



VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA DEGLI EDIFICI STRATEGICI O RILEVANTI

(Ord.P.C.M. n.3274 e s.m.i., D.M. 14/09/2005)

EDIFICIO IN CEMENTO ARMATO

Indagini geognostiche e geofisiche

***Centro Assistenziale di Pronto Intervento (CAPI)
Protezione Civile Regione Marche - Ancona***





Lavoro:

**INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE
 ESEGUITE NEI PRESSI DELL'EDIFICIO DELLA
 PROTEZIONE CIVILE DI ANCONA (C.A.P.I.)
 IN LOCALITÀ PASSO VARANO (AN)**

Commessa N°:

26 GPS-06

Elaborato:

RAPPORTO TECNICO

Rev:

1.0

Committente:

REGIONE MARCHE

Redazione: G. Monti

Verifica: B. Pizzuto

Approvazione: A. Anibaldi

Consegnato:

Maggio 2006

Ns. Rif:

C:\COMMESSE 2006\Passo Varano_Regione Marche

Timbro:

Firma: A. Anibaldi

INDICE

1. PREMESSA	3
2. INDAGINI E PROVE GEOTECNICHE IN SITO	5
2.1 SONDAGGIO GEOTECNICO	5
2.1.1 ATTREZZATURE DI PERFORAZIONE	5
2.1.2 UTENSILI DI PERFORAZIONE	6
2.2 PROVE GEOTECNICHE IN FORO DI SONDAGGIO.....	6
2.2.1 PROVE "SPT" (STANDARD PENTRATION TEST)	6
2.3 PROVE PENETROMETRICHE	9
2.3.1 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE "CPT"	9
3. PROSPEZIONI SISMICHE - METODO A RIFRAZIONE.....	10
3.1 - CENNI TEORICI.....	10
3.2 - SEZIONI SISMOSTRATIGRAFICHE - ELABORAZIONE TOMOGRAFICA	12
3.3 - STRUMENTAZIONE METODOLOGIA ED INTERPRETAZIONE	13
4. PROSPEZIONI SISMICHE - METODO DOWN-HOLE	15
4.1 - CENNI TEORICI.....	15
4.2 - STRUMENTAZIONE METODOLOGIA ED INTERPRETAZIONE	16
5. MODULI ELASTICI DINAMICI.....	18
5.1 - RAPPORTO V_p / V_s	18
5.2 - COEFFICIENTE DI POISSON DINAMICO	18
5.3 - MODULO DI TAGLIO DINAMICO.....	19
5.4 - MODULO DI YOUNG DINAMICO	19
6. RISULTATI E CONCLUSIONI	20

TAVOLE

- Tav 1 Planimetria con ubicazione indagini
- Tav 2 Sezione sismostratigrafica ST1
- Tav 3 Sezione litostratigrafia interpretativa ST1
- Tav 4 Interpretazione Down Hole DH2

ALLEGATI INDAGINI GEOGNOSTICHE

- Elaborati stratigrafici
- Documentazione fotografica
- Certificati prove pentrometriche statiche "CPT"

ALLEGATI INDAGINI GEOFISICHE

- Moduli elastici Dinamici Linea ST1 e Down Hole DH2
- Esempi Sismogrammi Linea ST1 e Down Hole DH2
- Dromocrone Linea ST1

ALLEGATI FUORI TESTO

- Certificati prove geotecniche di laboratorio

1. PREMESSA

Su incarico della Regione Marche è stata eseguita un'indagine geognostica e geofisica nei dintorni dell' edificio della Protezione Civile di Ancona in località Passo Varano (AN).

Tale indagine è stata svolta secondo il seguente programma:

- esecuzione di **n° 3** sondaggi meccanici a carotaggio continuo spinti a profondità variabili da 12.50 a 30.00 m dal p.c., nei giorni dal 13 al 17 Febbraio 2006:

Sondaggio n°	Profondità (m)	Tubo piezometrico ϕ 40mm (m)	tratto cieco (m)	tratto fessurato (m)	Tubo PVC ϕ 3" (m)	Chiusino tipo
S 1	12.50	12.00	2.00	10.00		carrabile
S 2	30.00				30.00	carrabile
S 3	17.00	17.00	2.00	15.00		carrabile

Tab.1 – Elenco sondaggi

- esecuzione di **n° 1** prova penetrometrica statica "CPT" spinta alla profondità di 10.00 m dal p.c., il giorno 2 Marzo 2006;
- prelievo **n° 5** campioni indisturbati, di cui **n° 4** tramite campionatore a pressione a "parete sottile di tipo aperto" (Shelby), e **n° 1** tramite campionatore a rotazione a "doppia parete" (Mazier); prelievo di **n° 5** campioni rimaneggiati dalle prove SPT, e **n° 1** campione rimaneggiato prelevato da cassetta:

Sondaggio n°	Campioni indisturbati	Campioni rimaneggiati	Profondità (m)
S 2	SH 1		1.50-2.10
	SH 2		4.80-5.50
		SPT 1	2.00-2.45
		SPT 2	6.00-6.45
		SPT 3	8.50-8.87
		CR 4	23.10-23.60

S 3	SH 1		2.50-3.10
	SH 2		8.50-9.00
	MZ 3		16.50-17.00
		SPT 1	3.00-3.45
		SPT 2	6.00-6.45

Tab.2 – Elenco campioni di terreno prelevati

- esecuzione di **n° 5** prove "SPT" in foro con campionatore Raymond:

Sondaggio n°	SPT n°	Profondità (m)	N° colpi
S 2	1	2.00-2.45	6-8-12
	2	6.00-6.45	6-10-15
	3	8.50-8.87	18-39-R.7cm
S 3	1	3.00-3.45	6-8-13
	2	6.00-6.45	15-49-41

Tab.3 – Elenco prove "SPT"

La Società Methodo s.r.l. ha messo a disposizione un proprio geologo con funzione di R.C.Q. (Responsabile Controllo Qualità), il quale ha espletato la sua prestazione in stretto contatto ed in collaborazione con i rappresentanti della Committenza.

Le carote di terreno prelevate durante l'esecuzione dei sondaggi sono state riposte in apposite cassette catalogatrici a scomparti, delle quali è stato eseguito un rapporto fotografico.

Le indagini geofisiche in onde P ed SH sono consistite nell'esecuzione di n° 1 base sismica a rifrazione della lunghezza di 120 m denominata ST1e n° 30 misure sismiche in foro in n° 1 foro di sondaggio adeguatamente attrezzato denominato DH2.

L'utilizzo delle indagini indirette ed in particolare della metodologia a rifrazione consente di ricostruire le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni di copertura e del substrato, attraverso la determinazione dei moduli elastici dinamici.

2. INDAGINI E PROVE GEOTECNICHE IN SITO

2.1 SONDAGGIO GEOTECNICO

Si definisce sondaggio geotecnico una perforazione caratterizzata dalle seguenti modalità esecutive:

- carotaggio continuo e rappresentativo del terreno attraversato;
- descrizione stratigrafica a carattere geotecnico dei terreni attraversati;
- prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati di terreno;
- esecuzione di prove geotecniche o geomeccaniche in foro;
- determinazione del livello piezometrico della falda, se presente;
- annotazione di osservazioni atte alla caratterizzazione geotecnica del terreno.

2.1.1 ATTREZZATURE DI PERFORAZIONE

Per l'esecuzione dei sondaggi è stata utilizzata una sonda a rotazione CMV MK 600 F carrocingolata.

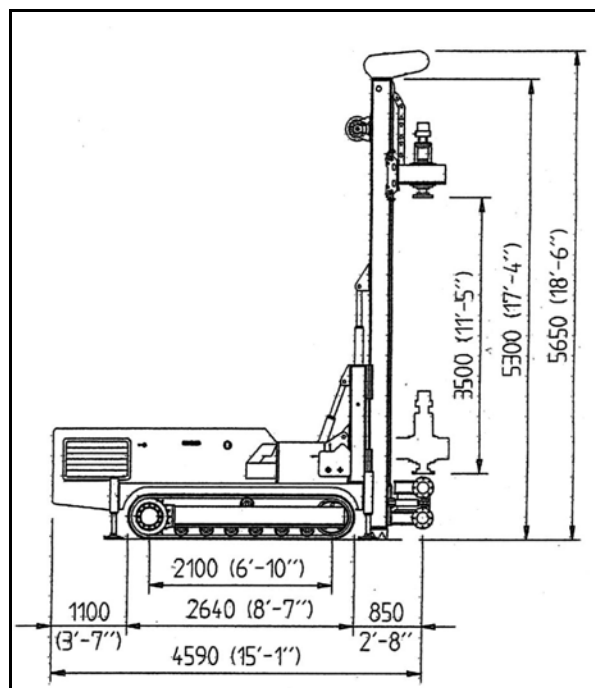


Fig.1 – Sonda perforatrice tipo "CMV MK 600 F"

2.1.2 UTENSILI DI PERFORAZIONE

La perforazione è stata eseguita a rotazione a "carotaggio continuo" con aste e carotiere, utilizzando carotieri semplici del diametro di 101 mm e rivestimenti del diametro di 127 mm.

2.2 PROVE GEOTECNICHE IN FORO DI SONDAGGIO

2.2.1 PROVE "SPT" (STANDARD PENTRATION TEST)

Nel corso dei sondaggi sono state inoltre eseguite **n° 5** prove di resistenza alla penetrazione "SPT" utilizzando un'attrezzatura standard secondo le modalità di esecuzione indicate dalle "Raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana" del 1977.

Tali prove si eseguono preferibilmente in terreni granulari (sabbie e ghiaie fini), tuttavia si possono eseguire in qualsiasi terreno sciolto e su alcune rocce tenere allo scopo di determinare grado di addensamento / consistenza / resistenza.

Si riassumono brevemente le caratteristiche tecniche della prova "SPT":

Campionatore:

- Raymond di diametro esterno 51 mm, diametro interno 35 mm, lunghezza minima 457 mm, con scarpa standard a punta aperta come utensile di penetrazione

Aste collegate al campionatore di lunghezza 1.50 m, diametro esterno 50 mm e peso di 7.47 kg/ml

Dispositivo di battuta avente peso non superiore a 115 Kg, comprende:

- testa di battuta in acciaio avvitata all'estremità della batteria di aste
- massa battente o maglio di 63.5 kg
- dispositivo di guida e rilascio del maglio, a sganciamento automatico, che assicura una corsa a caduta libera di 76 cm

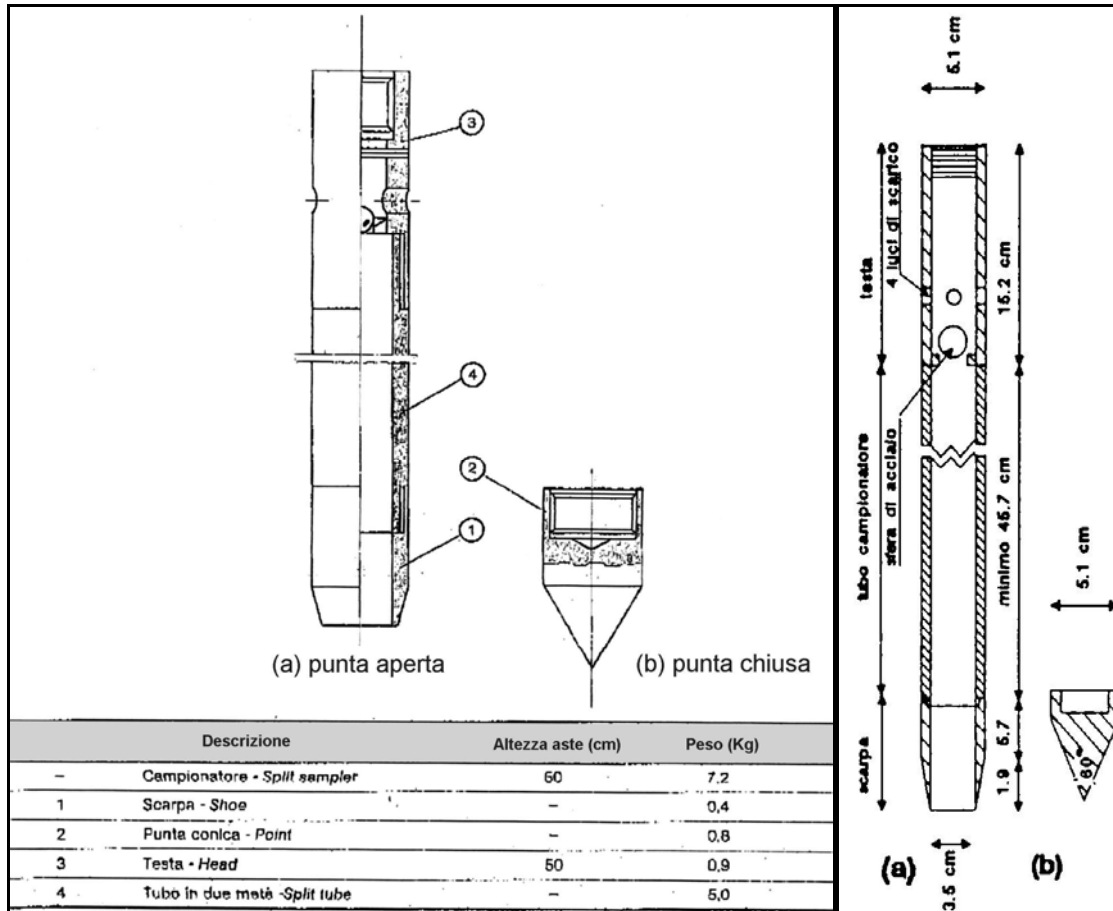


Fig.2 - Campionatore a punta aperta (a) - a punta chiusa (b)

Ogni determinazione di prova è stata preceduta dalla pulizia del fondo foro con verifica della coincidenza della quota di attestazione della punta con profondità misurata dopo la pulizia del foro (tolleranza di +/- 7 cm); la prova consiste nel fare penetrare il campionatore posato al fondo foro per tre tratti successivi di 15 cm registrando ogni volta il numero dei colpi necessari (N1,N2,N3).

Con il primo tratto detto avviamento si intende superare la zona di terreno rimaneggiato in fase di perforazione. Nel caso di un terreno molto addensato con N1 = 50 ed avanzamento minore di 15 cm l'infissione deve essere sospesa: la prova dichiarata conclusa in base alle raccomandazioni AGI 1977 e si annota la relativa penetrazione.

Se il tratto di avviamento viene superato si conteggiano N2 e N3 (da 15 a 30 e da 30 a 45 cm) fino ad un limite complessivo di 100 colpi (N2+N3) raggiunto il quale si sospende la prova annotando l'avanzamento ottenuto.

Pertanto il parametro caratteristico della prova, prescindendo dai casi particolari di rifiuto è:

$$N_{spt} = N_2 + N_3$$

che esprime il numero di colpi caratteristico per 30 cm utili di perforazione.

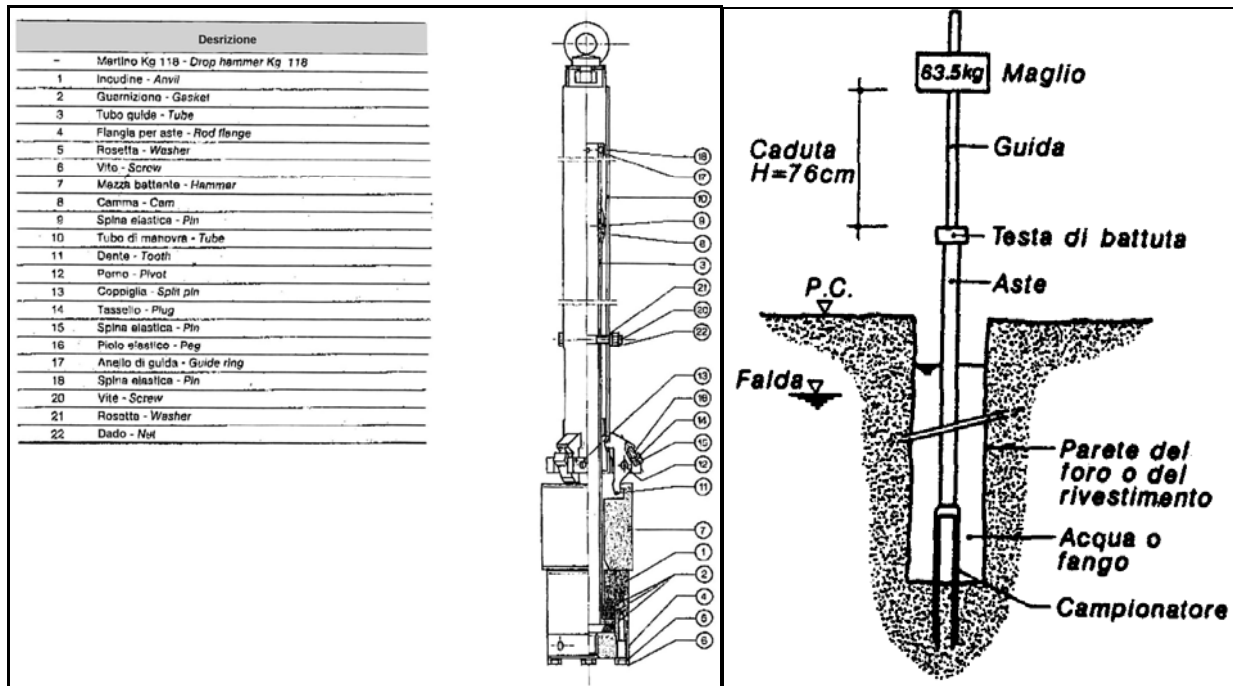


Fig.3 - Penetrometro dinamico SPT

2.3 PROVE PENETROMETRICHE

2.3.1 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE "CPT"

Per l'esecuzione della suddetta indagine è stato utilizzato un penetrometro con capacità di spinta di 100 KN.

La prova penetrometrica statica viene realizzata infiggendo nel terreno la speciale punta "Begemann" avente le seguenti caratteristiche geometriche:

DIAMETRO DELLA PUNTA	35.7 m
ANGOLO DI APERTURA DEL CONO	60°
AREA DI BASE DEL CONO	10 cm ²
DIAMETRO DEL MANICOTTO D'ATTRITO	36 mm
SUPERFICIE LATERALE MANICOTTO	150 cm ²

Detta punta penetra mediante una pressione del gruppo di spinta idraulica del penetrometro, alla velocità standardizzata di 2 cm/sec, ed è raccordata mediante una filettatura conica ad una serie di aste $\phi = 36 \times 1000$ mm, che alloggiando al loro interno una serie di astine $\phi = 15$ mm.

Tramite l'utilizzo di un selettore composto da una cella di carico e da una centralina elettronica digitale, si acquisiscono i valori degli sforzi di reazione che il suolo oppone alla penetrazione della punta (Q_c) e allo scorrimento contemporaneo del manicotto di frizione e del corpo punta (sforzo totale Q_t).

La cella di carico è dotata di un trasduttore estensimetrico in grado di convertire lo sforzo di spinta in un segnale elettrico, che opportunamente condizionato e amplificato, viene visualizzato sul display digitale della centralina di acquisizione sopra menzionata.



Fig.4 - Penetrometro Deep Drill SP 200 SM

3. PROSPEZIONI SISMICHE - METODO A RIFRAZIONE

3.1 - CENNI TEORICI

Il metodo sismico a rifrazione si basa sulla misura del tempo richiesto perché una perturbazione di origine elastica si trasmetta dalla sorgente ai geofoni percorrendo gli strati superficiali, a bassa velocità, e la superficie di separazione di due mezzi elastici differenti con onde rifratte, a velocità più elevata.

I principi su cui si fonda il metodo sono derivati dalle esperienze della sismologia le quali precedettero di vari decenni la prospezione sismica. La rifrazione fu il primo metodo di prospezione impiegato nella ricerca sismica e costituì un

determinante mezzo di indagine per la scoperta di parecchi campi petroliferi soprattutto nel caso di giacimenti connessi con domi salini, nei primi tempi della ricerca fino al 1935 circa.

La prospezione sismica a rifrazione è particolarmente indicata per ottenere rapide informazioni strutturali nel caso di strutture a grandi dimensioni, che siano costituite almeno da uno strato rifrangente ad alta velocità, giacente sotto una serie stratigrafica avente velocità più bassa. Se in un sistema di assi cartesiani si riportano i tempi di arrivo delle onde sismiche in funzione della loro distanza dal punto di scoppio, si ottiene una famiglia di curve tempi-distanze che dipendono dalle caratteristiche geologiche locali. Tali curve vengono dette "dromocrone".

Si possono costruire dromocrone anche nel caso di "n" strati, purché le velocità aumentino sempre con la profondità; ogni punto angolare indicherà il passaggio da uno strato al successivo, e le velocità saranno indicate dalla pendenza dei rispettivi rami di dromocrone. Se gli strati sono poco potenti con velocità crescente con la profondità (come normalmente avviene nei terreni non consolidati), i percorsi delle onde saranno curvi, con concavità rivolta verso l'alto ed anche la corrispondente dromocrone sarà una curva (fig. 5).

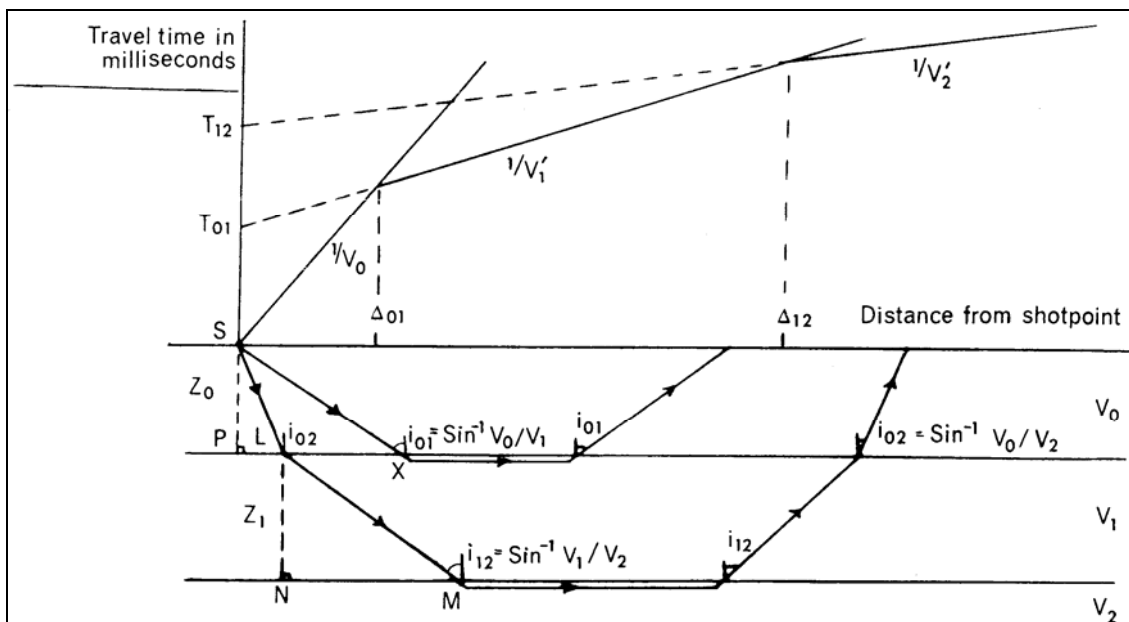


Fig. 5 - Dromocrone nel caso di aumento della velocità con la profondità.

I principali limiti della sismica a rifrazione risiedono nella impossibilità teorica di rilevare successioni stratigrafiche composte da strati a velocità decrescente con la profondità, in tal caso lo strato o gli strati non possono essere messi in evidenza dalle onde rifratte in quanto l'energia incidente, al contatto fra la sommità dello strato e la base dello strato sovrastante a più alta velocità, subisce una flessione verso il basso e non può venire di conseguenza rifratta, tale situazione è nota come "orizzonte muto". Altra limitazione consiste nella presenza di uno strato a velocità intermedia ma di ridotto spessore; anche in questo caso l'orizzonte non produce alcun cambiamento di pendenza sulle dromocrone, e non è quindi sismicamente rilevabile. Ambedue le situazioni stratigrafiche portano a sovraestimare o sottostimare lo spessore delle coperture.

Le caratteristiche di acquisizione e le modalità operative saranno discusse nel successivo paragrafo 3.

3.2 – SEZIONI SISMOSTRATIGRAFICHE – ELABORAZIONE TOMOGRAFICA

Le sezioni sismostratigrafiche sono state ottenute con l'ausilio di un programma di elaborazione di sismica utilizzando la tecnica tomografica. La tomografia sismica è una tecnica dettagliata di esplorazione della velocità di propagazione delle onde sismiche in un mezzo (in questo caso si tratta di terreno); questa si basa sul primo arrivo delle perturbazioni sismiche, cioè del tempo necessario per compiere distanze prestabilite fra sorgente e ricevitore.

Questa tecnica di elaborazione permette, tramite l'individuazione delle velocità delle onde di compressione e di taglio, laddove possibile acquisirle, la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali indagati. La prospezione sismica con elaborazione tomografica, con il suo estremo dettaglio analitico, permette di mettere in risalto fenomeni di anisotropia anche in presenza di un orizzonte apparentemente omogeneo.

Una limitazione è che i raggi sismici devono formare un'intera rete; idealmente ogni punto del mezzo investigato dovrebbe essere attraversato dai raggi sismici in ogni direzione.

L'inversione tomografica parte dalla specificazione di un modello iniziale di velocità. L'interpretazione consiste nel seguire due passi principali:

1. risolvendo il problema diretto
2. risolvendo il problema inverso

Lo scopo del passo 1 è di calcolare il primo arrivo dei tempi di viaggio e le corrispondenti traiettorie dei raggi. I tempi così calcolati sono quindi informazioni per il successivo passo 2. Un modo tradizionale per risolvere il problema inverso è di dividere la regione studiata in celle e cercare le perturbazioni del modello iniziale, qualora la perturbazione di ogni cella sia costante. Sommando queste perturbazioni al modello iniziale si ottiene il DEPURATO come risultato finale dell'inversione tomografica.

