

CARLO BISCI, FERNANDO CALAMITA & FRANCESCO DRAMIS (*)

ANALISI COMPUTERIZZATA DELLA ORIENTAZIONE DI TRATTI DI RETICOLO IDROGRAFICO E IMPLICAZIONI NEOTETTONICHE: UN ESEMPIO NELL'AREA UMBRO-MARCHIGIANA (**)

Abstract: BISCI C., CALAMITA F. & DRAMIS F., *Computer-aided analysis of the orientation of fluvial network segments and neotectonic implications: an example in the Umbria-Marche area.*

A method of statistical analysis for the study of the orientation of drainage network segments is presented: it makes a large use of automatic data processing techniques, employing a personal computer by means of expressly developed software.

Informations on surficial hydrography are gleaned starting from topographic maps: drainage elements are rectified, hierarchized and measured, whilst the area under study (which has to be rectangular) is divided into geometrically equivalent elementary units according to a uniform grid. For each of the squares in this way individuated the complexive length and the total number of fluvial segments are calculated separately for each hierarchical order and for each of the considered directions. Data so obtained are stored in a computer which uses them to generate different kinds of graphics, pertinent both to each single territorial unit and to anyhow chosen clusters of them, as well as to the entire investigated area.

An application of the above mentioned methodology on a more than 1,500 square km wide model area belonging to the Umbria-Marche domain is then reported. The results in this way obtained are finally related to the geological-structural settlement of the area, sufficiently well-known.

KEY WORDS: Drainage network, Morphometry, Graphic methods, Neotectonics, Central Italy.

Riassunto: BISCI C., CALAMITA F. & DRAMIS F., *Analisi computerizzata della orientazione di tratti di reticolo idrografico e implicazioni neotettoniche: un esempio nell'area Umbro-Marchigiana.*

Viene presentata una metodologia di analisi statistica per lo studio dell'orientamento di tratti di reticolo idrografico che fa ampio uso di trattamento automatico di dati tramite l'impiego di un personal computer e di programmi appositamente ideati e scritti.

Le informazioni relative all'idrografia superficiale vengono desunte a partire da carte topografiche: gli elementi del drenaggio vengono rettificati, gerarchizzati e misurati, mentre l'area da investigare (di forma rettangolare) viene suddivisa in unità elementari geometricamente equivalenti secondo una griglia regolare a maglia rettangolare. Per ciascuna delle caselle così individuate vengono calcolati, separatamente per ciascun ordine gerarchico e per ognuna delle direzioni considerate, la lunghezza complessiva ed il numero totale dei tratti rettilinei ivi ricadenti. I dati così ottenuti vengono memorizzati in un elaboratore che

li utilizza per produrre grafici di diversi tipi, relativi sia a ciascuna delle unità di territorio sopra dette che a raggruppamenti delle medesime comunque scelti, oltre che all'intera area investigata.

Viene quindi riportata una applicazione delle metodologie suddette su di un'area campione, vasta oltre 1,500 kmq, appartenente al dominio geologico Umbro-Marchigiano. I risultati di tale analisi vengono infine messi in relazione con l'assetto geologico-strutturale dell'area, già sufficientemente noto.

TERMINI CHIAVE: Reticolo idrografico, Morfometria, Rappresentazione grafica, Neotettonica, Italia Centrale.

INTRODUZIONE

Il tracciato dei reticoli idrografici è facilmente condizionato e modificato da varie manifestazioni dell'attività tettonica, anche da quelle apparentemente meno vistose (AVENA & LUPA PALMIERI, 1969). Le aste rettilinee di una certa lunghezza, in particolare, risultano frequentemente impostate in corrispondenza di faglie e, soprattutto, di fratture, o *joints* (JUDSON & ANDREWS, 1955; WALLACE, 1967; COX & HARRISON 1979; CICCACCI & *alii*, 1987). Questa relazione tra elementi del reticolo di drenaggio e discontinuità tettoniche di tipo fragile appare particolarmente evidente se si impiegano metodi di analisi di tipo statistico. Questi, implicando lo studio di quantità rilevanti di dati, richiedono per una loro agevole applicazione di essere supportati dall'uso di elaboratori elettronici di adeguata potenza e capacità di memoria.

Il presente lavoro si inquadra nell'ambito di tali studi, proponendo una metodologia di indagine computerizzata della distribuzione degli orientamenti dei tratti formanti i reticoli di drenaggio, soprattutto in relazione al loro controllo geologico-strutturale.

METODOLOGIA DI ANALISI

La metodologia proposta utilizza dati relativi alla geometria del drenaggio superficiale desunti a partire da carte topografiche.

Le rappresentazioni cartografiche degli elementi del dre-

(*) Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Camerino.

(**) Lavoro eseguito nell'ambito del Progetto Nazionale di Ricerca "Morfoneotettonica" del M.P.I. (Fondi 40%) (Resp. Locale F. Dramis).

naggio (linee bleu) sono state dapprima classificate secondo il loro ordine gerarchico apparente (ovviamente dipendente dalla scala prescelta) seguendo lo schema proposto da STRAHLER (1952). Questa suddivisione è stata effettuata nella prospettiva di disporre di differenti elementi geomorfologici di riferimento per l'attività neotettonica, dato che, statisticamente, le aste fluviali di ordine minore, in generale di impostazione più recente e dal letto meno profondamente inciso (e quindi più libero di variare il suo andamento), sono influenzate dalle ultime fasi dell'attività tettonica più di quanto non lo siano le aste di ordine gerarchico più elevato (DRAMIS & GENTILI, 1975; CICCACCI & alii, 1987; BISI & alii, in stampa).

