

COMUNE DI CORIGLIANO CALABRO  
PROVINCIA DI COSENZA

**PROGETTO: Rifacimento muro di sostegno e opera di raccolta acque bianche**

**COMMITTENTE: GEOBLUE SONDAGGI snc per nome e per conto dell'Amministrazione Comunale di Corigliano Calabro**

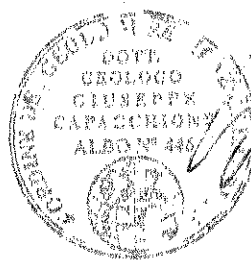
**LOCALITA': C/da Cozzo Giardino**

**ELABORATO: RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA**

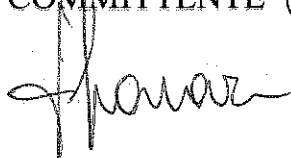
PROGETTO  
CALCOLI & DL



IL GEOLOGO  
dr. Giuseppe CAPACCHIONE



COMMITTENTE (IL RUP)



**TAV. 06**

## INDICE

<b>1) – PREMESSA</b>	<b>pag. 3</b>
<b>2) – UBICAZIONE AREA D’INTERVENTO</b>	<b>pag. 5</b>
<b>3) – LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI</b>	<b>pag. 8</b>
<b>4) – LITOLOGIA</b>	<b>pag. 11</b>
<b>5) – STABILITA’ DEL PENDIO CON FORZE SISMICHE</b>	<b>pag. 18</b>
<b>6) – INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE</b>	<b>pag. 19</b>
<b>7) – RAPPORTI STRATIGRAFICI E SINTESI DELLE PROPRIETA’ TECNICHE DEI TERRENI</b>	<b>pag. 22</b>
<b>8) – CONSIDERAZIONI SUI TERRENI DI FONDAZIONE</b>	<b>pag. 23</b>
<b>9) – VERIFICA A LIQUEFAZIONE</b>	<b>pag. 24</b>
<b>10) – MURI DI SOSTEGNO</b>	<b>pag. 25</b>
<b>11) – SCAVI PROVVISORIALI E SPINTA</b>	<b>pag. 26</b>
<b>19) – OSSERVAZIONI CONCLUSIVE</b>	<b>pag. 27</b>
<b>APPENDICE TECNICA</b>	<b>pag. 30</b>

## 1) - PREMESSA

Lo studio geologico-geotecnico articolato nella presente relazione, è stato redatto dal sottoscritto Geol. Giuseppe Capacchione iscritto all'albo dei Geologi della Calabria al n° 446 su incarico della **GEOBLUE SONDAGGI snc** per nome e per conto dell'Amministrazione Comunale di Corigliano Calabro ed accompagna il progetto riguardante le seguenti opere:

- *rifacimento muro di sostegno*
- *canalizzazione acque bianche*

in località Cozzo Giardino di Corigliano Calabro.

A tale fine, oltre alla consultazione di materiale cartografico disponibile per l'area di cui trattasi, il quale, a seconda della tipologia di determinazione da effettuare è risultato sufficiente ai fini preposti, sono stati condotti sopralluoghi ricognitivi che hanno permesso di rilevare i lineamenti geologici e geomorfologici salienti della zona d'interesse (Art.13 Legge n°64 1974).

Per fornire poi, secondo la normativa prevista

- **D.M. 11/3/1988** e successive circolari applicative
- **O.P.C.M. 3274/2003**, "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"
- **D.M. 14/01/2008** "Nuove norme tecniche per le costruzioni"

informazioni di dettaglio sulle successioni litostratigrafiche e sulle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni di sedime sono

state utilizzate differenti metodologie d'indagine geognostica che si sono completate a vicenda consistenti in:

- N°3 sondaggi a carotaggio continuo uno dei quali attrezzato con piezometro, eseguiti con sonda **CMV MK 420F** e diametro di carotaggio pari a 101 mm.
- N° 1 prospezione geofisica tipo Masw a 24 canali d'acquisizione che ha permesso di investigare, sia pur indirettamente, il terreno fino alla profondità di trenta metri dal piano campagna.
- Analisi di laboratorio su campione indisturbato prelevato all'interno del sondaggio **S2** ad una profondità di 8 metri dal piano campagna.
- Prove in foro di sondaggio mediante l'esecuzione di un congruo numero di prove penetrometriche dinamiche del tipo **SPT** (Standard Penetration Test)

L'insieme dei risultati acquisiti, che viene di seguito brevemente descritto, ha permesso inoltre di procedere ad un'analisi qualitativa di possibili soluzioni in fondazione.

Costituiscono parte integrante della presente relazione tecnica i seguenti allegati:

- **Fig.1** *Stralcio Corografico con l'ubicazione dell'area d'interesse.*

- **Fig.2** - *Carta PAI*

- **Fig.3** - *Stralcio Carta Geologica della Calabria*

- **Fig.4** - *Carta Geologica-Litotecnica ed Ubicazione Indagini Geognostiche*

- **Fig.5** - *Sezione Geologica*

- **APPENDICE TECNICA** contenente gli elaborati riguardanti le indagini geognostiche eseguite (sondaggi a carotaggio continuo,



prove penetrometriche SPT in foro di sondaggio, indagine simica di superficie e prove di laboratorio), e le verifiche di stabilità.

## 2) - UBICAZIONE AREA D'INTERVENTO

Il sito d'interesse progettuale nel vigente P.R.G. comunale ricade in zona residenziale di espansione **C1** per il quale è stato proposto un Piano di Lottizzazione Convenzionata regolarmente approvato da tutti gli enti preposti.

Topograficamente l'area, nella Nuova cartografia I.G.M. "Serie 25" in scala 1:25000, è compresa nel Foglio N° 544 Sezione II "**Corigliano Scalo**" di cui costituisce stralcio la corografia alla pagina seguente ove è individuabile alle coordinate geografiche di:

### Coordinate UTM

*Latitudine Nord*                      **39° 36' 28''**

*Longitudine Est (Greenwich)*    **16° 30' 45''**

### Coordinate ED50

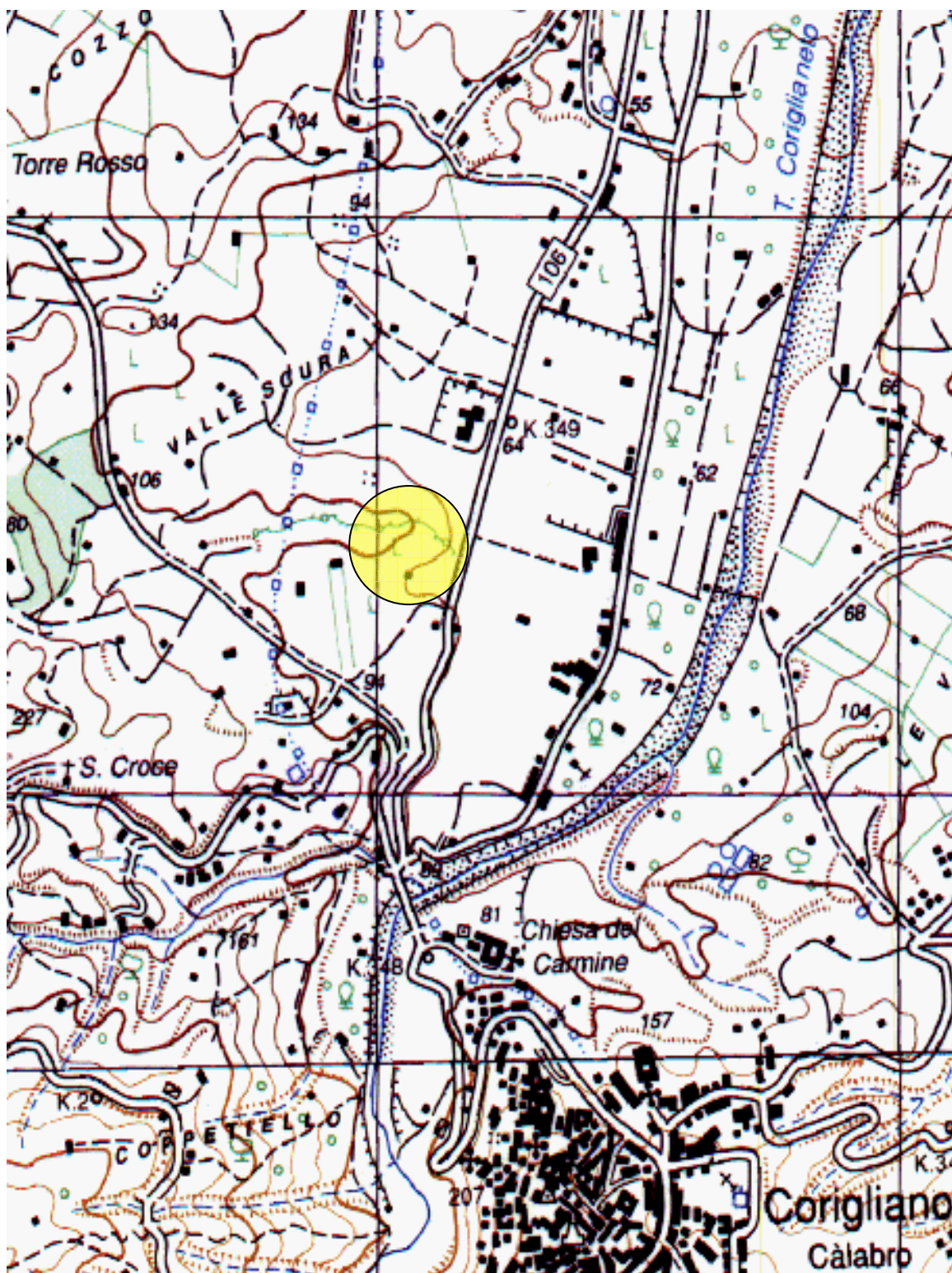
*Lat. 39,6088°*                      *Long. 16,5132°*

L'opera d'interesse progettuale è un muro di contenimento di sottoripa di una strada realizzata nell'ambito delle opere di urbanizzazione di una lottizzazione sita in Cozzo Giardino nel Comune di Corigliano Calabro. Tale muro costeggia, fra l'altro la particella individuata al Catasto Terreni del Comune di Corigliano Calabro al foglio n. 101, particella n. 274 di proprietà della società CI. EMME. TI s.r.l..

Verosimilmente tra le concause che hanno determinato il collasso di tale opera di sostegno c'è la mancata regimentazione delle acque meteoriche. L'assenza di adeguate opere di convogliamento e scarico delle acque piovane unitamente alle lesioni che si sono verificate nella strada a tergo del muro a causa del suo utilizzo, hanno determinato l'infiltrazione dell'acqua piovana nel terreno a ridosso del muro.

L'assenza di un opportuno sistema di drenaggio alle spalle di tale opera di contenimento per la captazione e l'allontanamento delle acque di infiltrazione unitamente alla presenza di uno strato di terreno coesivo (cfr. sondaggi stratigrafici in APPENDICE TECNICA) a permeabilità molto bassa o nulla che facendo da tappo ha impedito all'acqua di percolare in profondità, ha fatto sì che l'acqua medesima, non trovando "sfogo", ha spinto sull'opera di sostegno fino a mandarla in crisi.

*SERIE 25 I.G.M.*



*Fig. 1 - STRALCIO COROGRAFICO  
F.544 SEZ II della Carta d'Italia  
"Corigliano Scalo" - Scala 1:25000*



 Area d'interesse

### 3) - LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI

L'area oggetto di studio, posta ad una quota di circa 115 metri s.l.m., si sviluppa all'interno di un contesto che da collinare, tipico delle aree di retrocosta della bassa fascia ionica calabrese, assume pian piano, verso SW, un aspetto montuoso, soprattutto laddove i depositi sedimentari fanno spazio ai rilievi litoidi del massiccio presilano.

Il sito d'intervento è ubicato sul versante Nord di una piccola dorsale con asse orientato in direzione NO-SE e si presenta come un'ampia superficie libera con pendenze dell'ordine di circa il 50% (26° sessagesimali).

Per quanto riguarda il dissesto franoso ed erosivo durante il rilevamento geologico di superficie non si sono riscontrate tracce di fenomeni d'instabilità per **frana**, e di **erosione concentrata**.

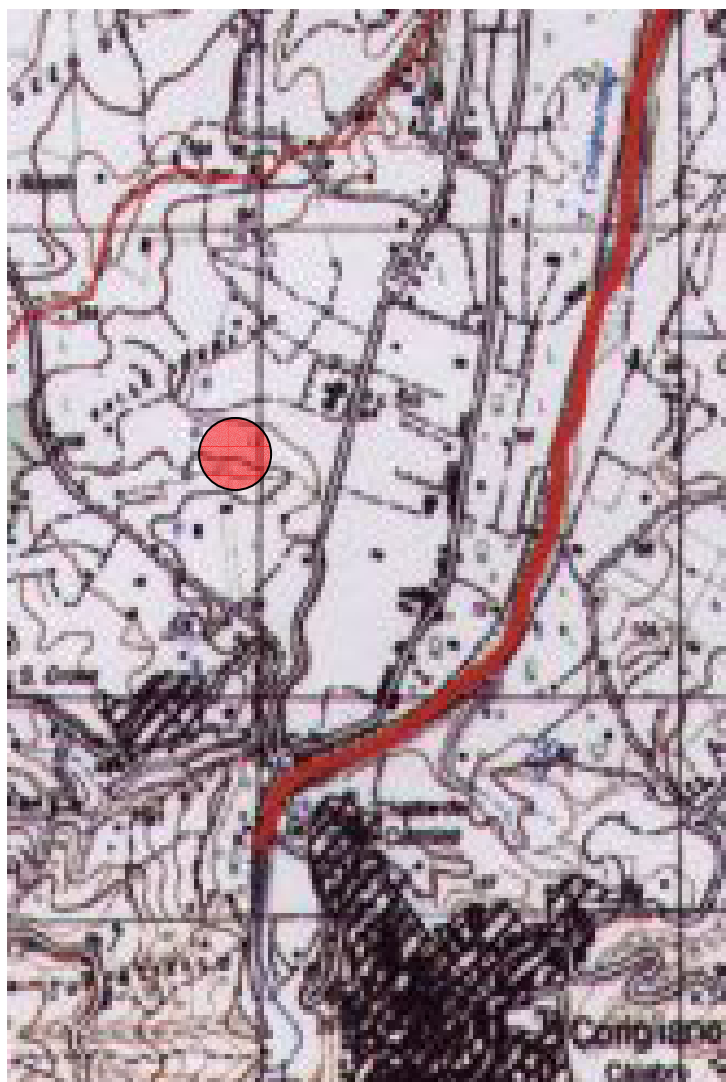
Naturalmente viste le condizioni di acclività del sito, come previsto dalle disposizioni di legge al riguardo (D.M. 14-01-2008), a tali considerazioni è stato indispensabile abbinare una verifica delle condizioni generali di stabilità del pendio (vedi **paragrafo 5**) i cui risultati sono riportati in Appendice Tecnica di tale relazione.


Dal punto di vista idrologico superficiale l'area non è soggetta a rischio idraulico poiché l'assenza di corsi d'acqua e fossi di scolo adiacenti dovrebbe scongiurare l'eventualità di inondazioni dell'area medesima. Lo smaltimento delle acque di precipitazione meteorica è assicurato in parte dalla filtrazione attraverso il terreno dotato di buone caratteristiche di

permeabilità, in parte dai naturali gradienti topografici (ruscellamento) anche se la mancanza di un adeguato sistema di regimentazione e captazione delle acque meteoriche, non consente un adeguato recapito delle acque medesime nei canali di scolo di cui è dotata la zona.

Riguardo alle acque profonde la campagna d'indagini eseguite ha rilevato la completa assenza di falde acquifere di alcun tipo nell'ambito dei volumi di terreno significativi per gli scarichi delle costruzioni in progetto. Sulla base di studi geologici precedenti e dall'analisi delle stratigrafie dei pozzi perforati nell'area è possibile affermare che la falda si rinviene a profondità maggiori di trenta metri.

Quanto sino a qui analizzato riguardo all'area considerata e al territorio circostante è in accordo con quanto riportato, per gli stessi luoghi, negli Elaborati **P.A.I.** redatti dall'Autorità di Bacino della Regione Calabria, secondo i quali l'area d'intervento non rientra tra quelle considerate a *rischio idraulico* o a *rischio frana*.



