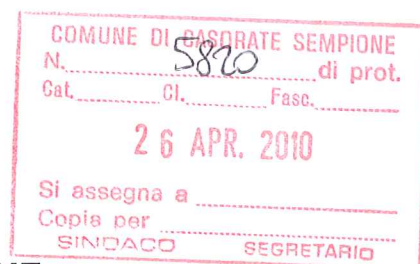


**DOTT. GEOL. LUCA FONTANA**

Ordine Geologi della Lombardia n° iscr. 1310

VIA SAN ROCCO , N° 715 – 21050 CASTELSEPRIO (VA)

---



**COMUNE DI CASORATE SEMPIONE**

**Provincia di Varese**

**RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA**

*ai sensi del DM 11.03.88*

**A SUPPORTO PROGETTAZIONE BLOCCO ASCENSORE DA REALIZZARSI  
ALL'INTERNO DEL COMPLESSO SCOLASTICO DI VIA DE AMICIS**

Castelseprio, aprile 2010



## **INDICE**

### **Sezioni**

1. Introduzione
2. Inquadramento geografico
3. Litologia - Idrogeologia
4. Indagini geognostiche
5. Caratterizzazione geotecnica del sottosuolo
6. Capacità portante delle fondazioni ed analisi cedimenti
  - Teoria applicata
  - Risultati
    - A) Parametri geotecnici medi della litozona che risulta essere lo strato interagente con le fondazioni
    - B) Calcolo capacità portante
    - C) Stima cedimenti
    - D) Conclusioni

### **Figura**

Carta corografica con ubicazione area d'indagine (da CTR scala 1:5000)

### **Allegato**

Grafici e tabelle prova penetrometrica dinamica

## 1. INTRODUZIONE

La presente relazione costituisce la sintesi dell'indagine geognostica effettuata in Comune di Casorate Sempione dove è in progetto la costruzione di un blocco ascensore da realizzarsi all'interno del complesso scolastico di via De Amicis.

Gli studi illustrati sono stati condotti ai sensi del D.M. 11/03/1988 per la pianificazione attuativa e per la progettazione esecutiva e successive norme tecniche applicative (Circ. LL.PP. 30383/88).

Il lavoro è stato impostato in due fasi distinte e successive.

Nella prima fase è stata effettuata una prova prove penetrometriche dinamiche continue contemporaneamente a un rilievo geologico di dettaglio dell'area e delle zone limitrofe. Nella seconda fase, di diagnosi e sintesi, i dati ottenuti in fase di analisi e di rilievo geognostico sono stati elaborati al fine di evidenziare i parametri più significativi dal punto di vista geotecnico: ricostruzione stratigrafica del terreno, angolo di attrito interno, coesione e altri.

Infine si è valutata la capacità portante delle fondazioni e si è stimato il probabile decorso dei cedimenti.

## **2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO (fig. 1)**

L'area oggetto dell'indagine è posizionata a ridosso del nucleo storico di Casorate Sempione in Via De Amicis ad una quota altimetrica di circa 266 m s.l.m. in un ambito a destinazione prevalentemente scolastico ricreativo. Da un punto di vista corografico l'area è compreso nella Sezione A5c3 della carta Tecnica Regionale alla scala 1:5.000 (fig 1).

Nei rilievi in sito non sono stati trovati elementi negativi o pericoli di carattere geomorfologico.



### 3. LITOLOGIA - IDROGEOLOGIA

Nel territorio considerato le unità geologiche in affioramento sono costituite da depositi fluvioglaciali e glaciali dell'epoca quaternaria, caratterizzati da profili di alterazione di spessore variabile in relazione all'età dei depositi stessi.

I depositi maggiormente alterati (Alloformazione di Albizzate, del Monterosso e di Golasecca) occupano la zona dei terrazzamenti antichi, nel settore settentrionale del territorio, i depositi da poco a mediamente alterati (Allogruppo di Besnate) affiorano nel piano fondamentale della pianura che si estende nel settore sud occidentale.

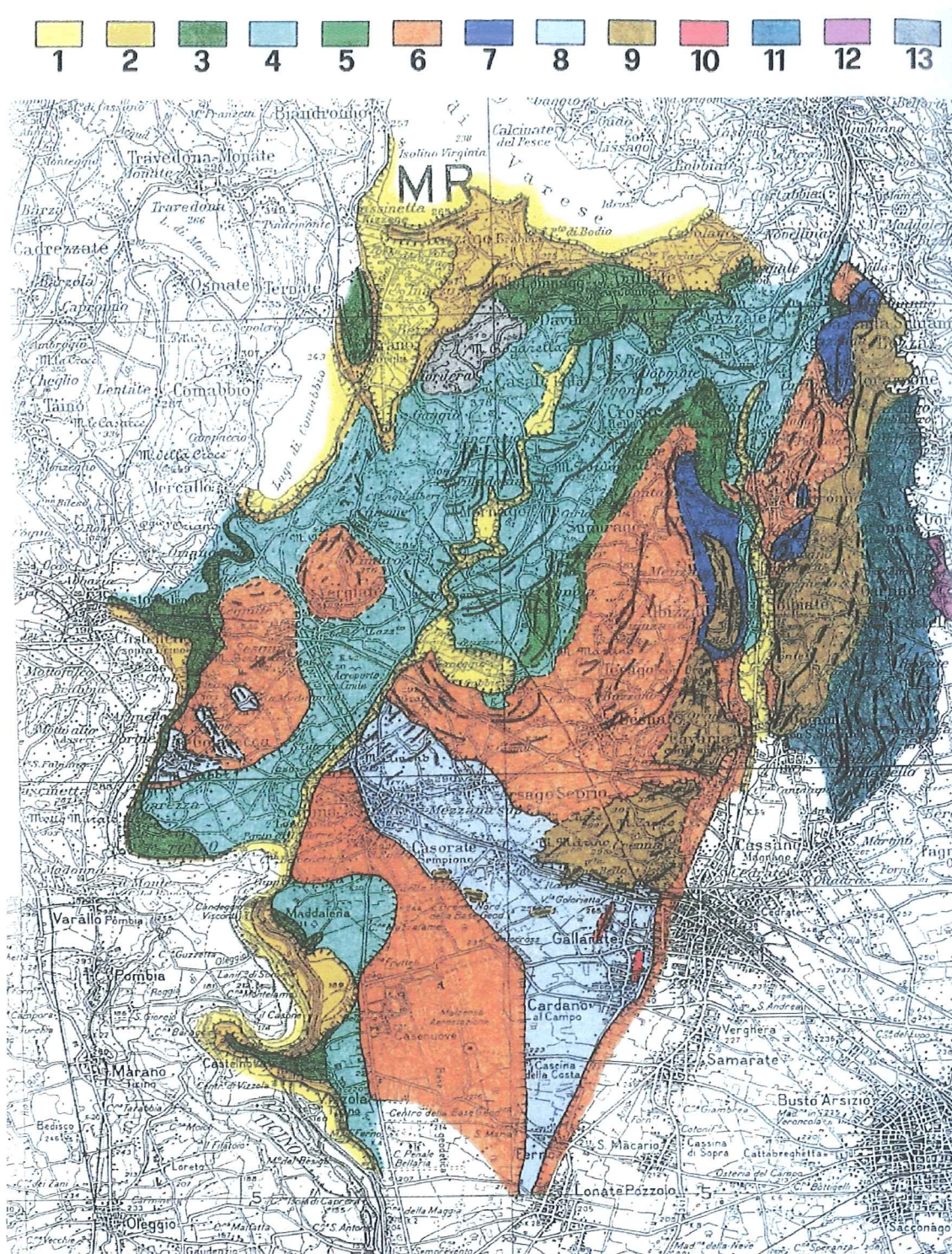
La formazione litologica caratteristica della zona d'indagine è l'Alloformazione di Golasecca corrispondente al Riss (pro parte) e al Würm (pro parte) degli autori precedenti. E' rappresentata da depositi fluvioglaciali in facies distale.

