

COMUNE DI RIVAROLO CANAVESE

PROGETTO ESECUTIVO

**ISTITUTO COMPRENSIVO G.GOZZANO
SCUOLA SECONDARIA DI 1^GRADO
ADEGUAMENTO FABBRICATI ESISTENTI ALLA NORMATIVA ANTINCENDIO**

RELAZIONE GEOLOGICA

Il Progettista

(Ing. Francesco Vita)
n.418 albo ordine ingg. AG
A/B/C
Via delle badie n.238
59100 Prato

Tav. A.02e

Il grado di conoscenza dell'area dal punto di vista geologico-geotecnico ricade in quanto previsto dal punto 6.2.2 del D.M.14-01-2008 7^ed ultimo capoverso:

“Nel caso di costruzioni o di interventi di modesta rilevanza, che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico, la progettazione può essere basata sull'esperienza e sulle conoscenze disponibili, ferma restando la piena responsabilità del progettista su ipotesi e scelte progettuali.”

Infatti l'area oggetto di intervento:

1)confina con l'area di sedime di un nuovo fabbricato scolastico e condivide con questa il litotipo a vista e la stratigrafia sottostante ben studiati e sviluppati negli studi geologico-tecnico e geologico-sismico di supporto alla costruzione della nuova scuola elementare in fase di realizzazione, a cura e firma del dott. Geologo CAVACIUTI Cristiano;

2)Il contesto geologico e geotecnico è certamente uniforme ed è tale da consentire la possibilità di una ricostruzione litostratigrafica e geotecnica derivante dalle specifiche indagini geognostiche già condotte

Visto il modesto scarico dei carichi unitari in fondazione, l'esiguità della nuova cubatura aggiunta, l'estrema leggerezza delle nuove masse in gioco rispetto a quelle giacenti sui fabbricati esistenti e l'assoluta trasportabilità dei risultati in relazione alla vicinanza nonché all'assetto del sedime, si condividono le valutazioni, le considerazioni e quindi si adottano le conclusioni dello studio geologico citato.

Di seguito viene riportata per notizia e prova copia delle relazione geologico-tecnica e geologica-sismica, redatte dal professionista abilitato per gli scopi sopra citati, di cui si condividono a pieno i risultati e si dichiara la completa trasportabilità in relazione alla contiguità dei siti.-



Città di Rivarolo Canavese

PROJECT FINANCING REALIZZAZIONE E GESTIONE SCUOLA ELEMENTARE POLO SCOLASTICO



Associazione Temporanea di Imprese

Caopogruppo: **C. G. EDILQUATTRO s.p.a.**

Costruzioni Generali EdilQuattro

Via Stefanat s.n. - 10078 Venaria Reale (TO)

Mandante: **ICIM s.r.l.**

Insedimenti Civili Industriali e Montaggio

Via Cavour, 2 10080 Ozegna (TO)

Consulente per il project financing:

EFFE s.r.l.

Via Sant'Agostino n. 12 - 10122 Torino

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Responsabile di progetto	Ing. Mario Corino
Progetto Architettonico	Arch. Gianbattista Pomatto, Arch. Sara Bertoncini
Acustica	Ing. Matteo Corino
Strutture	Ing. Maurizio Alno
Impianti meccanici	Arch. Paolo Fop
Impianti elettrici	Per. Ind. Massimo Zenerino
Opere di urbanizzazione e fognature interne	Ing. Bruno Moseotto
Geologia e Geotecnica	Dott. Geol. Cristiano Cavaciuti

PROGETTO ESECUTIVO

GEOLOGIA E GEOTECNICA

Titolo tavola

Relazione geologico-tecnica

RESPONSABILE DI PROGETTO



REVISIONE

Rev. 00

DATA PROGETTO

1 Marzo 2010

SCALA

N° TAVOLA

0.b.1

PREMESSA

A seguito dell'incarico conferito per conto dell'Amministrazione Comunale, lo scrivente ha redatto la seguente indagine geologica svolta in osservanza al D.M. LL.PP. 11 marzo 1988 che impone - per ogni struttura interagente con il terreno - la descrizione degli aspetti geologici inerenti il sito di intervento e la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione dei manufatti, per consentire l'individuazione degli eventuali problemi che la natura del sottosuolo pone per le scelte delle soluzioni progettuali.

Lo scopo della presente è dunque di raccogliere tutti i dati, qualitativi e quantitativi, occorrenti per il controllo delle opere nel loro insieme ed in rapporto al terreno, al fine di consentire l'esecuzione di opportune verifiche di calcolo inerenti la capacità portante delle strutture fondazionali ed i loro eventuali cedimenti, dopo aver accertato l'eventuale grado delle condizioni di rischio geologico riguardanti il sito in esame.

La presente relazione, considerata l'assenza di sostanziali modifiche strutturali in fase di progetto esecutivo, riprende fedelmente i dati e le osservazioni contenute nella relazione che accompagna il progetto definitivo.

UBICAZIONE DELL'AREA E TIPOLOGIA DELL'OPERA

Il sito oggetto d'indagine ha il riscontro nelle seguenti tavole cartografiche:

- tavoletta I.G.M. a scala 1: 25.000 - 56 I N.O. "Rivarolo Can.se"
- Carta Tecnica della Provincia di Torino a scala 1: 5000, elemento n. 135052
- Carta Tecnica Regionale a scala 1: 10.000, elemento n. 135050 - "Rivarolo Canavese"

L'intervento in progetto prevede la realizzazione di un fabbricato a tre livelli, per il quale la soluzione ipotizzata per la realizzazione degli elementi fondazionali consiste nell'esecuzione di fondazioni dirette superficiali mediante strutture continue.

