

VOL. XXVI

Supplemento 1973

A N N A L I
DI
G E O F I S I C A

RIVISTA DELL'ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA

Fondata da ANTONINO LO SURDO

MONOGRAFIA

**Relazione sui fenomeni sismici
dell'Anconitano (1972)**

R. CONSOLE - F. PERONACI - A. SONAGLIA

R O M A

ANNALI DI GEOFISICA

SOTTO GLI AUSPICI DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

PUBBLICAZIONE TRIMESTRALE

RELAZIONE SUI FENOMENI SISMICI DELL'ANCONITANO (1972)

(Alcune considerazioni sui terremoti di origine vicina)

R. Console - F. Peronaci - A. Sonaglia Pag. 3-148

Monografia. Supplemento al Vol. XXVI - 1973

*La Rivista lascia ai singoli Autori
le responsabilità derivanti dalla pubblicazione dei loro scritti*

Direttore: Prof. ENRICO MEDI
Responsabile: Prof. PIETRO CALOI
Segretaria di redazione: Dr. M. C. SPADEA

Iscritto al Registro Stampa Periodica presso
il Tribunale di Roma n° 6469 in data 10-IX-1958
Tipografia S. Pio X - Via Etruschi, 7 - Roma

CONDIZIONI DI ABBONAMENTO

Vedere le avvertenze a pag. 3 della copertina

Relazione sui fenomeni sismici dell'Anconitano (1972)

(alcune considerazioni sui terremoti di origine vicina)

R. CONSOLE (*), F. PERONACI (*), A. Sonaglia (**)

RIASSUNTO. — Vengono esposti i risultati delle indagini eseguite in occasione del periodo sismico di Ancona (1972). Una prima parte della relazione contiene, oltre ai dati di osservazione, anche alcune considerazioni di carattere macrosismico riguardanti l'intero territorio nazionale. Seguono quindi: una interpretazione del fenomeno che va inquadrato nelle caratteristiche sismotettoniche della regione, e un'analisi dei danni riportati dai centri urbani. Il resto dell'indagine riguarda l'elaborazione dei dati accelerometrici in vista dei problemi dell'ingegneria in zona sismica.

SUMMARY. — *Reports on the seismic events in the Ancona region (1972)*

The earthquake sequence which struck the coastal strip of Ancona beginning with January 25, 1972 was one of the most intense among those which took place in the same area from the 13th century up to-day. 503 shocks of magnitudes not under 2,5 were recorded between January 25 and July 27. Practically, the events developed in three different stages: a warning stage which reached its climax on February 4 ($M = 4,4$), one stage of minor intensity and frequency, and a third stage culminating in the shock of June 14 ($M = 4,7$) whose intensity is valued between grades VIII and IX of the Mercalli Sieberg scale. The limited hypocentral depth (5-10 kms) brought about high intensity values and accelerations, even in correspondance to small magnitude values.

The availability of a mobile station and strong motion recorders allowed to follow the events directly in the epicentral area.

(*) Istituto Nazionale di Geofisica

(**) Istituto di Geologia Applicata alla Ingegneria (Roma)

Magnitudes were always taken from the seismogram, while intensities were often estimated after a relationship which we had found for this area at a prior similar event:

$$M = 0,421 I_0 + 1,138 \log h + 0,179$$

The epicentral coordinates of the shock of June 14 are:

$$\varphi = 43^{\circ} 39' 00'' \pm 03' 36'' \text{ N}$$

$$\lambda = 13^{\circ} 36' 47'' \pm 04' 55'' \text{ E}$$

The depth is around 8 km. The epicentre is in the sea, off the coast of Ancona.

The shocks came from more foci. They had a maximum concentration in the strip of sea along the coast, particularly at the height of Monte Conero. The phenomenon shows the features of an earthquake cluster and can be detected in areas presenting highly fractured, non homogeneous rocks. The area has been the scene of considerable seismic activity in historic times, as said above. By using the data of the past 100 years we obtained:

$$\log_{10} N_{\Sigma} = 1,421 M + 7,412$$

while the most dreaded event, as brought about by a selected time interval, has a magnitude of 5 (IX-X of Mercalli Sieberg for $h = 5$ kms). We think that the phenomena of the Ancona area are due to overslidings and displacements caused by orogenic stresses toward the centripetal symmetry axis of the Adriatic depression. Similar events take place also on the East coast of the Adriatic Sea, since its geological and structural conditions are similar.

A macroseismic study (isoslaves) was conducted which confirmed what had been observed in other events: the damages are chiefly attributable to the poor quality of the houses of rural centres and to the old age of buildings of historical centres. The modern part of Ancona, which had been built along seismic rules of the 2nd grade ($C = 0,07$), has not suffered high damages.

One of the fundamental purposes of our work was to study the strong motion records of the earthquake sequence. The collected data include about a hundred accelerograms which have been elaborated in various ways and led us to the mean spectra \bar{S}_v and \bar{S}_a for the area.

The maximum acceleration recorded in the horizontal component is 419 cm/sec²; for the vertical component it is 209 cm/sec². An attempt of correlating the maximum acceleration with intensity and magnitude gave the relationship (valid for $IV < I_{MS} < IX$; $3 < M < 5$):

$$\log_{10} a = 0,272 (\pm 0,051) I_{MS} + 0,008 (\pm 0,347)$$

$$\log_{10} a = 0,722 (\pm 0,149) M - 0,991 (\pm 0,582)$$

We also obtained:

$$\log_{10} S I_0 = 0,313 (\pm 0,047) I_{MS} - 1,213 (\pm 0,321)$$

$$\log_{10} S I_0 = 0,865 (\pm 0,133) M - 2,495 (\pm 0,521)$$

The harmonic analysis carried out on the accelerograms showed that the maximum amplitudes lie between 4 and 8 Hz and that the contribution given by the high frequency is considerable. We undertook to reconstruct the accelerograms beginning with the harmonic ones only whose frequency is under 5 Hz, and we found in this reduction of correlation, by which to each intensity a minor acceleration is assigned as far as the effect is concerned, that an earthquake can provoke in a building:

$$\log_{10} a = 0,343 (\pm 0,050) I_{MS} - 0,932 (\pm 0,341)$$

This would justify the index of damages suffered by the town centre of Ancona, while it was modest for the modern buildings.

Introduzione, catalogo delle scosse e alcune considerazioni di macrosismica

1. - Il periodo sismico che, a partire dal 25 Gennaio del 1972, ha interessato la fascia costiera della provincia di Ancona, è uno dei più intensi tra quelli avvenuti nella stessa zona dal XIII secolo ad oggi. L'intensità delle scosse più violente ha raggiunto l'VIII-IX della Mercalli-Sieberg: ciò si era verificato solo tre volte in questo millennio (1268, 1690, 1930).

Volendo sintetizzare l'andamento dei fenomeni, distinguiamo tre fasi diverse: una prima che inizia con le scosse del 25 e 26 Gennaio, raggiunge il suo massimo nella notte del 4 Febbraio e quindi accenna ad esaurirsi alla metà dello stesso mese; segue un periodo di apparente calma in cui si registrano eventi intorno al IV-V della Mercalli, quindi alla terza decade di Maggio si ha una violenta ripresa culminata con la scossa del 14 Giugno (VIII-IX).

L'Istituto Nazionale di Geofisica è intervenuto nella zona epicentrale con una stazione sismica mobile dotata di sismografi a breve periodo S.13 con registrazione su carta termosensibile e con « strong-motion » (MO2 e AR240) ad integrazione dell'accelerometro della rete del Ministero dei Lavori Pubblici già funzionante in Ancona prima dell'inizio dei fenomeni. Si è raccolto un copioso materiale di osservazione, che integrato dalle registrazioni ottenute dal C.N.E.N. e dai risultati delle indagini eseguite dagli esperti di ingegneria asismica, fornirà un'esperienza preziosa per la futura normativa che regola le progettazioni in zone di intensa sismicità.

In particolare la distribuzione degli strumenti nell'Anconetano durante il periodo suddetto è stata la seguente (Fig. 1):

Ancona (Caserma Vigili del Fuoco): stazione mobile e accelerometro A.R.240.

Ancona (Genio Civile): accelerometro M.O.2 (installazione permanente).

Senigallia-Osimo-Iesi: accelerometri M.O.2 (installati a periodo iniziato, che non hanno dato luogo a registrazioni).

Palombina ed Ancona: accelerometri S.M.A.1 (C.N.E.N.).

Corinaldo: Stazione sismica a carattere permanente a registrazione fotografica (dal 12-2-1972).

Ancona: sismografo Wiechert per componenti orizzontali (dalla metà di Marzo) prestato dall'I.N.G. alla Regione Marche.

Per le scosse più intense si è dovuto ricorrere alle registrazioni dell'Osservatorio di Roma (M.P.) dato che i sismografi della stazione mobile, pur portati al minimo ingrandimento (2500 volte) andavano fuori funzione. Non si è ritenuto conveniente spostare la medesima

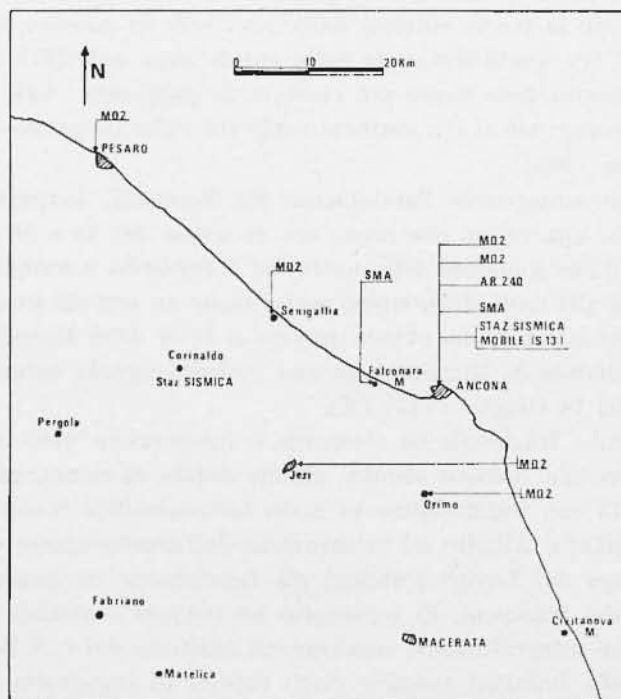


Fig. 1 - Disposizione degli strumenti nella zona.

fuori dalla zona epicentrale per non perdere le registrazioni relative alle scosse di piccolissima intensità, che, come diremo in seguito, sono state sempre presenti.

Questo primo intervento in occasione di un fenomeno di sì vasta portata, oltre a rafforzare la nostra convinzione sull'utilità scientifica dello studio di un fenomeno sismico nell'epicentro, specie in vista dei dati relativi all'ingegneria, ci ha posto di fronte a vari problemi

di carattere tecnico, che ci hanno suggerito di migliorare il rendimento della stazione mobile (registrazione contemporanea su nastri magnetici a varie sensibilità, aggiunta di un secondo modulo stazione da porre ad una certa distanza).

2. - CATALOGO DELLE SCOSSE REGistrate.

Riportiamo il catalogo delle scosse registrate, ricordando che fino alle ore 23 del 26 Febbraio tutti i dati provengono dalle registrazioni dell'Osservatorio di Monte Porzio Catone. La magnitudo è sempre calcolata dal sismogramma, per l'Osservatorio con il Wood-Anderson, per la stazione mobile in base alla relazione

$$M = \log B + 1,6$$

ove B si calcola dalla misura dell'ampiezza massima della traccia registrata dalle componenti orizzontali quando l'ingrandimento è 2500 volte.

È essenziale notare che la relazione precedente è valida solo per la zona epicentrale e per terremoti a piccola profondità ($h \leq 10$ km). L'errore percentuale è stato da noi valutato non superiore al 5%. L'intensità macrosismica è in genere stimata dagli stessi tecnici intervenuti nella zona o desunta da una relazione da noi ottenuta per l'Appennino Umbro-Marchigiano

$$M = 0,421 I_0 + 1,138 \log h + 0,179$$

La distanza ipocentrale è ottenuta dalla differenza dei tempi di registrazione delle Sa e delle Pg avendo assegnato a $K = \frac{v_1 \cdot v_2}{v_1 - v_2}$ il valore di 6,31. Questo valore proviene dallo studio di terremoti con epicentro in Valle Padana (4), con profondità 5 km ca e tragitto che interessa notevolmente la coltre sedimentaria. Tenuto conto dello scorrimento (90 mm/minuto) e di un eventuale errore nella scelta di K (in ogni caso non è possibile andare al disopra del 7,3 ottenuto da Marcelli-Pannocchia per le sorgenti del Peschiera), l'errore percentuale sulla distanza ipocentrale non è superiore al 10% e quindi ad 1 km per distanze dell'ordine di 10 km, quali sono quelle che si riscontrano da Ancona.

La profondità ipocentrale è calcolata dall'angolo di emergenza e_0 impiegando la relazione

$$\cos e_0 = \frac{v_1}{v_2} \sqrt{\frac{1}{2} (1 - \sin e)}$$

con $\tan e = \frac{Z}{\sqrt{H_1^2 + H_2^2}}$ desunto dal sismogramma, $\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{3}$ per

elevati angoli di emergenza, $\frac{v_1}{v_2} = 1,6$ per piccoli angoli di emergenza (che comportano un fragitto prevalentemente nella coltre sedimentaria). Ricordiamo che il valore di 1,6 è ottenuto da Caloi e collaboratori nello studio di un terremoto del Lodigiano che interessa principalmente i sedimenti.

Nell'elenco abbiamo riportato solo quelle scosse di magnitudo superiore a 2,8 nonché quelle che, pur essendo caratterizzate da un minor valore, avevano dato luogo ad una registrazione sufficiente a localizzare il loro ipocentro o almeno la direzione di provenienza. La distanza è valutata da Ancona (Caserma dei Vigili del Fuoco), il tempo è quello di registrazione.

3. - COORDINATE EPICENTRALI DELLA SCOSSA DEL 14 GIUGNO.

Il modesto valore della magnitudo e la superficialità degli ipocentri sono le cause fondamentali del piccolo numero di registrazioni disponibili per una determinazione delle coordinate epicentrali con l'impiego di molte stazioni. Solo la scossa del 14 Giugno si presta a questo scopo, dato che è stata registrata con inizi netti in molti osservatori, che su nostra richiesta hanno gentilmente inviato i sismogrammi.

Un primo esame delle registrazioni ci ha sconsigliato l'uso di metodi basati sulle differenze tra i tempi di arrivo delle trasversali Sg e delle longitudinali Pg ; infatti solo Corinaldo e forse l'Aquila si trovano ad una distanza utile per ricevere la Pg come primo arrivo. Per tutte le altre stazioni le registrazioni hanno inizio con una Pn , per cui non è certo lecito parlare di raggio sismico rettificato come richiede la teoria. Ci siamo quindi valse di un metodo che utilizza solo i tempi assoluti dei primi arrivi⁽³⁾, metodo che era stato precedentemente codificato in un programma Fortran, onde renderlo interamente eseguibile da un calcolatore elettronico.

ELENCO DELLE SCOSSE REGISTRATE

N.	Data	H T.M.G.	M	I ₀	D (km)	h (km)	Δ (km)	α	Registr. di:	Note
1	25 I	20 25 11,1	4,2	VII-VIII					R.M.P.	reg. acceler. (Anc.)
2		21 17 20,5	3,4	VI—					R.M.P.	
3	26 04 II	23 22 51,0	4,0	VII	9				R.M.P.	D da Ancona (acceler.)
4		10 50 41,5	3,9	VII					R.M.P.	reg. acceler. (Ancona)
5		02 42 53,0	4,4	VIII+	5				R.M.P.	D da Ancona (acceler.)
6		02 49 43	3,3	V					R.M.P.	
7		04 41 22	3,3	V-VI					R.M.P.	
8		05 30 16	3,3	V					R.M.P.	
9		05 40 ca	3,3	V					R.M.P.	
10		08 26 28,5	3,4	VI—					R.M.P.	
11		09 12 33	3,3	V-VI					R.M.P.	
12		09 19 04	4,4	VIII+					R.M.P.	reg. accelerom. (Anc.)
13		09 24 26,5	3,3						R.M.P.	
14		09 28 10	3,3						R.M.P.	
15		11 43 13	3,3	V-VI					R.M.P.	
16		13 00 ca	3,3						R.M.P.	
17		17 20 27,5	4,4	VII+					R.M.P.	registr. accelerom. (Anc.)
18		18 18 01,5	4,0	VII					R.M.P.	registr. accelerom.
19	18 35 26,5	3,3	V-VI					R.M.P.		
20	18 37 45,2	3,3						R.M.P.		
21	19 03 27,5	3,9	VII					R.M.P.	reg. accelerom. (Anc.)	
22	19 30 23,0	3,5	VI					R.M.P.	registr. accelerom. (Anc.)	
23	19 54 31,0	3,4	VI—					R.M.P.		
24	20 44 ca	3,3	IV					R.M.P.		
25	22 41 06	3,3	III-IV					R.M.P.		
26	23 11 35	2,6	II		14,5			Anc.	entra in funzione la S. Mobile	
27	23 12 29	2,6	II		8,7	8,4	2,1	da N	Anc.	
28	23 15 15	2,2	I-II		8,3	8,0	2,0		Anc.	
29	23 16 57	3,3	III-IV		12,5	9,2	8,2	da E	Anc.	
30	23 28 57	2,5	II		9,1	9,0	0,6	da N-E	Anc.	
31	23 38 23	2,4	II		12,5	10,7	6,2	da N-NW	Anc.	
32	05 II	00 20 19	2,6	II	12,5			da N-NW	Anc.	

Segue elenco

N.	Data	H T.M.G.	M	I _o	D (km)	h (km)	Δ (km)	a	Registr. di:	Note
34		01 09 33	3,1	III	8,7	6,4	5,8	da E	Anc.	
35		01 16 32	2,7	II	8,7	8,0	3,2	da E	Anc.	
36		01 19 43	2,4	II				da N-E	Anc.	
37		01 20 00	2,9	III					Anc.	
38		01 20 41	2,5	II	10,4	9,5	4,0	da E	Anc.	
39		01 27 00	4,2	VIII				10°	R.M.P.	registr. accelerom. spez- zata pennina comp. Z della staz. mobile
40		01 27 30	3,8	VI					Anc.	
42		01 29 23	3,3	III-IV	8,7				Anc.	
43		01 30 02	2,7	II	11,6				Anc.	
44		01 30 28	3,2	III-IV					Anc.	
45		01 32 52	3,3	III-IV	6,2				Anc.	
46		01 33 53	3,0	III-IV	8,3				Anc.	
47		01 36 12	2,6	II	10,4				Anc.	
49		01 38 56	3,0	IV	(10,4)				R.M.P.	fuori scala la Staz. mob.
50		01 40 05	2,7	I-II	16,6				Anc.	
51		01 40 27	2,9	II	(4,2)				Anc.	
52		01 40 39	3,2	III	(4,2)				Anc.	
53		01 41 23	2,6	II	(4,2)				Anc.	
54		01 42 01	3,2	III	8,3				Anc.	
57		01 43 28	2,7	II	(4,2)				Anc.	
59		01 44 59	3,2	III	(4,2)				Anc.	
63		01 51 53	2,9	III	6,2				Anc.	
65		01 53 08	3,3	III-IV	8,3				Anc.	
72		02 02 50	3,4	III-IV	8,3				Anc.	
75		02 13 33	3,2	III	8,3				Anc.	
76		02 14 10	3,4	(VI)				11°	R.M.P.	fuori scala sulla staz. mob.
87		02 29 01	2,9	II-III	8,3				Anc.	
91		02 49 40	3,2	III	8,3	3,8	7,3	62°	Anc.	riprende il funz. la comp. Z
92		02 51 34	2,1	I-II				63°	Anc.	

Segue elenco

N.	Data	H T.M.G.	M	I ₀	D (km)	h (km)	Δ (km)	α	Registr. di:	Note
99		03 35 11	2,8	II	8,3	(4,4)	(6,9)	da N	Anc.	
100		03 38 43	3,4	IV-V	8,3	6,9	4,6	64°	Anc.	
102		03 50 09	3,6	VI	8,3	7,9	2,5	39°	Anc.	scattati accel. AR240 e MO2
103		03 55 48	3,0	II-III	8,3	8,1	1,6	135°	Anc.	
106		04 04 17	(3,0)	III					Anc.	confuso in altra registr.
107		04 06 24	(3,0)	III-IV	8,3	7,1	4,1	60°	Anc.	
109		04 11 03	2,8	II	8,3	7,1	4,1	26°	Anc.	
111		04 12 17	3,3	IV					Anc.	
112		04 14 12	3,3	III-IV	8,3	7,5	3,3	53°	Anc.	
113		04 19 15	3,0	III	8,3	7,9	2,4	45°	Anc.	
122		05 06 20	3,9	VII	5,0	(1,7)	(4,7)	(45°)	R.M.P.	fuori scala ad Anc. re- gistr. accelerometrica
123		05 07 29	2,9	III					Anc.	
124		05 08 55	3,0	III	8,3	4,2	7,0	40°	Anc.	
140		05 30 52	3,4	V	8,3	7,0	4,2	48°	Anc.	M. macr. (fuori scala ad Anc.)
141		05 33 33	2,8	II-III	8,2	7,6	3,2	61°	Anc.	
148		06 07 15	3,3	III-IV	8,4	7,6	3,4	79°	Anc.	
155		07 08 42	4,2	VIII-VIII	11,6	5,5	10,0	27°	R.M.P.	
157		07 25 21	3,3	IV	12,5				Anc.	
158		07 39 33	3,4	IV	14,5			da N-NE	Anc.	
160		08 33 18	2,6	II	13,3			da N-NE	Anc.	
161		08 37 56	2,9	III	12,5	9,9	7,5	da N-NE	Anc.	
163		08 41 46	3,1	III	8,3			da NE	Anc.	
165		08 56 50	3,0	III	10,4				Anc.	
166		08 58 53	2,9	II-III	8,3				Anc.	
167		09 05 17	2,9	II-III	8,0			da NE	Anc.	
169		09 11 06	2,7	II	8,7				Anc.	
170		09 12 17	2,3	I-II	10,4	9,5	3,8	65°	Anc.	
171		09 14 34	2,5		10,4	10,0	2,3	68°	Anc.	
173		09 22 57	2,9	III	9,1			da NE	Anc.	
177		10 31 54	3,0	III	8,3	7,9	2,4	53°	Anc.	

Segue elenco

N.	Data	H T.M.G.	M	I ₀	D (km)	h (km)	A (km)	α	Registr. di:	Note
178		10 36 53	3,2	III-IV	8,7	8,4	2,1	63°	Anc.	
179		10 39 08	2,8	III	7,5			da E-SE	Anc.	
180		11 05 22	2,8	III	8,0			da NE	Anc.	
181		11 07 27	2,5	II	11,6	10,9	3,7	45°	Anc.	
183		11 31 47	3,1	III	8,7	8,3	2,5	63°	Anc.	
184		11 32 00	3,4	IV	10,4				Anc.	confuso in altre registr.
185		11 43 22	2,1		1,2	9,6	3,8	47°	Anc.	
187		11 46 35	2,9	II-III	10,4				Anc.	
190		12 32 50	2,8	II-III	7,5				Anc.	
191		12 33 50	3,6	V--	12,5				R.M.P.	fuori scala ad Ancona
192		12 48 24	2,6		8,3				Anc.	
193		12 52 11	2,7		11,6				Anc.	
194		13 30 23	2,9		8,3	4,4	7,0	da E-SE	Anc.	
195		13 37 43	3,1		7,9	5,3	6,1	31°	Anc.	
196		13 47 25	3,4	V++	8,3	7,3	3,8	145°	Anc.	
197		13 55 18	2,9		8,1	5,2	6,0	48°	Anc.	
198		13 58 10	2,0		10,4			45°	Anc.	
199		13 59 09	2,5	II	6,2	5,7	2,2	63°	Anc.	
205		15 14 48	4,2	VII-VIII				40°	R.M.P.	registr. accelerom.
206		15 16 28	3,0	III+	8,3				Anc.	
207		15 16 57	3,0	III+	8,0				Anc.	
208		15 19 18	3,4	IV	7,5	5,4	5,0	143°	Anc.	
209		15 20 06	2,9	III	8,7	4,4	7,4	35°	Anc.	
210		15 22 15	2,7	II-III	12,0	11,4	3,5	33°	Anc.	
211		15 24 54	2,8	II-III	10,4			da N-NE	Anc.	
212		15 27 36	2,8	II-III	8,2			da N-NE	Anc.	
213		15 30 37	2,8	II-III	8,3	6,5	4,8	135°	Anc.	
215		15 34 55	2,9	III	14,5				Anc.	
216		15 36 48	2,9	III	8,1	7,5	2,6	55°	Anc.	
219		15 45 48	2,7	II-III	9,1	7,1	4,6	63°	Anc.	
222		16 15 53	2,9	III	8,2	6,9	4,3	63°	Anc.	
223		16 33 36	3,4	IV-V	10,3	10,2	6,8	—59°	Anc.	
227		17 14 27	3,3	IV	12,9				Anc.	

Segue elenco

N.	Data	T T.M.G.	M	I ₀	D (sm)	h (km)	Δ (km)	α	Pegistr. di:	Note
233		17 38 35	3,2	III-IV	8,3	7,4	3,5	54°	Anc.	
234		17 40 48	3,0	III	8,0	6,5	4,7	51°	Anc.	
235		18 09 00	3,6	V					R.M.P.	
239		18 58 24	3,1	III-IV	8,1			da E-NE	Anc.	
240		19 08 12	2,6	II	6,2			da E-NE	Anc.	
242		19 40 50	2,8	II-III	12,5	8,5	9,1	45°	Anc.	
243		19 56 18	2,7	II+	10,4	9,7	3,5	45°	Anc.	
244		20 47 26	3,2	III-IV	8,3	5,3	6,3	40°	Anc.	
245		20 55 36	2,6	II	12,5	11,2	5,2	68°	Anc.	
246		21 02 07	2,8	II	8,3			da E-NE	Anc.	
247		21 08 33	2,5	II	8,1	2,2	7,5	144°	Anc.	
248		21 14 49	3,0	III	12,5				Anc.	
249		21 20 41	2,2	I-II	8,3	7,5	3,3	67°	Anc.	
250		21 26 59	2,9	III	6,2	5,7	2,1	45°	Anc.	
254		22 09 53	2,9	III	8,3	7,2	4,0	63°	Anc.	
255		22 12 27	2,2		8,1	4,6	6,7	102°	Anc.	
257		22 39 57	(3,4)	V-VI	8,3	6,9	4,4	61°	Anc.	fuori scala ad Ancona
258		22 48 39	2,6	II	8,0	6,8	4,1	79°	Anc.	
259		23 00 29	3,1	III	8,2	6,0	5,4	58°	Anc.	
260		23 08 21	2,4	II	8,4	5,8	5,9	63°	Anc.	
263		23 56 17	2,8	III	8,3	7,8	2,6	56°	Anc.	
264		23 57 51	2,3	II	8,3	7,9	2,4	68°	Anc.	
265	06 1	00 19 06	2,4	II	8,1	7,0	3,4	68°	Anc.	
267		00 33 37	2,8	III	8,3			da E-NE	Anc.	
268		00 36 28	2,9	III	8,3	7,0	4,4	56°	Anc.	
269		00 46 00	3,3	III-IV	8,7				Anc.	
271		01 34 14	4,2	VII-VIII	8,3	4,8	6,6	56°	R.M.P.	fuori scala ad Ancona reg. accer.
276		01 52 45	3,3	III-IV	8,2	7,4	3,4	62°	Anc.	
278		01 53 50	3,0	III	10,4				Anc.	
279		02 00 26	2,6	II+	8,3	7,4	3,5	71°	Anc.	
280		02 03 28	2,8	II-III	8,5			da N-NE	Anc.	
281		02 16 47	3,3	III+	7,5	6,7	3,1	45°	Anc.	

Segue elenco

N.	Data	H T.M.G.	M	I _o	D (km)	I (km)	A (km)	a	Registr. di:	Note
282		02 23 56	3,0	III	8,7				Anc.	
283		03 24 02	2,9	III	6,2				Anc.	
284		03 35 55	2,4	II	8,4	7,4	3,5	54°	Anc.	
285		03 49 53	2,5	II	8,3	7,6	3,2	63°	Anc.	
288		05 59 54	2,7	II-III	8,1	7,1	3,3	56°	Anc.	
290		07 34 14	2,5		8,3	7,9	2,4	68°	Anc.	
291		08 02 45	3,3	IV	12,5	12,1	3,0	45°	Anc.	
292		08 20 22	2,9	III	8,3	7,6	3,1	45°	Anc.	
293		08 20 30	3,4	IV					Anc.	
295		09 09 17	3,0	III	8,4	7,6	3,5	—59°	Anc.	
298		11 57 05	3,0	III	8,3	7,2	4,0	45°	Anc.	
300		13 22 34	3,1	III+	8,3	7,6	3,0	45°	Anc.	
301		21 44 29	3,9	VI+	12,5			da E-NE	R.M.P.	fuori scala ad Ancona registr. accel.
302		23 23 08	3,1	III+	10,4				Anc.	
304	07 II	04 55 05	3,4	IV	8,3	7,8	2,8	30°	Anc.	
305		05 05 35	2,8	II-III	6,2			da N-NE	Anc.	
306		06 53 14	3,3	III-IV	8,3	6,9	4,5	59°	Anc.	
310		08 22 09	2,8	III	8,0				Anc.	
312		08 13 20	3,4	IV	7,5	7,0	2,6	67°	Anc.	
315		10 48 20	3,4	IV	11,6	10,5	4,6	45°	Anc.	
317		12 07 58	2,8	III	8,3			da E-NE	Anc.	
322		17 34 49	3,3	III-IV	8,2				Anc.	
326		22 35 34	2,7	III	12,5			da NE	Anc.	
329	08 II	01 24 49	2,7	III	8,1				Anc.	
331		01 48 30	2,0		14,5				Anc.	
334		02 23 56	2,8	III	10,4	9,5	3,8	45°	Anc.	
337		12 19 14	3,9	VI-VII					P.M.P.	registr. accel.
338		14 43 16	2,4		8,2			da NE	Anc.	
340		20 58 10	3,0	III	8,3				Anc.	
341		23 00 17	2,2		10,4	9,3	4,3	150°	Anc.	
345	09 II	14 06 10	3,0	III	(8,4)				Anc.	
347		19 59 38	2,9	III	8,3	8,1	1,6	—59°	Anc.	

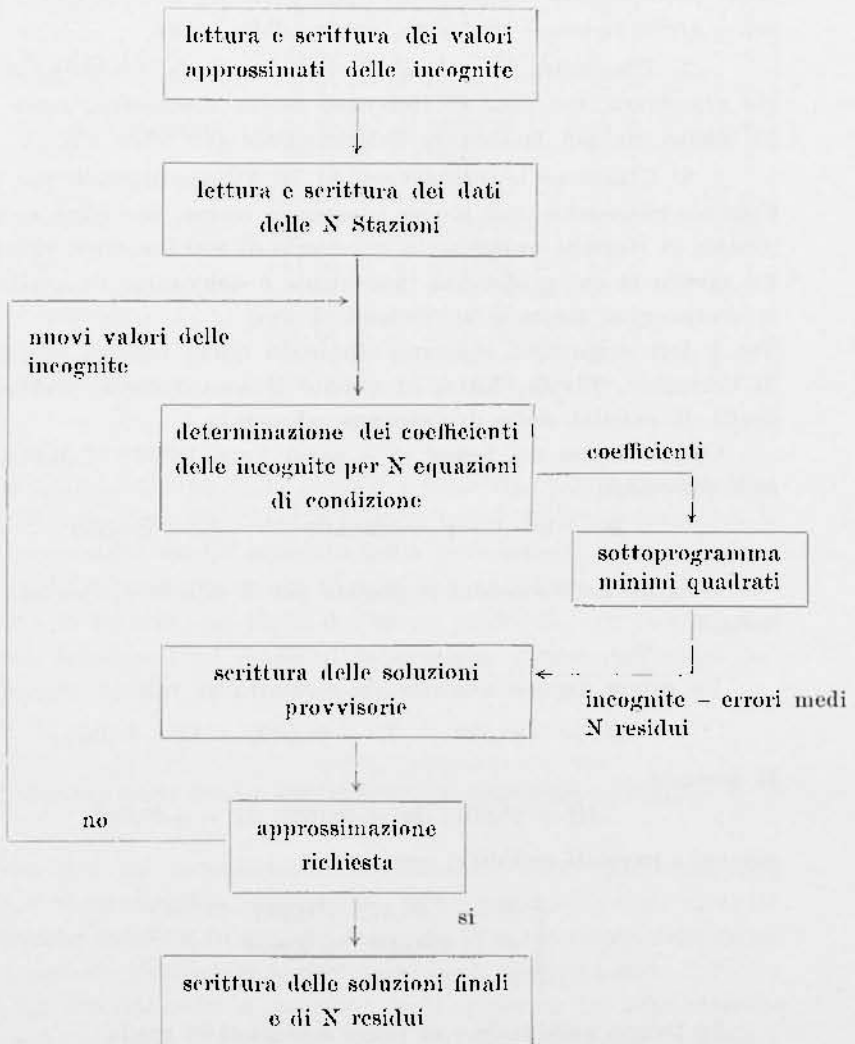
Segue elenco

N.	Data	H T.M.G.	M	I _o	D (km)	h (km)	A (km)	a	Registr. di:	Note
349	10 II	03 28 47	3,3	III-IV	8,3	7,8	2,6	51°	Anc.	La staz. mobile è a Corinaldo
350		03 29 17	3,1	III+	8,3				Anc.	
351		04 20 17	3,0	III	8,3			da SE	Anc.	
352		13 35 28	2,5	II	6,2				Anc.	
353		18 02 43	2,6	II+	14				Anc.	
354		20 06 17	2,0		10,4			da N-NE	Anc.	
356	11 II	01 23 33	2,8	III	10,5				Anc.	
357	13 II	08 54 25	3,4	V+					Cor.	
358	15 II	11 27 00	2,7						Cor.	
362	17 II	08 56 02	3,4	V					Cor.	
364	20 II	22 13 08	2,8	III+					Cor.	
365	21 II	20 44 56	2,8	III+					Cor.	
370	25 II	22 06 00	3,0	IV					Cor.	
371	01 III	09 52 05	3,1	IV					Anc.	
374	14 III	01 50 22	2,9	III-IV					Cor.	
376		22 32 28	3,0	IV					Cor.	
378		22 58 58	3,0						Cor.	
379		23 23 04	3,7	VI-					Cor.	
381	15 III	00 25 19	3,0	IV					Cor.	
382		01 18 20	3,0	IV					Cor.	
385	04 IV	07 00 53	3,0	IV					Cor.	
386		08 26 34	3,5	V+					Cor.	
399	18 IV	23 18 30	2,8	III-IV					Cor.	
402	30 V	23 56 53	3,7	VI+					R.M.P.	
405	14 VI	18 56 28	4,7	VIII-IX					R.M.P.	
407		19 21 08	2,9	IV					Cor.	
408		21 01 30	4,2	VII					R.M.P.	
415	15 VI	04 53 03	2,8	III+					Cor.	
416		05 29 24	3,1	IV					Cor.	

Segue elenco

N.	Data	<i>H</i> T.M.G.	<i>M</i>	<i>I</i> ₀	<i>D</i> (km)	<i>h</i> (km)	<i>A</i> (km)	<i>α</i>	Registr. di:	Note
417	16 VI	09 05 57	3,0	IV	8			<i>S-E</i>	Cor.	entra in funzione la staz. mobile
418		09 13 04	3,0	IV					Anc.	
442		13 25	1,8	II					Anc.	
444	17 VI	16 54 09	3,3	IV-V	8,1			<i>(135°)</i>	Anc.	
446		18 09 46	3,1	IV	6,9				Anc.	
448		23 12 08	3,3	IV-V	6,9				Anc.	
449		23 41 14	3,2	IV-V	7,2				Anc.	
452		01 23 52	3,4	V	6,9				Anc.	
454		05 22 55	3,4	V					Anc.	
455		05 54 40	2,8	III-IV	8,1				Anc.	
456		08 05 07	2,9	III-IV					Anc.	
457		09 10 15	2,8	III-IV	6,9				Anc.	
458		09 28 36	2,8	III-IV					Anc.	
459	10 03 54	2,9	III-IV		Anc.					
460	10 03 59	3,4	V		Anc.					
463	16 17 16	2,9	III-IV	8,1	7,8	1,9	64°	Anc.		
464	20 30 33	2,8	III-IV	6,3				Anc.		
465	20 46 03	2,5	III	8,1				Anc.		
467	20 49 33	2,7	III	7,6				Anc.		
472	18 VI	07 44 10	3,0	IV	6,9	6,4	2,5	111°	Anc.	
473		07 54 58	3,0	IV					Anc.	
476		11 11 54	3,0	IV	6,9	6,6	2,1	64°	Anc.	
477	19 VI	13 20 06	2,7	III	7,6	7,2	2,5	<i>E</i>	Anc.	
481		02 53 04	3,1	IV	6,3	6,2	1,2	<i>E</i>	Anc.	
484		06 48 28	3,0	IV	8,1	8,0	0,5	<i>(SE)</i>	Anc.	
491	20 VI	23 26 16	2,8	III-IV					la staz. mobile rientra a M. P.	
492	21 VI	15 06 44	4,0	VI+					Cor.	
497	27 VI	02 46 58	3,4	V					R.M.P.	
501	13 VII	22 21 32	3,3	V—					Cor.	
502	27 VII	00 09 18	3,6	IV-V					Cor.	
503		01 01 54	3,2	IV-V					Cor.	

Riportiamo lo schema a grandi blocchi del programma



Nella stesura del programma si sono tenute presenti le seguenti considerazioni:

1) Eseguire automaticamente l'iterazione del calcolo, prendendo come dati iniziali del secondo tentativo i risultati del primo, e così via fino ad ottenere correzioni trascurabili. Ciò rende i risultati finali praticamente indipendenti dalla posizione dell'epicentro provvisorio, anche se esso è piuttosto lontano dalla realtà.

2) Trascurare la profondità come incognita, ritenendo che questa grandezza, nel caso di terremoti molto superficiali, come quello in esame, sia più facilmente determinabile per altra via.

3) Utilizzare le dromocrone di Di Filippo-Marcelli per l'Italia Centrale ritenendole più idonee al caso in esame, ove oltre a disporre di dati di stazioni comprese in un raggio di 800 km, ci si riferisce ad un evento la cui profondità ipocentrale è dell'ordine di quella a cui le dromocrone stesse si riferiscono (5 km).

Tra i dati disponibili abbiamo eliminato quelli relativi alle stazioni di Corinaldo, Elwan, Xara, in quanto le loro distanze uscivano dai limiti di validità della dromocrona adoperata.

Come origine dei tempi si è presa l'ora 18^h56^m (T.M.G.), come dati provvisori

$$H_0 = 0 \quad \varphi_0 = 43^{\circ},600 \quad \lambda_0 = 13^{\circ},550$$

L'elenco delle stazioni impiegate per il calcolo è riportato in tabella 1.

La prima approssimazione ha condotto ai valori

$$\Delta H = -9^{\circ},573; \quad \Delta \varphi = 0^{\circ},019; \quad \Delta \lambda = 0^{\circ},065$$

la seconda

$$\Delta H = 0^{\circ},001; \quad \Delta \varphi = 0^{\circ},002; \quad \Delta \lambda = -0^{\circ},001$$

per cui i risultati definitivi sono

$$\left\{ \begin{array}{l} H = -9^{\circ},572 \pm 0,631 \\ \varphi = 43^{\circ},650 \pm 0,060 \\ \lambda = 13^{\circ},613 \pm 0,082. \end{array} \right.$$

In tempo universale e in primi e secondi di grado

$$\left\{ \begin{array}{l} H = 18^{\text{h}}55^{\text{m}}50^{\text{s}},4 \pm 0^{\text{s}},6 \\ \varphi = 43^{\circ}39'00'' \pm 03'36'' N \\ \lambda = 13^{\circ}36'47'' \pm 04'55'' E. \end{array} \right.$$

Tabella 1

N.	Stazione	φ	λ	t	ν
1	Bologna	44°29'12".0	11°19'44".4	26.8	1.3
2	Roma M.P.	41 48 40 .0	12 42 08 .4	27 .8	2 .1
3	Trieste	45 42 32 .0	13 45 51 .0	28 .4	2 .8
4	Firenze	43 46 40 .0	11 15 24 .0	28 .5	-3 .1
5	Bologna I.N.G.	44 29 12 .0	11 19 44 .4	31 .8	-3 .7
6	Padova	45 24 31 .0	11 53 10 .0	32 .0	0 .4
7	Napoli Università	40 50 48 .0	14 15 28 .8	37 .0	4 .9
8	Napoli Vesuviano	40 49 36 .0	14 23 52 .0	43 .0	-0 .6
9	Vienna	48 14 54 .0	16 21 42 .0	70 .8	0 .0
10	Bratislava	48 10 06 .0	17 06 18 .0	71 .1	1 .7
11	Tirana	41 20 48 .0	19 52 00 .0	73 .5	-0 .3
12	Kasperke	49 07 50 .0	13 34 45 .0	75 .2	2 .4
13	Siobarova	47 48 48 .0	18 18 48 .0	79 .1	-4 .0
14	Ohrid	41 06 40 .9	20 47 56 .0	85 .8	-2 .8
15	Skopie	41 58 19 .5	21 26 22 .5	86 .6	-2 .2
16	Pruhonicce	49 59 18 .0	14 32 30 .0	89 .1	0 .5
17	Praga	50 04 13 .0	14 25 59 .0	89 .9	0 .8
18	Moxa	50 38 46 .0	11 36 58 .0	99 .1	0 .8
19	Valandovo	49 19 15 .8	22 34 12 .2	99 .4	-1 .2

Nell'ultima colonna della tabella 1 sono riportati i residui relativi a ciascuna stazione, rispettivamente uguali alla differenza tra il tempo osservato e quello calcolato dalla dromocrona.

Il risultato pone l'ipocentro in mare a circa 8 km a NE dal centro di Ancona in accordo, nei limiti dell'errore probabile, con la zona ove sono stati localizzati gli epicentri delle scosse minori dell'intero periodo sismico.

4. - CONSIDERAZIONI SULLA DISTRIBUZIONE DEGLI IPOCENTRI.

Come si è già accennato, l'individuazione delle coordinate ipocentrali è stata eseguita impiegando principalmente i dati ricavati dalla stazione mobile e in qualche caso, specie per le scosse della terza fase del periodo sismico, le registrazioni degli accelerometri.

In fig. 2 è riportata la posizione degli epicentri. La zona interessata investe un'area di circa 100 km². Gli ipocentri sono localizzati di massima nella parte superiore del substrato rigido su cui poggiano i sedimenti pliocenici la cui potenza ci è stata gentilmente indicata dall'Agip Mineraria. In particolare la loro concentrazione massima è

nella fascia marina di circa 3 km, prospiciente il fianco nord-orientale della sinclinale di Tavernelle, ove si riscontra una profondità ipocentrale più frequente di 7 km ca, mentre all'esterno di questa fascia, e fino ad una distanza non superiore ai 10 km da Ancona le profondità ipocentrali sono minori.

Abbiamo inutilmente eseguito vari tentativi per pervenire ad uno schema matematico utile alla interpretazione della natura fisica del fenomeno che ha dato origine, all'ipocentro, alle scosse più intense. Si è inoltre notato che i versi sulla stazione mobile e negli osservatori più prossimi cambiano da scossa a scossa: compressioni e dilatazioni si susseguono spesso senza regola particolare. Ad esempio per uno stesso ipocentro, si ha ad Ancona una scossa che determina una compressione e dopo pochi minuti una replica il cui inizio è una dilatazione. Questo particolare aspetto, e il mutare della posizione degli epicentri è caratteristico del così detto « sciame di terremoti ».

Tale attività, che come vedremo troverà una sua giustificazione nelle caratteristiche geologico-tettoniche della zona, si manifesta con numerose scosse provenienti da più centri, tutte circa della stessa magnitudo, senza un evento di intensità eccezionale.

Anche se oggi a questo riguardo le conoscenze si limitano ai risultati empirici ottenuti in occasione di sequenze del genere, gli sciami sono caratteristici di zone ove sono presenti rocce altamente fratturate e disomogenee.

5. — MICROSCOSSE.

La presenza in Ancona della stazione mobile ha consentito di porre in evidenza un grandissimo numero di microscosse che si sono sovrapposte a quelle già citate. La loro magnitudo non è valutabile, né è stato possibile stabilire se tale attività precedeva o meno gli eventi principali, dato che la stazione è intervenuta a periodo sismico iniziato. In ogni modo durante la ripresa del Giugno tale fenomeno è stato di modesta entità, non solo a seguito della scossa più intensa, ma anche prima di essa. Ciò è stato da noi accertato dalle registrazioni del Wiechert da 200 kg installato fin dal Marzo presso il palazzo dell'Amministrazione Provinciale. Lo strumento è stato sempre mantenuto in perfetta efficienza a cura della Regione Marche, la sua sensibilità è tale da consentire anche la registrazione di piccole cariche esplose da pescatori a qualche chilometro fuori dal porto.



CARTA DEGLI EPICENTRI
 ● < 5 KM
 ▲ 5 < < 10 KM
 0 1 2 KM

*
 43° 39' 00"
 13° 36' 47"

Fig. 2 - Posizione degli epicentri.

In fig. 3 abbiamo riportato l'andamento del numero delle micrososse nel tempo, a partire dalle ore 0 del 5 Febbraio alle 24 del 9 dello stesso mese, ed in scala arbitraria l'andamento della deformazione liberata.

Lo stesso è stato fatto (Fig. 4) per la ripresa del Giugno ove si nota chiaramente che la scossa principale del 14 non è preceduta da

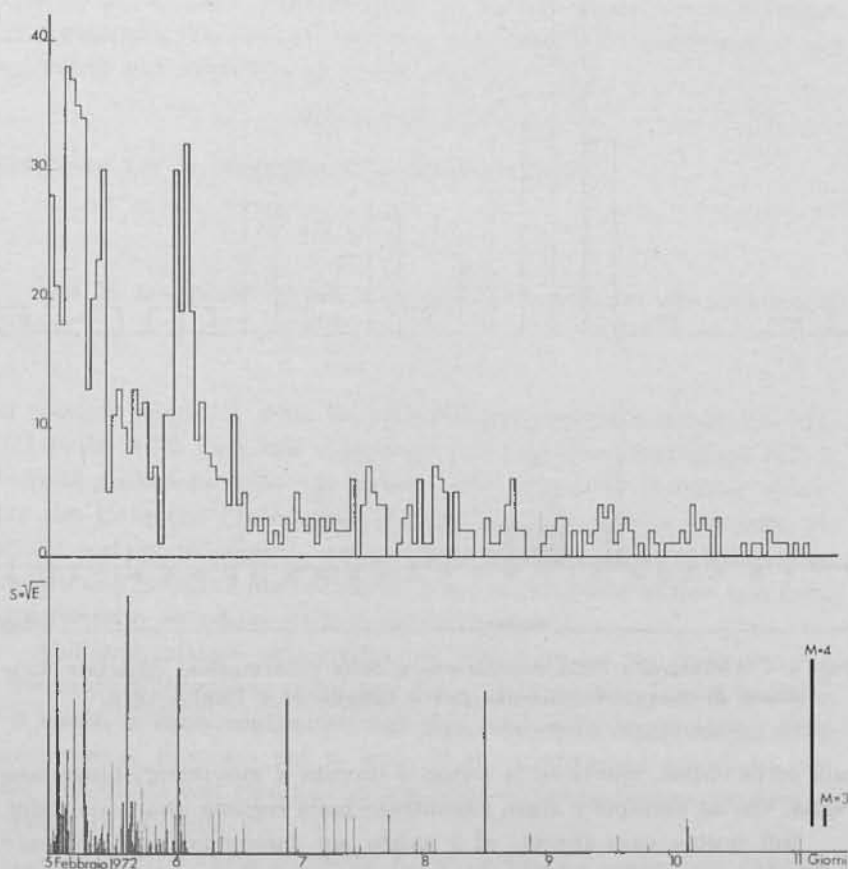


Fig. 3 - Andamento delle micrososse e delle deformazioni rilasciate dalle scosse di maggiore intensità dal 5 all'11 Febbraio 1972.

un aumento delle micrososse, che invece sono presenti durante e dopo l'evento.

