tortonian core of the hill outcrops. Also in the areas surrounding the relief, the plain has anomalous tilting and local elevations (Desio, 1965), e.g., the terrace near Casalpusterlengo.*

*Some surface evidence revealing recent tectonic activity includes:*

- a) *the Lambro Meridionale R. which, instead of running along the southern margin of the Colle, is brusquely diverted into the Lambro R. near S. Angelo Lodigiano;*
- b) *the plain sector South of the hill contains anomalous tiltings and elevations of the surface, which is probably of late Pleistocene age.*

*The same uplift may have caused the strong tendency of the Po to wander upstream from its confluence with the Ticino R.*

### 7.3.2 Southern Piemonte

*Large terraces reappear from Tortona to the Alessandria basin, between the central subsiding part and the peripheral hills which were instead influenced by general tectonic uplift (F. Cortemiglia & Cortemiglia, 1994).*

*Further West, the hilly Langhe area, between the two southern basins of the Piedmont plain, respectively those of Alessandria and Cuneo (now joined by the valley of the Tanaro river), was subjected to recent large-scale tectonic movements (Biancotti & Cortemiglia, 1982a), with a tendency towards W-E tilting which favoured the eastward migration of several watercourses. This tendency also occurred along the Langhe margin of the Cuneo plain, as shown by the step-like arrangement of the large fluvial terraces on the left bank of the Tanaro, terraces which are almost completely lacking on the right, hillward, bank of the river.*

### 7.3.2 Settore del Piemonte meridionale

A partire da Tortona riappaiono i grandi terrazzi intorno al bacino di Alessandria, compresi tra la parte centrale, subsidente, e le colline periferiche che, al contrario, hanno risentito di un generale innalzamento tettonico (Cortemiglia & Cortemiglia, 1994).

Più ad Ovest, l'area collinare delle Langhe compresa tra i due bacini meridionali della pianura piemontese, rispettivamente quello di Alessandria poc'anzi menzionato e quello di Cuneo (ricongiunti ora dalla valle del Tànaro), è stata sede di significativi movimenti tettonici recenti (Biancotti & Cortemiglia, 1982a), con tendenza al basculamento in senso Ovest-Est che ha favorito una migrazione di vari corsi d'acqua verso Est. Questa tendenza si è manifestata anche nella stessa pianura di Cuneo, lungo il suo margine prossimo alle Langhe, come è dimostrato dalla disposizione a scalinata degli ampi terrazzi fluviali alla sinistra del Tànaro, terrazzi che invece mancano quasi del tutto a destra di questo fiume sul lato delle colline.

Nella pianura ad Ovest del Tànaro gli effetti della tettonica recente vengono evidenziati schematicamente sulla *Carta* da segni di *locali elevazioni della pianura attribuite a sollevamento tettonico*; essi si riferiscono all'«anticlinale di Fossano-Trinità-Magliano» orientata NNW-SSE (Biancotti, 1979) detta anche «anticlinale vivente di Fossano» (Carraro & alii, 1995); questo alto strutturale è visibile, dal punto di vista morfologico, nei tre antichi ripiani fortemente pedogenizzati e sollevati nella pianura di Fossano, separati tra loro e ridotti nelle dimensioni dall'erosione fluviale: se si prescinde dalle larghe incisioni della Stura di Demonte, del Rio Mondalavia e del Pesio, si individua una struttura sollevata che si prolunga fino al margine dei rilievi presso Mondovì.

Effetti della tettonica recente sono segnalati anche al margine meridionale della pianura di Cuneo: una scarpata di faglia, che disloca in senso Nord-Sud due lembi di *glacis* passanti a terrazzi, ad Ovest di Mondovì (tra il Pesio e l'Ellero), è riportata sulla *Carta*; essa si inquadra nei movimenti indagati, in un'area più ampia, da Biancotti (1979). Un'altra dislocazione, che interesserebbe un più antico *glacis* è riportata da Gabert (1962) nell'area tra il Pesio e l'Ellero poc'anzi indicata. Sono stati segnalati anche altri indizi di movimenti tettonici recenti, prevalentemente ricavati da considerazioni sull'evoluzione idrografica.

