

- 1.5. — ELEMENTI GEOMORFOLOGICI DELL'AREA COMPRESA TRA L'UMBRIA NORD-ORIENTALE E LA REGIONE MARCHIGIANA
C. Cattuto, C. Cencetti, L. Gregori

Caratteristiche generali — Nell'area compresa tra il territorio di Gubbio e la «dorsale umbro-marchigiana interna», il modellamento del rilievo riflette chiaramente il controllo litologico e strutturale dei terreni affioranti. Infatti, dal punto di vista della costituzione litologica e, quindi, dei morfotipi derivanti, è possibile operare una netta distinzione tra i terreni che costituiscono il substrato: la natura essenzialmente calcarea delle anticlinali a nucleo mesozoico che costituiscono sia i contrafforti appenninici che i rilievi eugubini, contrasta nettamente con tutta la regione fra questi interposta, caratterizzata invece dalla presenza di marne e arenarie. Questi ultimi terreni sono frutto della sedimentazione silico-clastica, di tipo torbiditico, che costituisce il riempimento del «bacino umbro» miocenico (formazione Marnoso-Arenacea e formazione delle Arenarie di M. Vicino).

Tale fascia presenta pertanto una morfologia di tipo collinare, con forme abbastanza addolcite a piccola scala e più aspre in dettaglio, e fenomeni di erosione e di denudazione superficiale localmente anche molto intensi (calanchi, dorsali d'elefante, ruscellamento diffuso sui versanti), tali da impedire, o per lo meno ostacolare fortemente, qualsiasi possibilità di pedogenesi. La quasi totale impermeabilità delle formazioni mioceniche favorisce inoltre tempi di corrivazione molto ridotti, determinando uno stretto rapporto tra entità delle precipitazioni e portate registrate nei vari corsi d'acqua (CATTUTO, 1973). Questi, pertanto, presentano un regime tipicamente pluviale, con variazioni frequenti e, a volte, relativamente cospicue, delle portate. Il fenomeno risulta attenuato solo nei pressi della Serra di Burano, proprio al confine tra l'Umbria e le Marche, la quale rappresenta, tra l'altro, un classico esempio di inversione di rilievo, costituendo un'area morfologicamente rilevata in corrispondenza di una sinclinale a nucleo arenaceo, di età tortoniana. Qui, sia le caratteristiche litologiche, sia la situazione strutturale, garantiscono da un lato un elevato coefficiente di infiltrazione delle acque di origine meteorica, dall'altro l'esistenza di una falda abbastanza continua, poggiante sul sottostante membro marnoso delle unità torbiditiche di M. Vicino e che viene a giorno tramite l'allineamento di numerose sorgenti di trabocco in corrispondenza del contatto stratigrafico tra arenarie e marne. Le portate dei

- 1.5. — GEOMORPHOLOGY OF NORTH-EAST UMBRIA AND THE MARCHE REGION
C. Cattuto, C. Cencetti and L. Gregori

General characteristics — The topography of the region between Gubbio and the Internal Umbria-Marche Ridge is clearly governed by the lithology and structure of the outcropping formations. One can, in fact, make a net distinction between the morphotypes produced by the various lithologies. The essentially calcareous anticlines with Mesozoic nuclei produced the high Apennine and Eugubine relief, which contrasts sharply with the region between them, where marls and sandstones, the siliciclastic turbiditic sediments that filled the Miocene Umbrian Basin (Marnoso-Arenacea and Arenarie di M. Vicino Formations), lie.

The turbidite belt is hilly, with gentle relief which is however locally rugged, with gullies, degraded badlands, and rill erosion common on the slopes and so well developed as to almost completely impede pedogenesis. The Miocene formations are almost completely impermeable; this favors very rapid run-off and a strict correlation between the amount of rain and the discharge rates of the streams (CATTUTO, 1973). The streams, moreover, are pluvial, with frequent and at times sizable variations in discharge rates.

The only area in which this pattern is not maintained is the Serra di Burano, at the border between Umbria and Marche, which, since it is a topographic high formed by a syncline whose core is a Tortonian sandstone, is a classic example of inverted relief. The lithological and structural characteristics of the region guarantee rapid infiltration of meteoric waters, while there is also a fairly well developed aquifer perched on the underlying marly member of the Monte Vicino turbiditic unit, which discharges from a number of perched springs along the contact between the marls and the sandstone. The discharges of the streams in this area are therefore somewhat more constant. However, all these springs, including the perennial ones, are fed by a minor aquifer, and some are incapable of even creating a channel. As a result, the underlying marls are water-logged and their mechanical properties compromised (DRAMIS and others, 1976); it is not surprising that this area is one of those most subject to mass movements.