Poiché la costruzione incide in modo sostanziale in rapporto alla stabilità globale dell'insieme opera terreno, la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo è stata valutata mediante dati reperiti nella recente letteratura geologica, che sono stati confrontati con i risultati di prospezioni realizzate in corrispondenza dell'area di intervento, eseguite mediante scavo meccanico.



I pozzetti eseguiti hanno confermato l'uniformità litostratigrafica del settore d'intervento e hanno consentito di acquisire una discreta conoscenza dei parametri geomeccanici dei terreni interessati direttamente dalla struttura di fondazione.

I relativi valori saranno pertanto introdotti nelle formule di calcolo della capacità portante al fine di determinare i valori della portata ammissibile dei terreni di fondazione e calcolare i corrispondenti cedimenti strutturali dell'opera in riferimento alla tipologia dei materiali su cui appoggeranno le opere di fondazione.

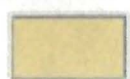
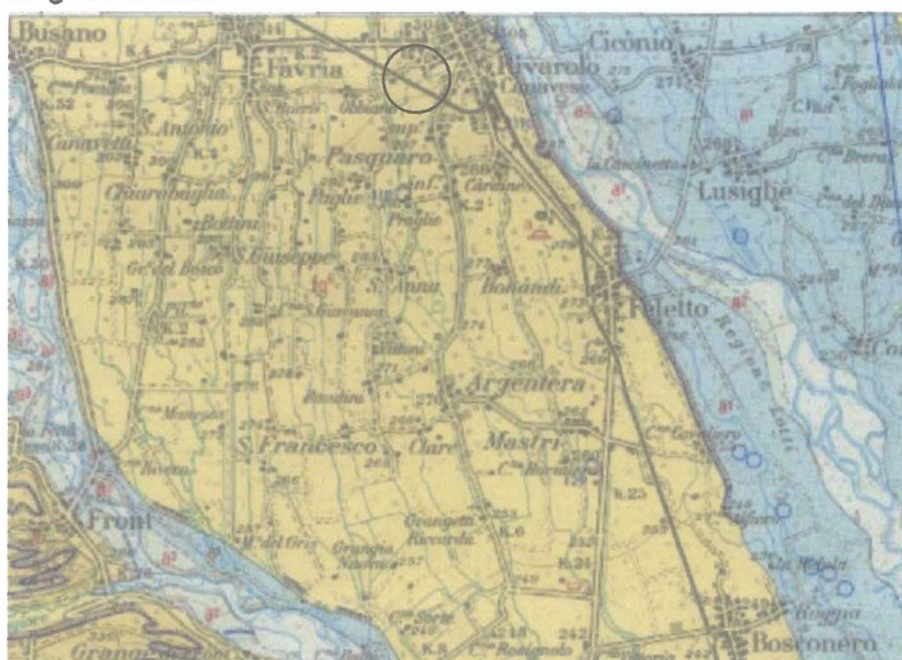
INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area è compresa geologicamente nel Foglio 56 TORINO della Carta Geologica d'Italia a scala 1 : 100.000 entro depositi quaternari di origine fluvio-glaciale riferibili all'interglaciale Riss – Würm (Pleistocene medio), che originano l'ampio settore di alta pianura terrazzata a Nord del F. Po .

Alla base dei depositi fluvio-glaciali Riss sono presenti sequenze di livelli riferibili al fluvio-glaciale Mindel, al di sotto dei quali si rilevano i depositi deltizi e fluvio-lacustri del Villafranchiano, che testimoniano la transizione tra le sabbie marine plioceniche ed i depositi continentali quaternari .

I depositi fluvio-glaciali rissiani - entro i quali sarà attuato l'intervento in progetto - dovevano costituire un unico corpo prima che l'intensa erosione del T.Orco separasse due unità ad Est e ad Ovest di esso (perfettamente correlabili tra loro), legate geneticamente alla messa in posto dell'Anfiteatro morenico di Ivrea .

Considerata la notevole distanza dalle cerchie più esterne, i depositi fluvio-glaciali assumono caratteristiche tipicamente fluviali, anche se la loro natura è rivelata dall'alterazione degli elementi, oltre che alla copertura loessica o alla presenza, talvolta, di un paleosuolo giallo-bruno.



depositi fluvio-glaciali rissiani

I depositi più recenti, riscontrabili in corrispondenza di entrambe le sponde del T.Orco , sono riferibili alle alluvioni medio-recenti ed attuali dei corsi d'acqua principali . Su

basi morfologiche e litostratigrafiche si possono distinguere superfici debolmente terrazzate che individuano diverse fasi erosive e deposizionali.

Nel dettaglio l'area interessata dall'opera in progetto presenta nel settore orientale un piano di campagna ribassato di circa 50 cm rispetto al piano campagna naturale; pertanto tale settore potrebbe essere soggetto a ristagno delle acque meteoriche.

In adiacenza all'area è presente un canale di derivazione delle acque del Fiume Orco la cui portata, costantemente regimata, non rappresenta un elemento di pericolosità geomorfologica.

ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO

L'analisi litostratigrafica del settore in studio, eseguita attraverso i dati desunti dalle trivellazioni dei pozzi per acqua oltre che da molteplici informazioni derivanti da prospezioni meccaniche e geoelettriche, conferma la presenza della sequenza completa dei depositi quaternari e plio-pleistocenici.

