

M. MORANDI CECCHI (**), C. MONTANI (***)

STUDIO INFORMATICO DELLA MORFOMETRIA DI UN PICCOLO BACINO IN VAL D'ERA (TOSCANA) (*)

Riassunto — I modelli già predisposti in passato per lo studio di un bacino idrografico erano stati sviluppati prevedendo una metodologia non automatica di acquisizione dei dati. In questo lavoro si sviluppa una metodologia automatica per tale acquisizione mediante un digitalizzatore e controllo con minicalcolatore a display grafico. Si applicano i modelli considerati; si dà una lista dei risultati fra cui alcune carte prodotte automaticamente dal calcolatore quale la carta delle pendenze e quella delle esposizioni.

Abstract — *A computer oriented study of a small hydrographic basin of the Era Valley.* The models already prepared in the past for the study of an hydrographic basin have been developed using a methodology of collection of data that was not automatic. In this paper such collection is automatically made by the use of a digitizer and by control of a minicomputer with a graphic display. The models considered are applied; a list is given of the results and some maps made automatically by the computer such as maps of slopes and a map of exposure are given.

Key words — Hydrographic basin; computer application; morphometric analysis; maps automatic generation.

1. INTRODUZIONE

Già in precedenti lavori si è sviluppato uno studio informatico di bacini montani e di bacini estesi (CECCHI MORANDI M., DEL GROSSO A., LIMONCELLI B., I 1976; CECCHI MORANDI M., DEL GROSSO A., LIMONCELLI B., II 1976). Tali studi hanno introdotto i concetti di modello monodimensionale qui nel seguito applicato ed erano stati condotti se pur mediante calcolatore con una metodologia non automatica di acquisizione dei dati. In questo lavoro invece si svi-

(*) Progetto Finalizzato Conservazione del Suolo, Sottoprogetto Dinamica dei Versanti, pubblicazione n. 32 C.N.R.

(**) Istituto di Elaborazione dell'Informazione del C.N.R. Pisa e Istituto di Scienza dell'Informazione Università di Pisa.

(***) Borsista C.N.R. presso l'Istituto di Elaborazione dell'Informazione C.N.R., Pisa.

luppa una metodologia automatica per tale acquisizione mediante un digitalizzatore e controllo mediante calcolatore del digitalizzatore stesso. Si applica automaticamente il modello monodimensionale già considerato, si calcolano automaticamente le quote di quei punti del bacino che interessano, si restituiscono automaticamente una carta delle pendenze ed una delle esposizioni, cosa che partendo dai dati di modello contenuti nell'elaboratore risulta essere un'uscita di facile esame da parte di chi vuole conoscere le caratteristiche del bacino. Tali carte insieme alla altimetria, all'idrografia e agli spartiacque sia generale che interni delle singole sottoree di drenaggio da noi considerate, ci danno un primo inquadramento automatico della morfologia considerata. Per le metodologie applicate vedasi anche i lavori (CECCHI MORANDI M., LIMONCELLI B., 1976; CARMIGNANI G. e MORANI CECCHI M., 1975-76), e le uscite relative all'applicazione del modello monodimensionale che dando un chiaro studio della gerarchizzazione del bacino, forniscono anche degli interessanti indici provenienti dall'analisi morfometrica. Risulta evidente che l'automatizzazione di queste procedure rende il metodo applicabile su larga scala e di particolare interesse per le zone campione prese in esame dal Progetto Finalizzato Conservazione del Suolo (MORANDI CECCHI M. e LIMONCELLI B., 1975-76).

2. DIGITALIZZAZIONE DELLE CARTE DI BASE

Alla base dell'analisi morfologica della cartografia automatica, per un bacino idrico vi è una fase molto importante che va sotto il nome di digitalizzazione (o discretizzazione) della cartografia di base. Il processo di digitalizzazione consiste essenzialmente nel trasformare le informazioni di tipo topologico (isopse, idrografia, spartiacque generale del bacino e spartiacque delle aree di drenaggio dei canali) contenute nelle carte di base in una forma intellegibile per un elaboratore elettronico e soprattutto facile da gestire per le elaborazioni richieste.

Il procedimento consiste nel ridurre la curva in esame (ad esempio il tracciato di un canale) ad una spezzata che approssimi l'andamento della curva stessa e raggiunga il miglior compromesso tra i due obiettivi principali:

- a) la spezzata deve essere costituita da un numero limitato di segmenti

- b) la spezzata deve approssimare accuratamente la curva discretizzata.

Per il procedimento di digitalizzazione ci si avvale di una apparecchiatura apposita (Graphic Tablet 4956 Tektronix) collegata ad un minicalcolatore (Graphic System 4051 Tektronix) che consente la visualizzazione grafica dei dati rilevati dalle carte e la loro memorizzazione su nastro magnetico. Per le successive elaborazioni (che richiedono spazi di memoria centrale maggiori dei 16k bytes disponibili attualmente sul Graphic System 4051) i dati raccolti vengono trasferiti ed elaborati sul sistema VM 370/158 IBM.

Le informazioni rilevate dalle carte di base sono organizzate nel modo seguente:

- a) rete idrica:

$$\Phi_j (P_1, \dots, P_{\varphi_j}) \quad 1 \leq j \leq n\varphi$$

dove $n\varphi$ indica il numero di canali elementari presenti nel bacino e $P_1, \dots, P_{\varphi_j}$ la successione di punti rappresentante la spezzata che discretizza il canale Φ_j .

- b) isoipsa del bacino:

$$\Pi_j^{qj} (P_1, \dots, P_{\pi_j}) \quad 1 \leq j \leq n\pi$$

dove $n\pi$ indica il numero di isoipse distinte nel bacino e qj la quota della curva π_j .

- c) spartiacque generale del bacino:

$$\Gamma_j (P_1, \dots, P_{\gamma_j}) \quad 1 \leq j \leq n\gamma$$

dove $n\gamma$ indica il numero dei tratti in cui lo spartiacque generale è stato suddiviso in modo tale che gli estremi di ogni tratto coincidano con gli estremi degli spartiacque delle aree di drenaggio dei canali periferici.

