

GEOLOGO SETTIMIO OLIVIERI

Via XXI Aprile, 4

84091 Battipaglia (Sa)

☎ e fax 0828.303241– 328.8127902

e mail: settimio.olivieri@libero.it

Relazione geologica esplicativa dei risultati delle indagini geognostiche e geofisiche effettuate in Via Emilio Scaglione – Chiaiano – nel Comune di Napoli per l'ampliamento del parcheggio di scambio integrato “Chiaiano”

**Committente: Il Sindaco di Napoli Commissario delegato ex O.P.C.M. n.
3566 del 05/03/07**

Battipaglia, 12-10-2009

**Il geologo
Settimio Olivieri**

INDICE

PREMESSA	pag. 3
1) INDAGINE GEOGNOSTICHE:	pag. 4
1.1) Perforazioni di sondaggio	pag. 4
1.2) Prove Standar Penetration Test (SPT)	pag. 7
1.3) Risultati delle perforazioni di sondaggio	pag. 10
1.4) Prova penetrometrica dinamica continua	pag. 15
1.5) Risultati test penetrometrico dinamico continuo	pag. 17
2) MODELLO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO INVESTIGATO	pag. 18
3) INDAGINE GEOFISICA:	pag. 20
3.1) Prospezione sismica in foro	pag. 20
3.2) Indagine eseguita	pag. 24
3.3) Acquisizione ed elaborazione dati	pag. 26
3.4) Interpretazione ed analisi dati	pag. 34
3.5) Conclusioni	pag. 36

ALLEGATI

Carta geolitologica – scala 1.100.000;
Ortofoto satellitare dell'area in esame;
Ubicazioni delle indagini geognostiche e geofisiche;
Colonne stratigrafiche relative alle perforazioni di sondaggio;
Profilo penetrometrico, parametri geotecnici e interpretazione stratigrafica.

PREMESSA

In attuazione degli strumenti urbanistici, è stata prevista la realizzazione dell'ampliamento del parcheggio di scambio integrato nell'area della stazione di Chiaiano, che va ad integrare la dotazione di sosta dell'attuale parcheggio a raso.

Il parcheggio di scambio integrato di Chiaiano è localizzato nell'area nord del Comune di Napoli, in Via Emilio Scaglione.

Il parcheggio in progetto, che amplia l'attuale parcheggio a raso, è integrato alla stazione della linea 1 della Metropolitana.

Al fine di conoscere la successione stratigrafica, le proprietà meccaniche e le caratteristiche sismiche dei litotipi costituenti il sottosuolo dell'area di imposta dell'opera in parola, sono stati eseguiti:

- *n. 6 perforazioni di sondaggio di cui:*
 - *n° 4 (S1, S4, S5 e S6) a carotaggio continuo spinte rispettivamente a -16.0 mt dal p.c., -30.0 mt dal p.c., -20.0 mt dal p.c e -20 mt dal p.c.;*
 - *n° 2 (S2 e S3) a distruzione spinti fino alle quote rispettivamente di -24.0 mt e - 20.0 mt dal p.c.,*
- *n. 1 prova penetrometrica dinamica continua mediante penetrometro leggero (mod. DP-030 della Pagani);*
- *n° 1 prova sismica in foro (Down-Hole).*

1) INDAGINI GEOGNOSTICHE

1.1) Perforazioni di sondaggio

Le perforazioni di sondaggio sono state eseguite mediante sonda cingolata, che ha operato rispettivamente con un sistema ad aste e carotiere dal diametro di 100 mm, con avanzamento a secco., per le perforazioni a carotaggio continuo e con un sistema ad aste elicoidali con avanzamento a secco per le perforazioni a distruzione.



Sondaggio a carotaggio continuo



Sondaggio a distruzione

Nelle perforazioni a carotaggio continuo, in alcuni tratti è stato necessario l'avanzamento con circolazione idrica a causa della presenza di orizzonti di consistenza litoide (tufo giallo napoletano).

La protezione dei fori a carotaggio continuo (per i primi 15.00 metri dal piano campagna) è stata ottenuta con l'ausilio di tubi di rivestimento di ferro con diametro di 127 mm, infissi a rotazione con circolazione d'acqua.

Le carote estratte nel corso delle perforazioni a carotaggio continuo, sono state collocate entro cassette catalogatrici contrassegnate in ordine crescente di profondità e fotografate.



Al termine delle perforazioni di sondaggio S1 e S4 (rispettivamente spine fino a -16.0 mt e -30.0 mt dal p.c.), sono stati installate, sino al fondo foro, canne in PVC da 80 mm.

Le canne in PVC sono state intasate esternamente con sabbia e pietrisco n° 1 e successivamente il foro è stato protetto con un chiusino.

Il sondaggio S1 è stato condizionato a piezometro, sfinestrandolo opportunamente a diverse altezze il tubo in PVC, in seguito al manifestarsi durante il sondaggio di terreni particolarmente umidi a partire dalla quota di circa -2.5 mt.

Le misure effettuate nei giorni successivi non ha evidenziato alcuna presenza di falda.

Presumibilmente tale grado di umidità dei terreni è dovuto a perdite della fognatura poco distante dal sondaggio S1.

I tubi in PVC nel sondaggio S4 sono stati inseriti al fine di poter effettuare la sismica in foro.



Sondaggio S1 condizionato a piezometro

*Sondaggio S4 condizionato
per la sismica in foro*

1.2) Prove Standard Penetration Test

Le prove S.P.T. sono state eseguite per verificare il grado di addensamento o di consistenza dei litotipi attraversati, mediante un campionatore standard infisso per mezzo di un dispositivo a percussione del peso di 63.5 Kg, lasciato libero di cadere da un'altezza costante di 76 cm.



Nel corso delle prove è registrato il numero di colpi necessari per l'affondamento del campionatore per tre tratti consecutivi di 15 centimetri; tali valori, unitamente alla profondità d'esecuzione della prova, sono riportati a fianco delle colonne stratigrafiche.

Il dato significativo della prova è indicato dal numero di colpi necessari per l'infissione del campionatore negli ultimi 30 centimetri di terreno attraversato.

Dal numero di colpi registrato nel corso di ciascuna infissione sono stati ricavati la densità relativa, l'angolo di attrito efficace, il modulo di Young, il modulo di taglio dinamico.

A tale scopo è stata utilizzata la metodologia proposta da *Terzaghi e Peck (1948)* e modificata da *Skempton (1986)*, che prevede la correzione del numero dei colpi in funzione della pressione verticale

effettiva, dell'energia di infissione del tipo di punta utilizzata, del tipo di campionatore, del diametro del foro e della lunghezza delle aste.



Infatti il peso dell'elemento battuto aumenta con la profondità (comportando una diminuzione del rapporto fra massa battente e massa battuta e quindi un incremento di N anche se il terreno resta omogeneo), inoltre una parte dell'energia viene assorbita dalle aste, in misura crescente con la profondità, con una sottovalutazione di N.



Riassumendo la correzione del numero di colpi misurato deve rispondere alla seguente formula (Ghionna - Robertson, 87):

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot \frac{ER}{60} \cdot C_s \cdot C_r \cdot C_d$$

dove:

ER/60 = rendimento del sistema di infissione, normalizzato al 60% del valore teorico massimo. Il sistema utilizzato (maglio tipo Pilcon a sganciamento automatico), pur in assenza di apposite misure di taratura, assicura, in generale, un valore medio del rendimento pari o leggermente superiore a 0.60 (valore medio su 4477 colpi pari al 64%), quindi non viene effettuata alcuna correzione rispetto a questo parametro, considerato eguale a 1. Tale scelta risulta conservativa solo in presenza di un numero significativo di prove, in quanto il rendimento è statisticamente eguale o superiore a 0.60, ma può essere occasionalmente inferiore (valore minimo pari a 0.49, dati S.G.I. - I.S.M.E.S. in *Cestari, 90*).

C_s= 1.2 Tale fattore prevede l'incremento del n° di colpi misurati in funzione dell'assenza di controcamicia interna del tubo campionatore.

C_r= 1 per lunghezza delle aste maggiore di 10 m.

Per lunghezze inferiori si fa riferimento alla seguente tabella:

lunghezza aste (m)	3 - 4	4 - 6	6 - 10	>10
C_r	0.75	0.85	0.95	1

C_d= 1 per diametro del foro compreso fra 65 e 115 mm (nel nostro caso pari a 100 mm).

Un ulteriore fattore di correzione deve essere introdotto per tenere conto della tensione normale effettiva agente a rottura intorno al penetrometro, normalizzando il valore a $\sigma'_{vo} = 1$ bar, utilizzando, tra le tante formule proposte, quella di Baldi e Altri:

$$N_1 = C_N \cdot N_{SPT} \quad \text{con} \quad C_N = (\sigma'_{vo})^{-0.5}$$

Il valore della densità relativa è stato determinato secondo il metodo di Skempton (86), da cui si ottiene, con doppio passaggio, l'angolo d'attrito efficace, secondo la formula di *Schmertmann* (76).

In particolare il metodo di Skempton (86) prevede la correzione rispetto alla pressione effettiva di confinamento (calcolata mediante la formula di Baldi, 85), dopo di che si utilizza la formula seguente:

$$D_R = \sqrt{\frac{N_1(60)}{60}}$$

Come detto, il valore dell'angolo di resistenza interna di picco, viene ricavato, con doppio passaggio, dalla densità relativa ottenuta dalle formule sopra, utilizzando le formule proposte da *Schmertmann* (1977).

In particolare le formule corrispondenti ai campi della figura seguente sono:

$$\text{Sabbia fine uniforme :} \quad \phi' = 28 + 0.14 \cdot D_R$$

$$\text{Sabbia media uniforme :} \quad \phi' = 31.5 + 0.115 \cdot D_R$$

$$\text{Sabbia grossa uniforme :} \quad \phi' = 34.5 + 0.10 \cdot D_R$$

$$\text{Ghiaietto uniforme :} \quad \phi' = 38 + 0.08 \cdot D_R$$

I valori di angolo d'attrito così ricavati verranno confrontati con quelli ottenuti dalle correlazioni della *Road Bridge Specification* e con quelli ottenibili col metodo della *Japanese National Railway* che, invece, correlano direttamente il n° di colpi all'angolo di attrito, evitando le approssimazioni dovute al doppio passaggio.

Per bassi valori dello sforzo verticale efficace l'angolo di attrito risulta sopravvalutato, così come per angoli di attrito maggiori di 38° .