### 7.3.3 Piemonte centrale

L'elemento morfotettonico più appariscente è l'insieme delle Colline del Monferrato e della Collina di Torino, che viene a contatto diretto col corso del F. Po. Questo «arco del Monferrato» (cfr. paragr. 6.4), costituisce una vasta area di sollevamento recente, delimitata a Nord dal fronte di sovrascorrimento appenninico attivo nel Plio-Quaternario, a cui appartiene il «*thrust* della Collina di Torino». In modo sintetico questo sovrascorrimento è riportato sulla *Carta* con un unico segno di *dislocazione sepolta con effetti geomorfologici evidenti* (sebbene sia scomponibile in più piani di sovrascorrimento sepolti, con andamento ad arco complesso); viene sottolineata così la sua

*In the plain West of the Tànaro, the effects of recent tectonics are shown on the Map by symbols indicating «local plain height ascribed to tectonic uplift». Examples are the NNW-SSE-running Fossano-Trinità-Magliano anticline (Biancotti, 1979), also called the «living Fossano anticline» (Carraro & alii, 1995). This structural high is visible, from the morphological viewpoint, in three ancient, soil-covered terraces uplifted in the Fossano plain, and separated and reduced in size by fluvial erosion. Apart from the wide valleys of the Stura di Demonte, Rio Mondalavia and Pesio rivers, an uplifted structure may be identified, extending as far as the hill margin near Mondovì.*

*Recent tectonic effects are also reported along the southern margin of the Cuneo plain: a fault scarp, dislocating two glacis tongues passing to N-S-running terraces is shown on the Map, West of Mondovì (between the Pesio and the Ellero rivers); this was one of the movements studied by Biancotti (1979) over a larger area. Another dislocation, affecting an older glacis, was reported by Gabert (1962) between the same rivers. Other recent tectonic movements have also been reported, mainly within the framework of hydrographic evolution.*

### 7.3.3 Central Piemonte

*The most obvious morphotectonic element here is the complex of the Monferrato hills and the Collina di Torino, in direct contact with the course of the Po. This «Monferrato arc» (see Chapter 6, section 6.4), makes up a very large area of recent uplift, defined northwards by the Apennine overthrusting front active in the Plio-Quaternary, to which the «Collina di Torino thrust» belongs. This overthrusting front is briefly noted on the Map by a single symbol indicating buried dislocation with evident geomorphological effects (although it consists of several buried overthrusting planes, with a complex arc trend). This emphasizes its morphotectonic importance at the boundary of the plain, its arching towards Torino and Moncalieri, and the good although incomplete fit with the course of the river.*

*The «Monferrato arc», as a clearly uplifted Apennine element, is also shown by the presence further South of a lower, E-W-running belt. From the tectonic viewpoint, this latter corresponds to the «Asti syncline» and, from the geomorphological one, to the «Poirino plateau» (Altopiano di Poirino) and the low «Asti hills» (Colline di Asti). Two symbols indicating «anomalous slope of plain surface», respectively South and North of the axis of the «Asti syncline», are shown on the Map at this point. These two symbols also indicate moderate tilting of the whole Poirino plateau westwards, as shown by the direction of the present-day drainage system of the river Banna, and by the tilting of the Plio-Quaternary formations making up the sedimentary succession under the plateau itself (Carraro & alii, 1985).*

*The picture of the main tectonic forms in central Piemonte includes the fine example of an «isolated relief» at*

importanza morfotettonica al limite verso la pianura, il suo inarcarsi fino a Torino e Moncalieri, e la buona, seppure incompleta, corrispondenza col tracciato del fiume.

L'«arco del Monferrato», come elemento appenninico nettamente sollevato, è evidenziato anche dalla presenza, a Sud di esso, di una fascia meno sollevata, con andamento Est-Ovest. A questa corrisponde, dal punto di vista tettonico, la «sinclinale di Asti»; dal punto di vista geomorfologico la presenza dell'«Altopiano di Poirino» e delle non elevate «Colline di Asti». A tale fascia, anch'essa caratterizzata da movimenti recenti, fanno riferimento, sulla *Carta*, i due simboli indicanti *inclinazione anomala della superficie topografica*, posti rispettivamente a Sud e a Nord dell'asse della «sinclinale di Asti»; questi due simboli vogliono anche accennare ad un moderato *tilting* d'insieme dell'Altopiano di Poirino verso Ovest, dimostrato dalla direzione dell'attuale sistema drenante del T. Banna, oltre che dall'inclinazione delle formazioni plio-quadernarie che costituiscono la successione sedimentaria al di sotto dell'altopiano stesso (Carraro & alii, 1995).

Il quadro delle principali forme di origine tettonica nel Piemonte centrale comprende il bell'esempio di «rilievo isolato» di Trino Vercellese, a Nord del Po. Dalla *Carta* appare chiaramente il fatto che esso è accompagnato, sul lato Nord, dal fronte di sovrascorrimento appenninico attivo nel Plio-Quaternario, e che il rilievo è composto da terrazzi disposti su vari livelli di cui il più elevato, rivestito da *loess*, raggiunge un'elevazione di una quarantina di metri rispetto al letto del Po. Quanto alla morfologia di tale rilievo, un'indagine di dettaglio ha portato ad ipotizzare localmente l'esistenza di alcune scarpate di faglia oltre che di scarpate di erosione fluviale (Gr. St. Quaternario Padano, 1976).