- d) Spartiacque generale quotato del bacino:

$$H_j^{qbj, qèj, gij} (P_1, \dots, P_{\varphi_j}) \quad 1 \leq J \leq n\delta$$

dove $n\delta$ indica il numero di tratti in cui lo spartiacque generale è

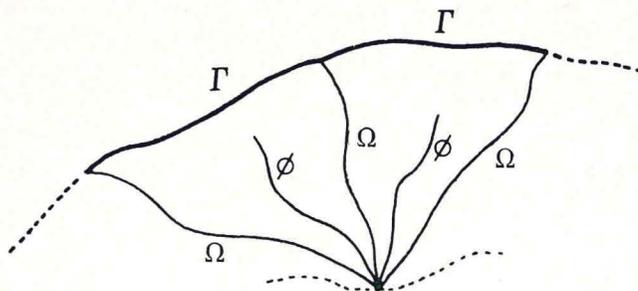


Fig. 1 - Esempio di suddivisione dei tratti nello spartiacque generale ed in quelli particolari delle sottoaree di drenaggio.

stato suddiviso in modo tale che gli estremi di ogni tratto coincidano con gli estremi delle isoipse del bacino

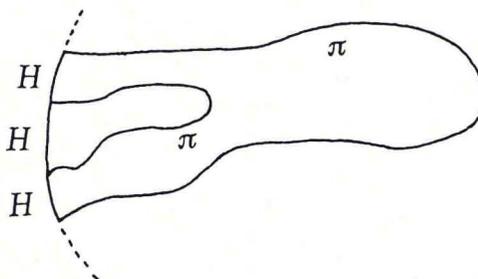


Fig. 2 - Suddivisione dello spartiacque generale quotato.

con q_{bj} , q_{ej} , q_{ij} si indicano rispettivamente le quote iniziale, terminale ed una quota significativamente intermedia del tratto in esame. (Le informazioni H trovano una loro collocazione logica in questo paragrafo; in realtà esse sono derivate in modo automatico dalle informazioni Γ operando opportuni controlli con gli estremi delle isoipse non chiuse del bacino).

e) spartiacque delle aree di drenaggio dei canali:

$$\Omega_j (P_1, \dots, P_{\omega_j}) \quad 1 \leq j \leq n\omega$$

dove $n\omega$ indica il numero di tratti elementari che individuano gli spartiacque delle aree di drenaggio dei singoli canali (fig. 1).

3. GENERAZIONE DEI DATI PER IL MODELLO MONODIMENSIONALE

In questa sezione illustreremo le varie fasi della generazione dei dati per la successiva applicazione del modello monodimensionale al bacino in esame (CECCHI MORANDI M., DEL GROSSO A., LIMONCELLI B., I 1976). Le informazioni individuate sono essenzialmente di carattere morfologico; è possibile distinguerle in due tipi diversi: informazioni particolareggiate di canale ed informazioni complessive di bacino.

3.1. Lunghezza del canale (L)

Per ogni canale del bacino in esame (Φ_j , $1 \leq j \leq n\varphi$) si determina

$$L_j = \sum_{i=1}^{\varphi_j-1} P_i P_{i+1} / S_e$$

dove $P_i P_{i+1}$ è la lunghezza del segmento

$$P_i P_{i+1} \in \Phi_j (P_1, \dots, P_i, P_{i+1}, \dots, P_{n\varphi})$$

e S_e rappresenta il fattore di conversione

$$\left. \begin{array}{l} \text{Scala originale carta di base} \\ \text{Unità Graphics Tablet} \end{array} \right\} \rightarrow \text{metri}$$

3.2. Lunghezza compensata del canale (Lcx)

Per ogni canale del bacino in esame (Φ_j , $1 \leq j \leq n\varphi$) si determina

$$Lcx_j = P_1 P_{\varphi_j} / S_e$$

dove P_1 e P_{φ_j} sono gli estremi della catena $P_1, \dots, P_{\varphi_j}$ rappresentanti il canale stesso.

3.3. Angolo di confluenza del canale (Ang)

Per ogni canale del bacino (Φ_j , $1 \leq j \leq n\varphi$) si determina

$$Ang_j = \widehat{P_{\varphi_j-1} P_{\varphi} 0}$$

dove $\widehat{P_{j-1} P_{\varphi_j}}$ individua la direzione del canale in prossimità della foce) e $\widehat{P_{\varphi_j} 0}$ rappresenta la direzione del nord geografico (fig. 3).

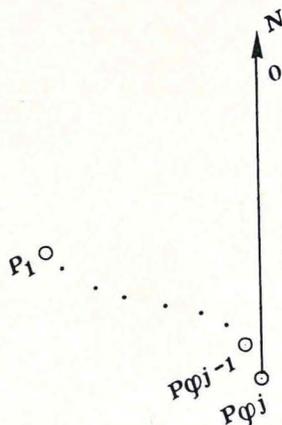


Fig. 3 - Metodo di rilevamento dell'angolo di confluenza.

Il valore dell'angolo di confluenza è determinato positivo, in senso orario, da 0 a 180 gradi e negativo, in senso antiorario, da 0 a 180 gradi.

3.4. Area di drenaggio del canale (A_{dc})

Per ogni canale del bacino in esame (Φ_j , $1 \leq j \leq n\phi$) si determina

$$A_{dc} = \frac{1}{S_q} \int_{\gamma} d\gamma$$

dove γ rappresenta il contorno dell'area di drenaggio del canale. La curva chiusa γ è rappresentabile come unione dei tratti elementari di spartiacque che individuano l'area di drenaggio del canale:

$$\gamma = \Omega_x (P_1, \dots, P_{\omega_x}) \cup \Omega_y (P_1, \dots, P_{\omega_y}) \cup \dots \cup \Omega_r (P_1, \dots, P_{\omega_r})$$

occasionalmente possono concorrere alla formazione di γ anche tratti dello spartiacque generale del bacino ($\Gamma_k (P_1, \dots, P_{\gamma k})$) nei casi in cui le aree di drenaggio siano le più periferiche del bacino stesso.

S_q rappresenta il fattore di conversione in Km^2 .

Vediamo come si perviene alla determinazione di γ , conside-

riamo, ad esempio, l'area di drenaggio in fig. 4, in essa sono evidenziati i tratti elementari che costituiscono γ ed i versi con cui ciascuno di essi è stato digitalizzato.

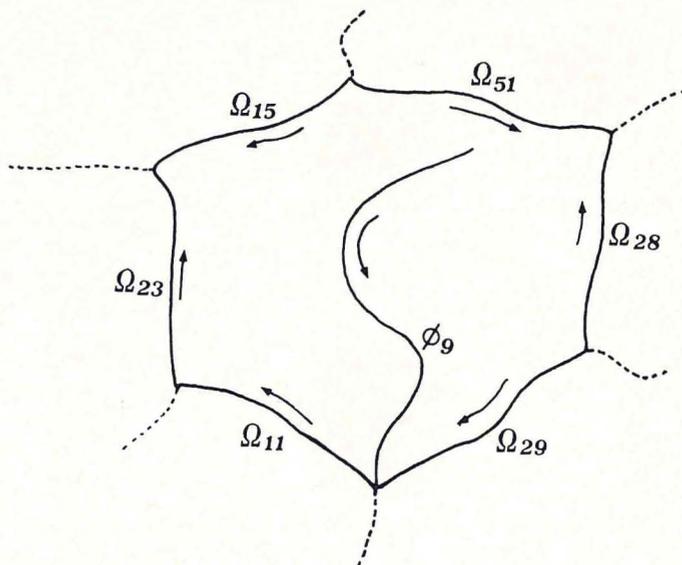


Fig. 4 - Esempio di calcolo di area di drenaggio.