I caratteri distintivi dell'Alloformazione di Golasecca sono dati da un profilo di alterazione evoluto, spesso circa 5 m e con una percentuale di clasti alterati che raggiunge il 50%, e un colore della matrice che è compreso nelle pagine 10YR e 7.5YR delle Mansell Soil Color Charts. In genere, a tetto dell'unità, sono presenti due coltri loessiche: una inferiore, con spessori di 70 cm, di colore rossiccio e una superiore, con spessori di 100 - 150 cm, di colore bruno scuro.

I depositi fluvioglaciali sono costituiti sia da ghiaie e sabbie massive, stratificate o in lenti, sia da ghiaie e sabbie con una stratificazione incrociata planare, che definisce delle barre linguoidi immergenti verso Sud - Est, tipiche di un ambiente fluviale braided.

I depositi di questa unità coprono in discordanza i depositi dell'Alloformazione di Albizzate e dell'Alloformazione del Monterosso. I depositi dell'Unità di Sumirago (Allogruppo di Besnate) ricoprono a loro volta i depositi dell'Alloformazione di Golasecca, separati da un'evidente discontinuità morfologica (terrazzo di Cardano) indicante un importante evento erosivo.





Mappa geologica dell'anfiteatro verbanico (Bini, 1997). 1) Unità postglaciale; 2) Alloformazione di Cantù; 3) Unità di Daverio (Allogruppo di Besnate); 4) Unità di Mornago (Allogruppo di Besnate); 5) Unità di Montonate (Allogruppo di Besnate); 6) Unità di Sumirago (Allogruppo di Besnate); 7) Alloformazione di Albusciago (Allogruppo di Besnate); 8) Alloformazione di Golasecca; 9) Alloformazione di Albizzate 10) Alloformazione di Monterosso; 11) Unità di Carnago (Allogruppo di Morazzone); 12) Formazione di Castronno; 13) Substrato roccioso.



Da un punto di vista geomorfologico l'area in oggetto è posizionata in corrispondenza del Terrazzo di Cardano al Campo il quale rappresenta l'elemento morfologico più rilevato dell'area considerata, con un dislivello di circa 15 – 20 m sulla piana della Brughiera di Casorate. Costituisce un'estesa piana fluvioglaciale, di forma triangolare allungata verso Sud ed è scomposto in una serie di terrazzi minori ad andamento Est – Ovest, con superfici fortemente incise dall'erosione. I terrazzi sono situati a ridosso delle morene terminali dell'anfiteatro Verbano e ne ricoprono le propaggini.

Da un punto di vista geotecnico, così come evidenziato dallo studio geologico a supporto del P.G.T. l'area d'indagine è stata attribuita alla zona geotecnica B aventi le seguenti caratteristiche.

*Litologia prevalente:* Depositi fluvioglaciali eterogenei mediamente alterati: ghiaie e sabbie limose con strutture da trasporto poco evidenti, ricoperti da limi sabbiosi con spessore da 2 a 4 m.

*Spessore dei suoli:* Suoli sottili o poco profondi di spessore compreso tra 15 e 30 cm.

*Caratteri geotecnici:* Terreni granulari ben addensati e terreni coesivi poco o mediamente addensati con caratteristiche geotecniche quasi sempre discrete. Permeabilità media.

*Drenaggio delle acque:* Drenaggio delle acque discreto in profondità ma ridotto in superficie.

Le unità idrogeologiche di sottosuolo presenti sul territorio di Casorate Sempione e di alcuni comuni limitrofi, sono di seguito descritte, a partire dalla più profonda alla più superficiale.

- *Unità delle argille prevalenti (unità 1):* è costituita da depositi di ambiente marino (argille grigio-azzurre), spesso fossilifere, litologicamente caratterizzata da sabbie argillose, limi e rare intercalazioni ghiaioso-sabbiose contenenti falde di tipo confinato di scarso interesse acquedottistico.

L'unità può essere considerata la base impermeabile delle strutture acquifere significative ed è raggiunta da alcune perforazioni a scopo potabile realizzate in alcuni comuni della zona (Samarate e Gallarate). Tale limite si trova a profondità variabile, generalmente superiore a 150 m dal

p.c. Il tetto dell'unità tende gradualmente ad approfondirsi verso sud e verso ovest.

- *Unità argilloso-ghiaiosa (unità 2)*: è caratterizzata da alternanze di strati a litologia argilloso-limosa e ghiaioso-sabbiosa con locale presenze di torbe. L'ambiente di deposizione è di tipo transizionale. Il suo spessore varia da un minimo di circa 50 m a un massimo di 90 m (pozzo 11 di Casorate Sempione).

È sede di acquiferi confinati captati da numerosi pozzi pubblici e privati del territorio e dal pozzo 3 di Cardano al Campo tra le profondità di 98 e 104 m. L'unità è generalmente caratterizzata da basso grado di vulnerabilità determinato dalla presenza al suo tetto di strati argillosi di spessore significativo. Non sono tuttavia da escludere collegamenti ed alimentazioni da parte dell'acquifero superiore libero, a maggiore vulnerabilità.

Le caratteristiche di potenzialità di tale unità, sono comprese tra 10 e 20 lt/sec con portate specifiche decrescenti da sud verso nord.

- *Unità delle ghiaie e sabbie prevalenti (unità 3)*: è presente con continuità in tutto il territorio considerato con spessori variabili da 70 a oltre 100 m e rappresenta l'acquifero più suscettibile ad eventuali inquinamenti dalla superficie.

L'unità è costituita da depositi a ghiaie e sabbie prevalenti con locali intercalazioni conglomerati e di argilloso-ghiaiose. I depositi sono sede di acquifero libero con potenzialità idriche variabili da 25 a 30 lt/sec.

I pozzi 2 e 4 di Casorate Sempione captano l'acquifero libero tra le profondità di 46 e 80 m.