I singoli elementi così gerarchizzati sono stati quindi lisciati, trasformandoli in linee spezzate composte da segmenti aventi almeno un millimetro di lunghezza sulla carta (100 m reali nel caso vengano usate, come è stato fatto per l'area studiata nel presente lavoro, carte in scala 1:100.000). Di ciascun segmento è stata poi calcolata la lunghezza in mm (arrotondandola all'interno più vicino) e l'orientamento rispetto al nord: per questa ultima misura sono stati effettuati accorpamenti secondo classi aventi ampiezza pari a 10° , che variano da $N10^\circ$ a $N180^\circ$; è stato deciso di non tenere conto del verso di scorrimento delle acque essendo tale dato generalmente ininfluenza (o quantomeno di difficile interpretazione) per quanto riguarda il fine ultimo dell'analisi, ovverossia la caratterizzazione del controllo esercitato dalla tettonica sulla geometria del reticolo drenante.

L'intera area in esame, di forma rettangolare, è stata suddivisa per l'analisi secondo un reticolato a maglia regolare, individuante una matrice rettangolare di caselle (anch'esse di forma rettangolare) tra loro uguali per forma ed area; nella fig. 1 viene riportata la griglia relativa all'area campione considerata nel presente lavoro. Per ognuna delle porzioni elementari in cui risultava così suddiviso il territorio da esaminare sono stati quindi calcolati, per ciascun ordine e per ciascuna classe di direzioni, il numero e la lunghezza complessiva dei segmenti del reticolo drenante in essa ricadenti: i tratti comuni a due o più caselle sono stati attribuiti «*in toto*» a quella in cui ricadono per una percentuale maggiore della loro lunghezza.

I dati così ottenuti sono stati memorizzati per la successiva elaborazione elettronica su una memoria magnetica non volatile (*hard disk*) di un *personal computer* operante in ambiente MS/DOS. L'immagazzinamento dei dati è avvenuto secondo due distinte matrici (una relativa al numero di aste e l'altra alla loro lunghezza complessiva) tetradimensionali analoghe, aventi ciascuna come coordinate gli ordini gerarchici, le classi di orientazione, le colonne e le righe del reticolato di base. Nel caso dell'esempio proposto sono stati considerati 7 ordini, 18 classi direzionali, 25 colonne e 24 righe.

Il metodo di organizzazione dei dati prescelto rappresenta un compromesso tra l'esigenza di avere a disposizione dati relativi alla distribuzione spaziale delle caratteristiche del reticolo idrografico e le limitazioni di memoria e di velocità di elaborazione imposte dall'elaboratore uti-

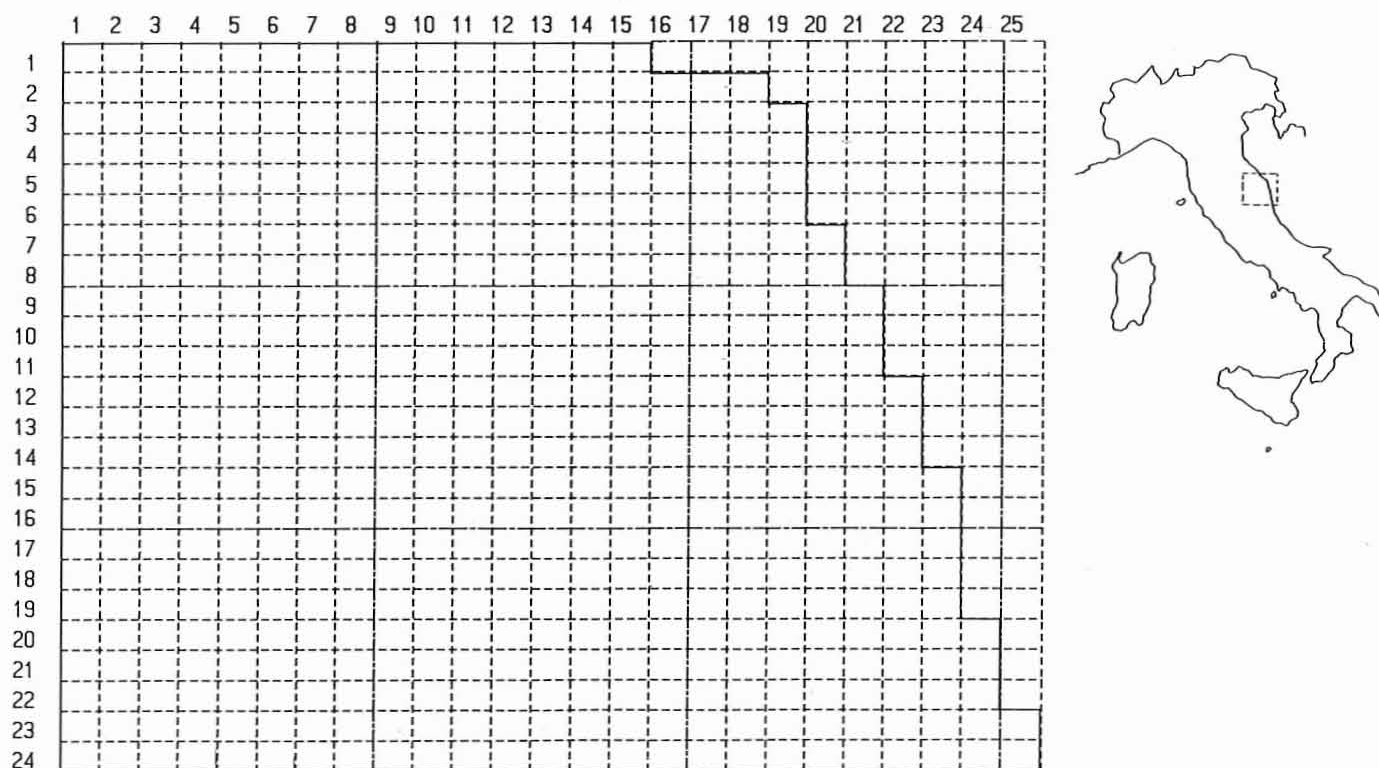


Fig. 1 - Ubicazione dell'area esaminata e sua suddivisione in elementi geometricamente omogenei secondo un reticolato regolare.

lizzato (Olivetti M24), il quale non ha capacità di memoria e velocità di accesso tali da consentire una utilizzazione sufficientemente agevole e rapida di dati memorizzati separatamente (ciascun segmento singolarmente con le proprie coordinate geografiche ed i propri attributi). Il criterio di memorizzazione utilizzato presenta inoltre il pregio di impiegare dati unitari omogenei, trattando porzioni elementari di territorio tra di loro uguali per forma ed area, e di permettere una agevole gestione dei medesimi, semplicemente identificabili in modo univoco tramite due coordinate (colonna e riga) rappresentate da numeri naturali, consentendo altresì di accorparli a piacere, velocemente e senza notevoli complicazioni.