I livelli di terreno attraversati dalla colonna litostratigrafica tipo possono essere descritti nel modo seguente, procedendo dall'alto verso il basso:

- In superficie è presente una coltre di terreno agrario potente circa 50 ÷ 80 cm , costituita da sabbia limosa bruna , con presenza di frammenti vegetali e resti radicalari. Data la vocazione agricola del territorio, questo primo livello risulta costantemente rimaneggiato .
- La coltre di copertura è talora completata da un deposito d'argilla limosa grigia passante verso il basso a un limo argilloso-sabbioso di colore giallo-grigio con rara ghiaia; talora , il livello più fine è sostituito da un limo sabbioso o da una sabbia fine limosa. I rari elementi di ghiaia che si rinvenivano nel deposito risultano assai alterati. La coltre di copertura è continua su tutta l'area esaminata nel dettaglio e la sua potenza è mediamente inferiore ad 1 metro . Geneticamente, è possibile attribuire il deposito in questione alla copertura loessica (deposito di origine eolica in ambiente di steppa) riferita al periodo postglaciale rissiano .

CARATTERI GEOLITOLOGICI

In corrispondenza del sito di intervento sono stati realizzati tre pozzetti esplorativi allineati lungo l'asse E-W dell'opera in progetto.

I pozzetti 1 e 2 sono localizzati ad una quota inferiore di circa 50cm rispetto al pozzetto 3 (lato W) ubicato al di sopra della superficie di campagna naturale.



I caratteri litostratigrafici evidenziati dalle prospezioni possono essere ricondotti ai seguenti termini:

- Il passaggio ai sottostanti depositi ghiaioso - sabbiosi è quasi sempre netto ed è rimarcato talora da un livello centimetrico di ghiaietto in matrice limosa discretamente cementato.

La granulometria del deposito è essenzialmente ghiaioso-ciottolosa e la matrice è una sabbia limosa di colore bruno. I clasti, di diametro anche superiore a 0.3 metri, si presentano sempre con forma arrotondata e sono ben gradati; la loro natura mineralogica è eterogenea e riflette la petrografia delle unità affioranti sui rilievi alpini e prealpini delle valli Orco e Chiusella. Alcuni elementi con minerali silicei e silicatici si presentano in uno stato d'alterazione talvolta alle fasi iniziali, talvolta allo stato avanzato.

Il deposito è localmente molto addensato e si osservano sovente, soprattutto in corrispondenza alla base del deposito, graduali passaggi a livelli di sabbia - sabbia fine con ghiaia fortemente alterata.

A questa diminuzione di granulometria corrisponde una diminuzione del coefficiente di permeabilità, che passa da un valore di k medio (m/s) = $4.0 \exp-5$ intorno a 10 metri dal p.c. ad un valore k medio (m/s) = $6.6 \exp-6$ intorno a 20 metri dal piano campagna.

- I dati desunti dalle colonne litostratigrafiche dei pozzi presenti nell'area circostante, mostrano che la transizione ai sottostanti livelli è posta ad una quota di:

- 17 m dal p.c. in loc. S.Francesco di Oglianico
- 16.5 m dal p.c. in corrispondenza al pozzo dell'acquedotto comunale di Bosconero
- 26 m dal p.c. in corrispondenza al pozzo che alimenta l'acquedotto di Feletto

Il grado di rischio geologico legato ai processi di dinamica fluviale operato dal reticolo fluviale primario risulta nullo.

Da rilevare, invece, la presenza di una falda freatica che si pone generalmente a quote intorno a 6-7 m dal p.c. e che mostra un andamento da NNW verso SSE, con un gradiente idraulico medio di $J = 0.8\%$, di poco inferiore rispetto all'inclinazione della superficie topografica.

Pozzetto n. 1 (settore est)

da 0.0 a 0.5 m da p.c.

Deposito costituito da intercalazioni limoso – sabbiose che passano lateralmente a limi argillosi di colore tendente al giallo e al grigio. Il deposito mostra una colorazione marrone-ocra e si presenta scarsamente alterato.

da 0.5 m a 1.0 dal p.c.

Livello di transizione costituito da ciottoli alterati e ghiaia in matrice limosa.

oltre 1.0 m da p.c.

Deposito fluvioglaciale costituito da ghiaia ben gradata e ciottoli; il deposito mostra di possedere un elevato grado d'addensamento e non si riscontra la presenza d'acque libere circolanti alla quota d'imposta del piano delle strutture di fondazione (la presenza di acqua all'interno del pozzetto è legata al ristagno di acque meteoriche in superficie)

Pozzetto n. 2 (settore centrale)

da 0.0 a 0.4 m da p.c.

Deposito costituito da intercalazioni limoso – sabbiose che passano lateralmente a limi argillosi di colore tendente al giallo e al grigio. Il deposito mostra una colorazione marrone-ocra e si presenta scarsamente alterato.

da 0.4 a 1.2 m dal p.c.

Livello di transizione costituito da ciottoli alterati e ghiaia in matrice limosa.

Oltre 1.2 m dal p.c.