 **Area d'interesse**

*Fig.2 - Stralcio carta perimetrazione aree a rischio idraulico*



## LEGENDA

	Limiti Comunali
	Bacini idrografici
	Centri abitati
	Laghi








## RISCHIO IDRAULICO (Classi di rischio)

*R1. Rischio moderato: per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali;*

*R2. Rischio medio: per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche;*

*R3. Rischio elevato: per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale;*

*R4. Rischio molto elevato: per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio*

Aree a rischio		Aree, punti e zone di attenzione (Art. 24 Norme di attuazione)	
	R1		Aree di attenzione
	R2		Punti di attenzione
	R3		Zone di attenzione
	R4		

#### 4) - LITOLOGIA

Le osservazioni effettuate in fase di rilevamento geologico dell'area oggetto di studio, unitamente alla lettura della Carta Geologica della Calabria, hanno permesso di individuare la successione stratigrafica e le caratteristiche litologiche delle Formazioni presenti e di quelle che caratterizzano l'intera zona considerata.

Dal punto di vista litologico essa si caratterizza per l'estesa presenza di un complesso postorogeno risalente al pliocene superiore, costituito da un potente corpo sedimentario sabbioso-conglomeratico basale del Calabriano trasgressivo su un substrato cristallino di rocce acide a composizione granitica e rocce di elevato grado metamorfico (gneiss e scisti). Tali depositi, d'origine marina, sono indicati all'interno della **figura 3** - Carta Geologica della Calabria tavoletta "Corigliano Calabro" (Foglio 230 - IV N.O.) in scala 1:25000 - con il simbolo " $P_3^{cl-s}$ ".

I medesimi depositi nella **figura 4 (Carta Geologica e Litotecnica)**, sono indicati con la lettera "**A**". Essi sono costituiti da sabbie a grana medio-grossa di colore marrone-grigiastro localmente cementate con livelli ed orizzonti lenticolari di sabbie limose e limi sabbioso-argillosi alternati a sabbie limose.

La stratificazione di questo complesso litologico si presenta inclinata ma generalmente parallela con immersione verso nord.

Il grado di cementazione è medio-scarso. Il litotipo, per quanto ben ammassato, è poco consolidato e perciò facilmente

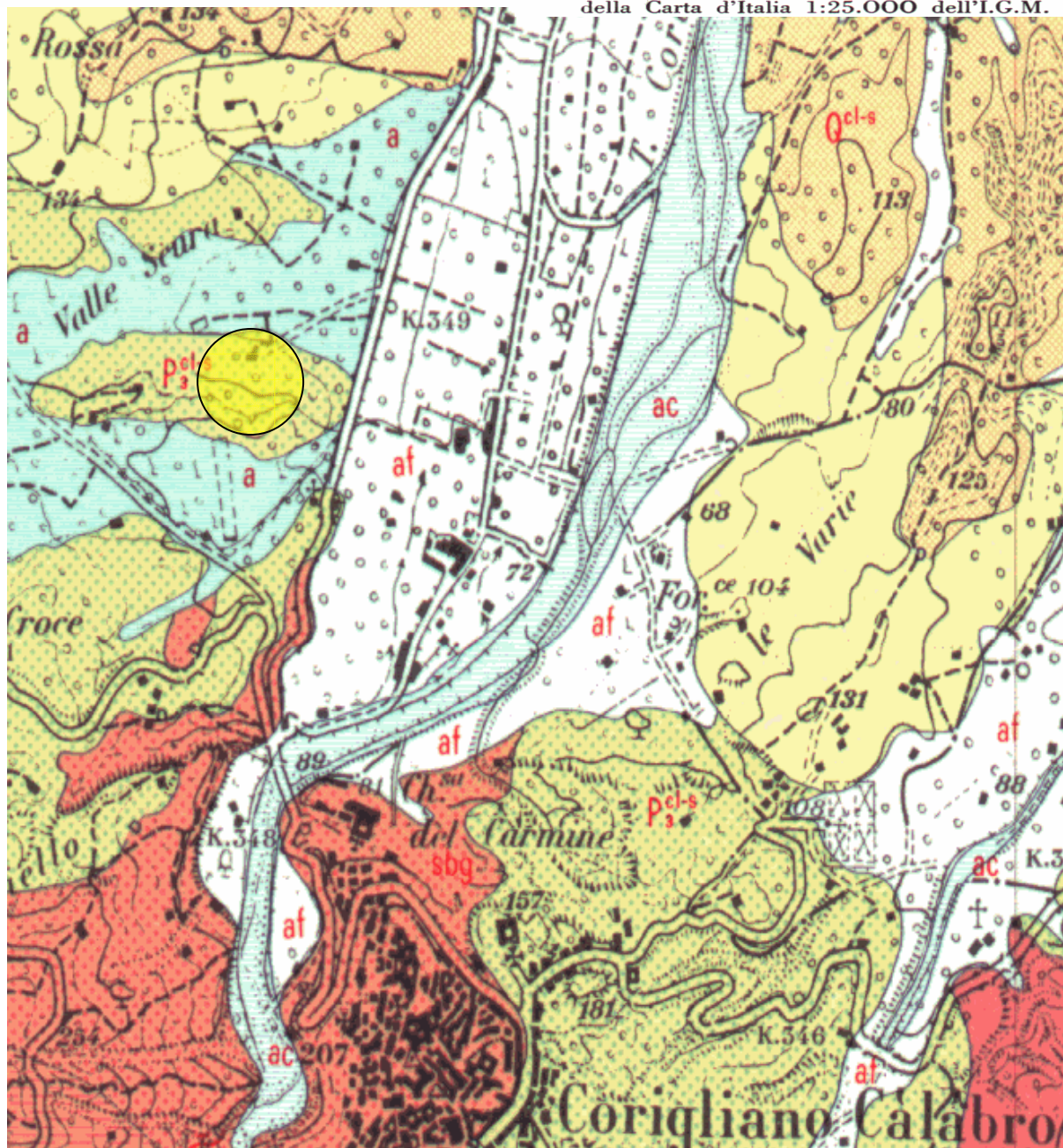
disgregabile; pertanto eventuali tagli effettuati nel terreno dovranno essere contenuti da idonee strutture di contenimento.

La permeabilità di tipo primario per porosità è medio-alta. Quest'ultima presenta valori che, se pur non misurati direttamente in situ, sono stimabili, sulla base dei numerosi studi effettuati su questo litotipo, nell'ordine di  $10^{-3}$ - $10^{-4}$  m/sec.

Verso Nord-Est le sabbie fanno localmente passaggio graduale a termini conglomeratico-ghiaiosi, mentre a sud si rileva una formazione costituita da detriti eluvio-colluviali sabbioso-siltosi risalenti all'Olocene indicati con la lettera "B".

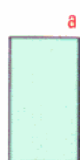


**Fig. 3 - CARTA GEOLOGICA DELLA CALABRIA**  
**CORIGLIANO CALABRO FOGLIO 230 - IV N.O.**  
 della Carta d'Italia 1:25.000 dell'I.G.M.



**Legenda**

 **Area d'interesse**



**a**

Prodotti di solifussione e dilavamento, talora misti a materiale alluvionale.



**p<sub>3</sub><sup>cl-s</sup>**

Conglomerati e sabbie grigiastre. I ciottoli dei conglomerati sono composti da granito e rocce metamorfiche.



**CARTA GEOLOGICA E LITOTECNICA**  
Scala 1:1000

**A** Complesso sabbioso-conglomeratico del calabriano costituito da sabbie a grana medio-grossa di colore marrone-grigiastro localmente cementate con livelli ed orizzonti lenticolari di sabbie limose e limi sabbioso-argillosi

Caratteristiche geotecniche

Angolo d'attrito interno  $\phi = 23^{\circ}-40^{\circ}$   
Peso unità di volume (t/mc)  $\gamma = 1.84-2.24$   
Coesione (kg/cmq)  $C = 0.00-0.095$

**B** Detriti eluvio-colluviali, sabbioso-siltosi (Olocene)

● Sondaggi a carotaggio continuo

— MASW — Profilo sismico di superficie

a — a' — Tracce di sezione  
b — b' —  
c — c' —

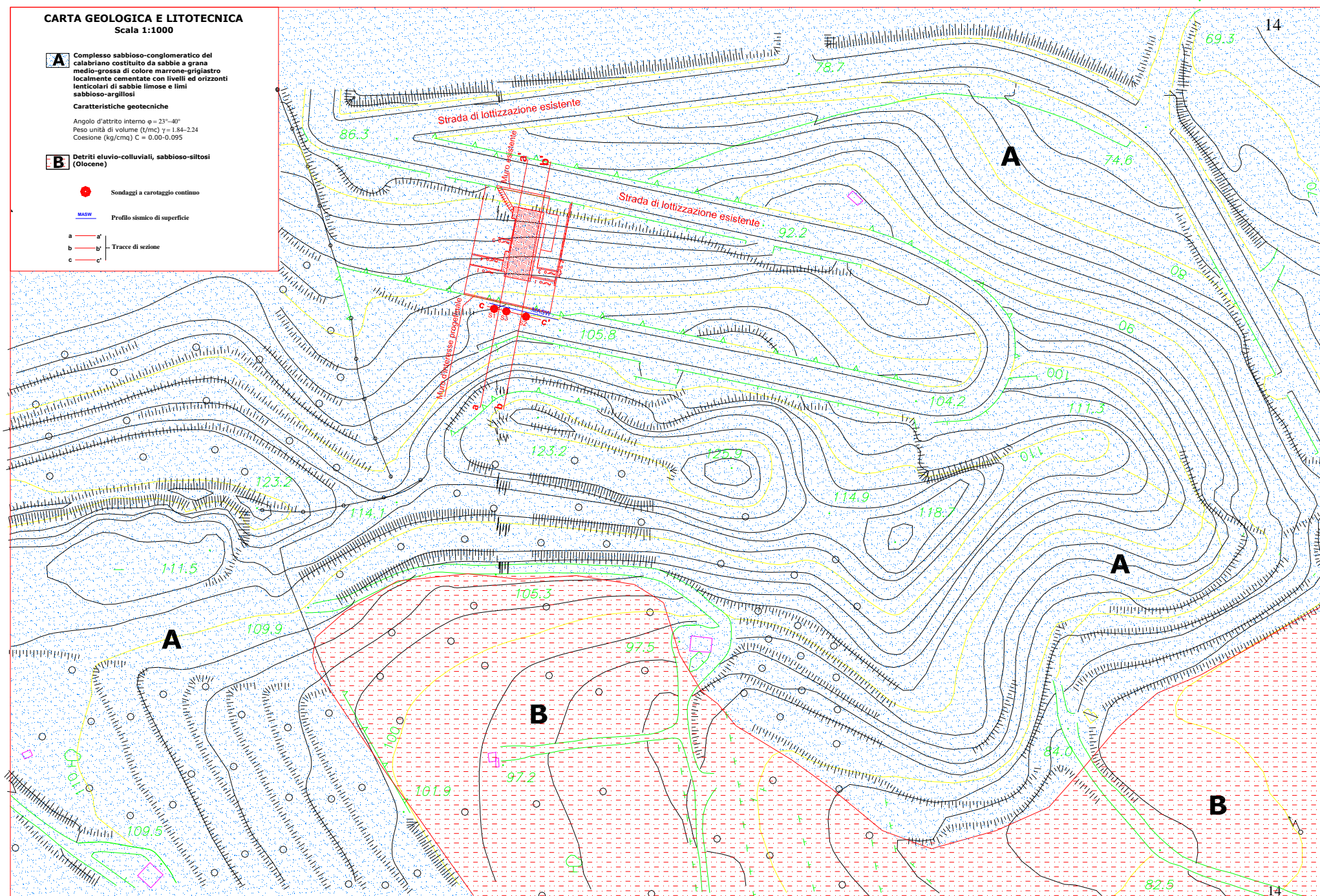
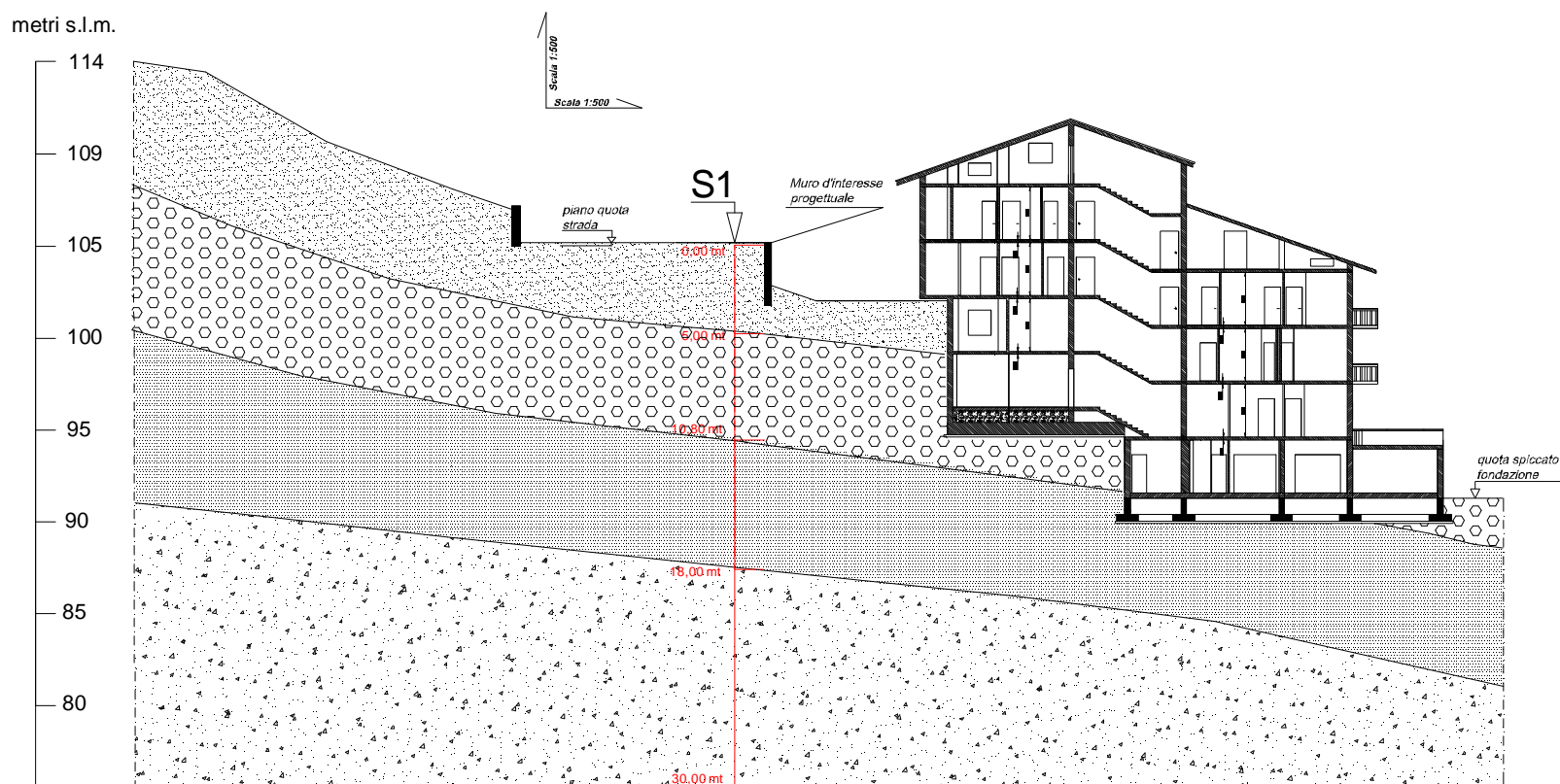


Fig. 5 - Sezione geologica  
a - a'



#### Legenda

**Sabbie ben addensate di colore generalemte marroncino (Pliocene)**

#### Caratteristiche geotecniche

angolo d'attrito interno  $\phi = 34^\circ$   
Peso unità di volume (t/mc)  $\gamma = 2.09$   
Coesione (kg/cm<sup>2</sup>)  $C = 0$

**Sabbie ben selezionate talora con intervalli debolmente limosi. Colore variabile dal marrone verdastro al grigiastro, con orizzonti ocracei (Pliocene)**

#### Caratteristiche geotecniche

angolo d'attrito interno  $\phi = 35^\circ$   
Peso unità di volume (t/mc)  $\gamma = 2.14$   
Coesione (kg/cm<sup>2</sup>)  $C = 0$

