

LUIGI CAROBENE (\*)

## MORFOLOGIA, GEOLOGIA ED EVOLUZIONE NEOTETTONICA DEI RILIEVI COLLINARI DI BUTTRIO-DOLEGNA DEL COLLIO (Friuli Orientale) (\*\*)

ABSTRACT: CAROBENE L., *Morphology, Geology and neotectonic evolution of the hills of Buttrio-Dolegna del Collio (eastern Friuli, Italy)* (IT ISSN 0084-8948, 1984).

The low hills rising from the plain South of «Cividale del Friuli», in which the «Flysch di Cormons» of an early Eocene age crops out, have been studied. These hills show a morphology that is characterized by a dense drainage network and by hundreds of accordant summits which differentiate this area from the adjacent piedmont zone to the East.

The aim of this paper is to explain the origin and significance of the summit accordances by reconstructing the stages in the evolution of relief during the Quaternary period in the geologic and geodynamic framework of eastern Friuli.

Laboratory techniques involved: a statistical analysis of the summit elevations, the study of topographic maps of different scales and the interpretation of aerial photographs. Morphology, lithology and Tectonics were studied on the field. Among the various results which arose are the «topographic reconstruction» of the hills and the structural maps; this analysis allowed us to identify five orders of concordant summits that constitute residual morphologies of ancient planation surfaces which lie at different elevations.

The top surface, now corresponding to the highest accordant summits, is probably an erosion glacis, while the lower surfaces can be considered as river terraces formed as consequence of the uplifting of the area.

The comparative examination of the morphological, lithological and tectonic analyses allowed us to formulate a kinematic model of the area during the Quaternary age.

RIASSUNTO: CAROBENE L., *Morfologia, Geologia et evoluzione neotettonica dei rilievi collinari di Buttrio-Dolegna del Collio (Friuli orientale)* (IT ISSN 0084-8948, 1984).

Sono stati studiati i bassi rilievi collinari (quota massima 261 m), emergenti dalla pianura a Sud di Cividale del Friuli, in cui affiora il «Flysch di Cormons» dell'Eocene inferiore. Essi mostrano una morfologia, complicata da un fitto sistema drenante e caratterizzata dalla presenza di centinaia di «culminazioni» (v. cap. 2) che contraddistinguono quest'area da quella pedemontana ad Est. Scopo del lavoro è stato quello di capire l'origine ed il significato delle culminazioni, ricostruendo le tappe dell'evoluzione dei rilievi durante il Quaternario, nel contesto geologico e geodinamico del Friuli orientale.

Si è proceduto con elaborazioni statistiche delle quote delle culminazioni, con lo studio delle carte topografiche alle varie scale, con l'analisi delle aerofotografie; sul terreno è stata studiata la morfologia, la litologia e la Tettonica. Ne sono scaturiti diversi elaborati, tra cui la «ricostruzione topografica dei rilievi» effettuata utilizzando unicamente le quote delle culminazioni, e la carta strutturale, nella quale sono messe in evidenza rilevanti complicazioni tettoniche. Queste analisi hanno

permesso di individuare cinque ordini di culminazioni che costituiscono «morfologie residuali» di antiche superfici di planazione disposte a diversi livelli altimetrici. La superficie sommitale, testimoniata dalle culminazioni più alte, si identifica probabilmente con un glacis d'erosione, mentre le superfici più basse sono da considerarsi terrazzi fluviali impostatisi conseguentemente al sollevamento dell'area.

Infine, l'esame comparato dell'analisi morfologica, litologica e tettonica ha permesso di formulare un modello cinematico di comportamento dell'area durante il Quaternario.

TERMINI CHIAVE: culminazioni topografiche, morfologia dinamica e quantitativa, Geologia del Quaternario, Friuli orientale.

### 1. PREMESSA

L'area esaminata è costituita dai bassi rilievi collinari che si protendono entro la pianura come un triangolo avente per vertici, a Ovest l'abitato di Buttrio, a Nord Prepotto e a Sud Cormons (tav. I). A Settrione di detti rilievi la pianura cividalese, entro cui scorre il Fiume Natisone, degrada dolcemente verso SW, da un'altitudine di 125 m a 80 m circa sul livello del mare; a Sud si estende la pianura alluvionale percorsa dai fiumi Torre, Natisone, Iudrio e dal Torrente Corno; a Oriente si passa in continuità alla fascia pedemontana, in territorio iugoslavo. I terreni affioranti sono in prevalenza torbidi (Flysch del Friuli) aventi, secondo le datazioni più recenti, un'età dell'Eocene inferiore.

Gli Autori hanno prestato attenzione all'area in esame soprattutto dal punto di vista paleontologico; tra questi merita ricordare TARAMELLI (1870; 1883), DANIELLI (1915), FABIANI (1915) e FERUGLIO (1925). Molti altri AA. sono ricordati nella nota geologica di MARTINIS (1955), che ha in particolare curato in dettaglio il rilevamento dei Colli di Rocca Bernarda (zona B della fig. 2). Più di recente MARTINIS (1967), PICCOLI &

(\*) Dal 1° Novembre 1981: Dipartimento di Scienze della Terra, Università della Calabria, 87030 Castiglione Cosentino Stazione (CS).

(\*\*) Rilevamento eseguito con il Contributo CNR n. 81. 01873.05 (Resp. L. CAROBENE).

PROTO DECIMA (1969) in generale e CASTELLARIN & ZUCCHI (1963) in particolare hanno fornito nuovi dati per la conoscenza dell'Eocene friulano. COUSIN (1981) ha inquadrato nel contesto regionale italo-dinarico il flysch eocenico delle colline di Cormons, Rosazzo e Buttrio, tuttavia fornendo una interpretazione tettonica non soddisfacente. Sotto l'aspetto tettonico si hanno in verità le notizie più scarse; dati generali sull'area si possono desumere dal modello strutturale della regione Friuli-Venezia Giulia in CAROBENE & CARULLI (1981) e, per quanto riguarda l'evoluzione geodinamica plio-quadernaria, in CARULLI & *alii* (1980). Infine, sotto l'aspetto sedimentologico, vanno ricordati i lavori di MARTINIS (1962) e di VENZO & BRAMBATI (1969).

Ma l'interesse per la zona esaminata non è nato solamente dalla carenza di dati geologici (se si escludono quelli paleontologici), ma anche dalle particolarità geomorfologiche che essa presenta. Esse sono, in primo luogo, il già citato protendersi dei rilievi verso Ovest

che va ad interrompere bruscamente l'andamento « dinarico » del limite dei rilievi Tarcento-Cividale posto a Nord. In secondo luogo, la presenza di colline basse ma molto tormentate, di un drenaggio complicato e denso, di cime aventi quote ricorrenti, di superfici terrazzate, di paleosuoli. Su questi argomenti la bibliografia è carente; meritano di essere ricordati MARTINIS (1955) e FERUGLIO (1919), che citano terrazzi antichi e coperture eluviali tipo « ferretto ».

Lo scopo precipuo della ricerca è stato quindi quello di comprendere come si siano formati i rilievi collinari e di inserire la loro evoluzione geomorfologica nel contesto geodinamico del Friuli orientale. Le problematiche affrontate sono schematicamente le seguenti: riconoscimento delle superfici di planazione e dei terrazzi; descrizione anche quantitativa della morfologia; rapporti morfologia-litologia e morfologia-Tettonica; correlazioni delle superfici a quote diverse. In particolare si è visto che quest'ultimo punto non si sarebbe potuto risolvere senza

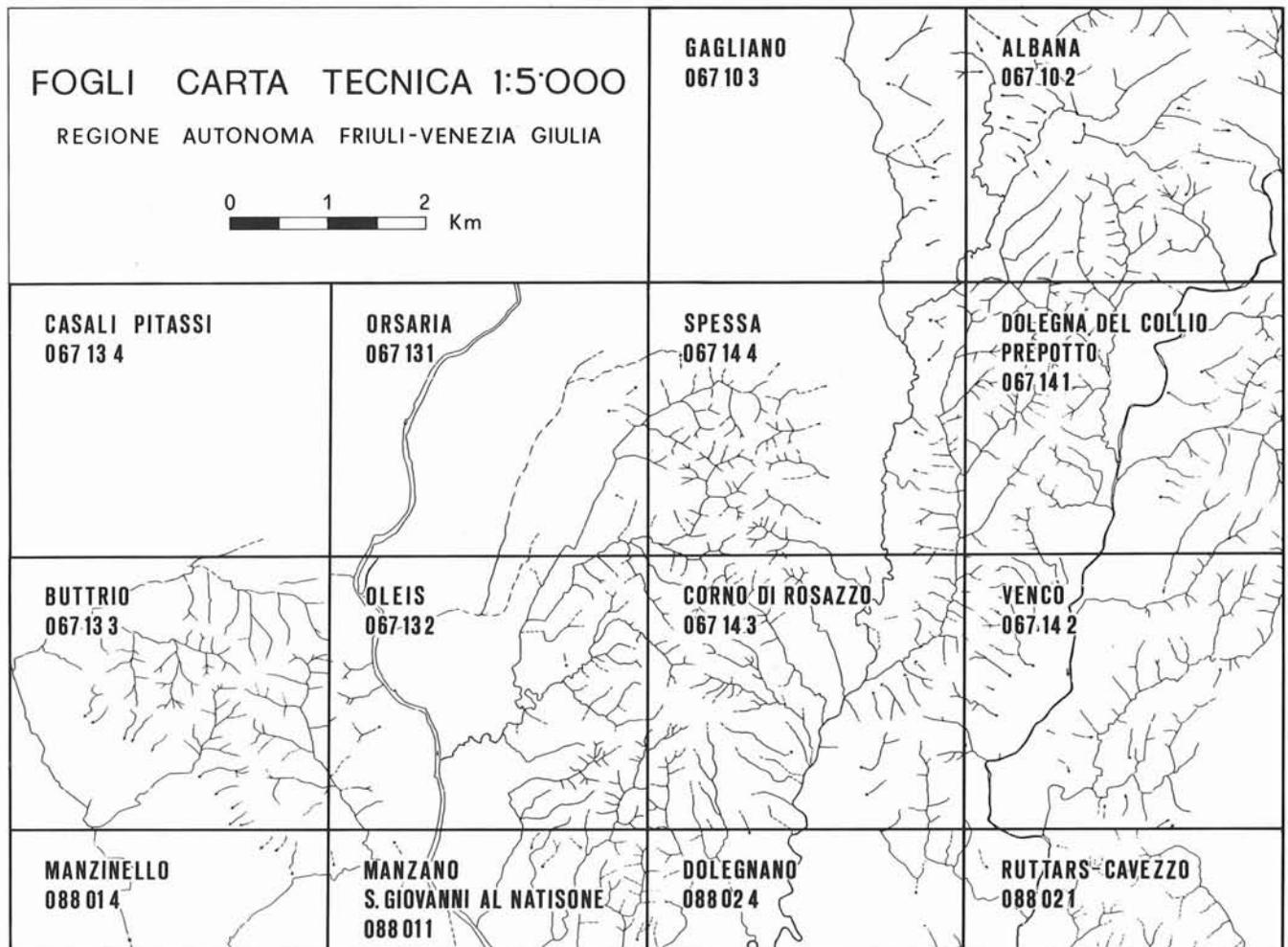


FIG. 1 - Quadro d'insieme, relativamente all'area studiata, dei fogli della Carta Tecnica Regionale alla scala 1 : 5 000, editi dalla Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia. I fogli sono stati utilizzati per l'analisi morfologica e, in particolare, per ricavare il reticolo idrografico (fig. 4) e la base topografica semplificata (tav. 1); in questa ultima carta non compaiono i due fogli settentrionali, Gagliano e Albana.

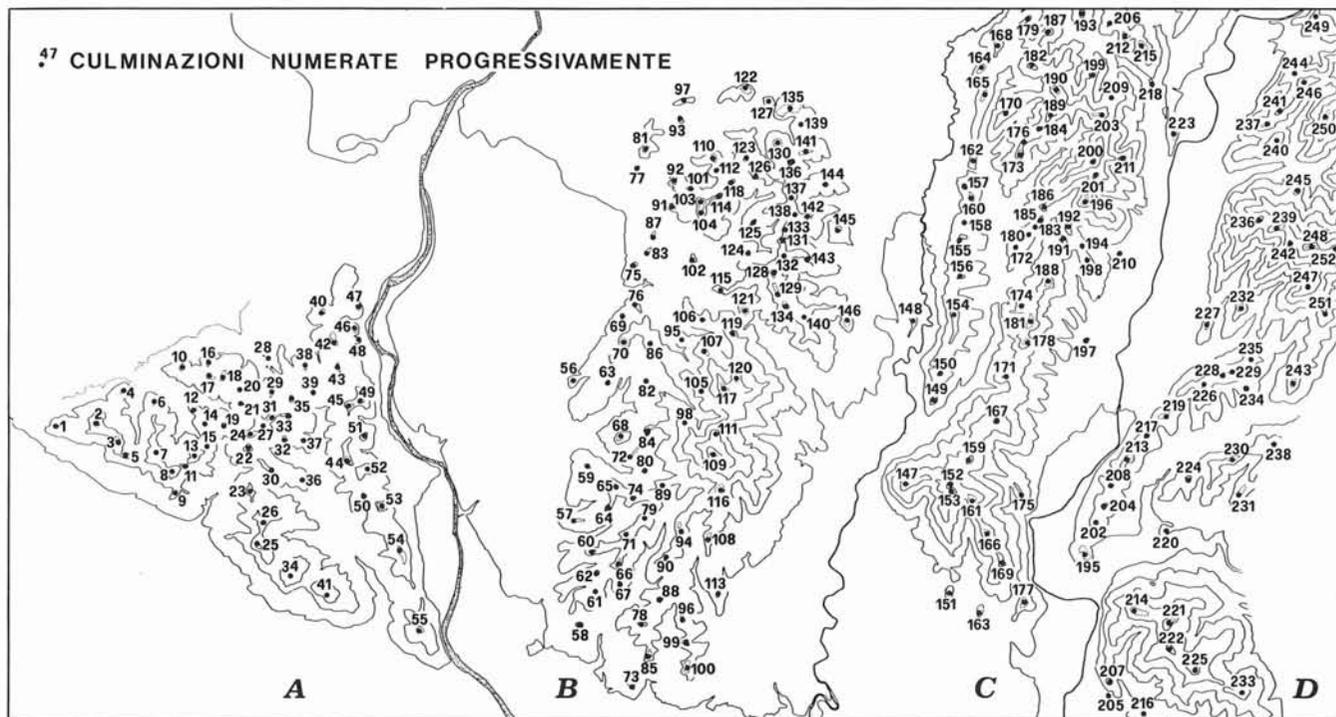


FIG. 2 - Numerazione delle quote di tutte le culminazioni esistenti nei rilievi tra Buttrio e Dolegna del Collio (v. tav. 1). La numerazione progressiva è rigorosamente da Ovest verso Est. Alcune località numerate: 2) Casello Morpurgo, 30) Palazzo Ottelio, 34) I tre Pini, 109) Monte S. Caterina, 116) Rosazzo, 129) Rocca Bernarda, 147) Monte S. Biagio, 200) Colle Guardafuoco, 207) Castello di Ruttars, 242) M. Candia.

un adeguato e dettagliato studio tettonico dell'area. Pertanto assume significato anche l'iter metodologico che si è seguito e le modalità di rappresentazione dei dati.

