

**Rapporto di Prova n°518/10/S**

SETTORE: Geofisica - sismica a rifrazione con onde P e SH

COMMITTENTE: Sig. Tommaso Leoncini

CANTIERE: Ortimino (FI)

D.L.: Geol. C. Begliomini

RIFERIMENTO: R.P.E. n°606/10

Indice:

1. Scopo dell'indagine
2. Correlazione fra velocità delle onde sismiche e parametri elastico-dinamici
3. Indagine mediante sismica a rifrazione
 - 3.1 Procedure di campagna
 - 3.2 Metodo di elaborazione dei dati
4. Presentazione dei dati
5. Risultati dell'indagine
6. Normativa sismica e calcolo del V_{s30}
7. Caratteristiche della strumentazione

Il Direttore del Laboratorio

Ing. F. Politi

Il Tecnico

Geol. A. Farolfi

1 Scopo dell'indagine

Per conto del Sig. Tommaso Leoncini, su incarico del Geol. C. Begliomini, è stata eseguita una campagna geofisica mediante sismica a rifrazione con onde P ed SH in via della Siepe, San Casciano (FI).

E' stato eseguito n°1 profilo di sismica a rifrazione con onde P, utilizzando 24 canali con una spaziatura di 2 m, e un profilo di sismica a rifrazione con onde SH, utilizzando 24 canali con una spaziatura di 2 m, per un totale di 115 m di rilievo. L'ubicazione è stata decisa in accordo con la D.L.

Scopo dell'indagine è stata la caratterizzazione sismostratigrafica dei terreni, il calcolo dei parametri elastico-dinamici e del Vs30.

2. Correlazione fra velocità delle onde sismiche e parametri elastico-dinamici

Secondo i principi dell'elasticità dei materiali e le leggi che associano le deformazioni subite da un corpo agli sforzi ad esso applicati, è possibile stabilire relazione che forniscono i parametri elastici di un materiale conoscendo i valori di velocità delle onde sismiche di compressione P e di taglio S.

Poiché le tensioni e le deformazioni che si generano sotto l'azione del campo d'onda sismico sono di modesta entità, anche il terreno e le rocce sollecitate in questo ambito possono essere considerati in prima approssimazione come materiali omogenei, isotropi ed elastici, ed è quindi applicabile la legge di Hook (proporzionalità tra lo sforzo applicato σ_{ij} e la deformazione prodotta ϵ_{kl}) espressa come:

$$\sigma_{ij} = C_{ijkl} \epsilon_{kl}$$

nella quale le costanti di proporzionalità C_{ijkl} sono dette Moduli Elastici. Tali costanti definiscono le proprietà dei materiali, ed assumendo materiali isotropi ed elastici, diminuiscono da 81 a 5, di cui quattro hanno un preciso significato fisico (G , E , K , ν), mentre λ rappresenta una semplificazione nelle formule.

In senso più generale possono essere definite le costanti di Lamè λ e μ come caratteristiche elastiche indipendenti dalle direzioni lungo cui vengono applicate le tensioni o lungo cui vengono registrate le deformazioni. Queste due costanti sono definite dalle relazioni:

$$\lambda = (\nu E) / ((1 + \nu) \cdot (1 - 2\nu)) \quad \mu = E / 2(1 + \nu)$$

Analogamente i due moduli E e ν possono essere espressi in funzione delle costanti di Lamè:

$$E = \mu(3\lambda + 2\nu) / (\lambda + \mu) \quad \nu = \lambda / 2(\lambda + \mu)$$

Dimensionalmente i moduli elastici G , E , K e le due costanti di Lamè esprimono il rapporto tra una forza ed una superficie e sono quindi delle pressioni, mentre il rapporto di Poisson è adimensionale.

La costante E viene definita come rapporto tra sollecitazione e conseguente deformazione longitudinale rappresenta il modulo elastico del materiale (Modulo di Young). È importante sottolineare che in campo dinamico si parla di modulo elastico dinamico, non statico, proprio perché tale modulo è ricavato dalle velocità delle onde sismiche.

La misura della resistenza del materiale al taglio viene definita come il rapporto tra deformazione e sforzo applicato, ed è chiamata Modulo di Taglio, G .

Il rapporto tra la tensione idrostatica e la deformazione cubica definisce il Modulo di compressione volumetrica o Bulk, k . Il Modulo di Poisson ν è definito come rapporto tra la deformazione trasversale e quella longitudinale. Un'ultima costante entra a far parte delle relazioni tra caratteristiche elastiche e velocità, la densità ρ del materiale.

Le velocità sismiche possono essere espresse tramite le costanti elastiche con le seguenti relazioni:

$$V_p = ((\lambda + 2\nu) / \rho)^{1/2}$$

$$V_s = (\nu / \rho)^{1/2}$$

Pertanto avendo determinato i valori di V_p e V_s ed il valore ρ della densità del materiale attraversato, è possibile calcolare i valori delle costanti elastiche dinamiche che caratterizzano i terreni esaminati con le seguenti relazioni.

$$\nu = ((V_p^2 - 2V_s^2) / (2(V_p^2 - V_s^2)))$$

$$G = \rho V_s^2$$

$$E = 2\rho V_s^2 (1 + \nu)$$

$$K = (2\rho V_s^2 (1 + \nu)) / (3(1 - 2\nu))$$

Merita di essere ricordato infine che i parametri ricavati da misure dinamiche, cioè mediante l'utilizzo delle velocità delle onde sismiche, hanno in genere valori superiori a quelli ricavati da prove statiche di laboratorio proprio per il diverso campo di sforzo applicato e deformazione raggiunta: le intense ma brevi sollecitazioni provocate dalla propagazione delle onde sismiche si mantengono, infatti, nel campo elastico delle deformazioni del materiale, per cui sebbene in teoria il modulo di Poisson sia considerato stress-indipendente ed i suoi valori risultino compresi tra 0.25 e 0.33, nei porous-media esso risulta stress-dipendente, e

presenta un campo di variabilità più esteso e può addirittura arrivare, secondo GREGORY (1976), a valori negativi.

I valori più bassi, in natura, si registrano per litotipi ad alta porosità, sottoposti a bassa pressione litostatica e gas saturati, in alcuni sedimenti incoerenti e saturi i valori possono risultare uguali o superiori a 0,49; nelle sospensioni assume il valore di 0.5.

Il rapporto fra V_p e V_s non è costante e dipende dallo stato di saturazione e dalla pressione interstiziale dei pori, in Tabella I sono riportati valori medi delle V_p per i principali litotipi e il range di V_s relative comprese fra i rapporti di V_p/V_s di 1.9 e 3.5; questi valori sono da ritenere indicativi in quanto in particolari condizioni il rapporto V_p/V_s può aumentare.

