



COMUNE DI TERNI
DIREZIONE LAVORI PUBBLICI - MANUTENZIONI

NUOVO TEATRO COMUNALE "GIUSEPPE VERDI"

CONCORSO DI PROGETTAZIONE
a procedura aperta in due gradi in modalità informatica
CUP - F42D11001320006 CIG 8240510BF7 NUTS - ITI22



ELABORATO	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E GEOLOGICO - TECNICA
RG_06_2010	GIUGNO 2010



**CNA
PPC** CONSIGLIO NAZIONALE
DEGLI ARCHITETTI
PIANIFICATORI
PAESAGGISTI
E CONSERVATORI



ORDINE DEGLI ARCHITETTI
PIANIFICATORI, PAESAGGISTI E CONSERVATORI
DELLA PROVINCIA DI TERNI

COMUNE DI TERNI

***RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA
IDROGEOLOGICA E GEOLOGICO-TECNICA***

**Progetto di ampliamento del Teatro Verdi, consistente
nell'esecuzione di una scala antincendio e di un locale disposto su
tre piani, da realizzarsi tra Vico Sant'Agape e Via dell'Ospedale
di Terni**

RELAZIONE

Il Funzionario Tecnico
Dott. Geologo Paolo Paccara

Giugno 2010

COMUNE DI TERNI

1 - PREMESSA

La presente relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e geologico-tecnica viene eseguita per il progetto Esecutivo inerente la realizzazione dell'ampliamento del Teatro Verdi di Terni, consistente nella realizzazione di una scala antincendio appoggiata sul lato del teatro prospiciente a Vico Sant'Agape e nella realizzazione di un locale composto da tre livelli, di cui uno interrato, sul lato del teatro che si affaccia a Via dell'Ospedale.

Le indagini geognostiche sono state così realizzate:

- un sondaggio geognostico (S1) eseguito a rotazione e carotaggio continuo spinto fino alla profondità di - 15 m dal p.c.;
- un sondaggio geognostico (S2) che, vista la vicinanza con il sondaggio S1, è stato eseguito a distruzione di nucleo per i primi 15 m di profondità e quindi, a rotazione con carotaggio continuo fino alla profondità di - 30 m dal p.c.. Durante la perforazione sono state eseguite prove penetrometriche SPT in foro ed è stato prelevato un campione indisturbato con successiva analisi di laboratorio.

I dati ottenuti sono stati sintetizzati nella presente relazione in modo da fornire ai progettisti strutturali il modello geologico e le caratteristiche geotecniche degli orizzonti litologici e sismo stratigrafici per l'area interessata dall'intervento.

2 - GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DELL'AREA

L'area in oggetto è ubicata nella centro della città, in destra idrografica del F. Nera.

Dal punto di vista geologico la zona è caratterizzata dalla sequenza alluvionale recente che costituisce i sedimenti alluvionali della Conca Ternana. La successione litostratigrafica, meglio descritta nello schema stratigrafico sintesi dei dati provenienti dai sondaggi geognostici effettuati, vede un primo strato costituito in genere da riporti antropici, costituiti da materiale eterogeneo limo-sabbioso con pezzame di murature di natura antropica.

Segue uno strato di limi e sabbie travertinose e calcaree, giallo-avana, sciolte o poco addensate, a cui sono intercalate, localmente, ghiaie minute in matrice sabbiosa o livelli nerastri limoargillosi relativi a paleosuoli, poco consistenti. I dati di perforazioni indicano una potenza per questi limi sabbiosi di circa 14-15 m.

La sequenza prosegue in profondità con un potente corpo ghiaioso, con clasti calcarei evoluti in matrice sabbiosa, contenente limi e sabbie in livelli intercalati. Questo intervallo ghiaioso è sede dell'acquifero che caratterizza l'intera conca ternana, molto sfruttato per uso agricolo, potabile e industriale. Lo spessore di questo secondo orizzonte ghiaioso può essere solo stimato in oltre 30 m. Nella zona non sono presenti elementi geomorfologici di rilievo. Il piano campagna è praticamente pianeggiante e compreso tra 127.5 e 128 m s.l.m.

3-IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA

L'idrografia che caratterizza l'area in studio è costituita dal Fiume Nera e dal Torrente Serra, che hanno depositato i terreni costituenti il sottosuolo della conca ternana e la cui evoluzione idrografica è condizionata dall'intervento antropico che ha confinato gli alvei fluviali entro argini in muratura su entrambe le sponde.

In merito al rischio idraulico va precisato che l'area in esame è esterna alle aree di potenziale inondazione indicate dall'Autorità di Bacino del Tevere nel PAI.

La piana di Terni è sede di un acquifero contenuto nei sedimenti alluvionali (presente per lo più nel termine ghiaioso) e con livello impermeabile costituito dalle intercalazioni di natura argillosa; dal punto di vista idrodinamico l'acquifero in questione è una falda libera, capace di fluttuare all'interno della formazione acquifera ghiaioso-sabbiosa e quindi con pelo libero superiore in equilibrio con l'atmosfera.

Le caratteristiche granulometriche di queste sabbie e limi e anche delle ghiaie sabbiose sottostanti sono tali da determinare permeabilità elevate e pari a 10^{-1} m/s.

Gli apporti che alimentano l'acquifero alluvionale provengono principalmente dalla circolazione idrica profonda di origine carsica e di fratturazione che caratterizza i massicci carbonatici dei M.ti Martani e dei Sabini settentrionali, apporti che si generano attraverso contatti profondi tra strutture calcaree e depositi fluvio-lacustri del Bacino Tiberino. Altri apporti diretti sono riferibili alle infiltrazioni efficaci delle precipitazioni meteoriche dirette nella zona di pianura e agli apporti diretti di subalveo dal parte del Nera.

Le piezometrie in questa zona della pianura ternana si attestano a circa 110 m s.l.m., con spessori medi del non saturo comprese tra 15 e 17 m (Matinelli S., Santucci A.; Studi sulla vulnerabilità degli acquiferi, 1995, Pitagora Ed.).

L'elevata permeabilità, unita alla morfologia pianeggiante, è condizione favorevole alla percolazione delle acque meteoriche nel sottosuolo, tuttavia la consolidata urbanizzazione dell'area determina in convogliamento di esse attraverso la rete fognaria verso il reticolo idrografico principale.

4-CARATTERI FISICO - MECCANICI DEI TERRENI

I parametri meccanici dei terreni interessati dall'intervento sono stato valutati grazie all'esecuzione di numero due (2) sondaggi geognostici, la cui ubicazione è visibile nella carta planimetrica allegata e grazie all'esecuzione di prove penetrometriche standard nel corso del sondaggio S.2 nonché ai risultati dell'analisi di laboratorio effettuate sul campione indisturbato prelevato nel corso del carotaggio.

L'esecuzione dei sondaggi, eseguiti con carotaggio continuo, ha permesso inoltre di descrivere la successione litostratigrafica locale e quindi di desumere il modello geologico dei terreni che saranno interessati dall'intervento di progetto, così come previsto dalla normativa tecnica di settore (D.M. 14 Gennaio 2008).

Con lo schema di seguito riportato, vengono sinteticamente descritte le diverse litologie presenti nell'area d'intervento:

- a - Terreni di riporto, costituiti da materiale arido.
- b - Sabbie fini e limi calcarei bianchi e beige, leggeri, poco addensati, con locali livelli di ghiaia.
- c - Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa, con locali livelli di limo e sabbie .

Si tralascia il commento sui materiali di riporto, le cui caratteristiche fisiche, meccaniche e di addensamento, sono variabili da luogo a luogo e comunque poco prestanti e comunque sconsigliati terreni di fondazione.

Per quanto riguarda i parametri geotecnici dei limi e delle sabbie fini (strato b), essi mostrano una genesi di ambiente fluviale, e la loro natura travertinosa determina condizioni di addensamento medio- basso.

Il loro comportamento, comunque, è di tipo granulare con angoli di attrito compresi tra 24° e 30° , il peso dell'unità di volume naturale γ_n si può considerare variabile tra 1,5 e 1,7 g/cmc. Le densità

relative sono basse, essendo materiali alluvionali poco addensati, con valori di D_r compresi tra 15 % e 30 - 40 % e indice dei vuoti "e" maggiore di 1. I colpi N_{spt} delle prove penetrometriche SCPT sono comprese tra 3 e 22.

La ghiaie sabbiose dello strato C mostrano parametri fisici e meccanici più performanti: l'angolo di attrito ϕ' è valutato in un ampio spettro di valori, compresi tra 32° e 42°, con comportamento francamente granulare. La densità relativa, ottenuta da prove penetrometriche, è sempre > del 40 %. In alcuni casi la matrice sabbiosa è prevalente sullo scheletro calcareo. Il γ_{sat} è compreso tra 2 e 2,2 g/cmc, mentre il γ_n è compreso tra 1,9 e 2 g/cmc.

Lo strato C ospita l'acquifero alluvionale sopra citato.

5 - SISMICITÀ

In base alla recente ordinanza del Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 il Comune di Terni è stato inserito tra le località sismiche con classe di sismicità 2 (**Gazzetta Ufficiale n. 105 del 2 del 08-05-2003 S.O. n.72**).

Nella fase di progetto si potrà tenere conto del nuovo vincolo sismico e della nuova legislazione vigente in materia di progettazione. Per completezza dei riferimenti normativi, si ricordano comunque le ulteriori disposizioni emanate successivamente al DPCM 3274/2003:

- "Nuova Normativa Antisismica – Ordinanza n° 3316 "Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003"

- "Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003" Ordinanza n° 3431.

Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 14 Settembre 2005 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SIMICA DI RIFERIMENTO

Per il Comune di Terni la normativa 3274/2003 assegna un valore di accelerazione orizzontale di picco su suolo rigido di categoria A pari a 0.25 g .

In riferimento alla nuova normativa antisismica (D.M. 14/1/2008), redatta sulla base dell'Eurocodice 8, **la categoria di suolo presente** (già indicate nella OPCM 3274), è **la B**, ovvero "*depositi di terreni a grana grossa ben addensati o a grana fine ben consistenti*", caratterizzati da velocità delle onde sismiche di taglio V_s compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Quanto agli aspetti morfologici, in considerazione della topografia pianeggiante, non è stato considerato alcun incremento del coefficiente di amplificazione sismica da motivi topografici (categoria topografica T1 ovvero con pendenze minori a 15° sull'orizzontale).

Per l'attribuzione della categoria di suolo ci si è basati sul confronto dei dati stratigrafici ottenuti dalle perforazioni per questa perizia, dalle prove SPT in foro sugli stessi sondaggi e alcune prove Down - Hole eseguite nel medesimo contesto geologico del centro città di Terni.

La prima sismostratigrafia di riferimento è quella riferita alla prova Down Hole presso la scuola Anita Garibaldi in via 1° Maggio (messi gentilmente a disposizione dalla Direzione LL.PP. Edilizia Pubblica), la seconda è una prova Down Hole eseguita nell'aprile 2001 all'interno del cortile del palazzo Bazzani sede della Provincia di Terni (messi gentilmente a disposizione dagli uffici Prot. Civile della Provincia di Terni).

Rimandando in coda alla presente il dettaglio dei report della velocità delle onde di taglio V_s per i siti sopra menzionati, vale qui sottolineare come le velocità riscontrate siano in entrambe i casi

comprese tra i 500 e i 600 m/s , indice di una buona densità dei terreni, specie negli intervalli di terreno a partire da -5 m dal p.c. In particolare per la down-hole eseguita presso la scuola Garibaldi le velocità delle onde di taglio riscontrate per tutti e tre gli strati (sia nella direzione x che nella direzione y) sono risultati compresi tra valori minimi di 481 m/s e 595 m/s al massimo. Il valore medio di velocità delle onde di taglio Vs18 m, nei primi 30 m di sottosuolo, è risultato essere di circa 522 m/s, per cui si determinano condizioni di sottosuolo di categoria B.

Analogamente alla prova Down-hole eseguita nel 2001 presso la provincia di Terni le velocità delle onde S è stata di circa 600 m/s, se si esclude un primo tratto di circa 220 m/s nei primi metri di terreno più superficiale.

5.1 - DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SIMICA DI RIFERIMENTO

Per il Comune di Terni la normativa 3274/2003 assegna un valore di accelerazione orizzontale di picco su suolo rigido di categoria A pari a 0.25 ag; nel proseguito del paragrafo verrà determinata l'accelerazione sismica di progetto per la categoria di suolo e per la categoria d'uso della struttura in progetto ovvero la determinazione dello spettro di risposta sismica di progetto nelle sue componenti orizzontali e verticali, mediante il software messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici *Spettri-NTCver.1.0.3*

In merito ai risultati ottenuti dal programma di calcolo nella prima fase di elaborazione si sono calcolati gli spettri di risposta elastici per diversi tempi di ritorno specifici per il sito in questione.

Di seguito vengono riportati i valori dei parametri ag (accelerazione orizzontale di picco al suolo), Fo (amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale), Tc (amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale) per i tempi di ritorno Tr di riferimento:

coordinate utilizzate: lat. 42,562709; long, 12,650394

Tr (anni)	ag (g)	Fo (-)	Tc (s)
30	0.057	2.504	0.269
50	0.071	2.489	0.281
72	0.081	2.498	0.288
101	0.095	2.45	0.295
140	0.107	2.438	0.302
201	0.124	2.414	0.308
475	0.168	2.448	0.321
975	0.21	2.479	0.333
2475	0.273	2.502	0.348

Nella seconda fase di elaborazione è stata fissata la vita nominale dell'edificio ovvero 50 anni e la classe d'uso della struttura. Il programma calcola poi in automatico i 4 periodi di ritorno corrispondenti ai quattro stati limite.

STATO LIMITE	Tr (anni)	Ag (g)	Fo (-)	Tc (s)
SLO	30	0.058	2.504	0.269
SLD	50	0.071	2.49	0.281
SLV	475	0.167	2.448	0.321
SLC	975	0.21	2.479	0.333

Nella terza fase infine è stato definito lo spettro di risposta nelle sue componenti orizzontali e verticali per lo stato limite del danno SLD; i risultati e i parametri utilizzati, la cui scelta ultima

spetta all'Ing. Progettista, sono visibili tra gli allegati in coda al testo.

6 - INDAGINI GEOGNOSTICHE (AI SENSI DELLE NTC 2008)

In ottemperanza delle recenti NTC 2008 (DM 14.01.2008) è stata eseguita nel Maggio 2010 una campagna geognostica, consistita in due sondaggi con prove SPT in foro e prelievo di campioni per le analisi di laboratorio geotecnico; i dati provenienti da tale campagna sono stati integrati con i dati provenienti dalle indagini condotte per gli interventi di miglioramento sismico della scuola A. Garibaldi, situata in una zona limitrofa a quella di attuale intervento e comunque in un'area il cui modello geologico è strettamente affine, per genesi e natura, a quello oggetto dell'attuale studio. I dati di cui si era a disposizione consistevano in un sondaggio fino a -30 m di profondità ed esecuzione di una prova di misurazione delle velocità delle onde sismiche P ed S di tipo down-hole. Il sondaggio S1, spinto fino alla profondità di 15 m dal piano campagna, è stato ubicato sul lato del teatro Verdi che si affaccia su Vico Sant'Agape, ove è in progetto la realizzazione di una scala antincendio.

Il sondaggio S2, spinto fino alla profondità di 30 m dal p.c., è stato eseguito sul lato del teatro che si affaccia su Via dell'Ospedale, ove è in progetto l'ampliamento pluripiano, comprensivo di un piano interrato. Il sondaggio S2, visto la breve distanza che lo separa dal sondaggio S1, è stato eseguito a distruzione di nucleo per i primi 15 m metri, mentre si è proceduto al carotaggio continuo solo da 15 m fino a - 30 m di profondità.

6.1 - STRATIGRAFIA Sondaggio S.1 Esecuzione Maggio 2010

La falda idrica è stata intercettata a - 16 m dal p.c.

- Da -0.0 a -2.5 m terreno di riporto costituito da sabbie e limo di colore marrone in frequenti inclusi clastici di natura antropica.
- Da -2,5 a -3,5 m sabbie di taglia granulometrica medio-fine con rari inclusi clastici-carbonatici.
- Da -3,5 a -4,5 m sabbie limose, a luoghi con prevalenza della componente limosa, plastiche.
- Da -4,5 a -6,5 m sabbie di colore giallo medio grossolane, con scarsa frazione limosa.
- Da -6,5 a -7,0 m sabbie limose giallo grigiastre.
- Da -7,0 a -8.4 m sabbie fini.
- Da -8,4 a -8,6 m livello competente costituito da sabbie cementate.
- Da -8,6 a -12,5 m sabbie giallastre medio-fini umide, contenenti aggregati di argille residuali.
- Da 12,5 a 13,3 m livello limo argilloso di colore marrone scuro (paleosuolo) con comportamento plastico.
- Da 13.3 a 14,5 m sabbie limose fini con comportamento plastico.
- Da 14.5 a 15.0 m ghiaie in matrice sabbio-limosa, ben addensate.

6.2 - STRATIGRAFIA Sondaggio S.2 Esecuzione Maggio 2010

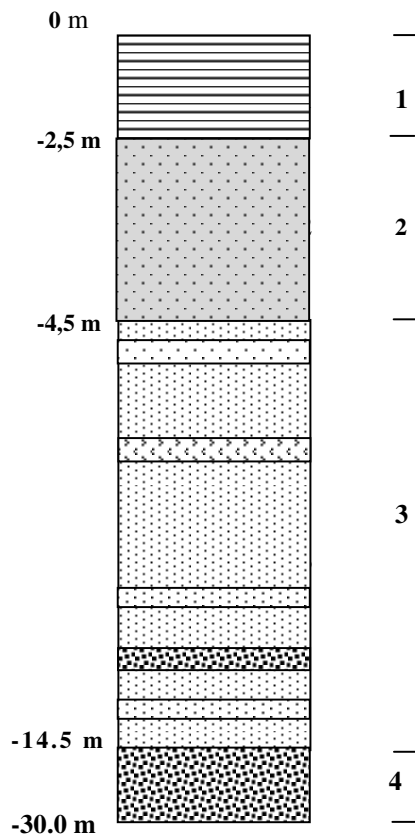
La falda idrica è stata intercettata a - 16 m dal p.c.

La stratigrafia di riferimento dal piano campagna (quota 0) a - 14 m è quella del sondaggio S.1 da - 14 a -30 m ghiaie in matrice sabbiosa a livelli la matrice diviene sabbio limosa, con clasti ben evoluti e delle dimensioni di qualche centimetro (5-6 cm). La ghiaie si presentano ben addensate. Da - 20 a -22 m dal p.c. si segnala un livello più francamente sabbioso con inclusi clasti carbonatici ben evoluti.