Altre matrici, analoghe a quelle precedentemente descritte, sono state ricavate tenendo conto solamente delle aste aventi lunghezza maggiore di un minimo selezionabile a piacere; questa operazione è stata realizzata al fine di poter effettuare le successive analisi basandosi su dati il più possibile esenti dallo *scatter* conseguente l'impiego di tratti fluviali troppo brevi (e quindi poco significativi oltre che difficili da misurare accuratamente), senza per questo dover selezionare a priori, in fase di immissione dati, una lunghezza minima. Essa inoltre consente di eliminare dal novero degli elementi in esame i numerosi canali brevi di primo (o tutt'al più secondo) ordine, che si sviluppano lungo versanti caratterizzati da elevata acclività; per questi, infatti, la forma rettilinea del corso è principalmente dovuta alla loro forte inclinazione. Per quanto riguarda gli ordini superiori la procedura di taglio consente di non considerare i segmenti pseudo-rettilinei che derivano dalla rettificazione di meandri a vario raggio o ondulazioni del corso. Per la zona esaminata in questo lavoro sono stati effettuati tre diversi «tagli», alle lunghezze di 2, 4 e 6 mm sulla carta (rispettivamente 200, 400 e 600 m sul terreno). L'elaborazione automatica dei dati così memorizzati è consistita essenzialmente nella trasposizione grafica dell'andamento nello spazio delle caratteristiche delle aste fluviali. Tali peculiarità possono essere rappresentate così come sono registrate oppure possono essere variamente filtrate, lisce, mediate e rielaborate.

Come dispositivo di uscita principale è stata utilizzata una stampante grafica a matrice: essa è stata preferita al plotter per la sua maggiore velocità e per la prerogativa di non abbisognare di cambi manuali di carta dopo la produzione di ciascun grafico; tale scelta ha inoltre consentito l'uso di programmi per la produzione «in continuo» di disegni. Solo nella fase finale di analisi sono stati utilizzati grafici prodotti tramite plotter, al fine di poter lavorare su elaborati il più precisi e dettagliati possibile. Allo scopo di avere una taratura ed un controllo preliminare dei dati sono stati approntati alcuni programmi in grado di produrre grafici di tipo differente (istogrammi, curve XY, diagrammi a stella ed a spicchi, ecc.) relativi all'andamento delle aste (anche ripartite a seconda del loro ordine gerarchico) in ciascuna delle «caselle» in cui l'area da esaminare è stata suddivisa.

Identici grafici sono stati prodotti anche per diversi accorpamenti delle medesime unità territoriali effettuati

su base puramente geometrica (rettangoli formati da 2×2 , 3×3 , ecc. elementi) con differenti passi di scansione, al fine di avere dati il meno possibile affetti dallo *scatter* inevitabilmente connesso con l'uso di aree limitate (e quindi di quantità statisticamente non grandi di osservazioni).

Una fase successiva del lavoro ha previsto l'uso di programmi in grado di operare analogamente su accorpamenti comunque grandi e di qualsivoglia forma, anche discontinui, di unità di territorio (ad esempio di quelle in cui si fosse potuta verificare una sostanziale omogeneità delle caratteristiche del reticolo o di quelle di cui fosse nota una analoga situazione tettonica).

Il *software* approntato ha inoltre reso possibile produrre carte sintetiche relative alla distribuzione nell'area investigata delle caratteristiche (importanza relativa, tendenze negli ordini ecc.) di ciascuna direzione, oltre che di opportune classi di direzioni; durante l'elaborazione di tali carte è inoltre possibile operare con differenti passi di scansione. Sono anche generabili altri tipi di carte tendenti ad evidenziare la distribuzione spaziale dei valori modal degli orientamenti nei singoli ordini ed in accorpamenti degli stessi.

Un'ulteriore fase di studio ha preso origine dall'osservazione che le aste, essendo il loro corso fortemente influenzato da elementi tettonici, generalmente non mostrano nel complesso una distribuzione percentuale omogenea degli orientamenti, ma risultano essere maggiormente addensate intorno ad alcune direzioni modali, diradandosi peraltro in corrispondenza di altre (fig. 2). Partendo all'ipotesi che le varie direzioni ricadenti in ognuna di queste fasce di massimo possono essere ricondotte ad una singola azione di controllo tettonico (ovverossia ad un'unica famiglia di faglie e/o fratture), sono quindi stati approntati dei programmi in grado di accorpare i dati relativi a ciascuno di questi gruppi di orientamenti, producendo per ognuno di essi carte, curve di distribuzione e diagrammi stellari.

Particolarmente efficaci ai fini della determinazione delle caratteristiche di distribuzione degli orientamenti delle aste si sono dimostrate le carte di densità, tanto tridimensionali quanto ad isolinee. Le prime sono rappresentazioni del tipo blocco diagramma (fig. 3) in cui la coordinata z rappresenta l'importanza relativa percentuale, nel punto, della direzione (o gruppo di direzioni) in questione rispetto al totale delle direzioni. Le carte ad isolinee (fig. 4) rappresentano la restituzione topografica sul piano orizzontale della superficie sopra descritta. Per rendere le diverse carte il più possibile omogenee e confrontabili tra di loro è stato stabilito di utilizzare come valore dell'isolinea di base il valore medio nell'intera area del dato considerato (relativo ad una direzione o classe direzionale); le ulteriori curve di densità sono state poi plotate con passo (crescente e decrescente) pari al 10% di tale valore medio.

Analoghi elaborati sono stati inoltre ottenuti partendo da dati relativi solamente ad alcuni degli ordini gerarchici (selezionabili a piacere), separando così, in base a quanto detto in precedenza, le tendenze di orientamento preferenziale più «recenti» da quelle più «antiche».