The morphotypes produced by the Mesozoic formations are completely different: gorges and ravines, entrenched meanders, thin, sharp divides, scooped out, concave head regions, hogbacks and

vari corsi d'acqua si mantengono quindi relativamente più costanti; tuttavia tali sorgenti, comprese quelle perenni, sono alimentate da un acquifero tutto sommato esiguo, e non riescono a volte neppure a crearsi un proprio canale di scorrimento. Ne consegue l'impregnazione degli strati marnosi sottostanti, che porta ad uno scadimento generalizzato delle loro proprietà meccaniche (DRAMIS ed altri, 1976); non a caso tale area è tra le più sottoposte a degradazione per movimenti di massa.

Del tutto diversi i morfotipi riconoscibili all'interno dei terreni mesozoici: gole e forre, meandri incassati, spartiacque stretti ed affilati, testate fluviali concave e ben modellate, morfologie tipo «hogbacks» e «cuestas», versanti molto acclivi, scarpate di faglia, valli sospese, vallecole a fondo concavo, discontinuità plano-altimetriche sui rilievi; in generale, tutte le forme legate in qualche modo alla forte energia di rilievo che caratterizza l'ossatura della catena appenninica umbro-marchigiana, risultano in definitiva più facilmente conservabili di quanto possa avvenire nelle formazioni flyschoidi mioceniche. In queste ultime, infatti, gli intensi e più rapidi processi di versante ed i frequenti movimenti di massa tendono a mascherare più o meno completamente certe forme del rilievo (comprese quelle legate ad attività tettonica recente), rendendone spesso più problematica l'interpretazione (CENCETTI, 1988).

Le superfici sommitali – Una nota particolare riguarda la presenza, abbastanza diffusa in tutta l'area, ma particolarmente frequente in corrispondenza delle sommità dei rilievi calcarei appenninici, di quelli eugubini e della Serra del Burano, di lembi relitti di superfici spianate.

Esse si presentano oggi completamente denudate, prive di qualsiasi sedimento di tipo continentale e risultano sovente indipendenti dall'assetto strutturale (giacitura suborizzontale della stratificazione, formazioni più erodibili intercalate ad altre a competenza diversa, ecc.). Il loro dislivello con gli alvei attuali è spesso molto accentuato (a volte anche più di 500 m) e, se a piccola scala le più possono essere considerate semplici linee di cresta relativamente arrotondate, tuttavia l'esame di dettaglio rende ragione del chiaro contrasto morfologico con le aree circostanti, nettamente più accidentate. Esse sembrano legate a fenomeni di erosione di tipo areale che potrebbero avere agito subito dopo l'emersione definitiva della regione, durante una stasi della fase tettonica principale che ha dato origine alla catena appenninica. La forte energia di ri-

cuestas, steep slopes, fault scarps, hanging valleys, small rounded valleys, changes in slope, and, in general, all the morphologies one would expect from a rapid uplift such as that to which the Umbria-Marche Apennine chain has been subject. Because of the lithology of the rocks in the chain, these morphologies are better preserved here than they could be in the Miocene flysch, where rapid, intense erosion and frequent mass movements more or less completely mask certain forms of relief (including those produced by recent tectonic activity), often rendering their interpretation more uncertain (CENCETTI, 1988).

The upper surfaces of relief - relict peneplains are fairly common throughout the area, but are especially frequent on the tops of the calcareous mountains of the Apennines, the Eugubine mountains, and the Serra del Burano.

Today these surfaces appear clean, without any sort of overlying continental sediment, and are often independent of the structures in the region (sub-horizontal stratification, more easily erodable formations interstratified with others with differing competencies, etc.). Their relief with respect to present day streams is often considerable (in places greater than 500 m), and though at a first glance they may appear to be simple, gently rolling ridge lines, when examined in detail they contrast sharply with the more rugged surrounding areas. They seem to be due to regional erosion of the sort that probably operated immediately after their emersion from the sea, during a quiescent period in the tectonic activity which uplifted the Apennine chain. The considerable relief now present should therefore be a direct consequence of the uplifts produced by the extensional tectonic phase which has migrated from west to east across the Apennine chain, leading to selective erosion that has highlighted the calcareous ridges with respect to the more easily eroded turbidite fill of the basin (DRAMIS and BISCI, 1986).

