

**INDAGINI GEOFISICHE DEL TIPO DOWN – HOLE RELATIVE  
AL PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DELLA  
METROPOLITANA LEGGERA DELLA CITTA' DI PALERMO.  
PRIMA LINEA: ORETO\_NOTARBARTOLO.**



**GEOFISICA – DOWN - HOLE  
RAPPORTO TECNICO DI PROVA**

Committente: SOIL GEO s.r.l.

Società esecutrice: GEOCHECK s.r.l.

Palermo, Agosto 2006

I Tecnici:

Dott. Mauro Corrao

Dott. Giuseppe Coco

INDICE	pag.
<b>1. Introduzione</b>	<b>3</b>
<b>2. SISMICA IN FORO DEL TIPO DOWN - HOLE</b>	<b>4</b>
<i>Generalità</i>	4
<i>Strumentazione ed acquisizione dati</i>	4
<i>Stima dei tempi di primo arrivo ed elaborazione dati</i>	5
<i>Moduli elastici</i>	7
<i>Parametri geosismici</i>	8
<b>3. RISULTATI SISMICA IN FORO DEL TIPO DOWN - HOLE</b>	<b>9</b>
<i>Restituzione grafica e numerica di dettaglio dei moduli elastici e parametri geosismici</i>	10

## 1. Introduzione

Le prove geofisiche del tipo down – hole, oggetto del presente rapporto tecnico, sono state eseguite per conto dell'impresa SOIL GEO s.r.l. nell'ambito del Progetto: “REALIZZAZIONE DELLA METROPOLITANA LEGGERA DELLA CITTA DI PALERMO. PRIMA LINEA ORETO – NOTARBARTOLO”.

In particolare, sono stati eseguiti:

⇒ n° 13 sismiche in foro del tipo down - hole secondo la seguente tabella;

Rif. Number	Rif. Local Designation	Profondità Raggiunta (m)
S1_A2	Via Oreto	27,00
S1_B29	Zona Prez	21,00
S1_B30	Via Oreto	17,00
S1_B33	Vai Gorizia	15,50
S1_B35	P.za S. Anna	18,50
S2_70	Stazione Centrale	27,00
S2_74	P.za Borsa	27,00
S2_76	P.za Bottego	25,00
S2_80	Teatro Massimo	27,50
S2_84	Via Libertà	22,50
S2_86	Via Libertà	21,80
S2_88	Via Damiani	33,70
S2_89	Stazione Notarbartolo	29,00

**Tabella 1** – Riferimento e profondità raggiunte durante l'esecuzione dei down – hole.

I fori condizionati a mezzo di tubo in PVC ( $\phi = 80$  mm.) hanno consentito l'alloggiamento delle triplette geofoniche fino alle profondità riportate in tabella 1.

## 2. SISMICA IN FORO DEL TIPO DOWN - HOLE

### Generalità

Mediante la tecnica di indagine di sismica in foro tipo down hole è possibile determinare la velocità di propagazione (media e d'intervallo) delle onde sismiche di compressione (P) e trasversali o di taglio (S).

La metodologia down - hole, come le altre tecniche di sismica in foro, ha il vantaggio di non avere come condizione che la velocità aumenti con la profondità (es. sismica di rifrazione superficiale), giacché i tempi di arrivo delle onde elastiche vengono valutati via via che queste ultime penetrano negli strati più profondi del terreno.

Con tale tecnica è altresì sempre possibile valutare eventuali inversioni di velocità nell'ambito del pacco di litotipi incontrati nella perforazione.

### Strumentazione ed acquisizione dati

La strumentazione utilizzata consiste in due sensori 3D (distanziati due metri l'uno dall'altro) e di un sismografo con memoria incrementale. L'ancoraggio dei sensori alle pareti del foro avviene tramite pistoncini pneumatici a mandata semplice.

Le caratteristiche tecniche del sistema sopra descritto sono:

- capacità di campionamento dei segnali tra 0.002 e 0.00005 sec;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (time break);
- filtri High Pass e Band Reject;
- "Automatic Gain Control" ;
- convertitore A/D a 16 bit;
- n° 2 geofoni a tre componenti;
- periodo proprio dei sensori pari a 4.5 Hz.

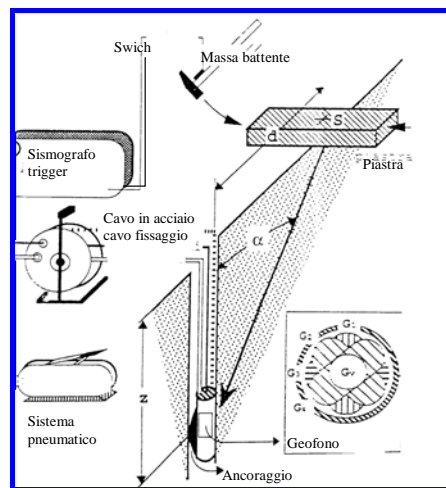


Fig. 1 - Sistema d'acquisizione Down - Hole.

L'energizzazione del terreno è stata effettuata mediante massa battente, così come rappresentato in figura.

Al fine di facilitare la generazione delle onde trasversali, per la valutazione della velocità di propagazione delle onde di taglio, il terreno è stato sollecitato tangenzialmente tramite una piastra di ferro e legno infissa ad una distanza di 2.0 metri dall'asse del foro, in modo da ridurre la dissipazione in fase d'energizzazione.

### Stima dei tempi di primo arrivo ed elaborazione dati

I segnali sismici registrati in formato digitale sono stati analizzati nel dominio del tempo con apposito software su piattaforma Linux (CWP/SU) per la stima del primo arrivo delle onde sismiche generate (P ed S).

I tempi di primo arrivo delle onde S sono stati determinati tramite la procedura di Boatwright (1987)<sup>1</sup>, che prevede la tecnica dell'inversione di fase previa rotazione delle componenti orizzontali del geofono.

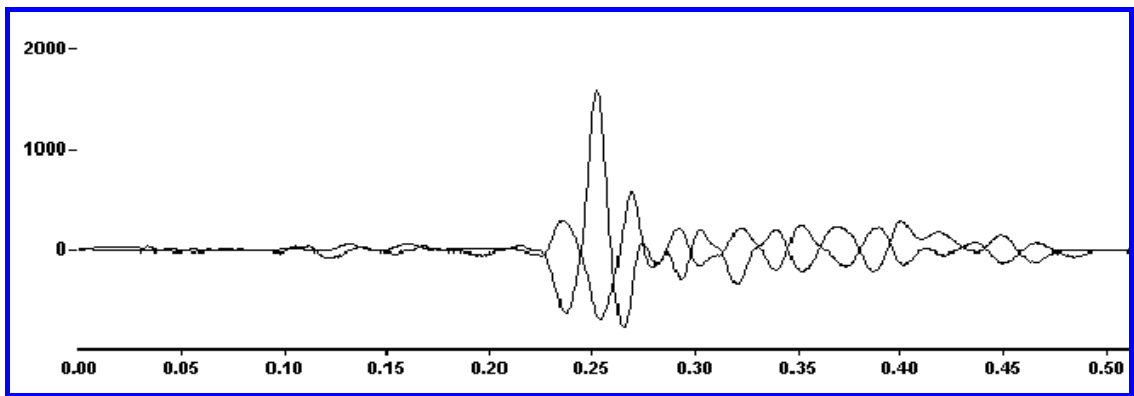


Fig. 2 - Inversione di fase (onde S).

L'elaborazione dei dati consiste nella determinazione della velocità di propagazione delle onde sismiche P e S. Tale velocità si ottiene conoscendo il tempo d'arrivo dei treni d'onda analizzati nonché la distanza tra il punto d'energizzazione ed il sensore posto in foro.

Considerando la figura precedente, dove  $d$  è la distanza della sorgente energizzante S dall'asse del perforo,  $z$  è la profondità cui è fissato il sistema di rilevazione G ed  $\alpha$  è l'angolo tra la congiungente G - S e la verticale (corrispondente all'asse del foro), il tempo verticale o corretto  $t_v$ , cioè il tempo di propagazione dell'onda elastica secondo l'asse del perforo, è uguale a :

$$t_v = t \cos\alpha \quad (1)$$

<sup>1</sup> Boatwright John, Porcella R., Fumal T., Liu Hsi-Ping, (1986), *Direct estimates of shear wave amplification from a borehole near Coalinga, California*, Earthquake Notes, v. 57, p.8.

dove  $t$  è il tempo di ricezione del primo impulso rilevato e  $\alpha$  è dato da :

$$\alpha = \arctan d/z \quad (2)$$

La correzione che si effettua è di tipo “equazionale” e trascura le deviazioni dei percorsi dei raggi generate dalla rifrazione lungo eventuali superfici di discontinuità, approssimando le grandezze geometriche e fisiche in gioco. Tale approssimazione è tanto più accettabile quanto più deboli sono i contrasti di velocità e quanto più prossimi all’asse del foro, mantenendo costanti la profondità dei sensori e la sorgente energizzante.

I tempi corretti  $t_v$  sono diagrammati rispetto alla profondità  $z$  in modo da individuare le dromocrone relative ai litotipi incontrati nella perforazione, determinandone le velocità e gli spessori.

Infatti, se  $v_j$  è la velocità dello strato **jesimo** di spessore  $h_j$  e  $z$  è la profondità del geofono, posto all’interno dello strato **jesimo**, il tempo verticale o corretto  $t_v(z)$  è dato dalla seguente relazione teorica :

$$t_{v(z)} = \frac{z - \sum_{i=1}^{j-1} h_i}{V_j} + \sum_{i=1}^{j-1} \frac{h_i}{V_i} \quad (3)$$

che è l’equazione di una retta con coefficiente angolare pari all’inverso della velocità dello strato **iesimo**.

Allo scopo di avere una valutazione del grado di disomogeneità dei sismostrati riscontrati nella perforazione, si determina la velocità intervallo vera  $v_i$ , cioè la velocità cui viaggerebbe il fronte d’onda, lungo l’asse verticale, tra due posizioni consecutive dell’apparato geofonico.

Calcolando le distanze parziali  $s_z = z_n - z_{(n-1)}$ , le velocità intervallo sono date da:

$$v_i = s_z / s_{t_v} \quad (4)$$

I tempi scaturiti consentono, in funzione della distanza tra il punto d’energizzazione e la ricezione dei segnali, di definire, per i singoli intervalli, le velocità delle onde P ( $V_p$ ) e delle onde S ( $V_s$ ) (4) e di calcolare inoltre i rapporti  $V_p/V_s$  e  $V_s/V_p$ , per la stima del coefficiente di Poisson ( $\sigma$ ) e quindi il calcolo dei moduli elasto-dinamici e geosismici.

## Moduli elastici

Il calcolo dei moduli elastici si basa sulla teoria dell'elasticità, la quale prevede che, per sforzi impulsivi e di piccola energia, i corpi subiscono deformazioni linearmente proporzionali alle forze che le originano.

In presenza di tali condizioni anche ai terreni ed alle rocce si possono attribuire le proprietà dei corpi elastici, vale a dire: omogeneità, isotropia e continuità. Pertanto, per sollecitazioni impulsive e di bassa energia, terreni e rocce rispondono nel campo della legge di Hooke:

$$\sigma = \varepsilon K$$

dove:

$\sigma$  = sforzo applicato

$\varepsilon$  = deformazione prodotta

$K$  = coefficiente di proporzionalità (è un generico coefficiente di proporzionalità che assume significato fisico diverso in relazione al tipo di forze applicate e deformazioni conseguenti).

Le deformazioni e le tensioni generate da un transiente sismico rispondono al requisito di sollecitazioni impulsive di bassa energia. Quindi i terreni e le rocce attraversate da radiazioni sismiche subiscono deformazioni di tipo elastico.

Tali deformazioni trovano un'intrinseca corrispondenza con le fasi P e S dell'input sismico. Infatti, le velocità di propagazione delle onde sismiche variano al variare delle caratteristiche geomeccaniche e fisiche dei litotipi coinvolti e, pertanto, consentono di ottenere informazioni sulle proprietà elastiche dei mezzi attraversati.

Tali parametri, riportati nella tabella seguente, esprimono le caratteristiche elastiche di un corpo quando è sottoposto ad uno sforzo e sono:

- modulo d'elasticità o di Young (E) che fornisce una misura del rapporto sforzo-deformazione nel caso di una semplice torsione o compressione. Il modulo di Young dipende dalla porosità dalla pressione litostatica. I valori minimi del modulo si registrano in litotipi ad alta porosità saturi in gas, mentre i valori massimi si hanno per litotipi a bassa porosità, sotto pressione e saturi d'acqua.

- densità geofisica ( $\gamma$ ) è un parametro che indica lo stato di addensamento dei terreni ed è paragonabile al peso di volume geotecnico.

- rapporto di Poisson ( $\sigma$ ) che dà la misura della deformazione geometrica subita da un corpo elastico e varia da, 0.2 a 0.3 per le rocce compatte; da 0.3 a 0.35 per le sabbie e da 0.4 a 0.5 per le argille.

- modulo di rigidità (G) che esprime la misura del rapporto sforzo-deformazione nel caso di uno sforzo di taglio, stabilendo pertanto la resistenza del corpo alle variazioni di forma. Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione litostatica. Assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a bassa pressione e saturi d'acqua.

- modulo di volume o di compressibilità (K) misura il rapporto sforzo-deformazione nel caso di una pressione idrostatica ed indica la resistenza del corpo alle variazioni di volume. Tale parametro varia con la porosità, con la pressione e con la quantità d'acqua presente nella roccia. Aumenta con il grado di saturazione, con il decrescere della porosità e con l'aumentare della pressione litostatica.

- modulo di contrasto (M) che esprime la misura del rapporto sforzo-deformazione nel caso di uno sforzo di compressione, stabilendo pertanto la resistenza del corpo alle variazioni in direzione perpendicolare al fronte di propagazione. Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione litostatica. Assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a bassa pressione e privi d'acqua.

### **Parametri geosismici**

I parametri geosismici esprimono il comportamento sismico di un pacchetto lito - stratigrafico, in termini di potere di trasmissione dell'energia sismica da una formazione all'altra. Tale caratteristica è legata all'impedenza sismica ed a due coefficienti ad essa dipendenti: coefficiente di rifrazione ( $t$ ) e coefficiente di riflessione ( $\xi$ ).

- L'impedenza sismica (IS) è data dal prodotto della velocità di propagazione delle onde trasversali per la densità del mezzo in cui l'onda si propaga. L'IS è un parametro che permette di valutare l'amplificazione sismica al sito.

- I coefficienti di rifrazione e di riflessione Altri due valori legati alla rigidità dei terreni sono: i coefficienti di rifrazione ( $t$ ) e di riflessione ( $\xi$ ).

Tali coefficienti rappresentano il rapporto tra l'ampiezza dell'onda riflessa o rifratta con l'ampiezza dell'onda incidente.

$\xi$  può assumere valori compresi tra  $-1$  e  $+1$ : quando  $\xi$  tende a  $+1$ , l'onda riflessa ha la stessa fase ed ampiezza dell'onda incidente, mentre quando  $\xi$  tende a  $-1$ , l'onda riflessa avrà la stessa ampiezza dell'onda incidente, ma sarà in opposizione di fase.  $t$  è sempre positivo e, laddove i terreni hanno forte contrasto di impedenza sismica ( $\rho_2 \gg \rho_1$ ), il coefficiente  $t$  tende a 2, cui corrisponde un aumento della frazione di energia trasmessa.



### 3. RISULTATI SISMICA IN FORO DEL TIPO DOWN - HOLE

L'elaborazione dei dati sismici ha permesso di "tipizzare" il sottosuolo investigato in sismostrati. I valori in termini di velocità sismiche longitudinali e di taglio medi dei sismostrati sono riportati di seguito unitamente ai valori intervallo ed i relativi grafici. Inoltre è stato calcolato il valore  $V_{s30}$  (velocità media pesata entro 30 metri di profondità) per definire lo spettro di risposta elastico secondo la seguente relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h}{V_i}}$$

<b>Suolo tipo A</b>	$V_{s30} > 800$ m/s
<b>Suolo tipo B</b>	$360$ m/s < $V_{s30}$ < $800$ m/s
<b>Suolo tipo C</b>	$180$ m/s < $V_{s30}$ < $360$ m/s
<b>Suolo tipo D</b>	$V_{s30} < 180$ m/s
<b>Suolo tipo E</b>	$V_s < 360$ m/s spess. 5 - 20 m giacenti su di un subsatrato $V_s > 800$ m/sec

**Tabella 2** - "Range"  $V_{s30}$  da normativa 3274/2003.

Si rende noto che il calcolo del  $V_{s30}$ , è stato calcolato per estensione anche per quei down - hole laddove la profondità massima di investigazione non ha raggiunto i 30 metri.