Naturalmente tutto ciò non è sufficiente a negare l'ipotesi che una micro attività possa precedere, come fase premonitrice, un evento di

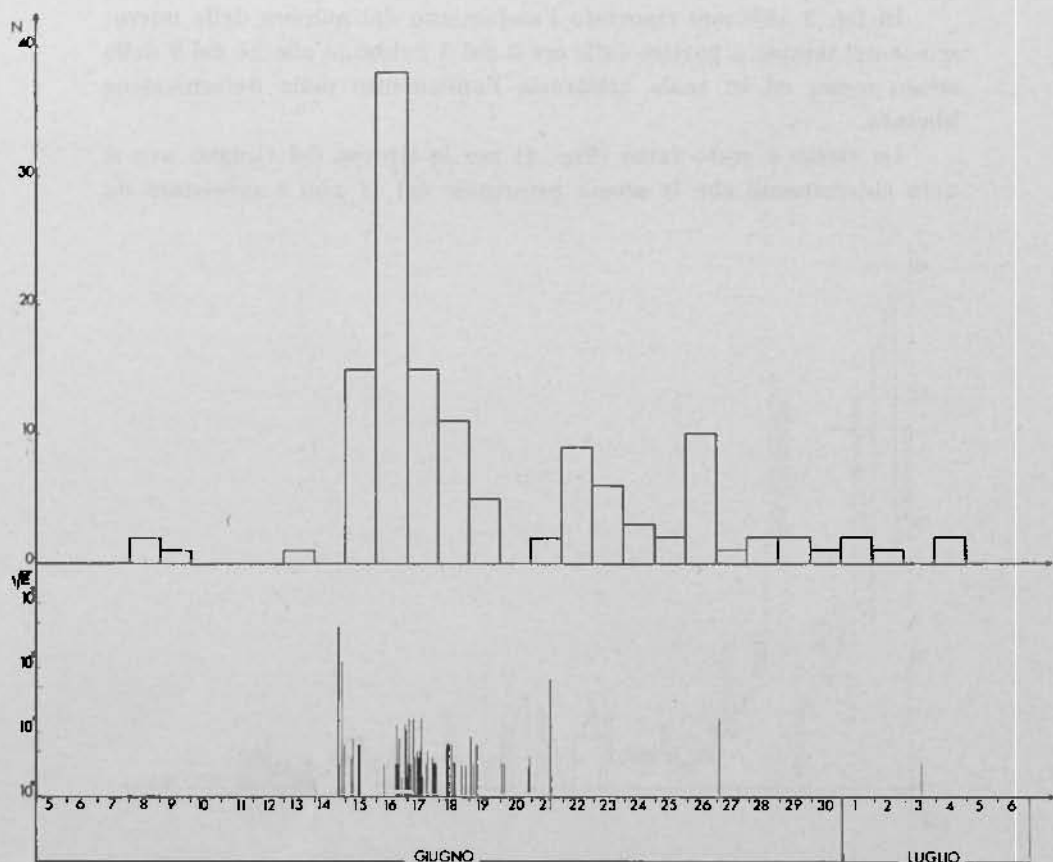


Fig. 4 - Andamento delle micrososse e delle deformazioni rilasciate dalle scosse di maggiore intensità dal 5 Giugno al 6 Luglio 1972.

una certa entità, specie se la scossa è dovuta a movimenti lungo una faglia. Ciò ad esempio è stato riscontrato nella regione alpina da Caloi.

Nel nostro caso invece, si è avuto un fenomeno non originato da faglie attive ben localizzate, per cui non sono applicabili molte considerazioni valide per i terremoti di frattura.

6. - ALCUNE CONSIDERAZIONI SULLE SCALE DI INTENSITÀ.

Come è noto i dati utilizzabili in Italia per la progettazione di opere di ingegneria in zone di elevata sismicità, sono ad oggi scarsi

e frammentari, per cui in molti casi si impiegano quelli ricavati per la California ove le reti accelerometriche funzionano ormai da qualche decennio. Ciò comporta evidentemente dei raffronti e l'unico elemento disponibile è l'intensità. La letteratura a questo riguardo ha accettato in genere una coincidenza tra la scala Mercalli-Sieberg e la Mercalli Modificata, oggi sorgono notevoli dubbi a riguardo, specie per i gradi superiori al V. Varie considerazioni ci hanno consigliato di indagare sull'argomento. Karnik ad esempio, per l'Italia Settentrionale e per profondità non superiore ai 18 km, pone

$$M^* = 0,51 I_0 + 1,$$

Gutenberg per la California alla stessa profondità

$$M^* = \frac{2}{3} I_{MM} + 1.$$

Ora la magnitudo è un dato obiettivo, per cui uguagliando si ottiene:

$$I_{MM} = 0,75 I_0.$$

Ad esempio ad un X della Mercalli-Sieberg corrisponderebbe un VII-VIII della M.M. Una tale differenza non può certo imputarsi solo a diversità geologiche delle due regioni. Altro elemento di dubbio proveniva dal fatto che l'intensità, desunta dalla magnitudo calcolata, risultava sempre inferiore a quella che si era portati ad attribuire all'evento dall'indagine macrosismica, a meno che quest'ultima non fosse stata eseguita su edifici di recente costruzione.

Abbiamo iniziato uno studio per pervenire ad un confronto tra le due scale di intensità: suddivisi i tipi di fabbricato esistenti in Italia in 5 classi, si sono confrontati tali tipi con quelli caratteristici della classificazione proposta per la scala M.M., traducendo quindi in tale scala i danni da essi riportati in occasione di eventi sismici verificatisi in Italia (v. Tabella 2).

L'indagine è stata condotta su 16 terremoti preferendo limitare il numero pur di utilizzare descrizioni dettagliate ed informazioni sullo stato degli edifici. Si sono anche scartati quei terremoti la cui magnitudo, calcolata dal sismogramma, differiva notevolmente (sempre tra l'altro in difetto) da quella macrosismica.

Si è ottenuta la seguente relazione

$$I_{MM} = -0,013 I_0^2 + 1,068 I_0 - 0,902$$

con un errore medio dell'unità di peso $\varepsilon = \pm 0,365$.

Tabella 2

Tipo	Caratteristiche	Ubicazione	Danni	Valut. in <i>M.M.</i>
O	Casa molto vetusta in zona depressa, già sottoposta ad eventi sismici o bellici e con le caratteristiche del tipo A	Italia	Leggere lesioni tipo O	IV
A	Muri a secco, poca malta, conci squadrati a mano o pezzi informi, senza fondazioni, tetto spiovente su travi lignee. 1 piano	Italia	Lesioni al tipo O ma tali da non renderle inabitabili. Tipo A qualche lesione	V
A-B	Materiali deboli, mattoni cotti al sole, malte povere, manufatto di bassa qualità, debole orizzontalmente	Secondo la M.M.	Parzialmente inabitabili quelle di tipo O; lesioni al tipo A; crepe agli intonaci al tipo A-B	VI
B	Conci squadrati a macchina, malta abbondante, tetto a solaio o spiovente, fondazioni mediocri. 1 o 2 piani	Italia	Rovina parziale al tipo O. Inabitabili parzialmente quelle di tipo A	VII
B	Manufatto ordinario con malta, non eccessivamente debole come in mancanza di tiranti agli angoli, ma non destinato a resistere a forze orizzontali	Secondo la M.M.	Gravi danni a quelle di tipo A-B. Caduta di ornamenti architettonici, cornicioni, piccoli smottamenti	VII
B-C	Buon manufatto con malta, rinforzato, ma non destinato a resistere a forze orizzontali	Secondo la M.M.	Totale rovina (Tipo O); inabitabili (tipo A). Gravi danni (A-B), crolli parziali (B), alcuni danni (tipo B-C)	VIII
C	Conci squadrati a macchina, malta buona, cordoli in c.a. basali e sommitali, tetto a solaio, fondazioni buone (2-3 piani)	Italia	Gravi danni e crolli al tipo B, seri danni spesso alle fondazioni (tipo B-C), danni e lesioni (tipo C)	IX
C-D	Buon manufatto costruito su progetto, rinforzato ai lati con ferro e calcestruzzo, progettato per resistere a forze laterali	Secondo la M.M.	Crolli al tipo C. Seri danni al tipo C-D. Danni alle dighe e frane	X
D	Costruzioni in c.a., fondazioni profonde, multi piani	Italia Secondo la M.M.	Non si dispone di dati sufficienti per un confronto	> X

7. - INTENSITÀ E MAGNITUDO.

A rendere aleatoria una qualsiasi relazione tra intensità all'epicentro e magnitudo concorrono due serie di cause:

— Ammesso che effettivamente la magnitudo fornisca una valutazione obiettiva della « importanza » del terremoto all'ipocentro e consenta di risalire all'energia ivi sviluppata, quanta di questa energia perverrà nella zona epicentrale? Una risposta al quesito è legata alle caratteristiche fisiche dell'evento e a quelle geologiche e tettoniche della zona.

— È lecito associare l'energia sviluppata in superficie con i gradi di una scala convenzionale basata sugli « effetti » quando sappiamo che questi ultimi provengono, anche se valutati su edifici campione, dall'accelerazione, dal periodo e dall'ampiezza del movimento del suolo?

Questa serie di interrogativi che ad oggi non ha una risposta esauriente, ci porta a concludere che, agli effetti della ingegneria antisismica, sia forse preferibile riferirsi ancora all'intensità, pur non trascurando la magnitudo, purché ogni formula di correlazione venga limitata a zone sufficientemente ristrette e a terremoti di stesse caratteristiche.

Naturalmente tali relazioni non potranno essere estrapolate ad eventi che abbiano intensità diverse da quelli che si sono adoperati per determinarle.

Volendo trasferire ciò al territorio italiano, che presenta una grande varietà di situazioni geologiche e tettoniche, si è suddivisa l'Italia in un certo numero di distretti sismici, intendendo per *distretto un'area costituita da zone di caratteristiche sismotettoniche analoghe o almeno comparabili tra loro.*

La suddivisione da noi adottata è la seguente (Fig. 5).

- Distretto 1* Alpi Marittime
- Distretto 2* Alpi Occidentali
- Distretto 3* Alpi Settentrionali
- Distretto 4-5* Alpi Meridionali.

L'intero sistema alpino deve considerarsi un classico esempio di catena a pieghe che può essere suddiviso in tre unità tettoniche fondamentali: le Elvetiche, le Pennidi, le Astridi con formazione orografica dovuta a spinte dirette dall'interno verso l'esterno dell'arco. Una

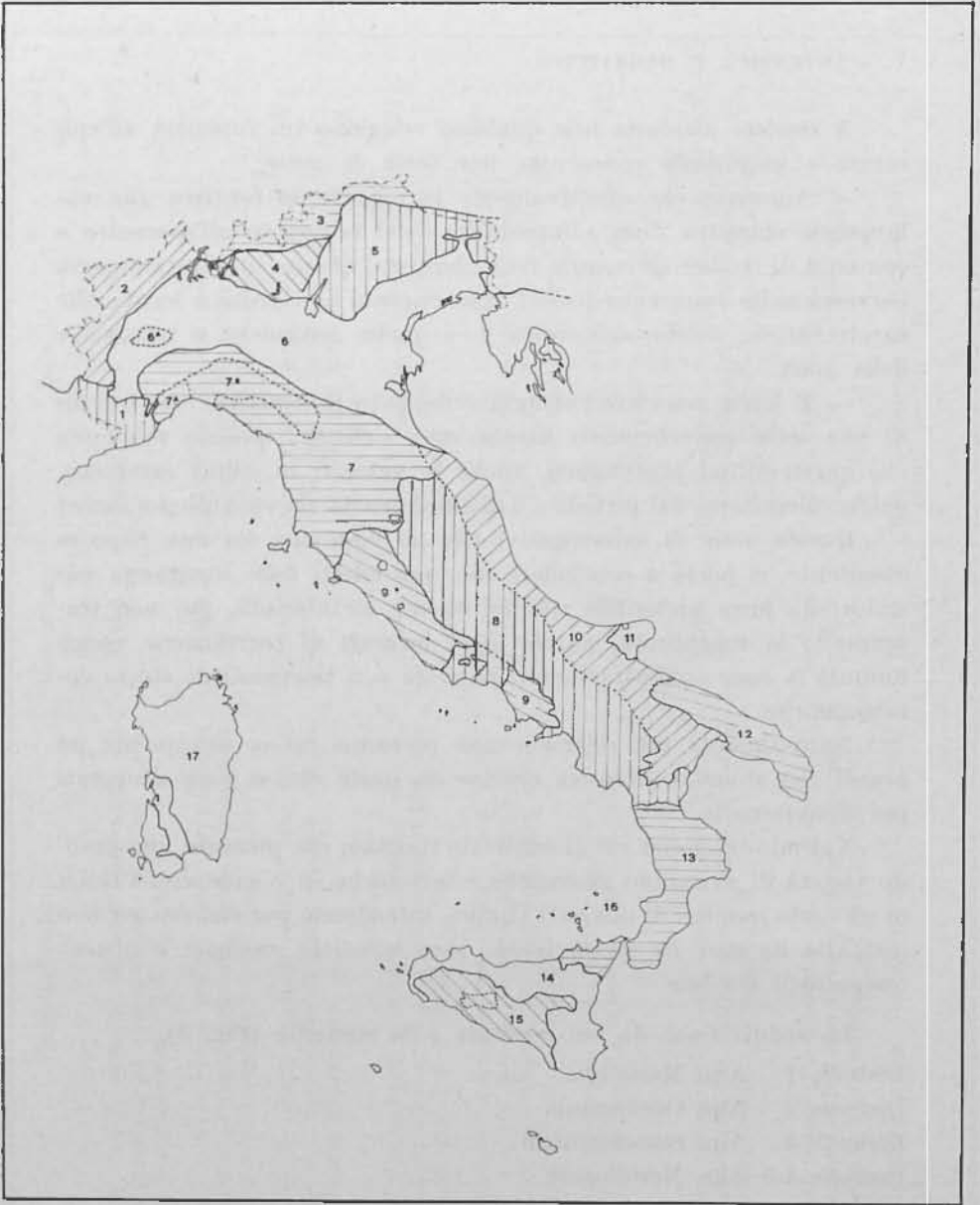


Fig. 5 - Distretti sismici.

quarta unità è quella delle Alpi Meridionali la cui formazione è dovuta a pieghe e ricoprimenti locali diretti a Sud.

Distretto 6

Pianura Padana, limitata a nord dal bordo meridionale delle Prealpi e a sud dai bordi settentrionali dei ricoprimenti appenninici. Comprende anche le colline torinesi che vanno considerate come testimoni affioranti del substrato mesozoico-cenozoico disturbato da linee di frattura ad orientamento appenninico, e ricoperto dalla coltre alluvionale.

Distretto 7

Appennino Ligure, Tosco-Romagnolo. Comprende la zona delle pietre verdi (7a) e la falda di ricoprimento delle liguridi (7b). Esso risulta costituito da due motivi tettonici fondamentali: quello delle strutture a ricoprimento delle argille scagliose e quello dovuto a deformazioni del substrato rigido per faglie longitudinali.

Distretto 8

Appennino Umbro-Marchigiano-Abruzzese, costituito essenzialmente da strutture della serie carbonatica, comprendente a sud anche gli Aurunci, gli Ausoni, la Penisola Salentina e i monti dell'Appennino Lucano, disturbato essenzialmente da scaglie tettoniche e sovrascorimenti limitati, e occasionalmente da faglie isolate appenniniche e anti-appenniniche.

Distretto 9

Retropaese Appenninico, comprendente gli edifici vulcanici dell'Amiata, i Vulsini, i Cimini, i Sabatini, il Vulcano Laziale e i Flegrei. Esso risulta interessato essenzialmente da linee di faglia (e dall'intersezione di esse) ad andamento appenninico e antiappenninico.

Distretto 10

Fossa Bradanica, comprendente anche l'avampaese Abruzzese, Marchigiano e Romagnolo. Per i ricoprimenti marginali della formazione marnoso-arenacea, costituisce una regione tabulare, comprendente le Murge, senza particolari deformazioni tettoniche superficiali, che sembrano esistenti solo nelle zolle marginali (Gargano).

Distretto 11

Gargano (vedere distretto 10).

Distretto 12

Murge (vedere distretto 10).

Distretto 13

Massiccio Calabro-Peloritano. Può essere indicato come massiccio cristallino ovunque sovrascorso su bacini di sedimentazione periferica.

Distretto 14

Sicilia Orientale (vedere distretto 15).

Distretto 15

Sicilia Occidentale. Complessivamente la Sicilia ha una struttura alquanto frammentaria, infatti oltre la regione peloritana, già menzionata, si individua a NW la struttura palermitana con le caratteristiche appenniniche a ricoprimenti, e a SE il tavolato di Ragusa. Compresa tra essi è la zona centrale interessata dai ricoprimenti delle argille scagliose.

Distretto 16

Basso Tirreno. È l'unica regione italiana caratterizzata da terremoti profondi (fino a 400 km); essa è sede di vulcanismo attivo ed è segnata da discontinuità che penetrano nell'astenosfera.

Distretto 17

Sardegna. Il massiccio corso-sardo fa parte di un antico massiccio cristallino notevolmente stabile.

Impiegando quei terremoti di cui si conosceva l'intensità all'epicentro (in Mercalli-Sieberg), la profondità ipocentrale, la magnitudo desunta dal sismogramma, si è pervenuti alla relazione tra I_0 e M per i vari distretti sismici (vedi tabella 3).

Per il distretto 9 ci si è riferiti principalmente al periodo sismico di Mignano Montelungo, mentre per la Fossa Bradanica e le Murge è stata accettata provvisoriamente la relazione che proveniva da terremoti con epicentro nel Gargano per la scarsità di dati a disposizione.

Le relazioni ricavate sono ottenute impiegando sismi di intensità comprese tra il V e VIII-IX della Mercalli-Sieberg per cui devono ritenersi valide in tale intervallo.

Tabella 3

Distretto	N. terr. adoperati	$M^* = aI_0 + b \log l + c$			Note
		a	b	c	
1-2-3	38	$0,674 \pm 0,054$	$1,352 \pm 0,099$	$-1,091 \pm 0,213$	In buon accordo con la relazione di Karnik per l'Italia
4-5	51	$0,437 \pm 0,050$	$0,874 \pm 0,190$	$0,714 \pm 0,373$	Tra il V e il IX
6	28	$0,484 \pm 0,079$	$1,040 \pm 0,210$	$0,324 \pm 0,271$	Tra il V e VIII
7	51	$0,437 \pm 0,050$	$0,874 \pm 0,190$	$0,714 \pm 0,373$	Tra il V e VIII
8	30	$0,421 + 0,048$	$1,138 \pm 0,146$	$0,179 \pm 0,178$	Tra il IV e VIII-IX. Per $h = 5$ km coincide praticamente con la formula del distretto 9. Per $h = 15$ km e $I_0 = V-VII$ si accorda con la relazione di Karnik dell'Italia Centrale
9		0,467		0,800	Valida tra il V e il VII e per $h = 10$ km (Desunta dal periodo sismico di Mignano Montelungo)
10	11	0,472		1,2	
11	12	0,472		1,2	Per $h = 12$ km si accorda con la relazione di Karnik per l'Italia Centrale che non tiene conto della profondità
12		(0,472)		(1,2)	
13	17	$0,414 \pm 0,063$	$1,105 \pm 0,201$	$0,367 \pm 0,251$	Per $h = 15$ km si accorda con la relazione di Marcelli-Montecchi ⁽¹³⁾ , mentre fornisce valori leggermente inferiori a quelli che si desumono dalla relazione di Karnik.

Per il distretto 7 si è ottenuta una curva di correlazione praticamente coincidente con quella dei distretti 4 e 5 per cui abbiamo preferito ricalcolare la relazione a partire da tutti gli eventi verificati nei tre distretti.

Naturalmente non affermiamo che si sia pervenuti a valori definitivi, ma solo ad un tentativo che merita di essere aggiornato.

Per la Sicilia Centrale e Occidentale l'insufficienza dei dati a disposizione ci ha consigliato l'impiego delle relazioni desunte da Marcelli-Montecchi (13) per l'Italia. Per la zona del Basso Tirreno (distr. 16) non è possibile pervenire ad alcuna correlazione data la particolare profondità dei fuochi sismici.

8. - LA STAZIONE SISMICA MOBILE DELL'I.N.G. (Fig. 6).

È costituita da tre trasduttori a bobina mobile (S. 13 Geotech) aventi un periodo proprio di 1 sec e smorzamento critico. Il segnale

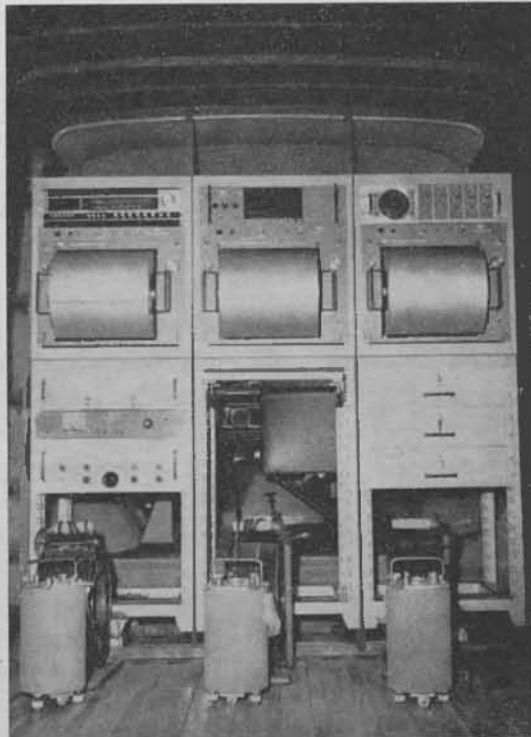


Fig. 6 - La stazione sismica mobile dell'I.N.G.

elettrico fornito dai trasduttori, orientati nelle tre direzioni ortogonali, è inviato a tre preamplificatori a transistor dotati di filtri passa-bassi e passa-alti. Il segnale è poi ulteriormente amplificato dagli amplificatori di potenza che pilotano le pennine dei registratori a punta calda. I registratori sono del tipo « Helicorder » (Geotech) che, oltre al vantaggio di consentire una lettura immediata del sismogramma, permettono di variare lo scorrimento della carta sensibile.

L'intero gruppo, esclusi naturalmente i trasduttori, è montato su un modulo trasportabile unitamente all'orologio elettronico, alla radio per la ricezione dei segnali ritmici e al gruppo di alimentazione e taratura. Il modulo a sua volta può agevolmente essere caricato su autoveicolo Alfa F.20, ove la stazione può essere tenuta in funzione correntemente.

L'ingrandimento rispetto al moto reale del suolo, varia da un minimo di 2500 volte ad un massimo di 10 milioni di volte, con scatti che raddoppiano il valore da uno al successivo. Per ogni valore dell'ingrandimento la taratura consente di determinare la magnitudo dei terremoti vicini. La notevole similitudine di comportamento delle tre componenti consente di risalire direttamente, e con discreta precisione, all'azimut e all'angolo di emergenza apparente. Completano la stazione degli accelerometri (MO2 e AR240) per l'installazione di una rete di emergenza.

Attualmente si dispone anche di un registratore a nastro magnetico a 7 piste.

Caratteristiche sismotettoniche dell'Anconitano

1. - SISMICITÀ DELLA REGIONE COLLINARE DELLE MARCHE ESTERNE.

Dal 1870 ad oggi si sono verificati nella regione 111 terremoti, la cui intensità non è inferiore al V-VI della Mercalli-Sieberg. Le profondità ipocentrali, quando si escludono i sismi con epicentro in corrispondenza dell'asse mediano dell'Adriatico, si addensano intorno ai 10 km: ciò spiega gli elevati valori dell'intensità e dell'accelerazione in corrispondenza di modeste magnitudo.

Naturalmente per i secoli precedenti all'attuale le notizie sono frammentarie e in genere si riferiscono a terremoti di notevole intensità.

Ricordiamo un periodo sismico di 3 mesi nel 1690, in cui la scossa più intensa raggiunse il IX, con epicentro probabilmente nella zona che è interessata dai fenomeni odierni. Si ebbero profonde spaccature e frane nel Monte Conero. Nel 1755 ancora un periodo sismico di almeno 4 mesi, mentre tra il 1474 e il 1475 molte scosse non superiori al VII-VIII interessarono la regione. Impiegando i dati degli ultimi 100 anni, da cui si sono esclusi 7 terremoti con ipocentro in mare molto lontano dalla costa, abbiamo calcolato la frequenza cumulata $N\Sigma$ in funzione della magnitudo macrosismica (per $h = 10$ km).

Se

$$N(M) = b 10^{-\gamma M} \quad [1]$$

è la densità di frequenza, cioè il numero di terremoti di magnitudo M nell'intervallo di tempo campione, la $N\Sigma$ è data da

$$N\Sigma(M) = \int_M^{\infty} N(M) dM. \quad [2]$$

In diagramma semilogaritmico la [1] e la [2] sono due rette parallele, infatti integrando la [2] si ha

$$N\Sigma = \frac{b}{\gamma \log_e 10} 10^{-\gamma M} = \frac{b}{\gamma 2,301} N.$$

Nel nostro caso si è ottenuto

$$\log N_{\Sigma} = 1,421 M + 7,412, \quad [3]$$

che come si noterà (Fig. 7), approssima bene i valori sperimentali.

Nota la [3] è possibile risalire alla [1] e quindi alla frequenza, nel tempo considerato, di un evento di magnitudo M . È evidente

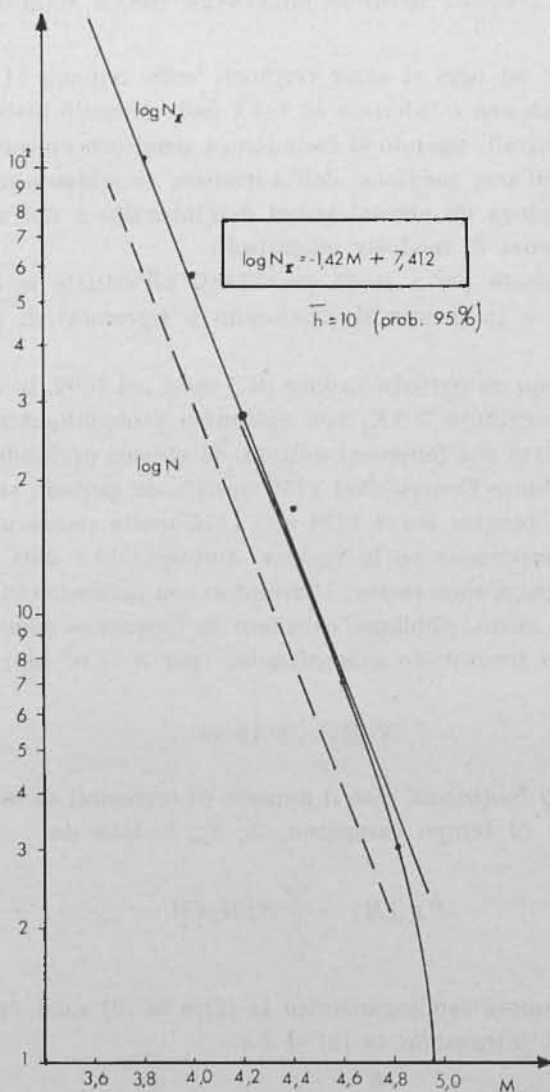


Fig. 7

che, sia pure con minore frequenza, è possibile in base alla [1] un evento anche di magnitudo rilevante, quale ad esempio non sia avvenuto mai dai tempi storici in Italia, mentre per ragioni fisiche in una regione tettonica non possono essere superate certe intensità caratteristiche della regione stessa; si deve quindi pensare che i punti rappresentativi di alta intensità non seguano una legge del tipo [3] ma devono presentare un andamento asintotico.

Tale valore asintotico si ottiene (Riznicenko, Iaccarino) imponendo alla [3] di essere limitata a destra da un valore $M = M_{\max}$.

$$N\Sigma = \int_M^{M_{\max}} b 10^{-\gamma M} dM = \frac{N}{\gamma \log_e 10} \left[1 - 10^{-\gamma (M_{\max} - M)} \right]. \quad [4]$$

Analiticamente il valore di M_{\max} si ottiene imponendo alla [4] di passare per due punti (sperimentali) prossimi al valore asintotico $(N\Sigma)_1$, $(N\Sigma)_2$ e quindi risolvendo il sistema:

$$\left\{ \begin{array}{l} (N\Sigma)_1 = \frac{N_1}{\gamma \log_e 10} \left[1 - 10^{-\gamma (M_{\max} - M_1)} \right] \\ (N\Sigma)_2 = \frac{N_2}{\gamma \log_e 10} \left[1 - 10^{-\gamma (M_{\max} - M_2)} \right] \\ \frac{N_1}{N_2} = 10^{-\gamma (M_1 - M_2)} \end{array} \right.$$

Il calcolo ha condotto ad una magnitudo $M_{\max} = 4,98$ cui corrisponde, per una profondità media di 10 km, un'intensità di IX, e per una profondità di 5 km, un IX-X. Siamo quindi almeno nel primo caso intorno ai valori attribuiti alla scossa del 14 Giugno. Naturalmente, essendo stati impiegati per l'indagine gli eventi relativi a tutto l'avampaese dell'Anconitano, il valore trovato deve ritenersi statisticamente possibile in ogni punto della regione stessa.

2. - CARATTERISTICHE GEOLOGICHE STRUTTURALI DELL'ANCONITANO.

Il periodo sismico ha interessato quella zona delle Marche esterne, ove ad una morfologia prevalentemente collinare — che interessa terreni di natura argilloso-marnosa di età principalmente pliocenica e alluvioni quaternarie di fondo valle — si contrappone la struttura rigida Numana-Ancona culminante con la dorsale calcarea del Monte

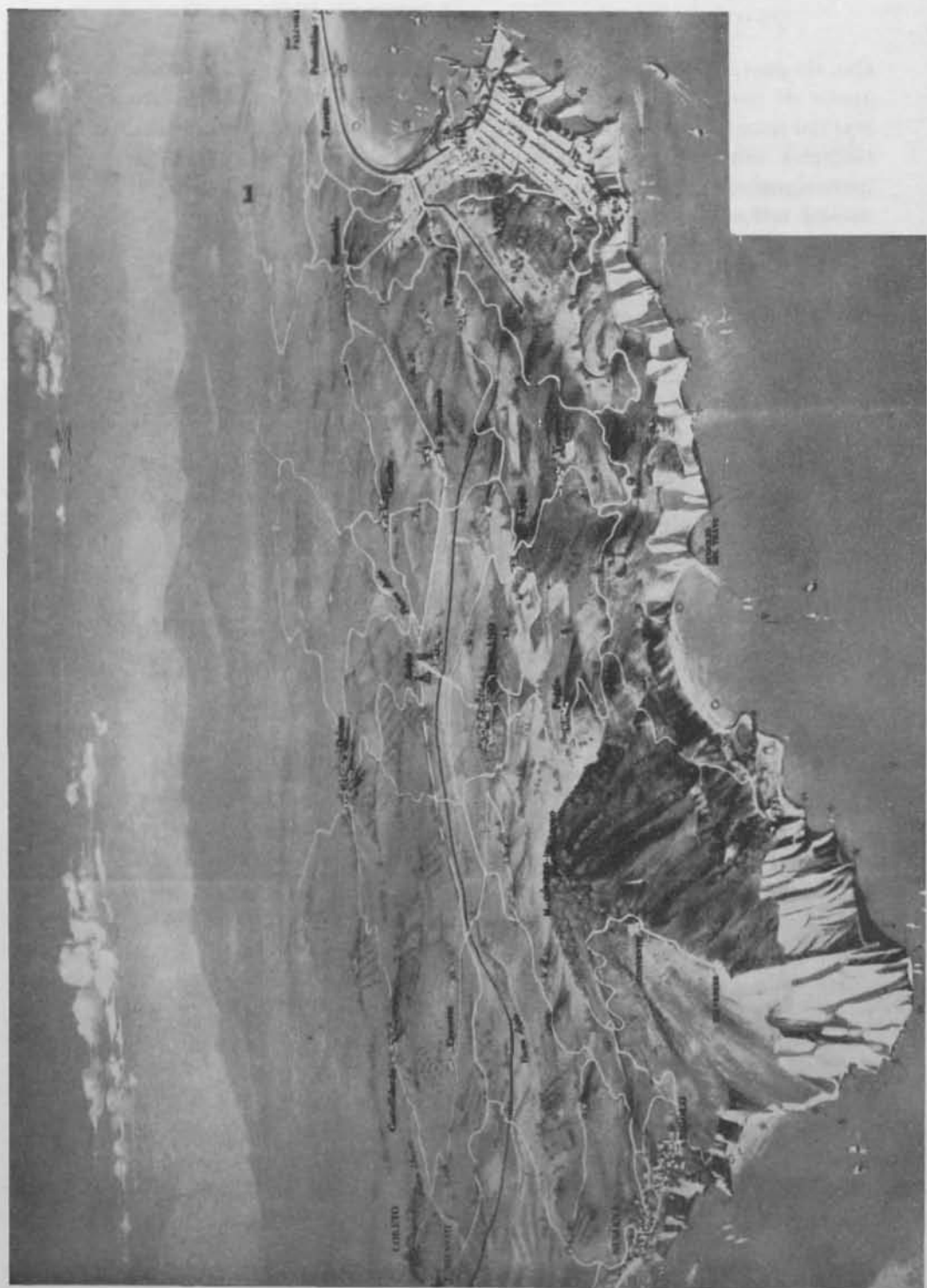


Fig. 8

Conero (Fig. 8). Tale struttura rigida appare come una zona anomala dato che nelle Marche esterne sono poche le anticlinali a nucleo mesozoico, e solo quella del Monte Conero si affaccia sul mare. Essa ha forma elissoidica con vergenza adriatica: il fianco occidentale ha pendenze piuttosto dolci, la cerniera corrispondente ai dirupi costieri risulta molto strizzata, mentre il fianco orientale presenta strati con pendenze notevoli che raggiungono lungo la costa anche gli 80°.

La formazione di questa struttura può essere ricreata nello schema tettorogenetico del complesso Appenninico-Dinarico, che indica l'asse mediano della depressione adriatica come asse di simmetria centripeta verso il quale convergono le spinte orogenetiche sia dal Tirreno verso l'Adriatico per l'Appennino, che dal Durmitor verso l'Adriatico per le Dinaridi (Fig. 9). Ne segue che le fasi orogenetiche del Pliocene inferiore e medio, caratterizzate da sforzi prevalentemente orizzontali (agenti anche durante un graduale abbassamento generale), hanno portato ad un accorciamento orizzontale della serie, con formazione di anticlinali e sinclinali virgate con nucleo affiorante che va dal Trias al Pliocene inferiore man mano che ci si sposta dall'Appennino alla costa.

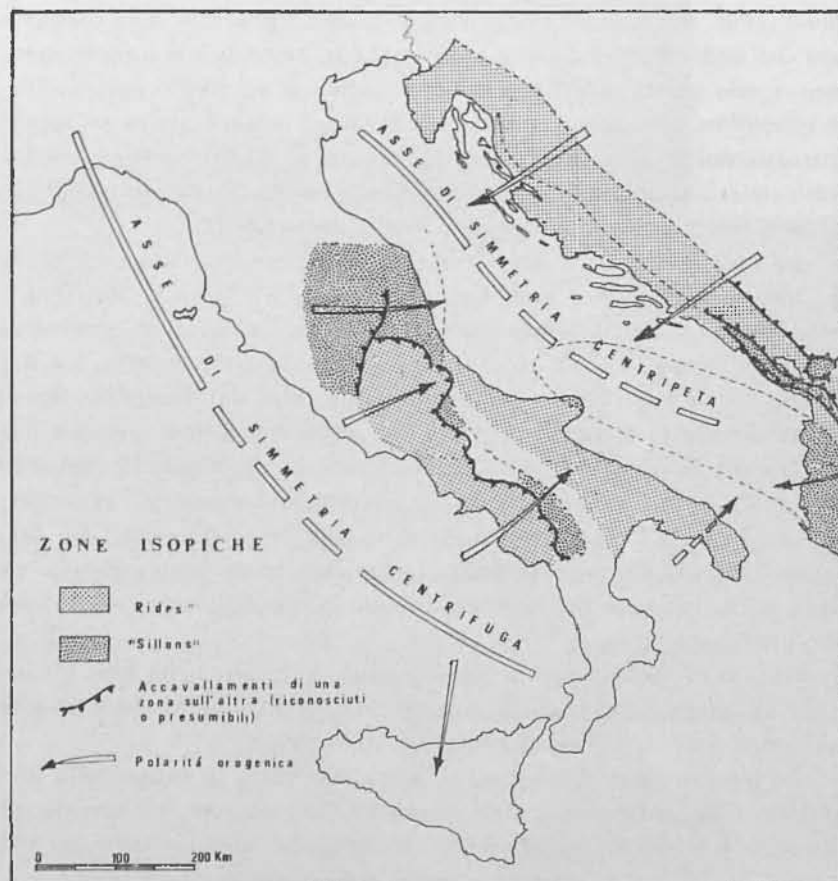
Gli effetti delle forze in gioco hanno permesso nella loro evoluzione, la compressione, lo stiramento, l'accavallamento delle pieghe con formazioni di sovrascorrimenti e dislocazioni.

In questo quadro schematico vanno ricercate le cause della formazione della struttura rigida Numana-Ancona, che ha portato in affioramento terreni prepliocenicici culminanti con l'anticlinale del Conero.

L'intera struttura è suddivisa in blocchi da numerose faglie, prevalentemente trasversali con rigetto orizzontale e spostamenti di 100-200 metri. I blocchi sono poi interessati da faglie sub-verticali appenniniche e trasversali, che li suddividono in zolle minori.

A Nord-Ovest del Conero la struttura Numana-Ancona prosegue con la sinclinale a nucleo miocenico-pliocenico di Tavernelle con asse orizzontale WNW-ESE. Anche questa piega risulta asimmetrica con il fianco Nord-orientale (Schlier basale) meno inclinato di quello Sud-occidentale, ove affiorano le marne calcaree (Schlier alto) troncate e abbassate da una gradinata di faglie parallele all'asse della sinclinale.

La complessità della struttura Numana-Ancona, analizzata a grandi linee nei suoi punti più caratteristici, prosegue verso mare in una fascia di circa 15 km per poi riprendere lo stile a pieghe dislocate del substrato rigido come indicato per l'entroterra.



Schema paleogeografico- strutturale del complesso Appennino Dinamico da Aulvi 1960, 1966, modificato per la penisola italiana

Fig. 9

Tale complessità oltre ad essere basata su interazioni derivanti dalla precedente analisi, è comprovata dai risultati di campagne di prospezione geofisica condotte dall'A.G.I.P. In detta zona gli orizzonti riflettenti presentano disposizioni tanto caotiche, da non poter essere sfruttati per una logica ricostruzione dell'andamento e dello stile tettonico del substrato rigido della zona medesima.

3. - CONSIDERAZIONI SUL MECCANISMO DEI FENOMENI.

Dato lo stile strutturale descritto, il problema di una interpretazione della natura fisica dei fenomeni che hanno dato luogo al periodo

sismico, non può essere affrontato con lo schema semplice di un movimento relativo lungo faglie ben localizzate. Ciò è confermato da altri fatti obiettivi:

— La distribuzione degli impulsi iniziali di ogni singola scossa nelle varie stazioni, non consente di pervenire a schemi che si prestino ad una interpretazione della sua origine fisica accettabile o comunque caratterizzata da un minimo di obiettività.

— Le registrazioni della stazione mobile in Ancona presentano una distribuzione nel tempo e nello spazio di dilatazioni e compressioni del tutto inomogenea e senza alcuna regola individuabile.

— I tentativi eseguiti con il diagramma di Benioff hanno posto in evidenza l'esistenza di deformazioni contemporanee originate da entrambi i tipi di elasticità fondamentali che si sovrappongono senza una regola accettabile.

Riteniamo quindi che la causa più logica dei fenomeni dell'Anconitano vada ricercata in quegli elementi geologico-strutturali da noi brevemente accennati, e quindi a sovrascorrimenti e dislocazioni dovute a spinte orogenetiche verso l'asse di simmetria centripeta della depressione adriatica.

Trattasi in definitiva di un fenomeno che si inquadra in un lento processo evolutivo, iniziato con una fase orogenetica causa dell'assetamento attuale dello schema strutturale Appenninico-Dinarico. Ricordiamo a conferma che l'indagine storica, condotta a partire dagli inizi di questo millennio, mostra che tale fenomeno è sempre presente ed è la causa della sismicità dell'Avampaese Marchigiano. Lungo il litorale iugoslavo, ove le condizioni geologiche e strutturali sono simili, avvengono terremoti la cui origine e caratteristiche sono identiche a quelle dei sismi che hanno colpito Ancona.

4. - INDAGINE SUI DANNI RIPORTATI DAGLI EDIFICI.

In questo resoconto si prescinde dalla città di Ancona e dintorni; questo argomento sarà trattato a parte dall'Ing. Attilio Cipollini del Consiglio Superiore dei LL.PP.

I dati riportati si riferiscono principalmente alla prima parte del periodo sismico e sono stati ottenuti dallo spoglio di un questionario da noi inviato ai Sindaci dei Comuni interessati. Altri dati sono desunti

da una pubblicazione apparsa sulla Rivista « Antincendio » edita sotto gli auspici del Ministero degli Interni (Direzione Generale della Protezione Civile e dei Servizi Antincendi).

Dato che non sempre ci è stato comunicato il numero complessivo delle abitazioni esistenti nell'area del comune, siamo pervenuti a tale dato a partire dal rapporto tra il numero di abitazioni e quello di abitanti relativo a quei centri per i quali era possibile ricavare il rapporto stesso. Si è calcolato come media $0,192 \pm 0,06$ ove 0,06 è la semidispersione massima; la bontà del risultato proviene dal fatto che, escludendo Ancona, l'economia marchigiana è pressoché uniforme in tutto l'entroterra.

In ogni modo i valori ricavati con questo metodo sono riportati nella Tabella 4 tra parentesi.

Un primo esame mostra che gli edifici più colpiti sono quelli di costruzione antebellica, quindi in molti casi non solo scadenti dal punto di vista costruttivo, ma spesso già compromessi da precedenti eventi quali quello del 1930. Un esempio tipico è Falconara Marittima ove quasi tutte le abitazioni mal riparate dopo tale terremoto sono gravemente danneggiate.

Si è inoltre notata una prevalenza di danni nelle abitazioni rurali rispetto al centro urbano: Iesi, in buona parte moderna, è caratterizzata da un indice di danneggiamento del 3,8%.

Le costruzioni in cemento armato o comunque costruite con norme antisismiche hanno in genere subito solo lesioni spesso leggere, ed in ogni caso tali da non pregiudicare la stabilità.

Abbiamo eseguito una accurata indagine a Marina di Falconara scelta da noi come campione (VIII). Il centro urbano, costruito a partire dall'inizio del secolo, poggia su materiale alluvionale del Fiume Esino, i terreni di fondazione contengono notevole umidità. Prescindendo dalle costruzioni in c.a., le costruzioni (di altezza da 6 a 10 metri) sono modeste dal punto di vista statico, solai con travi in legno incastrate in muratura dai 15 ai 30 cm di spessore, malte polverizzate, mattoni erosi dalla salsedine. Molti tetti sono a spiovente. In conclusione è il tipo di costruzione che negli Stati Uniti è considerata la più scadente. Gli eventi sismici passati, e in particolare quelli del 1930 (VIII +), hanno prodotto gravi dissesti, spesso mal riparati. La situazione attuale è la seguente:

— Case riparate a regola d'arte (con rinforzi in cemento): lesioni gravi ma tutte riparabili, quasi tutte le case sono abitabili.

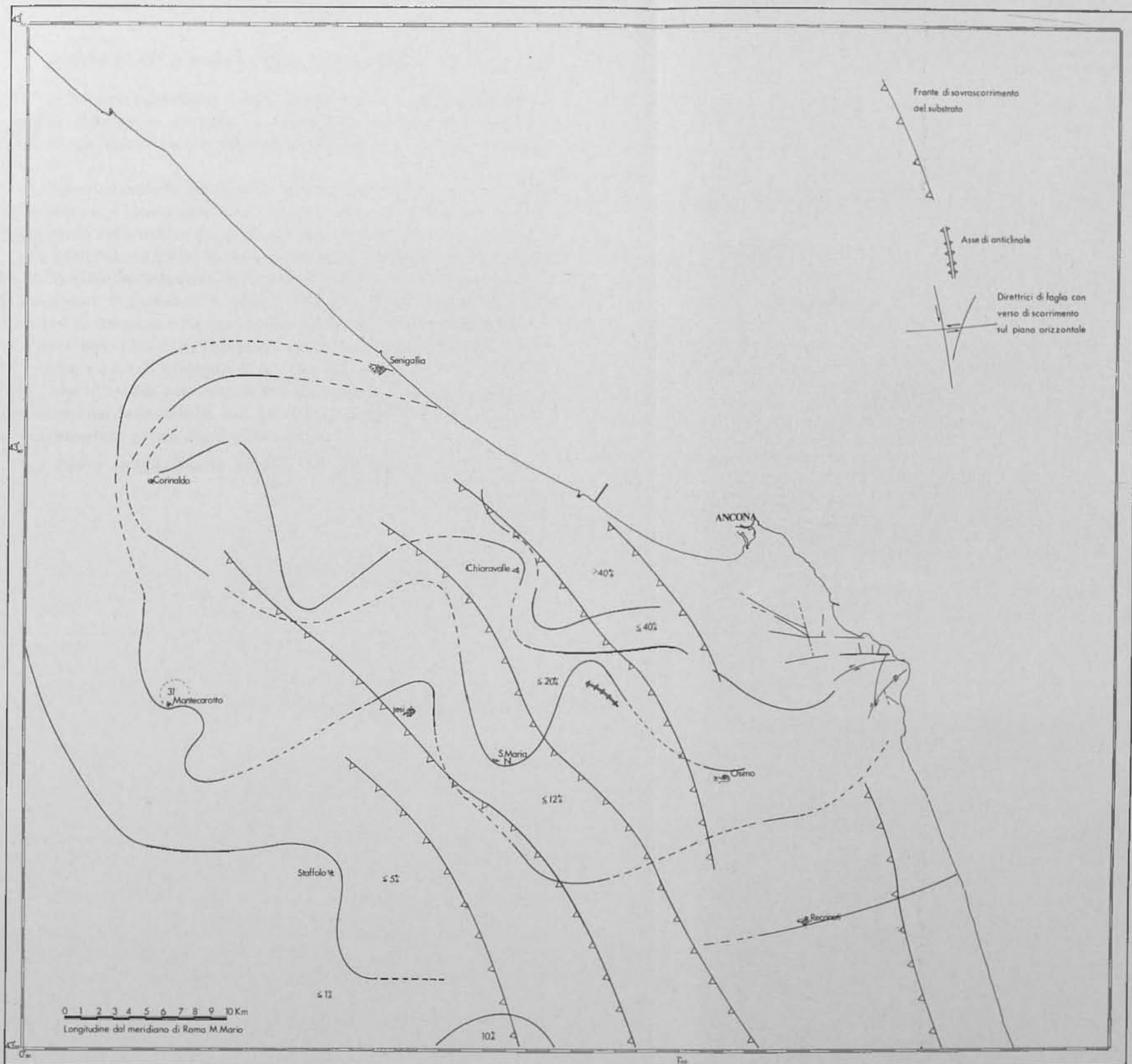


Fig. 10 - Isoblaste del periodo sismico di Ancona.

— Case mal restaurate: il 25% è inabitabile e solo perizie future potranno stabilire se dovranno o meno essere abbattute, il resto è abitabile ma dovrà subire notevoli riparazioni specie alle strutture portanti.

Indipendentemente dal tipo di costruzione e dalle sue condizioni di stabilità, si è riscontrata una notevole influenza sull'indice di danneggiamento della natura del suolo su cui è fondato ogni centro abitato.

In particolare l'indice di danneggiamento è maggiore ove lo spessore della coltre sedimentaria è minore (Serra S. Quirico, Castel Planio, Montecarotto, Agugliano, S. Maria Nuova), mentre l'estinzione dei danni con la distanza è rapida in corrispondenza di spessori dell'ordine dei 3000 metri. L'89% di Camerata Picena può essere spiegato con la dilatazione del corpo litologico delle alluvioni del Fiume Esino, mentre il 10% che in media deve attribuirsi alla zona di Treia, proviene probabilmente dal fatto che in essa prevalgono abitazioni rurali notevolmente dissestate prima degli eventi sismici.

La figura 10 contiene le isoblabe del periodo.

Tabella 4

Comune	Abitanti		Numero edifici					Tipo edificio danneggiato		
	centro urbano	comune	esistenti nel Comune	inabitabili		lesionati		costr. ant.	costr. rec.	c.a.
				N	%	N	%			
Agugliano (AN)	1015	3545	(680)	10	(1,5)	50	(7,4)	60		
Arcevia	1445	12569	2730			15	0,6	15		
Belvedere Ostrense . . .	647	3361	450			100	22	100		
Camerano	1672	4415	750	35	4,7	150	20	185		
Camerata Picena	456	1769	260	24	9,3	208	80	(222)	(10)	
Castelplanio	488	3555	(680)	15	(2,2)	35	(5,1)	50		
Cerreto	1766	2814	805							
Chiaravalle	4851	8010	(1534)	44	(2,8)	167	(10,8)	(205)	?	6
Corinaldo	1249	7211	1400			300	20	300		
Fabriano	10356	28029	5000							
Falconara	4279	13160	(2520)							
Pilottrano	1875	9808	2030			122	6,8	122		
Iesi	18008	32743	3949			150	3,8	150		
Montecarotto	1266	3763	780			55	31	55		
Fr. Monteseuro			50			10	20	10		
Montemarciano	1512	5819	(1115)	65	(5,8)	461	(41)	?	?	1
M. S. Vito	1127	4634	(890)	12	(1,3)	110	(12,3)	122?		
Monterado	362	1650	(316)	8	(2,5)	40	(12,6)	148?		
Morro d'Alba	723	2700	(520)	10	(1,9)	101	(19,4)			
Numana	1264	2387	1846	2	0,1	122	6,5	105	14	5
Osimo	8267	22782	5796	16	0,3	600	10,3	616		
Ostra Vetere	1325	4567	890	4	0,5	75	8,4	79		
P. S. Marcello	577	2971	(570)	2	(0,4)	10	(1,7)			

segue la table

Comune	Abitanti		Numero edifici				Tipo edificio danneggiato			
	centro urbano	comune	esistenti nel Comune	inabitabili		lesionati		costr. ant.	costr. rec.	c.a.
				N	%	N	%			
Ripe	487	2954	600	5	0,9	115	19,2	118	2	
S. Maria nuova	1188	4098	(785)	17	(2,1)	76	(9,6)	93		
Serra S. Quirico						3		2	1	
Senigallia	16365	32545	(6240)	205	(3,3)	141	(2,2)	?	?	
Sirolo	1142	2949	(565)	8	(1,4)	20	(3,5)	28		
Stafforo										
Castelfidardo (MC) . . .		9737	(1865)	12	(0,6)	80	(4,3)	92		
Cingoli			2102			36	1,7	36		
Civitanova			10000			5	0,05	5		
Montefano			3365			16	0,5	16		
Portorecanati			3535			25	0,7	12	10	3
Recanati			800			7	0,9	7		
S. Severino			2000							
Treia			560			50	9	50		
Fr. Chiesa Nuova			70			10	14	10		
Fraz. Passo Treia			240			25	10,5	25		
S. Costanzo (PE)						16		15	1	
Urbino			(1000)			2	0,2	2		

Non hanno subito danni apprezzabili S. Elpidio a Mare, Corridonia, Esanatoglia, Matelica, S. Severino Marche (Macerata); Cagli, Candelaia, Monbaroccio, Mondavio, Pesaro, Petriano, Pergola, S. Lorenzo, S. Costanza, Urbania (Pesaro).