## 2. METODOLOGIA DI LAVORO

Lo studio della morfologia è stato compiuto sui fogli della Carta Tecnica Regionale alla scala 1 : 5 000 (fig. 1).

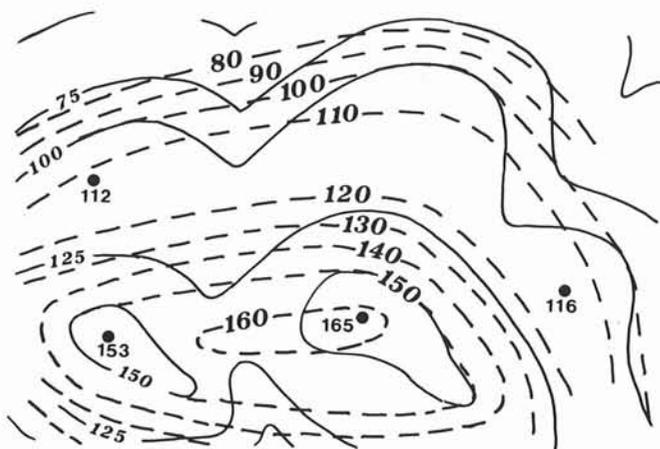


FIG. 3 - Costruzione delle isoipse equidistanti 10 m sulla base delle quote di tutte le culminazioni. Il procedimento tiene conto tuttavia anche della topografia attuale, infatti « ogni isoipsa ricostruita non può intersecare un'isoipsa reale di ugual quota o di quota superiore ». Con questo metodo è stata ricavata la carta della tav. 2.

Da essi si è ricavata una base topografica semplificata, con l'indicazione di tutte le « culminazioni »<sup>(1)</sup> esistenti (tav. 1), cioè di tutte le numerose sommità dei rilievi che costituiscono la più evidente particolarità morfologica dell'area. Le 252 culminazioni riconosciute sono state numerate (fig. 2) e utilizzate per successive elaborazioni; una di queste è quella che ha permesso la « ricostruzione » topografica dei rilievi (tav. 2) sulla base delle quote di tutte le culminazioni stesse. Questa ricostruzione parte dal presupposto che su un'area subpianeggiante in rapido sollevamento e durante un periodo di forte piovosità, si instauri e si sviluppi una fitta idrografia che dà luogo, come stadio avanzato dell'erosione, ad una serie di rilievi isolati, a testimonianza dell'antica superficie topografica.

Nella pratica si è operato correlando mediante isoipse equidistanti 10 metri le quote delle varie culminazioni. Il disegno che ne deriva prescinde in gran parte dalle attuali complicazioni morfologiche e fornisce quindi un andamento semplificato della topografia dei rilievi. Nell'unire i punti « si è tenuto conto » tuttavia della base topografica attuale applicando questa regola: « qualsiasi isoipsa ricostruita non può intersecare un'isoipsa reale di ugual quota o di quota superiore ». In fig. 3 è schematizzato un esempio in cui si illustra la maniera corretta

(1) Culminazione topografica si riferisce al punto più alto di ondulazioni del rilievo; essa costituisce cioè la cima o la sommità di dossi isolati generalmente poco accentuati. Nel testo verrà indicata più brevemente con « culminazione ».

di procedere. Questo metodo è una variante di un usuale procedimento che viene applicato nei campi più svariati (mappatura di dati geochimici, granulometrici, gravimetrici, pluviometrici, ecc.). Nel caso specifico esso mette in evidenza aree con culminazioni ricorrenti a quote simili. La tav. 2 mostra infatti, a differenza della tav. 1, la presenza di ampie spianate a varie quote. L'elaborazione quantitativa dei valori delle quote di tutte le culminazioni (istogrammi della fig. 6) ha confermato l'esistenza di raggruppamenti di culminazioni.

Questo tipo di analisi è stato ovviamente associato alle osservazioni fatte direttamente sul terreno: esse hanno portato al riconoscimento di una « scala di superfici in successione altimetrica », cioè di vari ordini di superfici (fig. 5). Nel capitolo successivo verrà chiarito che per « superfici » si intende un termine spesso basato sull'interpretazione e interpolazione di elementi morfologici (culminazioni, crinali suborizzontali, lembi di spianate) posti ad una determinata quota, più che una reale forma topografica.

Questo tipo di risultato non si è mostrato sufficiente per interpretare morfologicamente l'area. Si è reso necessario infatti anche lo studio litologico e tettonico per mettere in evidenza e il rapporto di interdipendenza tra culminazioni e natura litologica del substrato e il ruolo che un'eventuale Tettonica quaternaria poteva aver avuto nel dislocare le superfici.

Lo studio allo stereoscopio delle foto aeree e l'analisi topografica dei fogli al 5 000 ha portato alla compilazione di una *carta dei lineamenti* (fig. 11); le indagini di dettaglio sul terreno, alla stesura di una *carta strutturale* (fig. 12). Le grandi somiglianze che emergono dal confronto dei due elaborati suggeriscono che esiste un indubbio ed evidente legame tra morfologia e strutture geologiche: pertanto la correlazione tra le varie superfici di planazione (fig. 14) si è resa possibile solo tenendo conto del contesto strutturale.

Questo iter metodologico, che ha permesso di definire quantitativamente i movimenti altimetrici subiti dai vari ordini di superfici di planazione, ha portato anche, come risultato finale, alla individuazione di « blocchi » a diverso comportamento e quindi alla proposta di un *modello cinematico* dell'area valido per il Quaternario (fig. 19).

### 3. MORFOLOGIA DEI RILIEVI

L'area esaminata è stata distinta, per comodità di trattazione, in quattro zone, da Ovest verso Est: A) zona di Buttrio-Orsaria-Manzano; B) zona di Oleis-Spessa; C) zona di Corno di Rosazzo-Prepotto; D) zona di Ruttars-Dolegna del Collio (tav. 1 e fig. 2).

Nella *zona A* i rilievi collinari, estesi a Occidente del Fiume Natisone, raggiungono al massimo i 152,8 m (punto 34, fig. 2); altre cime degne di menzione sono: il Colle Clama (142,1 m, punto 13); Cima Calvario (141,8 m, punto 13); Palazzo Ottelio (127,5 m, punto 30); Monte Peloso (134,6 m, punto 52). Le cime più alte sono disposte a SW secondo un allineamento Buttrio-Manzano e degradano velocemente verso la sotto-

stante pianura, il cui piano di campagna è ad una altitudine di 70-75 m sul l.m. Un deciso allineamento di cime, con andamento NNW-SSE, si sviluppa anche nella parte orientale, con quote comprese prevalentemente tra 110 e 130 m.

Nella *zona B* la più alta culminazione raggiunge i 239,8 m in corrispondenza del Monte S. Caterina (punto 109); nel settore settentrionale la cima più alta è a 176,6 m in corrispondenza della Rocca Bernarda (punto 134); località note, menzionate nella tavoletta topografica, sono: Palazzo dei Marchi (142,5 m, punto 86) e Abbazia di Rosazzo (176 m, punto 116). In questa zona è distinguibile una parte meridionale, caratterizzata da crinali allungati in direzione S e SW, ben sviluppati tra le quote di 100 e 140 metri; una parte centrale dominata dalle cime più alte, superiori ai 200 m; una parte settentrionale, caratterizzata da un crinale arcuato che corre a quote di 155-175 metri circa.

Le *zone C e D* si assomigliano, in quanto a S entrambe presentano due marcati crinali disposti NW-SE, obliqui rispetto alle direzioni di strato (fig. 10). Nella prima, la cima più alta è a quota 207,4 m (punto 153), poco a Oriente del Monte S. Biagio (201,8 m, punto 147); nella seconda, è a quota 185,5 m (punto 225). A Settentrione si sviluppano i crinali più alti, complicati da innumerevoli ramificazioni e culminazioni; nella *zona C*, la più alta di queste è il Colle Guardafuoco (220,6 m, punto 200); nella *zona D* si raggiunge la massima quota di tutta l'area in corrispondenza del crinale del M. Candia (261,2 m, punto 252). Infine, nella parte centrale delle due zone si sviluppano crinali allungati in direzione circa SSW-NNE, più alti nella *zona C* (massima culminazione alla quota di 170 m in coincidenza del punto 181), più bassi nella *zona D* (quota massima a 146,3 m, punto 228).

Questa breve descrizione dà un'idea della complessità orografica dell'area. In generale si può osservare che gli interfluvii si assottigliano con l'aumentare della quota e che sono caratterizzati da: *a*) frequenti ondulazioni (culminazioni) legate a fattori erosivi, litologici e tettonici; *b*) ramificazioni o biforcazioni frequenti, presentandosi quindi frastagliati e irregolari; *c*) tratti suborizzontali che si succedono con salti in quota, cioè a gradinata.

Il reticolo idrografico (fig. 4), che è stato ricavato dall'analisi dei fogli della Carta Tecnica Regionale al 5 000, presenta una notevole densità e complessità di forma. La gerarchizzazione del reticolo appare controllata e dalla litologia e dalla Tettonica. Per le particolarità che presenta, esso sarà oggetto di uno studio specifico.

#### 3.1. RICONOSCIMENTO DELLE SUPERFICI

Superfici terrazzate evidenti sono visibili solo alle quote comprese tra gli 80 e i 115 m (fig. 5); esse costituiscono i terrazzi più bassi dei fiumi Natisone e Iudrio, dei torrenti Sosso, Corno e Cosbana, dei rii Rivolo, Manganizza, Poianis, Chiarò, Razzunicco e Quornizza, come indicato nella fig. 4. Queste superfici sono caratterizzate dalla presenza di depositi fluviali e dalla scarsità di culminazioni.

Le spianate comprese tra 115 e 130 m costituiscono larghi interfluvi ben sviluppati in tutta l'area, ad eccezione nella zona C; esse sono caratterizzate da un maggior numero di culminazioni (circa 50) rispetto ai terrazzi più bassi e dalla presenza di paleosuoli rossi (v. cap. successivo), talora sovrastanti ghiaie. Questo ordine di terrazzi, già in parte riconosciuto e descritto da DE GASPERI (1911), FERUGLIO (1919) e MARTINIS (1955), è ritrovabile a quote pressoché identiche in tutta l'area, e perciò è stato utilizzato come *livello di riferimento* per il riconoscimento degli ordini di superfici più alte. Tali superfici risultano definite dalla interpolazione di tre elementi morfologici distinti: *a)* culminazioni ricorrenti a quote simili; *b)* crinali allungati a sviluppo suborizzontale; *c)* lembi di spianate impostate lungo i versanti; ciò è altrettanto valido per le superfici più alte.

Le culminazioni aventi le massime quote sono state a loro volta assunte come livello di riferimento per riconoscere gli ordini inferiori. Si prenda, ad esempio, il caso della zona B (fig. 2): le culminazioni alle quote di 239,8 m, 214 m, 216 m e di 222 m (punti 109, 111, 117 e 120) sono state considerate relitti indicativi di

un'unica primitiva superficie di spianamento (di 1° ordine), antecedente il sollevamento della zona (fig. 5); la variabilità delle sue quote verrà spiegata in seguito. Queste cime sono circondate, soprattutto ad Occidente, da brevi spianate poste alle quote di 176 m, 170,2 m, 171,2 m, 172 m e 165,9 m (punti 116, 98, 105, 170 e 119); queste sono state considerate elementi morfologici indicativi della superficie immediatamente più bassa (di 2° ordine quindi). Questa supposizione è avvalorata dall'esame della parte settentrionale, dove si sviluppa un lungo e articolato crinale che presenta una sequenza di culminazioni a quote ricorrenti (165,4 - 167,5 - 171,5 - 166,3 - 158,4 - 157,5 - 160,2 m ecc.). Tra questa superficie e quella già precedentemente descritta, alla quota di 115-130 m, si sviluppa un sistema di interfluvi suborizzontali con culminazioni oscillanti tra 133 e 143 m circa di altitudine; su questi crinali non sono riscontrabili coperture alluvionali di nessun tipo e tanto meno paleosuoli. È pertanto lecito assegnare queste morfologie ad una superficie intermedia di ordine 3°. La superficie di 115-130 m avrà pertanto ordine 4° e quella più bassa, di 80-115 m, ordine 5°.

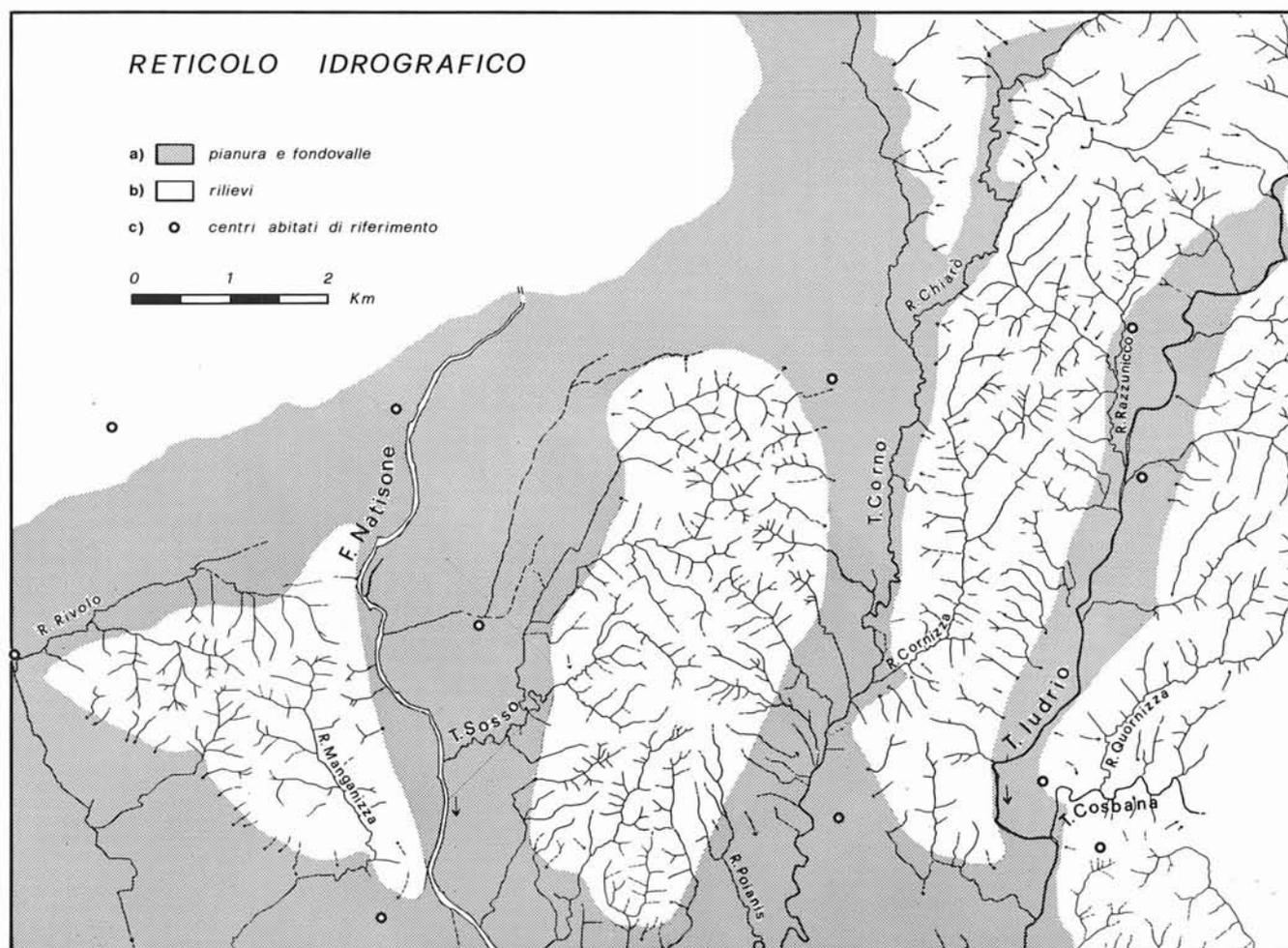


FIG. 4 - Il reticolo idrografico, ricavato dai fogli della Carta Tecnica al 5000, mostra un drenaggio denso e complesso, influenzato dalla litologia, dall'andamento della stratificazione, dalle linee di faglia e dal sollevamento recente dell'area. Da sottolineare che il massimo dislivello tra rilievi e pianura alluvionale è di soli 170 metri.