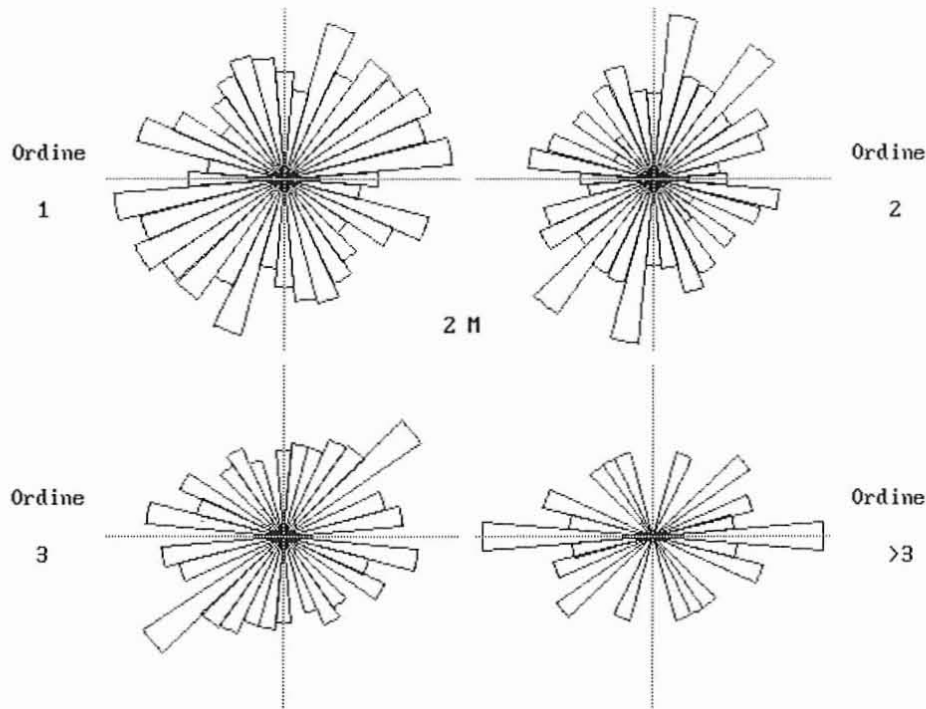


FIG. 2 - Distribuzione delle lunghezze cumulative delle aste nelle diverse direzioni.

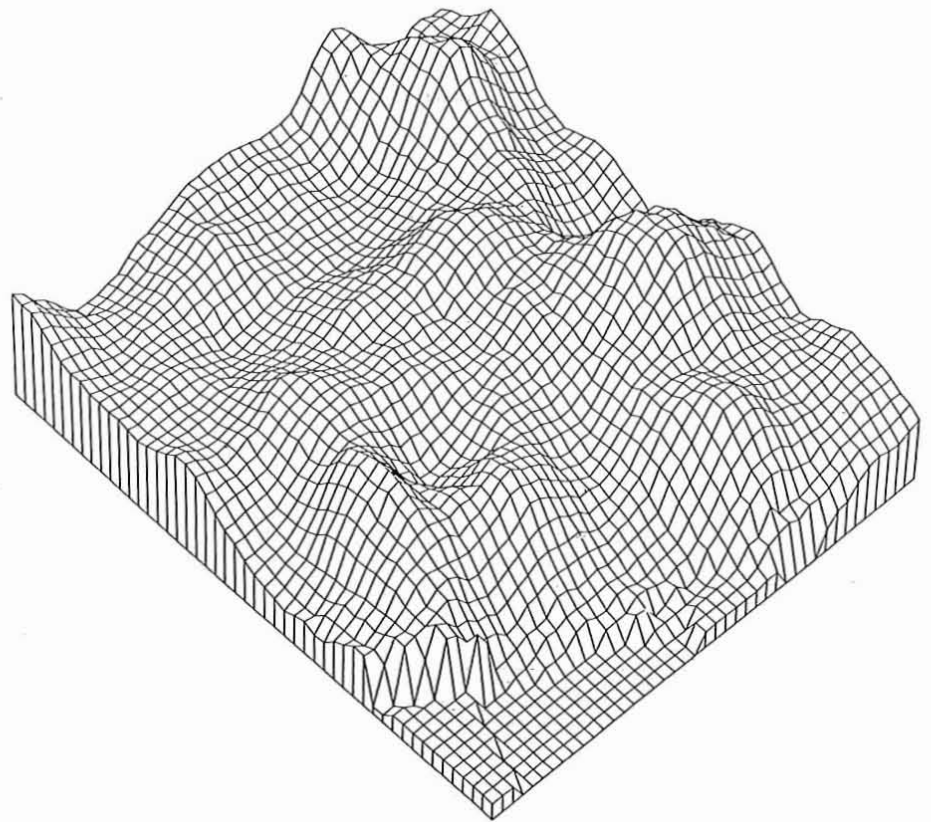


FIG. 3 - Esempio di blocco diagramma dell'area studiata: la coordinata 2 rappresenta l'importanza relativa della direzione in esame in ciascuna delle unità di territorio. L'area appare osservata da NE con un angolo verticale di 55° .

INQUADRAMENTO DELL'AREA STUDIATA

Per una prima taratura e verifica della metodologia proposta è stata posta in esame una porzione dell'Italia centrale vasta oltre 1.500 kmq, situata ad E del meridiano di

Roma-Monte Mario e compresa tra le latitudini $N 42^\circ 40'$ e $N 43^\circ 40'$ (fig. 1). Tale zona, estesa dal bacino umbro alla dorsale appenninica ed al bacino marchigiano esterno fino a raggiungere il Mare Adriatico, sotto l'aspetto geologico appartiene al dominio umbro-marchigiano. In essa

affiorano i termini della successione umbro-marchigiana, composta da rocce sedimentarie (calcari, marne, arenarie, peliti e gessi); i termini più antichi (Lias inferiore-Miocene), prevalentemente calcarei, sono presenti lungo la dorsale appenninica e sono bordati su entrambi i lati da unità terrigene più recenti; spostandosi ancora verso la costa adriatica si rinvengono termini via via più recenti, fino a raggiungere i sedimenti pleistocenici della fascia litoranea (AA. VV., 1982).