## Restituzione grafica e numerica di dettaglio dei moduli elastici e parametri geosismici

**S1\_A2**

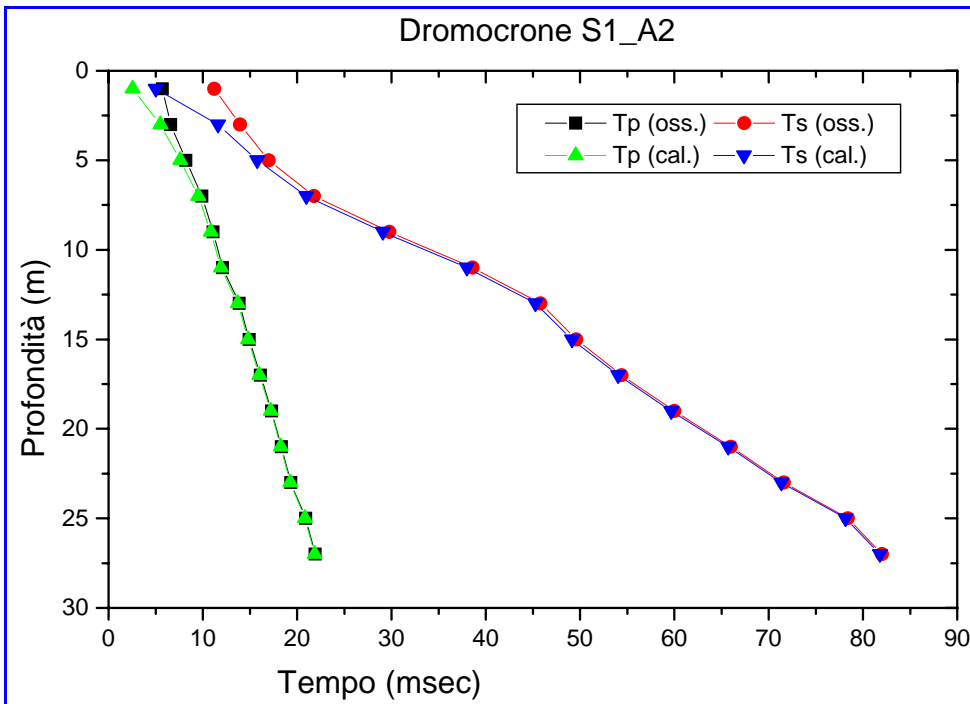
DOWN-HOLE S1\_A2

D (m)	Z (m)	VPI (m/sec)	VSi (m/sec)	$\gamma^{din}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	G (Kg/cm <sup>2</sup> )	K(Kg/cm <sup>2</sup> )	E(kg/cm <sup>2</sup> )	M(kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$	Vp/Vs	Imp. Sismica (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	Coeff. t	Coeff.ξ	H(m)/Vs (m/sec)
2	1	392.29	199.29	1.59	6.38E+02	1.62E+03	1.69E+03	2.47E+03	0.326	1.97	316.12	1.26	-0.26	0.0050
2	3	679.71	303.52	1.76	1.64E+03	6.04E+03	4.52E+03	8.23E+03	0.375	2.24	534.44	1.25	-0.25	0.0066
2	5	942.52	478.81	1.87	4.35E+03	1.10E+04	1.15E+04	1.68E+04	0.326	1.97	897.12	0.90	0.10	0.0042
2	7	1049.55	386.32	1.91	2.89E+03	1.75E+04	8.21E+03	2.13E+04	0.422	2.72	738.76	0.80	0.20	0.0052
2	9	1322.90	246.03	2.00	1.22E+03	3.38E+04	3.63E+03	3.54E+04	0.482	5.38	491.64	0.97	0.03	0.0081
2	11	1464.29	225.05	2.04	1.04E+03	4.28E+04	3.11E+03	4.42E+04	0.488	6.51	458.47	1.10	-0.10	0.0089
2	13	1536.01	274.35	2.06	1.57E+03	4.70E+04	4.65E+03	4.91E+04	0.484	5.60	564.01	1.32	-0.32	0.0073
2	15	1817.85	513.15	2.12	5.66E+03	6.35E+04	1.65E+04	7.10E+04	0.457	3.54	1089.26	0.88	0.12	0.0039
2	17	1679.70	411.31	2.09	3.58E+03	5.49E+04	1.05E+04	5.97E+04	0.468	4.08	860.07	0.92	0.08	0.0049
2	19	1645.79	354.43	2.08	2.65E+03	5.36E+04	7.82E+03	5.71E+04	0.476	4.64	738.26	0.98	0.02	0.0056
2	21	1900.34	331.54	2.14	2.38E+03	7.51E+04	7.07E+03	7.82E+04	0.484	5.73	709.72	1.04	-0.04	0.0060
2	23	1980.38	355.36	2.16	2.76E+03	8.20E+04	8.18E+03	8.56E+04	0.483	5.57	766.69	0.86	0.14	0.0056
2	25	1277.02	293.28	1.98	1.73E+03	3.05E+04	5.09E+03	3.28E+04	0.472	4.35	582.14	1.34	-0.34	0.0068
2	27	1986.64	551.63	2.16	6.65E+03	7.74E+04	1.94E+04	8.62E+04	0.458	3.60	1190.85	0.00	1.00	0.0054

$V_{S30}$  (m/sec) = 358.9

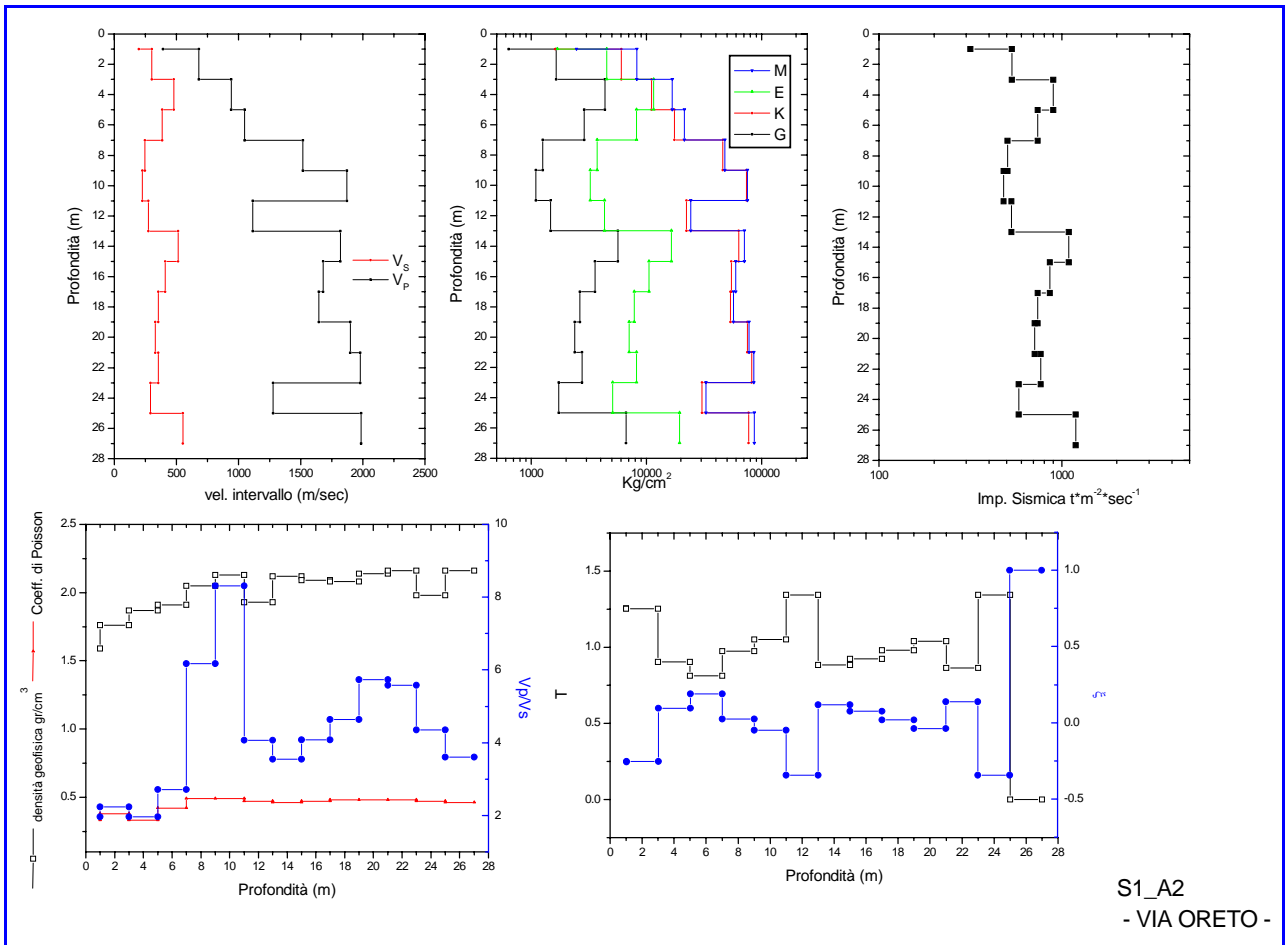
Secondo O.P.C.M. 3274/2003: Suolo tipo C.

### Relazioni tempo – profondità dei valori osservati e calcolati



DOWN-HOLE S1_A2									
Valori medi sismostrati									
Sismostrato	Profondità dal p.c. (m)	VPI (m/sec)	VSi (m/sec)	$\gamma^{din}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	G (Kg/cm <sup>2</sup> )	K(Kg/cm <sup>2</sup> )	E(kg/cm <sup>2</sup> )	M(kg/cm <sup>2</sup> )	
1	da 0 a 3 metri	536.00	251.41	1.67	1.14E+03	3.83E+03	3.10E+03	5.35E+03	
2	da 3 a 13 metri	1263.06	322.11	1.98	2.21E+03	3.04E+04	6.23E+03	3.34E+04	
3	da 13 a profondità	1755.39	401.53	2.11	3.63E+03	6.24E+04	1.06E+04	6.72E+04	
		$\sigma$	Vp/Vs	Imp. Sismica (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	Coeff. t	Coeff.ξ			
		0.351	2.10	425.28	1.26	-0.26			
		0.440	4.43	630.00	1.02	-0.02			
		0.471	4.50	848.14	0.86	0.14			

**Profili 1D dei moduli elastici e parametri geosismici S1\_A2**



# S1\_B29

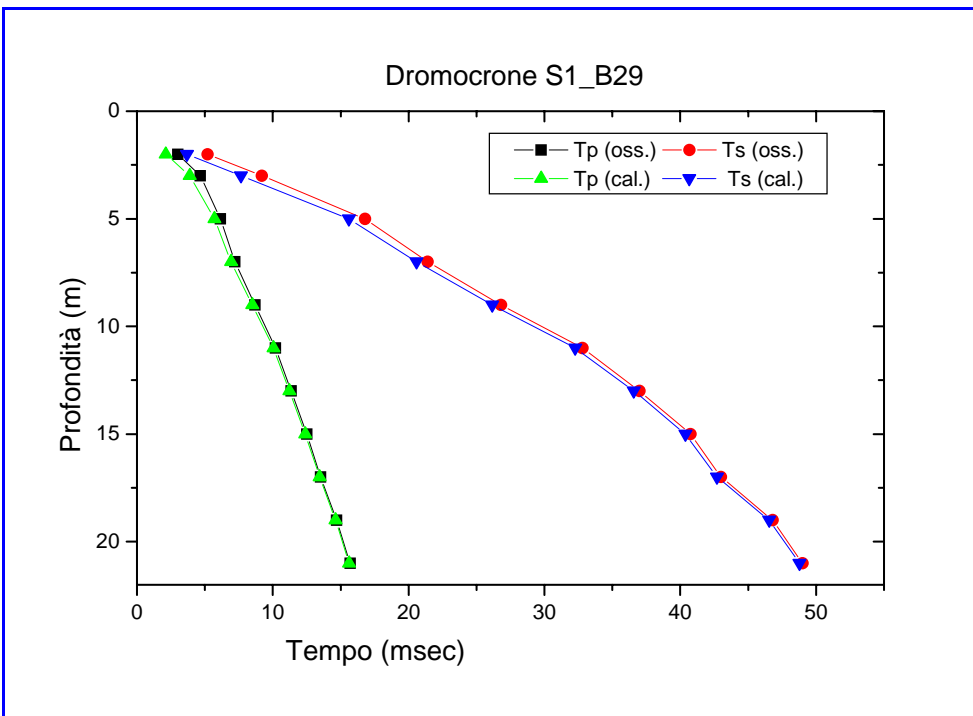
## DOWN-HOLE S1\_B29

D (m)	Z (m)	VPI (m/sec)	VSi (m/sec)	$\gamma^{din}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	G (Kg/cm <sup>2</sup> )	K(Kg/cm <sup>2</sup> )	E(kg/cm <sup>2</sup> )	M(kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$	Vp/Vs	Imp. Sismica (t*m-2*sec-1)	Coeff. t	Coeff. $\xi$	H(m)/Vs (m/sec)
2.00	2.00	942.81	543.93	1.87	5.61E+03	9.38E+03	1.40E+04	1.69E+04	0.251	1.73	1019.18	0.59	0.41	0.0037
2.00	3.00	566.78	251.39	1.70	1.09E+03	4.08E+03	3.00E+03	5.53E+03	0.378	2.25	427.63	1.06	-0.06	0.0040
2.00	5.00	1096.22	251.78	1.93	1.24E+03	2.18E+04	3.64E+03	2.35E+04	0.472	4.35	485.47	1.27	-0.27	0.0079
2.00	7.00	1649.02	401.75	2.08	3.40E+03	5.28E+04	1.00E+04	5.73E+04	0.468	4.10	837.14	0.92	0.08	0.0050
2.00	9.00	1274.00	358.09	1.98	2.57E+03	2.92E+04	7.50E+03	3.26E+04	0.457	3.56	710.47	0.96	0.04	0.0056
2.00	11.00	1296.47	327.38	1.99	2.16E+03	3.10E+04	6.33E+03	3.39E+04	0.466	3.96	651.70	1.20	-0.20	0.0061
2.00	13.00	1691.27	465.24	2.09	4.59E+03	5.45E+04	1.34E+04	6.06E+04	0.459	3.64	974.12	1.06	-0.06	0.0043
2.00	15.00	1706.00	523.18	2.10	5.81E+03	5.40E+04	1.68E+04	6.18E+04	0.448	3.26	1097.23	1.26	-0.26	0.0038
2.00	17.00	1910.26	864.70	2.14	1.62E+04	5.75E+04	4.45E+04	7.91E+04	0.371	2.21	1852.86	0.74	0.26	0.0023
2.00	19.00	1692.19	521.19	2.09	5.76E+03	5.30E+04	1.67E+04	6.07E+04	0.448	3.25	1091.37	1.28	-0.28	0.0038
2.00	21.00	1980.10	894.29	2.16	1.75E+04	6.23E+04	4.79E+04	8.56E+04	0.372	2.21	1929.38	0.00	1.00	0.0101

V<sub>330</sub> (m/sec) = 530

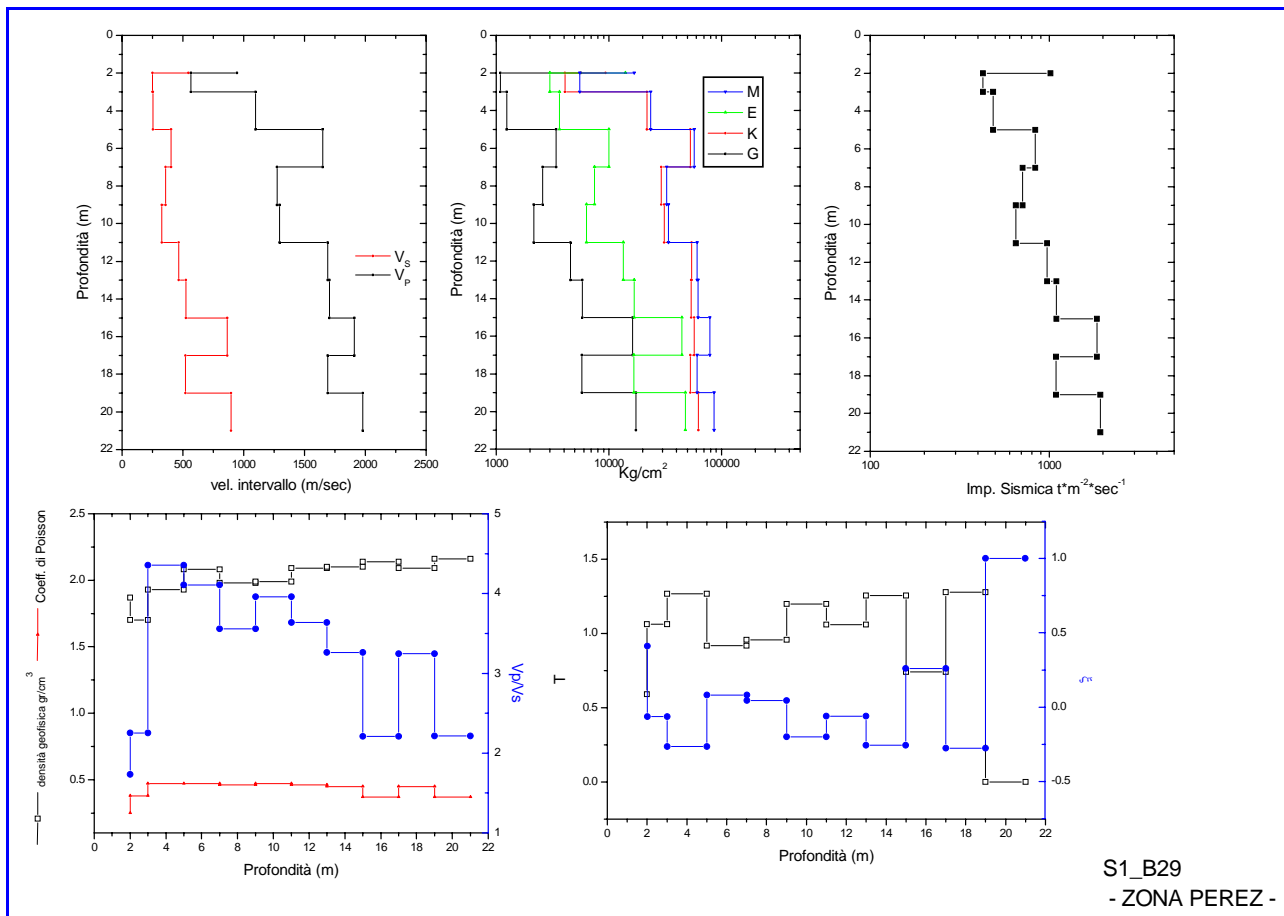
Secondo O.P.C.M. 3274/2003: Suolo tipo B.

