

COMITENTE



DISCARICA IN LOCALITA' TORRIONE

DATI PROGETTISTI

PROGETTAZIONE GENERALE

A.T.P.:

Mandatario: Dott. Ing. Fulvio Delucchi
Studio Tecnico Associato A.I.S.A.Mandanti: Dott. Ing. Francesco Melidoro
Dott. Arch. Elio Conte
Dott. Geol. Andrea Fossati
Dott. Ing. Nicola Bottazzi

CONSULENZA SPECIALISTICA

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Dott. Ing. Fulvio Delucchi
Studio Tecnico Associato A.I.S.A.

LIVELLO PROGETTO

PROGETTO ESECUTIVO

PIANTA CHIAVE - INQUADRAMENTO

TITOLO ELABORATO

Lavori di costruzione della discarica per rifiuti solidi urbani "Torrione 6"
Caratterizzazione geotecnica dei terreni

| CODICE ELABORATO | | | | | | SCALA | CENTRO DI COSTO | COMMESSA |
|------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------------|-------------------------|---------------------|----------------|-----------------|--------------|
| SETTORE | ARGOMENTO | NUM. PROGETTO | FASE PROGETTO | TIPO DOCUMENTO | PROGRESSIVO | | | |
| IA | DIS | 501 | PE | RG | 006 | | 1AK09INVES020 | INVAMBIENT |
| REVISIONE | DATA EMISSIONE | DESCRIZIONE | | | | REDAZIONE | CONTROLLO | APPROVAZIONE |
| 00 | Ago-2011 | Prima emissione | | | | F.D. | S.S. | M.D. |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| SETTORE | ARGOMENTO | NUMERO PROGETTO | | FASE PROGETTO | TIPO DOCUMENTO | | | |
| CL Calore | AAS Area attrezzata di stoccaggio | ERN Energie rinnovabili | 0xx Generale Area | ES Esistente | (1° carattere) | (2° carattere) | | |
| GS Gas | ACE Generale Area | PEI Polo Ecologico Integrato | 1xx Polo Ecologico Integrato | ND Non definito | A Allegato | C Civile | | |
| IA Igiene ambientale | CMP Compostaggio | IDA Impianti Digestione Anaerob. | 2xx Palazzina uffici | PP Progetto Preliminare | D Disegno | E Elettrico | | |
| II Servizio idrico integrato | DEP Depuratore | PSG Palazzina servizi generali | 3xx Comp. staggio | PD Progetto Definitivo | E Elaborato | G Generico | | |
| | DIS Dicarica | VAL Valorizzatore | 4xx Valorizzatore | PE Progetto Esecutivo | R Relazione | I Idraulico | | |
| | ECO Ecologia | | 5xx Discarica | PV Puntata di Variante | S Specifica tecnica | M Meccanico | | |
| | EPT Ecopunti | | 6xx Ecologia | SF Studio fattibilità | | S Sicurezza | | |

INDICE

| | |
|---|---------|
| 1. PREMESSE. | pag. 1 |
| 2. LE PROVE GEOTECNICHE IN SITO E DI LABORATORIO DEI TERRENI DI FONDAZIONE DELLA DISCARICA E I PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO E DI DEFORMABILITA'. | pag. 8 |
| 3. LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI SUPERFICIE. | pag. 22 |
| 3.1 I metodi di calcolo dei parametri di resistenza al taglio e di deformabilità dei terreni di superficie. | pag. 22 |
| 4. I VALORI DI CALCOLO DEI PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO. | pag. 30 |
| ANNESSO 1: prove geotecniche in sito e di laboratorio Geotecnalab S.r.l. | pag. 31 |

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

1. PREMESSE.

L'ACEA Pinerolese Industriale S.p.A. ha incaricato la ditta Eurogeo S.r.l. di Paderno Dugnano (MI) di eseguire una campagna di indagini geognostiche finalizzata alla ricostruzione stratigrafica e alla caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dal progetto di ampliamento della discarica denominata "*Torrione 6*" sita in strada Baudenasca nel Comune di Pinerolo (TO). La campagna d'indagine è consistita nell'esecuzione di:

- ✓ n° 3 sondaggi meccanici (CP1, CP2 e CP3) spinti sino alla profondità di 20 mt dal piano campagna, attrezzati successivamente con tubo piezometrico da 4" e prelievo di n° 18 campioni di terreno rimaneggiato da sottoporre in parte ad analisi granulometriche (n° 9) e, in parte, ad analisi chimiche e chimico-fisiche di laboratorio (n°9);
- ✓ n° 5 prove penetrometriche dinamiche (SCPT). Le prove penetrometriche dinamiche sono state interrotte per "*rifiuto*" alla profondità di 2,40 m ÷ 3,60 mt dal piano campagna a causa della presenza di un orizzonte particolarmente resistente alla penetrazione della punta conica in acciaio del penetrometro e, più in generale, per la presenza di numerosi ciottoli di grosse dimensioni.
- ✓ n° 1 indagine geofisica di tipo MASW;
- ✓ n° 5 trincee esplorative spinte sino alla profondità di mt 3 dal piano campagna con prelievo di n° 15 campioni di terreno, di cui 5 (1 per trincea) sottoposti ad analisi geotecniche (granulometrie) e 10 ad analisi chimiche e chimico-fisiche.

I risultati della campagna d'indagine sono stati raccolti in uno specifico rapporto a cui si rimanda per un esame di dettaglio (Report indagini geognostiche elaborato RG05).

Poiché con i dati di cui al citato report è possibile caratterizzare sotto il profilo geotecnico solo il primo strato di terreno del sito collocato tra il piano campagna e la profondità massima di - 4,00 mt, l'indagine geognostica di cui sopra è stata integrata con la realizzazione di uno scavo esplorativo a cielo aperto ubicato in prossimità del sondaggio CP2. Lo scavo di notevoli dimensioni in superficie: 30 mt * 15 mt è stato approfondito a tronco di piramide rovesciata sino a raggiungere la profondità di 7,00 mt. Sul piano di imposta dello scavo a base quadrata 2,00 mt * 2,00 mt così realizzato sono state effettuate prove in sito al fine di determinare il peso di volume del terreno e la conducibilità idraulica.



Le fasi di preparazione dello scavo esplorativo in prossimità del piezometro CP2.

Le fotografie seguenti illustrano le fasi di esecuzione dello scavo profondo circa 7 mt dal piano campagna in prossimità del piezometro CP2 al fine di effettuare sul fondo le prove geotecniche in sito.











*Il fondo scavo a base quadrata 2,00 mt * 2,00 mt profondo 7 mt dal piano campagna adiacente.*

2. LE PROVE GEOTECNICHE IN SITO E DI LABORATORIO DEI TERRENI DI FONDAZIONE DELLA DISCARICA E I PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO E DI DEFORMABILITA'.

In data 15 luglio 2010 tecnici del Laboratorio GEOTECNALab di Pavia(*) si sono recati presso il cantiere della nuova discarica in progetto - "*Torrione 6*" - Strada Baudenasca - Pinerolo (TO) per eseguire sul terreno naturale d'imposta del fondo scavo alcune prove geotecniche e per prelevare del materiale sul quale effettuare ulteriori determinazioni presso il laboratorio di Pavia.

Come concordato con la Committente Acea Pinerolese Industriale Spa di Pinerolo (TO) si è provveduto ad eseguire in sito, in corrispondenza di una piazzola di circa 2,0 x 2,0 m. realizzata sul fondo dello scavo posizionato a 7,00 mt di profondità dal piano campagna, la determinazione della densità e della permeabilità del terreno naturale mediante la realizzazione di un pozzetto circolare.

Sulla base delle dimensioni dei ciottoli presenti nel terreno (D_{max} circa 200 mm.) è stato scavato, utilizzando una dima circolare, un pozzetto di diametro 120 cm. per 45 cm. di profondità (v.si documentazione fotografica seguente).

(*) Laboratorio autorizzato dal Ministero dei Trasporti e delle Infrastrutture con Decreto n° 53084 del 01/03/2005 allo svolgimento ed alla certificazione di prove geotecniche ufficiali ai sensi della legge 1086/71 e del D.P.R. n. 246/93.



Il fondo scavo profondo 7 mt dal piano campagna in cui sono state eseguite le prove in sito.



La posa della dima circolare di 120 cm di diametro. Da notare la presenza di consistenti e numerosi ciottoli di varie dimensioni.

Il materiale contenuto nel pozzetto è stato totalmente raccolto in sacchi di plastica, al fine di pesarlo successivamente in laboratorio (v.si documentazione fotografica seguente).







Il pozzetto realizzato all'interno della dima circolare è stato quindi rivestito con un telo di plastica posizionato in modo da farlo aderire contro le pareti del foro.