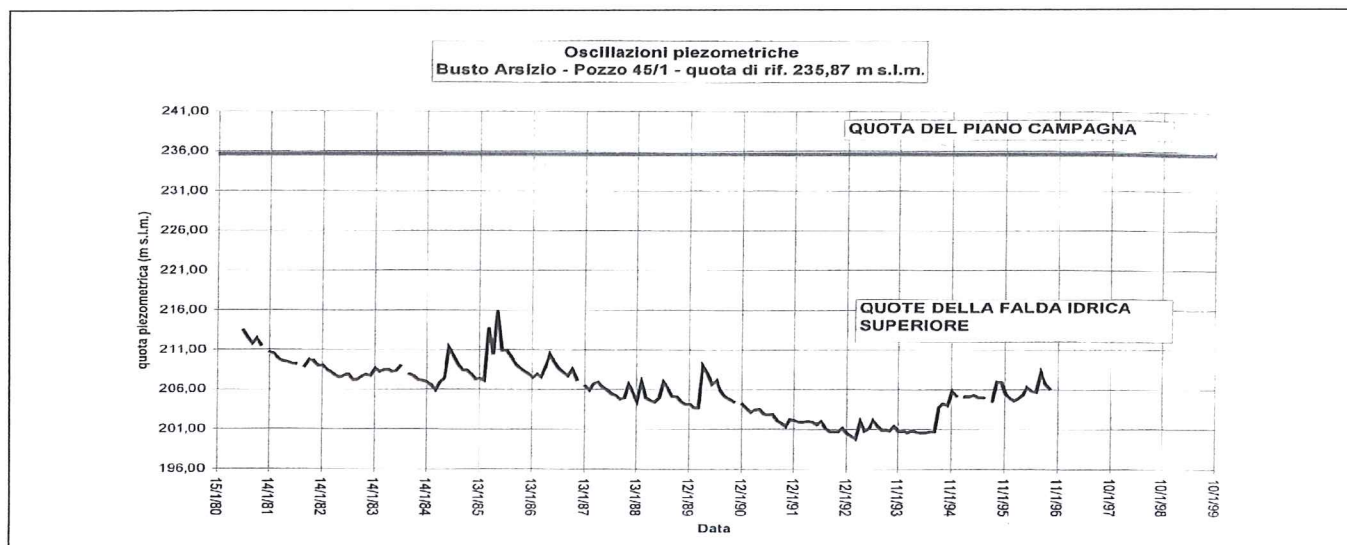
L'andamento della superficie piezometrica dell'acquifero superficiale (unità idrogeologica 3) e di quello profondo (unità idrogeologica 2) è basato su misure di livello statico effettuate su alcuni pozzi pubblici e privati dei Comuni di Casorate Sempione, Cardano al Campo, Gallarate e Somma Lombardo (giugno e novembre 1998), integrati dalla più ampia rete di controllo piezometrico provinciale dell'Unità Operativa Fisica del P.M.I.P. di Varese.

Per quanto riguarda dell'acquifero superficiale l'andamento della superficie piezometrica indica che la direzione di flusso ha un andamento

generale da Nord Est a Sud Ovest evidenziando il ruolo drenante del Fiume Ticino.

Nel territorio di Casorate il gradiente idraulico medio diminuisce da valori massimi di 2% (Nord Est) a valori minimi dello 0.5% (Sud Ovest) con quote della superficie piezometrica decrescente da 220 a 195 m s.l.m.

La dinamica della oscillazione della superficie piezometrica nel tempo è ben descritta dal grafico seguente che riporta i dati del pozzo 45/1 in Comune di Busto Arsizio le cui misure periodiche hanno termine nel 1995.



Ad eccezione dell'anno 1985 caratterizzato da un massimo piezometrico relativo, il periodo compreso tra il 1980 e la prima metà del 1992 evidenzia una generale e marcata tendenza alla diminuzione dei livelli piezometrici, manifestatasi a livello regionale e determinata da un'alimentazione deficitaria dell'acquifero in relazione alla scarsità degli apporti meteorici registrati dal 1978.

L'escursione negativa del livello di falda a partire dal 1978 è valutabile dell'ordine di circa 10 m.

Dalla seconda metà del 1992, a seguito di un moderato aumento delle precipitazioni medie, si assiste ad un sensibile recupero delle quote piezometriche registrate fino a tutto il 1995, ultimo anno di misure disponibili.

Per quanto riguarda l'acquifero profondo l'andamento della superficie piezometrica indica che le direzioni di flusso hanno un andamento generale concorde con quello dell'acquifero superficiale.



Il gradiente idraulico medio diminuisce da valori massimi di 0.5% a minimi dello 0.3% con quote della superficie piezometrica decrescenti da 195 a 185 m s.l.m.

La differenza di comportamento idraulico rispetto all'acquifero superficiale appare evidente soprattutto nel settore Nord est, dove quest'ultimo assume il tipico carattere di acquifero sospeso.

Per questo acquifero non sono disponibili dati in serie storica, in quanto le reti di monitoraggio esistenti privilegiano il controllo delle falde più superficiali.

Al fine di verificare l'eventuale presenza di terreno saturo nel primo sottosuolo si è posta particolare attenzione in fase di indagine geognostica sul grado di umidità presente sulle aste di perforazione in fase di estrazione. Le verifiche in oggetto non hanno evidenziato, almeno fino alla massima profondità raggiunta dalla prova (- 7.2 m dal p.c.), tracce di umidità persistenti riducendo così la probabilità di eventuali interferenza di tipo negativo con le strutture di fondazione.

#### 4. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Al fine di caratterizzare da un punto di vista sia geotecnico che litologico l'area d'indagine sono state eseguite una prova penetrometrica dinamica spinta fino alla resistenza massima alla penetrazione dei terreni attraversati ed una trincea esplorativa.

##### PROVE PENETROMETRICHE

###### Metodologia di indagine

L'indagine è stata effettuata mediante l'esecuzione di 1 prova DP (penetrometrica dinamica) posizionata in corrispondenza del punto in cui verrà realizzata la piastra di fondazione del blocco ascensore.

Le prove sono state eseguite con un penetrometro di tipo standard (DPM) "Emilia".

Le principali caratteristiche tecniche del penetrometro sono:

• Massa del maglio	30 Kg
• Altezza di caduta	20 cm
• Peso testa di battuta, asta di guida, ecc.	18 kg
• Lunghezza aste	1 m
• Massa aste	2,5 Kg
• Diametro est. aste	20 mm
• Diametro base punta conica	35,7 mm
• Angolo apertura cono	60°
• Lunghezza complessiva punta	41 mm

Maggiori dettagli tecnici sono riportati in allegato.





### Interpretazione

Le tabelle e i grafici relativi alle prove DP sono riportate nell'Allegato "Tabelle e grafici prove". L'allegato comprende, per ogni prova, un diagramma che rappresenta in ascisse il numero di colpi relativi all'avanzamento della punta di 10 cm e in ordinate la profondità relativa. Sono inoltre riportati, nelle successive tabelle, tutti i valori misurati e il calcolo di alcuni parametri geotecnici caratteristici del terreno.

La correlazione tra i dati ottenuti e la prova SPT standard è stata effettuata utilizzando un coefficiente correttivo ( $N_{spt} = N(10) \times 0.77$ ) che tiene conto delle diversità esistenti tra i due tipi di prova.

Tutti i dati di N ricavati sono stati normalizzati in funzione della pressione efficace alla quota di misura.

La prova ha raggiunto una profondità di – 7.2 metri da p.c. permettendo così di investigare il terreno per una profondità sufficiente per definire le

caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione in funzione del tipo di opera in progetto.