### Relazioni tempo – profondità dei valori osservati e calcolati



DOWN-HOLE S1_B29									
Valori medi sismostrati									
Sismostrato	Profondità dal p.c. (m)	VPI (m/sec)	VSi (m/sec)	$\gamma^{din}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	G (Kg/cm <sup>2</sup> )	K(Kg/cm <sup>2</sup> )	E(kg/cm <sup>2</sup> )	M(kg/cm <sup>2</sup> )	
1	da 0 a 3 metri	754.79	397.66	1.79	3.35E+03	6.73E+03	8.52E+03	1.12E+04	
2	da 3 a 11 metri	1328.93	334.75	2.00	2.34E+03	3.37E+04	6.87E+03	3.68E+04	
3	da 11 a profondità	1795.96	653.72	2.12	9.97E+03	5.63E+04	2.79E+04	6.96E+04	
		$\sigma$	Vp/Vs	Imp. Sismica (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	Coeff. t	Coeff. $\xi$			
		0.314	1.99	723.40	0.83	0.17			
		0.466	3.99	671.20	1.08	-0.08			
		0.420	2.91	1388.99	0.95	0.05			

## Profili 1D dei moduli elastici e parametri geosismici S1\_B29



# S1\_B30

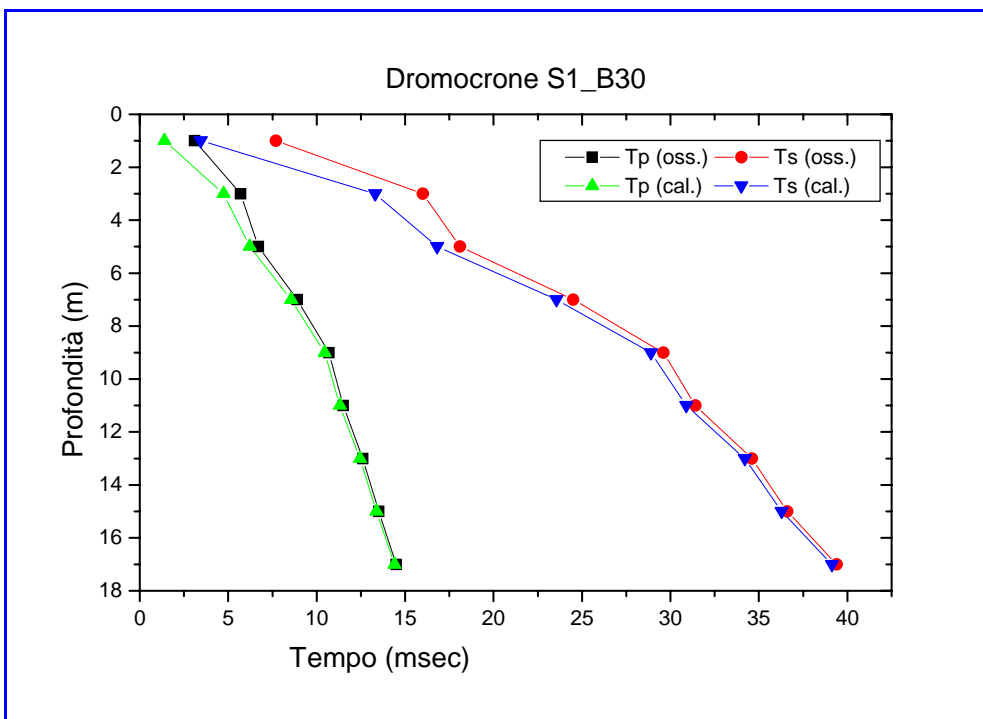
## DOWN-HOLE S1\_B30

D (m)	Z (m)	VPI (m/sec)	VSi (m/sec)	$\gamma^{din}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	G (Kg/cm <sup>2</sup> )	K(Kg/cm <sup>2</sup> )	E(kg/cm <sup>2</sup> )	M(kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$	Vp/Vs	Imp. Sismica (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	Coeff. t	Coeff. $\xi$	H(m)/Vs (m/sec)
2.00	1.00	721.31	290.40	1.78	1.5E+03	7.4E+03	4.3E+03	9.4E+03	0.403	2.48	517.14	0.80	0.20	0.0034
2.00	3.00	595.89	202.65	1.72	7.1E+02	5.2E+03	2.0E+03	6.2E+03	0.435	2.94	348.01	1.54	-0.54	0.0099
2.00	5.00	1353.08	572.64	2.01	6.7E+03	2.8E+04	1.9E+04	3.7E+04	0.391	2.36	1149.21	0.64	0.36	0.0035
2.00	7.00	855.88	296.21	1.84	1.6E+03	1.1E+04	4.7E+03	1.4E+04	0.432	2.89	544.92	1.14	-0.14	0.0068
2.00	9.00	1059.52	374.69	1.92	2.7E+03	1.8E+04	7.8E+03	2.2E+04	0.429	2.83	717.81	1.51	-0.51	0.0053
2.00	11.00	2300.70	1000.81	2.22	2.3E+04	8.9E+04	6.2E+04	1.2E+05	0.383	2.30	2221.65	0.73	0.27	0.0020
2.00	13.00	1755.96	605.30	2.11	7.8E+03	5.5E+04	2.2E+04	6.6E+04	0.433	2.90	1276.43	1.25	-0.25	0.0033
2.00	15.00	2154.96	960.95	2.19	2.0E+04	7.6E+04	5.6E+04	1.0E+05	0.376	2.24	2106.80	0.84	0.16	0.0021
2.00	17.00	1962.50	701.46	2.15	1.1E+04	7.0E+04	3.1E+04	8.4E+04	0.427	2.80	1510.80	0.00	1.00	0.0185

V<sub>S30</sub> (m/sec) = 543.3

Secondo O.P.C.M. 3274/2003: Suolo tipo B.

### Relazioni tempo – profondità dei valori osservati e calcolati

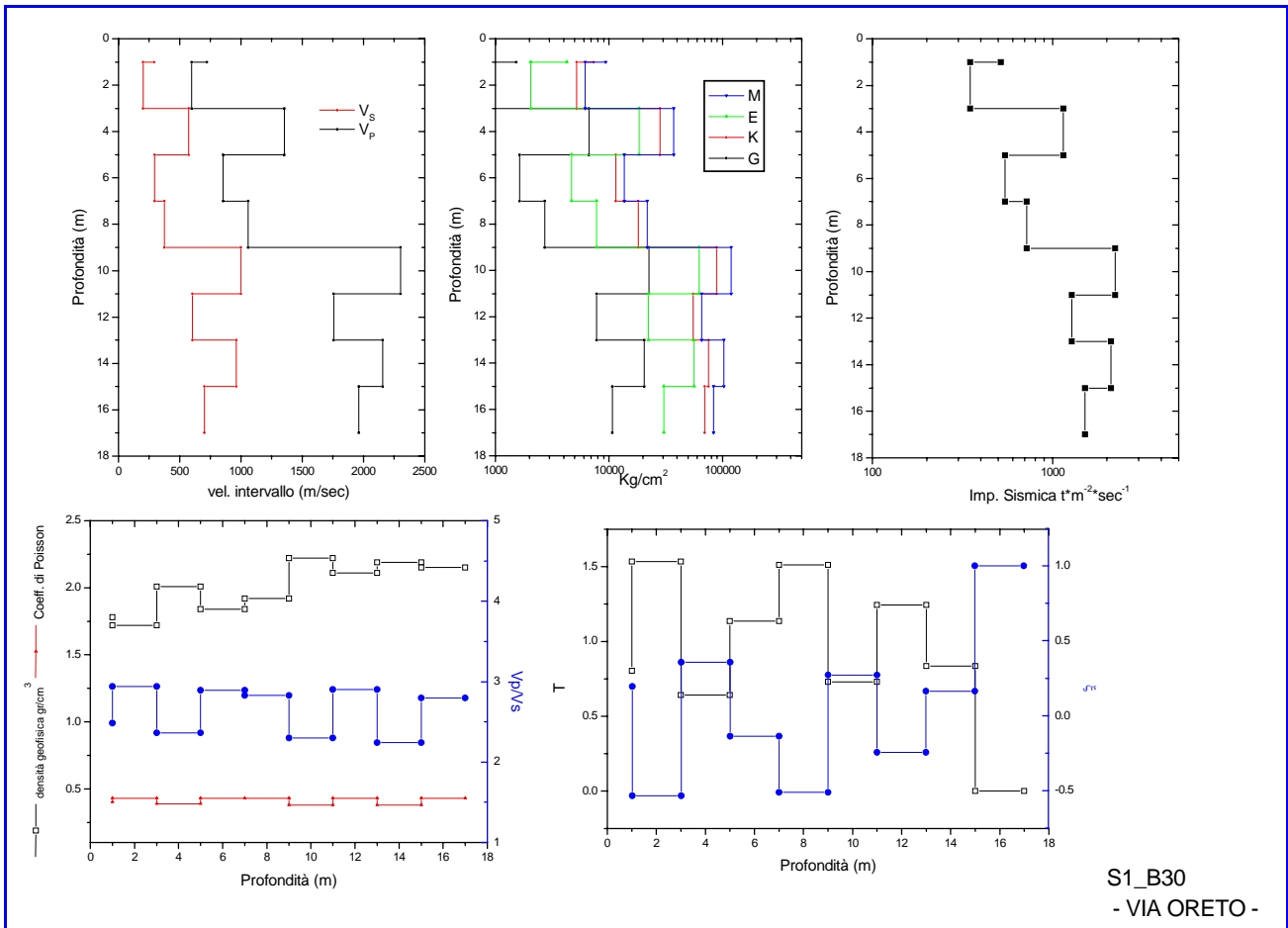


#### DOWN-HOLE S1\_B30

##### Valori medi sismostrati

Sismostrato	Profondità dal p.c. (m)	VPI (m/sec)	VSi (m/sec)	$\gamma^{din}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	G (Kg/cm <sup>2</sup> )	K(Kg/cm <sup>2</sup> )	E(kg/cm <sup>2</sup> )	M(kg/cm <sup>2</sup> )
1	da 0 a 3 metri	658.60	246.52	1.75	1.12E+03	6.29E+03	3.16E+03	7.77E+03
2	da 3 a 9 metri	1089.50	414.51	1.92	3.67E+03	1.93E+04	1.03E+04	2.42E+04
3	da 9 a profondità	2043.53	817.13	2.17	1.54E+04	7.24E+04	4.29E+04	9.29E+04
		$\sigma$	Vp/Vs	Imp. Sismica (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	Coeff. t	Coeff. $\xi$		
		0.42	2.71	432.58	1.17	-0.17		
		0.42	2.86	631.36	1.32	-0.32		
		0.40	2.56	1778.92	0.82	0.18		

**Profili 1D dei moduli elastici e parametri geosismici S1\_B30**



# S1\_B33

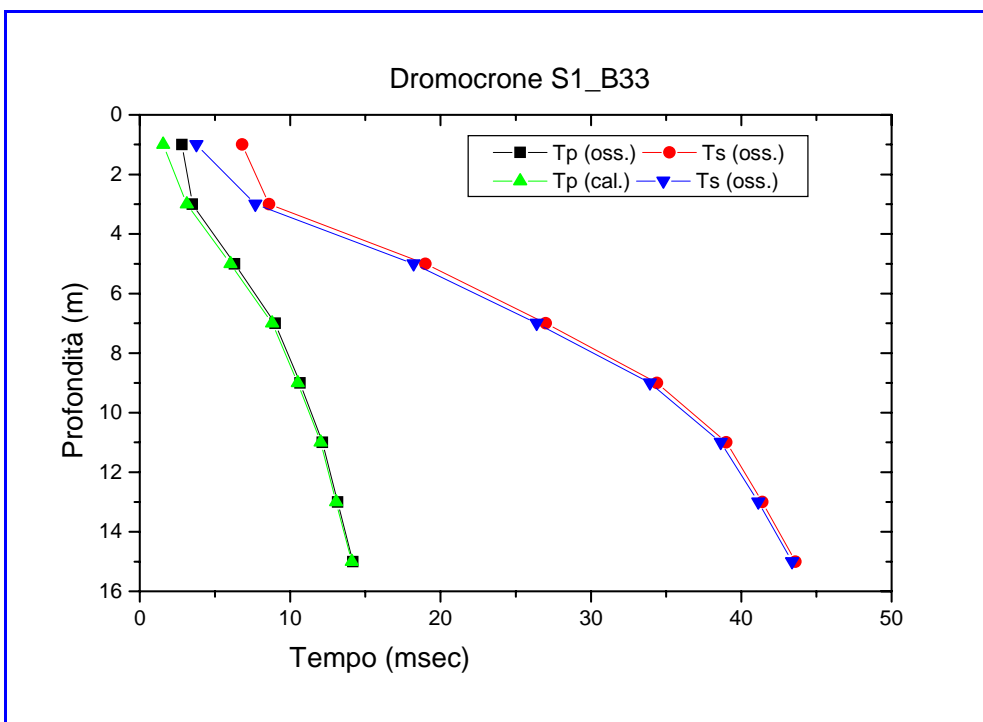
## DOWN-HOLE S1\_B33

D (m)	Z (m)	VPI (m/sec)	VSI (m/sec)	$\gamma^{din}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	G (Kg/cm <sup>2</sup> )	K(Kg/cm <sup>2</sup> )	E(kg/cm <sup>2</sup> )	M(kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$	Vp/Vs	Imp. Sismica (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	Coeff. t	Coeff. $\xi$	H(m)/V <sub>s</sub> (m/sec)
1.50	1.00	643.85	265.11	1.74	1.24E+03	5.66E+03	3.47E+03	7.31E+03	0.398	2.43	462.03	1.37	-0.37	0.0038
1.50	3.00	1267.96	510.19	1.98	5.22E+03	2.53E+04	1.47E+04	3.23E+04	0.403	2.49	1011.33	0.50	0.50	0.0039
1.50	5.00	688.75	190.36	1.77	6.47E+02	7.61E+03	1.89E+03	8.48E+03	0.459	3.62	336.02	1.13	-0.13	0.0105
1.50	7.00	723.09	243.84	1.78	1.07E+03	8.00E+03	3.08E+03	9.43E+03	0.436	2.97	434.44	1.09	-0.09	0.0082
1.50	9.00	1166.36	265.56	1.95	1.39E+03	2.50E+04	4.10E+03	2.69E+04	0.473	4.39	518.12	1.24	-0.24	0.0075
1.50	11.00	1321.25	424.59	2.00	3.65E+03	3.04E+04	1.05E+04	3.53E+04	0.442	3.11	848.26	1.34	-0.34	0.0047
1.50	13.00	1933.02	804.91	2.15	1.41E+04	6.24E+04	3.93E+04	8.12E+04	0.395	2.40	1728.63	1.05	-0.05	0.0025
1.50	15.00	1929.85	886.33	2.15	1.71E+04	5.82E+04	4.66E+04	8.09E+04	0.366	2.18	1902.90	0.00	1.00	0.0169

V<sub>s30</sub> (m/sec) = 516.8

Secondo O.P.C.M. 3274/2003: Suolo tipo B.

### Relazioni tempo – profondità dei valori osservati e calcolati



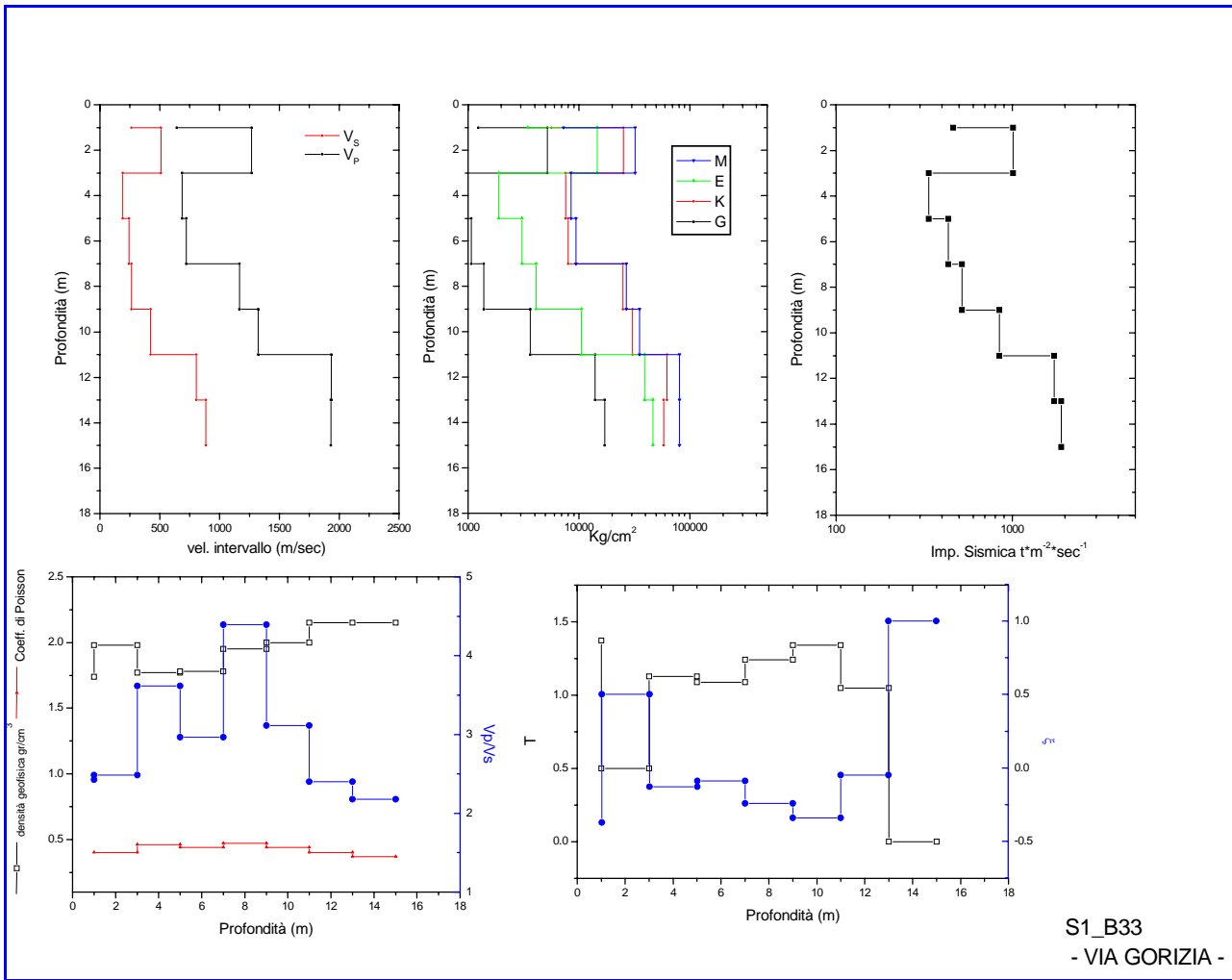
#### DOWN-HOLE S1\_B33

##### Valori medi sismostrati

Sismostrato	Profondità dal p.c. (m)	VPI (m/sec)	VSI (m/sec)	$\gamma^{din}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	G (Kg/cm <sup>2</sup> )	K(Kg/cm <sup>2</sup> )	E(kg/cm <sup>2</sup> )	M(kg/cm <sup>2</sup> )
1	da 0 a 1 metri	643.85	265.11	1.74	1.24E+03	5.66E+03	3.47E+03	7.31E+03
2	da 1 a 11 metri	1033.48	326.91	1.90	2.40E+03	1.93E+04	6.85E+03	2.25E+04
3	da 11 a profondità	1931.44	845.62	2.15	1.56E+04	6.03E+04	4.30E+04	8.11E+04
		$\sigma$	Vp/Vs	Imp. Sismica (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	Coeff. t	Coeff. $\xi$		
		0.40	2.43	462.03	1.37	-0.37		
		0.44	3.31	629.63	1.06	-0.06		
		0.38	2.29	1815.76	0.70	0.30		