Materiale	V P m/sec	V SH m/sec	
		VP/VSH 1.9 - 3.5	VP/VSH 1.9 - 3.5
Detrito superficiale alterato	300 - 600	86 - 158	171 - 316
Ghiaia, pietrisco, sabbia asciutta	500 - 900	143 - 263	257 - 474
Sabbia bagnata	600 - 1800	171 - 316	514 - 947
Argilla	900 - 2700	257 - 474	771 - 1421
Acqua	1430 - 1680	-	-
Arenaria	1800 - 4000	514 - 947	1143 - 2105
Scisti argillosi	2500 - 4200	714 - 1316	1200 - 2211
Calcare	2000 - 6000	571 - 1053	1714 - 3158
Sale	4200 - 5200	1200 - 2211	1486 - 2737
Granito	4000 - 6000	1143 - 2105	1714 - 3158
Rocce metamorfiche	3000 - 7000	857 - 1579	2000 - 3684

Tabella I - Velocità dei principali materiali.

3. Indagine mediante sismica a rifrazione

3.1 Procedure di campagna

Vengono stesi i cavi sismici lungo la zona di interesse e ad essi vengono collegati i geofoni precedentemente infissi nel terreno alle equidistanze prestabilite. L'energizzazione del terreno per generare onde elastiche di compressione può essere effettuata sia mediante massa battente da 5-60 Kg che tramite l'utilizzo del cannone sismico (minibang); l'impatto rende operativo, tramite un accelerometro reso solidale con la fonte di energizzazione

(*trigger*), il sistema di acquisizione dati, permettendo così la registrazione ai geofoni della forma d'onda rappresentativa della velocità di spostamento del suolo.

La produzione di onde di taglio viene effettuata ponendo una trave di legno a diretto contatto con il terreno in senso trasversale al profilo ed energizzando su entrambi i lati dopo averla adeguatamente caricata. Le registrazioni vengono effettuate alternativamente su entrambi i lati, mediante massa battente, e sommate con polarità scambiata in modo da migliorare l'individuazione dell'onda di taglio polarizzata orizzontalmente che viene generata.

Al fine di ottenere una migliore risoluzione della sismo-stratigrafia, i punti di energizzazione, detti punti di scoppio (*shot points*), vengono disposti simmetricamente rispetto al profilo: ai suoi estremi (*end*), esternamente (*offset*) ed a distanze variabili entro il profilo stesso (punti di scoppio centrali).

La profondità di investigazione è, in linea teorica direttamente correlata alla lunghezza del profilo, alla distanza degli *offset* e soprattutto al contrasto di velocità dei mezzi attraversati.

I tempi di arrivo delle onde sismiche nel terreno sono funzione della distanza tra i geofoni, delle caratteristiche meccaniche dei litotipi attraversati e della loro profondità.

3.2 Metodo di elaborazione dei dati

La procedura d'elaborazione dati consiste di due fasi: la lettura dei tempi d'arrivo ai vari geofoni dello stendimento per ciascuna energizzazione effettuata e la loro successiva elaborazione mediante metodi di calcolo.

I tempi di primo arrivo delle onde sismiche vengono riportati su diagrammi spazio-tempo (dromocrone) nei quali l'asse dei tempi ha l'origine coincidente con l'istante in cui viene prodotta l'onda sismica (*t₀*), mentre nelle ascisse si hanno le distanze relative fra i geofoni dello stendimento. Tali diagrammi consentono di determinare, nei punti di flesso, le variazioni di velocità fra i vari strati attraversati dai raggi sismici e, tramite elaborazioni, le profondità a cui si verificano tali variazioni. In Tabella I sono riportate le relazioni tra le velocità medie delle onde sismiche di compressione P e di taglio SH (espresse in m/sec) e le principali litologie, desunte da letteratura.

Il procedimento di elaborazione dei tempi d'arrivo per ottenere le profondità dei rifrattori, utilizza più metodi: il Metodo del tempo di ritardo (*delay time*), il Metodo del tempo di intercetta ed il Metodo reciproco generalizzato (G.R.M.) proposto da Palmer (1980).

Il G.R.M. è un metodo interpretativo che si basa su tempi d'arrivo da energizzazioni coniugate, effettuate cioè da parti opposte del profilo sismico: tramite la determinazione di due funzioni (analisi della velocità e tempo-profondità) si determinano le velocità e quindi le profondità dei rifrattori individuati sulle dromocrone.

La funzione di analisi della velocità corrisponde al tempo necessario al raggio sismico a percorrere un tratto di lunghezza nota sul rifrattore (distanza intergeofonica), per cui la sua determinazione permette di ottenere una precisa stima della velocità delle onde sismiche nel rifrattore stesso. Tramite un procedimento di migrazione dei dati, sia la funzione tempo-profondità che quella di analisi della velocità vengono calcolate per distanze intergeofoniche crescenti (da 0 a multipli interi dell'equidistanza dei geofoni); viene scelta poi quella distanza per la quale le curve presentano il miglior andamento rettilineo.

I limiti del metodo a rifrazione risiedono nella impossibilità teorica di rilevare successioni stratigrafiche composte da strati a velocità decrescente con la profondità, in tal caso lo strato o gli strati non possono essere messi in evidenza dalle onde rifratte in quanto l'energia incidente, al contatto fra la sommità dello strato e la base dello strato sovrastante a più alta velocità, subisce una flessione verso il basso e non può venire di conseguenza rifratta; tale situazione è nota come "orizzonte nascosto". Altra limitazione consiste nella presenza di uno strato a velocità intermedia ma di ridotto spessore; anche in questo caso l'orizzonte non produce alcun cambiamento di pendenza sulle dromocrone, e non è quindi sismicamente rilevabile. Ambedue le situazioni stratigrafiche portano a sovraestimare o sottostimare lo spessore delle coperture. Quando da altri rilievi si è a conoscenza della possibile presenza di orizzonti sismici nascosti è possibile, in fase di elaborazione dei dati con il metodo G.R.M., la verifica dello spessore di tali zone, poiché negli strati nascosti si ha sempre un aumento di velocità con la profondità, ma il loro spessore è sottile e/o il contrasto di velocità con lo strato sottostante è così piccolo, per cui i raggi sismici che partono da questi strati vengono oscurati dai raggi che partono dallo strato sottostante. Gli strati a bassa velocità presentano invece una velocità sismica minore rispetto allo strato sovrastante (inversione di velocità), per cui alla loro interfaccia non si verifica una rifrazione critica e così non vengono evidenziati sul grafico tempo-distanza. L'individuazione di eventuali strati nascosti e/o inversioni di velocità viene effettuata attraverso il confronto fra i valori delle funzioni tempo-velocità misurate e quelle ricalcolate in base al valore di XY utilizzata per l'elaborazione (Palmer 1980).

4 Presentazione dei dati

Nella presente relazione vengono forniti i seguenti elaborati:

- sezioni sismiche interpretate, rappresentazioni bidimensionali delle velocità sismiche e degli spessori degli strati individuati lungo il profilo
- tabulati numerici delle velocità delle onde sismiche e degli spessori relativi ad ogni strato rilevato per ciascuna sezione sismica
- registrazioni di campagna e dromocrone relative.

•tabulati numerici dei parametri elastici dinamici relativi ad ogni strato rilevato.