Similar surfaces that seem to confirm the existence of an ancient Apenninic surface, hypothesized by CASTIGLIONI, MERLA, and SESTINI, have been described in the central-northern Apennines by many authors, including, for the Emilian flank, GONSALVI and PAPANI (1969), BERNINI and others (1977), and MARCHETTI and others (1979), for the Lucchese-Pistoiese region, BARTOLINI (1980), and, for the Chianti region, SESTINI (1981).

The problem of the migration of the Apenninic divide – One of the most interesting morphologi-

lievo che si osserva attualmente sarebbe una diretta conseguenza dei processi di sollevamento legati alla fase tettonica distensiva che ha interessato, procedendo da ovest verso est, l'Appennino centro-settentrionale. Da qui avrebbe portato a processi di erosione selettiva tali da porre sempre in maggiore evidenza le dorsali calcaree rispetto al riempimento torbiditico dei terreni contermini, più facilmente erodibili (DRAMIS e BISCI, 1986).

Superfici simili sembrano confermare, tra l'altro, le ipotesi di B. CASTIGLIONI, MERLA, SESTINI, sull'esistenza di un'antica superficie appenninica; esse sono state descritte inoltre nell'Appennino centro-settentrionale da numerosi Autori, tra i quali vanno ricordati GONSALVI e PAPANI (1969), BERNINI ed altri (1977), MARCHETTI ed altri (1979) per l'Appennino emiliano, BARTOLINI (1980) per quello pistoiese e lucchese e SESTINI (1981) per il Chianti.

Il problema della migrazione dello spartiacque appenninico – Uno degli aspetti morfologici più interessanti che riguarda in generale l'evoluzione del reticolo idrografico nell'area appenninica e che in quest'area si manifesta particolarmente in tutta la sua evidenza e complessità di variabili, è quello della non coincidenza tra l'allineamento delle massime vette e la linea displuviale principale che divide l'area a drenaggio adriatico da quella a drenaggio tirrenico. Il problema, messo in luce fin dal secolo scorso (BONARELLI, 1891), è stato successivamente affrontato da vari Autori, tra i quali ricordiamo MARINELLI (1926), B. CASTIGLIONI (1934), MERLA (1938), GIANNINI e PEDRESCHI (1949), SESTINI (1950), SELLI (1954), GONSALVI e PAPANI (1969), CATTUTO (1976), MAZZANTI e TREVISAN (1978); ad esso, nel contesto più generale dell'evoluzione dell'intera rete idrografica nell'area appenninica, sono state date, volta per volta, varie interpretazioni, che ruotano attorno a tre possibili soluzioni, alternative tra loro:

- la sovrapposizione, che comporta l'impostazione del reticolo idrografico su di una superficie originaria oggi completamente erosa e costituita da materiale torbiditico, che ricopriva le dorsali calcaree mesozoiche appenniniche; queste infatti solo in seguito, con il procedere dell'erosione, sarebbero state riesumate e denudate, costituendo l'attuale linea delle massime vette;

- l'antecedenza di impostazione del reticolo idrografico rispetto all'evoluzione (piegamento e sollevamento) delle strutture appenniniche;

- la regressione dello spartiacque, che originariamente coincideva con la linea delle massime vet-

cal problems posed by the evolution of the drainage network in the Apennines, whose complexity is especially evident in this area, is that the line of maximum relief and the principal Apenninic divide separating the area draining towards the Adriatic from that draining towards the Tyrrhenian are offset. This problem was first mentioned in the last century (BONARELLI, 1891), and it has since been tackled by many authors, including MARINELLI (1926), CASTIGLIONI (1934), MERLA (1938), GIANNINI and PEDRESCHI (1949), SESTINI (1950), SELLI (1954), GONSALVI and PAPANI (1969), CATTUTO (1976), and MAZZANTI and TREVISAN (1978). Various explanations revolving around three possible solutions have been suggested within the more general context of the evolution of the Apenninic drainage network:

- Superimposition of the drainage network on an original surface, made up of turbidites, which covered the Mesozoic calcareous Apenninic ridges and is now completely eroded. The rocks which form the present line of maximum relief have only been recently exposed by continuing erosion;

- Antecedence of the drainage network with respect to the evolution (folding and uplift) of the Apennines;

- Regression of the principal divide, which originally coincided with the line of maximum relief, but has since shifted westwards because of headward erosion by the rivers that flow toward the Adriatic.