# Profili 1D dei moduli elastici e parametri geosismici S1\_B33



# S1\_B35

## DOWN-HOLE S1\_B35

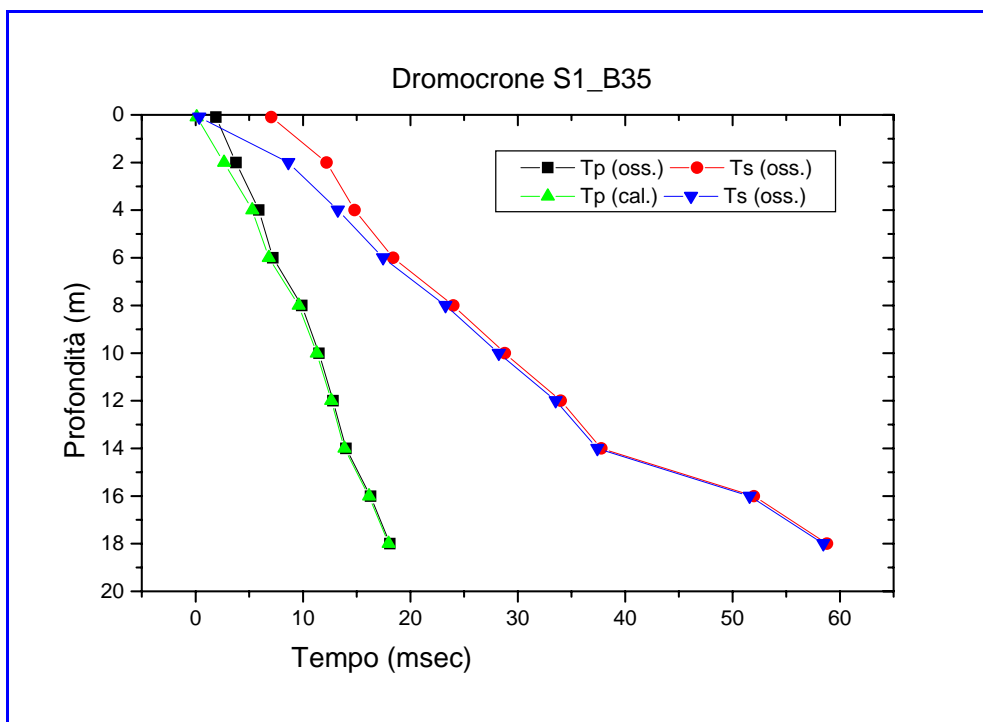
D (m)	Z (m)	VPI (m/sec)	VSI (m/sec)	$\gamma^{din}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	G (Kg/cm <sup>2</sup> )	K(Kg/cm <sup>2</sup> )	E(kg/cm <sup>2</sup> )	M(kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$	Vp/Vs	Imp. Sismica (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	Coeff. t	Coeff.ξ	H(m)/Vs (m/sec)
2.00	0.10	1048.43	283.64	1.91	1.56E+03	1.92E+04	4.55E+03	2.13E+04	0.461	3.70	542.30	0.86	0.14	—
2.00	2.00	737.15	229.63	1.79	9.54E+02	8.56E+03	2.76E+03	9.83E+03	0.446	3.21	410.62	1.31	-0.31	0.0087
2.00	4.00	767.97	433.76	1.80	3.43E+03	6.18E+03	8.69E+03	1.08E+04	0.266	1.77	781.70	1.09	-0.09	0.0046
2.00	6.00	1287.50	474.13	1.99	4.52E+03	2.73E+04	1.29E+04	3.34E+04	0.422	2.72	942.58	0.79	0.21	0.0042
2.00	8.00	721.01	343.19	1.78	2.12E+03	6.54E+03	5.75E+03	9.37E+03	0.354	2.10	611.10	1.13	-0.13	0.0058
2.00	10.00	1195.98	403.45	1.96	3.23E+03	2.41E+04	9.27E+03	2.84E+04	0.436	2.96	790.90	0.99	0.01	0.0050
2.00	12.00	1482.40	377.60	2.04	2.95E+03	4.15E+04	8.64E+03	4.54E+04	0.465	3.93	771.05	1.16	-0.16	0.0053
2.00	14.00	1621.47	515.11	2.08	5.58E+03	4.78E+04	1.61E+04	5.53E+04	0.444	3.15	1069.91	0.39	0.61	0.0039
2.00	16.00	863.99	141.06	1.84	3.71E+02	1.34E+04	1.10E+03	1.39E+04	0.486	6.12	259.96	1.37	-0.37	0.0142
2.00	18.00	1101.83	292.32	1.93	1.67E+03	2.15E+04	4.88E+03	2.37E+04	0.462	3.77	564.19	0.00	1.00	0.0411

V<sub>s30</sub> (m/sec) = 357

\*Il primo valore del rapporto H/Vs è stato trascurato vista la superficialità della misura eseguita (Z = 0.1 m).

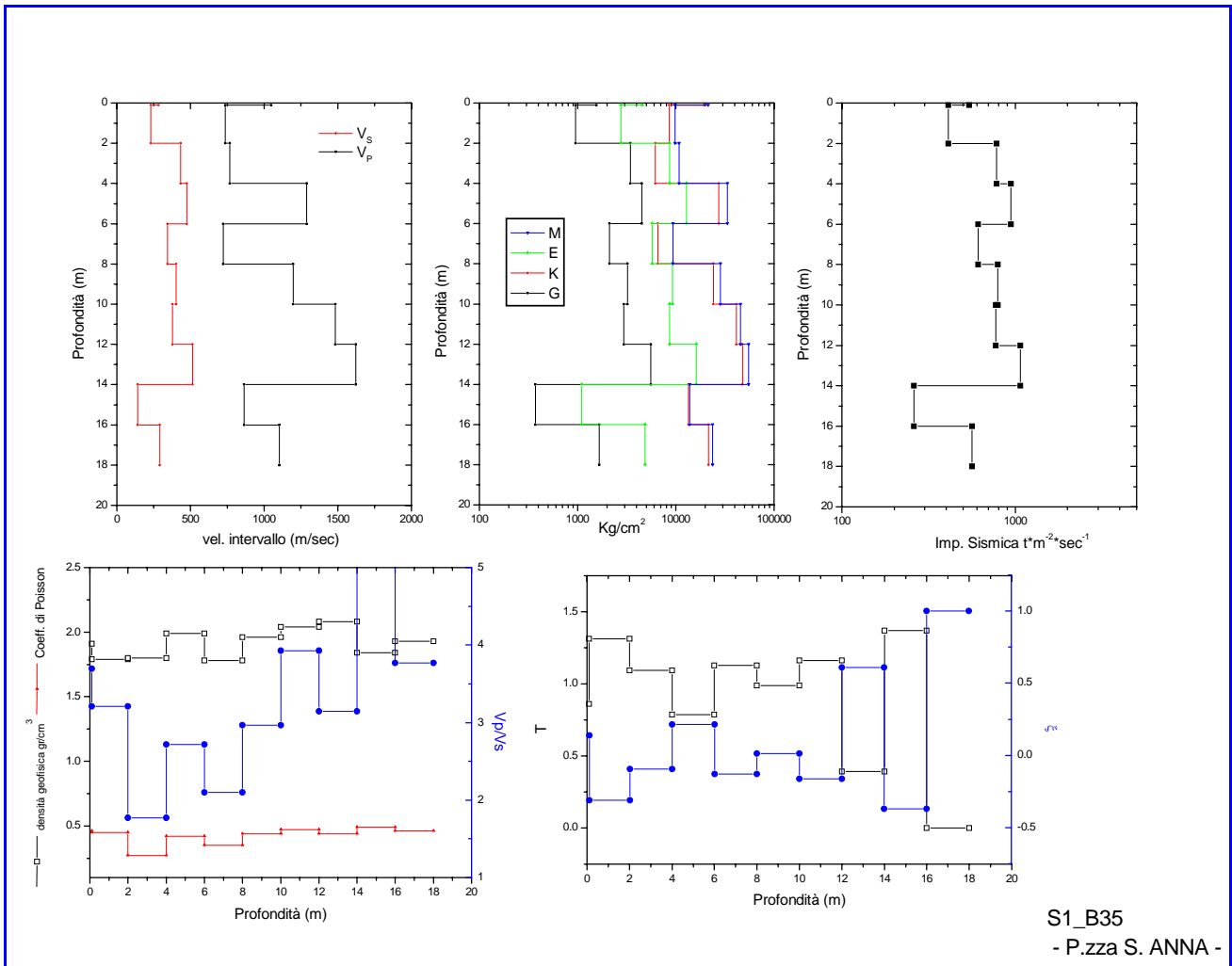
Secondo O.P.C.M. 3274/2003: Suolo tipo C.

### Relazioni tempo – profondità dei valori osservati e calcolati



DOWN-HOLE S1_B35									
Valori medi sismostrati									
Sismostrato	Profondità dal p.c. (m)	VPI (m/sec)	VSI (m/sec)	$\gamma^{din}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	G (Kg/cm <sup>2</sup> )	K(Kg/cm <sup>2</sup> )	E(kg/cm <sup>2</sup> )	M(kg/cm <sup>2</sup> )	
1	da 0 a 4 metri	851.19	315.68	1.83	1.98E+03	1.13E+04	5.33E+03	1.40E+04	
2	da 4 a 14 metri	1179.39	424.54	1.94	3.64E+03	2.56E+04	1.02E+04	3.04E+04	
3	da 14 a profondità	982.91	216.69	1.89	1.02E+03	1.75E+04	2.99E+03	1.88E+04	
		$\sigma$	Vp/Vs	Imp. Sismica (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	Coeff. t	Coeff.ξ			
		0.45	3.45	476.46	1.09	-0.09			
		0.40	2.77	827.87	0.92	0.08			
		0.47	4.95	412.08	1.18	-0.18			

**Profili 1D dei moduli elastici e parametri geosismici S1\_B35**



## S2\_70

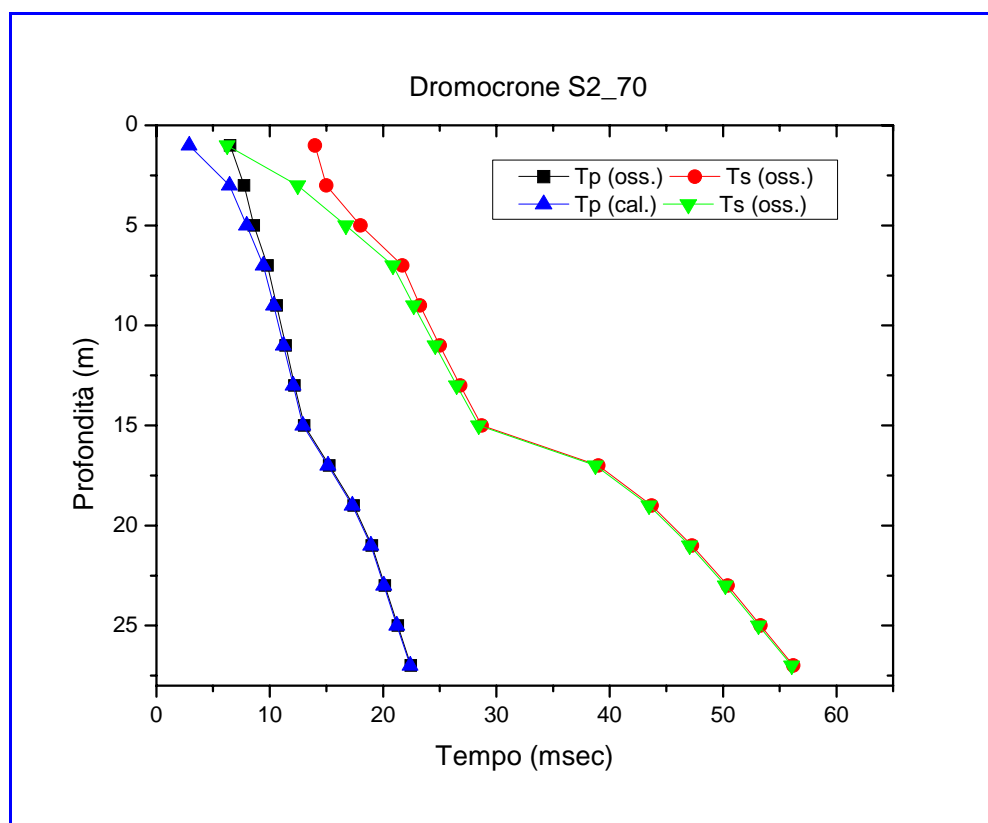
### DOWN-HOLE S2\_70

D (m)	Z (m)	VPI (m/sec)	VSI (m/sec)	$\gamma^{din}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	G (Kg/cm <sup>2</sup> )	K(Kg/cm <sup>2</sup> )	E(kg/cm <sup>2</sup> )	M(kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$	Vp/Vs	Imp. Sismica (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	Coeff. t	Coeff.ξ	H(m)/V <sub>s</sub> (m/sec)
2.00	1.00	344.01	159.72	1.55	3.99E+02	1.32E+03	1.09E+03	1.85E+03	0.363	2.15	247.10	1.38	-0.38	0.0063
2.00	3.00	564.73	321.56	1.70	1.78E+03	3.11E+03	4.48E+03	5.49E+03	0.260	1.76	546.61	1.27	-0.27	0.0062
2.00	5.00	1301.65	472.61	1.99	4.50E+03	2.82E+04	1.28E+04	3.42E+04	0.424	2.75	941.51	1.02	-0.02	0.0042
2.00	7.00	1390.79	481.64	2.02	4.74E+03	3.32E+04	1.36E+04	3.95E+04	0.432	2.89	971.65	1.42	-0.42	0.0042
2.00	9.00	2162.98	1092.13	2.19	2.65E+04	6.86E+04	7.04E+04	1.04E+05	0.329	1.98	2396.10	0.99	0.01	0.0018
2.00	11.00	2302.73	1052.41	2.22	2.49E+04	8.60E+04	6.81E+04	1.19E+05	0.368	2.19	2336.59	1.01	-0.01	0.0019
2.00	13.00	2375.25	1057.30	2.23	2.53E+04	9.38E+04	6.96E+04	1.28E+05	0.376	2.25	2361.31	0.98	0.02	0.0019
2.00	15.00	2279.49	1020.47	2.22	2.34E+04	8.54E+04	6.42E+04	1.17E+05	0.375	2.23	2261.31	0.28	0.72	0.0020
2.00	17.00	904.97	194.46	1.86	7.12E+02	1.45E+04	2.10E+03	1.54E+04	0.476	4.65	361.55	1.37	-0.37	0.0103
2.00	19.00	926.42	423.10	1.87	3.38E+03	1.17E+04	9.26E+03	1.62E+04	0.368	2.19	790.14	1.17	-0.17	0.0047
2.00	21.00	1242.22	559.09	1.97	6.25E+03	2.25E+04	1.72E+04	3.08E+04	0.373	2.22	1103.94	1.09	-0.09	0.0036
2.00	23.00	1724.38	630.25	2.10	8.45E+03	5.20E+04	2.40E+04	6.32E+04	0.423	2.74	1324.47	1.04	-0.04	0.0032
2.00	25.00	1727.24	685.00	2.10	9.98E+03	5.02E+04	2.81E+04	6.35E+04	0.407	2.52	1439.97	1.00	0.00	0.0029
2.00	27.00	1729.36	685.83	2.10	1.00E+04	5.03E+04	2.82E+04	6.36E+04	0.407	2.52	1442.06	0.00	1.00	0.0044

V<sub>S30</sub> (m/sec) = 521.7

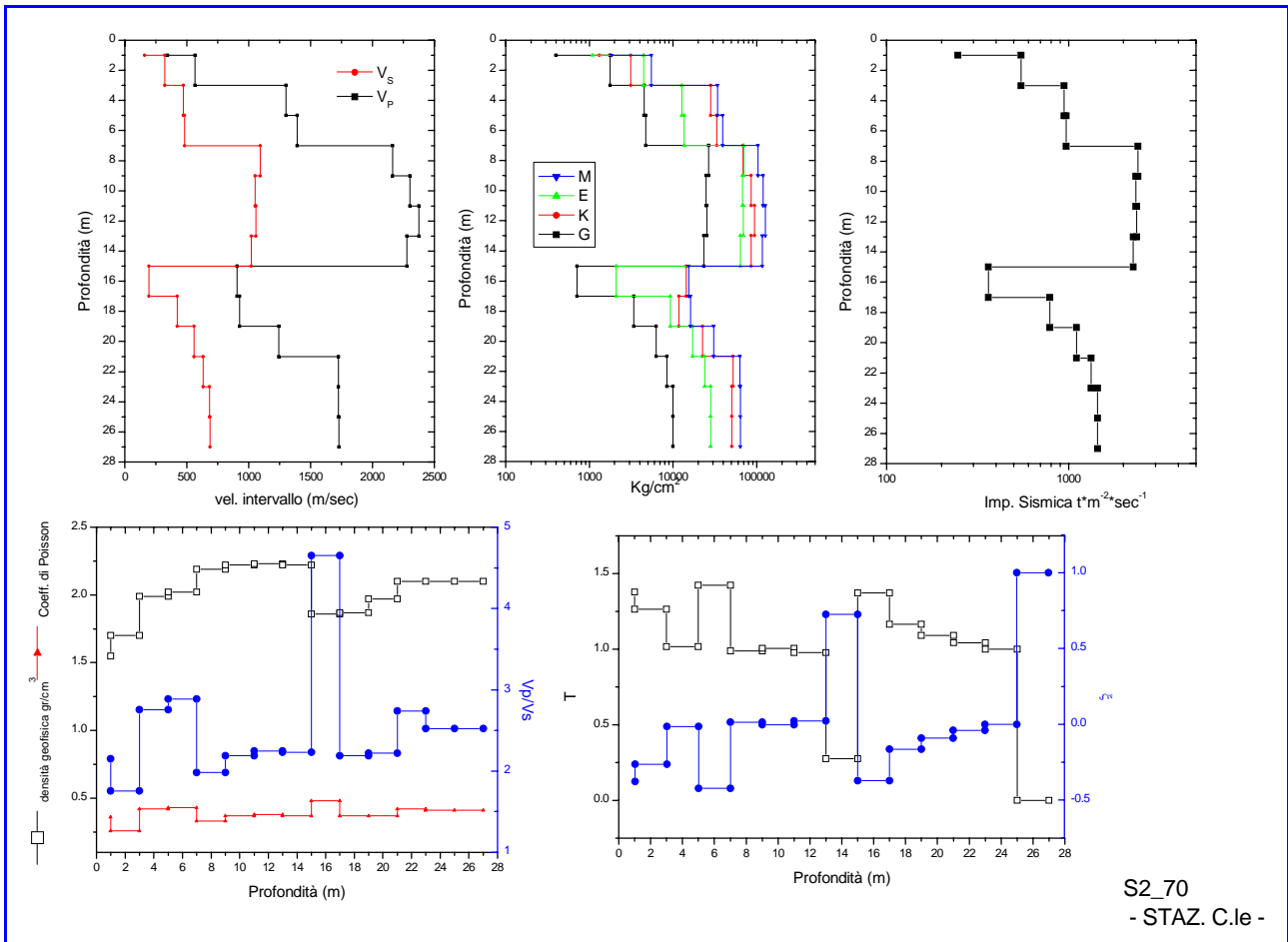
Secondo O.P.C.M. 3274/2003: Suolo tipo B.