In dettaglio essa ha evidenziato a partire da piano campagna la seguente successione litologico tecnica:

Da p.c. a -2.1 m da p.c.	Limo e sabbia limosa di colore giallo ocre con ciottoli di natura granitica e granodioritica di dimensioni eterometriche (massimo 8 -10 cm) poco alterati di forma subangolare con stato di addensamento compatto. Nspt = 13
Da -2.1 m a – 5.8 m da p.c.	Sabbia a granulometria medio grossolana debolmente limosa con poca ghiaia a pezzatura media e rari ciottoli con stato di addensamento medio. Nspt = 7
Da – 5.8 m a – 6.8 m da p.c.	Sabbia e ghiaia debolmente limosa con qualche ciottolo con stato di addensamento compatto. Nspt = 11
Da – 6.8 m a – 7.1 m da p.c.	Ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa con stato di addensamento molto compatto. Nspt = 25

Le caratteristiche geotecniche sono state mediate e riassunte nella sezione 5 (“caratterizzazione geotecnica del sottosuolo”).

#### TRINCEA ESPLORATIVA

Al fine di acquisire maggiori conoscenze sulle caratteristiche litologiche dei terreni in sito è stata eseguita una trincea esplorativa.

La profondità media raggiunta dallo scavo è stato di circa – 0.7 metri dal piano campagna.

Nelle sezioni a seguire verrà descritta in dettaglio con l’ausilio di foto lo spaccato di scavo.

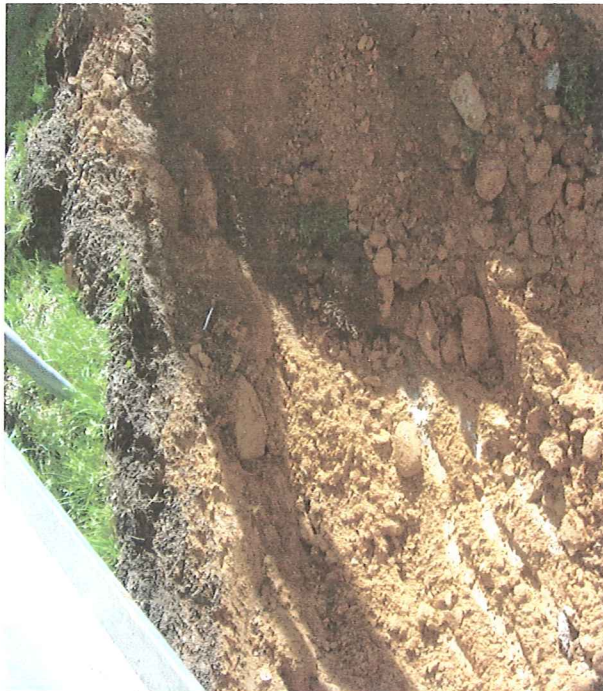




Massima profondità – 0.7 m da p.c.

**Da p.c. a m 0.2** Terreno di riporto di natura mista con frammenti di laterizi.

**Da 0.2 a m 0.7** Limo e sabbia limosa di colore giallo ocre con ciottoli di natura granitica e granodioritica di dimensioni eterometriche (massimo 8 -10 cm) poco alterati di forma sub angolare.



## 5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO

L'interpretazione ha permesso di distinguere le seguenti litozone.

L I T O Z O N A  1	DA p.c. A m 2.1	Limo e sabbia limosa di colore giallo ocra con ciottoli di natura granitica e granodioritica di dimensioni eterometriche (massimo 8 -10 cm) poco alterati di forma subangolare con stato di addensamento compatto Nspt = 13 colpi Ysat = 1.95 t/mc Ynat = 1.85 t/mc $\phi$ (p) = 30.9° circa $\phi$ (r) = 29° circa DR = 40 % E' = 29.1 kg/cmq c' = 0 KPa
L I T O Z O N A  2	DA m 2.1 A m 5.8	Sabbia a granulometria medio grossolana debolmente limosa con poca ghiaia a pezzatura media e rari ciottoli con stato di addensamento medio Nspt = 7 colpi Ysat = 1.9 t/mc Ynat = 1.8 t/mc $\phi$ (p) = 28.8° circa $\phi$ (r) = 25.2° circa DR = 25 % E' = 24.5 kg/cmq c' = 0 KPa
L I T O Z O N A  3	DA m 5.8 A m 7.8	Sabbia e ghiaia debolmente limosa con qualche ciottolo con stato di addensamento compatto Nspt = 11 colpi Ysat = 1.94 t/mc Ynat = 1.84 t/mc $\phi$ (p) = 30.3° circa $\phi$ (r) = 27.8° circa DR = 37 % E' = 27.6 kg/cmq c' = 0 KPa
L I T O Z O N A	DA m 5.8 A m 7.8	Ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa con stato di addensamento molto compatto Nspt = 25 colpi Ysat = 2.02 t/mc Ynat = 1.92 t/mc $\phi$ (p) = 24.5° circa $\phi$ (r) = 34.4° circa

4		DR = 58 % E' = 38.4 kg/cmq c' = 0 KPa
---	--	---

*Dove:*

*Y<sub>nat</sub>*      *speso specifico del terreno naturale*

*Y<sub>sat</sub>*      *peso specifico del terreno saturo*

*N<sub>spt</sub>*      *numero dei colpi (N<sub>spt</sub>) misurati con la prova penetrometrica (N<sub>10</sub> × 0.71)*

*DR*      *Densità relativa (Terzaghi e Pezck, 1948; Skempton, 1986)*

*Φ'*      *Angolo di attrito efficace (De Mello, 1971) di picco (p) e residuo (r)*

*c'*      *coesione efficace*

*E'*      *modulo di deformazione drenato*



## 6. CAPACITÀ PORTANTE DELLE FONDAZIONI E ANALISI CEDIMENTI

### ♦ TEORIA APPLICATA

#### CALCOLO CAPACITA' PORTANTE

#### Formula di Hansen (1970)

E' una ulteriore estensione della formula di *Meyerhof*, le estensioni consistono nell'introduzione di  $b_i$  che tiene conto della eventuale inclinazione sull'orizzontale del piano di posa e un fattore  $g_i$  per terreno in pendenza.

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \gamma N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma + c N_c s_c d_c i_c g_c b_c + q N_q s_q d_q i_q g_q b_q$$

La formula di Hansen vale per qualsiasi rapporto  $D/B$ , quindi sia per fondazioni superficiali che profonde, ma lo stesso autore introdusse dei coefficienti per meglio interpretare il comportamento reale della fondazione, senza di essi, infatti, si avrebbe un aumento troppo forte del carico limite con la profondità.