La prosecuzione verso Ovest del *thrust* della Collina di Torino è stata oggetto di uno studio che riconosce indizi di movimenti recenti anche nella pianura di Pinerolo, fino al contatto con le Alpi (Collo, 1995).

#### 7.3.4 Margine alpino

Lungo il margine alpino, la distribuzione delle forme di origine tettonica sulla *Carta Geomorfologica* presenta evidenti differenze tra i settori piemontese e lombardo da una parte, mediamente più scarsi di indicazioni, e quelli veneto e friulano dall'altra, in confronto ben più ricchi, sebbene anche qui la rappresentazione sia assai sintetica. Tali differenze, che appaiono già ad un primo sguardo, sono dovute alla maggiore o minore evidenza e tipicità di certe forme e, soprattutto, all'evoluzione nel tempo dell'attività tettonica; questa, come si è visto (Cap. 6, fig. 6.1), si è prolungata maggiormente, fino ai giorni nostri, nel settore prealpino orientale e nell'adiacente fascia pedemontana.

Cominciando dal Piemonte, nel settore marginale dell'arco alpino che sovrasta la pianura, quasi ovunque senza l'interposizione di fasce collinari, solo in due casi la *Carta* riporta indicazioni relative alla morfologia strutturale, rispettivamente ad Ovest di Saluzzo e a Nord di Pinerolo. Ciò non significa che l'impostazione complessiva di questo imponente margine montagnoso, peraltro intersecato da molte valli d'erosione, non sia la manifestazione del

*Trino Vercellese, North of the Po. The Map clearly shows that, to the North, the small relief is accompanied by the Apennine overthrusting front active in the Plio-Quaternary, and that it is composed of terraces arranged on various levels of which the highest, covered with loess, reaches an altitude of about 40 m with respect to the bed of the Po. A detailed morphological study of this relief (Gr. St. Quaternario Padano, 1976) hypothesizes the local existence of some fault scarps as well as scarps due to fluvial erosion.*

*The westward continuation of the «Collina di Torino thrust» was studied by Collo (1995), who also identified recent movements in the Pinerolo plain, as far as the contact with the Alps.*

#### 7.3.4 Alpine margin

*Along the Alpine margin, the distribution of the tectonic forms on the Map shows immediately visible and very clearcut differences between the Piemonte and Lombardia sectors on one hand, generally poorer in indicative elements, and the Veneto and Friuli sectors on the other, generally much richer, although representation is extremely synthetic. These differences are due to the greater or lesser evidence and typicality of certain forms and above all to the temporal evolution of tectonic activity. We have seen (Chapter 6, fig. 6.1) that activity continued until the present day in the eastern pre-Alpine sector and the adjacent piedmont.*

*Starting with Piemonte, in the margin of the Alpine arc dominating the plain, with hardly any interruption by hilly belts, only in two cases does the Map show indications of structural morphology, respectively West of Saluzzo and North of Pinerolo. This does not mean that the overall emplacement of this impressive mountain margin, intersected by many erosional valleys, does not clearly manifest the great morphotectonic contrast between chain and plain, also described in the study and maps of Carraro & alii (1982), which summarize tectonic evolution from the Plio-Quaternary until the Present.*

*In eastern Piemonte and along the Prealpine margin of Lombardia, raised Pliocene marine sediments show that uplift lasted into the Quaternary. The finding of these sediments inside valleys demonstrates that their modelling by fluvial erosion was already advanced in the late Miocene.*

*In this framework, we can interpret the symbols of tectonic escarpment in the belt between plain and reliefs, appearing on the Map in the areas near Varese and Como: these evident forms were influenced by local structures but not necessarily solely by recent tectonic evolution. The effects of neotectonics have also been reported in the literature between both the above towns, with deformation of Lower-Middle Pleistocene clastic sediments and structures in Mesozoic rocks (Orombelli, 1976; Bini & alii, 1993; Zanchi & alii, 1997).*

*Between the course of the river Mella and the morainic amphitheatre of Lake Garda, some tectonic forms are*

grande contrasto morfotettonico tra catena e pianura, che risulta, tra l'altro, dallo studio e dalle carte di Carraro & alii (1982) le quali riassumono l'evoluzione tettonica pliocenico-quadernaria fino all'attuale.