In prima approssimazione si può dire che

$$\gamma = \Omega_{11} \cup \Omega_{23} \cup \Omega_{15} \cup \Omega_{51} \cup \Omega_{28} \cup \Omega_{29}$$

ma, ai fini del calcolo integrale, è necessario che ogni elemento di γ sia orientato in modo tale da assicurare continuità al contorno stesso. A questo scopo si determina dapprima quale estremo di Ω_{11} (indicato con $\Omega_{11}(P_e)$) è tale che

$$\Omega_{11}(P_e) = \Phi_9(P_{\Phi_9})$$

e si individua così il verso corretto su Ω_{11} . In modo analogo, facendo di volta in volta riferimento al tratto immediatamente precedente, si fissa un verso corretto ad ogni tratto di γ . Nell'esempio in esame risulterà:

$$\gamma = \Omega_{11}(P_1, \dots, P_{\omega_{11}}) \cup \Omega_{23}(P_1, \dots, P_{\omega_{23}}) \cup \Omega_{15}(P_1, \dots, P_{\omega_{15}}) \cup \Omega_{51}(P_1, \dots, P_{\omega_{51}}) \cup \Omega_{28}(P_1, \dots, P_{\omega_{28}}) \cup \Omega_{29}(P_1, \dots, P_{\omega_{29}})$$

3.5. Quota di confluenza del canale (Q_{con})

Per ogni canale del bacino in esame (Φ_j , $1 \leq j \leq n\phi$) si determina

$$Q_{con} = QUOTA (\Phi_j (P_{\phi_j}))$$

dove con $\Phi_j (P_{\phi_j})$ si indica la foce del canale e con QUOTA la funzione che assume il valore della quota per ogni punto $P \in D$ dove con D si intende l'area individuata dallo spartiacque generale del bacino.

La definizione della funzione QUOTA è suddivisa in due momenti successivi il primo di inizializzazione, il secondo di ricerca. Nella fase di inizializzazione si definisce la funzione tabellare

$$M(P) = \begin{cases} q_i & \forall P \in \pi_i^{q_i} (P_1, \dots, P_{\pi_i}) \quad 1 \leq i \leq n \\ bq^*j + cq \quad \forall P \in H_i^{q_{bi}, q_{ei}, q_{ii}} (P_1, \dots, P_j, \dots, P_{\vartheta_i}) & \begin{matrix} 1 \leq i \leq n\vartheta \\ 1 \leq j \leq \vartheta_i \\ q_{bi} \neq q_{ei} \end{matrix} \\ aq^*j^2 + bq^*j + cq \quad \forall P \in H_i^{q_{bi}, q_{ci}, q_{ii}} (P_1, \dots, P_j, \dots, P_{\vartheta_i}) & \begin{matrix} 1 \leq i \leq n\vartheta \\ 1 \leq j \leq \vartheta_i \\ q_{bi} = q_{ei} \end{matrix} \\ 0 & \text{altrimenti.} \end{cases}$$

La funzione $M(P)$ assume cioè il valore della quota q in tutti i punti dove è definita la curva $\pi_i^{q_i}$, valori di quota compresi tra q_{bi} e q_{ei} per i tratti H_i dello spartiacque generale per i quali $q_{bi} \neq q_{ei}$ (tali valori sono ottenuti per interpolazione lineare mediante la retta:

$$q = bq^*j + cq \quad 1 \leq j \leq \vartheta_i$$

dove $bq = \frac{q_{ei} - q_{bi}}{\vartheta_i - 1}$ e $cq = q_{bi} - bq$, valori di quota maggiori (o minori, a seconda del valore di q_{ii}) di q_{bi} e q_{ei} per i tratti H_i dello spartiacque generale per i quali $q_{bi} = q_{ei}$ (tali valori sono ottenuti per interpolazione quadratica mediante la parabola:

$$q = aq^*j^2 + bq^*j + cq \quad 1 \leq j \leq \vartheta_i$$

dove

$$aq = \frac{(\vartheta_i - 1) (q_{ii} - q_{bi})}{\vartheta_i \left(-\frac{1}{4} \vartheta_i^2 + \frac{3}{4} \vartheta_i - \frac{1}{2} \right)}$$

$$bq = \frac{\left(\vartheta \frac{2}{i} - 1 \right) (q_{bi} - q_{ii})}{\vartheta_i \left(-\frac{1}{4} \vartheta_i^2 + \frac{3}{4} \vartheta_i - \frac{1}{2} \right)}$$

e

$$cq = \frac{\vartheta_i (\vartheta_i - 1) \left(q_{ii} - \frac{1}{4} q_{bi} (\vartheta_i + 2) \right)}{\vartheta_i \left(-\frac{1}{4} \vartheta_i^2 + \frac{3}{4} \vartheta_i - \frac{1}{2} \right)}$$

ottenuta la funzione $M(P)$ (definita per i punti di D) si definisce la funzione di ricerca QUOTA (P):

$$QUOTA(P) = \begin{cases} M(P) & \text{se } M(P) \neq 0 \\ \frac{\sum_{J=0^\circ}^{330^\circ \text{ step } 30^\circ} \frac{M(P^j)}{PP^j}}{\sum_{J=0^\circ}^{330^\circ \text{ step } 30^\circ} \frac{1}{PP^j}} & \text{se } M(P) = 0 \end{cases}$$

dove con p^j ($0 \leq J \leq 270^\circ$) si è indicato il primo punto di D , tale che $M(P^j) \neq 0$, incontrato muovendosi da P nella direzione indicata da j e con PP^j la lunghezza del segmento PP^j .

Nel caso cioè che il P non risulti essere un punto quotato si determina una quota mediante una media pesata dei punti quotati che si trovano lungo i 12 versi di ricerca.

3.6. Dislivello superato del canale (Dsp)

Segue immediatamente dal paragrafo 3.5 che per ogni canale del bacino in esame (Φ_j , $1 \leq j \leq n$) è possibile determinare il dislivello superato del canale semplicemente come

$$Dsq_J = QUOTA (\Phi_J (P_1)) - Q_J$$

dove evidentemente $\Phi_J (P_1)$ rappresenta la sorgente del canale J.

Nei prossimi paragrafi illustreremo la determinazione di quelle che sono le principali informazioni complessive di bacino: area planimetrica ed altezza media sul livello del mare.

3.7. Area planimetrica del bacino (Abdc)

L'area planimetrica del bacino può essere determinata come sommatoria delle aree di drenaggio dei singoli canali:

$$Abac = \sum_{J=1}^{ncb} Adc_J$$

oppure come

$$Abac = \frac{1}{Sq} \int_{\gamma} d\gamma$$

dove

$$\gamma = \Gamma_1 \cup \Gamma_2 \cup \dots \cup \Gamma_n$$

ed ogni elemento Γ_i ($1 \leq i \leq n$) è opportunamente orientato come in sezione 3.4.