Mediante una cisterna piena d'acqua potabile collegata tramite un tubo di gomma ad un contalitri si è quindi provveduto a riempire completamente il foro circolare, registrando il quantitativo d'acqua necessario.



Le fasi di preparazione della prova di conducibilità idraulica.



Le varie fasi di riempimento del pozzetto con acqua potabile.

Si è quindi provveduto, tagliando con un coltello il telo di plastica, a sfilare il telo ed, utilizzando un'asta graduata, ad eseguire una prova di permeabilità a carico variabile, misurando la velocità di deflusso dell'acqua all'interno del pozzetto.



Le fasi di misurazione della volontà di deflusso dell'acqua dal pozzetto.

Il materiale prelevato dal pozzetto è stato quindi trasportato al laboratorio GeotecnaLab di Pavia dove, previa pesatura, è stato determinato il peso umido; su una parte di tale materiale è stata altresì determinata l'umidità naturale.

Utilizzando i dati del peso del terreno nel pozzetto, della sua umidità naturale e del volume del pozzetto determinato con i litri d'acqua necessari al suo riempimento, è stato infine possibile calcolare:

- ✓ il peso di volume del terreno, che ha fornito il valore $\gamma = 22,78 \text{ kN/m}^3$,
- ✓ la sua umidità, corrispondente al 7,0%,
- ✓ il peso secco di volume che è risultato essere $\gamma_d = 21,29 \text{ kN/m}^3$.

La prova di permeabilità a carico variabile in sito ha, invece, fornito un valore di conducibilità idraulica $k = 2,0 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$.

Sul materiale prelevato sono state inoltre eseguite in laboratorio la granulometria e la determinazione dei limiti di Atterberg al fine di classificare il terreno secondo la Norma UNI 10006. La prova granulometrica ha evidenziato come il materiale risulti composto prevalentemente da ghiaia (44%) con ciottoli (35%) di dimensioni fino a 240 mm., sabbia (17%) e una piccola quantità di limo (4%).



Il materiale prelevato in sito.

I limiti di Atterberg hanno invece evidenziato come non sia stato possibile determinare il limite plastico; in questi casi il materiale viene definito Non Plastico (NP). Sulla base dei risultati dell'analisi granulometrica e dei limiti di Atterberg il terreno risulta quindi classificabile, in accordo con la tabella 5 della Norma UNI 10006, come A1a.

L'ultima prova di laboratorio eseguita sul campione prelevato è stata la prova di taglio diretto del tipo consolidata drenata (CD), utilizzando una speciale apparecchiatura.



Apparecchiatura di taglio diretto grande ("Krsmanovic") in dotazione al laboratorio GeotecnaLab S.r.l.

La scatola di taglio di grosse dimensioni: 37,5x37,5x21,0 cm (v.si fotografie seguenti) ha consentito di sottoporre a prova campioni ricostituiti con diametro massimo dei ciottoli di 60 mm. In questo caso, vista la presenza nel terreno prelevato di una notevole quantità di ciottoli con dimensioni > 60 mm., si è provveduto ad integrare il materiale con pezzatura > 60 mm. con un uguale quantitativo in peso di materiale compreso nella frazione granulometrica 30÷60 mm.

La ricostituzione dei 3 provini da sottoporre a prova di taglio diretto è stata effettuata utilizzando i valori determinati con la prova di densità in sito ($\gamma_d = 21,29$ kN/m³ e $W = 7\%$).

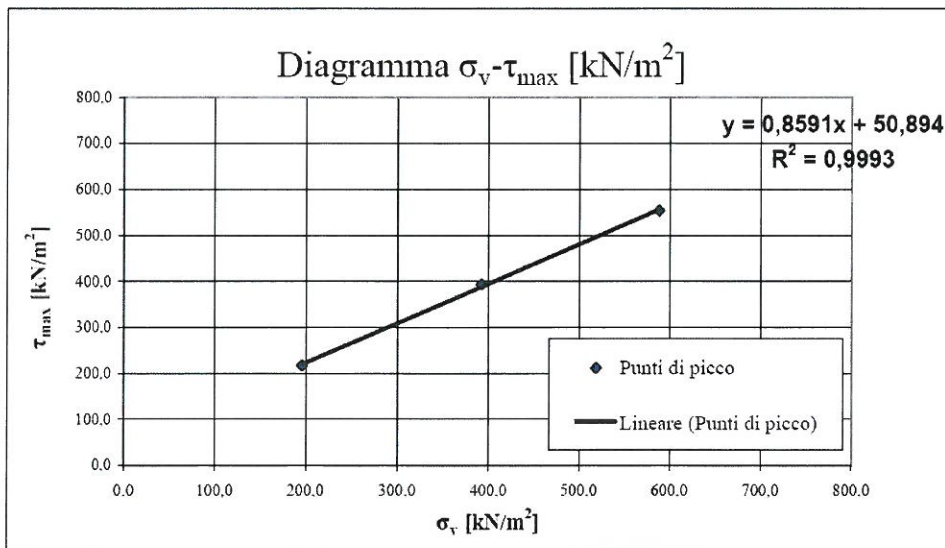


La preparazione dei campioni nella scatola di taglio da sottoporre a prova.



Particolare della scatola di taglio 37,5x37,5x21,0 cm. con campione dopo la prova

Correlando i valori di σ_v con quelli di τ_{\max} (cfr. prova di taglio diretto cd. del campione n° 75332) si ottengono i seguenti valori dell'angolo di attrito di resistenza al taglio di picco $\Phi'_p \cong 41^\circ$ e della coesione apparente $C' \cong 51 \text{ kN/m}^2$.



Il valore dell'angolo di resistenza al taglio così determinato è sicuramente conservativo posto che i campioni sono stati ricostruiti in laboratorio in assenza dei grossi ciottoli quantitativamente consistenti presenti in sito. I risultati delle prove in sito e di laboratorio sono riportati nell'annesso 1.

Per quanto riguarda il modulo di elasticità, dalla prova di taglio diretto è possibile risalire ai seguenti valori, decisamente conservativi^(*) :

| Carico verticale | Cedimenti | Altezza iniziale provino | Modulo tipo “edometrico” | Modulo di elasticità |
|---------------------------|------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| dp N/mm ² | ds mm | H mm | E_{ed} N/mm ² | E N/mm ² |
| 0,196 | 0,83 | 210 | 49,6 | 40,5 |
| 0,392 | 2,02 | 210 | 40,8 | 33,3 |
| 0,588 | 2,56 | 210 | 48,2 | 39,4 |

$$E_{ed} = \frac{dp \times H}{ds} ;$$

$$E = \frac{E_{ed} \times (1 + \nu) \times (1 - 2\nu)}{(1 - \nu)} ; \text{ con } \nu \text{ (modulo di Poisson)} = \frac{1 - \sin \Phi'}{2 - \sin \Phi'} = 0,26$$

$$\text{e } \Phi'_p = 41^\circ.$$

(*) Il modulo di elasticità è stato calcolato partendo dal calcolo del modulo edometrico. Si è cioè considerato il materiale nella scatola di taglio come se fosse in realtà posizionato in un grande edometro. Il limite è rappresentato dalle dimensioni della scatola del taglio che ha un rapporto lato/altezza = 1,8 (per gli edometri il rapporto deve essere > 2,5). Tale assunzione è limitativa poiché gli attriti laterali nella scatola di taglio comportano valori dei cedimenti inferiori a quelli che si avrebbero nell'edometro.

3. LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI SUPERFICIE.

Sulla base dei risultati delle indagini eseguite è possibile ricostruire un modello stratigrafico generale del sottosuolo, costituito da due diverse unità geotecniche caratterizzate da differenti granulometrie che si alternano lungo la verticale.