It is clearly risky to make generalizations or lean toward one solution rather than another for a problem whose answer must depend on local structural and stratigraphic conditions. However, with regards to the study area, which falls within the drainage basins of the Esino and Metauro Rivers (with regards to the Adriatic), and the Tevere River (with regards to the Tyrrhenian), the third hypothesis seems to best explain the evolution of the local drainage network.

There is in fact proof of several episodes of stream piracy against the primitive drainage network on the part of Marche rivers. The original drainage network was probably simple; it was tied, at least in the southernmost part of the region, to the Chiascio River, which drained towards the Tyrrhenian. It was made up of several subsequent intervals aligned with the structures and consequent intervals, which flowed at right angles to the former, following the lines of maximum inclination of the opposing slopes (SELLI, 1954; CATTUTO, 1976; CENCETTI, 1988). This suggests that headward ero-

te e che sarebbe stato spostato verso ovest per l'erosione regressiva delle testate dei corsi d'acqua appenninici che defluiscono verso l'Adriatico.

È rischioso naturalmente generalizzare e propendere a priori per l'una o per l'altra soluzione nei riguardi di un problema che, chiaramente, va considerato caso per caso in relazione alle condizioni geologico-strutturali locali. Tuttavia, almeno per quanto riguarda l'area in esame, che ricade all'interno dei bacini idrografici del fiume Esino e del fiume Metauro (per il versante adriatico) e del fiume Tevere (per quello tirrenico), la terza delle ipotesi suddette sembra quella più adatta a comprendere l'evoluzione idrografica locale.

Esistono, in effetti, prove dell'esistenza di una serie di catture fluviali effettuate da parte dei fiumi marchigiani nei confronti di un primitivo reticolo idrografico, che probabilmente era strutturato in maniera molto semplice: esso faceva parte, almeno nella sua porzione più meridionale, del sistema idrografico del fiume Chiascio, a drenaggio tirrenico, ed era costituito da una serie di tratte susseguenti, in allineamento con le strutture, e conseguenti, ortogonali ai precedenti, che seguivano la linea di massima pendenza da parti opposte sui versanti (SELLI, 1954; CATTUTO, 1976; CENCETTI, 1988). Tale constatazione suggerisce che l'erosione regressiva ha giocato il ruolo determinante nell'evoluzione dello spartiacque, aiutata in questo dalla presenza di linee di debolezza della pila litoide che possono essere identificate come faglie, ma anche come fratture, diaclasi, quindi non necessariamente con rigetto apprezzabile, e rilevabili, in gran parte come lineazioni, tramite fotointerpretazione. Esse amplificano gli effetti di tale meccanismo, che di per se è insufficiente a provocare spostamenti così rilevanti dello spartiacque.

La tendenza attuale sembra tuttavia quella di una migrazione in senso esattamente opposto della linea spartiacque principale (MAZZANTI e TREVISAN, 1978). Essa è dovuta all'instaurarsi dei cosiddetti «bacini intramontani appenninici» di cui quella di Gubbio rappresenta un classico esempio; la loro impostazione, frutto dell'attività della fase tettonica distensiva, successiva alla fase orogenica compressiva, mio-pliocenica ha provocato un abbassamento del livello di base locale dell'erosione, tale da indurre un ringiovanimento dell'intera rete idrografica a drenaggio tirrenico. Il potere erosivo in senso regressivo di quest'ultima è così aumentato al punto da contrastare efficacemente l'arretramento delle testate dei corsi d'acqua a drenaggio adriatico, interrompendone la migrazione verso ovest. Anzi, nella catena appenninica, è proprio il sovrapporsi

sion, with the assistance of lines of weaknesses in the rocks, such as faults and fractures, played a decisive role in the evolution of the divide. These lineations, many of which have no offset and are detectable through photointerpretation, amplified the effects of headward erosion, which would by itself have been unable to shift the divide by this amount.

At the present time however, the principal divide seems to be migrating in the opposite direction (MAZZANTI and TREVISAN, 1978), because of the formation of the so-called Apenninic intramountain basins, such as the Gubbio Basin. Their formation, in response to the Miocene-Pliocene extensional tectonic phase that followed the orogenic compressional phase, lowered the local base level to such a degree that it rejuvenated the entire Tyrrhenic drainage network. The capability for headward erosion of the network was increased to the point that it was able to counteract the erosion on the part of the streams flowing towards the Adriatic, halting their migration to the west. In fact, the superimposition, both spatial and temporal, of extensional tectonics over compressional tectonics in the Apenninic chain will result in the long-term reversal in the direction of migration of the Tyrrhenian-Adriatic divide from west to east.