3.8. Altezza media del bacino (Amb)

Per altezza media del bacino si intende morfologicamente, la media pesata delle quote delle diverse aree (assumibili come altimetricamente uniformi) del bacino stesso. Si può affermare infatti che

$$Amb = \frac{\sum_{i=1}^{n\pi-1} A_{i,i+1}^s (q_i + q_{i+1}) / 2}{\sum_{i=1}^{n\pi-1} A_{i,i+1}^s}$$

dove con $A_{i,i+1}^S$ si è indicata la « striscia » di terreno compresa tra le curve di livello $\pi_i^{q_i}$ e $\pi_{i+1}^{q_{i+1}}$ assunte essere contigue.

Consideriamo ad esempio la figura 5.

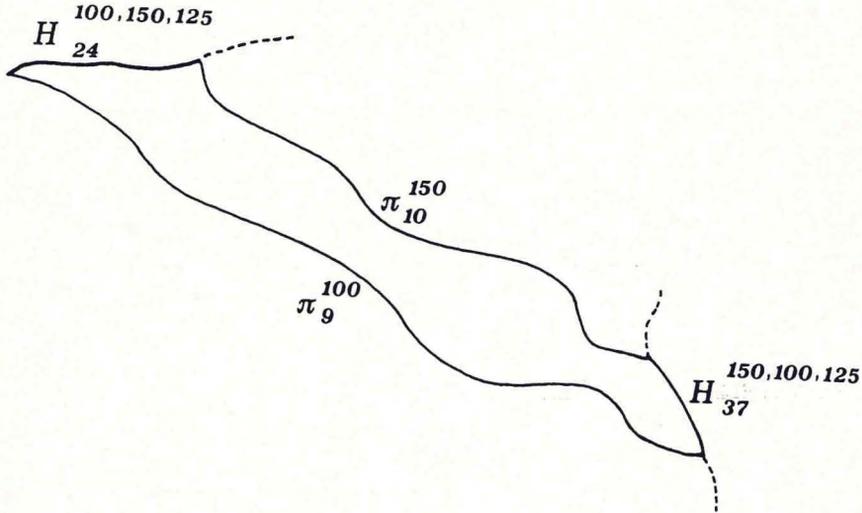


Fig. 5 - Esempio di calcolo di un contributo all'altezza media del bacino.

Il contributo della « striscia » in esame alla sommatoria per la determinazione dell'altezza media sarà dato da

$$A_{q,10}^S (100 + 150) / 2$$

dove

$$A_{q,10}^S = \int_{\gamma} d\gamma \quad \text{con} \quad \gamma = H_{24} \cup \pi_{10} \cup H_{37} \cup \pi_9$$

e 100 e 150 rappresentano rispettivamente le quote delle curve π_9 e π_{10} . Naturalmente si possono verificare casi particolari come quelli presentati in fig. 6 e 7 che vengono risolti modificando opportunamente i componenti di γ e la determinazione delle quote medie.

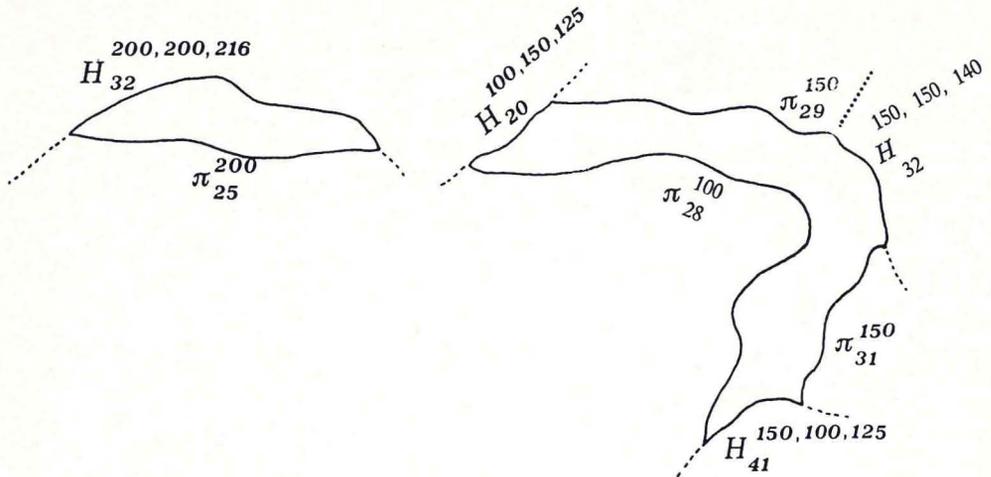


Fig. 6 - Casi particolari che si presentano nel calcolo dell'altezza media del bacino.

4. IL MODELLO MONODIMENSIONALE

BACINO 11				
ORDINE CANALI	NUMERO CANALI	RB	ND	RBD
1	59		48	
2	32	1.84	22	1.50
3	6	5.33	6	3.67
4	16	0.38	16	0.38
VALORI MEDI		2.52		1.85
INDICE DI BIFORCAZIONE				
= 0.670				
FATTORI DI MOLTIPLICAZIONE				
1	NEL 5	0	FIR = 2**	1 - 2** 0 = 1
1	NEL 4	0	FIR = 2**	2 - 2** 0 = 5
2	NEL 4	0	FIR = 2**	2 - 2** 1 = 2
NUMERO DI ANOMALIA GERARCHICA				
NGA		= 45		

CANALE	LUNGHEZZA EFF./LUNGHEZZA COMP.						
1	1.0176	30	1.0400	57	1.0058	86	1.0028
2	1.0405	31	1.0200	58	1.0185	87	1.0020
3	1.0201	32	1.0034	59	1.0093	88	1.0153
4	1.0692	33	1.0238	60	1.0009	89	1.0041
5	1.0259	34	1.0433	61	1.0043	90	1.0085
6	1.0433	35	1.0646	62	1.0039	91	1.0001
7	1.0276	36	1.0096	63	1.0068	92	1.0009
8	1.0313	37	1.0051	64	1.0042	93	1.0253
9	1.0063	38	1.0103	65	1.0148	94	1.0126
10	1.0275	39	1.0339	66	1.0055	95	1.0104
11	1.0063	40	1.0205	67	1.0000	96	1.0001
12	1.0065	41	1.0061	68	1.0117	97	1.0004
13	1.0160	42	1.0244	69	1.0038	98	1.0079
14	1.0314	43	1.0137	70	1.0007	99	1.0110
15	1.0108	44	1.0127	71	1.0016	100	1.0009
16	1.0082	45	1.0150	72	1.0036	101	1.0023
17	1.0172	46	1.0144	73	1.0051	102	1.0105
18	1.0000	47	1.0132	74	1.0161	103	1.0050
19	1.0137	48	1.0212	75	1.0000	104	1.0091
20	1.0000	49	1.0505	76	1.0023	105	1.0076
21	1.0026	50	1.0745	77	1.0005	106	1.0107
22	1.0043	51	1.0150	78	1.0567	107	1.0000
23	1.0256	52	1.0357	79	1.0114	108	1.0173
24	1.0060	53	1.0656	80	1.0076	109	1.0087
25	1.0029	54	1.0172	81	1.0010	110	1.0006
26	1.0100	55	1.0135	82	2.1064	111	1.0108
27	1.0243	56	1.0326	83	1.0011	112	1.0047
28	1.0171			84	1.0100	113	1.0167
29	1.0066			85	1.0024		

