

REGIONE PIEMONTE
COMUNE DI ASTI

PROGETTO ESECUTIVO

Progettazione Esecutiva relativa a lavori di adeguamento sismico, riqualificazione energetica, abbattimento delle barriere architettoniche e messa in sicurezza edificio della *Scuola Primaria - Rio Crosio* sita in Corso XXV Aprile n° 151 nel Comune di Asti (14100 - AT)

CUP G31F19000170001

PNRR - Missione 4 - Componente 1 - Investimento 3.3
Finanziato dall'Unione Europea - NextGenerationEU



DOCUMENTI GENERALI

RELAZIONE GEOLOGICA

DATA:	MAGGIO 2023	PROGETTO ESECUTIVO
REVISIONE:		

CAPOGRUPPO RTP - PROGETTISTA:

Arch. Alberto Vaccario
Piazza Dante n. 1,
15020 - Solonghello (AL)
Tel.: 339 1261982
E-Mail P.E.C.:
albertovaccario@pec.albertovaccario.com

TIMBRO E FIRMA

COMMITTENTE:

Comune di Asti
Piazza San Secondo, 1
14100 Asti (AT)
Tel: (+39) 0141.399111
P.IVA 00072360050
P.E.C. : protocollo.comuneasti@pec.it

AT-RC_EDS_ES_DOC03

TIMBRO E FIRMA

INDICE

1 - PREMESSA	1
1.1 - Inquadramento geografico e strumento urbanistico comunale	1
2 - RELAZIONE GEOLOGICA (ex § 6.2.1 N.T.C./18)	4
2.1 - Inquadramento geologico	4
2.2 - Assetto geomorfologico e pericolosità dell'area	5
3 - RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA (ex § 6.2.2 N.T.C./18)	8
3.1 - Indagini geognostiche	8
3.1.1 - Strumentazione e restituzione dei dati	8
3.2 - Modellazione geologica e geotecnica	11
3.2.1 - Valori caratteristici dei parametri geotecnici	12
3.3 - Categoria di sottosuolo	13
3.4 - Assetto geoidrologico	13
4 - RISPOSTA SISMICA LOCALE (ex § 3.2 N.T.C./18)	15
4.1 - Assetto sismo-tettonico e sismicità regionale	15
4.2 - Pericolosità sismica	17
4.3 - Valutazione dell'azione sismica	20
4.4 - Stabilità nei confronti della liquefazione	24
5 - GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO	25
6 - CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI TECNICHE	27
6.1 - Prescrizioni ed accorgimenti tecnici al fine della minimizzazione del rischio	28

ALLEGATI

Tav. 1 – Ubicazione dell'edificio scolastico in oggetto e delle indagini geognostiche eseguite

Tav. 2 – Modello geologico e geotecnico del sottosuolo dell'area in esame, lungo i prospetti 3 e 6 degli elaborati di progetto, così come ricavato dai risultati delle indagini geognostiche eseguite

Elaborati delle prove penetrometriche statiche C.P.T.

Elaborati delle indagini geofisiche

1 - PREMESSA

A seguito dell'incarico conferito dal Comune di Asti con contratto di Accordo Quadro Repertorio n° 957 del 26/11/2019 (CIG. 7817278DDE) in ambito di R.T.P. per la *“Progettazione definitiva, esecutiva, direzione lavori, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione relativi alla scheda 422/2019 – SCUOLA RIO CROSIO: lavori di adeguamento sismico, riqualificazione energetica, abbattimento delle barriere architettoniche e messa in sicurezza edificio”* è stato affidato allo scrivente Studio Tecnico con sede in Asti (AT) Via De Amicis n° 1, l'incarico di eseguire verifiche geologiche, geotecniche e sismiche, nonché valutare la compatibilità degli interventi con le condizioni geomorfologiche locali.

Nell'ambito del presente progetto oltre che ad intervenire sulle strutture esistenti né verrà realizzata una nuova adibita ad Aula Magna, di dimensioni planimetriche pari a circa 13,50 m x 8,20 m.

Il presente elaborato viene redatto ai sensi della seguente normativa:

- D.M. 17/01/2018 *“Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»* (Cap. 6, § 6.2.1 “relazione geologica”, § 6.2.2 “relazione di caratterizzazione geotecnica” e Cap. 3, § 3.2 “azione sismica”): nel seguito denominate N.T.C./18;
- D.G.R. 19/01/2010 n° 11-13058 *“Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006)”*, D.G.R. 12/12/2011 n° 4-3084 *“Procedure di gestione e controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico”* e s.m.i.;
- D.M. 11/03/1988 *“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”* e relativa Circolare esplicativa del 24/09/1988, n° 30483;
- D.Lgs. 03/04/2006 n° 152 *“Norme in materia ambientale”* e s.m.i., D.P.R. 13/06/2017 n° 120 *“Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164”*;
- N.T.A. del P.R.G.C. di Asti (AT).