Figure 8 is a sketch of the tectonic and geomorphologic elements with which we were able to reconstruct the paleogeographic evolution of the heads of the Torrente Sentino and the Burano Rivers. Figure 9 is a simplified sketch of a possible evolutionary model for the divides in the vicinity of the Apenninic intramountain basins.

The Frasassi Karst Complex and its relationship with the surface drainage - The Genga-S. Vittore Anticline is the first anticlinal structure with a Mesozoic core one encounters after having crossed the Umbria-Marche Ridge and passed the town of Sassoferrato. Near it, the River Sentino's drainage system joins the more complex system of the Esino River. Where they join, there is an extensive karst complex in the limestone of the Frasassi-Valmontagna Massif, whose caves have been described both morphologically and genetically (CANAVARI, 1928; BOCCHINI VARANI, 1971).

The most interesting possibility these caves afford, from the morphologic and morphotectonic standpoints, is that of correlating the hypogene karst levels found within the complex with the relict terraces along the main channel of the Esino downstream of its junction with the Sentino (fig. 10) (CATTUTO, 1976).



Fig. 8. - Schema geomorfologico dell'area compresa tra Gubbio e i rilievi appenninici. La figura, tratta da CENCETTI (1988, modificata), evidenzia i principali elementi geomorfologici dai quali risulta chiara la dinamica delle catture fluviali che hanno portato, inizialmente, ad un arretramento verso Ovest della linea displuviale appenninica. La tendenza attuale è tuttavia opposta ed è manifestata dalla forte erosione regressiva dei collettori a drenaggio tirrenico che solcano il bacino pleistocenico di Gubbio e che si spingono, con le loro testate, fino a NE dell'anticlinale che lo delimita.

- *Geomorphology of the region between Gubbio and the Apennine Mountains. The figure, drawn from CENCETTI (1988, modified), shows the principal geomorphological elements, from which one can clearly see how stream piracy initially led to a westward migration of the Apenninic divide. At present this trend is reversed, as can be seen from the strong headward erosion on the part of the streams draining towards the Tyrrhenian across the Pleistocene Gubbio Basin, which has led to their extension to the NE of the anticline bounding it.*

Legend: (1) stream piracy and course of paleoriver; (2) tracts in which the direction of flow is reversed (the arrow points in the primary direction); (3) fault scarp and its probable continuation; (4) gorge cut through limestone reliefs; (5) alluvial fans; (6) quick headward erosion; (7) tilting (the arrow points towards the lowered area); (8) normal fault (hatches on the down-dropped side); (9) lineations and joints.

sia in senso spaziale che temporale della tettonica a carattere distensivo su quella compressiva che è in grado di determinare, a lunga scadenza, un'inversione di tendenza, che comporta la migrazione da Ovest verso Est dello spartiacque tirreno-adriatico.

In figura 8 sono rappresentati, schematicamente, gli elementi tettonici e geomorfologici che permettono di ricostruire l'evoluzione paleogeografica delle aree di testata del Torrente Sentino e del Fiume Burano; in figura 9 uno schema semplificato del possibile modello evolutivo delle aree di spartiacque prossime ai «bancini intermontani» appenninici.

L'area carsica di Frasassi ed i suoi rapporti con il modellato superficiale - Oltrepassata la dorsale umbro-marchigiana interna ed il centro abitato di Sassoferato, la prima struttura anticlinale a nucleo mesozoico che si attraversa è quella di Genga-S. Vittore, presso la quale il sistema idrografico del Torrente Sentino si innesta in quello, più complesso, del Fiume Esino. Proprio presso la confluenza, il massiccio calcareo della zona di Frasassi-Val-

The sub-horizontal galleries formed during the speleogenetic phases are in fact connected by sub-vertical shafts which give a measure of the amount of rejuvenation that occurred during each karst cycle. Likewise, on the surface, along the Sentino-Esino Valley, terraces formed during periods of stasis, while the scarps that bound them are the result of rejuvenation of the erosional cycle. Correlations are possible with all of the four sets of terraces (both alluvial and orographic) that extend, especially along the left bank of the Esino Valley. The fact that the difference in elevation between the second and third set of karst galleries is greater than that between the second and third set of fluvial terraces (fig. 10) can be explained by the hypothesis that the tectonic stress had a greater effect on the calcareous Apenninic rocks of the karst region, which buckled and fractured, than it did on the Miocene and post-Miocene sediments, which because of their position and the lithological characteristics of the formations, absorbed the stress and folded less intensely.