In particolare le formule utilizzate risultano;

$$\text{Road Bridge Specification (De Mello, 82)} \quad \phi' = 15 + \sqrt{15 N_{SPT}}$$

$$\text{Japanese National Railway} \quad \phi' = 0.3 N_{SPT} + 27$$

Circa la valutazione del valore di N_{SPT} in **presenza di orizzonti acquiferi**, l'influenza della falda è stata considerata solo in funzione del calcolo della pressione litostatica efficace, sottraendo integralmente il valore del peso di volume dell'acqua al peso di volume dei terreni.

1.3) **Risultati delle perforazioni di sondaggio**

Sondaggio N.1 a carotaggio continuo

Nel corso di questa perforazione sono state eseguite **n. 3 S.P.T.**, **rispettivamente alle quote di:**

- 1) **-7.0 mt dal p.c. (N. colpi: 2-7-9 > Nspt = 16 - terreni moderatamente densi),**
- 2) **-10.50 mt dal p.c. (N. colpi: 6-9-14 > Nspt = 23 - terreni moderatamente densi)**
- 3) **-13.0 mt dal p.c. (N. colpi: 17-33-43 > Nspt = 76 - terreni molto densi).**

Lungo la verticale sono stati intercettati i seguenti litotipi:

0.00 - 0.30 mt	Conglomerato bituminoso;
0.30 - 2.50 mt	Conglomerato cementizio;
2.50 - 5.00 mt	Piroclastiti rimaneggiate di colore marroncino beige con variegazioni grigio-verde, molto sciolte, a tessitura fine e granulometricamente assimilabili a limo sabbioso;
5.0 - 10.40 mt	Piroclastiti di colore grigio-verde a tessitura da fine a molto fine, da sciolte a mediamente dense;
10.40 - 12.00 mt	Paleosuolo di colore marrone-nerastro, saturo e sciolto, ingobante frammenti litoidi calcarei eterometrici ed a spigoli prevalentemente poco smussati;
12.00 - 13.30 mt	Deposito piroclastico di colore marrone-giallastro, riferibile al tufo giallo napoletano in facies semilitoide (comunemente denominata Cappellaccio), da mediamente a denso a denso;
13.30 - 16.00 mt	Tufo giallo napoletano di colore prevalentemente giallastro con frequenti incusi pomicei e litici eterometrici di colore scuro di consistenza prevalentemente litoide.

Le S.P.T. eseguite lungo questa verticale di sondaggio hanno fornito i risultati illustrati nella seguente tabella con le stime dei parametri fisico meccanici più significativi.

		Prof.	Nspt	Nspt corretto	σ'_{v_0} (kPa)	Cn (kPa)	N ₆₀	N' ₆₀	Dr (%)	ϕ' (°)	E (Mpa)	E' ₂₅ (Mpa)	Go (MPa)	Vs
Sondaggio	1					1			60		0,3			55

Falda	assente	1	7,0	16	15,5	116	0,92	16,7	15,4	51	35	29	13	77	214
		2	10,5	23	19,0	173	0,72	20,5	14,8	50	35	31	13	103	248
γ_n (KN/Mc)	1.5	3	13,0	76	45,5	215	0,63	49,1	30,8	72	38	51	25	199	344

Sondaggio N.2 a distruzione

Lungo la verticale sono stati intercettati i seguenti litotipi:

0.00 – 3.00 mt	Conglomerato bituminoso passante a terreno di riporto;
3.00 – 14.00 mt	Piroclastiti da sciolte a mediamente dense;
14.00 – 24.00 mt	Tufo giallo napoletano di colore prevalentemente giallastro con frequenti incusi pomicei e litici eterometrici di colore scuro di consistenza prevalentemente litoide.

Sondaggio N.3 a distruzione

Lungo la verticale sono stati intercettati i seguenti litotipi:

0.00 – 1.00 mt	Conglomerato bituminoso passante a terreno di riporto;
1.00 – 13.00 mt	Piroclastiti da sciolte a mediamente dense;
13.00 – 20.00 mt	Tufo giallo napoletano di colore prevalentemente giallastro con frequenti incusi pomicei e litici eterometrici di colore scuro di consistenza prevalentemente litoide.

Sondaggio N.4 a carotaggio continuo

Nel corso di questa perforazione sono state eseguite **n. 4 S.P.T.**, **rispettivamente alle quote di:**

- 1) **-3.30 mt dal p.c. (N. colpi: 4-7-9 > $N_{spt} = 16$ - terreni moderatamente densi),**
- 2) **-8.00 mt dal p.c. (N. colpi: 5-5-4 > $N_{spt} = 9$ - terreni sciolti).**
- 3) **-11.10 mt dal p.c. (N. colpi: 7-9-10 > $N_{spt} = 19$ - terreni moderatamente densi),**
- 4) **-13.0 mt dal p.c. (N. colpi: 12-15-16 > $N_{spt} = 31$ - terreni densi).**

Lungo la verticale sono stati intercettati i seguenti litotipi:

0.00 - 0.30 mt	Conglomerato bituminoso;
0.30 – 0.60 mt	Conglomerato cementizio;
0.60 – 2.80 mt	Misto di cava (terreno di riporto);
2.80 – 7.00 mt	Piroclastiti rimaneggiate di colore marroncino beige con variegazioni grigio-verde, da sciolte a mediamente dense, inglobante pomici di colore grigiastro (dim max 2,5 cm e min 2-3 mm), a tessitura fine e granulometricamente assimilabili a limo sabbioso;
7.00 – 9.00 mt	Piroclastiti di colore grigio-verde a tessitura molto fine, da sciolte a mediamente dense;
9.00 – 12.00 mt	Piroclastiti di marroncino-beige carico a tessitura prevalentemente fine, solo a tratti grossolana per la presenza di livelli di spessore decimetrico di pomici grigio-giallastre e frammenti litici di dimensioni millimetriche, da sciolte a mediamente dense;
12.00 – 12.60 mt	Paleosuolo di colore marrone-nerastro, saturo e sciolto;
12.60 – 16.60 mt	Deposito piroclastico di colore marrone-giallastro, riferibile al tufo giallo napoletano in facies semilitoide (comunemente denominata Cappellaccio), da mediamente a denso a denso;
16.50 – 30.00 mt	Tufo giallo napoletano di colore prevalentemente giallastro con frequenti incusi pomicei e litici eterometrici di colore scuro di consistenza prevalentemente litoide.

Le S.P.T. eseguite lungo questa verticale di sondaggio hanno fornito i risultati illustrati nella seguente tabella con le stime dei parametri fisico meccanici più significativi.

		Prof.	Nspt	Nspt corretto	σ'_{v_0} (kPa)	Cn (kPa)	N ₆₀	N' ₆₀	Dr (%)	ϕ' (°)	E (Mpa)	E' ₂₅ (Mpa)	Go (MPa)	Vs	
Sondaggio	4					1			60		0,3			55	
Falda	assente	1	3,3	16	15,5	22	1,63	16,7	27,3	67	37	29	22	48	170
		2	8,0	9	12,0	54	1,29	13,0	16,8	53	35	26	15	47	166
γ_n (KN/Mc)	1.5	3	11,1	19	17,0	74	1,14	18,4	20,9	59	36	30	18	74	210
		4	13,0	31	23,0	87	1,06	24,8	26,3	66	37	34	22	99	243

Sondaggio N.5 a carotaggio continuo

Nel corso di questa perforazione sono state eseguite **n. 5 S.P.T.**, **rispettivamente alle quota di**

- 1) **-2.90 mt dal p.c. (N. colpi: 2-2-2 > Nspt = 4 - terreni molto sciolti),**
- 2) **-5.40 mt dal p.c. (N. colpi: 4-3-7 > Nspt = 10 – terreni sciolti).**
- 3) **-6.90 mt dal p.c. (N. colpi: 5-10-6 > Nspt = 16 – terreni moderatamente densi),**
- 4) **-9.00 mt dal p.c. (N. colpi: 5-2-2 > Nspt = 4 – terreni molto sciolti),**
- 5) **-12.00 mt dal p.c. (N. colpi: 2-5-8 > Nspt = 13 – terreni moderatamente densi).**

Lungo la verticale sono stati intercettati i seguenti litotipi:

0.00 - 0.40 mt	Conglomerato bituminoso;
0.40 – 0.80 mt	Misto di cava (terreno di riporto);
0.80 – 6.50 mt	Piroclastiti rimaneggiate di colore marroncino beige carico con variegazioni grigio-verde e grigiastre, sciolte, inglobante pomici di colore grigiastro (dim max 2,5 cm e min 2-3 mm), a tessitura fine e granulometricamente assimilabili a limo sabbioso;
6.50 – 9.50 mt	Piroclastiti di colore grigio-verde a tessitura molto fine, da sciolte a mediamente dense;
9.50 – 12.00 mt	Piroclastiti di colore prevalentemente marroncino con variegazioni beige a tessitura fine a tratti medio-grossolana per la presenza di livelli di spessore decimetrico di pomici grigio-giallastre e frammenti litici di dimensioni millimetriche, da sciolte a mediamente dense;
12.00 – 12.80 mt	Paleosuolo di colore marrone-nerastro, saturo e sciolto;
12.80 – 14.50 mt	Piroclastite di colore grigio verde a tessitura da fine a media, a granulometria sabbioso-limosa, mediamente densa;
14.50 – 20.00 mt	Tufo giallo napoletano di colore prevalentemente giallastro con frequenti incusi pomicei e litici eterometrici di colore scuro di consistenza prevalentemente litoide.

Le S.P.T. eseguite lungo questa verticale di sondaggio hanno fornito i risultati illustrati nella seguente tabella con le stime dei parametri fisico meccanici più significativi.