**Sabbie ben selezionate di colore marrone-verdastro con intervalli grigiastri e ocracei (Pliocene)**

#### Caratteristiche geotecniche

angolo d'attrito interno  $\phi = 39^\circ$   
Peso unità di volume (t/mc)  $\gamma = 2.21$   
Coesione (kg/cm<sup>2</sup>)  $C = 0$

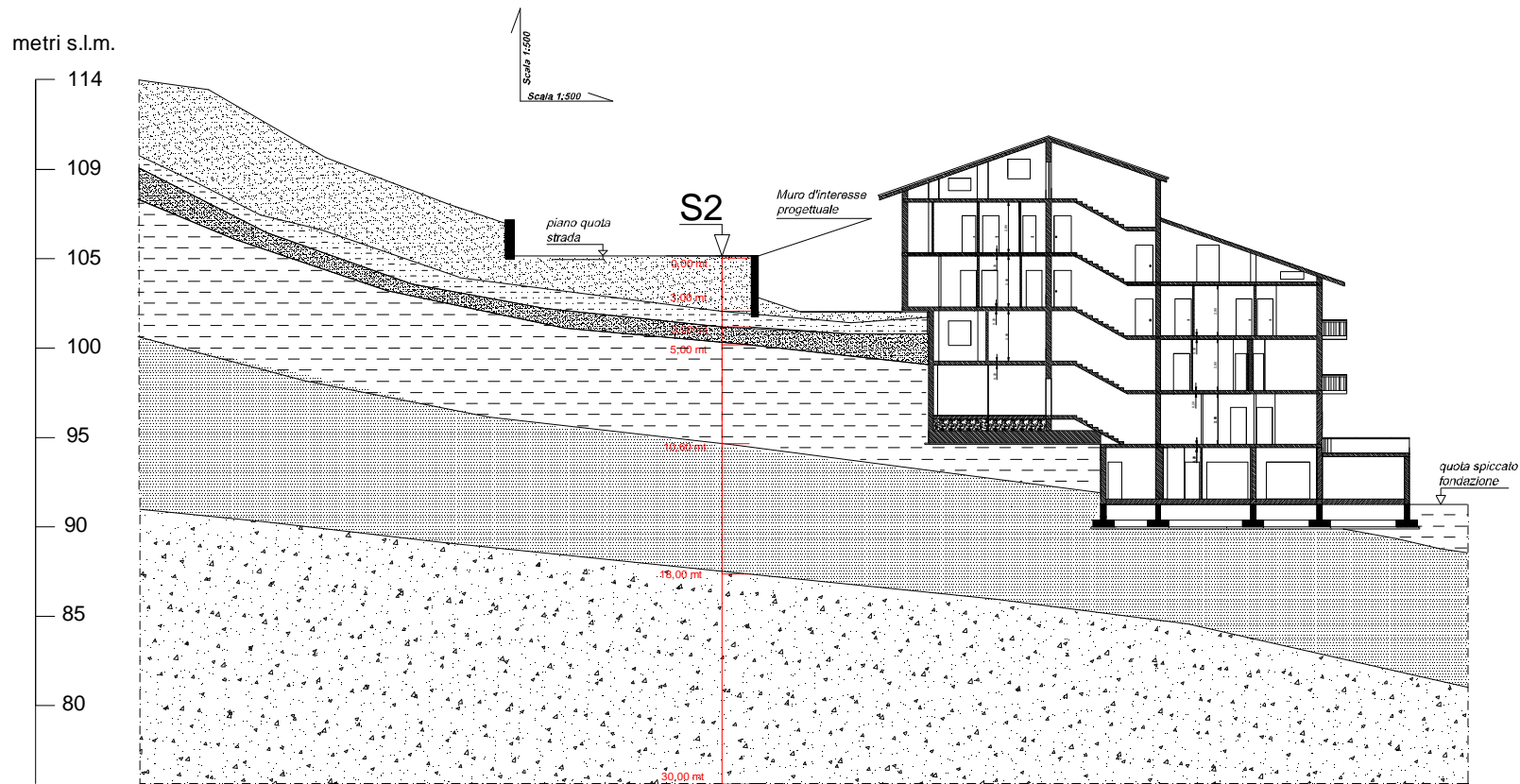
**Conglomerati e sabbie grigiastre (Pliocene)**

#### Caratteristiche geotecniche

angolo d'attrito interno  $\phi = 40^\circ$   
Peso unità di volume (t/mc)  $\gamma = 2.24$   
Coesione (kg/cm<sup>2</sup>)  $C = 0$



Fig. 5 - Sezione geologica  
b - b'



### Legenda

**Sabbie ben selezionate di colore marrone-grigiastro (Pliocene)**

**Caratteristiche geotecniche**  
angolo d'attrito interno  $\phi = 34^\circ$   
Peso unità di volume (t/mc)  $\gamma = 2.09$   
Coesione (kg/cm<sup>2</sup>)  $C = 0$

**Sabbie limose di colore marrone-verdastro con orizzonti grigiastri (Pliocene)**

**Caratteristiche geotecniche**  
angolo d'attrito interno  $\phi = 32^\circ-33^\circ$   
Peso unità di volume (t/mc)  $\gamma = 1.90$   
Coesione (kg/cm<sup>2</sup>)  $C = 0$

**Sabbie ben selezionate di colore marrone con intervalli grigiastri (da 4,60 a 5,00 m si riscontrano sabbie debolmente limose)(Pliocene)**

**Caratteristiche geotecniche**  
angolo d'attrito interno  $\phi = 40^\circ$   
Peso unità di volume (t/mc)  $\gamma = 2.23$   
Coesione (kg/cm<sup>2</sup>)  $C = 0$

**Limi sabbioso-argillosi alternati a sabbie limose. Colore marrone-verdastro con intervalli grigiastri e orizzonti ocracei(Pliocene)**

**Caratteristiche geotecniche**  
angolo d'attrito interno  $\phi = 23^\circ$   
Peso unità di volume (t/mc)  $\gamma = 1.84$   
Coesione (kg/cm<sup>2</sup>)  $C = 0.095$

**Sabbie ben selezionate di colore marrone-grigiastro (Pliocene)**

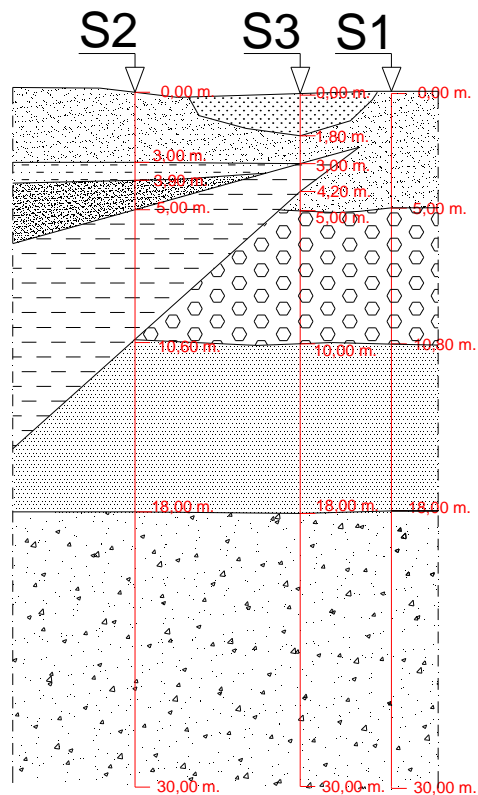
**Caratteristiche geotecniche**  
angolo d'attrito interno  $\phi = 39^\circ$   
Peso unità di volume (t/mc)  $\gamma = 2.21$   
Coesione (kg/cm<sup>2</sup>)  $C = 0$

**Conglomerati e sabbie grigiastre (Pliocene)**

**Caratteristiche geotecniche**  
angolo d'attrito interno  $\phi = 40^\circ$   
Peso unità di volume (t/mc)  $\gamma = 2.24$   
Coesione (kg/cm<sup>2</sup>)  $C = 0$

# Fig. 5 - Sezione geologica c - c'

Scala 1:500  
Scala 1:500



## Legenda



**Sabbie ben addensate di colore marrone-grigiastro (Pliocene)**

### Caratteristiche geotecniche

angolo d'attrito interno  $\phi = 34^\circ$

Peso unità di volume (t/mc)  $\gamma = 2.09$

Coesione (kg/cm<sup>2</sup>)  $C = 0$



**Sabbie limose di colore marrone-verdastro con orizzonti grigiastri (Pliocene)**

### Caratteristiche geotecniche

angolo d'attrito interno  $\phi = 32^\circ - 33^\circ$

Peso unità di volume (t/mc)  $\gamma = 1.90$

Coesione (kg/cm<sup>2</sup>)  $C = 0$



**Sabbie ben selezionate di colore marrone con intervalli grigiastri (da 4,60 a 5,00 m si riscontrano sabbie debolmente limose) (Pliocene)**

### Caratteristiche geotecniche

angolo d'attrito interno  $\phi = 40^\circ$

Peso unità di volume (t/mc)  $\gamma = 2.23$

Coesione (kg/cm<sup>2</sup>)  $C = 0$



**Limi sabbioso-argillosi alternati a sabbie limose. Colore marrone-verdastro con intervalli grigiastri e orizzonti ocracei (Pliocene)**

### Caratteristiche geotecniche

angolo d'attrito interno  $\phi = 23^\circ$

Peso unità di volume (t/mc)  $\gamma = 1.84$

Coesione (kg/cm<sup>2</sup>)  $C = 0.095$



**Sabbie e ghiaie (dimensione massima 3 cm) di colore marrone (probabile materiale di riporto)**



**Sabbie ben selezionate talora con intervalli debolmente limosi. Colore variabile dal marrone verdastro al grigiastro, con orizzonti ocracei (Pliocene)**

### Caratteristiche geotecniche

angolo d'attrito interno  $\phi = 35^\circ$

Peso unità di volume (t/mc)  $\gamma = 2.14$

Coesione (kg/cm<sup>2</sup>)  $C = 0$



**Sabbie ben selezionate di colore marrone-verdastro con intervalli grigiastri e ocracei (Pliocene)**

### Caratteristiche geotecniche

angolo d'attrito interno  $\phi = 39^\circ$

Peso unità di volume (t/mc)  $\gamma = 2.21$

Coesione (kg/cm<sup>2</sup>)  $C = 0$



**Conglomerati e sabbie grigiastre (Pliocene)**

### Caratteristiche geotecniche

angolo d'attrito interno  $\phi = 40^\circ$

Peso unità di volume (t/mc)  $\gamma = 2.24$

Coesione (kg/cm<sup>2</sup>)  $C = 0$

### 5) - STABILITA' DEL PENDIO CON FORZE SISMICHE

Per mezzo d'apposita verifica analitica è stata valutata, in base a quanto previsto dalle disposizioni di legge al riguardo (D.M. 14 gennaio 2008) la condizione generale di stabilità del versante ove è ubicato il muro in oggetto secondo le tracce di sezione **a - a'** e **b - b'** riportate in **FIG. 4 (Carta Geologica e Litotecnica)**.

La stabilità del pendio è stata verificata con il **metodo di Bishop** suddividendo la potenziale massa di terreno in frana, sopra la linea di scivolamento (superficie di scorrimento superficiale) di cui si vuol conoscere il grado di sicurezza, in una serie di strisce verticali di diversa larghezza.

La verifica è stata effettuata tenendo conto della sistemazione dell'area, delle forze sismiche, dei sovraccarichi indotti dal fabbricato presente a valle del muro (**2,5 Kg/cm<sup>2</sup>**), dei parametri geotecnici derivanti dalle indagini eseguite e prendendo in esame una numero considerevole di superfici di rottura. La stessa, che segue in allegato, ha confermato la stabilità del versante lungo le sezioni indagate.

**Tab. 1 – Riepilogo risultati verifica di stabilità**

<i>Sezione geologica</i>	<i>Fattore di sicurezza (Fs)</i>
<b><i>a - a'</i></b>	<b><i>1,71</i></b>
<b><i>b - b'</i></b>	<b><i>1,86</i></b>

## 6) - INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE

Per ottenere informazioni di dettaglio sulle successioni litostratigrafiche e sulle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni di sedime sono state utilizzate differenti metodologie d'indagini che si sono completate a vicenda.

### 6.1 - Sondaggi a carotaggio

Come accennato, nell'ambito dell'area esaminata, sono stati eseguiti n. 3 sondaggi a carotaggio continuo uno dei quali attrezzato con piezometro, con sonda **CMV MK 420F** e diametro di carotaggio pari a 101 mm, spinti fino alla profondità di:

**Tab. 2 – Riepilogo sondaggi geognostici**

Denominazione	Profondità investigata (m)
<i>S1</i>	<i>15</i>
<i>S2</i>	<i>15</i>
<i>S3</i>	<i>5</i>

**Tab. 3 – Riepilogo piezometri installati**

Denominazione	Profondità di installazione (m)	Profondità della falda (m)
<i>S1</i>	<i>15</i>	<i>-</i>

Per la valutazione dei parametri fisici e di resistenza meccanica degli orizzonti investigati è stato eseguito un numero congruo di SPT per foro di sondaggio. Per la caratterizzazione

geotecnica dei terreni intercettati durante i sondaggi si è fatto riferimento all'elaborazione delle prove penetrometriche dinamiche  $N_{SPT}$  secondo le più comuni correlazioni proposte da vari autori; si sono ricavati così i parametri geotecnici riportati in APPENDICE TECNICA.

**Tab. 4 – Riepilogo prove SPT**

Denominazione	Profondità (m)	A	B	c	Nspt (b+c)	Descrizione litologica sintetica
<i>S1</i>	<i>1,60-2,05</i>	<i>9</i>	<i>12</i>	<i>14</i>	<i>26</i>	<i>Sabbie bene addensate di colore marroncino</i>
<i>S1</i>	<i>6,30-6,75</i>	<i>9</i>	<i>13</i>	<i>18</i>	<i>31</i>	<i>Sabbie ben selezionate talora con intervalli debolmente limosi</i>
<i>S1</i>	<i>11,80-12,25</i>	<i>12</i>	<i>18</i>	<i>23</i>	<i>41</i>	<i>Sabbie ben selezionate di colore marrone-verdastro</i>
<i>S2</i>	<i>4,20-4,65</i>	<i>19</i>	<i>21</i>	<i>26</i>	<i>47</i>	<i>Sabbie ben selezionate di colore marrone con intervalli grigiastri</i>

## 6.2 - Indagine sismica di superficie

Essa ha permesso di investigare, sia pur indirettamente, il terreno fino alla profondità di **trenta metri** dal piano campagna e consiste in:

### ✓ N° 1 profilo sismico con metodologia MASW da 24 ml

le cui caratteristiche, unitamente ai risultati ottenuti, sono contenute nella relazione sulla pericolosità sismica di base che fa parte integrante del presente lavoro.

Tale indagine finalizzata al calcolo delle **Vs30** (valore medio delle velocità di taglio nei primi 30 metri), è stata impiegata per la definizione del suolo di fondazione sulla base del Decreto



Ministeriale del 14 Gennaio 2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" che fornisce i criteri progettuali generali in materia antisismica.

### 6.3 - Prove di laboratorio

All'interno del sondaggio geognostico, alla profondità di 8,40 metri dal piano campagna è stato prelevato tramite infissione di una fustella metallica di lunghezza pari a 60 cm e sottoposto ad analisi di laboratorio, un campione di terreno indisturbato per la definizione di:

- *Composizione granulometrica*
- *Contenuto d'acqua naturale*
- *Peso dell'unità di volume*
- *Caratteristiche meccaniche*

In Appendice Tecnica della presente relazione si riportano i quadri riassuntivi delle analisi eseguite dal "I.P.G. s.n.c. - Istituto Prove Geotecniche".

**Tab. 5 – Riepilogo campioni indisturbati prelevati**

Denominazione	Profondità (m)	Descrizione visiva del campione
S2C <sub>I</sub>	8,40 – 9,00	<i>.Argilla con Limo consistente di colore marrone chiaro-verdastro</i>

Sulla base dell'analisi granulometrica il campione è classificato come *Argilla con limo*; si tratta di un terreno che, nella carta di plasticità di Casagrande rientra nel campo delle argille inorganiche di alta plasticità.