Da un punto di vista strutturale l'Appennino Umbro-Marchigiano è un complesso sistema a pieghe e sovrascorrimenti avente una tipica forma arcuata a convessità nord-orientale, venutosi a formare durante la fase compressiva che ha interessato l'area dal Messiniano al Pliocene medio (LAVECCHIA & PIALI, 1980; BOCCALETTI & *alii*, 1983, 1986; CALAMITA & DEIANA, 1986). I sovrascorrimenti descrivono la curvatura della catena appenninica, mostrando direzione NW-SE nella porzione settentrionale dell'area e N-S — N20° nella porzione meridionale. Le pieghe sono parallele ai sovrascorrimenti nella parte settentrionale, mentre in quella meridionale hanno un *trend* assiale NNW-SSE e, in prossimità dei *thrusts*, si interrompono o vengono ad interferire con altre strutture plicative parallele a questi ultimi. Soprattutto nella fascia a Nord sono presenti faglie trascorrenti-transpressive con direzione N180°-N20° e N90°-110°, rispettivamente destre e sinistre.

Nell'area marchigiana esterna gli elementi della catena scompaiono al disotto della sequenza sedimentaria del Pliocene medio-Pleistocene (post trasgressione). Locali affioramenti più esterni della catena si hanno nelle culminazioni del M. Conero e di Porto S. Giorgio.

Su tutta l'area si riconoscono inoltre faglie normali a direzione circa NW-SE e circa NE-SW (oltre ad altre subordinate a direzione circa E-W e circa N-S); detti elementi disgiuntivi sono connessi alla tettonica estensiva che a partire dal Pliocene medio-superiore ha iniziato ad interessare la porzione occidentale dell'area, coinvolgendo poi durante il Pleistocene anche il restante territorio, con massima intensità nella porzione sud-occidentale (CENTAMORE & *alii*, 1980; AMBROSETTI & *alii*, 1981; CICCACCI & *alii*, 1985). Analoghi andamenti ricorrono anche per i *joints*, tra i quali quelli ad andamento circa NE-SW spesso costituiscono strutture a scala megascopica.

I dati utilizzati per l'analisi del reticolo sono stati desunti a partire dall'esistente cartografia in scala 1:100.000 (Fogli I. G.M. Gubbio, Jesi, Ancona, Assisi, Macerata, Fermo, Foligno, Norcia e Ascoli Piceno-Giulianova), mentre per i dati strutturali ci si è basati sulle carte geologiche in scala 1:100.000 pubblicate dal Servizio Geologico di Stato, oltre che su dati parzialmente inediti provenienti da rilevamenti geologico-strutturali effettuati negli ultimi anni da F. CALAMITA e G. DEIANA, dell'Università di Camerino). Per l'analisi automatica l'area, come accennato in precedenza, è stata suddivisa secondo una matrice composta da 24 righe e 25 colonne (fig. 1), individuando così 600 maglie rettangolari corrispondenti ciascuna ad un quarto di tavoletta in scala 1:25.000 (ovverosia ampie 3'45" in longitudine e 2'30" in latitudine).

DESCRIZIONE DEI DATI

Dalla fase preliminare di taratura e controllo effettuata per l'area campione sono scaturite diverse osservazioni. Innanzitutto è stato possibile notare che i diagrammi a stella risultano più facilmente interpretabili e più significativi che non gli altri tipi di elaborati (diagrammi cartesiani, grafici a spicchi, istogrammi, ecc.). È stata inoltre osservata una migliore definizione degli andamenti dei diagrammi relativi alla distribuzione delle lunghezze complessive rispetto a quelli rappresentanti l'andamento del numero complessivo delle aste. I dati relativi alla lunghezza media sono stati utilizzati solo durante questa fase preliminare, essendo poco indicativi ai fini del presente lavoro. Dal confronto tra grafici basati su dati «tagliati» in modo differente è emersa una migliore rappresentatività (mode più pulite ed accentuate) degli elaborati relativi alle aste lunghe più di 400 m (4 mm sulla carta). È stato infine possibile rilevare che, per quanto riguarda gli ordini gerarchici più elevati (dal 4° in poi), la scarsità di tratti può comportare un notevole errore di valutazione, a meno di non operare notevoli accorpamenti areali (ovviamente sempre più grandi man mano che si sale negli ordini).

Per le successive analisi, sulla base di quanto sopra riportato, sono quindi stati fatti elaborare soprattutto grafici stellari, prendendo in considerazione solamente i dati relativi alla lunghezza complessiva degli elementi rettilinei lunghi più di 4 mm (sulla carta) e tenendo conto del fatto che l'affidabilità dei dati diminuisce progressivamente al crescere dell'ordine.

La seconda fase di studio è iniziata facendo produrre grafici relativi all'andamento del reticolo nelle aree in cui si era potuta verificare una certa omogeneità di caratteristiche del reticolo, ovvero sia una buona coincidenza delle direzioni di massimo e di minimo e/o una similitudine di andamento delle importanze percentuali delle diverse mode e/o una sostanziale analogia di tendenza negli ordini.

Gli elaborati ottenuti sono stati quindi analizzati individuando, per ciascuno di essi, le direzioni preferenziali e le variazioni di importanza che ognuna di esse subisce spostandosi negli ordini (BISCI & *alii*, in stampa). Quest'ultima osservazione è stata effettuata perché, in base a quanto precedentemente detto sull'età di impostazione degli ordini successivi, se l'ipotesi del controllo tettonico del reticolo idrografico risultasse verificata, sarebbe possibile ricollegare le direzioni più importanti negli ordini superiori all'azione di elementi tettonici ugualmente orientati attivi in tempi più antichi, rispetto a quelli in cui hanno agito gli elementi responsabili degli incrementi di importanza negli ordini più bassi (CICCACCI & *alii*, 1987; BISCI & *alii*, in stampa).