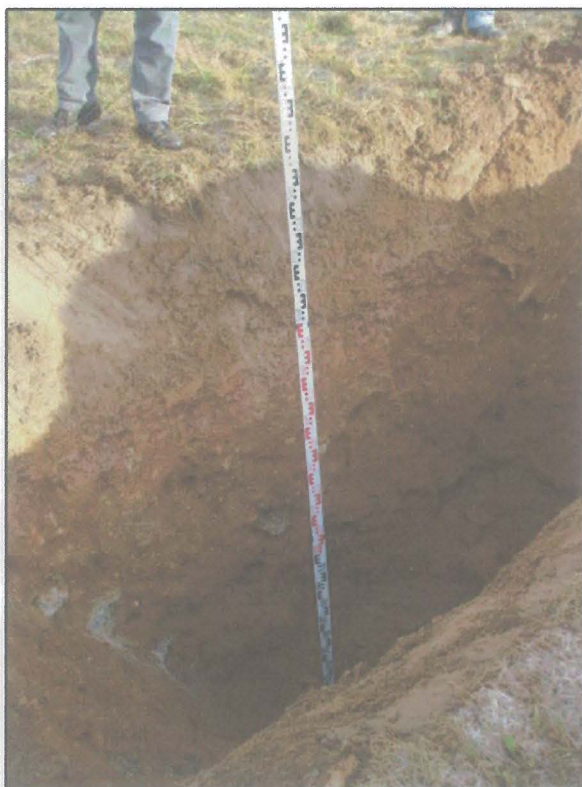
Deposito fluvioglaciale costituito da ghiaia ben gradata e ciottoli di forma arrotondata con diametro massimo $\phi_{max} = 0.25$ m, in matrice di sabbia debolmente limosa.



Pozzetto 1 (sopra)



Pozzetto 2 (sotto)



Le colonne stratigrafiche ricavate dai pozzetti evidenziano l'asportazione dei livelli di terreno naturale superficiali (suolo agrario) nel settore orientale (pozzetti 1 e 2).

L'uniformità litologica dei depositi sottostanti è comunque inequivocabilmente definita da tutte le prospezioni, con minime variazioni della quota del tetto del livello ghiaioso che tende generalmente a posizionarsi nell'intorno di $0.8 \div 1.6$ m dal p.c. a causa delle modificazioni antropiche della superficie del p.c. e delle ondulazioni della superficie originaria sulla quale si sono depositati i livelli della copertura di *löss*.

Sulla base delle prospezioni dirette (pozzetti e indagine sismica) è possibile attribuire ai terreni ghiaiosi di fondazione i seguenti parametri geotecnici:

c	= coesione	0 kN/mq
φ	= angolo di attrito interno	35°
γ	= peso di volume del terreno	20 kN/mc

La presenza d'acqua libera viene generalmente rilevata a partire da una quota di circa 6 - 7 m dal p.c. e può comunque subire delle oscillazioni in dipendenza degli eventi meteorici mediamente contenute nell'ordine di 1,5 – 2 m. Tali oscillazioni portano le acque sotterranee in una posizione tale da interferire con la zona di terreno che risente del carico della struttura (seppur non direttamente con la struttura di fondazione).

CAPACITA' PORTANTE DEL TERRENO

Nel caso di fondazioni dirette superficiali, il calcolo della capacità portante dei terreni presuppone la conoscenza di alcuni parametri meccanici :

c	= coesione
φ	= angolo di attrito interno
γ	= peso di volume del terreno

ipotizzando la tipologia e le dimensioni degli elementi fondazionali.

Mediante le espressioni presentate da *Terzaghi*, *Meyerhof*, *Brinch-Hansen* e *Vesic* si determina il carico di rottura (Q_{lim}), che è il risultato più strettamente geotecnico del calcolo di capacità portante delle fondazioni superficiali e che rappresenta la massima tensione in assoluto, superando la quale si ha la rottura del terreno dovuta agli sforzi di taglio.

Il carico ammissibile (Q_{amm}) è dato dal rapporto tra il carico di rottura ed un

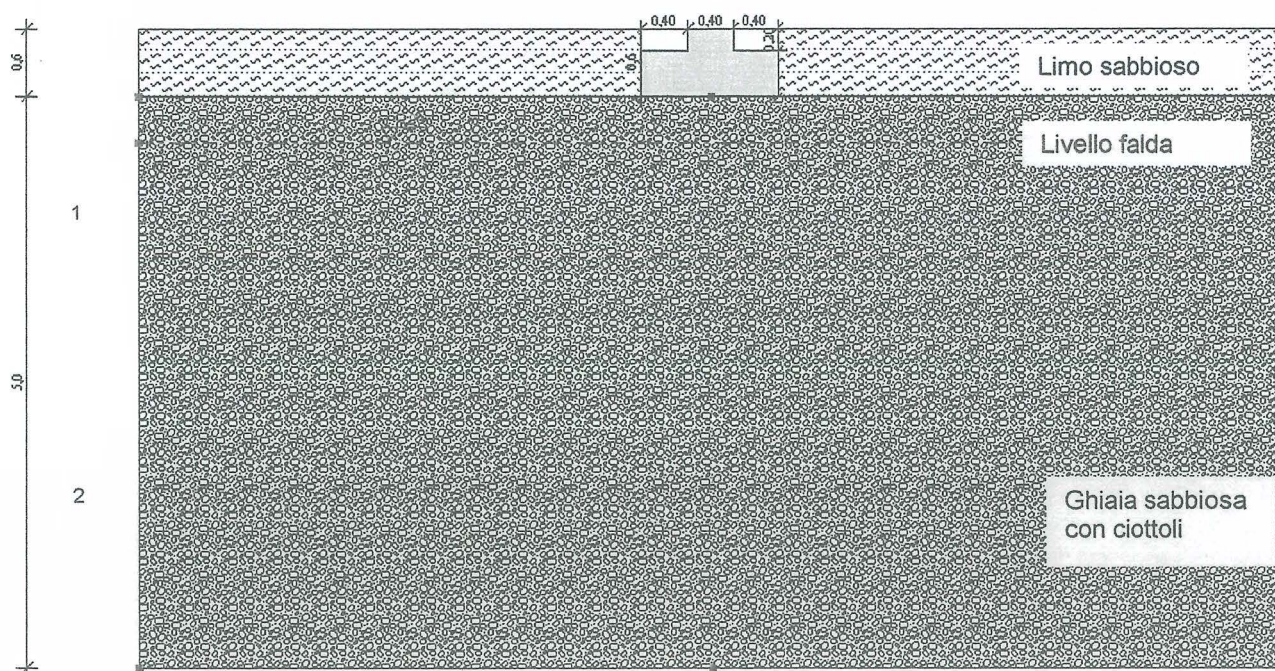
coefficiente di sicurezza che deve essere , come da normativa :