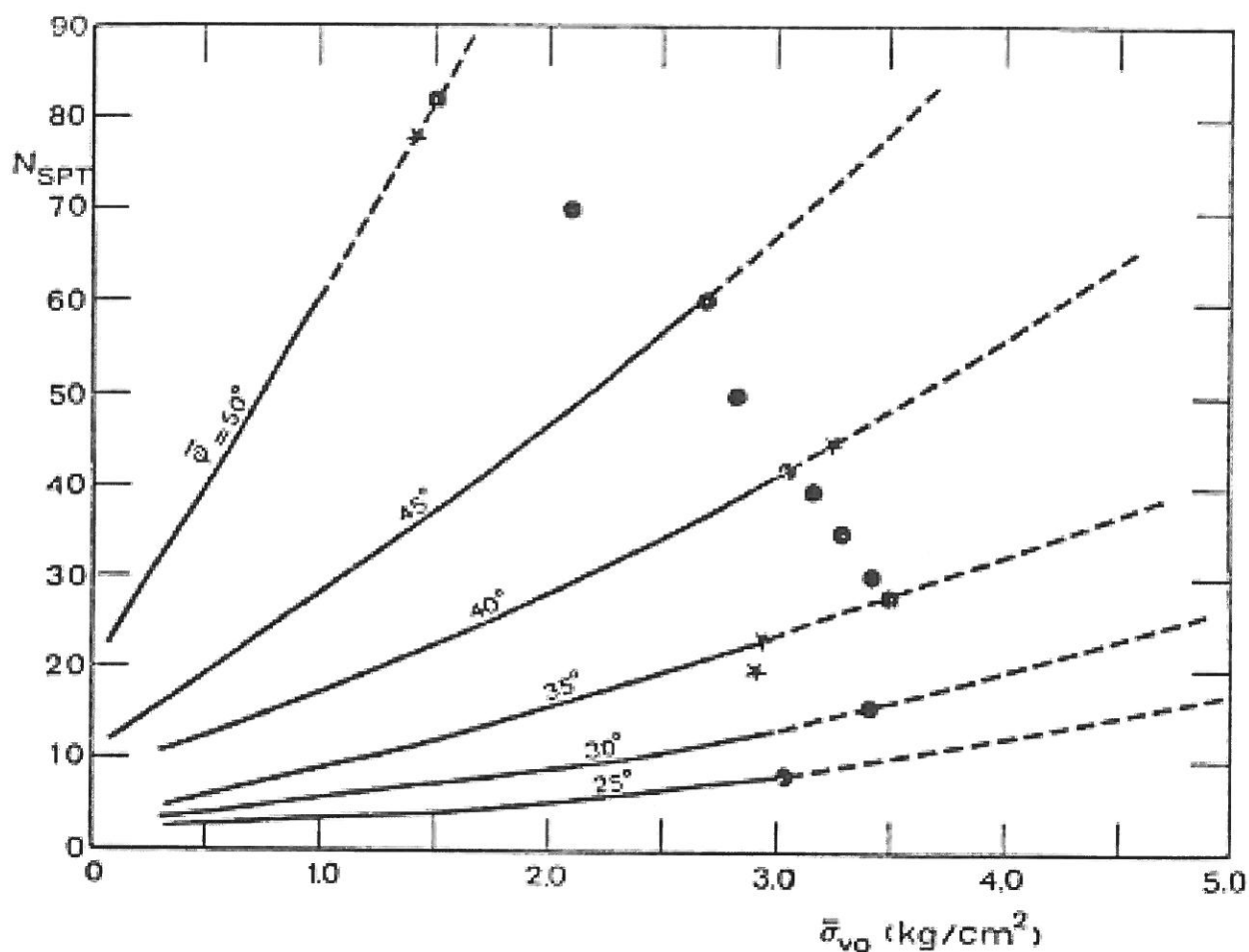
Tenendo conto delle caratteristiche stratigrafiche di tutta l'area, le *facies* che si succedono in modo sequenziale sono le seguenti:

- ✓ tra 0.0 e 1,00 - 1,35 m: terreno vegetale (unità A);
- ✓ > 1,35 m e fino alla massima profondità di indagine: ghiaia con ciottoli sabbiosa con presenza di limo. I clasti sono eterometrici, poligenici, arrotondati subangolosi; la matrice limosa è di colore grigio marrone (unità B).

3.1 I metodi di calcolo dei parametri di resistenza al taglio e di deformabilità dei terreni di superficie.

Partendo dai valori normalizzati di resistenza alla penetrazione dinamica SCPT ricavati dalle prove in sito, in relazione alla profondità, al tipo di attrezzatura utilizzata e alle caratteristiche granulometriche generali dei terreni attraversati, è possibile determinare il parametro di resistenza al taglio negli strati più superficiali dei terreni ricorrendo sia ad approcci semiempirici di tipo diretto $\Phi'_p = (N_{SPT}, \sigma'_v)$, sia a metodi indiretti $N_{SPT} \rightarrow D_R \% \rightarrow \Phi'_p$, determinando dapprima la densità relativa del deposito (D_R) e, successivamente, il valore di picco dell'angolo di resistenza al taglio Φ'_p .

Nel primo caso è possibile far ricorso sia alla seguente correlazione proposta da De Mello (1971), sia alle relazioni dettate dal Road Bridge Specification o dalla Japanese National Railway:



CORRELAZIONE DI DE MELLO $\bar{\varphi} = f(N_{SPT}, \bar{\sigma}_v)$

● $\bar{\varphi} = \sqrt{15 N_{SPT}} + 15$ (o) ROAD BRIDGE SPECIFICATION

* $\bar{\varphi} = 0.3 N_{SPT} + 27$ (o) JAPANESE NATIONAL RAILWAY

Per quanto riguarda i metodi indiretti, è possibile risalire alla resistenza al taglio di picco Φ'_p , previa associazione tra la densità relativa ($D_R\%$) e i valori di N_{SPT} .

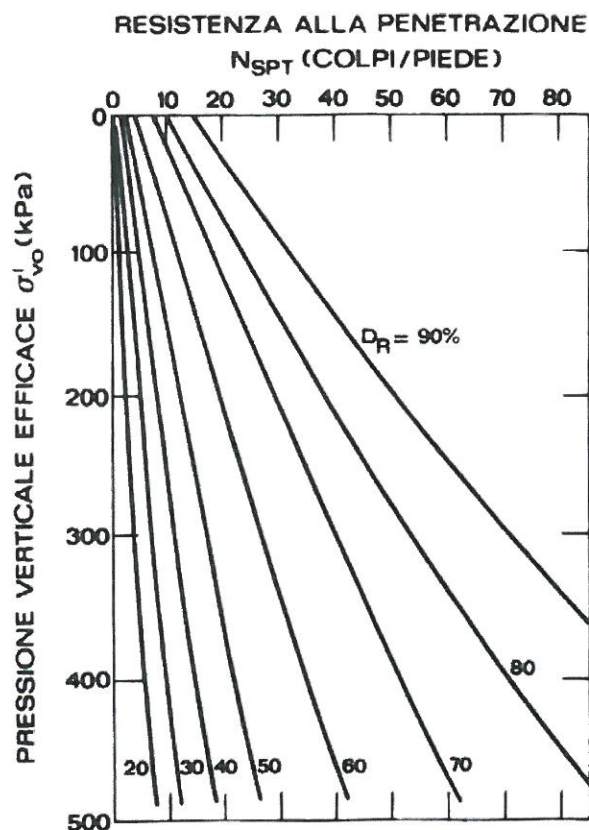
Terzaghi - Peck (1948) e Gibbs-Holtz (1957) hanno proposto la seguente correlazione. Questi ultimi hanno dimostrato, attraverso prove eseguite in camera di

calibrazione, come i valori di N_{SPT} siano influenzati in modo significativo dalla D_R e dalle tensioni efficaci.

ASSOCIAZIONE TRA LA DENSITA' RELATIVA DELLE SABBIE ED I VALORI DI N_{SPT}

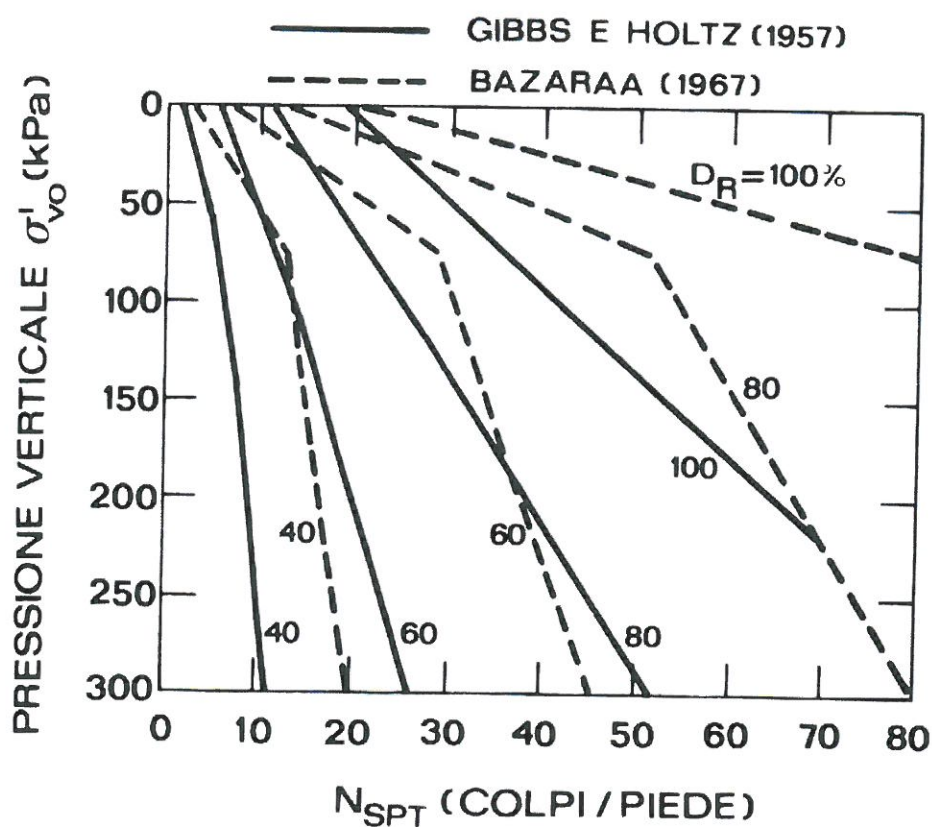
| N_{SPT} Colpi/30 cm | Densità relativa | |
|--------------------------|-------------------------|-----------------------|
| | Terzaghi-Peck (1948) | Gibbs-Holtz (1957) |
| 0-4 | molto sciolta | 0-15% |
| 4-10 | sciolta | 15-35% |
| 10-30 | media | 35-65% |
| 30-50 | densa | 65-85% |
| oltre 50 | molto densa | 85-100% |

*Correlazio-
ne tra D_R e N_{SPT} secondo
Gibbs e Holtz (1957).*



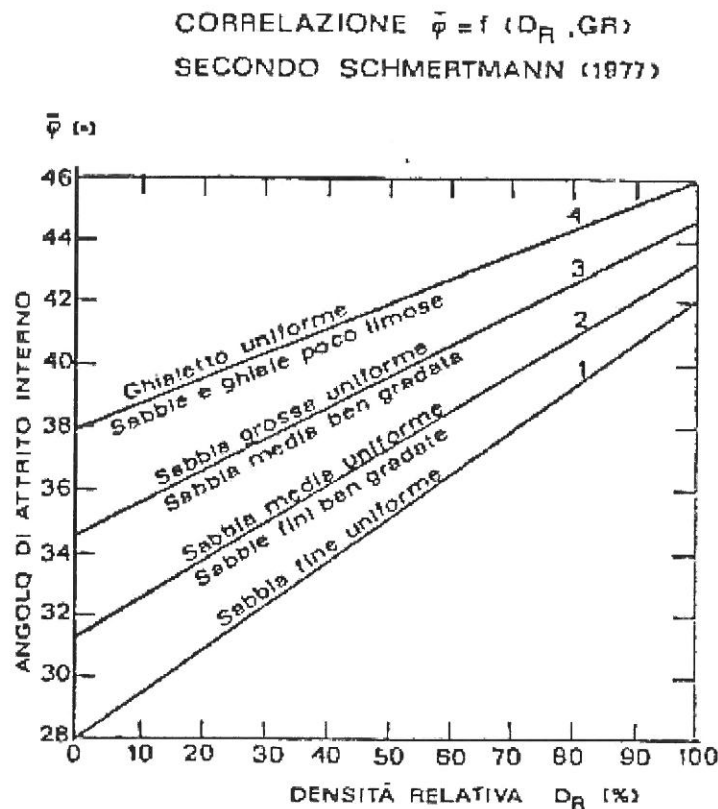
Secondo Peck-Bazaraa (1969) la correlazione proposta da Gibbs-Holtz (1975) non è sufficientemente conservativa e va pertanto corretta. La correzione suggerita dagli Autori è rappresentata nel seguente grafico:

CONFRONTO FRA IL CRITERIO DI GIBBS - HOLTZ (1957) E BAZARAA (1967)



Si ritiene che l'approccio più semplice (e più corretto) da seguire sia quello di stimare tramite le prove in sito la densità relativa della sabbia e, successivamente, nota la D_R

e la composizione granulometrica, risalire al valore di Φ'_p , utilizzando la seguente correlazione di Schmertmann (1977):



Nelle verifiche di stabilità il grado di mobilitazione della resistenza non è identico lungo la superficie di scorrimento, ma esistono delle zone di maggiore concentrazione dello sforzo di taglio.

Nel caso delle sabbie, quando si raggiungono elevati valori di deformazione, questa avviene senza variazioni di volume e la sabbia tende ad un valore dell'indice dei vuoti critico, che è indipendente dal suo valore iniziale (ossia è uguale sia per una sabbia inizialmente densa che per una inizialmente sciolta (Casagrande, 1936)).

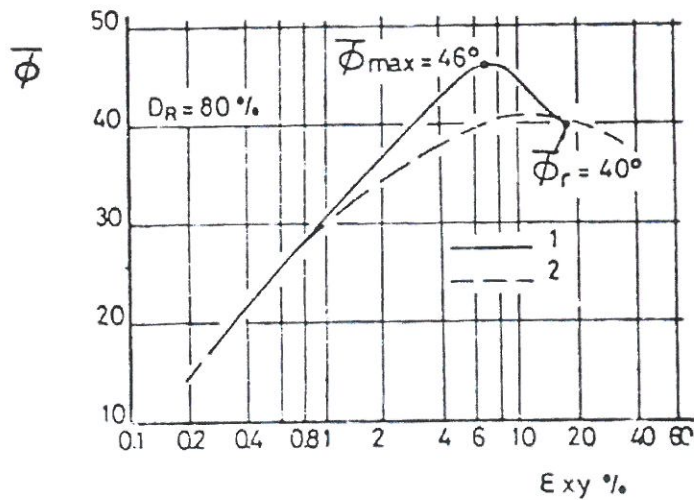
Il valore dell'angolo di attrito corrispondente a questa situazione è noto come angolo a volume costante Φ'_{cv} . Nella tabella seguente, Lambe e Whitman, 1969 suggeriscono alcuni valori indicativi di Φ'_p (picco) e Φ'_{cv} in relazione al tipo di materiale e alla densità relativa.

- (Lambe e Whitman, 1969) -

| TIPO DI MATERIALE | $\bar{\phi}_{cv}(^\circ)$ | $\bar{\phi}(^\circ)$ | |
|------------------------------|---------------------------|----------------------|---------|
| | | $D_R = \text{media}$ | elevata |
| Limo non plastico | 26-30 | 28-32 | 30-34 |
| Sabbia uniforme medio-fine | 26-30 | 30-34 | 32-36 |
| Sabbia a granulometria mista | 30-34 | 34-40 | 38-46 |
| Sabbia e ghiaia | 32-36 | 36-42 | 40-48 |

(I valori più elevati si riferiscono a basse tensioni di confinamento e a particelle a spigoli vivi; i valori più bassi a particelle arrotondate e a tensioni elevate).

Esperienze di Yamaguchi et. al. (1977) dimostrano infatti che i valori dell'angolo disponibile a rottura per la valutazione della capacità portante limite è prossimo a Φ'_{cv} .



$\bar{\phi}_{\max}$ = ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO
DI PICCO

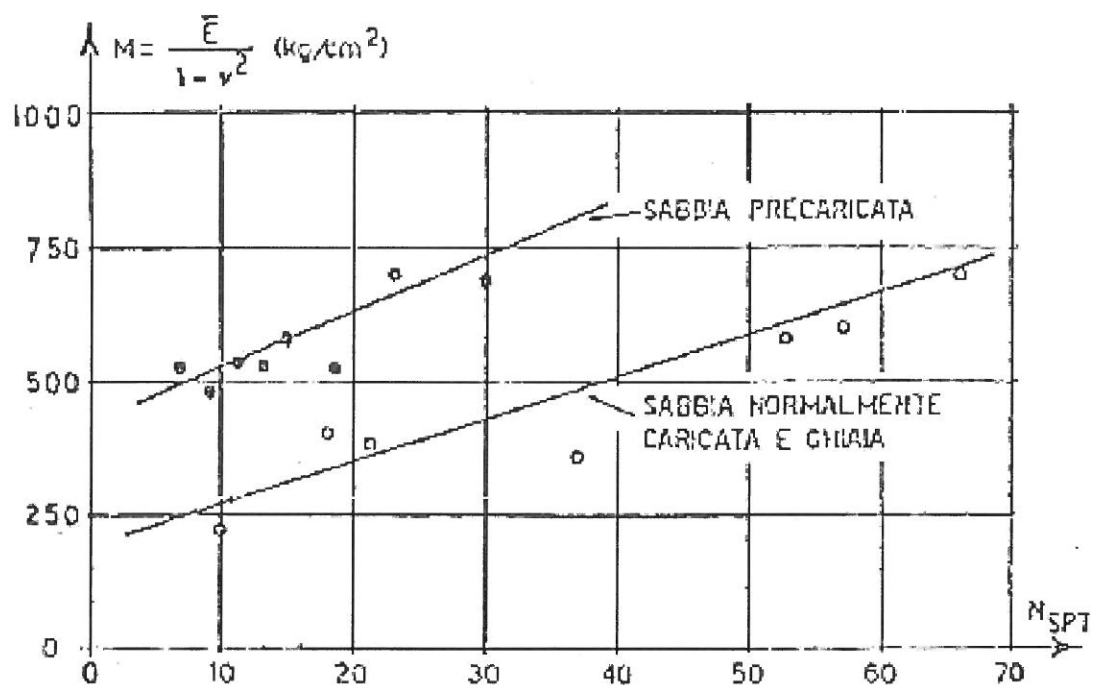
$\bar{\phi}_r$ = ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO
RESIDUO