Registrazioni accelerometriche

1. - POSTAZIONI ACCELEROMETRICHE.

Genio Civile (M.O.2): ha regolarmente funzionato sino dall'inizio del periodo sismico.

Lo strumento è sistemato in un vano scantinato, abbastanza svincolato dall'edificio principale, e ad esso esterno. La condizione di svincolo è ulteriormente garantita da un pilone di postazione isolato completamente dal piano di calpestio.

La litologia di postazione, interpretata dai dati cartografici (1:25.000) e da osservazioni sul posto, può essere la seguente:

- a) terreno di riporto di spessore 3 o 4 metri;
- b) marne o marne-argillose del Miocene Superiore con spessore di qualche metro o nullo;
- c) «schlier», marne e marne-grigiastre o nocciola in strati di spessore variabile.

Data la particolare condizione del sito che si trova al contatto tra il tipo *b* e *c* e al bordo di una struttura a sinclinale, si può affermare che, potendo essere assente il tipo *b*, la postazione poggia sulla formazione di tipo *c*.

Caserma Vigili del Fuoco di Ancona (A.R.240): installato a periodo sismico iniziato.

Lo strumento è situato nel vano piano-terra dell'antorimessa, isolato dalla struttura principale, e direttamente sul piano di calpestio.

La litologia desunta come sopra è la seguente:

- a) terreno di riporto di spessore 1 o 2 metri costituito prevalentemente dal disfaccimento del termine sottostante;
- b) marne e marne argillose del Miocene Superiore.

La postazione poggia quindi sulla formazione del tipo *b*.

In prossimità del sito passa una faglia inversa con direzione appenninica interessante la formazione del tipo *b* in giacitura di sinclinale.

L'installazione dell'accelerografo MO2 presso i locali del Genio Civile di Ancona, fin dalla fine del 1971, ha permesso la registrazione delle scosse di maggiore intensità dall'inizio del periodo sismico. Nei giorni compresi tra il 25 Gennaio e il 4 Febbraio il rotolo di pellicola dello strumento, contenente la registrazione di 3 scosse, fu sostituito con un rotolo nuovo che fu sufficiente a registrare altre 11 scosse (l'ultima fu quella del 5 Febbraio alle 05^h30^m) e fu sostituito intorno alle 20^h del 5. Nel momento della sostituzione il contascatti dell'accelerometro segnava il numero 14. Successivamente fino al 27 Giugno lo strumento ha registrato altre 11 scosse.

La sera del 4 Febbraio è intervenuta ad Ancona una squadra dell'I.N.G. (Istituto Nazionale di Geofisica - Roma) che, dopo aver posto in funzione la stazione mobile intorno alla mezzanotte, ha installato l'accelerometro AR240 nella Caserma dei Vigili del Fuoco. Lo strumento ha registrato l'evento delle 3^h50^m del 5 e ha complessivamente fornito 9 registrazioni tutte relative al Febbraio. Nella stessa notte un MO2 veniva tenuto in funzione al terzo piano dell'Hotel Excelsior ove è scattato tre volte.

La mattina del 5 sono stati portati altri accelerometri a Senigallia, Iesi, Osimo mentre il giorno dopo il rilevamento è stato integrato da altri strumenti (S.M.A.1) installati a cura del C.N.E.N. (Comitato Nazionale Energia Nucleare) che in questi casi collabora attivamente con l'Istituto.

Per la prima volta in Italia si è potuto disporre di oltre 100 accelerogrammi (dato che ogni registrazione è suddivisa in 3 componenti) della durata variabile tra 5 e 15 secondi. Onde non ritardare ulteriormente la pubblicazione dei dati che si sono ottenuti dalle registrazioni, non ci siamo in questa occasione soffermati su alcuni particolari che, pur di grande interesse, possono far parte di ulteriori considerazioni che ci proponiamo di riferire in altra sede.

L'analisi degli accelerogrammi è stata effettuata impiegando il digitalizzatore CALMA dell'Osservatorio Geofisico Sperimentale di Trieste; esso è dotato di un inseguitore di traccia da adoperare manualmente, e fornisce, come risultato di operazioni intermedie, le coppie di coordinate raggiunte dal cursore, con intervalli prefissabili per entrambi gli assi.

Naturalmente l'uscita è in unità arbitrarie, così come è arbitraria la posizione dell'origine delle coordinate, per cui si è dovuto fissare il fattore di scala per il tempo e quello per l'asse delle accelerazioni.

Per l'asse dei tempi si sono eseguiti i passaggi:

— determinazione della lunghezza corrispondente alla durata di un secondo sull'ingrandimento fotografico della registrazione, tramite gli impulsi impressi dal dispositivo marcatempo interno allo strumento,

— determinazione del valore in millimetri corrispondente ad una unità sull'asse x .

Per le accelerazioni si sono invece considerati:

— la sensibilità dello strumento, intesa come deviazione della traccia sulla pellicola per una accelerazione unitaria e per ciascuna componente,

— ingrandimento fotografico della positiva,

— il valore in millimetri corrispondente ad una unità sulla scala delle y .

Come origine dei tempi si è preso l'inizio di ciascuna registrazione, senza considerare se esso si riferiva alla prima o alla seconda fase. La linea ideale di riferimento rispetto a cui misurare le accelerazioni vere, è stata ottenuta, sempre dal calcolatore, con un metodo di interpolazione parabolica con i minimi quadrati. Questo metodo, oltre ad eliminare l'errore che si commette nel valutare il parallelismo tra l'asse x del digitalizzatore e la linea di fede della registrazione, corregge in parte la curvatura delle tracce introdotta dall'ingrandimento fotografico (v. Gruppo I).

Lo studio è stato condotto sulla base di concetti da noi esposti in una nota precedente; si è pervenuti alla accelerazione massima e alla potenza definita da

$$P = \int_0^{\infty} a^2(t) dt.$$

Una notevole parte del lavoro è stata dedicata alla determinazione degli spettri di risposta che, come è noto, sono di fondamentale importanza nel calcolo dei valori massimi delle forze e delle deformazioni a cui è soggetta una struttura durante un terremoto. Si ricorda che lo spettro di risposta della velocità è definito dalla:

Tabella 5 - QUADRO RIASSUNTIVO DELLE REGISTRAZIONI ACCELEROMETRICHE.

N.	Data	Ora (T.M.G.)	M	Strum.	a_{max} (cm/sec ²)			
					H_1	H_2	Z	$H \sqrt{2}$
1	25 I	20 ^b 25 ^m	4,2	MO2	37	29	23	47
2		23 22	4,0	"	47	68	34	82
3	26 I	10 50	3,9	"	26	46	32	51
4	4 II	02 42	4,4	"	117	124	76	171
5		09 19	4,4	"	121	93	56	152
6		17 20	4,4	"	56	60	44	82
7		18 18	4,0	"	90	64	40	109
8		19 03	3,9	"	56	59	29	82
9		19 30	3,5	"	17	14	8	22
10	5 II	01 27	4,1	"	184	175	78	255
11		02 14	3,4	"	43	48	21	64
12		03 50	3,6	"	87	81	36	119
24	"	"	"	AR240	46	26	15	51
13		05 06	3,9	MO2	83	86	81	120
25	"	"	"	AR240	86	70	78	111
14		05 30	(3,4)	MO2	22	30	23	37
26		07 08	4,2	AR240	38	31	27	49
27		12 33	3,6	"	7	9	6	11
28		13 47	3,3	"	13	29	27	30
29		15 15	4,2	"	93	86	81	127
30		22 40	3,6	"	10	10	11	14
15	6 II	01 34	4,2	MO2	207	117	69	230
31	"	"	"	AR240	68	51	47	84
16	8 II	12 19	3,9	MO2	108	135	51	172
32	"	"	"	AR240	75	66	83	100
33	14 III	23 23	3,7	MO2	86	88	75	123
34	4 IV	08 26	3,5	"	10	25	11	25
35	31 V	23 56	3,7	"	44	41	14	60
36	14 VI	18 56	4,7	"	407	333	209	523
37		21 01	4,2	"	392	222	125	434
38	15 VI	(05 29)	(3,1)	"	45	47	32	65
39	20 VI	(23 26)	(2,8)	"	12	15	11	19
40	21 VI	15 06	4,0	"	77	60	44	97
41	27 VI	02 46	3,4	"	39	44	21	59

MO2 (Genio Civile Ancona) $H_1 = N-S$, $H_2 = E-W$, Z

AR240 (Vigili del Fuoco Ancona) $H_1 = N60E$, $H_2 = S30E$, Z

al variare del periodo proprio T della struttura e per diversi valori dello smorzamento.

Per ogni spettro elaborato si è anche determinata la relativa intensità data da

$$SI_h = \int_{0,1}^{2,5} S_v(h, T) dT$$

P (cm ² /sec ²)				SI ₀ (cm)				I ₀	H	H _t
H ₁	H ₂	Z	H	H ₁	H ₂	Z	H			
328	218	232	273	4,8	4,0	3,4	4,4	VII ½	41	16
696	961	364	828	9,2	8,8	5,1	9,0	VII	76	27
112	195	132	153	2,9	3,2	2,1	3,0	VII	46	7
4998	7135	3428	6066	19,6	25,2	13,9	22,4	VIII +	129	59
1523	2102	879	1812	12,3	12,6	7,3	12,4	VIII +	121	44
1138	1222	623	1180	10,7	10,4	5,8	10,5	VII ±	62	39
1330	1040	505	1185	14,3	11,9	5,7	13,1	VII	92	38
588	532	264	560	8,9	6,8	4,2	7,8	VII	80	25
32	25	20	28	1,9	2,1	1,9	2,0	VI	17	6
6166	4869	1750	5517	37,8	25,0	13,7	31,4	VIII	208	85
206	303	110	253	4,6	4,2	3,1	4,4	VI	48	13
732	1137	309	934	12,6	8,6	4,3	10,6	VI	88	28
175	135	50	155	4,1	3,8	1,6	3,9	"	43	12
1713	1130	1171	1421	18,7	12,1	9,0	15,4	VII	98	43
467	584	575	525	7,6	9,1	8,7	8,5	"	86	37
77	109	61	93	1,7	2,5	2,0	2,1	V	32	6
236	263	127	249	5,8	3,8	2,6	4,8	VII ½	43	16
20	19	11	19	2,2	1,9	1,4	2,1	V +	9	4
21	53	28	37	1,7	2,0	3,4	1,9	V +	30	6
1117	1412	610	1264	18,3	12,6	8,9	15,4	VII ½	111	47
26	28	21	27	2,3	2,7	2,8	2,5	V ½	10	6
3350	2987	1279	3168	21,3	16,0	9,9	18,6	VII ½	207	44
839	497	278	667	12,3	6,9	4,6	9,6	"	71	39
1413	2193	663	1803	14,0	16,6	5,7	15,3	VI ½	136	34
680	528	450	604	11,0	8,6	9,0	9,8	"	91	33
1345	1100	711	1222	12,4	9,6	8,4	11,0	VI ½	96	39
19	38	21	28	1,8	3,2	2,4	2,5	V ±	25	5
148	153	51	150	4,0	3,6	1,9	3,8	VI +	44	13
41504	35089	10011	38296	82,1	55,4	24,7	68,7	VIII ½	419	227
16057	7643	2450	11850	42,6	25,8	12,5	34,2	VII	415	158
186	209	83	197	3,2	3,8	2,4	3,5	IV	55	8
24	28	16	26	1,6	2,4	1,9	2,0	III ½	15	4
778	621	391	996	8,2	5,4	5,2	6,8	VI +	77	20
159	227	83	193	3,9	4,2	3,8	4,1	V	52	13

In tabella 5 sono riportati oltre ai valori di A_{max} , P ed SI_0 per ogni componente, anche l'accelerazione massima ($\sqrt{a_x^2 + a_y^2}_{max}$) dell'intera componente orizzontale.

Per quattro scosse si è avuta la registrazione contemporanea da parte dell'MO2 (Genio Civile) e dell'AR240 (Vigili del Fuoco); le differenze riscontrabili tra i due gruppi di accelerogrammi non possono attribuirsi ad una diversa distanza dell'epicentro (si tratta di poche

centinaia di metri), ma proviene dalla diversa natura litologica delle due postazioni.

Un'altra causa di tali differenze è a nostro giudizio la seguente: recenti studi eseguiti sulla propagazione delle onde destinate da terremoti di origine locale e da esplosioni nucleari sotterranee, hanno mostrato che, specie in regioni intensamente fratturate e tettonizzate, l'energia viene trasmessa in modo diverso nelle varie direzioni. Si riscontrano fenomeni di diffrazione, di riflessione totale, di canalizzazione che fanno sì che la magnitudo desunta in due o più stazioni anche prossime tra loro assuma valori molto diversi. Tale diversità non proviene solo dal così detto coefficiente di stazione, dipendente principalmente dalla natura litologica del sito, ma anche dall'azimut dell'epicentro rispetto ad ogni stazione e quindi dalla direzione di provenienza.

Riteniamo che tutto ciò sia anche avvenuto nel nostro caso, data la molteplicità degli ipocentri relativi al periodo sismico dell'Anconitano.

2. - SPETTRI DI RISPOSTA E ANALISI ARMONICA.

Gli spettri di risposta della velocità delle 23 scosse più intense registrate dagli « strong-motion » sono riportati nel Gruppo II. I tre diagrammi si riferiscono rispettivamente agli spettri calcolati per $h = 0$; $h = 0,1$; $h = 0,2$. Per semplificare il lavoro del « Plotter » sui grafici non sono indicate le scale, per cui ricordiamo che in ascisse si ha il periodo T da 0 a 2,5 sec, in ordinate S_v in unità pari a 4 cm/sec.

Si è quindi passati alla determinazione degli spettri medi di velocità, normalizzando anzitutto i vari spettri, in modo che ciascuno contribuisse alla media con lo stesso peso, secondo la formula:

$$\bar{S}_v(h, T) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{vi}(h, T) \frac{\bar{S}I_h}{S_{I_{hi}}}$$

Dallo spettro medio di velocità si ottiene quello di accelerazione dalla:

$$S_a = \frac{2\pi}{T} S_v$$

Si deve notare che i valori caratterizzati dai periodi più piccoli sono poco indicativi perché l'intervallo di campionatura adottato per la digitalizzazione non è trascurabile rispetto ai periodi stessi. Come

punto fisso si ricordi che il valore dello spettro di accelerazione di un terremoto, per $T = 0$ è per definizione uguale alla massima accelerazione del terreno durante l'evento sismico.

Gli spettri medi di velocità e di accelerazione riportati nelle tavole sono divisi per componenti orizzontali e verticali; per l'accelerazione la scala delle ordinate va da 0 a 800 cm/sec². Sono state anche considerate separatamente le medie degli spettri ottenuti al Genio Civile da quelle relative alle registrazioni presso la Caserma dei Vigili del Fuoco.

Abbiamo analizzato le frequenze per le quali si sono avute le massime accelerazioni del suolo, decomponendo quindi l'accelerogramma in armoniche secondo lo sviluppo in serie di Fourier. L'ampiezza di ogni singola armonica è data da

$$C_n = \sqrt{A_n^2 + B_n^2}$$

ove:

$$A_n = \frac{2}{T} \int_0^T a(t) \cos \left(n \cdot \frac{2\pi}{T} t \right) dt$$

$$B_n = \frac{2}{T} \int_0^T a(t) \sin \left(n \cdot \frac{2\pi}{T} t \right) dt.$$

L'attendibilità del metodo e del programma proposto all'elaboratore è stata verificata ricostruendo l'accelerogramma originario a partire dalle sue armoniche secondo la

$$a(t) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos \left(n \cdot \frac{2\pi}{T} t \right) + B_n \sin \left(n \cdot \frac{2\pi}{T} t \right).$$

Si è notato che in corrispondenza dei « picchi » di maggiore ampiezza si hanno le differenze più significative come conseguenza del fatto che si è trascurato l'intero gruppo di armoniche a partire da una frequenza superiore ai 24 Hz. Riportiamo gli esempi più notevoli nei diagrammi del Gruppo III; le frequenze (Hz) sono in ascisse, le accelerazioni (cm/sec²) sull'asse delle ordinate.

Si nota facilmente che i massimi valori dell'ampiezza sono compresi tra 4 e 8 Hz, mentre per frequenze minori (che sono poi le più interessanti per l'edilizia urbana) si riscontrano valori inferiori.

Abbiamo eseguito l'analisi armonica degli accelerogrammi registrati al terzo piano di un edificio in cemento armato di sei piani; le componenti A_1 e B_1 si riferiscono ai primi 5 secondi di registrazione, quelle contrassegnate con A_2 e B_2 ai successivi 5 secondi. Soprattutto in queste ultime sono riconoscibili due « picchi » caratteristici in corrispondenza di 2,7 Hz e di 5,4 Hz dovute alle oscillazioni libere dell'edificio sovrapposte all'andamento generale del terremoto; la seconda armonica è stata posta in evidenza dal fatto che lo strumento era installato in prossimità di un ventre di oscillazione.

3. - RELAZIONE TRA INTENSITÀ E ACCELERAZIONE MASSIMA.

Molti sono i tentativi per correlare intensità ed accelerazione nonché le polemiche nate a riguardo, basate principalmente sul fatto che abbia poco senso parlare di una accelerazione senza tener conto del periodo e dell'ampiezza che la caratterizzano.

Da parte nostra riteniamo che molte obiezioni possono superarsi se ci si riferisce alle sole accelerazioni destinate da eventi sismici (quindi ad esempio non da esplosioni), e se l'esame è condotto per una regione di caratteristiche geologiche e tettoniche poco dissimili da zona a zona.

Nessuno ignora che una risoluzione realistica del problema dell'edilizia in zona sismica va affrontata solo a partire dalle registrazioni degli « strong-motion », ma finché tale materiale non sarà disponibile su larga scala, ogni tentativo che consenta di pervenire ad una normativa che offra ragionevoli garanzie evitando oneri eccessivi risulterà sempre utile.

Abbiamo riportato in figura 11 le relazioni proposte da vari autori limitatamente all'Italia e alla California. La retta che riguarda la zona di Mignano Montelungo (valida tra il IV e il VII della Mercalli-Sieberg), è stata ottenuta eliminando la magnitudo tra le due relazioni da noi ricavate in quella occasione:

$$\log a = 1,07 M - 2,345$$

$$M = 0,467 I_0 + 0,800.$$

Si ottiene

$$\log a = \frac{I_0}{2} - 1,49.$$

La curva 5 è il risultato di una nostra indagine eseguita su 276 terremoti Californiani, i cui dati di intensità e accelerazione sono stati

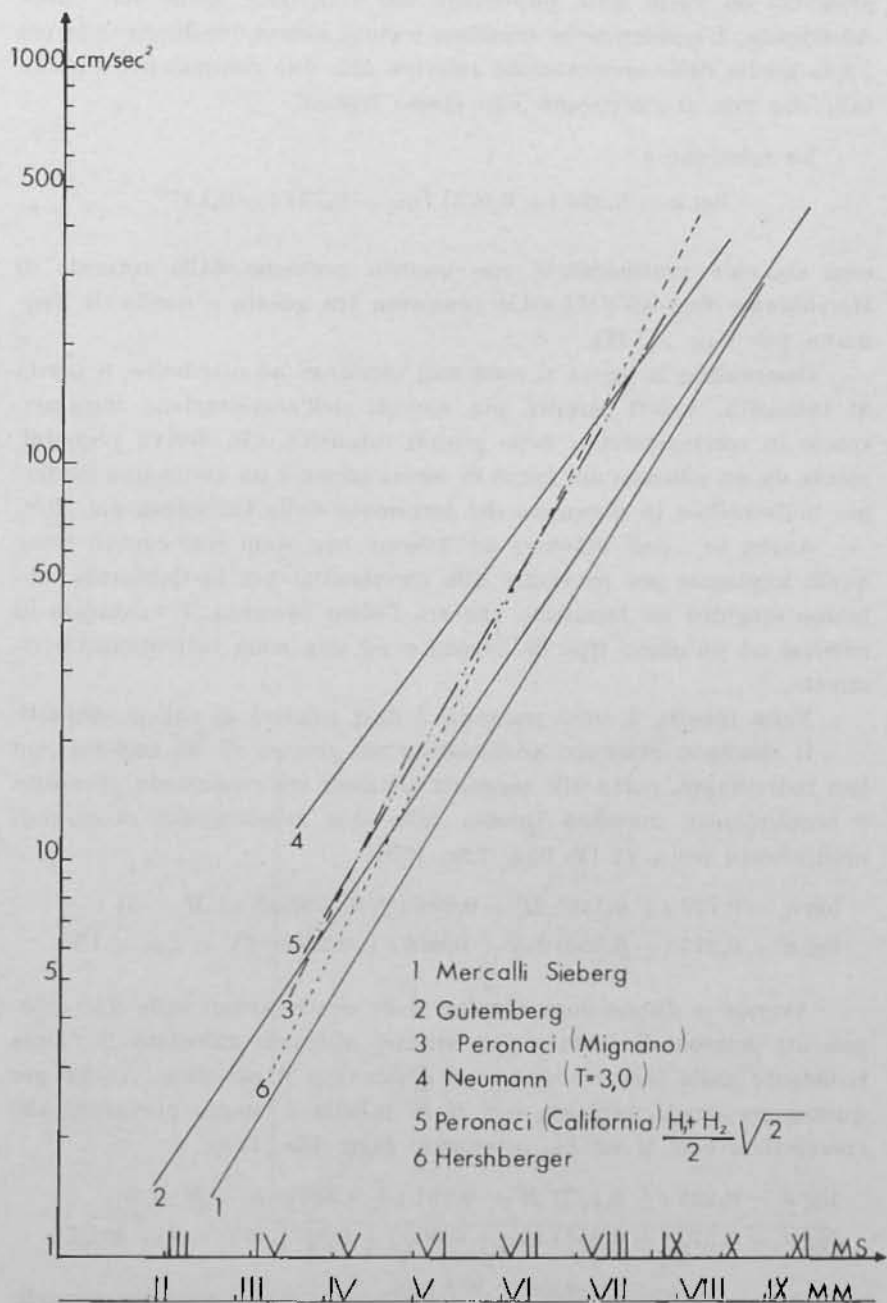


Fig. 11

prelevati da varie note pubblicate dal Bollettino della Soc. Sism. Americana. L'accelerazione massima è stata assunta moltiplicando per $\sqrt{2}$ la media delle accelerazioni relative alle due componenti orizzontali, che non si riferiscono allo stesso istante.

La relazione è

$$\log a = 0,394 (\pm 0,023) I_{MM} - 0,734 (\pm 0,127)$$

essa coincide praticamente con quanto proviene dalla formula di Hershberger fino all'VIII ed è compresa tra questa e quella di Neumann per $I_{MM} > VIII$.

Osservando la figura si nota una tendenza ad attribuire, a parità di intensità, valori sempre più elevati dell'accelerazione massima, specie in corrispondenza delle grandi intensità. Ciò deriva probabilmente da un affinarsi dei mezzi di osservazione e ha avuto una conferma indiscutibile in occasione del terremoto della California del 1971.

Anche se i dati ottenuti ad Ancona non sono così copiosi come quelli impiegati per pervenire alle correlazioni per la California, abbiamo eseguito un tentativo che tra l'altro presenta il vantaggio di riferirsi ad un'unico tipo di evento e ad una zona estremamente ristretta.

Nella tabella 5 sono riassunti i dati relativi ai calcoli eseguiti.

Il risultato ottenuto analizzando un gruppo di 32 registrazioni ben individuate, porta alle seguenti relazioni tra magnitudo, intensità e accelerazione massima (media delle due accelerazioni orizzontali moltiplicata per $\sqrt{2}$) [v. figg. 12a, 12b]:

$$\log a = 0,728 (\pm 0,146) M - 0,934 (\pm 0,573), (3 < M < 5)$$

$$\log a = 0,275 (\pm 0,050) I_{MS} + 0,068 (\pm 0,340), (IV < I_{MS} < IX).$$

Avendo a disposizione i valori delle accelerazioni sulle due componenti orizzontali istante per istante, abbiamo calcolato il valore risultante dalla loro composizione e ricavato il massimo. Anche per questa grandezza, indicata con H in tabella 5, siamo pervenuti alle correlazioni con M ed I_{MS} ottenendo (figg. 12c, 12d):

$$\log a = 0,722 (\pm 0,149) M - 0,991 (\pm 0,582), (3 < M < 5)$$

$$\log a = 0,272 (\pm 0,051) I_{MS} + 0,008 (\pm 0,347), (IV < I_{MS} < IX).$$

Come si nota, le rette così ottenute sono quasi parallele a quelle del caso precedente, ma le accelerazioni risultanti sono inferiori di

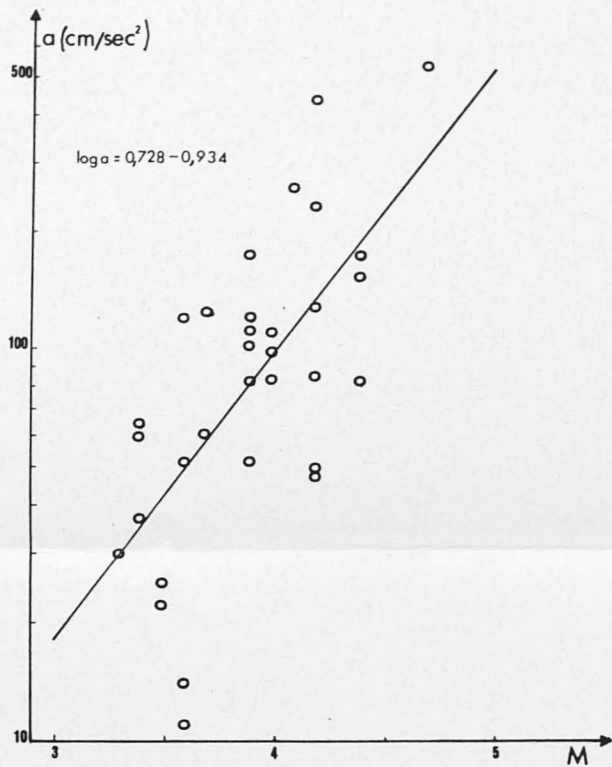


Fig. 12a - Relazione tra magnitudo ed accelerazione $\max \frac{H_1 + H_2}{\sqrt{2}}$.

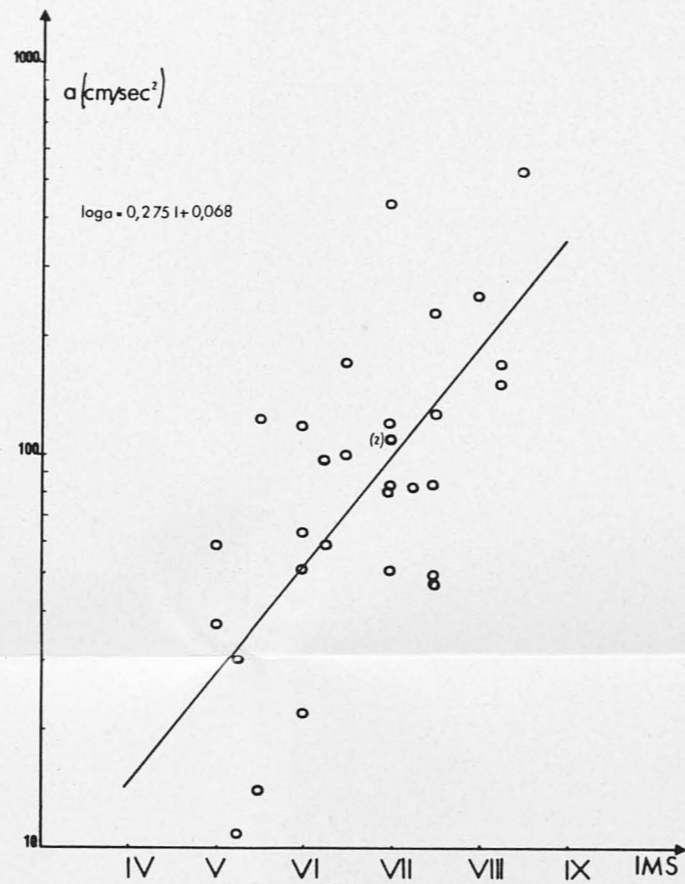


Fig. 12b - Relazione tra intensità (I_{MS}) ed accelerazione $\max \frac{H_1 + H_2}{\sqrt{2}}$.

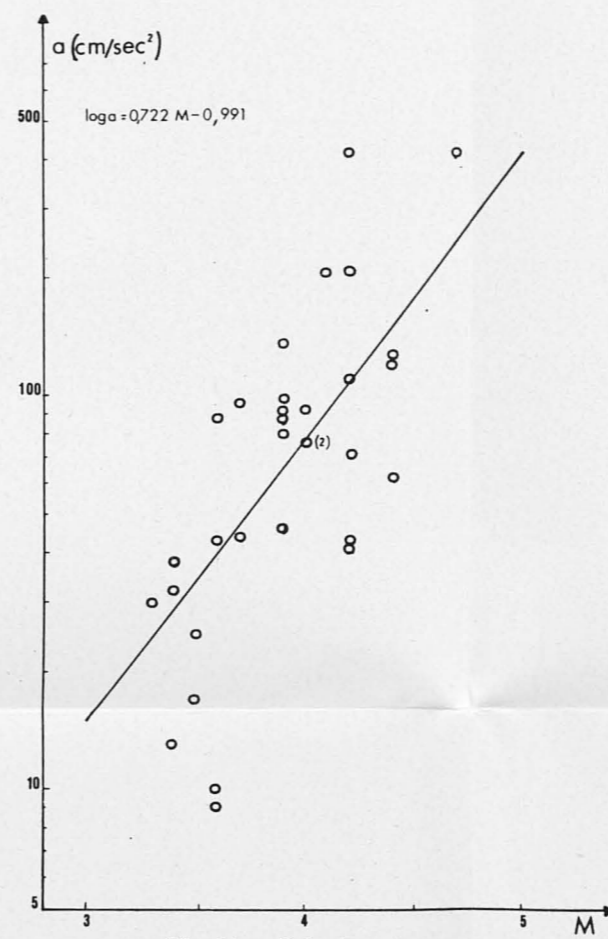


Fig. 12c - Relazione tra magnitudo ed accelerazione max (H).

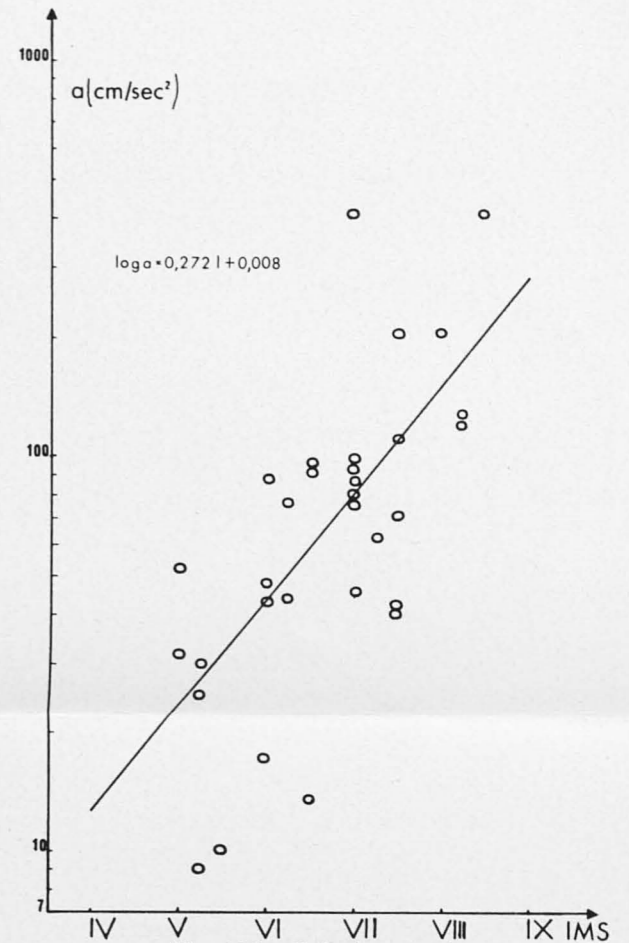


Fig. 12d - Relazione tra intensità (I_{MS}) ed accelerazione max (H).

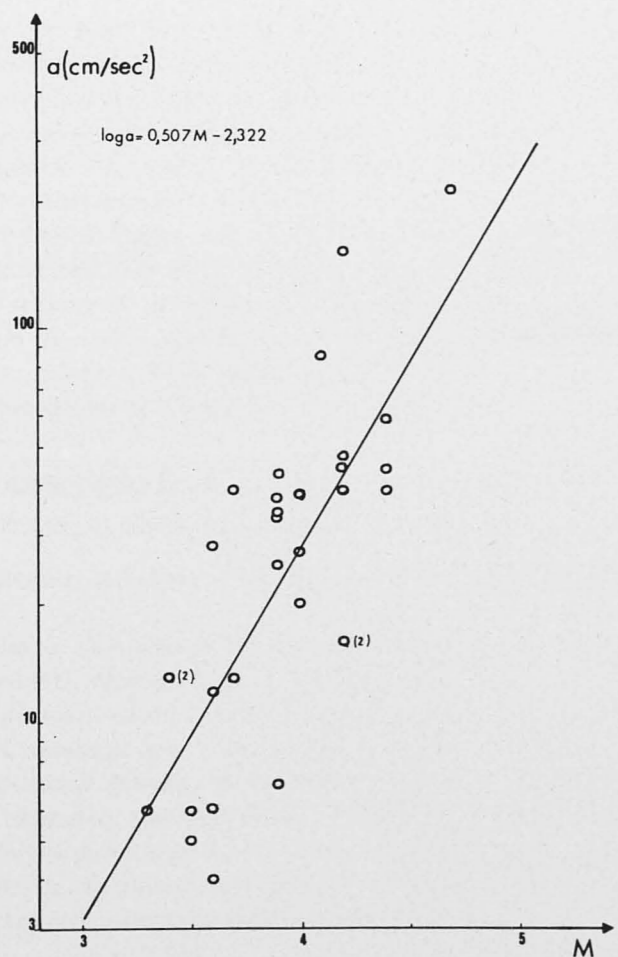


Fig. 12e - Relazione tra magnitudo ed accelerazione (H_f).

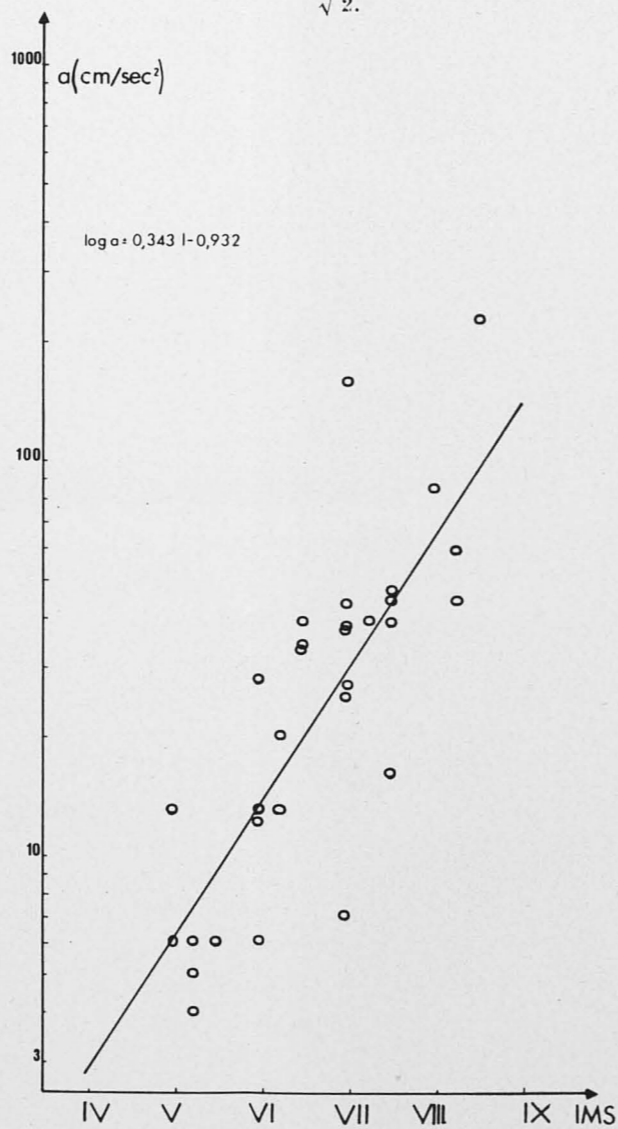


Fig. 12f - Relazione tra intensità (I_{MS}) ed accelerazione H_f .

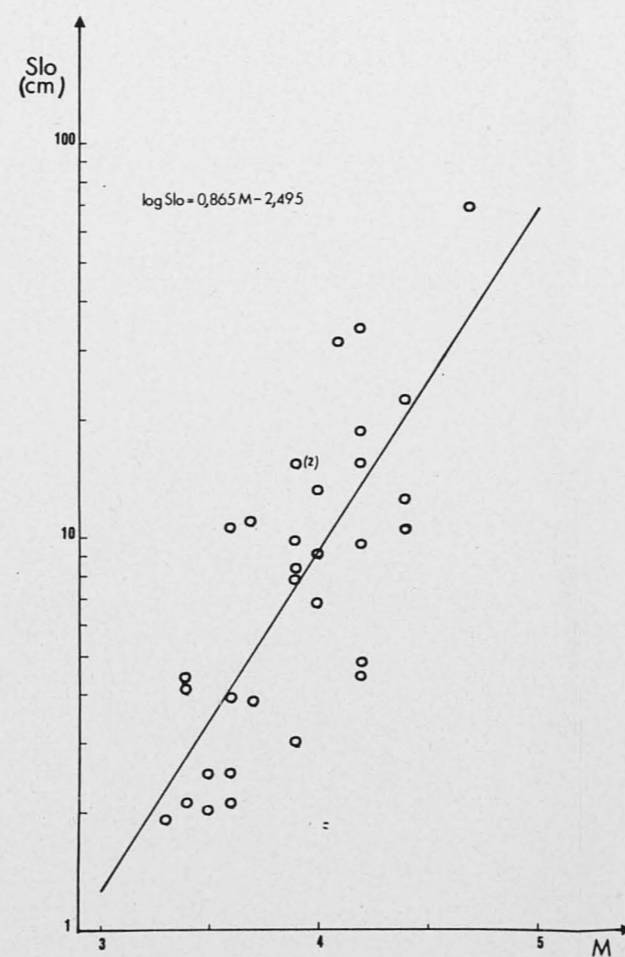


Fig. 12g - Relazione tra magnitudo ed intensità spettrale.

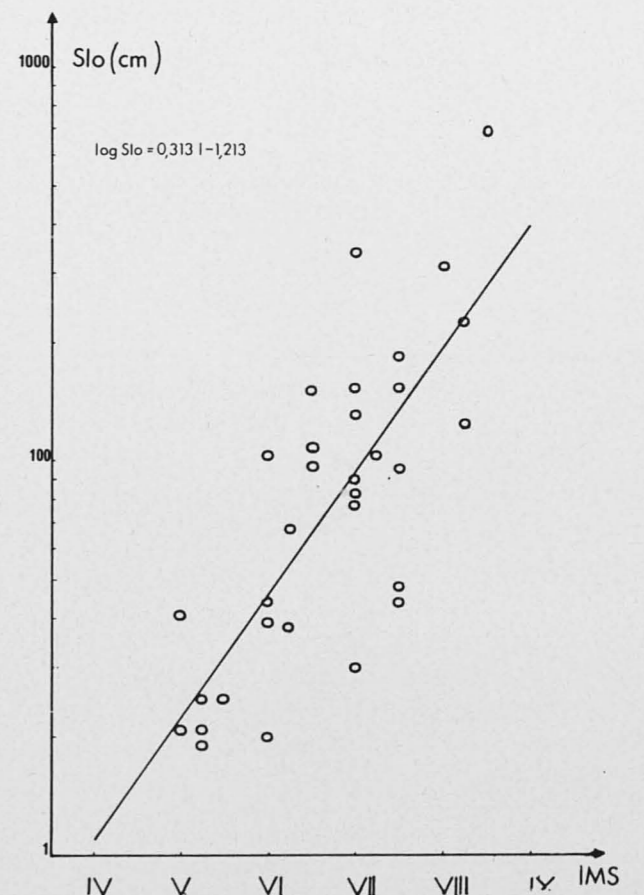


Fig. 12h - Relazione tra intensità (I_{MS}) ed intensità spettrale.

circa il 20%. Evidentemente il criterio di correlare con l'intensità l'accelerazione desunta da $\frac{H_1 + H_r}{\sqrt{2}}$ deve considerarsi un limite che ci cautele anche dalla dispersione.

4. - DISCUSSIONE E CONFRONTO CON I DATI DELLA CALIFORNIA.

In fig. 13 sono tracciate le curve che correlano l'intensità (in Mercalli-Sieberg) con l'accelerazione. Si osserva che per Ancona i valori dell'accelerazione massima (curva 1-2) sono più elevati di quelli ottenuti da noi per la California (curva 3) quando non si tenga conto della frequenza. Tali valori risultano anche superiori a quelli consigliati da Neumann per $T = 0,3$ sec (curva 5).

Questi fatti ci hanno spinto a prendere in considerazione i valori delle accelerazioni ottenuti ricomponendo gli accelerogrammi a partire dalle sole armoniche di frequenza inferiore a 5 Hz; tali valori sono indicati con H_f nella tabella 5 e ovviamente sono inferiori a quelli riportati in colonna H in quanto i picchi di accelerazione ottenuti dagli accelerogrammi hanno un forte contenuto di alte frequenze. Eseguite le solite correlazioni si è pervenuti alle (figg. 12e, 12f):

$$\log a = 0,943 (\pm 0,142) M - 2,322 (\pm 0,557), (3 < M < 5)$$

$$\log a = 0,343 (\pm 0,050) I_{MS} - 0,932 (\pm 0,341), (IV < I_{MS} < IX).$$

La seconda relazione è anche contenuta nella fig. 13.

Riteniamo che queste ultime correlazioni siano più realistiche delle precedenti, almeno se ci si riferisce all'edilizia in zona sismica, giustificando largamente l'indice di danneggiamento subito dalla città di Ancona, modesto per i fabbricati di nuova costruzione.

L'oscillazione propria di un edificio moderno (di altezza non inferiore ai 12 metri) non può essere eccitata da vibrazioni superiori ai 5 Hz, e d'altra parte i picchi di accelerazione di frequenza più elevata, sono caratterizzati, almeno per Ancona, da poche onde per cui l'energia da essi trasmessa alle strutture è modesta.

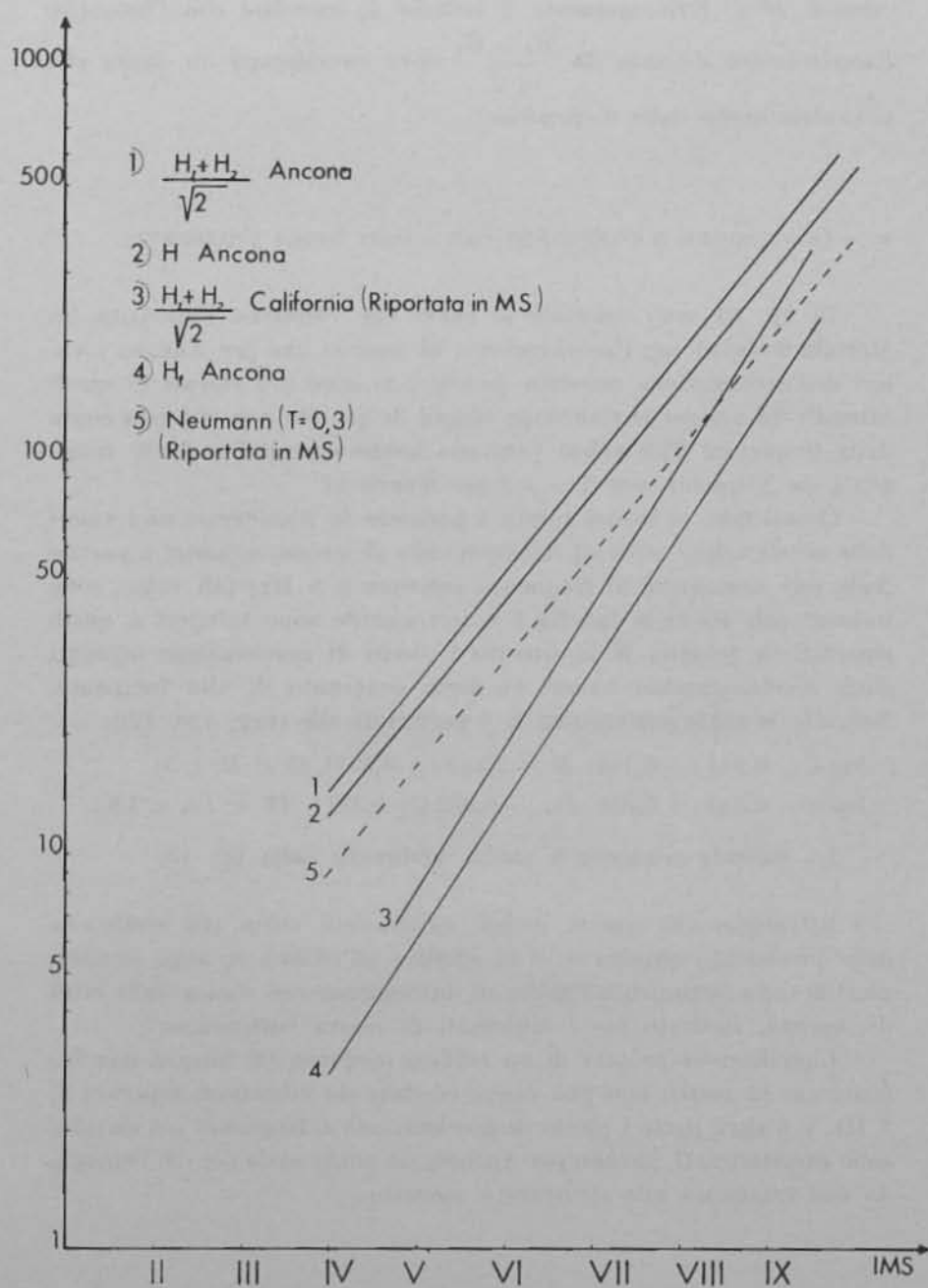


Fig. 13

5. - INTENSITÀ SPETTRALE.

Alcuni autori considerano l'intensità spettrale SI_0 una grandezza valida a caratterizzare l'intensità degli effetti provocati da un sisma, sostituendo quindi, alla scala Mercalli un dato ricavato obiettivamente.

Le registrazioni raccolte ad Ancona ci hanno permesso di ricavare, sempre col metodo dei minimi quadrati, le seguenti relazioni, naturalmente valide solo per la zona indicata (fig. 12g, 12h).

$$\log SI_0 = 0,865 (\pm 0,133) M - 2,495 (\pm 0,521), (3 < M < 5)$$

$$\log SI_0 = 0,313 (\pm 0,047) I_{MS} - 1,213 (\pm 0,321), (IV < I_{MS} < IX).$$

Riteniamo che tale tentativo, specie se potrà essere esteso ad altre zone del territorio nazionale, sarà di notevole utilità in quanto consentirà di pervenire agli spettri massimi di risposta, impiegando le informazioni contenute nei cataloghi sismici.

RINGRAZIAMENTI.

Gli Autori ringraziano a nome dell'Istituto Nazionale di Geofisica e loro personale, quegli Enti che con la loro attiva collaborazione hanno facilitato il loro lavoro.

In particolare i Ministeri dell'Interno e dei Lavori Pubblici, le Autorità degli Organi Regionale, Provinciale e del Comune di Ancona, il C.N.E.N., l'Osservatorio Geofisico Sperimentale di Trieste.

L'esperienza di Ancona ha mostrato, ancora una volta, che la collaborazione è uno dei presupposti fondamentali di un'indagine geofisica.