### Relazioni tempo – profondità dei valori osservati e calcolati



DOWN-HOLE S2_70									
Valori medi sismostrati									
Sismostrato	Profondità dal p.c. (m)	VPI (m/sec)	VSI (m/sec)	$\gamma^{din}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	G (Kg/cm <sup>2</sup> )	K(Kg/cm <sup>2</sup> )	E(kg/cm <sup>2</sup> )	M(kg/cm <sup>2</sup> )	
1	da 0 a 3 metri	454.37	240.64	1.62	1.09E+03	2.22E+03	2.79E+03	3.67E+03	
2	da 3 a 7 metri	1346.22	477.12	2.00	4.62E+03	3.07E+04	1.32E+04	3.68E+04	
3	da 7 a 15 metri	2280.11	1055.58	2.22	2.50E+04	8.34E+04	6.81E+04	1.17E+05	
4	da 15 a 21 metri	1024.54	392.22	1.90	3.45E+03	1.62E+04	9.50E+03	2.08E+04	
5	da 21 a profondità	1727.00	667.02	2.10	9.48E+03	5.08E+04	2.68E+04	6.35E+04	
		$\sigma$	Vp/Vs	Imp. Sismica (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	Coeff. t	Coeff.ξ			
		0.31	1.96	396.86	1.32	-0.32			
		0.43	2.82	956.58	1.22	-0.22			
		0.36	2.16	2338.83	0.81	0.19			
		0.41	3.02	751.88	1.21	-0.21			
		0.41	2.59	1402.17	0.87	0.13			

# Profili 1D dei moduli elastici e parametri geosismici S2\_70



## S2\_74

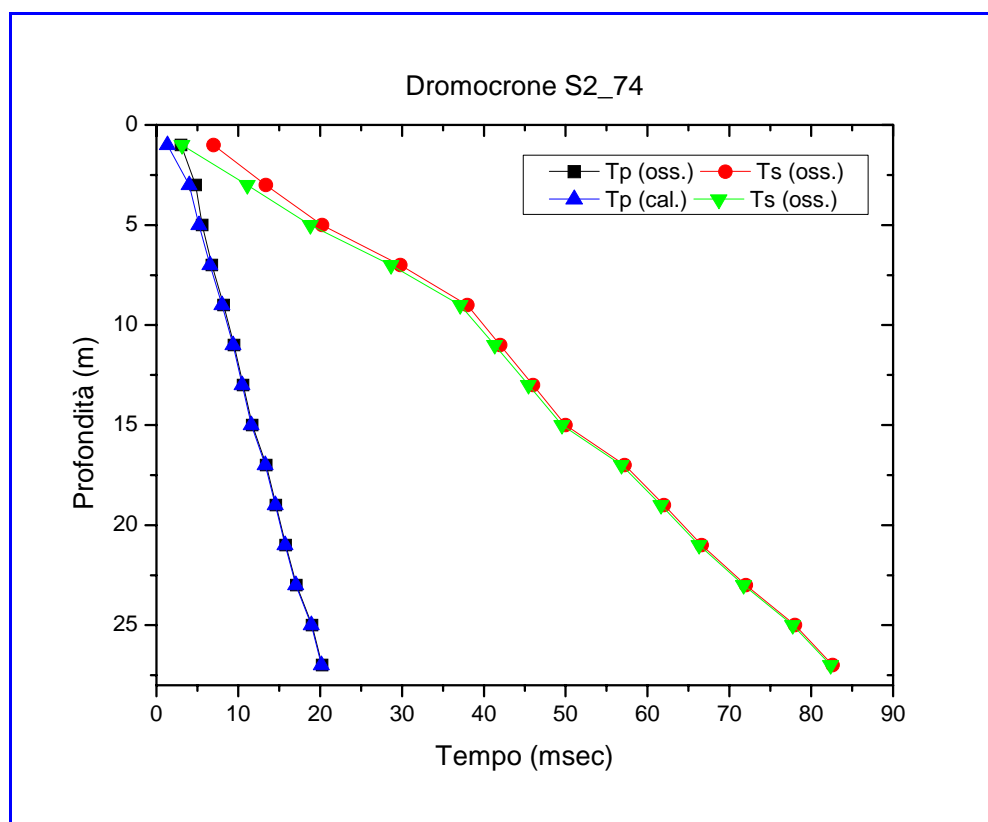
### DOWN-HOLE S2\_74

D (m)	Z (m)	VPI (m/sec)	VSI (m/sec)	$\gamma^{din}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	G (Kg/cm <sup>2</sup> )	K(Kg/cm <sup>2</sup> )	E(kg/cm <sup>2</sup> )	M(kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$	Vp/Vs	Imp. Sismica (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	Coeff. t	Coeff. $\xi$	H(m)/Vs (m/sec)
2.00	1.00	745.36	319.44	1.79	1.9E+03	7.6E+03	5.1E+03	1.0E+04	0.388	2.33	572.41	0.88	0.12	0.0031
2.00	3.00	754.09	250.45	1.80	1.1E+03	8.8E+03	3.3E+03	1.0E+04	0.438	3.01	449.78	1.09	-0.09	0.0080
2.00	5.00	1658.89	260.23	2.09	1.4E+03	5.6E+04	4.3E+03	5.8E+04	0.487	6.37	542.87	0.87	0.13	0.0077
2.00	7.00	1493.77	203.01	2.04	8.5E+02	4.5E+04	2.5E+03	4.6E+04	0.491	7.36	415.15	1.07	-0.07	0.0099
2.00	9.00	1363.91	236.92	2.01	1.1E+03	3.6E+04	3.4E+03	3.8E+04	0.484	5.76	476.19	1.34	-0.34	0.0084
2.00	11.00	1490.28	473.10	2.04	4.6E+03	4.0E+04	1.3E+04	4.6E+04	0.444	3.15	967.04	1.03	-0.03	0.0042
2.00	13.00	1769.95	482.79	2.11	5.0E+03	6.0E+04	1.5E+04	6.7E+04	0.460	3.67	1019.63	1.01	-0.01	0.0041
2.00	15.00	1784.72	488.25	2.12	5.1E+03	6.1E+04	1.5E+04	6.8E+04	0.460	3.66	1032.78	0.69	0.31	0.0041
2.00	17.00	1169.01	275.98	1.95	1.5E+03	2.5E+04	4.4E+03	2.7E+04	0.470	4.24	538.69	1.23	-0.23	0.0072
2.00	19.00	1650.76	412.28	2.08	3.6E+03	5.3E+04	1.1E+04	5.7E+04	0.467	4.00	859.25	1.02	-0.02	0.0049
2.00	21.00	1654.19	430.97	2.08	3.9E+03	5.3E+04	1.1E+04	5.8E+04	0.464	3.84	898.57	0.91	0.09	0.0046
2.00	23.00	1530.36	368.37	2.05	2.8E+03	4.5E+04	8.3E+03	4.9E+04	0.469	4.15	756.77	0.91	0.09	0.0054
2.00	25.00	1050.54	332.10	1.91	2.1E+03	1.9E+04	6.2E+03	2.1E+04	0.444	3.16	635.20	1.17	-0.17	0.0060
2.00	27.00	1619.12	432.65	2.08	3.9E+03	5.0E+04	1.1E+04	5.5E+04	0.462	3.74	898.39	0.00	1.00	0.0069

V<sub>s30</sub> (m/sec) = 354.3

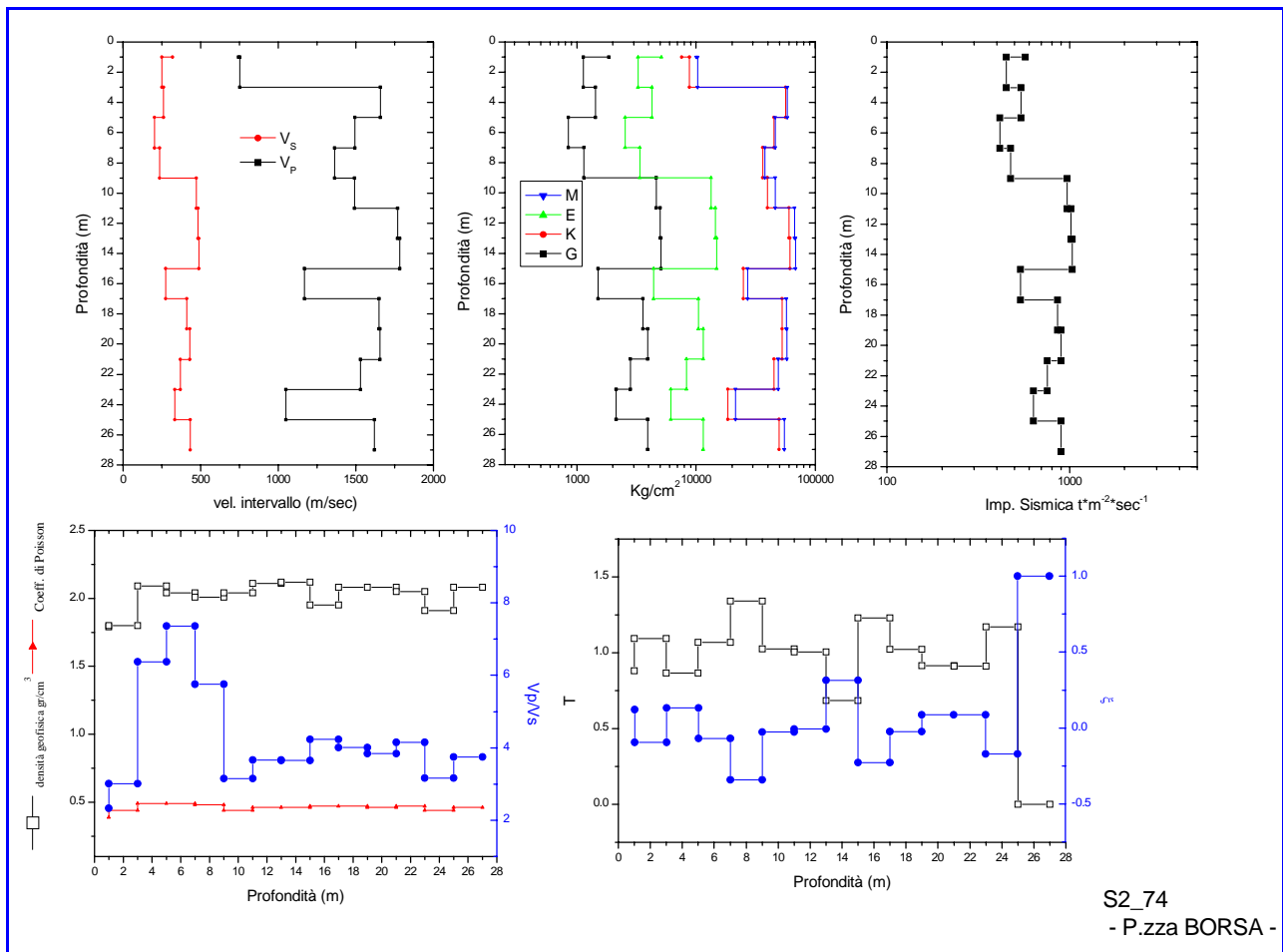
Secondo O.P.C.M. 3274/2003: Suolo tipo C.

### Relazioni tempo – profondità dei valori osservati e calcolati



DOWN-HOLE S2_74									
Valori medi sismostrati									
Sismostrato	Profondità dal p.c. (m)	VPI (m/sec)	VSI (m/sec)	$\gamma^{din}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	G (Kg/cm <sup>2</sup> )	K(Kg/cm <sup>2</sup> )	E(kg/cm <sup>2</sup> )	M(kg/cm <sup>2</sup> )	
1	da 0 a 3 metri	749.72	284.94	1.79	1.50E+03	8.21E+03	4.21E+03	1.02E+04	
2	da 3 a profondità	1519.62	366.39	2.05	3.00E+03	4.52E+04	8.78E+03	4.92E+04	
		$\sigma$	Vp/Vs	Imp. Sismica (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	Coeff. t	Coeff. $\xi$			
		0.41	2.67	511.09	0.99	0.01			
		0.47	4.42	753.38	0.98	0.02			

## Profili 1D dei moduli elastici e parametri geosismici S2\_74



## S2\_76

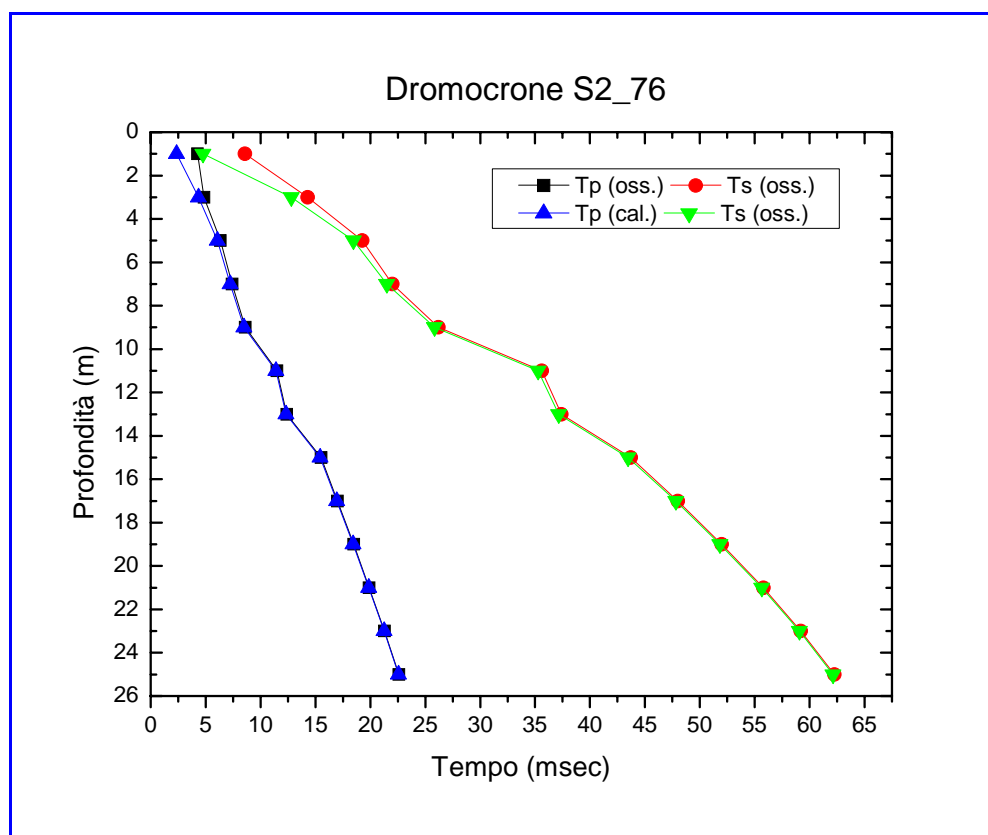
### DOWN-HOLE S2\_76

D (m)	Z (m)	VPI (m/sec)	VSi (m/sec)	$\gamma^{din}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	G (Kg/cm <sup>2</sup> )	K(Kg/cm <sup>2</sup> )	E(kg/cm <sup>2</sup> )	M(kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$	Vp/Vs	Imp. Sismica (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	Coeff. t	Coeff. $\xi$	H(m)/Vs (m/sec)
1.50	1.00	424.18	209.87	1.61	7.2E+02	2.0E+03	1.9E+03	2.9E+03	0.338	2.02	337.87	1.17	-0.17	0.0048
1.50	3.00	1009.85	249.21	1.90	1.2E+03	1.8E+04	3.5E+03	2.0E+04	0.468	4.05	473.09	1.18	-0.18	0.0080
1.50	5.00	1146.64	353.52	1.94	2.5E+03	2.3E+04	7.1E+03	2.6E+04	0.447	3.24	687.50	1.33	-0.33	0.0057
1.50	7.00	1733.79	652.76	2.10	9.1E+03	5.2E+04	2.6E+04	6.4E+04	0.417	2.66	1373.20	0.82	0.18	0.0031
1.50	9.00	1603.53	461.69	2.07	4.5E+03	4.8E+04	1.3E+04	5.4E+04	0.455	3.47	956.95	0.56	0.44	0.0043
1.50	11.00	686.92	212.09	1.76	8.0E+02	7.4E+03	2.3E+03	8.4E+03	0.447	3.24	374.20	1.72	-0.72	0.0094
1.50	13.00	2165.15	1063.86	2.19	2.5E+04	7.1E+04	6.7E+04	1.0E+05	0.341	2.04	2334.53	0.38	0.62	0.0019
1.50	15.00	644.16	315.97	1.74	1.8E+03	5.0E+03	4.7E+03	7.3E+03	0.342	2.04	550.72	1.25	-0.25	0.0063
1.50	17.00	1323.51	461.78	2.00	4.3E+03	3.0E+04	1.2E+04	3.5E+04	0.431	2.87	922.85	1.04	-0.04	0.0043
1.50	19.00	1325.90	496.96	2.00	5.0E+03	2.9E+04	1.4E+04	3.6E+04	0.418	2.67	993.50	1.03	-0.03	0.0040
1.50	21.00	1421.65	523.63	2.03	5.6E+03	3.4E+04	1.6E+04	4.1E+04	0.422	2.71	1060.78	1.06	-0.06	0.0038
1.50	23.00	1423.06	585.43	2.03	7.0E+03	3.2E+04	2.0E+04	4.2E+04	0.398	2.43	1186.19	1.06	-0.06	0.0034
1.50	25.00	1533.06	652.79	2.06	8.9E+03	3.7E+04	2.5E+04	4.9E+04	0.389	2.35	1341.54	0.00	1.00	0.0077

$V_{S30}$  (m/sec) = 449.5

Secondo O.P.C.M. 3274/2003: Suolo tipo B.