— — TAGLIO PIANO

- - - TAGLIO TRIASSIALE

RELAZIONE TRA $\bar{\phi}$ E DEFORMAZIONE
DI TAGLIO PER LA SABBIA DI TOYOURA
YAMAGUCHI ET AL (1977)

Per quanto riguarda infine il modulo di compressibilità del terreno in relazione ai valori di N_{SPT} normalizzati è possibile in prima approssimazione ricorrere alla seguente correlazione:



CORRELAZIONE TRA IL MODULO DI COMPRESSIBILITÀ DEL
TERRENO ED I VALORI DI N_{SPT} MISURATI.

4. I VALORI DI CALCOLO DEI PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO.

Avuto presente quanto esposto nei capitoli precedenti si ritiene che i parametri di resistenza al taglio dei terreni possano assumere i seguenti valori:

- ✓ nello strato compreso tra 1,00 ÷ 1,35 mt e 3,60 mt dal piano campagna: $\Phi'_p = 34^\circ$; $\Phi'_{cv} = 30^\circ$; $c' = 55 \text{ KN/m}^2$;
- ✓ tra i 3,60 m e i 7 mt dal piano campagna: $\Phi'_p = 38^\circ$; $\Phi'_{cv} = 34^\circ$, $c' = 51 \text{ KN/m}^2$;
- ✓ oltre i 7,00 mt dal piano campagna: $\Phi'_p = 41^\circ$; $\Phi'_{cv} = 37^\circ$, $c' = 51 \text{ KN/m}^2$.

ANNESSO 1

**PROVE GEOTECNICHE IN SITO ESEGUITE IN DATA 15/07/2010 E PROVE
GEOTECNICHE DI LABORATORIO A CURA DI GEOTECNALAB S.R.L. DI PAVIA**



GEOTECNALab s.r.l

Laboratorio geotecnico, geomeccanico e materiali da costruzione
Autorizzato ai sensi del D.P.R. 246/93 per l'esecuzione di prove geotecniche sui terreni
Decreto n. 53084 del 01/03/05

Viale Monte Grappa 44 - Pavia
Tel. 0382.469810 - Fax 0382.469810

NUOVA DISCARICA RSU TORRIONE 6 STRADA BAUDENASCA PINEROLO (TO)

**CERTIFICATI N° 6327 E N° 6328
RAPPORTI DAL N° 75332/a AL N° 75332/c**

**PROVE GEOTECNICHE IN SITO ESEGUITE IN DATA 15/07/2010
PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO**

GEOTECNALab S.r.l.

S. Benfeco

23 LUGLIO 2010

**Acea Pinerolese Industriale Spa
Pinerolo (TO)**

NUOVA DISCARICA RSU TORRIONE 6
STRADA BAUDENASCA - PINEROLO (TO)

QUADRO RIASSUNTIVO DELLE CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

| QUADRO RIASSUNTIVO DELLE CARATTERISTICHE GEOTECNICHE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------|--|--------------------------|----------------|-----------------------------|--------------|----------|----------|--------|-------------------------------|------|------|---|------------------------|------------------------|---------|--------------------------------------|--|-------|---------|------------------|---|
| Ubicazione prelievo | Numero di laboratorio | Grado di qualità del campione AGI 1977 | Caratteristiche naturali | Peso specifico | Composizione granulometrica | | | | | Caratteristiche di plasticità | | | Class. materiale passante al setaccio 0.42 mm | Classificaz. UNI 10006 | Peso di volume in sito | | Coefficiente di permeabilità in sito | Caratteristiche dei provini sottoposti a prova di attrito e coesione (1) | | | Descrizione | |
| | | | | | 240-120 mm. % | 120-60 mm. % | Ghiaia % | Sabbia % | Limo % | <2 μ % | LL % | LP % | | | IP % | γ kN/m³ | | γ _d kN/m³ | W % | γ kN/m³ | | γ _d kN/m³ |
| da 7,00 a 7,50 m. da p.c. determinato in prossimità del sondaggio CP2 | 75332 | Q2 | 7,0 | (25,99) | 12 | 23 | 44 | 17 | 4 | | N.P. | - | - | A1a | 22,78 | 21,29 | 2,0 x 10 ⁻⁵ | 7,0 | 22,78 | 21,29 | τ _{max} | Ghiaia con ciottoli sabbiosa con tracce di limo |
| Note : () Valore assunto N.P = Non Plastico (1) Determinazione eseguita su provini ricostituiti con materiale < 60 mm., integrando in peso la frazione > 60 mm. con quella compresa tra 30 e 60 mm. Campione prelevato in data 15/07/2010 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

GEOTECNALab S.r.l.

Il Direttore
(Dott. S. Bonfoco)
S. Bonfoco



GEOTECNALab s.r.l.

Laboratorio geotecnico, geomeccanico e materiali da costruzione

Rapporto di prova n° 75332/a del 23/07/2010

Pag. 1/1

**DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME IN
SITU CON IL METODO DEL TELO
(ASTM D 5030)**

Committente: Acea Pinerolese Industriale Spa - Pinerolo (TO)
Cantiere: Nuova Discarica RSU Torrione 6 - Str. Baudenasca - Pinerolo (TO)
Ubicazione: da 7,00 a 7,50 m. da p.c. determinato in prossimità del sondaggio CP2

Data prova: 15/07/2010

RISULTATO DELLA PROVA

| | | | Prova 1 | |
|--|--|----------------------|-------------------------|--------------|
| A | Peso materiale umido | | N | 8655,84 |
| B | Peso campione secco | | N | 8090,49 |
| C | Peso acqua del campione | = A-B | N | 565,35 |
| D | Umidità naturale del campione | = B/C*100 | % | 7,0 |
| E | Acqua utilizzata per riempire il pozzetto | | l | 380,00 |
| F | Volume pozzetto | = E/1000 | m³ | 0,3800 |
| γ | Peso umido di volume del campione | = (A/1000)/F | kN/m³ | 22,78 |
| γ_d | Peso secco di volume del campione | = $\gamma/(1+D/100)$ | kN/m³ | 21,29 |
| NOTE: Determinazione eseguita in pozzetto circolare (diametro 120 cm) | | | | |

GEOTECNALab S.r.l.

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)

S. Bonomini

Il Responsabile
(Dott. S. Bonfoco)

S. Bonfoco



GEOTECNALab s.r.l.

Laboratorio geotecnico, geomeccanico e materiali da costruzione

Rapporto di prova n° 75332/b del 23/07/2010

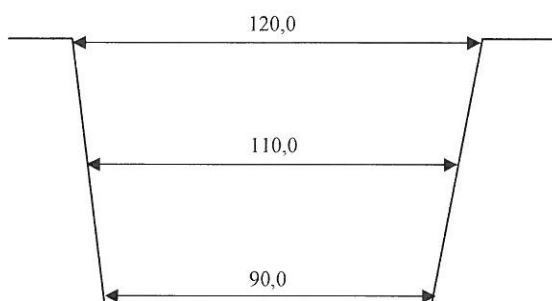
Pag. 1/1

**PROVA DI PERMEABILITA' A CARICO VARIABILE IN SITO
(RACCOMANDAZIONI AGI)**

Committente: Acea Pinerolese Industriale Spa - Pinerolo (TO)
Cantiere: Nuova Discarica RSU Torrione 6 - Str. Baudenasca - Pinerolo (TO)
Ubicazione: da 7,00 a 7,50 m. da p.c. determinato in prossimità del sondaggio CP2
Data prova: 15/07/2010

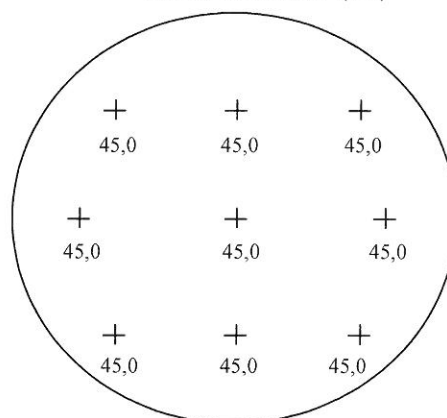
DIMENSIONI DEL POZZETTO

LARGHEZZA (cm)



LARGHEZZA MEDIA = 106,7 cm

PROFONDITA' (cm)



PROFONDITA' MEDIA = 45,0 cm

RISULTATO DELLA PROVA

| ALTEZZA cm | TEMPO s |
|---------------|------------|
| 45,0 | 0 |
| 41,0 | 160 |
| 38,0 | 286 |

$$k = \frac{d}{32} \frac{h_2 - h_1}{t_2 - t_1} \frac{1}{h_m} = 2,0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

d = Diametro del pozzetto cilindrico [cm] = 106,7

t₂ - t₁ = Intervallo di tempo [s] = 286

h₂ - h₁ = Variazione livello dell'acqua nell'intervallo t₂ - t₁ [cm] = 7,0

h_m = Altezza media dell'acqua nel pozzetto [cm] = 41,5

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)

S. Bonomini

GEOTECNALab S.r.l.