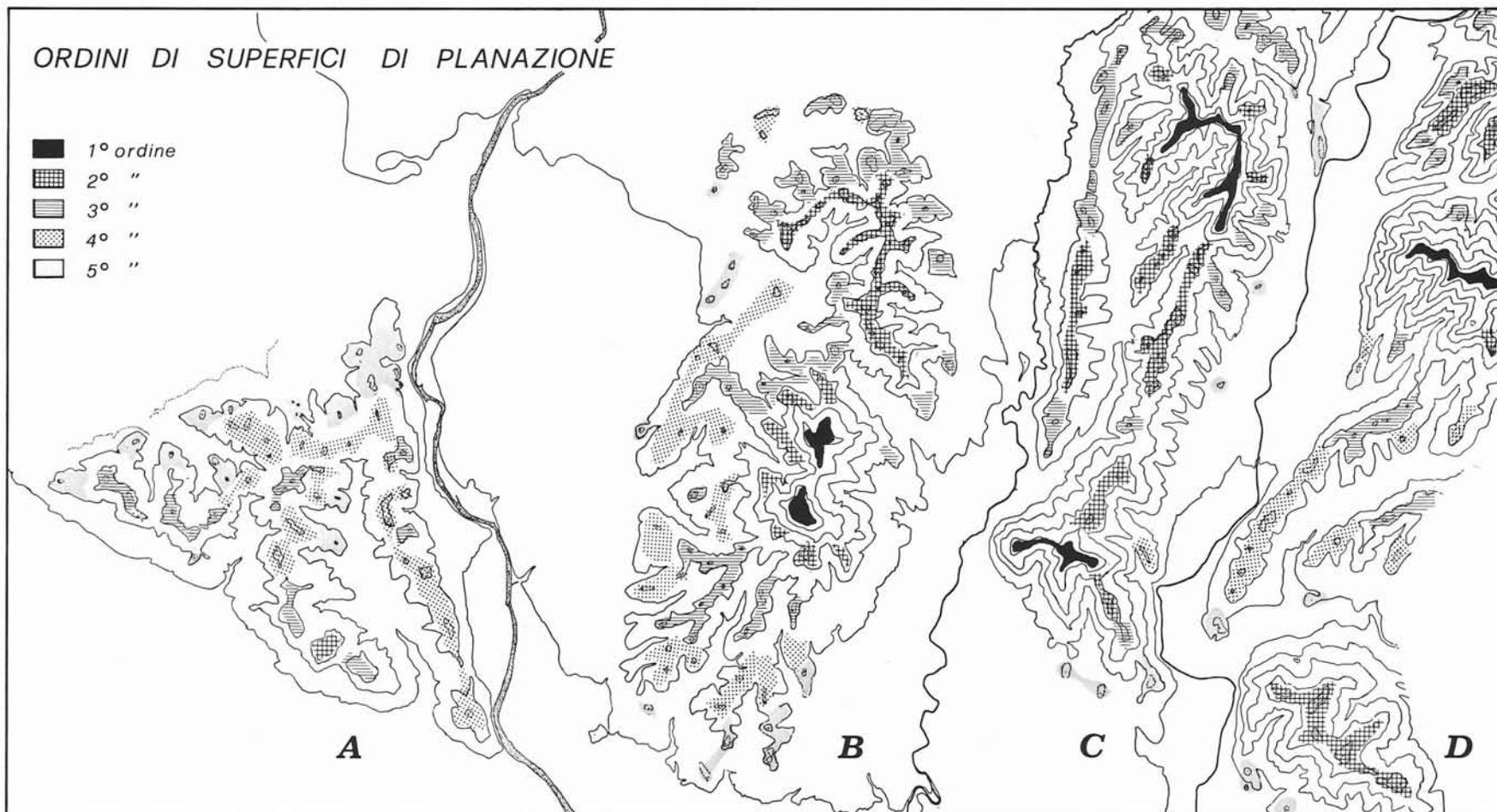


FIG. 5 - Crinali suborizzontali, culminazioni a quote ricorrenti simili e lembi di spianate sono stati considerati « forme residuali » di antiche superfici di planazione. Analizzando zona per zona la loro successione altimetrica, sono stati riconosciuti 5 ordini di superfici distinte; si è tenuto conto anche della eventuale presenza di depositi alluvionali e di paleosuoli.

Il riconoscimento dei 5 ordini sopra menzionati ha permesso di ritrovare la successione degli ordini di superficie anche nelle altre zone, con possibilità di controllo a partire da quella più bassa o da quella più alta (fig. 5).

La presenza di più ordini di spianate o di culminazioni è confermato dalla analisi della distribuzione dei valori delle quote di tutte le culminazioni stesse. Gli istogrammi della fig. 6 indicano infatti la presenza di più mode; nell'istogramma generale, costruito con la totalità delle misure di quota (252 punti), ne sono presenti 4: a 113, 126, 142 e 172 metri. Nei successivi 4 istogrammi sono rappresentate le distribuzioni delle quote nelle zone in cui è stata suddivisa l'area. Il problema della correlazione tra le quattro zone, sulla base della somiglianza delle quote, si presenta agevole solamente per gli ordini più bassi (113 in A, 113 in B; 124 in A, 123 in B, 128 in D; 142 in A, 141 in B), ma in verità la distribuzione si presenta complessa.

La correlazione si è resa possibile solamente accoppiando ad ogni singola quota di culminazione un simbolo corrispondente all'ordine di appartenenza, così come indicato nella fig. 5. In tal maniera dagli istogrammi si deduce: 1) che ordini omologhi non sono sempre alla stessa quota nella 4 zone; 2) che quote appartenenti allo stesso ordine hanno a volte un raggruppamento bimodale o addirittura due o più raggruppamenti separati. Più mode secondarie sono ad es. tipiche del 1° ordine, quello più alto; ma anche il 5° ordine risulta frazionato, con dispersione di valori verso le quote più basse. Non è stato possibile capire il perché di questi comportamenti se non dopo aver eseguito una dettagliata analisi geologica e tettonica dell'area. L'esame degli istogrammi verrà pertanto ripreso dopo l'esposizione del capitolo dedicato alla Geologia.

#### 4. GEOLOGIA

Il rilevamento geologico, resosi necessario per la comprensione degli aspetti geomorfologici dell'area, ha prodotto la carta litologica (fig. 7), le tre carte delle giaciture di strato (figg. 8, 9 e 10), la carta strutturale (fig. 12). Lo studio è stato integrato dall'analisi delle foto aeree, per determinare il campo dei lineamenti (fig. 11). È emerso così un inequivocabile e stretto legame tra Geologia l.s. e morfologia; in secondo luogo l'area ha rivelato insospettite complicazioni tettoniche mai prima segnalate.

##### 4.1. LITOLOGIA

Si trattava di accertare il condizionamento posto dalla litologia alla morfologia, in particolare di verificare l'eventuale coincidenza tra culminazioni e strati più resistenti all'erosione.

Nell'area affiora il cosiddetto « Flysch di Cormons » (VENZO & BRAMBATI, 1969) dove « vi è una prevalenza di strati marnosi su quelli arenacei il cui spessore diminuisce progressivamente da NW a SE accompagnato da un progressivo aumento dello spessore delle intercalazioni marnose. In certi luoghi, nell'alternanza sono qua e là intercalate lenti di conglomerati poligenici... calcareniti, talvolta arenacee... in strati di spessore fino a 1 m... ». Questo in generale, ma nel dettaglio vi sono

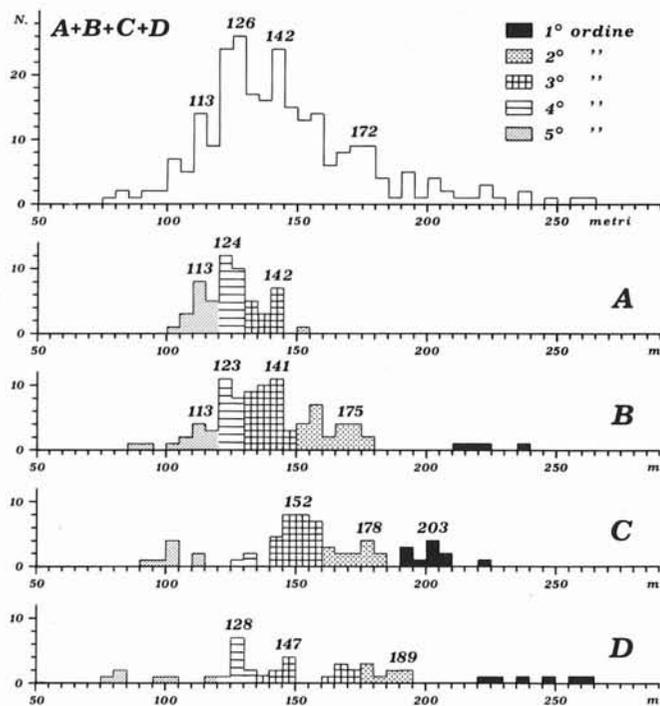


FIG. 6 - Istogrammi della distribuzione delle culminazioni in funzione della quota. L'istogramma globale risulta costituito (soprattutto per quanto riguarda il 1°, 2° e 3° ordine) dalla somma di accumuli diversamente distribuiti in 4 distinte zone (A, B, C e D), nelle quali l'area in esame può essere suddivisa. Essendo infatti ogni singola culminazione contraddistinta in base alla propria appartenenza agli ordini riportati in fig. 5, è agevole seguire lo spostamento in quota che raggruppamenti dello stesso ordine subiscono da zona a zona, oppure il loro frazionamento (ad es., nel caso dell'istogramma D, per i raggruppamenti del 1°, 3° e 5° ordine). Per la spiegazione si rimanda al testo.

frequenti e anche rapide variazioni (vedansi ad esempio MARTINIS, 1955 e CASTELLARIN & ZUCCHI, 1963) che rendono ardua la mappatura a media scala. Pertanto ci si è limitati a delimitare aree nelle quali vi è una prevalenza di un certo aspetto litologico sugli altri. Sono state stabilite così le seguenti classi litologiche (fig. 7):

1) Alternanze millimetriche o centimetriche di silti e marne, con aspetto fogliettato; sporadici livelli arenacei. Alternanze di siltiti o arenarie fini siltose, in straterelli generalmente compresi tra 3 e 5 cm, con marne prevalenti; rari livelli arenacei fino a 10-30 cm.

2) Alternanze marnoso-arenacee (con rapporto arenarie/marne maggiore di 1/5 ma minore di 1), con strati arenacei mediamente di 10-15 cm, sporadicamente fino a 40-80 cm.

3) Alternanze arenaceo-marnose (rapporto arenarie/marne maggiore di 1 ma minore di 5), con strati arenacei, calcarenitici e di brecciole (a prevalenti silicoclasti) aventi spessore da 20 a 50 cm, solo raramente di 1-2 metri.

4) Marne inglobanti ciottoli in quantità variabile, con intercalazione di grossi banchi di calcareniti aventi spessore di 1-2 m. Le variazioni litologiche sono frequenti; vi è una diffusa presenza di fossili (Nummuliti, Assiline, Alveoline, Lamellibranchi, Gasteropodi, ecc.).

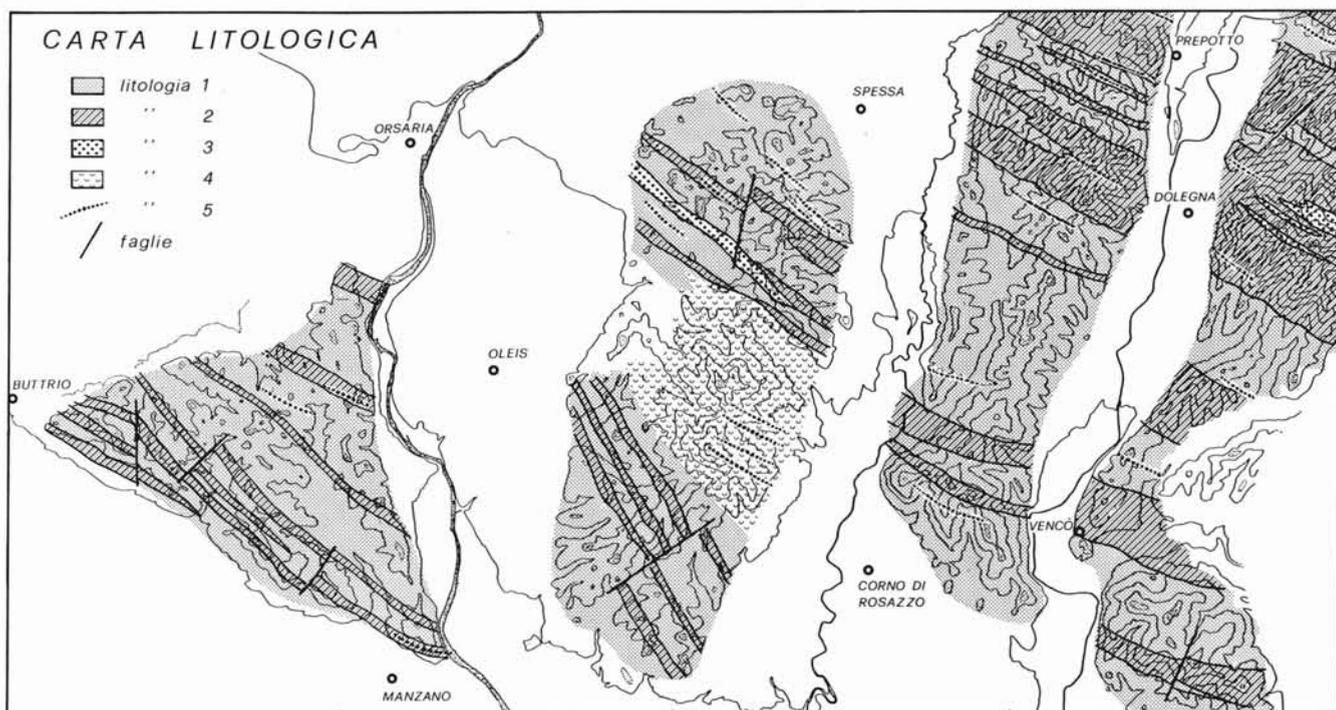


FIG. 7 - Carta litologica schematica: 1) Alternanze millimetriche o centimetriche di siltiti e marne, con aspetto fogliettato; sporadici i livelletti arenacei. Alternanze di siltiti e arenarie fini siltose in straterelli generalmente compresi tra 3 e 5 cm, con marne prevalenti; rari livelli arenacei fino a 10-30 cm. 2) Alternanze marnoso-arenacee, con strati arenacei mediamente di 10 cm, sporadicamente fino a 40-80 cm. 3) Alternanze arenaceo-marnose, con strati arenacei o calcarenitici (a volte con brecciole alla base) aventi spessore da 20 a 50 cm, solo sporadicamente di 1-2 m. 4) Marne inglobanti ciottoli, con intercalazioni di grossi banchi di calcareniti aventi spessore da 1 a 2 m. Litologia variabile e presenza di fossili. 5) Orizzonti isolati di calcareniti o arenarie, anche in strati maggiori di un metro.