## 7) - RAPPORTI STRATIGRAFICI E SINTESI DELLE PROPRIETÀ TECNICHE DEI TERRENI.

L'interpretazione dei risultati ottenuti attraverso la campagna d'indagini geognostiche eseguita ha permesso di evidenziare la presenza di terreni stratificati organizzati in orizzonti litologici dotati di caratteristiche granulometriche e fisico-meccaniche differenti.

Negli schemi dei rapporti stratigrafici riportati nella **Figura 5 (Sezione geologica)** sono rappresentate le successioni stratigrafiche investigate con indicati i valori dei parametri fisico-meccanici degli strati individuati ricavati dalle note correlazioni con le prove **SPT**.

Si tratta di terreni granulari e coesivi costituiti da sabbie ben selezionate a grana medio-grossa di colore marrone-grigiastro localmente cementate con livelli ed orizzonti lenticolari di sabbie limose e limi argillosi alternati a sabbie limose a cui è possibile attribuire i valori dei parametri geotecnici compresi nei seguenti intervalli:

### **A)** - Terreni incoerenti

<i>angolo d'attrito interno</i>	$\varphi = 32^{\circ}-40^{\circ}$
<i>peso unità di volume naturale (<math>t/m^3</math>)</i>	$\gamma_n = 1,90-2,24$
<i>peso unità di volume saturo (<math>t/m^3</math>)</i>	$\gamma_n = 2,38-2,52$
<i>coesione (<math>kg/cm^2</math>)</i>	$C = 0$

**B) - Terreni coesivi**

<i>angolo d'attrito interno</i>	$\varphi = 23^\circ$
<i>peso unità di volume naturale (<math>t/m^3</math>)</i>	$\gamma_n = 1,84$
<i>peso unità di volume saturo (<math>t/m^3</math>)</i>	$\gamma_n = 2,71$
<i>coesione (<math>kg/cm^2</math>)</i>	$C = 0,095$

Per una valutazione puntuale delle caratteristiche stratigrafiche e litotecniche dei diversi orizzonti, si rimanda alle tabelle e ai grafici riportati in Appendice Tecnica. I valori riportati potranno essere utilizzati nei calcoli quali dati di input.

L'aumento dei parametri di resistenza meccanica con l'aumentare della profondità dal piano campagna, ben si accorda con quanto emerso dall'indagine sismica di superficie dalla quale si rileva un aumento dello stato di addensamento man mano che si procede verso il basso. Le indagini eseguite (penetrometriche, sismiche e sondaggi) hanno consentito la conoscenza del terreno anche se in parte indiretta, fino a circa 30 metri e sono sufficienti per la caratterizzazione geotecnica relativa al caso.

**8) - CONSIDERAZIONI SUI TERRENI DI FONDAZIONE**

Le determinazioni di carattere stratigrafico e geotecnico impongono l'adozione di strutture fondali che abbiano requisiti tipologici e dimensionali adeguati alle situazioni accertate. I

fattori che maggiormente sono stati considerati sono la litostratigrafia, e le condizioni fisico-meccaniche dei depositi di sottofondo. Riguardo alla scelta della struttura di fondazione ottimale da adottare, si ritiene opportuno fornire le seguenti indicazioni.

I dati emersi dall'interpretazione dei risultati relativi alle indagini eseguite, impongono l'adozione di fondazioni da attestare **a profondità  $\geq -4,00$  metri** dal piano campagna. Ciò consentirà ai carichi aggiuntivi che andranno a gravare sui depositi di fondazione, di agire su materiali caratterizzati da valori dei parametri geotecnici tali da ritenere fattibile l'intervento in progetto. L'andamento della superficie topografica renderà necessario procedere alla riprofilatura e rimodellamento dei terreni mediante operazioni di scavo e/o riporto, fino ad ottenere la configurazione progettata. Naturalmente, poiché il litotipo che caratterizza l'area in oggetto per quanto ben ammassato è poco consolidato e perciò facilmente disgregabile, i tagli nel terreno dovranno essere contenuti da idonee strutture di sostegno da fondare su terreni stabili.

I parametri di resistenza fisico-meccanica riportati in Appendice Tecnica potranno essere utilizzati come dati di input nei calcoli progettuali.

#### **9) - VERIFICA A LIQUEFAZIONE**

Per quanto riguarda la verifica a liquefazione le NTC-08 (paragrafo 7.11.3.4.2) stabiliscono che essa può essere omessa

quando la profondità media stagionale della falda è superiore a 15 metri dal piano campagna.

Poiché nel sito d'interesse tale profondità è superiore a 30 metri dal p.c., la verifica non è stata eseguita.

#### **10) - MURI DI SOSTEGNO**

Nel sito d'interesse progettuale sono previsti interventi di sistemazione che prevedono il rifacimento di un muro di sostegno e la realizzazione di opere di canalizzazione per lo smaltimento delle acque di precipitazione meteorica.

A tale fine occorrerà prima procedere ad uno sbancamento, per liberare lo spazio ove costruire il muro, poi costruire il muro, e infine porre in opera il terreno di riempimento a tergo con le eventuali opere di drenaggio.

Si ricorda che la presenza di acqua a monte del muro contribuisce ad aumentare la pressione laterale sul muro stesso: sarà quindi necessario predisporre un idoneo sistema di drenaggio dietro l'opera di sostegno la cui mancanza potrebbe essere concausa di crolli delle opere di contenimento medesime.

Per ridurre, e possibilmente eliminare, la spinta esercitata dall'acqua si dovrà pertanto:

- rendere impermeabile, per quanto possibile, il piano superiore del terrapieno per evitare infiltrazioni di acque meteoriche
- realizzare fori di drenaggio di 10÷15 cm di diametro e interasse 2÷4 m, muniti di rete reps o di filtro, disposti a quinconce su

tutta l'altezza del muro, con maggiore densità nella parte inferiore

- utilizzare materiale permeabile di opportuna granulometria per la parte di rinterro a contatto con il muro e un sistema di tubazioni per l'allontanamento dell'acqua, di adeguata sezione e pendenza tali da favorire l'allontanamento non solo dell'acqua, ma anche dei sedimenti. In corrispondenza della superficie di terreno a monte della scarpata dovrà essere inoltre realizzata un'adeguata regimazione delle acque di scorrimento superficiale sia in fase di sbancamento che nella situazione finale tramite la realizzazione di una canaletta.

#### **11) - SCAVI PROVVISORIALI E SPINTA**

Per limitare l'influenza sulla spinta del terreno naturale in sito dietro i muri ed i suoi riempimenti, i pendii che si realizzeranno con lo sbancamento dovranno avere debole pendenza.

Data l'evidente prevalenza della componente incoerente nelle facies che caratterizzano le pareti di scavo, si ritiene che gli scavi provvisoriali dovranno essere realizzati con pendenze delle scarpate non superiori ai 25°-30°.

I lavori di scavo saranno contenuti al minimo indispensabile; si suggerisce inoltre, in linea generale ed anche ai sensi del Regolamento forestale di cui al DPGR n. 48/R del 2003, di realizzarli possibilmente in periodi asciutti in modo che non si creino problemi di stabilità per la scarpata nel periodo che intercorre tra la fine dello scavo e la realizzazione del muro.

Il riempimento a tergo del muro, ove richiesto, verrà effettuato avendo cura di utilizzare terreni granulari privi di coesione; in tali condizioni, per la stima della pressione laterale si potranno assumere valori dell'angolo d'attrito  $\phi$  in condizioni di deformazione piana che per i materiali sabbioso-ghiaiosi, può essere, a favore di sicurezza,  $\phi = 30^\circ$ .

Per calcolare la spinta esercitata dal terreno sul muro di sostegno potrà essere utilizzata la seguente relazione (od altre analoghe)

$$S = 1/2 \gamma H^2 K$$

dove:

S = spinta totale in t/m applicata a H/3 dal basso

H = altezza del muro in metri

$\phi$  = angolo di attrito terreno

$\delta$  = angolo di attrito terra muro  $2/3 \phi$  (se si utilizza la teoria di Coulomb)

$\gamma$  = peso di volume del terreno

K = Ka coefficiente di spinta attiva

$K_a = \text{tg}^2(45^\circ - \phi/2)$

Si precisa inoltre che le relazioni sono valide qualora siano previste opere per lo smaltimento delle pressioni neutre quali finestrature e/o drenaggi.

## 12) - OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

Per quanto argomentato e discusso ai punti precedenti, ed in particolare, data l'assenza di condizionamenti di carattere geomorfologico ed idrogeologico, l'intervento in progetto è da

ritenere effettuabile. Nel dimensionamento delle fondazioni è necessario tener conto non solo della resistenza al taglio dei terreni, ma anche dei cedimenti indotti dai carichi applicati. Si dovrà, in sede progettuale, valutare l'entità dei cedimenti che dovranno essere ovviamente inferiori ad un valore critico (variabile a seconda dal tipo di fondazione scelta) che, se superato, potrebbe generare inconvenienti nelle strutture.

Generalmente per fondazioni superficiali continue i cedimenti massimi ( $W_{max}$ ) sono:

su sabbie  $\longrightarrow W_{max} = 3.6 \text{ cm}$

su argille  $\longrightarrow W_{max} = 7.0 \text{ cm}$

Per quanto riguarda i pali di fondazione il carico limite di quest'ultimi è pari a quel carico in corrispondenza del quale si verifica un cedimento compreso tra il 6% e il 10% del diametro del palo.

Valide indicazioni sul loro ordine di grandezza potranno essere ricavate utilizzando i valori dei moduli di deformazione contenuti nei certificati riportati in Appendice Tecnica. Per quanto riguarda l'aspetto relativo ai piani fondali la validità di ogni ipotesi di progetto è subordinata all'effettivo raggiungimento di un piano di posa per le fondazioni in questione omogeneo e rappresentato da terreni caratterizzati da valori dei parametri di resistenza meccanica tali da garantire buone condizioni di stabilità delle opere in progetto.

Si raccomanda infine di allontanare le acque piovane per evitare che le infiltrazioni possano far peggiorare le



caratteristiche geomeccaniche del terreno sottostante. A tal fine si dovrà aver cura di realizzare adeguate opere di raccolta e regimazione delle acque piovane (fossetti, scoli ecc.) in modo da ottenere un buon drenaggio dell'area medesima.

Corigliano Cal., Dicembre 2013

Il geologo

Dr. Giuseppe CAPACCHIONE



A circular professional stamp in purple ink. The text inside the stamp reads: "DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE CAPACCHIONE ALBO N° 446". To the right of the stamp is a handwritten signature in black ink that reads "Giuseppe Capacchione".

## **APPENDICE TECNICA**

- *Sondaggi a carotaggio continuo*
- *Prove penetrometriche dinamiche SPT*
- *Prove di laboratorio*
- *Verifica di stabilità*

**SONDAGGIO S1  
CORIGLIANO CALABRO (CS)**



**Sondaggio S1: Postazione**



**Prof. 0.00 – 5.00 m**



**Prof. 5.00 – 10.00 m**



**Prof. 10.00 – 15.00 m**





STARTIGRAFIA COMPLETA SONDAGGIO S1 – CORIGLIANO CALABRO

PROF. 0.00 m – 15.00 m



**SONDAGGIO S2  
CORIGLIANO CALABRO (CS)**



**Sondaggio S2: Postazione**



**Prof. 0.00 – 5.00 m**



**Prof. 5.00 – 10.00 m**



**Prof. 10.00 – 15.00 m**





STARTIGRAFIA COMPLETA SONDAGGIO S2 – CORIGLIANO CALABRO

PROF. 0.00 m – 15.00 m



**SONDAGGIO S3  
CORIGLIANO CALABRO (CS)**



**Sondaggio S3: Postazione**



**Prof. 0.00 – 5.00 m**

Committente <b>COMUNE DI CORIGLIANO</b>	Profondità raggiunta <b>15 m</b>	Quota Ass. P.C. <b>PIANO CAMPAGNA</b>	Certificato n° <b>1</b>	Pagina <b>1</b>
Operatore <b>CARLO FRANCO</b>	Località <b>C.da Cozzo Giardino (Corigliano)</b>	Progetto <b>Rifacimento muro di sostegno e opera di raccolta acque bianche</b>	Inizio/Fine Esecuzione <b>30-31/10/2013</b>	
Responsabile <b>DANILO NUCARO</b>	Sondaggio <b>S1</b>	Tipo Carotaggio <b>CAROTAGGIO CONTINUO</b>	Tipo Sonda <b>CMV MK 420 F</b>	Note <b>Attrezzato con piezometro</b>




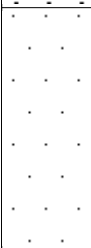
Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T. (n° Colpi)	Diam. Carotag.	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Piezometro
1		Sabbie ben selezionate di colore generalmente marroncino.		9-12-14 1.60 PA				
2								
3								
4								
5			5.00				1 5.00	
6		Sabbie ben selezionate talora con intervalli debolmente limosi. Colore variabile dal marrone verdastro al grigiastro, con orizzonti ocracei.		9-13-18 6.30 PA				
7								
8								
9								
10							2 10.00	
11			10.80					
12		Sabbie ben selezionate di colore marrone-verdastro, con intervalli grigiastri e ocracei.		12-18-23 11.80 PA				
13								
14								
			15.00		(101 mm) 15.00	(RM) 15.00	3 15.00	



Committente COMUNE DI CORIGLIANO	Profondità raggiunta 15 m	Quota Ass. P.C. PIANO CAMPAGNA	Certificato n° 2	Pagina 2
Operatore CARLO FRANCO	Località C.da Cozzo Giardino (Corigliano)	Progetto Rifacimento muro di sostegno e opera di raccolta acque bianche	Inizio/Fine Esecuzione 02-04/11/2013	
Responsabile DANILO NUCARO	Sondaggio S2	Tipo Carotaggio CAROTAGGIO CONTINUO	Tipo Sonda CMV MK 420 F	Note

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni	Diam. Carotag.	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.
1		Sabbie ben selezionate di colore marrone-grigiastro.						
2								
3		Sabbie limose di colore marrone-verdastro con orizzonti grigiastri.	3.00					
4		Sabbie ben selezionate di colore marrone con intervalli grigiastri (da 4,60 a 5,00 m si riscontrano sabbie debolmete limose).	3.90					
5		limi sabbioso-argillosi alternati a sabbie limose. Colore marrone-verdastro con intervalli grigiastri e orizzonti ocracei.	5.00					1 5.00
6								
7								
8						8.40		
9						S		
10						9.00		
11		Sabbie ben selezionate di colore marrone-grigiastro.	10.60					2 10.00
12								
13								
14								
			15.00				(101 mm)	(RM)
							15.00	15.00
								3 15.00

Committente <b>COMUNE DI CORIGLIANO</b>	Profondità raggiunta <b>5 m</b>	Quota Ass. P.C. <b>PIANO CAMPAGNA</b>	Certificato n° <b>3</b>	Pagina <b>3</b>
Operatore <b>CARLO FRANCO</b>	Località <b>C.da Cozzo Giardino (Corigliano)</b>	Progetto <b>Rifacimento muro di sostegno e opera di raccolta acque bianche</b>	Inizio/Fine Esecuzione <b>04/11/2013</b>	
Responsabile <b>DANILO NUCARO</b>	Sondaggio <b>S3</b>	Tipo Carotaggio <b>CAROTAGGIO CONTINUO</b>	Tipo Sonda <b>CMV MK 420 F</b>	Note

Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T. (n° Colp)	Campioni	Diam. Carotag.	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.
1		Sabbie e ghiaie (dimensione massima 3 cm) di colore marrone (probabile materiale di riporto).						
			1.80					
2		Sabbie ben selezionate di colore generalmente marrone.						
			3.00					
3		limi sabbioso-argillosi alternati a sabbie limose. Colore marrone-verdastro con intervalli grigiastri e orizzonti ocrei.						
			4.20					
4		Sabbie ben selezionate di colore marrone-grigiastro.						
			5.00					
						(101 mm)	(RM)	1
						5.00	5.00	5.00

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato , Rs-Rimaneggiato da SPT  
 Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici  
 Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa  
 Carotaggio: CAROTAGGIO CONTINUO

Sonda: CMV MK 420 F

**I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche**

di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 –  
E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE  
QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2008**

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni  
Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti  
Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**Indagine:      Rifacimento muro di sostegno e opera di  
canalizzazione acque bianche c/da Cozzo Giardino  
nel Comune di Corigliano Calabro (CS).**