Il Responsabile
(Dott. S. Bonfoco)

S. Bonfoco



GEOTECNALab s.r.l.

Laboratorio geotecnico, geomeccanico e materiali da costruzione

Autorizzato ai sensi del D.P.R. 246/93 per l'esecuzione di prove geotecniche sui terreni

Decreto n. 53084 del 01/03/05

Certificato di prova n° 6327 del 23/07/2010

Pag. 1/2

Richiesta prove non sottoscritta dal Direttore dei Lavori o dal Progettista

Verbale di accettazione N° 1098 del 19/07/2010

ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA (C.N.R. B.U. N. 23)

| | | | |
|----------------------|--|-------------------------|---------------|
| Committente: | Acea Pinerolese Industriale Spa Pinerolo (TO) | Data prelievo: | 15/07/2010 |
| Cantiere: | Nuova Discarica RSU Torrione 6 Str. Baudenasca - Pinerolo (TO) | Data inizio/fine prova: | 19-20/07/2010 |
| Profondità prelievo: | da 7,00 a 7,50 m. da p.c. determinato in prossimità del sondaggio CP2 | | |
| Campione N. : | 75332 | | |

Descrizione del campione:

Campione rimaneggiato. Ghiaia con ciottoli sabbiosa con tracce di limo.

RISULTATO DELLA PROVA

Analisi granulometrica eseguita: *per via secca* ☒ *per via umida* ☐

| ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA | | | | |
|---|-----------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Crivelli (mm) | Setacci (mm) | Trattenuto parziale % | Trattenuto progressivo % | Passante progressivo % |
| | 240 | | | 100,0 |
| | 120 | 12,3 | 12,3 | 87,7 |
| | 63 | 23,0 | 35,3 | 64,7 |
| | 31,5 | 19,1 | 54,4 | 45,6 |
| | 16 | 11,9 | 66,3 | 33,7 |
| | 8 | 6,9 | 73,2 | 26,8 |
| | 4 | 3,7 | 76,8 | 23,2 |
| | 2 | 2,1 | 79,0 | 21,0 |
| | 1 | 3,5 | 82,5 | 17,5 |
| | 0,5 | 5,5 | 87,9 | 12,1 |
| | 0,25 | 4,1 | 92,0 | 8,0 |
| | 0,125 | 2,7 | 94,8 | 5,2 |
| | 0,075 | 1,2 | 96,0 | 4,0 |
| | < | 4,0 | 100,0 | 0,0 |

GEOTECNALab S.r.l.

Lo Sperimentatore
(Dott. G. Morelli)

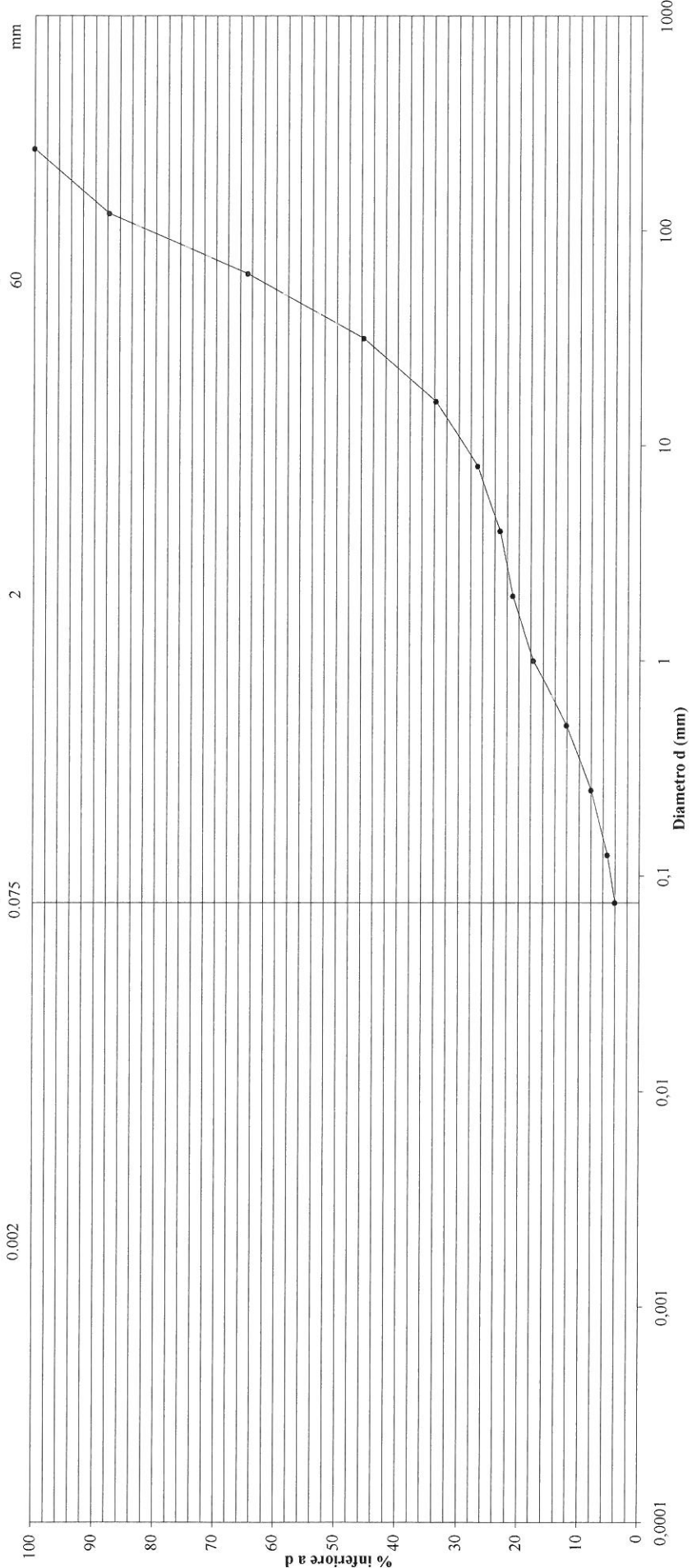
Il Direttore
(Dott. S. Bonfoco)

ANALISI GRANULOMETRICA
(C.N.R. B.U. N. 23 - ASTM D 422)

Committente: Acea Pinerolesse Industriale Spa
Pinero (TO)
Cantiere: Nuova Discarica RSU Torrione 6
Str. Baudenasca - Pinero (TO)
Data inizio/fine prova: 19-20/07/2010

| Campione | Profondità prelievo | <2 µ % | Limo % | Sabbia % | Ghiaia % | 60-120 % | 120-240 % | > 240 mm % | D60 mm | D10 mm | U D60/D10 |
|----------|---------------------|--------|--------|----------|----------|----------|-----------|------------|--------|--------|-----------|
| 75332 | --- | | 4 | 17 | 44 | 23 | 12 | | | | |

| Inferiore a 2 µ | Limo | Sabbia | Ghiaia | Superiore a 60 mm |
|-----------------|-------|--------|--------|-------------------|
| 0.002 | 0.075 | 2 | 60 | |



Lo Sperimentatore
(Dott. G. Morelli)

Gianluca Morelli

GEOTECNALab S.r.l.

Il Direttore
(Dott. S. Bonfoco)

S. Bonfoco



GEOTECNALab s.r.l.