5 Risultati dell'indagine

Profilo Ps1 (57.5 m onde P): eseguito a valle dell'edificio. L'elaborazione dei dati ha messo in evidenza la presenza di tre orizzonti sismici con le seguenti classi di velocità:

VP

V1 = 267 - 312 m/s

V2 = 600 m/s

V3 = 1626 - 2049 m/s

Il primo orizzonte, con uno spessore compreso fra 1.5 m e 2.1, è può essere riferito al terreno naturale ed ai materiali di riporto. Il secondo orizzonte, con spessori da 3.5 m a 6.3 m, raggiunge profondità comprese fra 5.3 m e 8.1 m e può essere riferito a depositi poco consolidati. Le velocità del terzo orizzonte sismico possono essere messe in relazione ad un aumento nella compattezza dei depositi stessi.

Profilo Ps2 (57.5 m onde SH): eseguito sul lato ovest dell'edificio. L'elaborazione dei dati ha messo in evidenza la presenza di tre orizzonti sismici con le seguenti classi di velocità:

VSH

V1 = 73 - 104 m/s

V2 = 187 - 190 m/s

V3 = 272 - 291 m/s

Il primo orizzonte, con uno spessore compreso fra 0.4 m e 1.3, è può essere riferito al terreno naturale ed ai materiali di riporto. Il secondo orizzonte, con spessori da 5.7 m a 9.8 m, raggiunge profondità comprese fra 9.3 m e 10.6 m e può essere riferito a depositi poco consolidati. Le velocità del terzo orizzonte sismico possono essere messe in relazione ad un aumento nella compattezza dei depositi stessi.

Il maggior aumento delle onde di compressione rispetto alle onde di taglio è legato sia a lle pressioni interstiziali dei fluidi che alla granulometria dei depositi, il cui aumento tenderebbe a aumentare maggiormente le velocità delle onde di compressione rispetto alle onde di taglio.

I due profili si incrociano in prossimità del geofono 23 del primo e del geofono 23 del secondo. Utilizzando le velocità delle onde in corrispondenza dell'intersezione dei profili sono stati calcolati i parametri elastico dinamici.

	Vp m/sec.	Vsh m/sec.	ρ t/m ³	ν -	G MPa	E MPa	K MPa
V1 media	299	76	1.8	0.47	10	30	147
V2 media	600	190	1.9	0.44	69	198	593
V3 media	2049	291	2.0	0.49	169	505	8171

Vp	Velocità media onde P	G	Modulo taglio
Vsh	Velocità media onde SH	E	Modulo di Young
ρ	Densità	K	Modulo di rigidità volumetrica
ν	Modulo di Poisson		

6 Normativa sismica e calcolo del parametro V_{s30}

L'Ordinanza P.C.M. n°3274/03 istituisce diverse categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto. Tali categorie vengono definite in base al calcolo del parametro V_{s30} che è dato da:

$$V_{s30} = 30 / \sum_{i=1,N} (h_i/V_i)$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio SH (in m/sec.) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori. I valori di V_{s30} calcolati lungo il profilo Ps2 variano fra 228 m/s e 254 m/s con un valore medio di 239 m/s. Per i rapporti stratigrafici e i contrasti di velocità presenti la zona in esame rientra nella categoria C dei suoli di fondazione. Si ricorda che i calcoli per l'attribuzione della categoria sono stati effettuati rispetto al piano campagna e che una eventuale asportazione dei terreni superficiali aumenterebbe il valore del parametro V_{s30} diminuendo lo spessore dei terreni a velocità più bassa.

Categorie di Suolo di Fondazione	V_{s30} m/s	$N_{spt} - C_u$
A Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	$V_{s30} > 800$	
B Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/sec e 800 m/sec (ovvero $N_{spt30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_u > 250$ kPa nei terreni a grana fine)	$360 < V_{s30} < 800$	$N_{spt} > 50$ $C_u > 250$ kPa
C Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30}	$180 < V_{s30} < 360$	$15 < N_{spt} < 50$ $70 < C_u < 250$ kPa

compresi tra 180 m/sec e 360 m/sec (ovvero $15 < N_{spt} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_u < 250$ kPa nei terreni a grana fina)		
D Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità. e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/sec (ovvero $N_{spt} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_u < 70$ kPa nei terreni a grana fina)	$V_{s30} < 180$	$N_{spt} < 15$ $C_u < 70$ kPa
E Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento con $V_s > 800$ m/sec.	$V_{s30} < 360$	
S1 Depositi costituiti da V_{s30} inferiori a 100m/s (ovvero $10 < c_u < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche	$V_{s30} < 100$	$10 < C_u < 20$ kPa
S2 Depositi di terreni suscettibili a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.		