Grafici analoghi a quelli descritti sono stati prodotti per quelle aree di cui era nota una sostanziale omogeneità nell'assetto geologico-strutturale, al fine di verificare l'esistenza di analogie tra le variazioni dell'importanza delle varie direzioni degli elementi del reticolo idrografico e degli elementi tettonici disgiuntivi (faglie, fratture). Dati i positivi risultati emersi da tali confronti si è quindi proce-

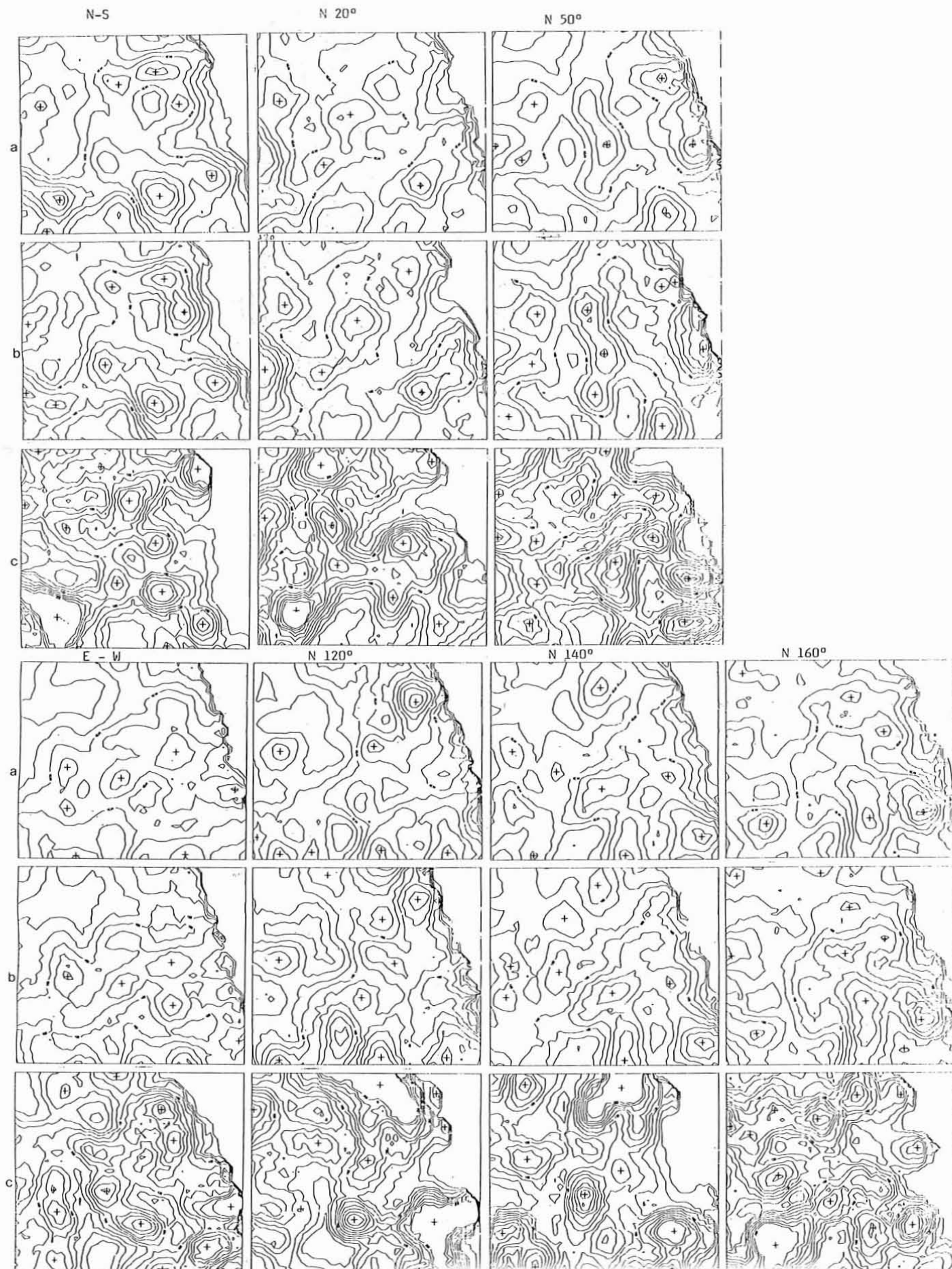


FIG. 4 - Carte rappresentanti l'importanza relativa nell'area esaminata dei diversi raggruppamenti di direzioni: 1) N-S; 2) N30°; 3) N50°; 4) N90°; 5) N120°; 6) N140°; 7) N160°; a) complessivo; b) 1° + 2° ordine; c) 3° + 4° ordine.

duto ad ulteriori fasi di analisi. Dapprima, in tale ambito, sono state fatte plottare carte sintetiche relative alla distribuzione nell'area investigata delle caratteristiche (importanza relativa, tendenze negli ordini, ecc.) di ciascuna direzione, oltre che di opportuni raggruppamenti di direzioni, da cui sono emerse significative differenze nella loro distribuzione areale.

Carte similari sono inoltre state prodotte per evidenziare la distribuzione spaziale dei valori modali degli orientamenti nei singoli ordini ed in accorpamenti degli stessi (BISCI & *alii*, in stampa).

Analizzando l'andamento dell'importanza relativa delle diverse direzioni nell'intera area esaminata è emersa, come già accennato, una distribuzione non omogenea, rappresentabile tramite una curva di densità polimodale: la moda principale è risultata essere orientata circa N50° (antiappenninica), la moda secondaria circa N160° (appenninica), le accessorie circa E-W e circa N-S. Ulteriori picchi di minore importanza sono inoltre, talora, stati rinvenuti in direzione circa N30°, N120° e N140° (fig. 3). Come rilevabile da detta figura esiste una buona coincidenza tra l'andamento delle aste fluviali e quello delle faglie; è difatti possibile osservare come entrambe le distribuzioni mostrino picchi principali praticamente identici. Le piccole divergenze osservabili possono probabilmente essere ricondotte ad una scarsa omogeneità dei dati relativi agli elementi tettonici, rilevati a partire dalla Carta Strutturale dell'Appennino Settentrionale (AA. VV., 1982) ed integrati da dati parzialmente inediti forniti da F. CALAMITA, E. CENTAMORE, G. DEIANA e C. INVERNIZZI.