$\eta = 3$ (D.M. 11.3.1988 - C.4.2.) .

Il carico di rottura Q_{lim} è funzione delle caratteristiche meccaniche del terreno, della forma e dimensioni della superficie di carico e della profondità del piano di fondazione.

La seguente ricostruzione stratigrafica evidenzia l'asportazione del terreno di superficie e il proseguimento degli scavi in sezione continua fino a raggiungere i depositi ghiaiosi sottostanti.

SCHEMA STRATIGRAFICO



Operando la verifica di stabilità sono stati assegnati ai parametri geotecnici del terreno i valori indicati nelle tabella seguente:

S	DH (m)	Gam (kN/m ³)	Gams (kN/m ³)	Fi (°)	c (kN/m ²)	cu (kN/m ²)	Ey (kN/m ²)	Ed (kN/m ²)
1	0,6	16,0	17,0	20,0	0,0	0,0	2000,0	0,0
2	5,0	19,0	20,0	35,0	0,0	0,0	60000,0	0,0

S: n. strato; DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; c: Coesione; cu Coesione non drenata; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico;

Sono stati assegnati ai parametri meccanici del terreno valori che rientrano nel campo di variabilità di questi materiali, assumendo le più sfavorevoli condizioni che si possano ragionevolmente prevedere con massima soggiacenza della falda localizzata a 2 m al di sotto del piano campagna.

Ipotizzando pertanto una fondazione nastriforme perimetrale con profondità di imposta relativa non inferiore a:

$$D = 0,6 \text{ m}$$

e larghezza del cordolo

$$L = 1.2 \text{ m}$$

utilizzando opportuni coefficienti correttivi che tengono conto della tipologia della fondazione, il carico limite assume valore compreso tra :

$$785 < Q_{lim} \text{ (kN/mq)} < 1042$$

a seconda del metodo di calcolo utilizzato .

Applicando quindi un coefficiente di sicurezza $\eta = 3$ la pressione ammissibile assume valore compreso tra

$$261 < Q_{amm} \text{ (kN/mq)} < 347$$

Nella verifica di calcolo della capacità portante dei terreni sono considerati i valori di carico relativi alla fondazione maggiormente sollecitata (secondo progetto):

pilastro 13 (settore A, verso la rampa d'ingresso):

combinazione rara:	$N = -576 \text{ KN/m}^2$;	$M_x = 22 \text{ KN/m}^2$;	$M_y = -1,8 \text{ KN/m}^2$
combinazione permanente:	$N = -472 \text{ KN/m}^2$;	$M_x = 20 \text{ KN/m}^2$;	$M_y = -1,5 \text{ KN/m}^2$

Il seguente elaborato illustra le tabelle riassuntive di calcolo

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONI SUPERFICIALI

Comune di RIVAROLO
Nuovo complesso scolastico
Fondazione nastriforme

CALCOLO DELLA FONDAZIONE SECONDO TERZAGHI

$$Q_{ult} = c' * N_c * S_c + q' * N_q + .5 * g' * B * N_g * S_g$$

Fattore Nq	41,44
Fattore Nc	57,75
Fattore Ng	42,43
Fattore Sc	1,0
Fattore Sg	1,0

Pressione limite 785,97 kN/m

Pressione ammissibile 261,99 kN/m² (per Fs = 3.00)

CALCOLO DELLA FONDAZIONE SECONDO MEYERHOF

$$Q_{ult} = c' * N_c * S_c * D_c + q' * N_q * S_q * D_q + .5 * g' * B * N_g * S_g * D_g$$

Fattore Nq	33,3
Fattore Nc	46,12
Fattore Ng	37,15
Fattore Sc	1,89
Fattore Dc	1,19
Fattore Sq	1,44
Fattore Dq	1,1
Fattore Sg	1,44
Fattore Dg	1,1

Pressione limite 1042,9 kN/m²

Pressione ammissibile 347,63 kN/m² (per Fs = 3.00)

CALCOLO DELLA FONDAZIONE SECONDO VESIC

$$Q_{ult} = c' * N_c * S_c * D_c * G_c * B_c + q' * N_q * S_q * D_q * G_q * B_q + 0.5 * g' * B * N_g * S_g * D_g * G_g * B_g$$