BIBLIOGRAFIA

- (¹) BARATTA M., 1901. - *I terremoti d'Italia*. Torino.
- (²) CALOI P., 1942. - *Attività Sismica in Italia nel decennio 1930-1939*. « Le Monnier », Firenze.
- (³) CALOI P., PERONACI F., 1959. - *Il Terremoto del Turkestan del 2 Novembre 1946*. « Annali di Geofisica », XII.
- (⁴) CALOI P., 1956. - *I terremoti della Val Padana*. « Annali di Geofisica », IX.
- (⁵) CONSOLE R., PERONACI F., SONAGLIA A., 1971. - *Fenomeni sismici a Mignano Montelungo*. « Annali di Geofisica », XXIV.
- (⁶) CONSOLE R., PERONACI F., 1971. - *Studio degli accelerogrammi...* « Annali di Geofisica », XXIV.
- (⁷) DE PANFILIS M., 1959. - *Attività sismica in Italia dal 1953 al 1957*. « Annali di Geofisica », XII.
- (⁸) GUTENBERG B., RICHTER C. F., 1956. - *Earthquake magnitude, intensity, energy and accelerations*. « B.S.S.A. », 46.
- (⁹) HERSHBERGER J., 1956. - *A comparison of earthquake acceleration with intensity ratings*. « B.S.S.A. », 46.
- (¹⁰) HOUSUER G. W., 1953. - *Spectrum analysis of strong-motion earthquake*. « B.S.S.A. », 43.
- (¹¹) IACCARINO E., *Attività sismica in Italia dal 1893 al 1965*. C.N.E.N.
- (¹²) IACCARINO E., *Pubblicazione del C.N.E.N.*
- (¹³) MARCELLI L., MONTECCHI A., 1962. - *Contributi per uno studio sulla sismicità d'Italia*. « Annali di Geofisica », XV.
- (¹⁴) PIERI M., 1966. - *Tentativo di ricostruzione paleogeografico-strutturale*. « Geologia Romana », V.

Alcune considerazioni sul comportamento degli edifici della città di Ancona

Ing. A. CIPOLLINI (*)

1. - A seguito del periodo sismico che ha interessato la città di Ancona e l'entroterra, una squadra di tecnici del Ministero dei Lavori Pubblici ha proceduto alla verifica dello stato delle costruzioni in due quartieri della città risultati più colpiti.

I due quartieri di caratteristiche completamente diverse, sono costituiti l'uno di edifici in cemento armato di recente costruzione e tutti eseguiti da Enti pubblici, l'altro di costruzioni in muratura non eccessivamente vecchie e comunque, nella quasi totalità, realizzate intorno al 1930.

Le osservazioni che seguono scaturiscono da un esame che, pur esteso ad un numero considerevole di costruzioni, ha avuto sempre un carattere macroscopico senza una indagine approfondita dei singoli fabbricati. Questo in specie per quanto riguarda quelli in muratura in quanto, oltre a non aver potuto indagare sullo stato delle fondazioni e quindi sugli eventuali dissesti a quel livello, molte volte non è stato possibile determinare i particolari costruttivi essenziali; ciò per la impossibilità di eseguire saggi che avrebbero determinato ulteriori danneggiamenti nei singoli appartamenti.

Per esempio la presenza, nella quasi totalità dei casi di una pesante controsoffittatura, ha impedito di appurare il tipo e lo stato di consistenza dei solai. Inoltre la maggiore parte dei fabbricati in

(*) Ministero dei Lavori Pubblici - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Reparto Sismico.

muratura ha avuto nel tempo rifacimenti, sovrapposizioni di strutture diverse ecc. che hanno alterato il tipo strutturale primitivo con conseguente impossibilità di determinare, sia pure con approssimazione, il comportamento del complesso strutturale sotto il sisma.

Nel primo dei quartieri visitati (edifici tutti in cemento armato) viceversa la verifica è risultata più agevole, sia per il tipo strutturale adottato sia per le soluzioni architettoniche piuttosto semplici e lineari.

2. - Dall'esame generale e particolare del quartiere costituito da edifici di recente costruzione e tutti con intelaiatura in cemento armato, salta subito in evidenza una prima osservazione e cioè: edifici in cemento armato, sia pur di non ottima fattura, hanno senz'altro la possibilità di assorbire scosse sismiche di notevole entità anche se ripetute per un lungo periodo quale è stato quello di Ancona.

Tutto ciò del resto è una conferma di quanto già si ebbe a costatare nella Valle del Belice nel disastroso terremoto del 1968.

In quella occasione si rilevò che i pochi edifici con intelaiatura in cemento armato, pur realizzati senza l'osservanza di alcuna normativa sismica (le località colpite non erano classificate sismiche agli effetti della legge) e molte volte senza l'osservanza delle fondamentali norme del buon costruire, anche se in alcuni casi presentavano dissesti di una certa entità, non avevano mai subito il collasso totale e di conseguenza non avevano mai determinato la morte degli occupanti.

L'aver poi applicato nel comune di Ancona le norme vigenti per le località sismiche di 2ª categoria ha ancor più limitato, se non escluso per gli edifici di più recente costruzioni, qualsiasi grave dissesto.

Nei casi dove viceversa i dissesti si sono verificati e di entità tale da dover, almeno in un primo tempo, determinare lo sgombero degli occupanti, sono emersi con chiara evidenza così gravi difetti di esecuzione da dover escludere come causa determinante il terremoto ma da imputare al sisma (se di imputazione si può parlare) solo il fatto di averli messi in evidenza.

Pur tuttavia anche con gravi carenze esecutive nessun fabbricato era da dichiararsi completamente dissestato e l'eventuale sgombero degli occupanti è stato determinato più dal timore di eventuali scosse successive di entità tale da causare più gravi conseguenze, che dal timore di un crollo causato dai danni già subiti.

Caso tipico, un fabbricato che presentava una grave lesione orizzontale in un pilastro d'angolo; lesione che aveva messo allo scoperto il ferro d'armatura e che aveva letteralmente tagliato il pilastro stesso.

Dall'esame della lesione è risultato come questa era in corrispondenza di una ripresa di getto mal eseguita e che non aveva ripristinato, come dovuto, la continuità nella struttura, continuità quindi affidata alla sola armatura.

Altro caso quello di un fabbricato i cui pilastri presentavano delle lesioni, che, sondate, rivelavano come essi fossero costituiti da un nucleo di calcestruzzo armato rivestito da una cortecchia di quattro cinque centimetri di calcestruzzo a grana molto fina.

Evidentemente l'oscillazione determinata dalle scosse sismiche non aveva fatto altro che produrre il distacco della crosta senza per altro compromettere la stabilità dell'edificio.

Un esempio che merita una particolare menzione è quello di un fabbricato che mentre nel suo insieme non presentava alcun dissesto, al piano terreno aveva alcuni pilastri lesionati. Da un esame accurato è risultato che i pilastri lesionati null'altro erano che degli esili pilastri posti in corrispondenza dell'estremità di un bow-window eccedente le misure consentite, e che a nulla altro servivano se non a mascherare il tipo di struttura, realizzata viceversa come struttura a sbalzo e che nessuna conseguenza aveva subito dal terremoto.

Purtroppo è da dire, a tale proposito, che questi inconvenienti riscontrati in Ancona, ma sicuramente riscontrabili in tutti i paesi italiani, non siano facilmente eliminabili qualsiasi sia la normativa imposta. Ciò perché non esiste direzione dei lavori sia pure la più attenta che sia così onnipotente da prevenire difetti di esecuzione.

Di esempi come quelli sopra descritti, credo sia possibile farne certamente molti e in occasione di ogni evento sismico. Occorre quindi, a prescindere da qualsiasi regolamentazione si voglia imporre, più o meno aderente alla realtà del fenomeno, mettere particolare cura nella progettazione e essenzialmente nella esecuzione anche se le riserve insite in una struttura in cemento armato sono tali da sopperire a quasi tutti gli errori umani.

Tutto ciò però finché si lasciano tali riserve, quando viceversa si spinge lo sfruttamento dei materiali oltre certi limiti occorre eliminare ogni possibile errore umano.

Altra nota di rilevante importanza scaturita dall'osservazione dei danni subiti dai nuovi fabbricati è che non sempre la semplice osservanza di una normativa sismica, per quanto severa essa sia, può salvaguardare da danni derivanti da eventi sismici.

Occorre suscitare nei progettisti una sensibilità che superi i regolamenti e li metta in condizioni di progettare ed eseguire una costru-

zione antisismica non solo nel suo complesso ma anche in quei particolari che molte volte trascurati, perché non statisticamente determinanti in periodo di quiete, in alcuni casi possono, in occasione di un terremoto, determinare da soli danni anche non trascurabili.

3. — Ben altre considerazioni sono sorte dalla visita degli edifici in muratura di vecchia costruzione e non realizzati in osservanza di alcuna normativa sismica.

Qui si è notato che, se si fossero seguite le regole dettate dalla vigente legge, anche se molte volte empiriche, molti dei dissesti riscontrati non si sarebbero verificati.

Caso tipico la mancanza totale o parziale di cordoli di piano in specie in corrispondenza dell'imposta del tetto in legno e buoni ammortamenti fra le murature.

Queste manchevolezze hanno determinato il distacco dei muri perimetrali tanto più accentuati tanto maggiore era l'altezza dell'edificio, la sua ubicazione, le sue caratteristiche costruttive ecc.

Notevoli danni, in questo tipo di costruzioni, sono avvenuti all'interno ove le pesanti controsoffittature in uso nella zona sono tutte distaccate, le scale in legno presentano pericolosi sfilamenti, le tramezzature sono in gran parte lesionate in corrispondenza degli architravi anch'essi in legno ecc.

In conclusione può dirsi che se da una visione generale dei fabbricati questi appaiono in condizioni abbastanza soddisfacenti, da una indagine più accurata, specie nello interno si mettono in evidenza danni molto più consistenti anche se non tali da compromettere la stabilità dell'edificio. Quanto sopra, si è premesso, da un esame che non si è potuto condurre con quella accuratezza che il tipo di struttura, i vari rifacimenti ed ampliamenti avrebbero richiesto. Si cita a proposito il caso di quell'edificio in muratura, privo di cordoli di piano e di coronamento, con tetto scale ed architravi in legno, il quale presentava su un lato, verso un cortile interno, un ampliamento (creato per ricavarne i servizi igienici) con struttura intelaiata in cemento armato. Tale differenza strutturale si è potuta rilevare per puro caso (il distacco di una parte dell'intonaco aveva messo a nudo la struttura) ma quante altre sono rimaste sconosciute?

4. — Una ben più grave ed importante considerazione è stata evidenziata dalla visita al vecchio quartiere: è purtroppo la considerazione comune ad ogni evento sismico.

Quanti danni sono dovuti all'intensità del sisma e quanti viceversa non sono imputabili allo stato di consistenza delle costruzioni esistenti nei vecchi centri della maggior parte dei paesi, specie se trattasi di piccoli centri?

Quante vite si sarebbero potute salvare in occasione di eventi sismici se tutte le costruzioni fossero state eseguite non diciamo in conformità di una qualsiasi normativa sismica, ma semplicemente con ossature in cemento armato?

In conclusione le vie da seguire per la riduzione del rischio sismico, sono due ed entrambe di eguale importanza.

Primo proseguire nello studio del fenomeno e dei suoi riflessi sulle costruzioni; secondo intervenire sui vecchi fabbricati dei comuni sismici in modo da metterli in grado il più possibile di resistere ad una scossa tellurica.

Per perseguire il primo fine molto si è fatto e molto si sta facendo.

In Italia si era, e in gran parte si è ancora, carenti di dati di rilevamento su terremoti locali e ciò non ha permesso alle varie normative, che si sono succedute da cento anni a questa parte, di basarsi su dati obiettivi.

Si è pertanto intesa la necessità di una rete accelerometrica che fornisca quei dati essenziali ad una corretta normativa aderente alla realtà del fenomeno.

Presso il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici è stato creato già da qualche anno un apposito reparto che sta curando l'installazione ed il funzionamento di una prima rete di circa cento stazioni accelerometriche. I primi risultati già sono stati acquisiti. Tutto il fenomeno sismico di Ancona è stato registrato dallo strumento esistente presso il locale Ufficio del Genio Civile e dagli altri installati dopo la prima scossa.

Altre registrazioni si sono avute a La Spezia, Valfabbrica, Mignano Montelungo.

Quindi l'acquisizione di dati strumentali per l'impostazione di una corretta e scientificamente esatta normativa sismica, è in via di soluzione. Resta la grave carenza delle vecchie costruzioni.

Alla mancanza di dati scientificamente esatti si è sempre sovrapposto il problema della estrema vetustà degli edifici dei centri sismici che ha sempre determinato, in occasione di ogni evento calamitoso, il crollo totale o quasi di interi paesi, falsando molte volte la valutazione del grado di intensità del terremoto, valutato non già su dati obiettivi e strumentali, bensì sugli effetti del sisma stesso.

Sembra opportuno a questo punto insistere nel mettere in luce la circostanza che tutti i terremoti di notevole intensità in Italia si sono sempre verificati in zone in cui tutti gli edifici o la gran maggioranza di essi, non sono stati costruiti con criteri antisismici ma addirittura, come nella Valle del Belice nella Sicilia occidentale, erano ben lontani, tranne rarissimi esempi, dal possedere quel minimo di requisiti che comunque dovrebbe presentare un edificio dalla cui stabilità dipende la vita degli uomini.

Si deve rilevare come componente comune a tutte le località terremotate: la scadente esecuzione delle murature dei fabbricati, legate con malte deboli, la presenza di tetti spingenti, la tecnica approssimativa dell'esecuzione delle fondazioni, la deficienza di adeguati collegamenti delle varie parti dei fabbricati nonché l'uso locale di materiali assolutamente inadatti per una costruzione antisismica.

5. — Ecco quindi sorgere il grande problema della ricerca delle soluzioni da adottarsi per il risanamento dei vecchi centri costituiti prevalentemente da edifici in muratura.

Da un punto di vista tecnico si è già alle premesse di un tale programma; è in elaborazione un metodo di osservazione delle costruzioni che fornisca un giudizio sulla loro stabilità in funzione del grado di sismicità prevedibile per la zona, si controllerà quindi la reale possibilità di un organico intervento che renda accettabile le condizioni di stabilità sotto la spinta sismica; e, in fine, si ricercheranno le modalità degli interventi necessari e i costi prevedibili.

Ove le conclusioni di tale indagine mettano in evidenza la possibilità di una soluzione del problema, spetterà agli organi politici valutare i tempi e i modi per risolverli.

Ministero dei Lavori Pubblici. Marzo 1973.

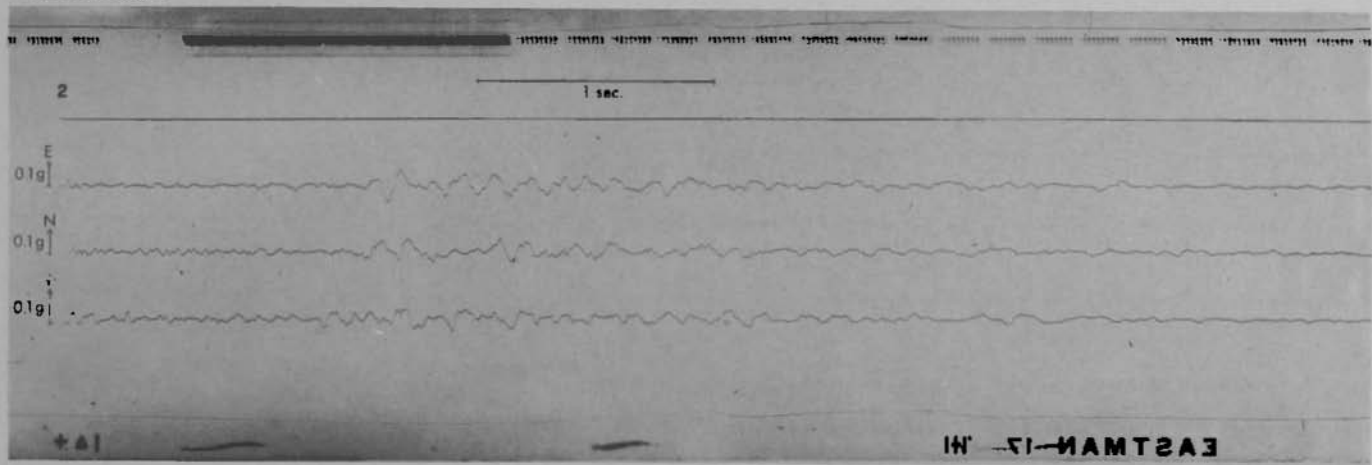
GRUPPO I

ANCONA

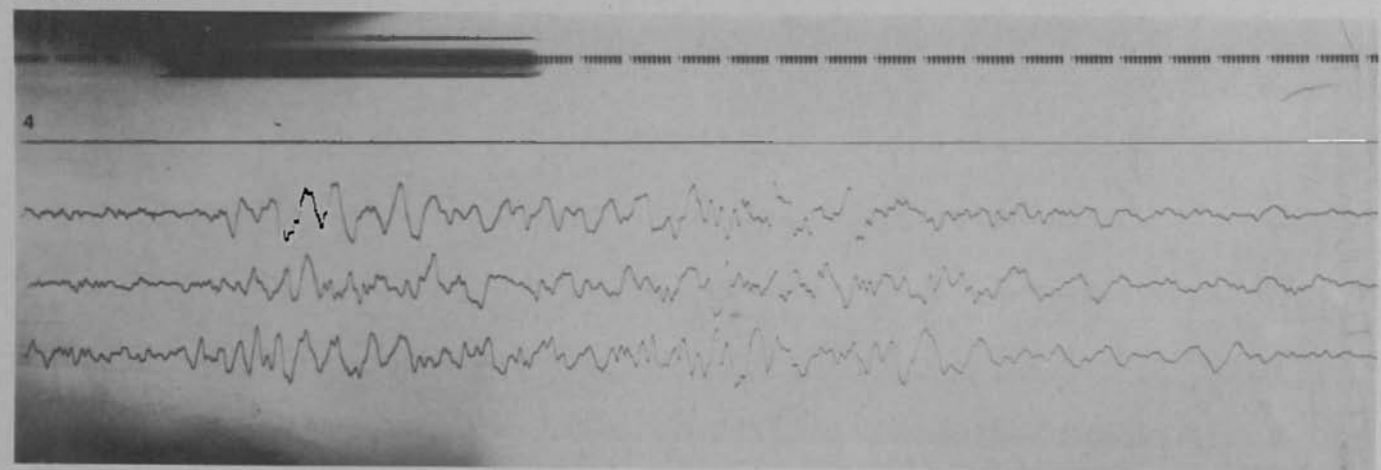
Accelerogrammi rappresentativi
del periodo sismico Gennaio-Giugno 1972

*(La numerazione si riferisce al quadro riassuntivo
delle registrazioni accelerometriche)*