5) Orizzonti isolati di calcareniti o arenarie, anche in strati maggiori di 1 metro, spesso con brecciole alla base.

La carta litologica (fig. 7) permette di trarre le seguenti deduzioni di carattere generale:

a) Le cime più alte sono spesso in corrispondenza dei litotipi più resistenti (classi 2, 3 e 5), però non è sempre vero il contrario.

b) Le culminazioni possono essere spesso associate a isolati banchi arenacei o calcarenitici più resistenti (classi 4 e 5), ma la coincidenza non è sempre stata dimostrata. Inoltre le culminazioni hanno una forma sub-circolare, non allungata secondo le direzioni degli strati. Sembrerebbe quindi che la maggior o minor resistenza degli strati possa aver determinato una certa variabilità nell'altezza delle culminazioni nell'ambito di uno stesso ordine di superfici, ma non aver causato ordini di culminazioni a quote diverse. Infatti non c'è nessuna relazione tra distribuzione degli ordini di superfici (fig. 5) e distribuzione delle classi litologiche (fig. 7).

c) L'andamento in pianta degli orizzonti appartenenti alle classi 2, 3 e 5 mette in risalto una rotazione nelle direzioni di strato procedendo da NE (direzione 300°) a SW (direzione 310°), con deviazione massima nella parte meridionale della zona B (direzione 330°).

d) Nella zona B mappata con la classe litologica 4, le frequenti presenze di grossi orizzonti calcarenitici o arenacei possono essere messe in relazione con le cime

più alte (Monte S. Caterina, Rosazzo). Questa zona appare sostanzialmente diversa dalle altre e, poiché sono stati riconosciuti limiti tettonici sia a N che a S, rimane da chiarire la sua posizione stratigrafica. L'argomento verrà ripreso in un'altra occasione in quanto, durante il rilevamento, è stata raccolta una fitta serie di campioni (in prevalenza peliti) le cui analisi micropaleontologiche, attualmente in corso, potrebbero portare nuovi contributi alla conoscenza stratigrafica dell'area.

#### 4.2. PALEOSUOLI

Paleosuoli sono stati rinvenuti in più punti sulle superfici terrazzate del 4° e 5° ordine (fig. 16), nell'intervallo altimetrico 90-130 metri. Essi affiorano in maniera discontinua, in quanto sono stati in gran parte distrutti dagli spianamenti operati dalle ruspe per ricavare nuove superfici a vigneto.

In questo paragrafo ci si limiterà a dare qualche cenno descrittivo, lasciando il compito della loro analisi a qualche specialista. È senz'altro possibile distinguere due suoli diversi, anche se il loro profilo è apparso incompleto sia verso l'alto, in quanto troncato, sia verso il basso in quanto generalmente coperto. Tra le quote di 90-115 m, cioè sulle superfici del 5° ordine, il suolo ha tessitura argillosa, color giallo-ocra (o bruno-giallastro), con struttura prismatica, con abbondanti rivestimenti e addensamenti nerastri di Fe-Mn; a volte è presente uno scheletro di ciottoli molto alterati.

Sulle superfici del 4° ordine, ad una altitudine di 120-130 m, compaiono lembi di paleosuolo decisamente più rosso. Essi sono particolarmente evidenti sui terrazzi del F. Natitone, a Est e a Ovest dell'abitato di Oleis; nella località Ronchi di Oleis (zona B) furono già segnalati da FERUGLIO (1919), che descriveva: «... a SW del Palazzo de Marchi (punto 86 della fig. 2), si distende un più ampio lembo di alluvione, trasformata tutta in eluvio terroso e rossastro che, per quanto è possibile vedere, ha uno spessore di più di due metri. Il ferretto contiene alcuni ciottoli silicei spugnosi...». In questa località il suolo color ocra-rosso, con tessitura argilloso-siltosa, grumoso e struttura prismatica, ricopre un deposito di ghiaie fluviali spesso alcuni metri e profondamente pedogenizzato. Nel suolo lo scheletro è assente nel primo metro in alto, poi risulta costituito da ciottolotti in quantità crescente verso il basso.

Negli affioramenti ubicati a Settentrione della zona A, una copertura eluviale color nocciola, ricca in humus e radici, spessa 40 cm, ricopre direttamente un orizzonte di 100-120 cm color bruno-rosso, molto rosso in alto ma che schiarisce verso il basso. Lo scheletro è assente; la struttura è prismatica, la tessitura argillosa. L'orizzonte inferiore, che ha uno spessore visibile di almeno 1 metro, si presenta grigio chiaro, biancastro, con abbondanti screziature marroni e nere.

#### 4.3. GIACITURE DI STRATO

Questo tipo di indagine è stato eseguito allo scopo di ricavare le relazioni intercorrenti tra direzione degli strati e allungamento delle valli e dei crinali e andamento delle lineazioni ricavato dalle foto aeree. Ovviamente le giaciture sono state utilizzate anche per ricostruire l'assetto strutturale (fig. 12); altre considerazioni di carattere geologico non verranno esposte in questa sede.

In generale si può dire che gli strati sono disposti con direzione prevalente WNW-ESE e immersione verso NNE, ma con frequenti e sensibili variazioni da zona a zona. Le figg. 8, 9 e 10 illustrano la situazione: i disturbi maggiori si presentano nel settore nord-orientale, con raddrizzamento e rovesciamento della serie flyschoid; ciò è in contrasto con la presunta «sinclinale del Collio» segnalata da TARAMELLI (1870) e riportata in MARTINIS (1955). Le aste fluviali del 1° ordine e in minor misura quelle del 2° sono sensibilmente influenzate dalla stratificazione, in quanto le alternanze tra terreni erodibili (litotipo 1 della fig. 7) e orizzonti o banchi più resistenti facilitano l'instaurarsi di un drenaggio parallelo alla direzione degli strati. Parimenti molte lineazioni (fig. 11) risultano con andamenti simili alla stratificazione, e di ciò si è tenuto conto nella loro interpretazione.

#### 4.4. LINEAMENTI

Con l'ausilio delle foto aeree (volo 1954, bianco e nero, alla scala 1 : 42 000 circa) e delle carte topografiche alle diverse scale (dal 5 000 al 100 000) è stato ricavato il campo dei «lineamenti» basati sull'analisi degli aspetti morfologici dell'area (CARRARO & alii,

1978). Il quadro complessivo risulta piuttosto complesso (fig. 11): una prima netta famiglia di lineamenti è in direzione WNW-ESE circa, risultando legata quindi alle direzioni di strato (figg. 8, 9, 10); questa direzione hanno tuttavia anche le faglie principali (fig. 12). Un'altra evidente famiglia ha direzione NNE-SSW, nettamente rappresentata in tutta l'area; essa è da collegarsi ad un sistema di fratture che ha prodotto deboli deformazioni negli strati. Una terza famiglia comprende direzioni circa NNW-SSE, più prossime a Nord nella zona occidentale, correlabile a fratture e faglie che hanno provocato localmente deformazioni degli strati. Infine è presente una quarta famiglia di lineamenti, con direzione circa NE-SW (ben evidente nelle zone B e D), che a volte è in relazione con verticalizzazioni degli strati.

Questi andamenti hanno buona analogia con la rosa dei venti dell'orientamento dei lineamenti proposta da WISE & alii (1979) per l'area friulana.

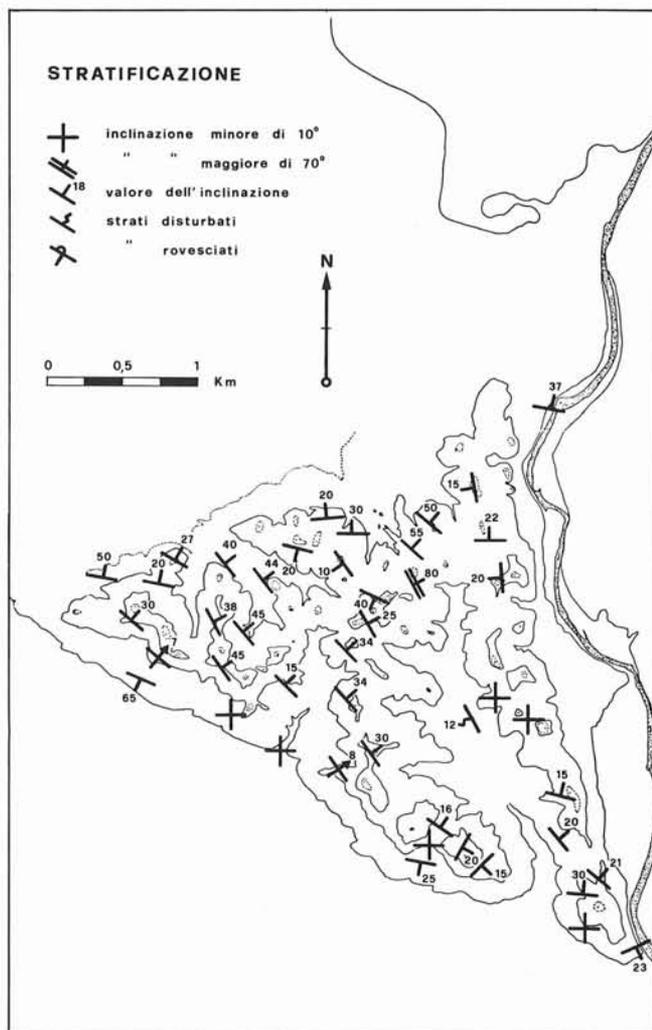


FIG. 8 - Assetto della stratificazione nella zona A tra Buttrio e il Fiume Natitone. Le frequenti variazioni di direzione e di immersione degli strati danno luogo ad una serie di anticlinali e sinclinali; particolarmente importante la netta struttura anticlinale sul bordo sudoccidentale dei rilievi. La legenda è valida anche per le figg. 9 e 10.

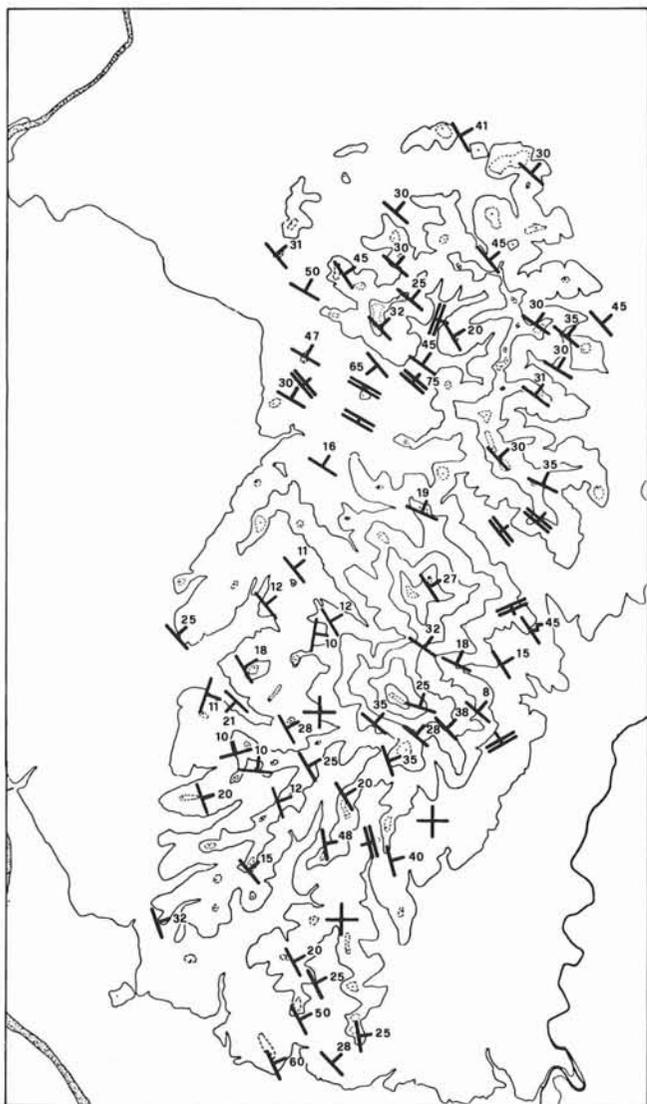


FIG. 9 - Andamento degli strati nell'area centrale B tra il Fiume Natison e il Torrente Corno. Le immersioni sono generalmente verso NE; strati verticalizzati sono presenti a Sud di Rocca Bernarda. Una sensibile discordanza angolare è presente tra il settore di Rosazzo (rilievi centrali) e l'area meridionale.

#### 4.5. ELEMENTI TETTONICI

Sulla base delle osservazioni effettuate direttamente sul terreno è stato definito l'assetto strutturale dell'area (fig. 12). Le insospettite complicazioni tettoniche che sono emerse conferiscono importanza a questa fascia di bassa collina emergente dalla pianura, evidentemente coinvolta nell'attività delle importanti faglie inverse sepolte nella pianura friulana a Sud, quali la « Linea Udine-Buttrio » e la « Linea di Terenzano » (AMATO & alii, 1976; CAROBENE & CARULLI, 1981), per le quali è stata documentata un'attività anche recente (CARULLI & alii, 1980).