Fattore Nq	33,3
Fattore Nc	46,12
Fattore Ng	48,03
Fattore Sc	1,0
Fattore Dc	1,2
Fattore Sq	1,0
Fattore Dq	1,0
Fattore Sg	1,0
Fattore Dg	1,84

Pressione limite 891,56 kN/m²

Pressione ammissibile 297,19 kN/m² (per Fs = 3.00)

CALCOLO DELLA FONDAZIONE SECONDO BRINCH-HANSEN

$$Q_{ult} = c' * N_c * S_c * D_c * G_c * B_c + q' * N_q * S_q * D_q * G_q * B_q + 0.5 * g' * B * N_g * S_g * D_g * G_g * B_g$$

Fattore Nq	33,3
Fattore Nc	46,12
Fattore Ng	33,92
Fattore Sc	1,0
Fattore Dc	1,2
Fattore Ic	1,0
Fattore Gc	1,0
Fattore Bc	1,0
Fattore Sq	1,84
Fattore Dq	1,13
Fattore Iq	1,0
Fattore Gq	1,0
Fattore Bq	1,0
Fattore Sg	0,52
Fattore Dg	1,0
Fattore Ig	1,0
Fattore Gg	1,0
Fattore Bg	1,0

Pressione limite 824,46 kN/m²

Pressione ammissibile 274,82 kN/m² (per Fs = 3.00)

Carico di progetto [Vd]	576,00 kN/m ²
Carico limite fondazione [Rd]	873,13 kN/m ²
Rd >= Vd	Verificato

CEDIMENTI ELASTICI

Coefficiente di influenza I1 0,46
 Coefficiente di influenza I2 0,01
 Coefficiente di influenza Is 0,42

Cedimento al centro della fondazione 7,45 mm
 Cedimento al bordo 3,37 mm

 LoadCap 2008

Si tratta, data la natura dei terreni, di cedimenti immediati che si esauriranno nel corso dell'edificazione e possono essere considerati assolutamente trascurabili in rapporto alla struttura in progetto.

CONCLUSIONI

L'indagine geologico tecnica sui terreni di fondazione del costruendo fabbricato scolastico in Rivarolo Can.se, svolta in osservanza ai paragrafi B. e C. del D.M. LL.PP. 11 marzo 1988, (e successivo D.M. 14.09.2005) consente di fornire le seguenti indicazioni di natura progettuale:

- asportazione dei livelli limoso sabbiosi superficiali e proseguimento obbligato degli scavi in sezione continua fino a raggiungere i depositi ghiaiosi;
- livellamento e regolarizzazione del piano di posa degli elementi strutturali di fondazione con eventuale getto di pulitura mediante conglomerato magro;
- adozione di fondazioni dirette superficiali mediante una struttura continua nastriforme, aventi le caratteristiche descritte negli elaborati precedenti e con relativo carico gravante sui terreni comunque non superiore a :

$$Q_{amm} = 2.61 \text{ daN/mq} \quad \text{ovvero} \quad 2.61 \text{ kg/cmq}$$

Rimanendo a Vs. completa disposizione per ogni ulteriore chiarimento in merito, si formulano i migliori saluti .

Valperga, gennaio 2009

Dott. Geol. CAVACIUTI Cristiano



Città di Rivarolo Canavese

PROJECT FINANCING REALIZZAZIONE E GESTIONE SCUOLA ELEMENTARE POLO SCOLASTICO



Associazione Temporanea di Imprese

Caopogruppo: **C. G. EDILQUATTRO s.p.a.**

Costruzioni Generali EdilQuattro

Via Stefanat s.n. - 10078 Venaria Reale (TO)

Mandante: **ICIM s.r.l.**

Insediamenti Civili Industriali e Montaggio

Via Cavour, 2 10080 Ozegna (TO)

Consulente per il project financing:

EFFE s.r.l.

Via Sant'Agostino n. 12 - 10122 Torino

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Responsabile di progetto Ing. Mario Corino
 Progetto Architettonico Arch. Gianbattista Pomatto, Arch. Sara Bertoncini
 Acustica Ing. Matteo Corino
 Strutture Ing. Maurizio Alno
 Impianti meccanici Arch. Paolo Fop
 Impianti elettrici Per. Ind. Massimo Zenerino
 Opere di urbanizzazione e fognature interne Ing. Bruno Masetto
 Geologia e Geotecnica Dott. Geol. Cristiano Cavaciuti

PROGETTO ESECUTIVO**GEOLOGIA E GEOTECNICA**

Titolo tavola

Relazione sismica

RESPONSABILE DI PROGETTO



REVISIONE

Rev. 00

DATA PROGETTO

1 Marzo 2010

SCALA

N° TAVOLA

0.b.2

INDAGINE SISMICA

Attraverso il D.M. del 14.01.2008 vengono ribadite le norme (precedentemente contenute nell'Ordinanza 3274 del 20.03.2003) che definiscono i criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, il D.M. del 14.01.2008 definisce le seguenti cinque categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione:

A. Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_s , 30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

B. Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con

la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

C. Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

D. Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

E. Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

L'area di intervento ricade all'interno della *Zona 4* di classificazione del rischio sismico.