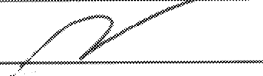
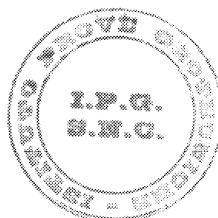
**ORIGINALE**

**Committente: GEOBLUE SONDAGGI snc**

<b>I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche</b> di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it		<b>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE</b> <b>QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2008</b>	
<b>Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni</b> <b>Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti</b> <b>Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)</b>		<b><u>APERTURA CAMPIONE</u></b>	
<i>Data arrivo campione:</i>	13/11/2013	<i>Data Apertura:</i>	14/11/2013
<i>Pagine Certificato :</i>	1		
<i>Verbale Accettazione:</i>	630	<i>Certificato numero :</i>	2954
<i>Data Certificato :</i>	19/11/2013		
<i>INDAGINE :</i> Rifacimento muro di sostegno e opera di canalizzazione acque bianche c/da Cozzo Giardino nel Comune di Corigliano Calabro (CS).			
<div style="float: right; font-size: 2em; opacity: 0.5;">ORIGINALE</div>			
<i>COMMITTENTE :</i> GEOBLUE SONDAGGI snc			
<i>SONDAGGIO</i>	2	<i>Campione :</i>	1
<i>PROFONDITA' : m</i> 8.40 - 9.00			
<b>NORMA DI RIFERIMENTO : UNI EN ISO 14688-1 : Gennaio 2003 - UNI EN ISO 14688-2 : Novembre 2004</b>			

Caratteristiche del campione		Contenitore		Stato del campione																													
<i>Diametro (mm):</i>	84	■	<i>Fustella</i>	□	<i>Disturbato o Rimaneggiato</i>																												
<i>Lunghezza dichiarata (mm):</i>	600	□	<i>PVC</i>	□	<i>Disturbo limitato</i>																												
<i>Lunghezza effettiva (mm):</i>	500	□	<i>Busta</i>	■	<i>Indisturbato</i>																												
<b>Caratteristiche determinabili</b>																																	
<i>Classe di qualità dichiarata : (Q1-Q5)</i>	Q5	<b>Qualità del campione effettiva :</b>																															
		Disturbato o Rimaneggiato		Disturbo limitato	Indisturbato																												
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5																											
<i>Profilo stratigrafico</i>																																	
<i>Composizione granulometrica</i>					■																												
<i>Contenuto d'acqua naturale</i>					■																												
<i>Peso dell'unità di volume</i>					■																												
<i>Caratteristiche meccaniche</i>					■																												
<b>Prove non eseguibili</b>																																	
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: center;"><b>Parte Bassa</b></td> <td style="width: 60%; text-align: center;"><i>Prelievo dei Pr ovinì – Prova Vane Test – Penetrometro Pocket</i></td> <td style="width: 20%; text-align: center;"><b>Parte Alta</b></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="border-top: 1px solid black; border-bottom: 1px solid black;"> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><i>Pr</i></td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><i>Pr</i></td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><i>Pr</i></td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><i>Pr</i></td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><i>Pr</i></td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><i>Pr</i></td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><i>Pr</i></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4.5</td> <td style="text-align: center;">9.0</td> <td style="text-align: center;">13.5</td> <td style="text-align: center;">18.0</td> <td style="text-align: center;">22.5</td> <td style="text-align: center;">27.0</td> <td style="text-align: center;">31.5</td> <td style="text-align: center;">36.0</td> <td style="text-align: center;">40.5</td> <td style="text-align: center;">45.0</td> <td style="text-align: center;">49.5</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>						<b>Parte Bassa</b>	<i>Prelievo dei Pr ovinì – Prova Vane Test – Penetrometro Pocket</i>	<b>Parte Alta</b>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><i>Pr</i></td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><i>Pr</i></td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><i>Pr</i></td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><i>Pr</i></td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><i>Pr</i></td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><i>Pr</i></td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><i>Pr</i></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4.5</td> <td style="text-align: center;">9.0</td> <td style="text-align: center;">13.5</td> <td style="text-align: center;">18.0</td> <td style="text-align: center;">22.5</td> <td style="text-align: center;">27.0</td> <td style="text-align: center;">31.5</td> <td style="text-align: center;">36.0</td> <td style="text-align: center;">40.5</td> <td style="text-align: center;">45.0</td> <td style="text-align: center;">49.5</td> </tr> </table>					<i>Pr</i>	<i>Pr</i>	<i>Pr</i>	<i>Pr</i>	<i>Pr</i>	<i>Pr</i>	<i>Pr</i>			4.5	9.0	13.5	18.0	22.5	27.0	31.5	36.0	40.5	45.0	49.5
<b>Parte Bassa</b>	<i>Prelievo dei Pr ovinì – Prova Vane Test – Penetrometro Pocket</i>	<b>Parte Alta</b>																															
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><i>Pr</i></td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><i>Pr</i></td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><i>Pr</i></td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><i>Pr</i></td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><i>Pr</i></td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><i>Pr</i></td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><i>Pr</i></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4.5</td> <td style="text-align: center;">9.0</td> <td style="text-align: center;">13.5</td> <td style="text-align: center;">18.0</td> <td style="text-align: center;">22.5</td> <td style="text-align: center;">27.0</td> <td style="text-align: center;">31.5</td> <td style="text-align: center;">36.0</td> <td style="text-align: center;">40.5</td> <td style="text-align: center;">45.0</td> <td style="text-align: center;">49.5</td> </tr> </table>					<i>Pr</i>	<i>Pr</i>	<i>Pr</i>	<i>Pr</i>	<i>Pr</i>	<i>Pr</i>	<i>Pr</i>			4.5	9.0	13.5	18.0	22.5	27.0	31.5	36.0	40.5	45.0	49.5									
		<i>Pr</i>	<i>Pr</i>	<i>Pr</i>	<i>Pr</i>	<i>Pr</i>	<i>Pr</i>	<i>Pr</i>																									
4.5	9.0	13.5	18.0	22.5	27.0	31.5	36.0	40.5	45.0	49.5																							
		cm																															
<b>Descrizione visiva del campione</b>																																	
Argilla con Limo consistente di colore marrone chiaro-verdastro.																																	
<b>Note</b>																																	

Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia



<b>I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche</b> di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it		<b>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2008</b>	
<b>Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni</b> <b>Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti</b> <b>Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)</b>		<b>MISURA DEL CONTENUTO D'ACQUA</b>	
Data arrivo campione:	13/11/2013	Data esecuzione prova:	14/11/2013
Verbale Accettazione:	630	Certificato numero :	2955
		Pagine Certificato :	1
		Data Certificato :	19/11/2013
INDAGINE : Rifacimento muro di sostegno e opera di canalizzazione acque bianche c/da Cozzo Giardino nel Comune di Corigliano Calabro (CS).			
COMMITTENTE : GEOBLUE SONDAGGI snc			
SONDAGGIO	2	Campione :	1
		PROFONDITA' :	m 8.40 - 9.00

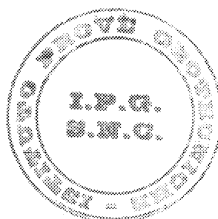
ORIGINALE

**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 1 : Febbraio 2005**

**DATI SPERIMENTALI**

Tara numero	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	1		2	
Massa Tara	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	6.90	g	6.50	g
Massa Terreno Umido + Tara	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	340.10	g	362.80	g
Massa Terreno Secco + Tara	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	284.40	g	304.90	g
Contenuto d'acqua w	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	20.07	%	19.40	%
Media delle misurazioni w	19.74		%	

Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza



Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia

*[Signature]*

<b>I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche</b> di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it		<b>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2008</b>	
<b>Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni</b> <b>Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti</b> <b>Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)</b>		<b><u>MISURA DEL PESO DELL'UNITÀ DI VOLUME</u></b>	
Data arrivo campione:	13/11/2013	Data esecuzione prova:	14/11/2013
Verbale Accettazione:	630	Certificato numero :	2956
		Pagine Certificato :	1
		Data Certificato :	19/11/2013
INDAGINE : Rifacimento muro di sostegno e opera di canalizzazione acque bianche c/da Cozzo Giardino nel Comune di Corigliano Calabro (CS).			
COMMITTENTE : GEOBLUE SONDAGGI snc			
SONDAGGIO	2	Campione :	1
		PROFONDITA' : m	8.40 - 9.00

ORIGINALE

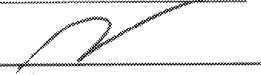
**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 2 : Febbraio 2005**

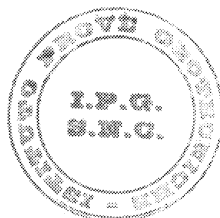
METODO UTILIZZATO	Metodo con misurazioni lineari
-------------------	--------------------------------

DATI SPERIMENTALI
-------------------

Massa del campione utilizzato	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	135.5	g	135.3	g
Volume del campione	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	72	cm <sup>3</sup>	72	cm <sup>3</sup>
Peso dell'Unità di Volume	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	18.456	(kN/m <sup>3</sup> )	18.428	(kN/m <sup>3</sup> )
Media delle misurazioni $\gamma$	18.442		(kN/m <sup>3</sup> )	

Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza





Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia



<b>I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche</b> di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it		<b>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE</b> <b>QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2008</b>	
<b>Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni</b> <b>Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti</b> <b>Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)</b>		<b><u>MISURA DEL PESO SPECIFICO DEI</u></b> <b><u>GRANI</u></b>	
<i>Data arrivo campione:</i>	13/11/2013	<i>Data esecuzione prova:</i>	18/11/2013
<i>Pagine Certificato :</i>	1		
<i>Verbale Accettazione:</i>	630	<i>Certificato numero :</i>	2957
<i>Data Certificato :</i>	19/11/2013		
<i>INDAGINE :</i> Rifacimento muro di sostegno e opera di canalizzazione acque bianche c/da Cozzo Giardino nel Comune di Corigliano Calabro (CS).			
ORIGINALE			
<i>COMMITTENTE :</i>	GEOBLUE SONDAGGI snc		
<i>SONDAGGIO</i>	2	<i>Campione :</i>	1
		<i>PROFONDITA' :</i>	m 8.40 - 9.00

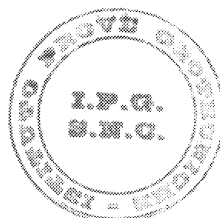
**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 3 : Febbraio 2005**

DATI SPERIMENTALI
-------------------

Temperatura	17	°C	Densità acqua $\gamma_w$	9.79488	kN/m <sup>3</sup>
-------------	----	----	--------------------------	---------	-------------------

Massa Picnometro	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	30.740	g	30.946	g
Massa Campione	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	10	g	10	g
Massa Campione + Massa Picnometro	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	40.740	g	40.946	g
Massa Picnometro + acqua	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	82.980	g	83.327	g
Massa Campione + Massa Picnometro + acqua	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	89.362	g	89.708	g
Peso specifico $\gamma_s$	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	27.073	(kN/m <sup>3</sup> )	27.065	(kN/m <sup>3</sup> )
Media delle misurazioni $\gamma_s$	27.069		(kN/m <sup>3</sup> )	

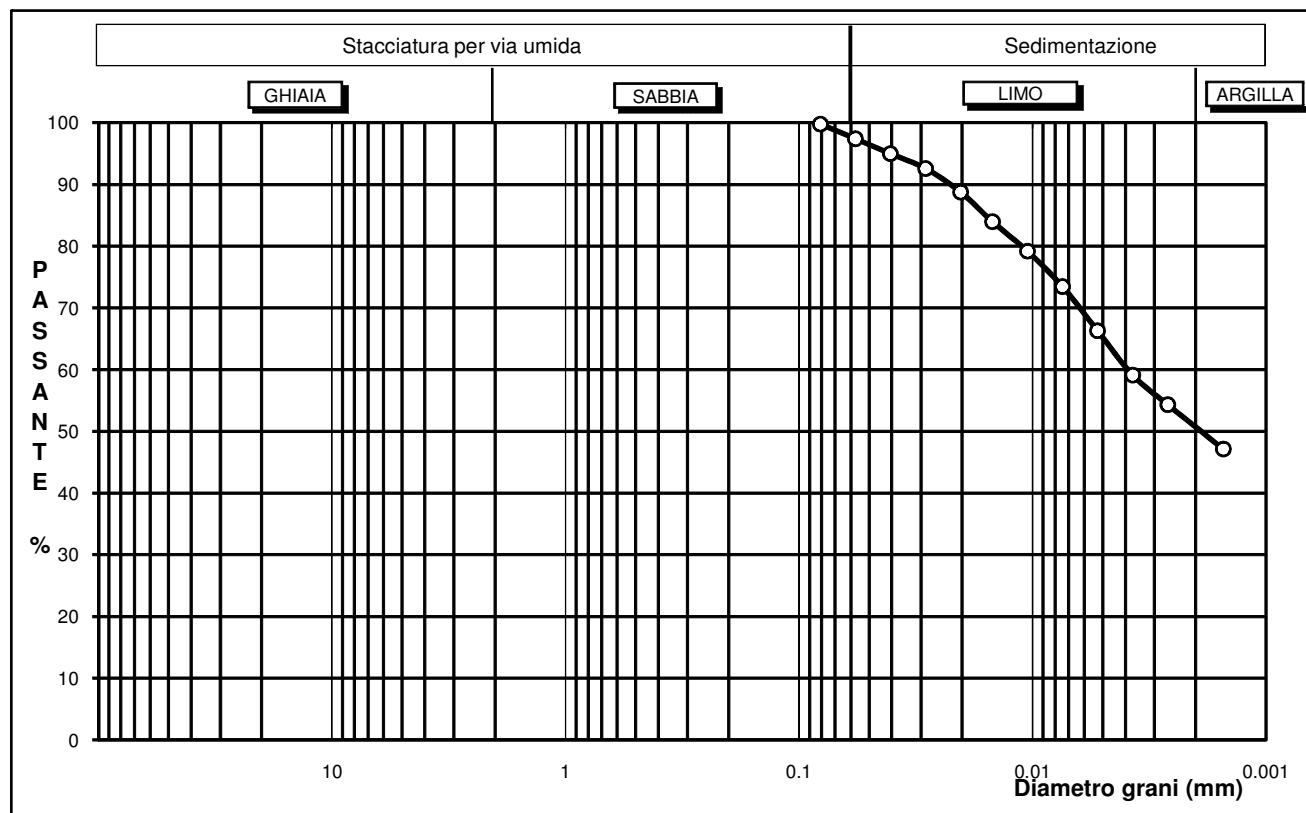
*Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza*



*Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia*

<b>I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche</b> di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it		<b>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2008</b>	
<b>Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni</b> <b>Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti</b> <b>Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)</b>		<b><u>ANALISI GRANULOMETRICA</u></b> <b><u>per sedimentazione</u></b>	
Data arrivo campione:	13/11/2013	Data esecuzione prova:	18/11/2013
Verbale Accettazione:	630	Certificato numero:	2958
		Pagine Certificato:	1
		Data Certificato:	19/11/2013
<b>INDAGINE:</b> Rifacimento muro di sostegno e opera di canalizzazione acque bianche c/da Cozzo Giardino nel Comune di Corigliano Calabro (CS).			
<b>COMMITTENTE:</b> GEOBLUE SONDAGGI snc			
<b>SONDAGGIO:</b> 2 <b>Campione:</b> 1 <b>PROFONDITA':</b> m 8.40 - 9.00			

ORIGINALE



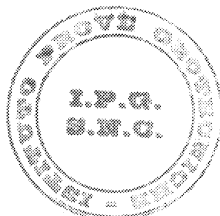
**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 4 : Febbraio 2005**

Classificazione UNI CEN ISO/TS 14688 - 1 :	<b>Argilla con Limo</b>	<b>SiCl</b>
Percentuali classi granulometriche:	<b>Sabbia</b> 1% <b>Limo</b> 48%	<b>Argilla</b> 51%

Tempo Δt (min)	Densità miscela	Diametro grani (mm)	Percentuale %	Tempo Δt (min)	Densità miscela	Diametro grani (mm)	Percentuale %	Massa del campione utilizzata:
0.5	1.0195	0.080987	100	60	1.014	0.007424	73	34 g
1	1.019	0.057288	97	120	1.0125	0.005256	66	Qualità del campione
2	1.0185	0.040524	95	240	1.011	0.00372	59	
4	1.018	0.028666	93	480	1.01	0.002633	54	
8	1.0172	0.020282	89	1440	1.0085	0.001522	47	
15	1.0162	0.014823	84					
30	1.0152	0.01049	79					Q5

Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia



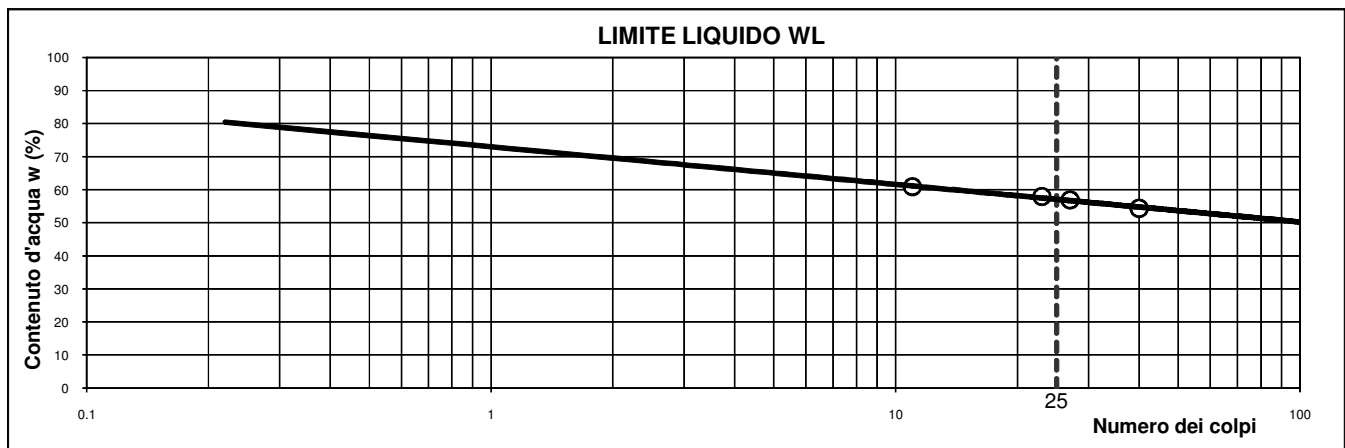
[Signature]



<b>I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche</b> di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it		<b>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2008</b>	
<b>Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni</b> <b>Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti</b> <b>Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)</b>		<b>LIMITI DI ATTERBERG</b> <b>(LIQUIDO E PLASTICO congiuntamente)</b>	
Data arrivo campione:	13/11/2013	Data esecuzione prova:	18/11/2013
Verbale Accettazione:	630	Certificato numero :	2959
		Data Certificato :	19/11/2013
INDAGINE : Rifacimento muro di sostegno e opera di canalizzazione acque bianche c/da Cozzo Giardino nel Comune di Corigliano Calabro (CS).			
ORIGINALE			
COMMITTENTE : GEOBLUE SONDAGGI snc			
SONDAGGIO :	2	Campione :	1
		PROFONDITA' :	m 8.40 - 9.00

**Norma di riferimento : CNR - UNI 10014: 1964**

DATI SPERIMENTALI



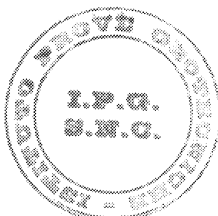
LIMITE DI LIQUIDITA' W <sub>L</sub>				
Numero contenitore	1	2	3	4
Massa contenitore (g)	11.02	13.87	8.00	11.16
Massa Terreno Umido (g)	16.83	22.67	17.95	21.63
Massa Terreno Secco (g)	14.63	19.44	14.34	17.94
Numero colpi	11	23	27	40

LIMITE DI PLASTICITA' W <sub>P</sub>		
Numero contenitore	1	2
Massa contenitore (g)	13.41	5.54
Massa T. Umido (g)	15.34	8.06
Massa T. Secco (g)	14.90	7.49

LIMITE DI RITIRO W <sub>R</sub>		
Limite di ritiro	-	-
Rapporto di ritiro	-	-
Ritiro volumetrico	-	-
Ritiro lineare	-	-

W <sub>L</sub> (%) = <b>57.14</b>	W <sub>P</sub> (%) = <b>29.38</b>	I <sub>P</sub> (%) = <b>27.76</b>
A = <b>0.54</b>	I <sub>c</sub> = <b>1.35</b>	

Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza



Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia

<b>I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche</b> di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it		<b>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2008</b>	
<b>Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni</b> <b>Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti</b> <b>Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)</b>		<b><u>PROVA DI TAGLIO DIRETTO</u></b> <b>(Pagina 1 di 3)</b>	
Data arrivo campione:	13/11/2013	Data esecuzione prova:	14/11/2013
		Pagine Certificato :	1 di 3
Verbale Accettazione:	630	Certificato numero :	2960
		Data Certificato :	19/11/2013
INDAGINE : Rifacimento muro di sostegno e opera di canalizzazione acque bianche c/da Cozzo Giardino nel Comune di Corigliano Calabro (CS).			
<b>ORIGINALE</b>			
COMMITTENTE : GEOBLUE SONDAGGI snc			
SONDAGGIO	2	Campione :	1
		PROFONDITA': m 8.40 - 9.00	

**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 10 : Febbraio 2005**

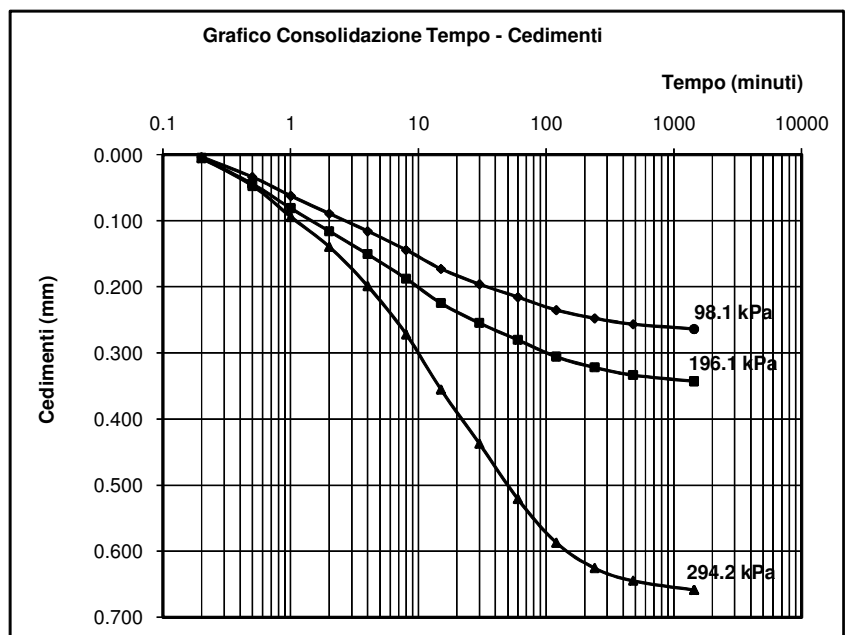
<b>METODO UTILIZZATO</b>	PROVA ESEGUITA CON SCATOLA DI CASAGRANDE 6 cm X 6 cm X 2 cm
--------------------------	---

CONDIZIONI INIZIALI DEI PROVINI			
Provino n°	1	2	3
Condizioni del provino	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Massa provini Iniziale (g)	133.10	133.80	134.60
Peso di Volume (kN/m³)	18.13	18.22	18.33
Cont. d'acqua Iniz.(%)	20.02	20.32	20.72
Carico applicato (kPa)	98.07	196.13	294.20
t <sub>100</sub> (min)	480	480	480

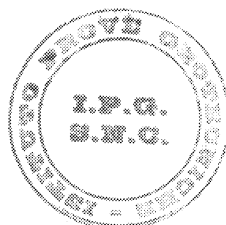
CONDIZIONI FINALI DEI PROVINI			
Provino n°	1	2	3
Massa provini Finale (g)	138.2	136.5	134.6
Massa secca provini (g)	110.9	111.2	111.5
Cont. d'acqua Fin.(%)	24.62	22.75	20.72
Vel. di scorr. mm/min	0.003		

**DATI SPERIMENTALI REGISTRATI IN FASE DI CONSOLIDAZIONE**

Tempo minuti	Cedimenti in fase di Consolidazione (mm)		
	Provino 1	Provino 2	Provino 3
0.2	0.004	0.005	0.005
0.5	0.034	0.044	0.047
1	0.062	0.081	0.094
2	0.089	0.116	0.139
4	0.116	0.151	0.199
8	0.144	0.188	0.272
15	0.173	0.225	0.356
30	0.196	0.255	0.437
60	0.216	0.280	0.521
120	0.235	0.306	0.587
240	0.248	0.322	0.626
480	0.257	0.333	0.645
1440	0.264	0.343	0.659
-			
-			
-			



Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza



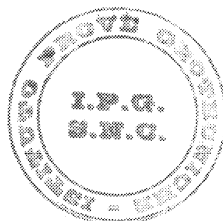
Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia

<b>I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche</b> di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it		<b>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2008</b>	
<b>Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni</b> <b>Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti</b> <b>Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)</b>		<b><u>PROVA DI TAGLIO DIRETTO</u></b> <b>(Pagina 2 di 3)</b>	
<i>Data arrivo campione:</i>	13/11/2013	<i>Data esecuzione prova:</i>	14/11/2013
		<i>Pagine Certificato :</i>	2 di 3
<i>Verbale Accettazione:</i>	630	<i>Certificato numero :</i>	2960
		<i>Data Certificato :</i>	19/11/2013
<i>INDAGINE :</i> Rifacimento muro di sostegno e opera di canalizzazione acque bianche c/da Cozzo Giardino nel Comune di Corigliano Calabro (CS).			
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">         ORIGINALE       </div>			
<i>COMMITTENTE :</i> GEOBLUE SONDAGGI snc			
<i>SONDAGGIO</i>	2	<i>Campione :</i>	1
		<i>PROFONDITA' : m 8.40 - 9.00</i>	

<b>DATI SPERIMENTALI REGISTRATI IN FASE DI ROTTURA DEI PROVINI</b>
--

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
$\Delta H$ verticale (mm)	$\Delta X$ orizzontale (mm)	$\tau$ (kPa)	$\Delta H$ verticale (mm)	$\Delta X$ orizzontale (mm)	$\tau$ (kPa)	$\Delta H$ verticale (mm)	$\Delta X$ orizzontale (mm)	$\tau$ (kPa)
0.0000	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00
-0.0017	0.24	9.90	0.0160	0.10	33.46	0.0070	0.10	12.89
0.0051	0.52	25.79	0.0517	0.40	57.03	0.0349	0.32	59.85
0.0326	0.82	36.38	0.0819	0.68	70.72	0.0680	0.63	81.76
0.0532	1.13	42.03	0.1087	0.99	77.56	0.0941	0.95	96.63
0.0704	1.43	45.57	0.1318	1.27	81.36	0.1133	1.27	108.36
0.0875	1.72	48.75	0.1532	1.56	83.65	0.1290	1.58	117.36
0.1030	2.02	50.51	0.1710	1.85	85.17	0.1412	1.90	124.40
0.1133	2.32	51.57	0.1888	2.16	87.07	0.1516	2.21	129.10
0.1202	2.62	52.28	0.2031	2.47	88.21	0.1603	2.54	132.62
0.1236	2.92	52.98	0.2155	2.78	88.97	0.1656	2.86	135.36
0.1236	3.22	52.98	0.2244	3.09	89.35	0.1708	3.18	136.14
0.1219	3.52	52.98	0.2316	3.39	89.73	0.1725	3.50	136.53
0.1236	3.82	52.63	0.2369	3.71	89.35	0.1760	3.82	135.75
0.1202	4.13	51.92	0.2405	4.01	88.97	0.1778	4.15	134.19
0.1167	4.42	51.22	0.2423	4.32	88.59	0.1778	4.47	132.23
0.1133	4.71	50.87	0.2440	4.62	87.83	0.1795	4.79	130.66
0.1099	5.02	49.45	0.2440	4.92	87.07	0.1795	5.12	128.32
0.1064	5.31	48.75	0.2440	5.24	86.31	0.1795	5.44	125.97
0.1030	5.61	47.69	0.2440	5.55	85.55	0.1795	5.77	124.40
0.0978	5.91	47.33	0.2440	5.82	84.41	0.1795	6.09	122.45
0.0944	6.21	45.92	0.2423	6.14	83.65	0.1795	6.40	120.88
0.0893	6.51	45.92	0.2423	6.45	82.50			
0.0858	6.80	45.57	0.2423	6.76	81.36			

Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

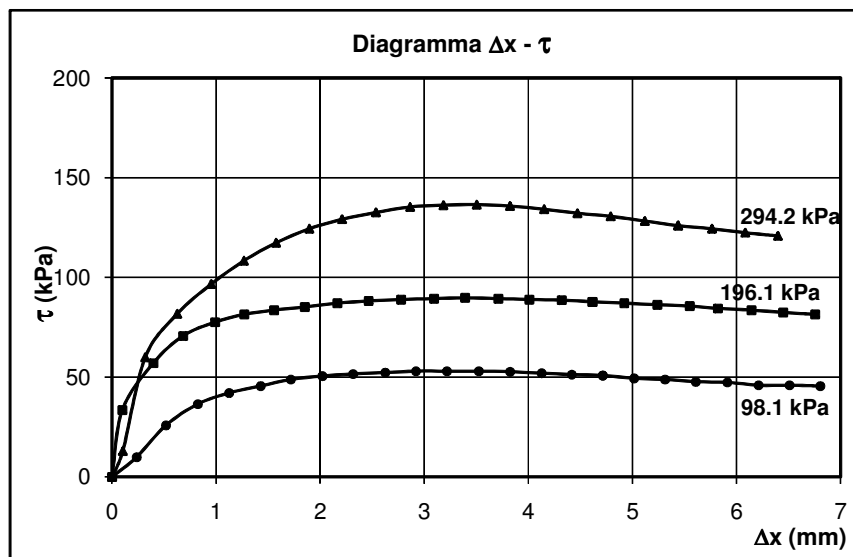
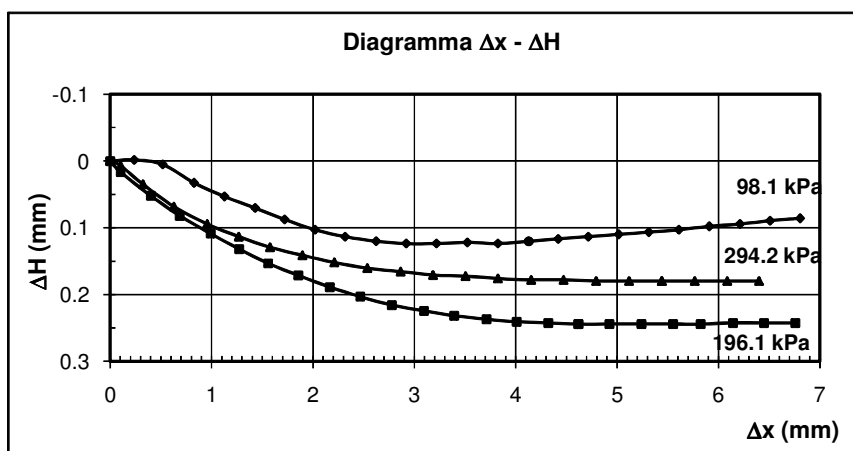


Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia

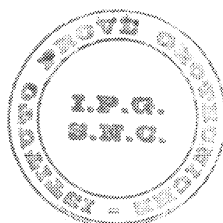
<b>I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche</b> di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it		<b>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE</b> <b>QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2008</b>	
<b>Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni</b> <b>Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti</b> <b>Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)</b>		<b><u>PROVA DI TAGLIO DIRETTO</u></b> <b>(Pagina 3 di 3)</b>	
Data arrivo campione:	13/11/2013	Data esecuzione prova:	14/11/2013
Verbale Accettazione:	630	Certificato numero :	2960
		Pagine Certificato :	3 di 3
		Data Certificato :	19/11/2013
INDAGINE : Rifacimento muro di sostegno e opera di canalizzazione acque bianche c/da Cozzo Giardino nel Comune di Corigliano Calabro (CS).			
COMMITTENTE : GEOBLUE SONDAGGI snc			
SONDAGGIO	2	Campione :	1
		PROFONDITA' : m 8.40 - 9.00	