In questa sede, tuttavia, verranno solamente tratteggiati gli aspetti più evidenti della Tettonica e, in particolare, verranno descritti i suoi rapporti con la morfologia. Sono riconoscibili tre aspetti strutturali: il primo compare nell'area occidentale e consiste in una succes-

sione di anticlinali e sinclinali (zona A, di Buttrio-Orsaria-Manzano); particolarmente significativa l'anticlinale che borda a Sud i rilievi, collegabile ad una faglia posta più a Sud, probabilmente inversa, che marca il passaggio rilievi-pianura. Già MARTINIS (1955) aveva ipotizzato l'esistenza di fenomeni disgiuntivi lungo il margine meridionale con la pianura friulana, responsabili dell'approfondimento della formazione eocenica. Il secondo aspetto si riferisce al settore nord-orientale, esteso a Settentrione di importanti faglie inverse (disposte secondo una direttrice Spessa-Dolegna del Collio; tav. 1) nel quale si ha il rovesciamento della successione flyschoida. È la zona del Colle Guardafuoco e del Monte Candia; lo stacco morfologico tra questa zona e quella meridionale è nettissimo e praticamente coincide con le faglie inverse suddette (confronta con i lineamenti della fig. 11). Il terzo aspetto riguarda il rimanente settore centro-orientale; esso è caratterizzato da strati con immersione costantemente verso NE. Più complicata tuttavia la situazione nella zona B (Rocca Bernarda-Rosaz-

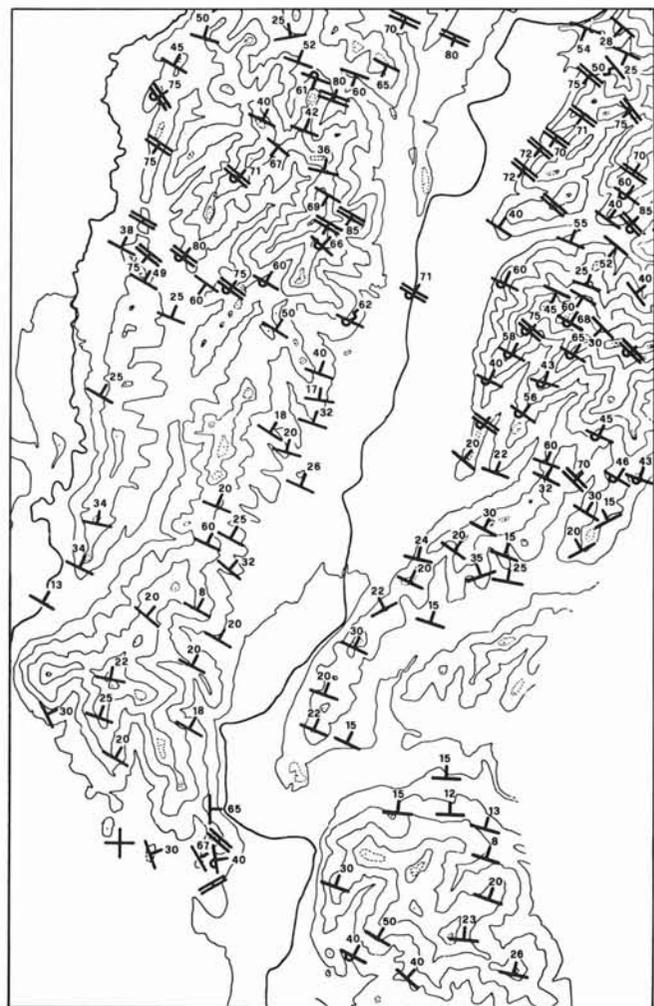


FIG. 10 - Nelle aree C e D, separate dal Fiume Iudrio, sono presenti le maggiori complicazioni: a Nord gli strati si verticalizzano e si rovesciano; nel settore centro-meridionale l'immersione è costantemente verso NNE circa, con valori di inclinazione generalmente inferiori a 30°, che aumentano solamente a Sud.

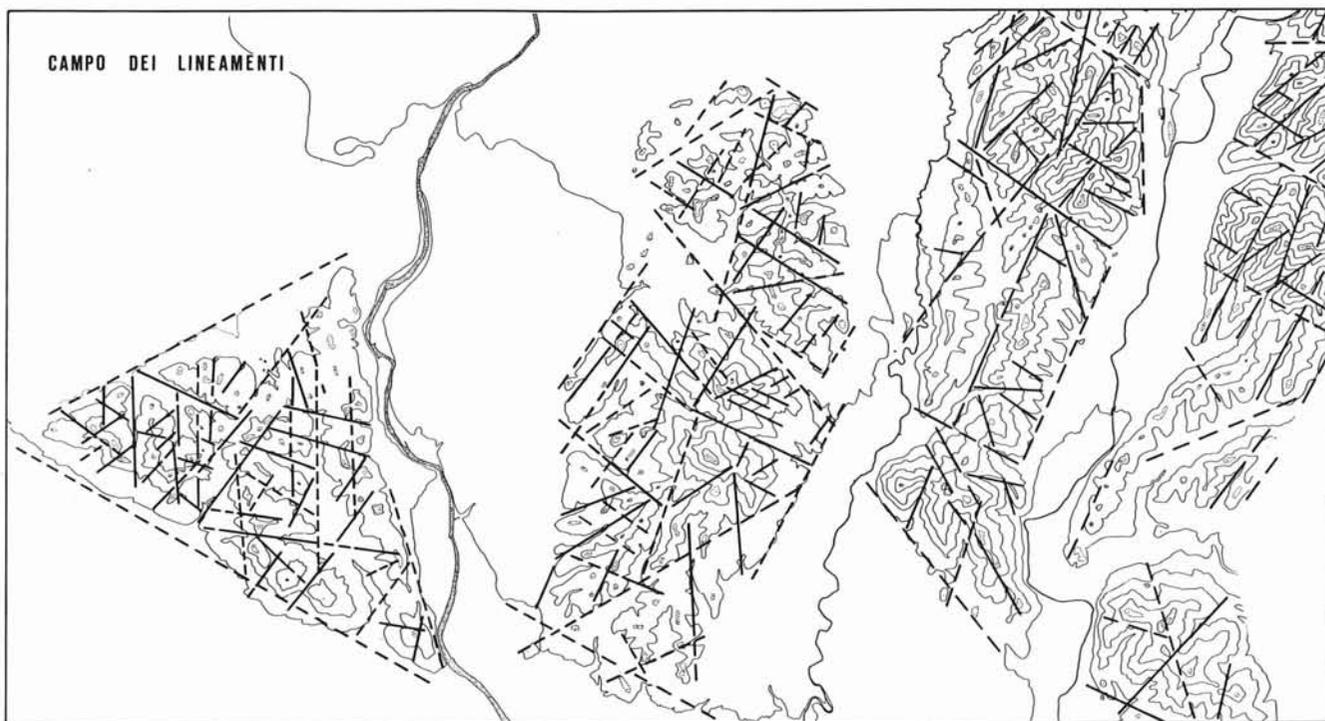


Fig. 11 - Campo dei lineamenti ricavati dallo studio della morfologia sulle foto aeree e sulle carte topografiche alle diverse scale (dal 5 000 al 100 000). Sono distinguibili 4 famiglie con le seguenti direzioni: 1) WNW-ESE; 2) NNE-SSW; 3) NNW-SSE; 4) NE-SW. È stata trovata una buona corrispondenza dei lineamenti sia con le disgiunzioni sia con le direzioni di strato.

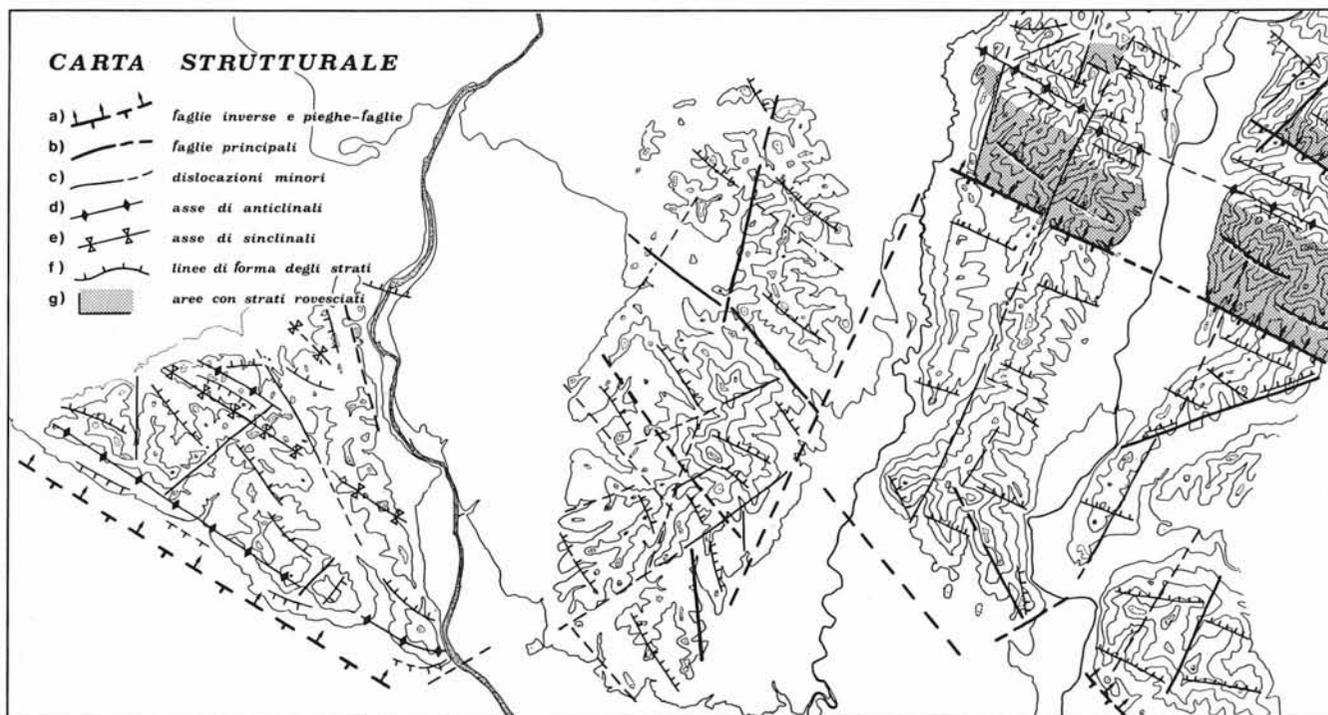


Fig. 12 - Le principali strutture evidenziate dallo studio di campagna possono essere suddivise in due gruppi: a) strutture compressive con andamento dinarico (con direzione circa NW-SE) costituite da faglie inverse, anticlinali e sinclinali e da verticalizzazioni e rovesciamenti degli strati; b) strutture disgiuntive costituite da fratture, faglie dirette e faglie trascorrenti con andamento NNE-SSW e NE-SW.

zo): nella parte Nord una faglia (in coincidenza della quale gli strati si verticalizzano; fig. 9) separa due aree molto diverse sia dal punto di vista morfologico sia litologico; nella parte centro-meridionale inoltre i rilievi di Monte S. Caterina e di Rosazzo sono separati da una faglia dalla restante zona a Sud sulla base dei seguenti elementi: differenze litologiche e morfologiche, discordanza angolare nelle direzioni di strato, fascia di passaggio con strati orizzontali.

Per quanto riguarda le relazioni intercorrenti tra morfologia e Tettonica, risulta determinante il confronto tra la carta dei lineamenti (fig. 11) e quella strutturale (fig. 12). L'identità di molti lineamenti con faglie o fratture implica che la morfogenesi dell'area è stata condizionata dal ruolo giocato dalla Tettonica, cioè, nel caso specifico, dall'attività delle faglie e dai sollevamenti relativi. È sufficiente, ad esempio, considerare come i rilievi più alti siano sempre immediatamente a Settentrione delle faglie con andamento dinarico (tav. 1): rilievi che bordano a Meridione le zone A, C e D, rilievi di Rosazzo e di Rocca Bernarda nella zona B, rilievi del Colle Guardafuoco (zona C) e del Monte Candia (zona D). Analogo legame tra morfologia e Tettonica è agevolmente identificabile anche per le disgiunzioni NNE-SSW e NE-SW (fig. 12), anche se con minori evidenze altimetriche; per alcune di queste disgiunzioni sono documentabili prove di movimenti orizzontali. Nelle conclusioni, con la presentazione del modello cinematico

dell'area (fig. 19), verrà inoltre ipotizzata la presenza di faglie trascorrenti NNE-SSW separanti i quattro gruppi di rilievi (A, B, C e D) che, pur affiancati, non presentano continuità laterale sotto gli aspetti morfologici, litologici e strutturali.

## 5. SUPERFICI DI PLANAZIONE

Le indagini geomorfologiche effettuate sul terreno e l'analisi delle carte topografiche ha permesso di determinare che esistono « relitti morfologici » (culminazioni, crinali orizzontali, lembi di spianate) di superfici disposte in successione di quota, secondo 5 ordini diversi (fig. 5). Ma l'esame delle quote di tutte le culminazioni (istogrammi della fig. 6) ha messo in evidenza anche che i raggruppamenti modali non si ripetono sempre con gli stessi valori altimetrici, ma subiscono sensibili variazioni da zona a zona, soprattutto all'aumentare della quota.

Aver stabilito il ruolo giocato dalla Tettonica è risultato determinante per la comprensione e per la correlazione delle superfici di planazione.

### 5.1. CARATTERI ALTIMETRICI

Sulla base della ricostruzione topografica dei rilievi (tav. 2) sono state costruite due *sezioni morfologiche* esemplificative, sul cui piano verticale sono stati proiettati perpendicolarmente tutti i valori di quota delle culminazioni (fig. 13), tenendo conto del loro ordine di

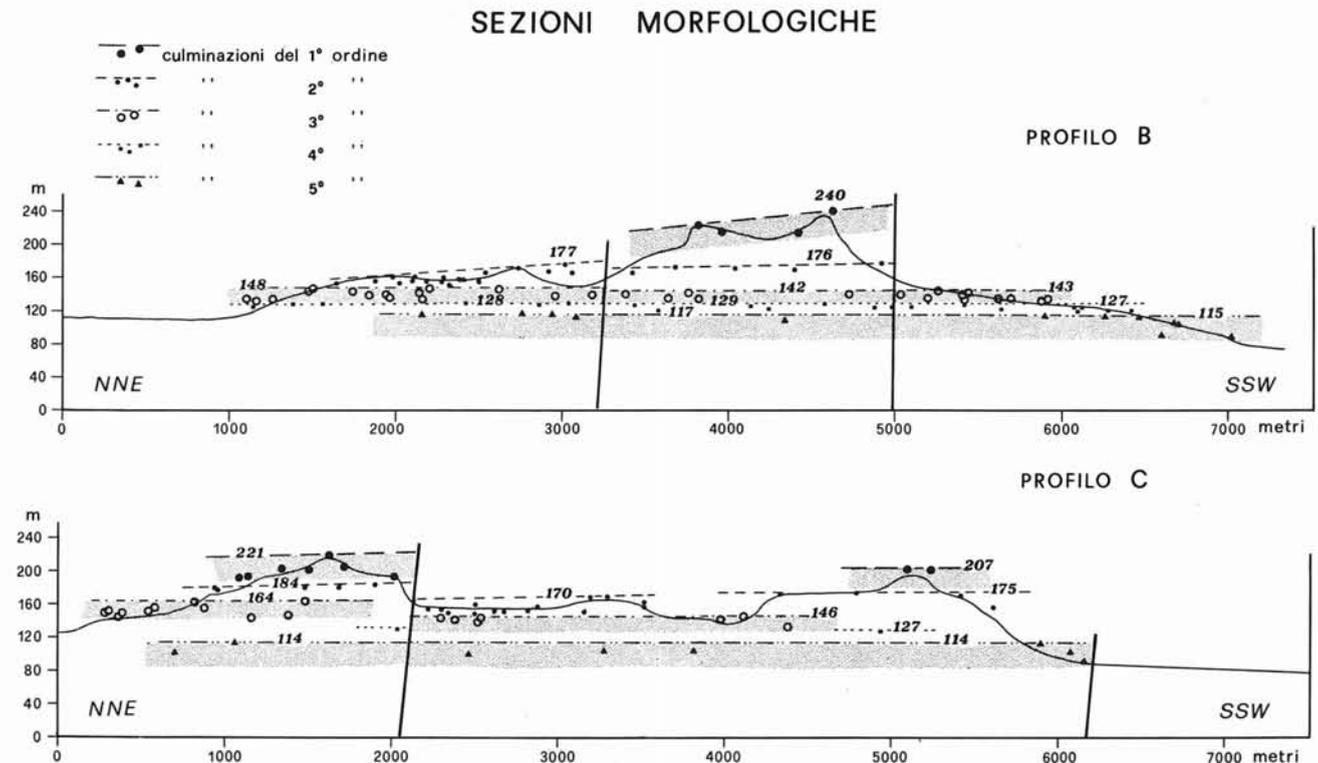


Fig. 13 - Sezioni esemplificative delle zone B e C ricavate dalla carta della « ricostruzione topografica dei rilievi ». Sui piani verticali delle sezioni sono stati proiettati tutti i valori di quota delle culminazioni tenendo conto del loro ordine di appartenenza, come indicato in fig. 5. La correlazione dei punti ha permesso di ricavare gli andamenti in sezione delle superfici, che sono state contraddistinte in base al valore della quota massima: le superfici del 1°, 2° e 3° ordine sono suborizzontali o inclinate verso Nord; inoltre esse si trovano rialzate a Settentrione delle faglie inverse poste a sinistra nel disegno. Le superfici del 4° e 5° ordine sono suborizzontali o inclinate leggermente verso Sud e non sembrano interessate dalle faglie sopra citate.

appartenenza (come indicato in fig. 5). Questo tipo di rappresentazione visualizza, in uno spaccato verticale, l'andamento altimetrico globale di tutte le superfici presenti nelle zone B e C.

Nel *profilo B*, ad esempio, i punti più alti (1° ordine) sembrano indicare una superficie probabilmente basculata verso N e avente una quota massima di 240 m. Le sottostanti culminazioni del 2° ordine si correlano bene secondo una superficie (con quota massima a 176 m) anch'essa leggermente inclinata verso Nord; nel settore settentrionale, al di là della faglia (indicata in fig. 12), la correlazione delle culminazioni del 2° ordine (che qui, come in tutti gli altri casi, viene fatta sulla base delle quote più alte) fornisce un andamento ancora più inclinato verso Nord. Sempre nel profilo B, settore centro-meridionale, la superficie del 3° ordine è ben documentata da numerose misure e mostra un andamento pressoché orizzontale, alla quota di 142-143 m; nel settore settentrionale l'analoga superficie è a quota maggiore, con valore massimo a 148 m. Infine i due ordini più bassi non sembrano risentire gli effetti delle faglie, avendo andamenti regolari alle quote di 127-129 m e 115-117 m, leggermente inclinati verso Sud.

Nel *profilo C* risulta molto evidente l'effetto della faglia inversa (fig. 12): le culminazioni del 1° ordine sono a quote nettamente diverse nei due settori meridionale e settentrionale (rispettivamente 207 e 221 m). Le culminazioni del 2° ordine sono indicative di una superficie basculata verso Nord nel settore meridionale (da 175 a 170 m) e sono a quote più basse che nel settore settentrionale (184 m). La superficie del 3° ordine è praticamente orizzontale nel settore meridionale, alla quota massima di 146 m, nettamente più bassa però che a Nord, dove è collocabile alla quota di 164 m. Poco documentata la superficie del 4° ordine (127 m), mentre la più bassa ha andamento suborizzontale, alla quota di 114 m.

Con questo procedimento è stato possibile correlare tutti i gruppi di culminazioni e identificarli con « paleosuperfici di spianamento » (la cui interpretazione verrà data nelle conclusioni), così come è rappresentato nella fig. 14. In questo caso si è utilizzata la « base topografica ricostruita » della tav. 2, in quanto questo tipo di rappresentazione, come si è già dimostrato, mette meglio in evidenza le superfici suborizzontali di quanto non faccia la carta topografica reale.

Le quote che compaiono nella fig. 14 sono i *valori massimi* di ogni raggruppamento di quote, in quanto si è ritenuto che essi siano i più rappresentativi dell'originaria quota della superficie di partenza (anteriore, cioè, alla fase erosiva).

L'esame comparato della fig. 14 con gli istogrammi della fig. 6 permette di fare le seguenti osservazioni di carattere generale: 1) la superficie più bassa, del 5° ordine, non risulta tanto ben definita nella fig. 14 in quanto il numero di culminazioni che la rappresentano è relativamente scarso. In effetti questo ordine è documentabile più con vere e proprie superfici terrazzate che con culminazioni; inoltre vi è una forte dispersione nei valori delle quote delle culminazioni, come mostrano gli

istogrammi. In realtà questo ordine è da considerarsi *composito*, cioè costituito da due ordini di terrazzi che, in questa sede, sono stati per comodità riuniti in un unico. Essi andrebbero quindi studiati con metodo diverso e con maggiore attenzione per le quote, al fine di evidenziare eventuali lievi deformazioni non messe in risalto nella presente nota. 2) Ben documentato dalle culminazioni risulta il 4° ordine, particolarmente nelle zone A, B e D; la superficie rappresentativa è di poco inclinata verso Sud (valori in fig. 2) e probabilmente si alza in quota da Ovest verso Est (v. classi modali in fig. 6). 3) Circa 90 culminazioni documentano la superficie del 3° ordine; nella zona A e nei settori meridionali delle rimanenti zone B, C e D, la si ritrova a quote simili, di 142-146 metri; nei settori settentrionali invece appare nettamente sollevata: fino a 148 m in B, fino a 164 m in C e fino a 176 m in D; quindi con valori nettamente crescenti verso Est. 4) Analogamente mostra la superficie del 2° ordine: nei settori settentrionali delle zone B, C e D essa si eleva in quota da Ovest verso Est con valori, rispettivamente per le tre zone, di 177, 184 e 195 m. Nei settori meridionali, come si è già detto, essa si presenta basculata verso Nord, con altitudine simile in B e C (circa 175 m), più bassa però in A (153 m) e più alta in D (185 m). Quindi è una superficie chiaramente più sollevata ad Est. 5) Il gruppo di culminazioni e di crinali più alti (1° ordine), pur avendo sensibili differenze altimetriche, è stato attribuito ad un'unica superficie iniziale che con il sollevamento, sia a causa della Tettonica disgiuntiva, sia a causa dell'erosione differenziale, avrebbe dato luogo a « morfologie residuali » identificabili con le culminazioni stesse; non ci sono motivi del resto per credere che esse possano riferirsi a 2 superfici diverse. È la superficie che si presenta maggiormente dislocata, raggiungendo i 261 m nel settore orientale del M. Candia, quote intermedie nella zona B a Occidente (240 m al M. S. Caterina), quote minime nella zona C (221 m al Colle Guardafuoco e 207 m al M. S. Biagio). Anche in questo caso i sollevamenti, che *risultano conformi* con quelli subiti dagli ordini 2° e 3°, sono maggiori sia a Nord sia ad Est. È d'altra parte immaginabile che questa superficie avesse già inizialmente una inclinazione originaria, con immersione verosimilmente verso WSW (v. Conclusioni).

## 5.2. CARATTERI MORFOLOGICI

Le culminazioni, isolate o impostate lungo crinali (tav. 1), sono state dunque l'elemento morfologico di riferimento per riconoscere originarie superfici da cui le culminazioni stesse si considerano derivate come conseguenza di una forte azione erosiva (e di cui l'attuale reticolo idrografico ne è testimonianza). Se un elemento di difficoltà per distinguere un ordine dall'altro è stata la Tettonica (fig. 12) che le ha dislocate, così una difficoltà per la loro assegnazione ad un determinato ordine è stata la variabilità delle quote delle culminazioni nell'ambito dell'ordine stesso.

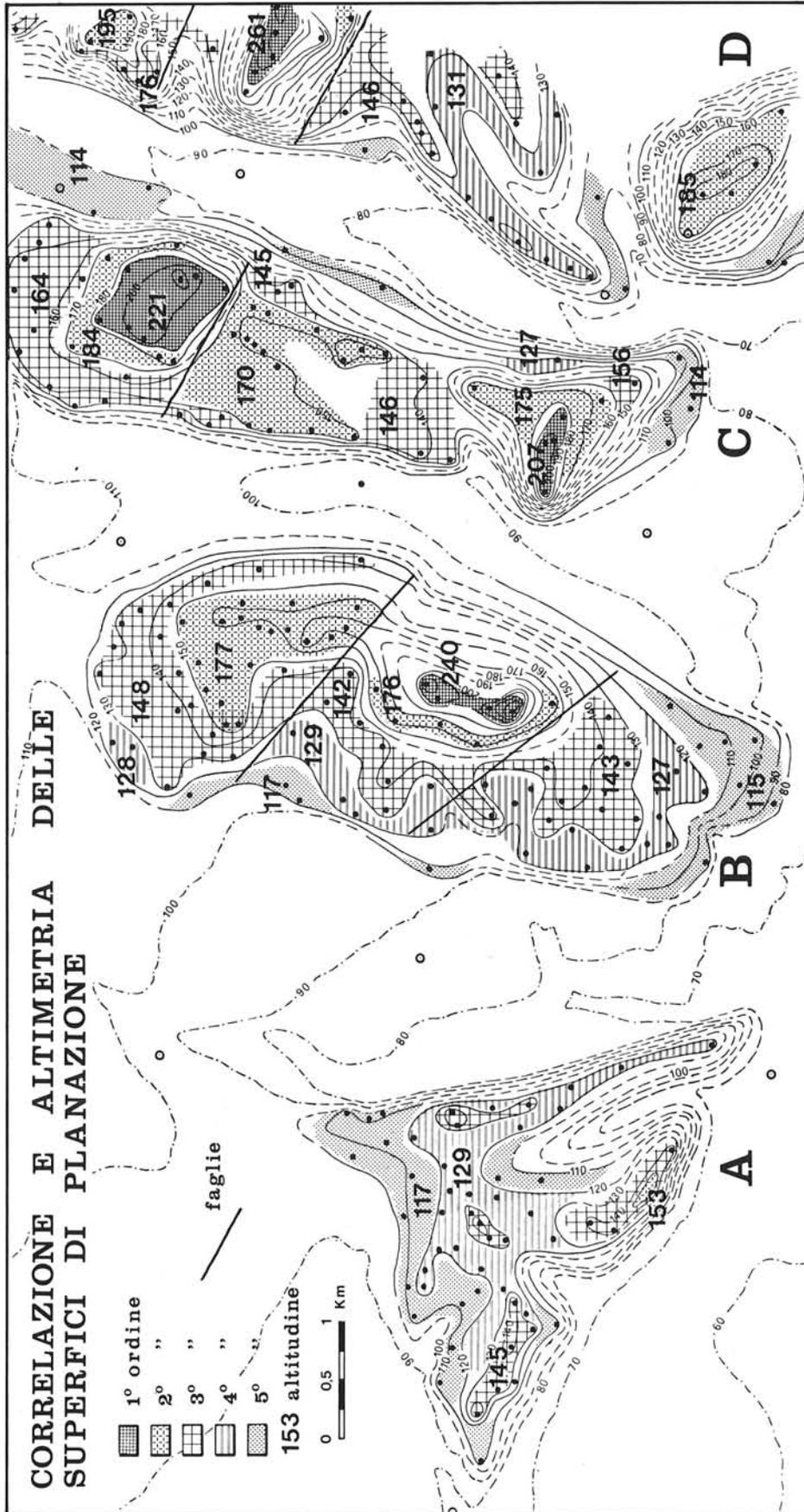


Fig. 14 - Distribuzione delle superfici di planazione sulla base topografica della tav. 2; la correlazione tiene conto dell'effetto delle faglie principali che hanno dislocato le superfici stesse (come messo in evidenza nei profili della fig. 13). L'altimetria delle superfici, basata sulla quota della più alta culminazione presente in ogni singolo ordine, mette in evidenza le variazioni areali di altitudine; esse sono maggiori per gli ordini di superfici più alte, mentre risultano irrilevanti per i due ordini più bassi. Le quote delle culminazioni più alte, utilizzate per contraddistinguere le singole superfici, sono state ritenute le più rappresentative per indicare l'originaria quota della superficie di planazione, prima dell'avvio dei processi erosivi.

I *profili topografici* della fig. 15 mostrano alcuni tipici andamenti di spartiacque (fig. 16), lungo i quali si collocano di preferenza le culminazioni. La scala delle altezze esagerata di 4 volte rispetto a quella delle lunghezze mette in evidenza il succedersi delle cime: nel profilo A è ben rappresentato il 3° ordine; nel profilo B è sviluppato il 5° ordine, chiaramente su due livelli diversi, mentre il 4° ordine fa solo da raccordo con il 3°; nel profilo C è messo in evidenza il 1° ordine; il profilo D mostra bene sia il 1° ordine sia il 2°, che appare bascolato; nel profilo E infine è raffigurato il 4° ordine, con culminazioni che si succedono per circa 2 km.