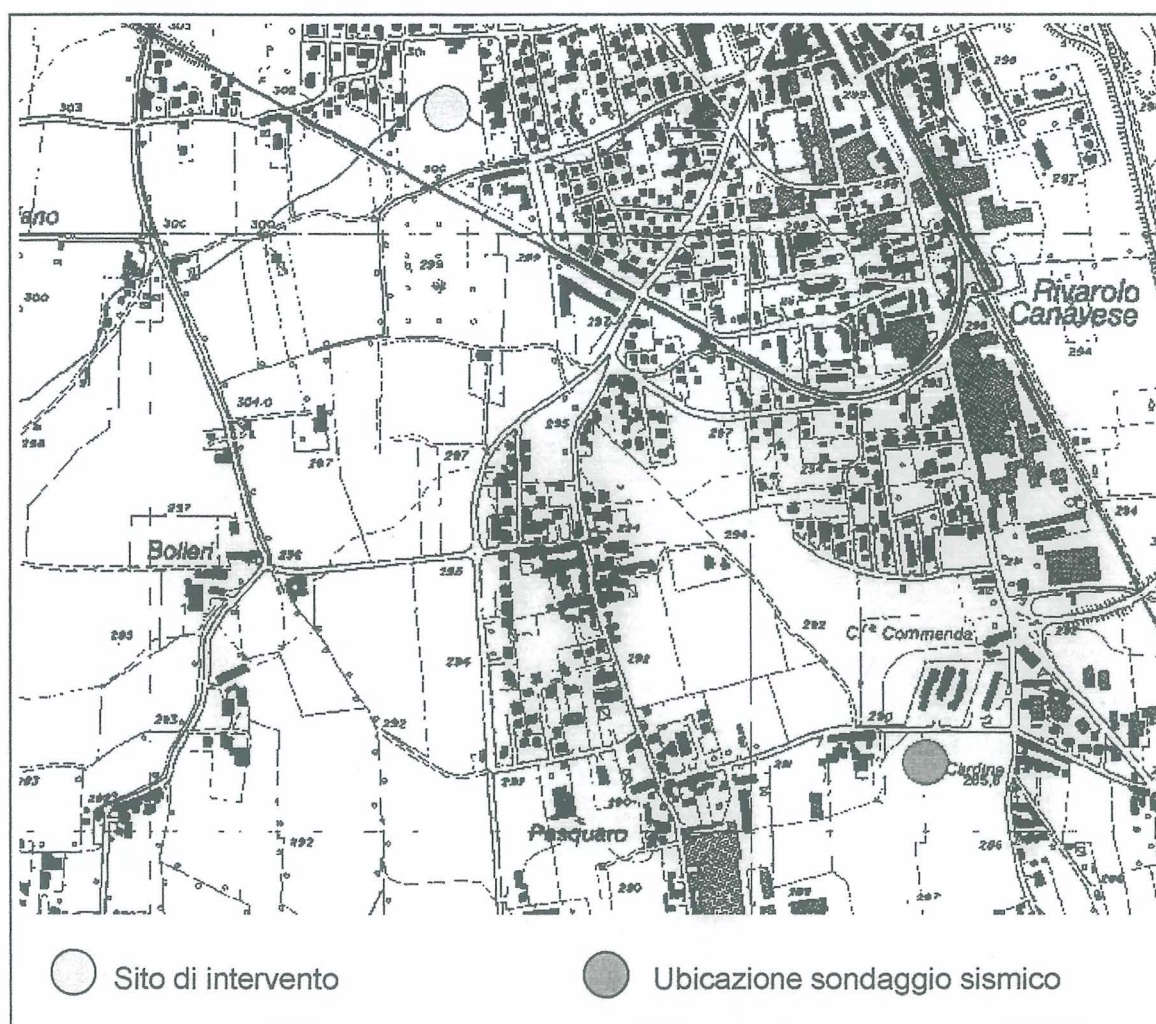
Scopo della ricerca è dunque quello di classificare il sito sulla base del valore di V_{s30} , corrispondente alla velocità media di propagazione delle onde sismiche entro i primi 30 m di profondità.

Il dato richiesto viene calcolato mediante la seguente espressione :

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

nella quale h_i e V_i sono rispettivamente lo spessore e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo di terreno, per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

I dati riportati nella seguente relazione si riferiscono ad un'indagine sismica effettuata in frazione Cardine ad una distanza di circa 1500 m dal sito di indagine entro un contesto litostratigrafico del tutto assimilabile a quello direttamente interessato dall'opera in progetto.



IL METODO SISMICO A RIFRAZIONE

Il metodo sismico a rifrazione, utilizzato nel caso in studio, consente di indagare i tipi litologici del sottosuolo differenziandoli in base al parametro **velocità delle onde sismiche**, la cui propagazione nei terreni dipende soprattutto dalle costanti elastiche del mezzo attraversato e dalla densità dei materiali oggetto di indagine.

Tutte le metodologie di prospezione attraverso il metodo sismico si basano sul principio di generare onde sismiche in un punto della superficie topografica o del sottosuolo e di rilevare il loro arrivo in altri punti del terreno, in modo da poter ricostruire - attraverso lo studio dei percorsi e delle velocità - la disposizione geometrica dei vari litotipi presenti lungo il profilo della zona d'indagine.

In corrispondenza delle superfici di discontinuità che si originano tra due diversi tipi litologici (sostanzialmente a causa della diversa densità dei materiali), la propagazione delle onde nel sottosuolo subisce i fenomeni della riflessione e della rifrazione secondo la *legge di Snell* (il rapporto tra i seni dell'angolo di incidenza e di rifrazione è uguale al rapporto tra le velocità di propagazione nei due mezzi).