Visto che nella zona in esame, come già accennato, le fratture mostrano in generale i medesimi orientamenti riscontrati per le faglie normali e dato che le aste fluviali sono troppo numerose per poter essere così tanto influenzate dalle sole faglie, è realistico ipotizzare una efficace azione di controllo da parte dei *joints*.

Sulla base di quanto precedentemente ipotizzato circa le distribuzioni non omogenee degli orientamenti, le diciotto classi di direzione sono state accorpate in sette gruppi, uno per ciascuna delle mode sopra elencate; tale operazione è stata effettuata attribuendo a ciascuna delle direzioni di picco tutti i tratti fluviali aventi una direzione ricadente nell'ambito del picco medesimo, ovvero sia nel tratto compreso tra il minimo relativo precedente ed il successivo.

L'analisi finale della distribuzione nel territorio investigato dell'importanza percentuale delle direzioni preferenziali del drenaggio è stata effettuata sulla base di blocchi diagrammi tridimensionali (fig. 3) e, soprattutto, di carte di densità, relativi a tali raggruppamenti. Sono stati presi in considerazione tanto gli elaborati relativi alle distribuzioni complessive, quanto quelli relativi a gruppi di ordini gerarchici, separando gli inferiori (1° e 2°) dai superiori (3° e 4°) (fig. 4).

Dall'analisi comparativa delle carte relative a ciascun singolo gruppo di orientamenti è emersa una sostanziale e generale analogia tra quelle complessive e quelle riguardanti solamente gli ordini inferiori, cosa del resto ovvia data la netta predominanza percentuale di aste del primo

e secondo ordine sul totale. Nel complesso le distribuzioni delle densità sembrano seguire andamenti tutt'altro che casuali, essendo spesso chiaramente rinvenibili fasce di addensamento e di diradamento, variamente distribuite ed intersecantesi.

Negli elaborati grafici relativi agli ordini superiori sono spesso presenti fasce di densità aventi una disposizione parallela all'andamento delle principali valli fluviali; in particolare è possibile osservare aree di minimo allungate all'incirca lungo le creste che separano i corsi d'acqua principali, lungo cui sono invece riscontrabili densità relativamente maggiori. Questa peculiarità può essere ricondotta all'assenza, o quantomeno alla forte carenza, di aste appartenenti a ordini gerarchici elevati in prossimità delle linee di spartiacque e ad una loro sempre maggiore frequenza in prossimità dei fondivalle: questo andamento della geometria del reticolo non può quindi essere direttamente ricondotto ad un controllo tettonico-strutturale del drenaggio.

Analizzando separatamente le caratteristiche di distribuzione areale dell'importanza dei singoli gruppi di direzioni si può notare come, per ciascuno di questi, esistano dei domini (più o meno netti ed omogenei) in cui la densità delle aste risulta maggiore di quanto non sarebbe prevedibile se il loro orientamento fosse puramente casuale. In prima approssimazione sono riconoscibili le seguenti aree di addensamento:

- direzione circa N-S: una certa prevalenza è riconoscibile nel terzo meridionale dell'area;
- direzione circa N30°: il massimo viene raggiunto in corrispondenza del margine occidentale dell'area;
- direzione circa N50° (antiappenninica): le densità aumentano nella porzione centro-meridionale della zona costiera e della fascia Dorsale Marchigiana-Monti della Laga;
- direzione circa E-W: l'importanza incrementa soprattutto nell'area marchigiana centrale e meridionale;
- direzione circa N120°: i valori più alti vengono riscontrati nell'area costiera marchigiana e nel suo entroterra collinare;
- direzione circa N140° (appenninica): la porzione sud-orientale dell'area mostra le maggiori densità;
- direzione circa N160°: si osserva una prevalenza nelle Marche centro-meridionali.

La porzione nord-occidentale dell'area, come si può notare anche in fig. 4, non ricade in alcuno dei domini sopra elencati; questo implica una distribuzione piuttosto omogenea del reticolo, peraltro non particolarmente sviluppato, nelle varie direzioni.

Tra le peculiarità riscontrate nella distribuzione areale degli orientamenti alcune sembrano degne di una menzione separata. Innanzitutto, per quanto riguarda le direzioni circa antiappenniniche (in totale le più diffuse), si può notare che, mediamente, esse risultano un poco più frequenti ad oriente della displuviale appenninica; tale particolarità potrebbe almeno in parte essere dovuta al controllo esercitato dalla pendenza regionale generale. Va però rilevato come i massimi della distribuzione di tali aste risultino allineati lungo due fasce parallele, la prima bordante

il litorale e la seconda coincidente con la Dorsale Marchigiana e parte dei Monti della Laga, le quali delimitano una fascia intermedia ad andamento appenninico che sembra essere stata minormente influenzata da tale fattore di controllo strutturale. È inoltre possibile osservare come la curvatura delle dorsali appenniniche e della costa sembrano non influenzare l'importanza di tali direzioni, come sarebbe invece logico che avvenisse se la loro elevata frequenza relativa fosse dovuta prevalentemente alla pendenza regionale.

Riguardo le aste aventi direzione all'incirca appenninica si può notare una sostanziale similitudine nella distribuzione areale dei gruppi circa N140° e circa N160°; ciò ci induce ad attribuire entrambe le direzioni ad un unico elemento di controllo tettonico, anche se dei dubbi possono permanere sulle ragioni della sdoppiatura del picco. Tale analogo andamento delle due direzioni risulta particolarmente evidente per le aste di ordine inferiore che, in entrambi i casi, mostrano un incremento di importanza nel quadrante SE dell'area. Va inoltre notato come, negli ordini superiori, la distribuzione sia per ambedue le direzioni meno differenziate, con diminuzione di importanza relativa dell'area di massimo sopra citata. Questo comportamento potrebbe essere dovuto ad una passata attività arealmente piuttosto uniforme di elementi tettonici così orientati che, più recentemente, sono stati riattivati soprattutto nell'area sud-orientale.