Per valori di  $D/B < 1$

$$d_c = 1 + 0.4 \frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)^2 \frac{D}{B}$$

Per valori  $D/B > 1$ :

$$d_c = 1 + 0.4 \tan^{-1} \frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)^2 \tan^{-1} \frac{D}{B}$$

Nel caso  $\varphi = 0$

	$D/B$	0	1	1.1	2	5	10	20
100								
	$d'_c$	0	0.40	0.33	0.44	0.55	0.59	0.61
0.62								

Nei fattori seguenti le espressioni con apici (') valgono quando  $\varphi = 0$ .  
Fattore di forma:

$$s'_c = 0.2 \frac{B}{L}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \frac{B}{L}$$

$$s_c = 1 \quad \text{per fondazioni nastroformi}$$

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \varphi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

*Fattore di profondità:*

$$d'_c = 0.4k$$

$$d_c = 1 + 0.4k$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi) k$$

$$d_\gamma = 1 \quad \text{per qualsiasi } \varphi$$

$$k = \frac{D}{B} \quad \text{se } \frac{D}{B} \leq 1$$

$$k = \tan^{-1} \frac{D}{B} \quad \text{se } \frac{D}{B} > 1$$

*Fattori di inclinazione del carico:*

$$i'_c = 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{A f^c a}}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$i_q = \left( 1 - \frac{0.5H}{V + A f^c a \cot \varphi} \right)^5$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{0.7H}{V + A f^c a \cot \varphi} \right)^5 \quad (\eta = 0)$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{(0.7 - \eta / 450)H}{V + A f^c a \cot \varphi} \right)^5 \quad (\eta > 0)$$

*Fattori di inclinazione del terreno (fondazione su pendio):*

$$g'_c = \frac{\beta}{147}$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147}$$

$$g_q = g_\gamma = (10.5 \tan \beta)^5$$



*Fattori di inclinazione del piano di fondazione (base inclinata)*

$$b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$
$$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$
$$b_q = \exp(-2\eta \tan \varphi)$$
$$b_q = \exp(-2.7\eta \tan \varphi)$$

## **CALCOLO CEDIMENTI**

### **METODO BURLAND e BURBIDGE**

Qualora si disponga di dati ottenuti da prove penetrometriche dinamiche per il calcolo dei cedimenti è possibile fare riferimento al metodo di Burland e Burbidge (1985), nel quale viene correlato un indice di compressibilità  $I_c$  al risultato  $N$  della prova penetrometrica dinamica. L'espressione del cedimento proposta dai due autori è la seguente:

$$S = f_s \cdot f_H \cdot f_t \cdot \left[ \sigma'_{v0} \cdot B^{0.7} \cdot I_c / 3 + (q' - \sigma'_{v0}) \cdot B^{0.7} \cdot I_c \right]$$

nella quale:

$q'$  = pressione efficace lorda;

$\sigma'_{v0}$  = tensione verticale efficace alla quota d'imposta della fondazione;

$B$  = larghezza della fondazione;

$I_c$  = indice di compressibilità;

$f_s, f_H, f_t$  = fattori correttivi che tengono conto rispettivamente della forma, dello spessore dello strato compressibile e del tempo, per la componente viscosa.

L'indice di compressibilità  $I_c$  è legato al valore medio  $N_{AV}$  di  $N_{spt}$  all'interno di una profondità significativa  $z$ :

$$I_c = \frac{1.706}{N_{AV}^{1.4}}$$

Per quanto riguarda i valori di  $N_{spt}$  da utilizzare nel calcolo del valore medio  $N_{AV}$  va precisato che i valori vanno corretti, per sabbie con componente limosa sotto falda e  $N_{spt} > 15$ , secondo l'indicazione di Terzaghi e Peck (1948)

$$N_c = 15 + 0.5 (N_{spt} - 15)$$

dove  $N_c$  è il valore corretto da usare nei calcoli.

Per depositi ghiaiosi o sabbioso-ghiaiosi il valore corretto è pari a:

$$N_c = 1.25 N_{spt}$$

Le espressioni dei fattori correttivi  $f_S$ ,  $f_H$  ed  $f_t$  sono rispettivamente:

$$f_S = \left( \frac{1.25 \cdot L/B}{L/B + 0.25} \right)^2$$

$$f_H = \frac{H}{z_i} \left( 2 - \frac{H}{z_i} \right)$$

$$f_t = \left( 1 + R_3 + R \cdot \log \frac{t}{3} \right)$$

Con

$t$  = tempo in anni  $> 3$ ;

$R_3$  = costante pari a 0.3 per carichi statici e 0.7 per carichi dinamici;

$R$  = 0.2 nel caso di carichi statici e 0.8 per carichi dinamici.

♦ **RISULTATI**

Il progetto edilizio prevede la realizzazione di un blocco ascensore da realizzarsi all'interno del complesso scolastico di Via de Amicis.

Il progetto strutturale prevede la realizzazione di fondazioni su piastra con quota d'imposta a - 1.7 m dal piano campagna attuale.

Con profondità d'imposta come da progetto le strutture di fondazione andrebbero ad interagire con i terreni appartenenti alla litozona I le cui discrete caratteristiche geotecniche sembrano conferire un sufficiente carico portante.

Di contro però lo spessore modesto della litozona I, a partire dalla quota di imposta (- 1.7 m dal p.c.), e la presenza al di sotto di terreni a granulometria più fine con stato di addensamento mediamente sciolto (litozona II) tendono ad influire sulla distribuzione dei carichi in profondità in particolare nell'ipotesi come da progetto con fondazioni a piastra. In questa situazione, nell'ipotesi progettuale in cui si dovessero dimensionare i carichi strutturali sulle sole caratteristiche geotecniche dei terreni appartenenti alla litozona I, viste le dimensioni della fondazione, parte del carico verrebbe trasferito ai terreni sottostanti determinando condizioni di rottura per punzonamento.

Di conseguenza al fine di prevenire rotture per punzonamento si è deciso di quantificare i carichi portanti ammissibili sulle caratteristiche geotecniche medie dei terreni appartenenti alla litozona I e litozona II a partire dalla quota di posa fondazioni come da progetto.

A) PARAMETRI GEOTECNICI MEDI DELLA LITOTIZIONE CHE RISULTA  
ESSERE LO STRATO INTERAGENTE CON LE FONDAZIONI

Per i calcoli della capacità portante sono stati impiegati i parametri geotecnici medi dei terreni appartenenti alla LITOTIZIONE I e LITOTIZIONE II a partire dalla quota di posa fondazioni come da progetto pari a – 1.7 m dal p.c. attuale

$\Phi'$ (°)	$D_r$ (-)	$\gamma_{nat}$ (t/mc)	$\gamma_{sat}$ (t/mc)	$\gamma'_{rin}$ (t/mc)	$D_f$ (m)	$c'$ (Kg/cmq)	$Z_w$ (m)
29.2	0.25	1.8	1.9	1.85	1.7	0	n.r.

Dove:

$\Phi'$	angolo di attrito efficace residuo
$D_r$	densità relativa
$\gamma_{nat}$	peso di volume naturale del terreno sopra falda
$\gamma_{sat}$	peso di volume saturo del terreno sotto falda
$\gamma'_{rin}$	peso di volume efficace del terreno sopra il piano di posa della fondazione
$D_f$	profondità da p.c. del piano di posa della fondazione
$Z_w$	profondità da p.c. della superficie piezometrica
$c_u$	coesione non drenata

## B) CALCOLO CAPACITA' PORTANTE

Il calcolo di capacità portante è stato eseguito ipotizzando una fondazione come da progetto a piastra di dimensioni pari a 3.4 m x 3.4 m e spessore D variabile.

La capacità portante ammissibile è stata calcolata imponendo un coefficiente di sicurezza pari a 3, come prescritto dal D.M. 11/03/88.