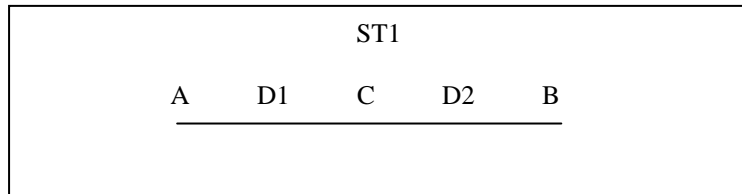
3.3 - STRUMENTAZIONE METODOLOGIA ED INTERPRETAZIONE

La prospezione sismica è stata eseguita a mezzo sismica a rifrazione con la registrazione ed interpretazione degli eventi determinati sui sismogrammi dai primi arrivi delle onde longitudinali (P) e trasversali (SH).

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo a 24 canali a cumulabilità di impulsi della DMT mod. Summit con registrazione degli eventi in forma digitale.

I sensori sono costituiti da catene di 24 geofoni a componente verticale MARK PRODUCT L-15A di frequenza propria di 14 Hz e 24 geofoni a componente orizzontale SENSOR SM4-HB, con frequenza di risonanza di 10 Hz per la registrazione delle onde SH.

La base sismica denominata ST1, è stata eseguita con 5 punti di scoppio, secondo lo schema seguente:



L'energizzazione delle onde di compressione P è avvenuta mediante, un grave del peso di 100 kg, fatto cadere su di una piastra in ferro da un'altezza di 1.5 m.

L'emissione delle onde di taglio è avvenuta ponendo, in direzione perpendicolare allo stendimento, un trave in legno il quale è percosso da una massa battente (pendolo di circa 20 Kg) sui due lati opposti, rispettivamente per la battuta destra e quella sinistra in modo da ottenere l'inversione di fase dell'onda sismica ed eliminare così le ambiguità di determinazione del primo arrivo. Per aumentare l'effetto dell'energizzatore, il trave è stato appesantito con il peso di un autoveicolo ponendo le ruote dello stesso al di sopra del trave utilizzato.

L'istante di tempo zero, ovverosia il segnale di inizio registrazione, viene inviato allo strumento, per entrambe i tipi di energizzazione, da un interruttore (Hammer switch) posto direttamente sulla massa battente. Per ciò che concerne l'acquisizione delle onde SH, i sismogrammi rappresentano la propagazione di queste onde già sommate della battuta destra e della battuta sinistra. I Geofoni sono stati posizionati in fori appositamente preparati e quelli a componente orizzontale sono stati orientati perpendicolarmente alla direzione di stendimento.

4. PROSPEZIONI SISMICHE - METODO DOWN-HOLE

4.1 - CENNI TEORICI

Il metodo down-hole rappresenta una delle più accurate misure non distruttive per la determinazione delle proprietà fisico-meccaniche dinamiche dei terreni, in particolare per una corretta valutazione della risposta di un terreno soggetto a carichi dinamici (ad es. terremoti). Tale metodologia si basa sui principi della sismica a rifrazione di superficie ma, rispetto a quest'ultima, permette, tra l'altro, di rilevare orizzonti a minor velocità sottostanti ad un livello a velocità più elevata, superando così i limiti della sismica a rifrazione, conosciuto nella bibliografia come "orizzonte muto", in altre parole, uno strato a minore velocità di propagazione delle onde sottostante ad uno con velocità di propagazione più alta, è invisibile. Si registrano generalmente due tipi di onde di corpo, quelle di compressione (P) e quelle di taglio (SH).

L'esecuzione di una prospezione sismica down-hole richiede la perforazione di un sondaggio generalmente strumentato con un tubo (in PVC o altro materiale) con diametro non superiore ai 130 mm e cementato alle pareti del foro al fine di garantire un migliore contatto con i terreni circostanti (Fig. 6).

L'apparato di ricezione (geofono tridimensionale) è calato a profondità note nel foro e, mediante un packer di cui è dotato, fatto aderire alle pareti del tubo; successivamente sono registrati i sismogrammi relativi ai tempi di percorso tra il punto di energizzazione (shot-point) in superficie e quello a cui è posto il geofono. Tali tempi in fase di processing, sono inseriti in un diagramma spazio-tempo dove la pendenza delle rette determinate dalla successione dei punti di primo arrivo, rappresenta la velocità dei litotipi investigati.

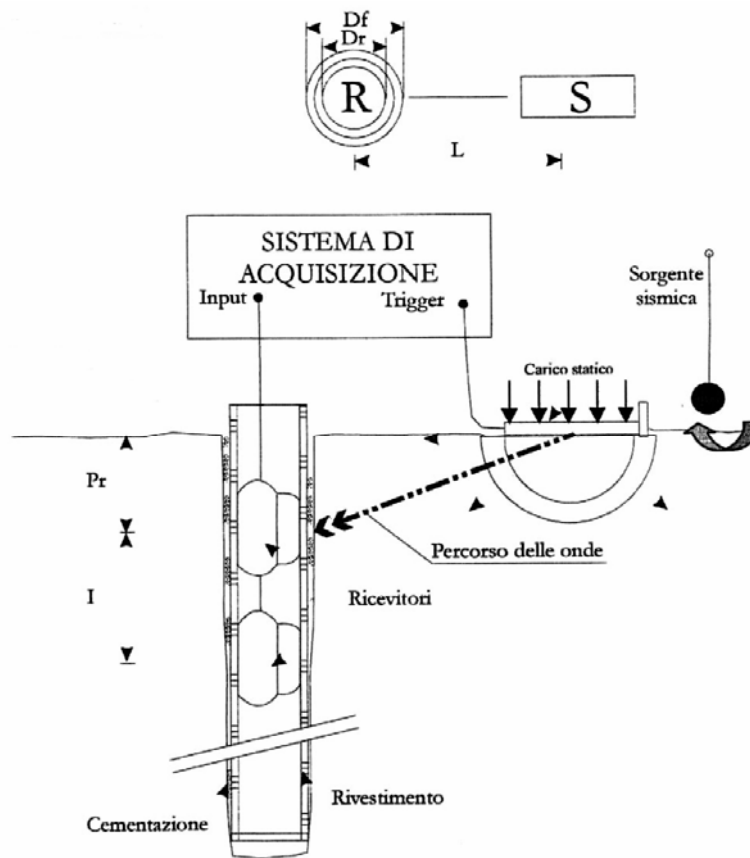


Fig. 6 - Schema di prospezione down-hole.

4.2 - STRUMENTAZIONE METODOLOGIA ED INTERPRETAZIONE

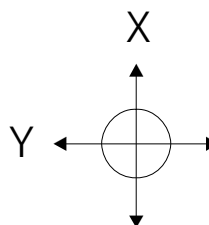
Per l'acquisizione è stato utilizzato un sismografo della GEOMETRICS mod. 2401 con i sensori costituiti da due geofoni tridimensionali da pozzo.

In particolare i geofoni tridimensionali erano mantenuti orientati secondo una predefinita direzione mediante una batteria di aste in PVC calate all'interno del foro di sondaggio, ed erano posti alla distanza di 1 m; l'energizzazione degli eventi sismici veniva misurata contemporaneamente dai due sensori. L'acquisizione è stata svolta procedendo dall'alto verso il basso, approfondendo il sistema di una distanza pari ad un metro.

Nelle registrazioni le prime tre tracce indicano il geofono situato più in alto, mentre le rimanenti tracce indicano il geofono posto in basso. I canali 1 e 4 si riferiscono ai geofoni con piano di vibrazione verticale; i canali 2 e 5 (direzione lungo l'asse Y) indicano i geofoni con piano di vibrazione lungo la direttrice sondaggio - punto di scoppio e i canali 3 e 6 (direzione lungo l'asse X) indicano invece i geofoni con piano di vibrazione perpendicolare a questi ultimi (vedi schema seguente).



Punto di energizzazione



Foro di Sondaggio

L'energizzazione delle onde di compressione P è avvenuta utilizzando, una massa battente del peso di 8 kg, fatta cadere su di una piastra in ferro da un'altezza di 1.5 m circa, mentre per le onde di taglio, l'energizzazione è avvenuta mediante un trave in legno, il quale è stato percosso dalla massa battente sui due lati opposti rispettivamente per la battuta destra e quella sinistra in modo da ottenere l'inversione di fase dell'onda sismica ed eliminare così le ambiguità di determinazione del primo arrivo.

Per aumentare l'effetto dell'energizzatore, il trave è stato appesantito con il peso di un automezzo ponendo le ruote al di sopra dello stesso.

L'interpretazione consiste nella determinazione dei primi arrivi sia per le onde di compressione sia per le onde di taglio. I tempi così calcolati si riferiscono a tempi "obliqui" in quanto l'energizzazione non è allineata con i geofoni.

Per ottenere i tempi in verticale viene effettuata una correzione che tiene conto sia della geometria del sistema, sia della correzione all'areato.

L'interpretazione della prova geofisica in foro con le velocità sismiche ricavate per ciascun sismostrato (sia per le onde P sia per le SH) sono riportate nella TAV. 4.

5. MODULI ELASTICI DINAMICI

5.1 - RAPPORTO V_p / V_s

Questo parametro può fornire utili informazioni sullo stato di consolidazione e sulla presenza di gas nei porous media. Alcuni Autori (Gardner & Harris, 1968) affermano che rapporti maggiori di 2 si riscontrano in presenza di sabbie saturate non consolidate; alti rapporti risultano altresì per terreni incoerenti argillo-limosi ad alto grado di saturazione. Valori inferiori a 2 si registrano in presenza di rocce compatte o sedimenti gas saturati. In rocce saturate tale rapporto risulta dipendente dalla litologia, dalla quantità e geometria dei pori e dalle microfratture e potrebbe, nota la litologia, fornire indicazioni su questi ultimi due parametri.

5.2 - COEFFICIENTE DI POISSON DINAMICO

Tra i moduli elastici dinamici tale parametro è l'unico che non necessita della conoscenza della densità per la sua determinazione. E' definito dalla seguente equazione:

$$\sigma = \frac{1}{2} * \frac{(V_p/V_s)^2 - 2}{(V_p/V_s)^2 - 1}$$

Sebbene in teoria sia considerato stress indipendente ed i suoi valori risultino compresi tra 0.25 e 0.33, nei porous- media esso risulta stress dipendente, e presenta un campo di variabilità più esteso e può addirittura arrivare secondo GREGORY (1976) a valori negativi. I valori più bassi, in natura, si registrano per litotipi ad alta porosità, sottoposti a bassa pressione litostatica e gas saturati, in alcuni sedimenti incoerenti e saturi i valori possono risultare uguali o superiori a 0.49; nelle sospensioni assume il valore di 0.5.

5.3 - MODULO DI TAGLIO DINAMICO

E' definito dalla seguente equazione:

$$G = \gamma \cdot Vs^2$$

dove γ = densità

Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione; assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a basse pressioni e saturati in acqua. Il campo di variabilità nei porous media è molto esteso.

5.4 - MODULO DI YOUNG DINAMICO

E' definito dalla seguente equazione:

$$E = (9 \gamma Vs^2 R^2) / (3R^2 + 1)$$

dove:

γ = densità

$$R^2 = K / (\gamma Vs^2)$$

$$K = \gamma(Vp^2 - 4/3 Vs^2)$$

Tale modulo dipende dalla porosità, dalla pressione litostatica e dagli altri moduli elastici. Aumenta in misura considerevole quando al campione "dry" a bassa porosità vengono aggiunte piccole quantità di acqua, diminuisce quando un campione ad alta porosità viene sottoposto allo stesso trattamento.

I minimi valori del modulo si registrano in litotipi ad alta porosità saturi in gas, mentre i valori massimi si hanno per litotipi sotto pressione saturati in acqua ed a bassa porosità. Il campo di variabilità è considerevole.

6. RISULTATI E CONCLUSIONI

Su incarico della Regione Marche è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche e geofisiche mediante sismica a rifrazione (linea ST1) e prospezione in foro tipo "Down-Hole" (DH2) nei pressi dell'edificio della Protezione Civile in località Passo Varano (AN).

Nelle TAV. 1 si riporta la planimetria con l'ubicazione dei sondaggi e delle prove geofisiche eseguite, mentre nelle TAVV. 2, 3 e 4 si riepilogano i risultati ottenuti. In appendice si allegano i sismogrammi unitamente ai tabulati dei moduli elastici dinamici derivati.

Le considerazioni che seguono scaturiscono dall'esame dei sismogrammi e dei risultati ottenuti dalla campagna di indagini geofisiche, in accordo con le tarature fornite dalla campagna geognostica.

LINEA SISMICA A RIFRAZIONE ST1

I litotipi presenti sono stati suddivisi in 4 principali sismostrati, che possono essere così riassunti (a partire dalla superficie):

- 1) il primo intervallo caratterizzato da velocità di propagazione delle onde P da 750 a 800 m/sec con onde di taglio che variano da 180 a 200 m/sec, presenta uno spessore ridotto nella parte destra (circa 1 m), maggiore nel lato opposto (2-3 m). Tale sismostrato è costituito da terreno di riporto e/o massicciata stradale.
- 2) il secondo sismostrato, attribuibile ai depositi di copertura (argilla limosa e/o limo argilloso), presenta delle velocità delle onde di taglio di 350-400 m/sec, mentre

le onde di compressione variano tra 1600 e 1650 m/sec. Lo spessore di tali depositi si aggira attorno a valori di 5 e 9 m circa.

- 3) Il terzo sismostrato presenta velocità dell'ordine di 2100-2200 m/sec per le onde P e di 650 m/sec per le onde SH. Tale intervallo corrisponde ai depositi del substrato in facies alterata costituiti da argilla marnosa grigia. La profondità alla quale si attesta è stimabile attorno ai 10-13 m dal piano campagna.
- 4) Il quarto ed ultimo sismostrato, con velocità delle onde P di circa 2600-2700 m/sec e delle onde SH di 850-900 m/sec, si individua ad una profondità che varia dai 13 ai 18 m dal piano campagna ed è attribuibile ai depositi argillo marnosi che costituiscono il substrato in facies compatta.

Dall'analisi dell'andamento delle dromocrone e delle velocità ottenute, si rileva un'anomalia sismostratigrafica tra le progressive 90 m e 105 m riconducibile all'esistenza di una struttura sepolta che, dalle tarature fornite dai sondaggi eseguiti nell'area d'indagine, risulta costituita da depositi calcarenitici con livelli limoso argillosi.

DOWN HOLE DH2

La verticale d'indagine è stata suddivisa in base alle velocità di propagazione delle onde in n° 5 intervalli accorpabili in n° 4 principali unità sismostratigrafiche:

- 1) La prima unità, la più superficiale (0-1,5 m dal p.c.), presenta velocità di propagazione delle onde sismiche di 190 m/sec per le SH e 360 m/sec per le P. Dalla taratura è possibile attribuire tale intervallo alla massicciata stradale e/o ai depositi argilloso limosi più superficiali.
- 2) La seconda unità, costituita dai due intervalli individuati tra 1,5 m e 3,5 m dal p.c. il primo e tra 3,5 m e 9,5 m dal p.c., presenta velocità di propagazione delle onde P variabili tra 950 e 1600 m/sec, mentre le SH si attestano attorno a valori di 340-380 m/sec. Tale intervallo è attribuibile ai depositi di copertura argillo limosi e/o limo argillosi.

- 3) La terza unità, compresa tra 9,5 e 11,5 m di profondità dal p.c. ed attribuibile ai depositi calcarenitici, mostra un notevole incremento delle velocità con valori di 2300 m/sec per le onde di compressione e di 900 m/sec per le onde di taglio.
- 4) La quarta ed ultima unità sismostratigrafica (11,5-30 m dal p.c.) costituita da argilla marnosa grigia (substrato), presenta velocità di propagazione rispettivamente di 2200 m/sec per le onde P e di 650 m/sec per le onde SH.

L'indagine geofisica, in accordo con le tarature fornite dalla campagna geognostica, ha evidenziato un assetto sismostratigrafico dell'area indagata caratterizzato (partendo dal basso verso la superficie) da un substrato costituito da argilla marnosa grigia, in facies compatta (profondità variabile da 13 a 18 m circa dal p.c.) ed in facies alterata (tratto compreso tra i 10-13 m dal p.c.), ricoperto da depositi argillo limosi e/o limo argillosi di spessore variabile da circa 5 a 9 m dal p.c.; degni di nota risultano i depositi calcarenitici individuati nella porzione più occidentale dell'area che poggiano direttamente sul substrato.

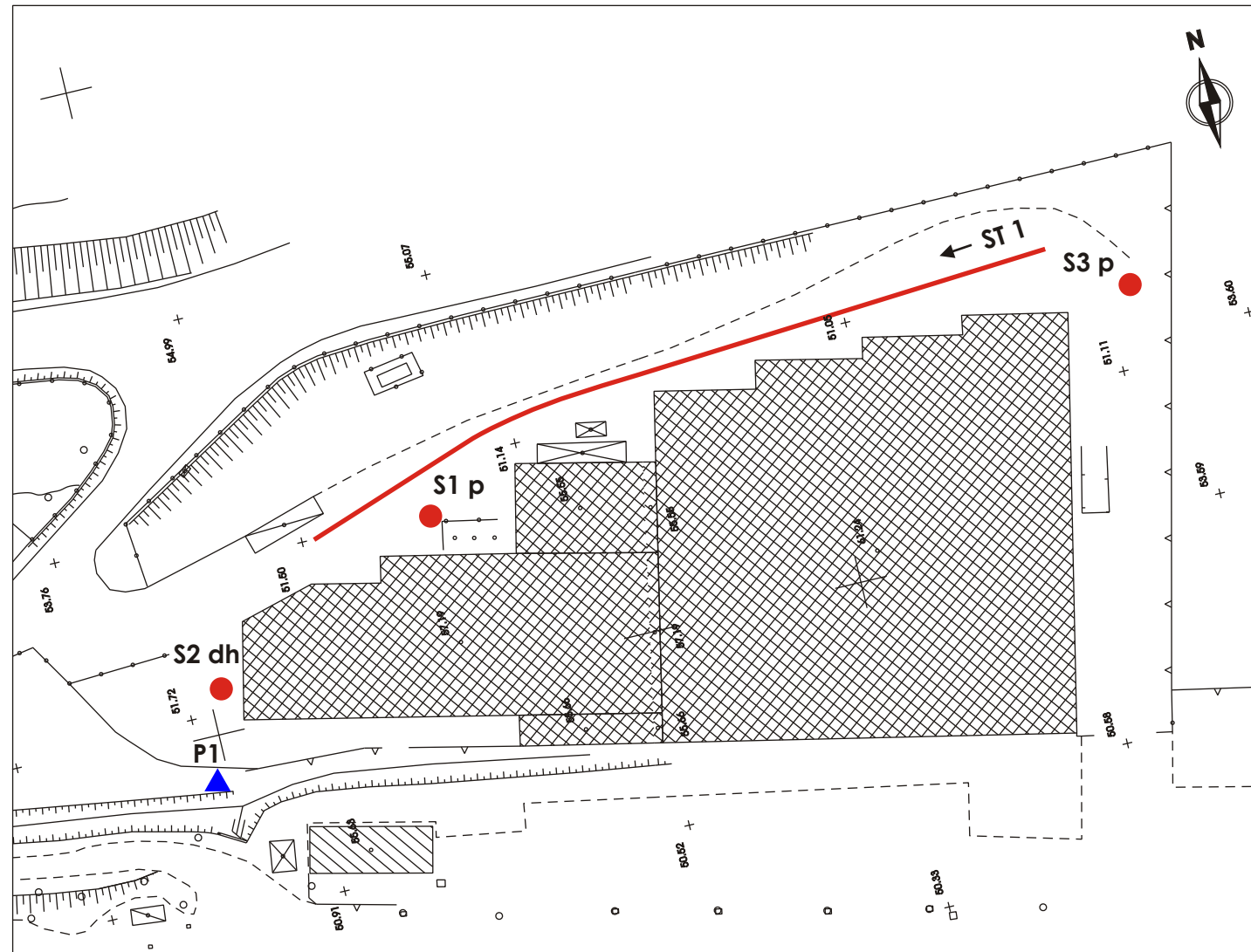
Le caratteristiche fisico-meccaniche statiche e dinamiche dei terreni investigati sono visibili dagli elaborati delle prove di laboratorio effettuate sui campioni indisturbati e dall'analisi dei moduli elastici dinamici, riportati nelle tabelle in appendice.

Castelferretti, maggio 2006


Dott. Andrea Anibaldi

TAVOLE


PLANIMETRIA CON UBICAZIONE INDAGINI



LEGENDA:

ST 1 →
 Linea sismica a rifrazione

S1 Sondaggio meccanico
 a carotaggio continuo

P1 Prova penetrometrica
 statica "CPT"

p = tubo piezometrico 40 mm

dh = tubo PVC per prove sismiche in foro

METHODO s.r.l.
 modelli e tecnologie per la geologia e l'ambiente
 60020 Castelferretti (AN) - Via V. Veneto, 22
 tel. 071/9188636 - 9161795 fax 071/918321
 e-mail: methodo@methodo-group.com
 Website: www.methodo-group.com

Redaz.	
Verif.	
Approv.	
Rev.	
Comm. N°	26 GPS-06
Ns. Rif: C:\MTH\LAVORI 2006\Passo Varano	

LAVORO:

Indagini geognostiche e geofisiche eseguite nei dintorni dell'edificio della Protezione Civile di Ancona in localita' Passo Varano (AN)

Tavola n°:

1

COMMITTENTE:

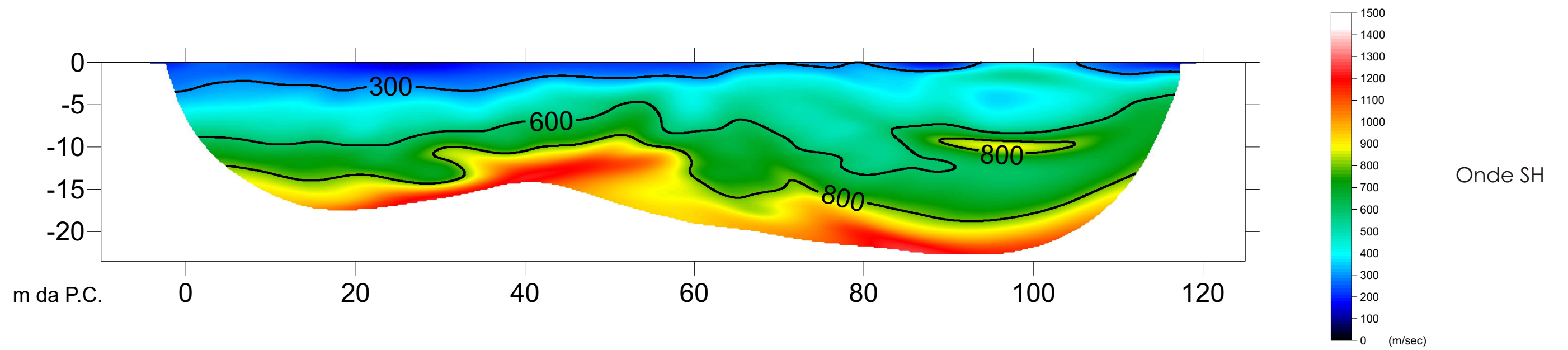
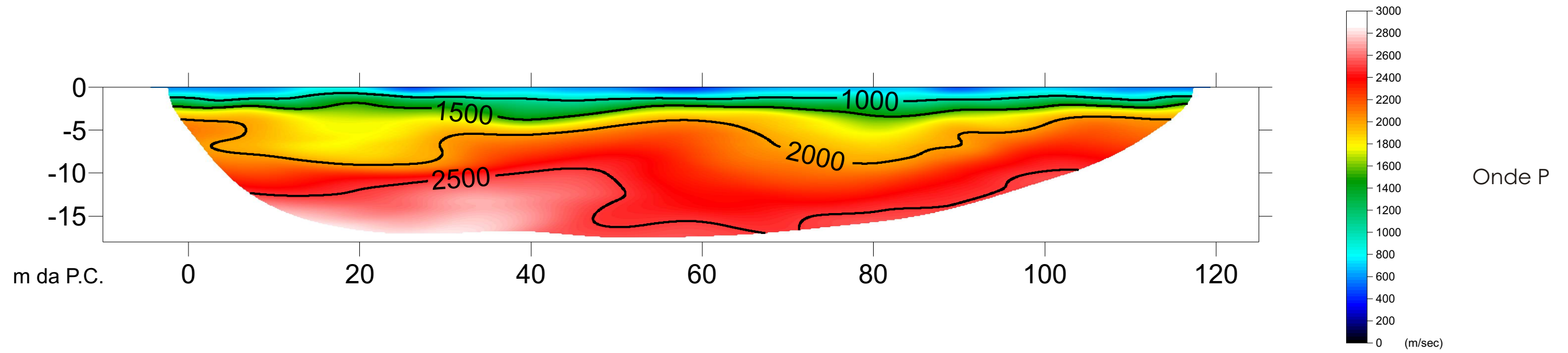
REGIONE MARCHE