Per l'espletamento dell'incarico saranno valutati i seguenti aspetti:

- ✓ assetto geologico: vedi § 2.1;
- ✓ assetto geomorfologico e pericolosità dell'area: vedi § 2.2;
- ✓ caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni: vedi § 3.2;
- ✓ circolazione idrica sotterranea: vedi § 3.3;
- ✓ pericolosità sismica e valutazione dell'azione sismica di progetto: vedi Cap. 4;
- ✓ stabilità nei confronti della liquefazione: vedi § 4.4;
- ✓ gestione delle terre e rocce da scavo: vedi Cap. 5;
- ✓ considerazioni conclusive e prescrizioni tecniche: vedi Cap. 6.

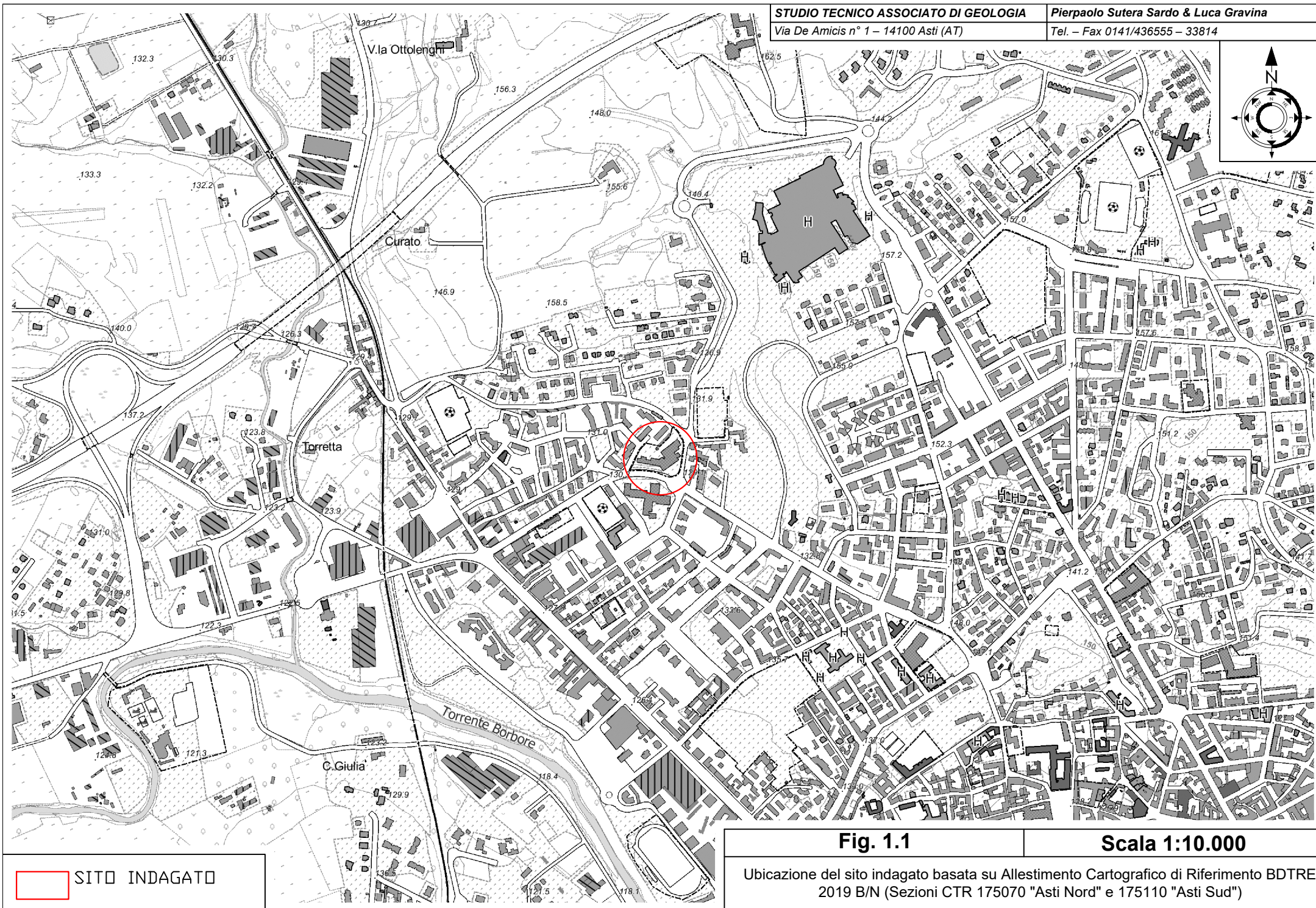
1.1 - Inquadramento geografico e strumento urbanistico comunale