		D = 30 cm			D = 40 cm			D = 50 cm		
B (m)	L (m)	Q. lim. (kg/cm <sup>2</sup> )	FS (-)	Q. amm. (kg/cm <sup>2</sup> )	Q. lim. (kg/cm <sup>2</sup> )	FS (-)	Q. amm. (kg/cm <sup>2</sup> )	Q. lim. (kg/cm <sup>2</sup> )	FS (-)	Q. amm. (kg/cm <sup>2</sup> )
3.4	3.4	3.96	3	1.32	4.5	3	1.5	5.07	3	1.69

Dove:

B larghezza platea

L lunghezza platea

D profondità d'incastro (coincide con lo spessore della platea)

Q<sub>lim</sub> capacità portante limite

F<sub>s</sub> fattore di sicurezza

Q<sub>am</sub> capacità portante ammissibile



### C) STIMA CEDIMENTI

Il calcolo è stato eseguito considerando separatamente i cedimenti al di sotto della verticale di prova penetrometrica effettuata nell'area d'indagine a partire dalla profondità di posa fondazioni di – 1.7 m dal piano campagna.

Ai fini del calcolo si è considerata una pressione efficace lorda massima ( $q'$ ) pari al carico limite ammissibile ( $Q_{amm.}$ ), emerso dall'analisi del calcolo di capacità portante, per una fondazione come da progetto (platea 3.4 m x 3.4 m) e profondità d'incastro D 50 cm ossia 1.69 kg/cmq.

I parametri da inserire nella formula di Burland & Burbridge sono:

	H (m)	B (m)	$f_h$ (-)	$f_s$ (-)	$N_{av}$ (-)	$I_c$ 50 (-)
DP_1	2.2	3.4	1	1	9	0.08

Dove:

$H$  spessore dello strato comprimibile a partire da quota fondazione (- 1.7 m da p.c.); a favore della sicurezza è stato posto uguale alla profondità significativa  $z_i$  determinata in base alla larghezza  $B$  della fondazione

$B$  larghezza fondazione

$f_h$  fattore legato allo spessore  $H$  dello strato comprimibile ( $f_h$  è uguale a 1 quando lo strato comprimibile ha uno spessore  $H$  superiore al valore  $z_i$ )

$f_s$  fattore legato alla forma della fondazione

$N_{av}$  media dei valori  $N_{spt}$ , a partire dalla quota di posa fondazioni (- 1.7 m da p.c.), all'interno di una profondità significativa  $z_i$  deducibile da una tabella in funzione della larghezza  $B$  della fondazione;

$I_c$  indice di compressibilità legato statisticamente ai valori di  $N_{spt}$ , con probabilità del 50% che il cedimento reale superi quello calcolato.

Introducendo i parametri suddetti nella formula generale di Burland & Burbridge e considerando:

Una pressione efficace lorda  $q'$  uguale a 1.69 kg/cmq;

- un fattore tempo  $T$  massimo pari a 30 anni;
- una probabilità che il cedimento reale possa essere superiore del 50% a quello stimato;
- i fattori di carico  $R$  e  $R_3$  di tipodinamico;
- un grado di sovraconsolidazione  $OCR$  uguale a 1;

si ottiene il seguente cedimento (S):

	Cedimenti (mm)		
	S immediato	S a 30 anni	Ced. Massimo 30 mm
DP_1	27	67	NA

Dove:

A *accettabile*

NA *non accettabile*

Dall'analisi in oggetto si evince che per una pressione efficace lorda ( $q'$ ) pari a 1.69 kg/cmq, sembrerebbe ottenersi in corrispondenza dell'area sulla quale verrà ad essere realizzato il blocco ascensore un valore di cedimento superiore al limite ammissibile di legge per una fondazione a platea (massimo 30 - 50 mm).

Di contro l'analisi in oggetto eseguita considerando valori di pressione efficace lorda ( $q'$ ) inferiori a 1.69 kg/cmq a fornito le seguenti tensioni ammissibili tali da determinare un cedimento (S) totale con fattore tempo di 30 anni non superiore rispettivamente a 30, 40 e 50 mm.

**Qamm = 0.86 kg/cmq**

	Cedimenti (mm)		
	S immediato	S a 30 anni	Ced. Massimo 30 mm
DP_1	12	30	A

**Qamm = 1.1 kg/cmq**

	Cedimenti (mm)		
	S immediato	S a 30 anni	Ced. Massimo 40 mm
DP_1	16	40	A

**Qamm = 1.31 kg/cmq**

	Cedimenti (mm)		
	S immediato	S a 30 anni	Ced. Massimo 50 mm
DP_1	20	50	A



#### D) CONCLUSIONI

La soluzione progettuale di fondazione a platea di dimensioni pari a 3.4 m x 3.4 m con profondità di posa a – 1.7 m poggiante direttamente sul terreno in sito con profondità di posa a – 1.7 m dal p.c. risulta idonea, in base alle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, per una capacità portante di:

- 1) **0.85 kg/cmq** per un cedimento totale ammissibile non superiore a **30 mm**
- 2) **1.1 kg/cmq** per un cedimento totale ammissibile non superiore a **40 mm**
- 3) **1.31 kg/cmq** per un cedimento totale ammissibile non superiore a **50 mm**

Il progettista sulla base del cedimento massimo ammissibile dalla struttura in progetto dovrà considerare ai fini progettuali la relativa la capacità portante (tale da dissipare un cedimento totale ammissibile non superiore a quello da progetto).

