

CONTRIBUTO ALLO STUDIO DELLE ACCLIVITÀ DEI VERSANTI NELL'APPENNINO UMBRO-MARCHIGIANO (\*\*)

RIASSUNTO

Viene impiegato un metodo statistico per analizzare le acclività dei versanti in un'area campione dell'Appennino umbro-marchigiano (bacino del Sentino). Le distribuzioni delle acclività sono poste in relazione con le condizioni litologiche, strutturali e di orientamento che caratterizzano i versanti stessi.

ABSTRACT

A statistical method is employed to analyze slope declivities in a sample area of Umbria-Marche Apennines (river Sentino basin). Declivity distributions are related to slope lithology, structure and aspect.

INTRODUZIONE

Tra i caratteri fisiografici di un bacino di drenaggio l'acclività dei versanti riveste un'importanza particolare. Essa ne condiziona, infatti, strettamente alcune tra le principali caratteristiche idrogeologiche e geomorfologiche quali l'infiltrazione profonda, il deflusso superficiale, il tempo di corrivazione, la densità e la frequenza di drenaggio, l'erosione del suolo, la portata solida.

L'acclività dei versanti dipende a sua volta dalla natura litologica del substrato, dal suo assetto strutturale, dalle condizioni climatiche e di uso del suolo (Russell, 1931; Emery, 1947; Coates, 1958; Fourneau, 1960; Macar & Fourneau, 1960; Macar & Lambert, 1960; Melton, 1960; Lambert, 1961; Giglio & La Monica, 1969). Essa è inoltre condizionata dall'evoluzione geomorfologica dell'area, regolata sia da fattori esogeni (eu-statismo, variazioni climatiche) sia da fattori en-

dogeni (azioni neotettoniche).

La presente nota rappresenta un primo contributo alla conoscenza delle acclività dei versanti in un bacino campione dell'Appennino umbro-marchigiano e delle loro relazioni con le caratteristiche litologiche, strutturali e bioclimatiche degli stessi.

Il bacino preso in esame è quello del Sentino, affluente di sinistra dell'Esino. La scelta di tale area è stata suggerita in primo luogo dal fatto che erano disponibili per la stessa, recenti rilevamenti geologici e della vegetazione alla scala 1:25.000 effettuati dal Servizio Geologico d'Italia e dall'Istituto di Botanica dell'Università di Camerino (1); in secondo luogo il bacino era già da tempo oggetto di studio da parte degli scrittori che ne hanno descritto vari aspetti geomorfologici (Dramis & Gentili 1975a e 1975b; Dramis, Gentili & Pieruccini, 1976).

Per la rilevazione delle acclività è stato impiegato un metodo statistico consistente nel sovrapporre alla carta topografica un reticolo trasparente sul quale era stato riportato un certo numero di punti distribuiti in modo parzialmente casuale. Per ogni punto sono stati determinati i valori delle acclività, l'orientamento del pendio e, successivamente, dal confronto con le carte geologiche e della vegetazione, le locali caratteristiche litostrutturali e vegetazionali.

Le distribuzioni dei valori delle acclività sono state riportate in istogrammi rappresentativi secondo il metodo già adottato da altri Autori (Giglio & La Monica, 1969; Rapetti, 1971; Petrucci, 1972).

(\*) - Istituto di Geologia dell'Università di Camerino.

(\*\*) - Lavoro eseguito con il contributo del C.N.R. (ct. n. 72.00944.28, ct. n. 73.00034.05).

(1) - Parte di tali rilevamenti è stata pubblicata alla scala 1:50.000 (Servizio Geologico d'Italia 1972 e 1975; Ballesi, Biondi & Pedrotti, 1976). Si ringraziano i Direttori del Servizio Geologico d'Italia e dell'Istituto di Botanica dell'Università di Camerino per aver consentito la consultazione del materiale inedito.

## CARATTERI GENERALI DEL BACINO

Il bacino del Sentino si estende dalla conca di Costacciaro-Gualdo Tadino alla confluenza con l'Esino per un'area planimetrica di Km<sup>2</sup> 265,686. Il suo territorio è formato in buona parte da rilievi montuosi anche relativamente elevati (M. Catria - m 1701, M. Cucco - m 1566, M. Le Gronde - m 1373) e in parte da rilievi collinari. La distribuzione delle altitudini rispetto alla quota della foce sono rappresentate dalla curva ipsografica in fig. 1. In tab. 1 sono riportati i principali dati morfometrici del bacino alla scala 1:25.000 (Dramis & Gentili, 1975b).

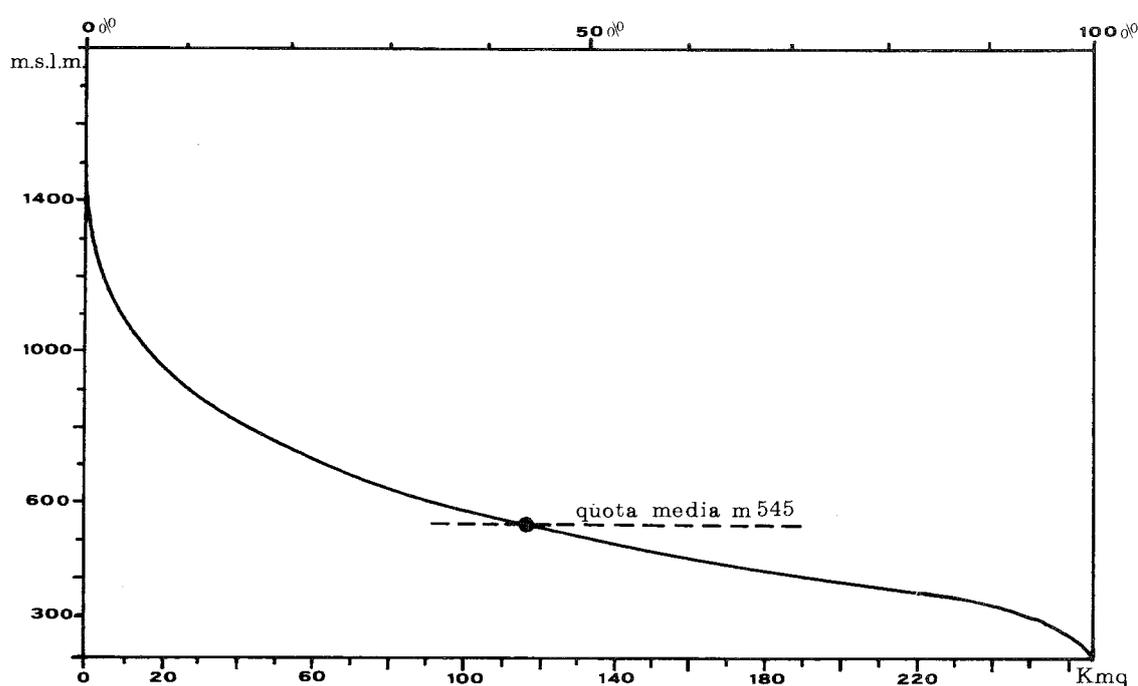


Fig. 1 - Curva ipsografica del bacino del Sentino.