E' pertanto possibile ricostruire l'andamento di strutture sepolte determinando le differenti velocità di propagazione delle onde sismiche entro i diversi tipi di terreno, noti:

- i tempi di arrivo delle onde riflesse e rifratte a strumenti di ricezione (geofoni) disposti in superficie ;
- le distanze tra il punto da cui l'onda sismica si è propagata (anche attraverso l'energizzazione di una mazza su una piastra posta a contatto con il terreno) e ciascun geofono .

La migliore applicazione del metodo sismico a rifrazione richiede che i tipi litologici possiedano delle caratteristiche tali per cui la velocità delle onde sismiche nel mezzo aumenti con la profondità .

La metodologia d'esecuzione di una prospezione risulta estremamente semplice e l'interpretazione dei risultati è affidata a specifici programmi di elaborazione .

Il procedimento, che offre fornisce ottimi risultati per studi a piccola e media profondità, può essere sinteticamente descritto nelle seguenti fasi:

1. si allineano sul terreno la piastra di battuta e i geofoni (generalmente in numero variabile tra 8 e 12), con distanze interasse regolari prestabilite (da 3 a 7 metri);
2. si collegano entrambi ad un sistema operativo computerizzato e si procede ad energizzare la piastra di battuta (dotata di starter) mediante una mazza;
3. si registrano i tempi di arrivo delle onde sismiche ai geofoni e si ripete il procedimento spostando la piastra di battuta al capo opposto dello stendimento.

Terminata la fase d'acquisizione si procede all'elaborazione dei dati, individuando la profondità delle discontinuità rilevate.

L'interpretazione delle prospezioni di sismica a rifrazione non può comunque prescindere dal contesto geologico in seno al quale sono eseguite, in quanto uno stesso valore della velocità assoluta delle onde può essere associato a materiali completamente differenti.

INTERPRETAZIONE DEL SONDAGGIO

Tralasciando di descrivere le teorie e le ipotesi di calcolo inerenti, il metodo sismico a rifrazione, le sezioni stratigrafiche risultanti dall'interpretazione dell'indagine indica una buona corrispondenza con la ricostruzione geologica dell'area derivante dai dati litostratigrafici ottenuti da altre prospezioni eseguite in un contorno significativo.

L'interpretazione è stata eseguita mediante un modello a 3 livelli, con profondità raggiunta dal secondo rifratore superiore ad 8 m dal p.c. il terzo livello rimane dunque di profondità indefinita ma si suppone la sua continuità sino ad almeno 30 m dal p.c. per consentire la determinazione del parametro V_{s30} .

E' stato eseguito un solo stendimento (denominato *bicocca*) utilizzando un numero di 12 geofoni, con una distanza interasse di 3 metri.

Per quanto riguarda l'analisi sismica dei terreni, è possibile ricondurre la stratigrafia dei depositi oggetto di studio ad un modello costituito da 3 diversi livelli, con caratteristiche meccaniche e relative potenze determinate sulla base dei tempi di arrivo delle onde sismiche ai geofoni, che possono essere così descritti:

livello n. 1

La medio-bassa velocità longitudinale delle onde sismiche

$$v = 280 \text{ m/s (0.28 km/s)}$$

assimila nel comportamento i terreni presenti fino a circa $0.9 \div 1.4$ m dal p.c. , che possono essere ricondotti alla coltre di terreno agrario , ovvero ad un suolo limoso-sabbioso con frammenti di ghiaia . Il valore della velocità si colloca nell'ambito di depositi scarsamente addensati. Questi materiali dovranno essere asportati all'atto dell'edificazione, poiché garantiscono minimi valori di capacità portante. Tali materiali hanno avuto un effettivo riscontro visivo all'atto della realizzazione dei precedenti pozzetti esplorativi .

livello n. 2

Si riferisce al livello superiore dei depositi ghiaioso-sabbiosi d'origine alluvionale o fluvioglaciale. La velocità delle onde sismiche varia nell'intorno di:

$$v = 710 \text{ m/s}$$

ed indica che il deposito possiede una densità relativa medio alta ed un'abbondante matrice limoso-sabbiosa . E' possibile che questo livello sia costituito da passate con diversa granulometria e densità, tali da rendere poco omogeneo il deposito nel suo insieme. A partire dal tetto del livello ghiaioso , sarà possibile impostare le strutture di fondazione a suo tempo indicate .

livello n. 3

L'ultimo livello assume una potenza indefinita da una profondità variabile intorno a $7.5 \div 8$ m dal p.c. Si tratta di depositi ghiaiosi fluviali o fluvioglaciali simili ai precedenti ma che possiedono un elevato grado d'addensamento (determinato dal carico dei sedimenti soprastanti), con velocità delle onde sismiche

$$v = 2480 \text{ m/s}$$

che rassicura circa l'assenza di assestamenti a breve o lungo termine che potrebbero produrre cedimenti delle opere strutturali .

Il calcolo del valore di V_{s30} fornisce il seguente risultato

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}} = \frac{30}{\frac{1.23}{270} + \frac{7.07}{700} + \frac{21.70}{2480}} = 1282 \text{ m/s}$$

che ricondurrebbe il suolo di fondazione alla categoria A.

Si ritiene tuttavia che, ai fini della progettazione, il suolo di fondazione debba cautelativamente essere ricondotto alla **categoria B**

A disposizioni per ogni eventuale chiarimento in merito, si porgono i migliori saluti.

Valperga, gennaio 2009

Dott. Geol. CAVACIUTI Cristiano