Scala

1: 1000

SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA ST1

Scala: 1:500

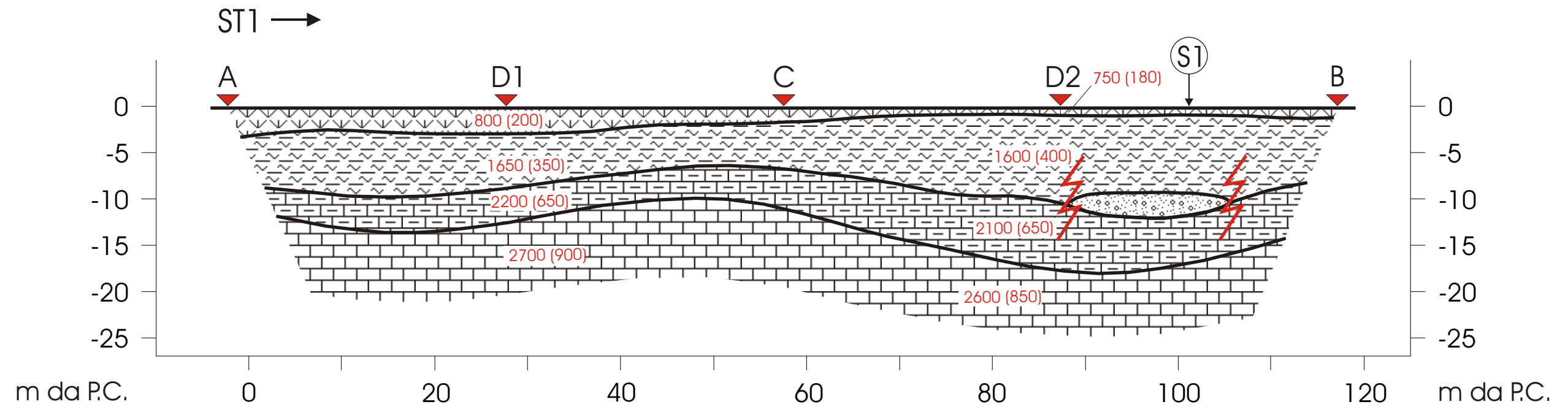


METHODO s.r.l.
modelli e tecnologie per la geologia e l'ambiente
Uffici: Castelferretti (AN)
Via V. Veneto, 22 - 60020
tel./fax: +39 - 071.91.88.636/91.61.795

LAVORO:
Indagini geognostiche e geofisiche eseguite
nei dintorni dell'edificio della Protezione Civile
di Ancona in localita' Passo Varano (AN)

Tavola n°:
2

SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA INTERPRETATIVA ST1



LEGENDA:

- ST1 →
- Base Sismica
- Punto di scoppio
- 2200** Velocita' Onde P (m/sec)
- (350)** Velocita' Onde SH (m/sec)
- Variazione stratigrafica laterale
- Sondaggio Geognostico

- Terreno di riporto e/o massicciata stradale
- Argilla debolmente limosa e/o limo argilloso
- Calcarenite con livelli limoso argilloso
- Argilla marnosa grigia (Substrato Alterato)
- Argilla marnosa grigia (Substrato Compatto)



Redaz.	
Verif.	
Approv.	
Rev.	
Comm. N°	
Ns. Rif: C:\MTH\LAVORI 2006\Passo Varano	

LAVORO:
Indagini geognostiche e geofisiche eseguite nei dintorni dell'edificio della Protezione Civile di Ancona in localita' Passo Varano (AN)

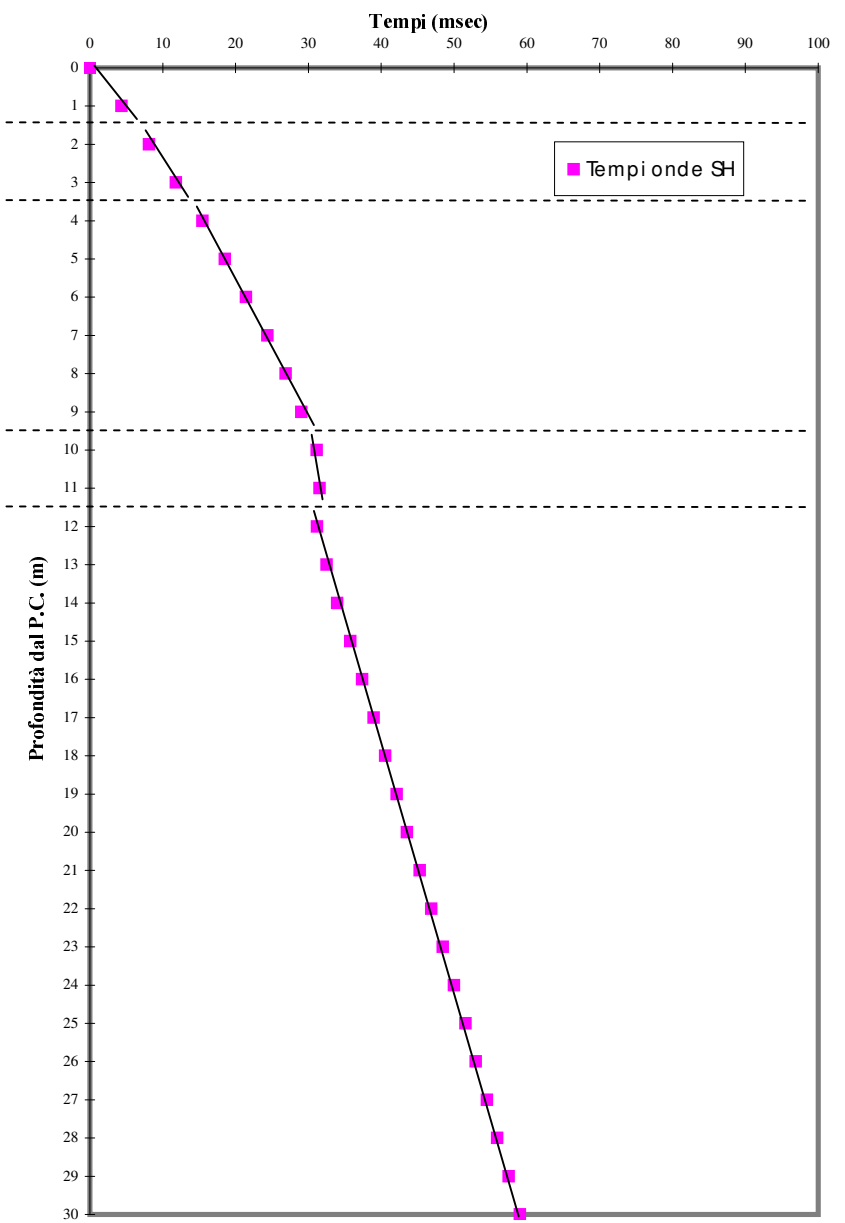
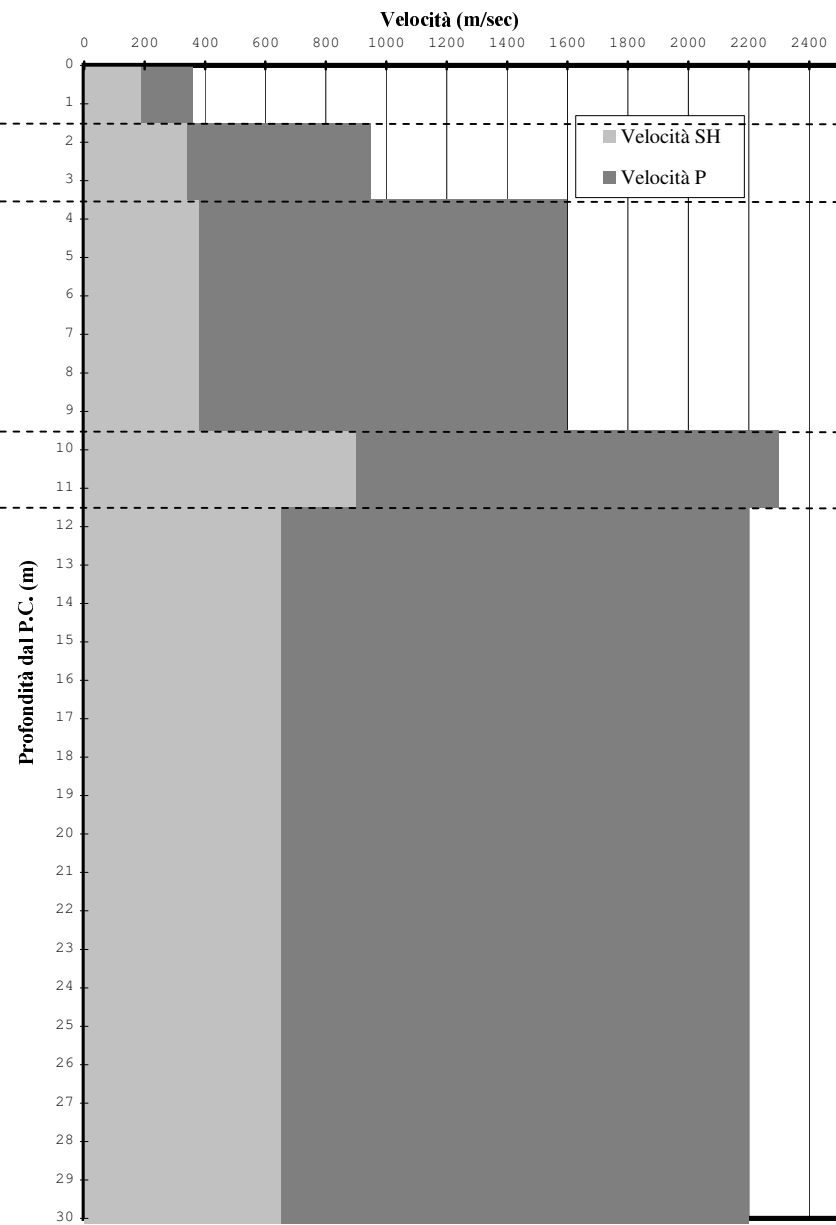
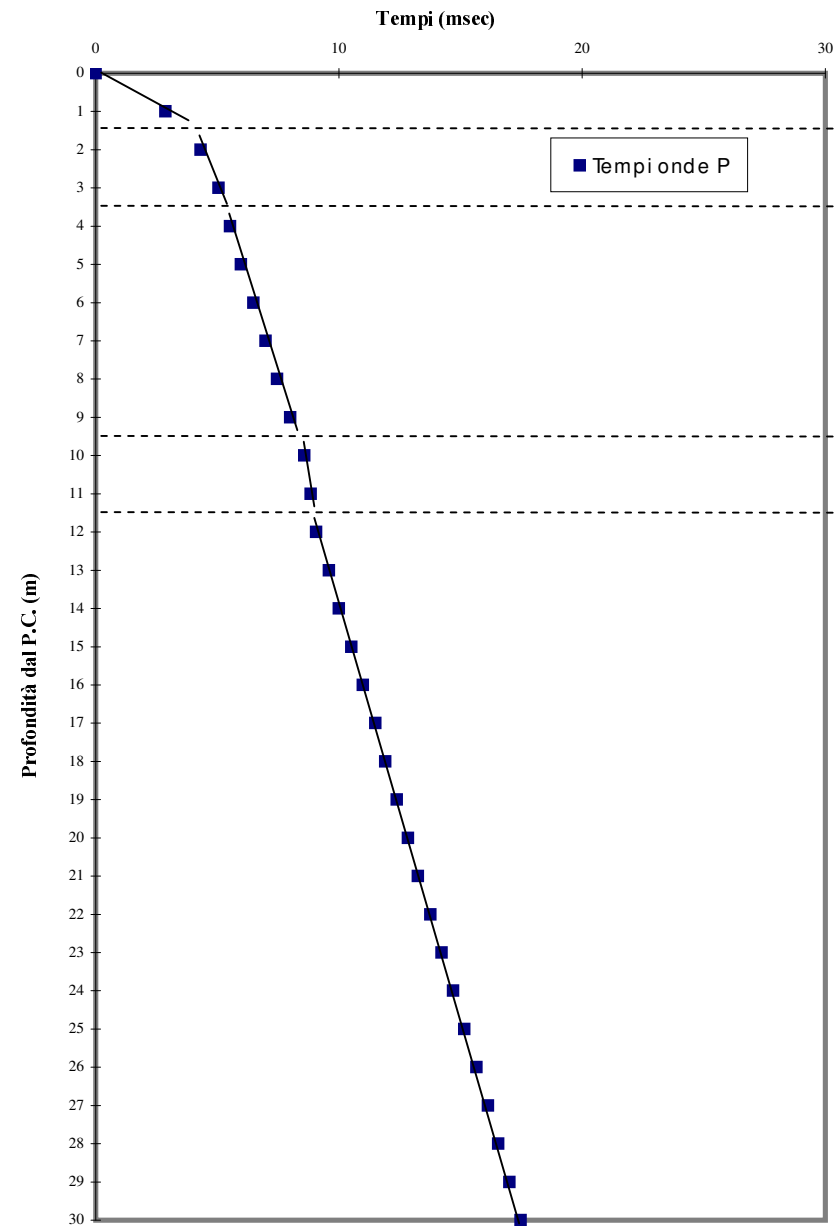
COMMITTENTE:
REGIONE MARCHE

Tavola n°:
3

Scala
1: 500

INTERPRETAZIONE DOWN-HOLE DH2

TAV 4



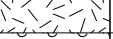



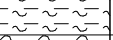

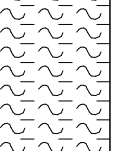
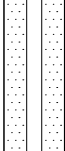
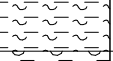

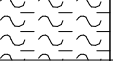


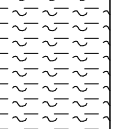
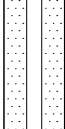


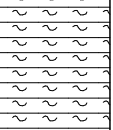
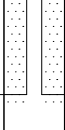









**ALLEGATI
INDAGINI GEOGNOSTICHE**

Committente Regione Marche Commessa 26 GPS-06
 Località Passo Varano (AN) Carotiere 101 mm
 Cantiere Edificio Protezione Civile Rivestimento 127 mm
 Data Inizio 13/02/06 Data Fine 13/02/06

SONDAGGIO **S1** SONDA
 ml **12.50** CMV MK 600 F

Il geologo

Dott. Angelo Curatolo

Scala 1:100	Profondita'	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Data	Falda	Rivestimento	Campioni indisturbati	Campioni rimaneggiati	SPT	Pocket [Kg/cmq]	[m]	Piezometro	Tubo PVC 3"	Carotiere
1	0.50	0.50		Terreno di riporto costituito da calcestruzzo e massiccata di ghiaia medio fine.	02/03/06	0.70					3.4	2.0			
2	1.80	1.30		Argilla debolmente limosa di colore marrone, plastica.							3.8				
3	2.30	0.50		Argilla limosa di colore marrone scuro, plastica; a 2.3 m presenza di un livello centimetrico con materiale organico grigio nerastro.							3.0				
4	4.50	2.20		Limo debolmente argilloso di colore nocciola con screziature più chiare, plastico.							1.8				
5	5.20	0.70		Argilla debolmente limosa di colore marrone scuro con screziature brunnastre, con sporadica ghiaia fine.							1.5				
6	6.20	1.00		Limo debolmente argilloso di colore nocciola con screziature più chiare; presenza di sporadiche concrezioni carbonatiche anche centimetriche.			12.0				0.7				
7											1.9				
8		2.80		Argilla debolmente limosa di colore marrone scuro con screziature brunnastre, con ghiaia medio fine.							4.2				
9	9.00										2.9				
10											3.3				
11		3.50		Argilla limosa debolmente marnosa di colore nocciola grigiastro, con livelli millimetrici di sabbia fine giallo ocra; presenza di ghiaia fine e resti fossiliferi.							3.1	10.0			
12											3.3				
13	12.50										4.1				
14											4.0				
15											4.8				
16											FS				
17											FS				
18											FS				
19											FS				
20											FS				

Tubo piezometrico del diametro di 40 mm.



Postazione Sondaggio **S1**
Cantiere: Passo Varano (AN)

Sondaggio **S1** - cassette catalogatrici
Cantiere: Passo Varano (AN)



Cassa n°1 da ml. 0.00 a ml. 5.00

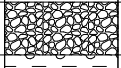
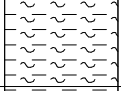
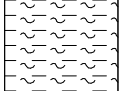
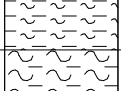

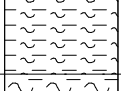
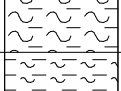
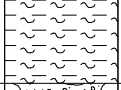



Cassa n°2 da ml. 5.00 a ml. 10.00

Sondaggio **S1** - cassette catalogatrici
Cantiere: Passo Varano (AN)



Cassa n°3 da ml. 10.00 a ml. 12.50

Scala 1:100	Profondita'	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Data	Falda	Rivestimento	Campioni indisturbati	Campioni rimaneggiati	SPT	Pocket [Kg/cmq]	[m]	Piezometro	Tubo PVC 3"	Carotiere
1	0.70	0.70		Stabilizzato stradale e massciata costituita da ghiaia medio fine subangolare.											
2	2.00	1.30		Argilla debolmente limosa di colore grigio verdastro, con inclusi ghiaiosi medio fini.				1.50 SH1			4.1				
3		1.90		Argilla debolmente limosa di colore marrone con screziature nerastre, con inclusi ghiaiosi medio fini.				2.10 SPT1	2.00	2.00	3.3	6-8-12			
4	3.90	1.20		Limo argilloso di colore nocciola con screziature rossastre.							2.9				
5	5.10	1.50		Argilla debolmente limosa di colore marrone scuro fino a 5.9 m, poi marrone.				4.80 SH2			2.4				
6	6.60	0.90		Limo argilloso di colore nocciola con screziature avana.							3.3				
7	7.50	1.60		Argilla debolmente limosa di colore nocciola grigiastro, con livelli millimetrici sabbiosi giallo oca; presenza di ghiaia medio fine.							4.2				
8	9.10	3.80		Calcarente con clasti calcarei e silicei a grana medio fine subarrotondati; da 11.4 m presenza di livelli limoso argillosi nocciola grigiastri.							4.0				
9		17.10		Argilla marnosa di colore grigio, molto consistente, con livelli millimetrici e centimetrici di sabbia medio fine fino a 13.6 m; da 13.4 a 13.5 m presenza di un livello calcarenitico.							2.1				
10							30.0				3.8				
11											4.0				
12											3.1				
13											2.6				
14											2.0				
15											2.7				
16											5.0				
17											FS				
18											FS				
19											FS				
20											FS				

semplice

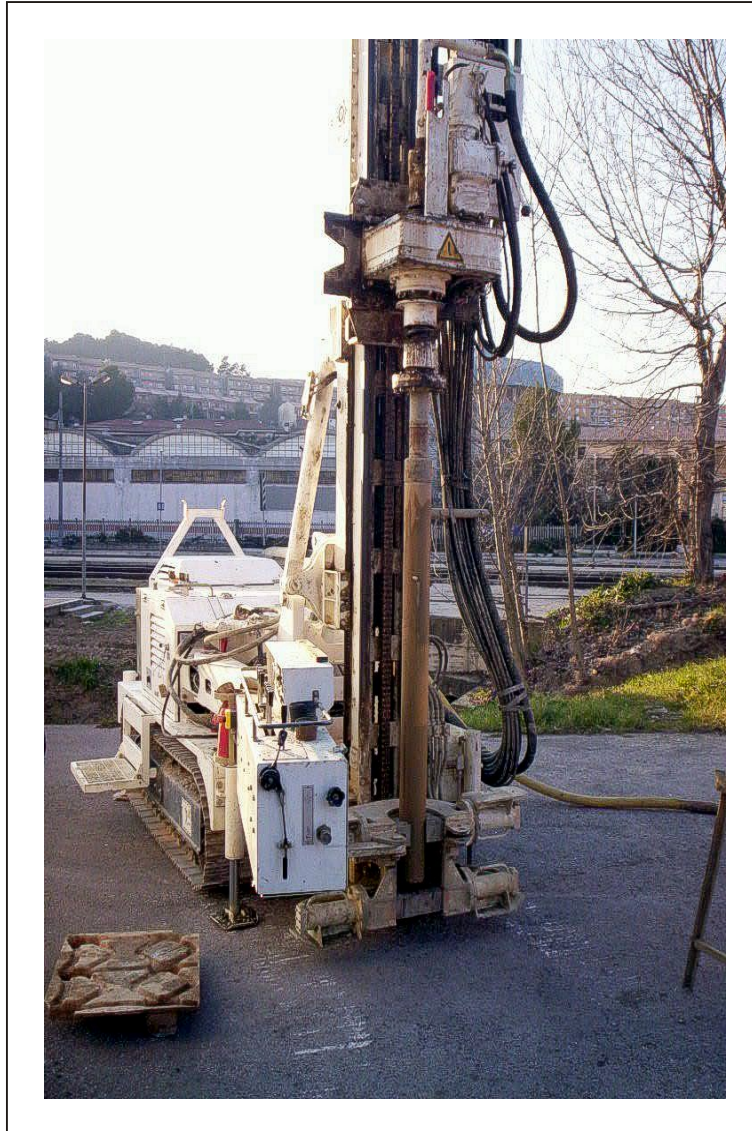


Committente Regione Marche Commessa 26 GPS-06
 Località Passo Varano (AN) Carotiere 101 mm
 Cantiere Edificio Protezione Civile Rivestimento 127 mm
 Data Inizio 13/02/06 Data Fine 15/02/06

SONDAGGIO **S2** SONDA
 ml **30.00** CMV MK 600 F
 Il geologo
Dott. Angelo Curatolo

Scala 1:100	Profondita'	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Data	Falda	Rivestimento	Campioni indisturbati	Campioni rimaneggiati	SPT	Pocket [Kg/cmq]	[m]	Piezometro	Tubo PVC 3"	Carotiere		
	21	17.10		Argilla marnosa di colore grigio, molto consistente, con livelli millimetrici e centimetrici di sabbia medio fine fino a 13.6 m; da 13.4 a 13.5 m presenza di un livello calcarenitico.			30.0				FS				semplice		
	22															FS	
	23																
	24																
	25																
	26																
	27																
	28																
	29																
	30																
	30.00																
	31																
	32																
	33																
	34																
	35																
	36																
	37																
	38																
	39																
	40																

+23.10
CR4
-23.60



Postazione Sondaggio **S2**
Cantiere: Passo Varano (AN)

Sondaggio **S2** - cassette catalogatrici
Cantiere: Passo Varano (AN)



Cassa n°1 da ml. 0.00 a ml. 5.00



Cassa n°2 da ml. 5.00 a ml. 10.00

Sondaggio **S2** - cassette catalogatrici
Cantiere: Passo Varano (AN)



Cassa n°3 da ml. 10.00 a ml. 15.00



Cassa n°4 da ml. 15.00 a ml. 20.00

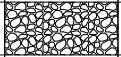
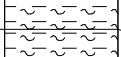

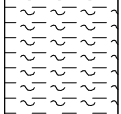

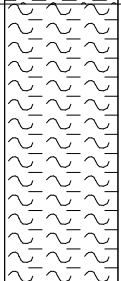

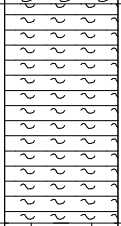

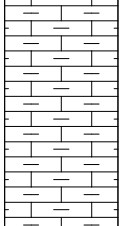

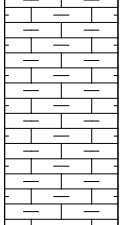

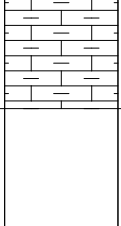

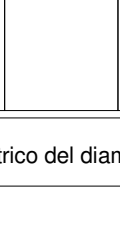



Sondaggio **S2** - cassette catalogatrici
Cantiere: Passo Varano (AN)



Cassa n°5 da ml. 20.00 a ml. 25.00



Cassa n°6 da ml. 25.00 a ml. 30.00

Scala 1:100	Profondita'	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Data	Falda	Rivestimento	Campioni indisturbati	Campioni rimaneggiati	SPT	Pocket [Kg/cmq]	[m]	Piezometro	Tubo PVC 3"	Carotiere
1	0.70	0.70		Stabilizzato stradale e massiciata costituita da ghiaia eterometrica (dim. max 10cm) subangolare.											
	1.10	0.40		Argilla debolmente limosa di colore grigio verdastro, con inclusi ghiaiosi medio fini.	02/03/06	1.00					2.6	2.0			
2		1.90		Argilla debolmente limosa di colore nocciola fino a 2.0 m, poi nocciola grigiastro.							2.6				
3	3.00			Limo argilloso di colore nocciola con screziature grigiastre, con livelli millimetrici e centimetrici di sabbia medio fine giallo ocra; presenza di concrezioni carbonatiche biancastre abbondanti tra 3.3 e 4.5 m, e noduli sabbiosi nocciola ocra.				2.50 SH1 3.10	3.00 SPT1 3.45	3.00 6-8-13 3.45	2.5 2.4				
4											1.8 1.3				
5		3.70									2.8 4.1				
6											3.3 3.8				
7	6.70			Argilla limosa debolmente marnosa di colore nocciola grigiastro, molto consistente, con sporadici livelli millimetrici di sabbia medio fine giallo ocra; presenza di concrezioni carbonatiche.				6.00 SPT2 6.45	6.00 15-49-41 6.45		FS FS FS				
8		2.90					16.5	8.50 SH2 9.00			FS FS				
9											FS				
10	9.60			Argilla marnosa di colore grigio, molto consistente, con livelli millimetrici di sabbia medio fine.							FS				
11											FS				
12		7.40									FS				
13											FS				
14											FS				
15											FS				
16											FS				
17	17.00							16.50 MZ3 17.00			FS				
18											FS				
19											FS				
20											FS				

Tubo piezometrico del diametro di 40 mm.