I terreni affioranti nell'area appartengono alla nota successione umbro-marchigiana costituita da termini prevalentemente calcarei, calcareo-marnosi, marnosi, marnoso-arenacei e argillosi. Le diverse unità litostratigrafiche e le relative aree di affioramento sono riportate in tab. 2.

Lo stile tettonico del bacino è caratterizzato da una successione di pieghe anticlinali e sinclinali con direzione all'incirca NNW-SSE e con spiccata vergenza orientale.

L'assetto morfologico è nel complesso conforme a quello strutturale con gli allineamenti montuosi corrispondenti, in generale, alle strutture anticlinali (costituite in prevalenza da calcari mesozoici) e le aree collinari corrispondenti alle

sinclinali (dove affiorano i terreni terziari prevalentemente marnoso-argilloso-arenacei).

Due sistemi principali di faglie, uno parallelo alle strutture e un altro trasversale alle stesse, interessano il complesso delle pieghe articolando l'assetto morfologico.

Il clima è caratterizzato da una discreta precipitazione annua (1000-1700 mm) con massimo in autunno e minimo in estate e da temperature medie annue non troppo elevate (11-13 °C) con escursioni termiche annue che possono superare i 20 °C. Alle quote più elevate sono frequenti in inverno le precipitazioni nevose.

La copertura vegetale è costituita, sui versanti

più acclivi, da boschi di caducifoglie e sclerofille, spesso degradati dall'eccessivo disboscamento. Le parti sommitali dei rilievi calcarei sono ricoperte da prati e pascoli montani. Le zone pedemontane e collinari, i fondivalle e i terrazzi alluvionali sono invece interessati da intensa attività agricola. Le aree planimetriche delle diverse associazioni vegetali sono riportate nella tab. 3 (Dramis & Gentili, 1975a).

## METODO DI LAVORO

Come si è detto, il metodo impiegato consiste nel sovrapporre alla carta topografica un reticolo

# LEGENDA

## CLASSI DI ACCLIVITA'

- 
 Classe I: da 0% a 5% (0°-2° 52')
- 
 " II: da 5% a 10% (2° 52' - 5° 43')
- 
 " III: da 10% a 20% (5° 43' - 11° 19')
- 
 " IV: da 20% a 40% (11° 19' - 21° 48')
- 
 " V: da 40% a 60% (21° 48' - 30° 55')
- 
 " VI: da 60% a 100% (30° 55' - 45°)
- 
 " VII: > di 100% (> 45°)

0 1 2 Km

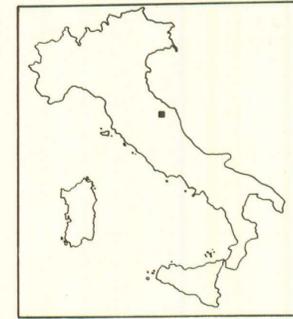
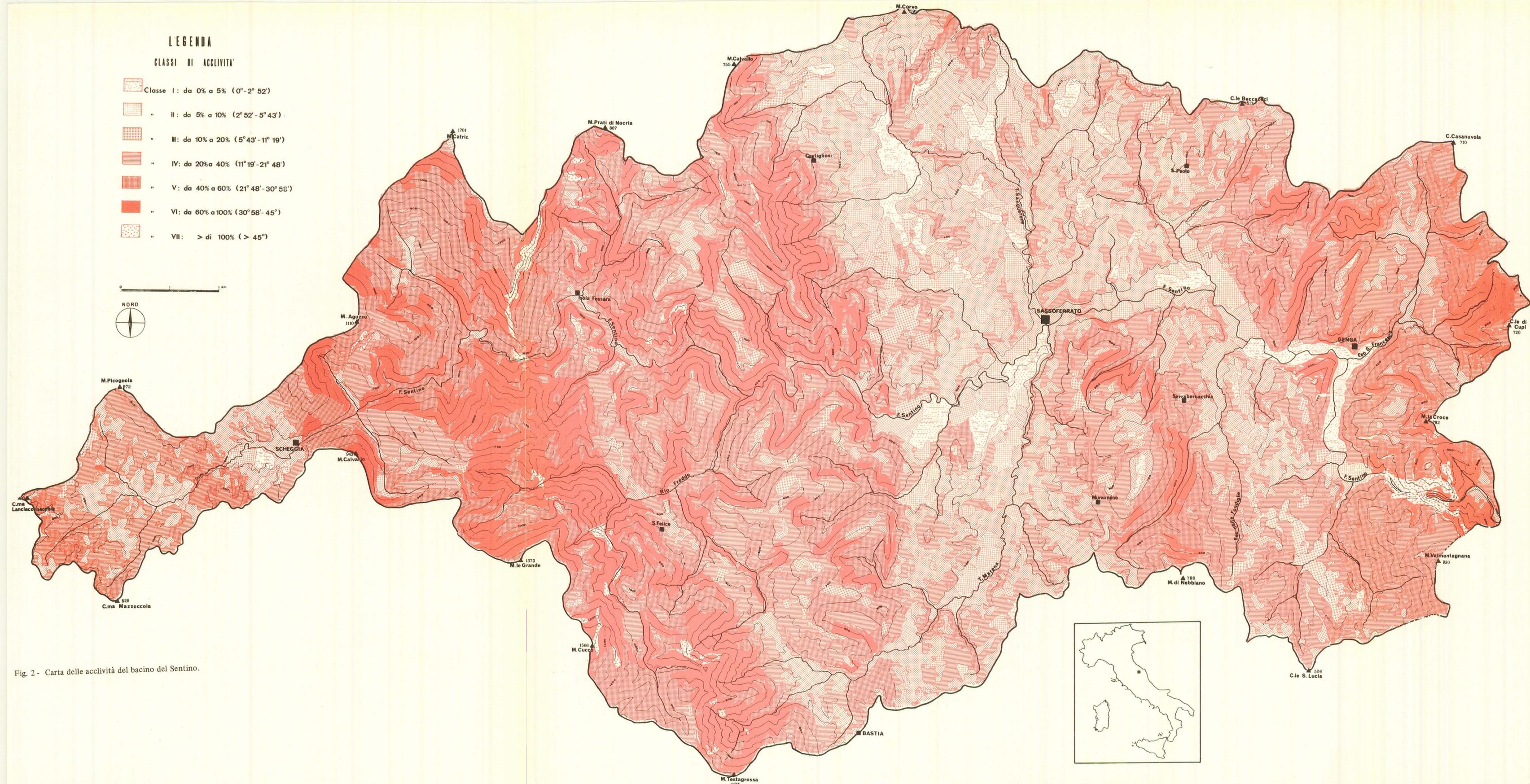


Fig. 2 - Carta delle acclività del bacino del Sentino.