Laboratorio geotecnico, geomeccanico e materiali da costruzione

Autorizzato ai sensi del D.P.R. 246/93 per l'esecuzione di prove geotecniche sui terreni

Decreto n. 53084 del 01/03/05

Certificato di prova n° 6328 del 23/07/2010

Pag. 1/1

Richiesta prove non sottoscritta dal Direttore dei Lavori o dal Progettista

Verbale di accettazione N° 1098 del 19/07/2010

**DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI ATTERBERG
(ASTM D 4318)**

Committente: Acea Pinerolese Industriale Spa - Pinerolo (TO)

Cantiere: Nuova Discarica RSU Torrione 6 - Str. Baudenasca - Pinerolo (TO)

Ubicazione prelievo: da 7,00 a 7,50 m. da p.c. determinato in prossimità del sondaggio CP2

Campione N.: 75332

Data prelievo: 15/07/2010

Data inizio/fine prova: 20/07/2010

Descrizione campione:

Campione rimaneggiato. Ghiaia con ciottoli sabbiosa con tracce di limo.

Prova eseguita sul < 0.42 mm

Percentuale passante al

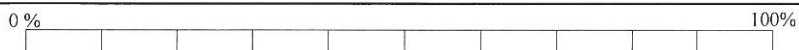
setaccio 0.42 mm = 11 %

Umidità naturale W_n = - %

Limite di liquidità LL = - %

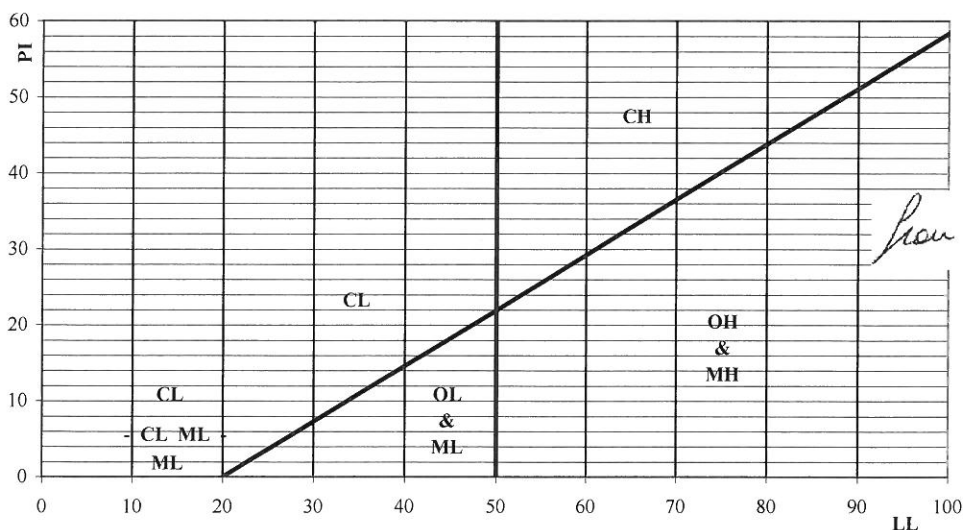
Limite di plasticità LP = - %

Indice di plasticità PI = - %



TERRENO NON PLASTICO

| | |
|-----------|--|
| ML | Limi inorganici e sabbie finissime, sabbie fini limose o argillose, o limi argillosi di scarsa plasticità. |
| CL | Argille inorganiche di bassa o media plasticità, argille ghiaiose, argille sabbiose, argille limose, argille grasse. |
| OL | Limi organici e argille limose organiche di bassa plasticità. |
| MH | Limi inorganici, sabbie fini e limi micacei o diatomici, limi elastici. |
| CH | Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse. |
| OH | Argille inorganiche di media o alta plasticità terreni organici. |



Lo Sperimentatore
(Dott. G. Morelli)

G. Morelli

GEOTECNALab S.r.l.

Il Direttore
(Dott. S. Bonfoco)

S. Bonfoco

**GEOTECNALab s.r.l.****Laboratorio geotecnico, geomeccanico e materiali da costruzione**Rapporto di prova n° 75332/c del 23/07/2010Pag. 1/3**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD**

Committente: Acea Pinerolese Industriale Spa - Pinerolo (TO) Data prelievo: 15/07/2010
Cantiere: Nuova Discarica RSU Torrione 6 Data inizio prova: 21/07/2010
Str. Baudenasca - Pinerolo (TO) Data fine prova: 23/07/2010
Profondità prelievo: da 7,00 a 7,50 m. da p.c. determinato in prossimità del sondaggio CP2
Campione N. : **75332**
Attrezzatura di prova: Apparecchiatura di taglio diretto "Krsmanovic"

Descrizione del campione:

Campione rimaneggiato. Ghiaia con ciottoli sabbiosa con tracce di limo. Determinazione eseguita su provini ricostituiti con il materiale < 60 mm. con $\gamma = 22,78 \text{ kN/m}^3$ ed $W = 7,0\%$, corrispondenti ai valori ottenuti dalla prova di densità in pozzetto circolare (v. Rapporto n° 75332/a del 23/07/2010), integrando in peso la frazione > 60 mm. con quella compresa tra 30 e 60 mm.

Caratteristiche fisiche del campione:

| | | | | | |
|---------------------------|------------|---|-------|-----------------|---------------------|
| Peso specifico dei grani* | γ_s | = | 25,99 | kN/m^3 | * valore assunto |
| Limite Liquido | W_L | = | N.P. | % | N.P. = Non Plastico |
| Limite Plastico | W_p | = | - | % | |
| Indice Plastico | PI | = | - | % | |
| Umidità | W | = | 7,0 | % | |
| Indice di consistenza | I_C | = | - | | |

Caratteristiche fisiche dei provini:

| | Provino 1 | | Provino 2 | | Provino 3 | |
|--|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
| | Iniziali | Finali | Iniziali | Finali | Iniziali | Finali |
| Altezza (cm) | 21,00 | 20,92 | 21,00 | 20,80 | 21,00 | 20,74 |
| Lunghezza lato (cm) | 37,50 | 37,50 | 37,50 | 37,50 | 37,50 | 37,50 |
| Volume (cm^3) | 29531,25 | 29418,75 | 29531,25 | 29250,00 | 29531,25 | 29165,63 |
| Peso umido (N) | 672,74 | 672,74 | 672,74 | 672,74 | 672,74 | 672,74 |
| Peso secco (N) | - | 628,73 | - | 628,73 | - | 628,73 |
| Peso umido di volume (kN/m^3) | 22,78 | 22,87 | 22,78 | 23,00 | 22,78 | 23,07 |
| Umidità (%) | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 |
| Peso secco di volume (kN/m^3) | 21,29 | 21,37 | 21,29 | 21,50 | 21,29 | 21,56 |
| Indice dei vuoti | 0,221 | 0,216 | 0,221 | 0,209 | 0,221 | 0,205 |
| Porosità (%) | 18,1 | 17,8 | 18,1 | 17,3 | 18,1 | 17,0 |
| Umidità di saturazione (%) | 8,3 | 8,2 | 8,3 | 7,9 | 8,3 | 7,7 |
| Grado di saturazione (%) | 84,3 | 85,4 | 84,3 | 88,6 | 84,3 | 90,9 |

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)

GEOTECNALab S.r.l.

Il Responsabile
(Dott. S. Bonfoco)

**GEOTECNALab s.r.l.**

Laboratorio geotecnico, geomeccanico e materiali da costruzione

Rapporto di prova n° 75332/c del 23/07/2010

Pag. 2/3

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD

Committente: Acea Pinerolese Industriale Spa - Pinerolo (TO)
Cantiere: Nuova Discarica RSU Torrione 6
Str. Baudenasca - Pinerolo (TO)
Profondità prelievo: da 7,00 a 7,50 m. da p.c. determinato
in prossimità del sondaggio CP2

Data prelievo: 15/07/2010
Data inizio prova: 21/07/2010
Data fine prova: 23/07/2010

Campione N. : **75332**
Attrezzatura di prova: Apparecchiatura di taglio diretto "Krsmanovic"