Le domande che ci si può porre sono queste: come si sono formate da una superficie suborizzontale culmina-

zioni a quote diverse? Le culminazioni si presentano con le stesse caratteristiche nei vari ordini di superfici? Nella fig. 17 è schematizzato il meccanismo che può aver portato alla formazione delle culminazioni in seguito al sollevamento di una certa area, suborizzontale o a debole pendenza. L'erosione interviene a contrastare il sollevamento e, se questo prevale, il sollevamento definitivo risultante sarà diverso da zona a zona in funzione della costituzione litologica del substrato o del gioco erosivo determinato dal pattern del drenaggio. Da ciò si può trarre una prima conclusione: se il dislivello  $\Delta q$  tra due culminazioni dello stesso ordine si è prodotto per erosione differenziale di due litotipi diversi, conoscendo i rispettivi tassi di erosione si potrebbe risalire al tempo che si è reso necessario affinché si producesse tale disli-

### PROFILI TOPOGRAFICI

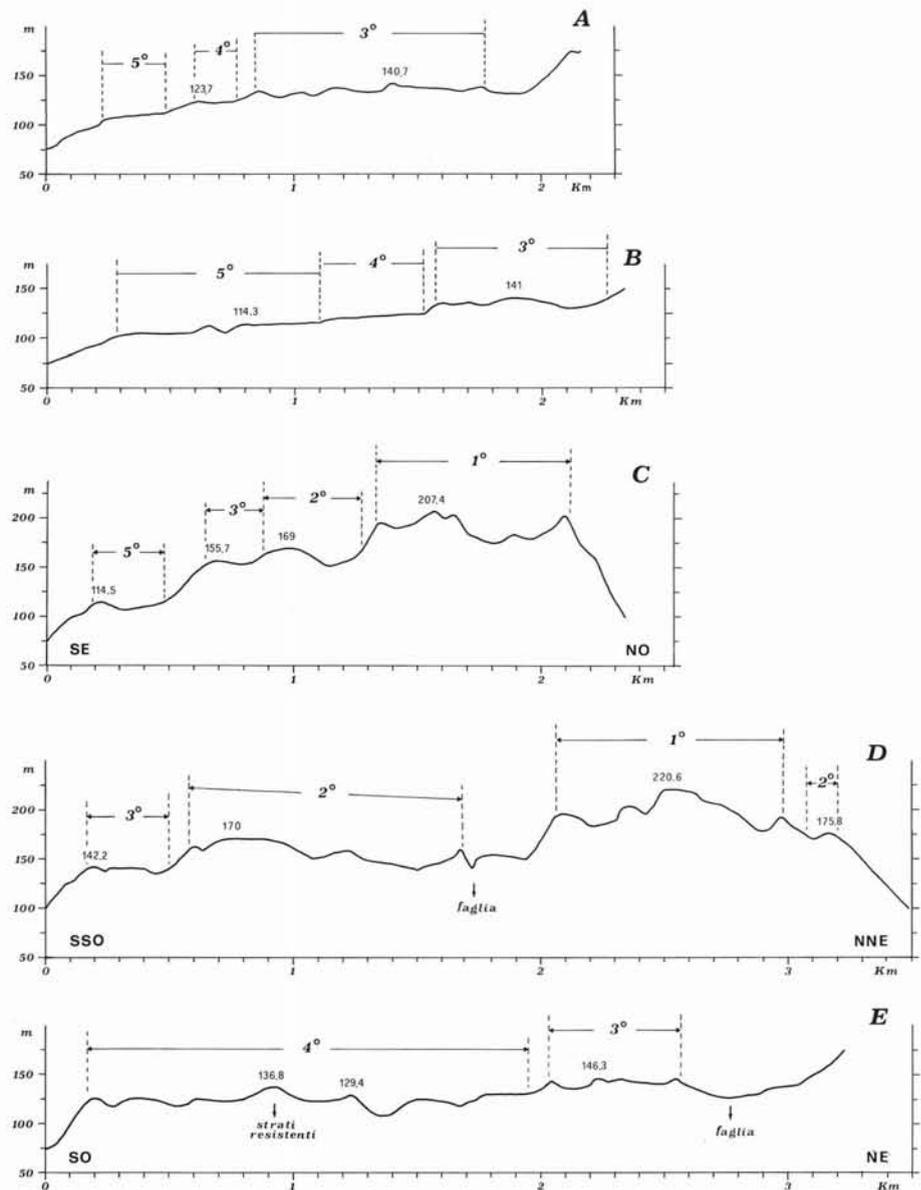


FIG. 15 - Profili topografici esemplificativi tracciati lungo alcuni spartiacque (v. fig. 16), che mostrano il succedersi di culminazioni disposte a livelli altimetrici differenti. Nel profilo A è ben rappresentato il 3° ordine; nel profilo B il 5°; nel profilo C il 1°; nel profilo D il 1° e il 2° (che appare bascolato verso N); nel profilo E il 4° ordine.

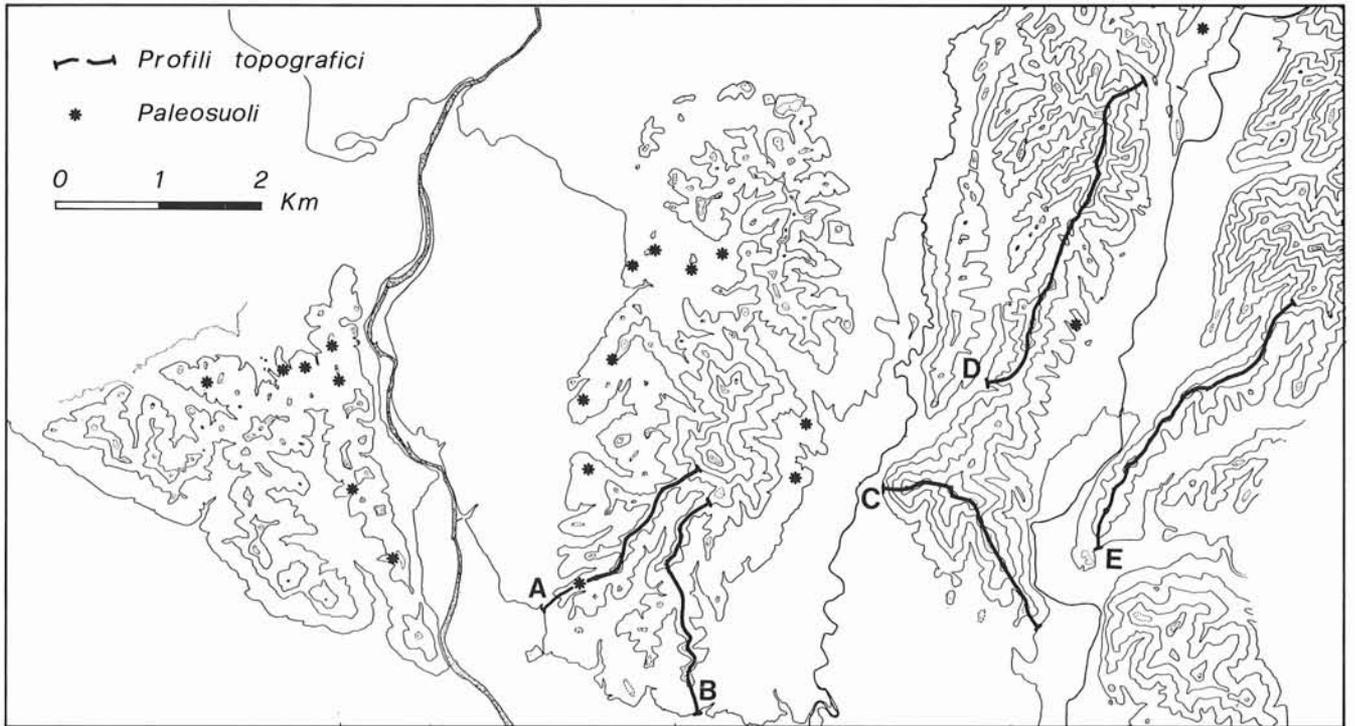


FIG. 16 - Traccia dei profili topografici A, B, C, D ed E (vedi fig. 15); essi sono stati impostati lungo interfluvii in modo da mettere in evidenza il succedersi delle culminazioni alle diverse quote. Con l'asterisco è indicata l'ubicazione dei migliori affioramenti di paleosuoli. Essi compaiono solamente sulle superfici del 4° e 5° ordine, cioè a quote comprese tra 100 e 130 metri sul mare.

vello (che è indipendente dalla velocità di sollevamento).

Una seconda considerazione nasce dall'esame dei valori dei dislivelli  $\Delta q$  calcolati per ogni singolo ordine,

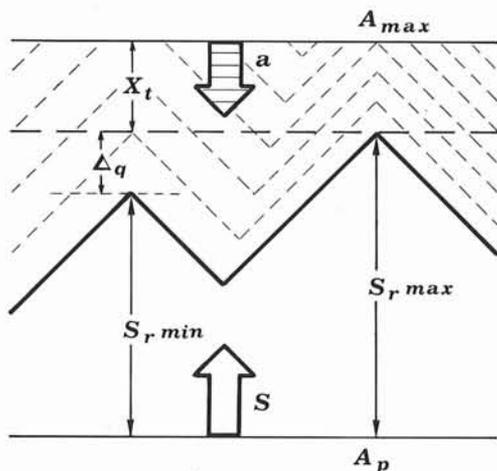


FIG. 17 - Tentativo di schematizzare il processo di formazione di culminazioni a quote diverse a partire da un'originaria superficie di planazione suborizzontale:  $A_p$ ) altitudine originaria della superficie prima del sollevamento;  $A_{max}$ ) altitudine ideale massima a cui è stata portata la superficie per effetto del sollevamento;  $S$ ) sollevamento globale per cause tettoniche (prevalenti);  $a$ ) abbassamento della superficie per erosione;  $X_t$ ) abbassamento minimo (incognito) causato dai processi erosivi nel tempo  $t$ ;  $\Delta q$ ) dislivello riscontrabile tra due culminazioni dello stesso ordine causato da differenti velocità di erosione;  $S_r$ ) sollevamento effettivo risultante. Lo schema potrebbe valere anche per sollevamenti *relativi*, ma nel caso specifico l'area dei rilievi ha subito un reale sollevamento.

distinguendo tra loro sia le aree meridionali separate per faglia da quelle settentrionali, sia le singole zone A, B, C e D. Nei grafici della fig. 18 gli andamenti ricavati zona per zona, e in particolare quello ricavato sulla base dei dislivelli massimi, indicano chiaramente l'esistenza di un rapporto di proporzionalità diretta tra dislivello e quota degli ordini. Dall'ordine più basso a quello più alto, cioè dal più recente al più antico, il valore del dislivello  $\Delta q$  tra culminazioni di un medesimo ordine aumenta; infatti i processi erosivi in genere, e l'erosione selettiva in particolare, hanno avuto più tempo per agire. È un risultato logico, ma che costituisce anche un'ulteriore prova della distinzione operata tra un ordine di superfici e l'altro.

## 6. CONCLUSIONI

I bassi rilievi collinari a Sud di Cividale del Friuli, intagliati dalle valli dei fiumi Natisone e Iudrio e del T. Corno, sono incisi da una fitta rete drenante (fig. 4) che conferisce a quest'area un'impronta morfologica caratteristica tale da contraddistinguerla dai rilievi pedemontani che, a NE, si saldano con essa e che sono analogamente costituiti da terreni in facies di flysch. Un'altra particolarità è la presenza di numerose cime (fig. 2) che in tutta l'area studiata ( $7 \times 3$  km) oscillano in massima parte tra 100 e 200 metri sul l.m. (tav. 1), con una distribuzione però delle quote delle culminazioni secondo livelli preferenziali (fig. 6). Lo studio di campagna ha evidenziato che elementi morfologici quali crinali

suborizzontali, spianate e culminazioni, aventi quote tra loro simili, potevano essere attribuiti a originarie superfici di planazione, disposte in più ordini di quote, ora profondamente smembrate dall'erosione (fig. 5). La « ricostruzione topografica dei rilievi », effettuata utilizzando i valori delle quote di tutte le culminazioni (interpretate come morfologie residuali dell'antica topografia) ha confermato la presenza di superfici suborizzontali disposte a quote diverse (tav. 2). Lo studio tettonico dell'area ha messo in evidenza la presenza di numerose faglie e di notevoli complicazioni strutturali (fig. 12) che hanno in gran parte trovato corrispondenza nel campo dei lineamenti dedotti dalle foto aeree e dalle carte topografiche (fig. 11). Questa dipendenza della morfologia dalla Tettonica, confermata dalle dislocazioni delle superfici (fig. 13), ha permesso la correlazione finale delle superfici omologhe tra di loro (fig. 14). Sono stati così individuati cinque ordini di superfici, ognuno dei quali risulta dalla interpolazione di un certo numero di culminazioni aventi quote simili. La variabilità di tali quote, che si riscontra all'interno di ogni singolo ordine, area per area (indipendentemente cioè dalla Tettonica), può avere un certo legame con la litologia, che è appunto caratterizzata da banchi o pacchi di strati arenacei o calcarenitici (più resistenti) entro sottili alternanze torbiditiche (meno resistenti) (fig. 7), ed è sicuramente in funzione dell'età della superficie. Infatti procedendo dagli ordini più bassi a quelli più alti (cioè dai più recenti ai più antichi) aumenta l'intervallo di oscillazione delle quote delle culminazioni appartenenti ad ogni singolo ordine (fig. 18).

### 6.1. GENESI DELLE SUPERFICI

Una interpretazione genetica delle superfici e un tentativo di datazione delle stesse può essere fatto prendendo in esame l'evoluzione geodinamica e gli aspetti strutturali del settore orientale dell'alta pianura friulana e dei rilievi pedemontani tra Cividale e Gorizia.

Compresa tra il sovrascorrimento Tricesimo-Cividale a Nord e la faglia inversa Buttrio-Udine a Sud (CARULLI & alii, 1980), l'area in esame ha risentito nella sua evoluzione dell'attività di queste due importanti linee ad andamento dinarico (AMATO & alii, 1976). La fascia di territorio compresa tra esse era probabilmente emersa già durante tutto il Pliocene; non ci sono prove infatti che esistano, o che si siano depositi, sedimenti marini pliocenici o quaternari a Nord della Linea Buttrio-Udine. Nel pozzo « Terenzano 1 » (AGIP, 1969), ubicato a quota 75 m (circa 7 km a Sud di Udine), 216 m di ghiaie e sabbie *continentali* attribuite al Quaternario poggiano direttamente sul substrato flyschoidale. Alla fine del Pliocene e nel Pleistocene inferiore l'area in esame subisce un sollevamento probabile (CAROBENE & alii, 1979) che nel Pleistocene medio e superiore diventa certo. In attività certa anche le Linee Buttrio-Udine e Cividale-Tricesimo, che separano la zona meridionale di pianura in abbassamento da quella prealpina in sollevamento; all'attività delle faglie inverse dinariche, con accavallamento verso SW, si accompagna una loro trascorrenza destrorsa (ZANFERRARI & alii, 1982). In conse-

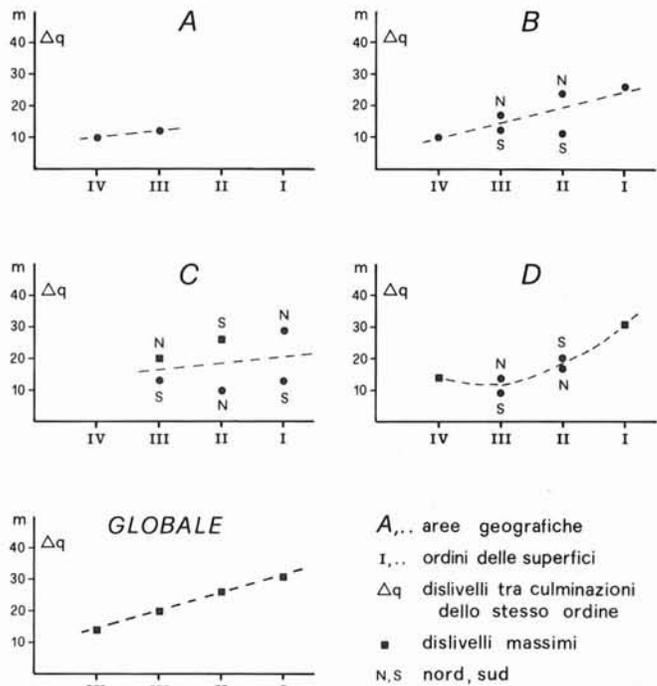


FIG. 18 - Diagrammi dei valori dei dislivelli  $\Delta q$  riscontrati nei vari ordini. L'analisi è stata effettuata separatamente per le 4 zone in cui l'area dei rilievi è stata suddivisa; nell'ambito delle singole aree geografiche sono stati distinti inoltre i settori a Nord e a Sud delle principali faglie inverse. Gli andamenti, in particolare quello ricavato sulla base dei dislivelli massimi, indicano sempre chiaramente che il valore dei dislivelli tra culminazioni di un medesimo ordine aumenta dall'ordine più basso a quello più alto, cioè dal più recente al più antico.

guenza di ciò si producono forti erosioni nel settore pedemontano in sollevamento e sedimentazione continentale nella pianura in abbassamento. Nella fascia intermedia, nella quale si colloca la zona oggetto di studio, si creavano pertanto le condizioni per la formazione di estese superfici di raccordo tra rilievi montuosi e pianura. Questi glacis d'erosione vengono a loro volta *localmente* coinvolti (anche per l'attivazione di faglie NE-SW) dal sollevamento che si accentua nel Pleistocene medio e superiore e che si esplica con una migrazione verso SW del settore di più intensa deformazione (ZANFERRARI & alii, 1982); questo comportamento è documentato anche dal fascio di sovrascorrimenti sepolti nella pianura tra Udine e Palmanova e vergenti appunto verso SW (CAROBENE & CARULLI, 1981).