TABELLA 1 - Principali dati morfometrici del bacino del Sentino determinati alla scala 1:25.000.

Area .....	Km <sup>2</sup>	265,686
Quota massima .....	m	1701
Quota minima .....	m	192
Quota media .....	m	545
Rapporto di rilievo (Rh) .....		0,05
Ordine del bacino (secondo Strahler) .....		6°
Lunghezza dell'asta principale ...	Km	46,600
Pendenza percentuale media dell'asta principale .....		1,46
Sommatoria lunghezze dei canali ( $\Sigma L$ ) .....	Km	913,960
Sommatoria canali di 1° ordine ( $\Sigma N_1$ ) .....		2012
Densità di drenaggio (D) .....		3,44
Frequenza di drenaggio (F) .....		7,17
Rapporto di circolarità (Rc) ....		0,32

trasparente con sopra riportati un certo numero di punti e nel rilevare, in corrispondenza di questi, i valori delle acclività sulla carta. E' stata utilizzata la carta topografica, alla scala 1:25.000, dell'I.G.M. ingrandita fotograficamente alla scala 1:12.500 per ridurre gli errori di misura.

Il reticolo trasparente si compone di maglie quadrate del lato di cm 2 suddivise a loro volta in quattro quadretti piú piccoli di 1 cm di lato. In ogni maglia è stato posto un punto, al centro di uno dei quattro quadretti piú piccoli. La scelta di quest'ultimo è stata effettuata numerando i quadratini da 1 a 4 ed estraendo a sorte il numero cui assegnare il punto. Si è ottenuta cosí una distribuzione parzialmente casuale di un punto ogni 4 cm<sup>2</sup> alla scala 1:12.500 e di un punto per cm<sup>2</sup> alla scala 1:25.000.

In totale la superficie del bacino, di Km<sup>2</sup>

265,686 pari a 4250 cm<sup>2</sup> alla scala 1:25.000, è stata ricoperta da 4096 punti con una densità di 0,96 punti/cm<sup>2</sup> (2), rapporto largamente superiore a quello proposto da Chapman (1952) che stabilisce, per indagini statistiche di questo tipo, un numero minimo di 100 punti per 25 in ch<sup>2</sup>, (0,62 punti/cm<sup>2</sup>).

Il sistema è simile, per alcuni versi, al *multi stage sampling* proposto da Krumbein & Slack (1956): i punti, pur essendo distribuiti su di un reticolo regolare, possono però casualmente essere tra loro piú o meno ravvicinati cosí da mettere meglio in evidenza frequenti e brusche variazioni locali quali si possono facilmente rinvenire nel bacino del Sentino, tenuto conto della varietà litologica e dell'assetto morfostrutturale relativamente complesso.

Di ogni punto sono stati determinati l'orientamento e l'acclività espressa come tangente dell'angolo di pendio.

Nel caso piú generale i punti cadevano nell'intervallo compreso tra due isoipse e l'acclività veniva determinata facendo il rapporto tra l'equidistanza (m 25) e la distanza lineare tra le curve, misurata con un regolo trasparente appositamente costruito (3).

Talvolta però il punto cadeva su di una isoipsa oppure su una linea di *talweg* o ancora su cime o creste sommitali. Nel primo caso l'acclività è stata calcolata facendo la media tra le pendenze delle fasce altimetriche superiore e inferiore; negli altri casi i punti sono stati trascurati.

Il totale dei punti trascurati è 160, per cui il numero complessivo di quelli effettivamente presi in considerazione è 3936, con una densità effettiva di 0,93 punti/cm<sup>2</sup>.

Come si è accennato nell'introduzione, il reticolo è stato successivamente sovrapposto alle carte geologica e vegetazionale del bacino in modo da caratterizzare i punti oltre che per i parametri topografici anche per le condizioni suddette (4).

(2) - La densità è minore di quella del reticolo, dal momento che sul bordo del bacino sono stati perduti numerosi punti.

(3) - Sul regolo sono state tracciate linee sottilissime corrispondenti direttamente agli intervalli di acclività prescelti.

(4) - Essendo le carte geologica e vegetazionale alla scala 1:25.000 è stato adoperato per il confronto un reticolo con la stessa distribuzione dei punti ma con maglie di 1 cm<sup>2</sup>.

TABELLA 2 - Unità litostratigrafiche presenti nel bacino del Sentino e relative aree planimetriche di affioramento.

Unità litostratigrafiche	Età	Potenza in m	Area plan. in Km <sup>2</sup>	Area plan. %
Calcere massiccio	Hettangiano? -Sinemuriano inf.	350-400	4,770	1,79
Formazione del Bugarone	Pliensbachiano-Titonico inf.	30-60	0,652	0,24
Successione ridotta	Pliensbachiano-Titonico inf.	0-30	0,138	0,05
Corniola	Sinemuriano p.p.-Pliensbachiano	100-150	1,210	0,46
Calcari e marne del Sentino	Pliensbachiano p.p.-Aaleniano	35-50	1,110	0,42
Formazione del Bosso	Toarciano-Bathoniano	40-50	0,696	0,26
Calcari diasprini umbro- -marchigiani	Calloviano-Titonico inf.	100-110	2,835	1,07
Maiolica	Titonico sup.-Aptiano p.p.	400-500	27,100	10,20
Marne a Fucoidi	Aptiano p.p.-Cenomaniano p.p.	100-120	5,410	2,04
Scaglia bianca e rosata	Cenomaniano p.p.-Luteziano p.p.	300-350	60,185	22,65
Scaglia variegata e cinerea	Luteziano p.p.-Cattiano	110-230	36,440	13,72
Bisciaro	Aquitaniiano-Langhiano p.p.	20-40	7,365	2,77
Schlier	Langhiano p.p.-Tortoniano	300-400	26,250	9,88
Formazione marnoso-arenacea	Langhiano p.p.-Serravalliano p.p.	500-700	5,940	2,24
Marne ed arenarie di M. Vicino	Tortoniano inf.-medio	250-400	3,515	1,32
Formazione gessoso-solfifera	Messiniano p.p.	25-80	1,348	0,51
Argille a Colombacci	Messiniano p.p.	30-80	0,821	0,31
Arenarie di M. Turrino	Messiniano p.p.	25-50	0,685	0,26
Alluvioni attuali recenti e terrazzate	Pleistocene-Olocene	5-20	25,800	9,71
Detriti	Pleistocene-Olocene	50-100	53,416	20,10
Totali			265,686	100,00

TABELLA 3 - Associazioni vegetali presenti nel bacino del Sentino e relative aree planimetriche.

