

**DIAGNOSIS S.r.l.**

SEDE LEGALE ED UFFICI DI CATANIA:
05128 CATANIA Viale O. da Pordenone, 5
Tel. 095 444315 432037 Fax 095 7160672

www.diagnosticsonline.it e-mail info@diagnosticsonline.it
Part. IVA 03998200874 - R.E.A. DI CATANIA N° 267182 - CAP. SOC. Euro. 10.000,00 i.v.

UFFICI DI ROMA:
00085 FIANO ROMANO (RM) Via P. Nenni, 10
Tel. 0765 482824 Fax 0765 480461

COMMITTENTE
Dipartimento Regionale Protezione Civile
D.L. Dott. Geol. Ignazio Di Paola

LOCALITA'
CATANIA (CT)

TIPO DOCUMENTO
CERTIFICATO DI PROVA
PROVE SISMICHE DOWN-HOLE

N. DOCUMENTO
2

OGGETTO
INDAGINI GEOGNOSTICHE PRESSO L'OSPEDALE VITTORIO EMANUELE
"PADIGLIONE S. MARCO"



COMMESSA 1013/04	TECNICO Geol. Domenico Boso	CHECK Geol. Vittorio Longo	RESPONSABILE DI COMMESSA Geol. Domenico Boso
DATA INDAGINE Gennaio 2004	DATA FINE REPORT Gennaio 2004	REV. 0 - EMISSIONE	

NOME FILE RT1013 DH.doc	COMMESSA 1013/04	REVISIONE 0	DATA gennaio 2004	PAGINA 1
-----------------------------------	----------------------------	-----------------------	-----------------------------	--------------------

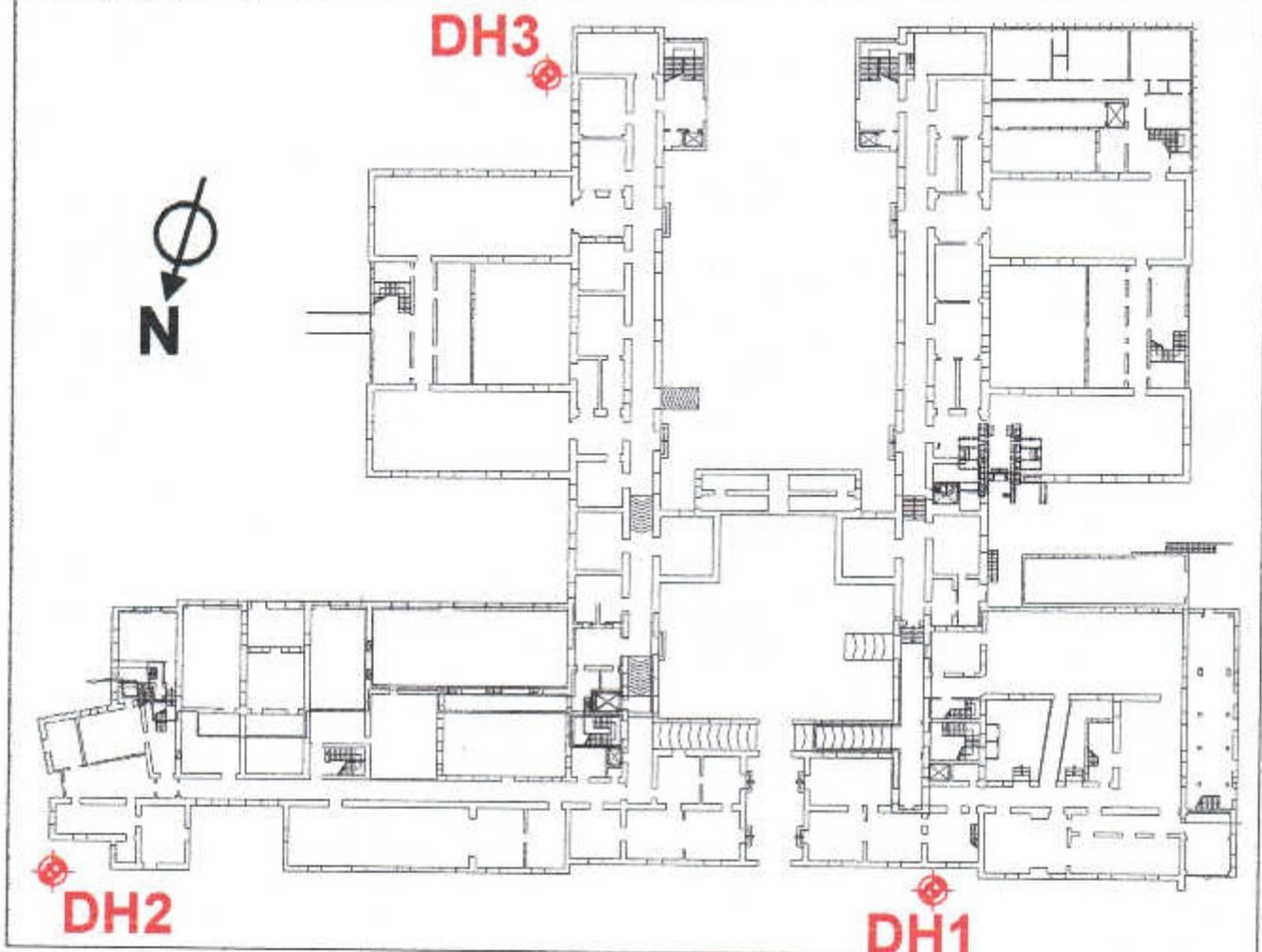
SINTEBI DELLE INDAGINI

Nel presente documento sono illustrati i risultati di una campagna di indagini sismiche di tipo Down-Hole effettuate nel mese di gennaio 2004, presso l'Ospedale Vittorio Emanuele di Catania, padiglione S. Marco.

Sono state effettuate le seguenti indagini:

- N. 3 Prospezioni sismiche in foro di tipo Down-hole eseguite in fori di sondaggio opportunamente attrezzati con tubazione in pvc di diametro 80 mm cementati e con step di lettura di 2 m, doppia energizzazione trasversale in opposizione di polarità fino a 30 m di profondità. Complessivamente sono stati effettuati 45 step di lettura.

UBICAZIONE DELLE INDAGINI



RIFERIMENTI TEORICI

Mediante la prospezione di sismica in foro (down-hole), è possibile definire la velocità di propagazione in senso verticale (media e d'intervallo) delle onde sismiche di compressione (P) e di quelle trasversali o di taglio (S). Tali grandezze ed il peso di volume degli strati, consentono di calcolare le proprietà elasto-dinamiche e geosismiche dei terreni interessati.

La strumentazione utilizzata consiste in un sensore 3D, dotato di un sistema di ancoraggio pneumatico, e di un converter analogico digitale con memoria incrementale MAE AS2000.

Le caratteristiche tecniche del sistema sopra descritto sono:

- capacità di campionamento dei segnali tra 0.002 e 0.0002 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
- geofono tridirezionale (di cui uno verticale e gli altri due orizzontali a 90° dal primo);
- periodo proprio sensore 4.5 Hz;

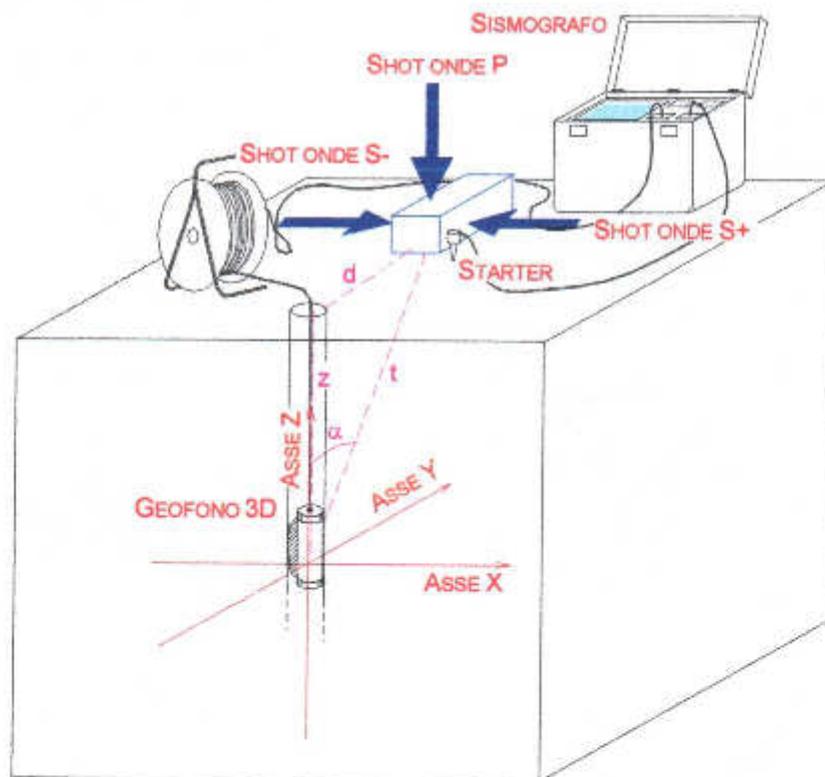


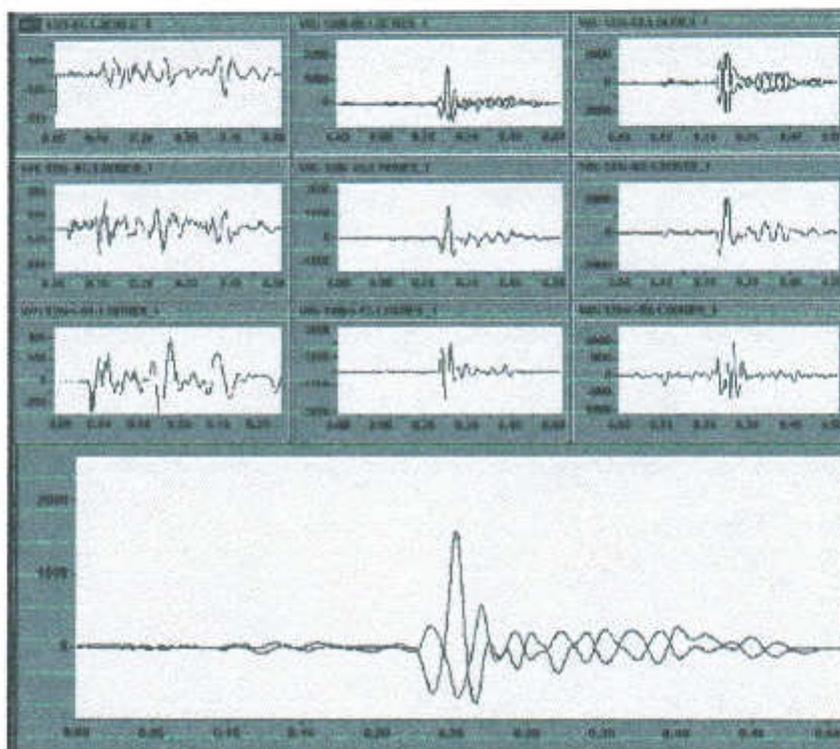
Figura 1 – Schema di acquisizione Down-Hole

L'energizzazione del terreno è effettuata mediante massa battente. Al fine di facilitare la generazione d'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 2.0-2.5 metri dall'asse del foro in modo da ridurre la dissipazione in fase d'energizzazione, così come rappresentato in figura 1.

RIFERIMENTI TEORICI SUL METODO DI INTERPRETAZIONE DEI DATI

I segnali sismici registrati in formato digitale sono stati analizzati nel dominio del tempo, tramite software dedicato, per la stima del primo arrivo delle onde sismiche generate (P ed S). La determinazione del primo arrivo delle onde S è stata effettuata tramite la procedura di Boathwright (1987), che prevede la tecnica dell'inversione di fase previa rotazione delle componenti orizzontali del geofono.

■ inversione di fase (esempio)



L'elaborazione dati consiste nella determinazione della velocità di propagazione delle onde sismiche P ed S. Tale velocità si ottiene conoscendo il tempo d'arrivo dei treni d'onda analizzati, la distanza tra il punto di energizzazione ed il sensore posto in foro. In dettaglio, considerando la figura precedente, se 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 α è l'angolo tra la congiungente G-S e la verticale (corrispondente all'asse del perforo) il tempo verticale o corretto t_v , cioè il tempo di propagazione dell'onda elastica secondo l'asse del perforo, è uguale a :

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

dove t è il tempo di ricezione del primo impulso rilevato e dove α 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 perforo, 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

NOME FILE	COMMESSA	REVISIONE	DATA	PAGINA
RT1013 DH.doc	1013/04	0	gennaio 2004	4

dromocrone relative ai litotipi incontrati nella perforazione, determinandone le velocità e gli spessori.

Infatti, se v_j è la velocità dello strato j esimo di spessore h_j e z è la profondità del geofono, posto all'interno dello strato j esimo, 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 j esimo.

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 $sz = z_n - z_{(n-1)}$, le velocità intervallo date da :

$$v_i = sz/stv \quad (4)$$

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 (ν_d) e quindi il calcolo dei moduli elasto-dinamici.

I moduli elastici esprimono le caratteristiche elastiche di un corpo quando sottoposto ad uno sforzo e sono:

E (modulo d'elasticità o di Young) esprime la resistenza alla deformazione lineare quando si sottopone un corpo ad uno sforzo di dilatazione o di compressione;

σ (rapporto di Poisson) indica la misura del cambiamento geometrico in forma di 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;

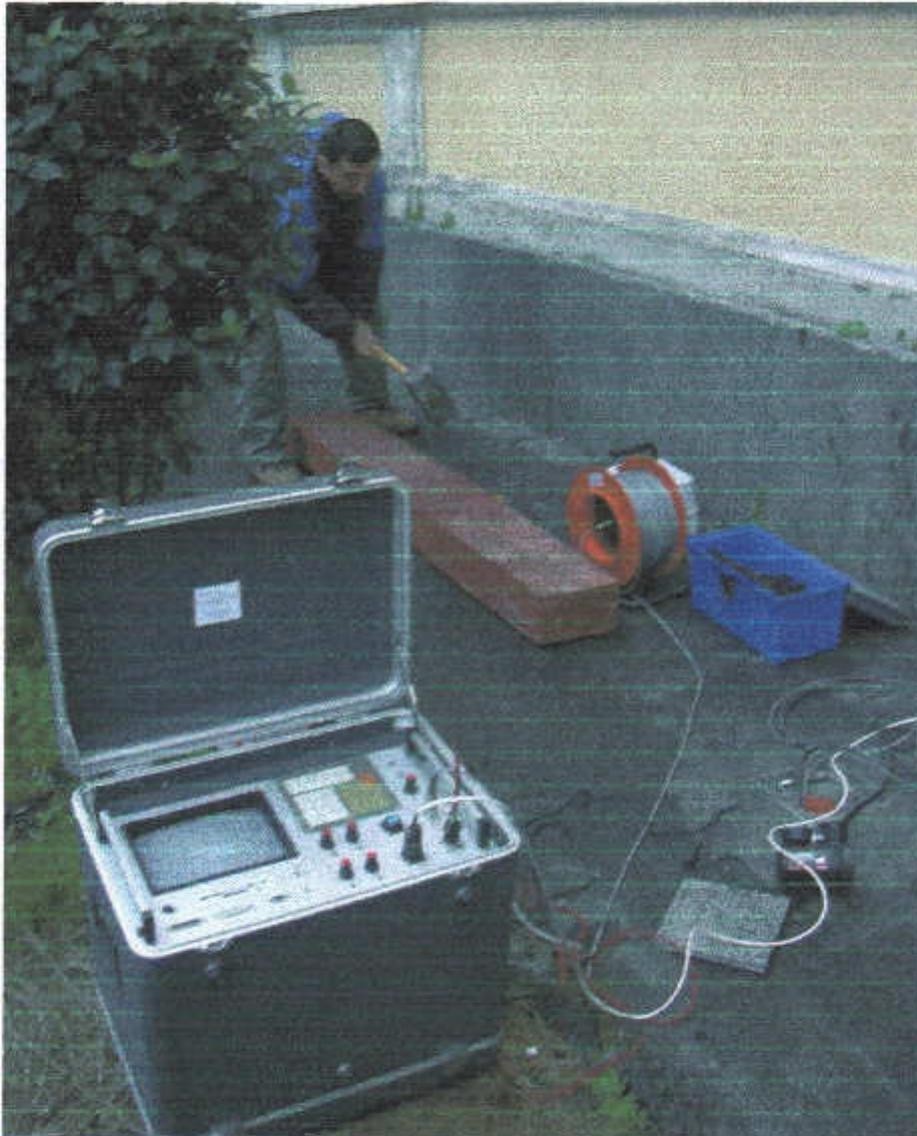
G (modulo di rigidità) dà una misura del rapporto sforzo-deformazione nel caso di uno sforzo tangenziale ed esprime quindi la capacità del materiale a resistere cambiando di forma e non di volume;

K (modulo di volume o coefficiente d'incompressibilità) misura il rapporto sforzo-deformazione nel caso di una pressione idrostatica ed indica la resistenza di un corpo alle variazioni di volume.

I risultati vengono presentati sia in forma numerica che grafica; in particolare, in tabella vengono riportati step di misura, tempi rilevati e corretti, velocità di intervallo, moduli elastici e parametri geosismici. In grafico vengono riportati i tempi corretti T_p e T_s per la costruzione delle relative dromocrone, e le velocità di intervallo V_p e V_s .

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per la realizzazione delle prospezioni sismiche in oggetto è stato utilizzato un sismografo a memoria incrementale per sismica a rifrazione e riflessione della MAE, modello A2000S a 32 canali.



Strumentazione utilizzata – Sismografo MAE A2000S

Per le operazioni di campo, inerenti l'esecuzione dell'indagine geofisica, sono stati inoltre utilizzati i seguenti accessori

- N. 1 geofono starter
- N. 1 geofono tridimensionale da pozzo a frequenza di 4,5 Hz con cavo da 35 m.
- Piastra di battuta in alufer e massa battente da 12 kg per l'energizzazione del terreno

COMMITTENTE

Dipartimento Regionale Protezione Civile
D.L. Dott. Geol. Ignazio Di Paola



OGGETTO

Indagini geognostiche presso l'Ospedale Vittorio Emanuele "Padiglione S. Marco" - Catania (CT)

DENOMINAZIONE:

Down-Hole DH1

UBICAZIONE PRESSO SONDAGGIO:

S1

PROFONDITÀ FORO

30 m

TIPO DI TUBAZIONE

PVC ϕ 80 mm

N. GEOFONI:

Sensore 3D

FREQUENZA GEOFONI

4.5 Hz

N. SHOTS PER ONDE
P

15

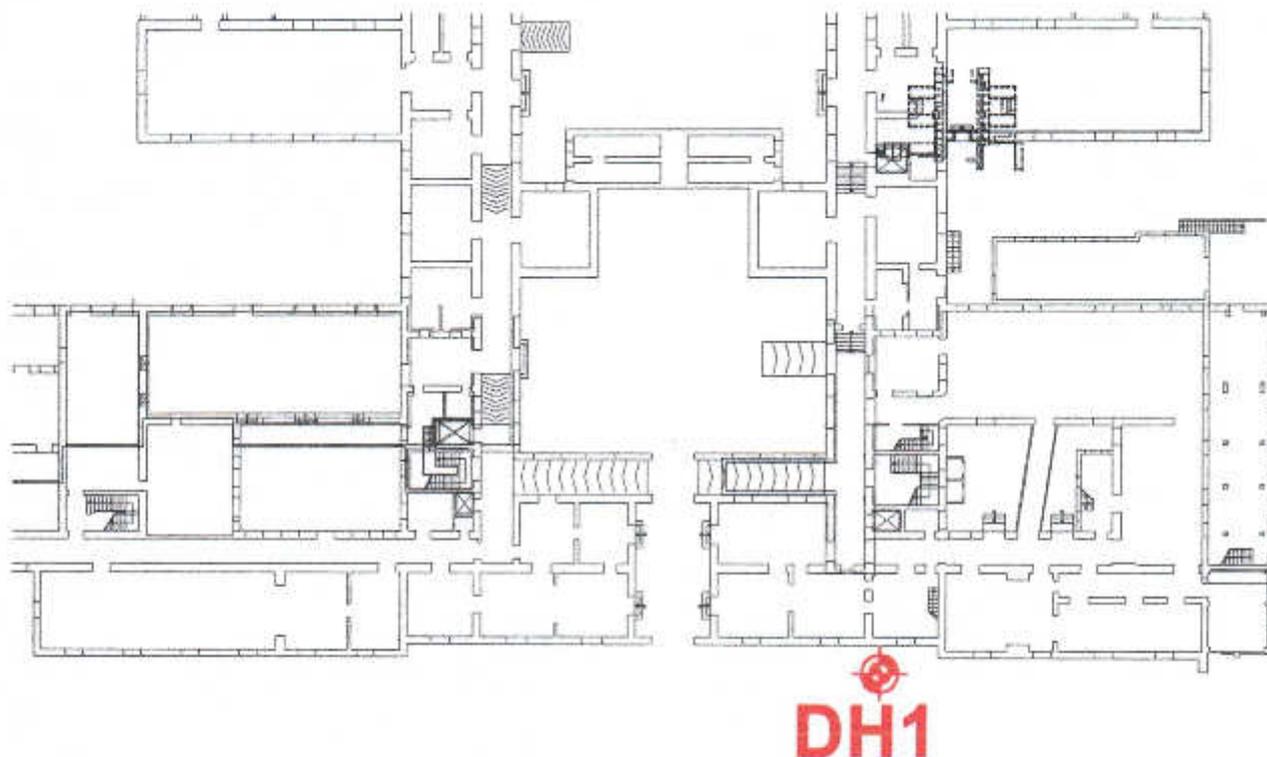
N. SHOTS PER ONDE
S

30

STEP TRA LETTURE CONSECUTIVE

2 m

UBICAZIONE IN PIANTA



NOME FILE

RT1013 DH.doc

COMMESSA

1013/04

REVISIONE

0

DATA

gennaio 2004

PAGINA

7

COMMITTENTE

Dipartimento Regionale Protezione Civile
D.L. Dott. Geol. Ignazio Di Paola



OGGETTO

Indagini geognostiche presso l'Ospedale Vittorio Emanuele "Padiglione S. Marco" - Catania (CT)

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Fase di acquisizione dati Down-Hole n. 1 su foro di sondaggio S1

TABELLA RIASSUNTIVA

DOWN-HOLE N. 1

Z (m)	T _p (msec)	T _s (msec)	T _{pc} (msec)	T _{sc} (msec)	V _{pl} (m/sec)	V _{sl} (m/sec)	γ (gr/ cm ³)	G (Kg/cm ³)	K (Kg/cm ³)	E (kg/cm ²)	V _c	V _p /V _s	Impedenza Sismica (Kg*cm ⁻² *sec ⁻¹)
2.0	6.60	18.00	4.67	12.73	428.55	157.13	2.00	5.04E+02	3.07E+03	1.43E+03	0.42	2.73	0.31
4.0	9.50	24.00	8.50	21.47	522.17	228.88	1.80	9.62E+02	3.72E+03	2.66E+03	0.38	2.28	0.41
6.0	10.60	26.00	10.06	24.67	1282.89	625.10	2.00	7.97E+03	2.29E+04	2.14E+04	0.34	2.05	1.25
8.0	11.55	27.65	11.21	26.82	1740.49	926.49	2.00	1.75E+04	3.84E+04	4.56E+04	0.30	1.88	1.85
10.0	12.55	29.55	12.31	28.98	1816.30	929.49	2.00	1.76E+04	4.38E+04	4.66E+04	0.32	1.95	1.86
12.0	13.70	32.10	13.51	31.66	1656.58	744.30	2.00	1.13E+04	4.09E+04	3.10E+04	0.37	2.23	1.49
14.0	15.30	36.30	15.15	35.94	1225.02	468.17	1.90	4.25E+03	2.34E+04	1.20E+04	0.41	2.62	0.89
16.0	16.35	38.60	16.22	38.30	1856.12	845.04	2.00	1.46E+04	5.08E+04	3.99E+04	0.37	2.20	1.69
18.0	17.55	41.60	17.44	41.35	1640.80	657.11	2.00	8.81E+03	4.32E+04	2.47E+04	0.40	2.50	1.31
20.0	19.50	46.00	19.40	45.77	1020.11	451.86	1.90	3.96E+03	1.49E+04	1.09E+04	0.38	2.26	0.86
22.0	21.60	51.15	21.51	50.94	948.74	386.98	1.90	2.90E+03	1.36E+04	8.13E+03	0.40	2.45	0.74
24.0	23.45	55.90	23.37	55.71	1076.60	419.55	1.90	3.41E+03	1.79E+04	9.62E+03	0.41	2.57	0.80
26.0	25.00	59.75	24.93	59.57	1284.22	517.18	1.90	5.18E+03	2.50E+04	1.45E+04	0.40	2.48	0.98
28.0	26.70	63.70	26.63	63.54	1172.48	504.53	1.90	4.93E+03	2.01E+04	1.37E+04	0.39	2.32	0.96
30.0	28.10	67.25	28.04	67.10	1422.86	561.34	1.90	6.10E+03	3.11E+04	1.72E+04	0.41	2.53	1.07

NOME FILE

RT1013 DH.doc

COMMESSA

1013/04

REVISIONE

0

DATA

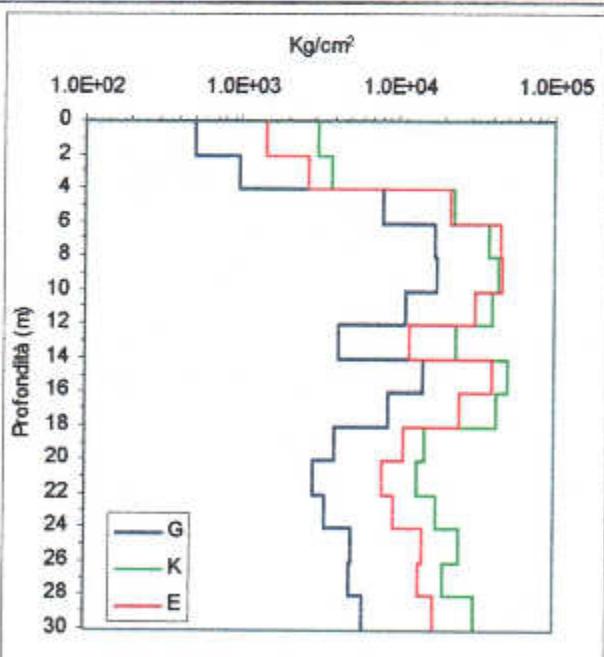
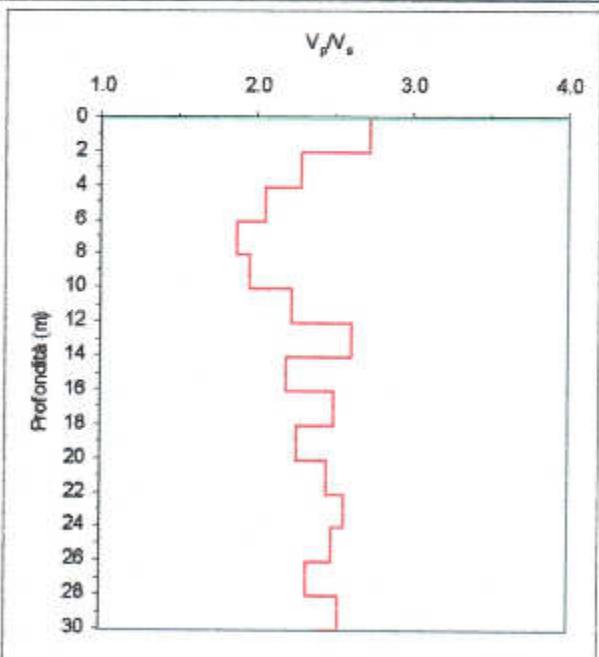
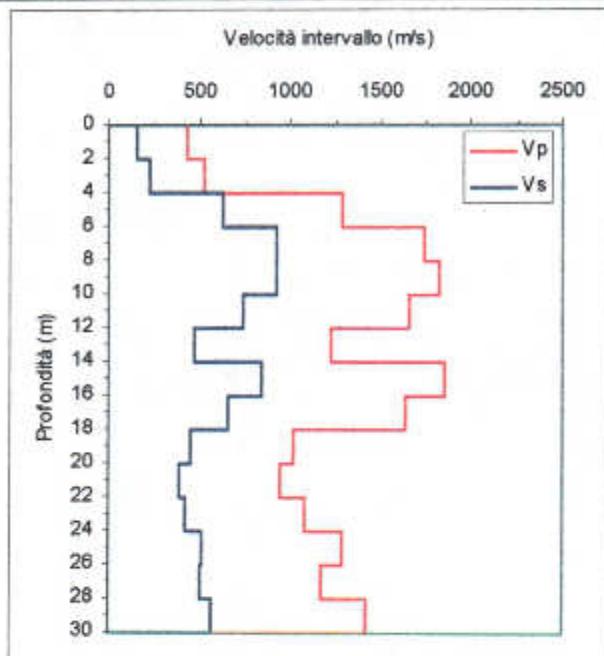
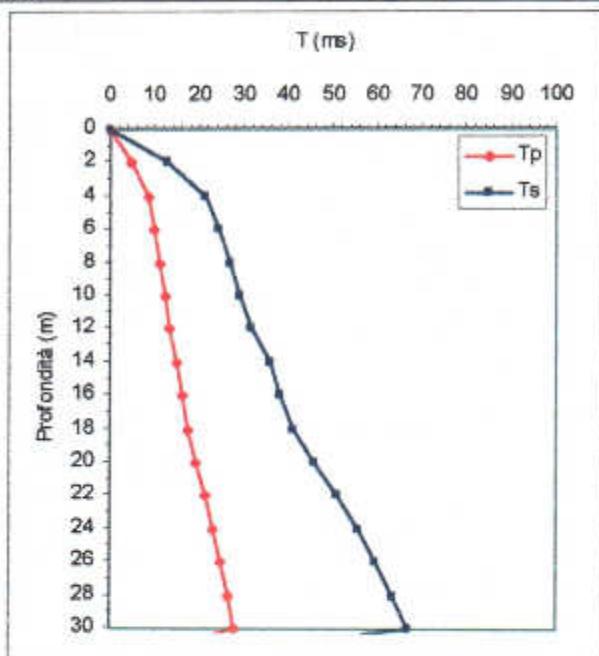
gennaio 2004

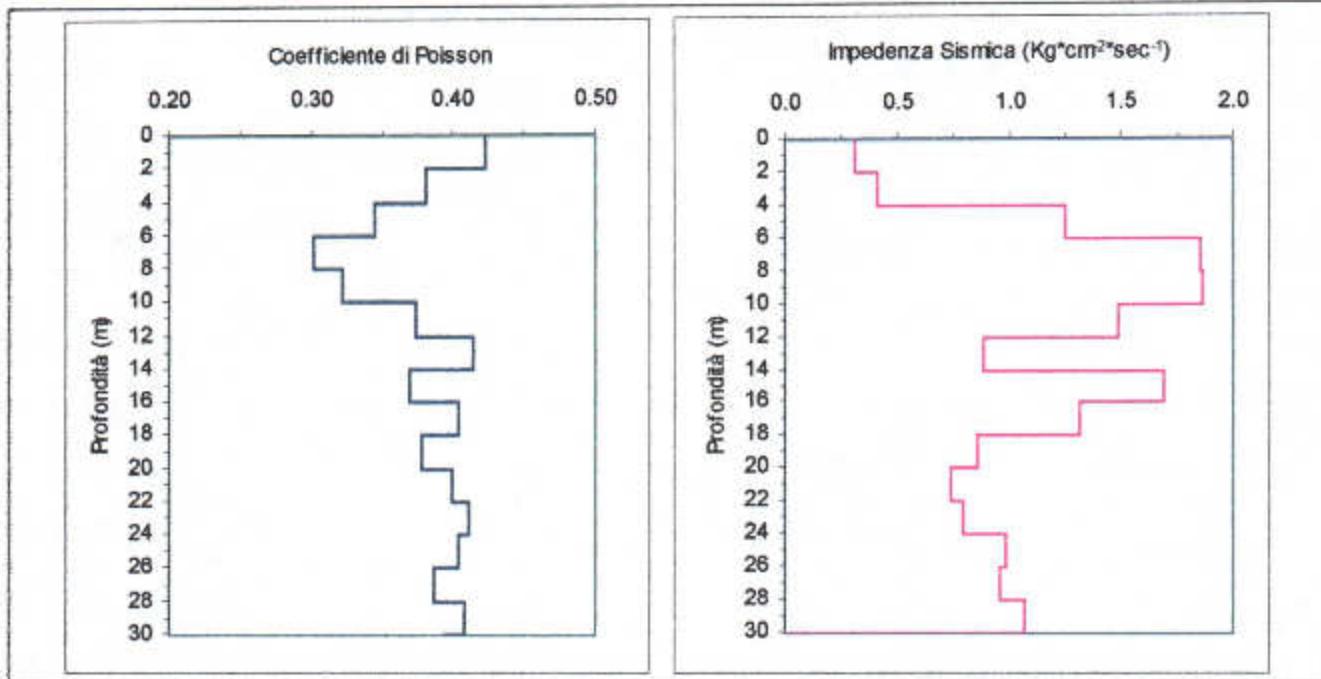
PAGINA

8



GRAFICI





DESCRIZIONE DEI RISULTATI

I risultati ottenuti mostrano uno strato piuttosto rigido fra 4 e 18 m di profondità, con valori di V_p compresi fra 1280 e 1850 m/s circa; inferiormente si nota un'inversione di velocità correlabile alle diverse caratteristiche elasto-dinamiche dei terreni interessati. Le velocità delle onde P sono comprese circa fra 950 e 1400 m/s, con valori del rapporto V_p/V_s sensibilmente superiori allo strato rigido superficiale; anche i valori di impedenza sismica appaiono più bassi in profondità, rispetto allo strato più rigido superficiale.

COMMITTENTE

Dipartimento Regionale Protezione Civile
D.L. Dott. Geol. Ignazio Di Paola



OGGETTO

Indagini geognostiche presso l'Ospedale Vittorio Emanuele "Padiglione S. Marco" - Catania (CT)

DENOMINAZIONE:

Down-Hole DH2

UBICAZIONE PRESSO SONDAGGIO:

S2

PROFONDITÀ FORO

30 m

TIPO DI TUBAZIONE

PVC ϕ 80 mm

N. GEOFONI:

Sensore 3D

FREQUENZA GEOFONI

4.5 Hz

N. SHOTS PER ONDE
P

15

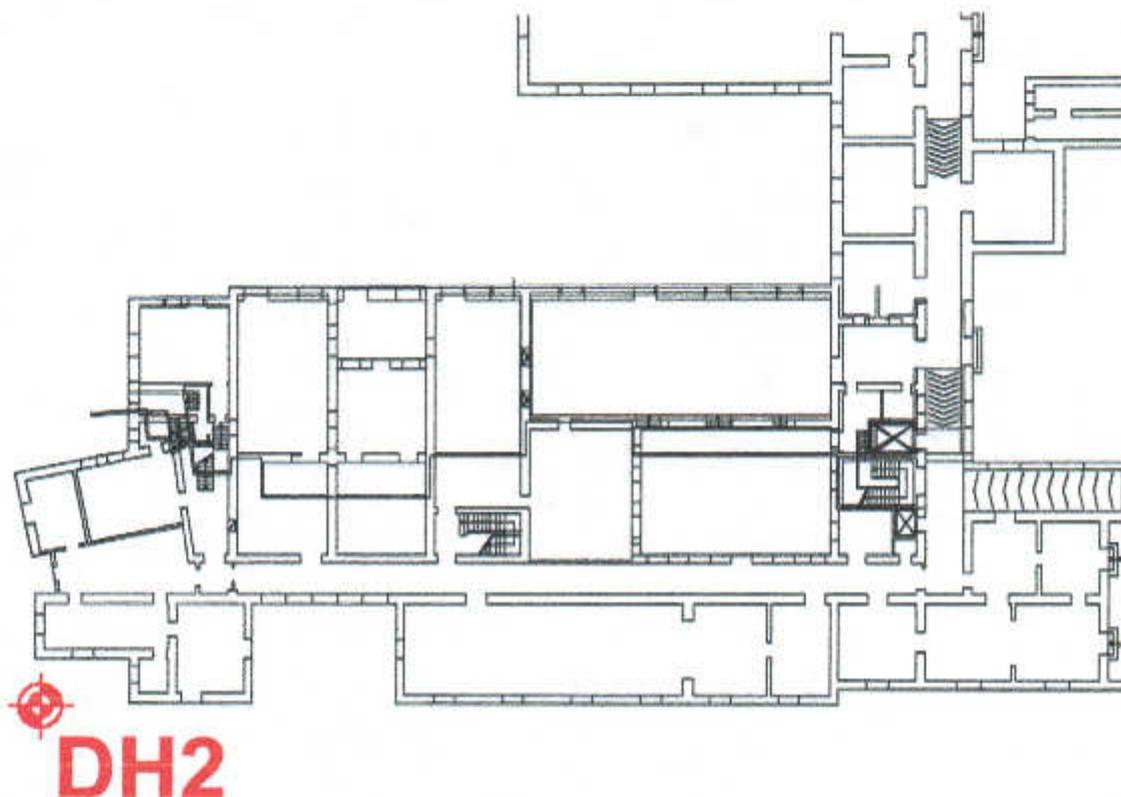
N. SHOTS PER ONDE
S

30

STEP TRA LETTURE CONSECUTIVE

2 m

UBICAZIONE IN PIANTA



NOME FILE	COMMESSA	REVISIONE	DATA	PAGINA
RT1013 DH.doc	1013/04	0	gennaio 2004	11

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Down-Hole n. 2 su foro di sondaggio S2 - fase di energizzazione onde P

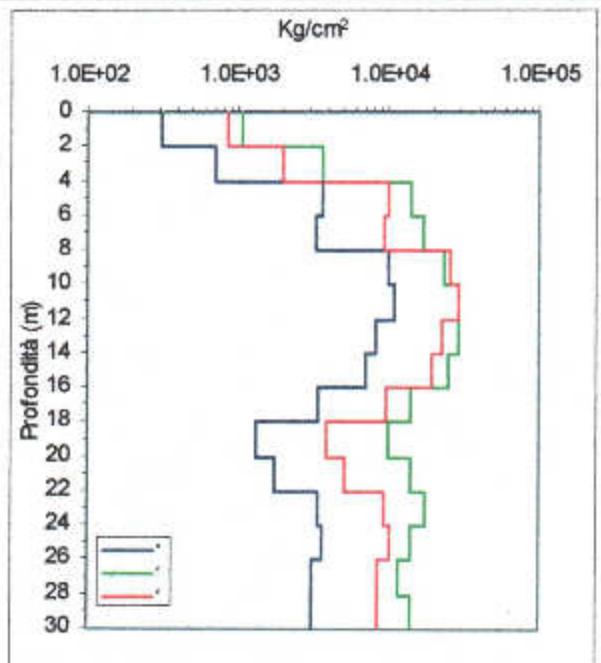
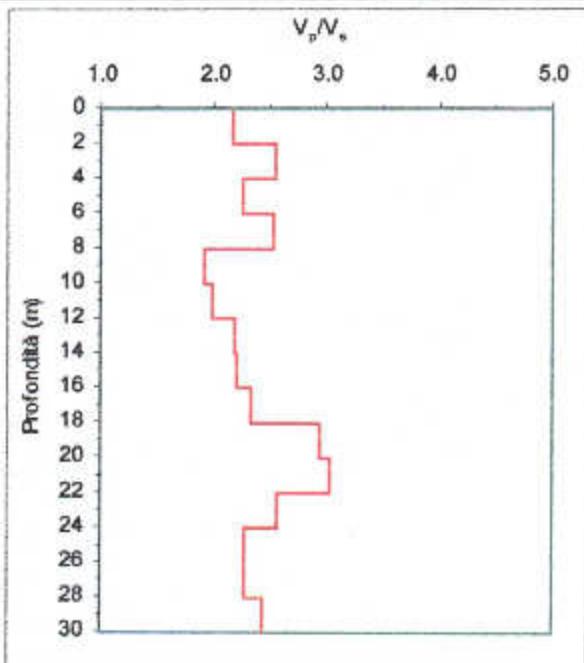
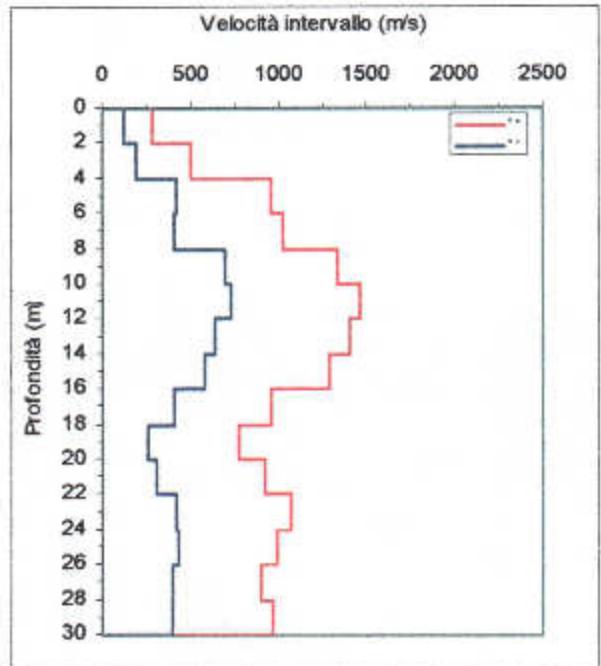
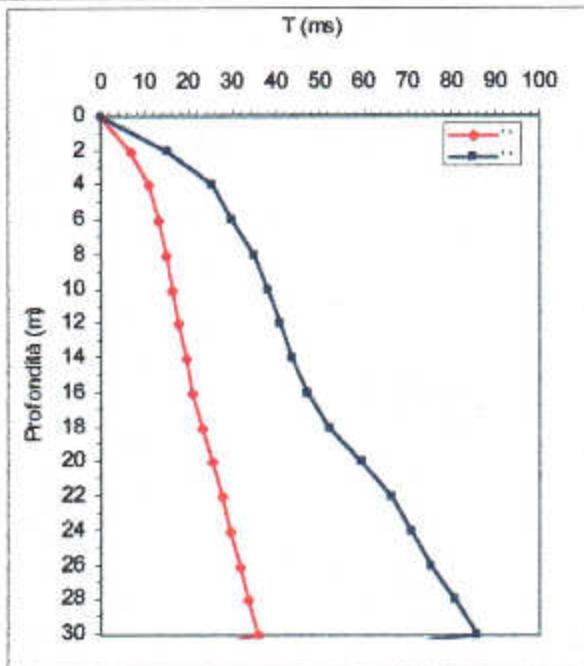
TABELLA RIASSUNTIVA

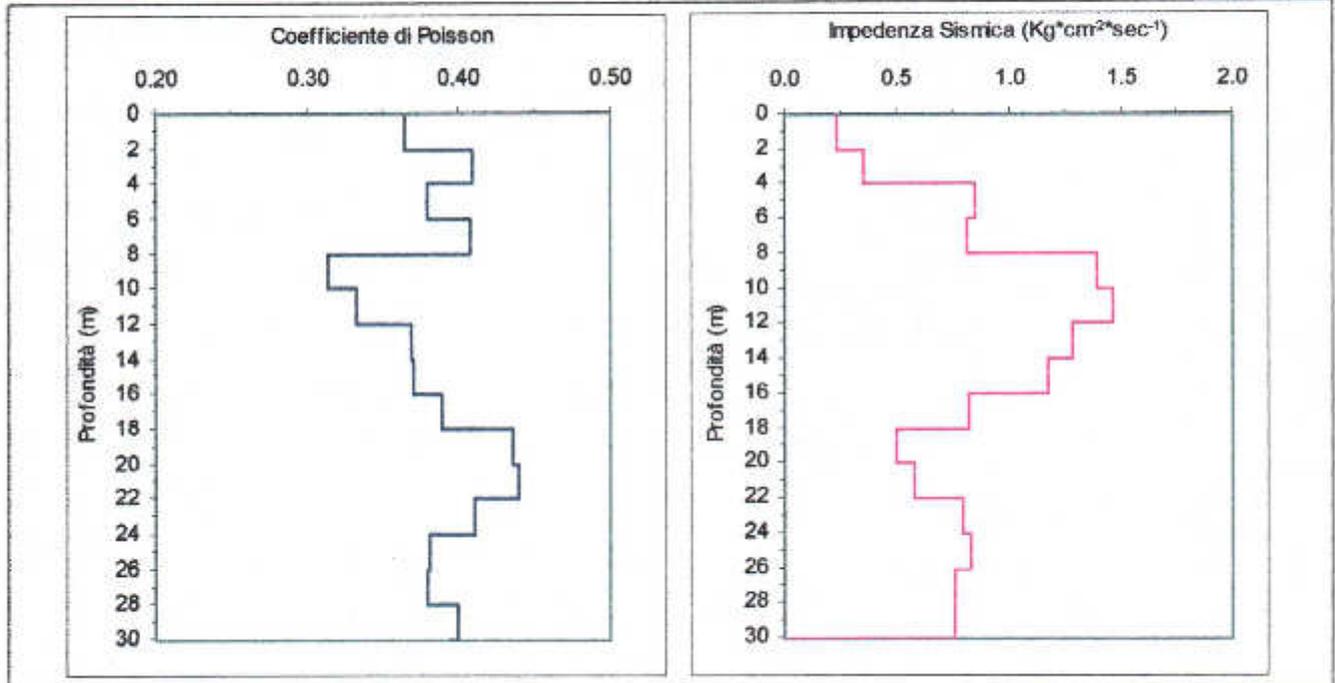
DOWN-HOLE N. 2

Z (m)	T _p (msec)	T _s (msec)	T _{pc} (msec)	T _{sc} (msec)	V _{PI} (m/sec)	V _{SI} (m/sec)	γ (gr/ cm ³)	G (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	V _d	V _p /V _s	Impedenza Sismica (Kg*cm ⁻² *sec ⁻¹)
2.0	11.00	23.85	7.04	15.27	284.01	130.99	1.80	3.15E+02	1.06E+03	8.60E+02	0.36	2.17	0.24
4.0	12.90	29.75	11.06	25.51	497.56	195.27	1.80	7.00E+02	3.61E+03	1.97E+03	0.41	2.55	0.35
6.0	14.15	32.55	13.14	30.22	963.26	424.49	2.00	3.67E+03	1.40E+04	1.01E+04	0.38	2.27	0.85
8.0	15.75	36.70	15.09	35.15	1026.79	405.65	2.00	3.36E+03	1.70E+04	9.45E+03	0.41	2.53	0.81
10.0	17.05	39.10	16.58	38.02	1339.19	697.32	2.00	9.92E+03	2.34E+04	2.61E+04	0.31	1.92	1.39
12.0	18.30	41.55	17.94	40.74	1464.75	734.54	2.00	1.10E+04	2.91E+04	2.93E+04	0.33	1.99	1.47
14.0	19.65	44.50	19.37	43.86	1405.63	641.63	2.00	8.40E+03	2.91E+04	2.30E+04	0.37	2.19	1.28
16.0	21.15	47.80	20.92	47.27	1291.55	586.34	2.00	7.01E+03	2.47E+04	1.92E+04	0.37	2.20	1.17
18.0	23.20	52.80	23.00	52.14	961.32	410.89	2.00	3.44E+03	1.43E+04	9.56E+03	0.39	2.34	0.82
20.0	25.75	60.15	25.57	59.72	778.18	263.75	1.90	1.35E+03	9.94E+03	3.87E+03	0.44	2.95	0.50
22.0	27.90	68.70	27.74	66.31	922.14	303.72	1.90	1.79E+03	1.41E+04	5.14E+03	0.44	3.04	0.58
24.0	29.75	71.45	29.60	71.10	1071.29	417.64	1.90	3.38E+03	1.77E+04	9.53E+03	0.41	2.57	0.79
26.0	31.75	76.00	31.62	75.68	993.43	436.41	1.90	3.69E+03	1.42E+04	1.02E+04	0.38	2.28	0.83
28.0	33.95	81.00	33.83	80.70	904.82	397.95	1.90	3.07E+03	1.18E+04	8.47E+03	0.38	2.27	0.76
30.0	36.00	86.00	35.89	85.73	971.17	398.24	1.90	3.07E+03	1.42E+04	8.60E+03	0.40	2.44	0.76



GRAFICI





DESCRIZIONE DEI RISULTATI

In questa prova l'andamento dei valori mostra una certa analogia con il DH1; si rileva infatti la sovrapposizione di uno strato più rigido e veloce all'incirca fra 4 e 16 m di profondità, sovrapposto ad uno strato meno rigido e più lento oltre i 16 metri. In questo caso, tuttavia, le differenze di velocità risultano meno marcate che nel caso precedente; considerando le V_p , si passa infatti dai 1000-1450 m/s nello strato superficiale ai 780-1000 m/s nello strato inferiore. Le variazioni di velocità e del rapporto V_p/V_s si riflettono, com'è ovvio anche sui moduli elastici e sull'impedenza sismica, senza comunque manifestare eccessive differenze alle varie profondità.

COMMENTE

Dipartimento Regionale Protezione Civile
D.L. Dott. Geol. Ignazio Di Paola



OGGETTO

Indagini geonostiche presso l'Ospedale Vittorio Emanuele "Padiglione S. Marco" - Catania (CT)

DENOMINAZIONE:

Down-Hole DH3

UBICAZIONE PRESSO SONDAGGIO:

S6

PROFONDITÀ FORO

33 m

TIPO DI TUBAZIONE

PVC ϕ 80 mm

N. GEOFONI:

Sensore 3D

FREQUENZA GEOFONI

4.5 Hz

N. SHOTS PER ONDE
P

15

N. SHOTS PER ONDE
S

30

STEP TRA LETTURE CONSECUTIVE

2 m

UBICAZIONE IN PIANTA



NOME FILE

RT1013 DH.doc

COMMESSA

1013/04

REVISIONE

0

DATA

gennaio 2004

PAGINA

15

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Down-Hole n. 3 su foro di sondaggio S6

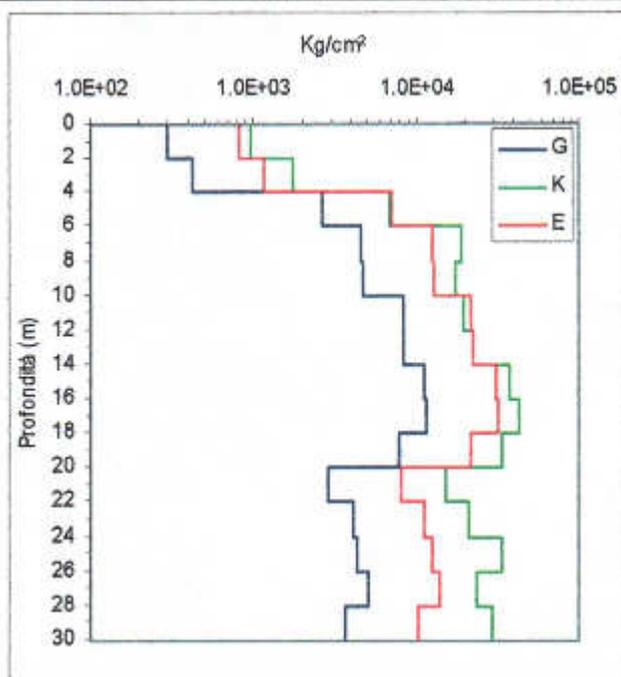
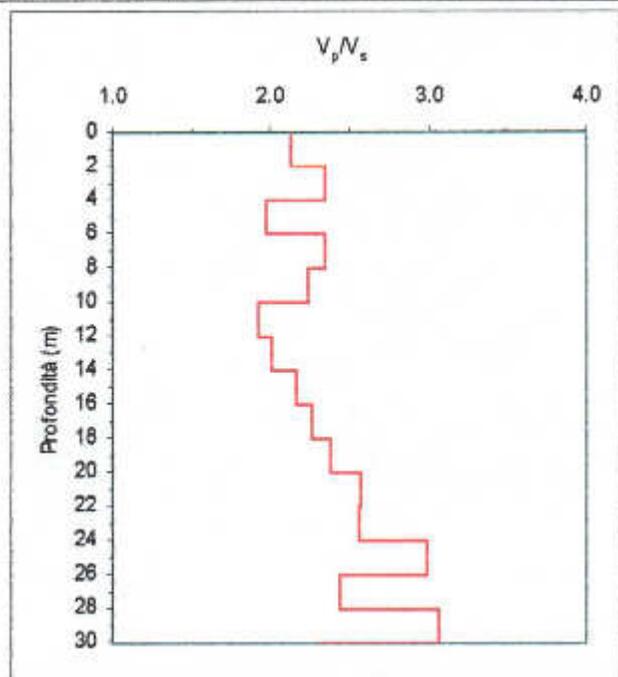
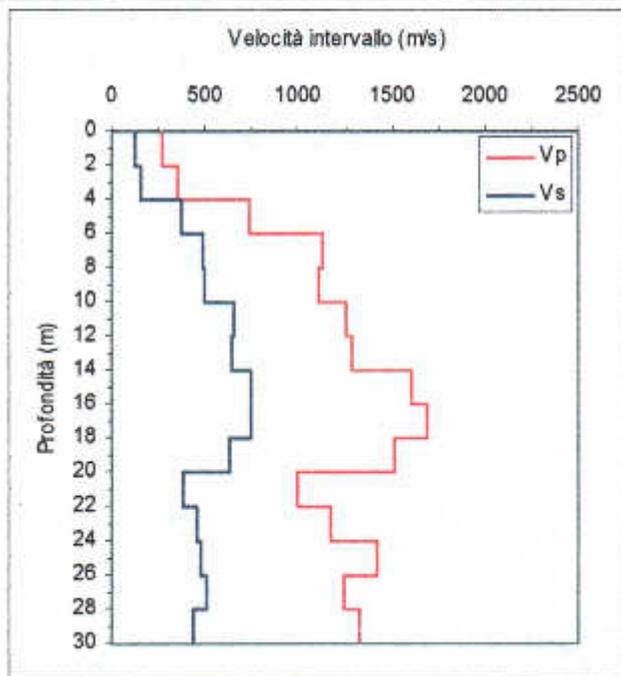
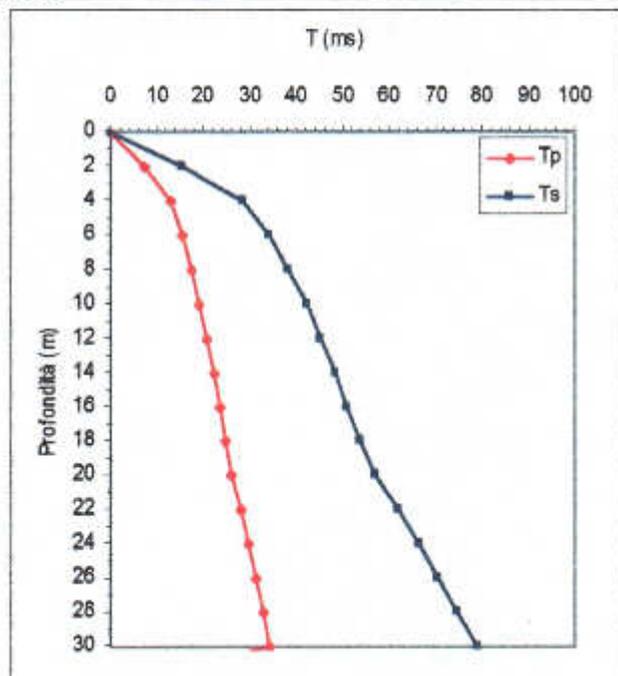
TABELLA RIASSUNTIVA

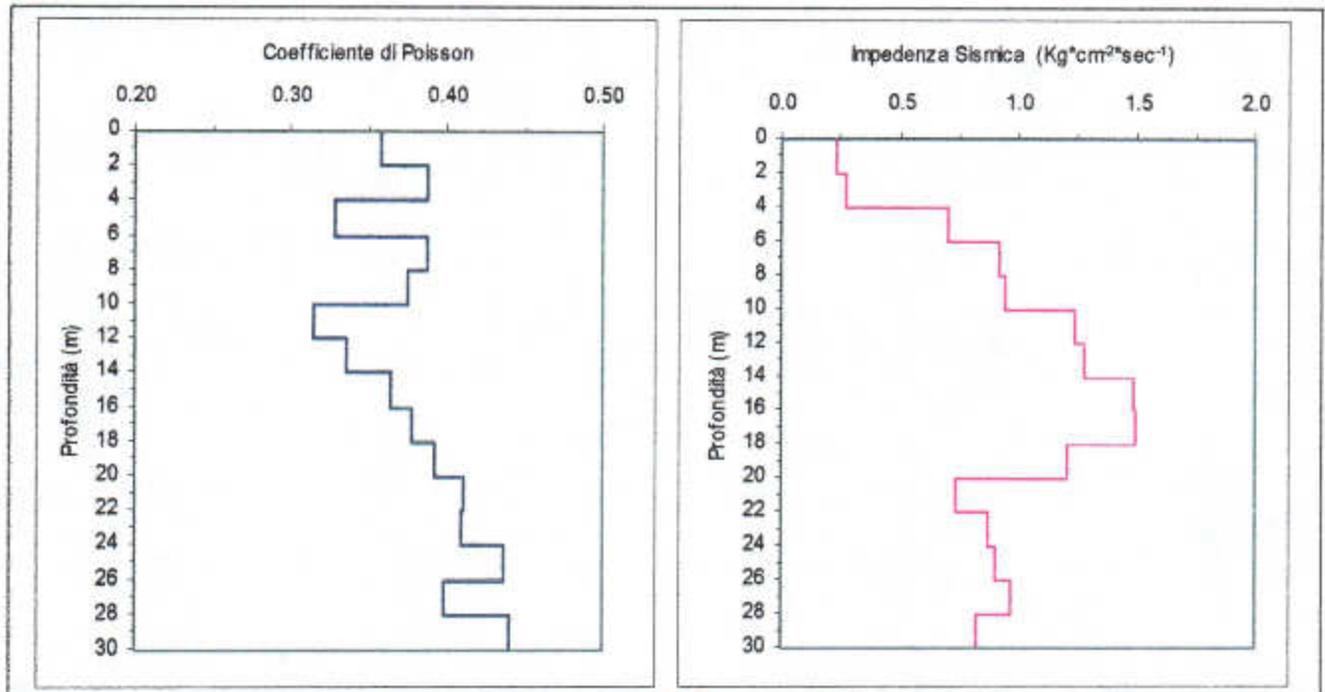
DOWN-HOLE N. 3

Z (m)	T _p (msec)	T _s (msec)	T _{pc} (msec)	T _{sc} (msec)	V _{ps} (m/sec)	V _{si} (m/sec)	γ (gr/ cm ³)	G (Kg/cm ²)	K (Kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	v _d	V _p /V _s	Impedenza Sismica (Kg*cm ⁻² *sec ⁻¹)
2.0	10.40	22.10	7.35	15.63	271.96	127.98	1.80	3.01E+02	9.57E+02	8.16E+02	0.36	2.13	0.23
4.0	14.50	32.15	12.97	28.76	356.17	152.34	1.80	4.26E+02	1.76E+03	1.18E+03	0.39	2.34	0.27
6.0	16.55	36.00	15.70	34.15	732.19	370.59	1.90	2.66E+03	6.84E+03	7.07E+03	0.33	1.98	0.70
8.0	18.00	39.45	17.46	38.27	1135.17	485.49	1.90	4.57E+03	1.89E+04	1.27E+04	0.39	2.34	0.92
10.0	19.65	43.15	19.27	42.31	1107.51	495.06	1.90	4.75E+03	1.74E+04	1.31E+04	0.38	2.24	0.94
12.0	21.15	46.00	20.86	45.37	1254.85	653.15	1.90	8.27E+03	1.95E+04	2.17E+04	0.31	1.92	1.24
14.0	22.65	49.00	22.42	48.51	1281.95	638.28	2.00	8.31E+03	2.24E+04	2.22E+04	0.34	2.01	1.28
16.0	23.85	51.60	23.67	51.20	1608.40	742.39	2.00	1.12E+04	3.78E+04	3.07E+04	0.36	2.17	1.48
18.0	25.00	54.20	24.85	53.87	1693.10	749.92	2.00	1.15E+04	4.32E+04	3.16E+04	0.38	2.26	1.50
20.0	26.30	57.30	26.17	57.02	1512.42	635.50	1.90	7.82E+03	3.39E+04	2.18E+04	0.39	2.38	1.21
22.0	28.30	62.45	28.16	62.19	992.90	386.26	1.90	2.89E+03	1.52E+04	8.16E+03	0.41	2.57	0.73
24.0	30.00	66.80	29.90	66.57	1167.82	457.07	1.90	4.05E+03	2.10E+04	1.14E+04	0.41	2.56	0.87
26.0	31.40	71.00	31.31	70.79	1417.30	473.75	1.90	4.35E+03	3.31E+04	1.25E+04	0.44	2.99	0.90
28.0	33.00	74.90	32.92	74.71	1243.30	510.36	1.90	5.05E+03	2.32E+04	1.41E+04	0.40	2.44	0.97
30.0	34.50	79.50	34.42	79.32	1326.74	433.44	1.90	3.64E+03	2.93E+04	1.05E+04	0.44	3.06	0.82



GRAFICI





DESCRIZIONE DEI RISULTATI

In questa prova si riscontra un trend di valori relativamente lineare con la profondità. Si può notare una debole inversione di velocità intorno alla profondità di 20 metri, corrispondente con probabilità al contatto fra corpi lavici differenti, tuttavia con caratteristiche elasto-meccaniche non molto diverse fra loro. Oltre tale contatto, il rapporto V_p/V_s , tendenzialmente superiore rispetto ai terreni più superficiali, indica una minore rigidità del sottosuolo alle relative profondità (vedi moduli elastici), confermata fra l'altro dai valori crescenti del coefficiente di Poisson e da valori più bassi dell'impedenza sismica.