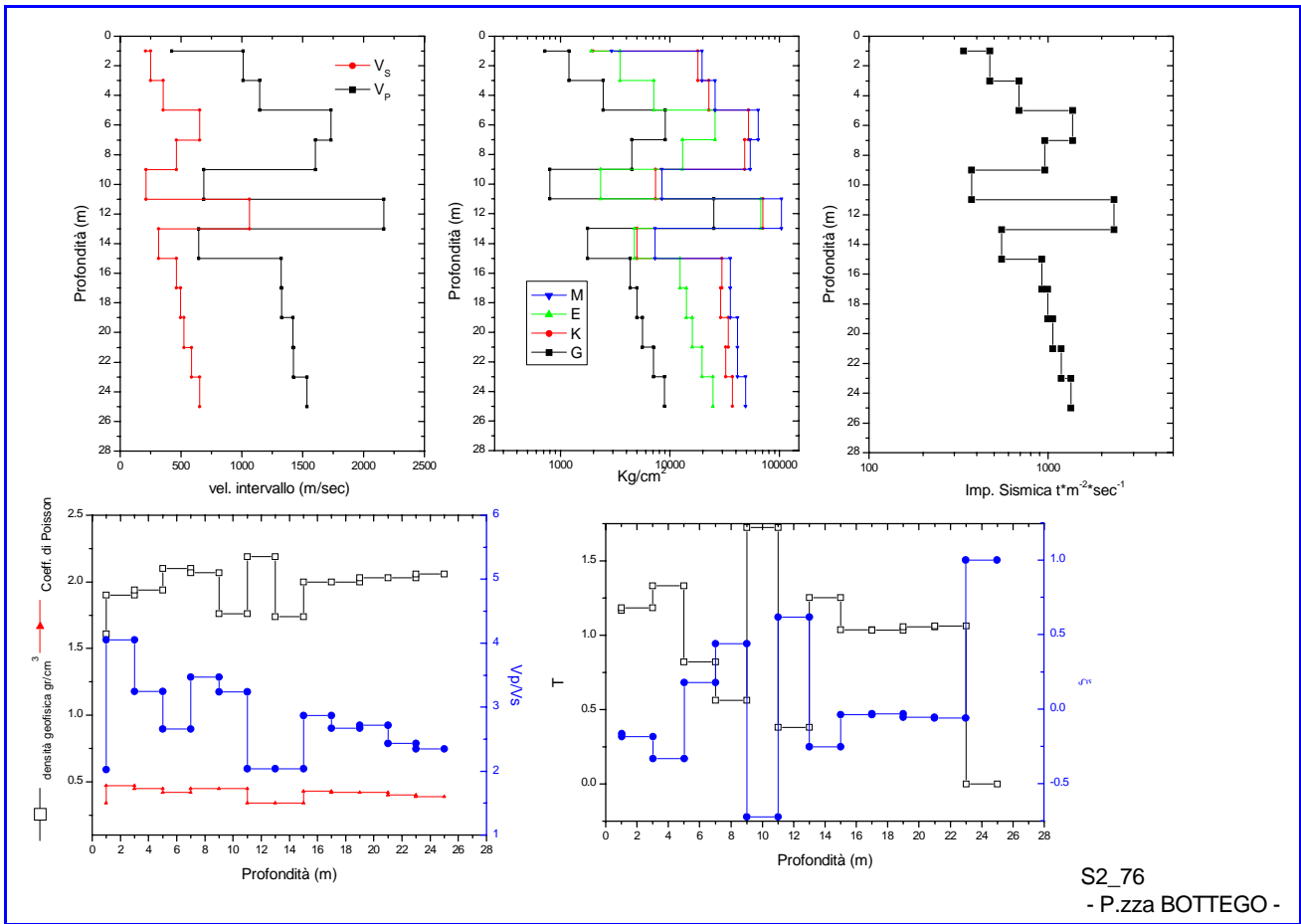
### Relazioni tempo – profondità dei valori osservati e calcolati



DOWN-HOLE S2_76									
Valori medi sismostrati									
Sismostrato	Profondità dal p.c. (m)	VPI (m/sec)	VSi (m/sec)	$\gamma^{din}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	G (Kg/cm <sup>2</sup> )	K(Kg/cm <sup>2</sup> )	E(kg/cm <sup>2</sup> )	M(kg/cm <sup>2</sup> )	
1	da 0 a 1 metri	424.18	209.87	1.61	7.18E+02	1.97E+03	1.92E+03	2.93E+03	
2	da 1 a 15 metri	1284.29	472.73	1.96	6.41E+03	3.19E+04	1.77E+04	4.05E+04	
3	da 15 a profondità	1405.44	544.12	2.02	6.16E+03	3.24E+04	1.74E+04	4.06E+04	
		$\sigma$	Vp/Vs	Imp. Sismica (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	Coeff. t	Coeff. $\xi$			
		0.34	2.02	337.87	1.17	-0.17			
		0.42	2.96	964.31	1.04	-0.04			
		0.41	2.61	1100.97	0.84	0.16			



**Profili 1D dei moduli elastici e parametri geosismici S2\_76**



S2\_76  
- P.zza BOTTEGO -

## S2\_80

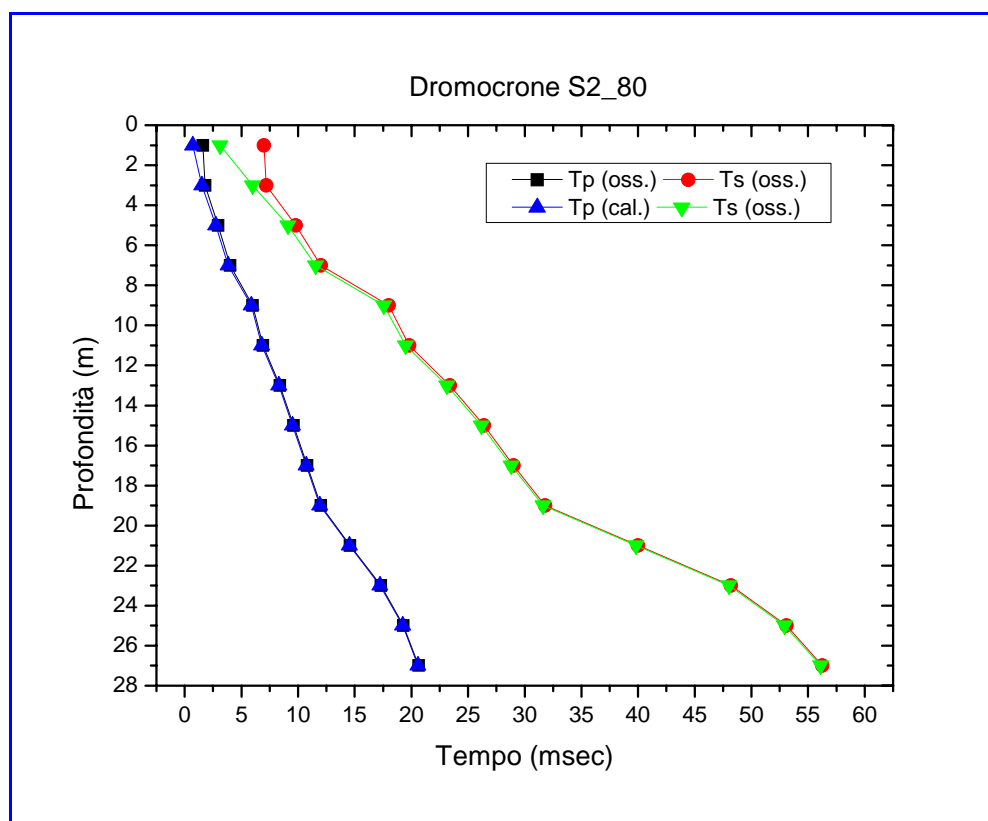
### DOWN-HOLE S2\_80

D (m)	Z (m)	VPI (m/sec)	VSI (m/sec)	$\gamma^{din}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	G (Kg/cm <sup>2</sup> )	K(Kg/cm <sup>2</sup> )	E(kg/cm <sup>2</sup> )	M(kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$	Vp/Vs	Imp. Sismica (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	Coeff. t	Coeff.ξ	H(m)/V <sub>s</sub> (m/sec)
2.00	1.00	1397.54	319.44	2.02	2.1E+03	3.7E+04	6.1E+03	4.0E+04	0.472	4.38	645.02	1.42	-0.42	0.0031
2.00	3.00	2557.06	699.24	2.26	1.1E+04	1.3E+05	3.3E+04	1.5E+05	0.460	3.66	1583.67	0.91	0.09	0.0029
2.00	5.00	1611.19	643.44	2.07	8.7E+03	4.3E+04	2.4E+04	5.5E+04	0.405	2.50	1334.85	1.13	-0.13	0.0031
2.00	7.00	1806.54	819.94	2.12	1.4E+04	5.1E+04	4.0E+04	7.0E+04	0.370	2.20	1738.40	0.53	0.47	0.0024
2.00	9.00	994.52	331.51	1.89	2.1E+03	1.6E+04	6.1E+03	1.9E+04	0.438	3.00	627.49	1.57	-0.57	0.0060
2.00	11.00	2146.89	1047.53	2.19	2.4E+04	7.0E+04	6.5E+04	1.0E+05	0.344	2.05	2294.98	0.65	0.35	0.0019
2.00	13.00	1321.34	548.35	2.00	6.1E+03	2.7E+04	1.7E+04	3.5E+04	0.396	2.41	1095.53	1.11	-0.11	0.0036
2.00	15.00	1648.17	657.78	2.08	9.1E+03	4.5E+04	2.6E+04	5.7E+04	0.405	2.51	1370.51	1.07	-0.07	0.0030
2.00	17.00	1652.57	759.60	2.08	1.2E+04	4.1E+04	3.3E+04	5.8E+04	0.366	2.18	1583.46	0.97	0.03	0.0026
2.00	19.00	1655.58	708.24	2.09	1.1E+04	4.4E+04	2.9E+04	5.8E+04	0.388	2.34	1476.90	0.46	0.54	0.0028
2.00	21.00	769.18	244.06	1.80	1.1E+03	9.3E+03	3.1E+03	1.1E+04	0.444	3.15	439.97	1.00	0.00	0.0082
2.00	23.00	740.54	243.93	1.79	1.1E+03	8.5E+03	3.1E+03	9.9E+03	0.439	3.04	436.57	1.28	-0.28	0.0082
2.00	25.00	998.22	407.16	1.89	3.2E+03	1.5E+04	8.9E+03	1.9E+04	0.400	2.45	771.23	1.25	-0.25	0.0049
2.00	27.00	1475.97	631.83	2.04	8.2E+03	3.4E+04	2.3E+04	4.5E+04	0.388	2.34	1289.12	0.00	1.00	0.0047

V<sub>S30</sub> (m/sec) = 520.1

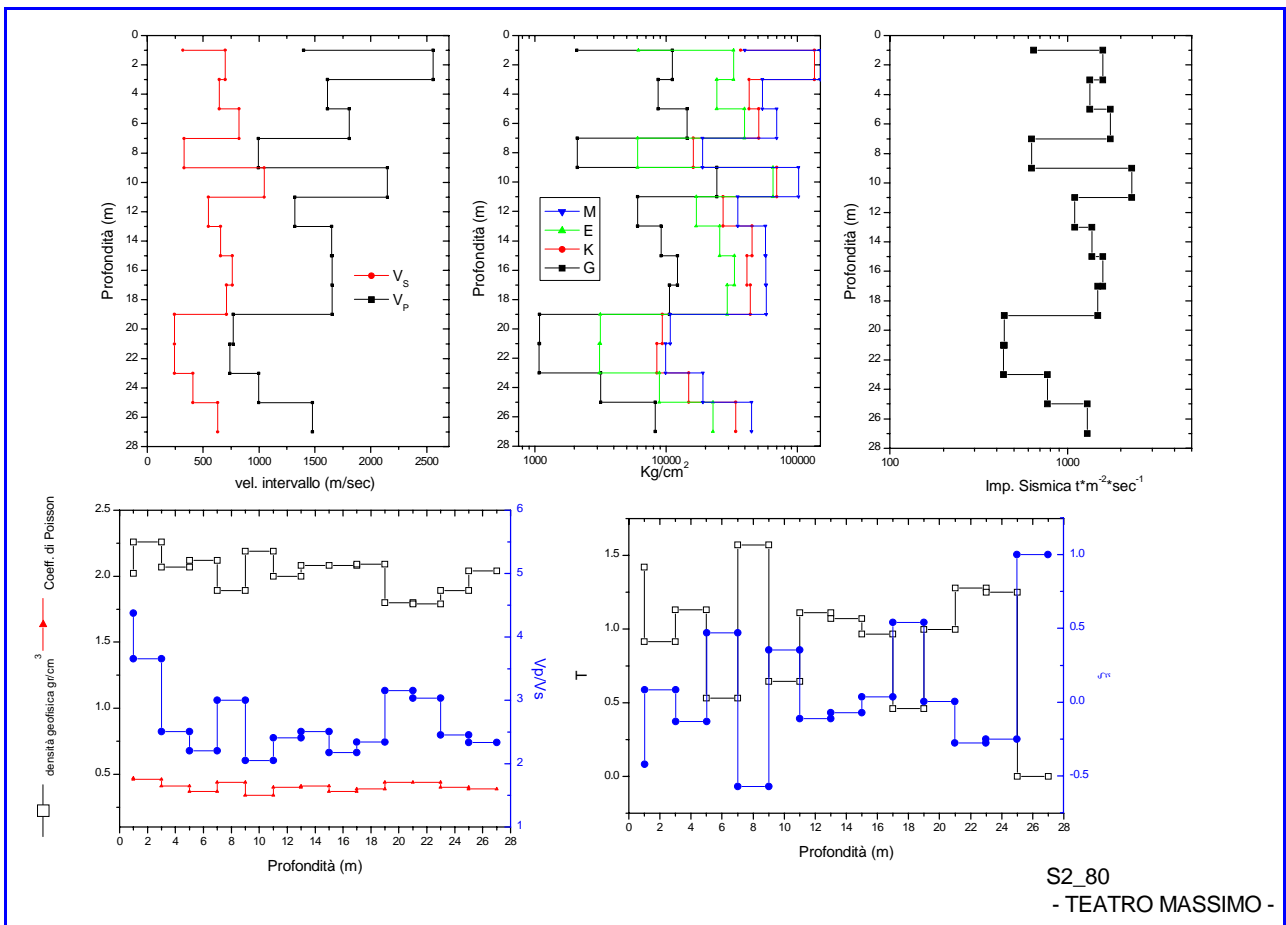
Secondo O.P.C.M. 3274/2003: Suolo tipo B.

### Relazioni tempo – profondità dei valori osservati e calcolati



DOWN-HOLE S2_80									
Valori medi sismostrati									
Sismostrato	Profondità dal p.c. (m)	VPI (m/sec)	VSI (m/sec)	$\gamma^{din}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	G (Kg/cm <sup>2</sup> )	K(Kg/cm <sup>2</sup> )	E(kg/cm <sup>2</sup> )	M(kg/cm <sup>2</sup> )	
1	da 0 a 1 metri	1397.54	319.44	2.02	2.09E+03	3.71E+04	6.14E+03	3.99E+04	
2	da 1 a 11 metri	1823.24	708.33	2.11	1.22E+04	6.29E+04	3.36E+04	7.91E+04	
3	da 11 a 19 metri	1569.41	668.50	2.06	9.49E+03	3.94E+04	2.63E+04	5.20E+04	
4	da 19 a 25	835.98	298.39	1.83	1.78E+03	1.09E+04	5.05E+03	1.33E+04	
5	da 25 a profondità	1475.97	631.83	2.04	8.24E+03	3.40E+04	2.29E+04	4.50E+04	
		$\sigma$	Vp/Vs	Imp. Sismica (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	Coeff. t	Coeff.ξ			
		0.47	4.38	645.02	1.42	-0.42			
		0.40	2.68	1515.88	0.96	0.04			
		0.39	2.36	1381.60	0.90	0.10			
		0.43	2.88	549.26	1.17	-0.17			
		0.39	2.34	1289.12	0.00	1.00			

# Profili 1D dei moduli elastici e parametri geosismici S2\_80



## S2\_84

### DOWN-HOLE S2\_84

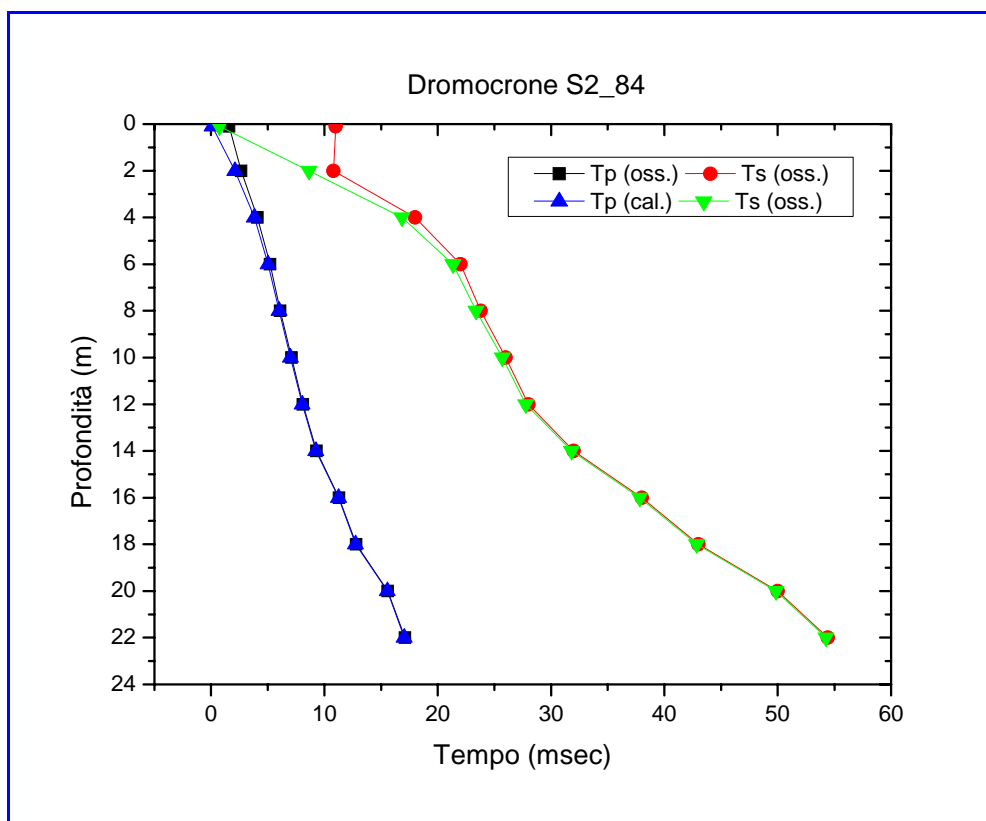
D (m)	Z (m)	VPI (m/sec)	VSI (m/sec)	$\gamma^{din}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	G (Kg/cm <sup>2</sup> )	K(Kg/cm <sup>2</sup> )	E(kg/cm <sup>2</sup> )	M(kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$	Vp/Vs	Imp. Sismica (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	Coeff. t	Coeff. $\xi$	H(m)/Vs (m/sec)
1.50	0.10	939.58	136.67	1.87	3.5E+02	1.6E+04	1.1E+03	1.7E+04	0.489	6.88	255.91	1.28	-0.28	—
1.50	2.00	943.60	240.25	1.87	1.1E+03	1.5E+04	3.2E+03	1.7E+04	0.465	3.93	450.25	1.03	-0.03	0.0083
1.50	4.00	1163.50	243.49	1.95	1.2E+03	2.5E+04	3.5E+03	2.7E+04	0.477	4.78	474.84	1.32	-0.32	0.0082
1.50	6.00	1658.66	445.51	2.09	4.2E+03	5.2E+04	1.2E+04	5.8E+04	0.461	3.72	929.36	1.39	-0.39	0.0045
1.50	8.00	2103.54	975.98	2.18	2.1E+04	7.0E+04	5.7E+04	9.8E+04	0.363	2.16	2129.96	0.93	0.07	0.0020
1.50	10.00	1949.45	862.07	2.15	1.6E+04	6.1E+04	4.5E+04	8.3E+04	0.378	2.26	1854.38	1.06	-0.06	0.0023
1.50	12.00	1968.50	965.51	2.16	2.0E+04	5.7E+04	5.5E+04	8.5E+04	0.342	2.04	2080.72	0.66	0.34	0.0021
1.50	14.00	1653.41	495.77	2.08	5.2E+03	5.1E+04	1.5E+04	5.8E+04	0.451	3.34	1033.58	0.76	0.24	0.0040
1.50	16.00	998.21	332.44	1.89	2.1E+03	1.6E+04	6.1E+03	1.9E+04	0.438	3.00	629.69	1.12	-0.12	0.0060
1.50	18.00	1328.80	398.62	2.00	3.2E+03	3.1E+04	9.3E+03	3.6E+04	0.451	3.33	797.23	0.78	0.22	0.0050
1.50	20.00	714.15	285.37	1.78	1.5E+03	7.2E+03	4.1E+03	9.2E+03	0.405	2.50	507.22	1.28	-0.28	0.0070
1.50	22.00	1329.71	453.10	2.00	4.2E+03	3.0E+04	1.2E+04	3.6E+04	0.434	2.93	906.32	0.00	1.00	0.0177