Quindi, alla formazione del glacis d'erosione, che si può genericamente collocare nel Pleistocene inferiore, segue l'instaurarsi su di esso di una rete drenante, conseguentemente al suo locale sollevamento nel Pleistocene medio e superiore. La primitiva superficie del glacis può essere quindi identificabile con la superficie sommitale del 1° ordine individuata con l'analisi delle culminazioni più alte (fig. 14); gli altri ordini di superfici corrispondono probabilmente a terrazzi fluviali sollevati dei fiumi Natisone, Iudrio e del T. Corno. L'analisi dei paleosuoli rinvenuti sulle superfici del 4° e 5° ordine (fig. 16) potrà forse fornire criteri per una datazione più precisa.

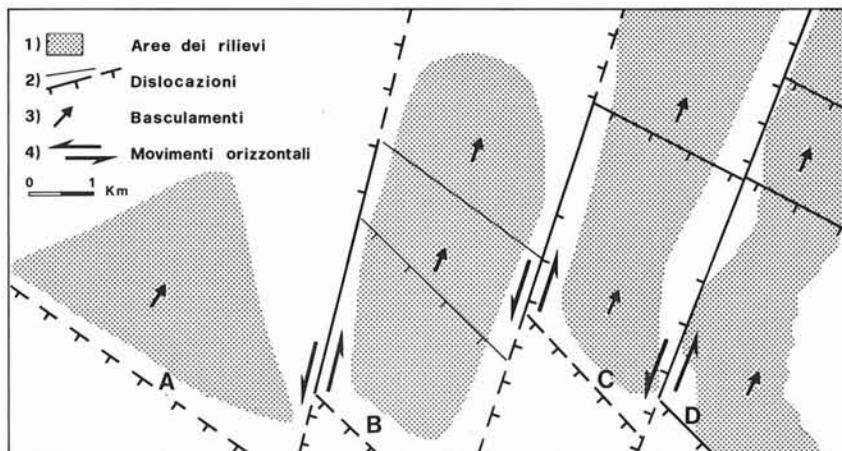


FIG. 19 - Schema cinematico interpretativo dell'area desunto dalla carta strutturale (fig. 12) e dalle deformazioni subite dalle superfici di planazione durante il Quaternario (fig. 14). Il modello mostra le quattro zone A, B, C e D separate da faglie trascorrenti sinistre, con i fronti meridionali rialzati rispetto alla pianura (e accavallati verso Sud) e sfasati tra di loro con motivo a gradinata. Nel simbolo generico di « dislocazioni » i trattini indicano la parte ribassata. Il modello trova la sua giustificazione nel campo di sforzi neotettonici che presenta la spinta compressiva massima orientata SSE-NNW. Per ulteriori spiegazioni si rimanda al testo.

## 6.2. DEFORMAZIONE DELLE SUPERFICI

Al modello ora proposto di genesi delle superfici di planazione e dei terrazzi, può essere affiancato un modello cinematico basato sulla deformazione delle stesse e, più in generale, su tutti gli aspetti morfografici e tettonici riscontrati nell'area. Si sono tenuti in considerazione essenzialmente i seguenti punti:

a) l'area è distinguibile in quattro zone (A, B, C e D) in quanto manca una continuità laterale tra di esse, sia per gli aspetti morfologici sia per quelli litologici e tettonici. Le quattro zone sarebbero quindi separate lateralmente da faglie con andamento circa NNE-SSW (fig. 19). Ciò è confermato dalle osservazioni sul terreno e dallo studio delle lineazioni.

b) I quattro gruppi collinari anzidetti sono bordati a Sud da faglie per le seguenti ragioni: i margini meridionali (ad eccezione della zona B) coincidono con crinali disposti circa NW-SE che si raccordano velocemente con la pianura; lo stacco pianura-rilievi è tanto più emblematico in quanto gli strati hanno sempre immersione verso NE (figg. 8, 9 e 10). Inoltre, in prossimità del bordo meridionale, sono riscontrabili deformazioni degli strati quali locali rovesciamenti (zona C e D), aumento dell'inclinazione (zona B) o addirittura presenza di un netto motivo anticlinalico (zona A). Le faglie con andamento NW-SE hanno quindi ribassato il labbro rivolto verso la pianura.

c) All'interno delle singole zone sono documentabili basculamenti verso NE, con la parte rialzata in prossimità delle faglie. Subito a Settentrione di ogni faglia infatti si sviluppano i crinali più alti; inoltre le superfici interpretate come terrazzi fluviali hanno un andamento generalmente suborizzontale o addirittura immergente verso Nord. Ciò è in contrasto con l'attuale assetto del reticolo idrografico (fig. 4). Poiché c'è analogia tra la situazione morfologica a Settentrione delle due faglie inverse (fig. 12) segnalate nelle zone C e D e le faglie ipotizzate a Sud a delimitare i rilievi, è lecito supporre che anche queste siano inverse.

d) La correlazione delle superfici di planazione del 1°, 2° e 3° ordine (fig. 4) ha messo in risalto che i vari blocchi in cui l'area è suddivisa hanno subito movimenti

verticali (risultanti) di ordine differente, successivamente alla formazione delle superfici stesse.

e) Il modello finora delineato, con fronti rialzati e probabilmente accavallati a Sud, sfasati tra di loro con motivo a gradinata, suggerisce che le faglie NNE-SSW (di cui al punto a) siano trascorrenti sinistre (fig. 19). Ciò è confermato anche da osservazioni di campagna.

Lo schema cinematico risultante (fig. 19) è conseguente con i modelli meccanici noti di deformazione (che associano faglie inverse e trascorrenti) e risulta compatibile con il quadro geodinamico descritto nel paragrafo precedente. Il modello trova infatti la sua giustificazione nel campo di sforzi neotettonici che presenta la spinta compressiva massima orientata SSE-NNW, come già evidenziato (ZANFERRARI & alii, 1982) per il settore prealpino nord-orientale e dell'alta pianura friulana. Tale conclusione concorda inoltre con il quadro attuale dell'orientazione degli sforzi nell'area del Veneto e Friuli-Venezia Giulia, desunto anche da misurazioni *in situ* dello stress, dalla risoluzione di meccanismi focali e dalle zone attive di accavallamento (come riportato da WISE & alii, 1979).

## BIBLIOGRAFIA

- AMATO A., BARNABA P. F., FINETTI I., GROPPI G., MARTINIS B. & MUZZIN A. (1976) - *Geodynamic outline and seismicity of Friuli-Venezia Giulia Region*. Boll. Geof. Teor. Appl., 72 (1), 217-256, Trieste.
- AMBROSETTI P., CARRARO F., DEIANA G. & DRAMIS F. (1983) - *Il sollevamento dell'Italia Centrale tra il Pleistocene inferiore e il Pleistocene medio*. Contrib. Conclus. Realizz. Carta Neotettonica Italia, pubbl. 513 (2), 1982, 219-223, CNR Prog. Final. Geod., Sottoprogr. Neotettonica.
- BARTOLINI C. (1980) - *Su alcune superfici sommitali dell'Appennino Settentrionale (prov. di Lucca e di Pistoia)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 3, 42-60, 27 ff., 1 tav.
- BERNINI M., CLERICI A., PAPANI G. & SGAVETTI M. (1977) - *Analisi della distribuzione plano-altimetrica delle paleosuperfici dell'Appennino emiliano occidentale*. L'Ateneo Parmense, Acta Nat., 13, 645-656.

- CAROBENE L., CARULLI G. B. & ONOFRI R. (1979) - *Dati preliminari sulla Neotettonica dei fogli 26 (Tolmino) e 40<sup>A</sup> Gorizia (p.p.)*. Nuovi Contrib. Realizz. Carta Neotettonica Italia, pubbl. 251, 261-272, 3 ff., CNR, Prog. Fin. Geod.
- CAROBENE L. & CARULLI G. B. (1981) - *Fogli 40<sup>A</sup> Gorizia e 53<sup>A</sup> Trieste; Foglio 26 Tolmino; Foglio 25 Udine; Foglio 40 Palmanova*. Carta Tettonica Alpi Meridionali (a cura di A. CASTELLARIN), pubbl. 441, CNR, Prog. Final. Geod. (S.P. 5).
- CARRARO F., MARTINOTTI G. & POLINO R. (1978) - *Lineamenti e faglie: analisi delle possibilità di corrispondenza tra i due fenomeni*. Gruppo Studio Quatern. Pad., Quad. 4, 111-120, 2 ff., Litografica S.T.E.P., Parma.
- CARULLI G. B., CAROBENE L., CAVALLIN A., MARTINIS B. & ONOFRI R. (1980) - *Evoluzione strutturale plio-quadernaria del Friuli e della Venezia Giulia*. Contrib. Prelim. Realizz. Carta Neotettonica Italia, pubbl. 356, 489-545, 3 ff., 25 carte, CNR, Prog. Final. Geod.
- CASTELLARIN A. & ZUCCHI M. L. (1963) - *Ricerche geologiche nell'Eocene di Rosazzo e Noax (Udine)*. Giorn. Geol., 30, 1962, 199-213, 4 ff., 2 tavv.
- CASTIGLIONI G. B. (1979) - *Geomorfologia*, 436 pp., 259 ff., UTET.
- COUSIN M. (1981) - *Les rapports Alpes-Dinarides. Les confins de l'Italie et de la Yougoslavie*. Soc. Géol. Nord, 5, 521 pp.
- DAINELLI G. (1915) - *L'Eocene friulano. Monografia geologica e paleontologica*. 721 pp., 27 ff., 55 tavv., 1 carta geol.
- DE GASPERI G. B. (1911) - *I terrazzi anteriori all'ultima fase glaciale nella pianura friulana*. « In Alto », 22, 97-105, 4 ff.
- FABIANI R. (1915) - *Il Paleogene del Veneto*. Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, 3, 336 pp., 37 ff., 9 tavv., 1 carta geol.
- FERUGLIO E. (1919) - *Terrazzi antichi sulle colline di Rosazzo nel Friuli*. « In Alto », 28-29-30, 11-13, 1 fig., Firenze.
- FERUGLIO E. (1925) - *Le Prealpi fra l'Isonzo e l'Arzino*. Boll. Ass. Agr. Friul., 39-40 (7), 301 pp., 8 tavv., 1 carta geol., Udine.
- MARTINIS B. (1955a) - *Rilievo geologico di dettaglio dei colli di Rocca Bernarda (Udine)*. Atti 1° Conv. Friul. Sc. Nat., 403-438, 4 ff., 1 carta geol., Tip. Del Bianco, Udine.
- MARTINIS B. (1955b) - *Contributo alla Paleontologia del Lutetiano di Rocca Bernarda (Udine)*. Riv. It. Pal. Strat., 62, 187-201, 1 tav., Milano.
- MARTINIS B. (1962) - *Ricerche geologiche e paleontologiche sulla regione compresa tra il T. Iudrio ed il F. Timavo (Friuli orientale)*. Riv. It. Pal. Strat., Mem. 8, 245 pp., 41 ff., 22 tavv., 1 carta geol.
- MARTINIS B. (1967) - *Friuli and Venezia Giulia Flysch*. In: « Sedimentological characteristics of some Italian turbidites. Geol. Romana, 6, 346-353, 9 ff., Roma ».
- PANIZZA M. & DELVECCHIO R. (1983) - *Le «superfici relitte» dell'Appennino modenese*. Contrib. Concl. Realizz. Carta Neotettonica Italia, pubbl. 506 (1), 1982, 97-103, 1 fig., CNR, Prog. Final. Geodin., Sottoprogr. Neotettonica.
- PICCOLI G. & PROTO DECIMA F. (1969) - *Ricerche biostratigrafiche sui depositi flyschoidi della regione adriatica settentrionale e orientale*. Mem. Ist. Geol. Miner. Univ. Padova, 27, 1-21, 3 tavv.
- SCHIROLI A. (1983) - *Riesame della distribuzione delle paleosuperfici appenniniche tra il F. Secchia e il T. Nure e tentativo di correlazione con le entità di erosione e di sollevamento*. Contr. Concl. Realizz. Carta Neotettonica Italia, pubbl. 513 (2), 1982, 309-358, 9 ff., CNR, Prog. Final. Geodin., Sottoprogr. Neotettonica.
- TARAMELLI T. (1870) - *Sulla formazione eocenica del Friuli*. Atti R. Acc. Udine, 1 (2), 1867-68, 25-26, 1 tav.
- TARAMELLI T. (1883) - *Le principali località fossilifere del Friuli*. « In Alto », 3, 75-78, Udine.
- VENZO G. A. & BRAMBATI A. (1969) - *Prime osservazioni sedimentologiche sul flysch friulano*. St. Trent. Sc. Nat., Sez. A, 46, 3-10, 2 ff.
- WISE D. U., FUNICIELLO R., PAROTTO M. & SALVINI F. (1979) - *Domini di lineamenti e di fratture in Italia*. Ist. Geol. Paleont. Univ. Roma, Pubbl. 42, 53 pp., 16 ff.
- ZANFERRARI A., BOLLETTINARI G., CAROBENE L., CARTON A., CARULLI G. B., CASTALDINI D., CAVALLIN A., PANIZZA M., PELLEGRINI G. B., PIANETTI F. & SAURO U. (1982) - *Evoluzione neotettonica dell'Italia nord-orientale*. Mem. Sc. Geol., 35, 355-376, 9 ff., 3 carte neotettoniche, Padova.