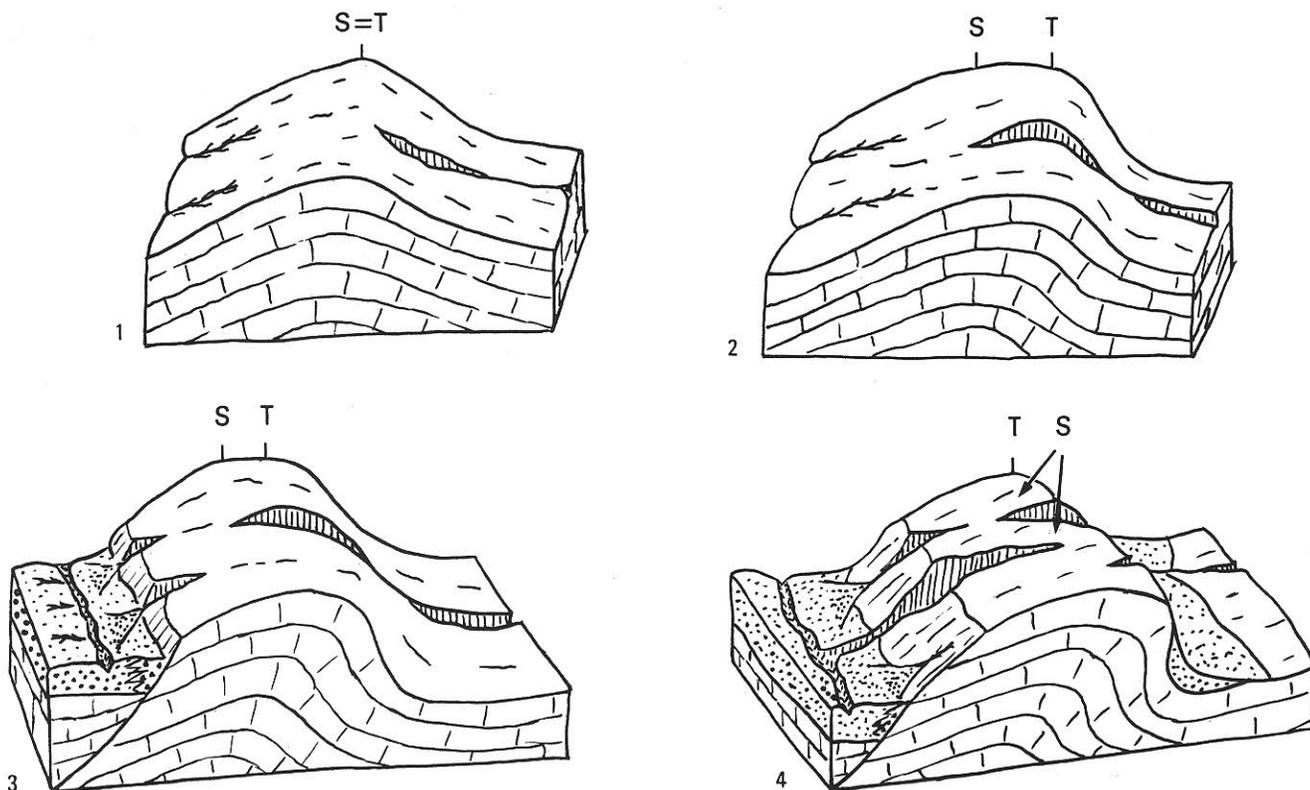


Fig. 9. - Block-diagrammi illustranti il possibile modello evolutivo della migrazione dello spartiacque appenninico, in relazione all'instaurarsi della fase tettonica distensiva, successiva a quella compressiva mio-pleiocenica. S = linea di spartiacque Tirreno-Adriatico; T = allineamento delle massime vette.

- Block-diagram showing a possible model for the migration of the Apenninic divide, in relation to the extensional tectonic phase which followed the Miocene-Pliocene compressive phase. S = Tyrrhenian - Adriatic Apenninic divide; T = Line of maximum relief.