V<sub>SS0</sub> (m/sec) = 446.4

\*Il primo valore del rapporto H/Vs è stato trascurato vista la superficialità della misura eseguita (Z = 0.1 m).

Secondo O.P.C.M. 3274/2003: Suolo tipo B.

### Relazioni tempo – profondità dei valori osservati e calcolati

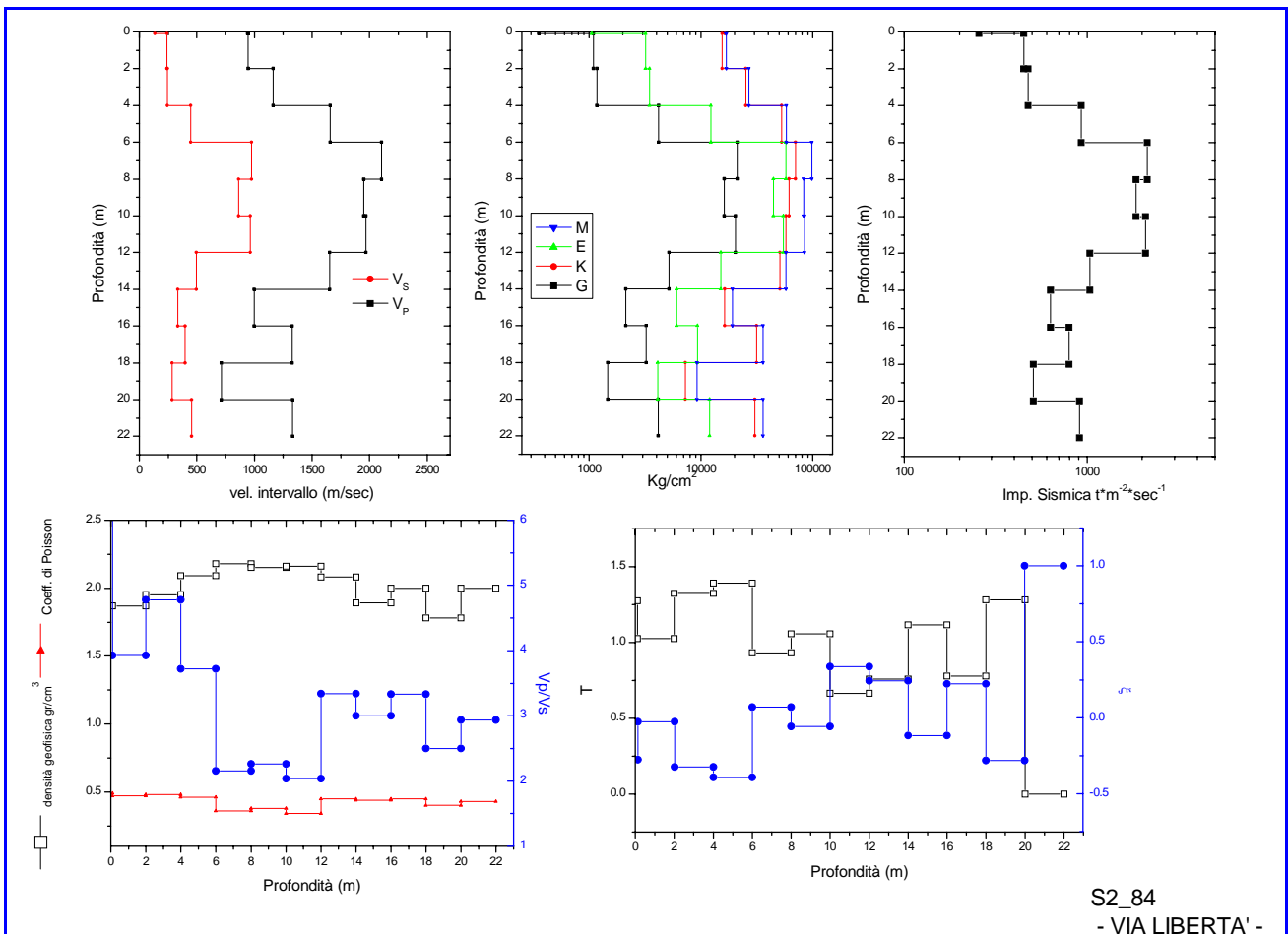


#### DOWN-HOLE S2\_84

##### Valori medi sismostrati

Sismostrato	Profondità dal p.c. (m)	VPI (m/sec)	VSI (m/sec)	$\gamma^{din}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	G (Kg/cm <sup>2</sup> )	K(Kg/cm <sup>2</sup> )	E(kg/cm <sup>2</sup> )	M(kg/cm <sup>2</sup> )
1	da 0 a 4 metri	1015.56	206.80	1.90	8.73E+02	1.89E+04	2.57E+03	2.01E+04
2	da 4 a 14 metri	1866.71	748.97	2.13	1.34E+04	5.83E+04	3.68E+04	7.62E+04
3	da 14 a profondità	1092.72	367.38	1.92	2.74E+03	2.13E+04	7.87E+03	2.50E+04
		$\sigma$	Vp/Vs	Imp. Sismica (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	Coeff. t	Coeff. $\xi$		
		0.48	5.19	393.67	1.21	-0.21		
		0.40	2.70	1605.60	0.96	0.04		
		0.43	2.94	710.11	0.79	0.21		

# Profili 1D dei moduli elastici e parametri geosismici S2\_84



## S2\_86

### DOWN-HOLE S2\_86

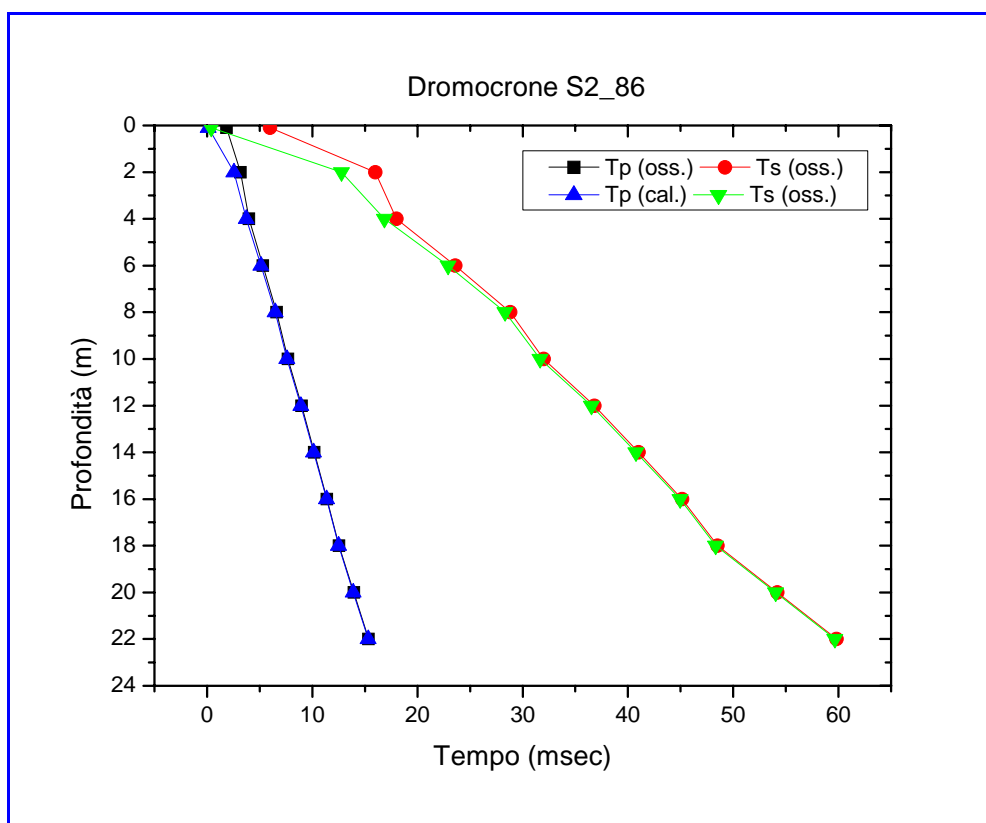
D (m)	Z (m)	VPI (m/sec)	VSi (m/sec)	$\gamma^{din}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	G (Kg/cm <sup>2</sup> )	K(Kg/cm <sup>2</sup> )	E(kg/cm <sup>2</sup> )	M(kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$	Vp/Vs	Imp. Sismica (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	Coeff. t	Coeff. $\xi$	H(m)/Vs (m/sec)
1.50	0.10	817.03	250.55	1.82	1.2E+03	1.1E+04	3.4E+03	1.2E+04	0.448	3.26	456.88	0.76	0.24	—
1.50	2.00	782.02	153.21	1.81	4.3E+02	1.1E+04	1.3E+03	1.1E+04	0.480	5.10	277.07	1.58	-0.58	0.0131
1.50	4.00	1676.00	493.35	2.09	5.1E+03	5.3E+04	1.5E+04	5.9E+04	0.453	3.40	1031.18	0.79	0.21	0.0041
1.50	6.00	1432.21	331.05	2.03	2.3E+03	3.9E+04	6.6E+03	4.2E+04	0.472	4.33	671.59	1.06	-0.06	0.0060
1.50	8.00	1486.77	369.59	2.04	2.8E+03	4.2E+04	8.3E+03	4.6E+04	0.467	4.02	755.13	1.25	-0.25	0.0054
1.50	10.00	1773.28	598.94	2.11	7.7E+03	5.7E+04	2.2E+04	6.7E+04	0.436	2.96	1265.38	0.80	0.20	0.0033
1.50	12.00	1520.11	410.69	2.05	3.5E+03	4.3E+04	1.0E+04	4.8E+04	0.461	3.70	842.64	1.08	-0.08	0.0049
1.50	14.00	1650.91	470.49	2.08	4.7E+03	5.1E+04	1.4E+04	5.7E+04	0.456	3.51	980.60	1.01	-0.01	0.0043
1.50	16.00	1655.25	477.76	2.09	4.8E+03	5.1E+04	1.4E+04	5.8E+04	0.455	3.46	996.24	1.11	-0.11	0.0042
1.50	18.00	1729.48	591.79	2.10	7.5E+03	5.4E+04	2.1E+04	6.4E+04	0.434	2.92	1244.34	0.73	0.27	0.0034
1.50	20.00	1424.22	349.91	2.03	2.5E+03	3.8E+04	7.4E+03	4.2E+04	0.468	4.07	709.10	1.01	-0.01	0.0057
1.50	22.00	1424.99	356.30	2.03	2.6E+03	3.8E+04	7.6E+03	4.2E+04	0.467	4.00	722.12	0.00	1.00	0.0225

$V_{S30}$  (m/sec) = 390.9

\*Il primo valore del rapporto H/Vs è stato trascurato vista la superficialità della misura eseguita (Z = 0.1 m).

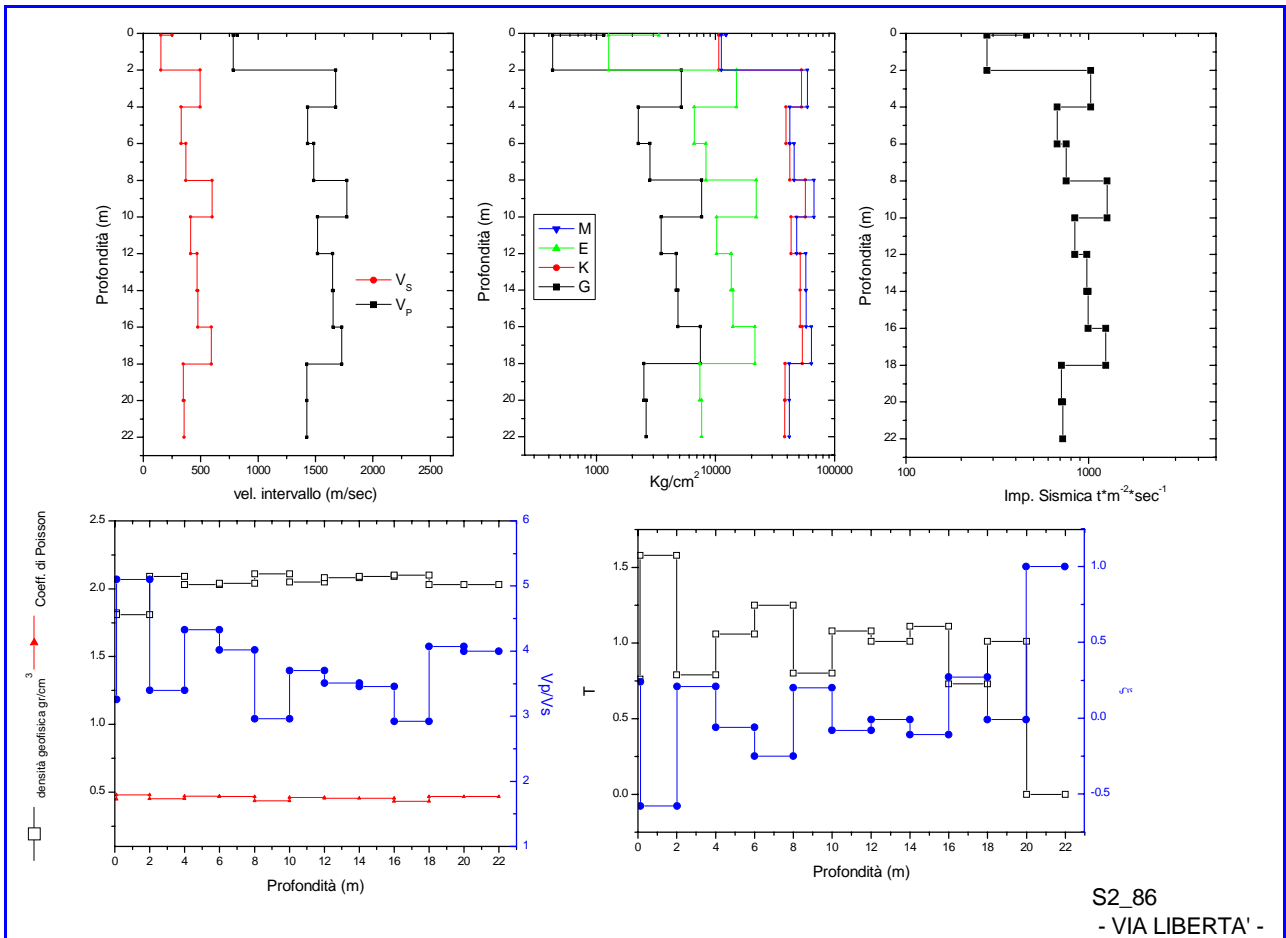
Secondo O.P.C.M. 3274/2003: Suolo tipo B.