ORIGINALE

DIAGRAMMI DELLA FASE DI ROTTURA



Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

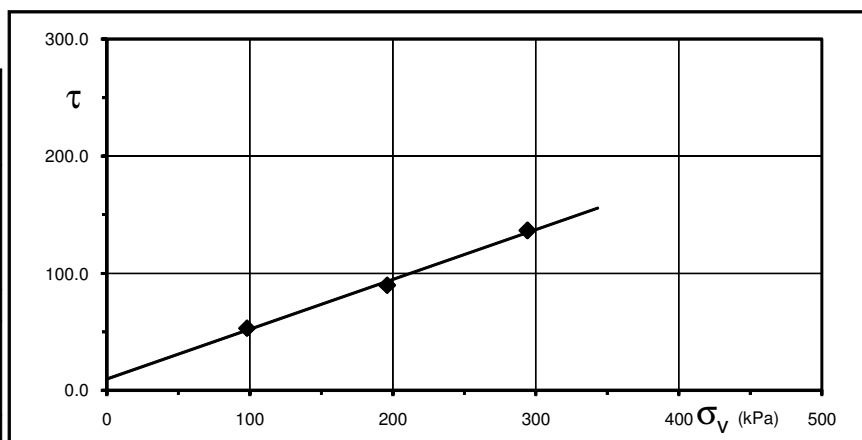


Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia

**S2 C1 da m. 8.40 – 9.00**  
**Prova di taglio diretto – Valori di Picco**

Carico applicato (kPa)	98.07	196.13	294.20
Tensione a rottura (kPa)	52.98	89.73	136.53
Spost. Oriz. a rottura (mm)	2.92	3.39	3.50

Norma <b>UNI CEN ISO/TS 17892 - 10 :</b> <b>Febbraio 2005</b>
<b><u>DIAGRAMMA</u></b> <b><u>Tensione - Pressione verticale</u></b>
Coesione (kPa) : <b>9.534</b>
Angolo d'attrito (°) : <b>23.07</b>



## PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Committente: Amministrazione Comunale di Corigliano Calabro  
Cantiere: Rifacimento muro di sostegno e canalizzazione acque bianche  
Località: Cozzo Giardino

## Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PROVE SPT IN FORO

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,76 m
Peso sistema di battuta	4,2 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	7 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	1
Rivestimento/fanghi	No

OPERATORE

RESPONSABILE

**PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE**  
**(DYNAMIC PROBING)**  
**DPSH – DPM (... sctpt ecc.)**

**Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici**

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura  $\alpha$ )
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

**penetrometri in uso in Italia**

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
 massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento  $\delta$  = 10 cm, punta conica ( $\alpha=60-90^\circ$ ), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente  $M = 20$  kg, altezza di caduta  $H=0.20$  m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha = 60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A=10$  cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

massa battente  $M = 73$  kg, altezza di caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=30$  cm, punta conica ( $\alpha = 60^\circ$ ), diametro  $D = 50.8$  mm, area base cono  $A=20.27$  cm<sup>2</sup> rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente  $M=63.5$  kg, altezza caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=20-30$  cm, punta conica conica ( $\alpha = 60^\circ-90^\circ$ ) diametro  $D = 50.5$  mm, area base cono  $A = 20$  cm<sup>2</sup>, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

### Correlazione con $N_{spt}$

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi  $N_{spt}$  ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con  $N_{spt}$ . Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui  $Q$  è l'energia specifica per colpo e  $Q_{spt}$  è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

$M$  = peso massa battente;

$M'$  = peso aste;

$H$  = altezza di caduta;

$A$  = area base punta conica;

$\delta$  = passo di avanzamento.

### Valutazione resistenza dinamica alla punta $R_{pd}$

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

$R_{pd}$  = resistenza dinamica punta (area  $A$ );

$e$  = infissione media per colpo ( $\delta / N$ );

$M$  = peso massa battente (altezza caduta  $H$ );

$P$  = peso totale aste e sistema battuta.

### Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.



Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

## Valutazioni statistiche e correlazioni

### Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

#### **Media**

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Media minima**

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Massimo**

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Minimo**

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Scarto quadratico medio**

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Media deviata**

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Media + s**

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Media - s**

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Distribuzione normale R.C.**

Il valore di  $Nspt_k$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$Nspt_k = Nspt_{medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{Nspt})$$

dove  $sNspt$  è la deviazione standard di  $Nspt$

#### **Distribuzione normale R.N.C.**

Il valore di  $Nspt_k$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di  $Nspt$  distribuiti normalmente:

$$Nspt_k = Nspt_{medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{Nspt}) / \sqrt{n}$$

dove  $n$  è il numero di letture.

## Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immersione  $d = 1$  mt..

## Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

### Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati  $N_{spt}$  il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING* (1982), applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se  $N_{spt}$  dello strato considerato risulta inferiore a  $N_{spt}$  critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

### Correzione $N_{spt}$ in presenza di falda

$N_{spt} \text{ corretto} = 15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$

$N_{spt}$  è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda) .

### Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers 1961- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda)  $\sigma > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da  $D_r$  %.
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONAL RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose .
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

### Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie  $D_r$  viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

### Modulo Di Young ( $E_y$ )

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

### Modulo Edometrico

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buissmann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

#### *Stato di consistenza*

- Classificazione A.G.I. 1977

#### *Peso di Volume Gamma*

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

#### *Peso di volume saturo*

- Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa  $\gamma = 2,65 \text{ t/mc}$  e per peso di volume secco variabile da 1,33 (Nspt = 0) a 1,99 (Nspt = 95)

#### *Modulo di poisson*

- Classificazione A.G.I.

#### *Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)*

- Seed-Idriss 1978-1981 . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio  $\tau$  e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

#### *Velocità onde di taglio $V_s$ (m/sec)*

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

#### *Modulo di deformazione di taglio (G)*

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

#### *Modulo di reazione ( $K_0$ )*

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso .

#### *Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )*

- Robertson 1983  $Q_c$

### **Correlazioni geotecniche terreni coesivi**

#### *Coesione non drenata*

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con Nspt <8 , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948).  $C_u \text{ min-max}$ .
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5, per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , ( $C_u$ -Nspt-grado di plasticità).
- Schmertmann 1975  $C_u$  (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con  $N_c=20$  e  $Q_c/N_{spt}=2$ .
- Schmertmann 1975  $C_u$  (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata  $C_u$  (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità .
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni 1982 , valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

**Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )**

- Robertson 1983  $Q_c$

**Modulo Edometrico-Confinato ( $M_o$ )**

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - $M_o$  (Eed) (Kg/cm<sup>2</sup>)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$ ).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte (  $N_{spt} < 30$ ) medie e molli (  $N_{spt} < 4$ ) e argille sabbiose (  $N_{spt}=6-12$ ).

**Modulo Di Young ( $E_Y$ )**

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P.  $> 15$
- D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

**Stato di consistenza**

- Classificazione A.G.I. 1977

**Peso di Volume Gamma**

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

**Peso di volume saturo**

- Correlazione Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967), valida per condizioni specifiche: peso specifico del materiale pari a circa  $G=2,70$  (t/mc) e per indici dei vuoti variabili da 1,833 ( $N_{spt}=0$ ) a 0,545 ( $N_{spt}=28$ )

**PROVA ... Nr.1 – SONDAGGIO S1**

Strumento utilizzato...

PROVE SPT IN FORO

Prova eseguita in data

09/11/2013

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
1,75	9
1,90	12
2,05	14

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1****TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato	26	2,05	26	Skempton 1986	59,15

**Angolo di resistenza al taglio**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato	26	2,05	26	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	34,43

**Modulo di Young**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
[1] - Strato	26	2,05	26	Schmertmann (1978) (Sabbie)	208,00

**Modulo Edometrico**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
[1] - Strato	26	2,05	26	Farrent 1963	184,60

**Classificazione AGI**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	26	2,05	26	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

**Peso unità di volume**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] - Strato	26	2,05	26	Meyerhof ed altri	2,09

**Peso unità di volume saturo**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] - Strato	26	2,05	26	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,38

**Modulo di Poisson**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	26	2,05	26	(A.G.I.)	0,3

**Modulo di deformazione a taglio dinamico**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	26	2,05	26	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	915,08

**Modulo di reazione Ko**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm <sup>3</sup> )
[1] - Strato	26	2,05	26	Navfac 1971-1982	5,03

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	26	2,05	26	Robertson 1983	52,00

**PROVA ... Nr.2 – SONDAGGIO S1**

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Falda non rilevata

PROVE SPT IN FORO  
 09/11/2013

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
6,45	9
6,60	13
6,75	18

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2****TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato	31	6,75	31	Skempton 1986	64,5

**Angolo di resistenza al taglio**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato	31	6,75	31	Peck-Hanson-Thorn burn-Meyerhof 1956	35,86

**Modulo di Young**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
[1] - Strato	31	6,75	31	Schmertmann (1978) (Sabbie)	248,00

**Modulo Edometrico**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
[1] - Strato	31	6,75	31	Farrent 1963	220,10

**Classificazione AGI**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	31	6,75	31	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

**Peso unità di volume**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] - Strato	31	6,75	31	Meyerhof ed altri	2,14

**Peso unità di volume saturo**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] - Strato	31	6,75	31	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,43

**Modulo di Poisson**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	31	6,75	31	(A.G.I.)	0,29

**Modulo di deformazione a taglio dinamico**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	31	6,75	31	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	1018,90

**Modulo di reazione Ko**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm <sup>3</sup> )
[1] - Strato	31	6,75	31	Navfac 1971-1982	5,75

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	31	6,75	31	Robertson 1983	62,00



**PROVA ... Nr.3 – SONDAGGIO S1**

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Falda non rilevata

PROVE SPT IN FORO  
 10/11/2013

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
11,95	12
12,10	18
12,25	23

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3****TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato	41	12,25	41	Skempton 1986	73,16

**Angolo di resistenza al taglio**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato	41	12,25	41	Japanese National Railway	39,3

**Modulo di Young**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
[1] - Strato	41	12,25	41	Schmertmann (1978) (Sabbie)	328,00

**Modulo Edometrico**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
[1] - Strato	41	12,25	41	Farrent 1963	291,10

**Classificazione AGI**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	41	12,25	41	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

**Peso unità di volume**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] - Strato	41	12,25	41	Meyerhof ed altri	2,21

**Peso unità di volume saturo**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] - Strato	41	12,25	41	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

**Modulo di Poisson**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	41	12,25	41	(A.G.I.)	0,27

**Modulo di deformazione a taglio dinamico**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	41	12,25	41	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	1208,71

**Modulo di reazione Ko**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm <sup>3</sup> )
[1] - Strato	41	12,25	41	Navfac 1971-1982	7,01

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	41	12,25	41	Robertson 1983	82,00

**PROVA ... Nr.1 – SONDAGGIO S2**

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Falda non rilevata

PROVE SPT IN FORO  
 10/11/2013

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
4,35	19
4,50	21
4,65	26

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1****TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato	47	4,65	47	Skempton 1986	77,9

**Angolo di resistenza al taglio**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato	47	4,65	47	Peck-Hanson-Thorn burn-Meyerhof 1956	40,43

**Modulo di Young**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
[1] - Strato	47	4,65	47	Schmertmann (1978) (Sabbie)	376,00

**Modulo Edometrico**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
[1] - Strato	47	4,65	47	Farrent 1963	333,70

**Classificazione AGI**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	47	4,65	47	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

**Peso unità di volume**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] - Strato	47	4,65	47	Meyerhof ed altri	2,23

**Peso unità di volume saturo**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] - Strato	47	4,65	47	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,52

**Modulo di Poisson**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	47	4,65	47	(A.G.I.)	0,26

**Modulo di deformazione a taglio dinamico**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	47	4,65	47	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	1313,90

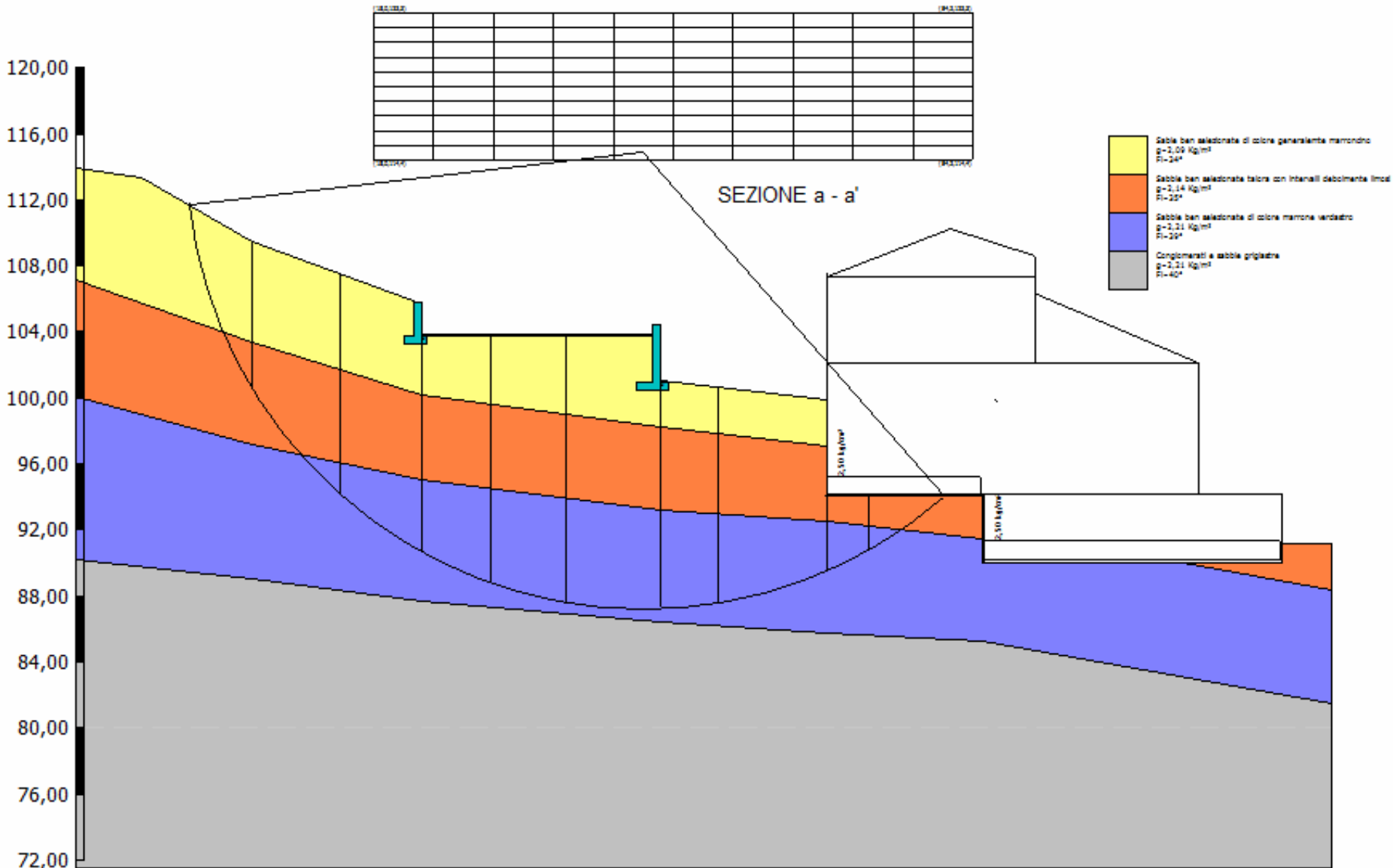
**Modulo di reazione Ko**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm <sup>3</sup> )
[1] - Strato	47	4,65	47	Navfac 1971-1982	7,77

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	47	4,65	47	Robertson 1983	94,00

## VERIFICA DI STABILITA'



# RELAZIONE DI CALCOLO

## Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

## Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

(a) Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione ( $c$ ) e angolo di resistenza al taglio ( $\varphi$ ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.

(b) In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

## Metodo di BISHOP (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali.

Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$\Sigma F_v = 0$ ,  $\Sigma M_0 = 0$ , Criterio di rottura.

$$F = \frac{\Sigma \{ c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i \} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \sin \alpha_i}$$

I valori di  $F$  e di  $\Delta X$  per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre  $\Delta X = 0$  ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

## VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$

$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:

$F_H$  e  $F_V$  rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;

W: peso concio

$K_o$ : Coefficiente sismico orizzontale

$K_v$ : Coefficiente sismico verticale.