DENSITA' DI ANOMALIA GERARCHICA GA = 48.439

INDICE DI ANOMALIA GERARCHICA AA = 0.760

NUM. CANALE RICEVENTE	TABELLA CANALI CONVERGENTI SOMMA AREE CANALI CONVERGENTI	NUM. CANALI	NUM. CANALE RICEVENTE	TABELLA CANALI CONVERGENTI SOMMA AREE CANALI CONVERGENTI	NUM. CANALI		
60	0.01500	4	91	0.01500	65		
61	0.01600	3	92	0.01900	47		
62	0.00700	6	93	0.01600	13		
63	0.01600	8	94	0.01100	48		
64	0.02100	7	95	0.00500	12		
65	0.01000	14	96	0.03300	64		
66	0.01300	16	97	0.02400	53		
67	0.01000	20	98	0.01800	52		
68	0.00800	19	99	0.02500	55		
69	0.00600	22	100	0.03100	56		
70	0.00400	18	101	0.01300	51		
71	0.01400	24	102	0.02600	50		
72	0.00300	23	103	0.02400	96		
73	0.02500	30	104	0.03500	57		
74	0.00700	73	105	0.01700	59		
75	0.00900	38	106	0.07400	103		
76	0.00400	29	107	0.01600	62		
77	0.00700	28	108	0.01300	2		
78	0.01300	41	109	0.04100	1		
79	0.01300	43	110	0.03400	34		
80	0.04100	44	111	0.01200	36		
81	0.01400	45	112	0.00600	110		
82	0.00600	40	113	0.00500	33		
83	0.00700	46					
84	0.00700	39					
85	0.02000	77					
86	0.01000	27					
87	0.01200	26					
88	0.00900	72					
89	0.01300	70					
90	0.01500	66					
		ORDINE		AREA TOTALE		AREA MEDIA	
		1	512.			9.	
		2	660.			21.	
		3	112.			19.	
		4	439.			27.	

ORDINE	MEDIA RAPPORTI LUNGH. EFF./LUNGH. COMP.
1	1.0207
2	1.0417
3	1.0067
4	1.0071
RAPPORTO DI LUNGHEZZA	
RL.	= 0.640
RL.	= 0.450
RL.	= 2.283
RAPPORTO DI AREA	
RA. 1	= 2.377
RA. 2	= 0.905
RA. 3	= 1.470
DENSITA' DI DRENAGGIO	
LTCT	= 9.727 KM.
ATCT	= 0.920 KMQ.
DD	= 10.470 KM/KMQ.
FREQUENZA DI DRENAGGIO	
FD	= 121.636 N/KMQ.

INDICE DI DISSEZIONE	
ID	= 63.509 N(1)/KMQ.
RAPPORTO DI RILIEVO	
RR	= 0.1091
RAPPORTO DI ALLUNGAMENTO	
RA	= 0.770

5. LA CARTOGRAFIA AUTOMATICA

A completamento di questo lavoro presentiamo la carta delle classi di esposizione rispetto la direzione del nord geografico e la carta delle classi di pendenza per il bacino studiato. Le carte sono state ottenute in modo completamente automatico (mediante elaboratore IBM 370/158 e plottter digitale CALCOMP 1306). Le metodologie e gli algoritmi di questi lavori sono ampiamente documentati in 6.

I tempi di realizzo di ciascuna carta sono dell'ordine di 1-1,30 minuti di elaborazione e di 15 ÷ 20 minuti di plottaggio.

In fig. 8 e fig. 9, fig. 10, fig. 11a e fig. 11b sono presentate le carte ottenute da calcolatore sul Bacino 11 del Botro dell'Alpino della Val d'Era (fig. 7).

Le carte in fig. 8 e 9 contenenti l'idrografia e lo spartiacque delle aree di drenaggio dei canali e l'altimetria sono carte di base semplicemente restituite dal calcolatore dopo la fase di digitalizzazione.

In fig. 10 è la carta delle classi di esposizioni generata, in modo automatico come pure la carta delle classi di acclività in fig. 11a e fig. 11b in due esempi di interesse ottenuti semplicemente specificando diversamente la scala di acclività in fase di input.

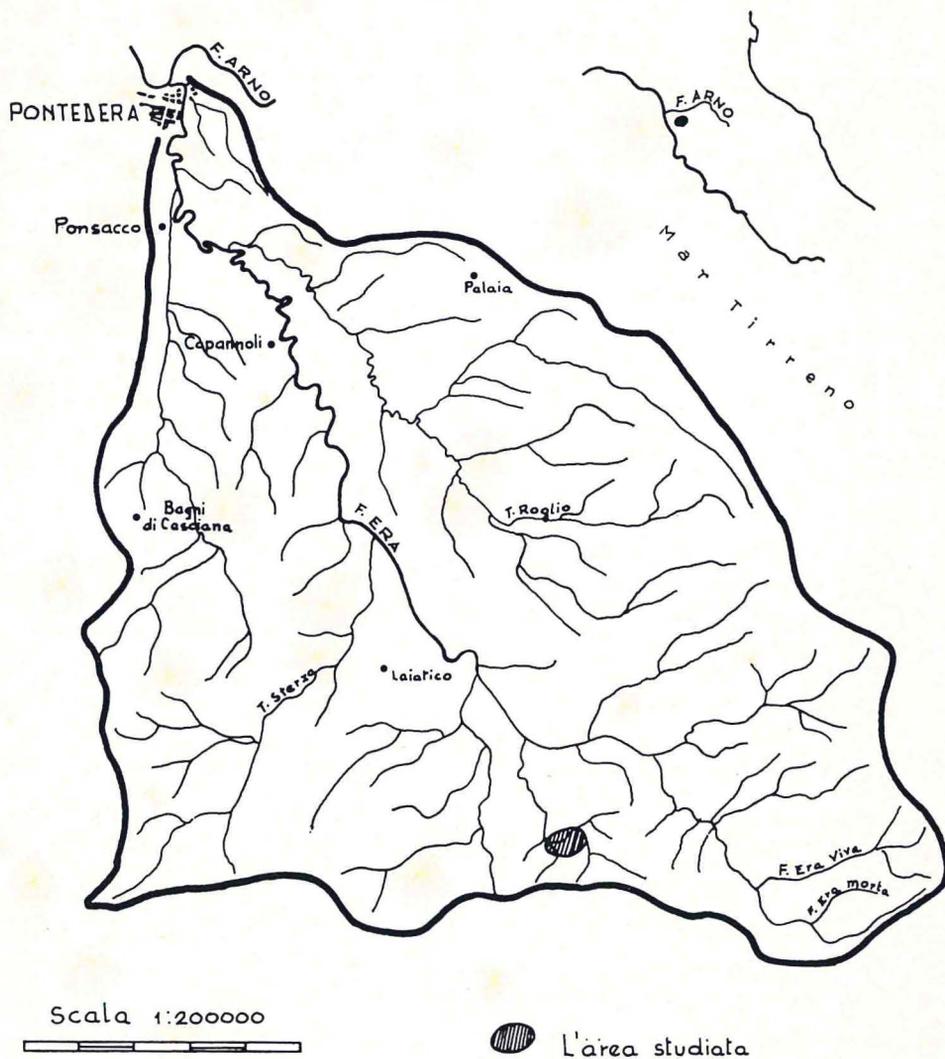
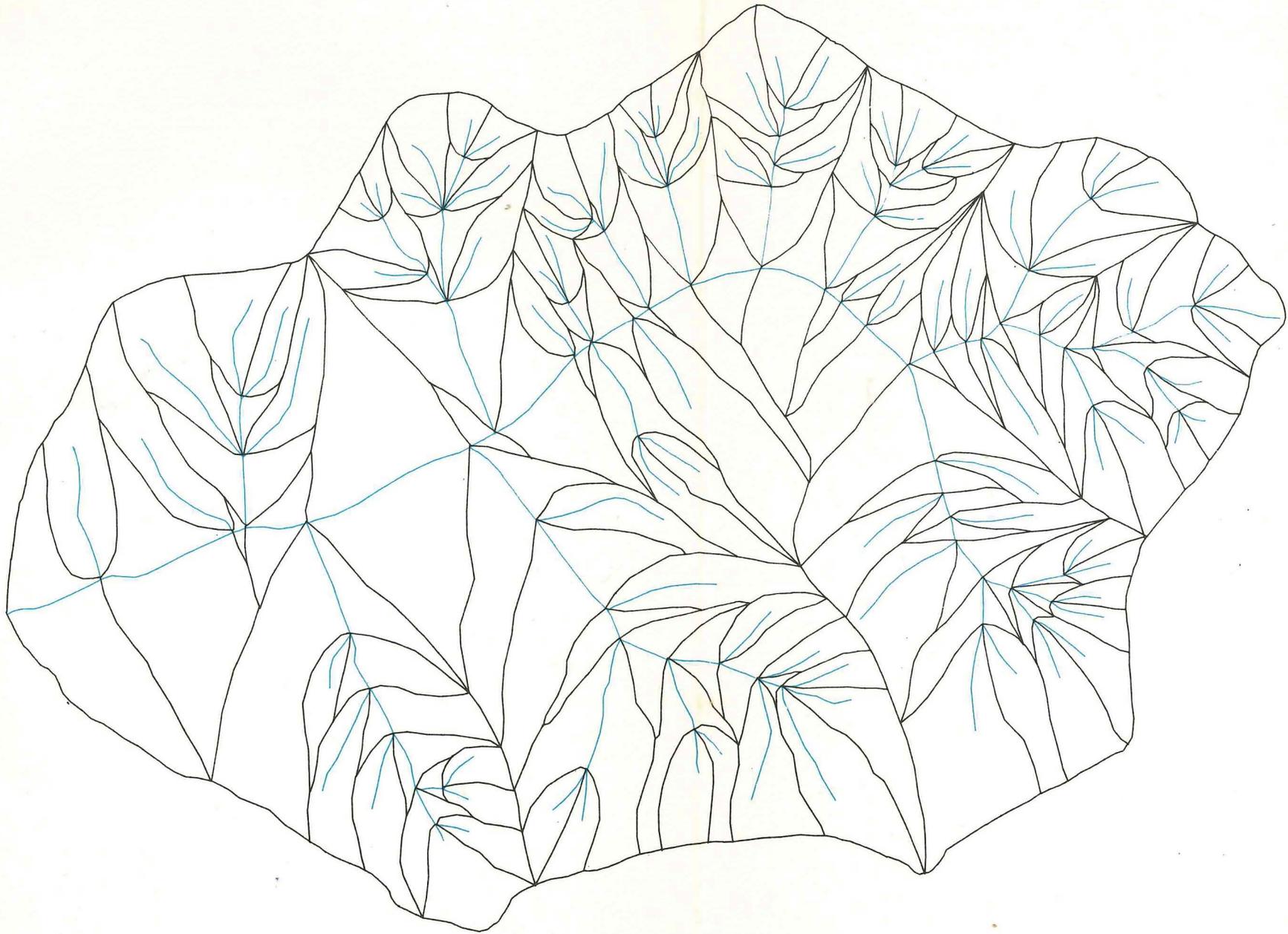


Fig. 7 - L'area studiata in val d'Era (Toscana).