Nel Piemonte orientale e poi lungo il margine prealpino della Lombardia la presenza di sedimenti marini pliocenici sollevati indica che i movimenti di innalzamento sono perdurati nel Quaternario; d'altra parte, quando tali sedimenti si rinvergono all'interno delle valli, si ha la dimostrazione che il modellamento per erosione fluviale di queste ultime era già in una fase avanzata alla fine del Miocene.

In questo quadro si possono interpretare i simboli di *scarpata tettonica nella fascia al limite tra pianura e rilievi* che appaiono sulla *Carta* nell'area di Varese e in quella di Como: si tratta di forme evidenti, condizionate dalle strutture locali ma non necessariamente risultanti solo dall'evoluzione tettonica recente. Effetti della neotettonica sono peraltro segnalati in letteratura sia presso Varese sia presso Como, con fenomeni di deformazione di sedimenti clastici del Pleistocene inferiore-medio oltre che di strutture nelle rocce mesozoiche (Orombelli, 1976; Bini & alii, 1993; Zanchi & alii, 1997).

Fra il corso del F. Mella e l'anfiteatro morenico del Garda alcune forme tettoniche si evidenziano sia al contatto coi rilievi sia nell'alta pianura. Nel primo caso un paio di scarpate tettoniche sono segnate ad Est di Brescia ed in particolare quella più orientale appare orientata secondo la direzione giudicariense ed allineata con la faglia neotettonica della riviera gardesana che solleva il settore occidentale.

Un'altra scarpata tettonica, con diversa orientazione, è evidente presso il Lago di Garda alle spalle dell'insenatura di Salò; essa corrisponde all'importante dislocazione che ha interessato il margine delle prealpi bresciane nel Quaternario, sollevando i sedimenti marini pliocenici del Colle di S. Bartolomeo di Salò fino a quote di 500 m.

A quote più basse sulla sponda bresciana del lago e nell'alta pianura bresciana sono segnalate una serie di faglie, in parte sepolte da coperture alluvionali e glaciali, ritenute attive, aventi analoga direzione (Castaldini & Panizza, 1991); quest'ultimo lavoro riunisce un'ampia bibliografia sulla neotettonica della catena alpina centro-orientale e pianura limitrofa.

Una di queste faglie, in piena pianura, si allinea con i rilievi isolati di Ciliverghe e Castenedolo e, mentre nel primo la sua influenza si traduce in locale elevazione del terrazzo, nel secondo, oltre al sollevamento, la dislocazione trova evidenza morfologica nella scarpata che delimita il rilievo a settentrione. Ancora più ad occidente il rilievo di M. Netto, ad Est del F. Mella, presenta caratteri analoghi a quelli di Ciliverghe, appartenendo ad una fascia di minor subsidenza rispetto al resto della pianura (Marchetti M., 1992).

Ad Est del Lago di Garda, altre scarpate tettoniche caratterizzano il margine meridionale del M. Baldo. La più evidente e studiata corrisponde alla linea Garda-Sirmione la quale trova molti riscontri di natura geologica, idrogeologica (allineamento di sorgenti termominerali sulfuree, anche subacquee) e morfotettonica (Castaldini & Panizza, 1991); nel tratto qui considerato essa delimita il lato

*clearcut, both in contact with reliefs and in the high plain. In the former case, two tectonic scarps are marked East of Brescia; in particular, the more easterly is oriented according to the «Giudicarie Line» and aligned with the Lake Garda neotectonic fault which uplifted the western sector.*

*Another tectonic scarp with a different orientation is clearly visible behind the bay of Salò on Lake Garda. It corresponds to the large dislocation which involved the margin of the Brescia Prealps in the Quaternary, uplifting the Pliocene marine sediments of the Colle di S. Bartolomeo di Salò to 500 m.*

*Lower down, on the Brescia side of the lake and in the high Brescia plain, are a series of faults, partly buried by alluvial and glacial covers, believed to be active, and having a similar direction (Castaldini & Panizza, 1991: this work contains detailed references on the neotectonics of the central-eastern Alpine chain and part of the adjacent plain).*

*One of these faults, in the middle of the plain, is aligned with the isolated reliefs of Ciliverghe and Castenedolo. The influence of the former is translated into local elevation of the terrace; in the latter, as well as uplift, the dislocation may be seen in the scarp defining the relief to the North. Further West, M. Netto, East of the Mella R., is similar to Ciliverghe, belonging to a belt of lesser subsidence than in the rest of the plain (Marchetti M., 1992).*

*East of Lake Garda, other tectonic scarps typify the southern margin of M. Baldo. The most obvious and well-known corresponds to the Garda-Sirmione Line, with many features of a geological, hydrogeological (alignment of hot sulphur springs, sometimes underwater) and morphotectonic nature (Castaldini & Panizza, 1991). In the stretch considered here, it defines the eastern flank of the S. Vigilio promontory. Another scarp defines the plain of Caprino Veronese to the North, where the inverse fault called «Dosso della Croce», with recent activity, is believed to trigger deep gravity deformations on the southern flank of M. Baldo (Forcella & Sauro, 1988).*

*Passing to the margin of the plain with the Lessini Hills, between the alignments studied by Zanferrari & alii (1982) and re-examined by Castaldini & Panizza (1991), emerges the line at the southern margin of the carbonatic plateau passing through Verona. This deformation belt has been interpreted in various ways: fault or system of faults, transcurrent fault, flexure, graben, or faulted syncline. There is agreement on the fact that the southern block is lowered.*

*The western end of this deformation belt intercepts another element, running in a southerly direction, morphologically well expressed by a fault scarp which, near S. Ambrogio di Valpolicella, is associated with other unquestioned evidence of neotectonic activity (e.g., dislocated Quaternary conglomerates). This fault scarp, in Jurassic limestone, rises directly from the plain as a subvertical wall about 100 m high, on the left side of the Adige.*

orientale del promontorio di S. Vigilio. Un'altra scarpata delimita a Nord la piana di Caprino Veronese, dove la faglia inversa, detta del «Dosso della Croce» di attività recente, si ritiene sia l'innescò per le deformazioni gravitativamente profonde di versante presenti sul versante meridionale del M. Baldo (Forcella & Sauro, 1988).

Passando al margine della pianura verso i Monti Lessini, tra i lineamenti studiati da Zanferrari & alii (1982) e poi riconsiderati da Castaldini & Panizza (1991), emerge la linea (posta al margine Sud del plateau carbonatico) che passa per Verona; questa fascia di deformazione è stata interpretata in vario modo: faglia o sistema di faglie, faglia trascorrente, flessura, graben o sinclinale fagliata. Concorde è l'interpretazione che vede il blocco meridionale abbassato.

La terminazione occidentale di questa fascia di deformazione intercetta un altro elemento, diretto in senso meridiano, morfologicamente ben espresso da una scarpata di faglia a cui, nei dintorni di S. Ambrogio di Valpolicella, si associano altri indizi inconfutabili di attività neotettonica dell'area (come ad es. conglomerati quaternari dislocati). Essa si innalza direttamente dalla pianura come una parete sub-verticale di un centinaio di metri, in calcari giurassici, alla sinistra dell'Adige.

Il sistema di faglie a carattere regionale più marcato di tutto il bacino padano-veneto si colloca al margine nord-orientale dei Berici e degli Euganei: si tratta della linea Schio-Vicenza che rimarca, unitamente alla «linea Marana-Piovene», ad essa trasversale, l'arretramento del margine prealpino di parecchie decine di chilometri in rapporto alla posizione dell'andamento del fronte lessineo-berico.

Questo sistema di faglie parallele mostra una direzione NW-SE, è notevolmente rettilineo sia nel tratto montano che nel settore di pianura, e giace su piani subverticali, tranne che in pianura dove questi immergono a NE con forte inclinazione. Nel tratto considerato in *Carta* è lungo circa trenta chilometri ma nel complesso misura oltre una settantina di chilometri. Il sistema è caratterizzato da rigetti di tipo verticale e orizzontale e la sua attività si è prolungata dal Trias al Quaternario, periodo, quest'ultimo, nel quale l'attività è documentata in alcuni tratti sepolti in pianura.

Le evidenze morfotettoniche nel tratto compreso fra Schio e Vicenza studiate da G. B. Pellegrini (1988) si riferiscono a diversi elementi, tra cui ripiani di varia natura fortemente erosi ma tra loro raccordabili sino alla pianura. Inoltre, il margine sollevato dei Lessini, nonostante l'erosione, conserva lungo la linea tratti con scarpate tettoniche come quelle segnalate in *Carta* vicino a Schio, Malo e Isola Vicentina.

La linea Marana-Piovene diretta circa SW-NE, riveste anch'essa importanza regionale evolvendo, verso Est, nella «Flessura Pedemontana» e nell'altra importante «Linea Bassano-Valdobbiadene». La linea Marana-Piovene ha determinato il sollevamento di oltre mille metri del settore Nord e sembra essere stata particolarmente attiva nel Pliocene e nel Quaternario. L'evidenza morfologica ad essa collegata si risolve, sul suo fronte, in una grande scarpata, profondamente incisa dai corsi d'acqua a decorso meridionale, entro la quale si modellano faccette triangolari.

*The most marked regional fault system of the entire Po-Veneto basin lies at the North-eastern margin of the Lessini Hills, extending East of the Berici and Euganean Hills. The «Schio-Vicenza Line», together with the «Marana-Piovene Line» transversal to it, marks the retreat of the Pre-Alpine margin by several dozen kilometres with respect to the trend of the Lessini-Berici front.*

*This system of parallel NW-SE-running faults is remarkably straight both in the mountain sector and in the plain, and lies subvertically (except in the plain where the planes dip North-East). About 30 km of this system are shown on the Map, but its total length exceeds 70 km. The system is characterized by vertical and horizontal displacements, and its activity extended from the Triassic to the Quaternary; the activity in Quaternary is demonstrated by some buried stretches in the plain.*

*Morphotectonic evidence in the stretch between Schio and Vicenza, studied by G. B. Pellegrini (1988), refers to several elements, including various types of steps which are severely eroded but which may be followed as far as the plain. In addition, in spite of erosion, the uplifted margin of the Lessini Hills preserves some tectonic scarps, marked on the Map near Schio, Malo and Isola Vicentina.*

*The Marana-Piovene Line, running roughly SW-NE, is also of regional importance, evolving eastwards into the «pedemontane flexure»; the «Bassano-Valdobbiadene Line» is also of regional importance. The former caused the uplift of the northern sector by more than 1,000 m, and appears to have been particularly active in the Pliocene and Quaternary. Its morphology consists of a large scarp, deeply cut by South-flowing watercourses, between which triangular facets are modelled.*

*From the «Altopiano dei Sette Comuni» eastwards, the Prealpine margin was influenced by the late Quaternary evolution of the most southerly overthrusts of the «Valsugana System», responsible for structuring the outer anticlinal folds of Montello and the Conegliano hills. Behind the margin is the flexure, passing to frontal thrust, of the «Bassano-Valdobbiadene Line», believed to be active (Zanferrari & alii, 1982). Morphological evidence shows large tectonic scarps (southern margin of the Monte Grappa massif), dislocations of Middle Pleistocene karstified paleo-surfaces, and the influence on evolution of the hydrographic network; and, from the geological viewpoint, deformation of late Pleistocene deposits (Favero & Grandesso, 1982).*

*Another important line defining pede-Alpine reliefs starts from near Bassano del Grappa and touches Montebelluna, Conegliano and Maniago: this is the «Montello Line» or «Aviano Line». Its recent activity is proven by several geological and geomorphological elements. The former is evident in the lowering of Lower-Middle Pliocene sediments by about 1,000 m, buried on the plain side near Bassano.*

*Morphostructural evidence is abundant:*

- a) scarps bordering the Montebelluna and Montello hills and, with lesser continuity, also the Conegliano hills;

A partire dall'Altopiano dei Sette Comuni il margine prealpino è interessato dall'evoluzione tardo-quadernaria dei sovrascorrimenti più meridionali del sistema valsuganese responsabili della strutturazione delle pieghe anticlinali più esterne del Montello e delle colline di Conegliano. A ridosso dei rilievi si individua la flessura, passante a *thrust* frontale, della linea Bassano-Valdobbiadene, ritenuta attiva (Zanferrari & alii, 1982). La sua evidenza morfologica si manifesta attraverso grandi scarpate tettoniche (margine meridionale del massiccio del Grappa), dislocazioni di paleosuperfici carsificate del Pleistocene medio e l'influenza sull'evoluzione del reticolo idrografico, mentre dal punto di vista geologico deforma dei depositi tardo-pleistocenici (Favero & Grandesso, 1982).

Dai dintorni di Bassano del Grappa parte un'altra importante linea che delimita i rilievi pedevalpini toccando Montebelluna, Conegliano e Maniago: la «linea del Montello» o «di Aviano». La sua attività recente è comprovata da vari elementi geologici e geomorfologici. Per quanto riguarda i primi, basti ricordare l'abbassamento di circa 1.000 m del Pliocene inf.-medio sepolto sul lato della pianura presso Bassano del Grappa.

Le evidenze morfostrutturali sono molteplici e riguardano:

- le scarpate che bordano la collina di Montebelluna ed il Montello e, con minor continuità, anche le colline di Conegliano;
- un gradino morfologico di circa 3 m rivolto a Sud (indicato in *Carta* col segno di scarpata di faglia) che taglia la zona prossimale del conoide pleistocenico del Brenta, presso Bassano (Favero & Grandesso, 1982) messo in evidenza dall'altimetria di dettaglio (fig. 7.2);

- a morphological step of about 3 m to the South (marked on the Map as a fault scarp) cutting the area near the Pleistocene fan of the river Brenta near Bassano (Favero & Grandesso, 1982), highlighted by detailed altimetry (fig. 7.2);
- the «living anticline» of Montello, with its uplifted, arched, fluvial terraces on the western side (Ferrarese & alii, 1998) (figs. 7.3 and 15.2);
- the eastward diversion of the Piave, which may be linked with the «Soligo syncline» behind the structural high of Montello;
- the almost isolated plain of Pieve di Soligo.