Associazioni vegetali	Area planim. in Km <sup>2</sup>	Area planim. in %
Campi	117,141	44,09
Boschi	100,801	37,94
Prati e pascoli	29,066	10,94
Aree di rimboschimento	18,678	7,03
Totale	265,686	100,00

I valori delle acclività rilevati per i vari punti sono stati suddivisi in sette classi nell'ambito delle diverse litologie. I valori in percentuali e in gradi degli intervalli considerati sono riportati in tab. 4.

TABELLA 4 - Valori in percentuali e in gradi degli intervalli di acclività presi in considerazione.

Classi di acclività	in %	in gradi
I	0-5	0° - 2°52'
II	5-10	2°52' - 5°43'
III	10-20	5°43' - 11°19'
IV	20-40	11°19' - 21°48'
V	40-60	21°48' - 30°58'
VI	60-100	30°58' - 45°00'
VII	> 100	> 45°00'

In generale è piuttosto difficile stabilire un unico criterio di suddivisione delle pendenze per aree dalle condizioni geolitologiche complesse. Infatti, mentre per aree litologicamente omogenee e dall'assetto tettonico regolare è semplice e opportuno fissare, sulla base di osservazioni statistiche, intervalli di acclività che possano defini-

re le diverse unità morfologiche dei versanti (King, 1957; Darlymple, Blong & Conacher, 1968) lo stesso non si può facilmente realizzare allorché a condizioni geolitologiche varie corrispondono differenti andamenti clinometrici dei versanti stessi.

Le sette classi suddette sono state scelte, dopo una serie di tentativi con diversi intervalli, perché meglio si prestavano ad evidenziare le caratteristiche clinometriche generali dei differenti substrati rocciosi.

Utilizzando gli stessi intervalli è stata, inoltre, costruita una carta delle acclività seguendo il metodo di Miller & Summerson (1960), fig. 2).

In fig. 3 sono posti a confronto gli istogrammi dei valori percentuali delle frequenze dei punti corrispondenti alle varie classi (tratti continui) e delle aree misurate col metodo della carta millimetrata a partire dalla carta delle acclività (tratti interrotti). La corrispondenza quasi perfetta tra i due istogrammi mette in evidenza l'attendibilità del metodo statistico qui impiegato (5).

#### LE ACCLIVITA' DEI VERSANTI

Gli andamenti delle acclività nelle varie unità litostratigrafiche sono rappresentati dagli istogrammi in fig. 4 (tratti interi). Questi sono stati ottenuti distribuendo nelle sette classi le frequenze percentuali dei punti rilevati entro i limiti di affioramento delle unità stesse (6). Sempre in fig. 4 (tratti interrotti) sono riportati gli istogrammi ottenuti sovrapponendo alla carta geologica la carta delle acclività e misurando l'area degli affioramenti corrispondenti alle diverse classi di pendio.

La buona corrispondenza tra i due grafici per ciascuna litologia conferma ulteriormente l'attendibilità del metodo statistico (7).

L'esame degli istogrammi mette in evidenza come la distribuzione percentuale delle classi di acclività sia fortemente condizionata dalla natura litologica degli affioramenti rocciosi. Risulta

(5) - Il metodo statistico sembra solo ridurre lievemente le classi più basse ed esaltare quella più elevata.

(6) - Sono state prese in considerazione solo le unità litostratigrafiche arealmente più estese cui corrispondeva un numero di punti statisticamente significativo.

(7) - La minore corrispondenza che si rileva per i detriti si spiega soprattutto con la notevole frammentarietà degli affioramenti.

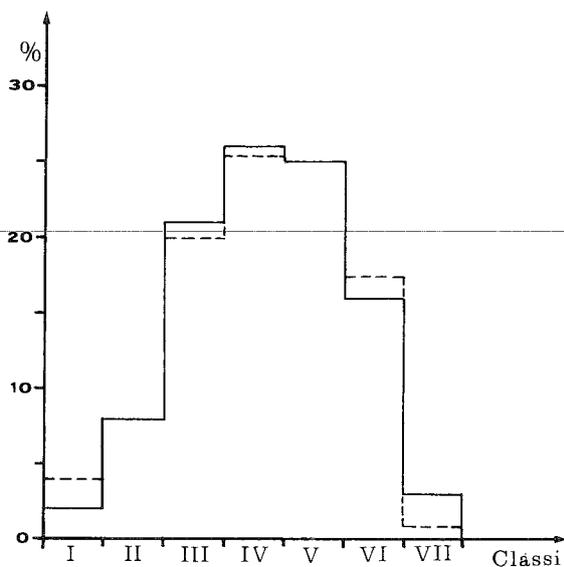


Fig. 3 - Istogrammi della distribuzione generale delle acclività per l'intero bacino del Sentino calcolati con il metodo statistico (tratti interi) ed a partire dalla carta delle acclività (tratti interrotti).

infatti netta la prevalenza delle classi più acclivi nei terreni più francamente calcarei (*Maiolica* - max VI classe) e la progressiva diminuzione di queste in funzione dell'aumento del contenuto argilloso (*Scaglia bianca e rosata* - max V classe; *Scaglia variegata e cinerea* - max IV classe; *Schlier* - max III classe). Andamenti diversi mostrano le distribuzioni delle acclività nei depositi alluvionali e nei detriti (prevalentemente calcarei). I primi si caratterizzano per il forte sviluppo della I e II classe in relazione alle condizioni di deposizione originarie. I secondi mostrano invece una forte presenza delle acclività maggiori, dovute alla discreta resistenza all'erosione ed alla buona permeabilità (Dramis & Gentili, 1975a).

In fig. 5 sono stati riportati, sempre sulla base del metodo statistico, gli istogrammi delle acclività per le diverse condizioni giaciturali (reggipoggio, franapoggio e clinopoggio) nell'ambito delle unità prese in considerazione.

Dall'andamento dei grafici si può osservare come per le unità calcaree si abbia una marcata differenza di acclività su versanti con diverse condizioni giaciturali.

