

*Geognostica*

*Monitoraggio  
idrogeologico*



*Geofisica*

*Indagini  
ambientali*

**Committenza: Sig. Kos**

**località d'indagine: Strada comunale delle Macie - Pomarance (PI)**

**data: 10 / 05 / 2019**



indagine: 1 sismica a rifraz. di sup. onde P

strumentazione: Ambrogeo Echo 12/24 2002

software di elaborazione: Winsism v.11.7

per la geolUK s.r.l.,

l'Amministratore

*[Handwritten signature]*  
**geolUK s.r.l.**  
**GEOGNOSTICA E GEOFISICA**  
www.geoluk.com info@geoluk.com

sede operativa e sede legale: Via Pesciatina, 1560/a - 55100 Lucca  
codice fiscale e numero di iscrizione al registro delle imprese di Lucca: 02069440465  
R.E.A. Lucca n. 194371 - capitale sociale € 10.000,00 i.v.  
tel 393 9371580 - fax 0583 956364 - [www.geoluk.com](http://www.geoluk.com) - [info@geoluk.com](mailto:info@geoluk.com)

## INDICE

PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE CON ONDE P .....	2
1. PREMESSA .....	2
1.1. Introduzione al metodo .....	2
1.2. Sistema di acquisizione .....	2
1.2.1. Sismografo + software di acquisizione .....	3
1.2.2. Sistema energizzante .....	3
1.2.3. Trigger .....	3
1.2.4. Apparecchiatura di ricezione .....	4
2. METODOLOGIA D'INDAGINE .....	4
2.1.1. Acquisizione, elaborazione, restituzione .....	4
3. RIEPILOGO E CONCLUSIONI .....	5
3.1. Breve descrizione dell'area d'indagine .....	5
3.1. Ipotesi interpretativa .....	5

## ALLEGATI e FIGURE

Logistica dell'indagine (fuori scala)

Sismogramma

Dromocrone

Dromocrone + ritardi

Profilo sismico (metodo ABC)

Sezione sismostratigrafica

Tabella riassuntiva

# PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE CON ONDE P

## 1. PREMESSA

Per incarico del Geol. Giovanni Lopane è stata effettuata n°1 prospezione sismica a rifrazione di superficie con onde P presso il podere Sant'Edoardo, sito in strada comunale delle Macie a Pomarance (PI), a supporto dello studio geologico inerente la caratterizzazione sismica e ricostruzione geometrie sismiche sepolte di una porzione di versante interessato da un movimento gravitativo che interessa alcune sistemazioni esterne.

### 1.1. Introduzione al metodo

La sismica a rifrazione rappresenta ad oggi una valida e consolidata tecnica di indagine geofisica indiretta del sottosuolo, comunemente utilizzata in geologia applicata ed in campo ingegneristico per ricostruire le proprietà fisiche e le geometrie sepolte del terreno indagato. L'attitudine di indagare il sottosuolo in modo non invasivo e la rapidità realizzazione dell'indagine costituiscono i maggiori pregi di questa tecnica, in grado tra l'altro di restituire un prodotto di buona qualità.

La sismica a rifrazione presenta tuttavia una serie di limitazioni nella sua applicazione, dovute principalmente a motivazioni fisiche e matematiche alle quali si rimanda direttamente per le specifiche. Brevemente e volendone elencare le principali, per la sua applicazione si rende necessaria la condizione di indagare strati geologici sovrapposti caratterizzati da un aumento di velocità progressivo dall'alto verso il basso, pena la non rilevazione del sismostrato meno competente sottoposto. Inoltre l'individuazione di un sismostrato richiede che questo sia dotato di uno spessore sufficiente alla rilevazione e la realizzazione dell'indagine dovrebbe essere eseguita in ambienti a basso rumore ambientale, pena la non corretta discretizzazione del segnale sismico utilizzato.

La sismica a rifrazione di superficie può essere realizzata sia utilizzando onde compressionali, sia trasversali, ma la scelta di una tecnica piuttosto dell'altra è in primis da ricollegare alla finalità dell'indagine. In campo ingegneristico si fa principalmente uso delle onde di taglio, che meglio definiscono le proprietà legate alla risposta sismica di un sito, mentre per le ricostruzioni geometriche di sezioni di terreno si può in alcuni casi far anche uso delle sole onde compressionali. Nel caso vengano richiesti i parametri elastici del terreno per applicazioni specifiche, come pure per applicazioni idrogeologiche o di particolare complessità del sistema indagato dovranno essere utilizzate entrambe le metodologie.

Il prodotto finale di un'indagine sismica consiste generalmente in una parte grafica e in una numerica. La prima è costituita dal profilo sismico o sezione sismica, lungo lo stendimento adottato, che ricostruisce le geometrie dei sismostrati attraversati. Questa, unitamente alle conoscenze geologiche disponibili del luogo d'indagine (fonti bibliografiche, penetrometrie, sondaggi...), permette con buona approssimazione la ricostruzione di una sezione geologica. La parte analitica raccoglie le informazioni geometriche (spessore e profondità degli strati incontrati) e le proprietà fisiche dei sismostrati (velocità, parametri elastici) indagati.

### 1.2. Sistema di acquisizione

L'acquisizione dei dati in campagna è stata eseguita utilizzando un sistema composto dalle seguenti parti:

- sismografo + personal computer portatile dotato di software di acquisizione;
- sorgente energizzante;
- trigger;
- apparecchiatura di ricezione (geofoni, cavi di collegamento).

### **1.2.1. Sismografo + software di acquisizione**

Lo strumento utilizzato per l'indagine è un Echo 12/24 2002 Seismic UNIT, gestito dal software di acquisizione Ambrogeo Echo 12-24, che complessivamente presentano le seguenti caratteristiche:

- Registrazione a 24 canali
- Impedenza di ingresso 20 Kohm
- Range dinamico: 93 dB
- Conversione A/D a 16 bit
- Intervallo di campionamento selezionabile a: 25, 50, 100, 200, 400, 800 ms
- Durata della registrazione: 25, 50, 10, 20, 400, 800 m
- Guadagno 10 dB – 100 dB, passo 1 dB
- Tensione di saturazione +/- 2,3 V
- Distorsione 0,01%
- Campionamento 130 ms
- Filtro passa basso da 50 a 950 Hz, passo 1 Hz
- Alimentazione 12V

### **1.2.2. Sistema energizzante**

Le sorgenti di rumore impulsive che vengono adottate si differenziano principalmente per la quantità di energia che deve essere prodotta, a sua volta funzione dell'estensione della stesa e dell'attitudine da parte dei terreni attraversati di trasmettere l'onda acustica. Per le piccole indagini si fa utilizzo generalmente di un martello da 10 Kg impattante su una piastra in duralluminio, mentre per le più grandi si fa uso di cannoncini tipo minibang o di gravi in caduta libera. L'utilizzo di una sorgente sismica piuttosto di un'altra è funzione anche della natura dell'indagine e quindi del tipo di onda da impiegare. In particolare per le onde S trasversali si fa generalmente uso del suddetto martello che impatta lateralmente su un parallelepipedo (cassa in acciaio o traversina in legno) sovraccaricato, in modo da generare onde orizzontali polarizzate.

Ogni stendimento prevede, compatibilmente alla bontà degli ingombri disponibili, la realizzazione di 5 o 7 spari, in relazione al grado di complessità della geometria del substrato e soprattutto al grado di dettaglio richiesto dalla committenza. In particolare vengono realizzati un tiro centrale, due intermedi, due estremi e due esterni. Gli spari intermedi contribuiscono a migliorare la qualità del dettaglio rilevabile, gli estremi si rendono estremamente utili per il rilevamento di strati inclinati, mentre gli esterni identificano con maggiore precisione lo strato inferiore, generalmente il substrato.

### **1.2.3. Trigger**

Il trigger utilizzato consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un apparecchio starter (geofono starter, starter a lamelle) nell'istante in cui il sistema energizzante (es. mazza) colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e la produzione di un impulso della durata di qualche secondo che viene inviato al sensore collegato al sistema di acquisizione dati.

#### **1.2.4. Apparecchiatura di ricezione**

Ogni stesa sismica consiste generalmente in una serie di 12 o 24 geofoni allineati secondo una predefinita e costante spaziatura, funzione della risoluzione desiderata e della profondità di investigazione. Quest'ultima, comunemente identificata in circa 1/3 della lunghezza dello stendimento risulta essere in realtà variabile, in funzione della natura e quindi della "forza" dell'onda sismica sorgente utilizzata e delle proprietà fisiche dei terreni attraversati.

Per la ricezione delle onde P vengono utilizzati geofoni verticali con frequenza propria di 14 Hz, mentre per le prospezioni con onde Sh la frequenza propria dei geofoni utilizzati è di 4 Hz.

## **2. METODOLOGIA D'INDAGINE**

### **2.1.1. Acquisizione, elaborazione, restituzione**

- L' acquisizione consiste in una serie di files in formato DAT e SEG Y che contengono le informazioni geometriche e sismiche (n°stacks, forma dell'onda registrata, tempi di arrivo...) della prospezione.
- L' elaborazione dei dati, eseguita con il software Winsism V 10.7 della *Geosoft*, prevede:
  - la determinazione dei primi arrivi attraverso picking manuale;
  - l'elaborazione dei dati ed interpretazione con metodo ABC e/o col metodo dei "tempi intercetti".
- La restituzione consiste nei seguenti elaborati:
  - sismogramma
  - dromocrone
  - profilo sismico e sezione sismostratigrafica, unitamente alle velocità sismostrati calcolate
  - tabella riassuntiva con FBP, geometria array sismico, profondità sismostrati calcolate



## UBICAZIONE DELL'AREA D'INDAGINE



fuori scala

### 3. RIEPILOGO E CONCLUSIONI

#### 3.1. Breve descrizione dell'area d'indagine

L'area oggetto di indagine si inserisce in un contesto morfologico di versante collinare ubicato a N del centro storico di Pomarance (PI), presso il Podere Sant'Edoardo, ad una quota media di circa 292 m s.l.m.

La stesa sismica, interamente sviluppata a valle della resede orizzontale su cui insiste la piscina, è stata realizzata secondo l'azimut SW-NE (N060), utilizzando 24 geofoni interspaziati di 1 m, per una lunghezza complessiva dello stendimento pari a 24 m (distanza Sh2-Sh4). Sono stati realizzati 5 shots: due esterni (Sh1, Sh5), due estremi (Sh2, Sh4) e un centrale (Sh3), tutti eseguiti percuotendo con una mazza da 10 Kg una piastra circolare in acciaio appoggiata su terreno vegetale, costituito probabilmente da riporto.

La tabella sottostante riassume la geometria e l'orientazione geografica della stesa effettuata.

stesa sismica								WGS(84°)
geometria	n°canali	24	array	Sh1	shot 1	esterno	SW	
	interasse	1 m		Sh2	shot 2	estremo	SW	43.313890N 10.864504E
	lunghezza	24 m		Sh3	shot 3	centrale		
	n°shots	5		Sh4	shot 4	estremo	NE	43.313983N 10.864740E
	azimut	N060		Sh5	shot 5	esterno	NE	
		SW-NE						

La modesta lunghezza della singola stesa sismica e il basso rumore ambientale (*noise*) dell'area indagata ha consentito di registrare un segnale complessivamente pulito. In allegato viene presentato il sismogramma grezzo assemblato acquisito in campagna.

#### 3.1. Ipotesi interpretativa

Le informazioni supplementari ai dati strumentali di lettura rilevati in campagna (sismogrammi) in questa parte descrittiva e in alcuni allegati rappresentano una valutazione soggettiva e indicativa, a eventuale supporto del progettista Geologo per la redazione della relazione tecnica di progetto.

La porzione di terreno indagato dalla presente prospezione sismica di superficie risulta essere complessivamente caratterizzata da una situazione multistrato. In particolare:

##### **STESA onde P:**

- strato superficiale con velocità variabile tra 190 e 226 m/s, con spessore compreso tra 1.4 e 2.5 m circa, probabilmente ricollegabile a un terreno scarsamente consistente/addensato frammisto localmente a riporto

- strato intermedio con velocità variabile tra 607 e 655 m/s, con spessore variabile tra 2.3 e 3.4 m circa, probabilmente ricollegabile a un terreno poco consistente/addensato;
- strato profondo con velocità variabile maggiore di 1712 m/s, ad una profondità variabile tra 3.7 e 5.1m circa, probabilmente ricollegabile a un terreno consistente/addensato.

Non è stato individuato un quarto sismostrato più profondo.

\*\*\*\*\*

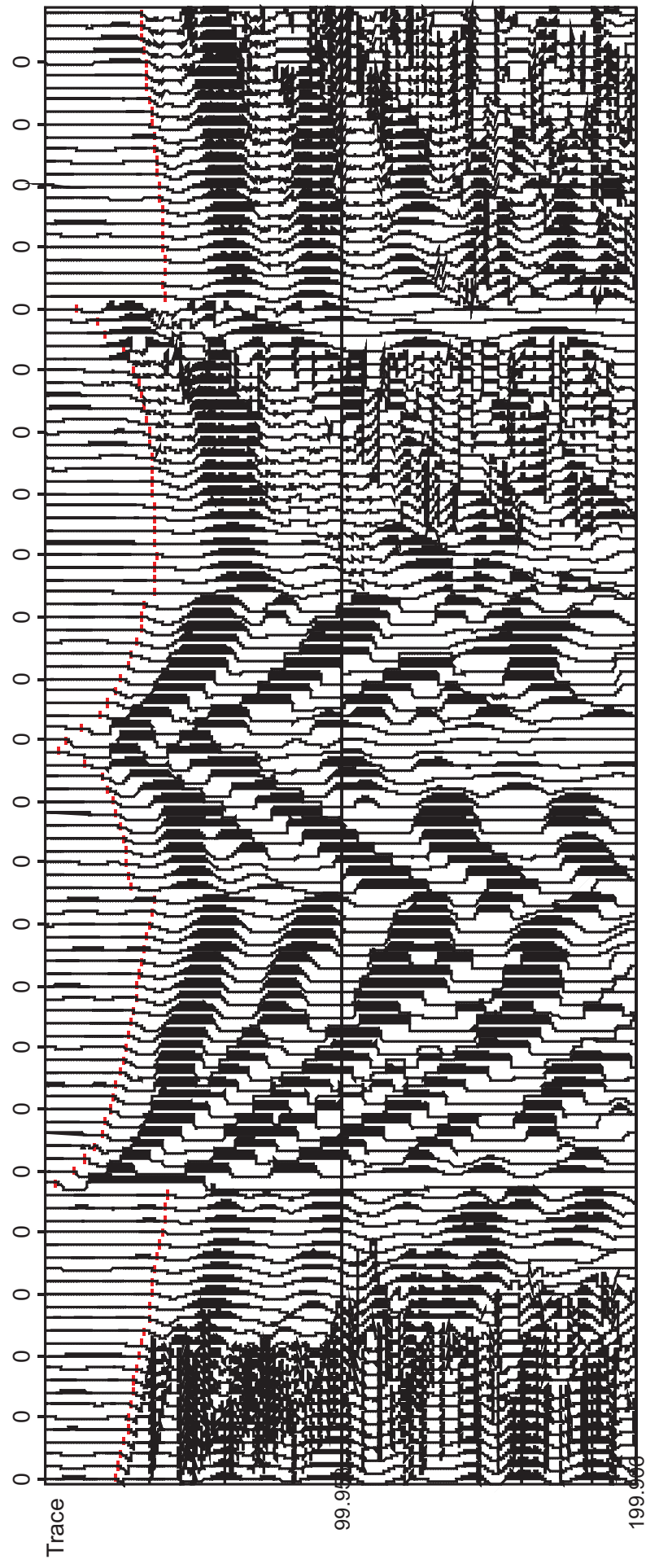
Lucca, maggio 2019



# SISMOGRAMMA

SW

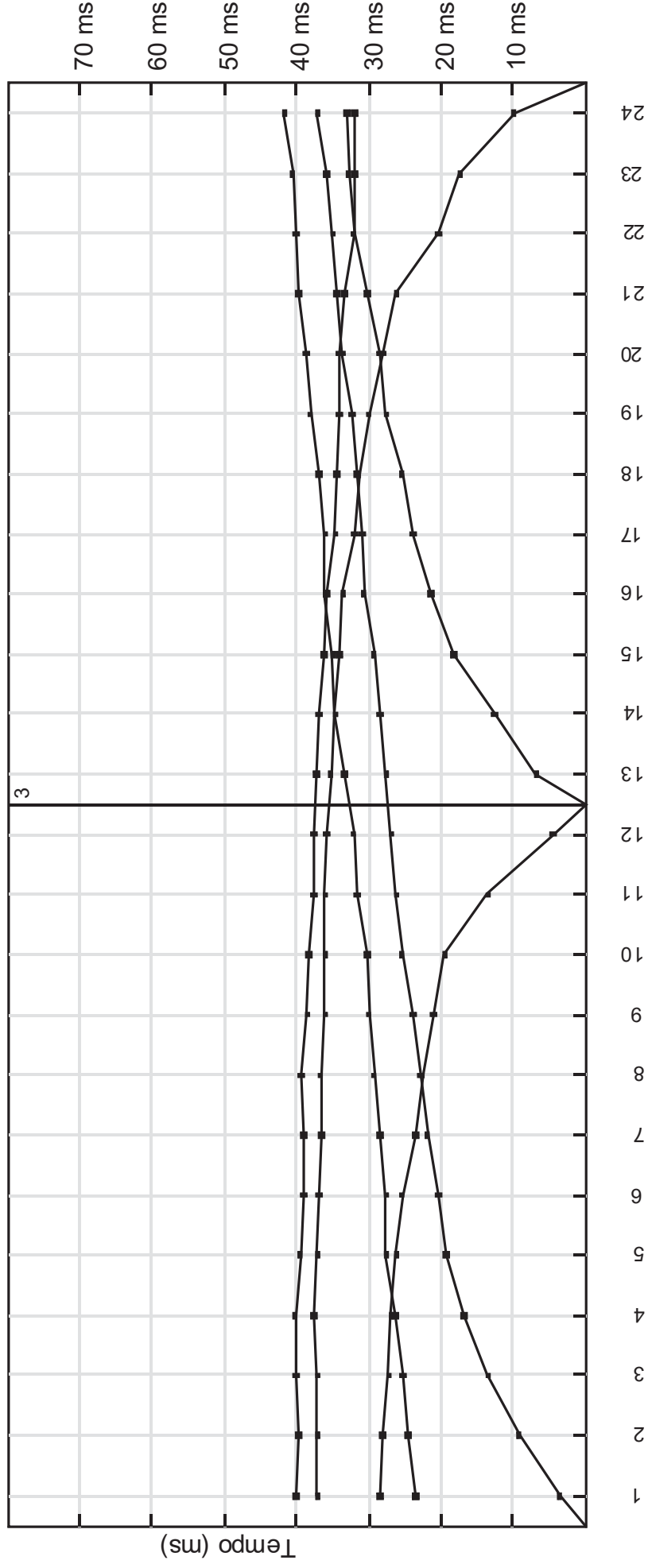
NE



# DROMOCRONE

SW

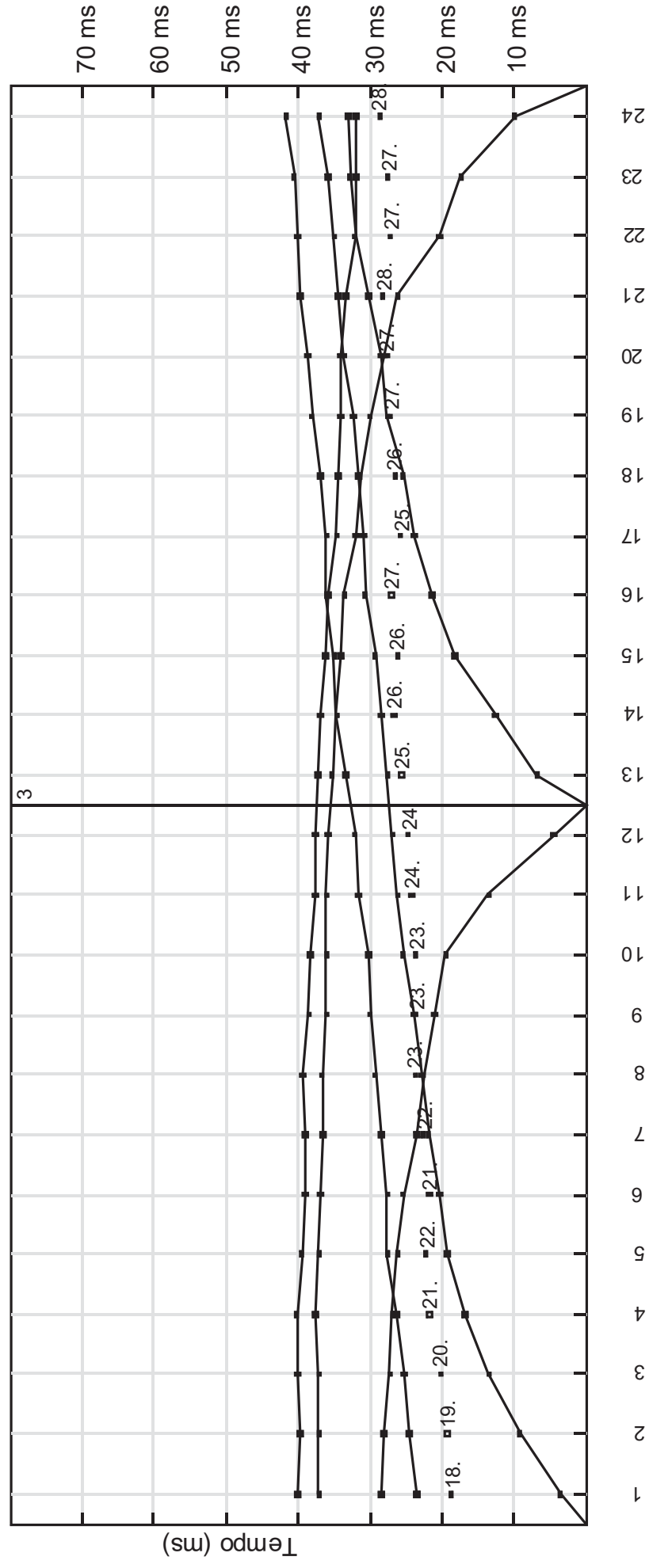
NE



# DROMOCRONE + RITARDI

MS

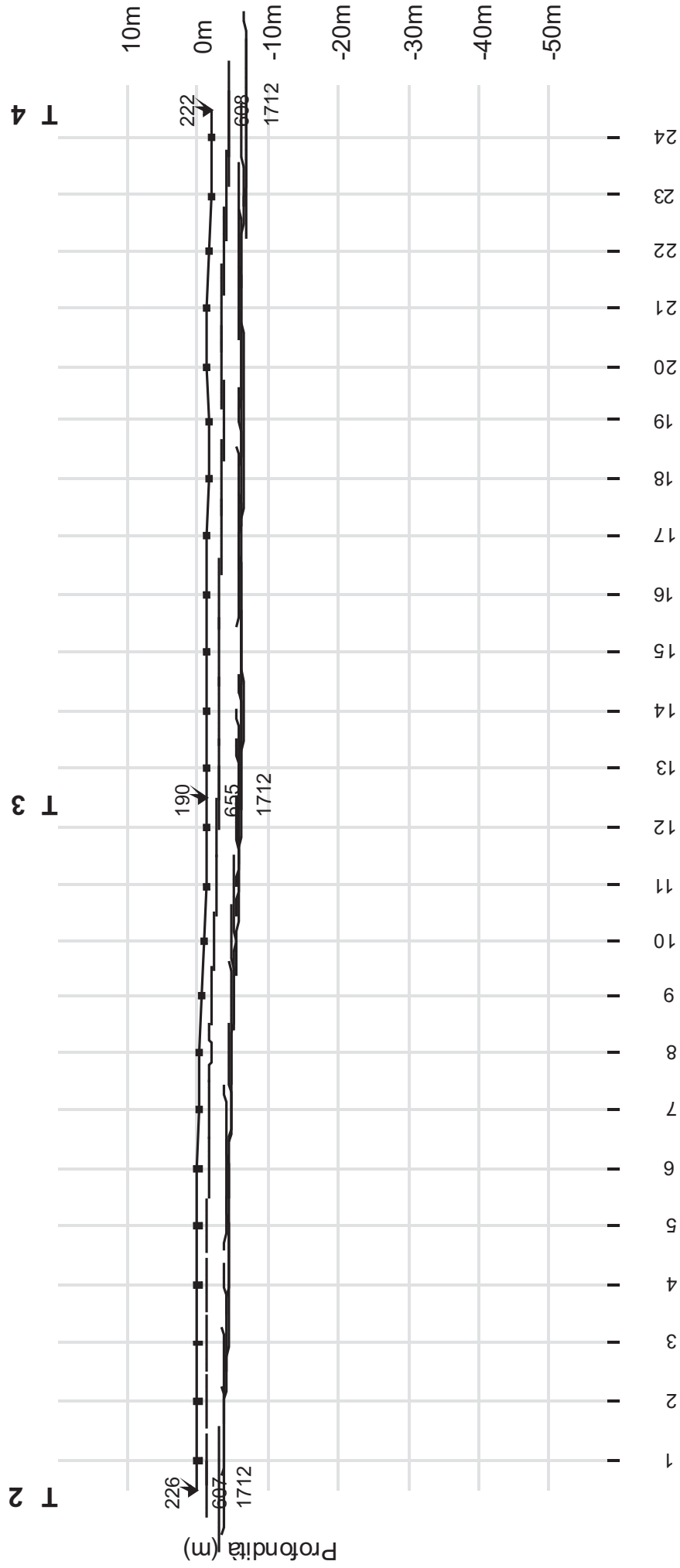
WZ



# PROFILO SISMICO (metodo ABC)

SW

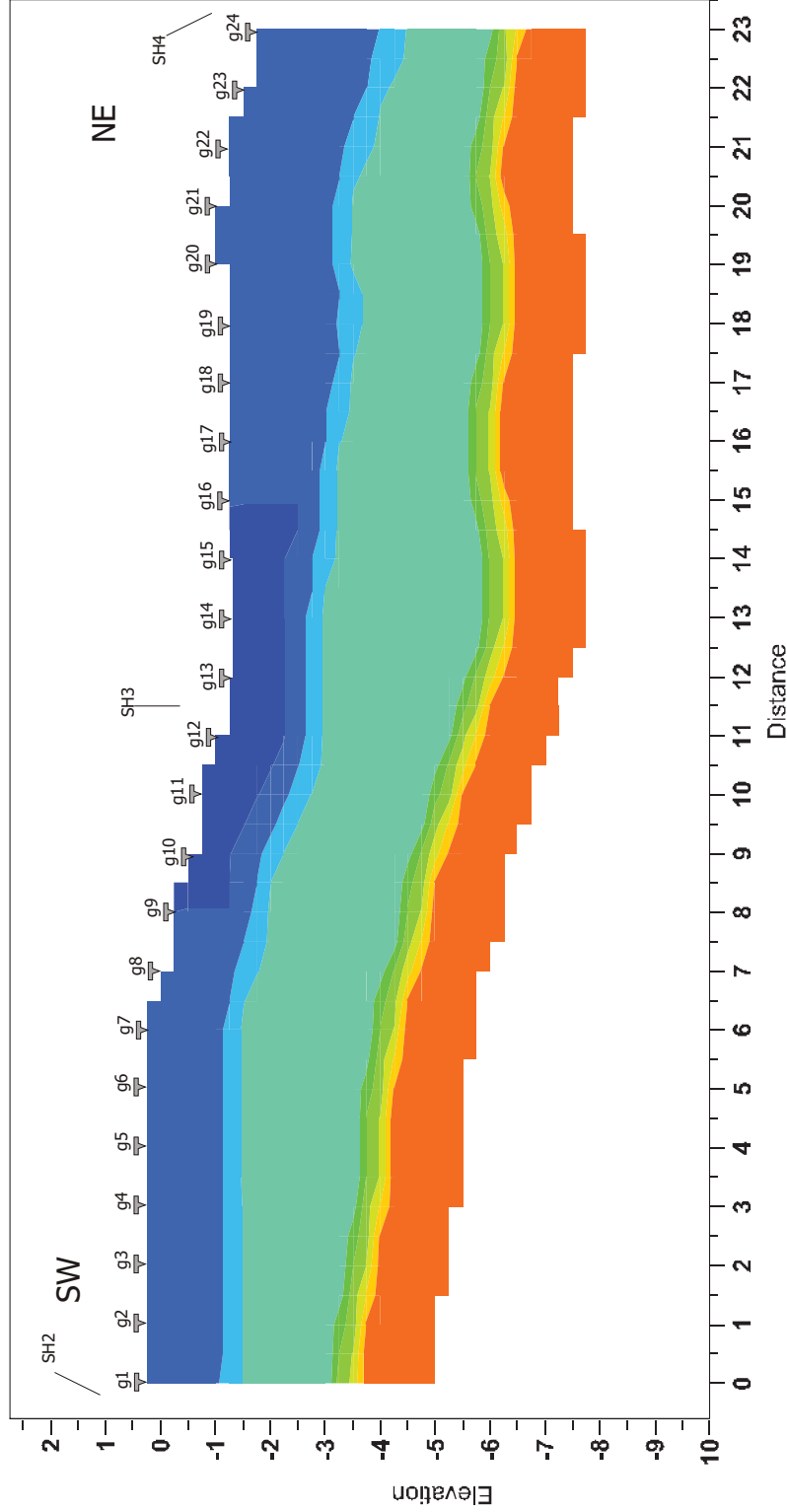
NE





# SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA

(STESA ONDE P - metodo ABC)



## LEGENDA

Velocity meters/s



= geofono 1

= shot n°2

**TABELLA RIASSUNTIVA STESA SISMICA - 5 SHOTS - 3 STRATI**

località:	Pomaranze
tipologia di prosp.:	P
data:	mag-19
referimento:	Sig. Kos

first break picking (ms)	shot1	shot2	shot3	shot4	shot5
40.1	37.1	28.5	39.8	37.1	40.1
39.8	37.1	28.1	24.5	37.1	40.0
40.0	37.1	27.3	25.2	37.6	40.2
39.5	37.1	26.2	19.2	27.6	39.5
39.0	36.9	25.4	20.4	27.6	39.0
39.0	36.6	23.5	21.9	28.5	39.0
39.3	36.7	22.6	22.8	29.3	38.5
38.5	36.1	21.1	23.8	30.0	38.3
37.6	36.1	13.5	26.2	31.6	37.6
37.6	35.9	4.4	26.9	32.1	37.2
36.9	34.7	12.5	28.5	34.7	36.9
36.2	34.0	18.3	29.3	35.0	35.9
35.9	33.6	21.4	30.7	36.1	34.7
34.7	31.9	23.8	30.9	36.1	34.5
34.0	30.0	27.6	32.4	38.1	34.0
34.0	28.1	28.5	33.6	38.6	33.3
32.1	20.4	32.1	35.0	40.0	31.9
31.9	17.4	32.8	35.9	40.5	31.9
31.9	9.9	33.1	37.1	41.7	31.9

shots array		shot1	shot2	shot3	shot4	shot5
dist.	quote	-12.0	0.0	12.0	24.0	36.0
		<del>///</del>	0.0	-1.4	-2.0	<del>///</del>

array	geofoni
0.0	0.50
0.0	1.50
0.0	2.50
0.0	3.50
0.0	4.50
0.0	5.50
-0.1	6.50
-0.2	7.50
-0.4	8.50
-0.8	9.50
-1.1	10.50
-1.3	11.50
-1.4	12.50
-1.4	13.50
-1.4	14.50
-1.3	15.50
-1.4	16.50
-1.5	17.50
-1.6	18.50
-1.3	19.50
-1.3	20.50
-1.5	21.50
-1.7	22.50
-2.0	23.50

calcolo profondità con metodo ABC	sismostrato3	3.7	3.8	4.0	4.4	4.4	2.9	1.5	4.4	2.7	4.2	4.5	4.6	4.8	5.1	4.9	5.1	4.6	4.7	4.9	5.0	5.1	4.6	4.7	5.0				
		sismostrato2	2.3	2.4	2.6	2.9	2.9	3.1	3.0	2.8	2.9	1.6	1.6	3.2	3.4	3.1	3.3	2.7	2.7	2.0	2.1	2.9	2.2	2.3	2.3	2.5			
			sismostrato1	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	2.0	2.1	2.1	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	