*Nell'ipotesi progettuale di carico strutturale pari a 0.6 kg/cmq sulla base:*

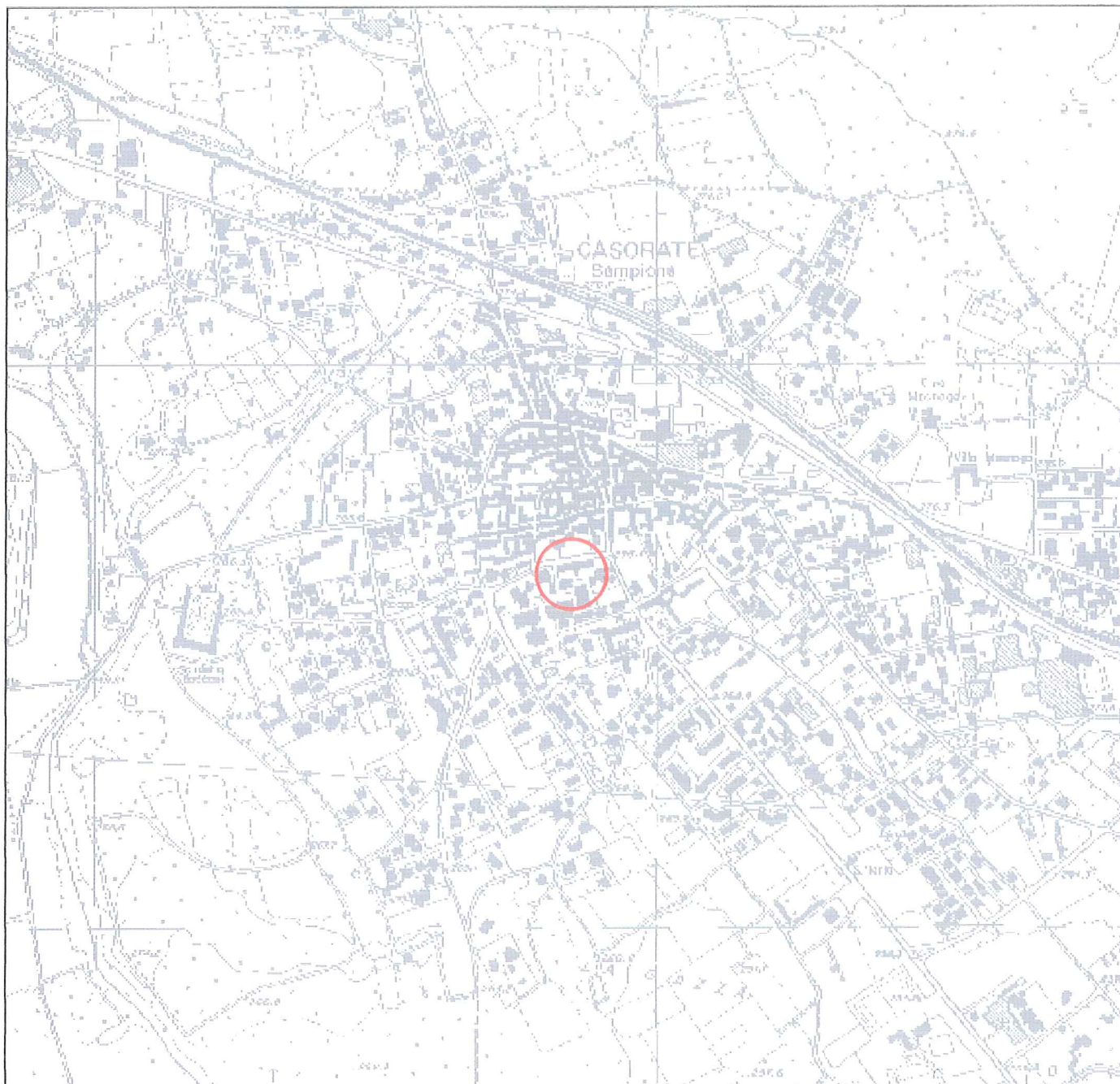
- *delle caratteristiche geometriche della fondazione,,*
- *delle caratteristiche geotecniche del terreno che va ad interagire con le strutture a – 1.7 m da p.c.*

*si avrebbe un valore di cedimento totale con fattore tempo 30 anni di 16 mm (Simm = 11.4 mm)*

Castelseprio, 7 aprile 2010

dott. geol. Luca Fontana  
(Ordine dei Geologi della Lombardia n° iscr. 1310)





## COMUNE DI CASORATE SEMPIONE

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

ai sensi del D.M. 11-03-98

a supporto progettazione blocco ascensore

da realizzarsi all'interno del complesso scolastico di Via De Amicis

**CARTA COROGRAFICA  
ESTRATTO DA C.T.R.**

**1:10.000**

**FIG. 01**

Ind.	Data	Progetto	Disegno	Controllato
A	apr - 10	LF	LF	LF
B				
C				
D				
Formato:	Piano no:			Ind.:
				A

**Dott. Geol. Luca Fontana**  
Idrogeologia, geotecnica, geofisica

Via San Rocco 715  
21050 Castelseprio (VA)  
Tel. +39 (0331) 820 584  
lfont@tiscali.it

## PENETROMETRO DINAMICO IN USO : TG 30-20 4x4

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla riferimento	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

## CARATTERISTICHE TECNICHE : TG 30-20 4x4

PESO MASSA BATTENTE	M = 30,00 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,20 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 0,24 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 35,70 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 10,00 cm <sup>2</sup>
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 2,40 kg
PROF. GIUNZIONE 1 <sup>a</sup> ASTA	P1 = 0,80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,10$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(10) $\Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 10 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A $\delta$ ) = 6,00 kg/cm <sup>2</sup> ( prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm <sup>2</sup> )
COEFF. TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 0,766$ ( teoricamente : Nspt = $\beta_t$ N )

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

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

Rpd = resistenza dinamica punta [ area A]  
e = infissione per colpo =  $\delta / N$

M = peso massa battente (altezza caduta H)  
P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)
1 kg/cm <sup>2</sup> = 0.098067 MPa
1 MPa = 1 MN/m <sup>2</sup> = 10.197 kg/cm <sup>2</sup>
1 bar = 1.0197 kg/cm <sup>2</sup> = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

**n° 1**

- indagine : COMUNE DI CASORATE SEMPIONE  
- cantiere : Via De Amicis  
- località : Casorate Sempione (VA)  
- note :

- data : 01/04/2010  
- quota inizio : 0 m da p.c.  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	10	55,1	---	1	3,60 - 3,70	7	31,6	---	4
0,10 - 0,20	11	60,7	---	1	3,70 - 3,80	8	36,1	---	4
0,20 - 0,30	17	93,8	---	1	3,80 - 3,90	8	34,1	---	5
0,30 - 0,40	8	44,1	---	1	3,90 - 4,00	9	38,4	---	5
0,40 - 0,50	7	38,6	---	1	4,00 - 4,10	10	42,6	---	5
0,50 - 0,60	7	38,6	---	1	4,10 - 4,20	10	42,6	---	5
0,60 - 0,70	7	38,6	---	1	4,20 - 4,30	10	42,6	---	5
0,70 - 0,80	9	49,6	---	1	4,30 - 4,40	11	46,9	---	5
0,80 - 0,90	14	71,9	---	2	4,40 - 4,50	12	51,1	---	5
0,90 - 1,00	12	61,6	---	2	4,50 - 4,60	10	42,6	---	5
1,00 - 1,10	12	61,6	---	2	4,60 - 4,70	7	29,8	---	5
1,10 - 1,20	11	56,5	---	2	4,70 - 4,80	11	46,9	---	5
1,20 - 1,30	9	46,2	---	2	4,80 - 4,90	14	56,5	---	6
1,30 - 1,40	10	51,4	---	2	4,90 - 5,00	14	56,5	---	6
1,40 - 1,50	33	169,5	---	2	5,00 - 5,10	12	48,4	---	6
1,50 - 1,60	33	169,5	---	2	5,10 - 5,20	11	44,4	---	6
1,60 - 1,70	32	164,4	---	2	5,20 - 5,30	7	28,2	---	6
1,70 - 1,80	29	149,0	---	2	5,30 - 5,40	4	16,1	---	6
1,80 - 1,90	20	96,2	---	3	5,40 - 5,50	3	12,1	---	6
1,90 - 2,00	29	139,4	---	3	5,50 - 5,60	3	12,1	---	6
2,00 - 2,10	29	139,4	---	3	5,60 - 5,70	5	20,2	---	6
2,10 - 2,20	12	57,7	---	3	5,70 - 5,80	9	36,3	---	6
2,20 - 2,30	12	57,7	---	3	5,80 - 5,90	17	65,1	---	7
2,30 - 2,40	10	48,1	---	3	5,90 - 6,00	14	53,6	---	7
2,40 - 2,50	8	38,5	---	3	6,00 - 6,10	19	72,7	---	7
2,50 - 2,60	8	38,5	---	3	6,10 - 6,20	10	38,3	---	7
2,60 - 2,70	10	48,1	---	3	6,20 - 6,30	8	30,6	---	7
2,70 - 2,80	11	52,9	---	3	6,30 - 6,40	16	61,2	---	7
2,80 - 2,90	11	49,7	---	4	6,40 - 6,50	22	84,2	---	7
2,90 - 3,00	9	40,7	---	4	6,50 - 6,60	25	95,7	---	7
3,00 - 3,10	8	36,1	---	4	6,60 - 6,70	10	38,3	---	7
3,10 - 3,20	7	31,6	---	4	6,70 - 6,80	12	45,9	---	7
3,20 - 3,30	7	31,6	---	4	6,80 - 6,90	36	131,1	---	8
3,30 - 3,40	8	36,1	---	4	6,90 - 7,00	36	131,1	---	8
3,40 - 3,50	8	36,1	---	4	7,00 - 7,10	24	87,4	---	8
3,50 - 3,60	8	36,1	---	4	7,10 - 7,20	100	364,1	---	8