### Calcolo coefficienti sismici

Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti  $K_o$  e  $K_v$  in dipendenza di vari fattori:

$$K_o = \beta_s \times (a_{\max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_o$$

Con

$\beta_s$  coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

$a_{\max}$  accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{\max} = S_S S_T a_g$$

$S_S$  (effetto di amplificazione stratigrafica):  $0.90 \leq S_S \leq 1.80$ ; è funzione di  $F_0$  (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

$S_T$  (effetto di amplificazione topografica).

Il valore di  $S_T$  varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

$$T1(S_T = 1.0) \quad T2(S_T = 1.20) \quad T3(S_T = 1.20) \quad T4(S_T = 1.40).$$

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - PVR)$$

Con  $V_R$  vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso  $V_R$  dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

#### Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici. Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia  $m \times n$  e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

#### Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

Lat./Long.	39,607742/16,512398
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

#### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore $x_i$	18,01 m
Ordinata vertice sinistro inferiore $y_i$	114,41 m
Ascissa vertice destro superiore $x_s$	54,23 m
Ordinata vertice destro superiore $y_s$	123,32 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

#### Coefficienti sismici [N.T.C.]

##### Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]



**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:

C

Categoria topografica:

T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,6	2,33	0,28
S.L.D.	50,0	0,8	2,29	0,31
S.L.V.	475,0	2,33	2,43	0,37
S.L.C.	975,0	3,13	2,46	0,39

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera:

Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,08	0,18	0,0198	0,0099
S.L.D.	1,44	0,18	0,0264	0,0132
S.L.V.	3,7846	0,31	0,1196	0,0598
S.L.C.	4,6156	0,31	0,1459	0,073

Coefficiente azione sismica orizzontale

0,0198

Coefficiente azione sismica verticale

0,0099

**Vertici profilo**

N	X m	y m
1	0,0	113,94
2	3,97	113,34
3	10,67	109,45
4	20,94	105,71
5	20,94	103,83
6	35,38	103,8
7	20,92	103,8
8	20,92	105,8
9	20,94	105,71
10	20,94	103,83
11	35,38	103,83
12	35,38	101,0
13	35,75	100,96
14	35,36	100,96
15	35,36	104,46
16	35,38	103,8
17	35,38	103,83
18	35,38	101,0
19	45,4	99,91
20	45,4	94,03
21	54,8	94,03
22	54,8	90,03
23	72,94	90,03
24	72,94	91,2
25	75,92	91,2

**Vertici strato .....1**

N	X m	y m
1	0,0	107,14
2	10,67	103,35
3	20,94	100,21
4	35,38	98,23
5	45,4	97,11
6	45,4	94,03
7	54,8	94,03
8	54,8	90,03
9	72,94	90,03
10	72,94	91,2
11	75,92	91,2

**Vertici strato .....2**

N	X m	y m
1	0,0	100,04
2	10,67	97,15
3	20,94	95,01
4	35,38	93,2
5	45,4	92,5
6	54,8	91,49
7	54,8	90,0
8	66,92	90,0
9	75,92	88,4

**Vertici strato .....3**

N	X m	y m
1	0,0	90,24
2	10,67	89,05
3	20,94	87,71
4	35,38	86,43
5	45,4	85,7
6	54,8	85,23
7	75,92	81,5

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

**Stratigrafia**

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm <sup>2</sup> )	cu (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	K (Kg/cm <sup>3</sup> )	Litologia	
1	0		34	2,09	2,38	0,00	Sabie ben selezionate di colore generalemte marroncino	
2	0		35	2,14	2,43	0,00	Sabbie ben selezionate talora con intervalli debolmente limosi	
3	0		39	2,21	2,5	0,00	Sabbie ben selezionate di colore marrone verdastro	
4	0		40	2,21	2,5	0,00	Conglomerati e sabbie grigiastre	

**Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche**

N°	x m	y m	Base mensola a valle m	Base mensola a monte m	Altezza muro m	Spessore testa m	Spessore base m	Peso specifico (Kg/m <sup>3</sup> )
1	20,9244	103,7962	0,6	0,3	2	0,5	0,5	2500
3	35,3569	100,9603	1	0,5	3,5	0,5	0,5	2500

**Carichi distribuiti**

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm <sup>2</sup> )
1	54,91	90,16	72,81	90,16	2,5
2	45,43	94,11	54,73	94,11	2,5

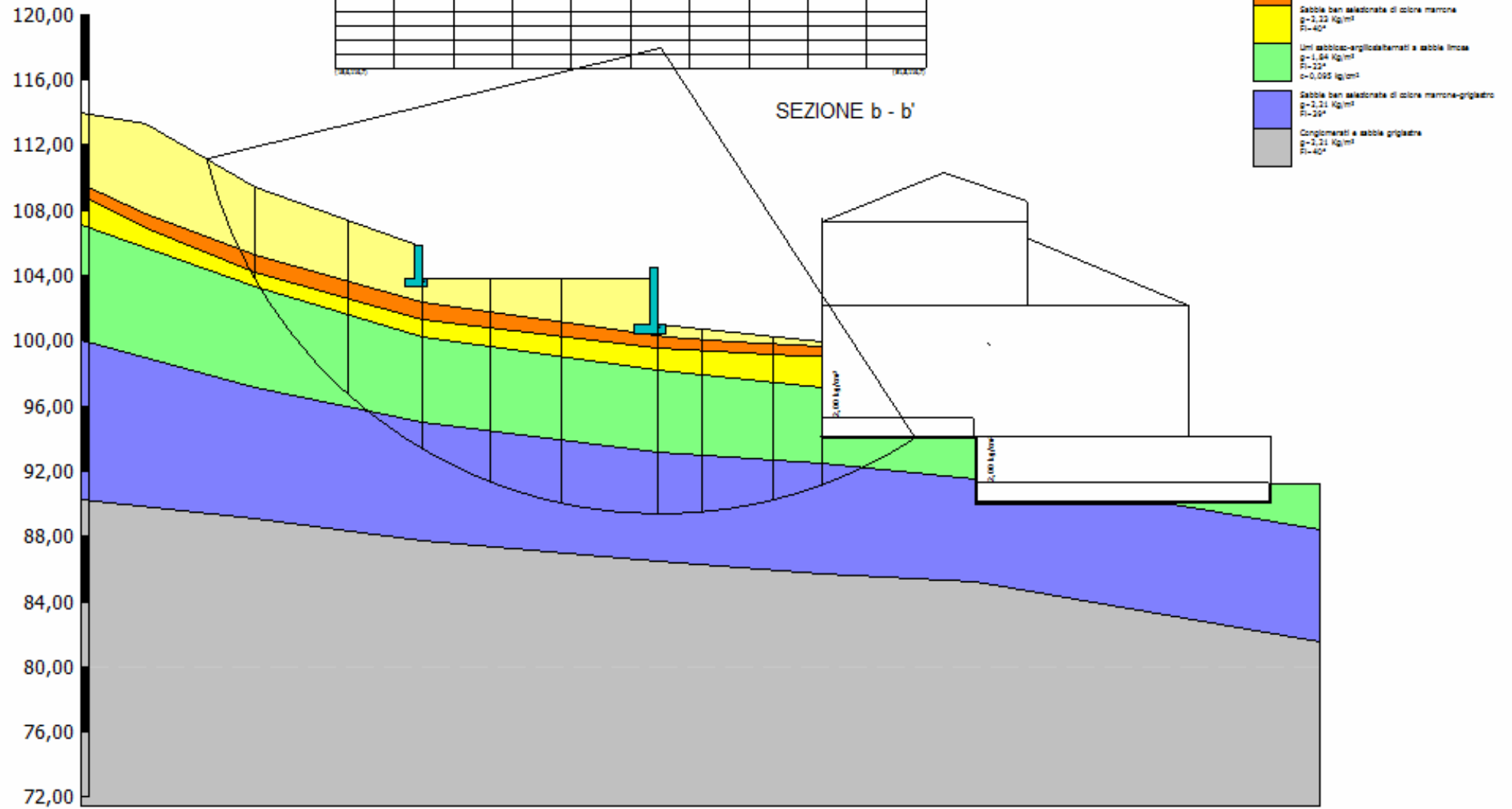
**Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]**

Fs minimo individuato	1,71
Ascissa centro superficie	34,31 m
Ordinata centro superficie	114,86 m
Raggio superficie	27,63 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

**Analisi dei conci. Superficie...xc = 34,309 yc = 114,856 Rc = 27,632 Fs=1,7149**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3,81	-71,1	11,75	49,66	0,98	0,49	0,0	34,0	0,0	164,0	3,7
2	5,31	-50,2	8,3	130,41	2,58	1,29	0,0	35,0	0,0	209,5	4,9
3	4,96	-35,2	6,07	4402,4	87,17	43,58	0,0	39,0	0,0	5494,9	148,3
4	4,17	-24,2	4,57	127,19	2,52	1,26	0,0	39,0	0,0	141,1	3,8
5	4,56	-14,6	4,71	154,26	3,05	1,53	0,0	39,0	0,0	160,5	4,3
6	5,71	-3,7	5,73	7078,04	140,15	70,07	0,0	39,0	0,0	7105,5	191,8
7	3,41	5,8	3,43	98,99	1,96	0,98	0,0	39,0	0,0	99,2	2,7
8	6,61	16,5	6,9	169,87	3,36	1,68	0,0	39,0	0,0	175,8	4,7
9	2,51	26,6	2,81	49613,44	982,35	491,17	0,0	39,0	0,0	54734,9	1477,4
10	4,56	35,3	5,59	89233,74	1766,83	883,41	0,0	35,0	0,0	107542,9	2510,1

[illegible]

# RELAZIONE DI CALCOLO

## Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

## Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

(a) Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione ( $c$ ) e angolo di resistenza al taglio ( $\phi$ ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.

(b) In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

## Metodo di BISHOP (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali.

Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$\Sigma F_v = 0$ ,  $\Sigma M_0 = 0$ , Criterio di rottura.

$$F = \frac{\Sigma \{ c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \phi_i \} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \phi_i / F}}{\Sigma W_i \times \sin \alpha_i}$$

I valori di  $F$  e di  $\Delta X$  per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre  $\Delta X = 0$  ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

## VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$

$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:

$F_H$  e  $F_V$  rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;

W: peso concio

$K_o$ : Coefficiente sismico orizzontale

$K_v$ : Coefficiente sismico verticale.

### Calcolo coefficienti sismici

Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti  $K_o$  e  $K_v$  in dipendenza di vari fattori:

$$K_o = \beta_s \times (a_{\max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_o$$

Con

$\beta_s$  coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

$a_{\max}$  accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{\max} = S_S S_T a_g$$

$S_S$  (effetto di amplificazione stratigrafica):  $0.90 \leq S_S \leq 1.80$ ; è funzione di  $F_0$  (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

$S_T$  (effetto di amplificazione topografica).

Il valore di  $S_T$  varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

$$T1(S_T = 1.0) \quad T2(S_T = 1.20) \quad T3(S_T = 1.20) \quad T4(S_T = 1.40).$$

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - PVR)$$

Con  $V_R$  vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso  $V_R$  dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

#### Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici. Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia  $m \times n$  e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

#### Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

Normativa	D.M. 88/96
Numero di strati	6,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

#### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore $x_i$	15,57 m
Ordinata vertice sinistro inferiore $y_i$	116,65 m
Ascissa vertice destro superiore $x_s$	51,79 m
Ordinata vertice destro superiore $y_s$	125,56 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

#### Vertici profilo

N	X M	y m
1	0,0	113,94
2	3,97	113,34
3	10,67	109,45
4	20,94	105,71
5	20,94	103,83
6	35,38	103,8
7	20,92	103,8
8	20,92	105,8
9	20,94	105,71
10	20,94	103,83
11	35,38	103,83
12	35,38	101,0
13	35,75	100,96
14	35,36	100,96
15	35,36	104,46



16	35,38	103,8
17	35,38	103,83
18	35,38	101,0
19	45,4	99,91
20	45,4	94,03
21	54,8	94,03
22	54,8	90,03
23	72,94	90,03
24	72,94	91,2
25	75,92	91,2

#### Vertici strato .....1

N	X M	y m
1	0,0	109,64
2	3,97	107,77
3	10,67	105,3
4	20,94	102,33
5	35,88	100,25
6	35,88	100,25
7	39,94	99,9
8	39,94	99,9
9	45,4	99,65
10	45,4	99,65
11	45,4	99,65
12	45,4	99,51
13	45,4	99,42
14	45,4	99,1
15	45,4	98,72
16	45,4	94,03
17	54,8	94,03
18	54,8	90,03
19	72,94	90,03
20	72,94	91,2
21	75,92	91,2

#### Vertici strato .....2

N	X M	y m
1	0,0	108,9
2	3,97	106,9
3	10,67	104,16
4	20,94	101,31
5	35,33	99,57
6	35,33	99,57
7	43,96	99,03
8	43,96	99,03
9	45,4	99,1
10	45,4	99,1
11	45,4	98,72
12	45,4	94,03
13	54,8	94,03
14	54,8	90,03
15	72,94	90,03
16	72,94	91,2
17	75,92	91,2

**Vertici strato .....3**

N	X M	y m
1	0,0	107,14
2	10,67	103,35
3	20,94	100,21
4	35,38	98,23
5	45,4	97,11
6	45,4	94,03
7	54,8	94,03
8	54,8	90,03
9	72,94	90,03
10	72,94	91,2
11	75,92	91,2

**Vertici strato .....4**

N	X M	y m
1	0,0	100,04
2	10,67	97,15
3	20,94	95,01
4	35,38	93,2
5	45,4	92,5
6	54,8	91,49
7	54,8	90,0
8	66,92	90,0
9	75,92	88,4

**Vertici strato .....5**

N	X M	y m
1	0,0	90,24
2	10,67	89,05
3	20,94	87,71
4	35,38	86,43
5	45,4	85,7
6	54,8	85,23
7	75,92	81,5

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,0
Coesione efficace	1,0
Coesione non drenata	1,0
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

## Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm <sup>2</sup> )	cu (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	K (Kg/cm <sup>3</sup> )	Litologia	
1	0		34	2,09	2,38	0,00	Sabbie ben selezionate di colore marrone-grigiastro	
2	0		32	1,90	2,19	0,00	Sabbie limose di colore marrone-verdastro	
3	0		40	2,23	2,52	0,00	Sabbie ben selezionate di colore marrone	
4	0,095		23	1,84	2,71	0,00	Limi sabbioso-argillosi alternati a sabbie limose	
5	0		39	2,21	2,50	0,00	Sabbie ben selezionate di colore marrone-grigiastro	
6	0		40	2,21	2,50	0,00	Conglomerati e sabbie grigiastre	

## Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

N°	x m	y m	Base mensola a valle m	Base mensola a monte m	Altezza muro m	Spessore testa m	Spessore base m	Peso specifico (Kg/m <sup>3</sup> )
1	20,9244	103,7962	0,6	0,3	2	0,5	0,5	2500
2	35,3569	100,9603	1	0,5	3,5	0,5	0,5	2500

## Carichi distribuiti

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm <sup>2</sup> )
1	54,91	90,16	72,81	90,16	2,5
2	45,43	94,11	54,73	94,11	2,5

## Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,86
Ascissa centro superficie	35,49 m
Ordinata centro superficie	117,99 m
Raggio superficie	28,6 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

**Analisi dei conci. Superficie...xc = 35,491 yc = 117,989 Rc = 28,599 Fs=1,859**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2,95	-68,2	7,95	21,95	0,0	0,0	0,0	34,0	0,0	62,6	1,4
2	5,73	-51,1	9,11	100,11	0,0	0,0	0,1	23,0	0,0	525,3	295,9
3	4,54	-36,2	5,63	4354,81	0,0	0,0	0,0	39,0	0,0	5508,0	148,7
4	4,13	-26,0	4,6	95,7	0,0	0,0	0,0	39,0	0,0	107,9	2,9
5	4,34	-16,8	4,53	116,1	0,0	0,0	0,0	39,0	0,0	122,3	3,3
6	5,97	-6,2	6,0	7048,13	0,0	0,0	0,0	39,0	0,0	7111,2	192,0
7	2,71	2,5	2,71	62,78	0,0	0,0	0,0	39,0	0,0	62,8	1,7
8	4,34	9,6	4,4	93,64	0,0	0,0	0,0	39,0	0,0	94,5	2,6
9	2,97	17,2	3,11	56,01	0,0	0,0	0,0	39,0	0,0	58,1	1,6
10	5,71	26,7	6,39	111552,9	0,0	0,0	0,1	23,0	0,0	123866,6	1954,9