Velocità di prova = 0,5 mm/min

| Dati delle prove | | | | | | | | |
|------------------------------------|-------------------------|---------------------|------------------------------------|-------------------------|---------------------|------------------------------------|-------------------------|---------------------|
| Provino 1 | | | Provino 2 | | | Provino 3 | | |
| $\sigma_v = 196,13 \text{ kN/m}^2$ | | | $\sigma_v = 392,27 \text{ kN/m}^2$ | | | $\sigma_v = 588,40 \text{ kN/m}^2$ | | |
| Spostam. orizz. Sh | Sforzo di taglio τ | Spostam. vertic. Sv | Spostam. orizz. Sh | Sforzo di taglio τ | Spostam. vertic. Sv | Spostam. orizz. Sh | Sforzo di taglio τ | Spostam. vertic. Sv |
| [cm] | [kN/m ²] | [mm] | [cm] | [kN/m ²] | [cm] | [cm] | [kN/m ²] | [cm] |
| 0,000 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 0,000 |
| 0,050 | 26,94 | -0,090 | 0,050 | 103,92 | -0,100 | 0,050 | 138,13 | -0,080 |
| 0,100 | 44,05 | -0,190 | 0,100 | 155,24 | -0,165 | 0,100 | 189,45 | -0,195 |
| 0,150 | 54,31 | -0,240 | 0,150 | 189,45 | -0,210 | 0,150 | 240,77 | -0,270 |
| 0,200 | 64,58 | -0,265 | 0,200 | 213,40 | -0,240 | 0,200 | 274,98 | -0,340 |
| 0,250 | 74,84 | -0,345 | 0,250 | 230,51 | -0,250 | 0,250 | 300,64 | -0,405 |
| 0,300 | 85,10 | -0,375 | 0,300 | 247,61 | -0,270 | 0,300 | 326,30 | -0,445 |
| 0,350 | 95,37 | -0,415 | 0,350 | 264,72 | -0,290 | 0,350 | 351,96 | -0,500 |
| 0,400 | 103,92 | -0,450 | 0,400 | 281,83 | -0,305 | 0,400 | 369,07 | -0,530 |
| 0,450 | 114,18 | -0,470 | 0,450 | 295,51 | -0,310 | 0,450 | 386,17 | -0,565 |
| 0,500 | 124,45 | -0,490 | 0,500 | 305,77 | -0,330 | 0,500 | 398,15 | -0,600 |
| 0,550 | 134,71 | -0,495 | 0,550 | 314,33 | -0,330 | 0,550 | 410,12 | -0,625 |
| 0,600 | 143,27 | -0,495 | 0,600 | 321,17 | -0,350 | 0,600 | 422,10 | -0,655 |
| 0,650 | 148,40 | -0,485 | 0,650 | 326,30 | -0,350 | 0,650 | 434,07 | -0,670 |
| 0,700 | 153,53 | -0,470 | 0,700 | 333,14 | -0,350 | 0,700 | 446,05 | -0,725 |
| 0,750 | 158,66 | -0,460 | 0,750 | 338,28 | -0,355 | 0,750 | 458,02 | -0,785 |
| 0,800 | 163,79 | -0,450 | 0,800 | 343,41 | -0,365 | 0,800 | 466,57 | -0,795 |
| 0,850 | 168,92 | -0,440 | 0,850 | 346,83 | -0,365 | 0,850 | 475,13 | -0,810 |
| 0,900 | 174,06 | -0,425 | 0,900 | 350,25 | -0,320 | 0,900 | 483,68 | -0,845 |
| 0,950 | 179,19 | -0,420 | 0,950 | 353,67 | -0,315 | 0,950 | 490,52 | -0,855 |
| 1,000 | 182,61 | -0,410 | 1,000 | 357,09 | -0,300 | 1,000 | 495,65 | -0,860 |
| 1,400 | 204,85 | -0,165 | 1,400 | 377,62 | -0,250 | 1,400 | 524,74 | -0,905 |
| 1,800 | 213,40 | 0,125 | 1,800 | 386,17 | -0,200 | 1,800 | 545,26 | -0,970 |
| 2,000 | 216,82 | 0,220 | 2,200 | 393,02 | -0,150 | 2,200 | 553,82 | -1,010 |
| 2,200 | 216,82 | 0,300 | 2,600 | 389,60 | -0,105 | 2,600 | 546,97 | -1,050 |
| 2,600 | 206,56 | 0,360 | 3,000 | 379,33 | -0,085 | 3,000 | 540,13 | -1,060 |
| 3,000 | 192,87 | 0,370 | 3,400 | 369,07 | -0,065 | 3,400 | 533,29 | -1,190 |
| 3,400 | 180,90 | 0,370 | 3,800 | 360,51 | -0,055 | 3,800 | 529,01 | -1,300 |
| 3,800 | 180,90 | 0,380 | 4,200 | 360,51 | -0,055 | 4,200 | 525,59 | -1,380 |
| 4,200 | 177,48 | 0,390 | 4,600 | 360,51 | -0,055 | 4,600 | 522,17 | -1,480 |
| 5,000 | 165,50 | 0,390 | 5,000 | 353,67 | -0,085 | 5,000 | 519,60 | -1,630 |

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)

GEOTECNALab S.r.l.

Il Responsabile
(Dott. S. Bonfoco)



GEOTECNALab s.r.l.

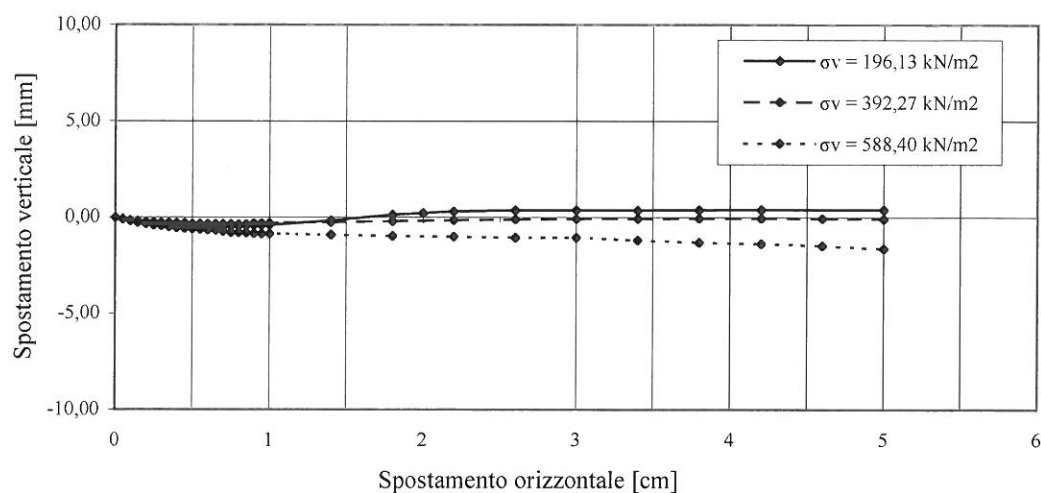
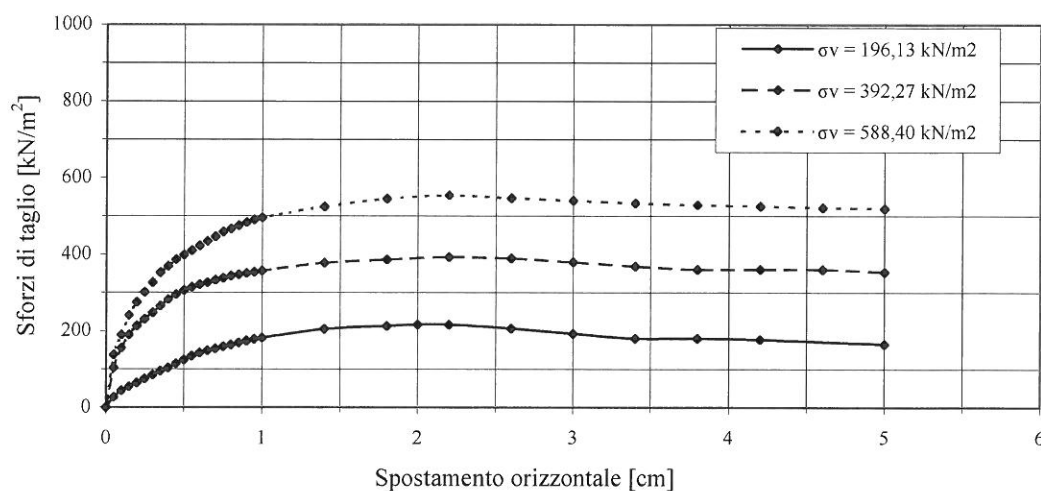
Laboratorio geotecnico, geomeccanico e materiali da costruzione

Rapporto di prova n° 75332/c del 23/07/2010

Pag. 3/3

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD

| | | | |
|------------------------|---|--------------------|------------|
| Committente: | Acea Pinerolese Industriale Spa - Pinerolo (TO) | Data prelievo: | 15/07/2010 |
| Cantiere: | Nuova Discarica RSU Torrione 6 | Data inizio prova: | 21/07/2010 |
| | Str. Baudenasca - Pinerolo (TO) | Data fine prova: | 23/07/2010 |
| Profondità prelievo: | da 7,00 a 7,50 m. da p.c. determinato in prossimità del sondaggio CP2 | | |
| Campione N.: | 75332 | | |
| Attrezzatura di prova: | Apparecchiatura di taglio diretto "Krsmanovic" | | |



Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)

S. Bonomini

GEOTECNALab S.r.l.

Il Responsabile
(Dott. S. Bonfoco)

S. Bonfoco