		Prof.	Nspt	Nspt corretto	σ'_{v_0} (kPa)	Cn (kPa)	N ₆₀	N' ₆₀	Dr (%)	ϕ' (°)	E (Mpa)	E' ₂₅ (Mpa)	Go (MPa)	Vs	
Sondaggio	5					1				60	0,3		55		
Falda	assente	1	2,9	4	9,5	15	1,73	10,3	17,8	54	36	24	15	20	114
		2	5,4	7	11,0	28	1,56	11,9	18,5	55	36	25	16	31	143
γ_n (KN/Mc)	15,0	3	6,9	16	15,5	36	1,46	16,7	24,5	64	37	29	20	50	182
		4	9,0	4	9,5	47	1,35	10,3	13,9	48	35	24	12	27	133
Pressione atmosferica		5	12,0	13	14,0	62	1,22	15,1	18,5	56	36	27	16	53	186
Kpa	98,00				7,5	0	2,00	8,1	16,2	52	35	23	14	0	0

Sondaggio N.6 a carotaggio continuo

Nel corso di questa perforazione sono state eseguite **n. 2 S.P.T.**, **rispettivamente alle quota di**

- 1) **-4.50 mt dal p.c. (N. colpi: 7-8-8 > Nspt = 16 – terreni moderatamente densi)**
- 2) **-6.00 mt dal p.c. (N. colpi: 8-8-10 > Nspt = 18 – terreni moderatamente densi).**

Lungo la verticale sono stati intercettati i seguenti litotipi:

0.00 - 0.30 mt	Conglomerato bituminoso;
0.30 – 2.50 mt	Terreno di riporto;
2.50 – 7.0 mt	Piroclastiti rimaneggiate di colore marroncino beige con variegazioni grigio-verde, da sciolte a mediamente dense, inglobante pomici di colore grigiastro (dim max 2,5 cm e min 2-3 mm), a tessitura fine e granulometricamente assimilabili a limo sabbioso;
7.0 – 9.00 mt	Piroclastiti di colore grigio-verde a tessitura molto fine, da sciolte a mediamente dense;
9.00 – 11.60 mt	Piroclastiti di marroncino-beige carico a tessitura prevelentemente fine, solo a tratti grossolana per la presenza di livelli di spessore decimetrico di pomici grigio-giallastre e frammenti litici di dimensioni millimetriche, da sciolte a mediamente dense;
11.60 – 12.10 mt	Paleosuolo di colore marrone-nerastro, saturo e sciolto;
12.10 – 14.50 mt	Deposito piroclastico di colore marrone-giallastro, riferibile al tufo giallo napoletano in facies semilitoide (comunemente denominata Cappellaccio), da mediamente a denso a denso;
14.50 – 20.00 mt	Tufo giallo napoletano di colore prevalentemente giallastro con frequenti inclusi pomicei e litici eterometrici di colore scuro di consistenza prevalentemente litoide

Le S.P.T. eseguite lungo questa verticale di sondaggio hanno fornito i risultati illustrati nella seguente tabella con le stime dei parametri fisico meccanici più significativi.

		Prof.	Nspt	Nspt corretto	σ'_{v_0} (kPa)	Cn (kPa)	N ₆₀	N' ₆₀	Dr (%)	ϕ' (°)	E (Mpa)	E' ₂₅ (Mpa)	Go (MPa)	Vs
Sondaggio	6					1			60		0,3			55

Falda	assente	1	4,5	16	15,5	23	1,62	16,7	27,0	67	37	29	22	45	171	
			2	6,0	18	16,5	31	1,52	17,8	27,0	67	37	29	22	51	183
γ_n (kN/Mc)	15,0				7,5	0	2,00	8,1	16,2	52	35	23	14	0	0	

1.4) Prova penetrometrica dinamica continua

Al fine di conoscere la successione stratigrafica e le caratteristiche geotecniche dei litotipi costituenti il sottosuolo dell'area di imposta, è stata eseguita **n. 1 prospezione penetrometrica dinamica continua** la cui ubicazioni è riportata nella planimetria allegata.

Le prove penetrometriche sono state eseguite mediante il penetrometro dinamico DPM-30 della Pagani Geotechnical Equipment S.r.l. di Calendasco (PC), aventi le seguenti caratteristiche :

- maglio a caduta libera dall'altezza di 20 cm del peso di 30 Kg;
- punta conica a perdere del diametro di 3.56 cm, di sezione 10 cm² e con angolo alla punta di 60°;
- aste del diametro di 20 mm, della lunghezza di 100 cm e del peso di 2.4 Kg;
- motore monocilindrico a 4 tempi azionante una pompa idraulica ad innesti rapidi.

Il numero dei colpi registrato per ogni 10 cm di infissione viene riportato su un sistema di assi cartesiani su cui alla fine si deduce l'istogramma complessivo di ciascuna prova.

Dal numero di colpi "N" si risale alla "resistenza a rottura dinamica" (Rd) del terreno, mediante la nota formula degli Olandesi :

$$R_d = M^2 \cdot h/A \cdot e \cdot (M+P)$$

dove :

M = peso del maglio;
h = altezza di caduta;
A = sezione della punta;
e = rifiuto = 10/N;
P = peso delle aste.

Poiché il numero dei colpi "N DL 030" per infissioni di 10 cm corrisponde mediamente al numero colpi "SPT" della Standard Penetration Test, da "N" è possibile desumere i valori del peso specifico " γ ", la densità relativa "Dr", della resistenza a rottura dinamica "Rd", dell'angolo di attrito " ϕ ", del modulo di compressibilità edometrico "Eed".

In particolare, il modulo di compressibilità edometrico viene determinato mediante la formula empirica Schultze e Menzebach, elaborata sulla scorta dei risultati di prove penetrometriche condotte su numerosi campioni di varia granulometria :

$$E_{ed} = C_1 + C_2 \cdot N + SE$$

in cui :

N = numero medio dei colpi registrato per ciascun metro;

C_1 e C_2 = coefficienti trovati dagli autori per diversi terreni
analizzati in 12 gruppi, in base alle caratteristiche fisiche;

SE = deviazione standard.

***La stratigrafia** è stata ricostruita mediante appositi **campionatori** applicati alle aste penetrometriche, che, che consentono di prelevare, alle quote desiderate, campioni di terreno rimaneggiato e, quindi, di ricostruire con buona approssimazione la successione dei litotipi intercettati.*

1.5) Risultati del test penetrometrico dinamico continuo

Il test penetrometrico dinamico è stato spinto sino alla profondità massima di circa **-15.0 mt** dal p.c. ed è stato eseguito a partire dalla quota di circa -2.0 mt dal p.c., previa la realizzazione di un foro del diametro di circa 100 mm mediante l'ausilio della trivella. Oltre detta quota non è stato possibile approfondire l'indagine per la marcata resistenza opposta dal substrato tufaceo di consistenza litoide.

I dati raccolti hanno consentito di dedurre quanto segue :

1. il sottosuolo è formato da
 - **una sequenza di limi e limi sabbiosi**, a tratti debolmente argillosi, da molto sciolti a moderatamente densi di colore beige scuro, con intercalazioni di livelli di travertino poroso e friabile, il cui **spessore complessivo varia da 5.0 mt a 6.0 mt**;
 - **un substrato a tessitura limoso-argillosa**, moderatamente consistente di spessore indeterminata;
2. il pacco dei terreni attraversati può essere schematicamente descritto come segue:

2.0 mt – 4.0 mt	Piroclastiti, umide e da molto sciolte a sciolte;
4.0 mt – 7.0 mt	Piroclastiti moderatamente dense;
7.0 mt – 14.0 mt	Piroclastiti da sciolte a moderatamente dense;
da 14.0 mt	Tufo da denso a consistenza litoide.

Sotto il profilo geotecnico il sottosuolo dell'area di sedime è caratterizzato dalla presenza di:

0.0 mt – 4.0 mt *uno strato caratterizzato nella frazione fina da parametri meccanici scadenti:*

peso specifico	$\gamma = 1.3 \text{ g/cm}^3$
rensità relativa	$Dr = 18-20 \%$
resistenza a rottura	$Rd = 6-8 \text{ kg/cm}^2$
angolo di attrito interno	$\varphi = 24-25^\circ$
coesione drenata	$C' = 0.15 \text{ kg/cm}^2$
modulo edometrico	$Eed = 25-30 \text{ kg/cm}^2$

4.0 mt – 7.0 mt *uno strato a tessitura fine moderatamente denso, fornito di qualità geotecniche da mediocri a discrete:*

peso specifico	$\gamma = 1.4-1.5 \text{ g/cm}^3$
densità relativa	$Dr = 40-45 \%$
resistenza a rottura	$Rd = 45-50 \text{ kg/cm}^2$
angolo di attrito interno	$\varphi = 30^\circ-31^\circ$
Coesione drenata	$C' = 0.5 \text{ kg/cm}^2$
modulo edometrico	$Eed = 95-100 \text{ kg/cm}^2$

7.0 mt – 14.0 mt *u deposito a tessitura da fine a media e da sciolto a moderatamente denso, fornito di qualità geotecniche scadenti a mediocri:*

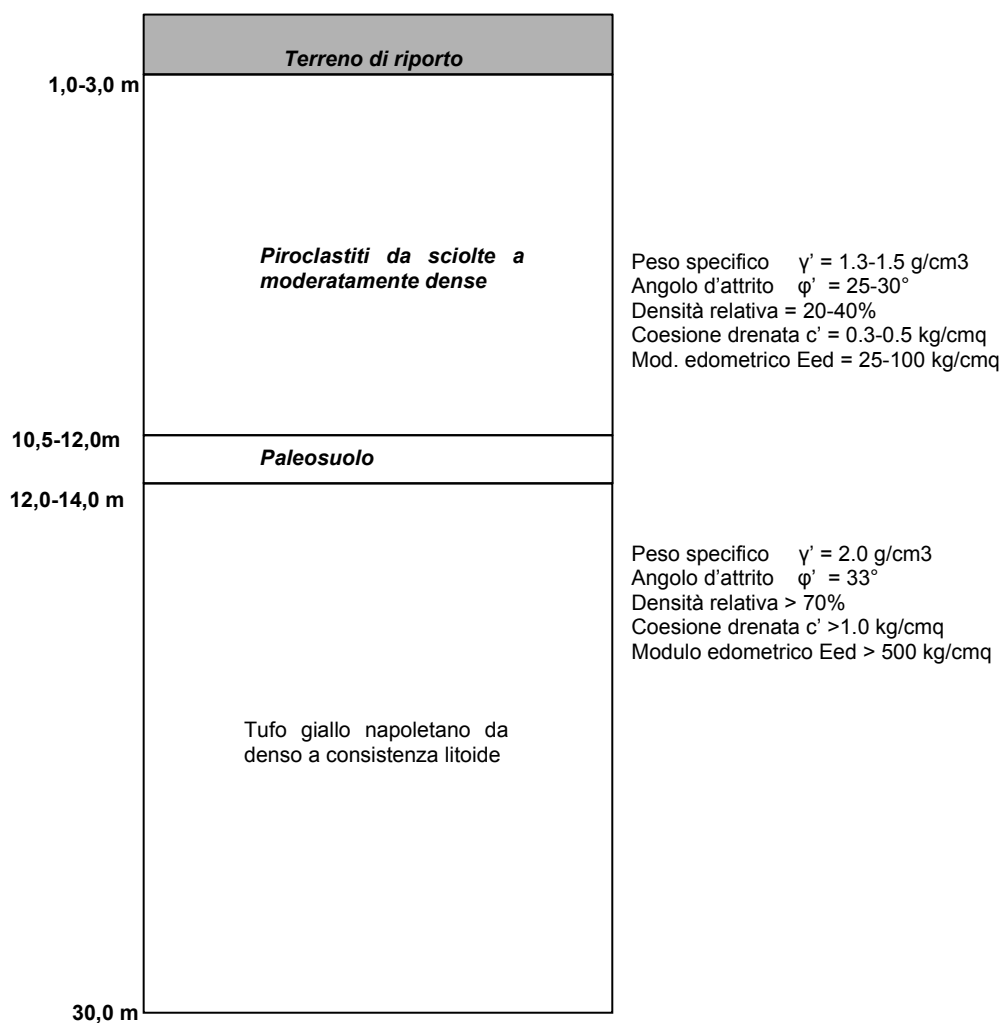
peso specifico	$\gamma = 1.4 \text{ g/cm}^3$
densità relativa	$Dr = 30-40 \%$
resistenza a rottura	$Rd = 20-40 \text{ kg/cm}^2$
angolo di attrito interno	$\varphi = 28^\circ-30^\circ$
Coesione drenata	$C' = 0.3 \text{ kg/cm}^2$
modulo edometrico	$Eed = 50-90 \text{ kg/cm}^2$

da 14.0 mt *uno substrato tufaceo da denso a litoide, fornito di parametri geotecnici eccellenti:*

peso specifico	$\gamma = 2.0 \text{ g/cm}^3$
densità relativa	$Dr > 70 \%$
resistenza a rottura	$Rd > 120 \text{ kg/cm}^2$
angolo di attrito interno	$\varphi > 35^\circ$
Coesione drenata	$C' > 1.0 \text{ kg/cm}^2$
modulo edometrico	$Eed > 500 \text{ kg/cm}^2$

2) MODELLO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

Ai fini di una più semplice lettura dei risultati delle indagini geognostiche si riporta il seguente modello stratigrafico con i relativi parametri meccanici da attribuire ai terreni attraversati:



3) INDAGINE GEOFISICA

La prospezione sismica in foro down hole (Fig. 1) è stata effettuata al fine di individuare le caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi e classificare sismicamente il suolo secondo la normativa vigente (D.M. 14 gennaio 2008).

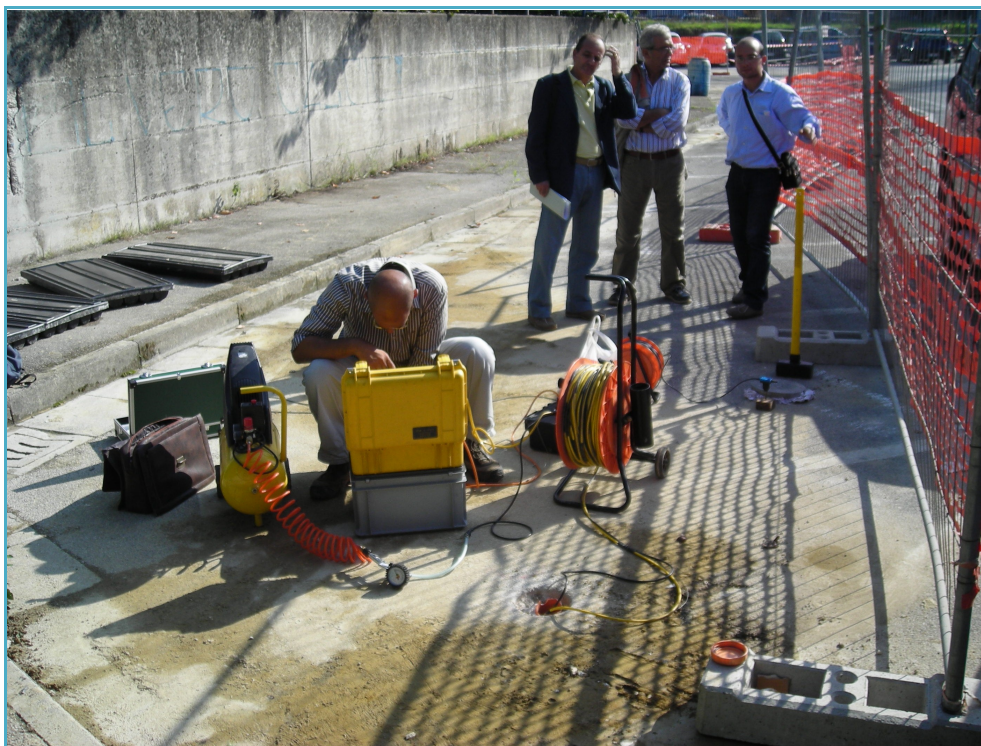


Fig. 1 – Down hole DH-S4.

3.1) Prospezione sismica in foro

Lo scopo di tali prove consiste nel determinare direttamente la velocità di propagazione, all'interno del mezzo in esame, delle onde di compressione (onde P), di taglio (onde S) ed indirettamente, utilizzando i valori delle velocità acquisiti (V_P , V_S), alcune proprietà meccaniche (moduli dinamici) delle litologie investigate.

Le indagini sismiche che utilizzano i fori dei sondaggi sono utili per avere una sismostratigrafia dettagliata del sottosuolo. Si possono applicare vari metodi di indagine in foro. Il metodo down hole, il più utilizzato, prevede la sistemazione della sorgente energizzante in superficie e la misura delle onde d'arrivo in foro.

La prospezione sismica down hole, schematizzata in Fig. 2, prevede la sorgente energetica in superficie ed i sensori all'interno del perforo. Si adoperano geofoni particolarmente assemblati per essere calati e fissati a profondità via via crescenti (o decrescenti) contro la parete del perforo opportunamente condizionato. Energizzando il terreno in superficie e misurando i tempi di arrivo delle onde P ed S (Figg. 3 - 5) ai geofoni, si ha la possibilità di determinare le velocità dei litotipi riscontrati nella perforazione ed i loro moduli elastici.

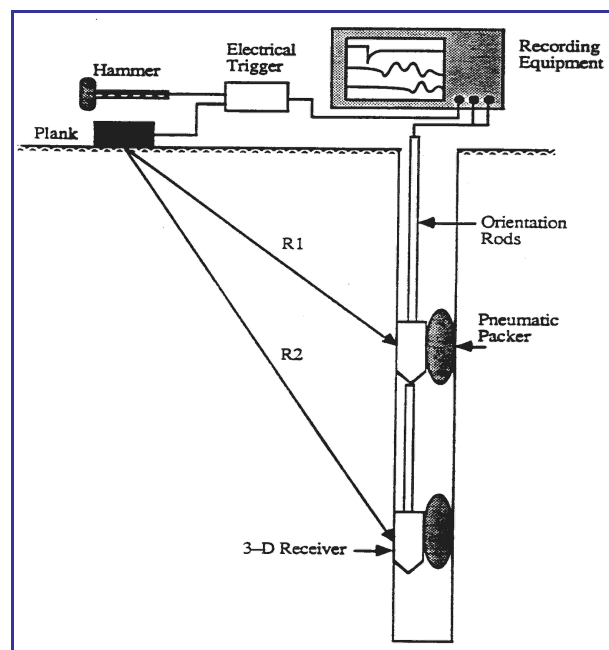


Fig. 2 – Diagramma schematico della strumentazione completa richiesta per effettuare una prospezione sismica down hole.

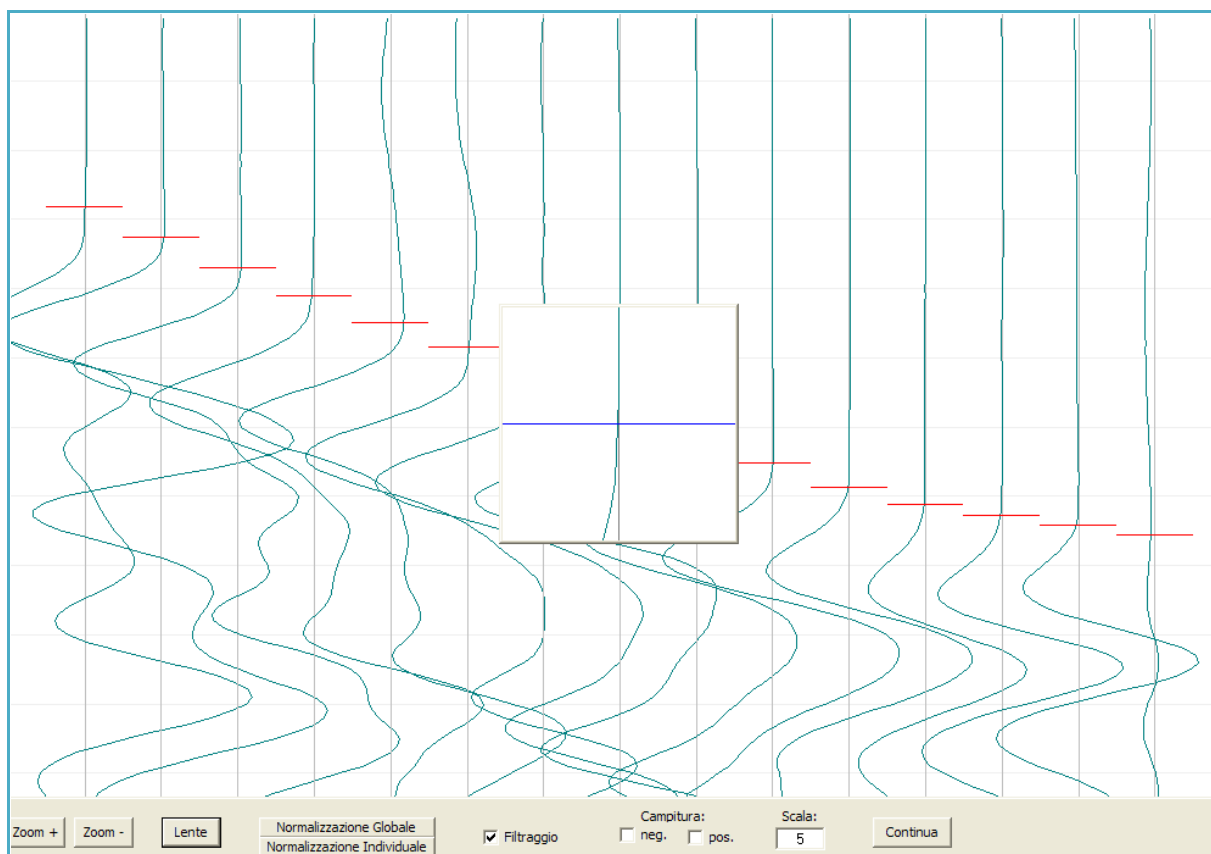


Fig. 3 – Determinazione dei primi arrivi delle onde P per la down hole DH-S4.

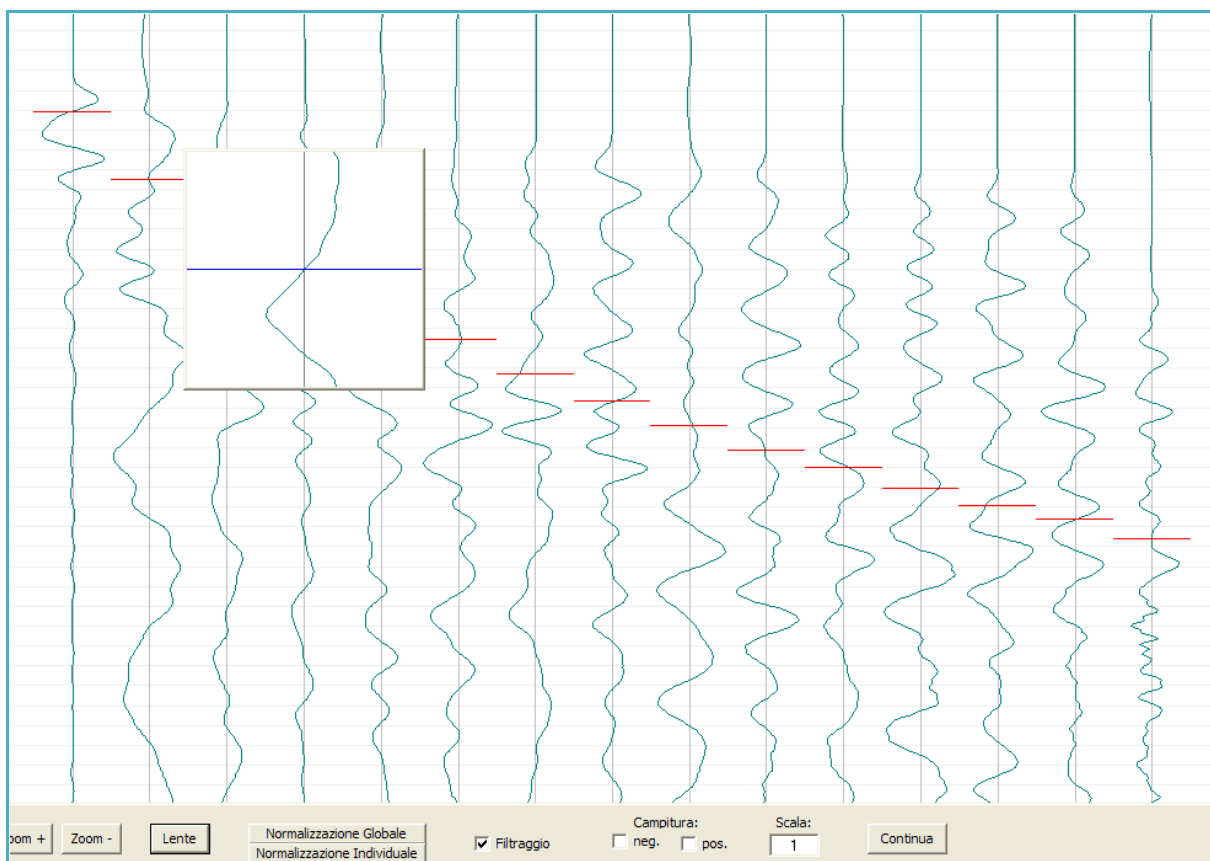


Fig. 4 – Picking delle onde Sy per la down hole DH-S4.

L'energizzazione genera onde elastiche longitudinali (P) e trasversali (S) che si propagano in tutte le direzioni; in particolare le onde longitudinali (Fig. 5) si propagano mediante oscillazioni delle particelle che costituiscono il mezzo attraversato nella stessa direzione della propagazione dell'onda. Di conseguenza, il mezzo sarà soggetto principalmente a sforzi di compressione e dilatazione e la velocità dell'onda sarà anche funzione del modulo di incompressibilità (bulk) (k), che esprime la resistenza del mezzo a questo tipo di sforzo, oltre che del modulo di rigidità (μ) detto anche modulo di taglio (shear) (G) e della densità (ρ):

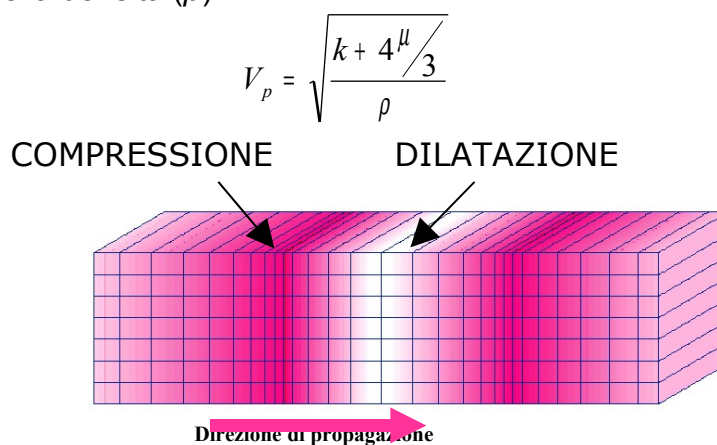


Fig. 5 - Rappresentazione grafica della direzione di oscillazione delle particelle che costituiscono il mezzo nel caso della propagazione di onde longitudinali P (direzione di oscillazione coincidente con quella di propagazione dell'onda).

Le onde trasversali (Fig. 6) si propagano mediante oscillazioni delle particelle del mezzo perpendicolarmente alla direzione di propagazione dell'onda. Di conseguenza, il mezzo sarà soggetto a sforzi di taglio e la velocità delle onde sarà funzione della resistenza del mezzo a questo tipo di sforzo, che è espressa dal modulo di rigidità (μ):

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

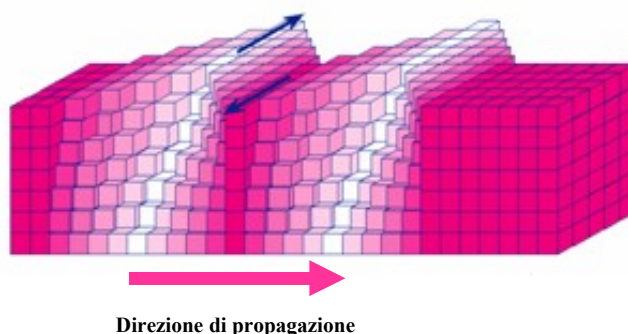


Fig. 6 - Rappresentazione grafica delle direzioni di oscillazione delle particelle che costituiscono il mezzo nel caso della propagazione di onde di taglio S (direzione di oscillazione perpendicolare alla direzione di propagazione dell'onda).

Le onde sismiche non sono caratterizzate da un trasporto di materia, ma da un trasferimento di energia. Tenendo presente che lo sforzo impulsivo può ripartirsi in componenti normali e tangenziali, si deduce che le onde longitudinali (P) possono anche essere chiamate onde di compressione in quanto generate dalla reazione elastica che si oppone a variazioni di volume e/o di lunghezza del corpo e di cui sono responsabili le componenti normali dello sforzo.

Le onde trasversali (S) sono anche dette onde di taglio in quanto generate da reazione elastica che si oppone a variazioni di forma del corpo e di cui sono responsabili le componenti tangenziali dello sforzo.

Logicamente, onde di compressione e di taglio si generano contemporaneamente in seguito ad uno sforzo impulsivo, ma sono caratterizzate da differenti velocità di propagazione.

Attraverso lo studio dei tempi di percorso delle onde di compressione e di taglio e quindi delle velocità, si può risalire alla disposizione geometrica e alle caratteristiche meccanico-elastiche dei litotipi presenti nell'area di indagine.

Le onde di volume P ed S , che attraversano un mezzo omogeneo e isotropo (condizioni ideali) hanno ben definite equazioni di moto. Note le velocità V_p e V_s che vengono ottenute tramite misure dirette, possono essere ricavate alcune proprietà meccaniche, quali il modulo di Young o modulo elastico E , il modulo di taglio G o modulo di rigidità μ , il coefficiente di Poisson ν , la densità ρ e il modulo di incompressibilità o bulk k . Le relative equazioni sono le seguenti:

$$\nu = \left(\frac{1}{2}\right) \cdot \left\{ 1 - \left[\frac{V_s^2}{(V_p^2 - V_s^2)} \right] \right\}$$

poiché nei fluidi $V_s=0$, ν risulta uguale a 0.5. Nei solidi, il valore ν varia generalmente da 0.1 a 0.4. Pertanto, valori più elevati di ν possono essere indicativi della presenza di frazioni di liquido nel mezzo attraversato.

$$E = \frac{\rho V_p^2 (1 - 2\nu)(1 + \nu)}{1 - \nu}$$

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

$$\rho = \frac{G}{V_s^2}$$

$$k = \frac{E}{3(1 - 2\nu)}$$

3.2) Indagine eseguita

L'indagine eseguita è stata condotta sulla base di n° 1 prospezione sismica down hole in foro di sondaggio ubicato sul sito di interesse progettuale.

La prospezione sismica è stata effettuata mediante l'utilizzo di sismografo M.A.E. A6000-S 24 bit 24 canali, strumento compatto e versatile progettato e realizzato appositamente per eseguire indagini di prospezione sismica convenzionali (rifrazione, riflessione) e non convenzionali (Re.Mi., S.A.S.W., M.A.S.W.).

L'elevata dinamica (24 bit di risoluzione) unita alla notevole memoria per l'acquisizione, ne consente l'utilizzo per tecniche di indagine di tipo non convenzionale: Re.Mi. (Refraction Microtremor) - M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) - S.A.S.W. (Spectral Analysis of Surface Waves). Tali indagini risultano particolarmente adatte in aree fortemente antropizzate (aree urbane e industriali) con notevole presenza di rumore di fondo (noise).

La gestione dell'apparecchiatura è notevolmente semplificata dall'interfaccia grafica e dall'interazione con essa tramite il sistema di puntamento touch-screen, che consente di eseguire tutte le operazioni toccando con un pennino gli oggetti interessati direttamente sullo schermo. L'ambiente operativo dello strumento è quello di Microsoft Windows XP embedded.

La sorgente sismica (Fig. 7) è costituita da un impatto transiente verticale (maglio dal peso di 6kg che batte su una piastra circolare in alluminio); come trigger/starter è stato utilizzato un geofono verticale Geospace a 14Hz, posto in prossimità della sorgente energizzante posizionata alla distanza di 2m dal boccaforo (Fig. 7).

Le oscillazioni del terreno sono state rilevate da una sonda geofonica tridimensionale (3 geofoni Geospace a 4.5Hz ortogonali tra loro) (Fig. 8) calata nel perforo a profondità decrescenti (da quota fondo foro a quota bocca foro) con intervalli di 2m.

Quando la battuta non risultava netta, o comunque il segnale non era significativo per la presenza di noise ambientale, la prova veniva ripetuta.

I segnali sismici acquisiti sono stati successivamente elaborati con apposito programma (Intersism 2.1 della Geo&Soft International) per la determinazione della sismostratigrafia del sottosuolo.



Fig. 7 – Sorgente energizzata, costituita da massa battente su piastra di alluminio. Come starter/trigger è stato utilizzato un geofono verticale Geospace a 14Hz.

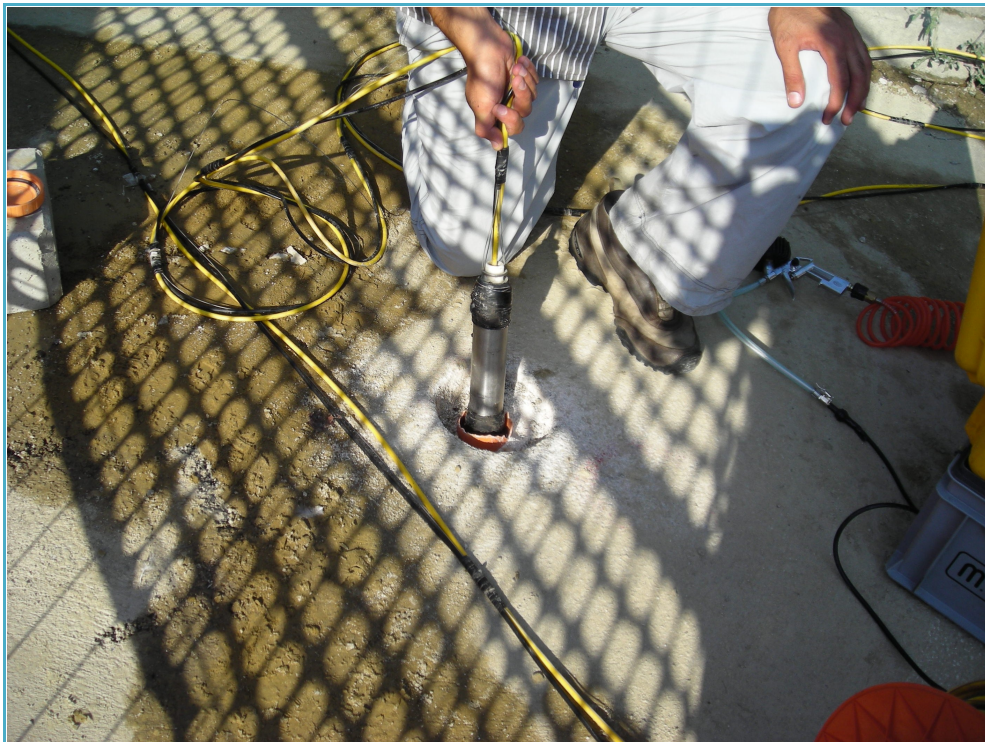


Fig. 8 – Sonda geofonica da foro a tre componenti (3 geofoni Geospace a 4.5Hz).

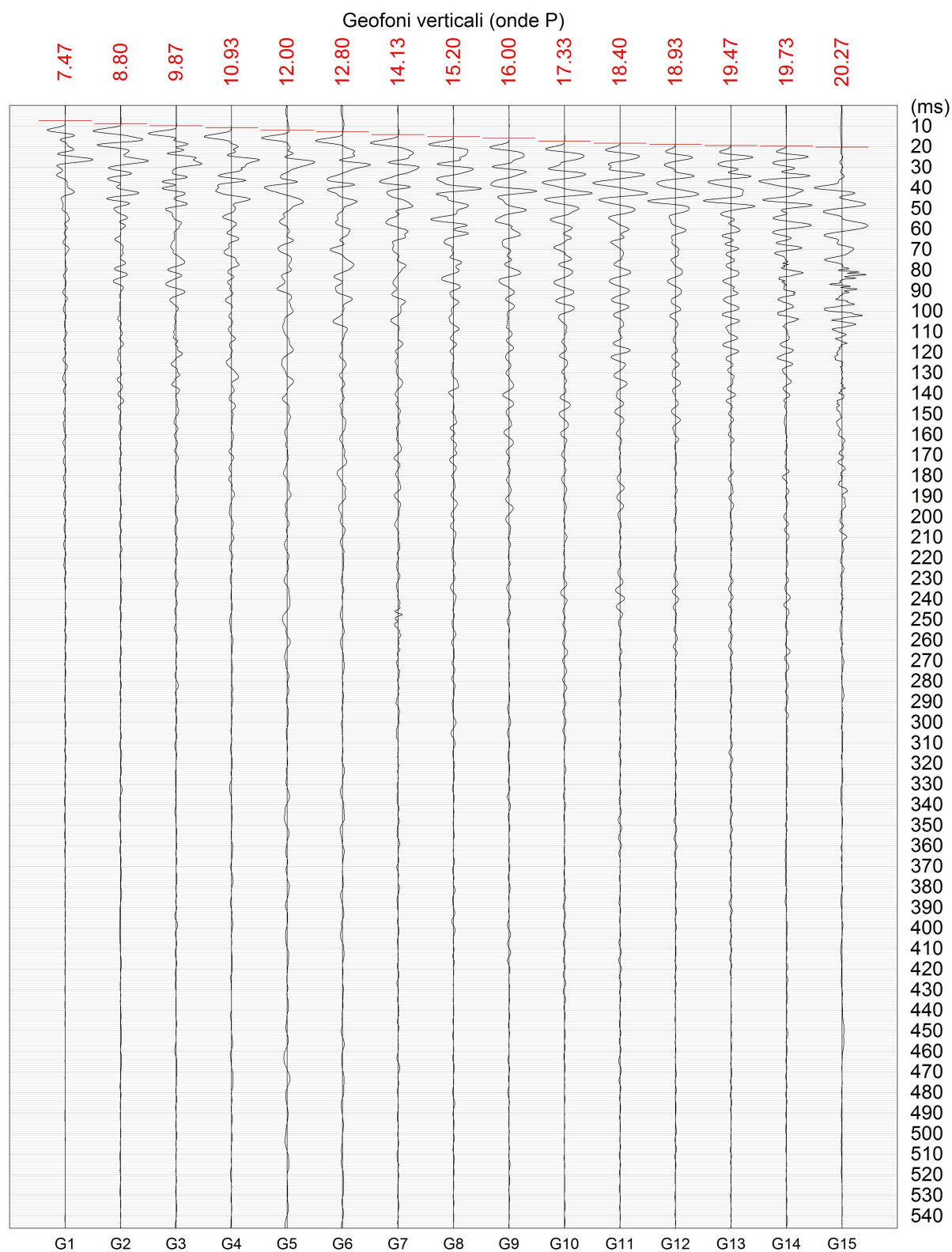
3.3) Acquisizione ed elaborazione dati

Le acquisizioni dei segnali, di lunghezza temporale $T=0.546s$, sono state effettuate con passo di campionamento $dt=0.266ms$. La frequenza di campionamento è data da: $f_{campionamento}=1/dt=3750Hz$. La frequenza massima dei segnali, ovvero la frequenza di Nyquist, è data da: $f_{Nyquist}=1/2dt=1875Hz$. La frequenza minima dei segnali è data da: $f_{min}=1/T=1.831Hz$.

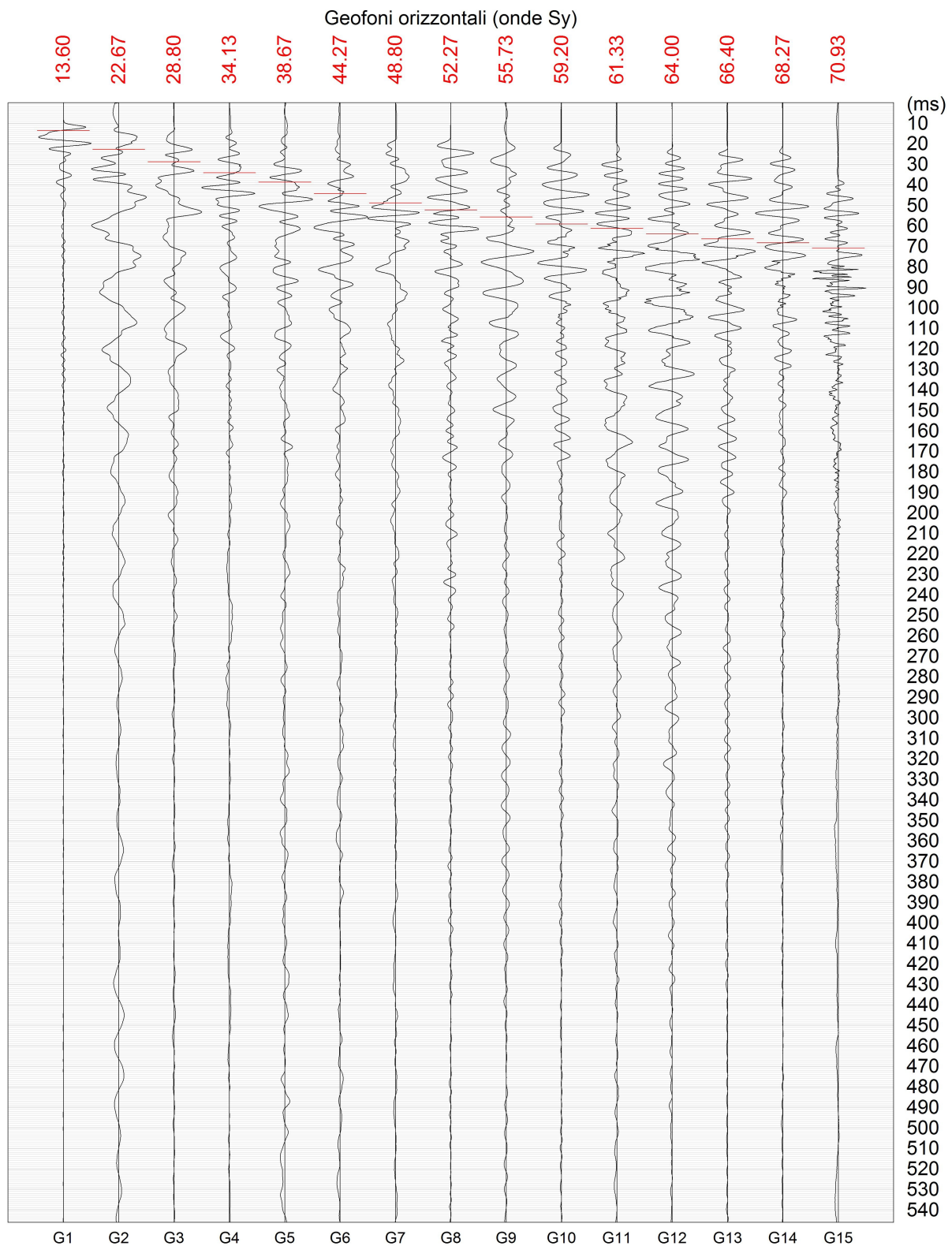
L'elaborazione dei dati è stata effettuata con il programma Intersism 2.1 della Geo&soft International che permette di eseguire l'intero processo di elaborazione di una colonna sismostratigrafica.