26-1-72 00,22



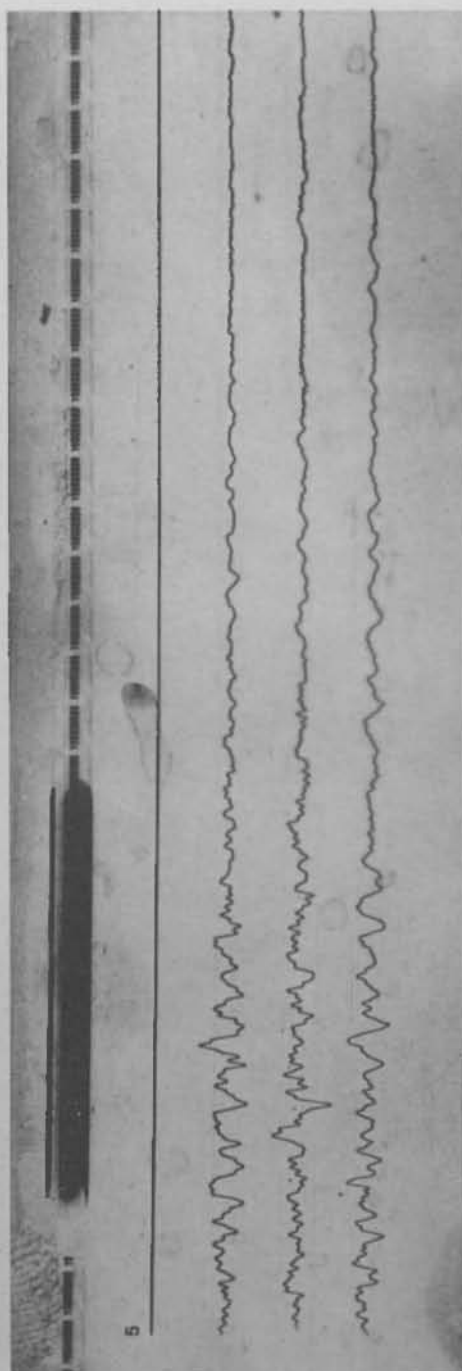
4-2-72 03.12



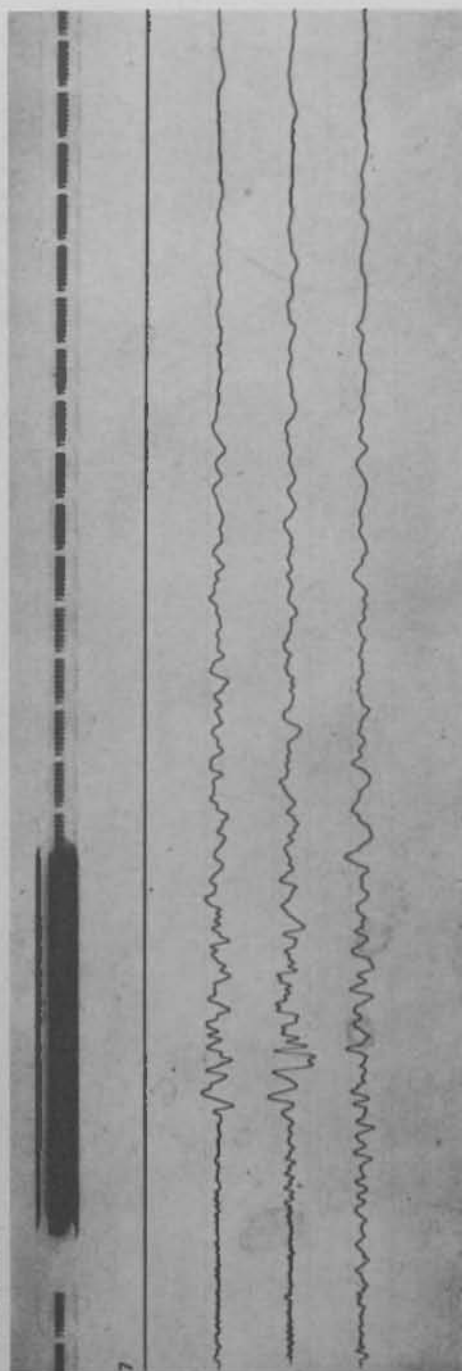
GRUPPO I

69

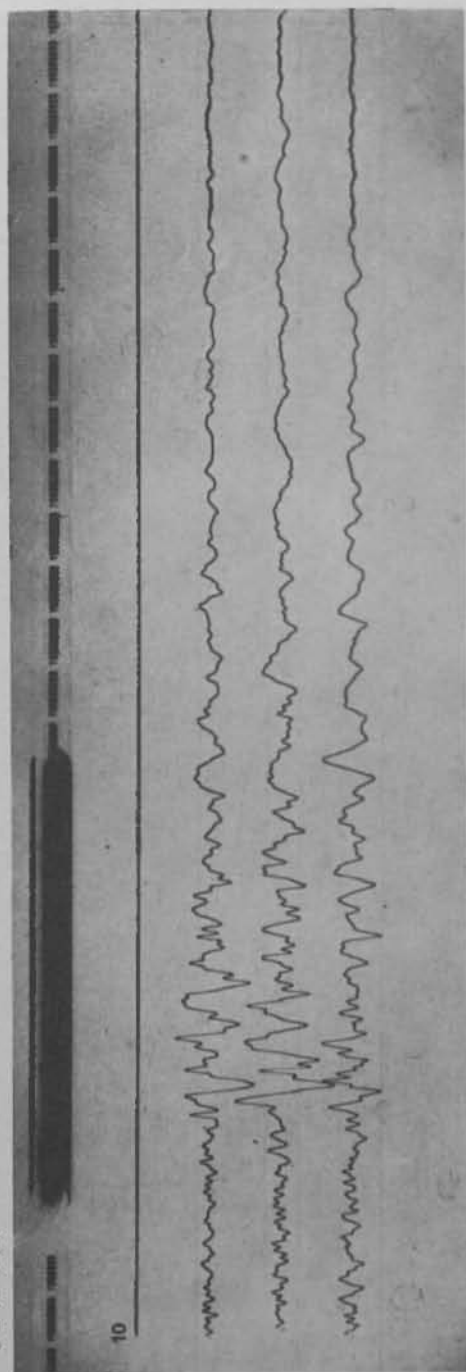
4-2-72 10,19



4-2-72 19,18



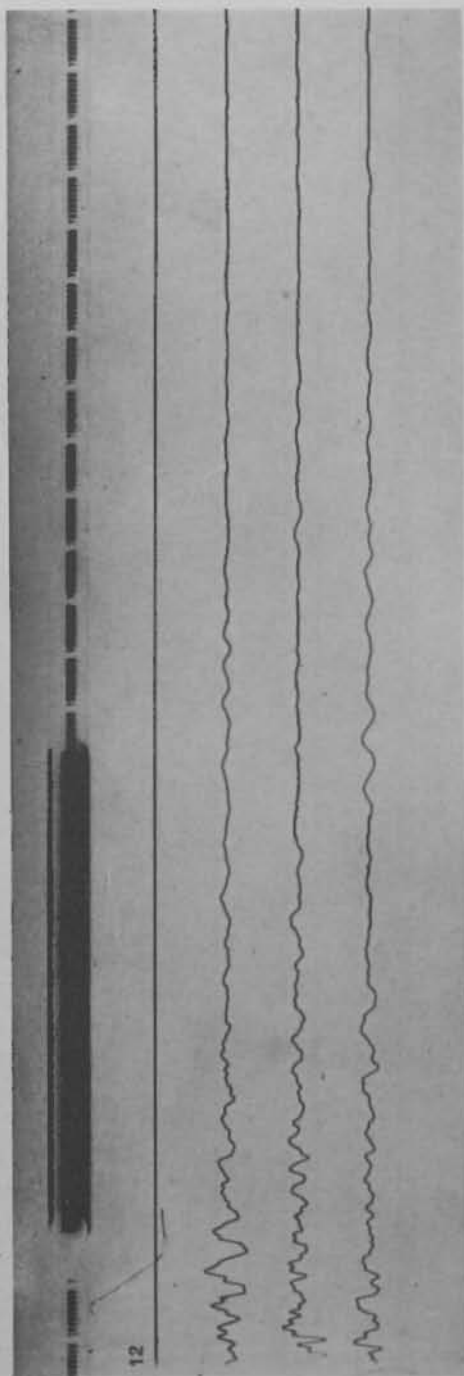
5-2-72 02.27



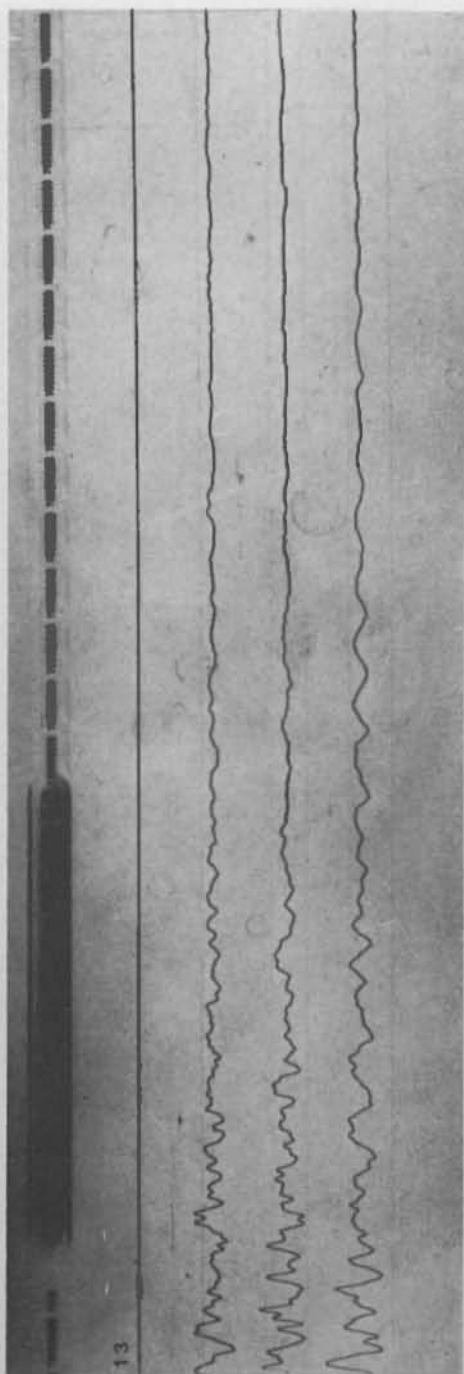
GRUPPO I

71

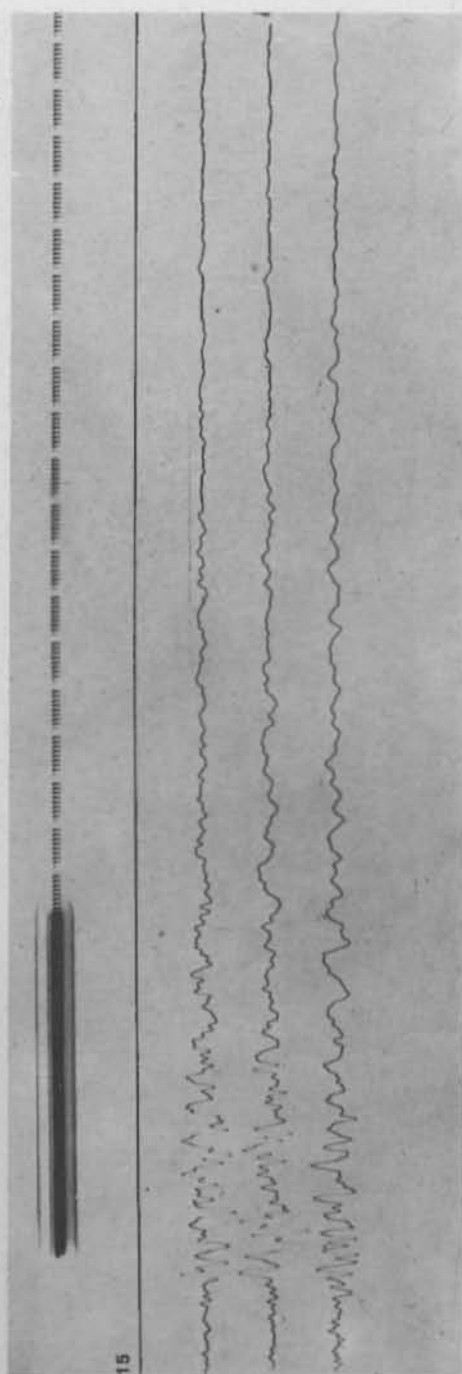
5-2-72 04.50



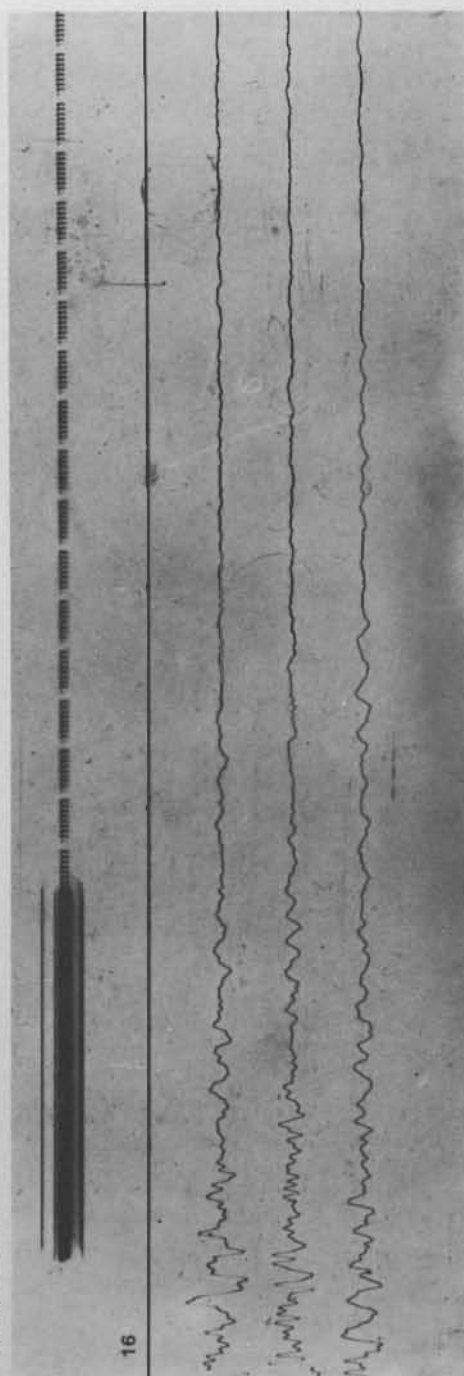
5-2-72 06,06



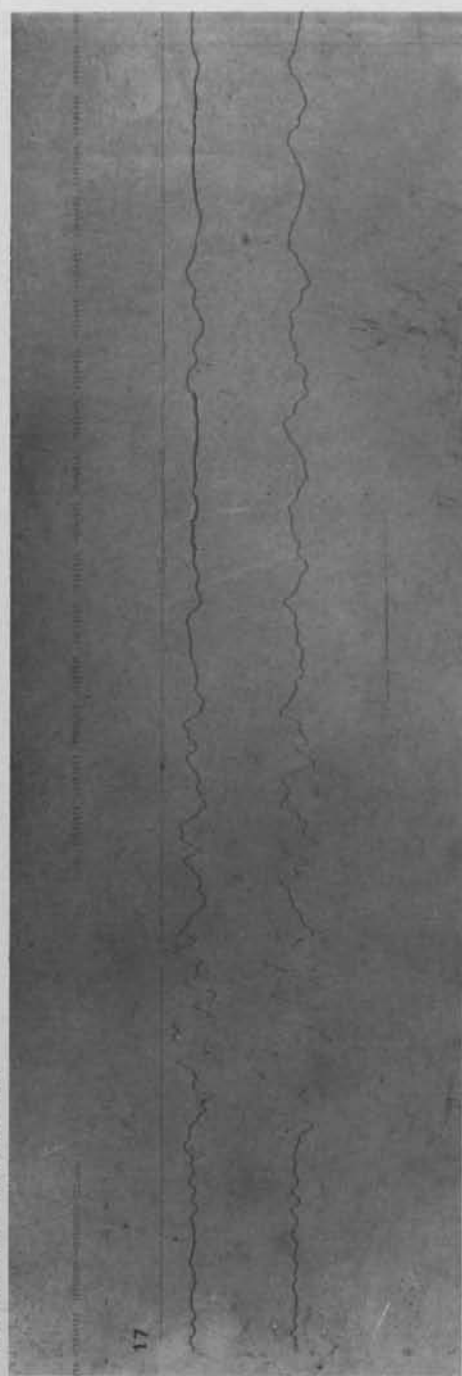
6-2-72 02,34



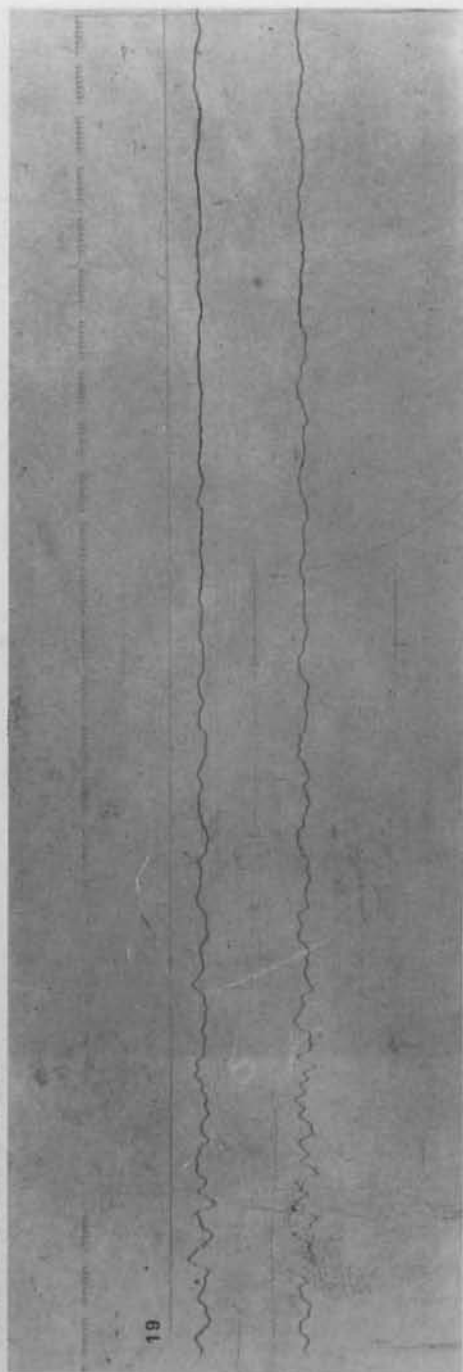
8-2-72 13,19



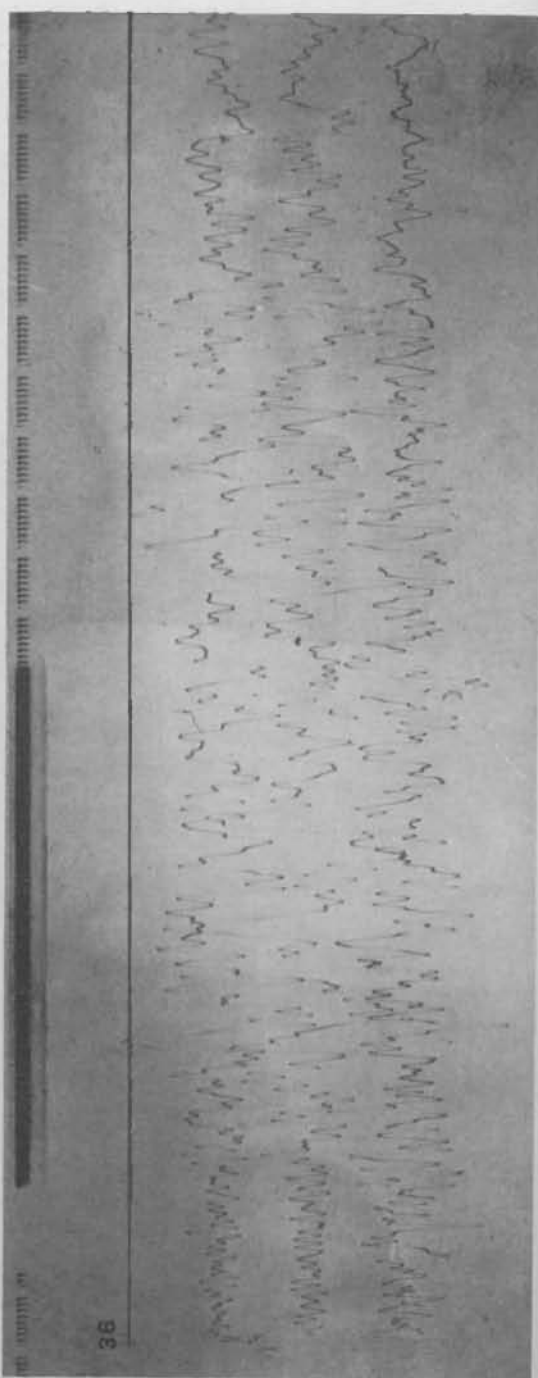
5-2-72 06.06 Hotel Excelsior



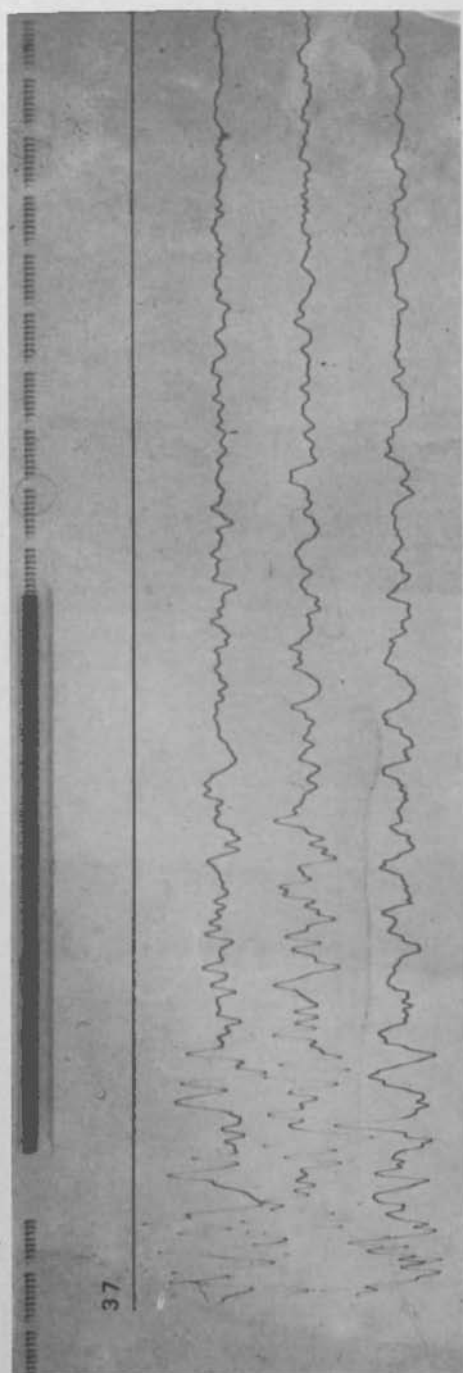
5-2-72 08.08 Hotel Excelsior



14-6-72 20.56



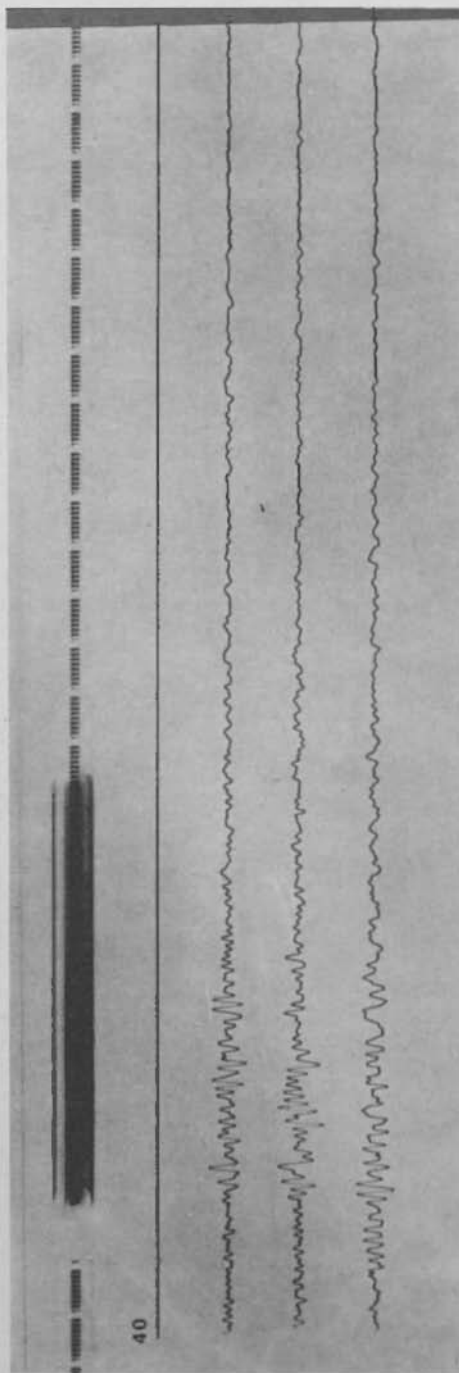
14-6-72 23,01



GRUPPO I

75

21-6-72 17,06

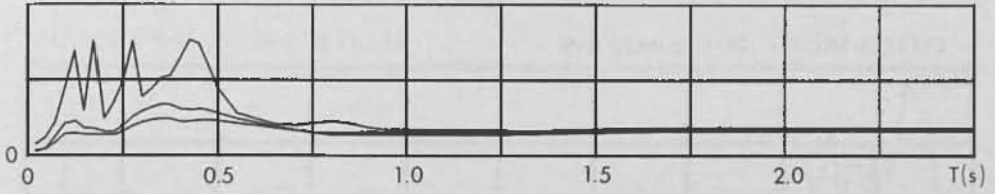


GRUPPO II

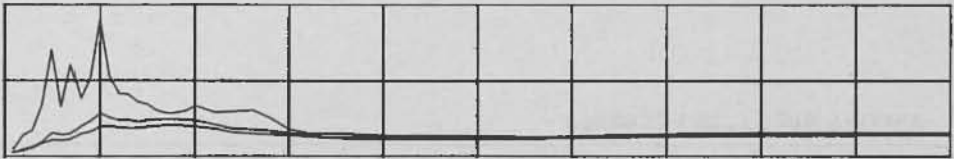
ANCONA

Spettri di risposta relativi al periodo sismico Gennaio-Giugno 1972

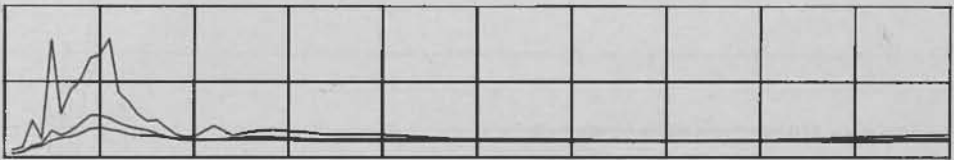
ANCONA M02 G.C. 25-1-72 21,25 N-s



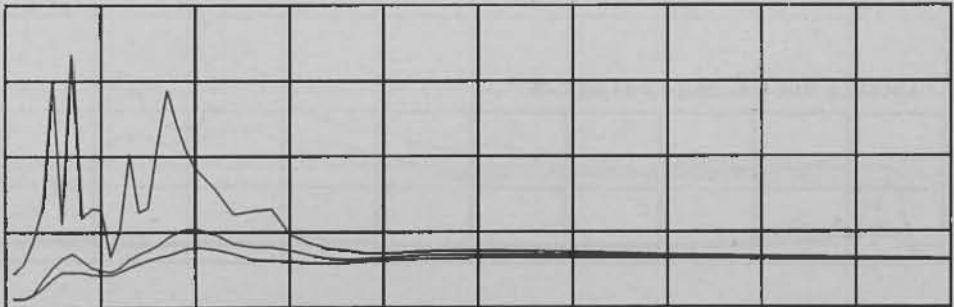
ANCONA M02 G.C. 25-1-72 21,25 E-W



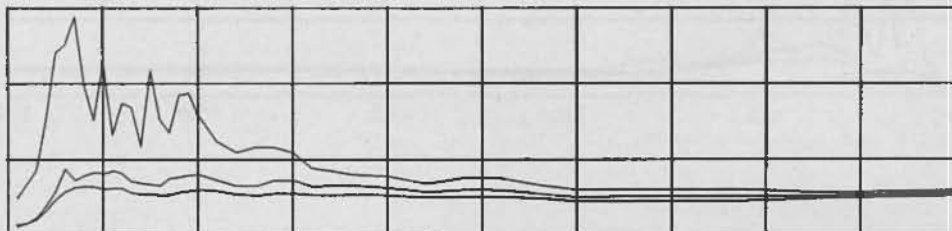
ANCONA M02 G.C. 25-1-72 21,25 Z



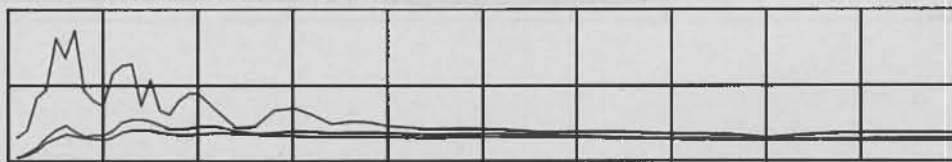
ANCONA M02 G.C. 26-1-72 00,22 N-S



ANCONA M02 G.C. 26-1-72 00,22 E-W



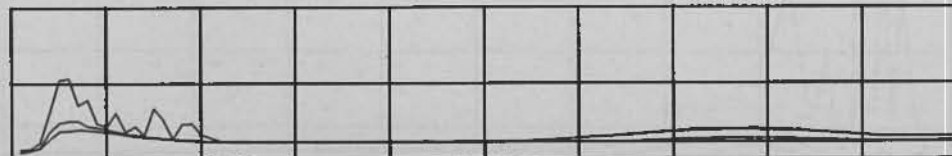
ANCONA M02 G.C. 26-1-72 00,22 Z



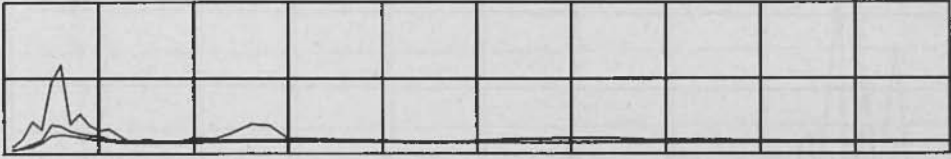
ANCONA M02 G.C. 26-1-72 11,50 N-S



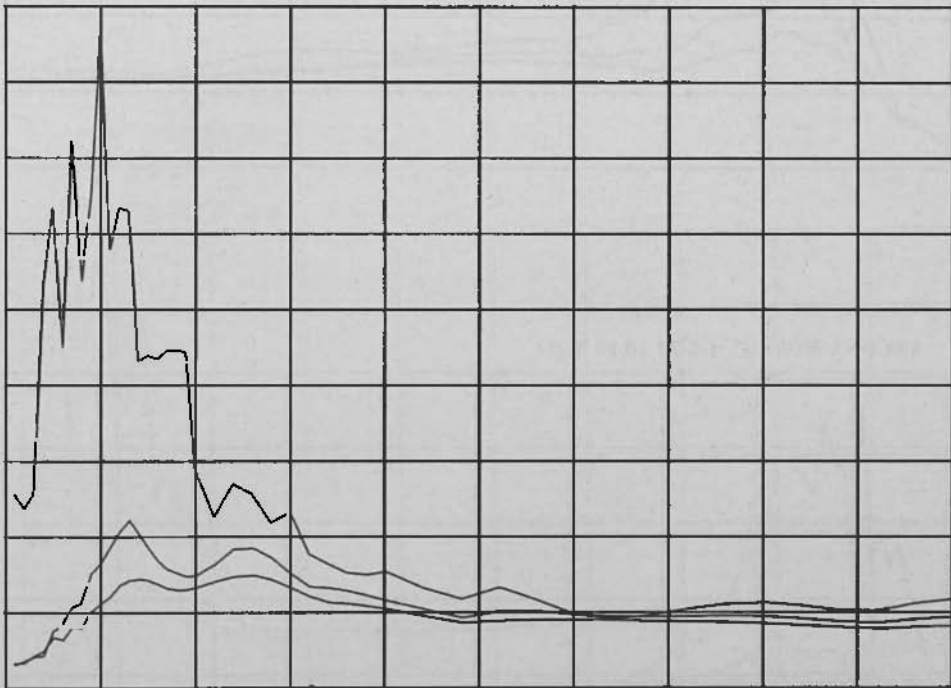
ANCONA M02 G.C. 26-1-72 11,50 E-W



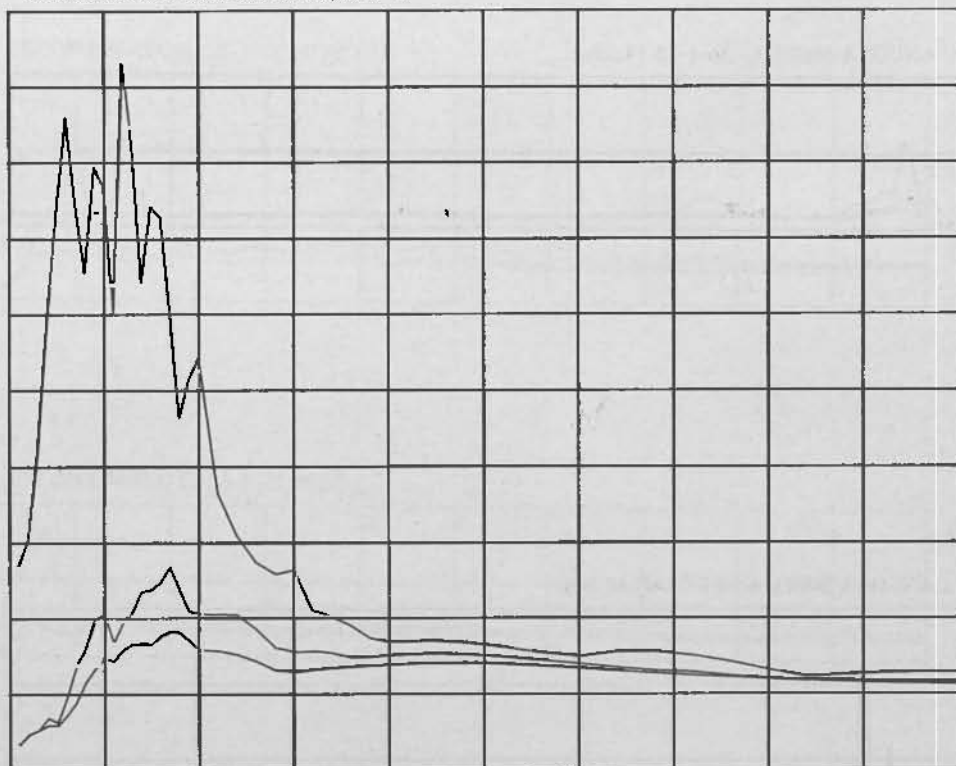
ANCONA M02 G.C. 26-1-72 11,50 Z



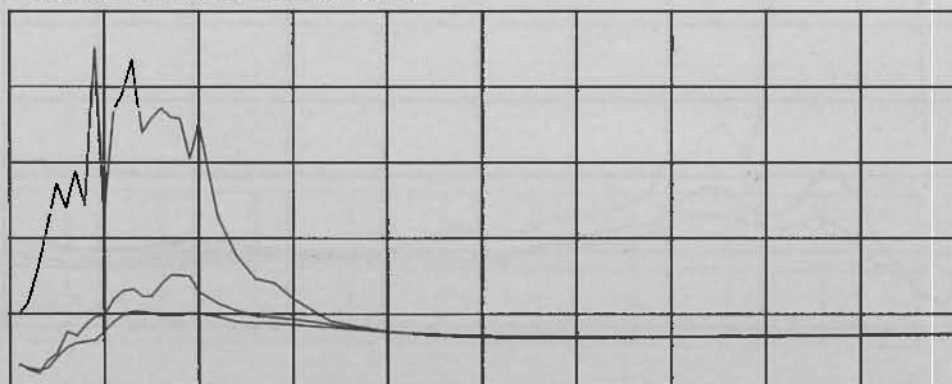
ANCONA M02 G.C. 4-2-72 03,42 N-S



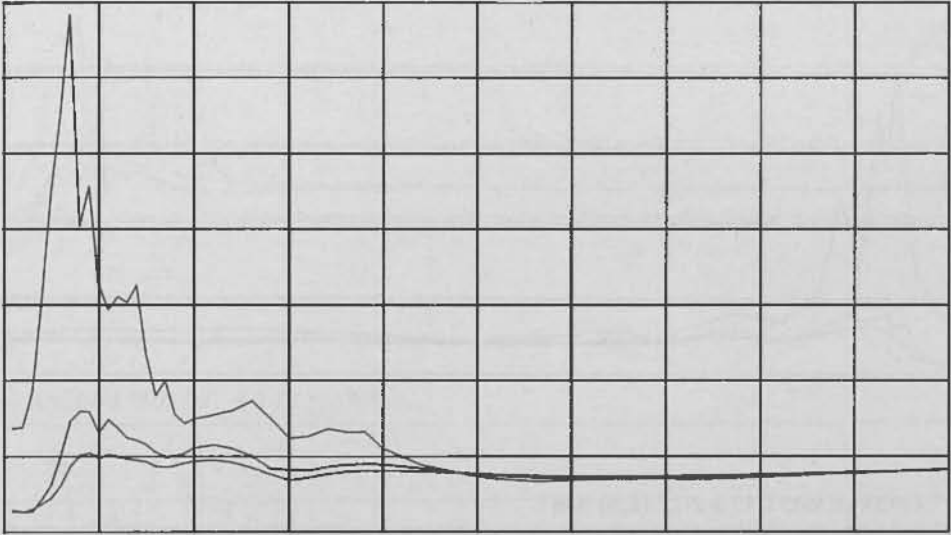
ANCONA M02 G.C. 4-2-72 03,42 E-W



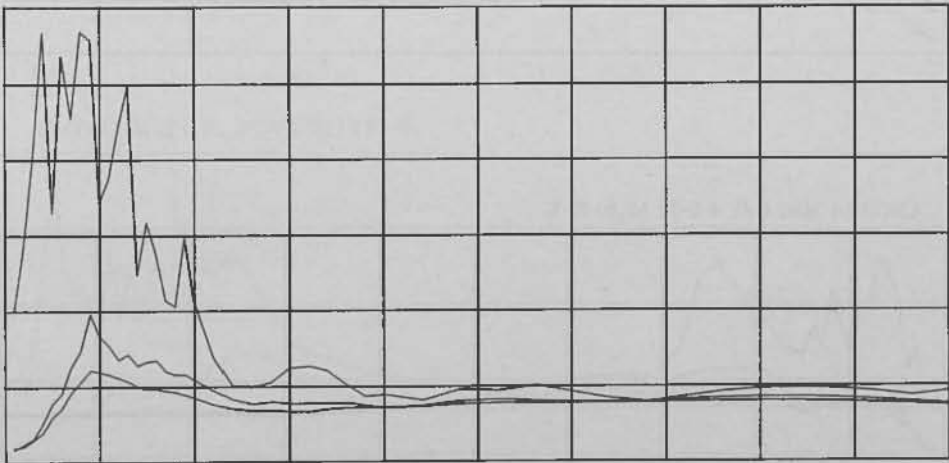
ANCONA M02 G.C. 4-2-72 10,19 N-S



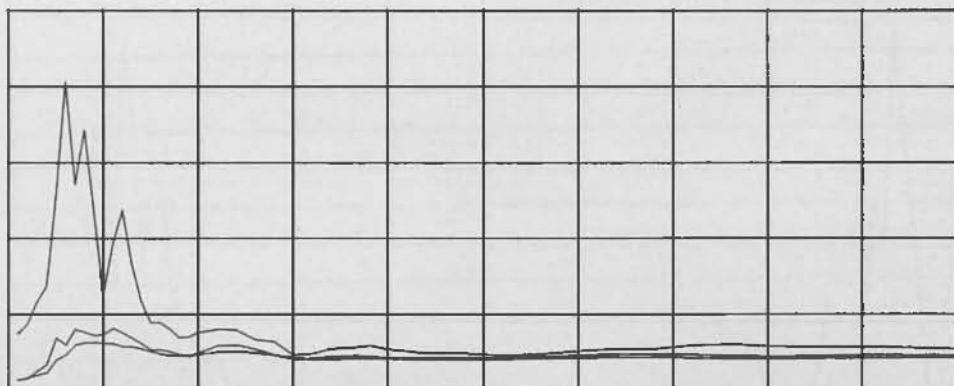
ANCONA M02 G.C. 4-2-72 10,19 E-W



ANCONA M02 G.C. 4-2-72 03.42 Z



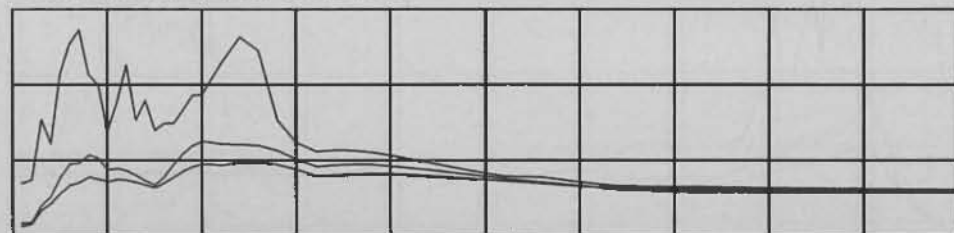
ANCONA M02 G.C. 4-2-72 10,19 Z



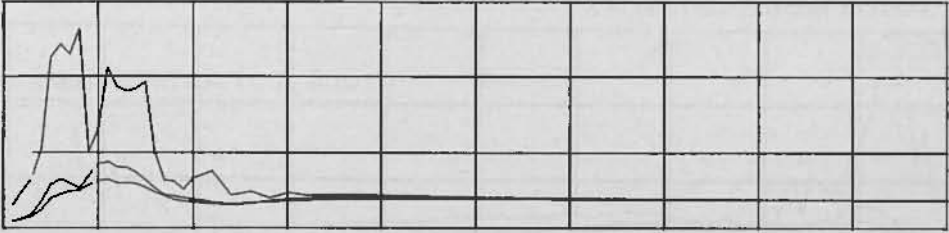
ANCONA M02 G.C. 4-2-72 18,20 N-S



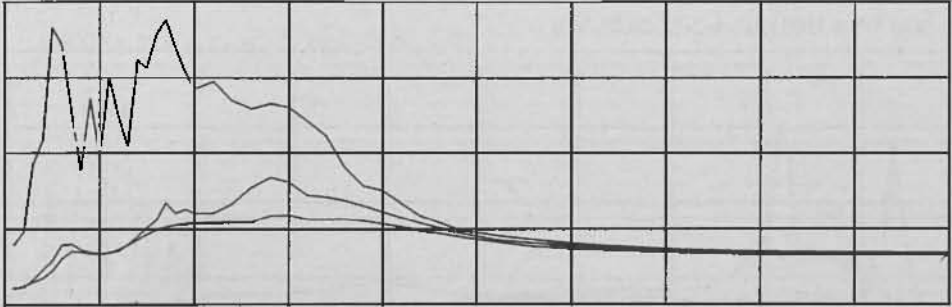
ANCONA M02 G.C. 4-2-72 18,20 E-W



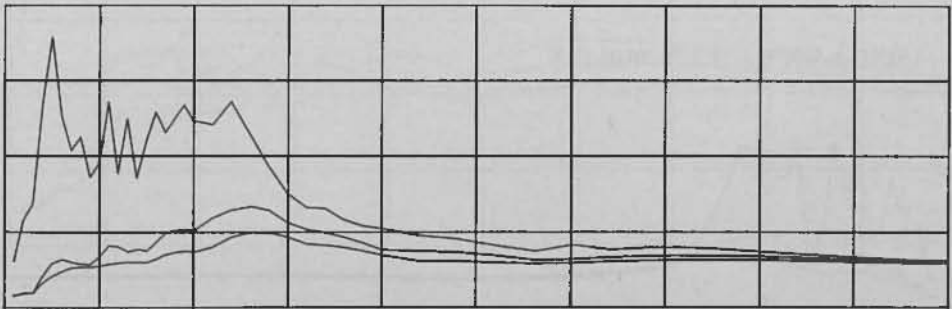
ANCONA M02 G.C. 4-2-72 18,20 Z



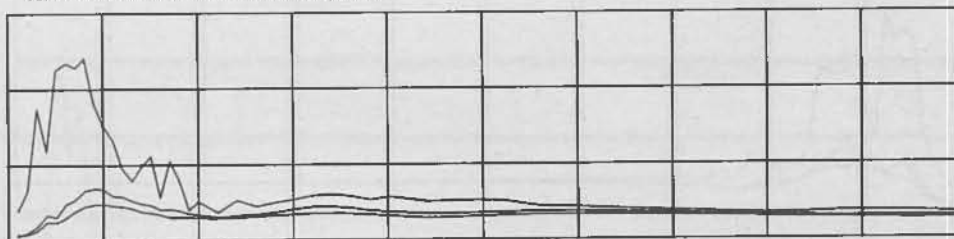
ANCONA M02 G.C. 4-2-72 19,18 N-S



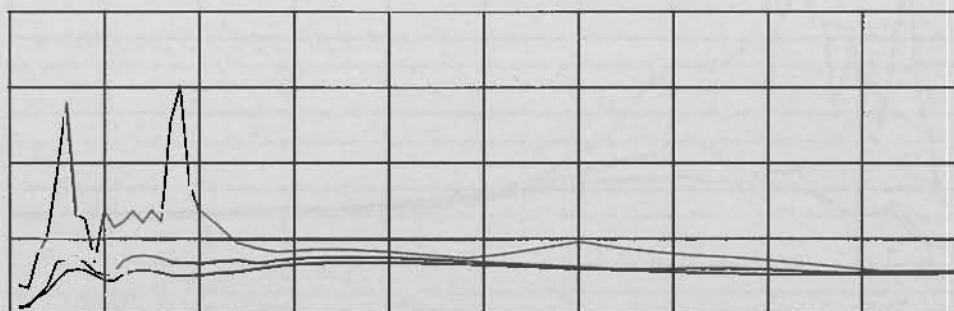
ANCONA M02 G.C. 4-2-72 19,18 E-W



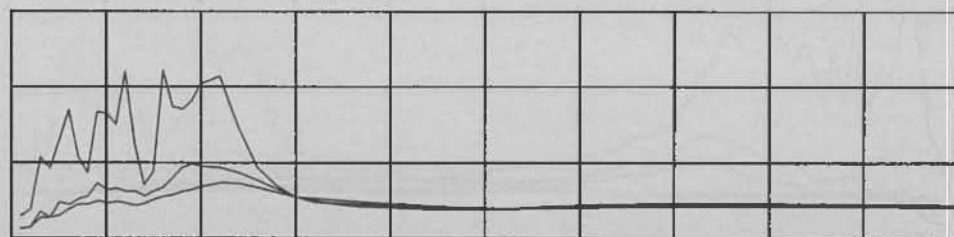
ANCONA M02 G.C. 4-2-72 19,18 Z



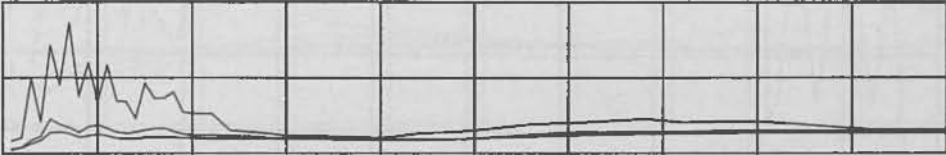
ANCONA M02 G.C. 4-2-72 20,03 N-S



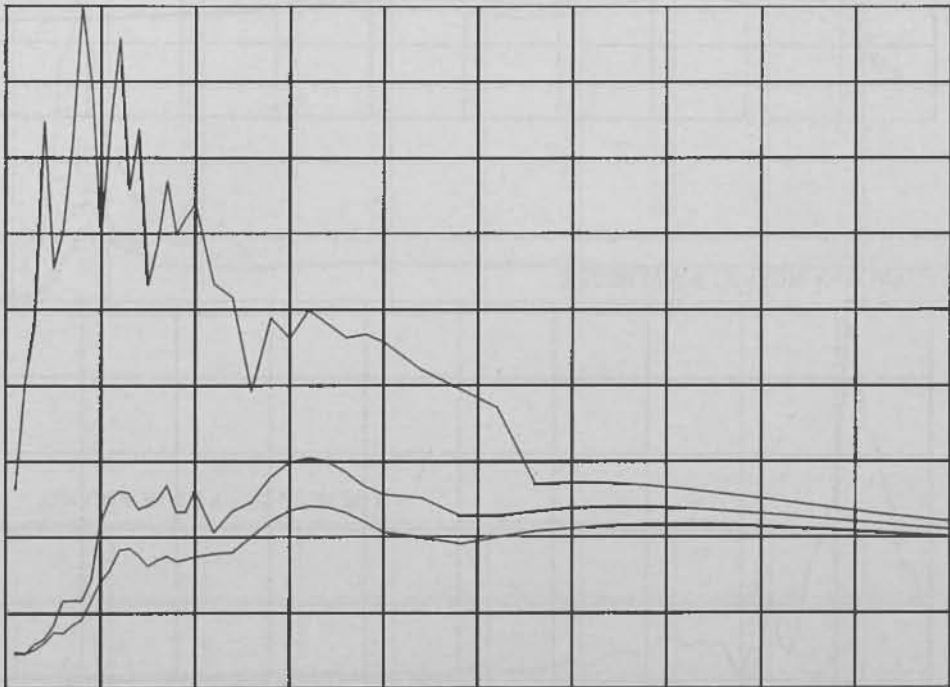
ANCONA M02 G.C. 4-2-72 20,03 E-W



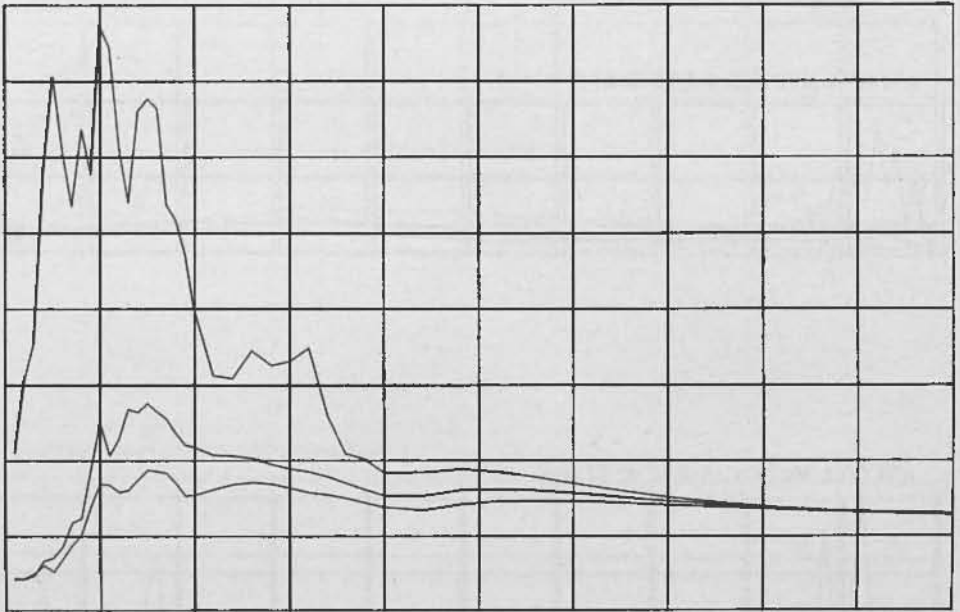
ANCONA M02 G.C. 4-2-72 20.03 Z



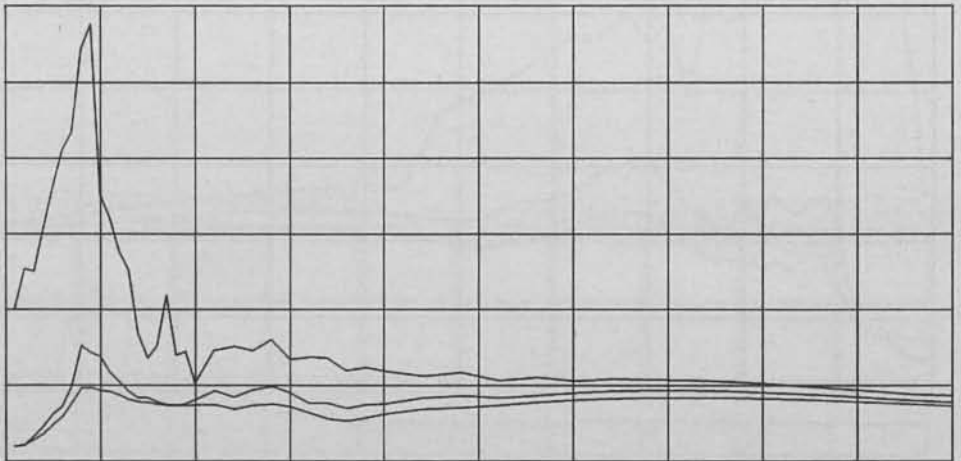
ANCONA M02 G.C. 5-2-72 02.27 N-S



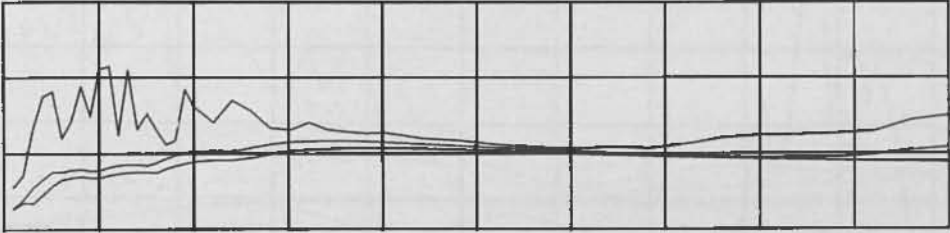
ANCONA M02 G.C. 5-2-72 02,27 E-W



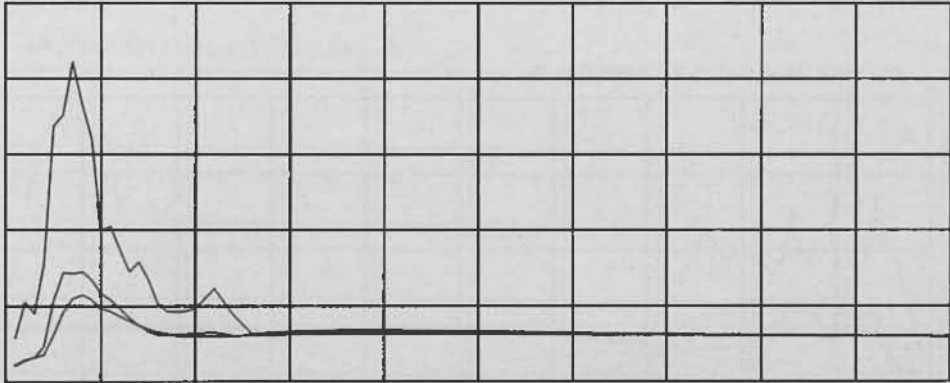
ANCONA M02 G.C. 5-2-72 02,27 Z



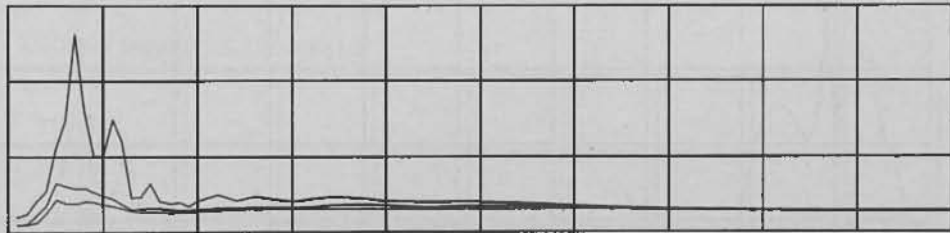
ANCONA M02 G.C. 5-2-72 04,50 N-S



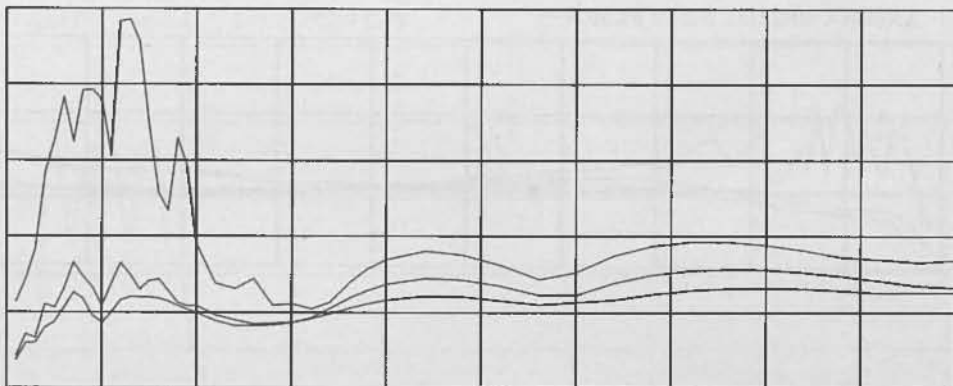
ANCONA M02 G.C. 5-2-72 04,50 E-W



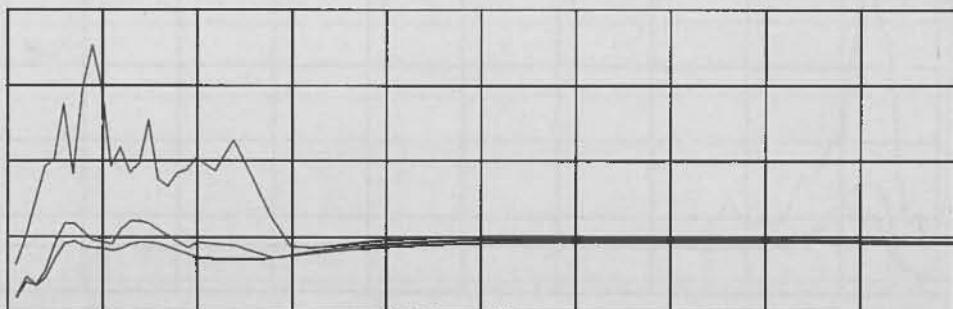
ANCONA M02 G.C. 5-2-72 04,50 Z



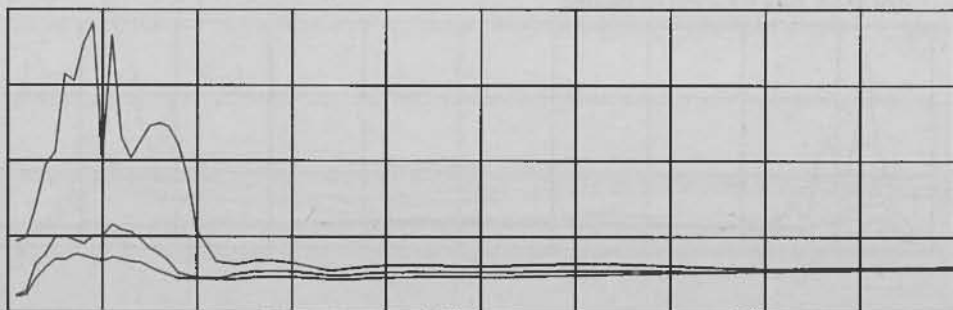
ANCONA M02 G.C. 5-2-72 06.06 N-S



ANCONA M02 G.C. 5-2-72 06.06 E-W



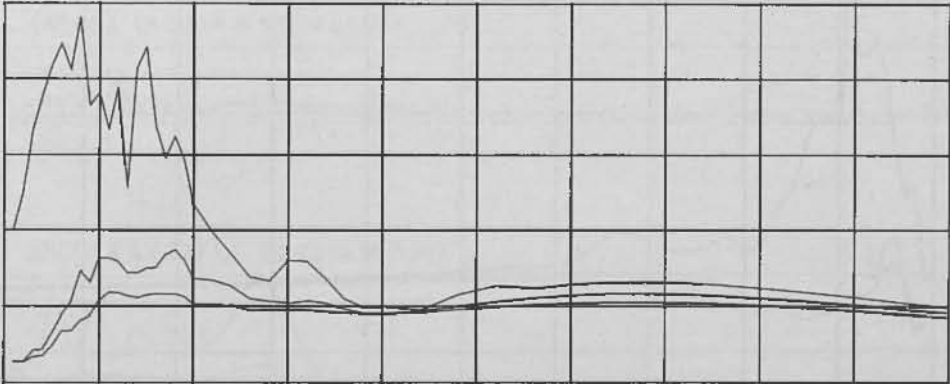
ANCONA M02 G.C. 5-2-72 06.06 Z



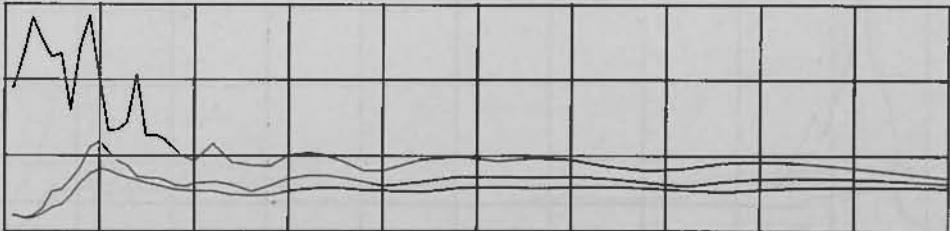
ANCONA M02 G.C. 6-2-72 02,34 N-S



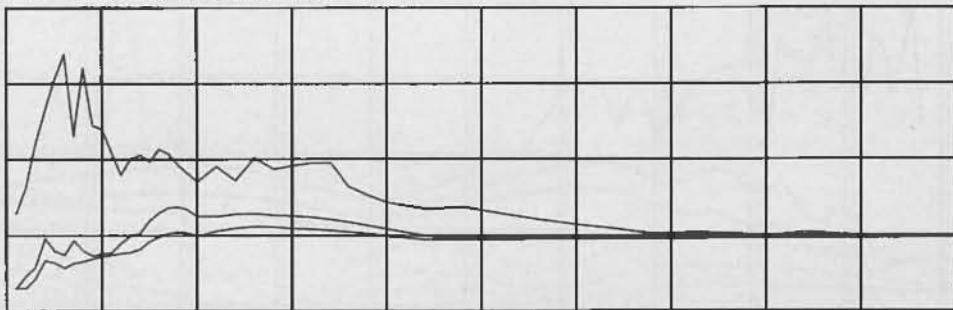
ANCONA M02 G.C. 6-2-72 02,34 E-W



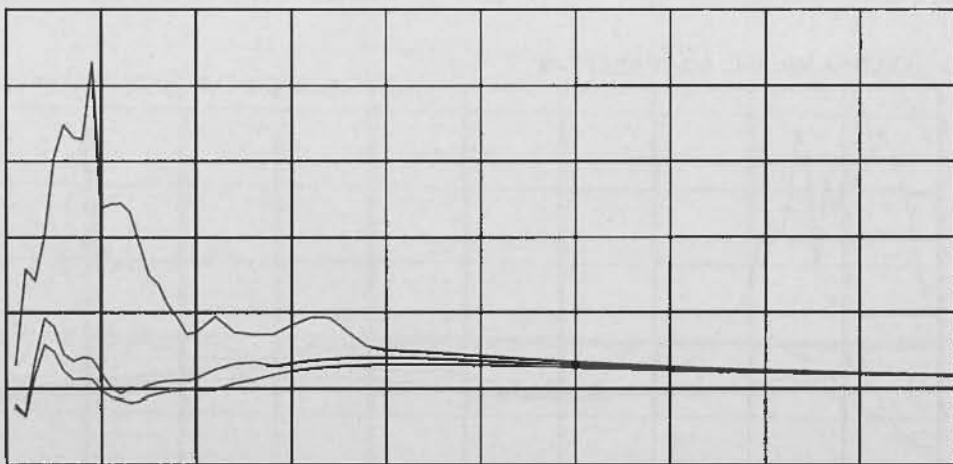
ANCONA M02 G.C. 6-2-72 02,34 Z



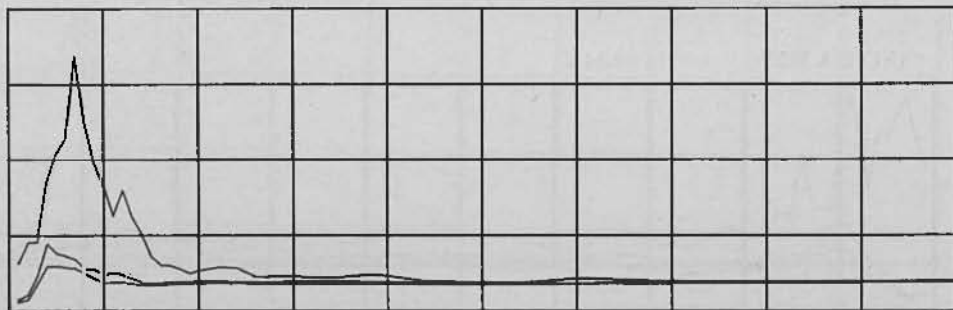
ANCONA M02 G.C. 8-2-72 13,19 N-S



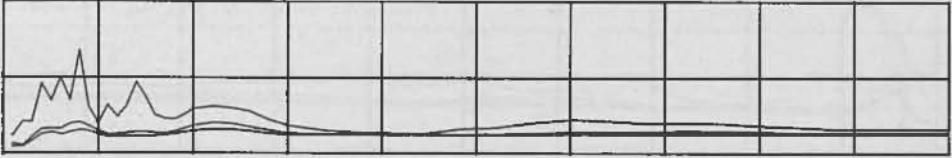
ANCONA M02 G.C. 8-2-72 13,19 E-W



ANCONA M02 G.C. 8-2-72 13,19 Z



ANCONA AR-240 V.F. 5-2-72 04,50 N60E



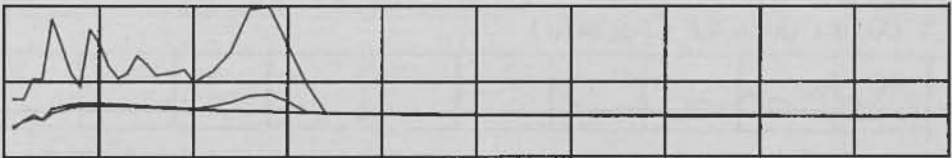
ANCONA AR-240 V.F. 5-2-72 04,50 S30E



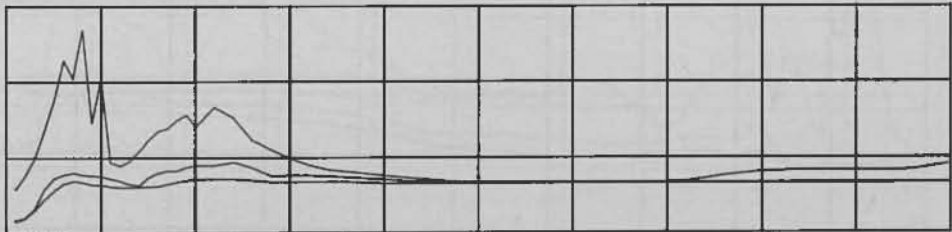
ANCONA AR-240 V.F. 5-2-72 04,50 Z



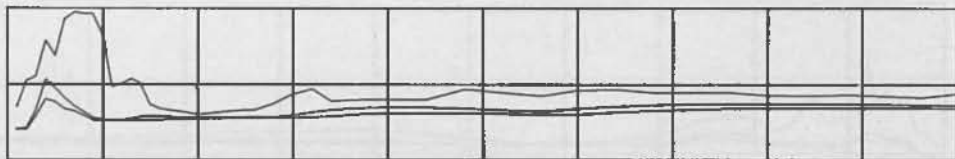
ANCONA AR-240 V.F. 5-2-72 06,06 N60 E



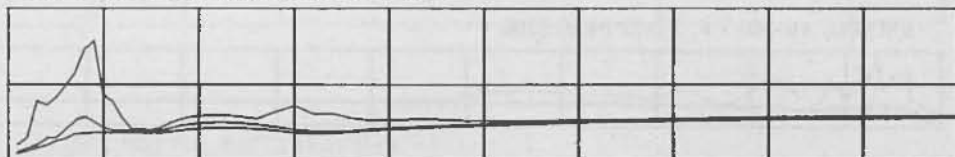
ANCONA AR-240 V.F. 5-2-72 06,06 S30E



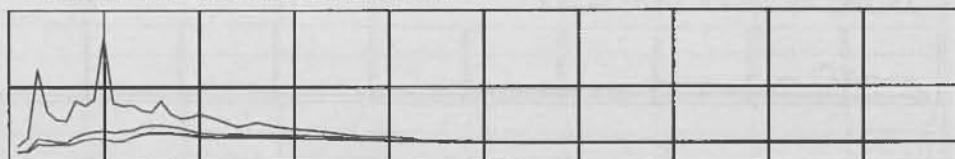
ANCONA AR-240 V.F. 5-2-72 06,06 Z



ANCONA AR-240 V.F. 5-2-72 08,08 N60E



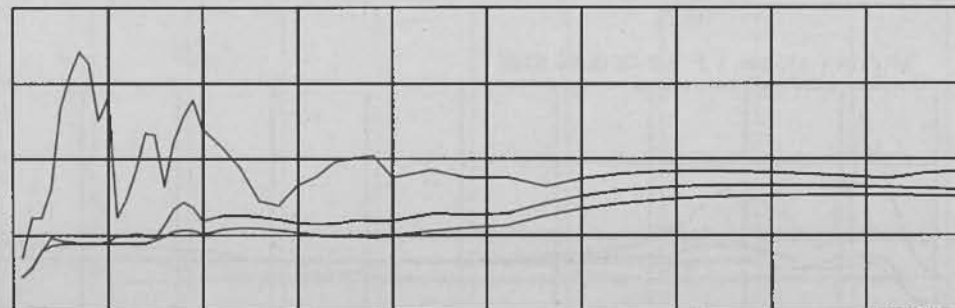
ANCONA AR-240 V.F. 5-2-72 08,08 S30E



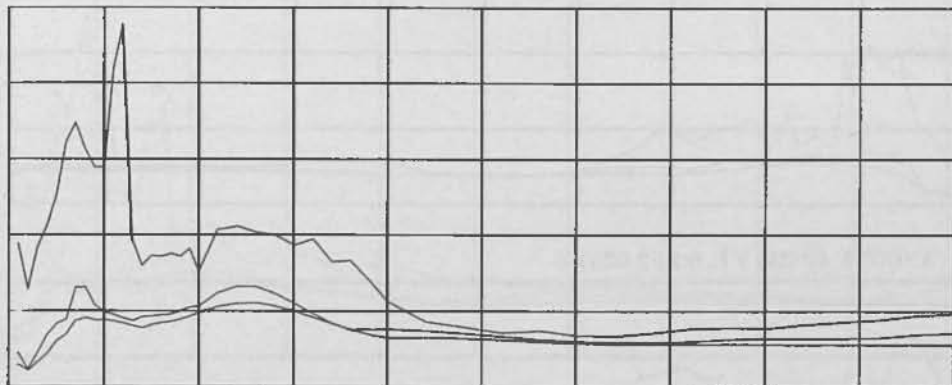
ANCONA AR-240 V.F. 5-2-72 08,08 Z



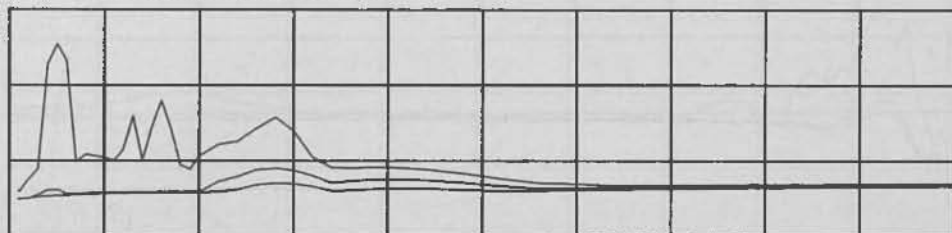
ANCONA AR-240 V.F. 5-2-72 16,15 N60E



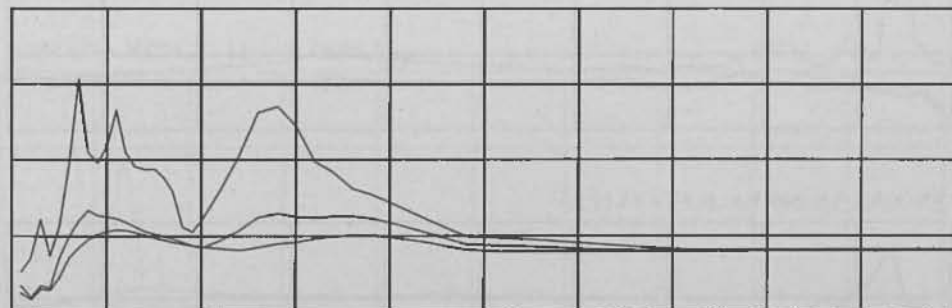
ANCONA AR-240 V.F. 5-2-72 16,15 S30E



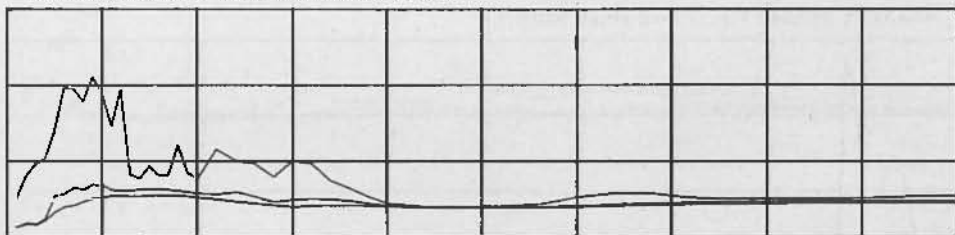
ANCONA AR-240 V.F. 5-2-72 16,15 Z



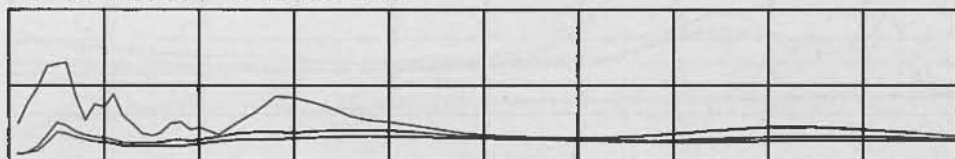
ANCONA AR-240 V.F. 6-2-72 02,34 N60E



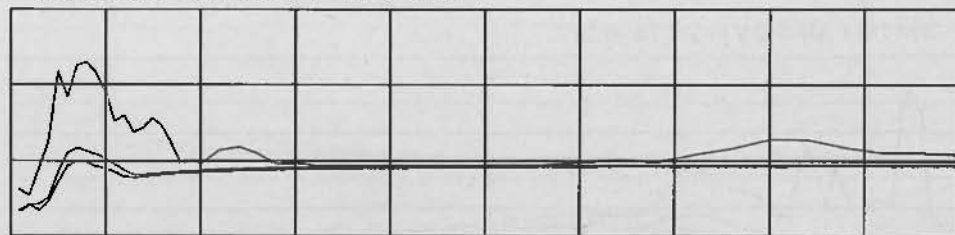
ANCONA AR-240 V.F. 6-2-72 02,34 S30E



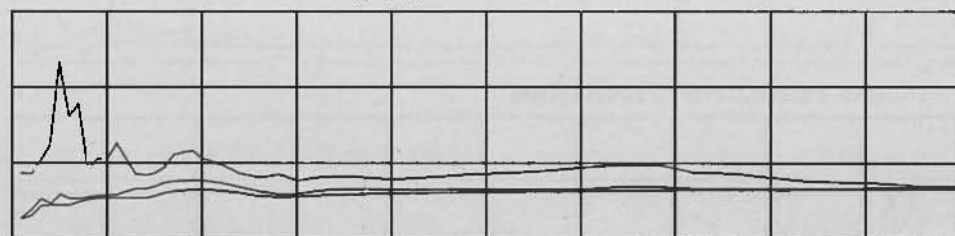
ANCONA AR-240 V.F. 6-2-72 02,34 Z



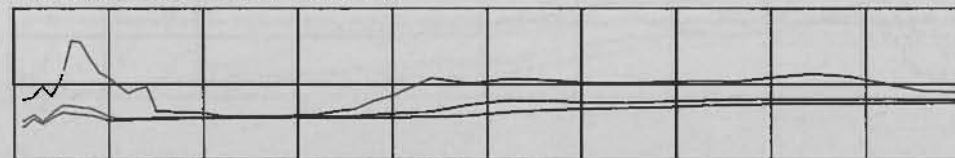
ANCONA AR-240 V.F. 8-2-72 13,19 N60E



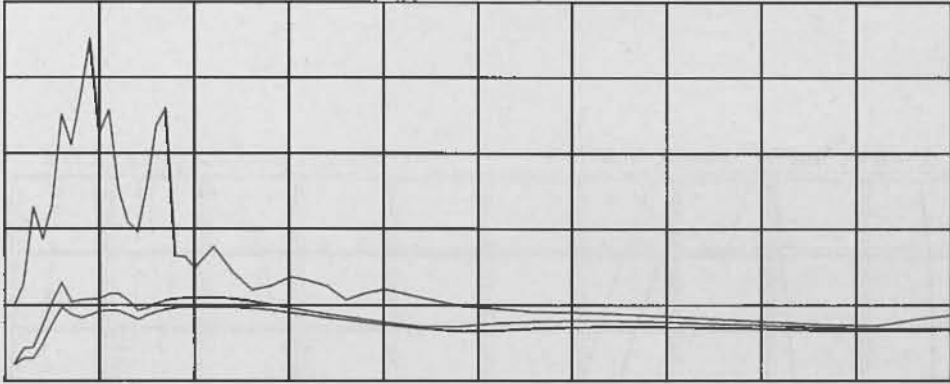
ANCONA AR-240 V.F. 8-2-72 13,19 S30E



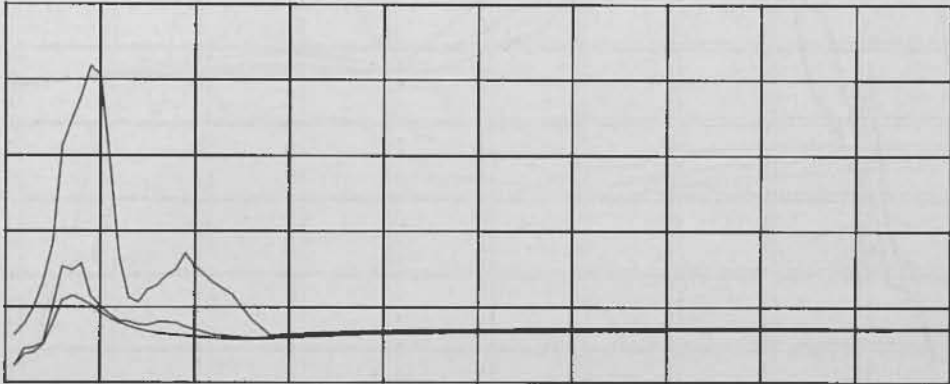
ANCONA AR-240 V.F. 8-2-72 13,19 Z



ANCONA M02 G.C. 15-3-72 00,04 N-S



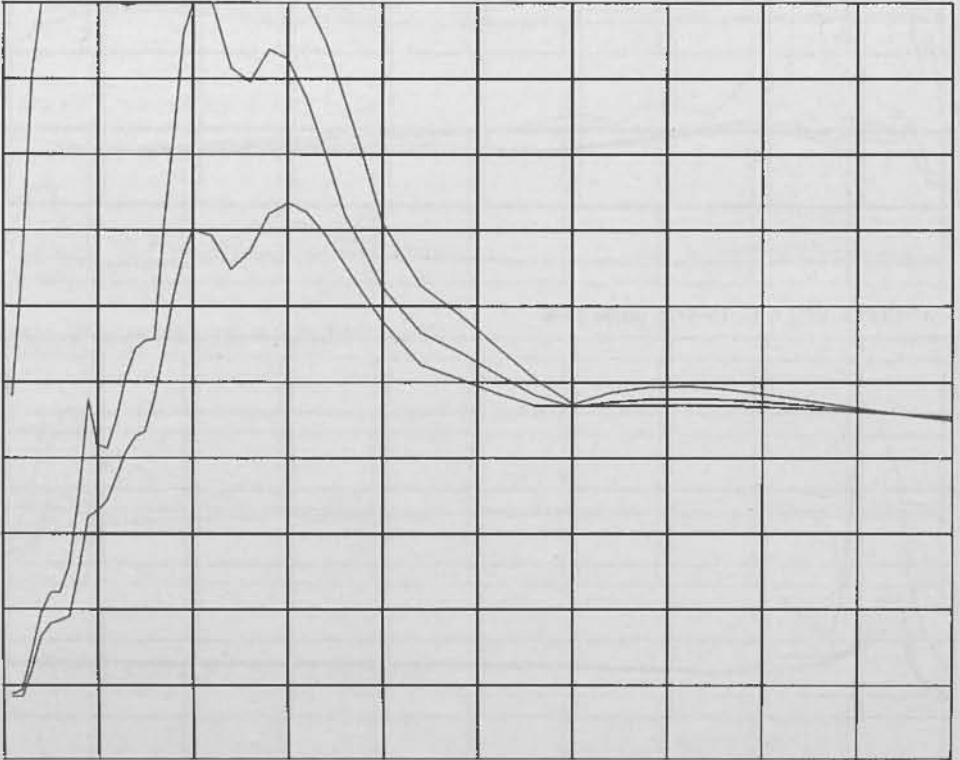
ANCONA M02 G.C. 15-3-72 00,04 E-W



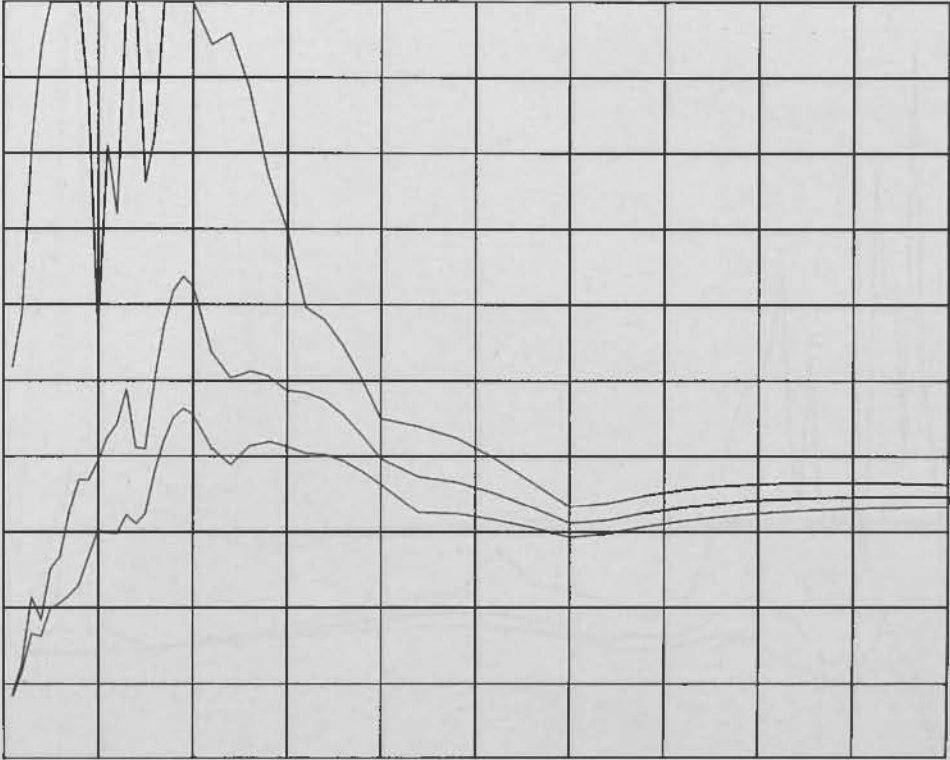
ANCONA M02 G.C. 15-3-72 00,04 Z



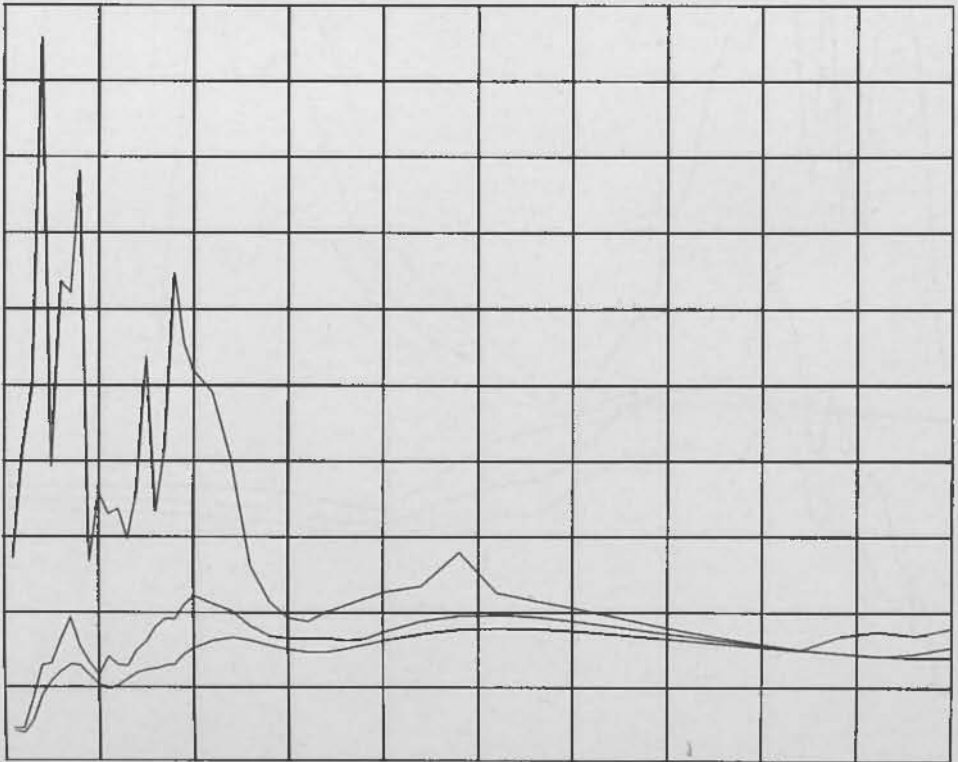
ANCONA M02 G.C. 14-6-72 20,56 N-S



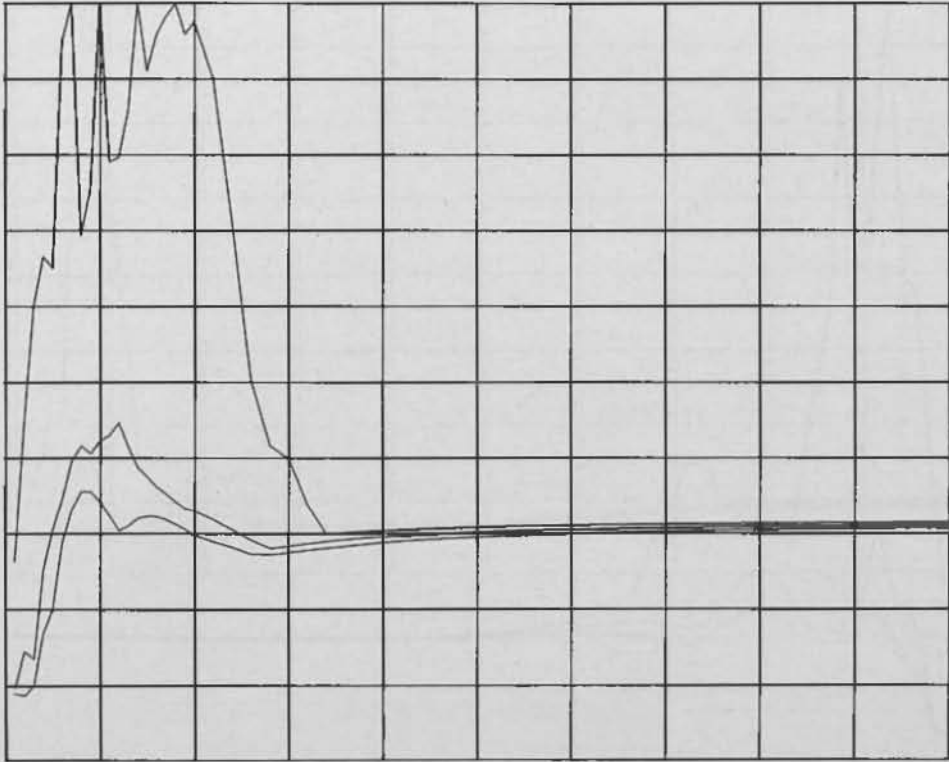
ANCONA M02 G.C. 14-6-72 20.56 E-W



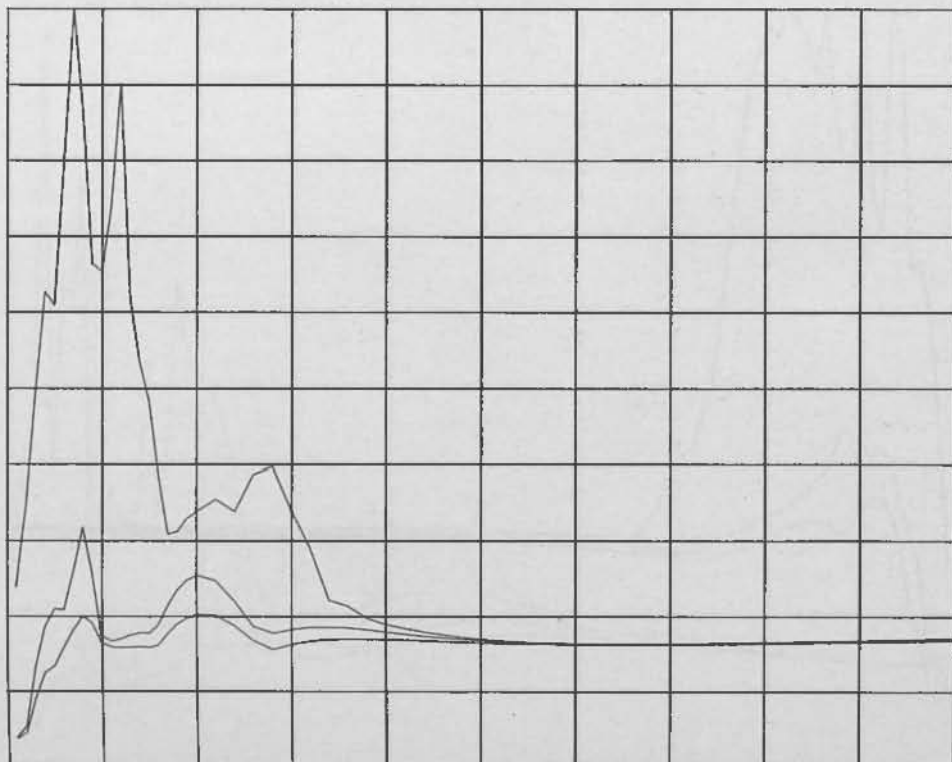
ANCONA M02 G.C. 14-6-72 20,56 Z



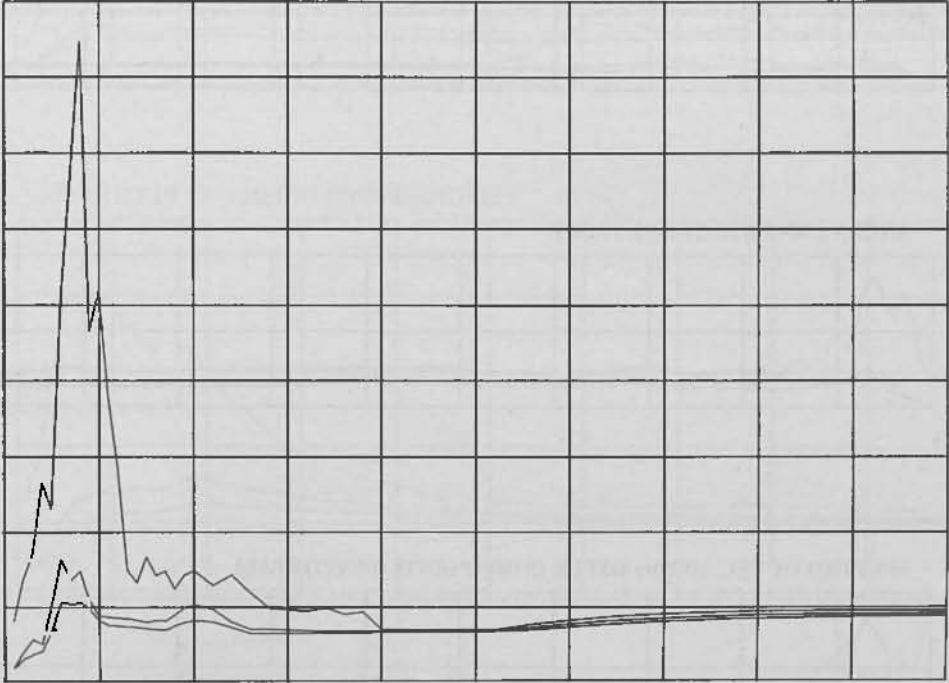
ANCONA M02 G.C. 14-6-72 23,01 N-S



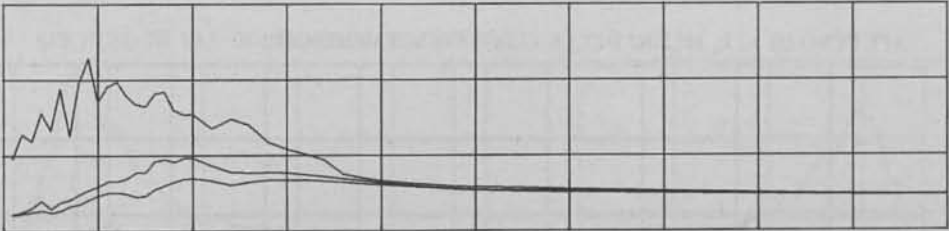
ANCONA M02 G.C. 14-6-72 23.01 E-W



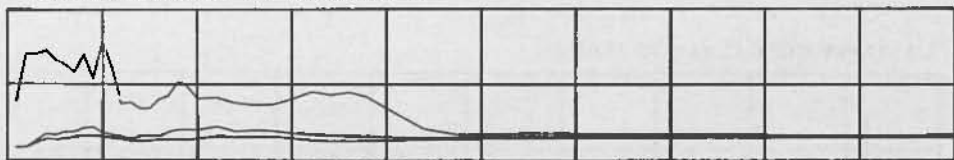
ANCONA M02 G.C. 14-6-72 23,01 Z



ANCONA M02 G.C. 21-6-72 17,06 N-S



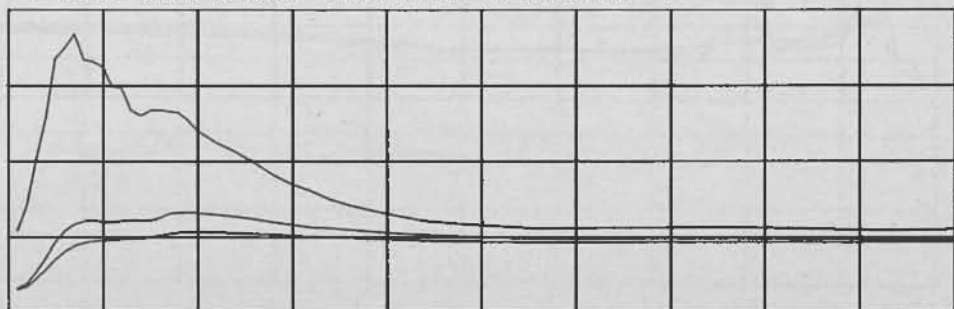
ANCONA M02 G.C. 21-6-72 17,06 E-W



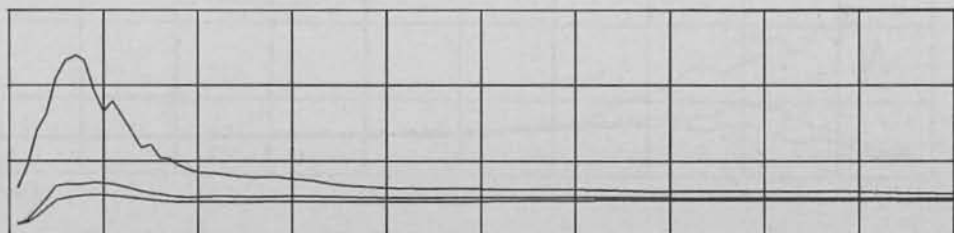
ANCONA M02 G.C. 21-6-72 17,06 Z



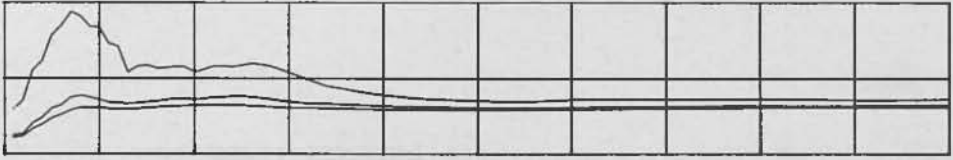
SPETTRO DI VEL. MEDIO DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI



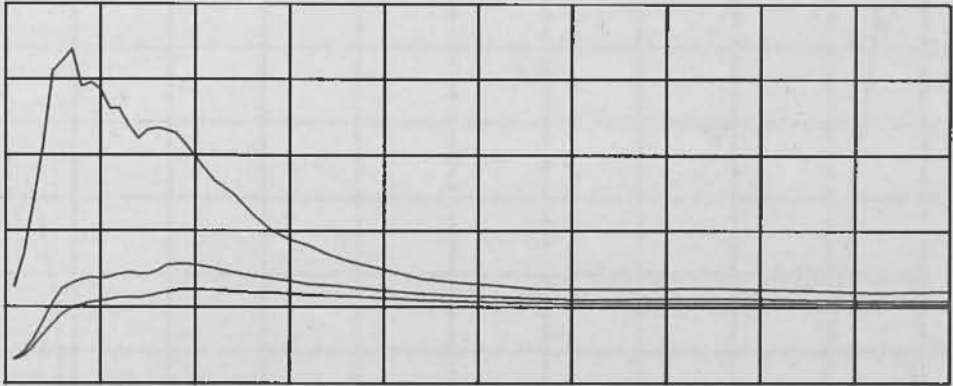
SPETTRO DI VEL. MEDIO DELLE COMPONENTI VERTICALI



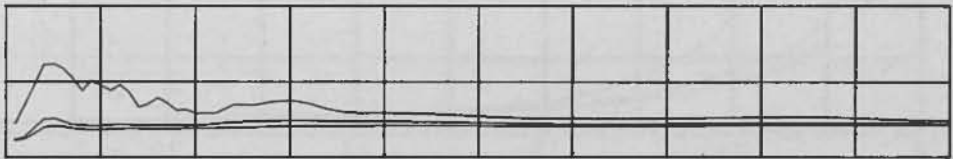
SPETTRO DI VEL. MEDIO DELL'AR240 (ORIZ.)



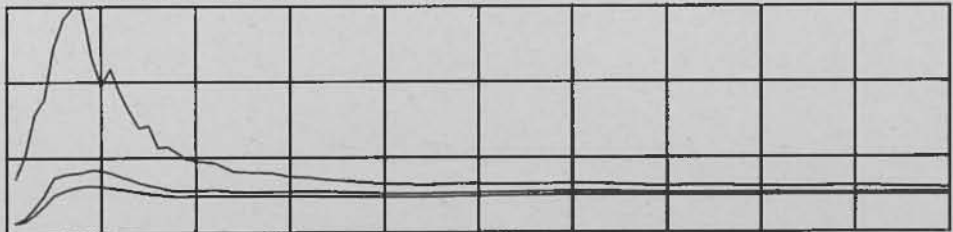
SPETTRO DI VEL. MEDIO DELL'M02 (ORIZ.)

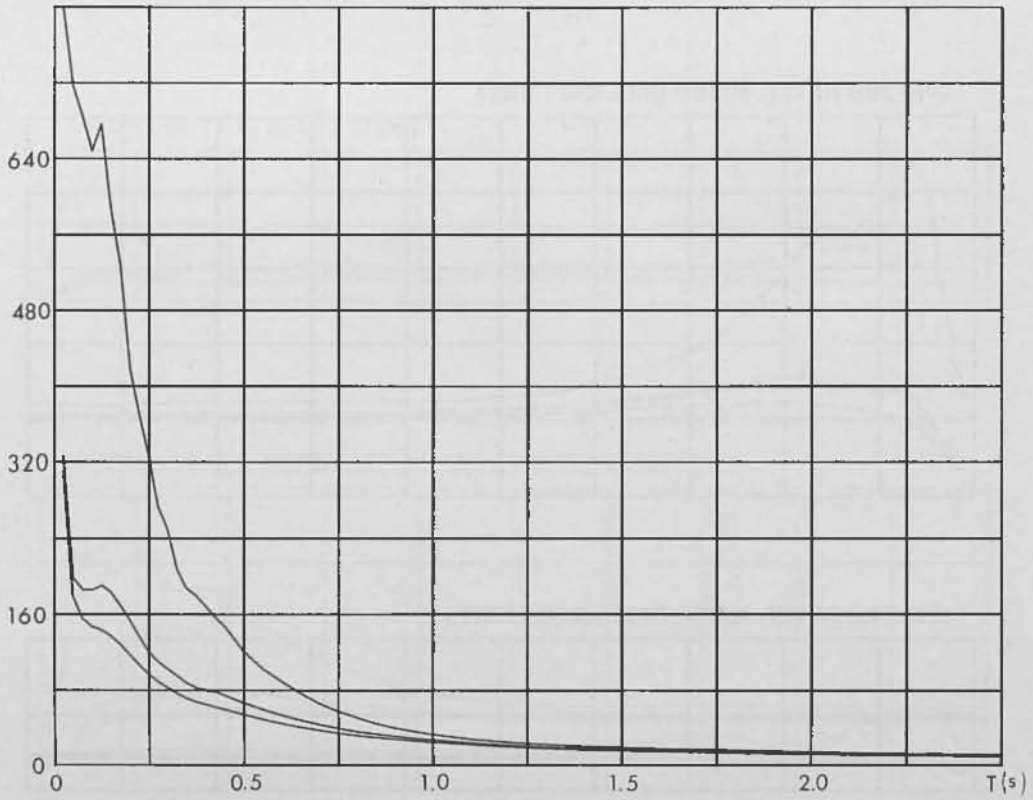


SPETTRO DI VEL. MEDIO DELL'AR240 (VERT.)

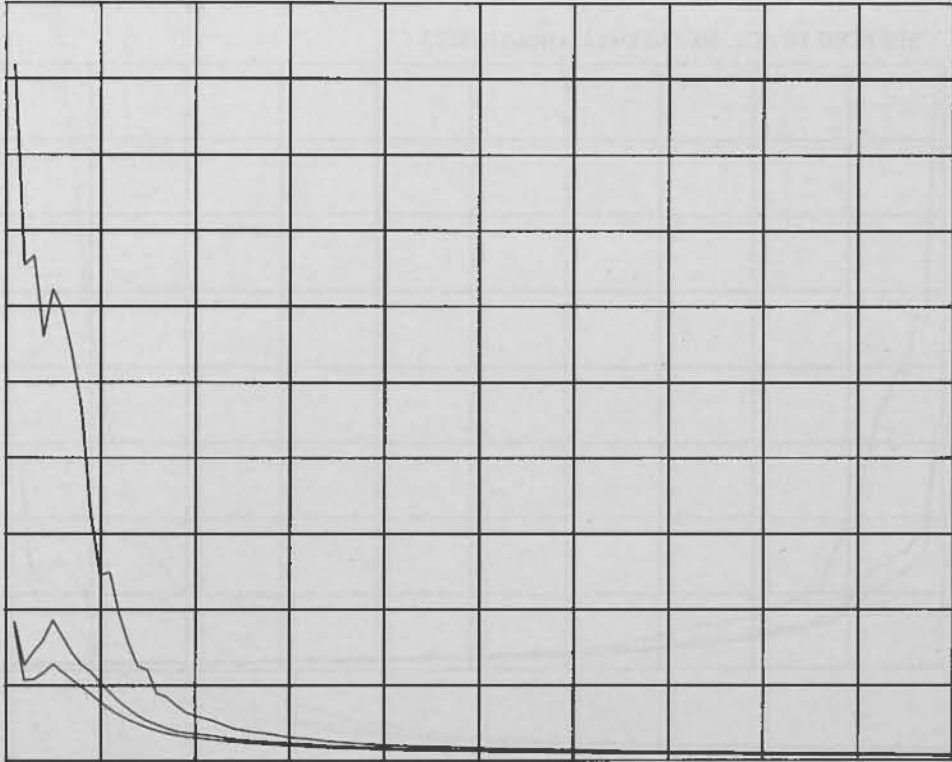


SPETTRO DI VEL. MEDIO DELL'M02 (VERT.)

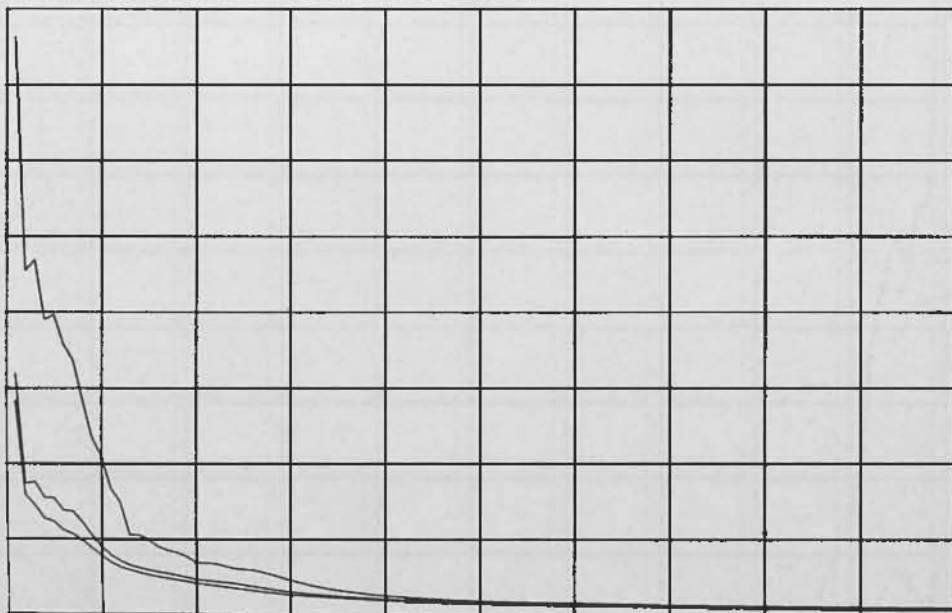


Sa (cm/s²) SPETTRO DI ACC. MEDIO DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI

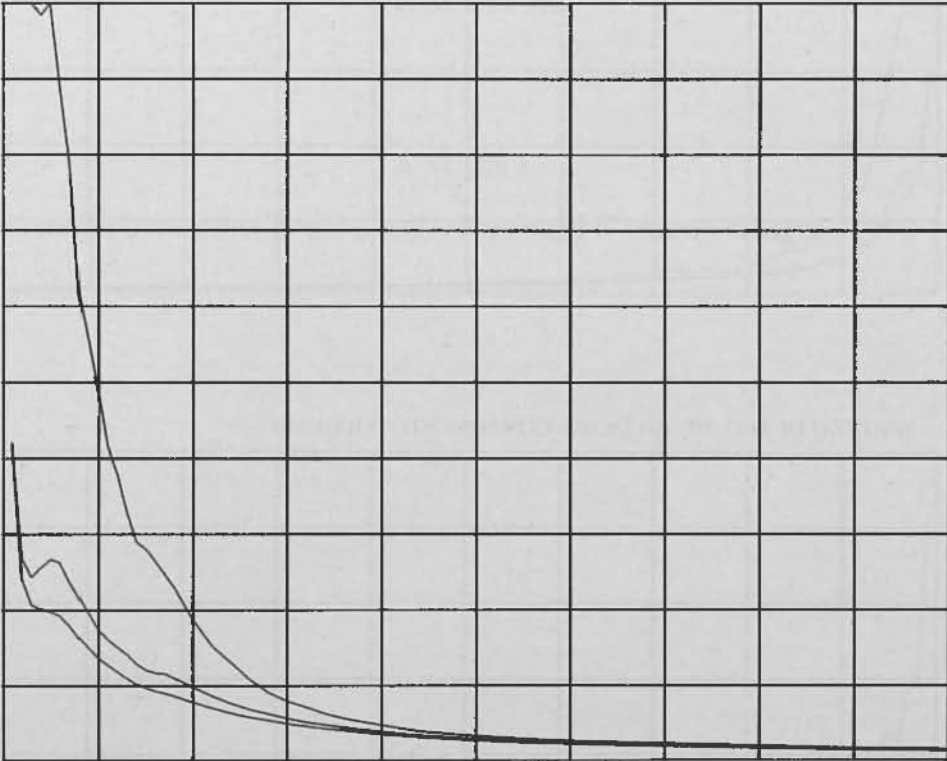
SPETTRO DI ACC. MEDIO DELL'M02 (VERT.)



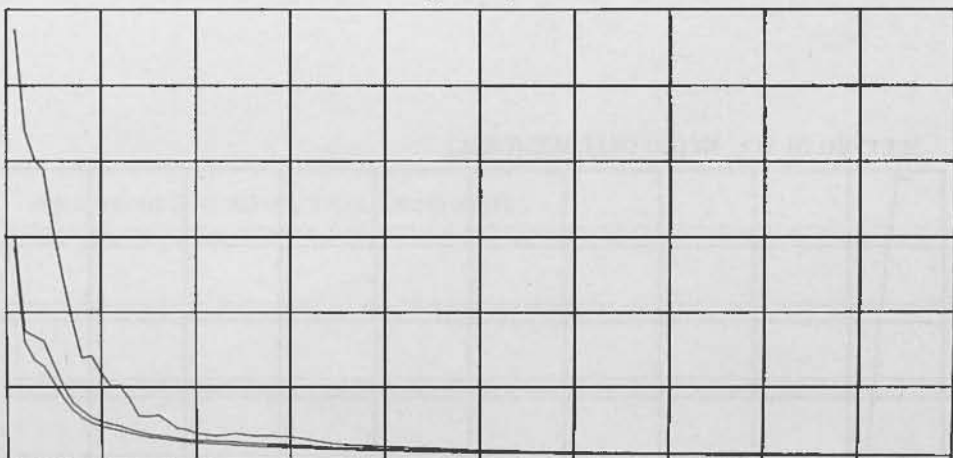
SPETTRO DI ACC. MEDIO DELL'AR240 (ORIZ.)



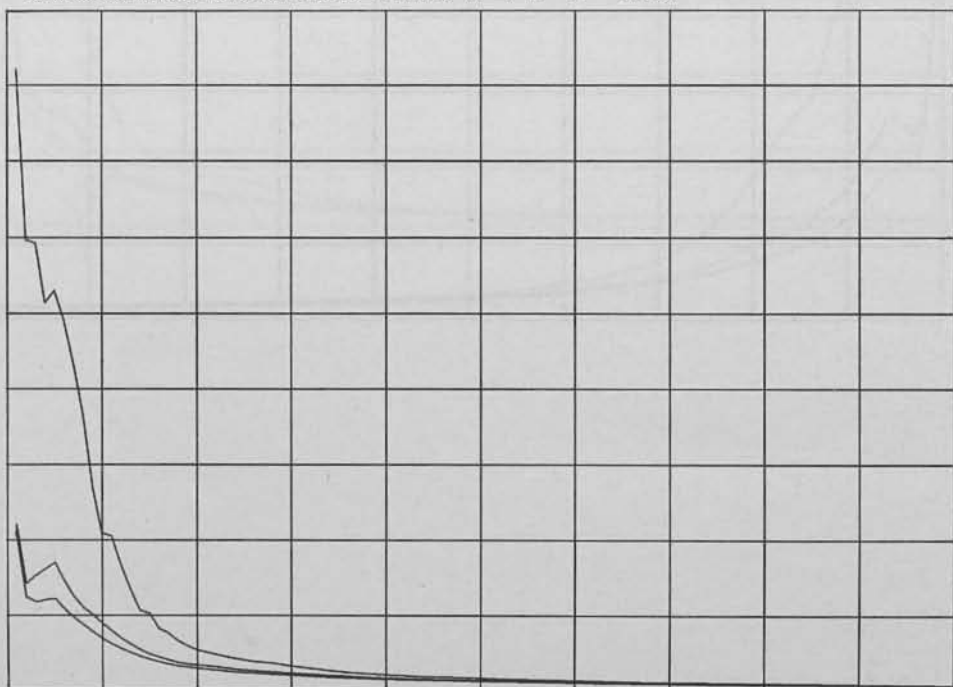
SPETTRO DI ACC. MEDIO DELL'M02 (ORIZ.)



SPETTRO DI ACC. MEDIO DELL'M02 (VERT.)



SPETTRO DI ACC. MEDIO DELLE COMPONENTI VERTICALI

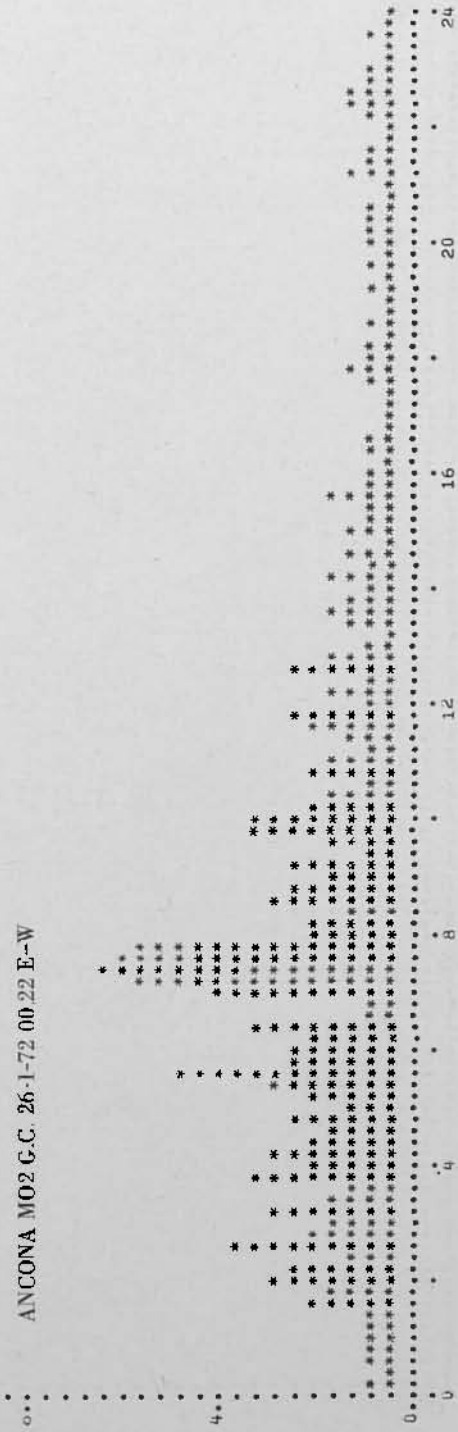


GRUPPO III

ANCONA

Analisi armonica degli accelerogrammi Gennaio-Giugno 1972

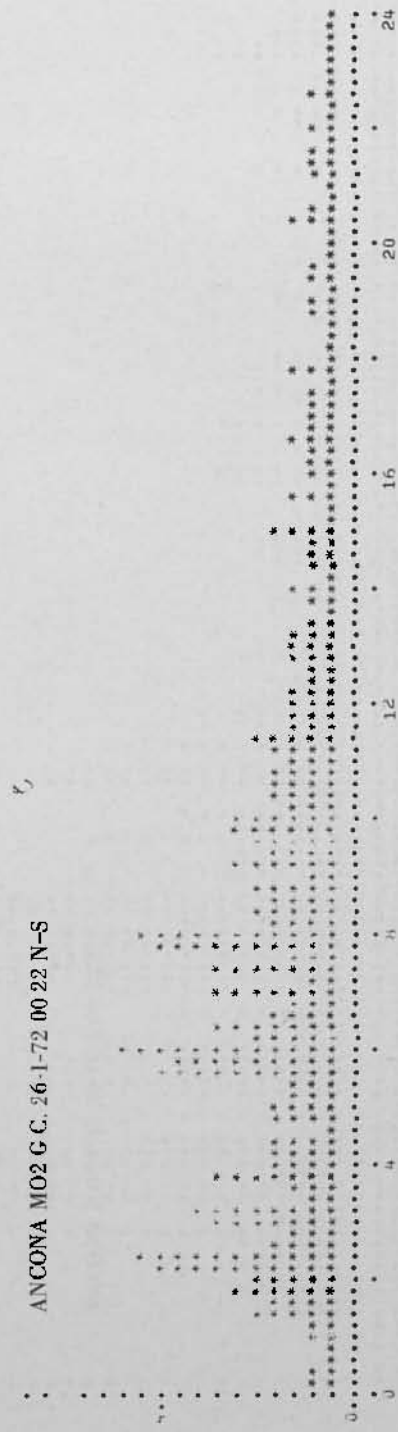
ANCONA M02 G.C. 26-1-72 00 22 E--W



GRUPPO III

113

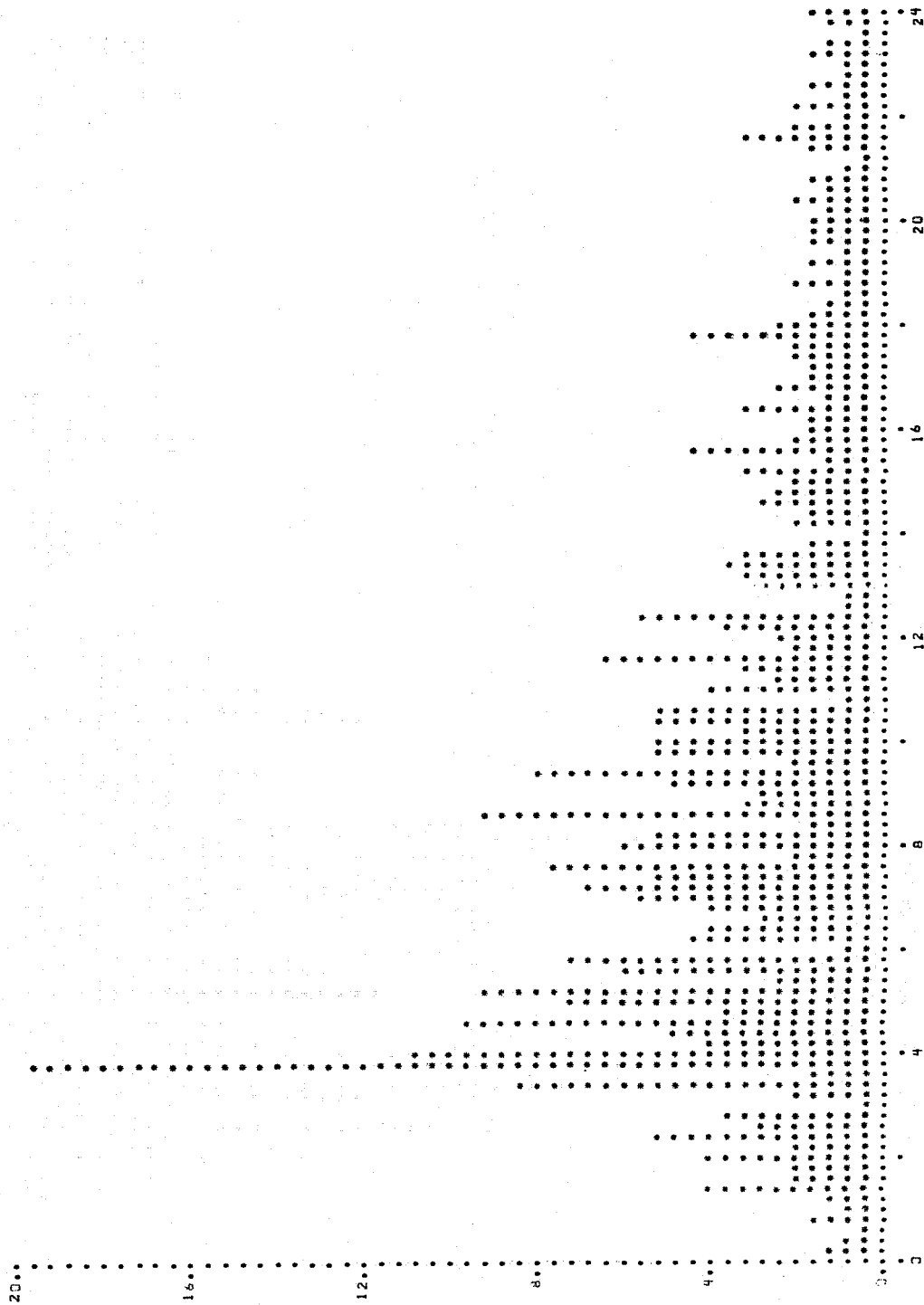
ANCONA M02 G.C. 26-1-72 00 22 N-S



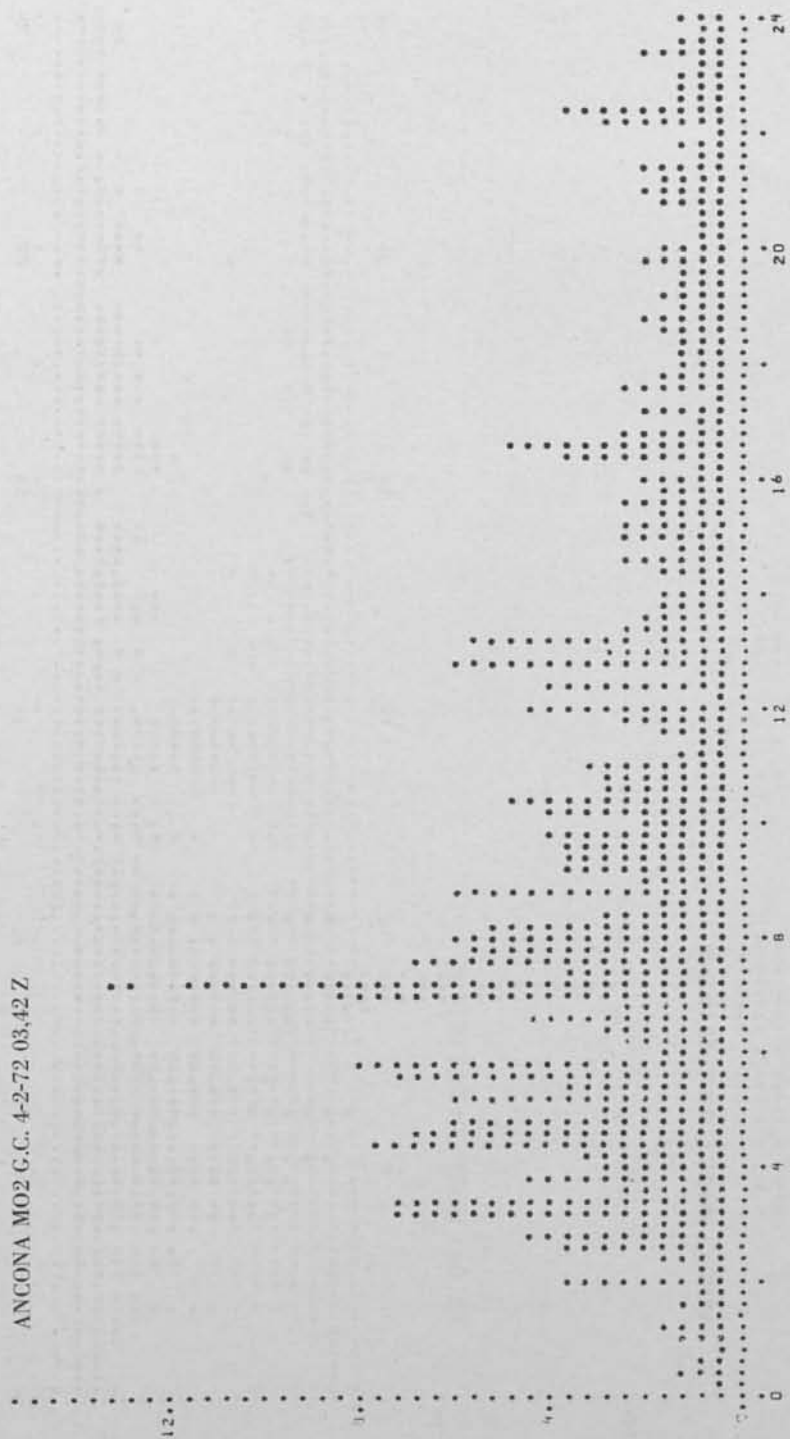
ANCONA MO2 G.C. 4-2-72 03.42 E-W



ANCONA M02 G.C. 4-2-72 03,42 N-S

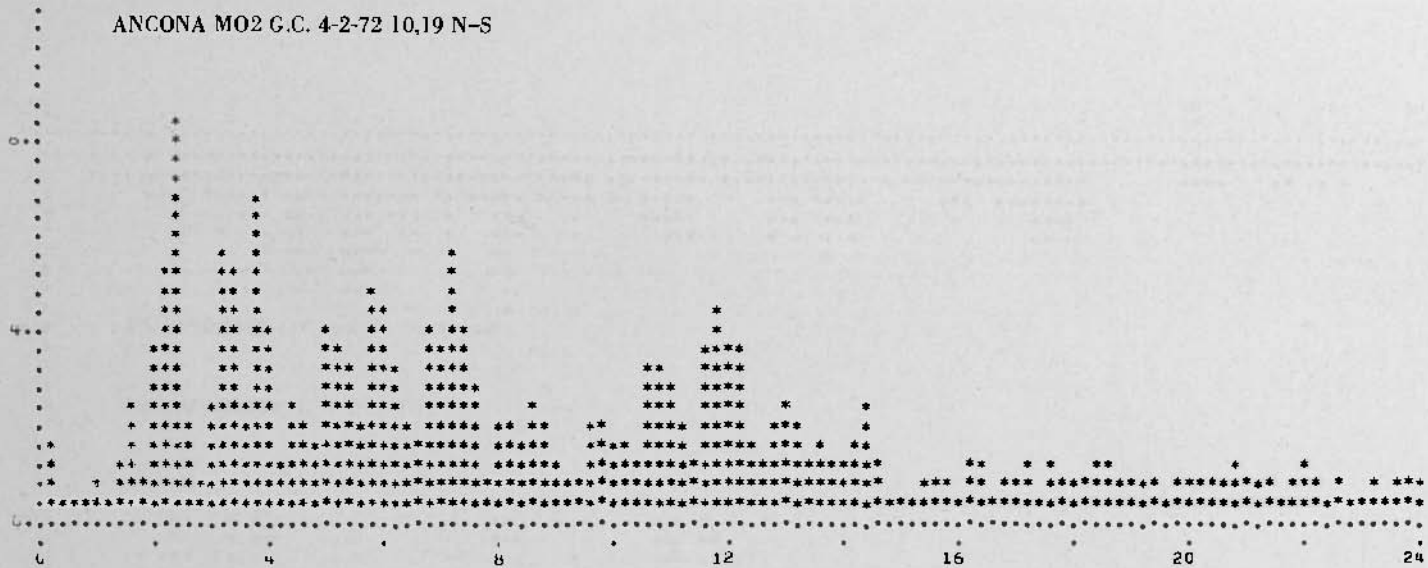


ANCONA M02 G.C. 4-2-72 03,42 Z

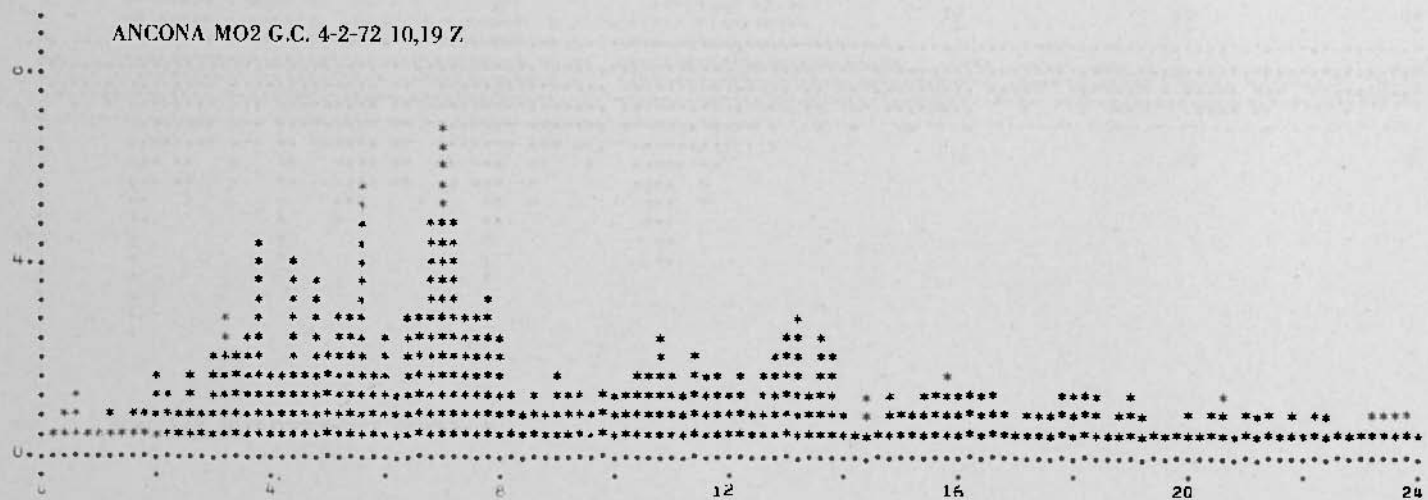


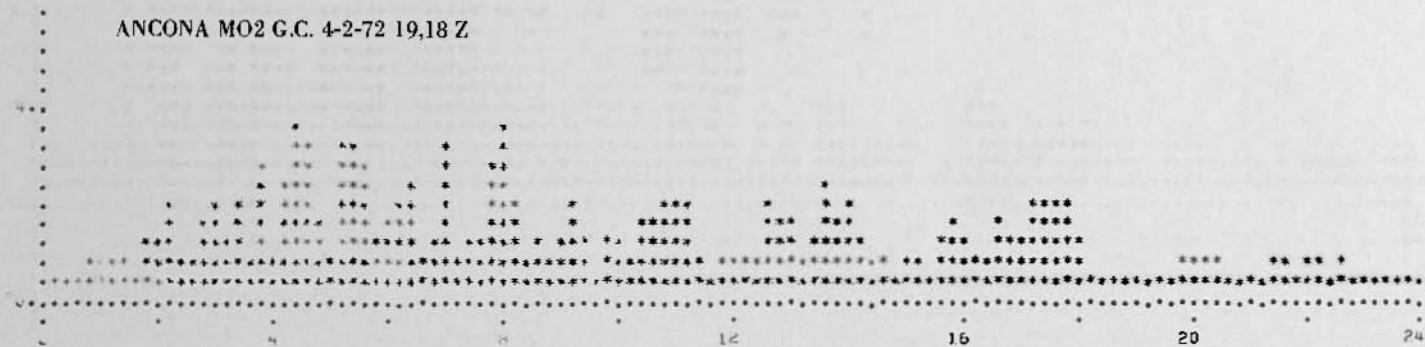
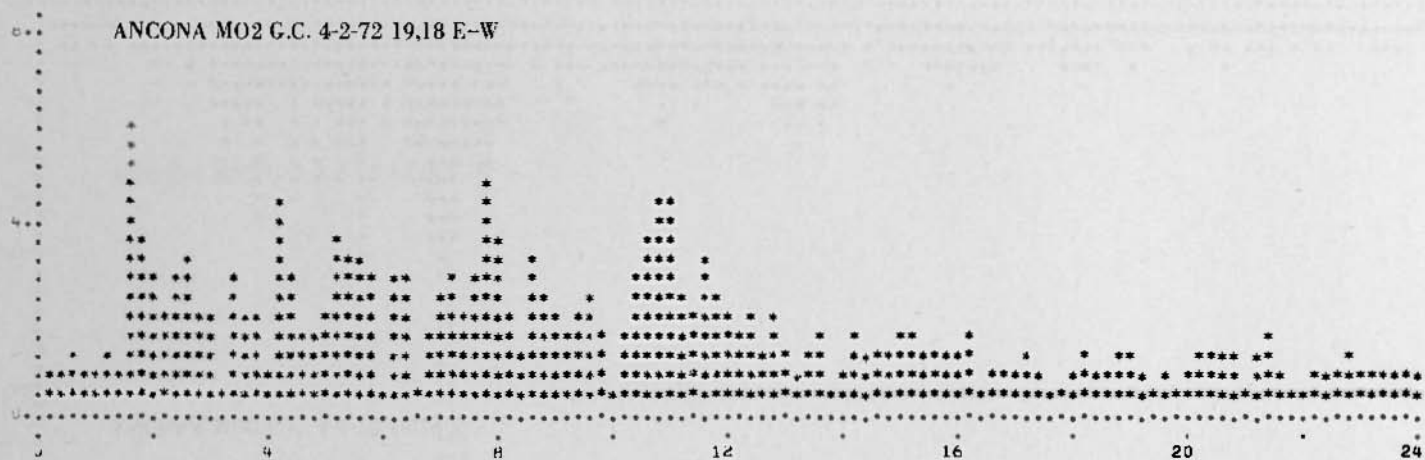


ANCONA MO2 G.C. 4-2-72 10,19 N-S

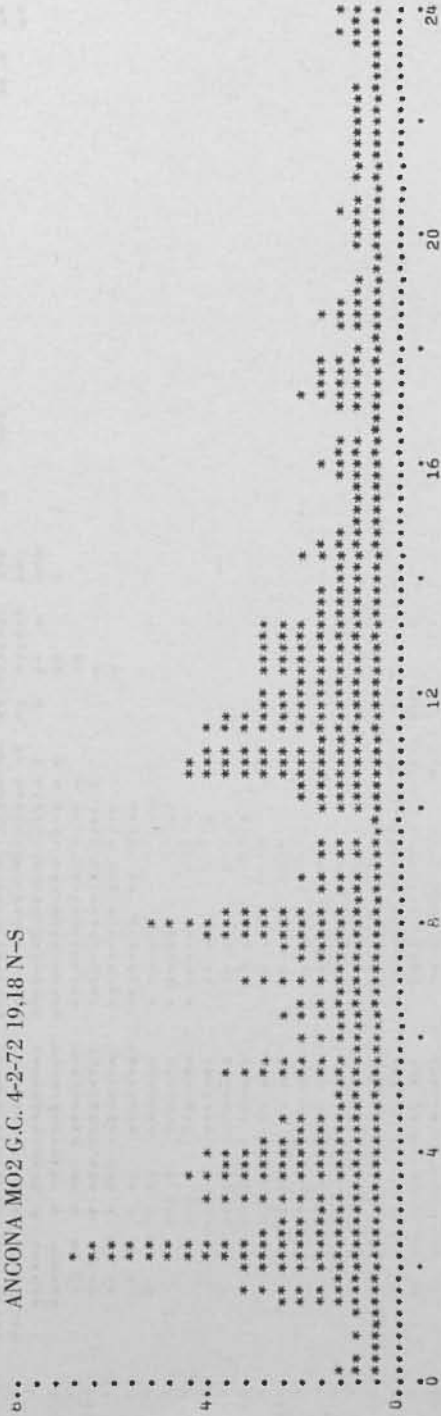


ANCONA MO2 G.C. 4-2-72 10,19 Z

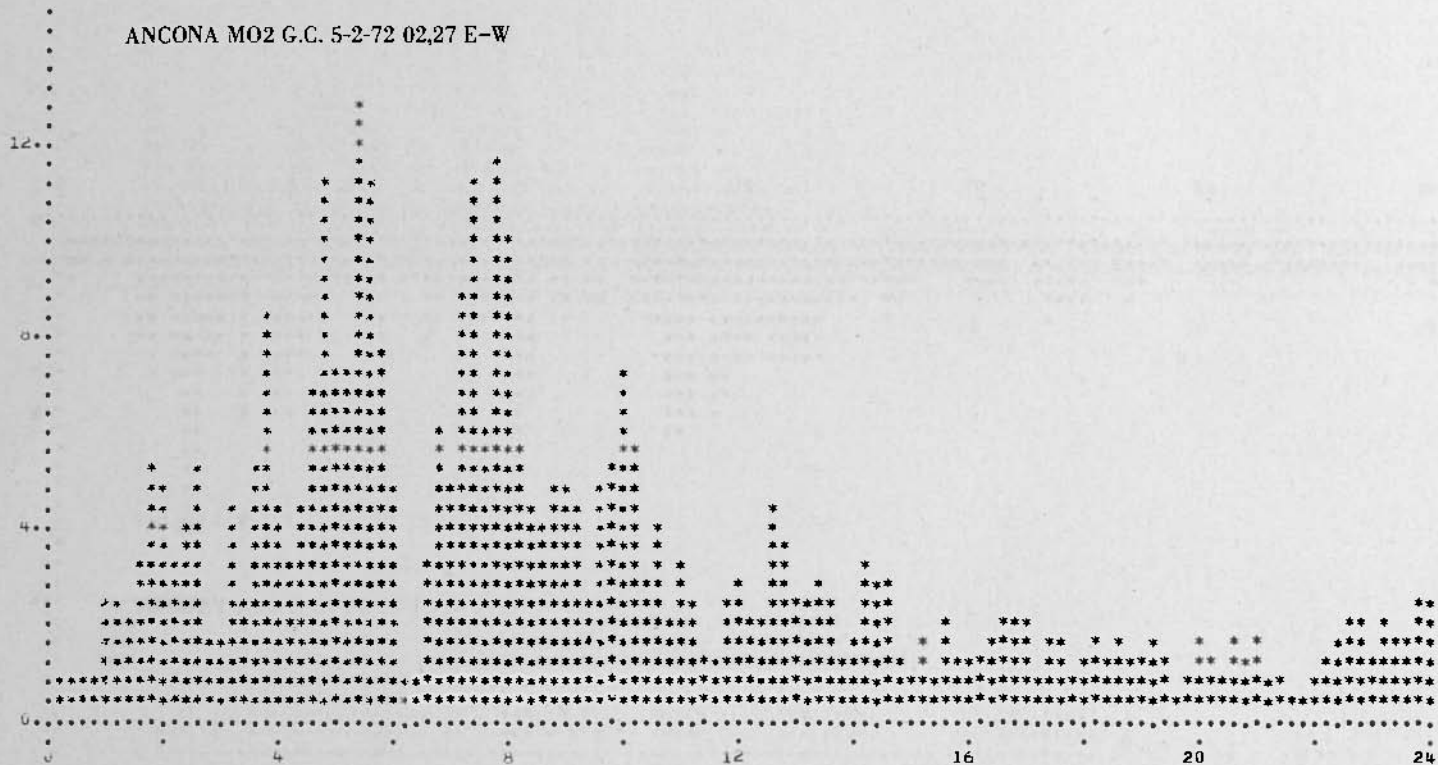




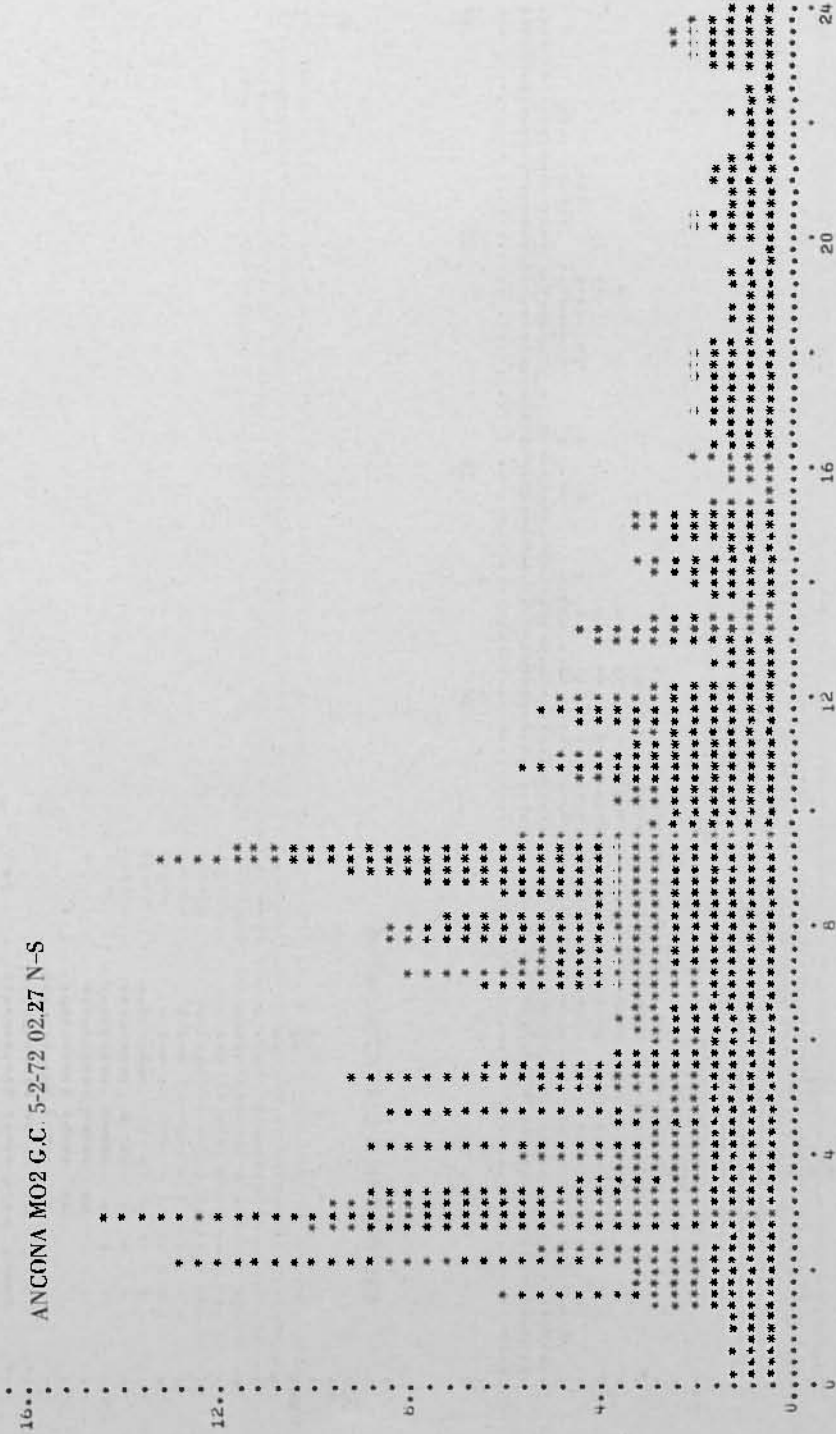
ANCONA M02 G.C. 4-2-72 19,18 N-S



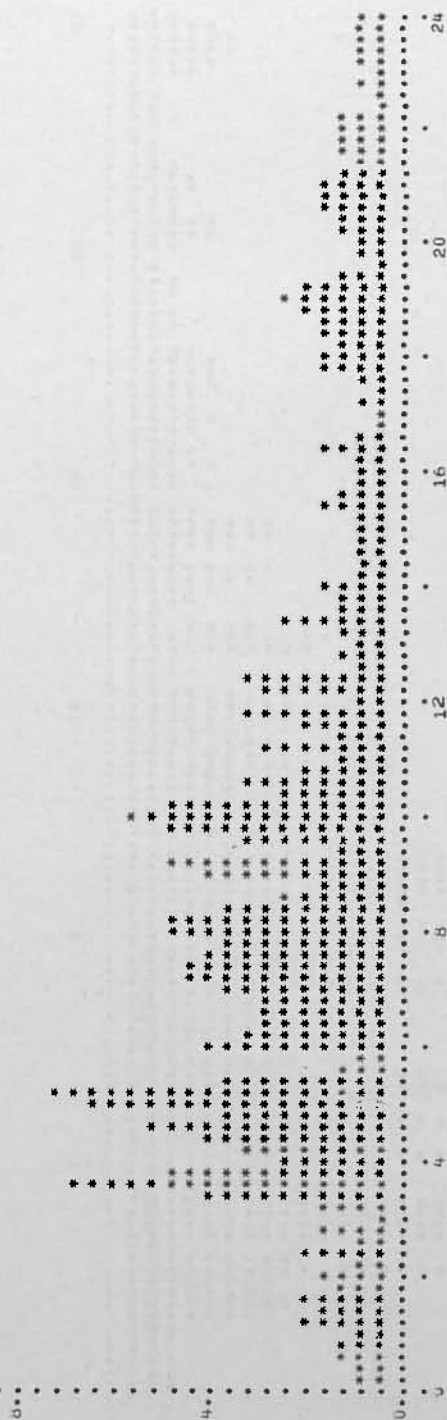
ANCONA MO2 G.C. 5-2-72 02,27 E-W



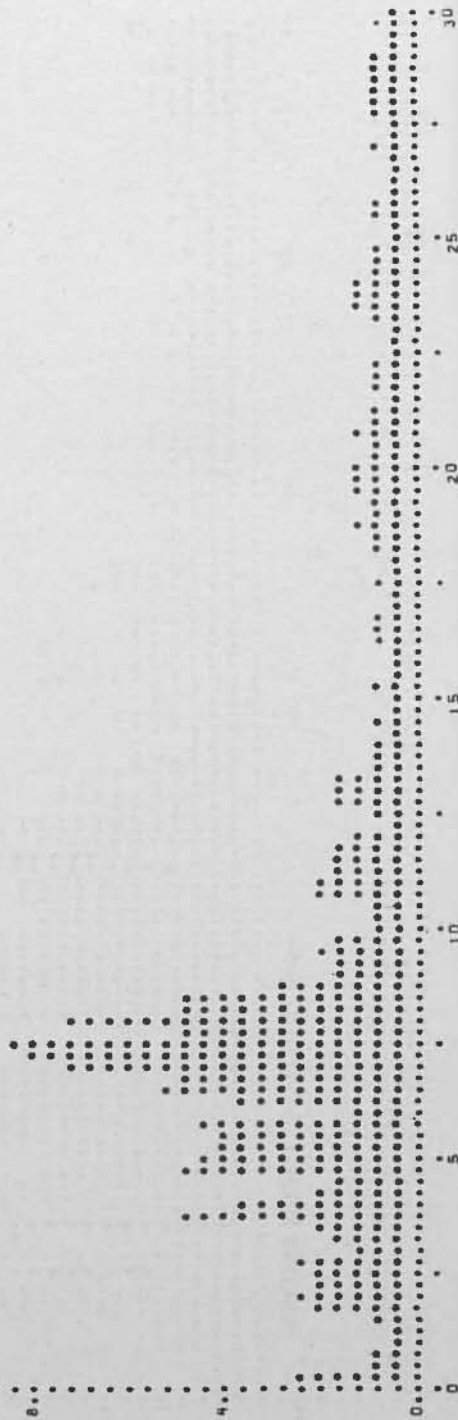
ANCONA MO2 G.C. 5-2-72 02.27 N-S



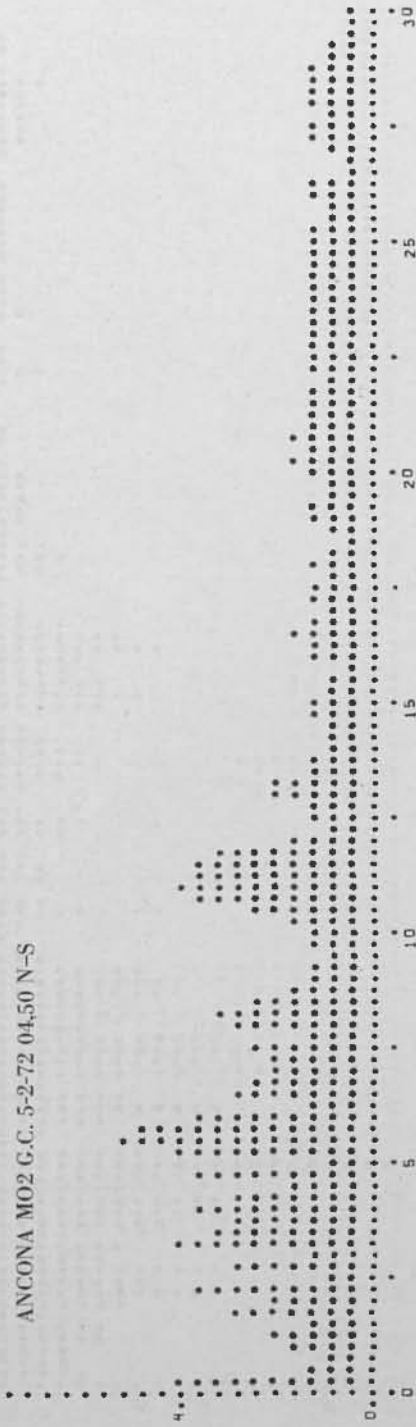
ANCONA M02 G.C. 5-2-72 02.27 Z



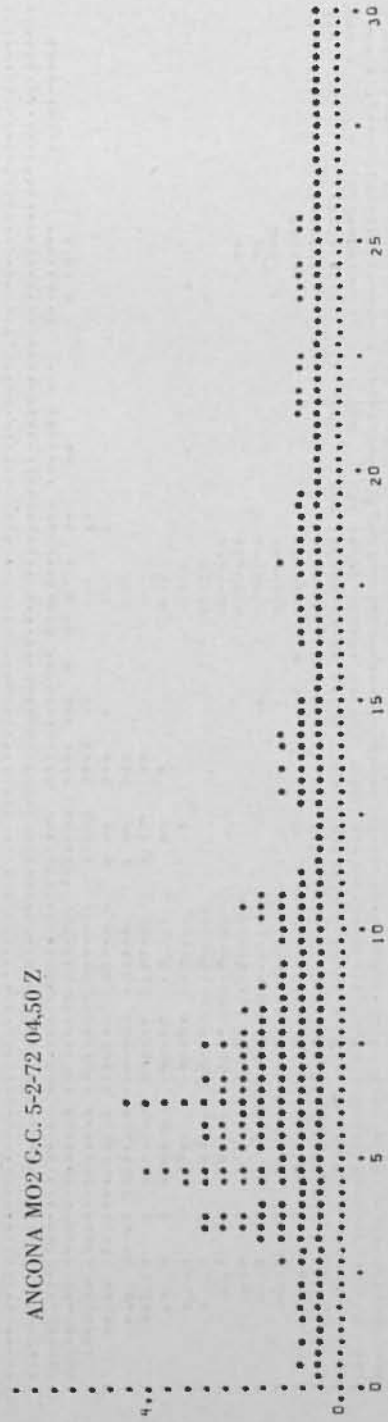
ANCONA M02 G.C. 5-2-72 04.50 E-W



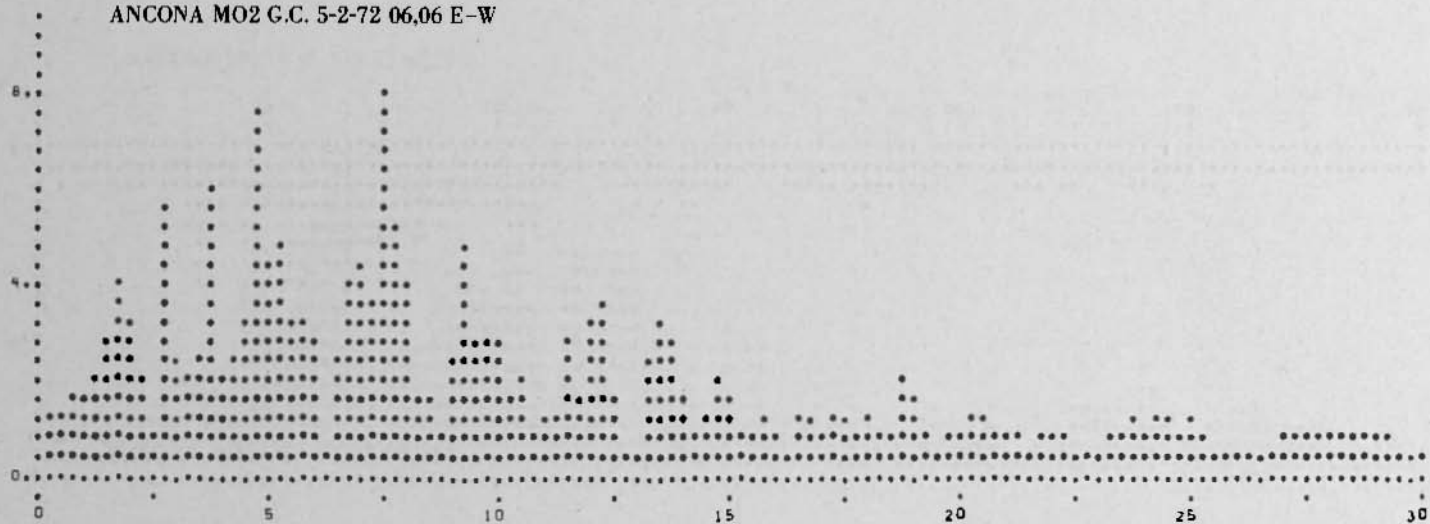
ANCONA MO2 G.C. 5-2-72 04,50 N-S



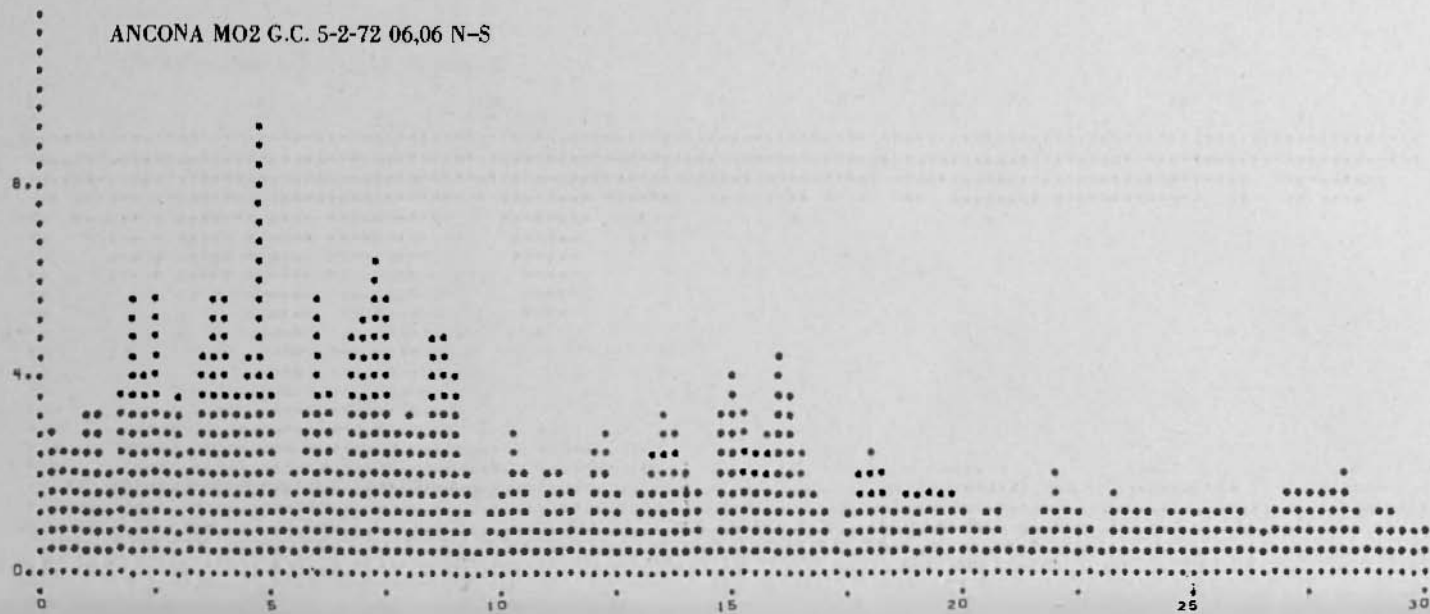
ANCONA MO2 G.C. 5-2-72 04,50 Z



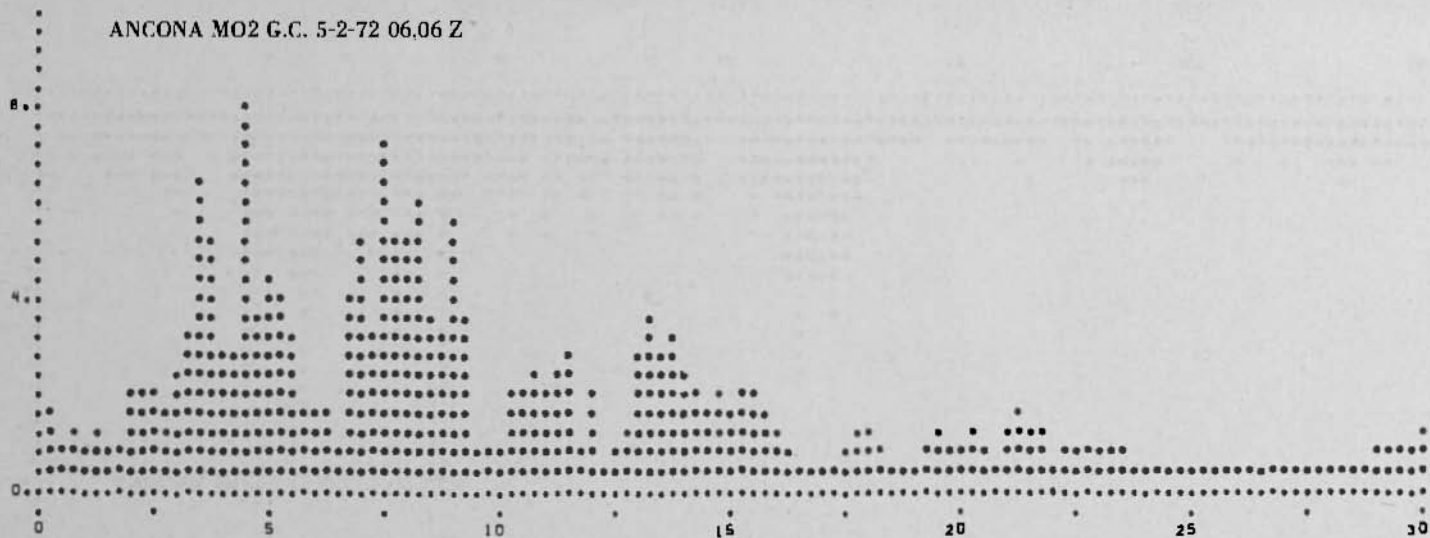
ANCONA MO2 G.C. 5-2-72 06,06 E-W



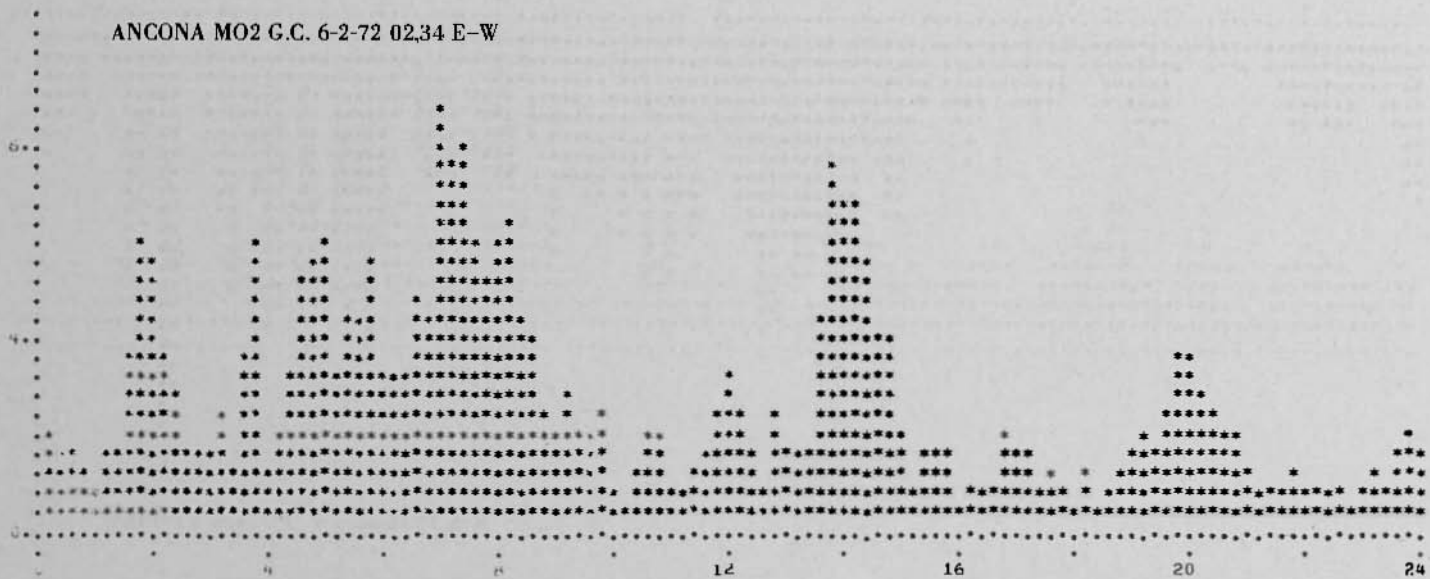
ANCONA MO2 G.C. 5-2-72 06,06 N-S



ANCONA MO2 G.C. 5-2-72 06,06 Z



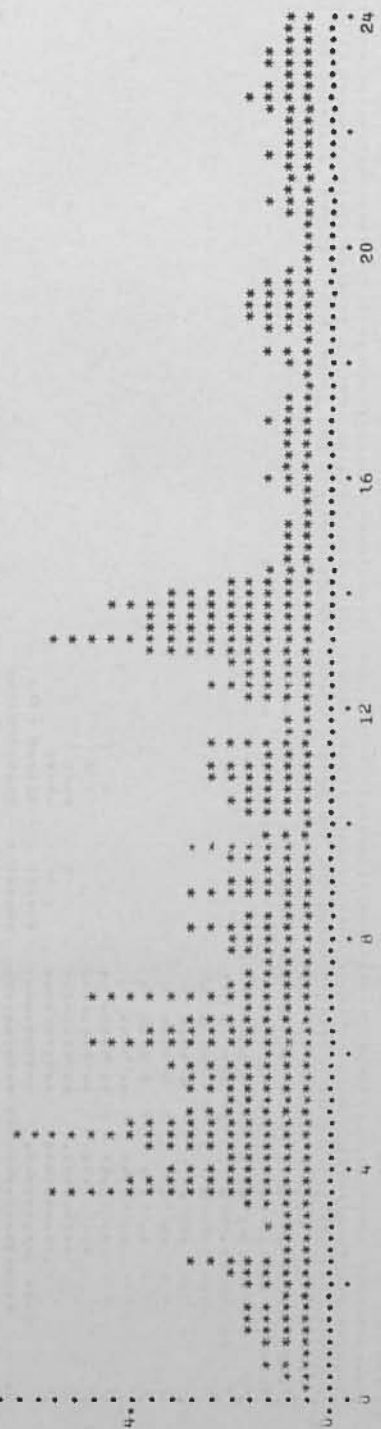
ANCONA MO2 G.C. 6-2-72 02,34 E-W



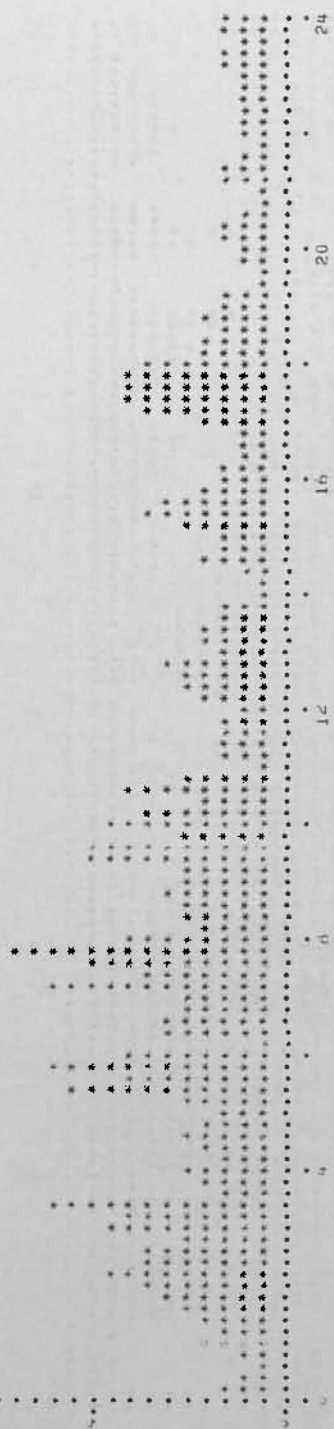
ANCONA M02 G.C. 6-2-72 02.34 N-S



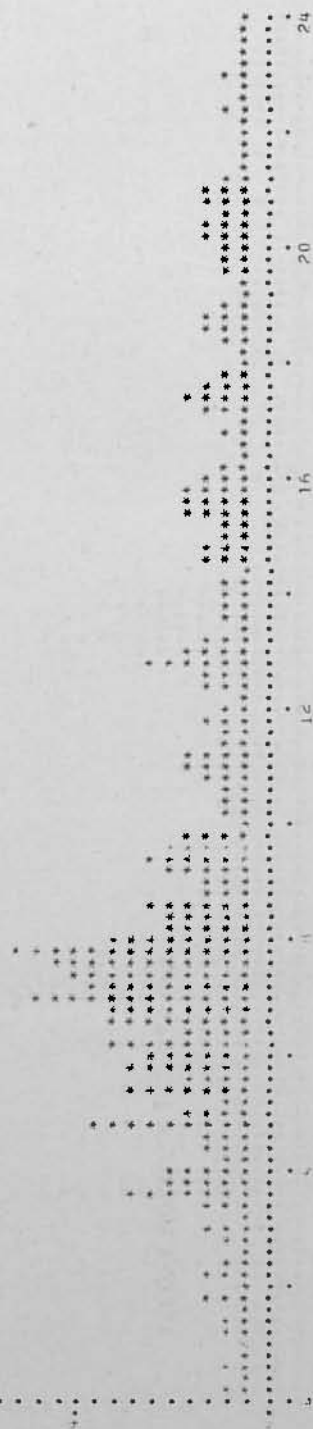
ANCONA M02 G.C. 6-2-72 02.34 Z



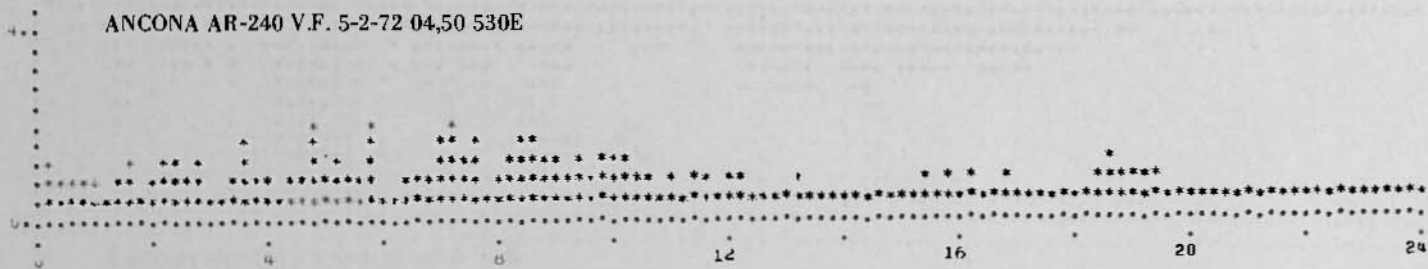
ANCOVA MO2 G.C. 8-2-72 13,19 N-S



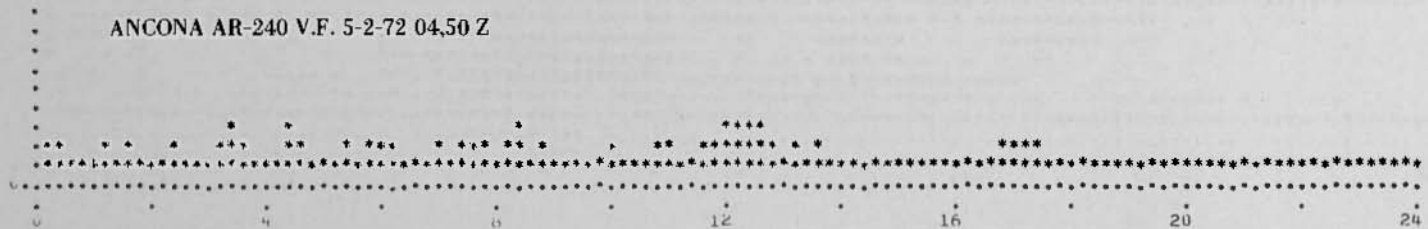
ANCOVA MO2 G.C. 8-2-72 13,19 Z



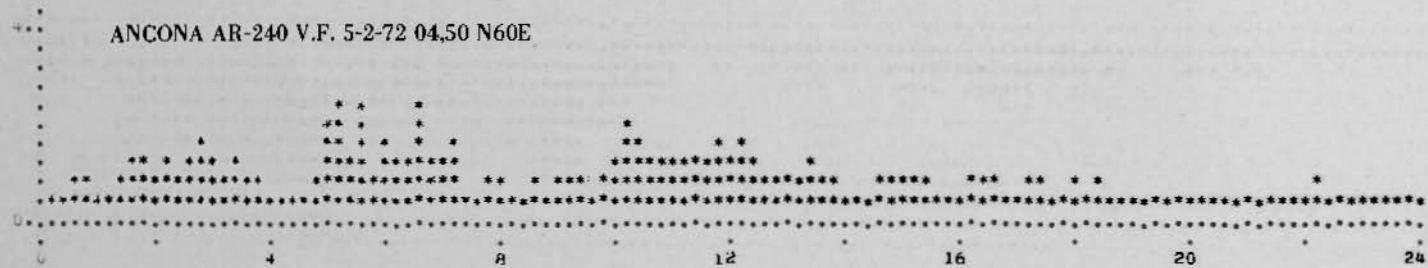
ANCONA AR-240 V.F. 5-2-72 04,50 530E



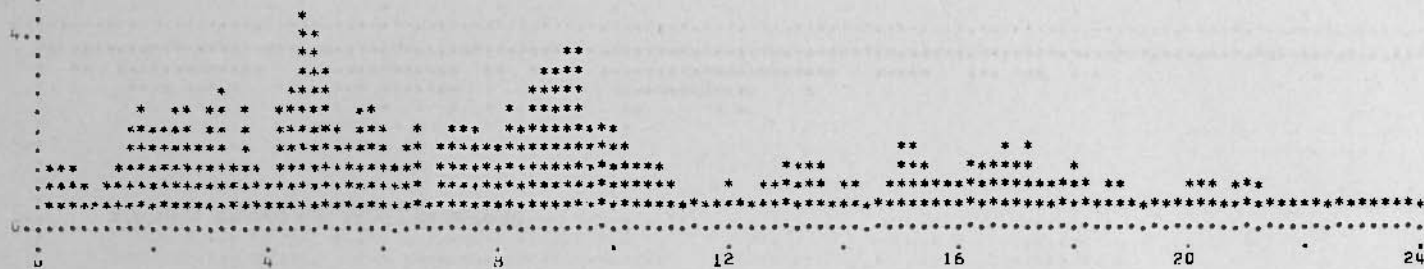
ANCONA AR-240 V.F. 5-2-72 04,50 Z



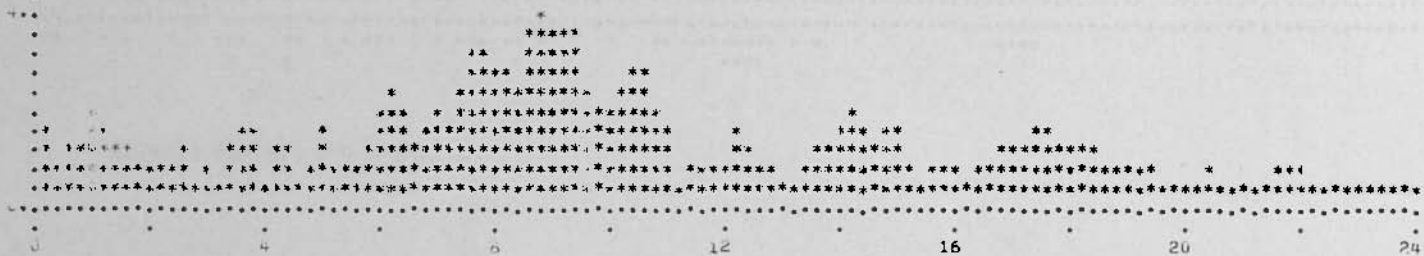
ANCONA AR-240 V.F. 5-2-72 04,50 N60E



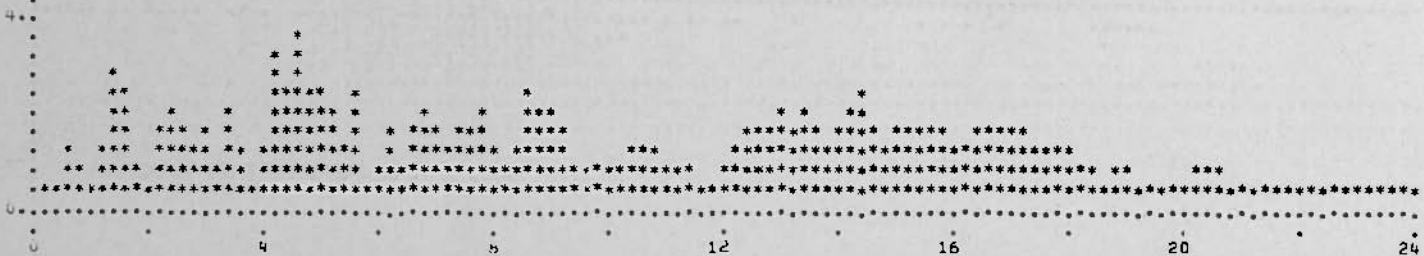
ANCONA AR-240 V.F. 5-2-72 06.06 530E



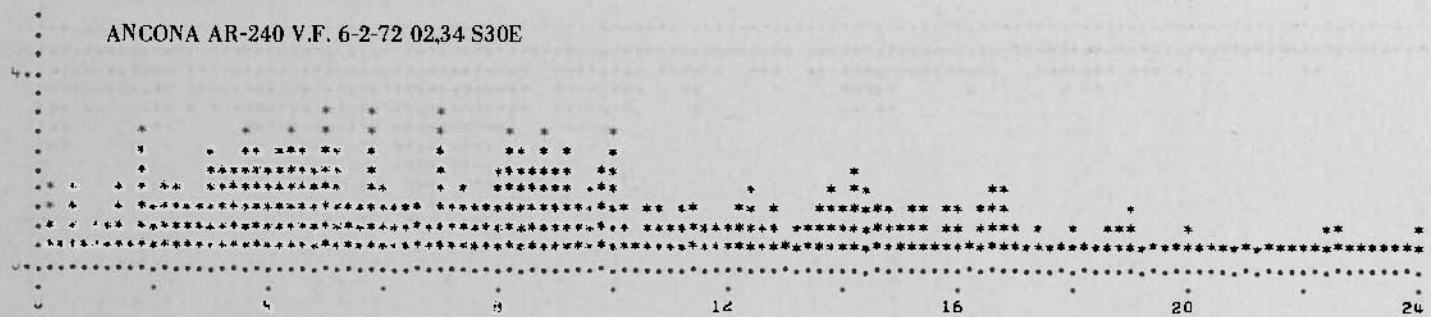
ANCONA AR-240 V.F. 5-2-72 06,06 Z



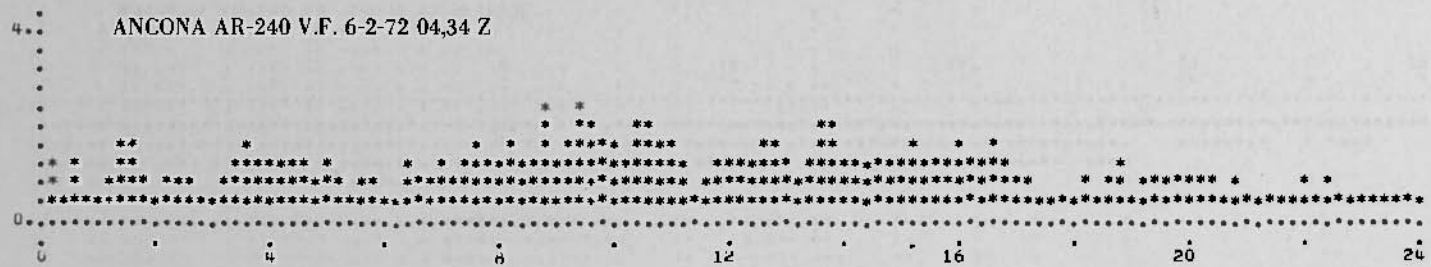
ANCONA AR-240 V.F. 5-2-72 06,06 N60E



ANCONA AR-240 V.F. 6-2-72 02,34 S30E

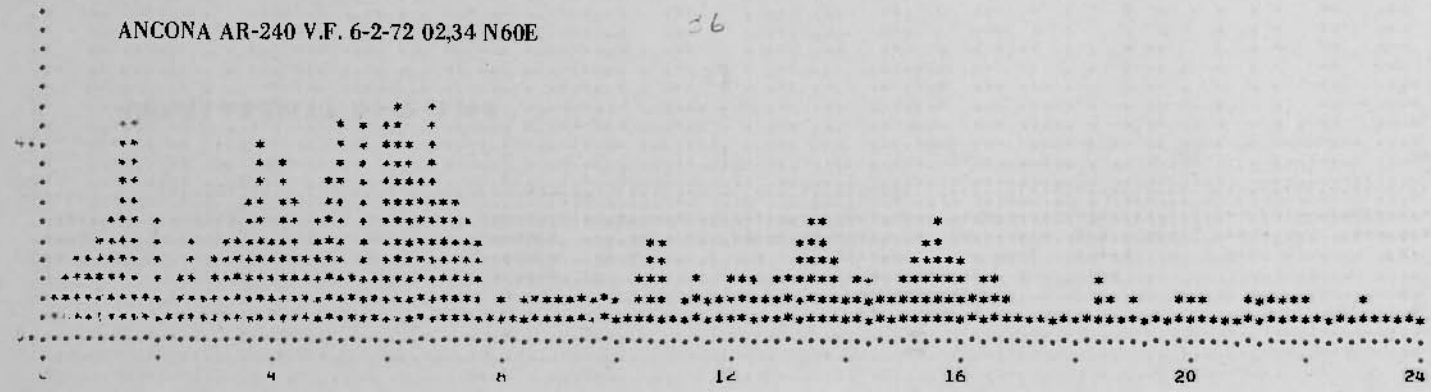


ANCONA AR-240 V.F. 6-2-72 04,34 Z



ANCONA AR-240 V.F. 6-2-72 02,34 N60E

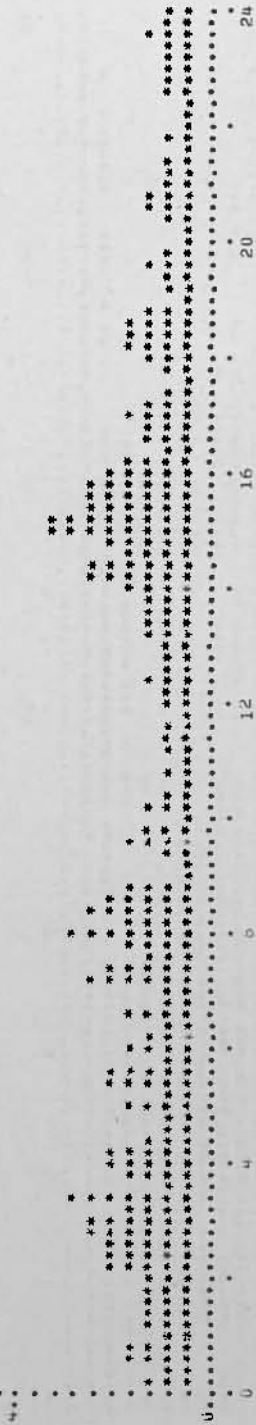
36



GROUP III

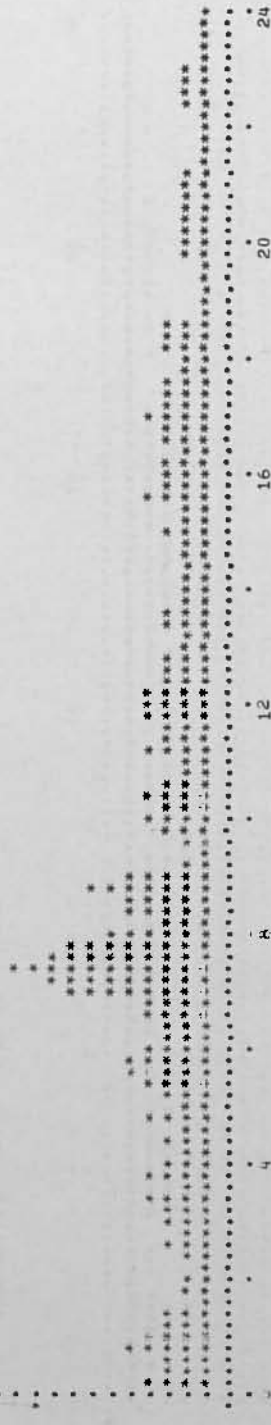
133

ANCONA AR-240 V.F. 8-2-72 13,19 S30E

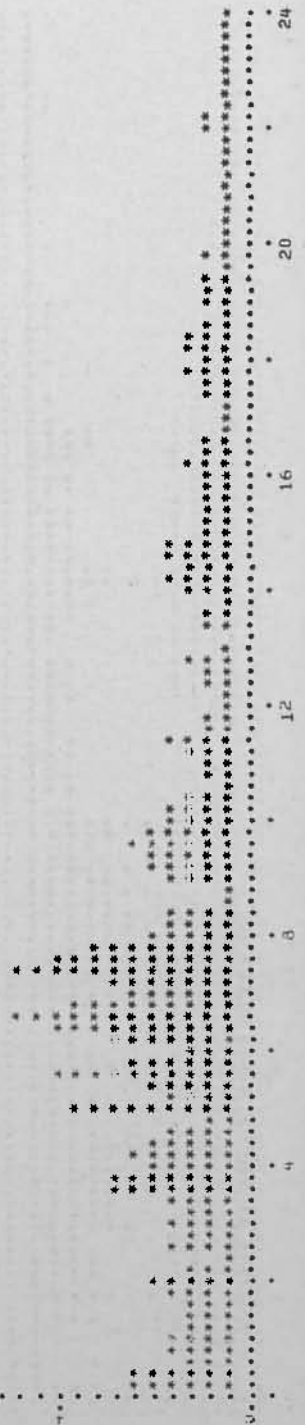


ANCONA AR-240 V.F. 8-2-72 13,19 Z

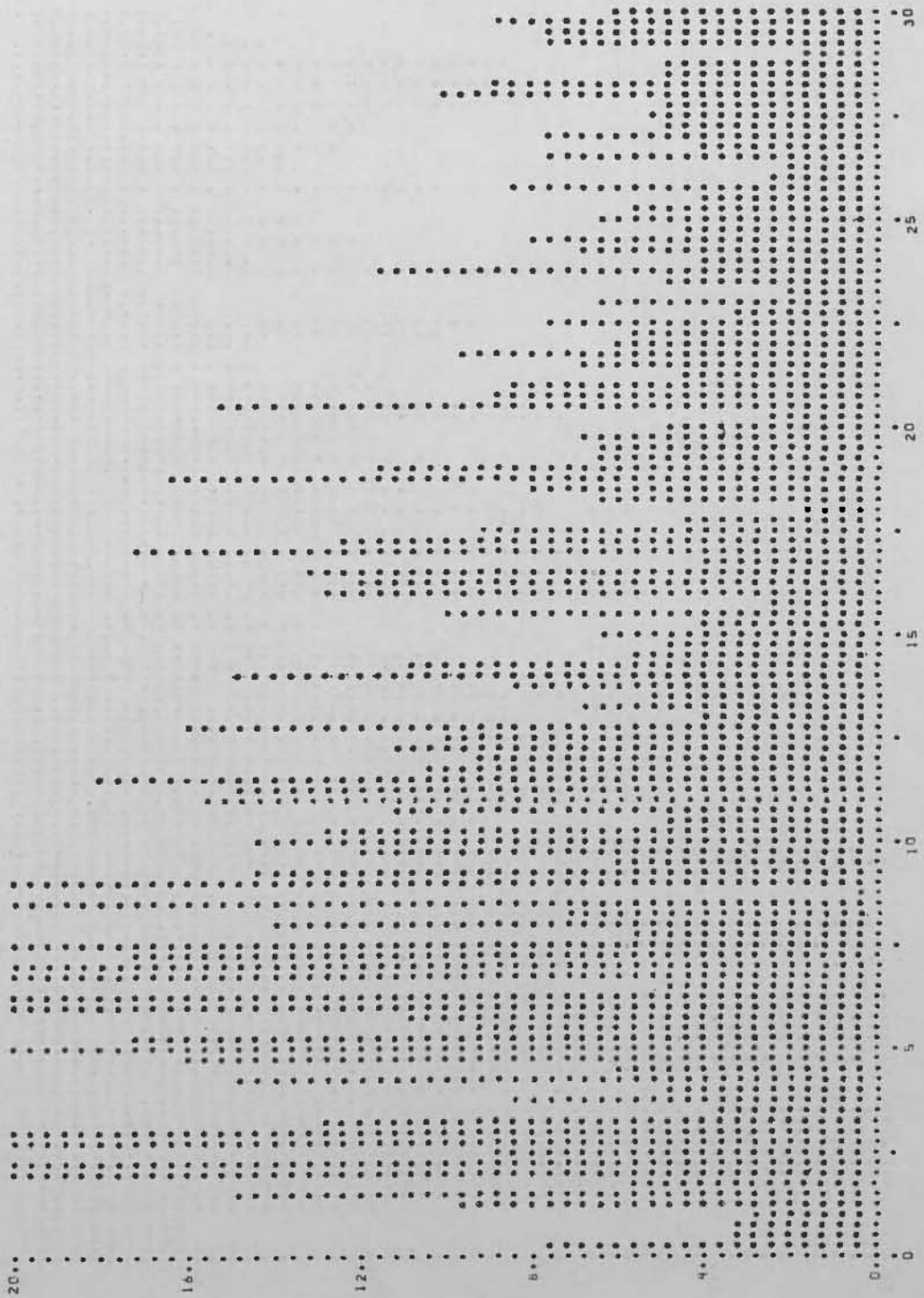
38



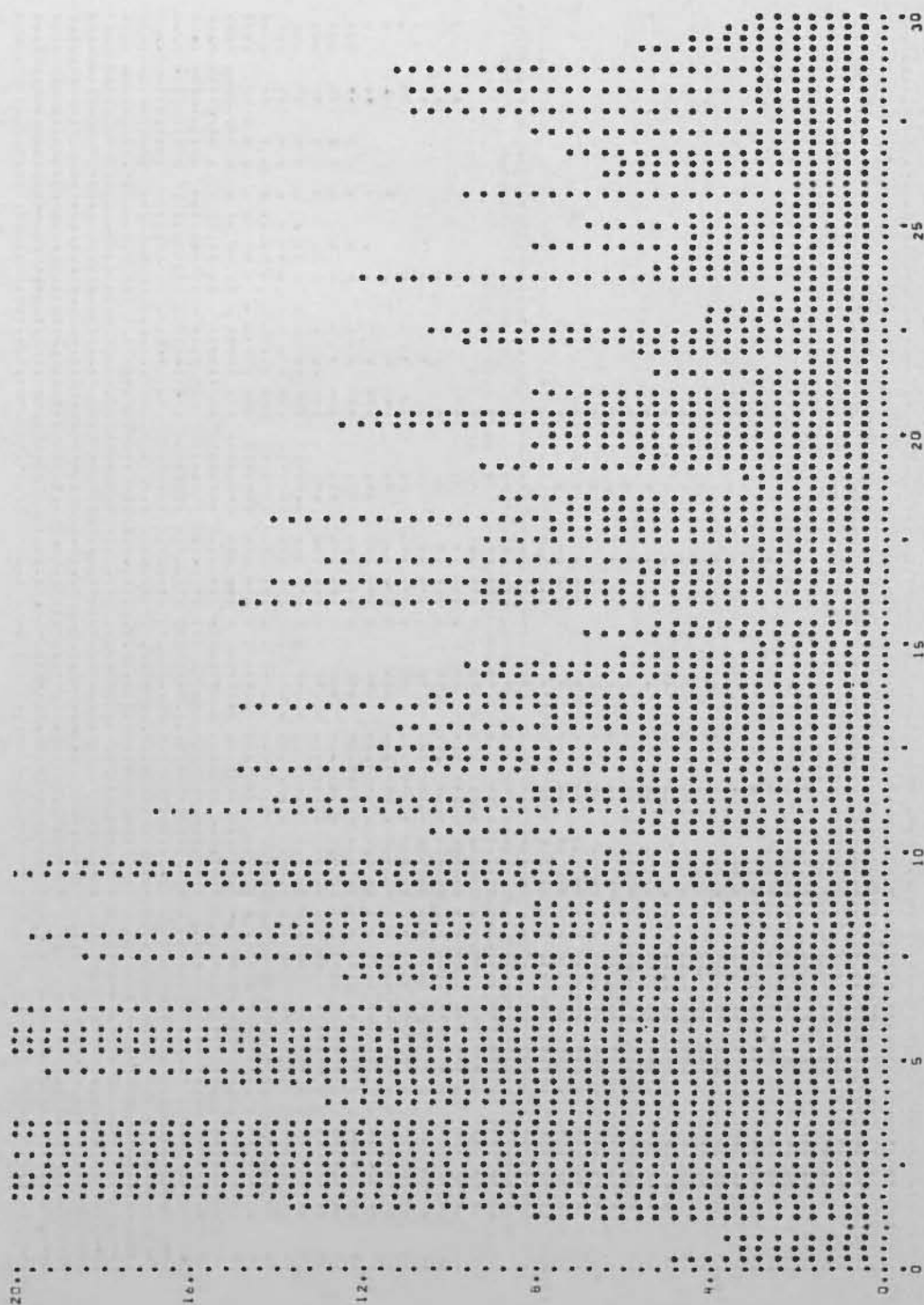
ANCONA AR-240 V.F. 8-2-72 13,19 N60E

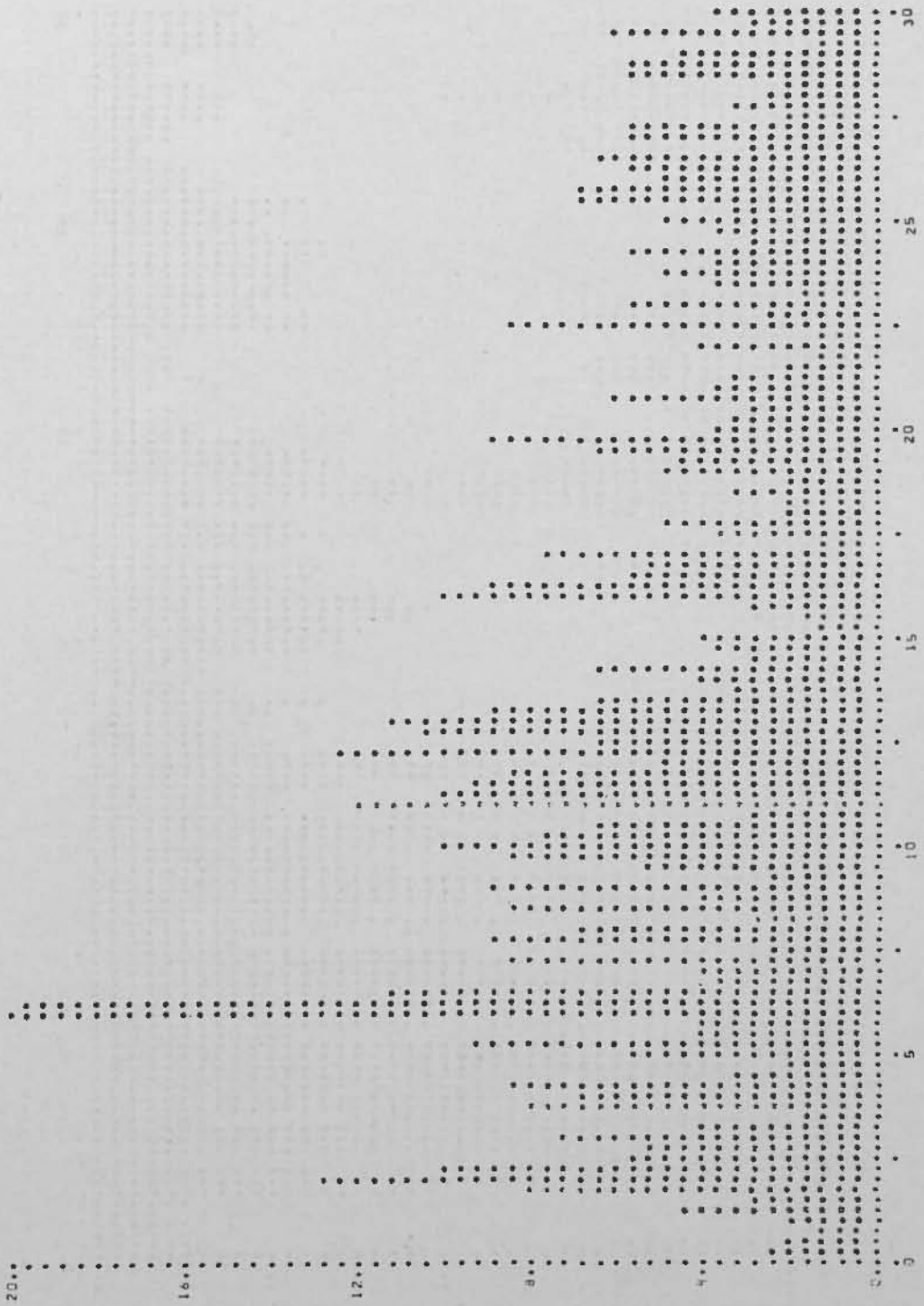


ANCONA MO2 C.C. 14-6-72 20.56 E-W

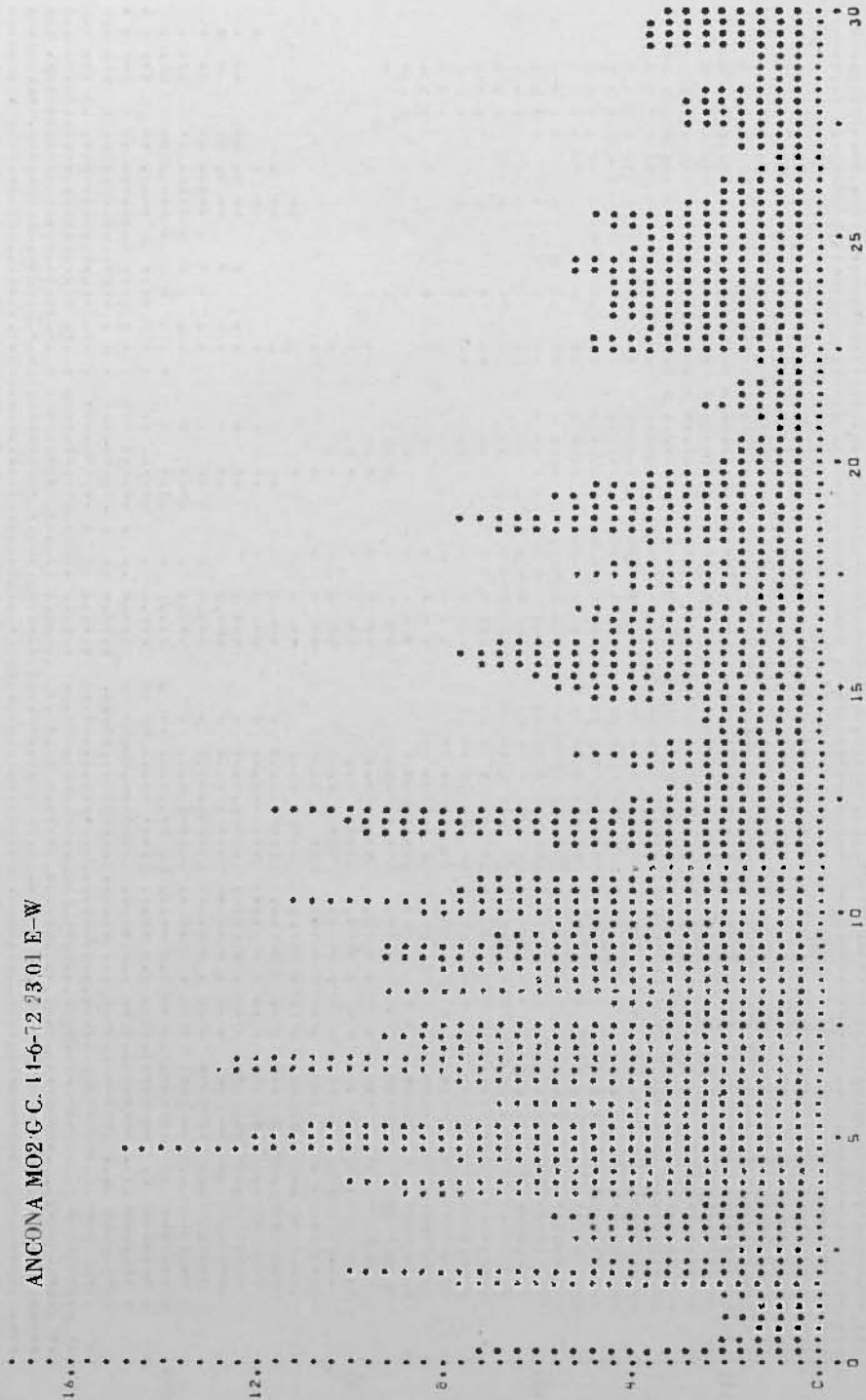


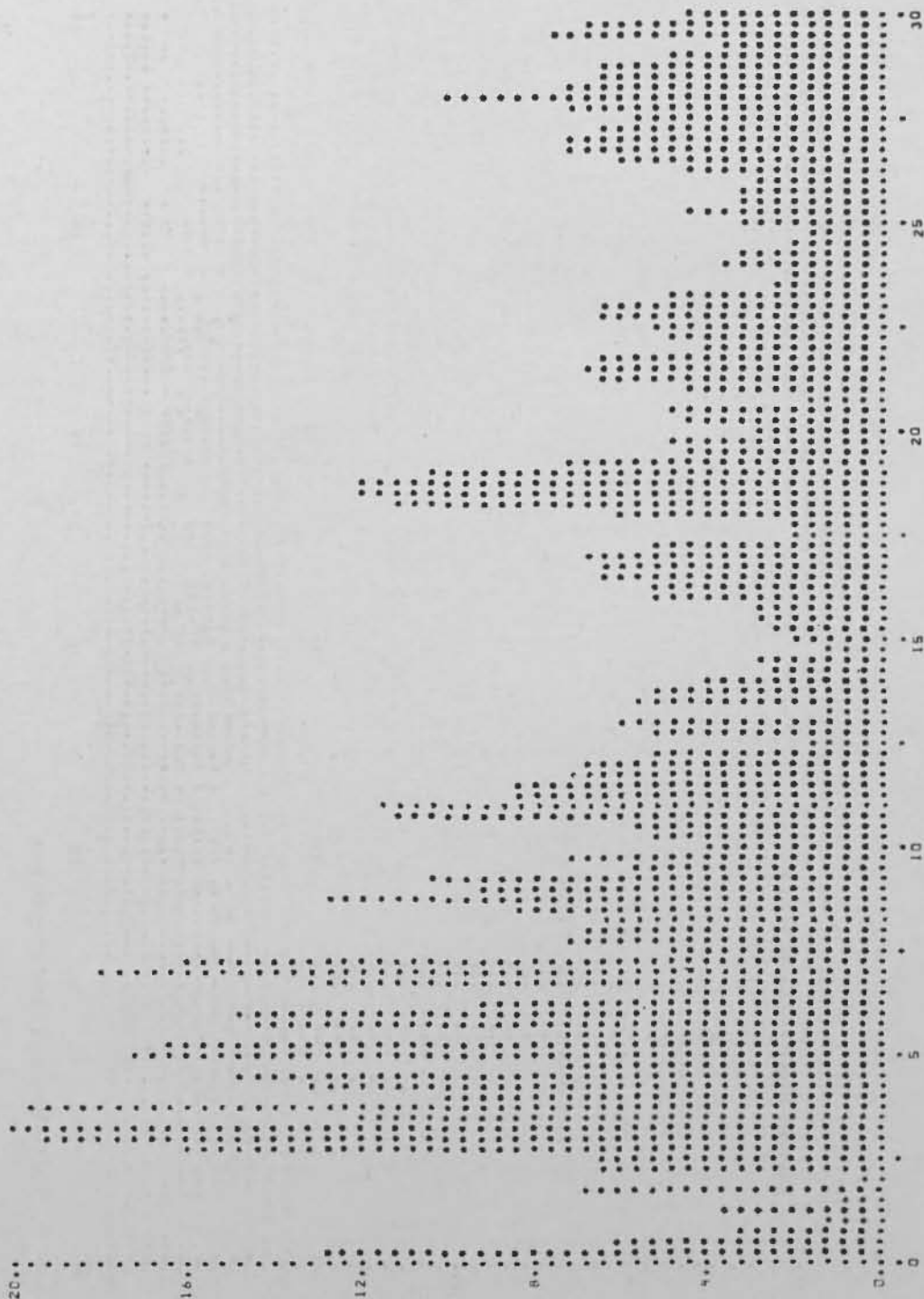
ANCONA MO2 G.C. 14-6-72 20,56 N-S

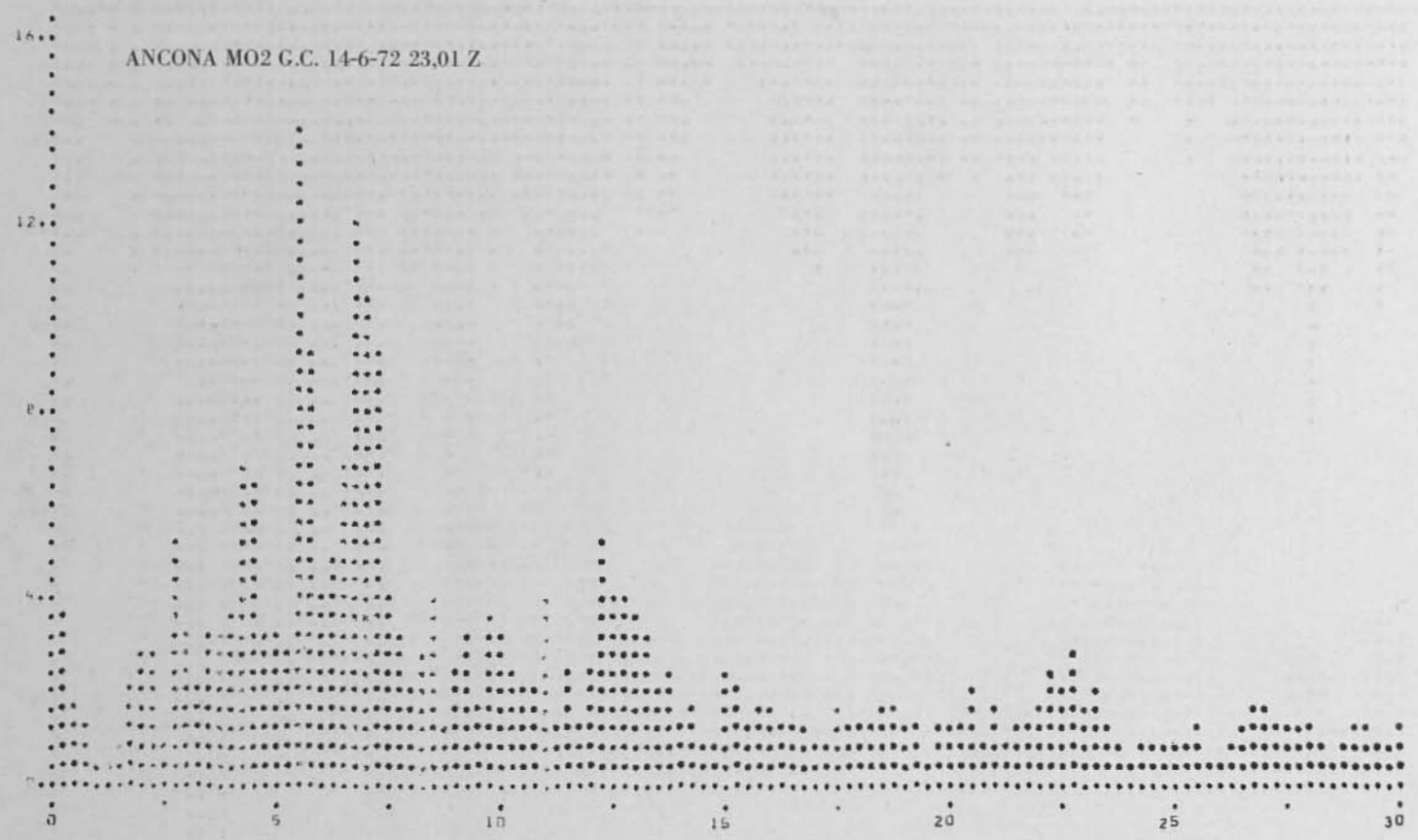




ANCONA MO2 G.C. 11-6-72 23 01 E-W



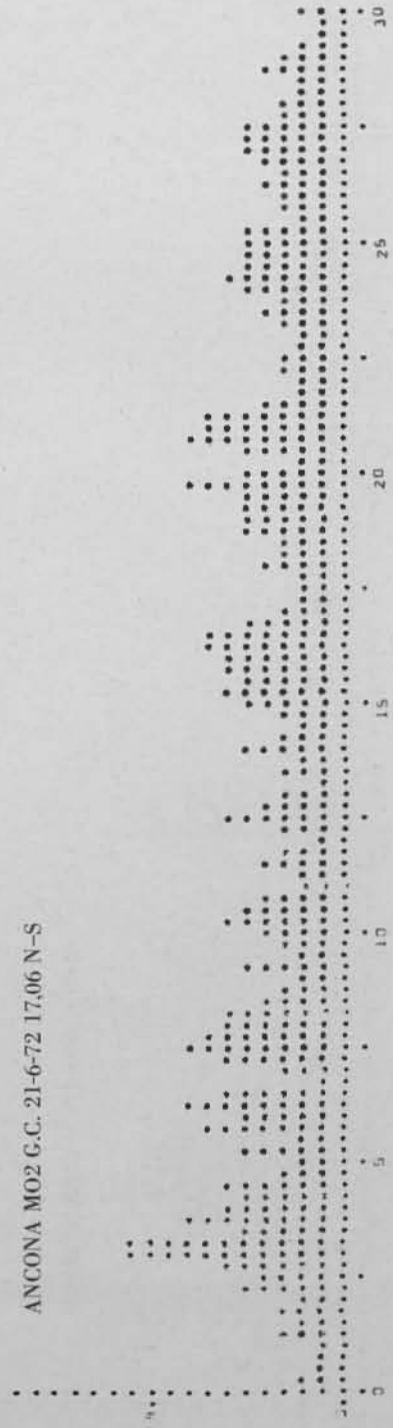




ANCONA MO2 G.C. 21-6-72 17,06 E-W

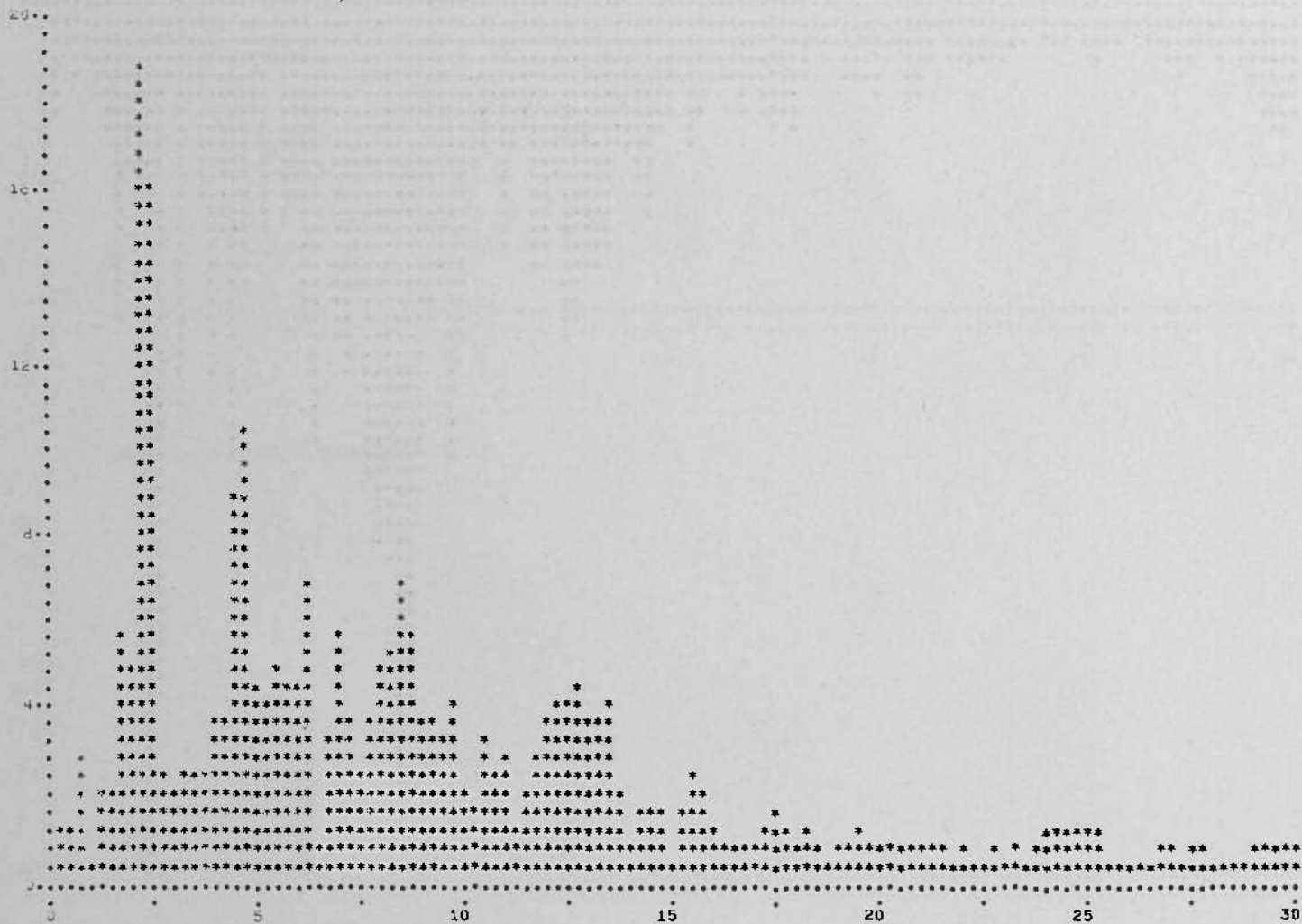


ANCONA MO2 G.C. 21-6-72 17,06 N-S

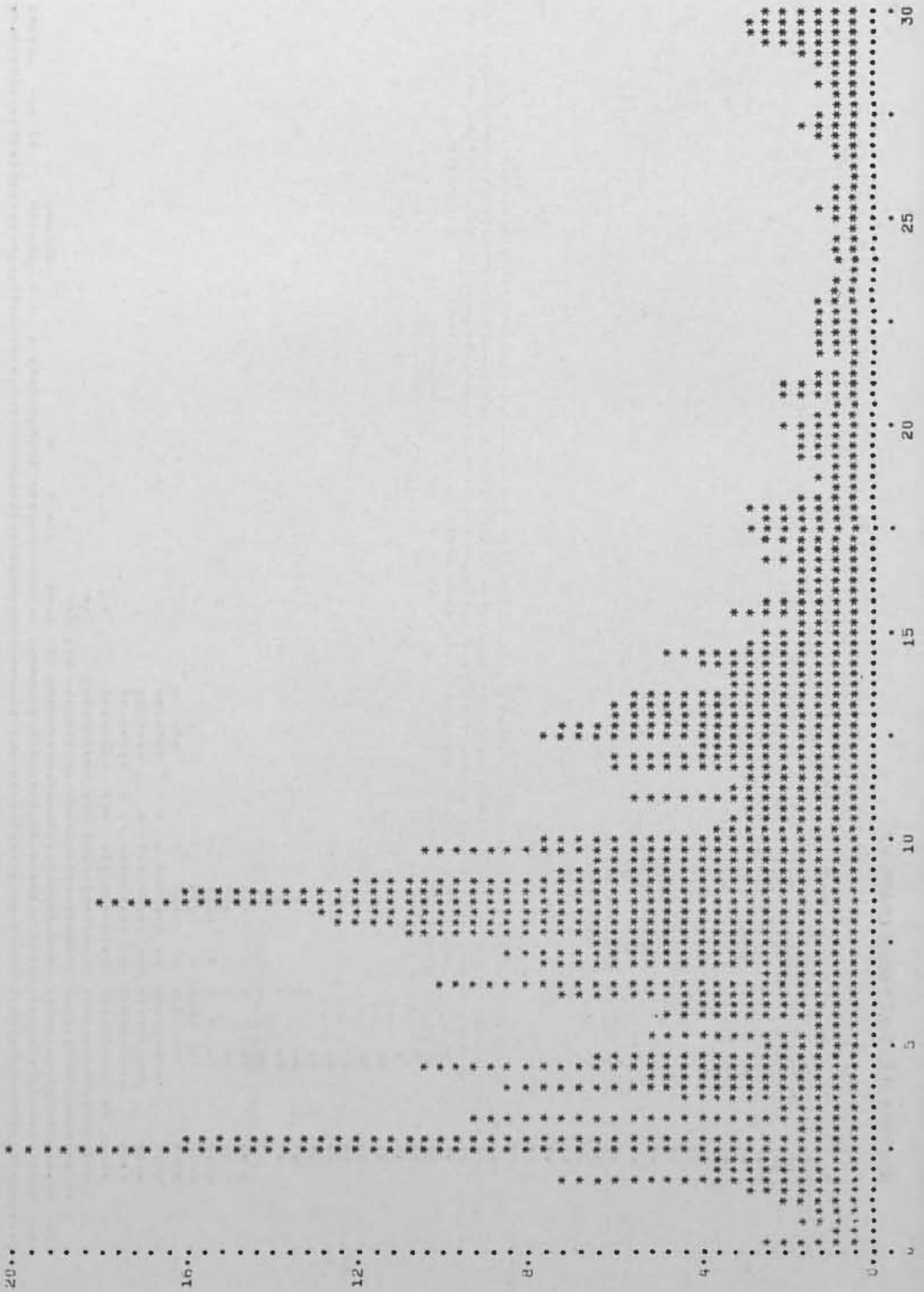


ANCONA MO2 G.C. 21-6-72 17,06 Z

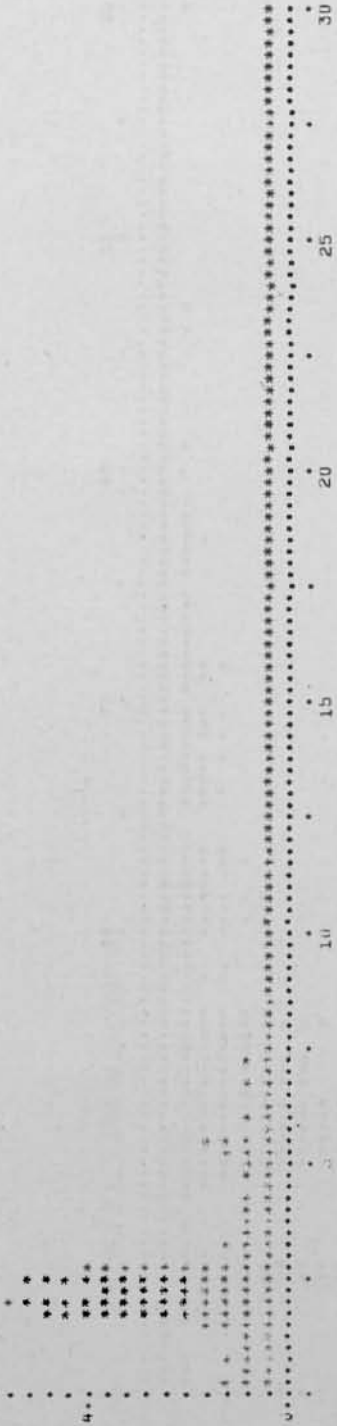




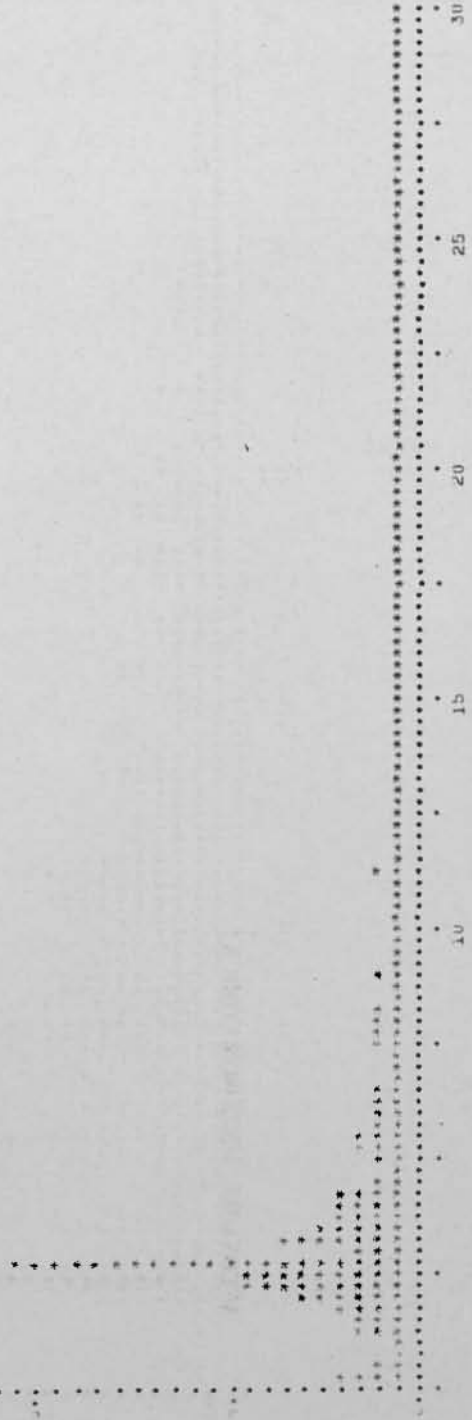
ANCONA H.E. 5-2-72 06,06 COMP. B1



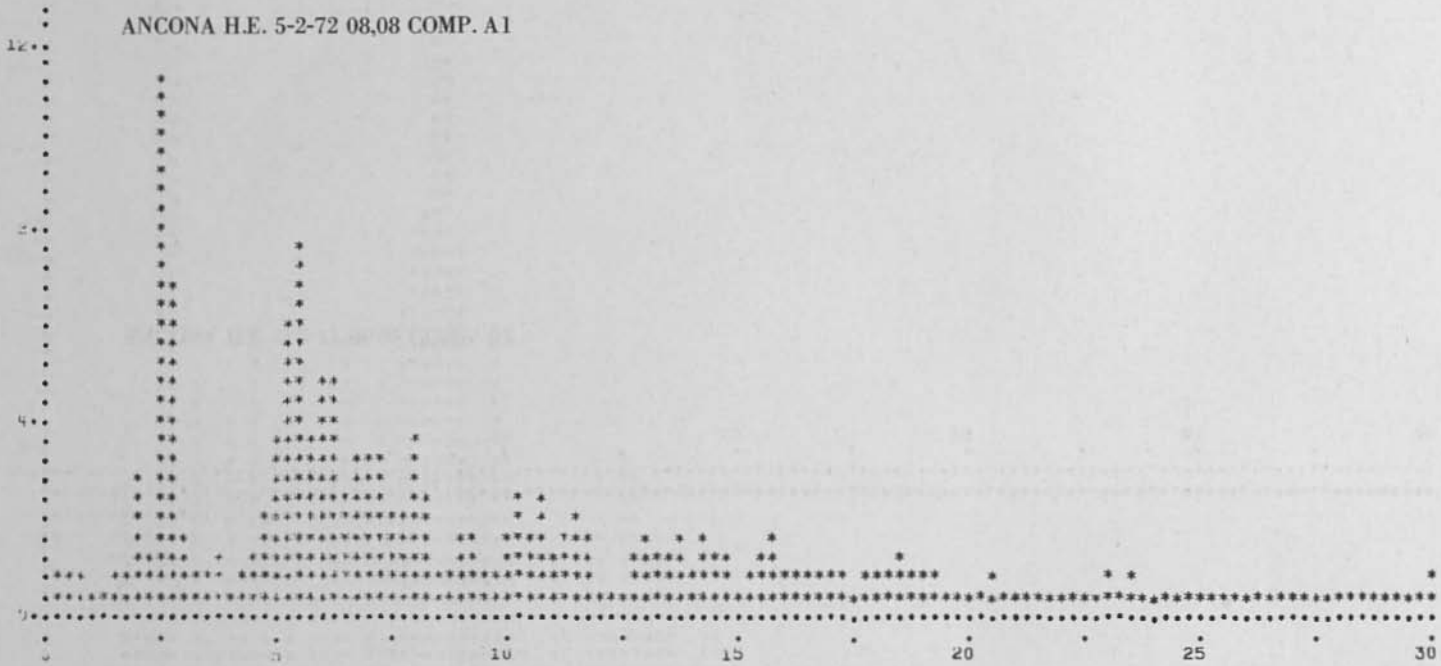
ANCONA H E. 5-2-72 06 06 COMP. A2



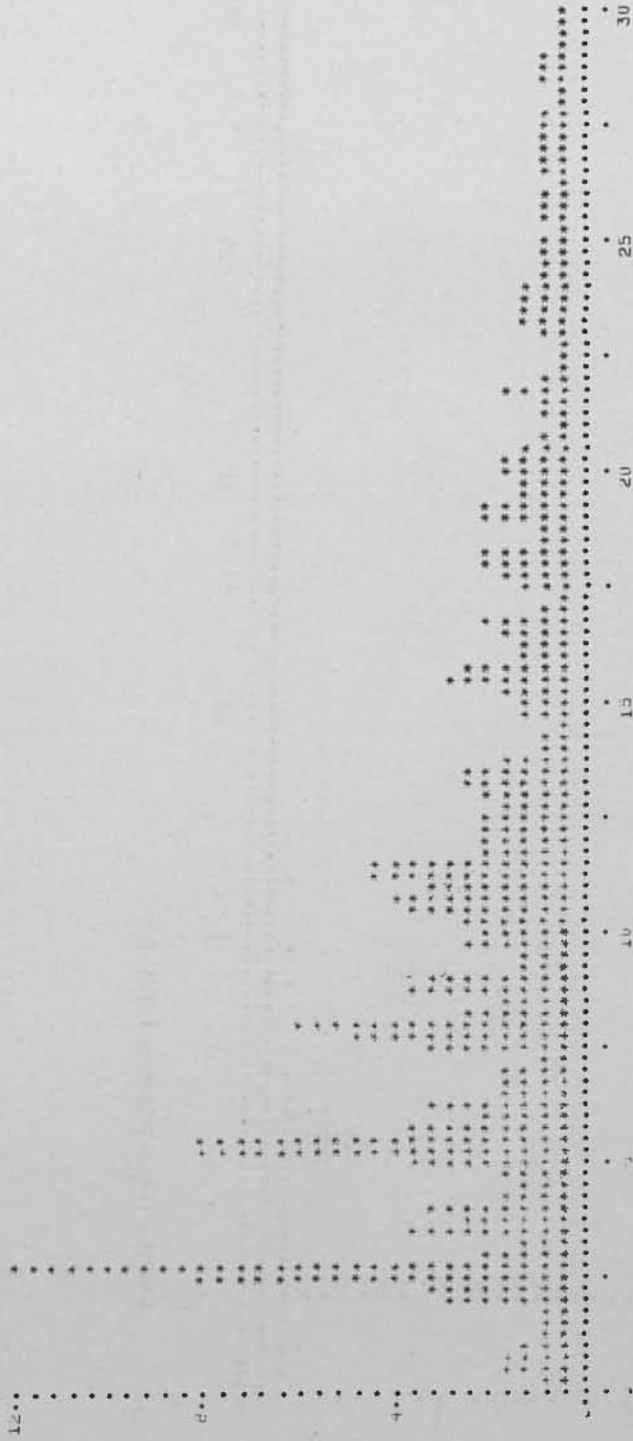
ANCONA H E. 5-2-72 06 06 COMP. B2



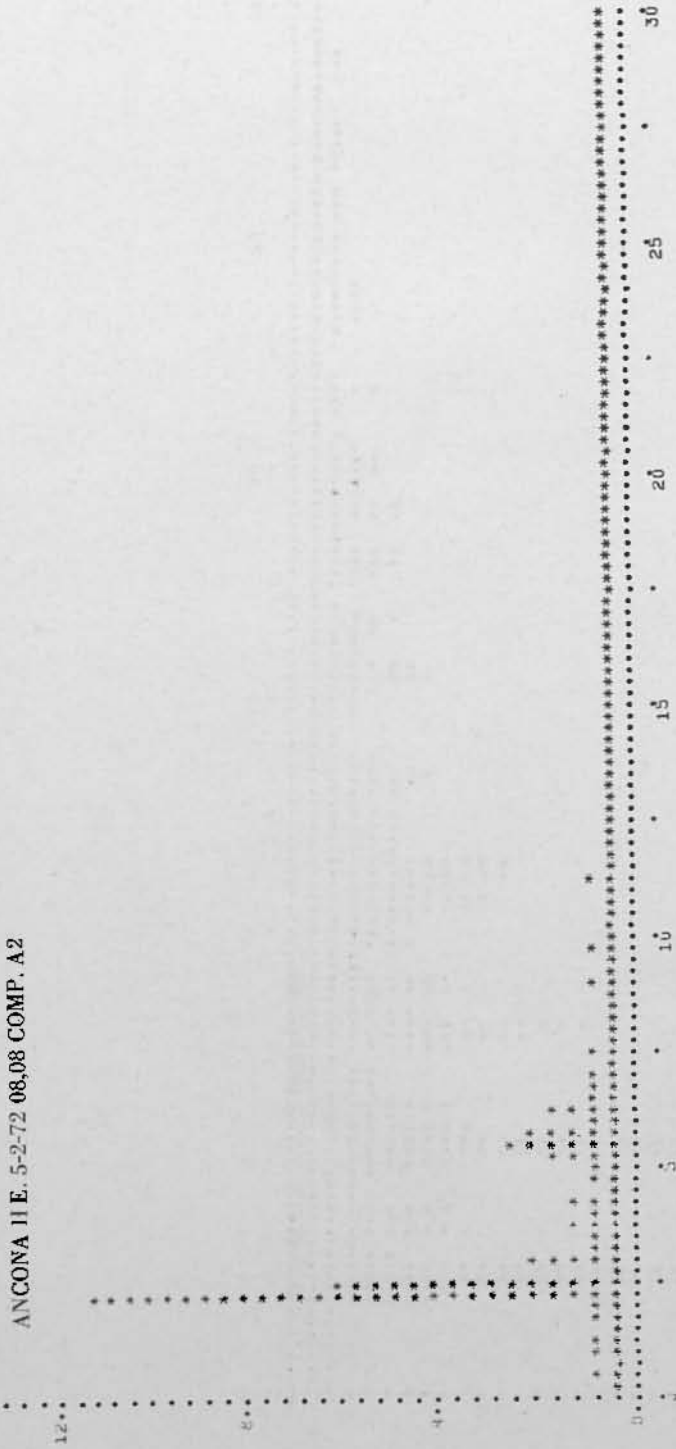
ANCONA H.E. 5-2-72 08,08 COMP. A1



ANCONA H.E. 5-2-72 08,08 COMP. B1



ANCONA II E. 5-2-72 08,08 COMP. A2



ANCONA H E. 5-2-72 08,08 COMP. B2