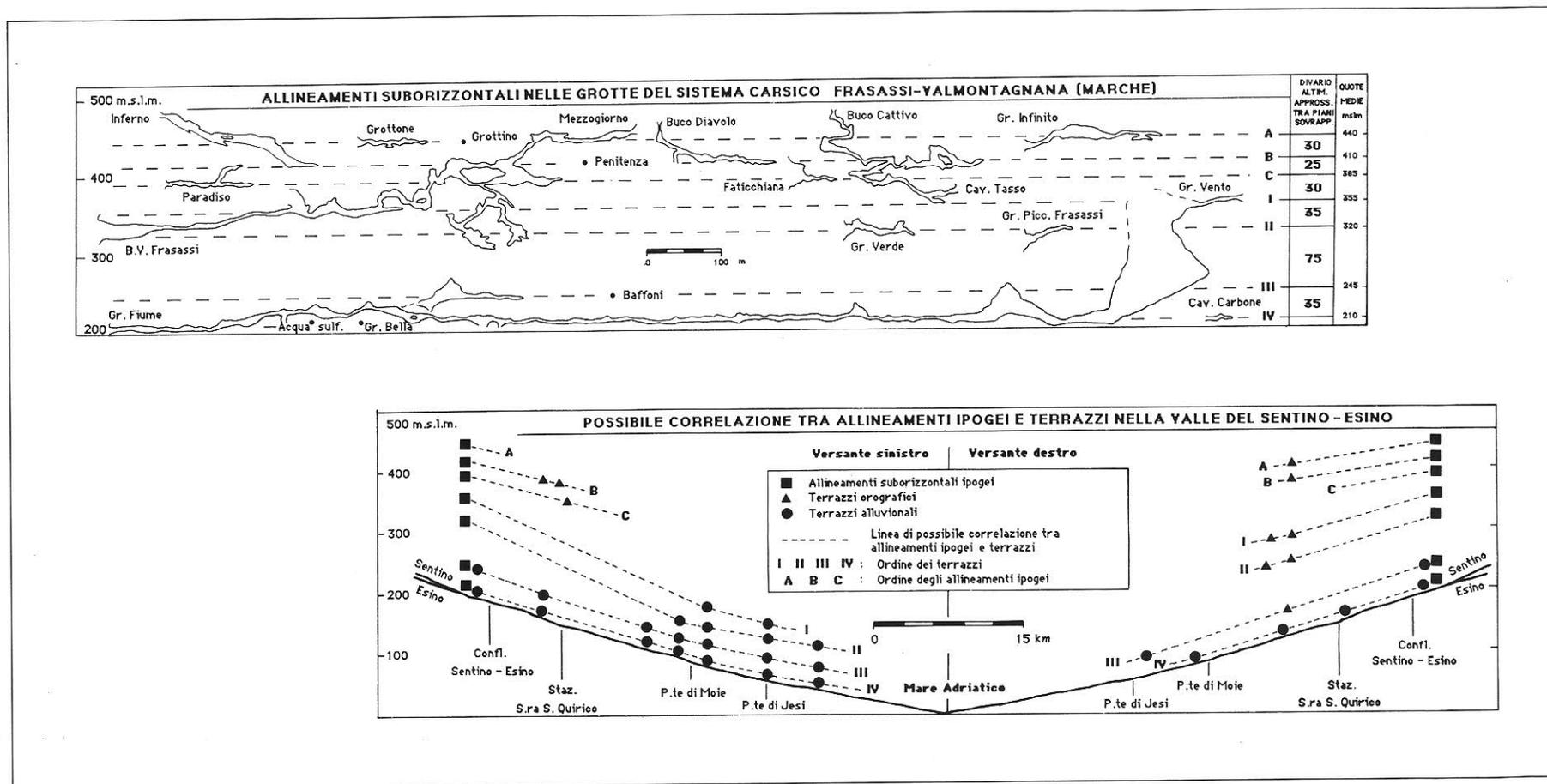


Fig. 10. - Il sistema carsico di Frasassi-Valmontagnana. Sono sette gli allineamenti carsici ipogei riconosciuti, di cui gli ultimi quattro risultano ben correlabili con i terrazzi alluvionali ed orografici del sistema idrografico del Fiume Esino. Le due sezioni longitudinali (lungo i versanti sinistro e destro della valle del Fiume Esino), esprimono la buona correlabilità tra gli allineamenti ipogei ed i terrazzi del corso d'acqua in esame. A tratto continuo è visualizzata la curva di fondo del Fiume Esino, dalla confluenza con il Torrente Sentino fino al suo livello di base (Mare Adriatico) (da CATTUTO, 1976).