Gli elaborati relativi all'indagine sismica down hole DH-S4 effettuata sono di seguito riportati in forma grafica e numerica.

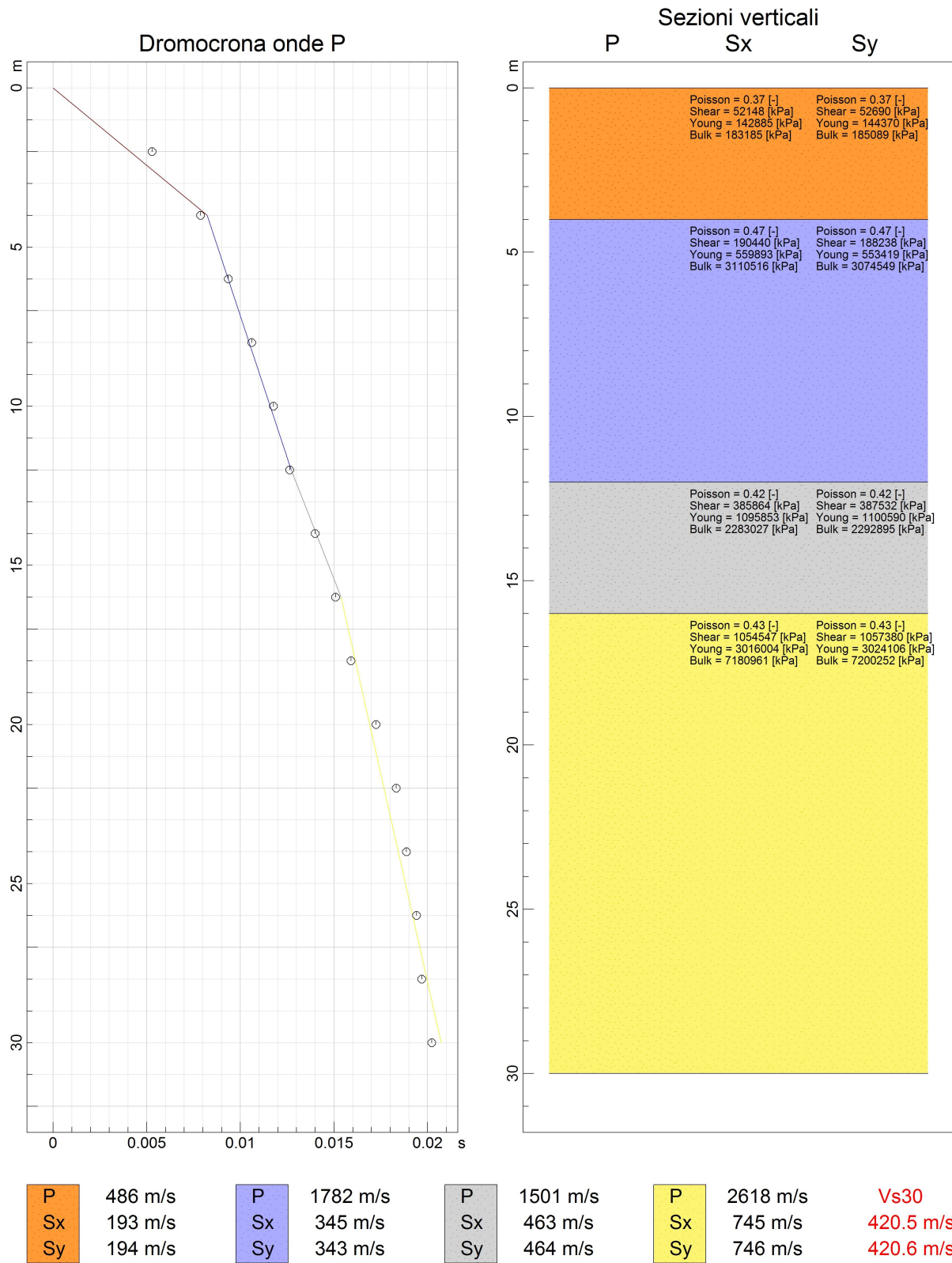
Napoli - Chiaiano - Via Scaglione
 Stazione Metropolitana Linea 1 - Chiaiano
 Prospezione sismica in foro Down Hole DH-S4



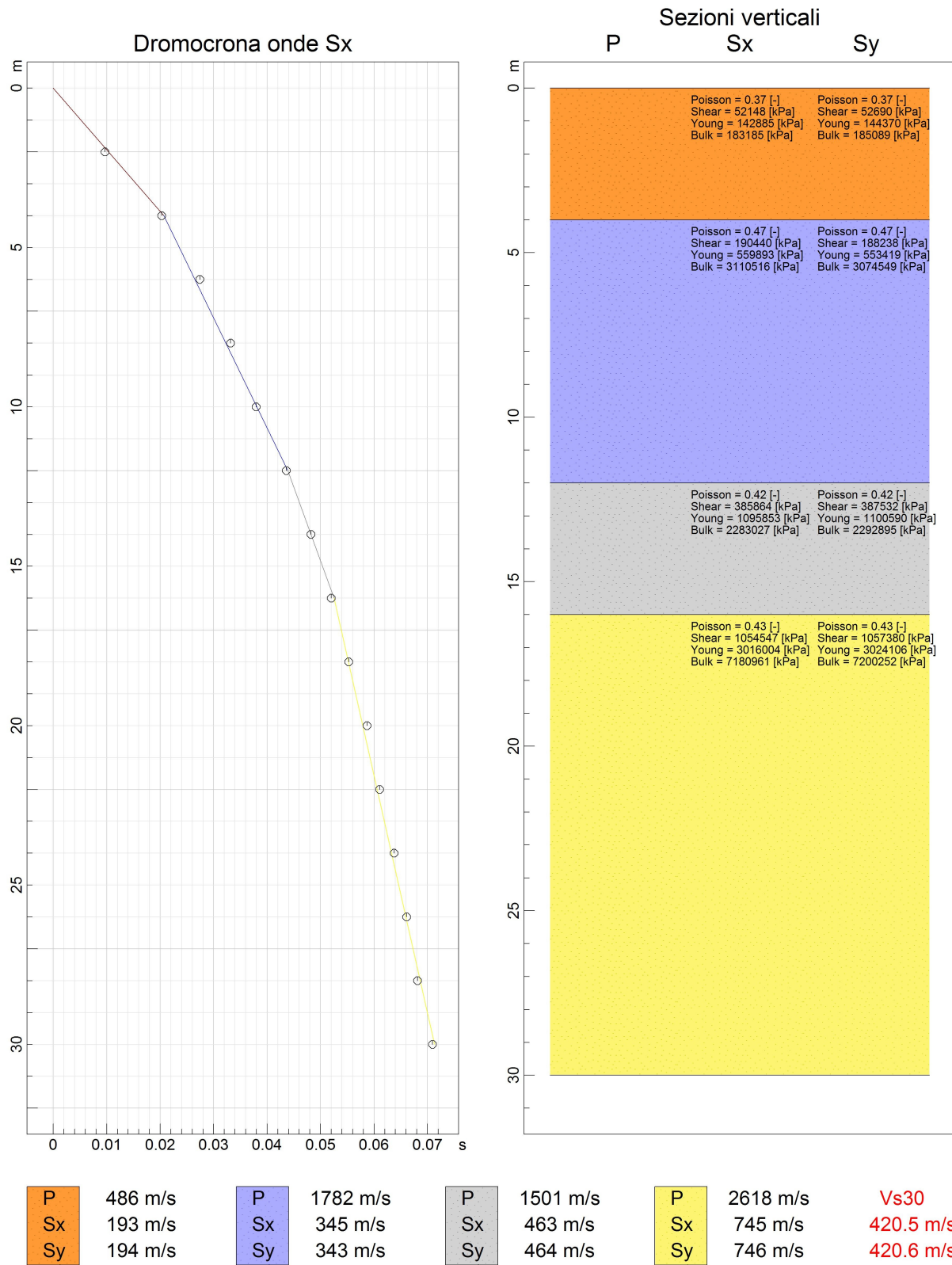
Napoli - Chiaiano - Via Scaglione
 Stazione Metropolitana Linea 1 - Chiaiano
 Prospezione sismica in foro Down Hole DH-S4