Tabella III – Categorie di suolo di fondazione

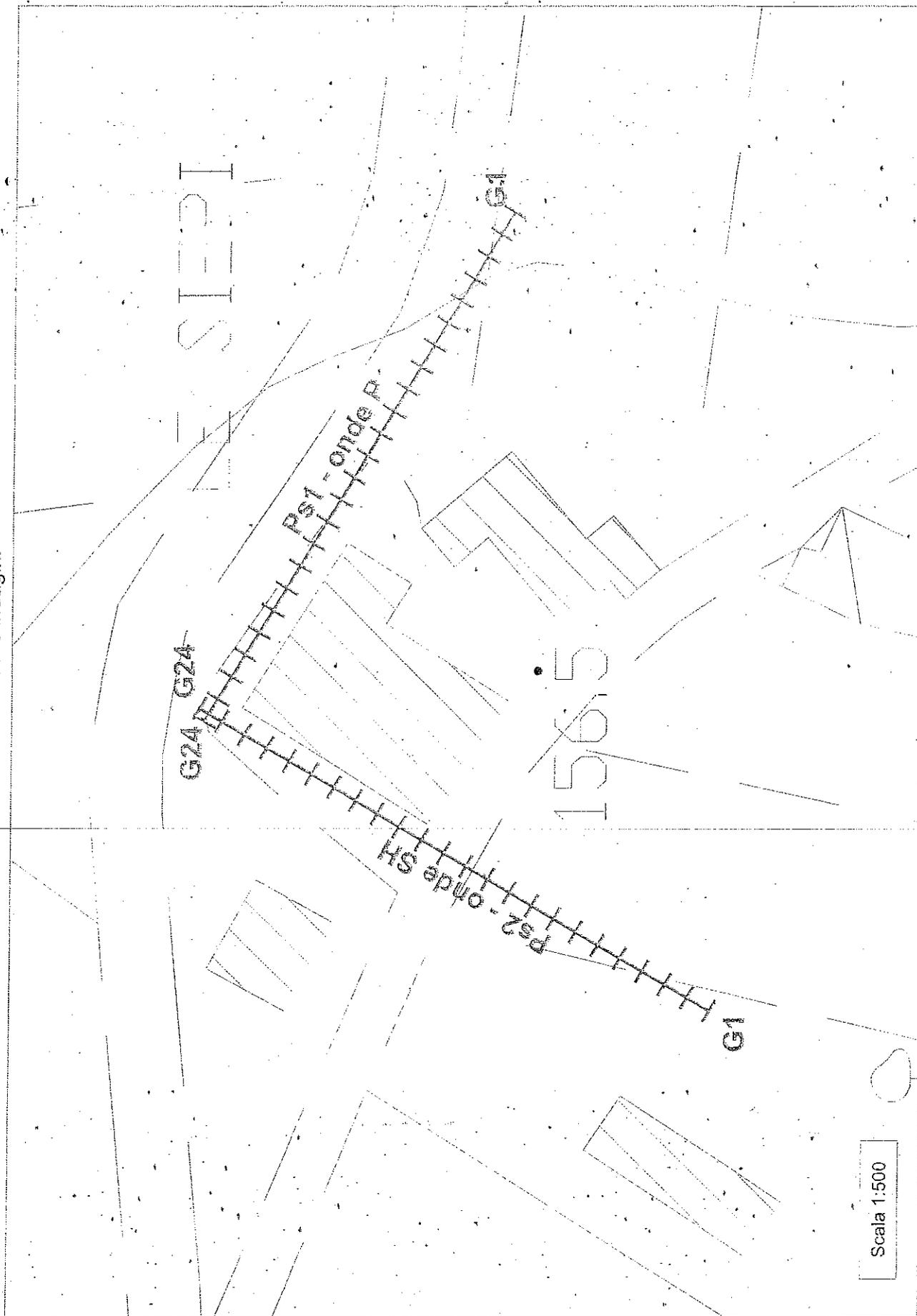
7 Caratteristiche della strumentazione

Il sistema di acquisizione usato nella presente campagna d'indagini è composto da un sistema modulare della Geometrics così configurato:

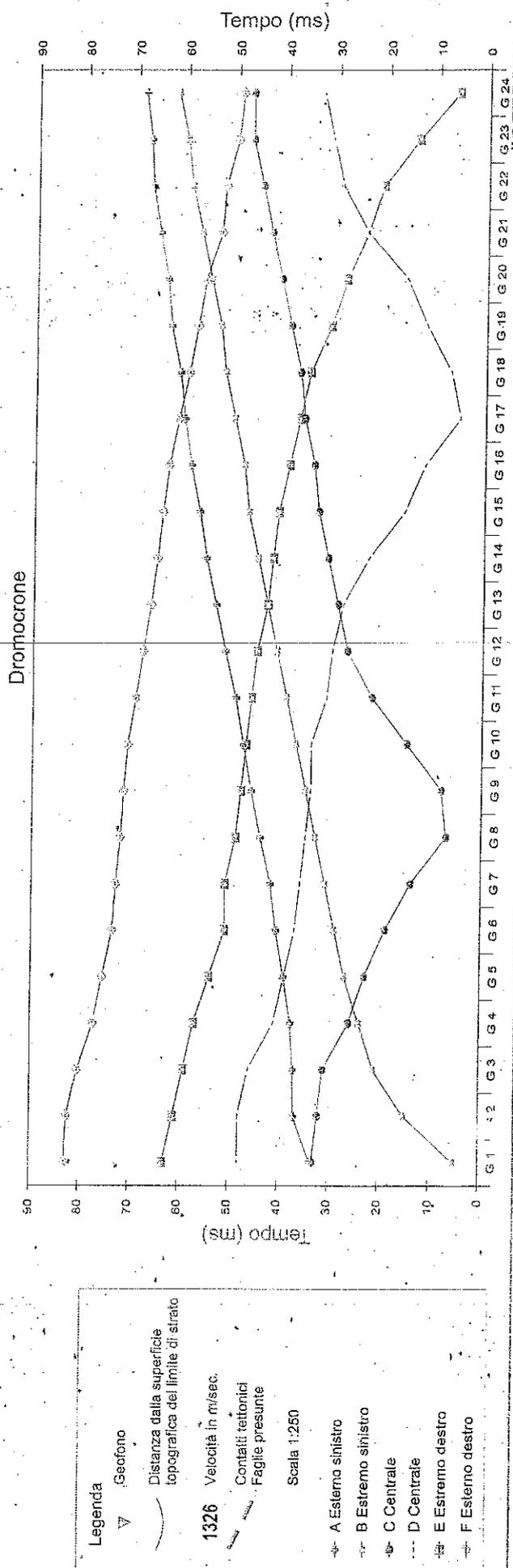
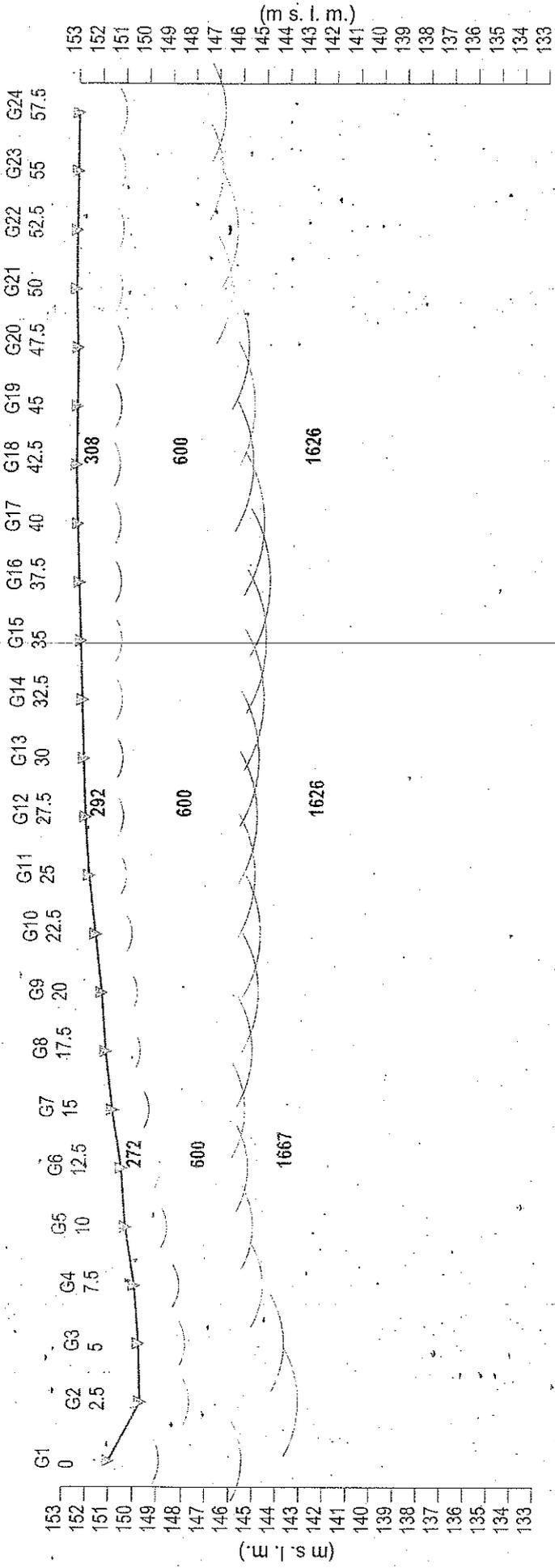
Sismografo GEODE 48 canali (2 moduli a 24 canali) con Controller Stratavisor NZC:

- risoluzione segnale A/D 24 bit;
- escursione dinamica 144 dB, 110 dB istantanea a 2 ms;
- passo di campionamento da 0.02 a 16 ms indipendente dal tempo d'acquisizione;
- fino a 64.000 campioni per traccia;
- distorsione 0.0005% a 2ms, 1.75 – 208 Hz;
- amplificazione del segnale da 0 a 36 dB;
- filtri anti-aliasing a 90 dB della frequenza di Nyquist;
- filtri digitali low-cut, high-cut, notch;
- precisione trigger in sommatoria 1/32, del passo di campionamento;
- pre-trigger fino a 4096 campioni, delay sino a 1.000 ms;
- salvataggio dati in formato SEG-2 su hard-disk incorporato;
- 24 geofoni verticali con frequenza propria di 14 Hz;
- 24 geofoni orizzontali con frequenza propria di 4.5 Hz;
- sistema di starter (trigger) mediante accelerometro;
- energizzazione mediante mazza da 5 Kg, minibang calibro 8, grave da 30/60 kg.

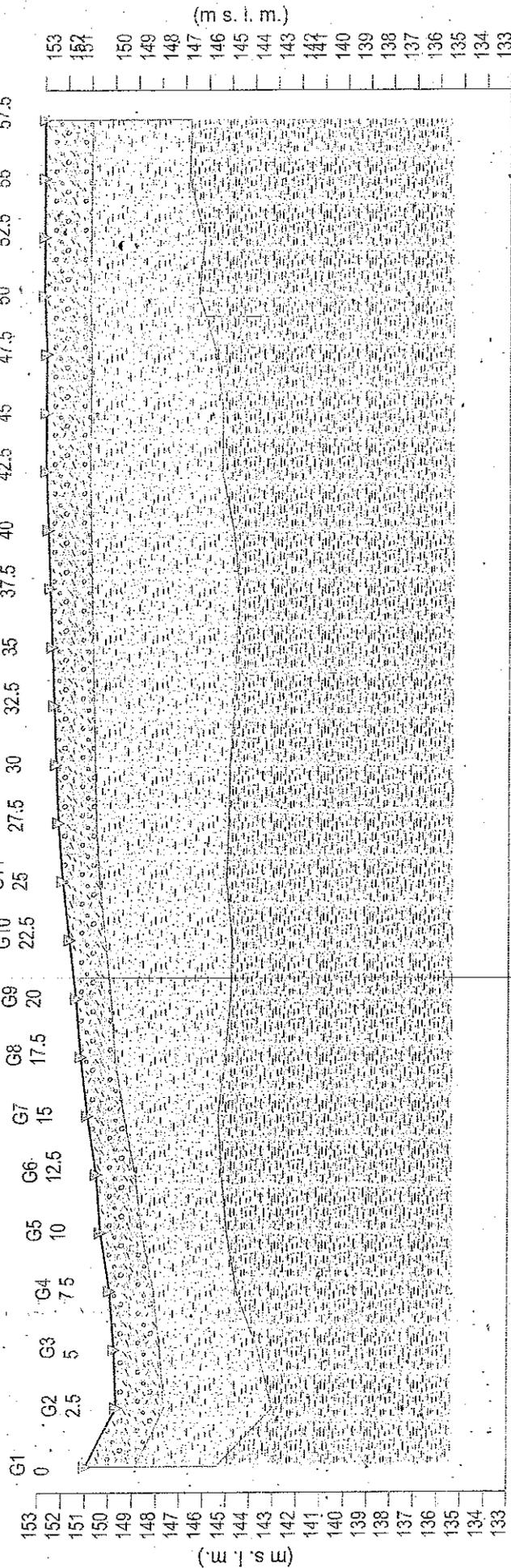
Ubicazione delle indagini



Profilo di sismica a Rifrazione Ps1 - onde P



Ps1 - onde P - Interpretazione sismostratigrafica



Z1 (m)	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0
Z2 (m)	3.5	4.6	4.2	3.6	3.6	3.7	4.0	4.7	5.1	5.4	5.4	5.6	5.7	6.0	6.1	6.3	6.1	5.7	5.7	5.3	4.7	4.9	4.2	4.2	4.2
H2 (m)	5.6	6.7	6.1	5.4	5.4	5.3	5.6	6.2	6.6	6.9	7.0	7.3	7.4	7.7	7.9	8.1	7.9	7.5	7.5	7.3	6.6	6.8	6.2	6.2	6.2
V1 (m/s)	285	285	285	280	276	272	267	272	277	282	287	292	297	302	307	312	310	308	305	303	301	299	299	299	299
V2 (m/s)	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
V3 (m/s)	1667	1667	1667	1667	1667	1667	1667	1667	1667	1626	1626	1626	1626	1626	1626	1626	1626	1626	1626	1626	2049	2049	2049	2049	2049

Legenda:



Terreno naturale e materiali di riporto



Depositi sedimentari

Scala 1:250

Z1 = Spessore del primo orizzonte
 Z2 = Spessore del secondo orizzonte
 H2 = Profondità del secondo orizzonte
 V1 = Velocità del primo orizzonte sismico
 V2 = Velocità del secondo orizzonte sismico
 V3 = Velocità del terzo orizzonte sismico

Dati Ps1 - onde P

Tempi di arrivo

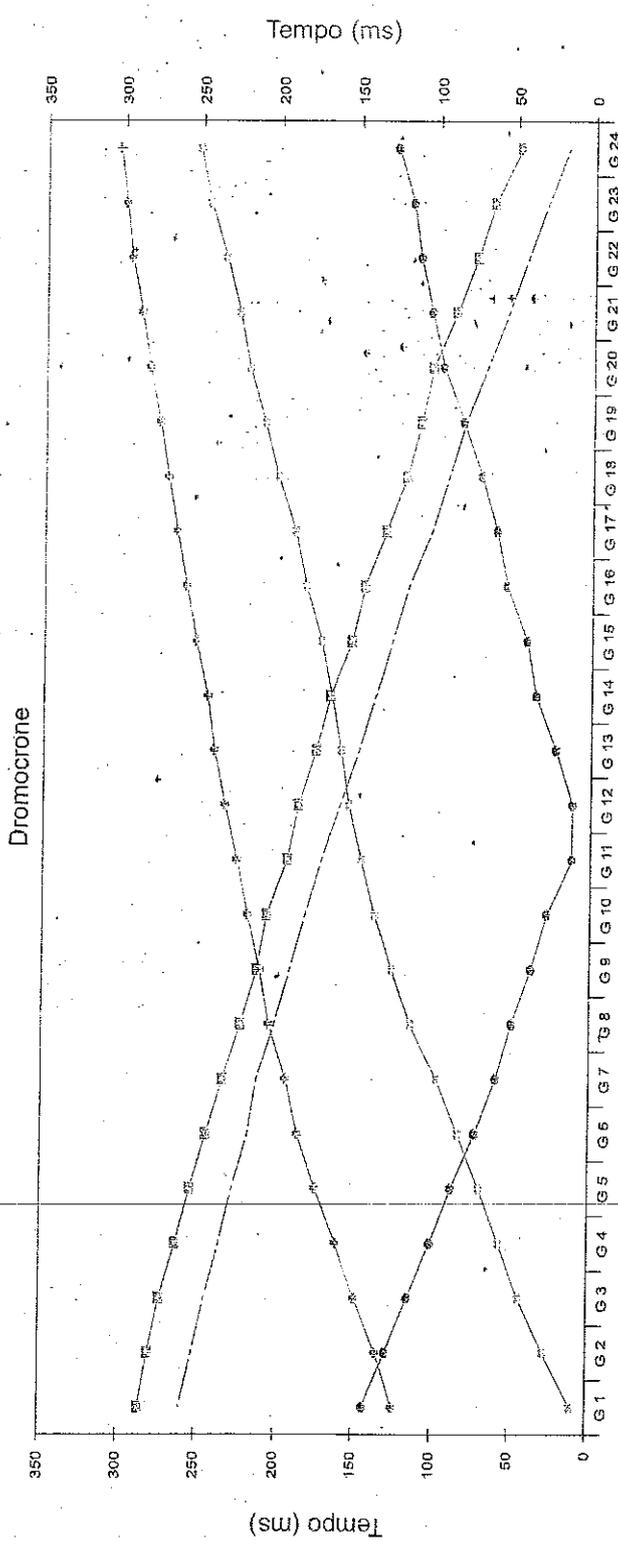
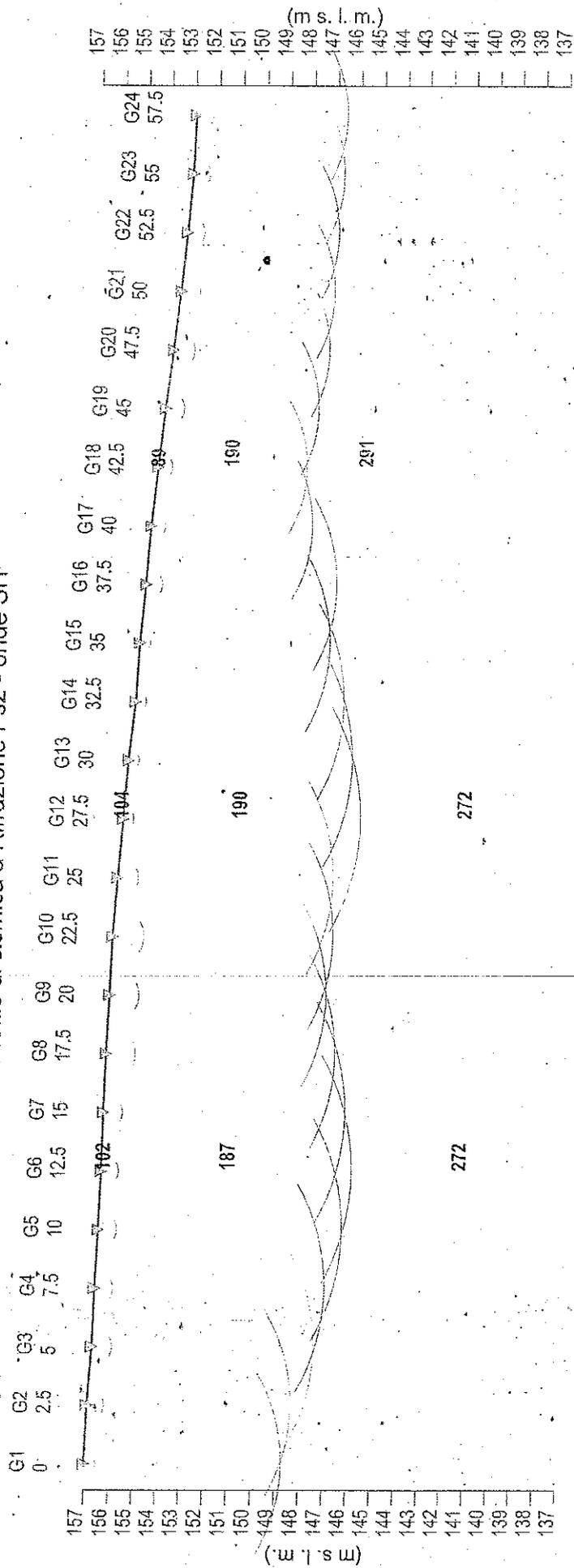
Geo. N°	Dist. m	ShotA ms	ShotB ms	ShotC ms	ShotD ms	ShotE ms	ShotF ms
1	0.0	33.40	5.00	33.00	48.00	63.00	82.80
2	2.5	36.80	15.00	32.00	48.00	61.00	82.40
3	5.0	37.00	21.00	31.00	46.00	59.00	80.20
4	7.5	37.60	24.00	26.00	41.00	57.00	77.20
5	10.0	39.10	27.00	23.00	39.00	54.00	75.40
6	12.5	40.70	29.00	19.00	37.00	51.00	73.50
7	15.0	41.90	31.00	14.00	36.00	51.00	72.90
8	17.5	44.00	33.00	7.00	35.00	49.00	72.00
9	20.0	45.90	35.00	8.00	34.00	48.00	71.40
10	22.5	47.60	37.00	15.00	34.00	47.00	70.70
11	25.0	49.20	39.00	22.00	31.00	46.00	69.20
12	27.5	51.40	41.00	27.00	30.00	45.00	67.80
13	30.0	53.30	43.00	29.00	28.00	43.00	66.30
14	32.5	55.30	45.00	31.00	23.00	42.00	65.10
15	35.0	56.80	47.00	33.00	16.00	41.00	64.10
16	37.5	58.60	48.00	34.00	12.00	39.00	63.00
17	40.0	60.00	50.00	36.00	5.00	37.00	61.20
18	42.5	61.00	52.00	37.00	7.00	35.00	59.20
19	45.0	62.90	53.00	39.00	12.00	31.00	57.60
20	47.5	63.70	55.00	41.00	16.00	28.00	56.10
21	50.0	65.30	57.00	43.00	24.00	24.00	53.10
22	52.5	66.90	59.00	45.00	29.00	21.00	52.40
23	55.0	67.30	60.00	47.00	31.00	14.00	50.00
24	57.5	68.50	62.00	47.00	33.00	6.00	49.10

Q	V1 m slm	Z1 m	Q1 m slm	V2 m/sec.	Z2 m	H2 m	Q2 m slm	V3 m/sec.
	151.0	285	2.1	148.9	600	3.5	145.4	1667
	149.7	285	2.0	147.7	600	4.6	143.0	1667
	149.8	285	1.9	147.9	600	4.2	143.7	1667
	150.0	280	1.8	148.2	600	3.6	144.6	1667
	150.4	276	1.7	148.7	600	3.6	145.0	1667
	150.6	272	1.6	149.0	600	3.7	145.3	1667
	151.0	267	1.6	149.4	600	4.0	145.4	1667
	151.3	272	1.5	149.8	600	4.7	145.1	1667
	151.5	277	1.5	150.0	600	5.1	144.9	1667
	151.8	282	1.5	150.3	600	5.4	144.9	1626
	152.1	287	1.6	150.5	600	5.4	145.1	1626
	152.3	292	1.6	150.7	600	5.6	145.0	1626
	152.4	297	1.7	150.7	600	5.7	145.0	1626
	152.5	302	1.7	150.8	600	6.0	144.8	1626
	152.6	307	1.7	150.9	600	6.1	144.7	1626
	152.7	312	1.8	150.9	600	6.3	144.6	1626
	152.8	310	1.8	151.0	600	6.1	144.9	1626
	152.9	308	1.9	151.0	600	5.7	145.4	1626
	152.9	305	1.9	151.0	600	5.7	145.4	1626
	152.9	303	1.9	151.0	600	5.3	145.6	1626
	153.0	301	1.9	151.1	600	4.7	146.4	2049
	153.0	299	2.0	151.0	600	4.9	146.2	2049
	153.0	299	2.0	151.0	600	4.2	146.8	2049
	153.0	299	2.0	151.0	600	4.2	146.8	2049

Legenda:

Z1 = Spessore dell'orizzonte
V1 = Velocità dell'orizzonte sismico
Q = Quota dal geofono in m s.l.m.

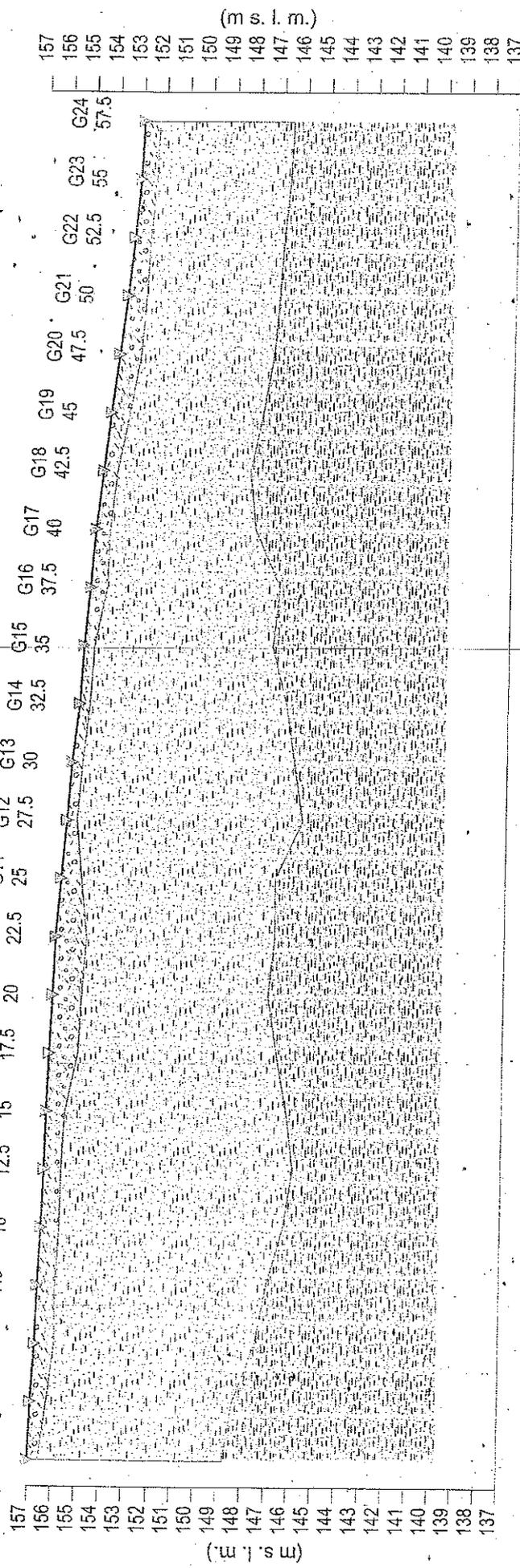
Profilo di sismica a Rifrazione Ps2 - onde SH



Legenda

- ▲ Geofono
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato
- 1326 Velocità in m/sec.
- Contatti tettonici
- Faglie presunte
- Scala 1:250
- ▲ A Esterno sinistro
- ▲ B Estremo sinistro
- ▲ C Centrale
- ▲ E Estremo destro
- ▲ F Esterno destro

Ps2 - onde SH- Interpretazione sismostratigrafica



Z1 (m)	0.5	0.7	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8	1.2	1.2	1.2	1.3	0.9	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.7	0.6	0.6	0.8	0.9	0.8	0.7	0.7	0.7
Z2 (m)	7.8	7.8	8.5	8.9	9.5	9.8	9.4	8.4	7.9	8.0	8.2	9.6	9.0	8.4	7.6	7.4	6.2	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7
H2 (m)	8.3	8.6	9.3	9.7	10.3	10.6	10.2	9.6	9.1	9.3	9.1	10.0	9.5	8.8	8.0	8.1	6.8	6.3	6.5	6.6	6.6	6.5	6.6	6.6	6.4	6.4	6.4	6.4
V1 (m/s)	100	100	101	101	102	102	102	103	103	104	104	104	101	99	96	94	91	89	86	83	81	81	81	81	81	78	76	73
V2 (m/s)	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190
V3 (m/s)	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272

Legenda:

- Terrano naturale e materiali di riporto
- Depositi sedimentari

Scala 1:250

- Z1 = Spessore del primo orizzonte
- Z2 = Spessore del secondo orizzonte
- H2 = Profondità del secondo orizzonte
- V1 = Velocità del primo orizzonte sismico
- V2 = Velocità del secondo orizzonte sismico
- V3 = Velocità del terzo orizzonte sismico

Dati Ps2 - onde SH

Tempi di arrivo

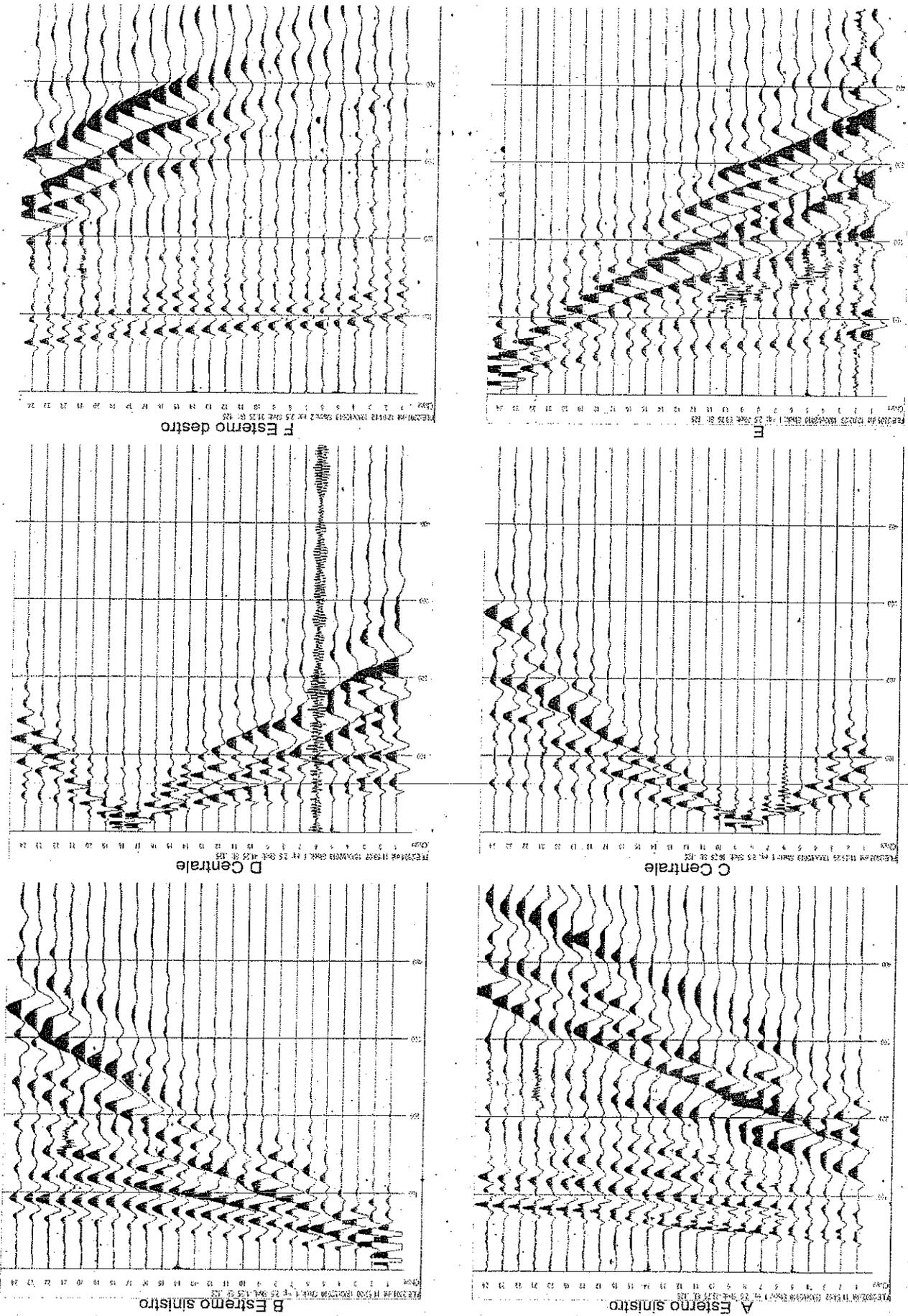
Geo. N°	Dist. m	ShotA ms	ShotB ms	ShotC ms	ShotD ms	ShotE ms
1	0.0	124.10	10.00	143.00	259.70	286.00
2	2.5	134.80	28.00	129.00	251.90	280.00
3	5.0	149.00	44.00	115.00	244.30	273.00
4	7.5	161.20	57.00	101.00	235.50	263.00
5	10.0	174.70	70.00	88.00	227.50	254.00
6	12.5	186.30	84.00	73.00	218.00	244.00
7	15.0	194.10	98.00	60.00	212.70	234.00
8	17.5	205.20	115.00	50.00	201.70	223.00
9	20.0	211.20	127.00	38.00	192.10	213.00
10	22.5	219.10	138.00	28.00	182.30	207.00
11	25.0	226.10	147.00	12.00	172.10	194.00
12	27.5	233.80	155.00	12.00	160.40	187.00
13	30.0	240.80	160.00	23.00	149.00	176.00
14	32.5	245.10	166.00	36.00	138.50	167.00
15	35.0	252.50	173.10	42.00	128.10	154.00
16	37.5	259.10	183.10	55.00	118.20	146.00
17	40.0	265.20	190.20	62.00	103.90	133.00
18	42.5	271.10	201.50	72.00	93.30	120.00
19	45.0	276.70	210.20	84.00	82.80	111.00
20	47.5	283.50	220.20	97.00	69.10	104.00
21	50.0	289.00	226.60	105.00	55.40	89.00
22	52.5	295.60	235.10	112.00	43.30	76.00
23	55.0	299.50	245.50	117.00	31.10	65.00
24	57.5	303.40	252.10	127.00	17.70	48.00

Q	V1	Z1	Q1	V2	Z2	H2	Q2	V3	Vs30
m slm	m/sec.	m	m slm	m/sec.	m	m	m slm	m/sec.	m/s
157.0	100	0.5	156.5	187	7.8	8.3	148.7	272	237
156.9	100	0.7	156.2	187	7.8	8.6	148.3	272	236
156.8	101	0.8	155.9	187	8.5	9.3	147.5	272	232
156.7	101	0.8	155.9	187	8.9	9.7	147.0	272	231
156.6	102	0.8	155.8	187	9.5	10.3	146.3	272	229
156.5	102	0.7	155.7	187	9.8	10.6	145.9	272	230
156.4	102	0.8	155.6	187	9.4	10.2	146.2	272	229
156.3	103	1.2	155.1	187	8.4	9.6	146.7	272	228
156.2	103	1.2	155.0	187	7.9	9.1	147.1	272	229
156.1	104	1.3	154.8	187	8.0	9.3	146.8	272	228
155.9	104	0.9	155.1	187	8.2	9.1	146.8	272	232
155.7	104	0.4	155.3	190	9.6	10.0	145.7	272	235
155.6	101	0.4	155.1	190	9.0	9.5	146.1	272	237
155.3	99	0.4	154.8	190	8.4	8.8	146.5	272	238
155.1	96	0.4	154.7	190	7.6	8.0	147.1	272	240
154.9	94	0.7	154.2	190	7.4	8.1	146.8	272	236
154.7	91	0.6	154.1	190	6.2	6.8	147.9	291	252
154.5	89	0.6	153.8	190	5.7	6.3	148.1	291	254
154.2	86	0.8	153.4	190	5.7	6.5	147.7	291	250
153.9	83	0.9	153.0	190	5.7	6.6	147.3	291	247
153.6	81	0.8	152.8	190	5.7	6.5	147.1	291	249
153.3	78	0.7	152.6	190	5.7	6.4	146.9	291	250
153.1	76	0.7	152.4	190	5.7	6.4	146.7	291	249
153.0	73	0.7	152.3	190	5.7	6.4	146.6	291	249
Vs 30 medio									239

Legenda:

- Z1 = Spessore dell'orizzonte
- V1 = Velocità dell'orizzonte sismico
- Q = Quota del geofono in m s.l.m.

Registrazioni Ps1 - onde P



Registrazioni Ps2 - onde SH