Infatti sia nella *Maiolica* che nella *Scaglia bianca e rosata* i versanti a reggipoggio mostrano il massimo alla VI classe e quelli a franapoggio alla V. Andamenti intermedi mostrano le distribuzioni delle acclività dei versanti a clinopoggio.

Le differenze diventano invece meno sensibili

per la *Scaglia variegata e cinerea* e per lo *Schlier* i cui istogrammi mostrano andamenti quasi identici.

Le maggiori differenze nelle acclività che si rilevano nei calcari in rapporto all'assetto giaciturale, sono da mettere in relazione con il fatto che sui versanti con giacitura a franapoggio (con pendenza degli strati inferiore a quella della superficie topografica) si ha la tendenza allo scivolamento degli strati con una maggiore produzione di detriti ed in definitiva con una riduzione dell'angolo di pendio.

Una situazione differente è quella delle formazioni a forte contenuto argilloso. Qui le acclività sembrano determinate in prevalenza dall'andamento, dalla natura e dagli spessori della copertura eluviale condizionati soprattutto dalle caratteristiche climatiche locali e dal tipo di vegetazione.

In un'ultima fase della ricerca sono stati presi in considerazione i rapporti tra esposizione e acclività dei versanti.

Allo scopo di eliminare gli effetti dovuti alla litologia ed alla giacitura degli strati l'indagine è stata limitata alla sola *Scaglia Bianca e rosata* per le giaciture a franapoggio e reggipoggio. Le distribuzioni delle acclività relative alle esposizioni nord, sud, est ed ovest (entro aperture angolari di 90°) sono state riportate in fig. 6.

Dall'esame degli istogrammi appare evidente, per ambedue le condizioni giaciturali, una netta prevalenza delle acclività più elevate in corrispondenza delle esposizioni settentrionali e orientali.

La spiegazione di tali andamenti va ricercata nelle caratteristiche microclimatiche peculiari delle diverse esposizioni e nei processi morfogenetici ad esse connessi, anche se gli Autori che si sono interessati del problema mostrano spesso a tale riguardo opinioni fortemente contrastanti (Small, 1970; Young, 1972).

Se si prendono in considerazione le attuali condizioni climatiche del bacino, si può affermare che tra le esposizioni settentrionali ed orientali da un lato e quelle meridionali e occidentali dall'altro, esistono sensibili contrasti microclimatici. Infatti mentre i versanti esposti a nord ricevono minor calore dall'irraggiamento solare (Young, 1972 p. 246) e sono colpiti dai venti freddi e secchi provenienti dall'Europa continentale, quelli esposti a sud e ad ovest, oltre ad essere maggiormente riscaldati, sono interessati dai venti più caldi e umidi provenienti dall'Atlantico e dal Mediterraneo. I versanti meridiona-

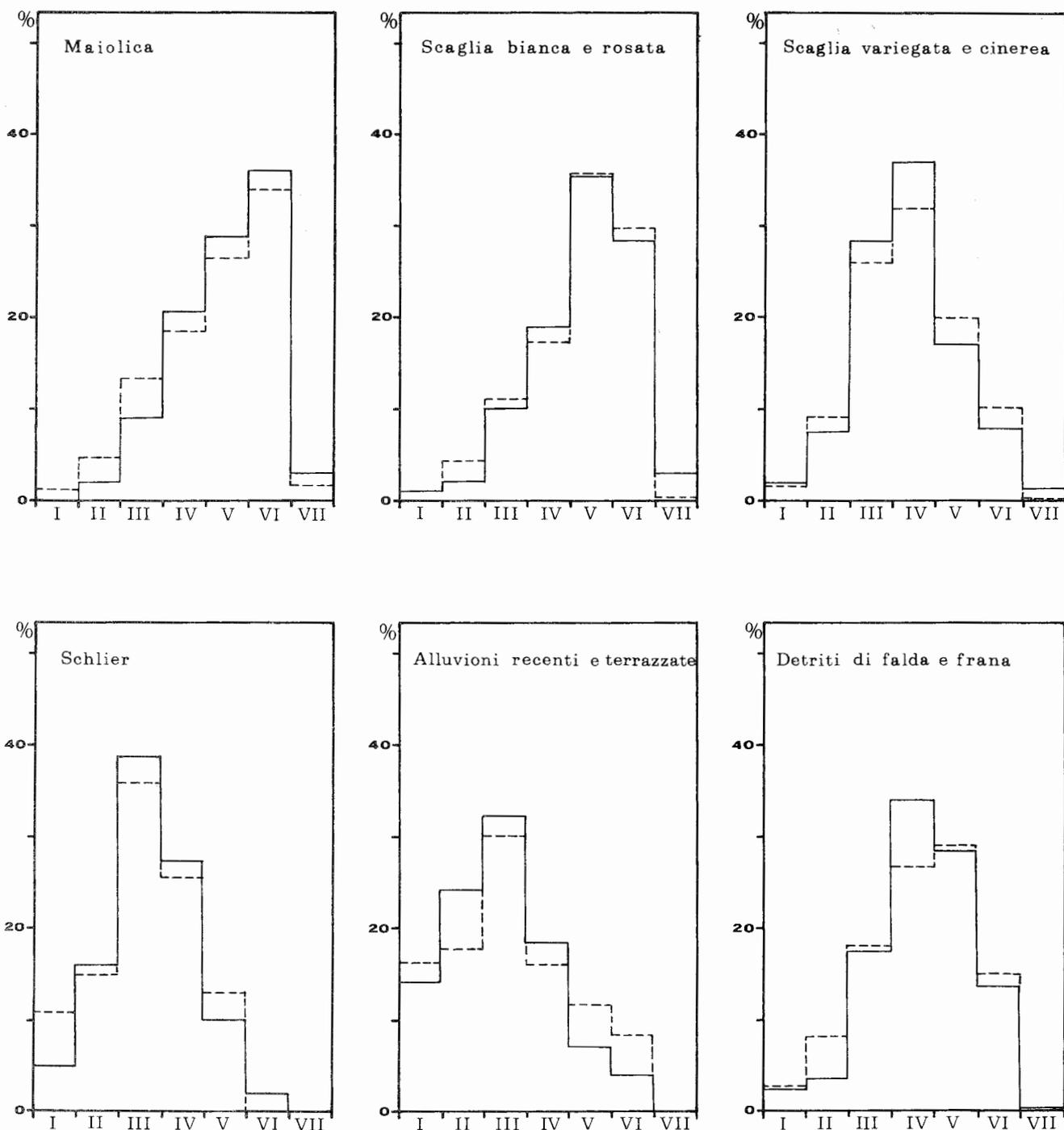


Fig. 4 - Istogrammi delle distribuzioni percentuali delle acclività per le diverse condizioni litologiche dei versanti calcolati con il metodo statistico (tratti interi) ed a partire dalla carta delle acclività (tratti interrotti).

li e occidentali sono quindi caratterizzati da temperature più elevate, da più accentuate escursioni termiche diurne e da più abbondanti precipitazioni.