Dagli elaborati grafici relativi alle direzioni circa E-W si rileva come, negli ordini superiori, queste prevalgano essenzialmente lungo la fascia appenninica centro-meridionale e lungo la fascia post-trasgressiva periadriatica, mentre per le aste dei primi ordini questa tendenza risulta meno accentuata, con maggiore omogeneità di distribuzione areale e calo di importanza nella porzione settentrionale dell'area. Questo andamento porterebbe a conclusioni inverse a quelle fatte in precedenza, e cioè ad una recente maggiore diffusione ed omogeneità dell'attività di elementi tettonici così orientati, in passato fortemente condizionanti solamente le due fasce sopra citate.

Anche per quanto riguarda le direzioni all'incirca meridiane può essere rilevata una notevole differenza tra gli ordini, che sembra suggerire un cambiamento dell'attività tettonica nei tempi recenti. Difatti, mentre negli ordini superiori esistono dei massimi in corrispondenza dell'area compresa tra i Monti Martani e Foligno, della struttura del M. Conero e della fascia collinare pre-trasgressiva marchigiana, negli ordini inferiori (e quindi in conseguenza di agenti più recenti) le prime due zone risultano aver perso di importanza mentre la terza fascia sembra essere migrata verso E, in corrispondenza dei terreni post-trasgressivi.

Le direzioni circa N30° mostrano in tutti gli ordini due aree di maggior importanza: la prima in prossimità della porzione centro-meridionale del margine occidentale dell'area e l'altra nella parte centro-meridionale dell'area subappenninica-collinare marchigiana. Solamente negli ordini superiori appare inoltre una fascia di addensamento

di tali direzioni che interessa le porzioni centrale e settentrionale dell'area appenninica.

Per quanto riguarda il *range* circa N120°, infine, si può osservare una netta differenza di andamento della distribuzione nei diversi ordini, essendo le aste gerarchicamente inferiori più diffuse nella porzione sud-orientale dell'area, mentre le più antiche, oltre a mostrare picchi di massima più definiti e circoscritti in tale settore, sembrano prevalere anche lungo la fascia litorale e collinare a Nord-Est.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (1982) - *Carta strutturale dell'Appennino settentrionale*. C.N.R., Progr. Fin. «Geodinamica», Sottoprogramma «Modello Strutturale», Boccaletti M. (ed.).
- AMBROSETTI P., CENTAMORE E., DEIANA G., DRAMIS F. & PIERUCCINI U. (1981) - *Schema di evoluzione neotettonica dell'area umbro-marchigiana tra il F. Tronto ed il F. Metauro*. Rend. Soc. Geol. It., 4, 471-475.
- AVENA G.C. & LUPA PALMIERI E. (1969) - *Analisi geomorfica quantitativa*. In: «Idrogeologia dell'Alto Bacino del Liri», Geol. Romana, 8, 319-377.
- BISCI C., CALAMITA F. & DRAMIS F. (in stampa) - *Tectonically controlled drainage networks in the Umbria-Marche area (Central Italy)*. Proc. Int. Symp. «Intracontinental Mountainous Terrains: Geological and Geophysical Aspects». Irkutsk, 1987.
- BOCCALETTI M., CALAMITA F., CENTAMORE E., DEIANA G. & DRAMIS F. (1983) - *The Umbria-Marche Apennine: an example of thrust and wrenching tectonics in a model of ensialic Neogenic-Quaternary deformation*. Boll. Soc. Geol. It., 102, 581-592.
- BOCCALETTI M., CALAMITA F., CENTAMORE E., CHIOCCHINI U., DEIANA G., MORATTI G., MICARELLI A. & POTETTI M. (1986) - *Evoluzione dell'Appennino tosco-umbro-marchigiano durante il Neogene*. Giorn. Geol. Ser. 2, 48, 227-233.
- CALAMITA F. & DEIANA G. (1986) - *Evoluzione strutturale neogenico-quaternaria dell'Appennino Umbro-Marchigiano*. St. Geol. Camerti, Vol. Spec. «La Geologia delle Marche», 91-98.
- CENTAMORE E., DEIANA G., DRAMIS F. & PIERUCCINI U. (1980) - *Morphotectonic characteristics of the Umbria-Marche Apennine*. St. Geol. Camerti, 6, 31-35.
- CICCACCI S., D'ALESSANDRO L., DRAMIS F., FREDI P. & PAMBIANCHI G. (1985) - *Geomorphological and neotectonic evolution of the Umbria-Marche ridge, northern sector*. St. Geol. Camerti, 10, 7-15.
- CICCACCI S., FREDI P., LUPA PALMIERI E. & SALVINI F. (1987) - *An approach to the quantitative analysis of the relations between drainage patterns and fracture trends*. Proc. 1st Int. Conf. Geomorphology, 2, 49-68.
- COX J.C. & HARRISON S.S. (1979) - *Fracture-trace influenced stream orientation in glacial drift southwestern Pennsylvania*. Can. Journ. Earth Sc., 16, 1511-1514.
- DRAMIS F. & GENTILI B. (1975) - *Ricerche morfometriche nel bacino del Sentino*. Boll. Soc. Geol. It., 94, 2085-2130.
- JUDSON S. & ANDREWS G.W. (1955) - *Pattern and form of some valleys in the driftless area, Wisconsin*. Journ. Geol., 69, 326-336.
- LAVECCHIA G. & PIALI G. (1980) - *Appunti per uno schema strutturale dell'Appennino umbro-marchigiano*. 2) *La copertura*. St. Geol. Camerti, 6, 23-30.
- STRAHLER A.N. (1952) - *Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography*. Geol. Soc. Am. Bull., 63, 1117-1142.
- WALLACE R. (1967) - *Notes on stream channels offset by the San Andreas fault*. Proc. Conf. «Geol. Problems San Andreas Fault System», Stanford Univ. Publ. Geol. Sc., 11, 6-20.