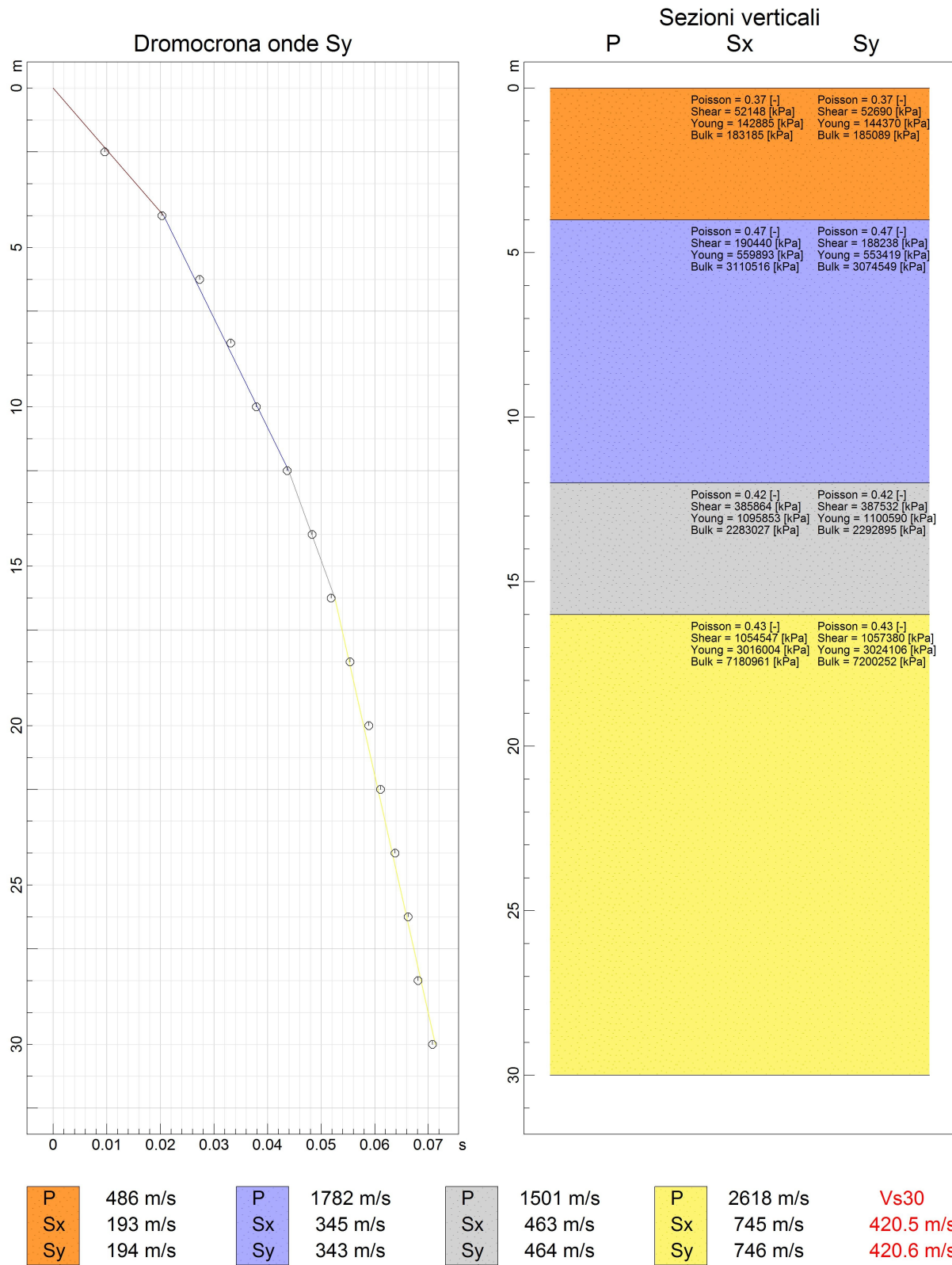
Napoli - Chiaiano - Via Scaglione
Stazione Metropolitana Linea 1 - Chiaiano
Prospezione sismica in foro Down Hole DH-S4



Napoli - Chiaiano - Via Scaglione
Stazione Metropolitana Linea 1 - Chiaiano
Prospezione sismica in foro Down Hole DH-S4



Napoli - Chiaiano - Via Scaglione
 Stazione Metropolitana Linea 1 - Chiaiano
 Prospezione sismica in foro Down Hole DH-S4



www.geoandsoft.com

NAPOLI - CHIAIANO - VIA SCAGLIONE
 STAZIONE METROPOLITANA LINEA 1 - CHIAIANO

PROSPEZIONE SISMICA IN FORO DOWN HOLE DH-S4
DISTANZA DELLO SPARO DA BOCCA FORO = 2.00 [m]

PRIMI ARRIVI

N° Geof.	Profondità [m]	Onde P [ms]	Onde S (X) [ms]	Onde S (Y) [ms]	Onde P (corretti) [ms]	Onde S (X) (corretti) [ms]	Onde S (Y) (corretti) [ms]
1	2.00	7.47	13.70	13.60	5.28	9.69	9.62
2	4.00	8.80	22.70	22.67	7.87	20.30	20.27
3	6.00	9.87	28.90	28.80	9.36	27.42	27.32
4	8.00	10.93	34.20	34.13	10.61	33.18	33.11
5	10.00	12.00	38.70	38.67	11.77	37.95	37.92
6	12.00	12.80	44.20	44.27	12.63	43.60	43.66
7	14.00	14.13	48.70	48.80	13.99	48.21	48.31
8	16.00	15.20	52.40	52.27	15.08	52.00	51.86
9	18.00	16.00	55.60	55.73	15.90	55.26	55.39
10	20.00	17.33	59.00	59.20	17.25	58.71	58.91
11	22.00	18.40	61.30	61.33	18.32	61.05	61.08
12	24.00	18.93	64.00	64.00	18.87	63.78	63.78
13	26.00	19.47	66.30	66.40	19.41	66.10	66.20
14	28.00	19.73	68.30	68.27	19.68	68.13	68.09
15	30.00	20.27	71.10	70.93	20.22	70.94	70.78

VELOCITA' ONDE P

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]
1	4	486
2	12	1782
3	16	1501
4	30	2618

PARAMETRI ONDE SX

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	4	193	0.37	52148	142885	183185
2	12	345	0.47	190440	559893	3110516
3	16	463	0.42	385864	1095853	2283026
4	30	745	0.43	1054547	3016004	7180962

PARAMETRI ONDE SY

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	4	194	0.37	52690	144370	185089
2	12	343	0.47	188238	553419	3074549
3	16	464	0.42	387532	1100590	2292895
4	30	746	0.43	1057380	3024106	7200253

VELOCITA' MEDIE V_{S30}

Geofono	V_{S30} [m/s]
orizzontale Sx	420.5
orizzontale Sy	420.6

3.4) Interpretazione ed analisi dati

L'indagine sismica DH-S4, considerando la sismostratigrafia fino alla profondità di 30m dal p.c., ha fornito risultati che collocano i terreni oggetto d'indagine in categoria **B** del D.M. 14 gennaio 2008 (Tab. 1; Tab. 2). Questa categoria è stata ricavata, come da normativa, dalla relazione:

$$V_{S30} = \frac{30m}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti in 30 metri di profondità.

Categoria di suolo di fondazione B = Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 360m/s e 800m/s (ovvero $N_{SPT-30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250\text{kPa}$ nei terreni a grana fina).

Categoria topografica T1 = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tab. 1 – Categorie Suoli di fondazione (D.M. 14 gennaio 2008).

<i>Prospezione sismica</i>	<i>V_{S30} (m/s)</i>	<i>Categoria Suoli di Fondazione (D.M. 14 gennaio 2008)</i>	<i>Categoria Topografica (D.M. 14 gennaio 2008)</i>
<i>DH-S4</i>	<i>[420]</i>	<i>B</i>	<i>T1</i>

Tab. 2 – Categorie Suolo di fondazione e topografica relative alla prospezione sismica in foro down hole DH-S4 effettuata.

3.5) Conclusioni

Il territorio comunale di Napoli (NA), a seguito della riclassificazione sismica del 2002 effettuata dalla Regione Campania, è classificato in II categoria - $S=9$ - $a_g=0.25g$ (Fig. 11).

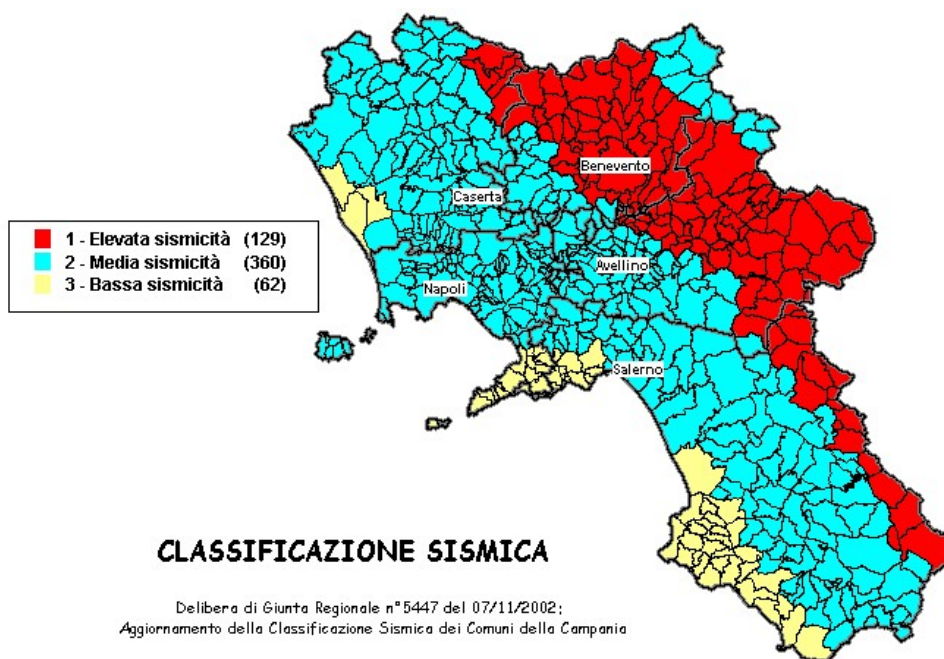


Fig. 11 – Classificazione sismica del 2002 dei comuni della Regione Campania. Zona 1, valore di $a_g=0.35g$; Zona 2, valore di $a_g=0.25g$; Zona 3, valore di $a_g=0.15g$.

L'indagine sismica down hole DH-S4 effettuata ha fornito risultati che collocano i terreni oggetto d'indagine in categoria **B** del D.M. 14 gennaio 2008 (vedi par. 6) con valori di V_{S30} calcolati pari a 420 m/s.

Note le velocità V_P e V_S ottenute dall'indagine sismica DH-S4, e attribuiti i valori di densità noti dai sondaggi geognostici eseguiti e da bibliografia, sono stati ricavati inoltre i moduli dinamici (Tab. 3), quali il modulo di Young o modulo elastico E , il modulo di taglio o modulo di rigidità G , il coefficiente di Poisson ν e il modulo di incompressibilità k dei sismostrati individuati.

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	V_P (m/s)	V_S (m/s)	<i>Densità ρ (kg/m³)</i>	<i>Coeff. di Poisson ν (-)</i>	<i>Modulo di taglio G (kPa)</i>	<i>Modulo di Young E (kPa)</i>	<i>Modulo di incompressibilità k (kPa)</i>
<i>S1</i>	<i>0.00 – 4.00</i>	<i>486</i>	<i>194</i>	<i>1400</i>	<i>0.37</i>	<i>52419</i>	<i>143628</i>	<i>184137</i>
<i>S2</i>	<i>4.00 – 12.00</i>	<i>1782</i>	<i>344</i>	<i>1600</i>	<i>0.47</i>	<i>189339</i>	<i>556656</i>	<i>3092533</i>
<i>S3</i>	<i>12.00 – 16.00</i>	<i>1501</i>	<i>464</i>	<i>1800</i>	<i>0.42</i>	<i>386698</i>	<i>1098222</i>	<i>2287961</i>
<i>S4</i>	<i>16.00 – 30.00</i>	<i>2618</i>	<i>746</i>	<i>1900</i>	<i>0.43</i>	<i>1055964</i>	<i>3020055</i>	<i>7190608</i>

Tab. 3 - Prospetto delle determinazioni dei moduli dinamici per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica DH-S4.

Battipaglia, 12 ottobre 2009

Il Geologo
dott. Settimio Olivieri