I contrasti microclimatici sono stati certamente più marcati durante le fasi fredde del Pleistocene ed in particolare durante la fase periglaciale wurmiana (Tricart & Cailleux, 1967) allorché,

scomparsa o fortemente ridotta la copertura vegetale, i versanti settentrionali ed orientali erano protetti da suolo permanentemente gelato o da manti nevosi a lungo persistenti che impedivano o limitavano fortemente i processi di erosione (Russell, 1931), mentre le esposizioni opposte erano caratterizzate da intensi processi di gelificazione e da diffuso ruscellamento.

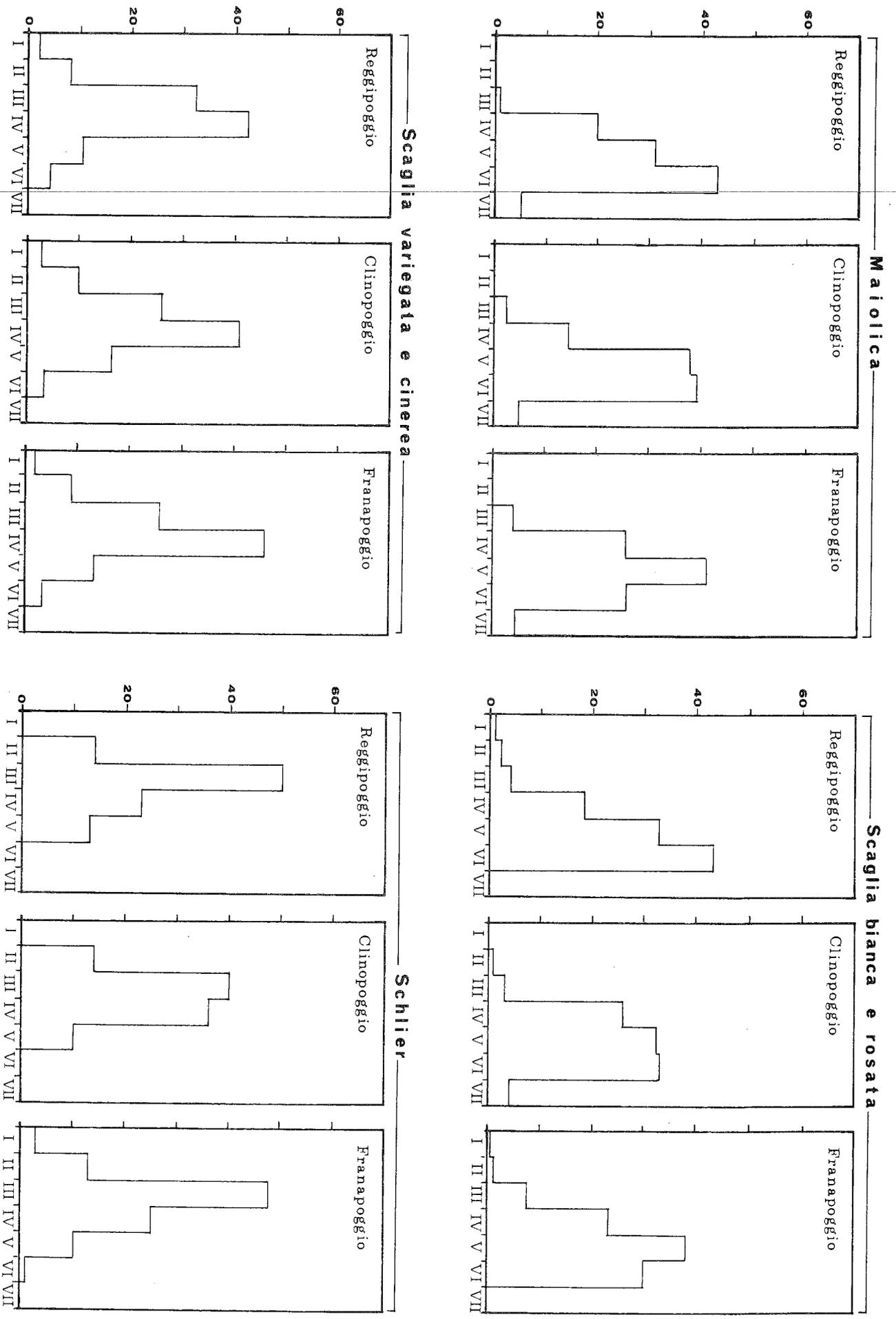


Fig. 5 - Istogrammi delle distribuzioni percentuali delle acclività per i diversi assetti giaciturali dei versanti e in condizioni litologiche omogenee.

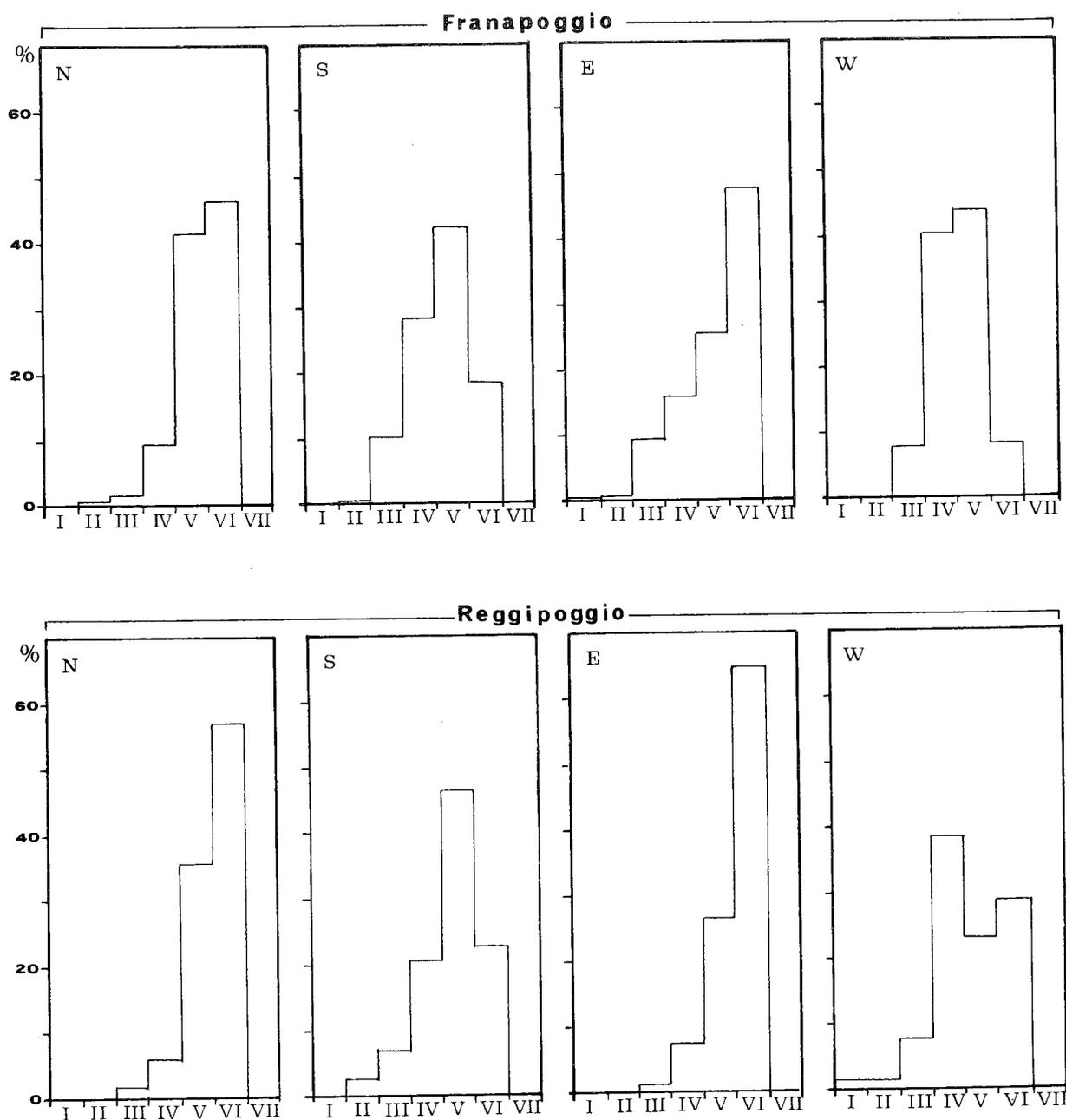


Fig. 6 - Distribuzioni percentuali delle acclività, in rapporto alle diverse esposizioni e alle giaciture a franapoggio e reggipoggio per l'unità della *Scaglia bianca e rosata*.

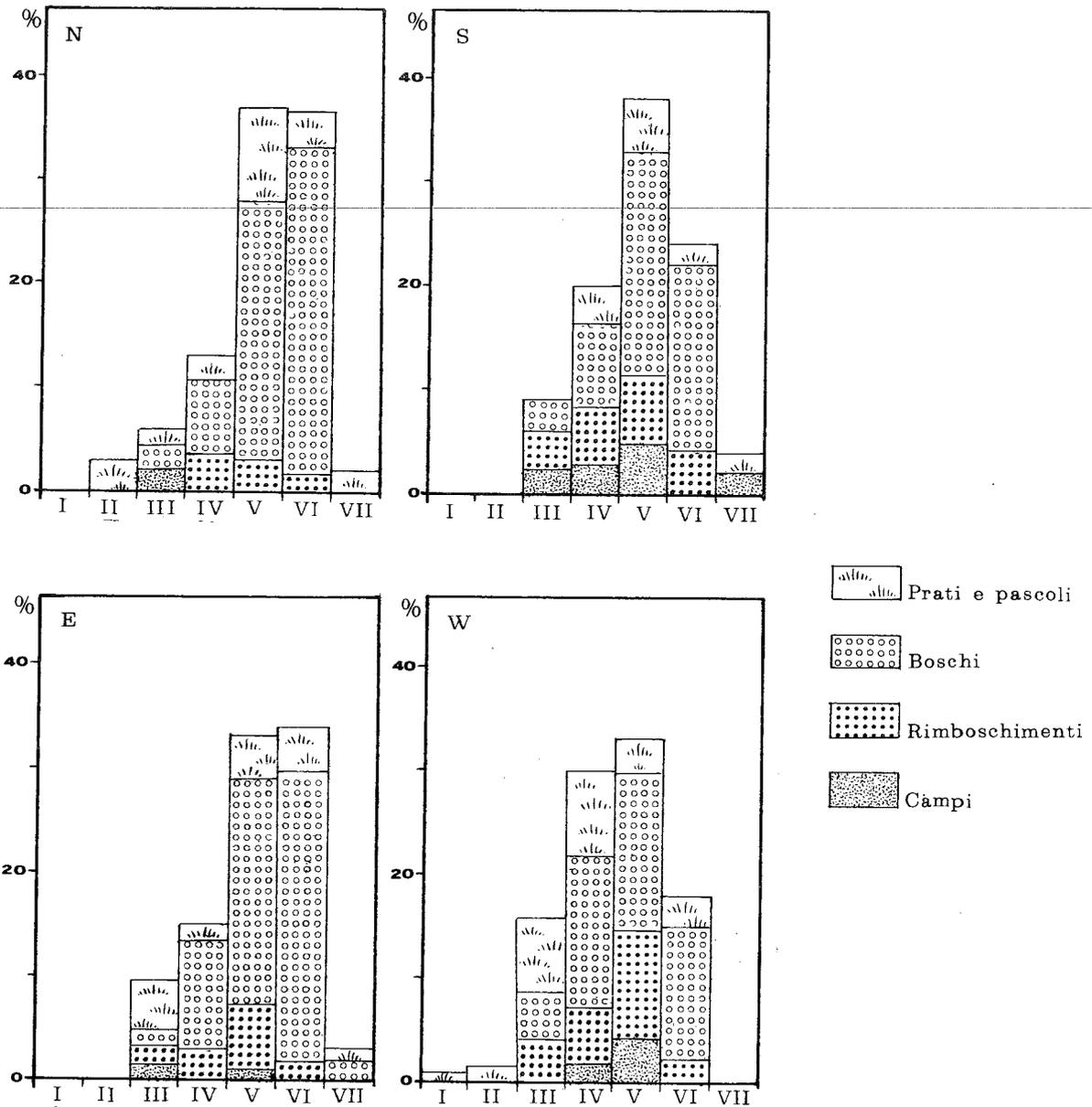
Inoltre i materiali prodotti dai più attivi processi erosivi sui versanti meridionali e occidentali, accumulandosi alla base dei versanti, spingevano i corsi d'acqua ad erodere lateralmente i versanti opposti producendovi pendii più ripidi (Melton, 1960; Small ed altri, 1970).