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 30-20 4x4**

- M (massa battente)= **30,00** kg - H (altezza caduta)= **0,20** m - A (area punta)= **10,00** cm² - D(diam. punta)= **35,70** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [  $\delta$  = 10 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

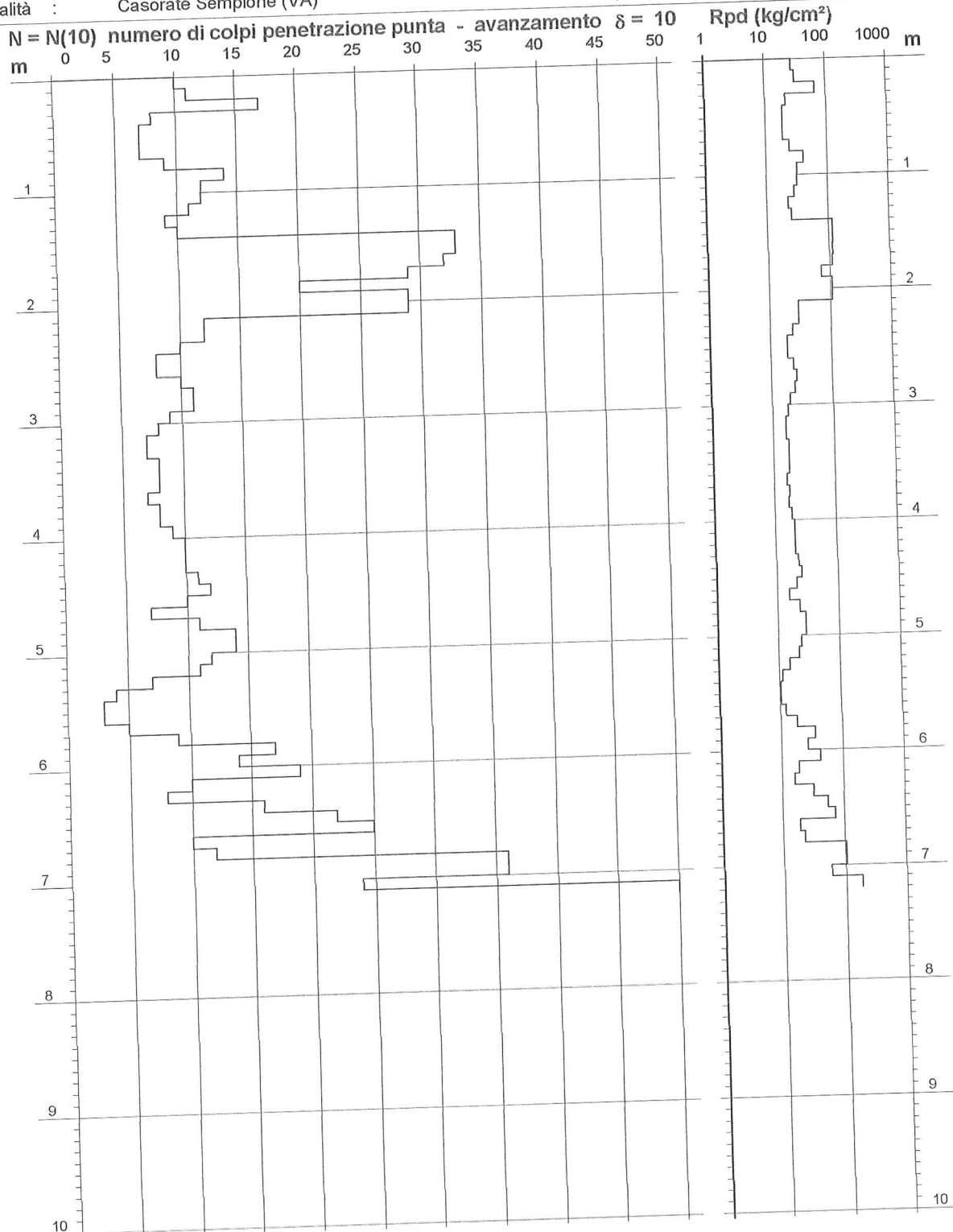
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 1

Scala 1: 50

- indagine : COMUNE DI CASORATE SEMPIONE  
- cantiere : Via De Amicis  
- località : Casorate Sempione (VA)

- data : 01/04/2010  
- quota inizio : 0 m da p.c.  
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : TG 30-20 4x4  
- M (massa battente)= 30,00 kg - H (altezza caduta)= 0,20 m - A (area punta)= 10,00 cm<sup>2</sup> - D(diam. punta)= 35,70 mm  
- Numero Colpi Punta  $N = N(10)$  [ $\delta = 10$  cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : NO

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

n° 1

- indagine : COMUNE DI CASORATE SEMPIONE  
- cantiere : Via De Amicis  
- località : Casorate Sempione (VA)  
- note :

- data : 01/04/2010  
- quota inizio : 0 m da p.c.  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	$\beta$	Nspt
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s		
1	0,00	2,10	N	16,6	7	33	11,8	9,8	6,8	26,4	0,77	13
			Rpd	85,5	39	170	62,1	48,2	37,4	133,7		
2	2,10	5,80	N	9,0	3	14	6,0	2,7	6,3	11,6	0,77	7
			Rpd	39,3	12	58	25,7	11,8	27,6	51,1		
3	5,80	6,80	N	15,3	8	25	11,7	5,6	9,7	20,9	0,77	11
			Rpd	58,5	31	96	44,6	21,3	37,3	79,8		
4	6,80	7,10	N	32,0	24	36	28,0	----	----	----	0,77	25
			Rpd	116,5	87	131	101,9	----	----	----		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio

N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)

$\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 0,77$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 10$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

- indagine :	COMUNE DI CASORATE SEMPIONE	- data :	01/04/2010
- cantiere :	Via De Amicis	- quota inizio :	0 m da p.c.
- località :	Casorate Sempione (VA)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 2.10		13	39.5	29.0	292	1.95	1.53	----	----	----	----
2	2.10 5.80		7	25.0	25.2	245	1.90	1.45	----	----	----	----
3	5.80 6.80		11	36.5	27.8	276	1.94	1.51	----	----	----	----
4	6.80 7.10		25	57.5	34.4	384	2.02	1.64	----	----	----	----

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno