

Consiglio Nazionale delle Ricerche

**ISTITUTO DI ELABORAZIONE
DELLA INFORMAZIONE**

PISA

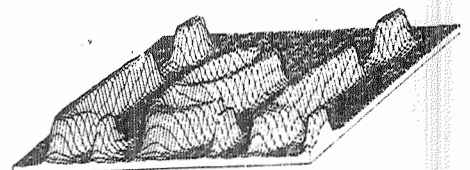
ESEMPI DI RESTITUZIONE DI IMMAGINI MEDIANTE
IL PROGRAMMA VIDAR.

L. Azzarelli, S. Cerri, M. Chimenti

Nota Interna

B79-6

Marzo



All'Istituto di Elaborazione dell'Informazione l'attività di ricerca nel campo dell'elaborazione automatica di immagini ha avuto inizio verso la fine degli anni 60. L'interesse suscitato dai risultati delle esperienze, condotte in collaborazione con ricercatori di altri Istituti o Enti di ricerca, ha portato alla rapida formazione di un gruppo di ricerca, che si dedica principalmente all'analisi d'immagini. L'attività svolta dal gruppo ha riguardato sia le metodologie di digitalizzazione delle immagini che il trattamento dei dati pittorici.

Il primo indirizzo di ricerca si è concretato nella realizzazione, completata nel 1972, del sistema per l'analisi digitale automatica di fotogrammi, SADAF. Con questo sistema si possono convertire in forma digitale le immagini poste su pellicola fotografica di 36 mm; il campionamento - a scansione sequenziale o ad accesso libero - viene fatto a passi 24μ , 60%; i valori d'uscita sono quantizzati su 64 livelli di densità.

Il SADAF è costituito essenzialmente da (fig.1):

- a) un analizzatore d'immagini a Flying-Spot;
- b) un elaboratore;
- c) un monitor interattivo di controllo.

Nel calcolatore risiedono vari programmi con cui si controllano diverse procedure di digitalizzazione; i dati d'uscita, costituiti dalle matrici di campionamento dell'immagine, sono trascritti su nastro magnetico.

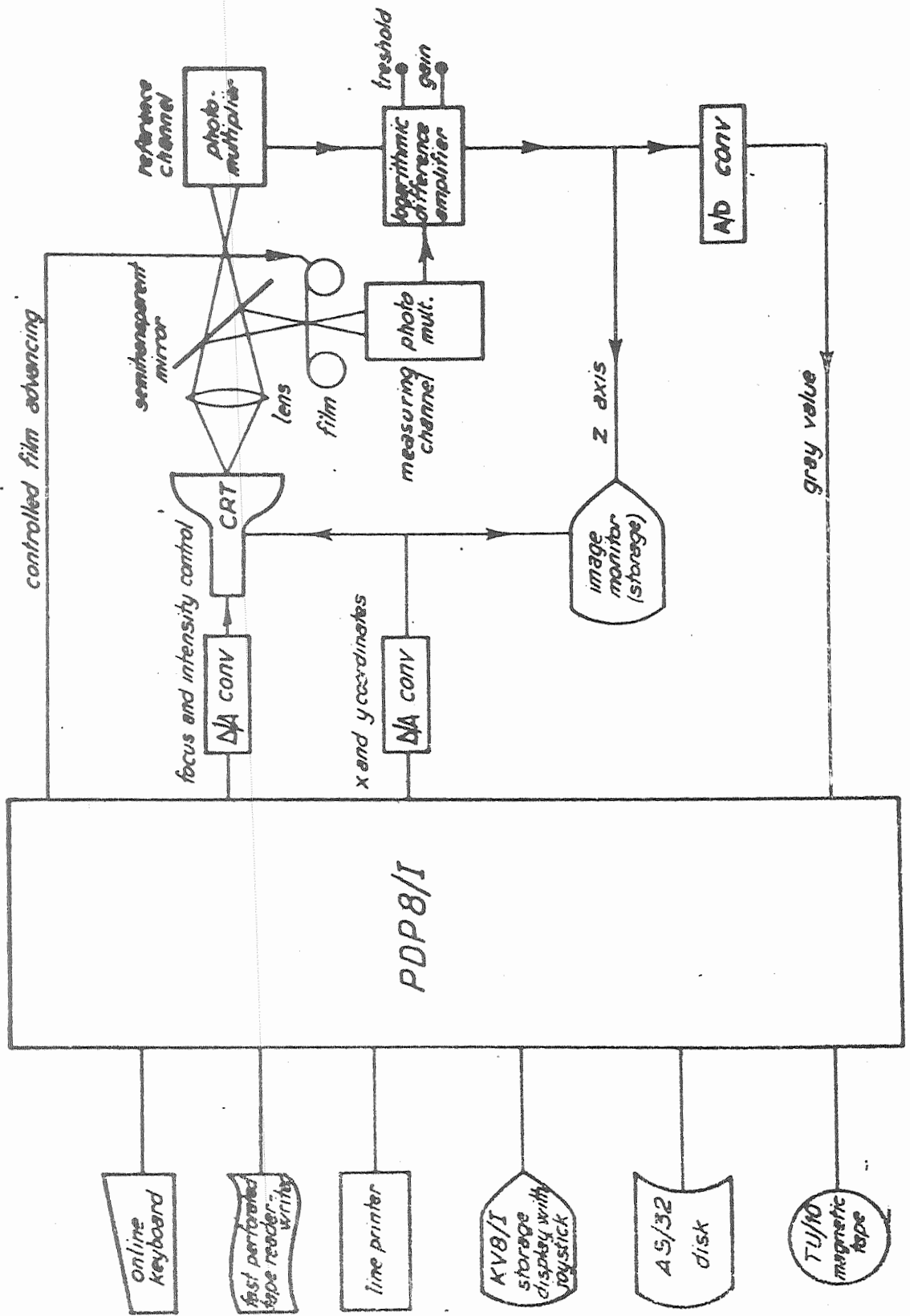


FIG. 1 - BLOCK DIAGRAM OF THE S.A.D.A.F.

L'elaborazione dei dati viene compiuta con un calcolatore H.P.21MX, corredato da un insieme di periferiche. (fig.2)

I dati da elaborare sono letti su un nastro magnetico e possono provenire sia dal SADAF (attraverso un collegamento off-line) sia che da altri dispositivi di digitalizzazione.

Il calcolatore dispone di tre periferiche specializzate per la rappresentazione di dati di tipo grafico e pittorico: una stampante (printer plotter), un terminale video grafico interattivo a memoria con cui si possono riprodurre 95 livelli (teorici) di grigio, un monitor video a colori con memoria "refresh".

Sul calcolatore risiede il sistema operativo RTE III (Real Time executive), il quale gestisce il programma VIDAR.

Il VIDAR è un complesso di programmi interattivi costituito dall'insieme dei programmi usati per compiere le elaborazioni sui dati di campionamento delle immagini, e per rappresentare sotto forma grafica o pittorica i risultati delle elaborazioni.

Il VIDAR è un programma di impiego generale, che può essere usato per compiere un insieme di operazioni significative su una vasta classe di dati d'ingresso. Come accennato nell'introduzione, il VIDAR ha lo scopo di fornire in breve tempo - e quindi con limitate procedure di elaborazione - dei risultati utili all'utente; questa caratteristica deriva dall'esigenza, spesso riscontrata durante i lavori compiuti dal gruppo di elaborazione di immagini, di ottenere risultati rapidi.

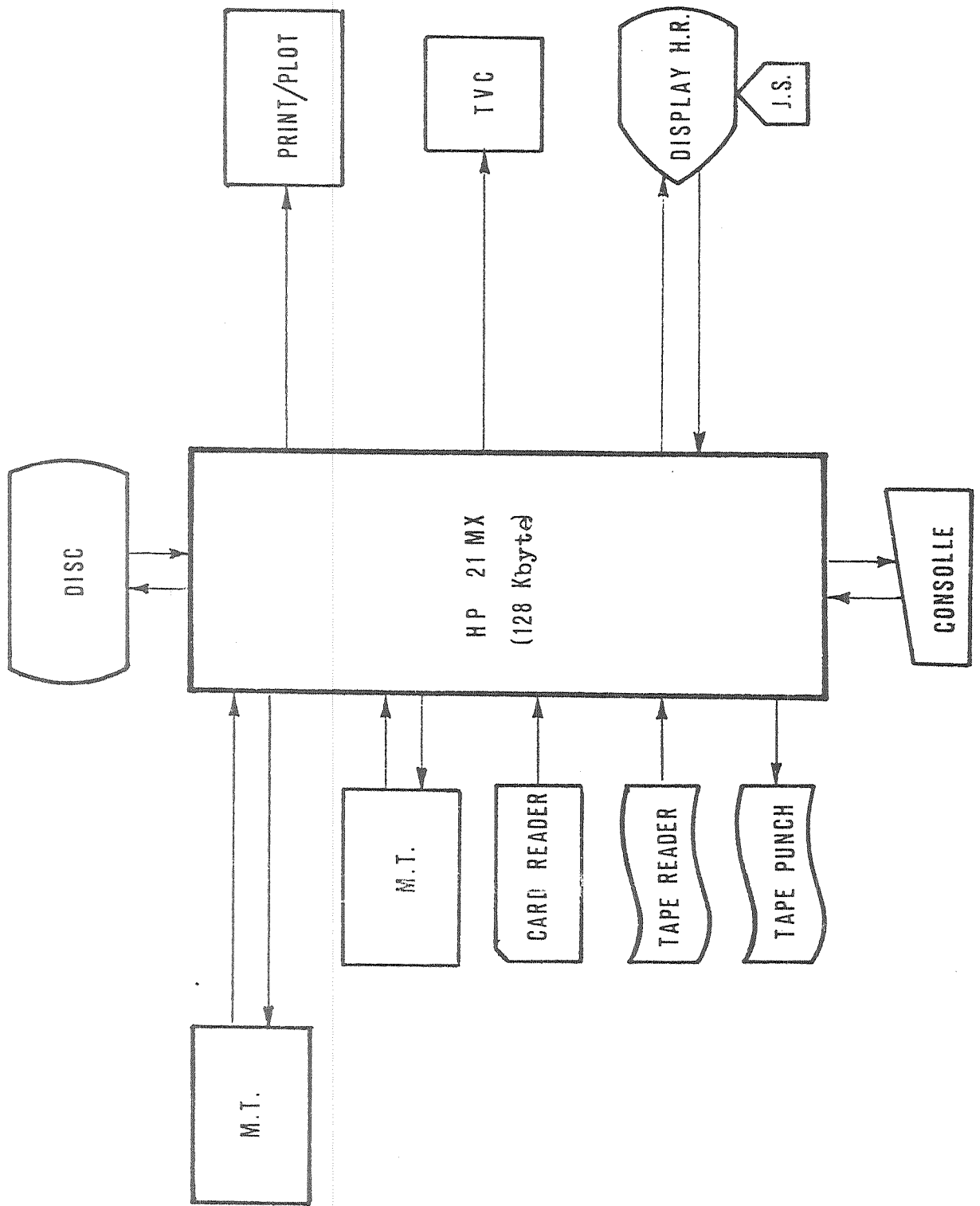


fig.2

La rapidità di elaborazione non va necessariamente a scapito della significatività dei risultati: il VIDAR si è dimostrato, ad esempio, di utile impiego in alcune applicazioni nel campo dell'astronomia, nelle quali il non elevato grado di precisione dell'elaborazioni è ampiamente compensato dalla validità dei risultati ottenuti esaminando notevoli moli di materiale. Altre applicazioni in cui il fattore tempo ha grande importanza sono quelli in campo medico: il VIDAR è stato impiegato in alcune esperienze aventi lo scopo di fornire all'utente un'immagine da osservare e giudicare: ciò che richiede l'utente - il medico in questo caso - è spesso una procedura semplice, efficace e veloce.

Le operazioni che si possono compiere col VIDAR sono (fig.3):

- Calcolo dell'istogramma di un'immagine.
- Riduzione del rumore mediante filtri spaziali bidimensionali sulla matrice dei dati.
- Modifica dell'istogramma di un'immagine.
- Riproduzione di un'immagine a livelli di grigio.
- Rappresentazione con pseudocolori di un'immagine a livelli di grigio.
- Calcolo e rappresentazione di isofote.
- Calcolo e rappresentazione di stereogrammi.

Queste operazioni sono compiute durante un processo interattivo, chiamando i programmi componenti il VIDAR.

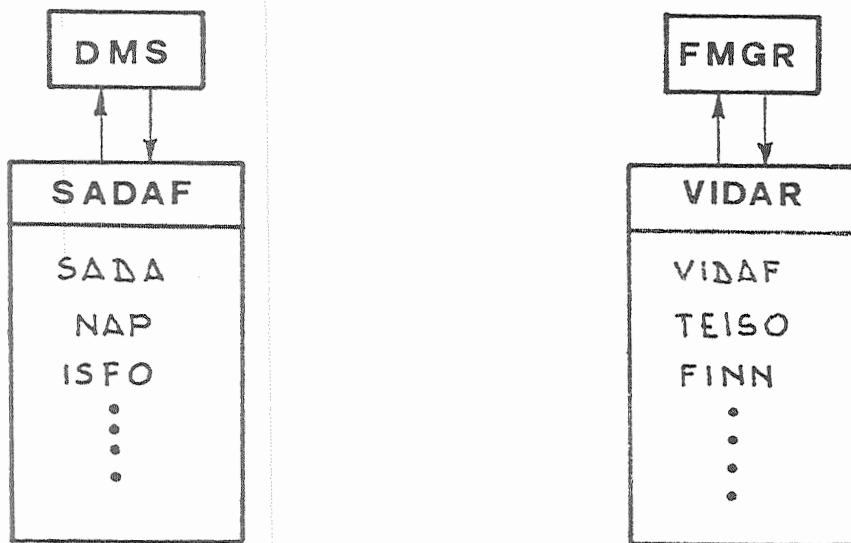
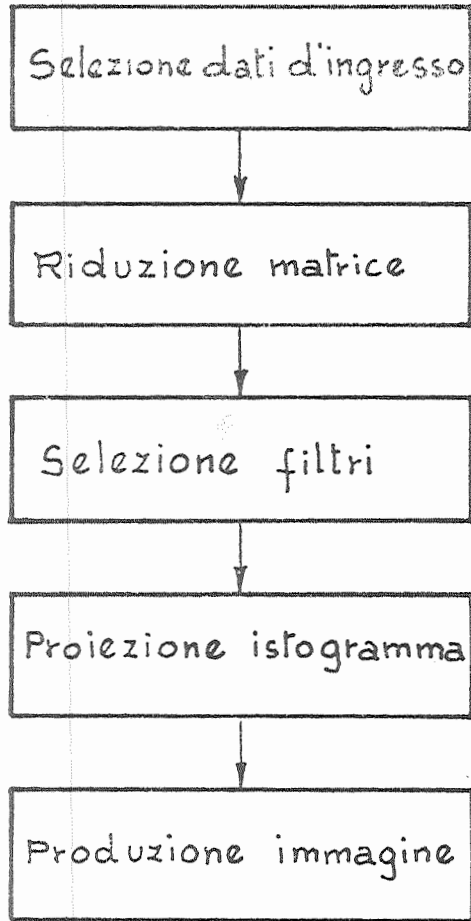


fig.3

Un tipico svolgimento del VIDAR per compiere un processo di esaltazione dell'immagine (image enhancement) consiste nei seguenti passi:

- 1) selezione dei dati d'ingresso;
- 2) riduzione della matrice d'ingresso;
- 3) filtro della matrice;
- 4) proiezione dei livelli della matrice d'ingresso;
- 5) riproduzione sul monitor TV.

I passi 2 e 4 sono dovuti in origine alle caratteristiche dell'interfaccia video che pilota il monitor TV. Essa è infatti in grado di rappresentare una matrice 256x256 punti a otto livelli di grigio (o colori) ciascuno; poiché le matrici d'ingresso hanno normalmente risoluzione spaziale e densitometrica maggiori è necessario elaborare opportunamente i dati d'ingresso per estrarre una matrice riproducibile sul monitor. Questa procedura non è però superflua anche se si dispone di un sistema video capace di rappresentare integralmente la matrice di ingresso: può essere infatti utile modificare l'istogramma di un'immagine, sia lasciando inalterato il numero dei livelli, sia modificandolo, per mettere in evidenza alcune informazioni.

Col programma VIDAR si possono compiere le seguenti operazioni di modifica sugli istogrammi delle matrici d'ingresso:

- 1) Selezione di una finestra (sull'istogramma vengono rappresentati distinti al più 6 livelli).

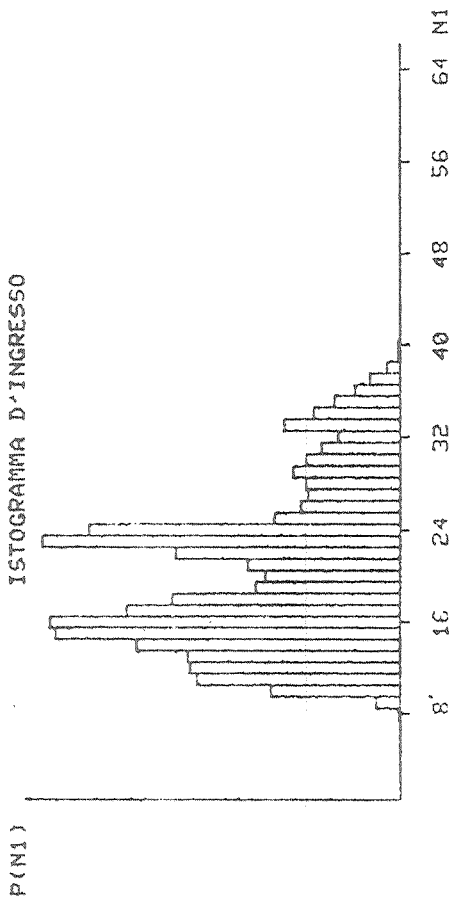
SOTTOMATRICE IN ESAME : X= 0, 127, 1
 Y= 128, 255, 1

DISTRIBUZIONE D'INGRESSO

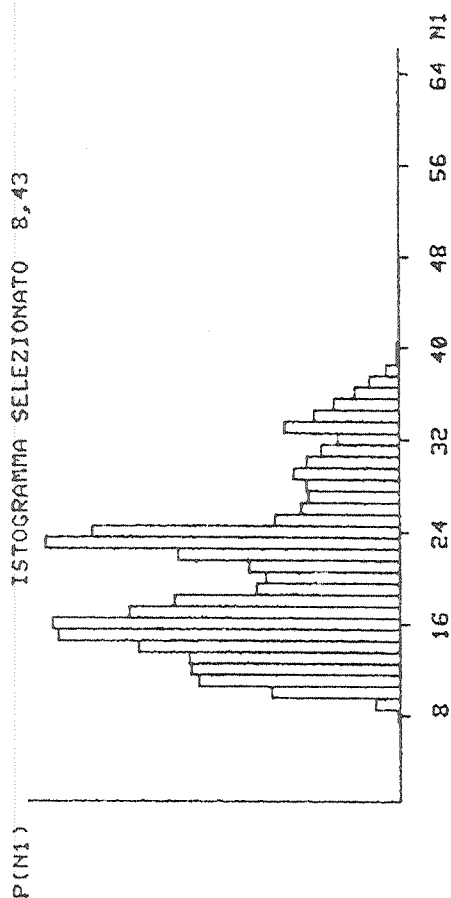
N1	P(N1)	N1	P(N1)
1	.	33	409.
2	.	34	304.
3	.	35	231.
4	.	36	157.
5	.	37	109.
6	.	38	52.
7	.	39	9.
8	7.	40	7.
9	89.	41	4.
10	456.	42	4.
11	710.	43	1.
12	733.	44	.
13	744.	45	.
14	916.	46	.
15	1198.	47	.
16	1218.	48	.
17	948.	49	.
18	795.	50	.
19	509.	51	.
20	477.	52	.
21	536.	53	.
22	780.	54	.
23	1242.	55	.
24	1085.	56	.
25	443.	57	.
26	347.	58	.
27	325.	59	.
28	331.	60	.
29	376.	61	.
30	331.	62	.
31	279.	63	.
32	222.	64	.

Fig. 4

ISTOGRAMMA D'INGRESSO



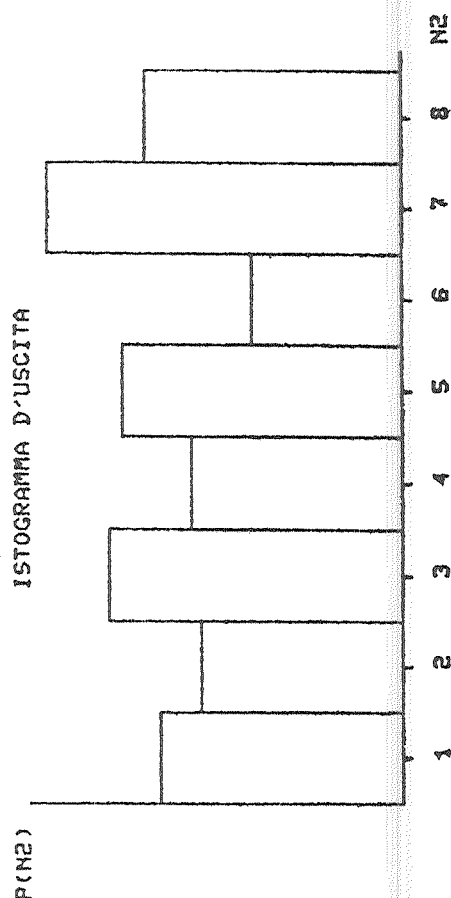
ISTOGRAMMA SELEZIONATO 8,43



DISTRIBUZIONE D'USCITA (UNIFORME)

N2	P(N2)	COLORE	CODICE
1	1995.	NERO	0
2	1660.	BLU	5
3	2416.	VERDE	6
4	1743.	CELESTE	2
5	2302.	ROSSO	7
6	1242.	MAGENTA	3
7	2907.	GIALLO	4
8	2119.	BIANCO	1

ISTOGRAMMA D'USCITA

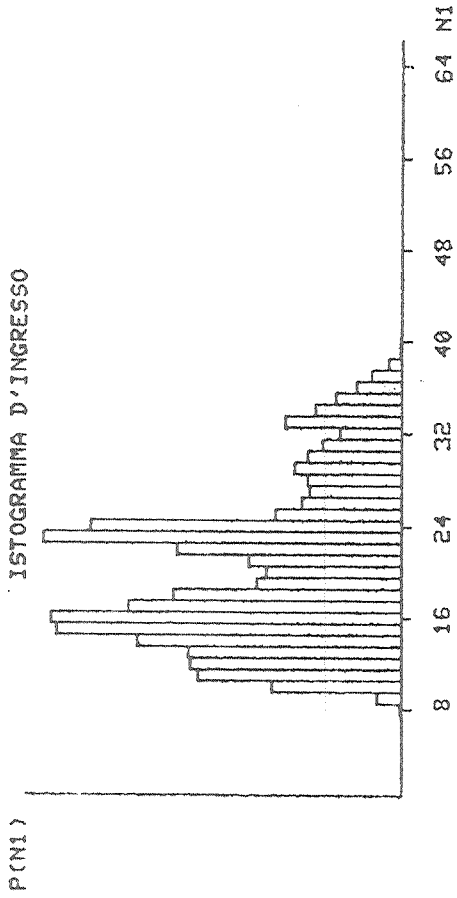


SOTTOMATRICE IN ESAME : X= 0, 127, 1
 Y= 128, 255, 1

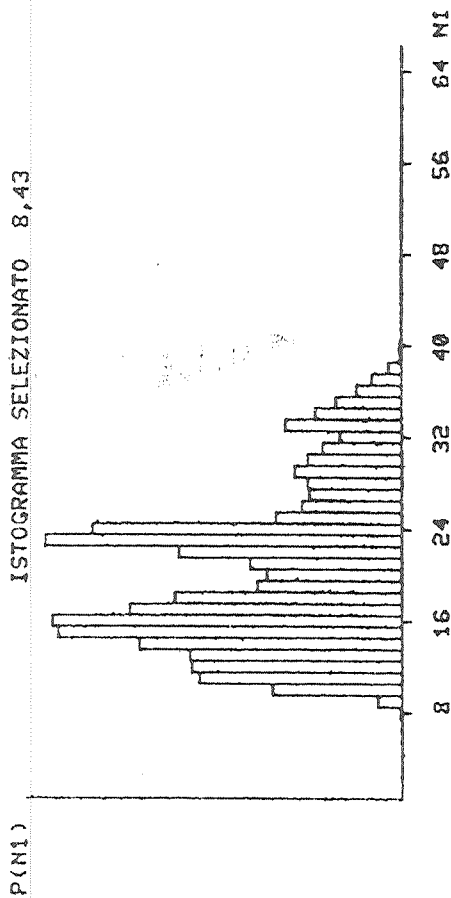
DISTRIBUZIONE D'INGRESSO

N1	P(N1)	N1	P(N1)
1	.	33	409.
2	.	34	304.
3	.	35	231.
4	.	36	157.
5	.	37	109.
6	.	38	52.
7	.	39	9.
8	7.	40	7.
9	89.	41	4.
10	456.	42	4.
11	710.	43	1.
12	733.	44	.
13	744.	45	.
14	916.	46	.
15	1198.	47	.
16	1218.	48	.
17	948.	49	.
18	795.	50	.
19	509.	51	.
20	477.	52	.
21	536.	53	.
22	780.	54	.
23	1242.	55	.
24	1085.	56	.
25	443.	57	.
26	347.	58	.
27	325.	59	.
28	331.	60	.
29	376.	61	.
30	331.	62	.
31	279.	63	.
32	222.	64	.

ISTOGRAMMA D'INGRESSO



ISTOGRAMMA SELEZIONATO 8,43



DISTRIBUZIONE D'USCITA (IPERBOLICA)

NE	P(N2)	COLORE	CODICE
1	7814.	NERO	0
2	2302.	BLU	5
3	1242.	VERDE	6
4	1528.	CELESTE	2
5	1003.	ROSSO	7
6	986.	MAGENTA	3
7	631.	GIALLO	4
8	878.	BIANCO	1

ISTOGRAMMA D'USCITA

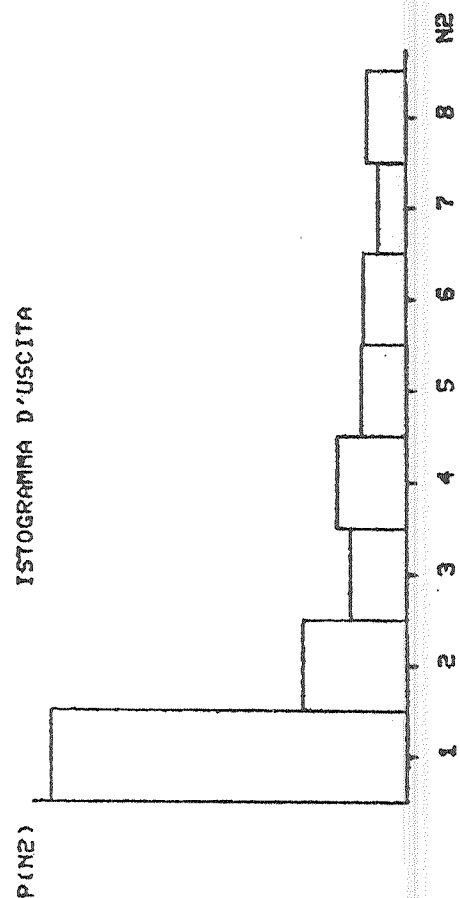


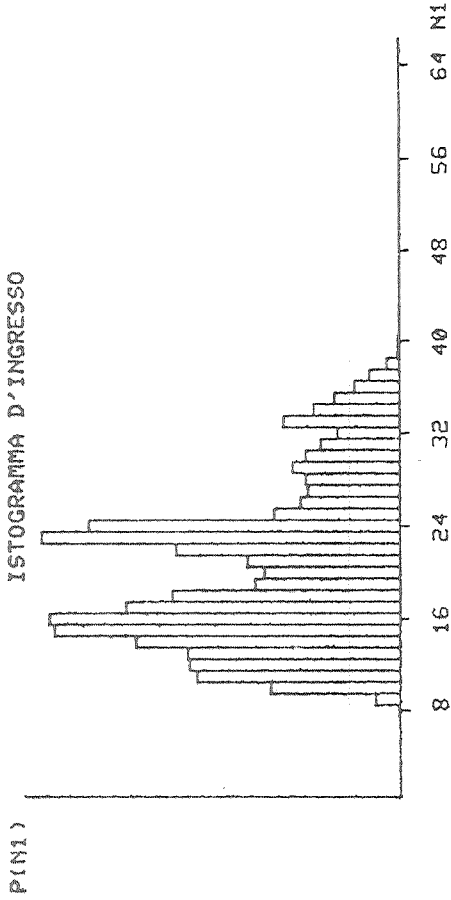
fig. 5

SOTTOMATRICE IN ESAME : X= 0, 127, 1
 Y= 128, 255, 1

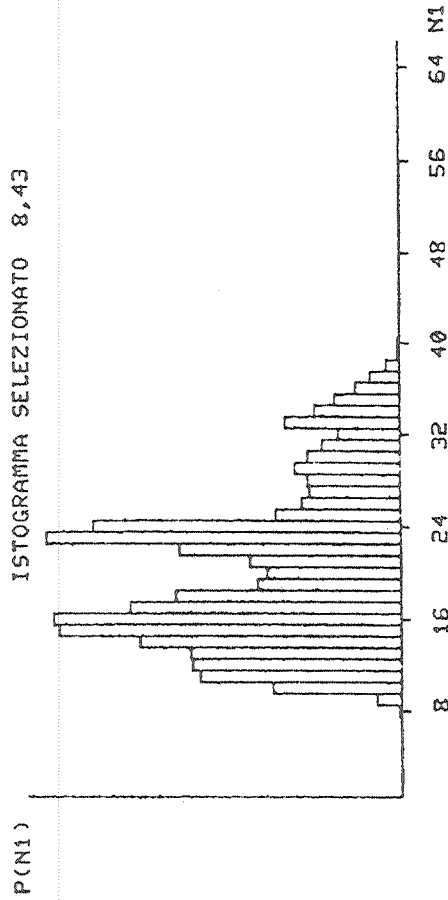
DISTRIBUZIONE D'INGRESSO

N1	P(N1)	N1	P(N1)
1	.	33	409.
2	.	34	304.
3	.	35	231.
4	.	36	157.
5	.	37	109.
6	.	38	52.
7	.	39	9.
8	7.	40	7.
9	89.	41	4.
10	456.	42	4.
11	710.	43	1.
12	733.	44	.
13	744.	45	.
14	916.	46	.
15	1198.	47	.
16	1218.	48	.
17	948.	49	.
18	795.	50	.
19	509.	51	.
20	477.	52	.
21	536.	53	.
22	780.	54	.
23	1242.	55	.
24	1085.	56	.
25	443.	57	.
26	347.	58	.
27	325.	59	.
28	331.	60	.
29	376.	61	.
30	331.	62	.
31	279.	63	.
32	222.	64	.

ISTOGRAMMA D'INGRESSO



ISTOGRAMMA SELEZIONATO 8,43



DISTRIBUZIONE D'USCITA (PARABOLICA)

N2	P(N2)	COLORE	CODICE
1	1262.	NERO	0
2	733.	BLU	5
3	744.	VERDE	6
4	916.	CELESTE	2
5	1198.	ROSSO	7
6	1218.	MAGENTA	3
7	2252.	GIALLO	4
8	8061.	BIANCO	1

ISTOGRAMMA D'USCITA

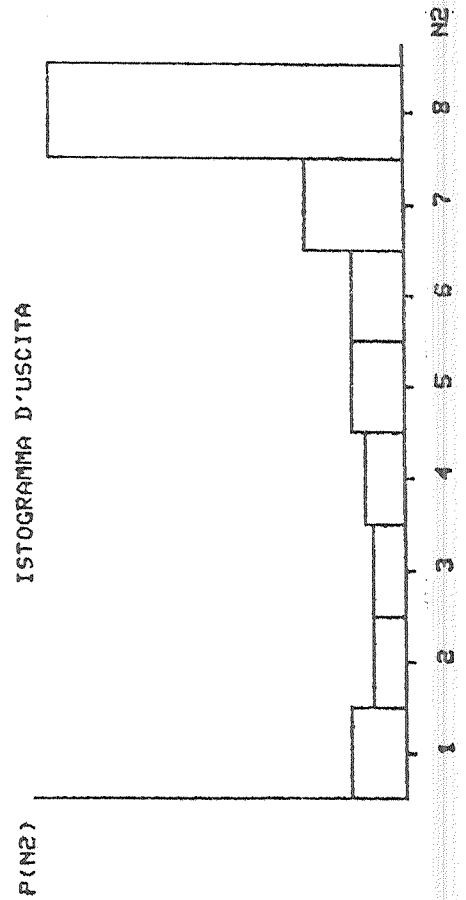


fig. 6

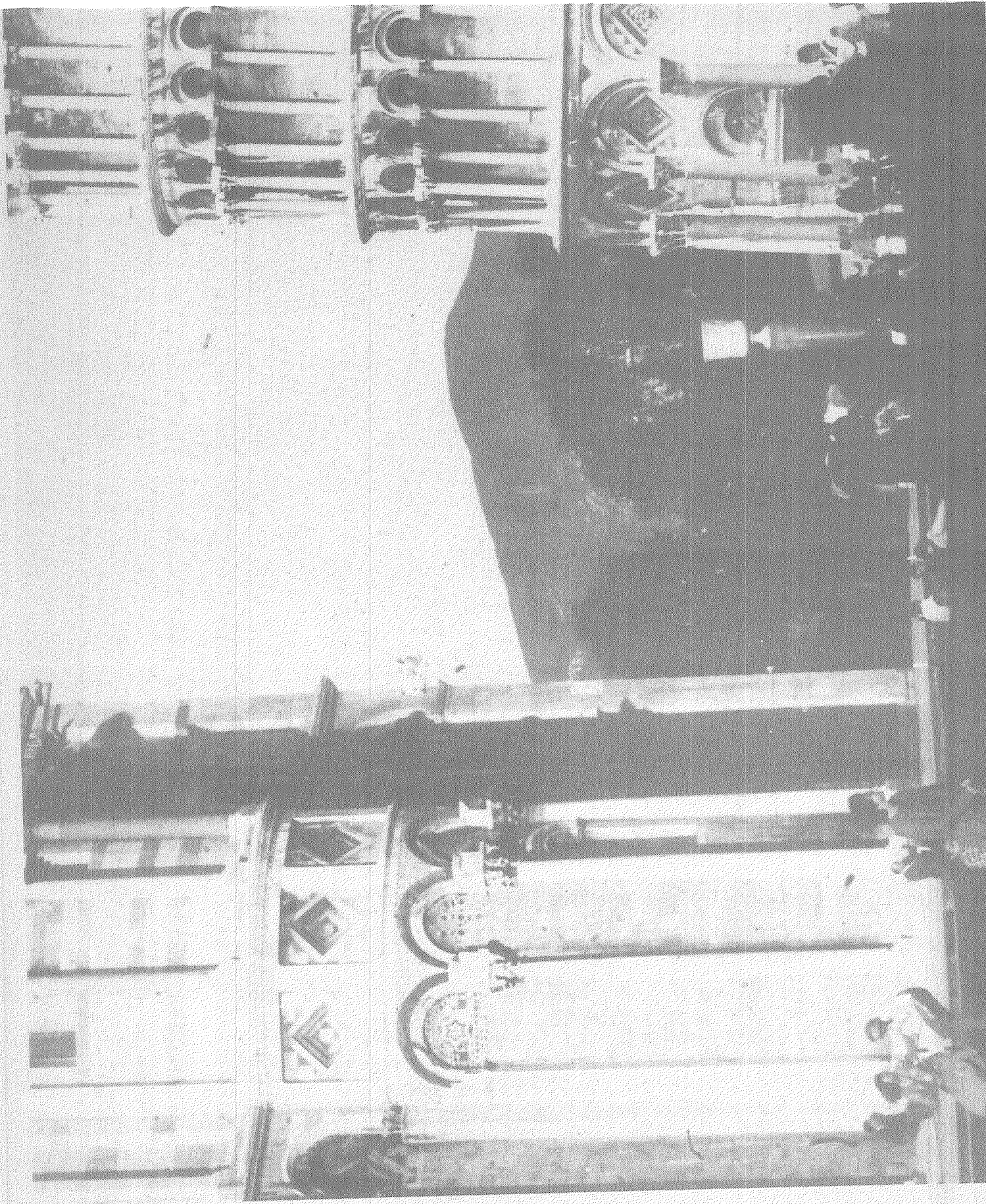
- 2) Proiezione lineare dell'istogramma: i livelli d'ingresso vengono suddivisi in intervalli di lunghezza costante e ciascun intervallo viene rappresentato con un livello d'uscita.
- 3) Proiezioni non lineari: i livelli d'ingresso sono suddivisi in intervalli di lunghezza non costante, in modo che gli istogrammi d'uscita abbiano un andamento di tipo (fig.4,5,6):
 - a) uniforme
 - b) iperbolico
 - c) parabolico.

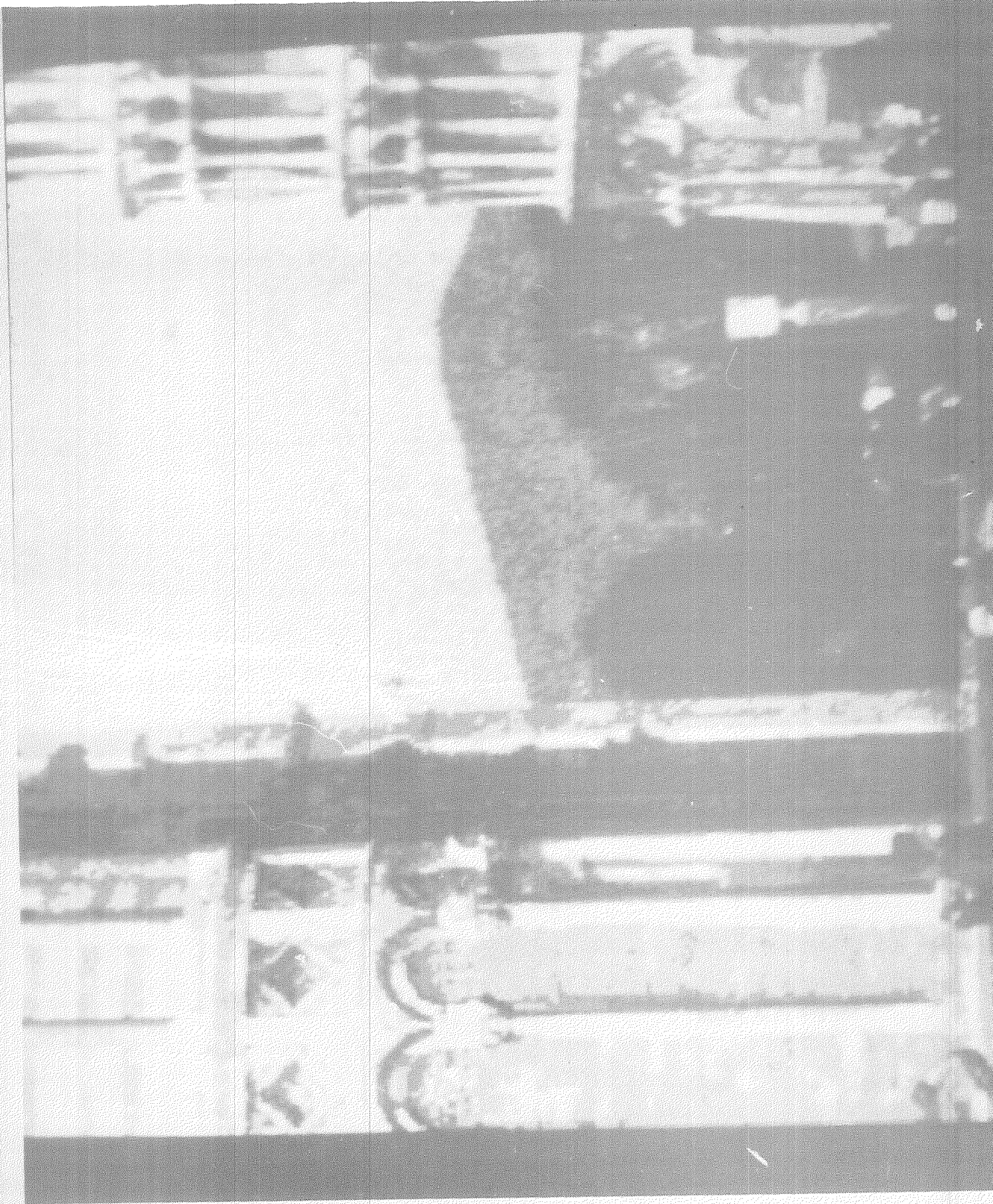
La scelta del tipo di modifica degli istogrammi da impiegare non è determinabile a priori; si possono ricavare indicazioni utili all'andamento dell'istogramma d'ingresso, e si può scegliere l'operazione da eseguire in base alla zona dell'istogramma che si vuol mettere in evidenza, senza essere però sicuri che il risultato delle operazioni, determinato dall'aspetto dell'immagine che compare sullo schermo del monitor, sia quello desiderato. Col VIDAR l'utente può ripetere l'operazione sino ad ottenere il risultato che è, a suo giudizio, migliore.

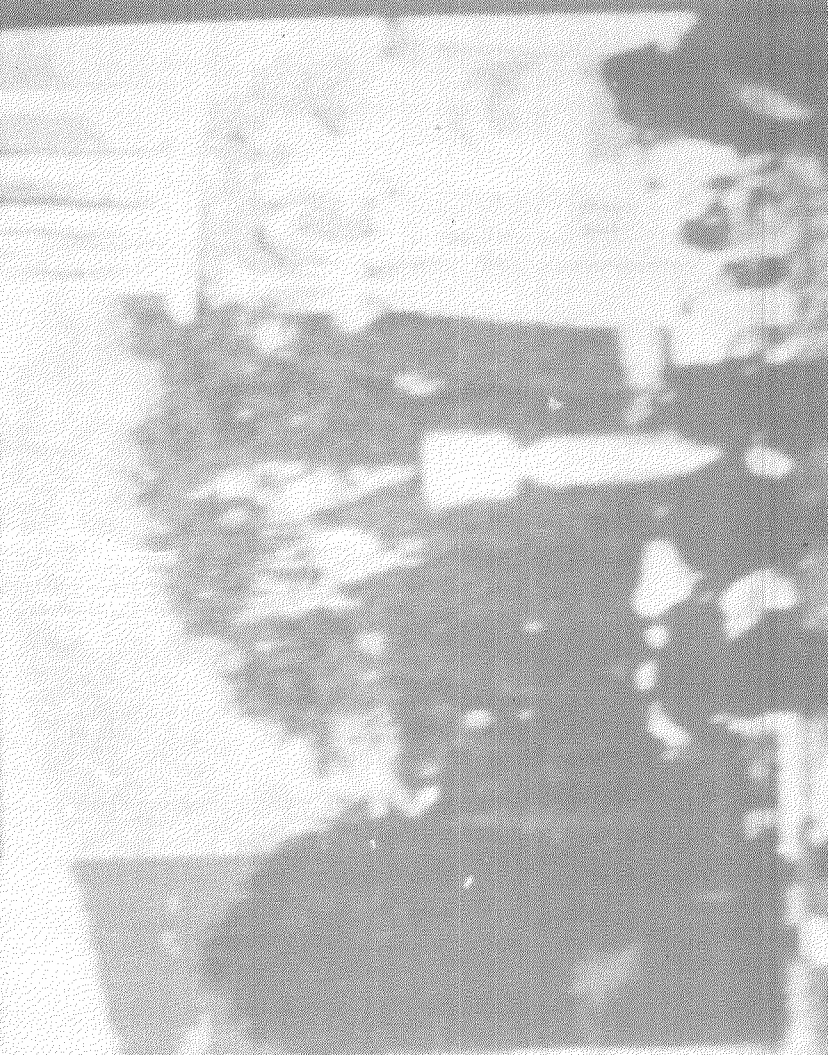
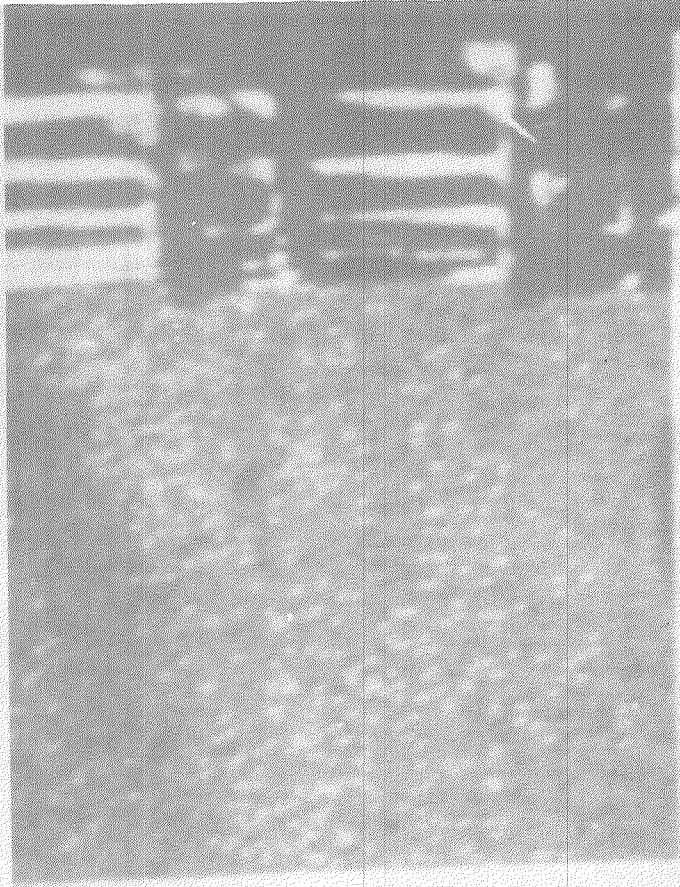
Nelle figure seguenti sono mostrati alcuni esempi dei documenti d'uscita ottenibili costituiti sia da immagini ricostruite sul monitor partendo da immagini precedentemente digitalizzate, sia da funzioni ottenute dalle immagini.

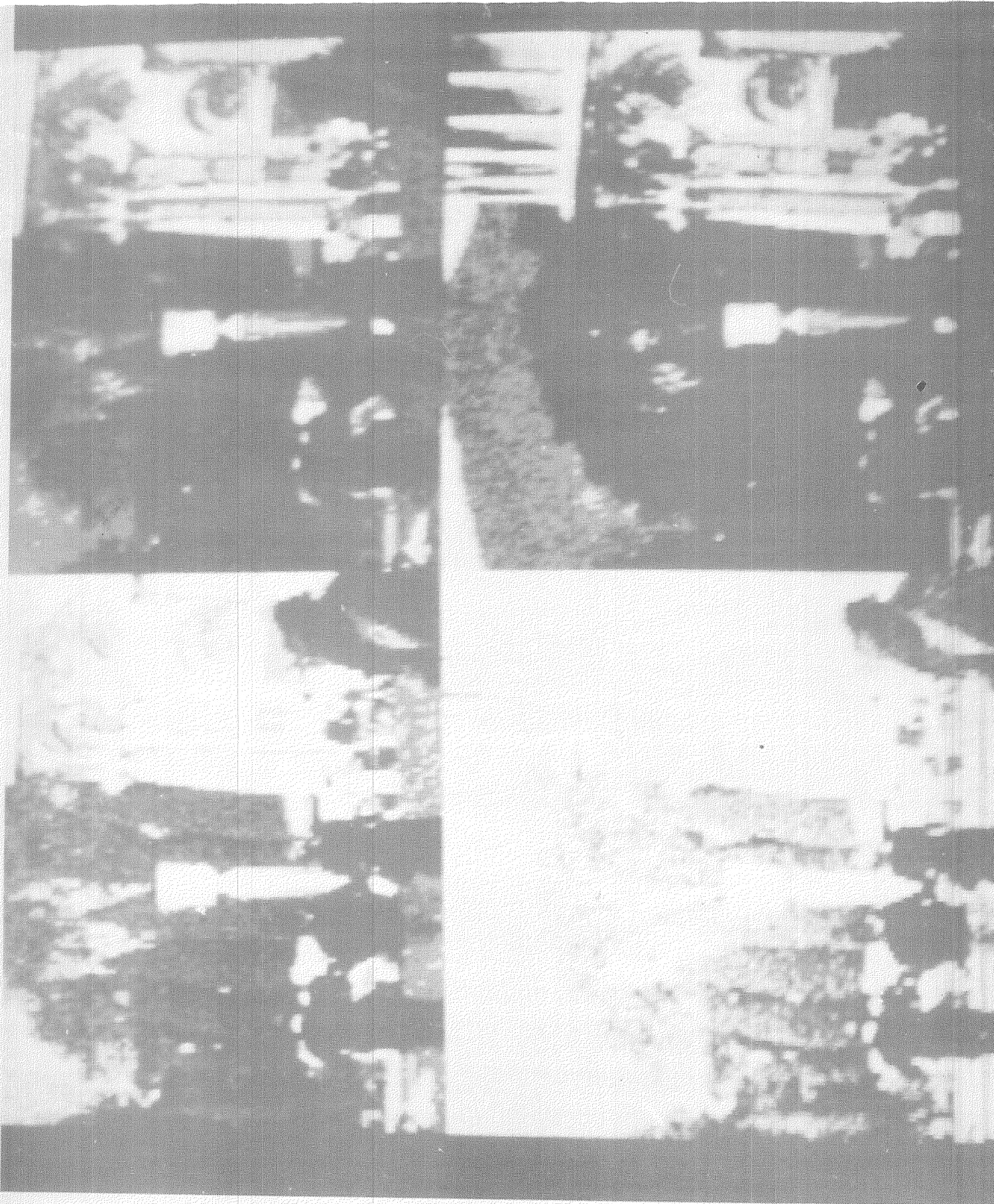
- 7) Positivo di un'immagine acquisita mediante il SADAF; il negativo corrispondente è stato convertito in una matrice di 256^2 punti, quantizzati su 64 livelli, e da questa matrice sono state ricavate le immagini 8-11 definite da 256^2 punti quantizzati su 8 livelli.

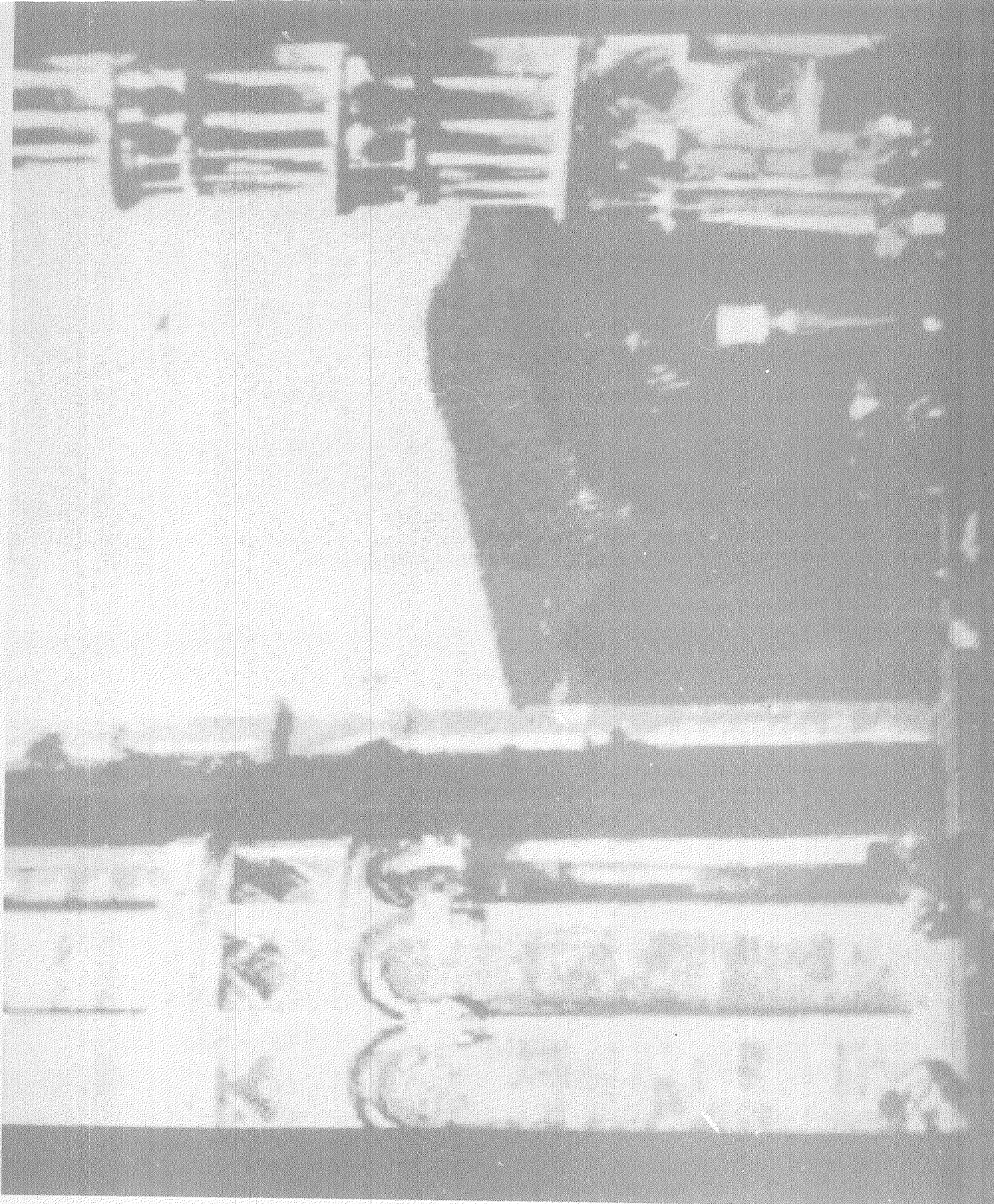
- 20) Proiezione uniforme di una matrice ricavata da un filtrogramma del sole.
- 21) Stereogramma calcolato sulla matrice 20.
- 22) Lo stesso filtrogramma dopo il passaggio di un filtro di convoluzione passa basso.
- 23) Cartografia termica ricavata da dati radiometrici trasmessi da satellite; mappa ottenuta con la selezione di una finestra di 8 livelli sull'istogramma della matrice.
- 24) Idem, con la finestra traslata di 8 livelli.
- 25) Fotogramma digitalizzato di una galassia; rappresentazione a pseudo colori con proiezione uniforme dell'istogramma.



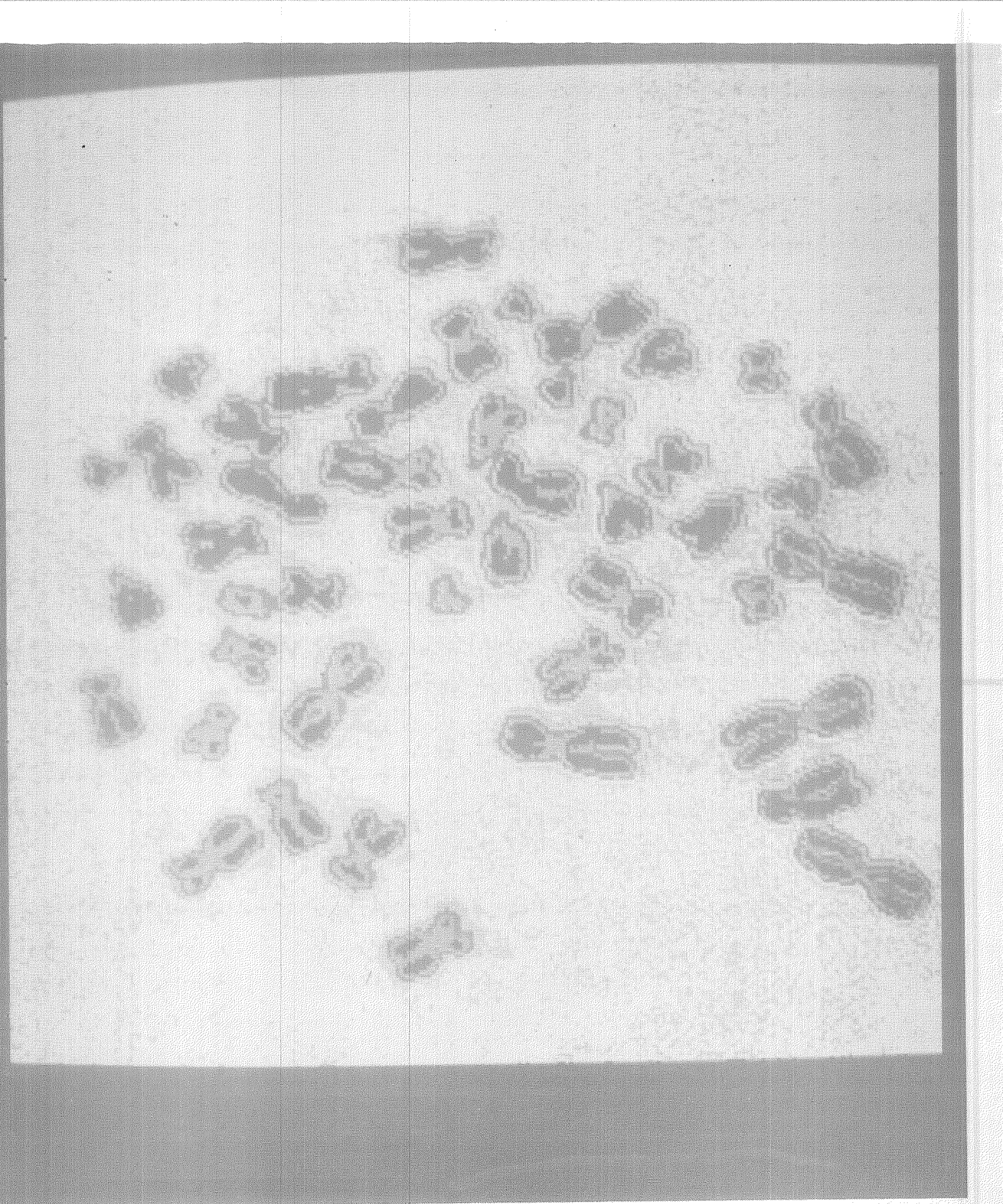












Isofote (3 livelli)

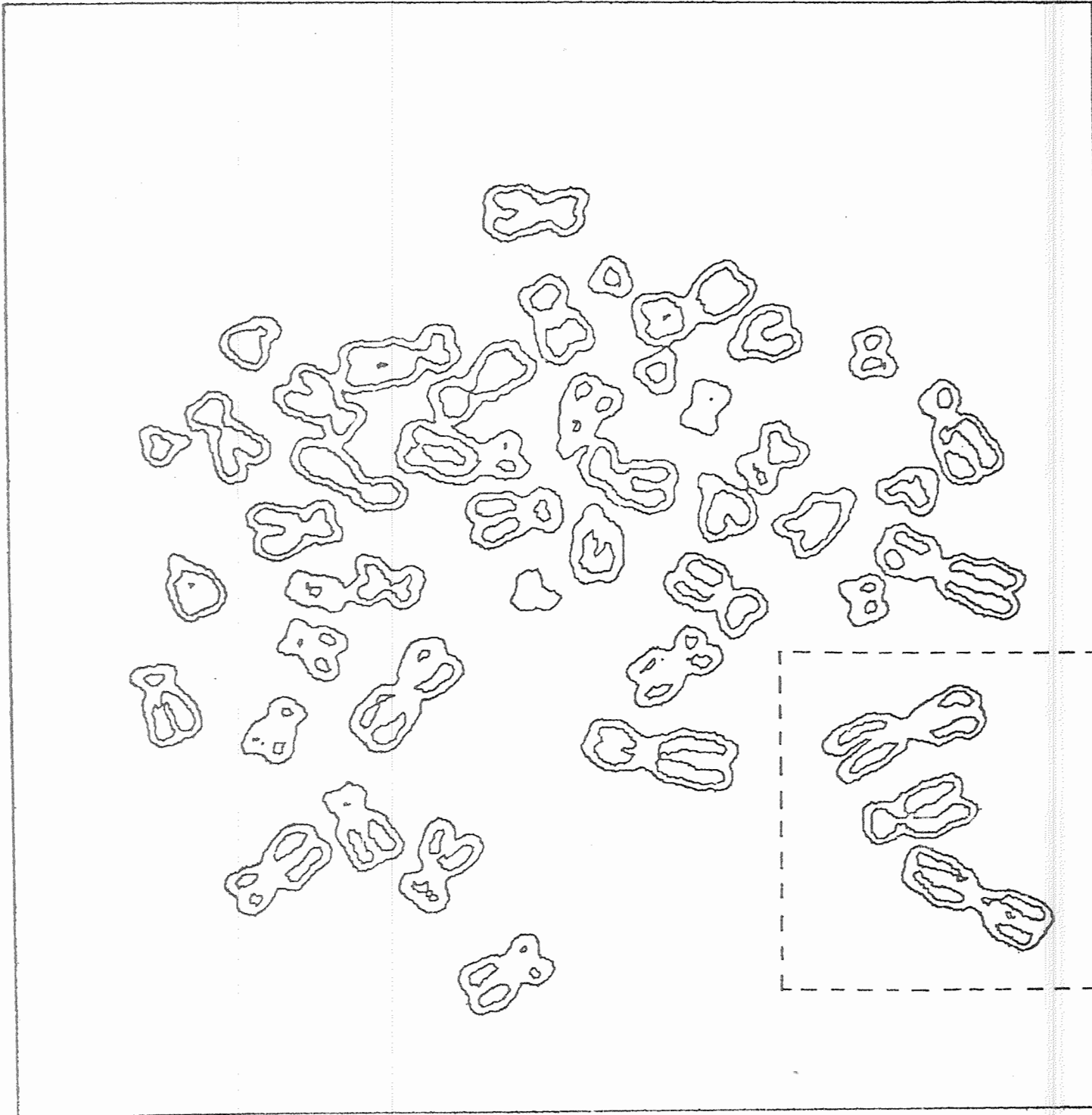


fig.14¹

Isofote, particolari

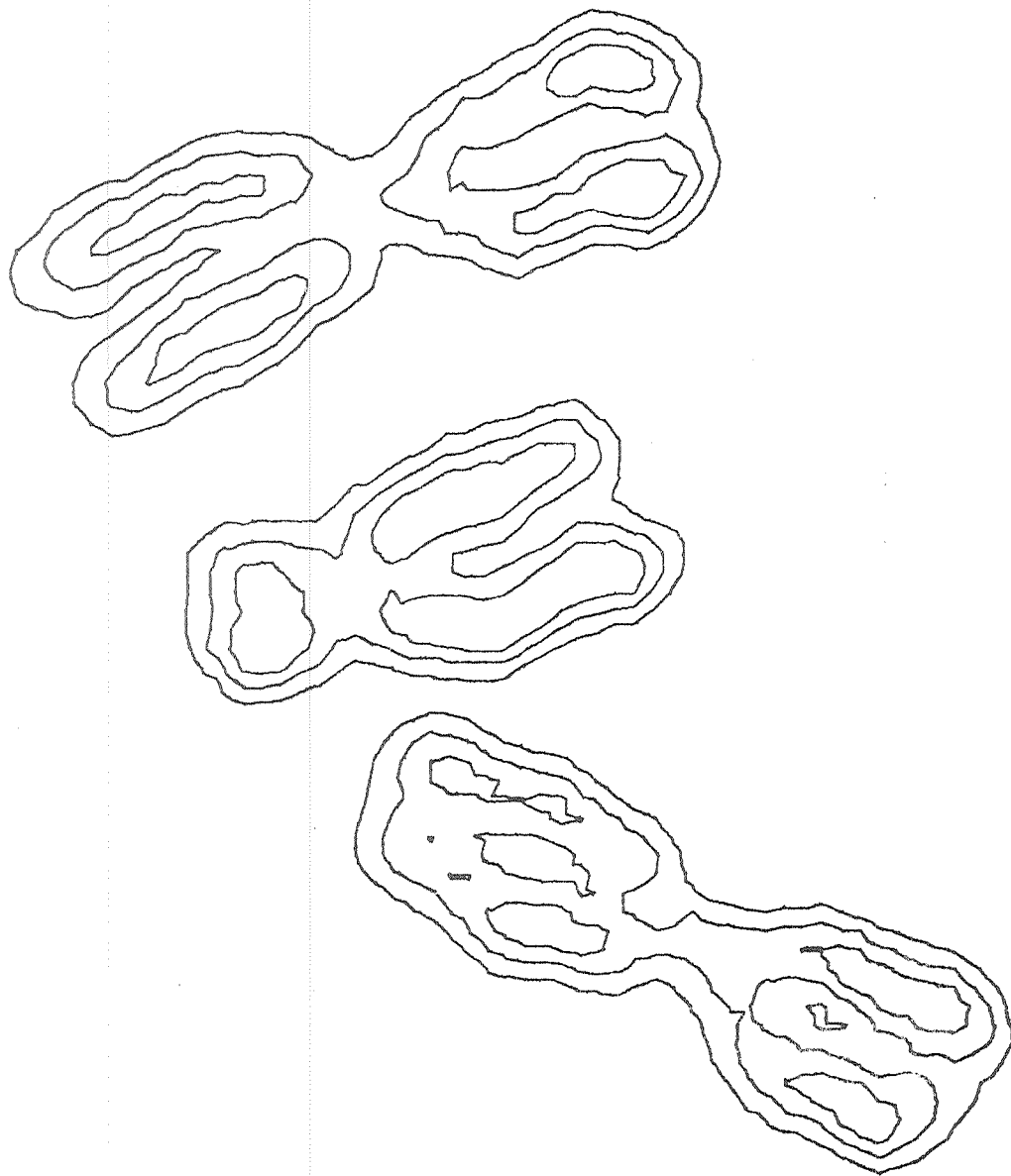
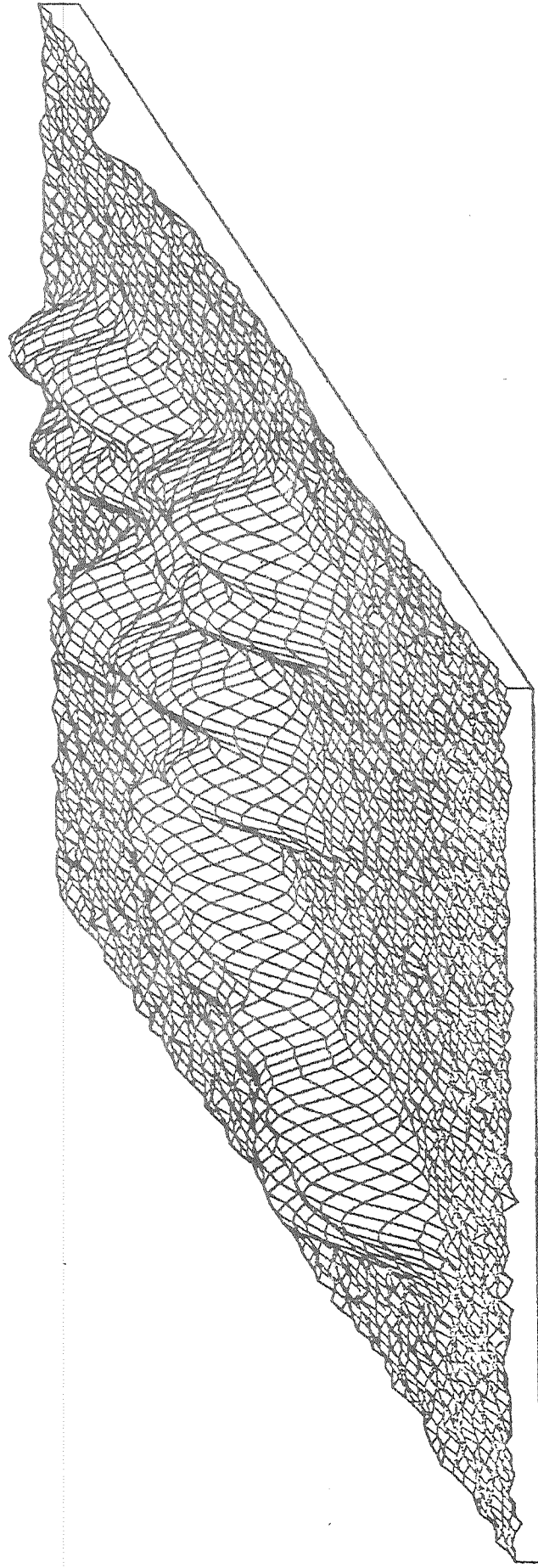
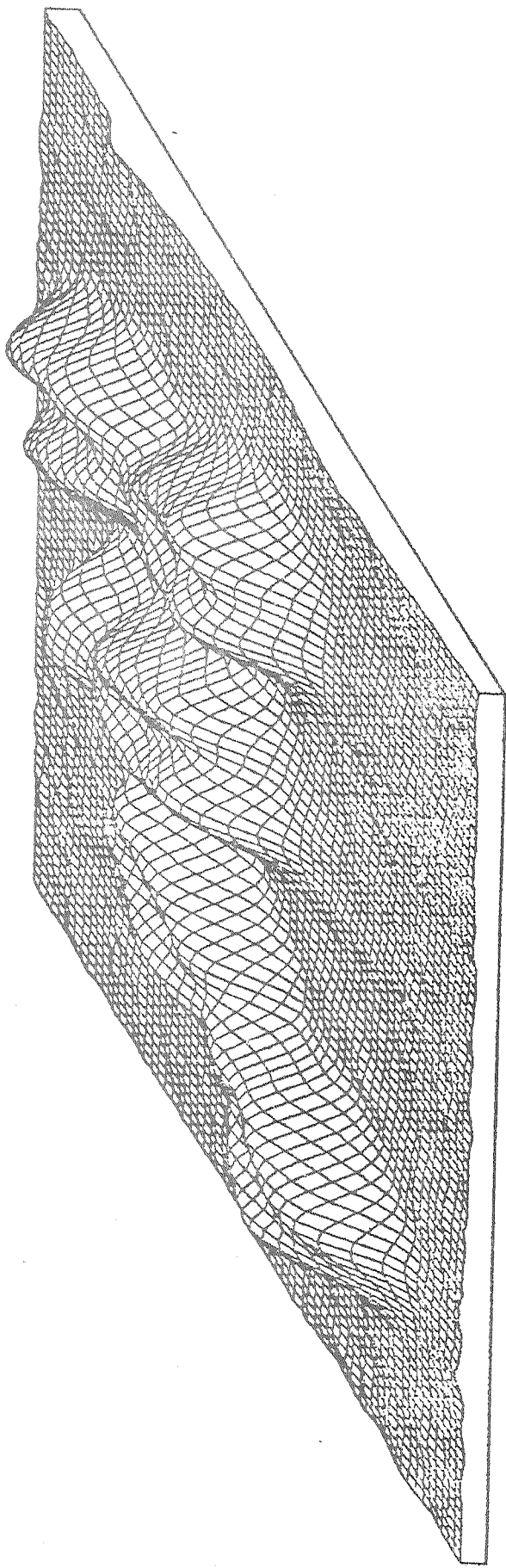


fig.15



Stereogramma originale

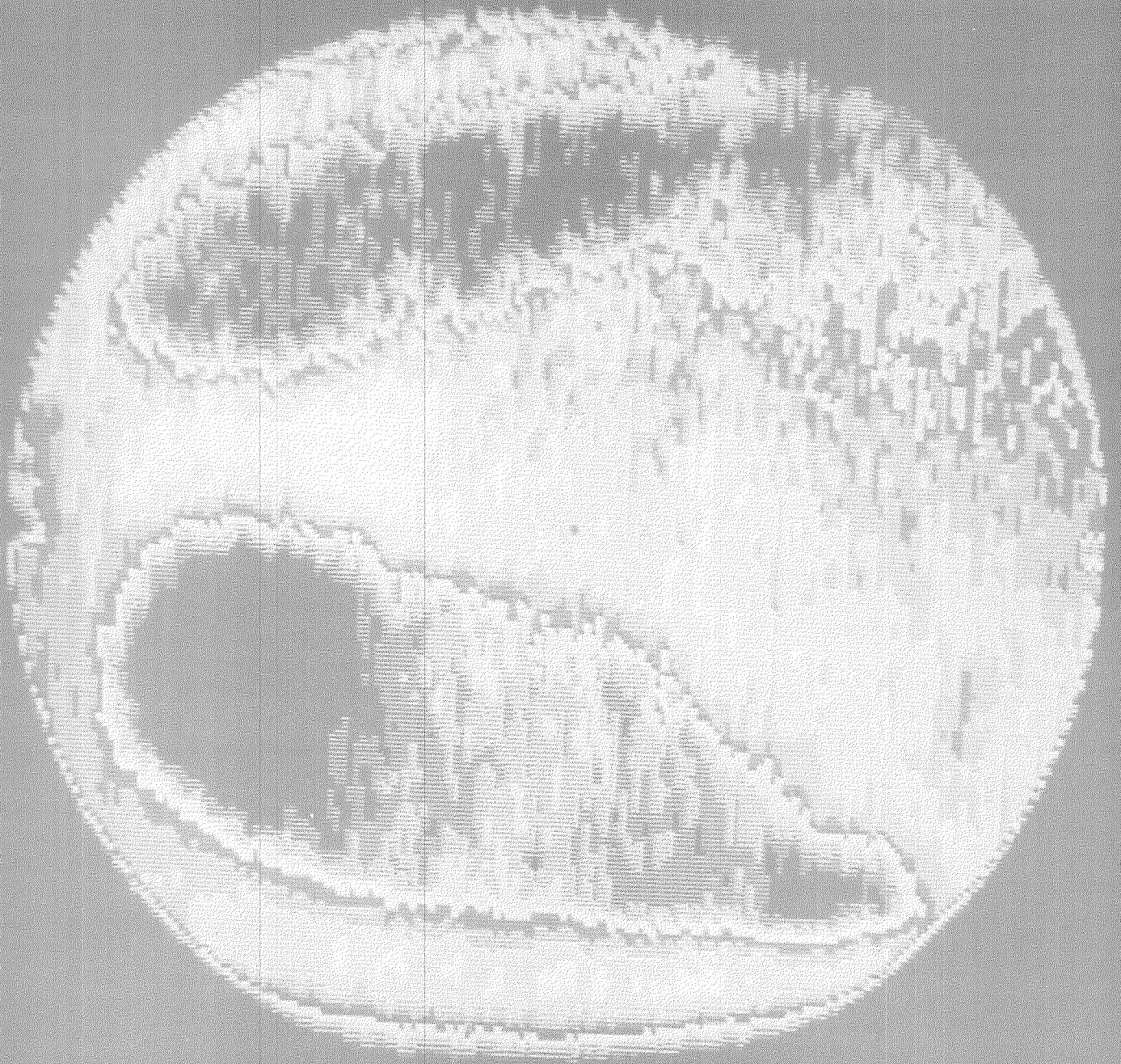
fig.16

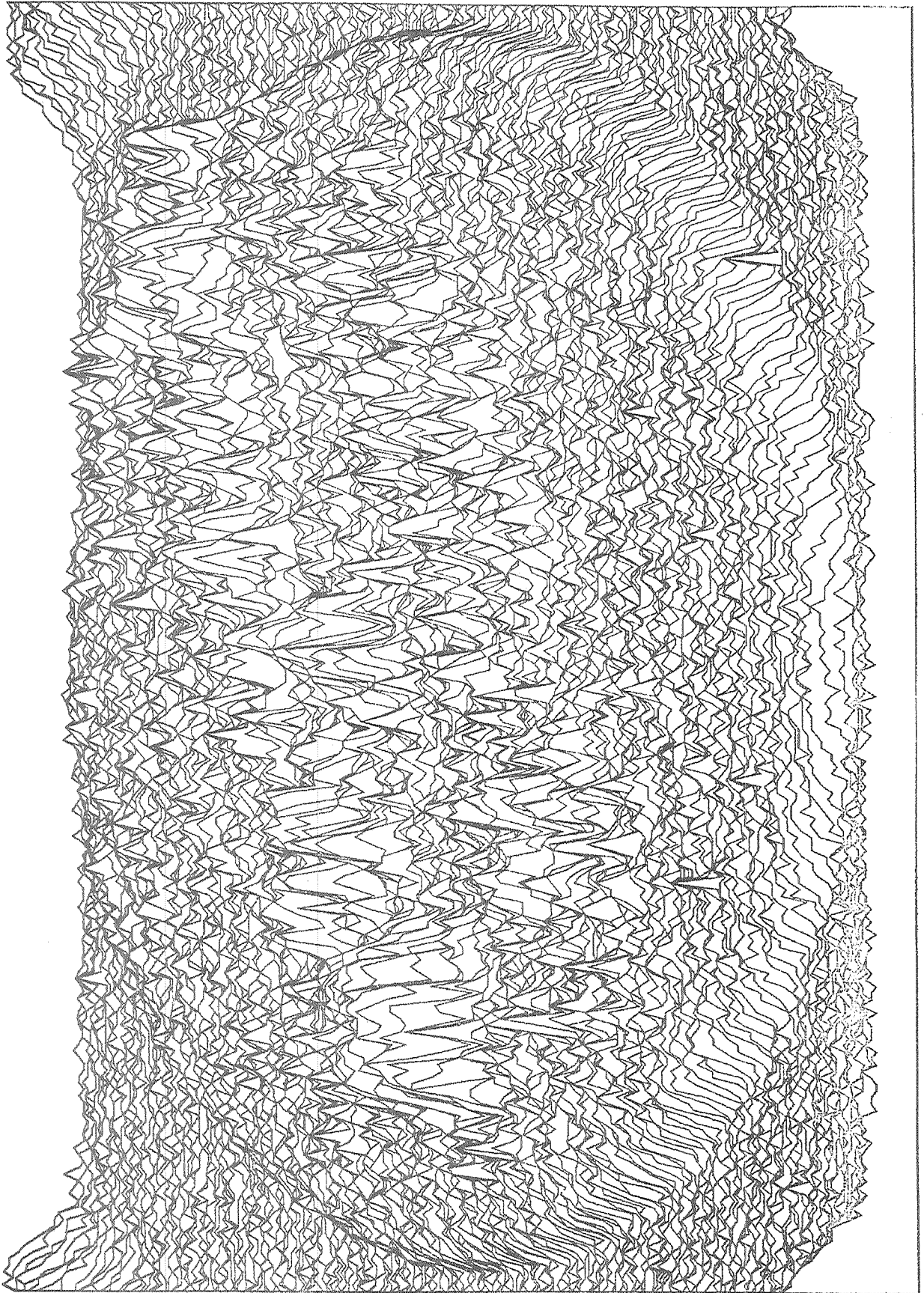


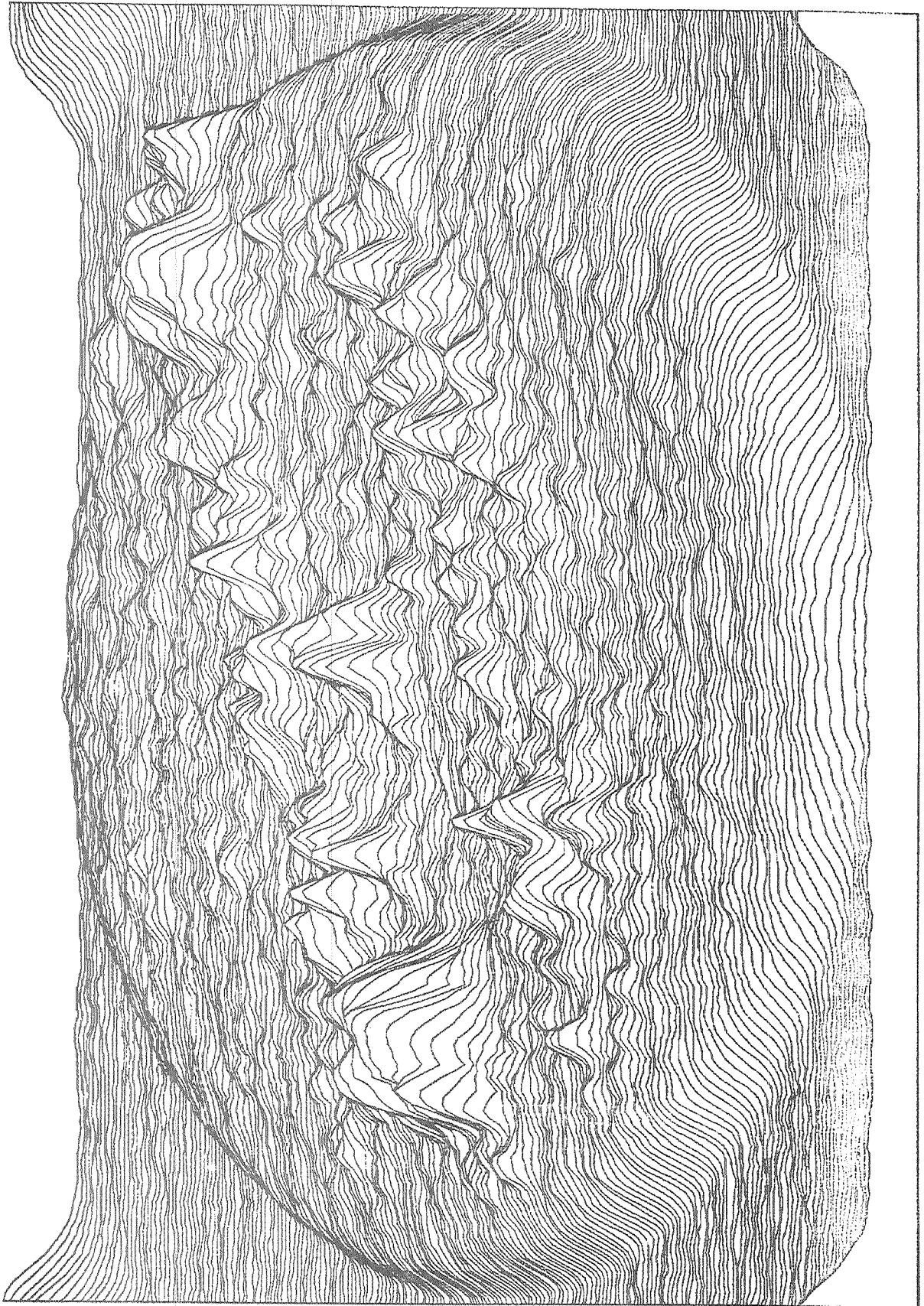
Stereogramma filtrato

fig.17









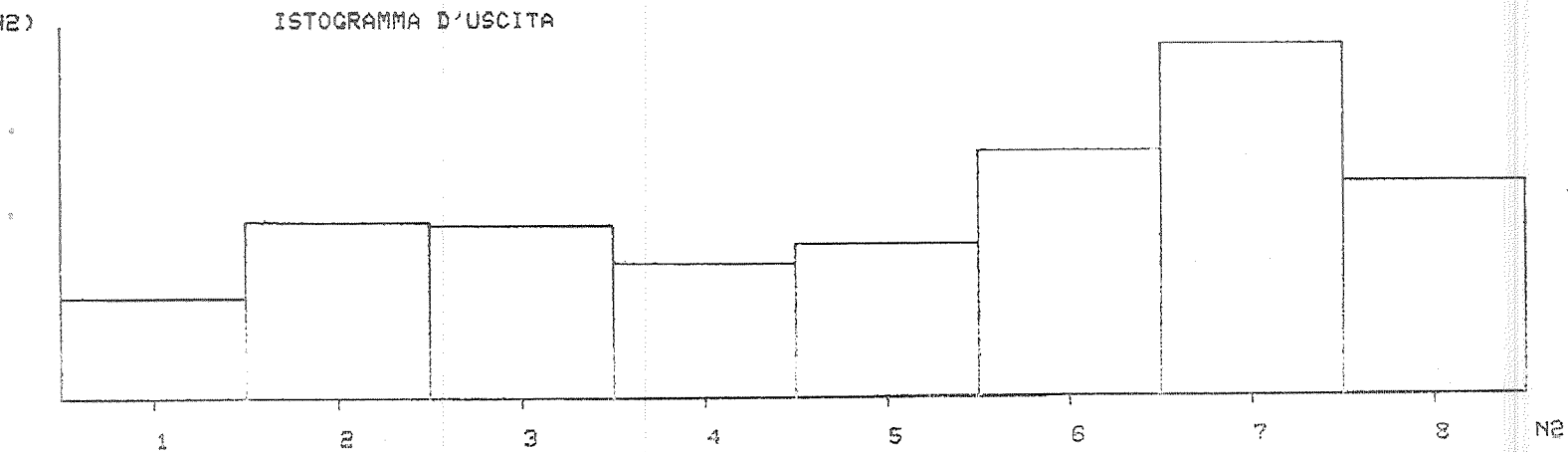
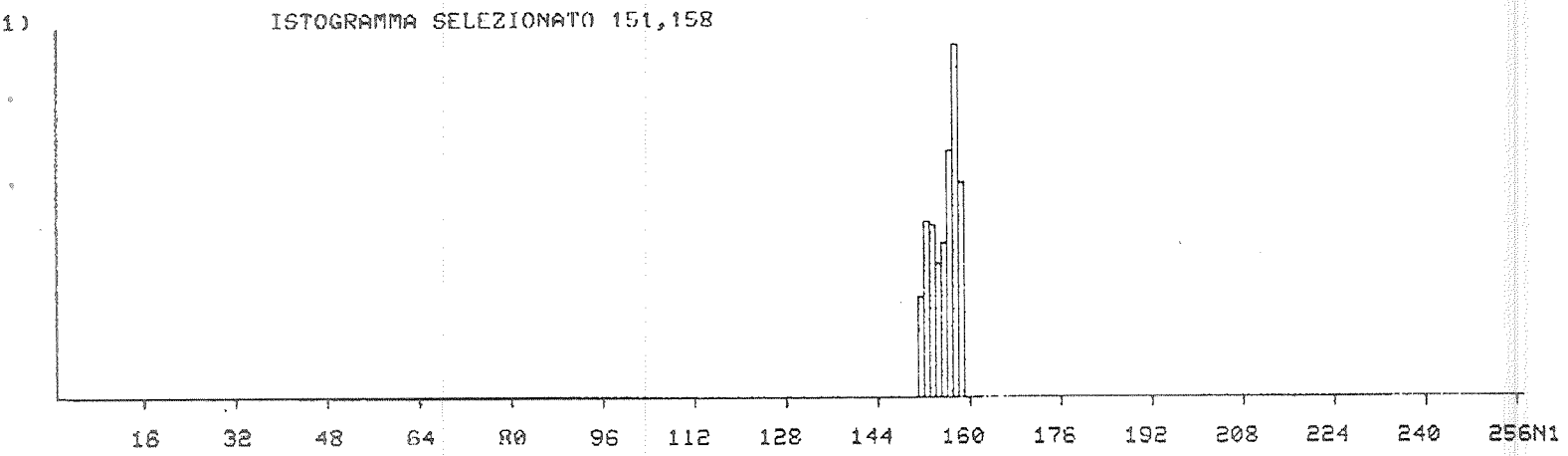
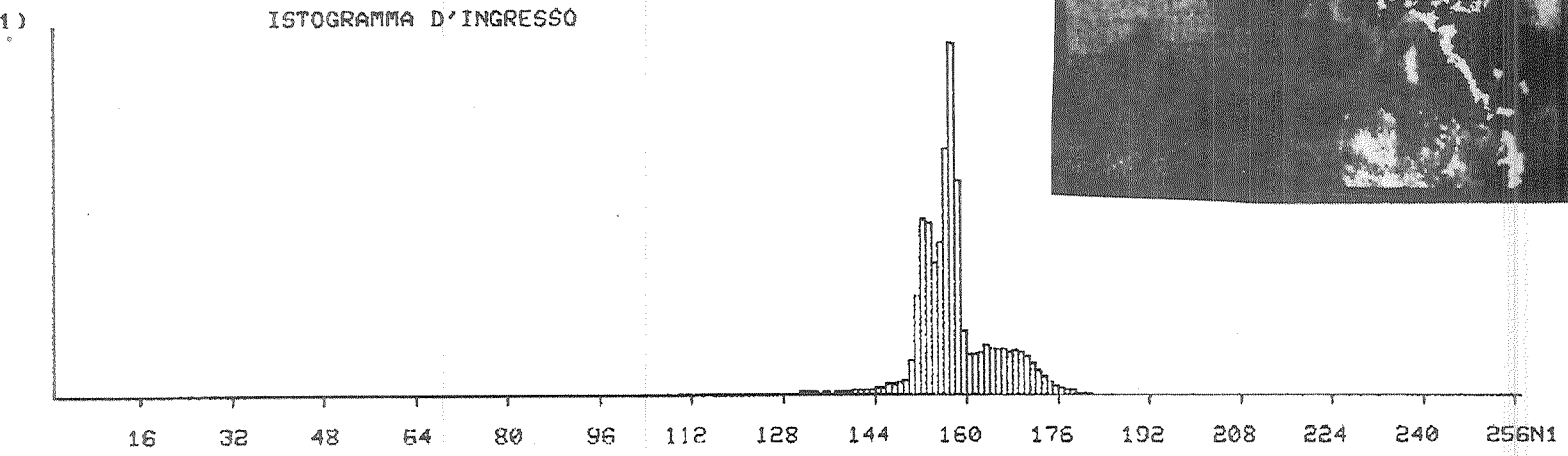
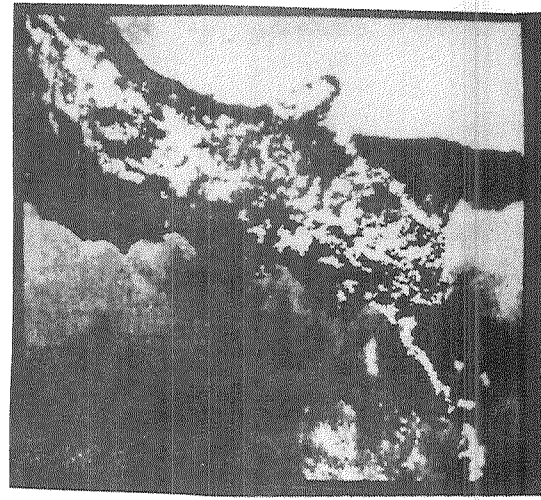
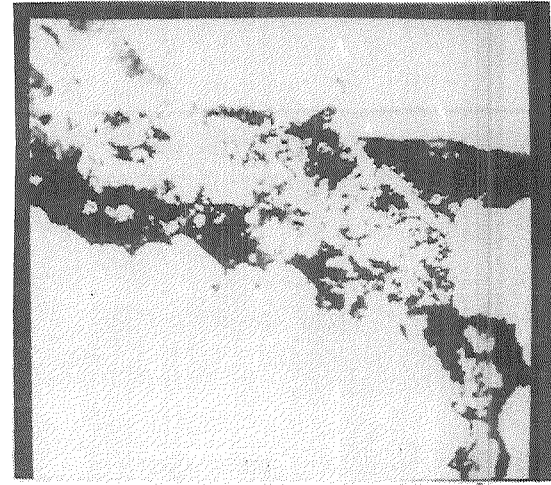
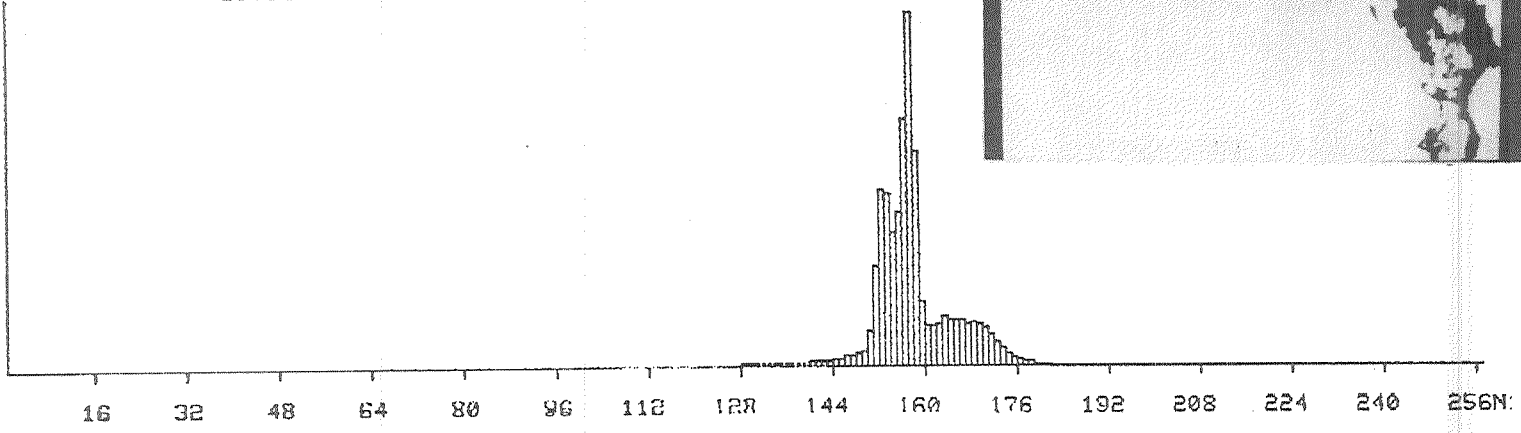


fig.23

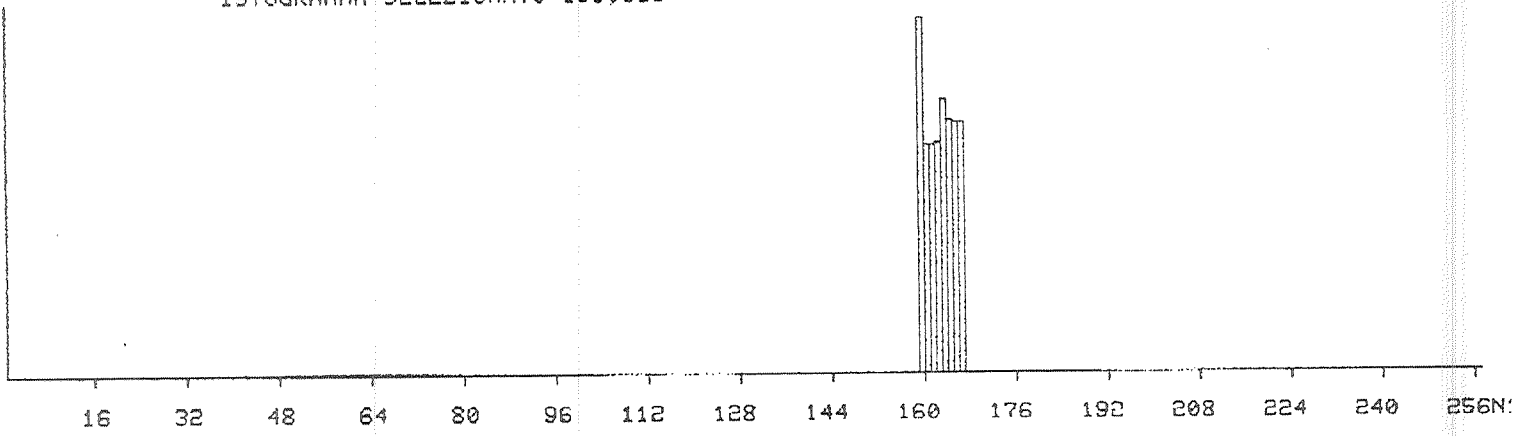
(N1)

ISTOGRAMMA D'INGRESSO



(N1)

ISTOGRAMMA SELEZIONATO 159,166



(N2)

ISTOGRAMMA D'USCITA

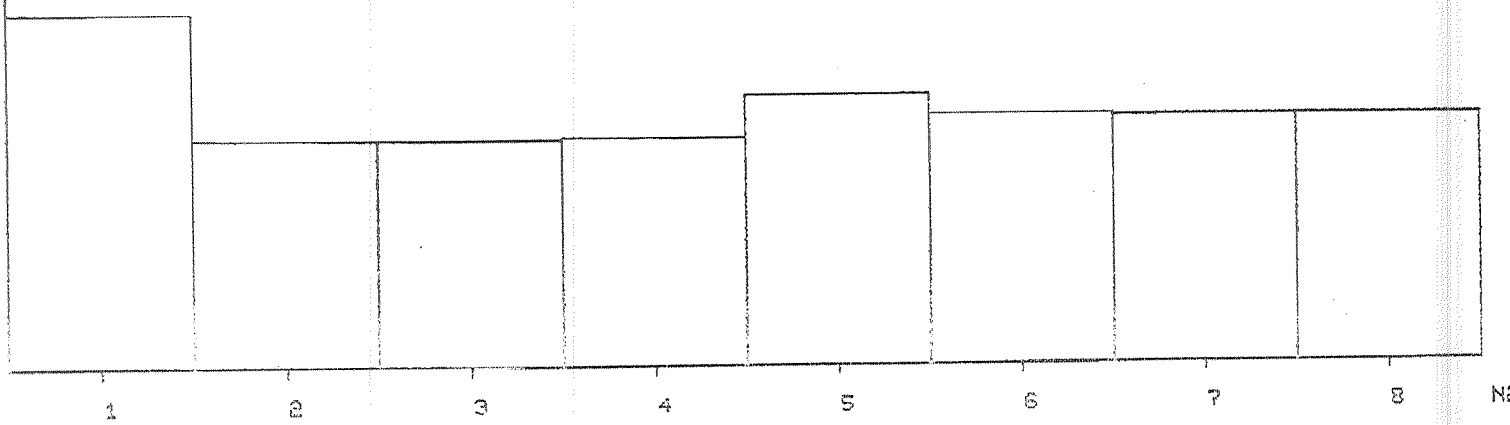
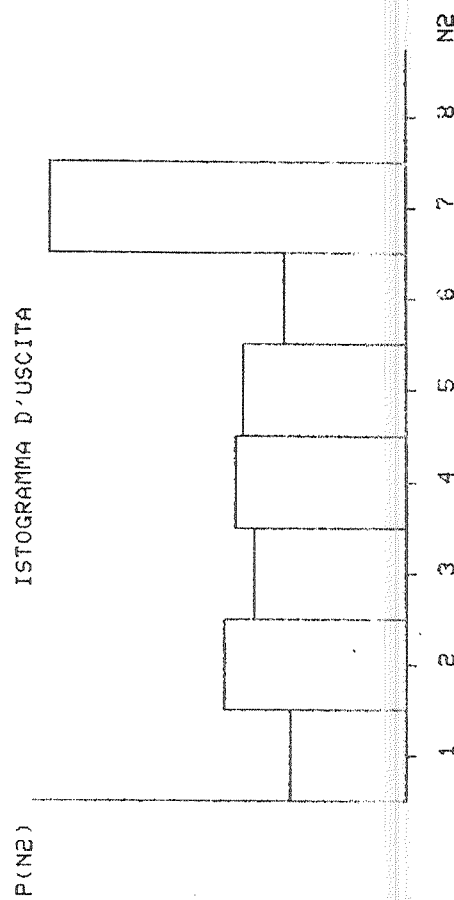
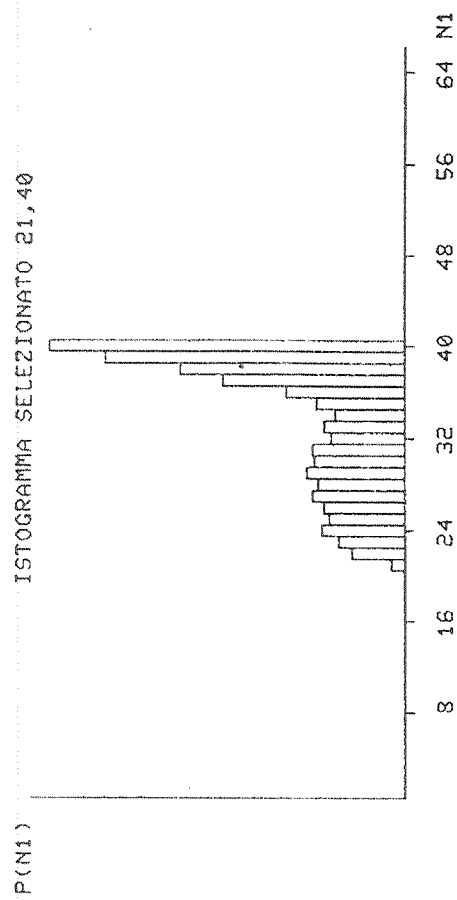
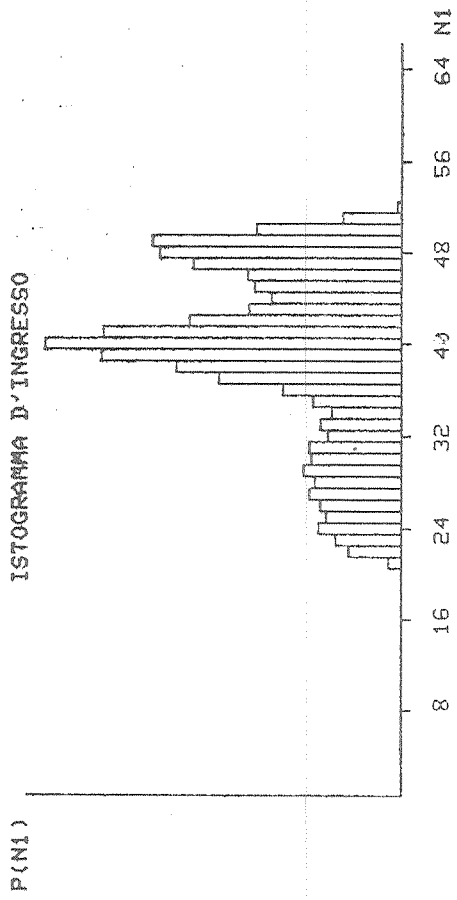
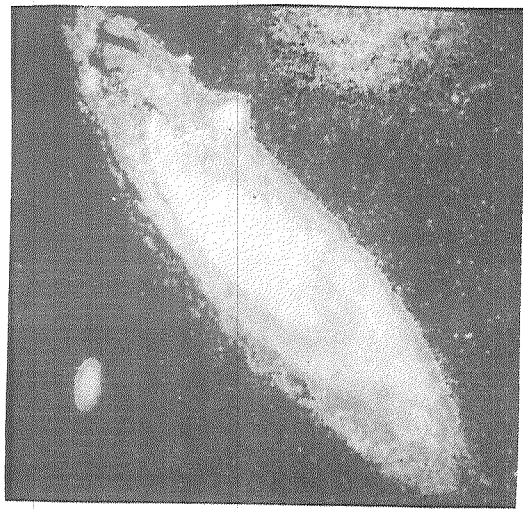


fig.24



DISTRIBUZIONE D'USCITA (UNIFORME)

N2	P(N2)	COLORE	CODICE
1	3271.	NERO	0
2	5091.	BLU	5
3	4239.	VERDE	6
4	4781.	CELESTE	2
5	4547.	ROSSO	7
6	3413.	MAGENTA	3
7	5905.	GIALLO	4
8	.	BIANCO	1

fig. 25