Di seguito si riporta la stratigrafia, dove sono stati accorpati gli orizzonti con caratteristiche

litologiche e di addensamento simili:

(piano campagna)



(1) Terreno di riporto.

(2) Sabbie limose e sabbie fini da poco a mediamente addensate.

(3) Sabbie da fini a medie da mediamente a molto addensate con lenti di sabbie limose e un livello di sabbia centata (-8,4 a -8,6).

(4) ghiaie in matrice sabbiosa o sabbio-limosa molto addensate.

Disegno non in scala FALDA idrica a -16 m circa

7 - MODELLO GEOTECNICO

I materiali intercettati si caratterizzano per un comportamento geotecnico misto di tipo granulare con prevalenza della resistenza a taglio con il solo angolo di attrito.

La determinazione numerica dei valori di resistenza a taglio dei terreni interessati dall'intervento è stata effettuata sia sulla base delle prove SPT effettuate nei fori di sondaggio, ma anche dalle prove di laboratorio geotecnico (le prove di laboratorio su un campione prelevato dal sondaggio S2 sono in fase di completamento, non appena disponibili verranno allegare ai documenti di progetto).

Le prove SPT in foro sono state realizzate con attrezzatura e specifiche di conduzione standard di tipo internazionale, quindi con massa battente costituita da un maglio con massa di 63.5 Kg, altezza di caduta e sganciamento automatico pari a 76 cm di altezza, punta conica con angolo di 60° e registrazione del numero di colpi ogni 15 cm di avanzamento della punta per 3 tratti successivi.

Dall'analisi speditiva dei risultati delle prove effettuate nei fori di sondaggio si evince che la resistenza all'avanzamento della punta aumenta con la profondità, ovvero con il grado di addensamento dei materiali intercettati.

Dal punto di vista della correlazione N_{spt} – parametri geotecnici, la procedura di determinazione è la seguente: la somma dei colpi registrati tra il 2° e 3° tratto viene utilizzata per entrare negli abachi di correlazione geotecnica che consente di determinare la Densità relativa D_r e l'angolo di attrito Φ' .

Qui sotto è riportata una tabella riassuntiva del numero di colpi registrati, loro profondità e sondaggio di riferimento:

Profondità prova SPT	N° di colpi registrato	Litologia terreno
-4.20/-4.55 m (S2)	6/3/3; 3+3 = 6	Sabbie limose
-5.80/-6.15 m (S2)	8/16/22; 16+22 = 38	Sabbie medie-grossolane consistenti
-7.80/-8.25 m (S2)	6/9/19; 9+19 = 28	Sabbie fini mediamente consistenti
-10.80/-11.25 m (S2)	7/12/9; 12+9 = 21	Sabbie limose fini con aggregati plasti di argille residuali

La densità relativa D_r , ovvero lo stato di addensamento in sito ed il relativo angolo di attrito Φ' , sono stati determinati direttamente dal numero di colpi (N_{spt}) utilizzando gli abachi che seguono, con curva di riferimento di Meyerhof, per la presenza di sabbia e limi $>$ del 5%.

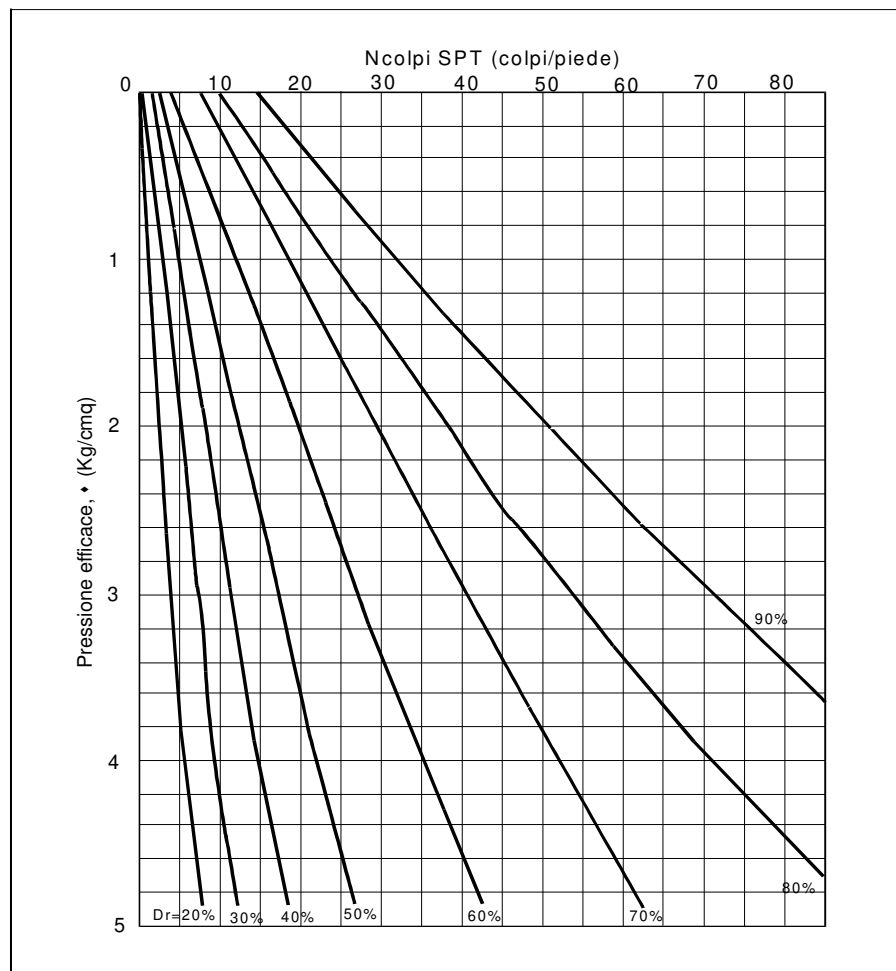


Fig. 1.13 - Metodo di Gibbs e Holtz per la valutazione della densità relativa.

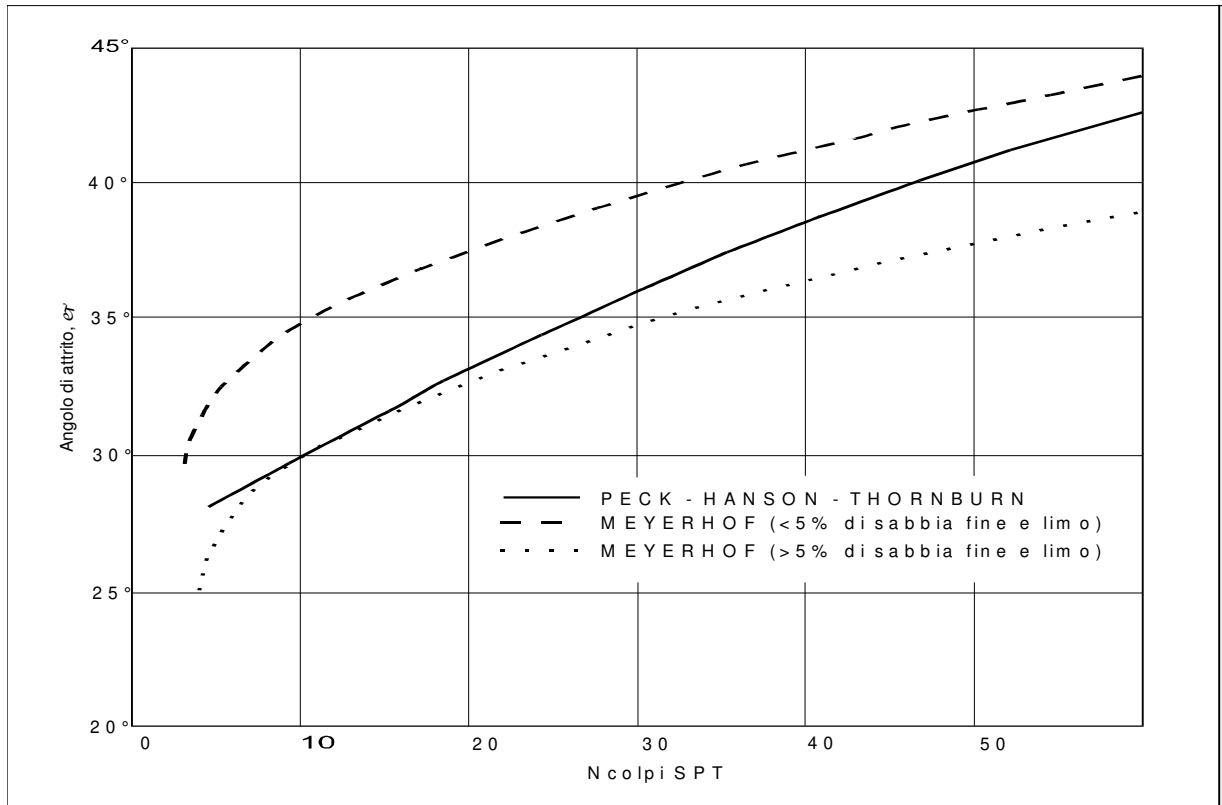


Fig. 1.12 - Correlazione tra Ncolpi SPT e Angolo di attrito (Metodi di Peck-Hanson-Thornburn e Meyerhof)

D_R (%)	Stato di addensamento
0-15	Molto sciolto
15-35	Sciolto
35-65	Medio
65-85	Denso
85-100	Molto denso

Stato di addensamento in funzione della densità relativa

La valutazione della Densità Relativa è importante per valutare lo stato fisico di addensamento del terreno ed inoltre consente di risalire all'angolo di attrito efficace ϕ' attraverso appositi abachi correlativi (Schulze & Metzembach, De Mello ed altri), oppure è possibile ottenere direttamente l'angolo di attrito con la relazione della *Road Bridge Specification* americana, dove l'angolo di attrito ϕ' è ottenuto dalla seguente relazione:

$$\phi' (^{\circ}) = [(\sqrt{15 \times N_{spt}})] + 15 \quad (1)$$

dove N_{spt} è il numero di colpi misurato nel corso dei sondaggi (2° e 3° tratto di misura)

Quindi utilizzando la formula (1) si ha:

- | | |
|---|--|
| 1. S.2 (-4.2/ -4.55 m) $N_{spt} = 6$ | $D_r = 50\%$ mediamente denso $\phi' = 24.5^{\circ}$. |
| 2. S.2 (-5.8 / -6.15 m) $N_{spt} = 38$ | $D_r = >90\%$ molto denso $\phi' = 38.8^{\circ}$. |
| 3. S.2 (-7.8/ -8.25 m) $N_{spt} = 28$ | $D_r = 70/80\%$ denso $\phi' = 35.5^{\circ}$. |
| 4. S.2 (-10./11.25 m) $N_{spt} = 21$ | $D_r = 60-70\%$ denso $\phi' = 32.7^{\circ}$. |
| 5. S.2 (-20.00/ -20.45m) $N_{spt} = 50$ | $D_r = >90\%$ molto denso $\phi' = 42^{\circ}$. |

In base alla normativa antisismica N.T.C. 2008 (DM 14.01.2008) recentemente in vigore dal 1/7/2009, per ciascuno dei parametri geotecnici devono essere attribuiti ai diversi orizzonti stratigrafici oltre al valore di resistenza caratteristico di ogni strato anche il valore medio e il valore minimo. Quelli riportati a lato della stratigrafia di riferimento esprimono dunque il valore caratteristico di ogni parametro per ogni strato a diversa natura litologica; per completezza dei dati esposti a seguire sono riportati anche i valori medi, minimi e quelli caratteristici per ciascuno dei parametri sopra elencati.

Riporti antropici spessore 2.5 m

<i>Parametro</i>	<i>Valore medio</i>	<i>Valore caratteristico</i>	<i>Valore minimo</i>
γ_n (t/mc)	1.9	1.8	1.7
ϕ' (°)	27	24	22
Modulo di elasticità drenato E' (Kg/cmq)	100	80	30
Coeff. di poisson μ	0.4	0.35	0.3

Sabbie limose poco addensate, spessore 2 m

<i>Parametro</i>	<i>Valore medio</i>	<i>Valore caratteristico</i>	<i>Valore minimo</i>
γ_n (t/mc)	1.8	1.7	1.55
ϕ' (°)	27	25	23
Modulo di elasticità drenato E' (Kg/cmq)	200	120	100
Coeff. di poisson μ	0.37	0.33	0.3

Sabbie limose da mediamente a ben addensate, spessore 10 m

<i>Parametro</i>	<i>Valore medio</i>	<i>Valore caratteristico</i>	<i>Valore minimo</i>
γ_n (t/mc)	1.8	1.7	1.55
ϕ' (°)	35	32	27
Modulo di elasticità drenato E' (Kg/cmq)	300	200	180
Coeff. di poisson μ	0.32	0.29	0.25

Ghiaie sabbiose addensate, spessore 16 m e oltre

<i>Parametro</i>	<i>Valore medio</i>	<i>Valore caratteristico</i>	<i>Valore minimo</i>
γ_n (t/mc)	2.3	2.1	1.9
ϕ' (°)	40	36	32
Modulo di elasticità drenato E' (Kg/cmq)	600	450	350
Coeff. di poisson μ	0.28	0.25	0.2

7 - OPERE DI FONDAZIONE CONSIGLIATE, CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'assetto stratigrafico e geotecnico sopra descritto è riassumibile come una successione di sedimenti da mediamente addensati fino ad addensati, di natura limo-sabbiosa, origine travertinosa (tra -2.5 e -14.5 m); i sedimenti alluvionali risultano gradualmente più addensati con la profondità. Da -14.5 m a -30 m sono presenti ghiaie sabbiose e sabbie ben addensate. Le indagini strumentali eseguite ai sensi delle recenti norme tecniche di costruzione in zona sismica (NTC 2008) hanno consentito inoltre di misurare in situ le densità attraverso prove penetrometriche condotte con attrezzatura standard (Nspt). Dalla correlazione con la stratigrafia ottenuta per questa indagine, confrontata con le stratigrafie delle prove Down-hole dell'Anita Garibaldi e del palazzo Bazzani, si ottiene sostanzialmente la medesima stratigrafia, così riassunta:

- Dal piano campagna a circa -2.0/-2.5 m sono presenti riporti antropici
- Da -2.5 m a -14.5 m sabbie limose travertinose, giallastre, dapprima poco addensate quindi velocemente più addensate, con orizzonti cementati a travertini, livelli ghiaiosi o sabbiosi grossolani.
- Da 14.5 m a -30 m, attraverso un livello argilloso marrone di circa 50-70 cm di potenza, si passa a ghiaie e sabbie addensate o molto addensate, con valori di Nspt spesso a rifiuto. Sono presenti orizzonti di argille e limi grigi molto consistenti intercalate nelle ghiaie, i quali, tuttavia, nelle perforazioni del Verdi, non sono stati intercettati.

I profili stratigrafici così simili sono quindi stati utili nel definire la presenza dello stesso contesto stratigrafico e geologico, così che fosse possibile confrontarne anche i profili di velocità delle onde di taglio Vs eseguite su strutture pubbliche nel centro città. I riferimenti sono le prove down-hole eseguite in via 1° Maggio presso la Scuola Anita Garibaldi (anno 2009 – distante appena 458 m in linea d'aria) ed anche la prova down hole eseguita presso il cortile interno del Palazzo Bazzani della Provincia di Terni (anno 2001 – distanza dal teatro Verdi 570 m). In entrambi i casi si sono ottenute velocità medie delle onde di taglio Vs maggiori di 520 m/s, tali che è possibile l'assegnazione alla categoria di suolo B.

Per il dettaglio dei dati esposti e citati come riferimento si rimanda in coda alla presente.

Il modello di resistenza a taglio dei sedimenti qui presenti è un modello di tipo granulare, in condizioni efficaci, con l'angolo di attrito come principale parametro di resistenza a taglio. La falda idrica, la cui oscillazione è di circa 1-2 m al massimo, è modesta e si colloca a circa -16 m dal pc. Per il dettaglio dei parametri geotecnici si rimanda ai paragrafi 6 e 7.

Per le opere fondali e di contenimento laterale in fase di scavo si consiglia, demandando all'Ingegnere Progettista il dimensionamento e la scelta ultima della tipologia delle opere, la realizzazione preliminare di una tura di pali come presidio delle opere e delle strutture edilizie limitrofe (per i locali destinati ai nuovi camerini) e dove è possibile anche considerare fondazioni di tipo superficiale (plinti o graticci di travi rovesce), analogamente alla scala antincendio lato Vico S.Agape.

Il Funzionario Tecnico
Dott. Geologo Paolo Paccara

Allegati: planimetria aerea base GoogleHeart



- Sondaggio S1: -15 m
- Sondaggio S2: -30 m

Alle pagine seguenti: Spettri di risposta sismici SLD

Estratti: dall'indagine sismica e prove down-hole per il progetto Definitivo di adeguamento sismico , impianti, prevenzione incendi, e abbattimento barriere architettoniche plesso scolastico "Anita Garibaldi", via 1° Maggio – TR.

Estratti: Prova Down-hole eseguita nel 2001 dalla Trivel – geo srl presso il giardino di palazzo Bazzani per conto della Provincia di Terni.

ALLEGATI ALLA RELAZIONE

STRATIGRAFIA SONDAGGIO

S1

Trivella: Beretta T.41

Operatori: Sinibaldi - Filippi

Carotiere: Ø 101

Impresa: GE.AR. s.a.s.
Geologo: G. Arcangeli

Committente:
Comune di Terni

Località: Teatro Verdi
Via Carrara (TR)

data:
Maggio 2010

profondità m parz. progr.		Litologia	Descrizione litologica	Descrizione geotecnica Scissom. Poket p. SPT Cu PPT 15 30 45 m	
1	2.8		Terreno di riporto		
3	2.8		Sabbie e limi travertinosi	2	2.50
				2	2.95
				4	5.50
				4	5.95
7	9.4				
9			Limi e limi sabbiosi marroni e giallastri ad alta plasticità inconsistenti	1	9.00
				4	9.45
				5	
13	13.8		Ghiaia e ciottoli medio-grossolani biancastri in matrice sabbiosa ben addensata con livelli franosi	24	13.00
				25	13.45
15	15.0				
17					
19					

STRATIGRAFIA SONDAGGIO



Trivella: Beretta T.41

Operatori: Sinibaldi - Filippi

Carotieri: Ø 101 sempl.