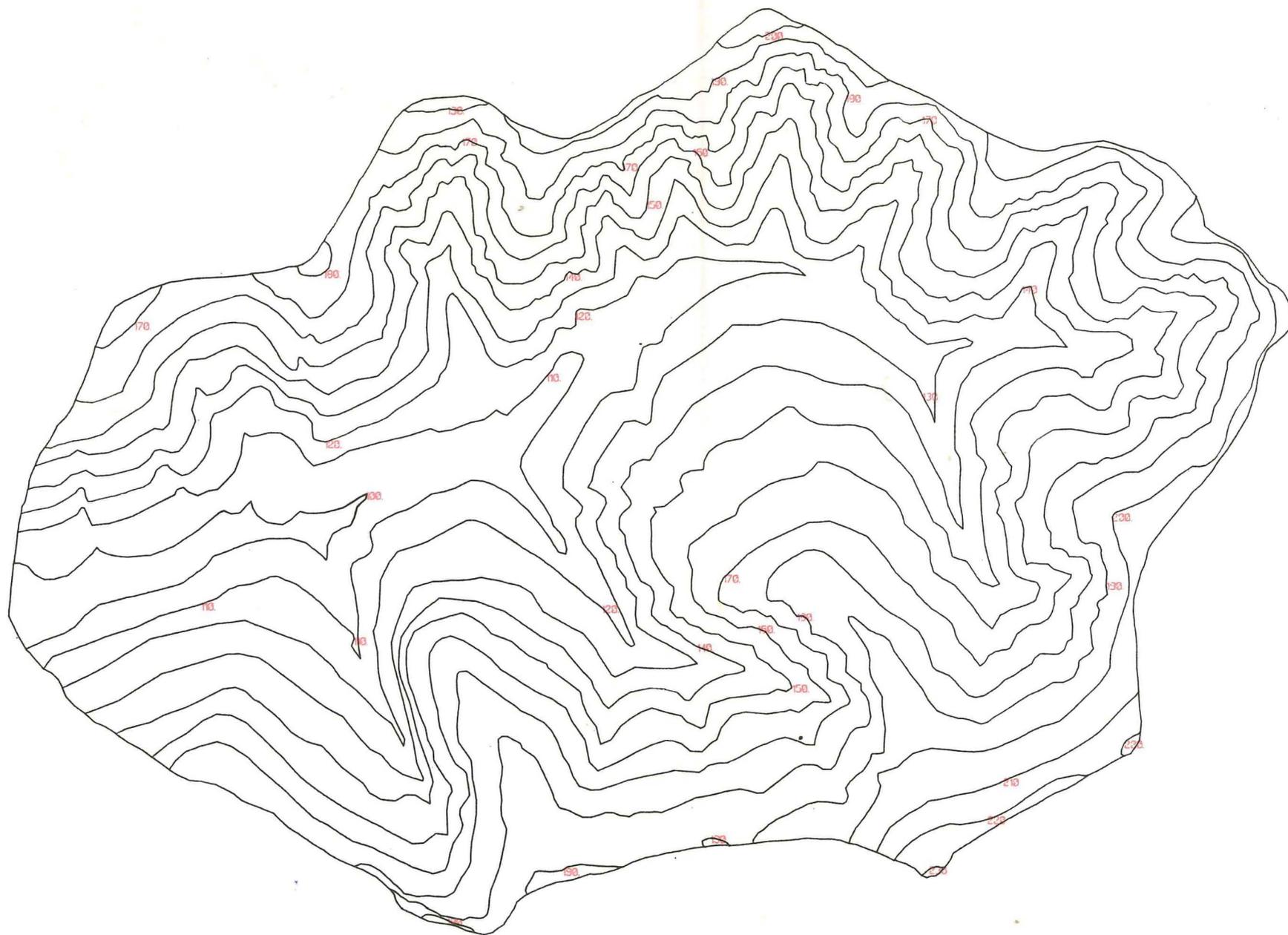
IDROGRAFIA



BACINO11 SCALA 1-5.000

Fig. 8

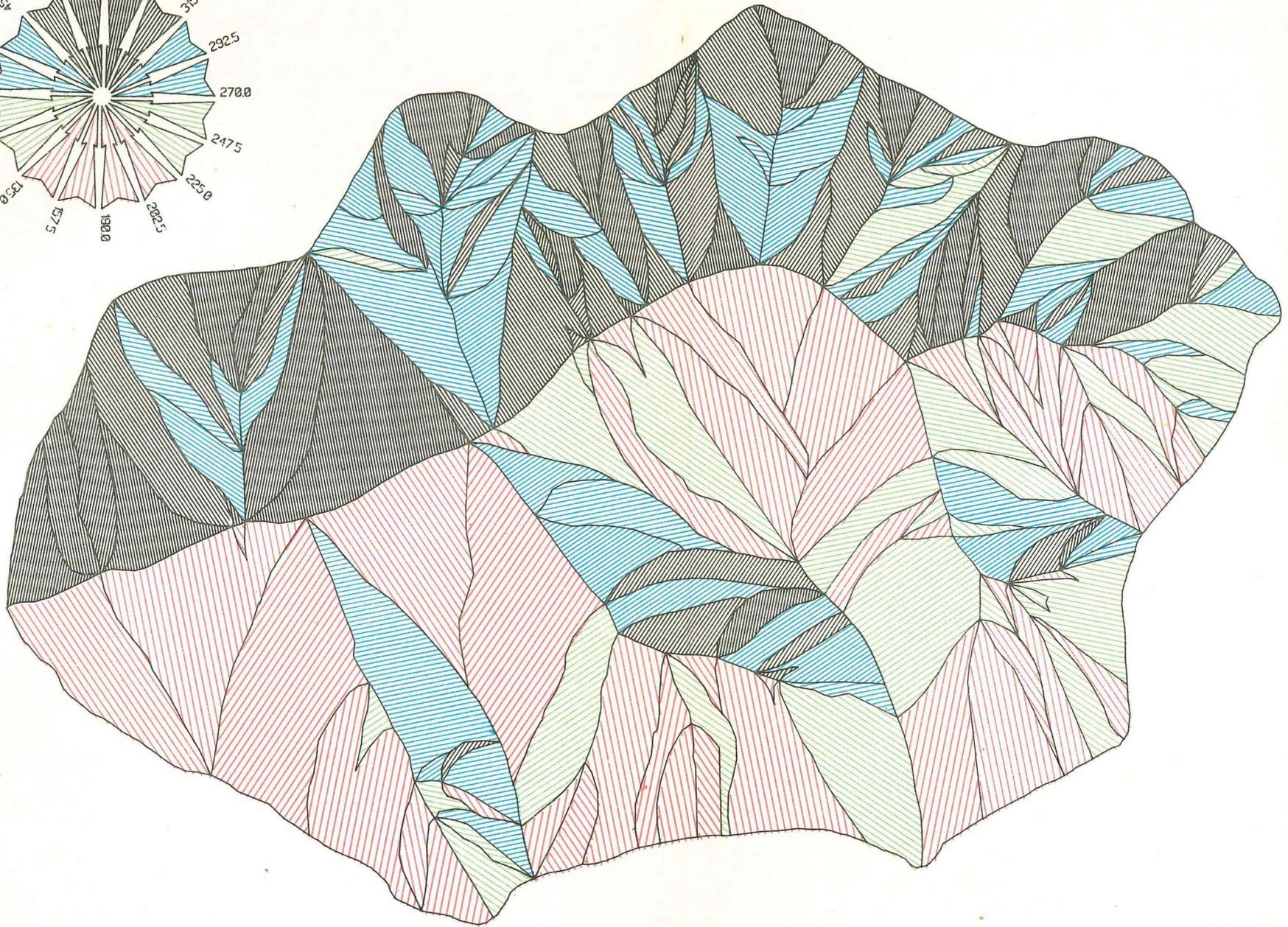
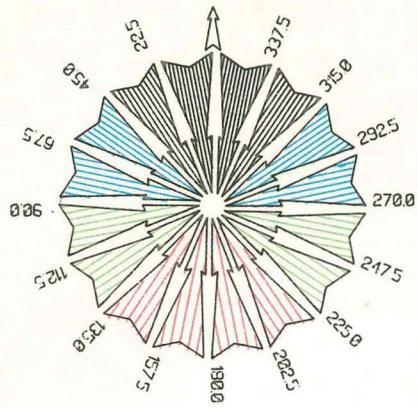
ALTIMETRIA