Le differenze tra i processi di morfogenesi sono state ulteriormente accentuate dall'attività agricola che si è sviluppata di preferenza sui versanti meridionali e occidentali, climaticamente più favorevoli, come si può osservare in fig. 7:

qui sono riportate le distribuzioni dei diversi tipi di copertura vegetale (prati e pascoli, boschi, campi, rimboschimenti), per le quattro esposizioni e per le diverse classi di acclività (8).

La sostituzione delle colture alla copertura vegetale spontanea ha fortemente favorito i processi di erosione superficiale ed ha prodotto in ge-

(8) - I rimboschimenti corrispondono in buona parte ad aree utilizzate per fini agricoli o pastorali nei tempi passati.



nerale pendii piú dolci, che formano spesso un angolo netto con i tratti di versante non coltivati piú a monte, dai quali sono, non di rado, separati anche da un gradino morfologico piú o meno accentuato.

### CONCLUSIONI

Il metodo statistico si è rivelato di buona utilità per porre a confronto rapidamente le distribuzioni delle acclività delle diverse unità litostratigrafiche affioranti nel bacino, mettendo anche in evidenza l'effetto della giacitura degli strati e dell'esposizione dei versanti.

E' stata messa in rilievo la stretta relazione che intercorre tra natura litologica del substrato e acclività, diminuendo questa ultima, in genera-

le, progressivamente, con l'aumentare della componente marnoso-argillosa.

Per quanto riguarda i rapporti tra acclività e struttura, si può affermare che, mentre per i calcari a differenti condizioni gacaturali corrispondono versanti ad acclività diversa, lo stesso non avviene, o ha un'importanza molto ridotta, per le formazioni a piú alta componente marnoso-argillosa.

Prendendo in considerazione i rapporti tra orientamento e acclività, sono state, in generale, riscontrate maggiori pendenze superficiali sui versanti settentrionali e orientali. La spiegazione è da ricercare essenzialmente nelle differenze microclimatiche e di uso del suolo che caratterizzano le diverse esposizioni, e nei diversi processi morfogenetici che ad esse sono connesse.

## BIBLIOGRAFIA

- BALLELLI S., BIONDI E. & PEDROTTI F. (1976) - *Carta della vegetazione del Foglio Fabriano*. Scala 1:50.000. Ist. di Botanica, Univ. di Camerino.
- CHAPMAN C.A. (1952) - *A new quantitative method of topographic analysis*. Am. J. Sci., **250**, 428-452.
- COATES D.R. (1958) - *Quantitative geomorphology of small drainage basins of southern Indiana*: Technical Report No. 10, Project No. 389-042, Office of naval Research, 67.
- DARLYMPLE J.B., BLONG R.J. & CONACHER A.J. (1968) - *An hypothetical nine landscape model*. Zeit. Geomorph. **12** (1), 60-76.
- DRAMIS F. & GENTILI B. (1975a) - *La frequenza areale di drenaggio ed il suo impiego nella valutazione quantitativa dell'erosione lineare di superfici con caratteristiche omogenee*. Mem. Soc. Geol. It., **14**, 337-349.
- DRAMIS F. & GENTILI B. (1975b) - *Ricerche morfometriche nel bacino del Sentino*. Boll. Soc. Geol. It., **94** (6), 2085-2130.
- DRAMIS F., GENTILI B. & PIERUCCINI U. (1976) - *La degradazione dei versanti nel bacino del Sentino (Appennino umbro-marchigiano)*. Studi Geol. Camerti, **2**, 45-72.
- EMERY K.O. (1947) - *Asymmetric valleys of San Diego county, California*. South. Calif. Ac. Sci., Bull., **46** (2), 61-71.
- FOURNEAU R. (1960) - *Contribution à l'étude des versants dans le sud de la Moyenne Belgique et dans le Nord de l'entre Sambre & Mense. Influence de la nature du substratum*. Ann. Soc. Geol. Belgique, **84**, 123-152.
- GIGLIO C. & LA MONICA G.B. (1969) - *Acclività*. In: *Idrogeologia dell'alto bacino del Liri*. Geol. Rom., **8**, 305-318.
- KENNEDY B.A. (1976) - *Valley-side slopes and climate*, in: *Geomorphology and climate*, ed. E. Derbyshire. J. Wiley & Sons, London.
- KING L.C. (1957) - *The uniformitarian nature of hillslope*. Trans. Edin. Geol. Soc., **17**, 81-101.
- KRUMBEIN W.C. & SLACK H.A. (1956) - *Statistical analysis of low-level radioactivity of Pennsylvanian black fissile shale in Illinois*. Bull. Geol. Soc. Am., **67**, 739-762.
- LAMBERT J.M. (1961) - *Contribution à l'étude des pentes du Condroz*. Ann. Soc. Geol. Belgique, **84**, 241-250.
- MACAR P. & FOURNEAU R. (1960) - *Relations entre versants et nature du substratum en Belgique*. Zeit. Geomorph., suppl. Bd **1**, 124-128.
- MACAR P. & LAMBERT J. (1960) - *Relations entre pentes des couches et pentes des versants dans le Condre (Belgique)*. Zeit. Geomorph. suppl. Bd. **1**, 129-132.
- MELTON M.A. (1960) - *Intravalley variation in slope angles related to microclimate and erosional environment*. Bull. Geol. Soc. Am., **71**, 133-144.
- MILLER O.M. & SUMMERSON C.H. (1960) - *Slope-zone maps*. Geogr. Rev., **2**, 194-202.
- PETRUCCI F. (1972) - *Il bacino del T. Cinghio (prov. di Parma). Studio sulla stabilità dei versanti e conservazione del suolo*. Mem. Soc. It. di Sc. Nat. e del Mus. Civico di St. Nat. di Milano, **20** (2), 83-127.
- RAPETTI F. (1971) - *Le acclività del bacino dell'Arno in rapporto con i caratteri geolitologici*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Serie A., **78**, 62-104.
- RUSSELL R.J. (1931) - *Geomorphological evidence of a climatic boundary*. Science, **74**, 484-485.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1972) - *Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 290 "Cagli"*.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1975) - *Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 291 "Pergola"*.
- SMALL R.J. (1970) - *The study of landforms*. Cambridge University Press, Cambridge.

SMALL R.J., CLARK M.J. & LEWIN J. (1970) - *The periglacial rock-stream at Clatford Bottom, Marlborough Downs, Wiltshire*. Proc. Geol. Ass., 81, 87-98.

TRICART J. & CAILLEUX A. (1967) - *Le modèle périglaciaire*. S.E.D.E.S., Paris.

YOUNG A. (1972) - *Slopes*. Oliver & Boyd, Edinburgh.

---