Impresa: Ge.Ar. s.a.s.
Geol.: G. Arcangeli

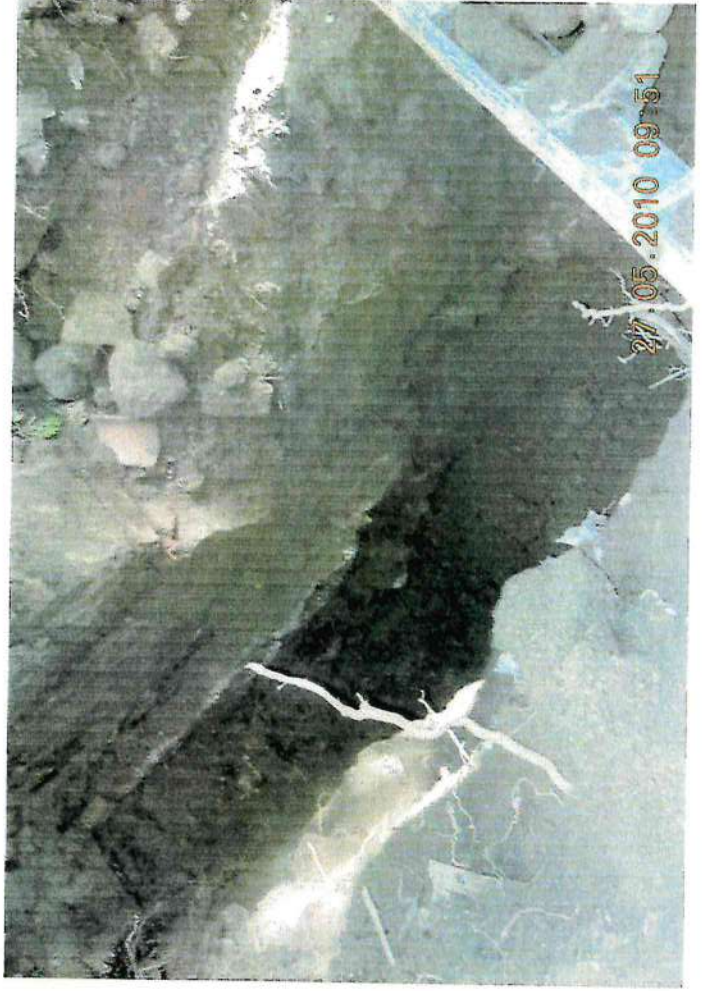
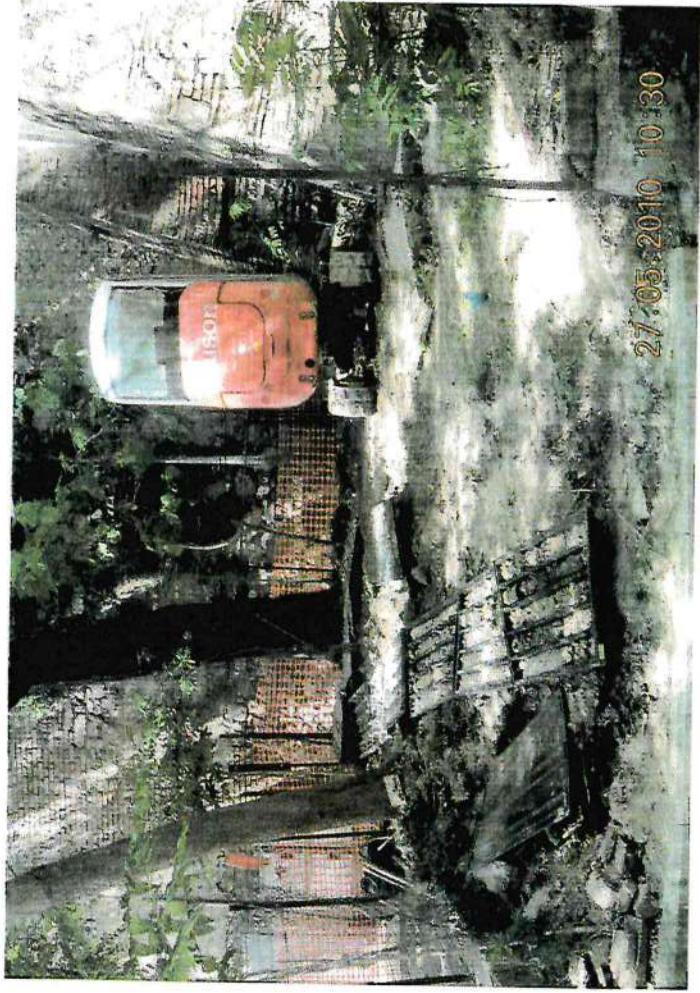
Committente:
Comune di Terni

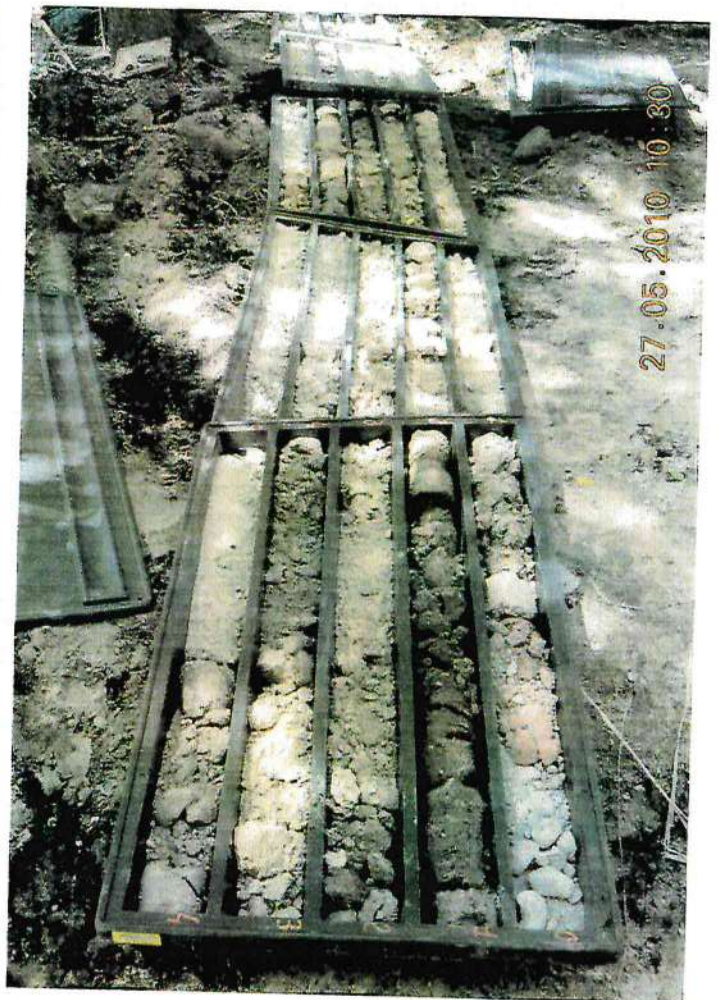
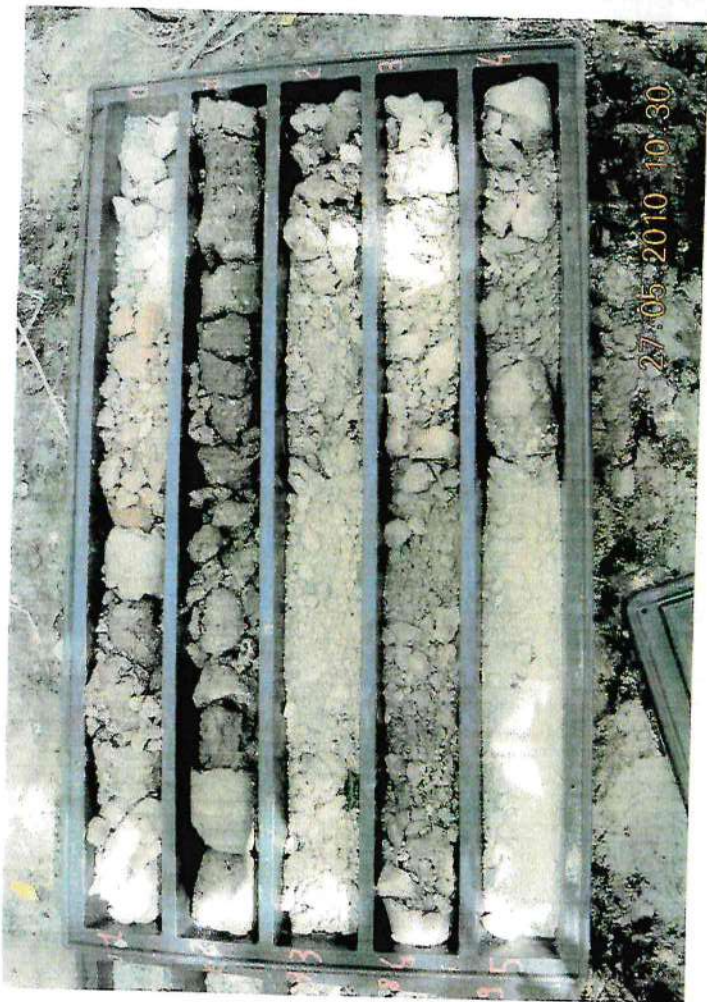
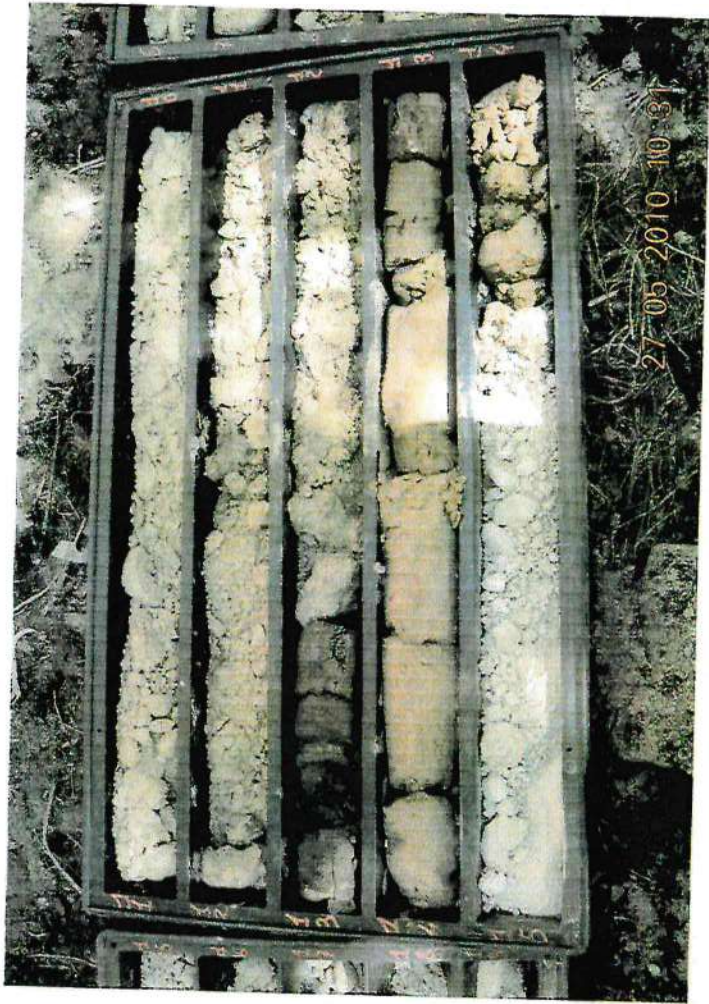
Località: Teatro Verdi
Via Carrara (TR)

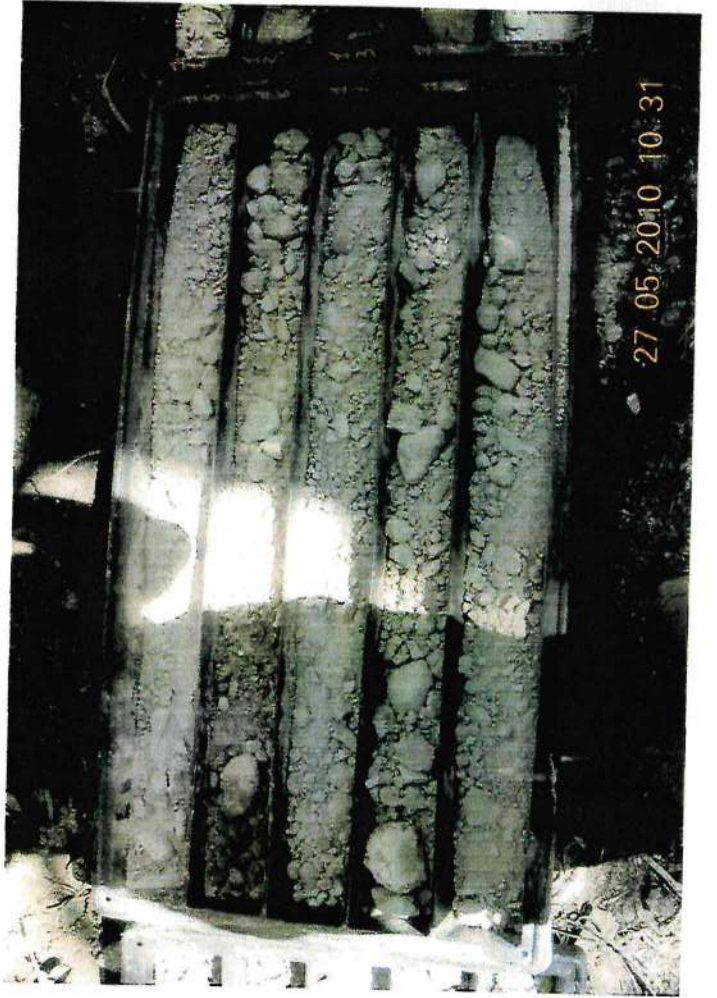
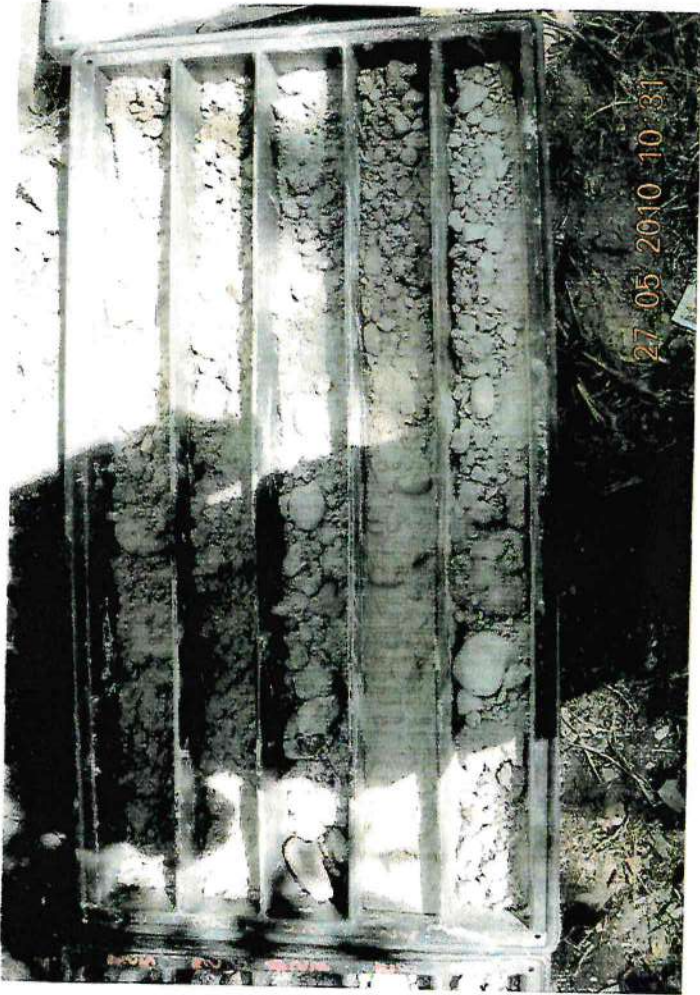
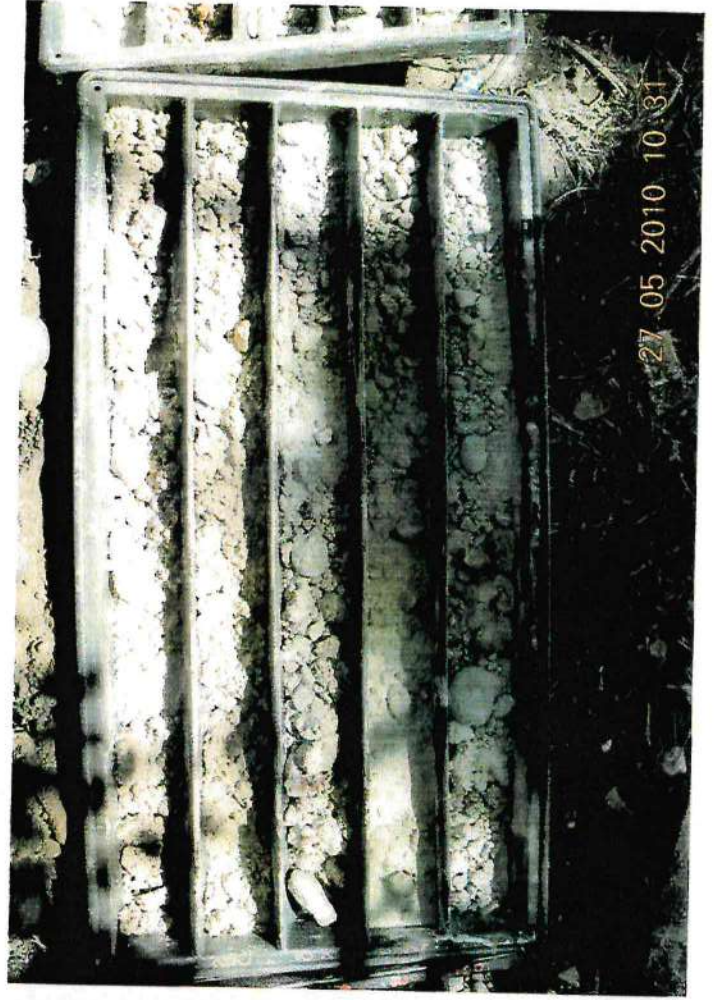
Data:
Maggio 2010

Profondità m		Litologia	Descrizione litologica	Descrizione geotecnica				
parz.	progr.			Scissom. Cu	Poket p. PPT	SPT		
				15	30	45	m	
2.2	2.2		Terreno di riporto					
10.3	12.5		Sabbie e limi travertinosi					
1.8	14.3		Limi e limi sabbiosi marroni e giallastri ad alta plasticità inconsistenti					
15.7	30.0		Ghiaia e ciottoli medio-grossolani biancastri in matrice sabbiosa ben addensata con livelli franosi					