- The Frasassi - Valmontagnana Karst Complex. There are seven hypogean Karst levels. The last four correlate well with alluvial and orographic terraces of the Esino River network. The two longitudinal sections (drawn along the left and the right slopes of the Esino Valley), show now well the hypogean levels and the terraces of the river correlate. The continuous line shows the Esino's thalweg, from its confluence with the Sentino Creek to its base level (the Adriatic Sea). The little black square at the center of the figure indicates the sub-horizontal hypogean levels, the black triangle the orographic terraces, the black circle the alluvial terraces, the dashed line is the possible correlation between hypogean levels and terraces. The order of the terraces is given in roman numerals, while that of the hypogene levels is given in letters (after CATTUTO, 1976).

montagnana è interessato dalla presenza di un imponente sistema carsico, le cui cavità sono state già da tempo descritte sia sotto il profilo morfologico che genetico (CANAVARI, 1928; BOCCHINI VARANI, 1971).

Dal punto di vista geomorfologico e morfotettonico, l'aspetto più interessante riguarda la possibilità di correlare (fig. 10) i piani carsici ipogei individuati all'interno del massiccio calcareo con le superfici terrazzate abbandonate dal corso principale dell'Esino, a valle della sua confluenza con il Sentino (CATTUTO, 1976).

Infatti gli allineamenti suborizzontali ipogei, formati durante la fase speleogenetica, sono divisi da condotte subverticali che rappresentano l'entità del ringiovanimento del ciclo carsico; ugualmente, in superficie, lungo la valle del Sentino-Esino, i piani terrazzati si sono formati durante la stasi erosiva mentre le scarpate che li delimitano si sono impostate in conseguenza del ringiovanimento del ciclo erosivo. La correlazione risulta possibile per tutti e quattro gli ordini di terrazzi (sia alluvionali che orografici) che si estendono, specie in sinistra idrografica, lungo la valle dell'Esino. Il fatto che, in sinistra idrografica, tra il II e il III ordine di allineamenti carsici, la differenza di quota sia maggiore rispetto al II e III ordine di terrazzi fluviali (fig. 10) è spiegabile tramite l'ipotesi di uno scatto tettonico con effetto differenziato e più energico sulle strutture calcaree appenniniche (zona carsica) che avrebbero reagito piegandosi e fratturandosi, a differenza dei sedimenti miocenici e post-miocenici che, a causa della loro giacitura e soprattutto delle caratteristiche litologiche, avrebbero teso ad assorbire ed attenuare le spinte orogeniche, determinando piegamenti molto più blandi.

Tre piani di «terrazzi fossili» individuati nella pila calcarea di Frasassi con il metodo degli allineamenti carsici ipogei sembrano essere correlabili con le sporadiche, mal conservate e poco estese superfici ubicate, a varie altezze, lungo l'alta valle dell'Esino. È chiara, quindi, la causa tettonica della presenza di tali superfici: riuscire a datare le superfici terrazzate, significherebbe datare anche gli «scatti» tettonici che l'hanno, in definitiva, provocate. LIPPARINI (1939) e VILLA (1942) attribuiscono al Pleistocene inferiore l'incisione del primo ordine di terrazzi. Tuttavia l'organizzazione del reticolo idrografico dell'Esino appare ancora piuttosto bassa ed indica un fenomeno di adattamento tuttora in atto. Anche i terrazzi più antichi, che presentano caratteristiche morfologiche relativamente «fresche», suggeriscono un'evoluzione del reticolo idrografico piuttosto rapida e vicina all'attuale (CATTUTO, 1976).

Three relict terraces found within the Frasassi Karst Complex by using the hypogene karst structure alignment method appear to correlate with the small, sporadic, and poorly preserved surfaces located at varying elevations along the upper part of the Esino Valley. The tectonic origin of these surfaces is therefore clear; were we to succeed in dating them, we would also be able to date the tectonic heaves which produced them. LIPPARINI (1939) and VILLA (1942) attribute the incision of the first set of terraces to the Lower Pleistocene. However, the Esino's drainage network appears to be poorly developed and is still evolving. Even the oldest terraces, which display relatively youthful morphological characteristics, suggest that the the drainage network has evolved rapidly and in the recent past (CATTUTO, 1976).