### Relazioni tempo – profondità dei valori osservati e calcolati



DOWN-HOLE S2_86									
Valori medi sismostrati									
Sismostrato	Profondità dal p.c. (m)	VPI (m/sec)	VSi (m/sec)	$\gamma^{din}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	G (Kg/cm <sup>2</sup> )	K(Kg/cm <sup>2</sup> )	E(kg/cm <sup>2</sup> )	M(kg/cm <sup>2</sup> )	
1	da 0 a 2 metri	799.52	201.88	1.82	7.94E+02	1.07E+04	2.31E+03	1.18E+04	
2	da 2 a profondità	1577.32	444.99	2.07	4.35E+03	4.67E+04	1.26E+04	5.25E+04	
		$\sigma$	Vp/Vs	Imp. Sismica (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	Coeff. t	Coeff. $\xi$			
		0.46	4.18	366.97	1.17	-0.17			
		0.46	3.64	921.83	0.88	0.12			

**Profili 1D dei moduli elastici e parametri geosismici S2\_86**



## S2\_88

### DOWN-HOLE S2\_88

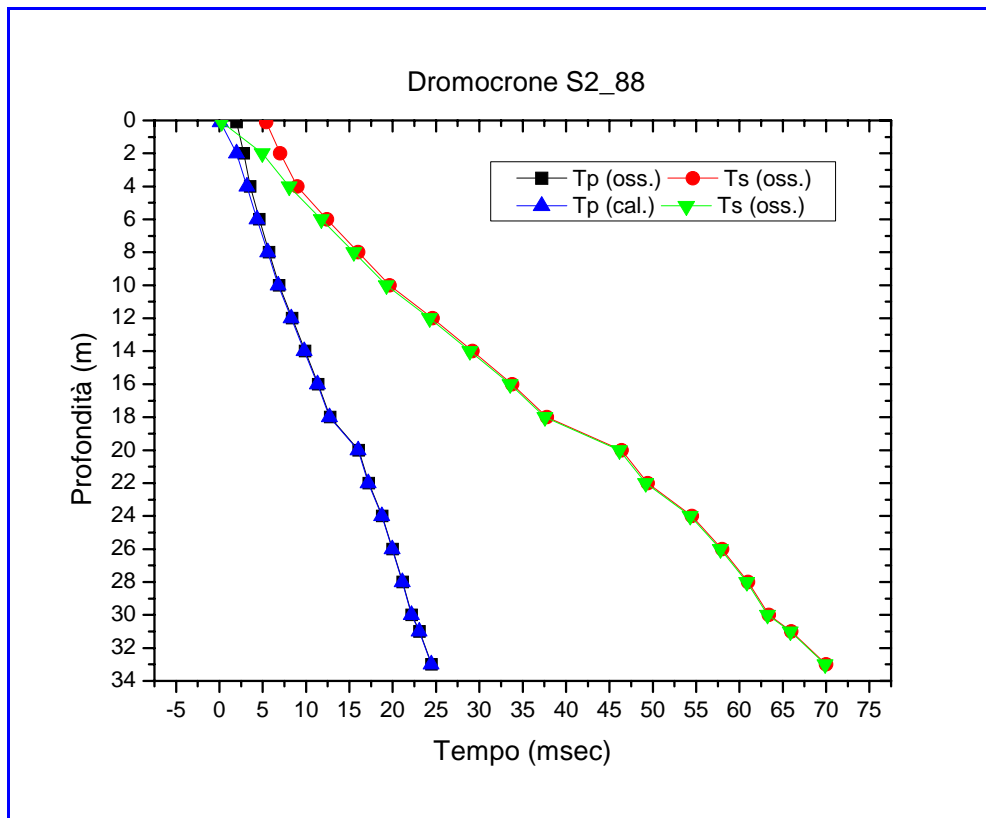
D (m)	Z (m)	VPI (m/sec)	VSI (m/sec)	$\gamma^{din}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	G (Kg/cm <sup>2</sup> )	K(Kg/cm <sup>2</sup> )	E(kg/cm <sup>2</sup> )	M(kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$	Vp/Vs	Imp. Sismica (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	Coeff. t	Coeff. $\xi$	H(m)/V <sub>s</sub> (m/sec)
2.00	0.10	1001.25	370.83	1.90	2.6E+03	1.6E+04	7.5E+03	1.9E+04	0.421	2.70	702.83	1.05	-0.05	—
2.00	2.00	1010.63	405.98	1.90	3.2E+03	1.5E+04	8.9E+03	2.0E+04	0.404	2.49	770.80	1.27	-0.27	0.0049
2.00	4.00	1673.20	645.14	2.09	8.8E+03	4.7E+04	2.5E+04	5.9E+04	0.413	2.59	1348.03	0.91	0.09	0.0031
2.00	6.00	1682.47	538.53	2.09	6.1E+03	5.2E+04	1.8E+04	6.0E+04	0.443	3.12	1126.44	0.99	0.01	0.0037
2.00	8.00	1660.20	532.11	2.09	6.0E+03	5.0E+04	1.7E+04	5.8E+04	0.443	3.12	1110.21	1.00	0.00	0.0038
2.00	10.00	1670.30	533.88	2.09	6.0E+03	5.1E+04	1.7E+04	5.9E+04	0.443	3.13	1115.19	0.83	0.17	0.0037
2.00	12.00	1316.05	400.25	2.00	3.2E+03	3.1E+04	9.4E+03	3.5E+04	0.449	3.29	799.03	1.04	-0.04	0.0050
2.00	14.00	1320.31	430.92	2.00	3.8E+03	3.0E+04	1.1E+04	3.5E+04	0.440	3.06	860.79	1.00	0.00	0.0046
2.00	16.00	1323.22	431.74	2.00	3.8E+03	3.0E+04	1.1E+04	3.5E+04	0.440	3.06	862.78	1.08	-0.08	0.0046
2.00	18.00	1418.70	496.30	2.03	5.0E+03	3.5E+04	1.4E+04	4.1E+04	0.430	2.86	1005.02	0.57	0.43	0.0040
2.00	20.00	606.36	232.53	1.72	9.4E+02	5.2E+03	2.7E+03	6.4E+03	0.414	2.61	400.66	1.55	-0.55	0.0086
2.00	22.00	1725.54	660.63	2.10	9.3E+03	5.1E+04	2.6E+04	6.3E+04	0.414	2.61	1388.50	0.72	0.28	0.0030
2.00	24.00	1285.43	391.04	1.99	3.1E+03	2.9E+04	8.9E+03	3.3E+04	0.449	3.29	777.15	1.21	-0.21	0.0051
2.00	26.00	1658.33	568.60	2.09	6.8E+03	4.9E+04	2.0E+04	5.8E+04	0.433	2.92	1186.08	1.08	-0.08	0.0035
2.00	28.00	1731.36	663.17	2.10	9.4E+03	5.1E+04	2.6E+04	6.4E+04	0.414	2.61	1394.72	1.12	-0.12	0.0030
2.00	30.00	1896.49	828.30	2.14	1.5E+04	5.8E+04	4.1E+04	7.8E+04	0.382	2.29	1772.42	0.59	0.41	0.0024
2.00	31.00	1109.58	384.10	1.93	2.9E+03	2.0E+04	8.3E+03	2.4E+04	0.432	2.89	742.32	1.15	-0.15	0.0052
2.00	33.00	1425.46	498.91	2.03	5.1E+03	3.5E+04	1.5E+04	4.2E+04	0.430	2.86	1011.22	0.00	1.00	0.0040

V<sub>s30</sub> (m/sec) = 474.41

\*Il primo valore del rapporto H/Vs è stato trascurato vista la superficialità della misura eseguita (Z = 0.1 m).

Secondo O.P.C.M. 3274/2003: Suolo tipo B.

### Relazioni tempo – profondità dei valori osservati e calcolati



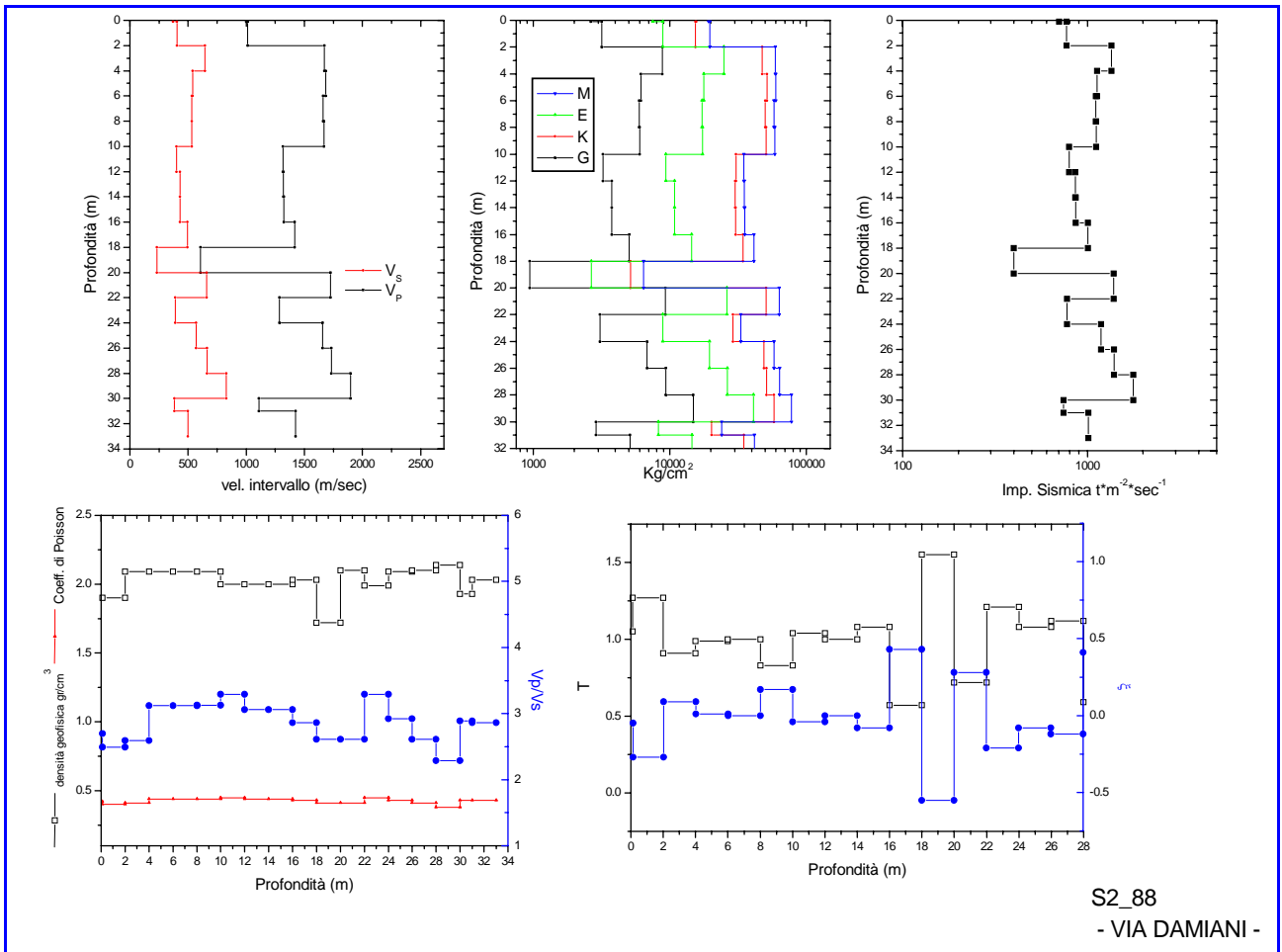
#### DOWN-HOLE S2\_88

##### Valori medi sismostrati

Sismostrato	Profondità dal p.c. (m)	VPI (m/sec)	VSI (m/sec)	$\gamma^{din}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	G (Kg/cm <sup>2</sup> )	K(Kg/cm <sup>2</sup> )	E(kg/cm <sup>2</sup> )	M(kg/cm <sup>2</sup> )
1	da 0 a 2 metri	1005.94	388.40	1.90	2.90E+03	1.56E+04	8.19E+03	1.94E+04
2	da 2 a profondità	1468.94	514.76	2.03	5.94E+03	3.91E+04	1.69E+04	4.70E+04
		$\sigma$	Vp/Vs	Imp. Sismica (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	Coeff. t	Coeff. $\xi$		
		0.41	2.59	736.82	1.16	-0.16		
		0.43	2.89	1056.28	0.93	0.07		



**Profili 1D dei moduli elastici e parametri geosismici S2\_88**



S2\_88  
- VIA DAMIANI -

## S2\_89

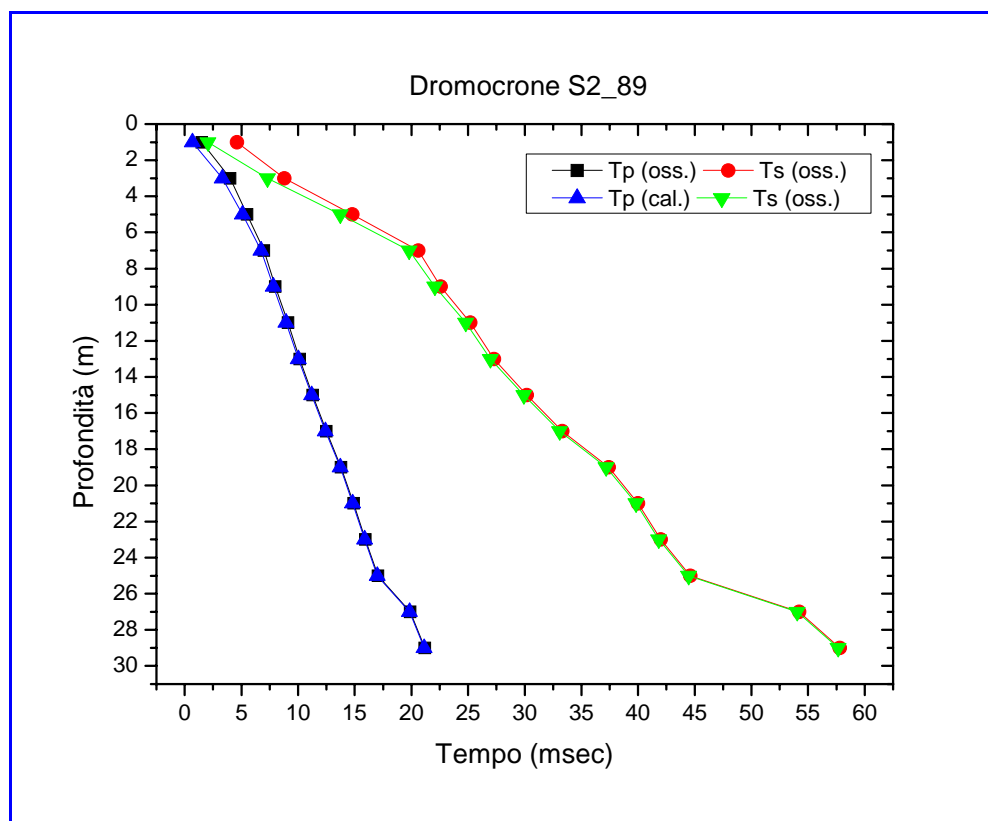
### DOWN-HOLE S2\_89

D (m)	Z (m)	VPI (m/sec)	VSI (m/sec)	$\gamma^{din}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	G (Kg/cm <sup>2</sup> )	K(Kg/cm <sup>2</sup> )	E(kg/cm <sup>2</sup> )	M(kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$	Vp/Vs	Imp. Sismica (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	Coeff. t	Coeff. $\xi$	H(m)/V <sub>s</sub> (m/sec)
2.00	1.00	1490.71	486.10	2.04	4.9E+03	3.9E+04	1.4E+04	4.6E+04	0.441	3.07	993.67	0.81	0.19	0.0021
2.00	3.00	752.62	379.88	1.80	2.6E+03	6.8E+03	7.0E+03	1.0E+04	0.329	1.98	681.97	0.94	0.06	0.0053
2.00	5.00	1124.59	311.55	1.94	1.9E+03	2.2E+04	5.6E+03	2.5E+04	0.458	3.61	603.66	1.04	-0.04	0.0064
2.00	7.00	1231.49	329.71	1.97	2.2E+03	2.7E+04	6.3E+03	3.0E+04	0.461	3.74	649.96	1.49	-0.49	0.0061
2.00	9.00	1853.86	887.14	2.13	1.7E+04	5.1E+04	4.6E+04	7.4E+04	0.351	2.09	1890.15	0.90	0.10	0.0023
2.00	11.00	1748.68	732.15	2.11	1.1E+04	5.0E+04	3.2E+04	6.5E+04	0.394	2.39	1542.71	1.12	-0.12	0.0027
2.00	13.00	1853.99	913.65	2.13	1.8E+04	5.0E+04	4.8E+04	7.4E+04	0.340	2.03	1946.66	0.84	0.16	0.0022
2.00	15.00	1711.01	677.38	2.10	9.7E+03	4.9E+04	2.7E+04	6.2E+04	0.407	2.53	1421.42	0.97	0.03	0.0030
2.00	17.00	1648.12	637.59	2.08	8.6E+03	4.6E+04	2.4E+04	5.7E+04	0.412	2.58	1328.42	0.86	0.14	0.0031
2.00	19.00	1526.96	485.13	2.05	4.9E+03	4.2E+04	1.4E+04	4.8E+04	0.444	3.15	996.22	1.24	-0.24	0.0041
2.00	21.00	1803.90	761.81	2.12	1.2E+04	5.3E+04	3.5E+04	7.0E+04	0.391	2.37	1614.73	1.13	-0.13	0.0026
2.00	23.00	1891.87	988.98	2.14	2.1E+04	4.9E+04	5.6E+04	7.7E+04	0.312	1.91	2115.28	0.87	0.13	0.0020
2.00	25.00	1808.87	764.57	2.12	1.3E+04	5.3E+04	3.5E+04	7.0E+04	0.391	2.37	1621.41	0.37	0.63	0.0026
2.00	27.00	701.77	208.46	1.77	7.8E+02	7.8E+03	2.3E+03	8.8E+03	0.452	3.37	369.30	1.51	-0.51	0.0096
2.00	29.00	1569.61	553.84	2.06	6.4E+03	4.3E+04	1.8E+04	5.1E+04	0.429	2.83	1143.30	0.00	1.00	0.0018

V<sub>S30</sub> (m/sec) = 537

Secondo O.P.C.M. 3274/2003: Suolo tipo B.

### Relazioni tempo – profondità dei valori osservati e calcolati



DOWN-HOLE S2_89									
Valori medi sismostrati									
Sismostrato	Profondità dal p.c. (m)	VPI (m/sec)	VSI (m/sec)	$\gamma^{din}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	G (Kg/cm <sup>2</sup> )	K(Kg/cm <sup>2</sup> )	E(kg/cm <sup>2</sup> )	M(kg/cm <sup>2</sup> )	
1	da 0 a 7 metri	1149.85	376.81	1.94	2.90E+03	2.40E+04	8.24E+03	2.78E+04	
2	da 7 a 25 metri	1760.81	760.93	2.11	1.29E+04	4.94E+04	3.52E+04	6.65E+04	
3	da 25 a 27 metri	701.77	208.46	1.77	7.79E+02	7.79E+03	2.26E+03	8.83E+03	
4	da 27 a profondità	1569.61	553.84	2.06	6.41E+03	4.29E+04	1.83E+04	5.15E+04	
		$\sigma$	Vp/Vs	Imp. Sismica (t*m <sup>-2</sup> *sec <sup>-1</sup> )	Coeff. t	Coeff. $\xi$			
		0.42	3.10	732.31	1.07	-0.07			
		0.38	2.38	1608.56	0.92	0.08			
		0.45	3.37	369.30	1.51	-0.51			
		0.43	2.83	1143.30	0.00	1.00			

**Profili 1D dei moduli elastici e parametri geosismici S2\_89**