Note: tubi di rivestimento sino a -29m







GEO ECO TEST S.N.C.
Geologia e Ingegneria Ambientale

Via S. Angelo, 65
05032 Trevi (Pg)
Tel./Fax 0742/381178
0742/780584
e-mail: geotec@libera.it

SCHEDA RIASSUNTIVA DEL CAMPIONE

N° D'ORDINE: 42/10
COMMITTENTE: GE.AR. Sas per conto Dott. Geol. Paolo Paccara
LOCALITA': Teatro Verdi Terni
SONDAGGIO: 2
CAMPIONE: 1
PROFONDITA': 12,8-13,0
DATA INIZIO: 24-05-2010
DATA FINE: 31-05-2010

PARAMETRO GEOTECNICO	SIMBOLO	VALORE	UNITA' DI MISURA
DENSITA'	γ	20,59	kN/m ³
DENSITA' SECCA	γ_d	16,99	kN/m ³
DENSITA' IMMERSA	γ_i	10,59	kN/m ³
PESO SPECIFICO DEI GRANULI	γ_s	26,94	kN/m ³
INDICE DEI VUOTI	e	0,585	
POROSITA'	n	36,91	%
GRADO DI SATURAZIONE INIZIALE	Sr	97,31	%
UMIDITA' NATURALE	w	21,1	%
LIMITE DI LIQUIDITA'	LL	21,3	%
LIMITE DI PLASTICITA'	LP	18,7	%
INDICE DI PLASTICITA'	IP	2,7	%
LIMITE DI RITIRO	LR	-	%
INDICE DI CONSISTENZA	Ic	0,06	
QUALITA' DEL CAMPIONE		Disturbato	
ANGOLO DI ATTRITO DI PICCO	ϕ'	-	°
COESIONE DRENATA	c'	-	kPa
ANGOLO DI ATTRITO RESIDUO	ϕ_{res}	-	°
COESIONE NON DRENATA	Cu	18	kPa
ANALISI GRANULOMETRICA			
PARTE GROSSOLANA (% trattenuta al setaccio n°200)	GHIAIA 0,48	SABBIA 43,57	LIMO+ARGILLA 55,95
PARTE FINA (% passante al setaccio n°200)	SABBIA	LIMO	ARGILLA
CLASSIFICAZIONE CNR UNI	[]		
INDICE DI GRUPPO	[]		

DESCRIZIONE: Limi sabbiosi e sabbie limose avana giallognoli



Lo Sperimentatore

Il direttore del Laboratorio

Laboratorio con aut. Min. conc. n°54918 del 29/05/2006

GEO ECO TEST S.N.C.
Geologia e Ingegneria Ambientale

Via S. Angelo, 65
06032 Trevi (Pa)
Tel./Fax: 0742/381170
0742/760504
e-mail: geocotest@libero.it

DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA DI ATTERBERG

N. d'Ordine : 42/10

N. Certificato : 377/10

Indagine : Teatro Verdi

Committente : GE.AR. Sas per conto Dott. Geol. Paolo Paccara

Località : Terni

Sondaggio n° : 2

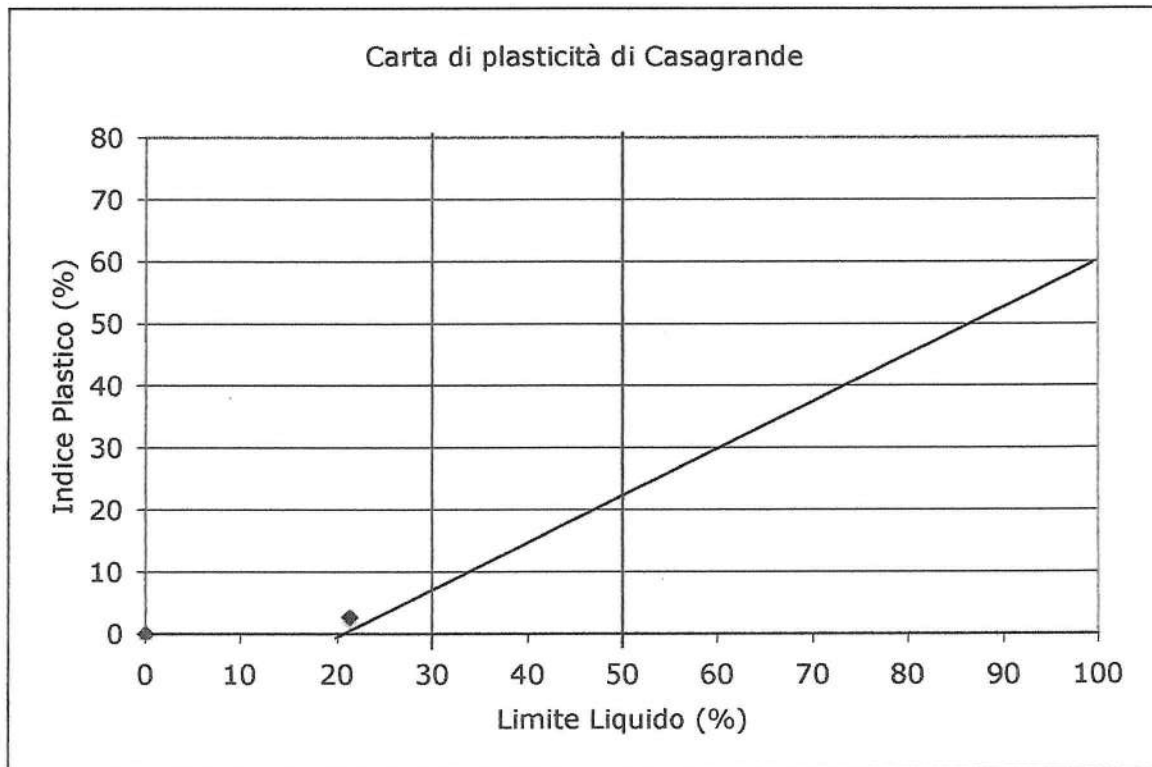
Campione n° : 1

Profondità di prelievo (m) : 12,8-13,0

Data ricevimento campione: 24-05-2010

Data esecuzione prova: 25-05-2010

Descrizione del campione : Limi sabbiosi e sabbie limose avana giallognoli



Contenuto naturale d'acqua	21,1	%
Limite Liquido	21,3	%
Limite Plastico	18,6	%
Indice Plastico	2,7	%
Limite di Ritiro	-	%
Indice di consistenza	0,06	

Classificazione del Materiale: Limo argilloso a bassa plasticità

Lo sperimentatore

Luigi Severini

Laboratorio con aut. Min. conc. n°54918 del 29/05/2006



Pagina 1/1

ANALISI GRANULOMETRICA



N. d'Ordine : 42/10

N. Certificato : 378/10

Indagine : Teatro Verdi

Committente : GE.AR. Sas per conto Dott. Geol. Paolo Paccara

Località : Terni

Sondaggio n° : 2

Campione n° : 1

Profondità di prelievo (m) : 12,8-13,0

Data ricevimento campione: 24-05-2010

Data esecuzione prova: 25-05-2010

Descrizione del campione : Limi sabbiosi e sabbie limose avana giallognoli

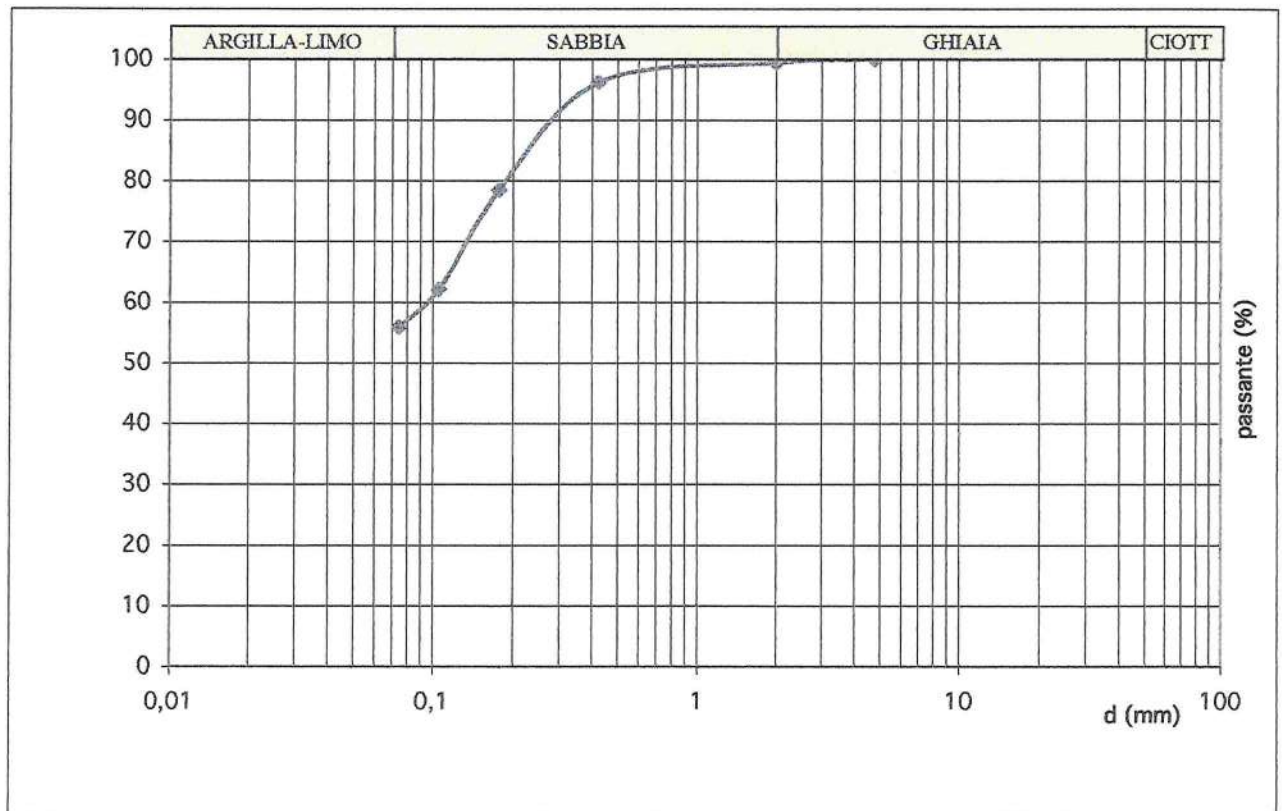
Tipo di prova: per via umida

Umidità (%) : 21,1

Peso totale del campione (g): 253

Peso secco (g) : 209

Setacci (Serie ASTM)	Apertura d (mm)	Peso netto trattenuto (g)	Trattenuto (%)	Passante (%)
N4	4,76	0	0,00	100,00
N10	2,00	1	0,48	99,52
N40	0,42	8	3,83	96,17
N80	0,177	45	21,55	78,45
N140	0,105	79	37,83	62,17
N200	0,074	92	44,05	55,95



Lo sperimentato

David Severini



Il Direttore del Laboratorio

Laboratorio con aut. Min. conc. n°54918 del 29/05/2006

Pagina 1/1

Procedura CNR-UNI n°23/71

Mod.0901-06a

PROVA DI COMPRESSIONE SEMPLICE

GEO ECO TEST S.N.C.
Geologia e Ingegneria Ambientale

Via S. Angelo, 65
96032 Trevi (Pg)
Tel./Fax 0742/381170
0742/780584
e-mail: geocoatest@libero.it

N. d'Ordine : 42/10

N. Certificato : 379/10

Indagine : Teatro Verdi

Committente : GE.AR. Sas per conto Dott. Geol. Paolo Paccara

Località : Terni

Sondaggio n° : 2

Campione n° : 1

Profondità di prelievo (m) : 12,8-13,0

Data ricevimento campione: 24-05-2010

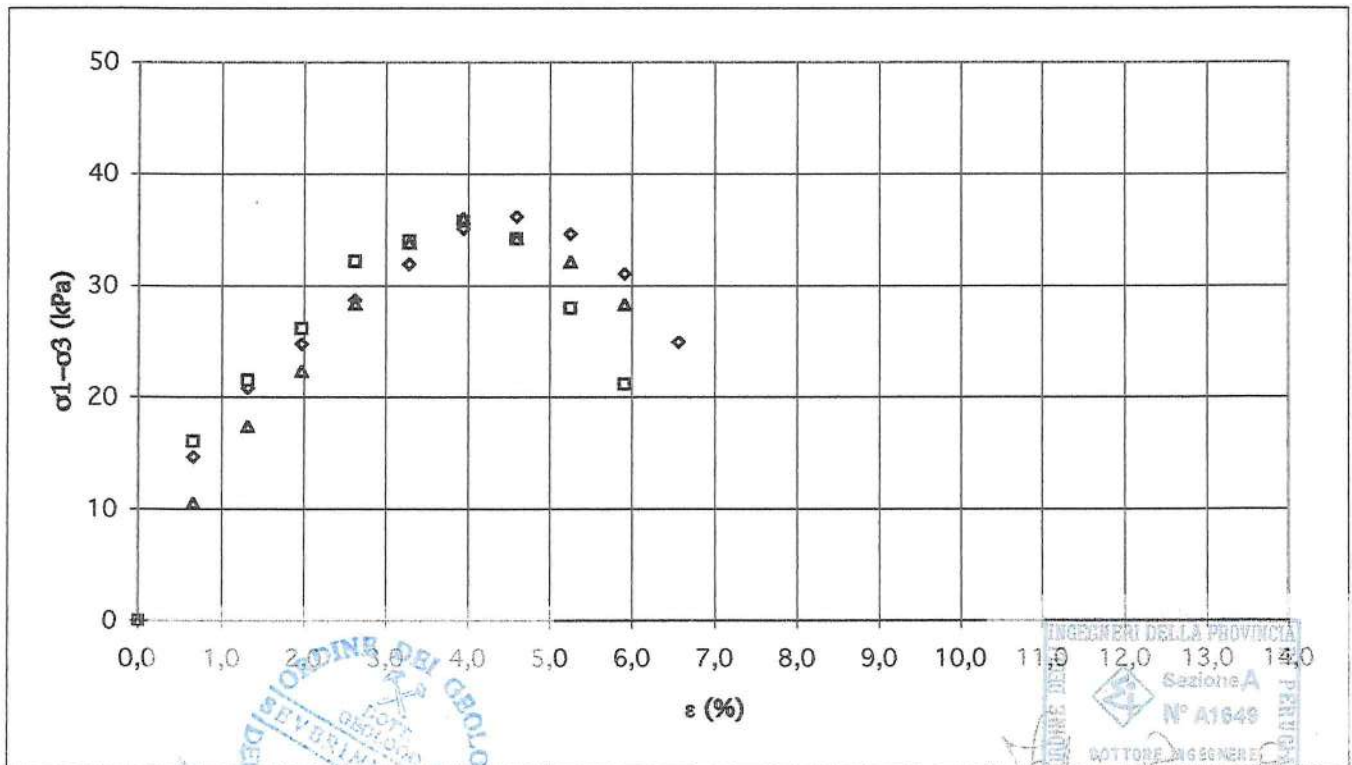
Data esecuzione prova: 28-05-2010

Descrizione del campione : Limi sabbiosi e sabbie limose avana giallognoli

PROVINO N°	1	2	3
Peso dell'unità di volume (kN/m ³)	20,62	20,63	20,57
Contenuto naturale d'acqua (%)	21,1	21,1	21,1

CARATTERISTICHE DELLA PROVA

Velocità di deformazione (mm/min)	0,38
Altezza del provino (cm)	7,62
Diametro del provino (mm)	38,1



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

Laboratorio con aut. Min. conc. n°54918 del 29/05/2006

pagina 1/2

PROVA DI COMPRESSIONE SEMPLICE

GEO ECO TEST S.N.C.
Geologia e Ingegneria Ambientale

Via S. Angelo, 65
06032 Trevi (Pg)
Tel./Fax: 0742/381170
0742/780584
e-mail: geocotest@libero.it

N. d'Ordine : 42/10

N. Certificato : 379/10

Indagine : Teatro Verdi

Committente : GE.AR. Sas per conto Dott. Geol. Paolo Paccara

Località : Terni

Sondaggio n° : 2

Campione n° : 1

Profondità di prelievo (m) : 12,8-13,0

Data ricevimento campione: 24-5-2010

Data esecuzione prova: 28-05-2010

Descrizione del campione : Limi sabbiosi e sabbie limose avana giallognoli

VALORI DEGLI SFORZI MISURATI

Spostamento s (mm)	Cedimento ε (%)	Provino 1 σ1-σ3 (kPa)	Provino 2 σ1-σ3 (kPa)	Provino 3 σ1-σ3 (kPa)
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,5	0,7	14,7	16,1	10,5
1,0	1,3	20,8	21,5	17,4
1,5	2,0	24,8	26,2	22,4
2,0	2,6	28,7	32,2	28,4
2,5	3,3	31,9	34,0	33,9
3,0	3,9	35,1	35,8	36,0
3,5	4,6	36,2	34,2	34,3
4,0	5,2	34,6	28,0	32,2
4,5	5,9	31,1	21,2	28,3
5,0	6,6	24,9		
5,5	7,2			
6,0	7,9			
6,5	8,5			
7,0	9,2			
7,5	9,8			
8,0	10,5			
8,5	11,2			
9,0	11,8			
9,5	12,5			
10,0	13,1			



Lo Sperimentatore












Il Direttore del Laboratorio

Laboratorio con aut. Min. conc. n°54918 del 29/05/2006





pagina 2/2

LEGENDA

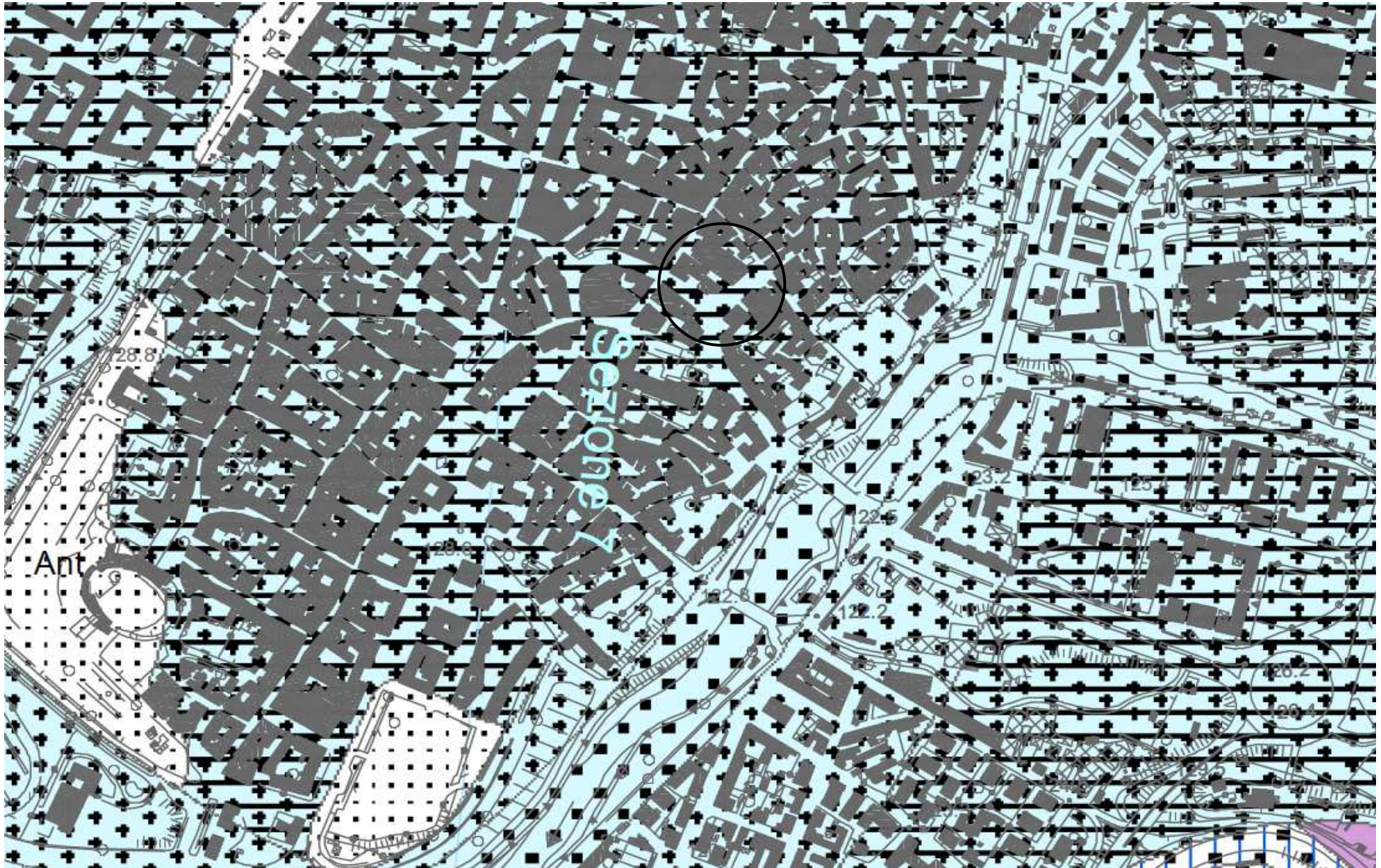
ELEMENTI GEOLOGICI

	ant	Accumuli Antropici: Depositi di materiale non cementato, da poco a mediamente addensato; materiali di riporto di origine antropica (Olocene)
	col	Depositi eluvio-Colluviali: Depositi essenzialmente fini con clasti di varie dimensioni, provenienti dal disfacimento delle rocce del substrato, accumulati sul posto o sedimentati sui versanti per trasporto di massa e/o per ruscellamento diffuso (Pleistocene-Olocene)
	ter	Terre Rosse: Depositi residuali argillosi-limosi di colore rosso, talora frammisti a materiale calcareo detritico, provenienti dall'alterazione e dalla dissoluzione dei carbonati (Pleistocene-Olocene)
Alluvioni:		
	aA	Limi sabbiosi e limi argillosi con inglobati depositi lentiformi e nastriformi dighiaie e ghiaie sabbiose sciolte o debolmente cementate, talora a stratificazione incrociata, con intercalazioni di lenti di sabbie bruno-giallastre e di argille grigie
	aB	(aA) Depositi alluvionali in rapporto con la morfologia e la dinamica attuale (Olocene)
	ale	(aA) Depositi alluvionali non in rapporto con la dinamica attuale ma in continuità morfologica con aA (Pleistocene-Olocene)
		(ale) Depositi alluvionali non in rapporto con la morfologia nè la dinamica attuale (Pleistocene)
	dpl	Depositi palustri: Depositi argillosi e limosi con presenza di torbe (Pleistocene-Olocene)
Detriti di versante		
	dra	Depositi essenzialmente gravitativi, a granulometria variabile, da ben classificati a fortemente eterometrici, i clasti sono prevalentemente a spigoli vivi, per lo più in accumuli massivi o grossolanamente stratificati
	drr	(dra) Depositi in rapporto con la morfologia e la dinamica attuale (Olocene)
	dran	(drr) Depositi non in rapporto con la dinamica attuale ma in continuità morfologica con aA (Pleistocene-Olocene)
		(dran) Depositi non in rapporto con la morfologia attuale (Pleistocene)
Travertini		
	tr	(tr) Travertini terrosi: sabbie e limi calcarei, travertini terrosi
		(tr1) Travertini litoidi: travertini litoidi in ciacitura massiva o grossolanamente stratificati

Sovrassimboli depositi alluvionali


	Depositi prevalentemente Limo-sabbiosi
	Depositi prevalentemente Ghiaiosi
	Depositi prevalentemente Ghiaiosi e Limo-sabbiosi
	Depositi prevalentemente Limo-argillosi

Carta Geologica - estratto dalla Sezione
346040 TERNI degli studi geotematici per
il PRG del comune di Terni
Estratto in scala 1/5.000




LEGENDA


Rischio idraulico reticolo principale

 FASCIA A - Aree a rischio molto elevato

 FASCIA B - Aree a rischio elevato

 FASCIA C - Aree a medio rischio

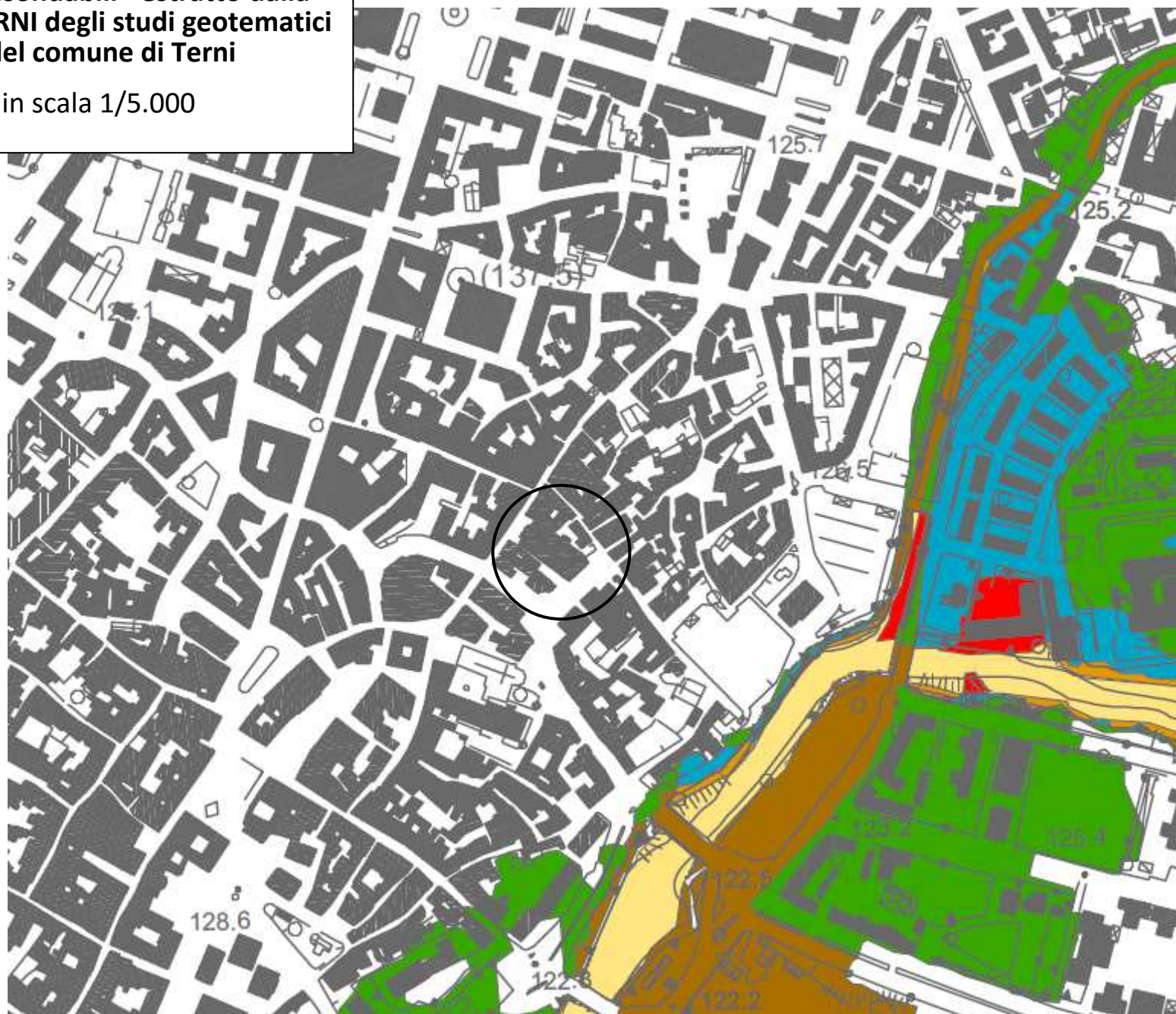
 RISCHIO R2

 RISCHIO R3

 RISCHIO R4

**Carta delle aree esondabili - estratto dalla
Sezione 346040 TERNI degli studi geotematici
per il PRG del comune di Terni**

Estratto in scala 1/5.000






LEGENDA



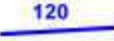





COMPLESSI IDROGEOLOGICI

	Alluvionale
	Bacino Tiberino
	Carbonatico
	Complesso
	Detritico
	Travertini
	Continentali (di origine palustre - Lago di Piedilt)

PERMEABILITA' DELLE LITOLOGIE AFFIORANTI

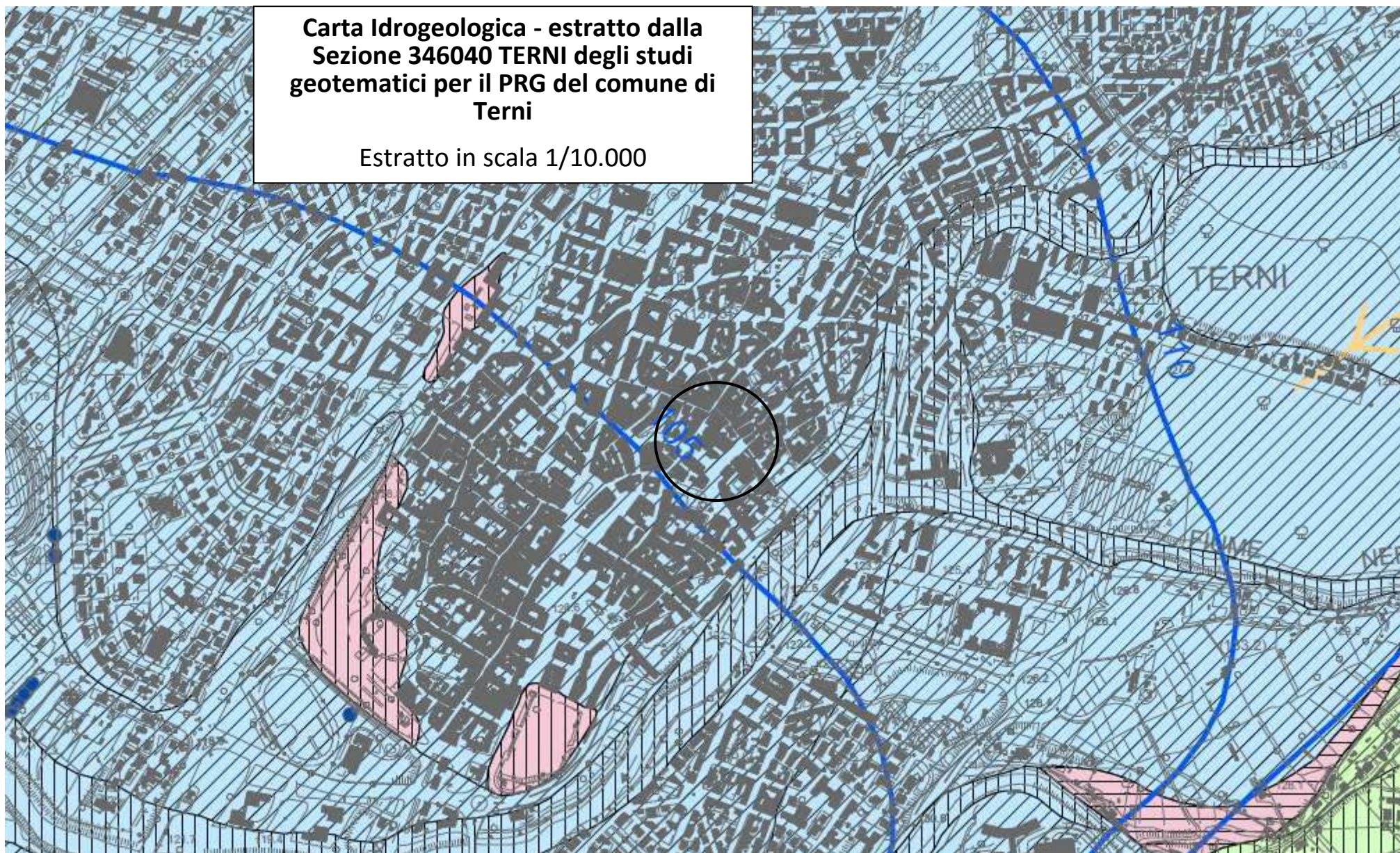
	Litologie aventi permeabilità alta
	Litologie aventi permeabilità media
	Litologie aventi permeabilità bassa

ELEMENTI IDROGEOLOGICI

	Captazioni ad uso idropotabile
	Captazioni ad uso non idropotabile
	Isopieze in quote assolute
	Isopieze in quote assolute nelle formazioni carbonatiche
	Direzioni principali di flusso delle falde nelle formazioni continentali
	Direzioni principali di flusso delle falde nelle formazioni continentali
	Certa
	Probabile

**Carta Idrogeologica - estratto dalla
Sezione 346040 TERNI degli studi
geotematici per il PRG del comune di
Terni**

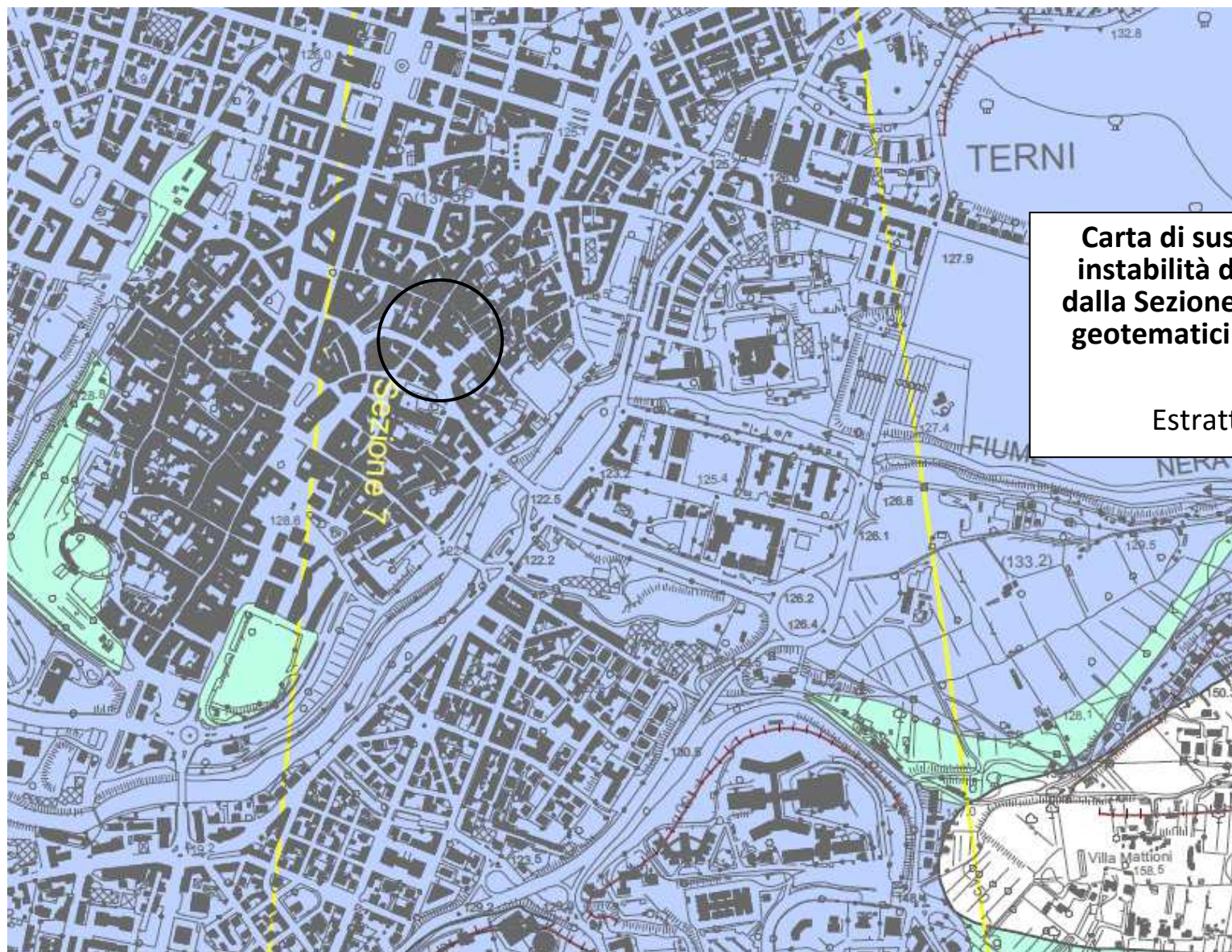
Estratto in scala 1/10.000



LEGENDA

TIPOLOGIA DELLE SITUAZIONI

	1	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi
	2	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti
	3	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana
	4	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)
	5	Zona di ciglio con H>10 metri (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale, di natura antropica)
	6	Zona di crinale affilato (a) o cocuzzolo (b)
	7	Zona di fondovalle
	8	Zona pedemontana di falda di detrito e cono di deiezione
	9	Zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-mec caniche molto diverse
		Traccia della sezione interpretativa



Carta di suscettibilità sismica e/o di instabilità dinamiche locali- estratto dalla Sezione 346040 TERNI degli studi geotematici per il PRG del comune di Terni

Estratto in scala 1/10.000

Dott. Alberto Bonaca Bonazzi
GEOLOGO

Dott. Giuseppe Pannone
GEOLOGO

ECO GEO ENGINEERING s.r.l.
Geologia ed Ingegneria ambientale

Via S. Angelo, 65
06032 Trevi (PG)
Tel. e fax 0742/381170

Trevi 11/06/2009

COMUNE DI TERNI

REGIONE DELL'UMBRIA

COMPLESSO SCOLASTICO "A. GARIBALDI"

RELAZIONE GEOLOGICA
INDAGINI SISMICHE

Committente: Amministrazione Comunale di Terni

Geologi: dott. Alberto Bonaca Bonazzi
dott. Giuseppe Pannone.

RELAZIONE GEOTECNICA E GEOFISICA

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

La caratterizzazione geotecnica del substrato è stata definita mediante la realizzazione di prove S.P.T (*Standard Penetration Test*). Dai valori ottenuti dalle prove, utilizzando gli abachi di correlazione (Coffman, Gibbs-Holtz) sono stati ricavati i valori della densità relativa D_r e dell'angolo d'attrito interno ϕ' . Le misure dirette del valore di ϕ' e di ϕ_{res} del terreno di fondazione delle strutture sono state effettuate sul campione indisturbato S1C1 mediante una prova di taglio CD ed una prova di taglio anulare.

Di seguito, si riportano i parametri geomeccanici dei livelli stratigrafici ritenuti significativi:

Terre di riporto e Limi argillosi superficiali

- peso di volume $\gamma = 1.7 \text{ t/m}^3$;

Sabbie travertinose giallastre

- peso di volume $\gamma = 1.50 \text{ t/m}^3$;
- coesione drenata $c = 0.00 \text{ Kg/cm}^2$
- densità relativa $D_r = 27\% - 40\%$
- angolo d'attrito interno $\phi' = 27^\circ - 30^\circ$
- angolo d'attrito residuo $\phi_r = 15^\circ$

Trattasi di sedimenti a comportamento granulare rientranti secondo la classificazione di Terzaghi e Peck (per correlazione con i risultati della prova SPT) nella categoria di addensamento "sciolta".

Stante le indagini eseguite, le fondazioni delle strutture insistono su tali materiali alla quota di m 2,00 dal piano campagna. A questa quota il materiale denota le seguenti caratteristiche:

- peso di volume $\gamma = 1.50 \text{ t/m}^3$;
- coesione drenata $c = 0.00 \text{ Kg/cm}^2$
- densità relativa $D_r = 30\%$
- angolo d'attrito interno $\phi' = 30^\circ$
- angolo d'attrito residuo $\phi_r = 15^\circ$

Ghiaie eterometriche con matrice sabbiosa

- peso di volume $\gamma_s = 1.85 \text{ t/m}^3$;
- coesione drenata $c = 0.00 \text{ Kg/cm}^2$
- densità relativa $D_r = 90-95\%$
- angolo d'attrito interno $\varphi' = 40^\circ$

Trattasi di materiali granulari molto addensati.

Ghiaie fortemente addensate e/o cementate

- peso di volume $\gamma_s = 2.2 \text{ t/m}^3$;
- coesione drenata $c = 0.00 \text{ Kg/cm}^2$
- densità relativa $D_r = 95\%$
- angolo d'attrito interno $\varphi' = 45^\circ$

Trattasi di materiali granulari fortemente addensati.

INDAGINE GEOFISICA CON DETERMINAZIONE SPERIMENTALE DEL VS30

L'indagine geofisica è stata condotta mediante una prospezione del tipo *Down-Hole*. L'esecuzione e l'interpretazione dei dati è stata curata dalla Società Geologica s.r.l. di Terni

La prova è stata eseguita all'interno del foro di sondaggio S1, precedentemente strumentato con tubo in PVC (diametro $\phi=80\text{ mm}$); l'intercapedine tra tubo e terreno è stata colmata, a partire dal basso, con boiaccia di cemento.

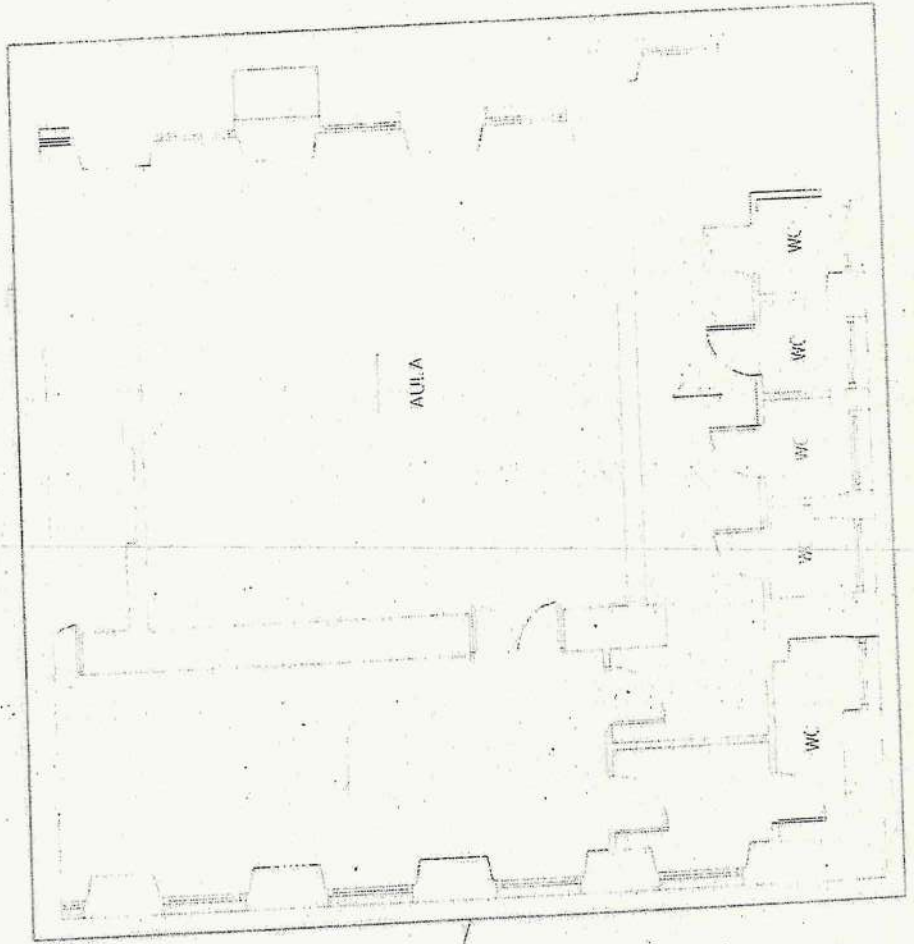
La *Down-Hole* è stata effettuata con sismografo a 16 canali, collegato con sistema di rilevamento costituito da geofono tridimensionale da pozzo. Le letture di questa prospezione sono state effettuate per intervalli di due metri. Gli esiti delle prospezioni sismiche sono riportati nella specifica relazione allegata alla presente.

Attraverso la prova sismica in foro sono state determinate, le velocità delle onde di taglio Vs. Dall'elaborazione dei dati si sono ottenuti i valori

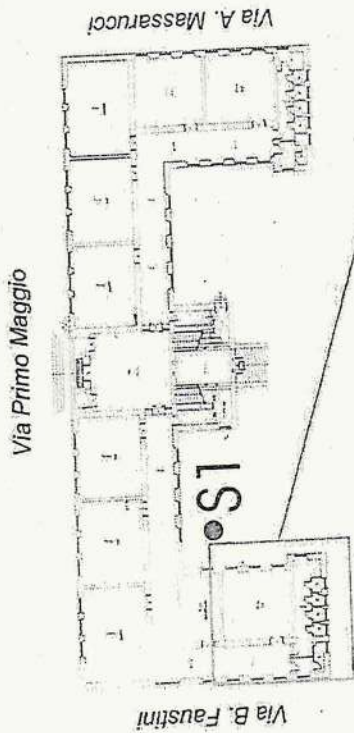
Geofono	V _{S30} [m/s]
Orizzontale Sx	522,9
Orizzontale Sy	522,6

Sulla scorta dei risultati ottenuti si è accertato un profilo stratigrafico di tipo B – depositi alluvionali con spessore superiore a m. 30, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori del V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

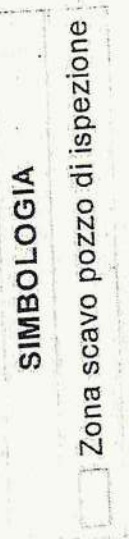
PUNTI D'INDAGINE



PARTICOLARE PIANTA



PIANTA PIANO RIALZATO



SIMBOLOGIA

▭ Zona scavo pozzo di ispezione

● Sondaggio S1

SOCIETÀ GEOLOGICA

Società Geologica Srl

Via G. Vitalone 18 - 05100 Terni

Cod. Fisc./P.IVA 01374990552

OGGETTO: ELABORATI STRATIGRAFIA E INDAGINI DOWN HOLE

Terni10/06/09

Società Geologica s.r.l.
Geol. Luca Latella
Geol. Giorgio Arcangeli

SOCIETÀ GEOLOGICA s.r.l.
Via Mentana, 35/B
05100 TERNI
P. I. 01374990552



STRATIGRAFIA SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Committente:

Località: Scuola Elementare "A. Garibaldi" Terni

Data inizio/fine: 03/06/09

Attrezzatura: Perforatrice idraulica "Beretta T46"

Lunghezza perforazione (m): 32,0

Quota del p.c. s.l.m.(m):

Scala 1:167

Sigla:

Spessore Profondità (m)	Stratigrafia	Campioni	DESCRIZIONE	Rivestim.to diam.mm/ prof.m	Carotiere diam. mm/ prof.m	S.P.T.	% caro taggio
1.50			Terreno di riporto				100
1.50 - 1.50						2.5	
1.50 - 2.10			Limi sabbioso argillosi			1-1-1	
3.40						2.5	
3.40 - 5.50			Sabbie travertinose giallastre			1-2-2	
5.50						8.0	
5.50 - 7.50			Sabbie travertinose giallastre con ghiaia dispersa			1-2-3	
7.50						8.0	
7.50 - 11.50						2-2-4	
11.50						6.5	
11.50 - 13.50			Ghiaia eterometrica poligenica con matrice sabbiosa			2-4-3	
13.50						11.3	
13.50 - 24.90						4-3-5	
24.90						14.7	
24.90 - 26.50			Limi sabbiosi di colore marrone giallastro	162/2 FS		11-21-48	
26.50						26.0	
26.50 - 27.25			Limi sabbiosi di colore marrone giallastro con ghiaia eterometrica			6-7-11	
27.25							
27.25 - 32.00			Ghiaia eterometrica poligenica cementata				
32.00							
32.00 - 31.70			Limi argillosi di colore grigio-azzurro				
31.70							
31.70 - 32.20			Ghiaia eterometrica poligenica cementata		101/12.0		
32.20							

PREMESSA

Nel mese di GIUGNO 2009, su incarico del Comune di Terni è stata eseguita un'indagine di sismica downhole.

L'indagine è stata eseguita in un foro di sondaggio della profondità di 32 m, precedentemente realizzato e condizionato con apposito tubo in PVC.

L'acquisizione dei dati è stata effettuata mediante il Sismografo 16SG24 della P.A.S.I. s.r.l. di Torino, mentre la successiva elaborazione è avvenuta mediante il software INTERSISM 2.0 - DOWNHOLE.

NOTE TEORICHE SULLA SISMICA DOWNHOLE

Il metodo downhole prevede che un geofono triassiale, collegato ad un sismografo, venga spostato lungo l'asse del foro. Il geofono è serrato alla parete del foro stesso ad intervalli regolari, in corrispondenza dei quali in superficie si generano onde P ed S, utilizzando una massa di battuta che percuote una trave.

Misurando i tempi di arrivo dei primi impulsi ai geofoni è possibile determinare la velocità verticale delle onde P ed S nei litotipi attraversati ed i loro moduli elastici.

A solo titolo indicativo sono di seguito elencati alcuni valori medi di velocità delle onde trasversali (V_s) in diversi litotipi:

LITOTIPO	Vs (m/s)
Colluvioni	300
Detrito	400
Alluvioni limoso-argillose	400
Alluvioni ghiaioso-sabbiose	400-700
Travertino	550-1000
Marnoso-arenacea	1000
Scaglia cinerea	1000
Scaglia rossa	1500
Maiolica	1500
Calcere massiccio	2000

BIBLIOGRAFIA:

- ARMANDO NORINELLI (1982): Elementi di geofisica applicata;
- E. CARRARA – A. RAPOLLA – N. ROBERTI (1992): Le indagini geofisiche per lo studio del sottosuolo: Metodi geoelettrici e sismici.

RISULTATI PROVA SISMICA

SINTESI DEI RISULTATI

Profondità foro: 32 m:

Intervalli di misura : 2 m:

Distanza della battuta da bocca foro: 1.0 m.

L'acquisizione dei risultati è avvenuta misurando, ad ogni intervallo, i tempi di arrivo delle onde P ed S, generate percuotendo una piastra d'alluminio (onde P) ed una trave di legno fermamente bloccata al suolo (onde S).

Dall'elaborazione dei dati è stato possibile ricostruire l'andamento delle velocità delle onde P ed S nei diversi strati attraversati; si precisa tuttavia che le alte velocità riscontrate soprattutto nel primo strato delle onde P è legato alla presenza di acqua nel foro.

Nella seguente tabella si riassumono i valori delle velocità riscontrate:

PRIMI ARRIVI

N° Geof.	Profondità [m]	Onde P [ms]	Onde S (X) [ms]	Onde S (Y) [ms]	Onde P (corretti) [ms]	Onde S (X) (corretti) [ms]	Onde S (Y) (corretti) [ms]
1	2.00	2.41	8.50	8.35	2.15	7.60	7.47
2	4.00	3.38	11.88	11.89	3.27	11.52	11.54
3	6.00	4.25	14.88	14.87	4.19	14.67	14.66
4	8.00	5.00	17.27	17.56	4.96	17.14	17.42
5	10.00	5.50	19.26	18.97	5.47	19.16	18.88
6	12.00	6.63	23.36	23.08	6.60	23.28	23.00
7	14.00	8.25	28.60	28.88	8.23	28.53	28.81
8	16.00	9.63	33.56	33.56	9.61	33.49	33.49
9	18.00	10.38	35.96	36.39	10.36	35.91	36.33
10	20.00	11.63	40.64	40.92	11.61	40.59	40.87
11	22.00	12.63	44.18	44.18	12.61	44.13	44.13

12	24.00	13.50	47.29	47.15	13.49	47.25	47.11
13	26.00	14.25	49.84	49.84	14.24	49.80	49.80
14	28.00	15.63	54.65	54.65	15.62	54.62	54.62
15	30.00	16.38	57.20	57.35	16.37	57.17	57.31
16	32.00	17.38	60.74	60.88	17.37	60.71	60.86

VELOCITA' ONDE P

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]
1	14	1674
2	26	1972
3	32	2034

PARAMETRI ONDE SX

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	14	481	0	4627	13233	31507
2	26	560	0	6272	17937	42707
3	32	585	0	6844	19573	46602

PARAMETRI ONDE SY

Strato	Profondità [m]	Velocità [m/s]	Poisson [-]	Shear [kPa]	Young [kPa]	Bulk [kPa]
1	14	481	0.43	4627.0	13233.0	31507.0
2	24	549	0.43	6028.0	17240.0	41047.0
3	32	595	0.43	7080.0	20248.0	48209.0

VELOCITA' MEDIE VS18

Geofono	VS30 [m/s]
orizzontale Sx	522.9
orizzontale Sy	522.6

PROVA DI TAGLIO RESIDUO



N. d'Ordine : 17/09
 Indagine : Scuola Anita Garibaldi
 Committente : GE.AR.
 Località : Temi
 Sondaggio n° : 1

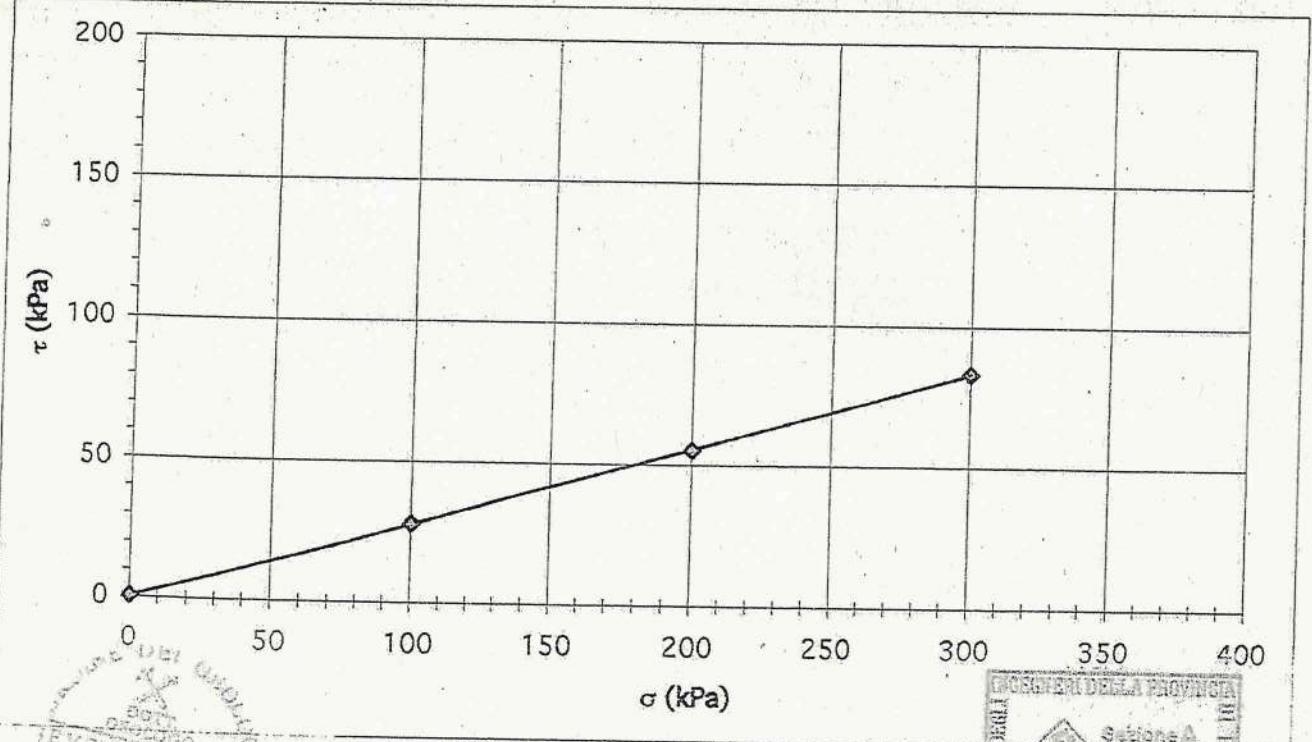
N. Certificato : 126/09
 Campione n° : 1

Profondità di prelievo (m) : 3,5-4,0
 Data ricevimento campione: 16-06-2009 Data esecuzione prova: 16-06-2009
 Descrizione del campione : Sabbia travertinosa

PROVINO N.	1	2	3
Peso dell'unità di volume (kN/m ³)	-	-	-
Contenuto naturale d'acqua (%)	11,50	11,55	11,50
Pressione verticale (kPa)	100	200	300
Sollecitazione di taglio a rottura (kPa)	28,0	55,0	83,0

CARATTERISTICHE DELLA PROVA	
Velocità di deformazione (mm/min)	0,275
Dimensione dei provini (cm)	2 x 0,5
Tipo di prova eseguita:	Anulare

Angolo d'attrito interno (°)	15°
Coesione (kPa)	0



Laboratorio con aut. Min.LL.PP. conc. n°54918 del 29/05/2006

SETTORE CIVILE E AMBIENTALE

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

GEO ECO TEST S.N.C.
Geologia e Ingegneria Ambientale

Via S. Angelo, 65
06032 Travi (Pg)
Tel./Fax: 0742/351179
0742/780284
e-mail: geocotest@geco.it

N. d'Ordine: 17/09

Indagine: Scuola Anita Garibaldi

Committente: GE.AR.

Località: Terni

Sondaggio n°: 1

Profondità di prelievo (m): 3,5-4,0

Data ricevimento campione: 16-6-2009

Descrizione del campione: Sabbia travertinosa

N. Certificato: 126/09

Campione n°: 1

Data esecuzione prova: 16-06-2009

VALORI DEGLI SFORZI DI TAGLIO

Spostamento s (mm)	Provino 1 τ (kPa)	Provino 2 τ (kPa)	Provino 3 τ (kPa)
0,0	0,0	0,0	0,0
0,2	28,5	58,2	80,6
0,4	46,7	82,4	120,6
0,6	53,9	98,8	148,0
0,8	56,0	106,7	160,0
1,0	57,0	110,3	164,8
1,2	56,4	113,3	169,1
1,4	56,0	115,2	172,0
1,6	55,2	116,4	172,8
1,8	54,5	117,8	171,5
2,0	53,9	117,0	169,7
2,2	52,7	116,4	168,0
2,4	52,0	116,0	164,8
2,6	51,5	115,2	161,8
2,8	50,9	114,5	160,6
3,0	50,3	113,9	159,4
3,2		113,3	158,2
3,4			
3,6			
3,8			
4,0			
4,2			
4,4			
4,6			
4,8			
5,0			

Lo Sperimentatore



Laboratorio con aut. Min.LL.PP. conc. n°54918 del 29/05/2006

pagina 3/3



PROVA DI TAGLIO DIRETTO

N. d'Ordine : 17/09

N. Certificato : 126/09

Indagine : Scuola Anita Garibaldi

Committente : GE.AR.

Località : Terni

Sondaggio n° : 1

Campione n° : 1

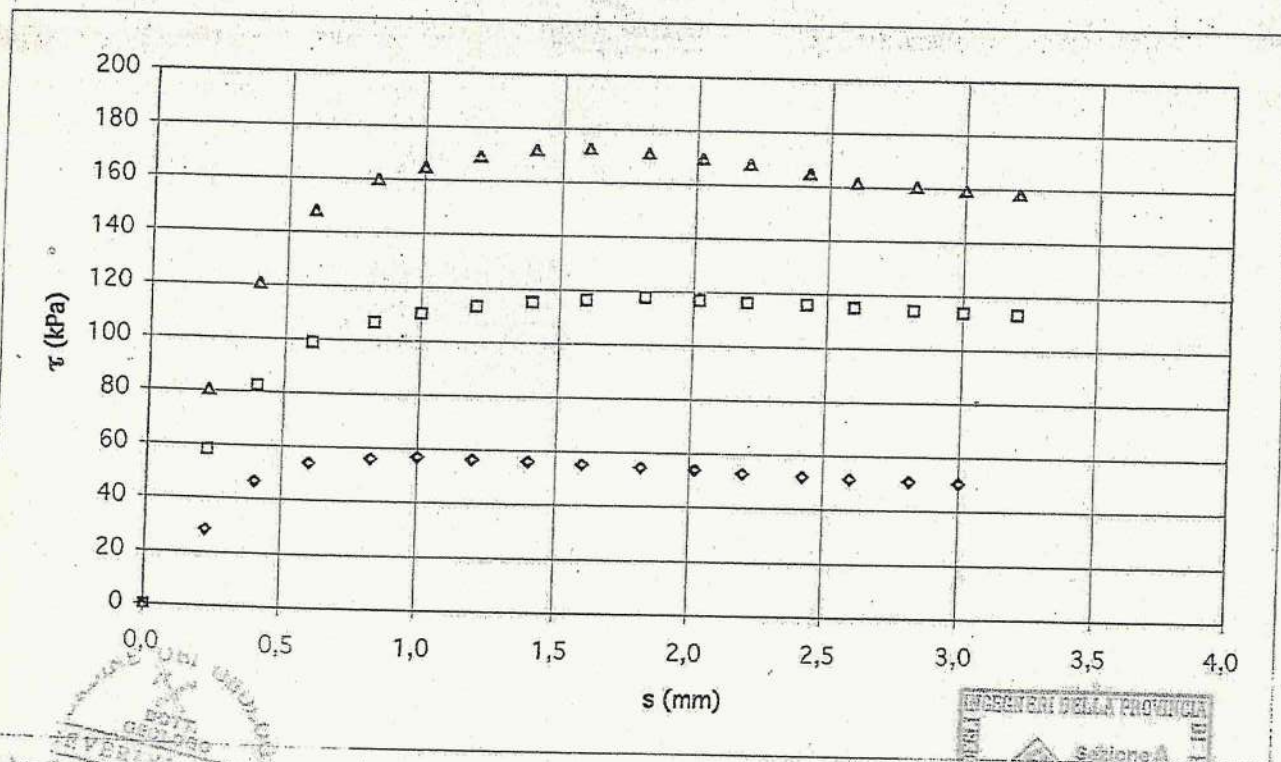
Profondità di prelievo (m) : 3,5-4,0

Data ricevimento campione: 16-6-2009

Data esecuzione prova: 16-06-2009

Descrizione del campione : Sabbia travertinosa

PROVINO N.	1	2	3
Peso dell'unità di volume (kN/m ³)	15,34	15,29	15,32
Contenuto naturale d'acqua (%)	18,85	18,85	18,85
Pressione verticale (kPa)	100	200	300
CARATTERISTICHE DELLA PROVA			
Velocità di deformazione (mm/min)	0,0026		
Dimensione dei provini (cm)	2,00 x 6,00		
Tipo di prova eseguita:	CD		



Lo Sperimentatore

INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI TERNI
 Sezione A
 Il Direttore del Laboratorio

 SETTORE CIVILE E AMBIENTALE
 pagina 2/3

Laboratorio con aut. Min.LL.PP. conc. n°54918 del 29/05/2006

Procedura di prova ASTM D 3080/72

Mod. 0901-08a



PROVA DI TAGLIO DIRETTO

N. d'Ordine : 17/09

N. Certificato : 126/09

Indagine : Scuola Anita Garibaldi

Committente : G.E.A.R.

Località : Terni

Sondaggio n° : 1

Campione n° : 1

Profondità di prelievo (m) : 3,5-4,0

Data ricevimento campione: 16-06-2009

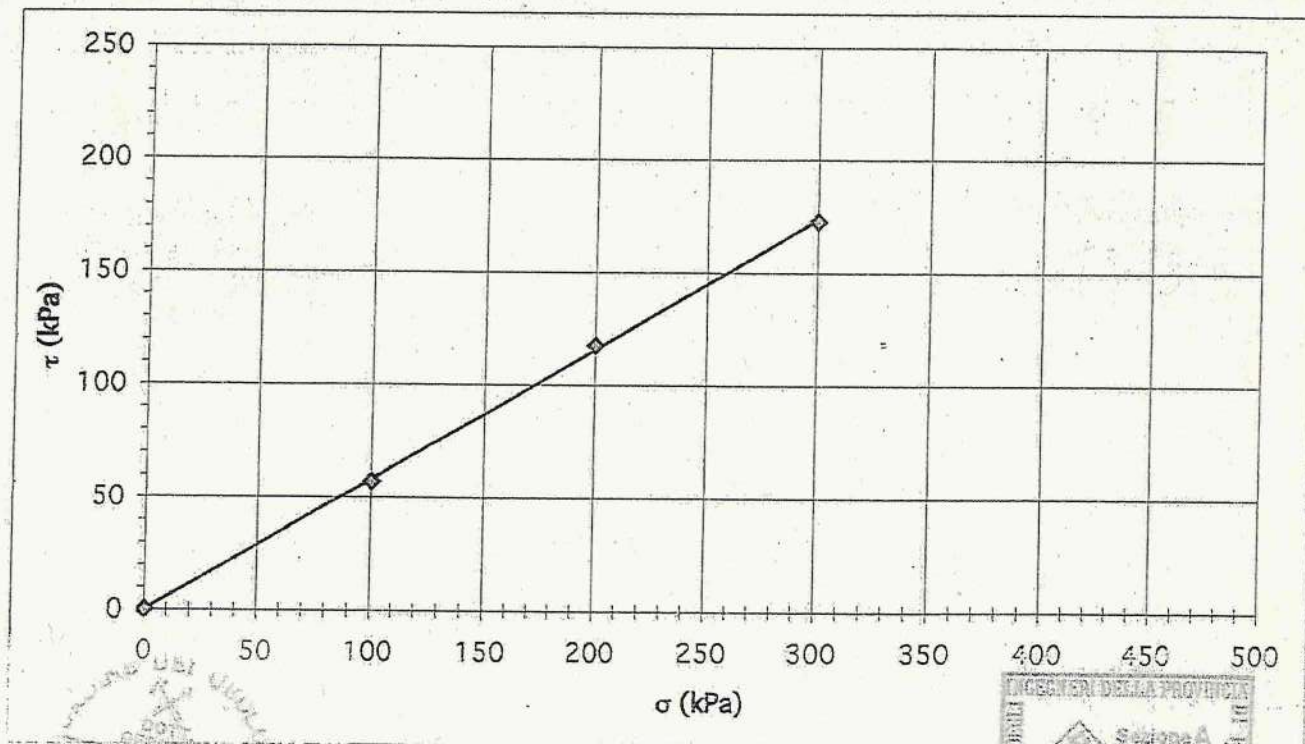
Data esecuzione prova: 16-06-2009

Descrizione del campione : Sabbia travertinosa

PROVINO N.	1	2	3
Peso dell'unità di volume (kN/m ³)	15,34	15,29	15,32
Contenuto naturale d'acqua (%)	18,85	18,85	18,85
Pressione verticale (kPa)	100	200	300
Sollecitazione di taglio a rottura (kPa)	57,0	117,8	172,8

CARATTERISTICHE DELLA PROVA	
Velocità di deformazione (mm/min)	0,0026
Dimensione dei provini (cm)	2,00 x 6,00
Tipo di prova eseguita:	CD

Angolo d'attrito interno (°)	30°
Coesione (kPa)	0



Lo Sperimentatore:



Laboratorio con aut. Min.LL.PP. conc. n°54918 del 29/05/2006

pagina 1/3

Idrogeotec s.n.c.
geotecnica

idrogeologia - geofisica-

Via Fra Giovanni da Pian di Carpine, 78
06127 Fermo di Cavallo - PERUGIA
tel. 075/5000603 - fax 075/5002694

PROVINCIA DI TERNI

INDAGINI GEOFISICHE TIPO DOWN-HOLE ALL'INTERNO DEL CORTILE DEL PALAZZO DELLA PROVINCIA IN TERNI

Committente: TRIVEL-GEO s.r.l.
Via C. Bon, 7
Terni

Perugina, Aprile 2001

Idrogeotec snc - Via Fra Giovanni da Pian di Carpine, 78 - 06127 Perugia
Tel. 075.5000603 - Fax 075.5002694

INDICE

<u>1.PREMESSA</u>	3
<u>2.INDAGINE DOWN-HOLE</u>	4
<u>3.MODULI ELASTICI</u>	5

Idrogeotec snc - Via Fra Giovanni da Pian di Carpine, 78 - 06127 Perugia
Tel. 075.5000603 - Fax 075.5002694

PREMESSA

Su incarico della Trivel-geo srl di Terni è stata effettuata una indagine sismica con metodo Down-hole all'interno del cortile del palazzo della Provincia di Terni.

Le operazioni di acquisizione sono state eseguite il giorno 20 marzo 2001.

Fine dell'indagine è la determinazione dei parametri elastici della successione dei materiali presenti mediante la misurazione delle onde P ed S.

Idrogeotec snc - Via Fra Giovanni da Pian di Carpine, 78 - 06127 Perugia
Tel. 075.5000603 - Fax 075.5002694

INDAGINE DOWN-HOLE

Per quanto riguarda le operazioni di misura è stato utilizzato un sismografo digitale a 12 canali, con convertitore analogico-digitale a 24 bit, e un tempo di campionamento di 125 microsecondi.

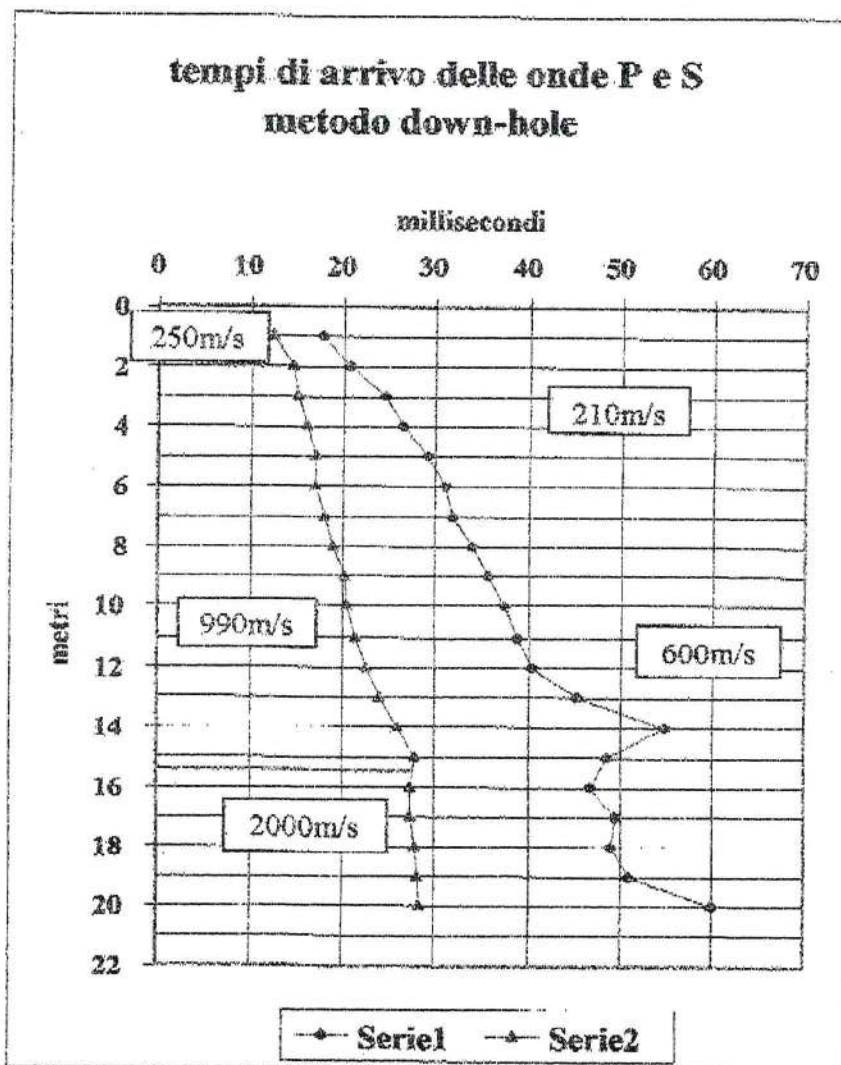
Gli impulsi elastici sono stati generati dall'impulso di una mazza da 5 Kg su una piastra metallica posizionata a 3 m dal boccapozzo. All'interno del foro le misure sono state effettuate ogni metro tramite un geofono da foro per la rilevazione delle tre componenti spaziali delle onde.

La profondità massima di rilevazione è stata di 20 m dal piano di campagna e il grafico dei tempi di arrivo è illustrato nella figura 1, dove la serie 1 rappresenta gli arrivi delle onde P e la serie 2 gli arrivi delle onde S.

Analizzando i tempi di arrivo delle onde P (serie 1) si evidenzia un orizzonte superficiale di 2 metri di spessore con velocità inferiore a 300 m/s, seguito da un primo rifrattore con V_p pari a 990 m/s e da un secondo caratterizzato da una velocità superiore a 2000 m/s.

La velocità indicata nel primo rifrattore è in effetti una velocità media in quanto all'interno dello stesso si notano brevi intervalli dove la velocità è superiore, come ad indicare livelli maggiormente cementati nell'ambito della serie di sedimenti, individuati intorno alle profondità di 6 e 10 metri e di spessore inferiore al metro.

Tra le quote -13 e -15 si registra una evidente diminuzione della velocità, confermata anche nel grafico delle onde S, corrispondente ad una zona dove è stata rilevata una cavità durante le prove penetrometriche.



Idrogeotec snc - Via Fra Giovanni da Piam di Carpina, 78 - 06127 Perugia
Tel. 075.5000603 - Fax 075.5002694

L'esame delle onde S (serie 2) permette l'identificazione di due principali orizzonti caratterizzato il primo da una V_s pari a 210 m/s, compreso tra 2 e 5 m di profondità, ed il secondo, fino a fondo foro, con velocità pari a 600 m/s.

Entro questo secondo orizzonte si individua un aumento della velocità circoscritto alla sola profondità di 6 m, mentre dalla profondità di 13 m fino a 15m si ha un notevole aumento dei tempi dei primi arrivi, che ricade in corrispondenza del rallentamento visto nelle onde P e della cavità rinvenuta nella penetrometria.

MODULI ELASTICI

Sulla base delle velocità ottenute delle onde P ed S sono stati calcolati i moduli elastici del terreno negli orizzonti individuati e secondo le densità fornite dalle prove di laboratorio.

Trascurando lo strato areato dei primi due metri, sono stati eseguiti dei calcoli esemplificativi dei moduli elastici caratteristici di alcuni intervalli rappresentativi sufficientemente omogenei; i calcoli 2° e 2B si riferiscono allo stesso intervallo ma relativamente a due differenti densità, come risulta dalle analisi di laboratorio.

CALCOLO n.1 (da 2 a 5 m)

Veloc. Long.	(km / s)	.99
Veloc. Trasv.	(km / s)	.21
Mod. di Poisson		.476
Densita'	(g / cm ³)	1965
Mod. Bulk	(kg / cm ²)	13904
Mod. Rigidita'	(kg / cm ²)	666

CALCOLO n.2A (da 7 a 13 m)

Veloc. Long.	(km / s)	.99
Veloc. Trasv.	(km / s)	.6
Mod. di Poisson		.21
Densita'	(g / cm ³)	1.48
Mod. Yung	(kg / cm ²)	13145
Mod. Bulk	(kg / cm ²)	7547
Mod. Rigidita'	(kg / cm ²)	5433

CALCOLO n.2B (da 7 a 13 m)

Veloc. Long.	(km / s)	.99
Veloc. Trasv.	(km / s)	.6
Mod. di Poisson		.21
Densita'	(g / cm ³)	1.78
Mod. Yung	(kg / cm ²)	15810
Mod. Bulk	(kg / cm ²)	9077

Idrogeotec snc - Via Fra Giovanni da Pica di Carpino, 78 - 06127 Perugia
Tel. 075.5000603 - Fax 075.5002694

Mod. Rigidita' (kg / cm2) 6534

CALCOLO n.3 (da 16 a 20 m)

Veloc. Long.	(km / s)	2.0
Veloc. Trasv.	(km / s)	.6
Mod. di Poisson		.451
Densita'	(g / cm3)	1.6
Mod. Yung	(kg / cm2)	17040
Mod. Bulk	(kg / cm2)	57431
Mod. Rigidita'	(kg / cm2)	5874

STRATIGRAFIA SONDAGGIO

S1

Impresa: TRIVEL-GEO
Geologo: dott. M. SPINAZZACommittente: .
Provincia di Terni

Località: TERNI

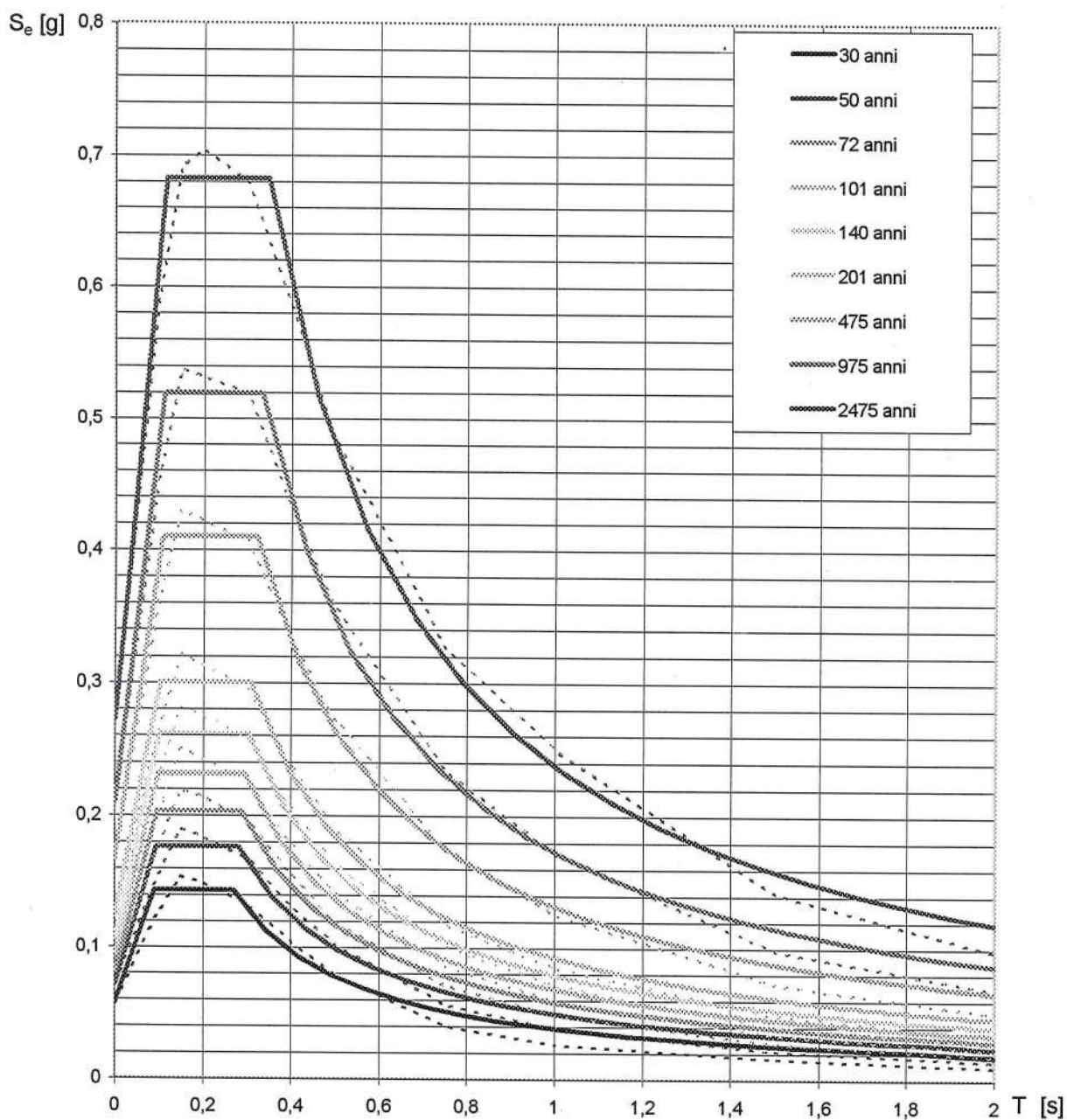
data:
22/02/01

m	litologia	Descrizione litologica	Campioni	S.P.T.		
				15	30	45 m
2.9		Riperto limoso marrone con inclusione di clasti prevalenza calcarei				
2.9		Riperto sabbioso-limoso marrone chiaro con inclusi frammenti di laterizio				
1.0						
3.9		SPT		12	10	9
3.3		Sabbie travertinose biancastre molto fini a medio-alto stato di addensamento				4.5 4.95
7.2			C1			
			7.7m			
2.3		Sabbie travertinose giallastre a media granulometria poco addensate				
9.5			C2			
20		Sabbie travertinose biancastre fini con limo a medio stato di addensamento				
1.5			10.0m			
11			10.6m			
2.9		Sabbie travertinose biancastre medie con limo umide, a medio stato di addensamento				
13.9						
1.2		Ghiaie sciolte con clasti, prevalentemente calcarei, ben arrotondati in scarsa matrice sabbiosa; (Ø med. 2cm) medio è lo stato di addensamento (sono franose)				
15.1						
2.0		Ghiaie con clasti e ciottoli, prevalentemente calcarei, ben arrotondati in abbondante matrice limosa biancastra; elevato è l'addensamento SPT				
17.1				25	22	23
						16.4 16.85
1.9		Argille limose azzurre sovraconsolidate Cu > 3Kg/Cm ²				
19						
1.0		Ghiaie con clasti e ciottoli, prevalentemente calcarei, ben arrotondati in abbondante matrice limosa biancastra; elevato è l'addensamento				
20						

SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI
Comune di TERNI Zona sismica 2

EDIFICIO VITA NOMINALE $V_n = 50$ anni
Coefficiente d'uso della struttura $C_u=1$
Suolo cat. B

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

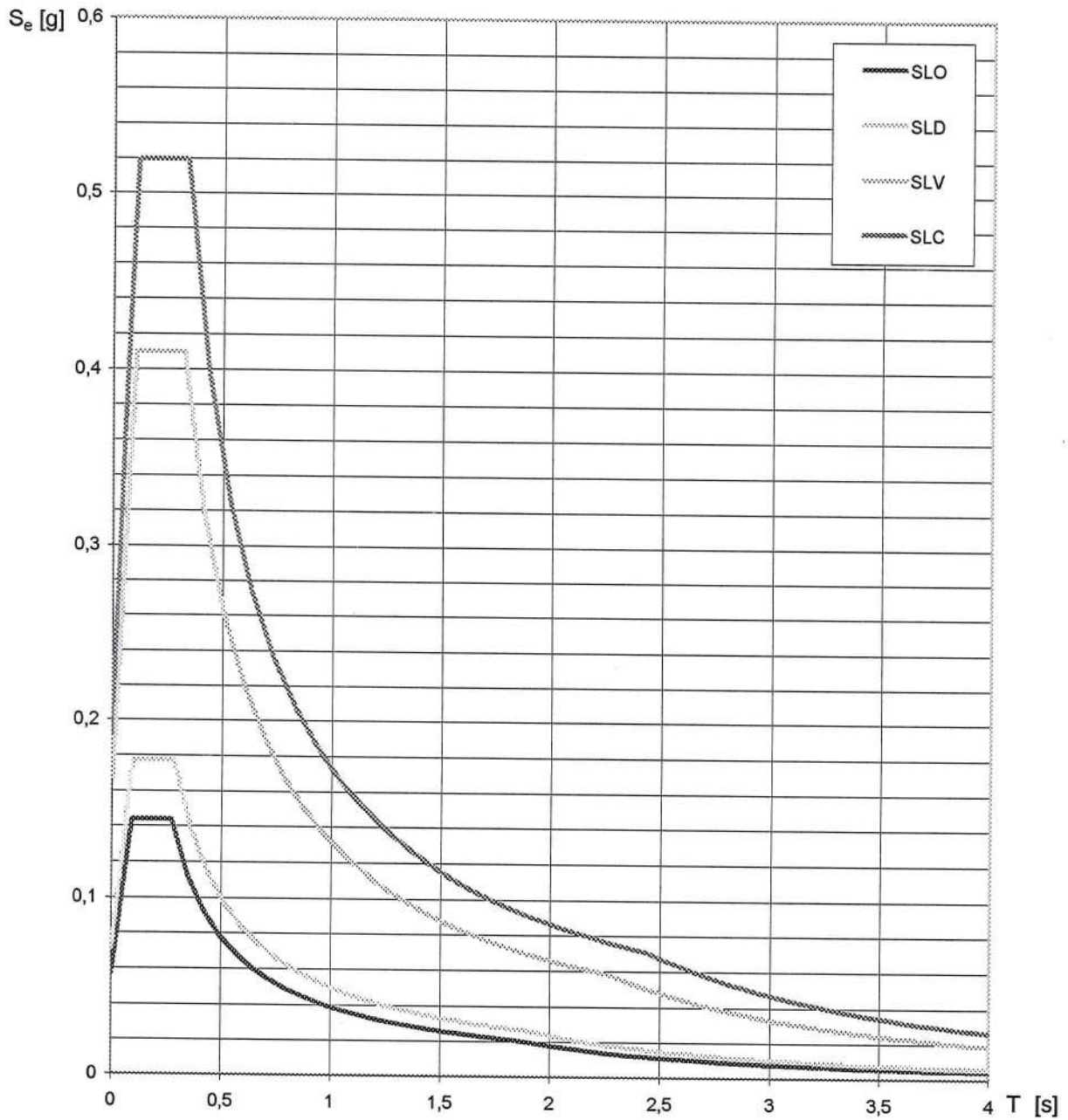
La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,057	2,504	0,269
50	0,071	2,489	0,281
72	0,081	2,498	0,288
101	0,095	2,450	0,295
140	0,107	2,438	0,302
201	0,124	2,414	0,308
475	0,168	2,448	0,321
975	0,210	2,479	0,333
2475	0,273	2,502	0,348

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

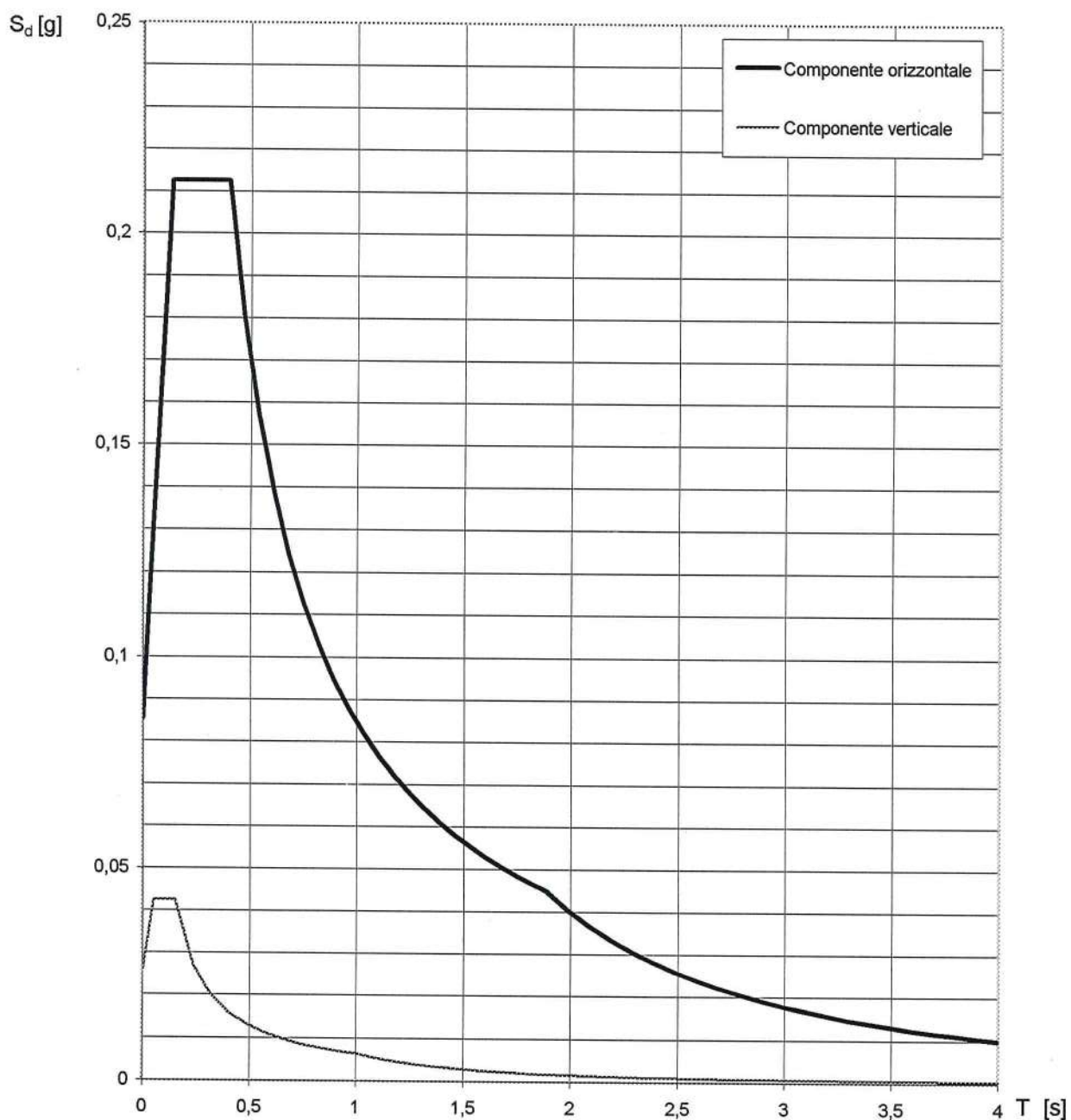


La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0,058	2,504	0,269
SLD	50	0,071	2,490	0,281
SLV	475	0,167	2,448	0,321
SLC	975	0,210	2,479	0,333

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0,071 g
F_o	2,490
T_c^*	0,281 s
S_B	1,200
C_C	1,418
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,200
η	1,000
T_B	0,133 s
T_C	0,398 s
T_D	1,885 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_B \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,085
$T_B \leftarrow$	0,133	0,213
$T_C \leftarrow$	0,398	0,213
	0,469	0,181
	0,540	0,157
	0,611	0,139
	0,682	0,124
	0,752	0,113
	0,823	0,103
	0,894	0,095
	0,965	0,088
	1,035	0,082
	1,106	0,077
	1,177	0,072
	1,248	0,068
	1,318	0,064
	1,389	0,061
	1,460	0,058
	1,531	0,055
	1,602	0,053
	1,672	0,051
	1,743	0,049
	1,814	0,047
$T_D \leftarrow$	1,885	0,045
	1,985	0,040
	2,086	0,037
	2,187	0,033
	2,288	0,031
	2,388	0,028
	2,489	0,026
	2,590	0,024
	2,690	0,022
	2,791	0,020
	2,892	0,019
	2,993	0,018
	3,093	0,017
	3,194	0,016
	3,295	0,015
	3,396	0,014
	3,496	0,013
	3,597	0,012
	3,698	0,012
	3,799	0,011
	3,899	0,010
	4,000	0,010

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_{gv}	0,026 g
S_S	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	0,896
S	1,000
η	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,026
$T_B \leftarrow$	0,050	0,043
$T_C \leftarrow$	0,150	0,043
	0,235	0,027
	0,320	0,020
	0,405	0,016
	0,490	0,013
	0,575	0,011
	0,660	0,010
	0,745	0,009
	0,830	0,008
	0,915	0,007
$T_D \leftarrow$	1,000	0,006
	1,094	0,005
	1,188	0,005
	1,281	0,004
	1,375	0,003
	1,469	0,003
	1,563	0,003
	1,656	0,002
	1,750	0,002
	1,844	0,002
	1,938	0,002
	2,031	0,002
	2,125	0,001
	2,219	0,001
	2,313	0,001
	2,406	0,001
	2,500	0,001
	2,594	0,001
	2,688	0,001
	2,781	0,001
	2,875	0,001
	2,969	0,001
	3,063	0,001
	3,156	0,001
	3,250	0,001
	3,344	0,001
	3,438	0,001
	3,531	0,001
	3,625	0,000
	3,719	0,000
	3,813	0,000
	3,906	0,000
	4,000	0,000

La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.