Postazione Sondaggio **S3**
Cantiere: Passo Varano (AN)

Sondaggio **S3** - cassette catalogatrici
Cantiere: Passo Varano (AN)



Cassa n°1 da ml. 0.00 a ml. 5.00



Cassa n°2 da ml. 5.00 a ml. 10.00

Sondaggio **S3** - cassette catalogatrici
 Cantiere: Passo Varano (AN)



Cassa n°3 da ml. 10.00 a ml. 15.00



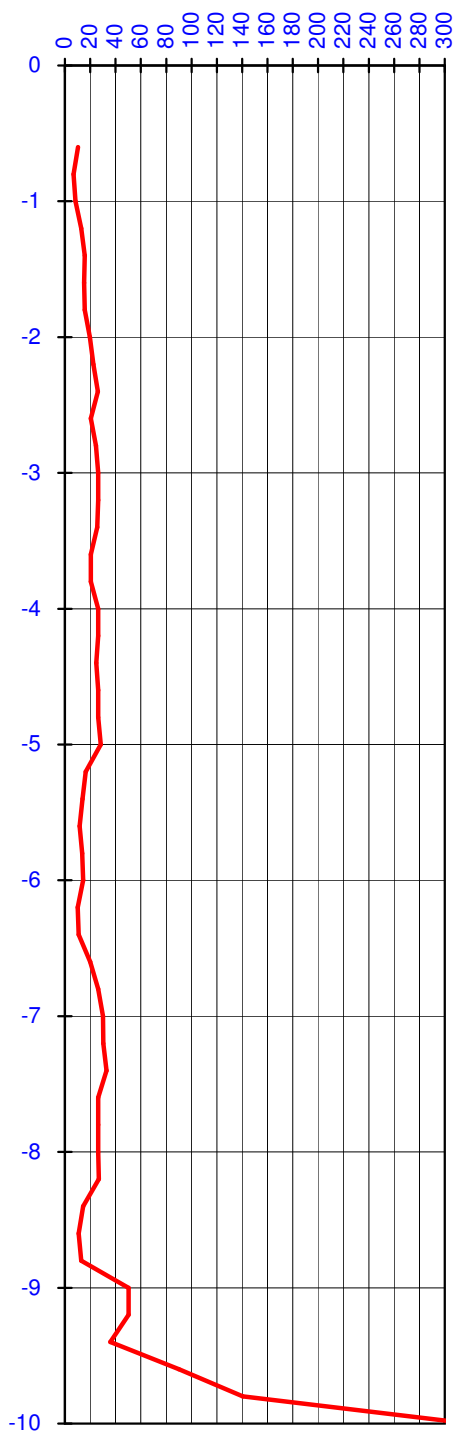
Cassa n°4 da ml. 15.00 a ml. 17.00

Commessa n.	26 GPS-06	Data	09/03/06
PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT			
Committente:	Regione Marche		
Cantiere:	Passo Varano		
Comune:	Ancona		
Prova n.	1	Del	02/03/06
Inizio a	-0,40	ml	
Fine a	-10,00	ml	
Q.ta falda	non rilev.		
<p>Attrezzatura di spinta: sonda penetrometrica Deep Drill SP 200 SM Tipologia di prova: CPT (Cone Penetration Test) con punta meccanica Begemann Standard di riferimento: ASTM D 3441-86 ; AGI Raccomandazioni 1977; ISSMFE Procedure di riferimento; DIN 4094</p>			
<p>Geometria punta: Diam. Di base del cono: 35,7 mm Angolo di apertura del cono : 60° Area di base del cono : 10 cm² Diam. Del manicotto d'attrito: 36,0 mm Area laterale del manicotto: 150 cm²</p>		<p>Legenda: Q_c: Resistenza alla punta (Kg/cm²) R_t : Resistenza tot. Punta+manicotto (Kg/cm²) F_s: Resistenza laterale specifica (Kg/cm²) Q_c/F_s: Rapporto di interpretazione stratigrafica Responsabile: Dott. Geol. Paolo Spallacci</p>	

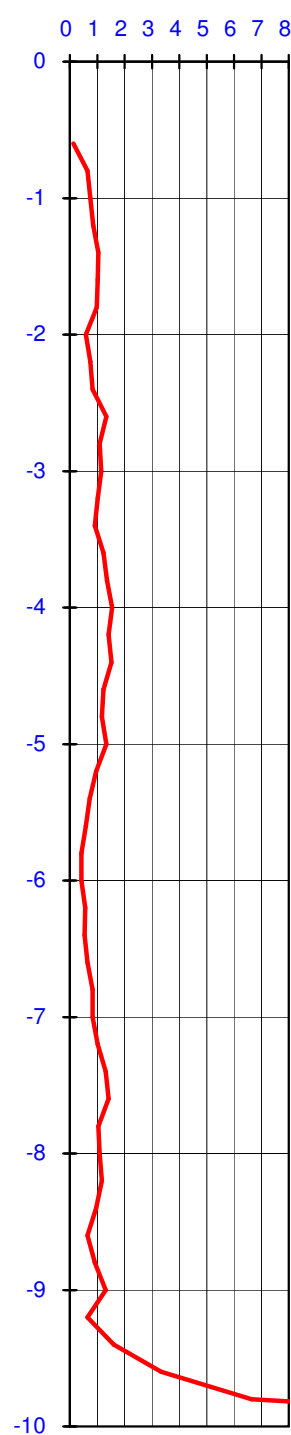
Prof.	Qc	Rt	Fs	Qc/Fs
m	Kg/cmq	Kg/cmq	Kg/cmq	
-0,2				
-0,4				
-0,6	10	12	0,13	78,00
-0,8	7	16	0,64	10,63
-1,0	8	20	0,75	11,25
-1,2	13	26	0,85	15,00
-1,4	16	31	1,04	15,00
-1,6	15	30	1,01	15,00
-1,8	16	30	0,99	15,81
-2,0	20	28	0,59	33,41
-2,2	22	34	0,75	30,00
-2,4	26	38	0,83	31,45
-2,6	20	40	1,33	15,30
-2,8	24	41	1,09	22,32
-3,0	26	44	1,15	23,02
-3,2	26	42	1,01	26,05
-3,4	26	39	0,91	28,24
-3,6	20	39	1,23	16,63
-3,8	20	41	1,36	15,00
-4,0	26	50	1,55	17,07
-4,2	26	48	1,41	18,68
-4,4	25	48	1,52	16,32
-4,6	26	45	1,23	21,52
-4,8	26	44	1,17	22,50
-5,0	28	48	1,33	21,30

Prof.	Qc	Rt	Fs	Qc/Fs
m	Kg/cmq	Kg/cmq	Kg/cmq	
-5,2	16	31	0,96	17,08
-5,4	14	25	0,72	19,44
-5,6	12	20	0,59	19,77
-5,8	14	20	0,43	31,88
-6,0	14	21	0,43	33,75
-6,2	10	18	0,56	17,86
-6,4	11	19	0,53	20,25
-6,6	20	30	0,64	31,25
-6,8	26	39	0,83	31,94
-7,0	30	42	0,83	36,29
-7,2	30	46	1,01	30,00
-7,4	33	52	1,31	25,10
-7,6	26	48	1,41	18,68
-7,8	26	42	1,04	25,38
-8,0	26	43	1,09	24,15
-8,2	27	44	1,17	22,84
-8,4	14	29	0,96	15,00
-8,6	11	20	0,64	16,88
-8,8	13	26	0,91	14,12
-9,0	50	70	1,31	38,57
-9,2	50	60	0,64	78,75
-9,4	36	60	1,60	22,50
-9,6	90	140	3,33	27,00
-9,8	140	240	6,64	21,14
-10,0	>300			

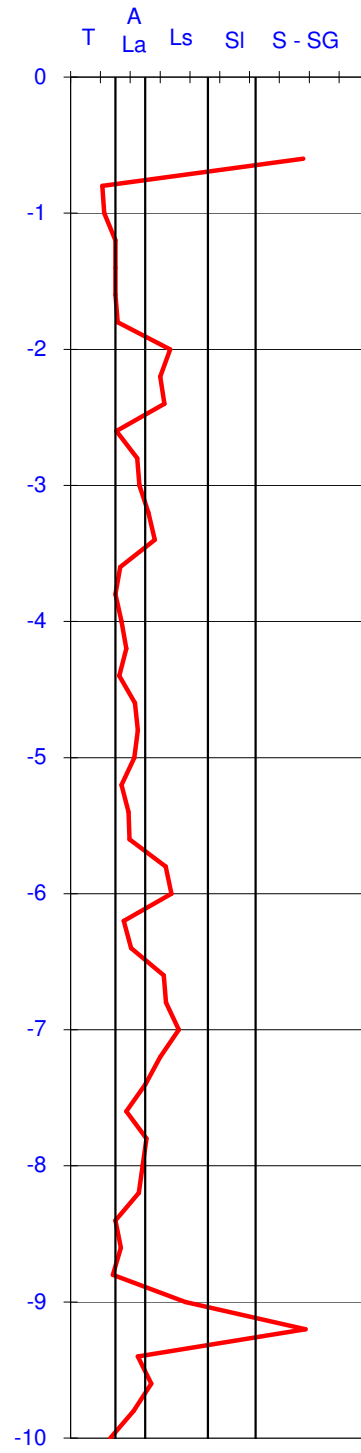
Qc (Kg/cmq)



Fs (Kg/cmq)



Qc/Fs



**ALLEGATI
INDAGINI GEOFISICHE**

*** MODULI ELASTICI DINAMICI***

Linea Sismica ST1

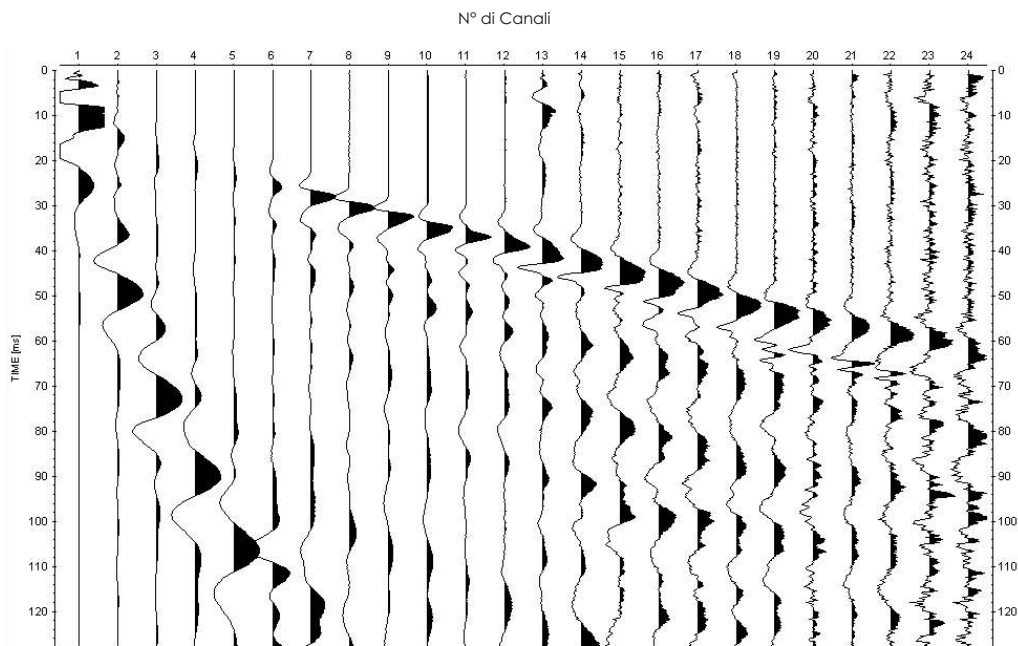
N° Intervallo	Range di valori min e max	γ	Vp	Vs	Vp/Vs	E_0	G	σ
1	min	1800	750	180	4,17	1,714E+08	5,832E+07	0,4694
	max	1800	800	200	4,00	2,112E+08	7,200E+07	0,4667
2	min	1900	1600	350	4,57	6,866E+08	2,328E+08	0,4749
	max	1900	1650	400	4,13	8,930E+08	3,040E+08	0,4688
3	min	2000	2100	650	3,23	2,445E+09	8,450E+08	0,4470
	max	2000	2200	650	3,38	2,454E+09	8,450E+08	0,4522
4	min	2000	2600	850	3,06	4,162E+09	1,445E+09	0,4402
	max	2000	2700	900	3,00	4,658E+09	1,620E+09	0,4375

*** γ Kg/m³ - Velocità m/sec - Moduli N/m² ***

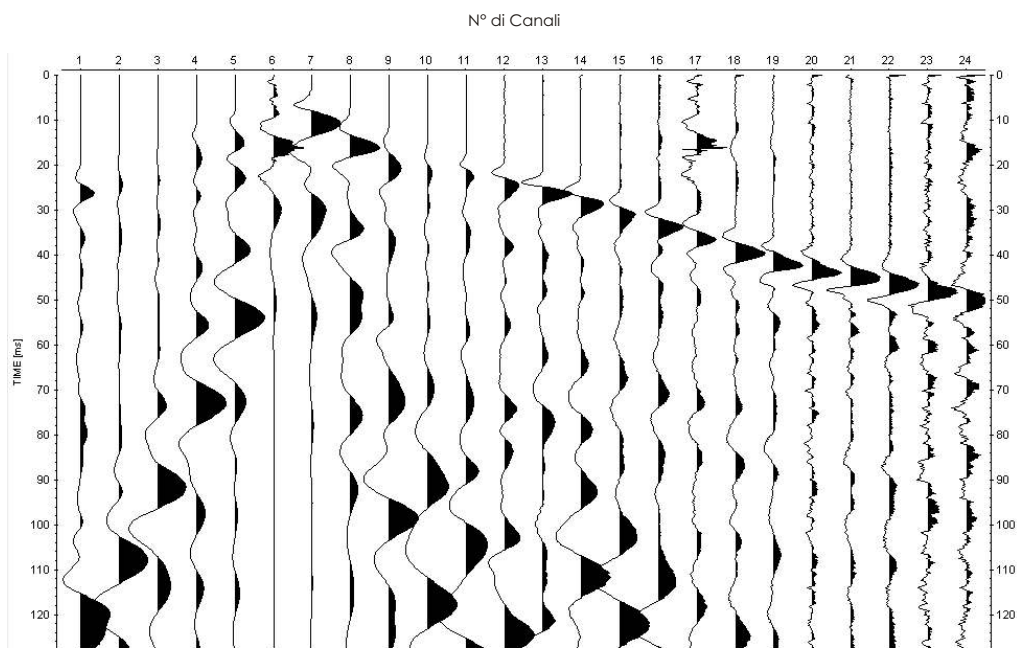
Down-Hole DH2

*** MODULI ELASTICI DINAMICI***							
<i>Int.</i>	γ	V_p	V_s	V_p/V_s	E_0	G	σ
<i>0-1,5 m</i>	1800	360	190	1,89	1,699E+08	6,498E+07	0,3070
<i>1,5-3,5 m</i>	1900	950	340	2,79	6,267E+08	2,196E+08	0,4265
<i>3,5-9,5 m</i>	1900	1600	380	4,21	8,067E+08	2,744E+08	0,4701
<i>9,5-11,5 m</i>	2000	2300	900	2,56	4,567E+09	1,620E+09	0,4096
<i>11,5-30 m</i>	2000	2200	650	3,38	2,454E+09	8,450E+08	0,4522
*** γ Kg/m ³ - Velocità m/sec - Moduli N/m ² ***							