BACINO11 SCALA 1-5.000

Fig. 9

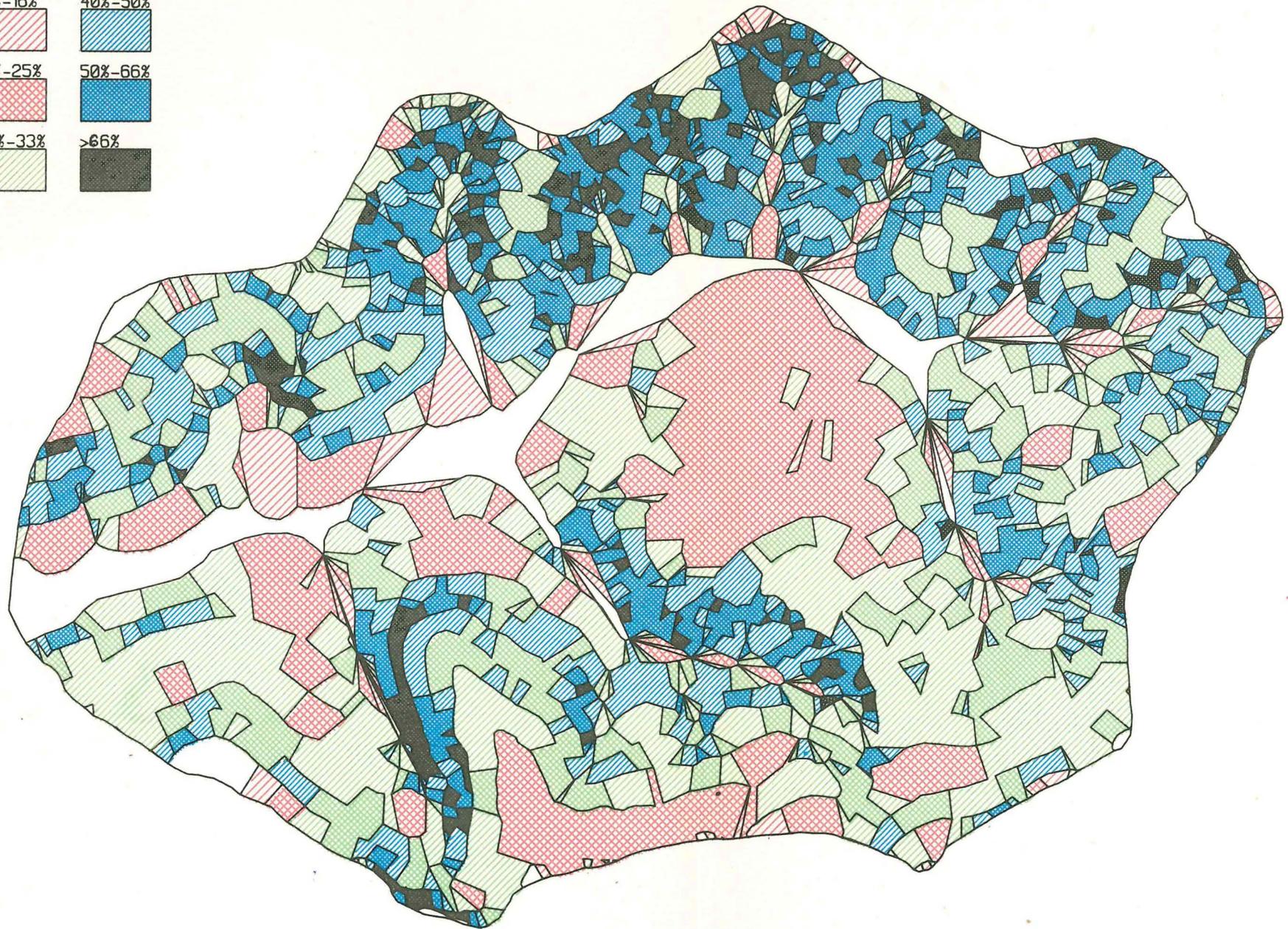
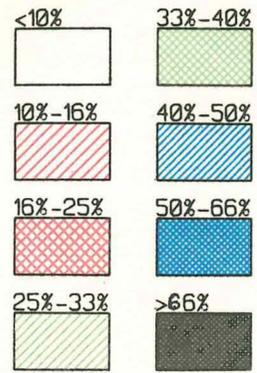
CARTA DELLE CLASSI D'ESPOSIZIONE



BACINO11 SCALA 1-5000

Fig. 10

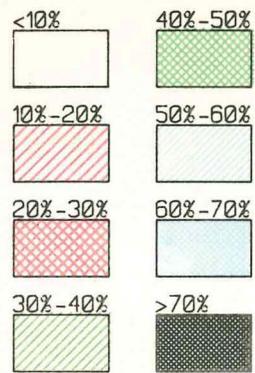
CARTA DELLE CLASSI DI PENDENZA



BACINO11 SCALA 1-5.000

Fig. 11a

CARTA DELLE CLASSI DI PENDENZA



BACINO11 SCALA 1-5.000

Fig. 11b

Ringraziamento

Gli autori desiderano ringraziare il direttore dell'Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo Prof. G. Ronchetti e i ricercatori dell'istituto stesso che hanno fornito la cartografia di base.

BIBLIOGRAFIA

- CECCHI MORANDI M., DEL GROSSO A., LIMONCELLI B. (1976) - Applicazione dell'informatica alla geologia: un modello monodimensionale per lo studio dei reticoli fluviali ed un tridimensionale per lo studio dei versanti. *Geologia e Idrogeologia*, 1, r, 7-38.
- CECCHI MORANDI M., DEL CORSO A., LIMONCELLI B. (1976) - Alcuni modelli sulla morfologia dei bacini montani. *Rend. Accad. Naz. Lincei*, 60, 254.
- CECCHI MORANDI M., LIMONCELLI B. (1976) - Trattamento informatico dei bacini idrografici a morfologia parzialmente natura. *Geologia e Idrogeologia*, 1, 9, 97-122.
- CARMIGNANI G., MORANDI CECCHI M. (1975-76) - Un algoritmo per la determinazione automatica delle quote per modelli di bacini montani e di bacini estesi. *Atti dell'Istituto di Scienza delle Costruzioni. Università di Genova*, 7, 77-90.
- MORANDI CECCHI M., MONTANI C. - Sulla Generazione Automatica di Carte Tematiche per un Bacino Idrografico. *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem. Serie A* (in stampa).
- MORANDI CECCHI M., MONTANI C. - On the automatic generation of thematic maps of drainage basins (*to appear*).

(ms. pres. il 7 gennaio 1980; ult. bozze il 15 novembre 1980)