Immediately East of Vittorio Veneto and moving on towards the Friuli sector, the impressive tectonic scarps defining the massif of Pian del Cansiglio-Monte Cavallo to the South, emerge at the margins of the plain (fig. 6.3). Their first stretch corresponds to the NW-SE-running «Montanè Line» and then to the «Aviano Line», influencing the entire sector until the entry into the plain of the valley of the Meduna.

Together with the «Sacile Line», buried in the plain and without any apparent morphological importance, the «Montello-Aviano Line» here represents the front of the outermost Sudalpino thrust which, precisely in the subsoil of the Friuli plain, intersects the front of the outer Dinaric thrust (NW-SE-running Palmanova fault, not marked on the Map). Although only in essential features, the indications on the Geomorphological Map reflect a situation, known from geological and particularly neotectonic studies (e.g., Carulli & alii, 1980; Slejko & alii, 1987), in which W-E or

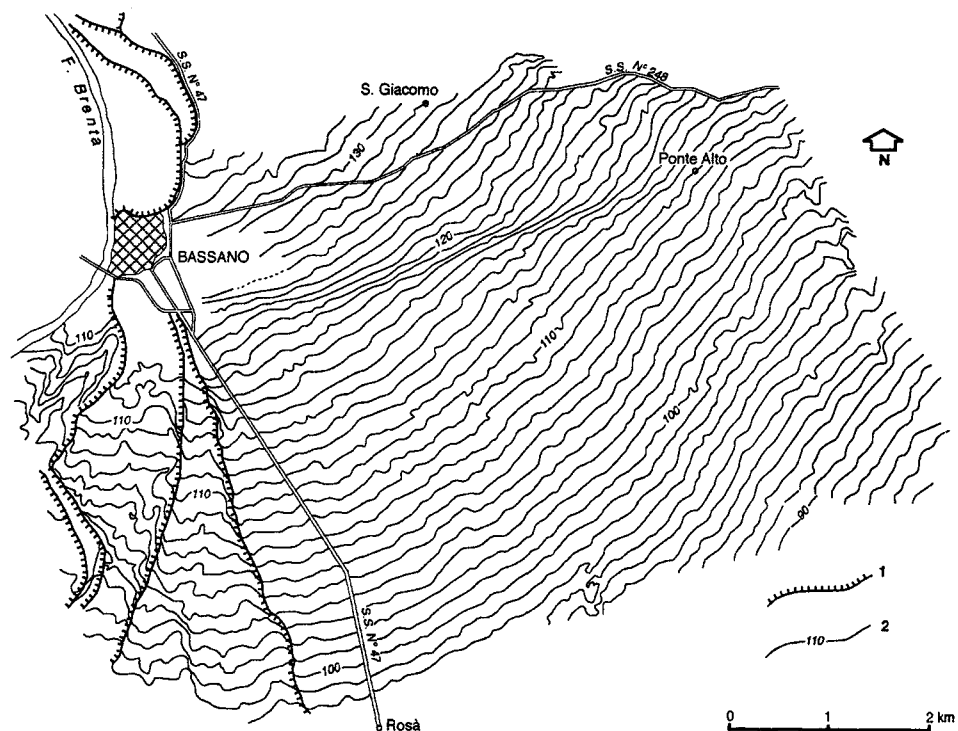


FIG. 7.2 - Gradino morfologico di scarpata di faglia legata alla linea del Montello, tra P.te Alto e Bassano, evidenziato dalla topografia (da Favero & Grandesso, 1982). Legenda: 1 - scarpate dei terrazzi fluviali; 2 - isoipse con equidistanza 1 m.

FIG. 7.2 - Morphological step of fault scarp linked to Montello Line, between Ponte Alto and Bassano, revealed by topography (from Favero & Grandesso, 1982). Key: 1 - scarps of fluvial terraces; 2 - 1-m contour lines.

- c) l'«anticlinale vivente» del Montello, con i suoi terrazzi fluviali sollevati ed inarcati sul lato Ovest (Ferrarese & alii, 1998) (fig. 7.3 e fig. 15.2);
- d) la deviazione verso Est del Piave, collegabile con la sinclinale di Soligo retrostante la struttura positiva del Montello;
- e) la pianura stessa di Pieve di Soligo, quasi isolata.