ESEMPI DI SISMOGRAMMI - LINEA ST1

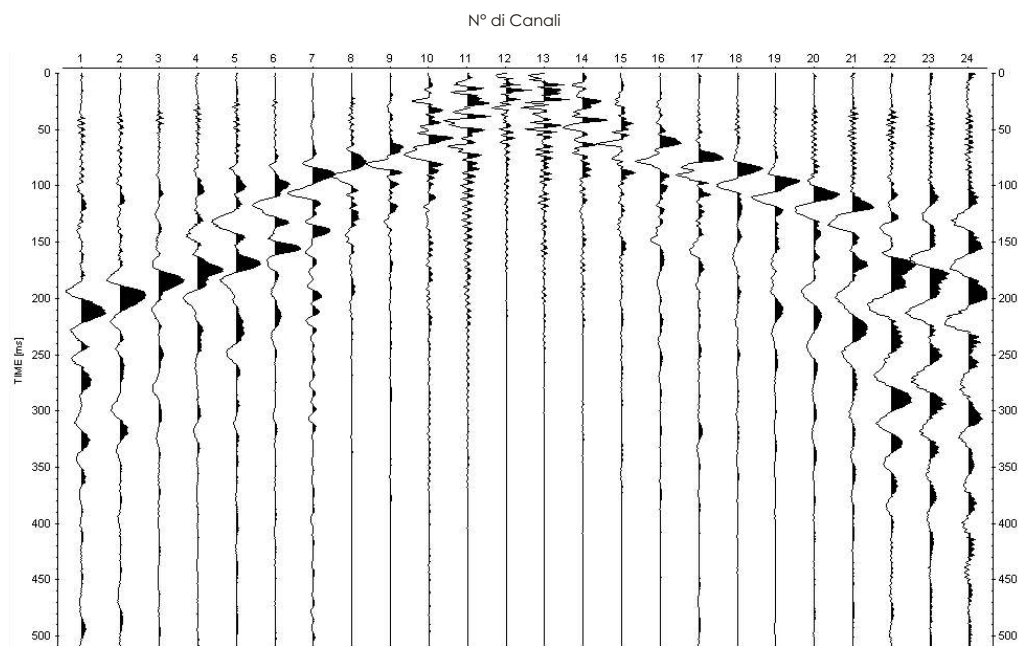


Shot A - Onde P

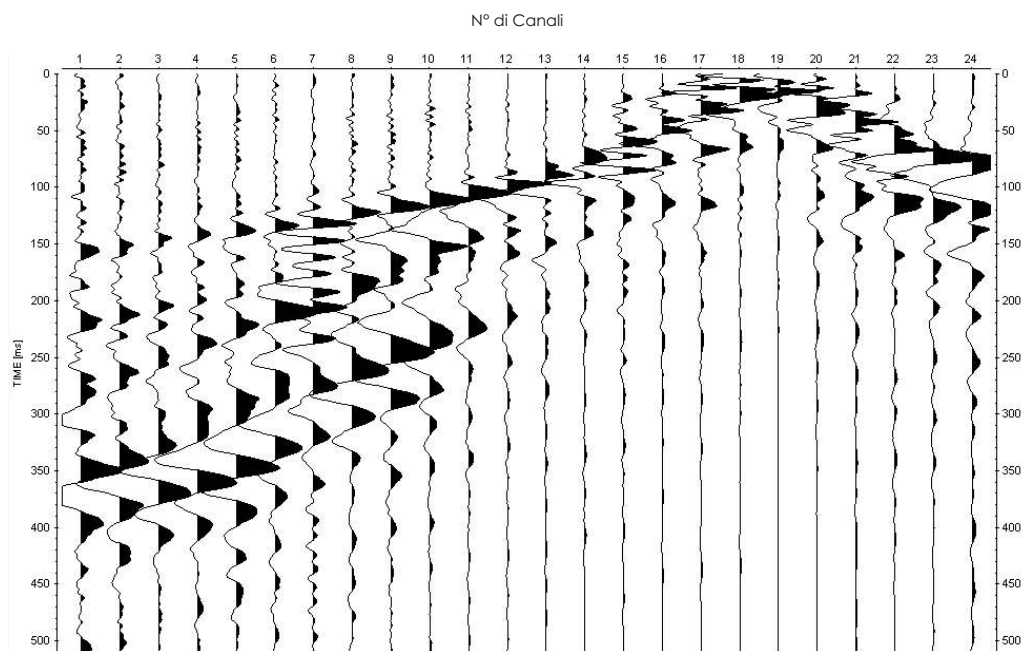


Shot D1 - Onde P

ESEMPI DI SISMOGRAMMI - LINEA ST1

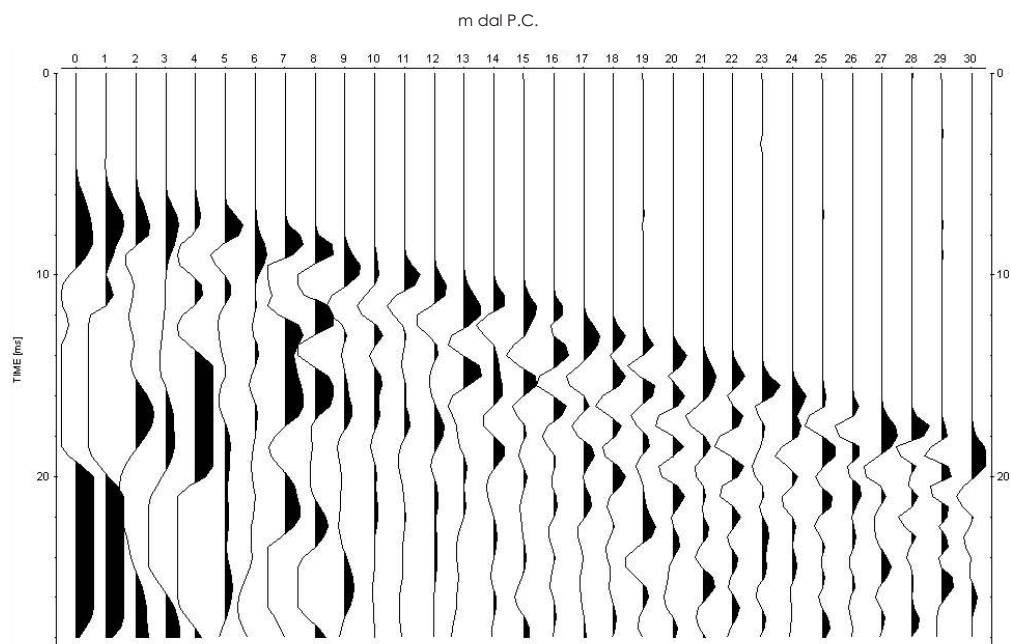


Shot D1 - Onde SH

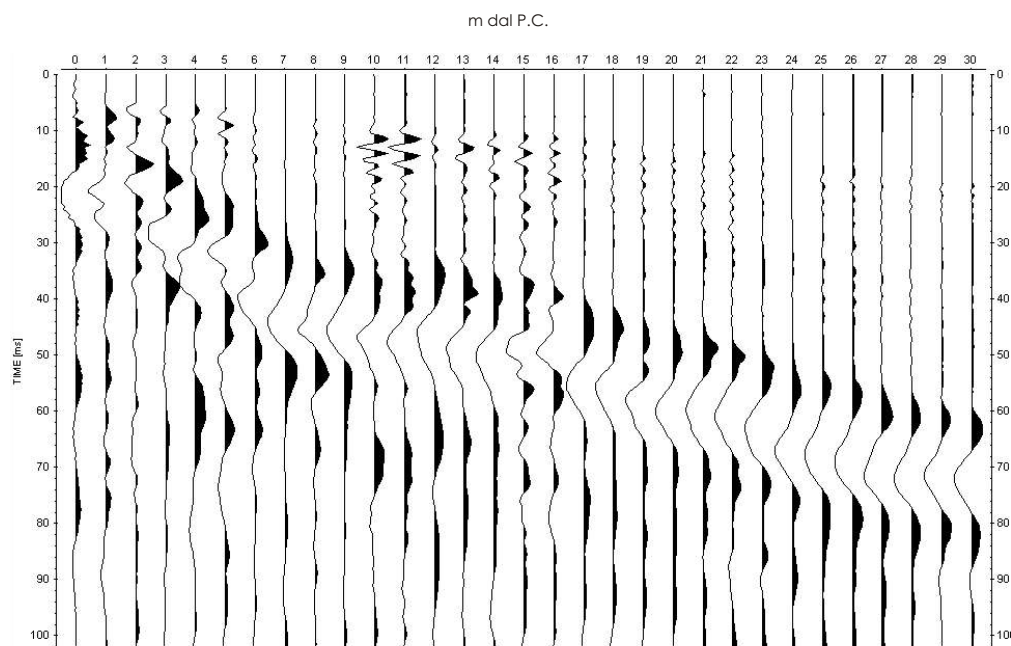


Shot B - Onde SH

SISMOGRAMMI - DH2

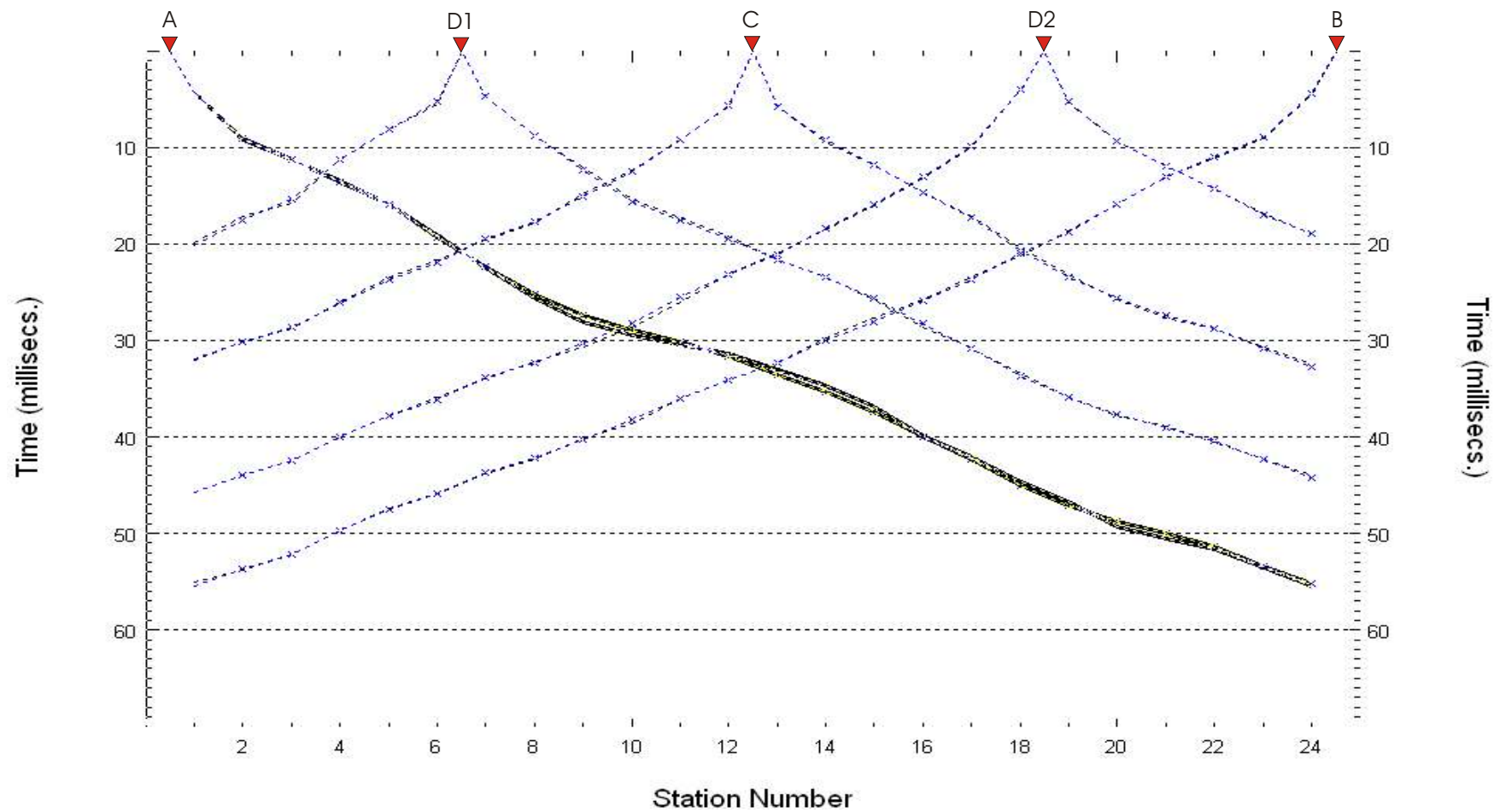


Onde P



Onde SH

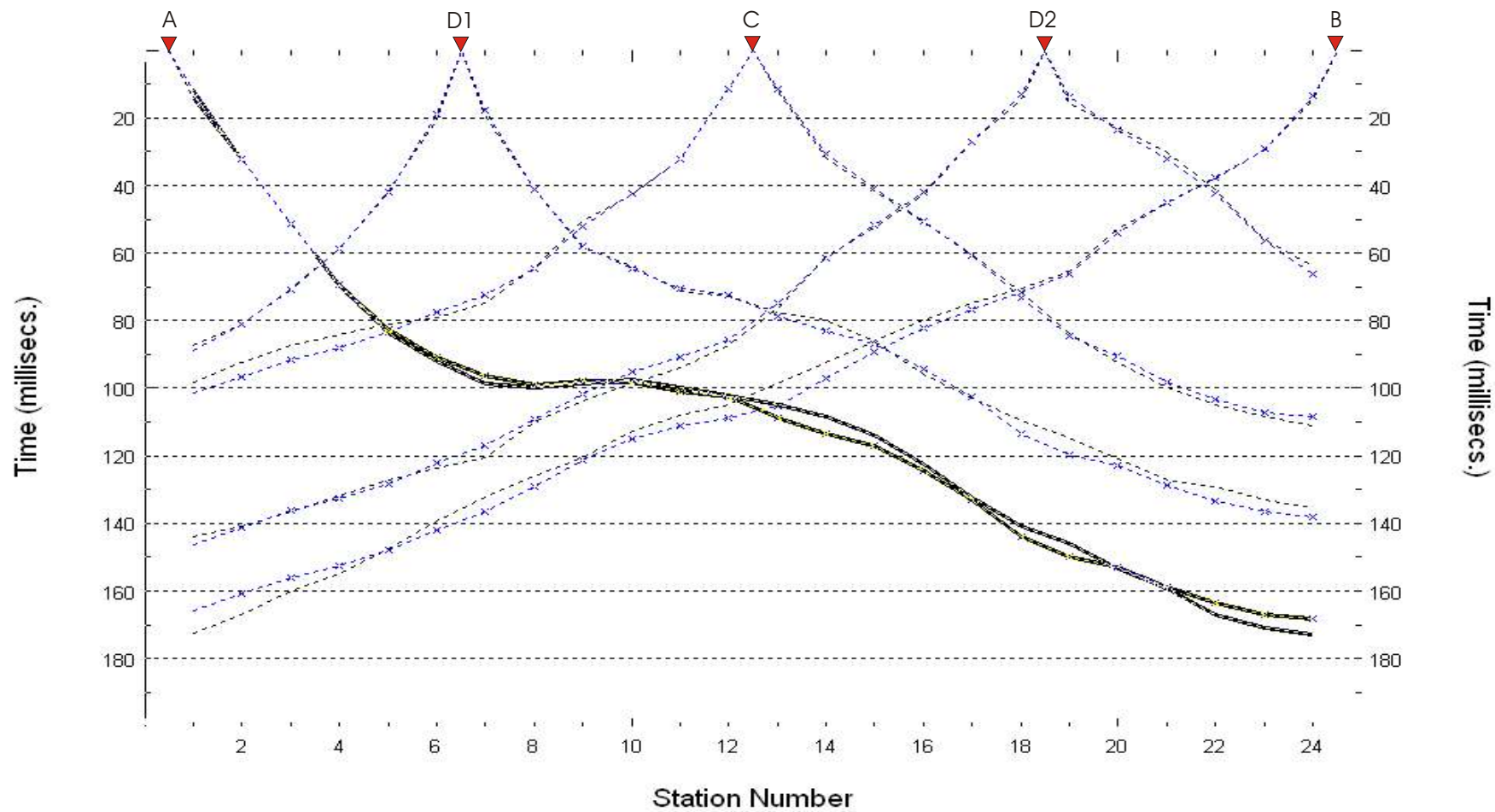
Dromocrona ST1 - Onde P



LEGENDA:

- Dromocrona reale
- +-+-+-+ Dromocrona sintetica

Dromocrona ST1 - Onde SH



LEGENDA:

- Dromocrona reale
- Dromocrona sintetica

ALLEGATI
PROVE GEOTECNICHE DI
LABORATORIO



Università degli Studi di Firenze

Dipartimento di Ingegneria Civile – Sezione Geotecnica

CONVENZIONE TRA LA METHODO S.R.L. E IL DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE DELL'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE PER LA “DETERMINAZIONE SPERIMENTALE DELLE PROPRIETÀ DINAMICHE E CARATTERIZZAZIONE FISICA E MECCANICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE DI UN EDIFICIO POSTO IN LOCALITÀ ANCONA-PASSO VARANO”

RELAZIONE FINALE

RISULTATI ED INTERPRETAZIONE DELLE PROVE DI LABORATORIO

RESPONSABILE DELLA CONVENZIONE

Prof. Ing. Claudia Madaia

COLLABORATORI

Dott. Ing. Johann Facciorusso, Dott. Ing. Giacomo Simoni
Dott. Ing. Roberto Bardotti

Maggio 2006

INDICE

1	INTRODUZIONE	2
2	PROVE DI LABORATORIO	2
2.1	Prove statiche.....	5
2.2	Prove dinamiche e cicliche	8
	A) Modulo di taglio iniziale G_0	8
	B) Relazione $G/G_0 - \gamma$	10
	C) Rapporto di smorzamento iniziale D_0	14
	D) Relazione $D-\gamma$	14
	E) Soglie di deformazione elastica e volumetrica	15
3	Parametri dinamici per la modellazione della RSL e dell'interazione dinamica terreno-struttura	15

Simbologia

c_c : indice di compressione	T.V.: scissometro tascabile
c_s : indice di rigonfiamento	w: contenuto naturale d'acqua
D_0 : rapporto di smorzamento iniziale	w_L : limite di liquidità
D: rapporto di smorzamento	w_p : limite di plasticità
D_{max} : rapporto di smorzamento massimo	z: profondità media di prelievo del campione
e: indice dei vuoti	z_w : profondità della falda
e_0 : indice dei vuoti iniziale	γ : peso dell'unità di volume totale
G: modulo di taglio	γ : ampiezza della deformazione di taglio
G_0 : modulo di taglio iniziale	γ_s : peso di volume dei solidi
G_s : peso specifico dei grani	σ'_c : tensione efficace di consolidazione (isotropa) in laboratorio
K_0 : coefficiente di spinta a riposo	σ'_{vo} : tensione verticale efficace in sito
I_c : indice di consistenza	σ'_p : pressione verticale di consolidazione in sito
IP: indice di plasticità	σ'_0 : tensione media efficace di confinamento in sito
OCR: grado di sovraconsolidazione	ρ : densità
P.P.: penetrometro tascabile	
q_u : resistenza a compressione semplice	
R^2 : coefficiente di determinazione	
S_r : grado di saturazione	

1 INTRODUZIONE

Con la Convenzione stipulata in data 10 Aprile 2006, la Methodo s.r.l. di Castelferretti di Falconara M. (AN), ha affidato al Dipartimento di Ingegneria Civile (DIC) dell'Università di Firenze l'incarico per la determinazione sperimentale delle proprietà dinamiche e la caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni di fondazione di un edificio posto in Località Ancona – Passo Varano. Nell'incarico sono previste l'esecuzione, l'analisi e l'interpretazione di prove di laboratorio su due campioni indisturbati di terreno, comprendenti prove di identificazione e di classificazione, e prove per la determinazione della compressibilità e delle leggi di variazione del modulo di taglio e del rapporto di smorzamento con la deformazione di taglio.

Le attività affidate al DIC sono state completamente svolte; come stabilito dall'art. 4 della Convenzione, la presente Relazione Finale contiene una sintesi ed un'analisi critica dei risultati delle prove di laboratorio eseguite, riportati più in dettaglio nei rapporti di prova allegati.

2 PROVE DI LABORATORIO

Nell'ambito della Convenzione cui si riferisce la presente Relazione Finale, sono pervenuti al Laboratorio Geotecnico del DIC in data 8 marzo 2006, per essere sottoposti a prove di laboratorio, due campioni indisturbati, denominati rispettivamente S2C2 e S3C2, provenienti rispettivamente dai sondaggi S2 e S3.

Com'è noto, scopo principale delle prove geotecniche di laboratorio per la verifica e la progettazione antisismica delle strutture è quello di caratterizzare i terreni dal punto di vista meccanico, determinandone i parametri utili a definirne il comportamento sia in campo statico sia in presenza di sollecitazioni dinamiche e cicliche.

In particolare, la conoscenza della rigidità e delle capacità dissipative del terreno (espressi rispettivamente dal modulo di taglio, G , e dal rapporto di smorzamento, D) è fondamentale per la definizione dei modelli numerici che vengono di norma impiegati per le analisi della risposta sismica locale e dell'interazione dinamica terreno-struttura. Nella determinazione di tali parametri è necessario che le prove di laboratorio siano condotte in condizioni di sforzo e deformazione rappresentative delle condizioni in sito, assumendo cioè valori della pressione di confinamento media efficace di prova, σ'_c , prossimi a quelli in sito e indagando il campo di deformazioni che possono essere indotte dall'azione

sismica di riferimento. All'aumentare dell'entità dell'azione sismica, ovvero delle deformazioni da essa indotte, infatti, il comportamento dei terreni diventa via via più complesso, passando attraverso tre differenti domini: dominio elastico, dominio isteretico stabile (denominato anche “elastico non lineare”) e dominio isteretico instabile. In corrispondenza di quest'ultimo, il terreno, sotto l'azione sismica, può anche pervenire a collasso o dare luogo a cedimenti elevati.

I tre domini, all'interno dei quali il terreno è caratterizzato da rigidità e capacità smorzanti nettamente diversi, sono separati tra loro da due soglie di deformazione denominate rispettivamente soglia elastica, γ_1 , e soglia volumetrica, γ_v . In particolare, la soglia volumetrica rappresenta il limite della deformazione oltre la quale, nei terreni saturi, si sviluppano significativi incrementi delle pressioni interstiziali, con conseguenti importanti riduzioni della rigidità e della resistenza.

Per il livello di sismicità che caratterizza l'Italia Centrale, ed in particolare la zona di Ancona, in cui ricade l'area su cui insiste l'edificio in esame, può essere sufficiente indagare il comportamento del terreno nel dominio elastico ed elastico-non lineare, cioè a bassi e medi livelli di deformazione. Tuttavia, in generale, è comunque di notevole interesse applicativo spingere le prove dinamiche di laboratorio a livelli deformativi anche abbastanza elevati per misurare l'entità della soglia volumetrica, in modo da poter verificare, mediante opportune analisi numeriche della risposta sismica locale, se le deformazioni indotte dall'azione sismica di riferimento, possono superare o meno tale valore. Per il raggiungimento degli obiettivi sopra descritti, il piano di prove geotecniche condotte dal DIC sui due campioni provenienti dai terreni di fondazione dell'edificio posto in Ancona - località Passo Varano - ha compreso i seguenti principali tipi di prove:

- a) prove indici (misure del peso di volume, del contenuto d'acqua naturale, determinazione dei limiti di Atterberg);
- b) prove edometriche a incrementi di carico condotte con modalità standard, al fine di determinare il grado di sovraconsolidazione, i parametri di compressibilità e consolidazione edometrica e gli effetti viscosi a lungo termine;
- c) prove dinamiche e cicliche con l'apparecchio di colonna risonante (RC), per la misura dei seguenti parametri dinamici:
 - valori iniziali del modulo di taglio, G_0 , e del rapporto di smorzamento, D_0 , e delle loro variazioni con la pressione efficace di confinamento e con l'indice dei vuoti;

- leggi di variazione, con l'ampiezza della deformazione, del modulo di taglio, $G(\gamma)$, e del rapporto di smorzamento, $D(\gamma)$;
- soglie di deformazione elastica, γ_l , e volumetrica, γ_v .

All'atto dell'apertura dei campioni sono state di volta in volta stabilite le prove di laboratorio più idonee da effettuare su ciascuno di essi, in base alla natura del materiale costituente.

La profondità media di estrazione dei campioni e il tipo di prove condotte su ciascuno di essi sono riportati nella Tabella 1, nella quale è indicata anche la profondità della falda (comunicata dalla ditta Methodo).

Tabella 1 – Informazioni relative ai due campioni e prove effettuate

Sondaggio	Prof. max [m]	Prof. falda [m]	Camp.	profondità prelievo [m]	Class.	EDO	RC
S2	20	1	C2	4.90-5.50	X	X	X
S3	17	1	C2	8.50-9.00	X	X	X

La prova di colonna risonante effettuata sul provino appartenente al campione S2C2 ha previsto una fase iniziale di saturazione e successiva consolidazione (*Fase 1*) con un valore di tensione σ'_c molto minore della tensione litostatica efficace verticale in sito e una successiva fase di consolidazione (*Fase 2*) con un valore della tensione di consolidazione σ'_c di poco superiore alla tensione litostatica efficace verticale in sito. Al termine delle due fasi appena descritte sono state effettuate misure di G_0 e D_0 . Dopo la Fase 2, ovvero a consolidazione primaria avvenuta, sono state effettuate misure di G e di D per valori crescenti dell'ampiezza della deformazione di taglio fino al valore massimo consentito dall'apparecchiatura (*Fase 3*).

Sul provino S3C2, costituito da materiale molto consistente, non è stato invece ritenuto opportuno realizzare la prima fase di saturazione, che avrebbe richiesto l'applicazione di valori molto elevati di contropressione per un lungo intervallo di tempo. Ciò avrebbe comportato una significativa alterazione delle caratteristiche meccaniche del provino, rendendo poco rappresentativi delle condizioni in sito i risultati successivamente ottenuti dalla prova RC. Per questo motivo, sul campione S3C2 la prova RC è stata eseguita con contropressione nulla e drenaggio impedito. In tali condizioni sono state effettuate misure

del modulo di taglio e del rapporto di smorzamento iniziali per tre differenti valori della pressione di cella σ_c , di cui uno inferiore (*Fase 1*), uno circa uguale (*Fase 2*) e uno superiore (*Fase 3*) al valore della pressione verticale efficace in sito. In corrispondenza di quest'ultimo valore della pressione di confinamento sono state poi effettuate le misure di G e di D per valori crescenti dell'ampiezza della deformazione di taglio fino al valore massimo consentito dall'apparecchiatura (*Fase 4*).

Tutte le prove sono state condotte secondo procedure standardizzate, in conformità con le indicazioni contenute in norme tecniche e raccomandazioni esistenti per l'esecuzione delle indagini geotecniche, come specificato in dettaglio nel "Rapporto tecnico finale del laboratorio" allegato alla presente relazione.

Nei paragrafi che seguono vengono riassunti e commentati i principali risultati ottenuti dalle analisi effettuate sui due campioni.

2.1 Prove statiche

Sulla base della stratigrafia fornita dalla ditta Methodo, il campione S2C2 risulta appartenente ad una successione stratigrafica costituita per i primi 9m di profondità dal p.c. da materiali a grana fine (argille debolmente limose e limi argillosi), sovrastanti uno strato dello spessore di circa 4m di calcareniti, con inclusi livelli limoso argillosi riscontrati a partire dalla profondità di 11.4m. Oltre i 12.90m di profondità e fino a fondo foro (20m) è stata rilevata, nel sondaggio S2 la presenza di un substrato costituito da argilla marnosa molto consistente.

La successione stratigrafica fornita dalla ditta Methodo in corrispondenza del sondaggio S3, risulta costituita da argille debolmente limose e limo argilloso fino a 6.7m di profondità dal p.c.; al di sotto di questi fino alla profondità di 9.6m è presente uno strato di argilla debolmente marnosa, molto consistente. A partire dai 9.6m di profondità e fino a fondo foro (17m) è stato rilevato un substrato di argilla marnosa, molto consistente.

La falda è stata segnalata alla profondità di 1m dal p.c.

Dall'esame visivo effettuato all'apertura delle fustelle, i due campioni possono essere così descritti:

Campione S2C2 (lunghezza 45 cm): limo argilloso di colore nocciola, passante a marrone scuro nella parte bassa (circa 6cm), da poco consistente a consistente con presenza diffusa di piccole concrezioni calcaree. La parte medio alta del campione si presenta molto molle.

Campione S3C2 (lunghezza 53 cm): Argilla limosa debolmente marnosa di colore grigio e nocciola, molto consistente. Il campione contiene qualche livelletto di sabbia fine di colore ocra e di elementi lapidei millimetrici di natura prevalentemente calcarea.

Nella Figura 1 sono riportati, sulla carta di plasticità adottata nel sistema unificato (USCS), i punti sperimentali relativi ai due campioni. Come si può osservare, i due punti sono praticamente coincidenti; entrambi i materiali sono classificabili come CL.

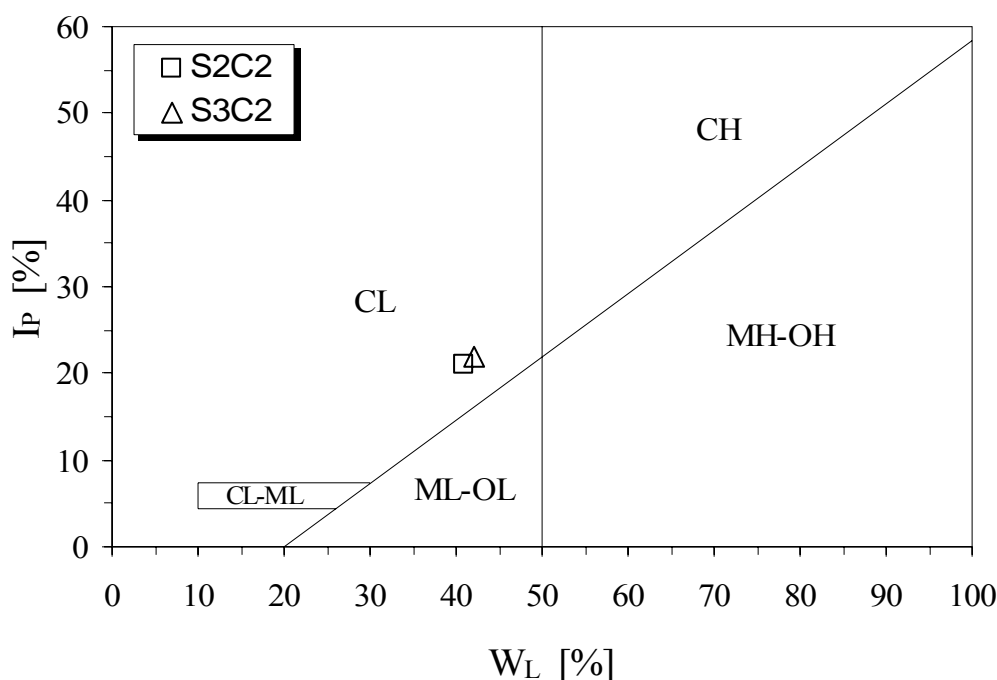


Figura 1 - Carta di plasticità del Sistema USCS e punti sperimentali dei due campioni analizzati

Le proprietà indici, i parametri fisici e i parametri di deformabilità relativi ai due campioni analizzati sono sintetizzati nella Tabella 2. In base al valore dell'indice di plasticità, rispettivamente pari a 21% (S2C2) e 22% (S3C2) la matrice fine dei due campioni può essere definita plastica ($15\% < IP < 40\%$).

Per quanto riguarda il contenuto naturale in acqua, w , è da osservare (v. certificati allegati) che, per entrambi i campioni, i valori misurati in corrispondenza della parte alta sono leggermente superiori a quelli rilevati sulla parte bassa, probabilmente a causa dell'utilizzo di acqua nel corso delle operazioni di perforazione. I valori di w relativi al campione S2C2 sono superiori a quelli del campione S3C2, cosicché l'indice di consistenza dei due campioni risulta significativamente diverso, pari rispettivamente a 0.38-0.72 per il campione S2C2 (di consistenza da molle-plastica a plastica) e a 0.87-1.02 per il campione

S3C2 (di consistenza da solido-plastica a semisolida). La differenza tra i due campioni in termini di consistenza è ben evidenziata anche dai valori della resistenza misurata con il pocket penetrometer, che nel caso del campione S3C2 risulta molto maggiore.

Nella Figura 2 sono riportate le curve edometriche dei due campioni. Tali curve evidenziano che il campione S2C2 è costituito da materiale poco sovraconsolidato ($OCR \cong 2-2.5$) e il campione S3C2 da materiale moderatamente sovraconsolidato ($OCR \cong 3.5-4$). Entrambi i terreni sono poco compressibili; per il campione S2C2 il rapporto c_s/c_c è pari a 0.15 e ricade nell'intervallo dei valori ricorrenti in letteratura, mentre per il campione S3C2 il rapporto c_s/c_c è pari a 0.34 (superiore al range dei valori ricorrenti in letteratura) ed evidenzia la tendenza al rigonfiamento del materiale.

Tabella 2 - Proprietà indici e principali parametri geotecnici dei due campioni analizzati

	S2C2	S3C2
z [m]	4.90-5.50	8.50-9.00
z_w [m]	1	
γ [kN/m³]	19.24	20.26
γ_s [kN/m³]	26.55	26.67
w_L [%]	41	42
w_P [%]	20	20
IP [%]	21	22
w [%]	25.9-33.0	19.5-22.8
I_c	0.38-0.72	0.87-1.02
e_o	0.717	0.588
c_c	0.21	0.16
c_s	0.031	0.055
P.P. [kPa]	30 – 50 (A) 105 – 125 (B)	255 – 275 (A) 440 – 500 (B)
S_r * [%]	96	94
σ' vo [kPa]	60	95
K_o **	0.77	0.95
OCR	2- 2.5	3.5-4

** $S_r = wG_s/e_0$ * $K_0(NC)=0.44+0.42 \cdot IP/100$; per $OCR > 1$: $K_0(OC) = K_0(NC) \cdot OCR^\alpha$, $\alpha = 0.42$

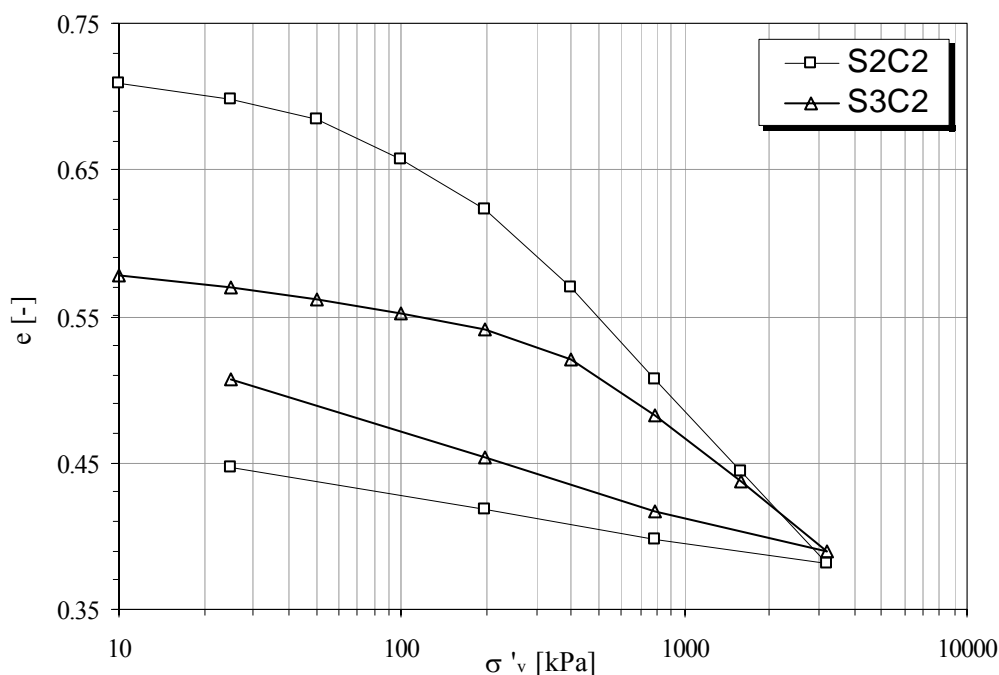


Figura 2 – Curve edometriche dei due campioni analizzati

2.2 Prove dinamiche e cicliche

Per caratterizzare il comportamento del terreno in presenza di azioni dinamiche e cicliche e per determinare i parametri dinamici richiesti dai codici di calcolo comunemente impiegati nelle analisi della Risposta Sismica Locale (RSL) e dell'interazione dinamica terreno-struttura sono state effettuate sui campioni pervenuti al Laboratorio Geotecnico del DIC prove multistage con l'apparecchiatura di colonna risonante (RC). I risultati ottenuti sono sintetizzati e commentati nei paragrafi seguenti.

A) Modulo di taglio iniziale G_0

A.1 Variazione di G_0 con la pressione di confinamento σ'_0 e con l'indice dei vuoti e

Come evidenziato nel paragrafo 2, l'obiettivo delle prove multistage è quello di studiare la variazione di G_0 al variare della pressione di consolidazione in laboratorio, σ'_c (per poterne prevedere l'andamento al variare della pressione di confinamento in sito, σ'_0), ed eventualmente al variare dell'indice dei vuoti, e . In particolare, nel caso del campione S2C2 i valori di G_0 sono stati misurati in corrispondenza di due diversi valori della pressione efficace di consolidazione (v. par. 2), mentre per il campione S3C2 sono state

effettuate misure del modulo di taglio iniziale per tre differenti valori della pressione di cella σ_c (v. par. 2).

La variazione di G_0 al variare dell'indice dei vuoti è stata invece determinata solo nel caso del campione S2C2, in quanto le modalità di prova adottate per il campione S3C2 (che come già detto nel paragrafo 2, essendo particolarmente consistente, è stato analizzato senza preventiva saturazione) non consentono la misura dell'indice dei vuoti.

Nella Tabella 3 sono riportati i dati sperimentali di G_0 in funzione della pressione efficace di consolidazione, σ'_c , e dell'indice dei vuoti, e , relativi ai due campioni esaminati. Nella Figura 3 sono rappresentati graficamente, per i due campioni, i punti sperimentali di G_0 in funzione della pressione di pressione efficace di consolidazione. Nel caso del campione S3C2 è proposta anche una legge di variazione di G_0 al variare della pressione di confinamento in sito, che tuttavia, essendo stata determinata sulla base di un numero molto esiguo di misure sperimentali (3) è da ritenersi di limitata affidabilità e, ovviamente, applicabile solo allo strato di provenienza del campione.

Tabella 3 - Valori sperimentali di G_0 in funzione di σ'_c ed e per i due campioni analizzati

Campione	S2C2		S3C2		
	1	2	1	2	3
G_0 [MPa]	18.7	50.8	28.2	47.3	64.8
σ'_c [MPa]	0.013	0.080	0.050	0.100	0.200
e	0.798	0.727	-	-	-

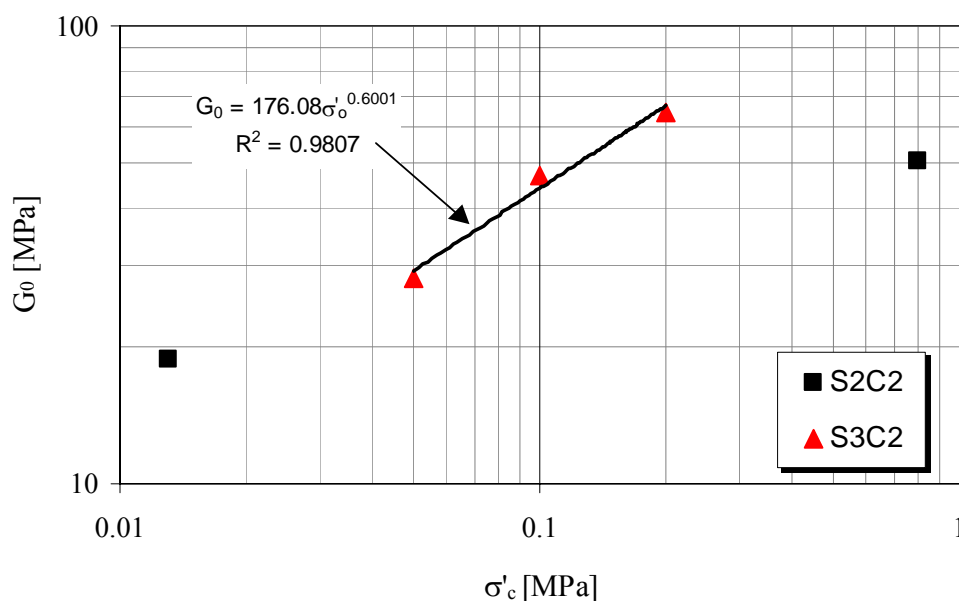


Figura 3 - Dati sperimentali $G_0 - \sigma'_c$ per i due campioni analizzati

B) Relazione $G/G_0 - \gamma$

I risultati sperimentali della relazione $G(\gamma)$ sono riportati nell'Allegato. Per la definizione di una funzione continua di G al variare di γ , utile ad esempio per la definizione di un modello numerico, è stato adattato ai risultati sperimentali il modello iperbolico di Hardin e Drnevich, nella forma modificata da Yokota et al.¹, definito dalla seguente espressione:

$$\frac{G}{G_0} = \frac{1}{1 + \alpha \cdot \gamma^\beta} \quad (1)$$

I parametri α e β della relazione (1) sono stati determinati a partire dalle misure sperimentali mediante regressioni lineari su variabili logaritmiche e valgono rispettivamente:

$$\alpha = 12.253; \beta = 0.965 \quad (R^2 = 0.982) \quad \text{per il campione S2C2}$$

$$\alpha = 16.851; \beta = 0.988 \quad (R^2 = 0.979) \quad \text{per il campione S3C2}$$

Le curve di decadimento del modulo di taglio normalizzato ottenute per i due campioni sono riportate nelle Figure 4a e 5a insieme ai punti sperimentali. Nella Figura 6a le curve $G(\gamma)/G_0$ sono riportate per confronto su uno stesso grafico e, come si può osservare, il loro

¹ Yokota K., Imai T., Konno M., 1981. *Dynamic deformation characteristics of soils determined by laboratory tests*. OYO Technical Report n. 3, pp. 13-37

andamento è molto simile, com'è lecito attendersi trattandosi di materiali a grana fine, provenienti dallo stesso sito e con valori dell'indice di plasticità poco diversi.

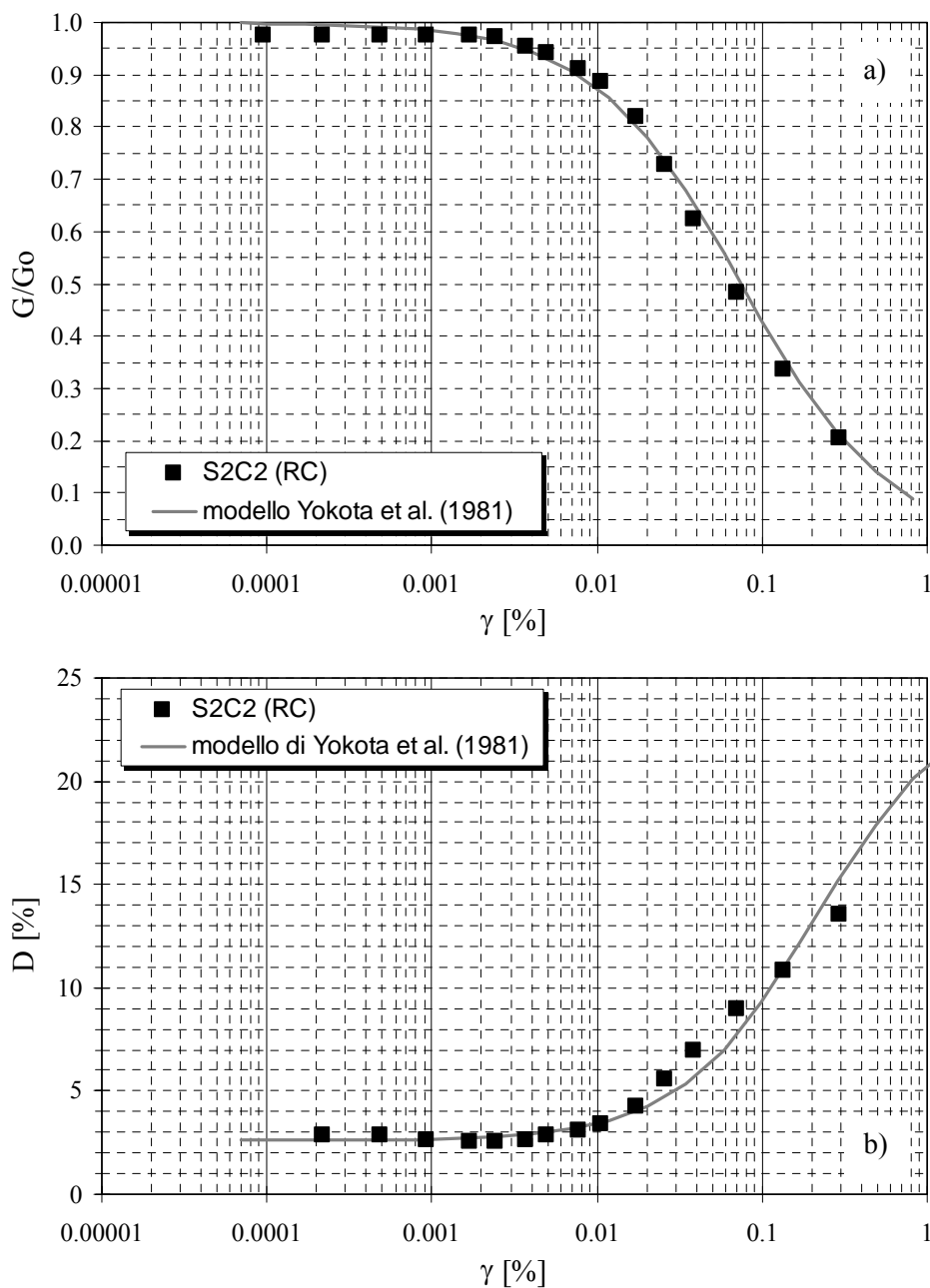


Figura 4 - Campione S2C2: valori sperimentali del modulo di taglio normalizzato (a) e del rapporto di smorzamento (b) e modello di Yokota et al. (1981)

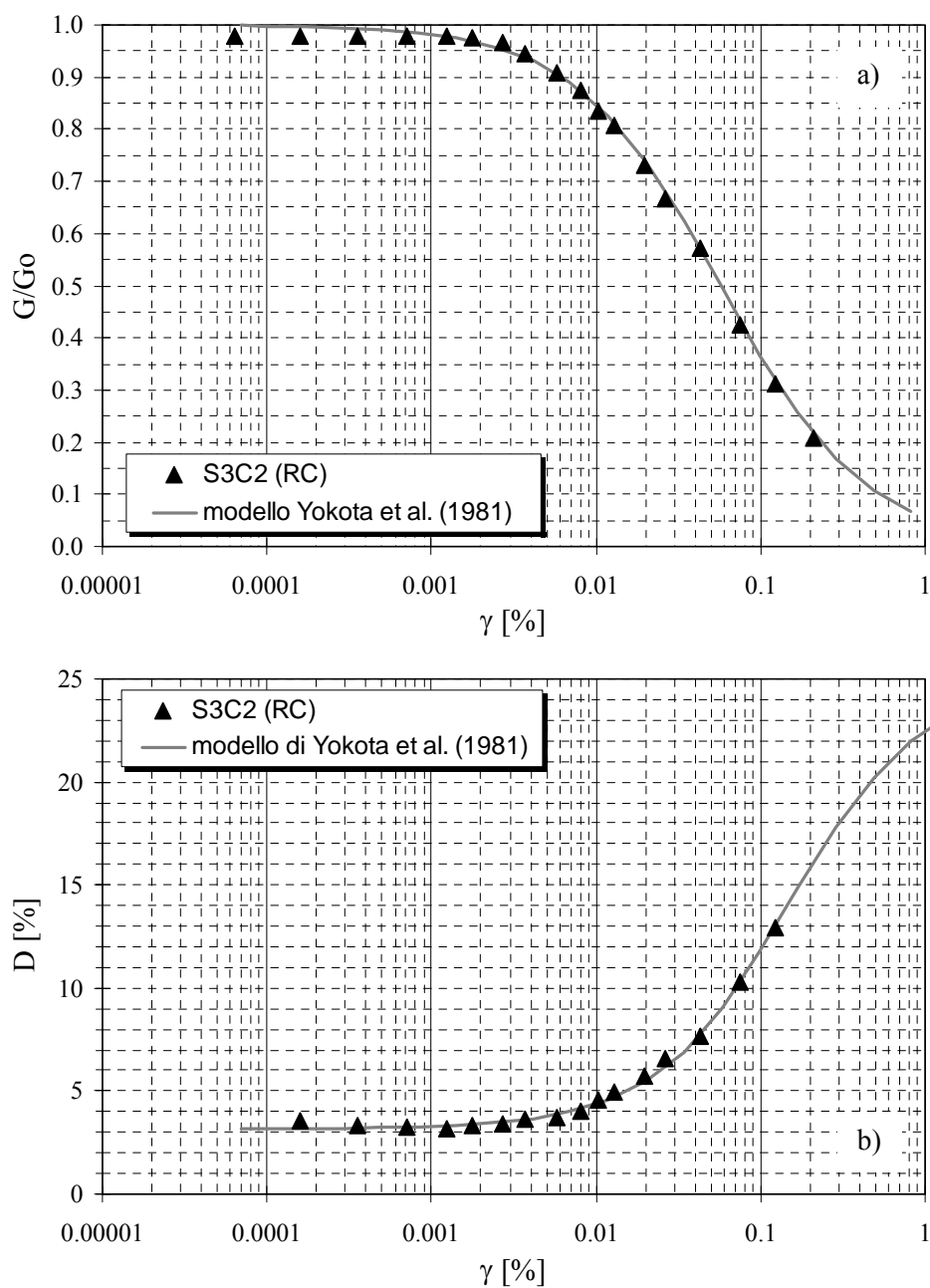


Figura 5 - Campione S3C2: valori sperimentali del modulo di taglio normalizzato (a) e del rapporto di smorzamento (b) e modello di Yokota et al. (1981)

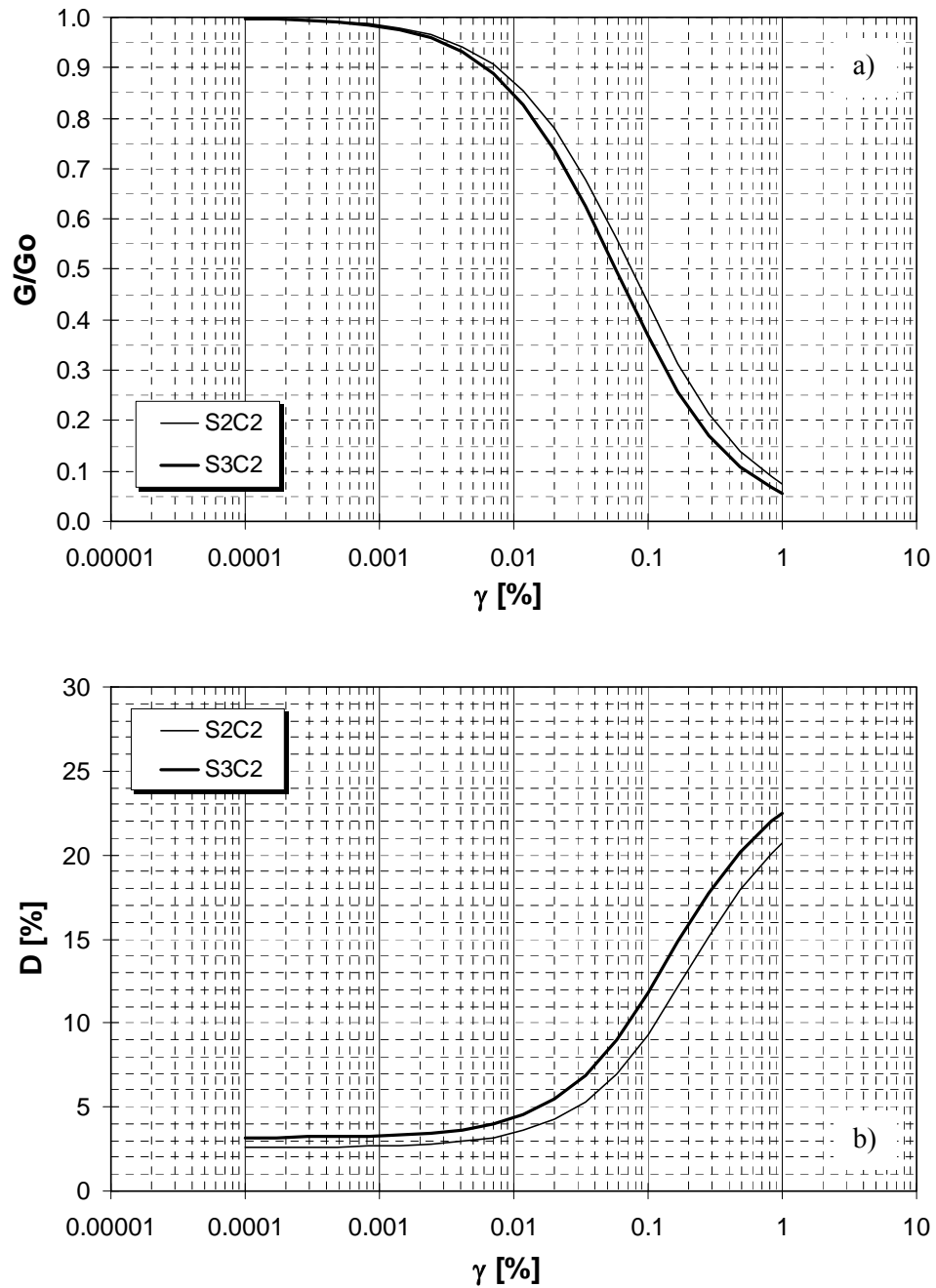


Figura 6 - Curve di variazione del modulo di taglio normalizzato (a) e del rapporto di smorzamento (b) con l'ampiezza della deformazione di taglio ottenute adattando ai dati sperimentali dei campioni analizzati il modello di Yokota et al. (1981)

C) Rapporto di smorzamento iniziale D_0

I valori sperimentali del rapporto di smorzamento iniziale, D_0 , per i due campioni analizzati sono stati ottenuti con l'apparecchio di colonna risonante mediante la procedura 'Amplitude Decay Method'.

Nella Tabella 4 sono riportati i valori minimi di D_0 misurati e i corrispondenti livelli deformativi. È tuttavia da sottolineare che, come si può osservare dalle misure riportate nei certificati allegati, le misure di D_0 che si ottengono in laboratorio a livelli di deformazione molto bassi sono di norma piuttosto dispersi. Perciò è preferibile assumere come valore di D_0 da utilizzare nelle analisi numeriche, il valore stimato attraverso un modello adattato all'insieme dei dati sperimentali. Il valore di D_0 , corrispondente ad un livello di deformazione pari a $\gamma = 10^{-4}\%$, ottenuto adattando il modello di Yokota et al. (eq. (2) punto D) ai dati sperimentali relativi a ciascuno dei due campioni esaminati, è riportato nella Tabella 4.

Tabella 4 - Valori minimi di D_0 misurati e valori stimati con il modello di Yokota et al.

	γ [%]	$D_{0, \text{mis}}$ [%]	$D_{0, \text{stim}}$ [%] ($\gamma = 10^{-4}$ %)	D_{max} [%]	λ	R^2
S2C2	0.00170	2.520	2.597	24.570	-2.251	0.975
S3C2	0.00125	3.136	3.183	25.270	-2.076	0.996

D) Relazione D - γ

Per i due campioni esaminati, i valori del rapporto di smorzamento in corrispondenza dei diversi livelli deformativi imposti sono stati misurati sperimentalmente con prove di colonna risonante, mediante la procedura "Amplitude Decay Method".

Per esprimere analiticamente D in funzione di γ , è stata adattata ai dati sperimentali (riportati nei certificati allegati) la seguente relazione di Yokota et al.:

$$D = D_{\text{max}} \cdot e^{\left(\lambda \cdot \frac{\gamma}{G_0}\right)} \quad (2)$$

I valori dei parametri del modello D_{max} e λ e i relativi coefficienti di determinazione R^2 per ciascuno dei due campioni sono riportati nella Tabella 4.

Nelle Figure 4b e 5b sono rappresentati i risultati sperimentali ottenuti per i due campioni e le curve $D(\gamma)$ ricavate adattando la legge di Yokota et al. all'insieme dei dati sperimentali.

Il confronto mostrato nella Figura 6b evidenzia che le curve $D(\gamma)$ ottenute per i due campioni, sono poco diverse tra loro, com'è lecito attendersi trattandosi di materiali a grana fine, provenienti dallo stesso sito e con indice di plasticità poco diverso.

E) Soglie di deformazione elastica e volumetrica

La soglia lineare è stata determinata convenzionalmente come valore dell'ampiezza della deformazione di taglio corrispondente al rapporto $G/G_0 = 0.95$ ed è pari rispettivamente a $\gamma_l=0.00470$ per il campione S2C2 e $\gamma_l=0.00302$ per il campione S3C2.

La soglia volumetrica γ_v è stata definita come il valore della deformazione di taglio a cui corrisponde un incremento delle pressioni interstiziali in condizioni non drenate pari all'1% della pressione efficace di confinamento. Per le particolari modalità di prova applicate al campione S3C2 (v. par. 2), è stato possibile determinare il valore della soglia volumetrica solo per il campione S2C2, che risulta $\gamma_v = 0.0257$.

3 Parametri dinamici per la modellazione della RSL e dell'interazione dinamica terreno-struttura

Per un utilizzo più agevole dei risultati sopra descritti, ai fini della definizione dei modelli numerici che vengono di norma impiegati nelle analisi della RSL e dell'interazione dinamica terreno-struttura, si ritiene utile fornire per i due campioni analizzati anche i valori del modulo di taglio normalizzato e del rapporto di smorzamento in corrispondenza di una serie di valori della deformazione di taglio, opportunamente distribuiti lungo le curve dei modelli di Yokota et al. adattate ai dati sperimentali. Tali valori sono riportati nella Tabella 5.

Tabella 5 - Valori del modulo di taglio normalizzato e del rapporto di smorzamento per i due campioni analizzati

γ [%]	S2C2		S3C2	
	G/Go	D [%]	G/Go	D [%]
0.00007	0.9998	2.588	0.9998	3.172
0.00010	0.9983	2.597	0.9981	3.183
0.00017	0.9972	2.603	0.9968	3.192
0.00029	0.9953	2.614	0.9947	3.206
0.00049	0.9922	2.633	0.9910	3.230
0.00084	0.9871	2.663	0.9850	3.271
0.00142	0.9786	2.714	0.9748	3.341
0.00241	0.9649	2.800	0.9582	3.458
0.00410	0.9427	2.943	0.9314	3.656
0.00698	0.9079	3.183	0.8893	3.990
0.01186	0.8552	3.584	0.8262	4.548
0.02016	0.7796	4.249	0.7378	5.464
0.03427	0.6794	5.324	0.6248	6.909
0.05826	0.5594	6.975	0.4964	9.019
0.09905	0.4320	9.290	0.3684	11.763
0.16838	0.3131	12.144	0.2566	14.834
0.28624	0.2145	15.161	0.1697	17.769
0.48661	0.1406	17.905	0.1079	20.200
0.82724	0.0893	20.098	0.0668	21.998
1.00000	0.0755	20.732	0.0560	22.496

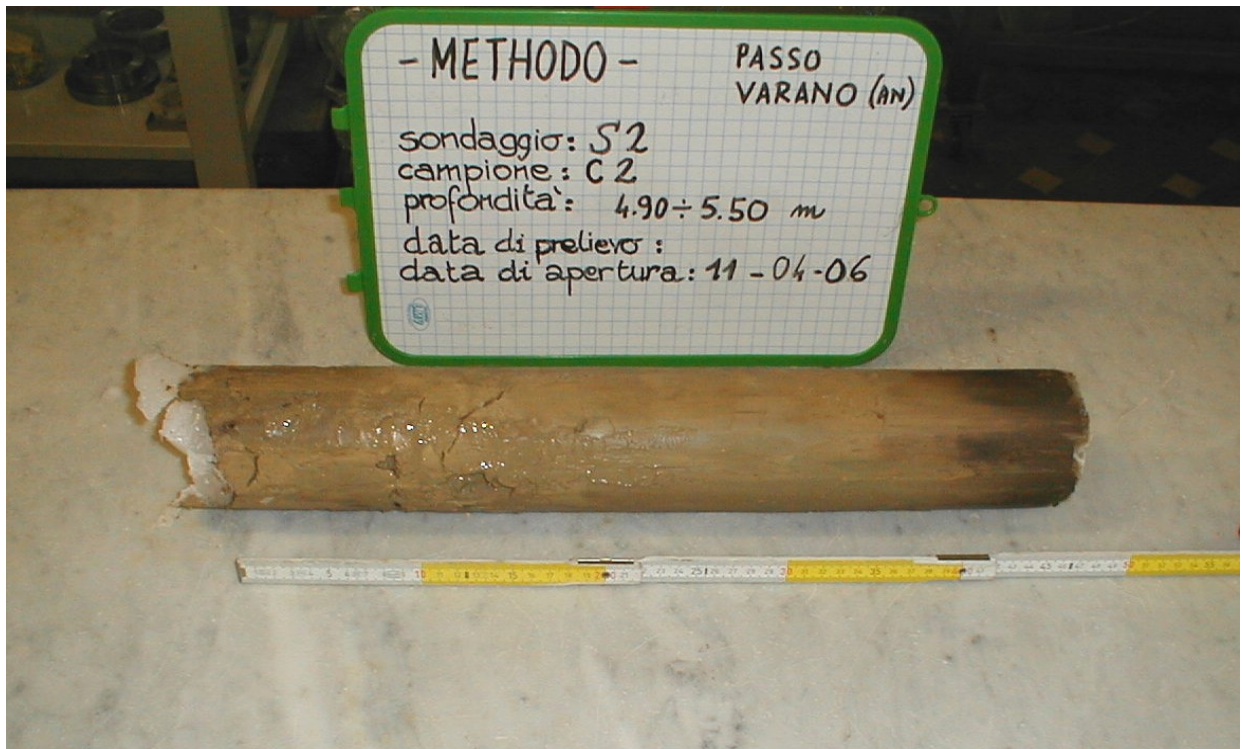
Firenze, 11 maggio 2006

Il Responsabile della Convenzione
Prof. Ing. Claudia Madiati



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI FIRENZE
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE
Laboratorio di Geotecnica

Committente: METHODO
Cantiere: Passo Varano (AN)
Sondaggio: S2
Campione: C2
Profondità: da m 4.90 a m 5.50



Fotografia



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI FIRENZE

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE

Laboratorio di Geotecnica

Committente: METHODODO
Cantiere: Passo Varano (AN)
Sondaggio: S2
Campione: C2
Profondità: da m 4.90 a m 5.50

CONTENITORE DEL CAMPIONE: fustella in acciaio

CONDIZIONI DEL CONTENITORE: buone, ma la fustella è priva di tappi alle estremità

FORMA DEL CAMPIONE: cilindrico

LUNGHEZZA CAMPIONE [cm]: 45

DIAMETRO CAMPIONE [cm]: 8.3

DESCRIZIONE:

Limo argilloso di colore nocciola, da poco consistente a consistente. Presenza diffusa di piccole concrezioni calcaree. La parte medio alta del campione si presenta molto molle.

Nella parte bassa, circa 6 cm, il colore diviene marrone scuro (materiale non analizzato).

PENETROMETRO TASCABILE:

P.P. [kPa] = 30 - 50 alto
105 - 125 basso

SCISSOMETRO TASCABILE:

T.V. [kPa] =

CONTENUTO NATURALE IN ACQUA:

w [%] = 33.0 alto
31.8 basso

PESO DI VOLUME:

γ [kN/m³] = 19.24

PESO SPECIFICO DEI COSTITUENTI SOLIDI:

γ_s [kN/m³] = 26.55

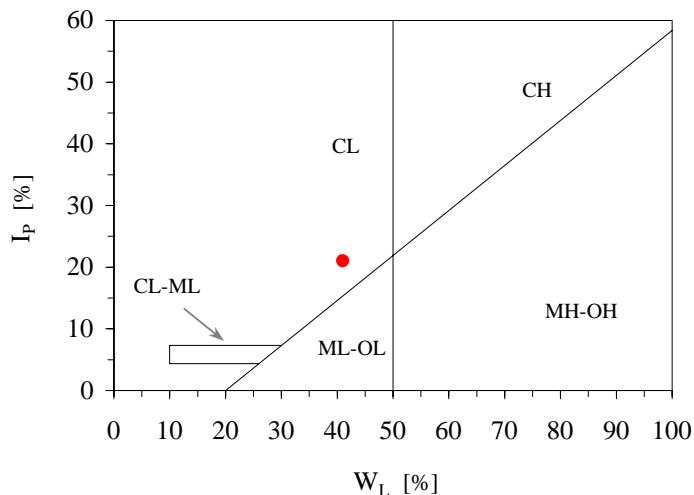
LIMITI DI ATTERBERG (*):

LIMITE DI LIQUIDITA' W_L [%] = 41

LIMITE DI PLASTICITA' W_P [%] = 20

INDICE DI PLASTICITA' I_P [%] = 21

CLASSIFICAZIONE U.S.C.S. = CL



(*) determinazione effettuata sul passante al vaglio n° 40 ASTM



PROVA EDOMETRICA A GRADINI DI CARICO

Committente: METHODODO

Cantiere: Passo Varano (AN)

Sondaggio: S2

Campione: C2

Profondità: da m 4.90 a m 5.50

Caratteristiche del terreno

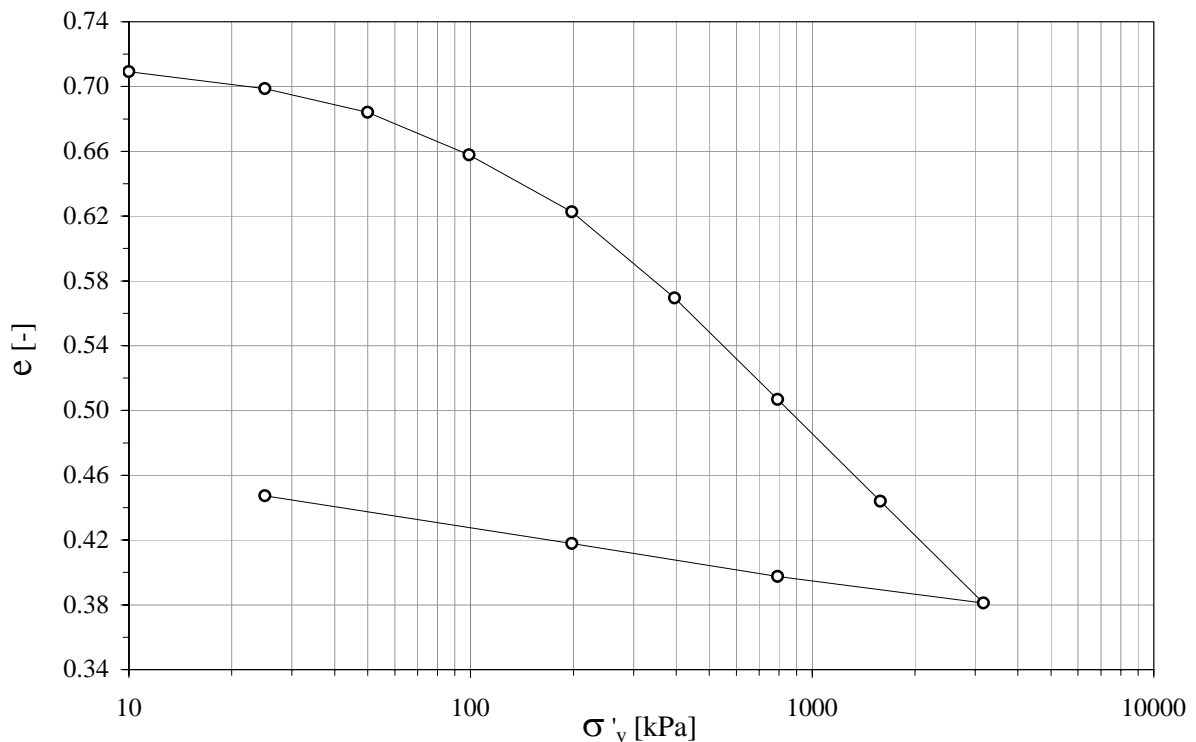
γ [kN/m ³]	w_i [%]	w_f [%]	e_o [-]
19.46	25.9	18.5	0.717

Caratteristiche del provino e della prova

H_o [cm]	D_o [cm]	RIC [-]	DGC [ore]
2.0	7.1	1	24

Nota: la durata del gradino n. 9 è di ore 48, mentre la durata dei gradini n. 4 e 8 è di ore 72

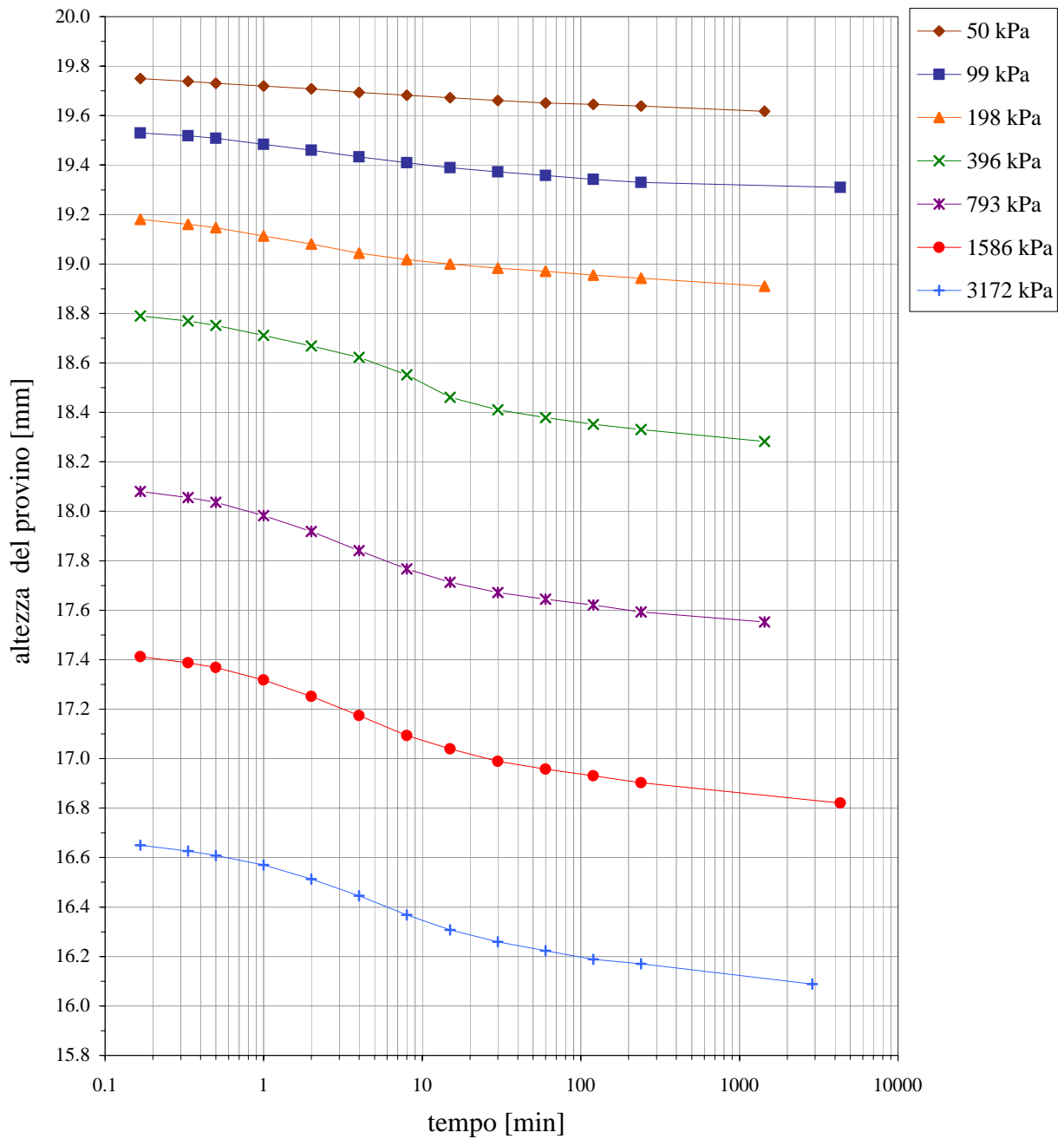
σ'_v [kPa]	e [-]
10	0.709
25	0.699
50	0.684
99	0.658
198	0.623
396	0.569
793	0.507
1586	0.444
3172	0.381
793	0.398
198	0.418
25	0.447





PROVA EDOMETRICA A GRADINI DI CARICO

Committente: METHODODO
Cantiere: Passo Varano (AN)
Sondaggio: S2
Campione: C2
Profondità: da m 4.90 a m 5.50



**PROVA EDOMETRICA A GRADINI DI CARICO**

Committente: METHODO
Cantiere: Passo Varano (AN)
Sondaggio: S2
Campione: C2
Profondità: da m 4.90 a m 5.50

VARIAZIONE DELL'ALTEZZA DEL PROVINO A PRESSIONE COSTANTE [mm]

tempo	<i>pressione [kPa]</i>						
	50 [da 25]	99 [da 50]	198 [da 99]	396 [da 198]	793 [da 396]	1586 [da 793]	3172 [da 1586]
10"	19.750	19.530	19.180	18.790	18.080	17.412	16.650
20"	19.738	19.518	19.160	18.769	18.055	17.387	16.626
30"	19.731	19.508	19.147	18.752	18.036	17.368	16.608
1'	19.719	19.484	19.113	18.711	17.983	17.318	16.570
2'	19.708	19.460	19.080	18.669	17.918	17.252	16.513
4'	19.694	19.433	19.044	18.622	17.841	17.174	16.445
8'	19.682	19.409	19.018	18.552	17.767	17.093	16.368
15'	19.672	19.389	19.000	18.461	17.713	17.040	16.308
30'	19.661	19.372	18.983	18.410	17.672	16.989	16.259
1 ^h	19.651	19.358	18.970	18.379	17.645	16.958	16.223
2 ^h	19.645	19.342	18.955	18.352	17.621	16.930	16.189
4 ^h	19.638	19.330	18.942	18.330	17.593	16.902	16.170
24 ^h	19.617	-	18.910	18.282	17.553	-	-
48 ^h	-	-	-	-	-	-	16.088
72 ^h	-	19.310	-	-	-	16.820	-

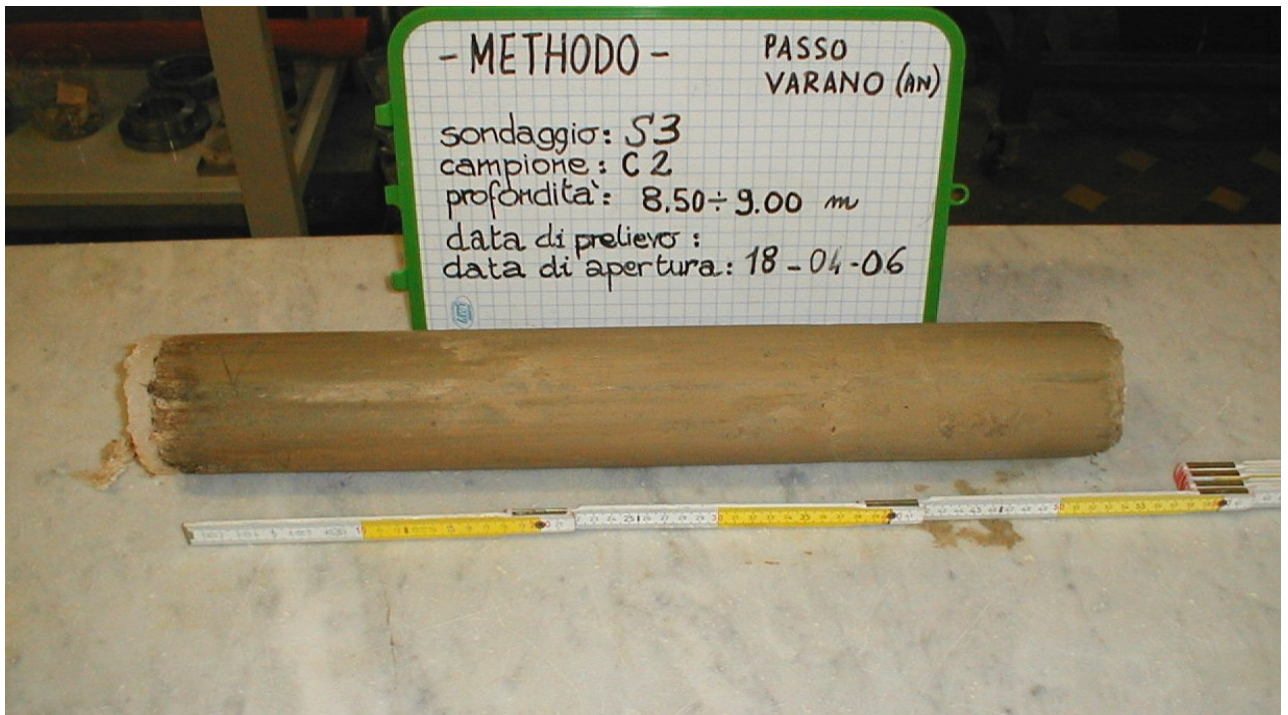
Legenda:

γ	peso di volume naturale
w_i, w_f	contenuto in acqua iniziale e finale
e_o	indice dei vuoti iniziale
H_o, D_o	altezza e diametro iniziali del provino
e	indice dei vuoti
σ'_v	tensione verticale efficace
RIC	rapporto incrementale dei carichi
DGC	durata di ogni gradino di carico



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI FIRENZE
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE
Laboratorio di Geotecnica

Committente: METHODO
Cantiere: Passo Varano (AN)
Sondaggio: S3
Campione: C2
Profondità: da m 8.50 a m 9.00



Fotografia



PROVA EDOMETRICA A GRADINI DI CARICO

Committente: METHODODO

Cantiere: Passo Varano (AN)

Sondaggio: S3

Campione: C2

Profondità: da m 8.50 a m 9.00

Caratteristiche del terreno

γ [kN/m ³]	w_i [%]	w_f [%]	e_o [-]
20.28	20.7	20.9	0.588

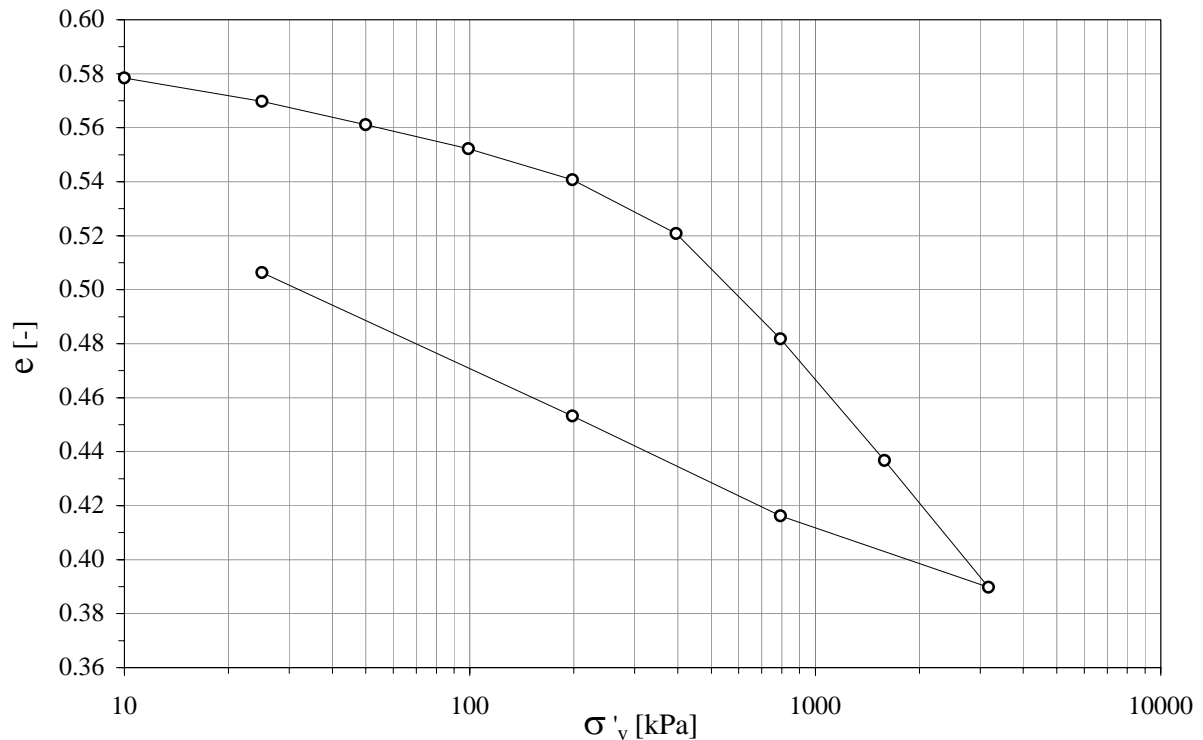
Caratteristiche del provino e della prova

H_o [cm]	D_o [cm]	RIC [-]	DGC [ore]
2.0	7.1	1	24

Nota: la durata dei gradini n. 6 e 7 è di ore 48,
mentre la durata dei gradini n. 5, 8, 12 è di ore 72

Oss: *Terreno con tendenza al rigonfiamento*

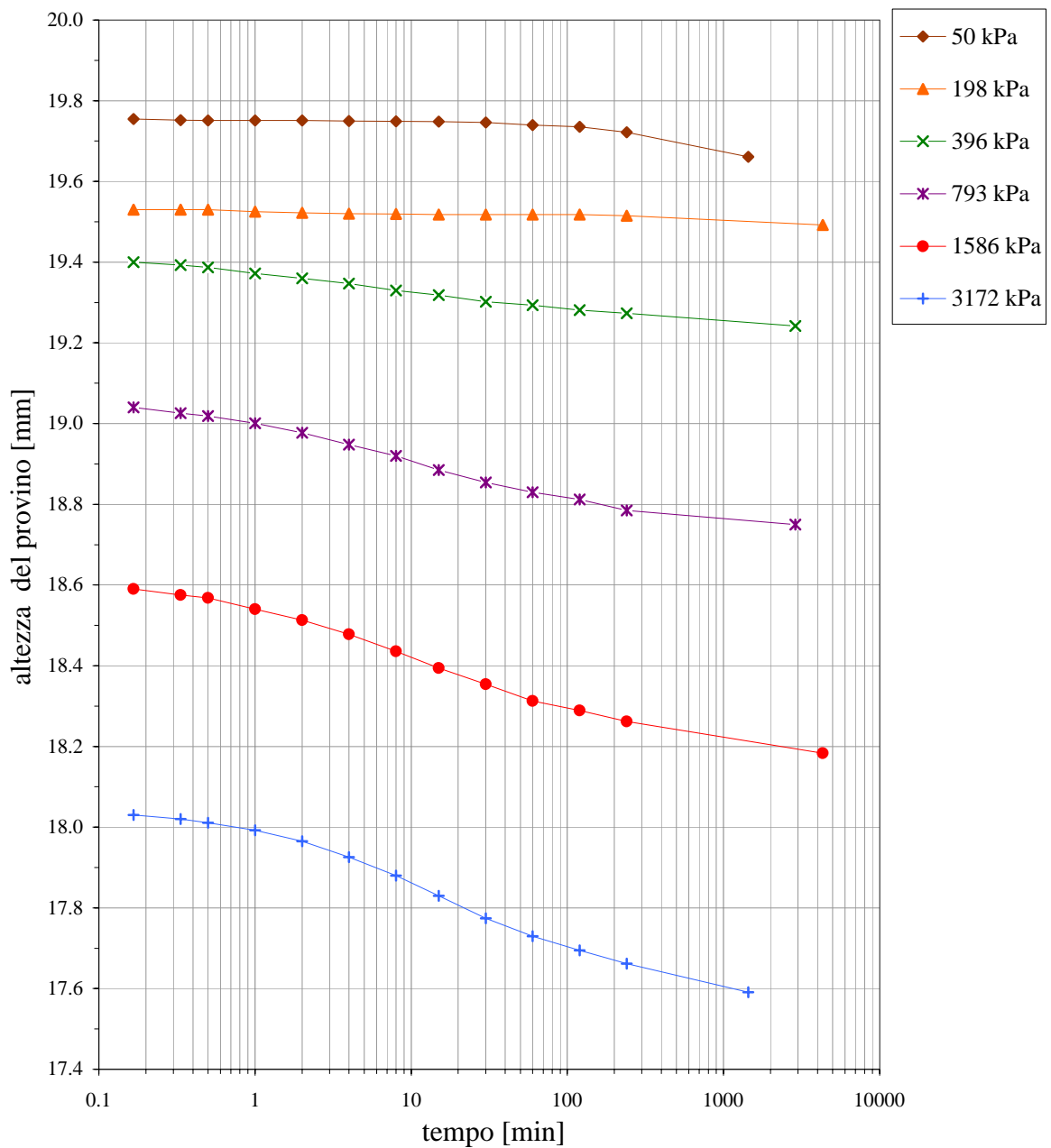
σ'_v [kPa]	e [-]
10	0.578
25	0.570
50	0.561
99	0.552
198	0.541
396	0.521
793	0.482
1586	0.437
3172	0.390
793	0.416
198	0.453
25	0.506





PROVA EDOMETRICA A GRADINI DI CARICO

Committente: METHODODO
Cantiere: Passo Varano (AN)
Sondaggio: S3
Campione: C2
Profondità: da m 8.50 a m 9.00



**PROVA EDOMETRICA A GRADINI DI CARICO**

Committente: METHODO
Cantiere: Passo Varano (AN)
Sondaggio: S3
Campione: C2
Profondità: da m 8.50 a m 9.00

VARIAZIONE DELL'ALTEZZA DEL PROVINO A PRESSIONE COSTANTE [mm]

tempo	<i>pressione [kPa]</i>						
	50 [da 25]	99 [da 50]	198 [da 99]	396 [da 198]	793 [da 396]	1586 [da 793]	3172 [da 1586]
10"	19.755		19.530	19.400	19.040	18.590	18.030
20"	19.752		19.530	19.393	19.026	18.575	18.020
30"	19.751		19.530	19.387	19.019	18.568	18.011
1'	19.751		19.525	19.372	19.001	18.540	17.992
2'	19.751		19.522	19.360	18.977	18.513	17.965
4'	19.750		19.520	19.347	18.948	18.478	17.926
8'	19.749		19.519	19.330	18.920	18.436	17.880
15'	19.748		19.518	19.318	18.885	18.394	17.830
30'	19.746		19.518	19.302	18.854	18.354	17.774
1 ^h	19.740		19.518	19.293	18.830	18.313	17.730
2 ^h	19.735		19.518	19.281	18.812	18.289	17.695
4 ^h	19.722		19.515	19.273	18.785	18.262	17.662
24 ^h	19.661		-	-	-	-	17.591
48 ^h	-		-	19.242	18.750	-	-
72 ^h	-		19.492	-	-	18.183	-

Legenda:

γ	peso di volume naturale
w_i, w_f	contenuto in acqua iniziale e finale
e_o	indice dei vuoti iniziale
H_o, D_o	altezza e diametro iniziali del provino
e	indice dei vuoti
σ'_v	tensione verticale efficace
RIC	rapporto incrementale dei carichi
DGC	durata di ogni gradino di carico



Committente:	METHODO
Cantiere:	Passo Varano (AN)
Sondaggio:	S2
Campione:	C2
Profondità [m]:	4.90 - 5.50

Data inizio:	11.04.06
Pagina:	1/5
Sigla:	RC1_S2C2

CICLO NUMERO 1: Saturazione

$\sigma_c = 213$ kPa	$u = 200$ kPa	$\sigma'_c = 13$ kPa
$V_i = 86.87$ cm ³	$H_i = 7.62$ cm	$M_i = 168.45$ g
$V_f = 86.13$ cm ³	$H_f = 7.60$ cm	$M_f = 168.85$ g
$\Delta V = 0.746$ cm ³	$\Delta H = 0.022$ cm	$\Delta M = -0.395$ g

Step	G [kPa]	γ [%]	D [%]
1	18674.8	0.000613	2.8295
2	18690.4	0.001263	2.7758
3	18613.1	0.002523	3.2249

CICLO NUMERO 2: Consolidazione

$\sigma_c = 280$ kPa	$u = 200$ kPa	$\sigma'_c = 80$ kPa
$V_i = 86.13$ cm ³	$H_i = 7.60$ cm	$M_i = 168.85$ g
$V_f = 82.69$ cm ³	$H_f = 7.51$ cm	$M_f = 165.41$ g
$\Delta V = 3.441$ cm ³	$\Delta H = 0.086$ cm	$\Delta M = 3.441$ g

Step	G [kPa]	γ [%]	D [%]
1	50806.1	0.000221	3.3500
2	50811.9	0.000485	2.7161
3	50815.3	0.000879	2.4850

CICLO NUMERO 3: Decadimento RC

$\sigma_c = 280$ kPa	$u = 200$ kPa	$\sigma'_c = 80$ kPa
$V_i = 82.69$ cm ³	$H_i = 7.51$ cm	$M_i = 165.41$ g
$V_f = 82.69$ cm ³	$H_f = 7.51$ cm	$M_f = 165.41$ g
$\Delta V = 0.000$ cm ³	$\Delta H = 0.001$ cm	$\Delta M = 0.000$ g

Step	G [kPa]	γ [%]	D [%]	Δu [kPa]
1	50806.1	0.000096	-	-
2	50811.9	0.000216	2.8880	-
3	50825.6	0.000480	2.8804	-
4	50822.2	0.000918	2.5939	-
5	50832.7	0.001700	2.5198	-
6	50776.8	0.002424	2.5383	-
7	49781.5	0.003703	2.6414	-
8	49179.3	0.004975	2.8262	-
9	47530.0	0.007716	3.1325	-
10	46247.7	0.010590	3.3901	-



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE

Laboratorio di Geotecnica

PROVA DI COLONNA RISONANTE

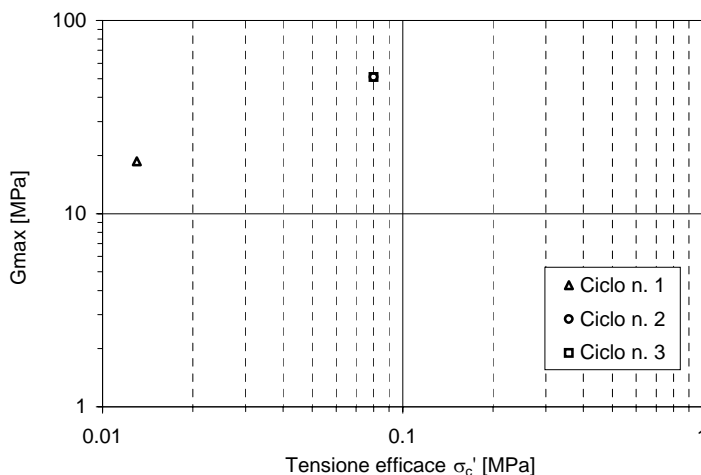
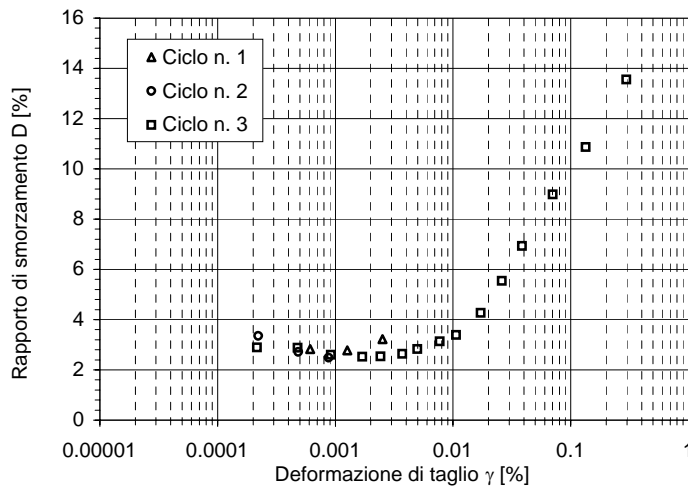
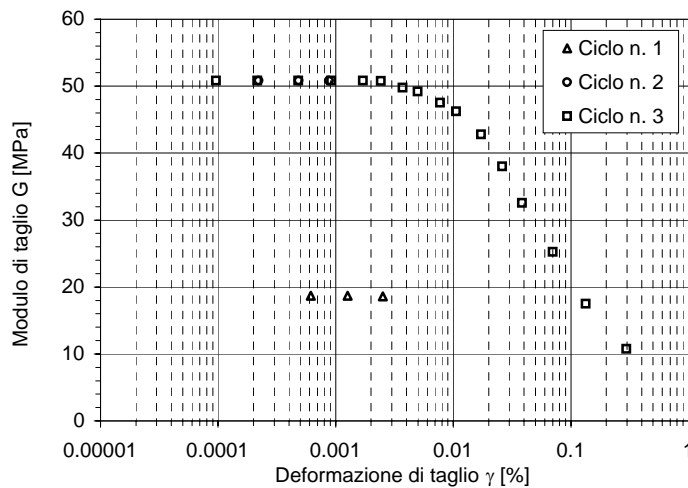
Committente:	METHODO
Cantiere:	Passo Varano (AN)
Sondaggio:	S2
Campione:	C2
Profondità [m]:	4.90 - 5.50

Data inizio:	11.04.06
Pagina:	2/5
Sigla:	RC1_S2C2

Step	G [kPa]	γ [%]	D [%]	Δu [kPa]
11	42774.6	0.017221	4.2631	0.2
12	38022.0	0.026006	5.5469	0.7
13	32549.5	0.038480	6.9300	1.6
14	25256.9	0.070254	8.9837	4.1
15	17507.1	0.133997	10.8626	9.3
16	10744.1	0.296183	13.5527	20.8



Committente:	METHODO	Data inizio:	11.04.06
Cantiere:	Passo Varano (AN)	Pagina:	3/5
Sondaggio:	S2	Sigla:	RC1_S2C2
Campione:	C2		
Profondità [m]:	4.90 - 5.50		



Ciclo n.	1	2	3
e [-]	0.798	0.727	0.727
σ'_c [MPa]	0.013	0.080	0.080
G_{max} [MPa]	18.7	50.8	50.8

PROVINO: Indisturbato
 PREPARAZIONE: Provino ottenuto per fustellazione, inserita una membrana, consolid. isotropa
 SUPERFICI DI APPOGGIO: Spilli
 $G_s = 2.706$ [-]

σ'_{cn} =	80 kPa	
u =	200 kPa	
	iniziale	fine ciclo n. 3
H [cm] =	7.620	7.511
A [cm ²] =	11.401	11.008
V [cm ³] =	86.875	82.688
w [%] =	29.990	27.699
ρ [Mg/m ³] =	1.939	2.000
$\epsilon_{a,cn}$ [%] =	1.425	$\epsilon_{v,cn}$ [%] = 4.819

LEGENDA

- A = area
- H = altezza
- V = volume
- w = contenuto d'acqua
- ρ = densità
- σ'_{cn} = tensione efficace ultimo ciclo
- u = pressione interstiziale
- $\epsilon_{a,cn}$ = deform. assiale ultimo ciclo
- $\epsilon_{v,cn}$ = deform. volumetrica ultimo ciclo
- G_s = peso specifico dei grani
- e = indice dei vuoti
- G = modulo di taglio
- G_{max} = modulo di taglio massimo
- γ = deformazione di taglio
- D = rapporto di smorzamento
- M = massa
- ΔV = variazione di volume
- ΔM = variazione di massa
- ΔH = variazione di altezza

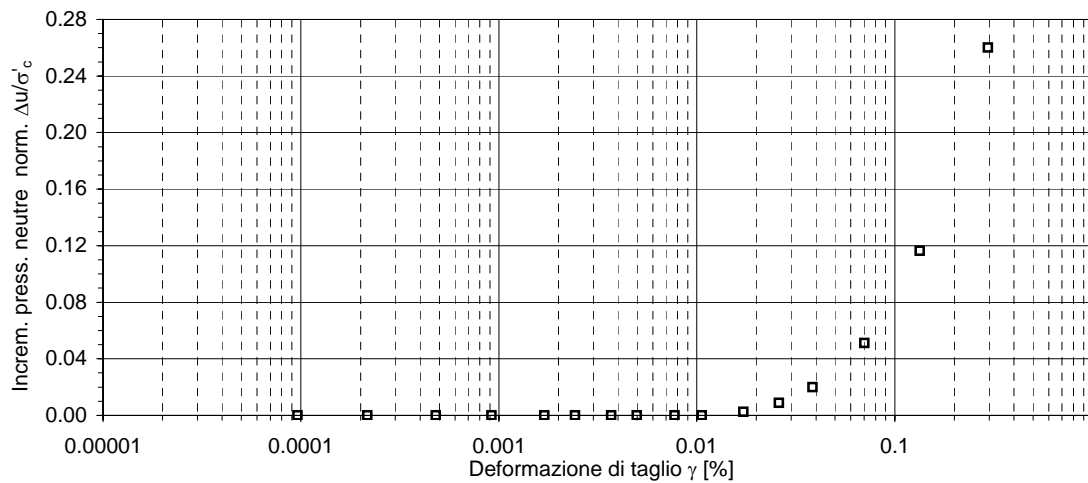
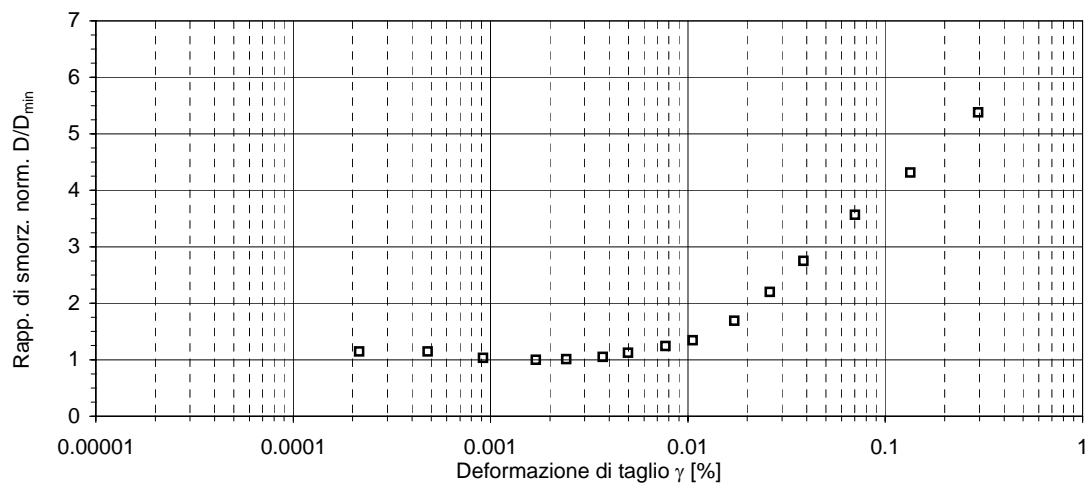
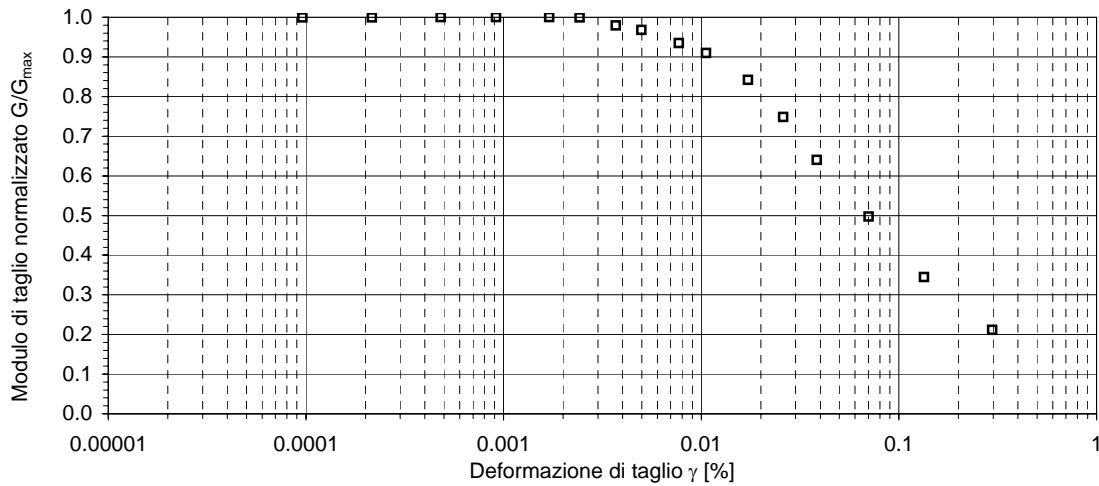
NOTE

- CICLO NUMERO 1 Saturazione
- CICLO NUMERO 2 Consolidazione
- CICLO NUMERO 3 Decadimento RC
- OSSERVAZIONI

I valori di D sono stati determinati con il metodo amplitude decay facendo riferimento: nel 1° e 2° ciclo alle ampiezze 1 e 3; nel 3° ciclo alla regressione sulle prime 5 ampiezze.

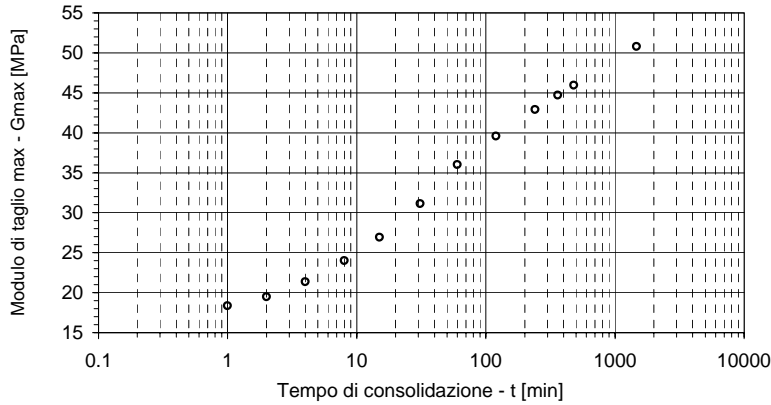


Committente:	METHODO	Data inizio:	11.04.06
Cantiere:	Passo Varano (AN)	Pagina:	4/5
Sondaggio:	S2	Sigla:	RC1_S2C2
Campione:	C2		
Profondità [m]:	4.90 - 5.50		





Committente:	METHODO	Data inizio:	11.04.06
Cantiere:	Passo Varano (AN)	Pagina:	5/5
Sondaggio:	S2	Sigla:	RC1_S2C2
Campione:	C2		
Profondità [m]:	4.90 - 5.50		



INTERVALLO DI TENSIONE EFFICACE

EFFICACE DI CONFINAMENTO:

da $\sigma'_c = 0.013$ MPa

a $\sigma'_c = 0.080$ MPa

$I_G = \Delta G / \Delta \log(t)$

$N_G = 100 \cdot (I_G / G_{1000})$

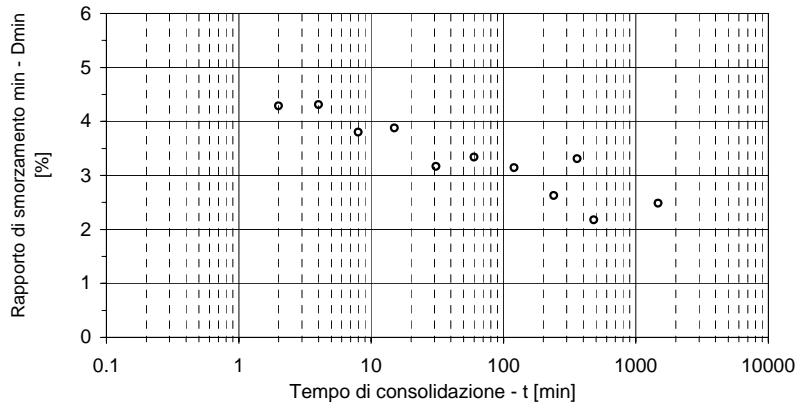
Mediante regressione lineare effettuata su 5 punti si ottiene

$G_{1000} = 49.19$ MPa

$I_G = 10.282$ MPa

$N_G = 20.904$ %

$R^2 = 0.9993$



$I_D = \Delta D / \Delta \log(t)$

$N_D = 100 \cdot (I_D / D_{1000})$

Mediante regressione lineare effettuata su 5 punti si ottiene

$D_{1000} = 2.48$ %

$I_D = 0.615$ %

$N_D = 24.761$ %

$R^2 = 0.2791$

Step	t [min]	γ [%]	G_{max} [MPa]	D_{min} [%]
1	1	0.001062	18.38	-
2	2	0.001163	19.47	4.29
3	4	0.001108	21.36	4.31
4	8	0.001031	24.01	3.80
5	15	0.000898	26.92	3.88
6	31	0.000805	31.13	3.17
7	60	0.000699	36.04	3.34
8	120	0.000651	39.57	3.14
9	240	0.000579	42.92	2.62
10	360	0.000551	44.72	3.31
11	480	0.000552	45.95	2.18
12	1470	0.000879	50.82	2.49

LEGENDA

γ = deformazione di taglio

t = tempo

G = modulo di taglio

D = rapporto di smorzamento

Δt = variazione di tempo

ΔG = variazione di G nell'intervallo Δt

ΔD = variazione di D nell'intervallo Δt

I_G = coeff. di incremento assoluto di G

N_G = indice di incremento relativo di G

I_D = coeff. di incremento assoluto di D

N_D = indice di incremento relativo di D

G_{1000} = modulo di taglio per t = 1000min

D_{1000} = rapporto di smorz. per t = 1000min

G_{max} = modulo di taglio massimo

NOTE

CICLO NUMERO 2: Consolidazione



Committente:	METHODO
Cantiere:	Passo Varano
Sondaggio:	S3
Campione:	C2
Profondità [m]:	8.50 - 9.00

Data inizio:	18.04.06
Pagina:	1/3
Sigla:	RCnW_S3C2

CICLI NUMERI da 1 a 3: I^a, II^a e III^a "Consolidazione"

$\sigma_c = 50-200$ kPa	$u = 0$ kPa	$\sigma'_c = 50-200$ kPa
$V_i = 86.87$ cm ³	$H_i = 7.62$ cm	$M_i = 189.35$ g
$V_f = 86.87$ cm ³	$H_f = 7.59$ cm	$M_f = 189.35$ g
$\Delta V = 0.000$ cm ³	$\Delta H = 0.029$ cm	$\Delta M = 0.000$ g

Step	G [kPa]	γ [%]	D [%]	σ_c [kPa]
1	28150.2	0.000419	5.2295	50
2	28077.5	0.000840	5.3196	50
3	27225.7	0.001758	5.3407	50
4	47277.5	0.000249	3.5872	100
5	47203.7	0.000494	3.3691	100
6	46436.7	0.000925	3.6983	100
7	64817.8	0.000174	3.0780	200
8	64749.2	0.000356	3.2575	200
9	64759.4	0.000712	2.9859	200

CICLO NUMERO 4: Decadimento RC

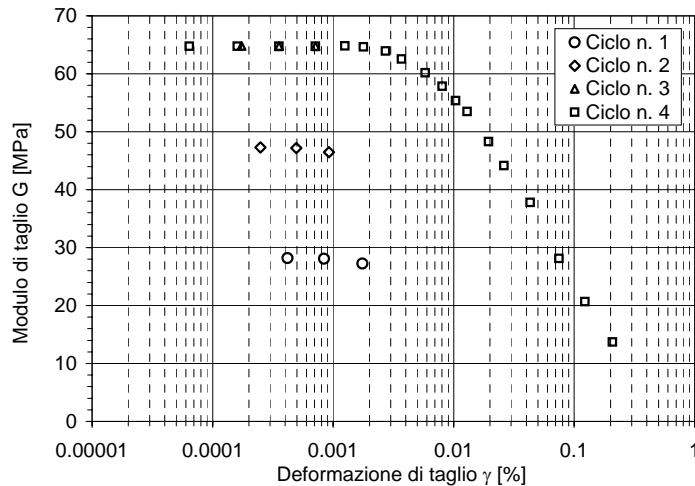
$\sigma_c = 200$ kPa	$u = 0$ kPa	$\sigma'_c = 200$ kPa
$V_i = 86.87$ cm ³	$H_i = 7.59$ cm	$M_i = 189.35$ g
$V_f = 86.87$ cm ³	$H_f = 7.58$ cm	$M_f = 189.35$ g
$\Delta V = 0.000$ cm ³	$\Delta H = 0.006$ cm	$\Delta M = 0.000$ g

Step	G [kPa]	γ [%]	D [%]	ε_a [%]
1	64744.1	0.000064	-	0.0000
2	64750.9	0.000160	3.5914	0.0013
3	64758.9	0.000356	3.3430	0.0026
4	64774.2	0.000715	3.2832	0.0026
5	64784.5	0.001252	3.1359	0.0026
6	64643.9	0.001782	3.3079	0.0013
7	63917.6	0.002726	3.3688	-0.0013
8	62524.5	0.003697	3.6529	-0.0013
9	60167.6	0.005795	3.7268	-0.0013
10	57818.1	0.008031	4.0606	-0.0026
11	55359.1	0.010406	4.5804	-0.0026
12	53468.7	0.012929	4.9160	-0.0026
13	48299.0	0.019513	5.7440	-0.0040
14	44142.1	0.026205	6.5658	-0.0053
15	37787.7	0.043298	7.6649	-0.0092
16	28123.3	0.074908	10.3002	-0.0224
17	20659.8	0.122606	12.9194	-0.0487
18	13684.1	0.207619	-	-0.0817



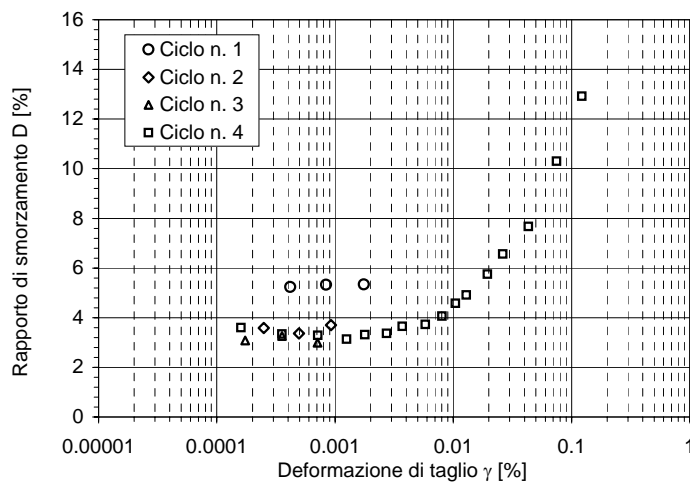
Committente:	METHODO
Cantiere:	Passo Varano
Sondaggio:	S3
Campione:	C2
Profondità [m]:	8.50 - 9.00

Data inizio:	18.04.06
Pagina:	2/3
Sigla:	RCnW_S3C2



Ciclo n.	1	2	3	4
σ'_c [MPa]	0.050	0.100	0.200	0.200
G_{max} [MPa]	28.2	47.3	64.8	64.8

PROVINO: Indisturbato
 PREPARAZIONE: Provino ottenuto per tornitura, inserita una membrana, consolidazione isotropa
 SUPERFICI DI APPOGGIO: Spilli
 $G_s = 2.719$ [-]



σ'_{cn}	200 kPa	
u	0 kPa	
	iniziale	fine ciclo n. 4
H [cm]	7.620	7.585
A [cm ²]	11.401	11.454
V [cm ³]	86.875	86.875
w [%]	18.594	19.924
ρ [Mg/m ³]	2.180	2.180
$\epsilon_{a,cn}$ [%]	0.466	$\epsilon_{v,cn}$ [%] = 0.000

LEGENDA

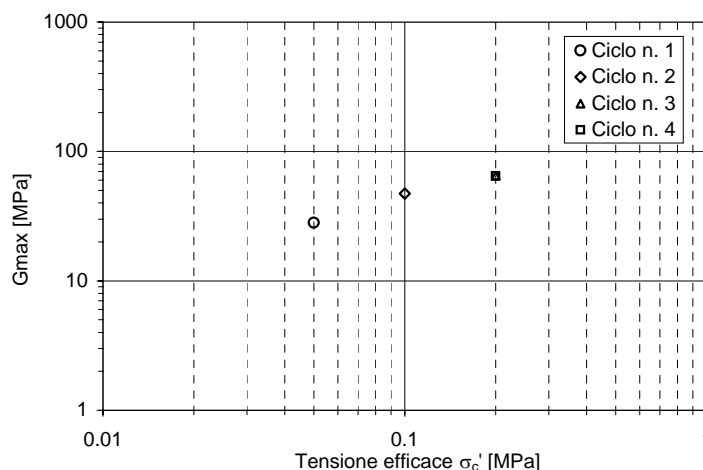
- A = area
- H = altezza
- V = volume
- w = contenuto d'acqua
- ρ = densità
- σ'_{cn} = tensione efficace ultimo ciclo
- u = pressione interstiziale
- $\epsilon_{a,cn}$ = deform. assiale ultimo ciclo
- $\epsilon_{v,cn}$ = deform. volumetrica ultimo ciclo
- G_s = peso specifico dei grani
- e = indice dei vuoti
- G = modulo di taglio
- G_{max} = modulo di taglio massimo
- γ = deformazione di taglio
- D = rapporto di smorzamento
- M = massa
- ΔV = variazione di volume
- ΔM = variazione di massa
- ΔH = variazione di altezza

NOTE

- CICLO NUMERO i: "i-ma consolidazione"
- CICLO NUMERO 4: "decadimento RC"

OSSERVAZIONI

1- I valori di D sono stati determinati con il metodo amplitude decay mediante regressione sulle prime 5 ampiezze. 2- La prova è stata eseguita con back pressure nulla.





Committente:	METHODO
Cantiere:	Passo Varano
Sondaggio:	S3
Campione:	C2
Profondità [m]:	8.50 - 9.00

Data inizio:	18.04.06
Pagina:	3/3
Sigla:	RCnW_S3C2