Subito ad Est di Vittorio Veneto e poi passando al settore friulano, si ergono al margine della pianura le imponenti scarpate tettoniche che delimitano a Sud il massiccio del Pian del Cansiglio - Monte Cavallo (fig. 6.3); esse corrispondono, nel primo tratto, alla «linea di Montanè», avente direzione NW-SE, poi alla «linea di Aviano», che condiziona tutto il settore fino allo sbocco in pianura del T. Meduna.

Insieme alla vicina «linea di Sacile», sepolta nella pianura e senza apparente risalto morfologico, la linea del Montello e di Aviano rappresenta qui il fronte del più esterno *thrust* sudalpino, che proprio nel sottosuolo della pianura friulana interseca (con la faglia di Palmanova, diretta NW-SE, non segnata sulla carta) il fronte del *thrust* dinarico esterno. Pur nella loro essenzialità, le indicazioni della *Carta Geomorfologica* riflettono una situazione, nota dagli studi relativi alla geologia dell'area, ed in particolare alla neotettonica (ad es. Carulli & alii, 1981; Slejko & alii, 1987), in cui appunto coesistono dislocazioni ad orientamento alpino W-E o SW-NE con dislocazioni a *trend* dinarico NW-SE.

Il settore dell'anfiteatro morenico del Tagliamento, il tratto di pianura retrostante (detto Piana di Osoppo) ed i rilievi prealpini ai due lati dello sbocco della valle del Tagliamento, sono interessati dal fitto intersecarsi di dislocazioni, molte delle quali hanno rilevanza dal punto di vista sismotettonico (Cavallin & Martinis, 1977; Slejko & alii, 1987); notoriamente si tratta dell'area maggiormente colpita dal terremoto del 1976. La *Carta Geomorfologica* mette in evidenza sia alcune scarpate tettoniche al margine dei rilievi costituiti da rocce pre-quadernarie, con varie orientazioni, sia alcune elevazioni isolate a fianchi netti, come nel caso del Colle di Osoppo e di altri piccoli rilievi vicini costituiti da conglomerati ritenuti pleistocenici, chiaramente dislocati.

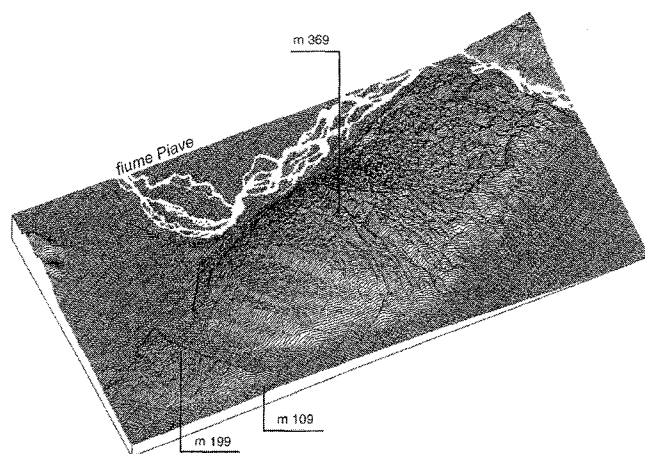


FIG. 7.3 - Il Montello, esempio di morfostruttura molto recente, dovuta a sollevamento di un cuneo tettonico modellato da erosione fluviale e carsica (da Ferrarese & alii, 1998, modif.). La scala delle altezze, in questa rappresentazione tridimensionale del modello digitale del terreno, è esagerata.

FIG. 7.3 - The Montello hill, as an example of a very recent morphostructure, due to the uplifting of a tectonic wedge sculptured by fluvial and karst erosion (from Ferrarese & alii, 1998, modified). The vertical scale of the digital elevation model is exaggerated.

SW-NE dislocations with an Alpine orientation co-exist with others having a NW-SE Dinaric trend.

The morainic amphitheatre of the Tagliamento, the stretch of plain behind (called the Piana di Osoppo) and the Prealpine reliefs on both sides of the entry of the valley of the Tagliamento are involved in a dense series of dislocations, many of which are important from a seismotectonic viewpoint (Martinis, 1977; Slejko & alii, 1987): this is part of the area so severely struck by the 1976 earthquake. The Geomorphological Map highlights both some tectonic scarps on the margin of the reliefs, composed of pre-Quaternary rocks, with varying orientations, and some isolated elevations with sheer sides, e.g., the relief of Osoppo and other smaller nearby hills composed of clearly dislocated conglomerates believed to be of Pleistocene age.