Dal punto di vista geografico l'area in esame è compresa nel Foglio I.G.M. n° 69, Asti, alla scala 1:100.000, e nella Sezione 175070, “Asti Nord”, della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000; in Fig. 1.1 è stata individuata all'interno della base BDTRE. Il sito oggetto di intervento,

STUDIO TECNICO ASSOCIATO DI GEOLOGIA	Pierpaolo Suteri Sardo & Luca Gravina
Via De Amicis n° 1 – 14100 Asti (AT)	Tel. – Fax 0141/436555 – 33814

ubicato nel Comune di Asti (AT), Corso XXV Aprile n° 151, è censito al N.C.T., Fg. 52, mappale n° 1087 (cfr. Fig. 2.2).

Dal punto di vista della classificazione geologica in ambito di P.R.G.C., le opere in progetto sono comprese nella Classe I - settori privi di limitazioni urbanistiche della *Carta di Sintesi della Pericolosità Geomorfologica e dell'Idoneità all'Utilizzazione Urbanistica* (cartografia geologica redatta per la *Verifica di Compatibilità Idraulica ed Idrogeologica al P.A.I.*, attualmente vigente nel territorio comunale), che individua “*Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche*”.



2 - RELAZIONE GEOLOGICA (ex § 6.2.1 N.T.C./18)

2.1 - Inquadramento geologico

Secondo quanto riportato nella cartografia geologica ufficiale, rappresentata dal Foglio n° 69, Asti, della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, il territorio del Comune di Asti si colloca nel settore centrale del Bacino Terziario Ligure Piemontese, che rappresenta un bacino di tipo sedimentario-detritico, dove si deposita dal Paleocene al Miocene superiore una successione sedimentaria costituita da formazioni arenacee, marnose ed evaporitiche testimoniando una fase regressiva che dal Cretaceo prosegue per buona parte del Terziario. Successivamente, nel Plio-Pleistocene, questi depositi vengono coperti dai sedimenti della piana di Asti-Alessandria, costituiti da litotipi di ambiente marino (Argille di Lugagnano e Sabbie di Asti – *Pliocene*) e da sedimenti di ambiente subaereo (Villafranchiano). Infine, la successione stratigrafica, dal Pleistocene all'Olocene, viene ricoperta dai depositi alluvionali, terrazzati e non, dei corsi d'acqua.

Il Bacino Terziario Piemontese è caratterizzato da una struttura geosinclinale determinata da un'intensa fase di sedimentazione susseguita da una fase parossistica di tettonica compressiva derivante dalla spinta della placca continentale africana su quella europea. Tali movimenti hanno causato l'instaurarsi di una struttura blandamente piegata, con la concavità rivolta verso l'alto, definita in letteratura scientifica la "Sinclinale Astigiana", il cui asse, con direzione E-W, è ubicato, in questo settore, sulla direttrice Castello d'Annone – Asti – Villafranca d'Asti.

L'assetto geologico di superficie dell'area in esame è rappresentato da *Alluvioni appartenenti in parte alle alluvioni postglaciali in parte al fluviale recente* ($a^1 f^3$ in Fig. 2.1).

I succitati depositi alluvionali poggiano nel substrato pliocenico che in tale settore è rappresentato dalle *Argille di Lugagnano*, costituite da argille siltose grigio-azzurre omogenee e prive di un'evidente stratificazione. Livelli sabbiosi interpretati come tempestiti si intercalano nella parte superiore.

L'ambiente di sedimentazione è di mare aperto, poco profondo: rappresentano argille di piattaforma con profondità non superiore ai 200 m (¹).

Le *Argille di Lugagnano* sono in continuità stratigrafica sui *Conglomerati di Cassano Spinola* e localmente sovrastano in discordanza la *Formazione Gessoso-Solfifera*. Al tetto sono in continuità stratigrafica con la formazione delle *Sabbie di Asti*.

La potenza della formazione è influenzata dalla geometria del bacino e varia da circa 100 m in prossimità del bordo, fino a circa 300 m al centro del bacino stesso (E.N.I., 1972). Hanno una potenza generalmente inferiore ai 100 m, ma, nella parte occidentale del Bacino di Asti (zona di Cantarana) la ricostruzione stratigrafica ha evidenziato spessori prossimi ai 200 m (Bortolami & Al., 1989).

In generale il complesso di depositi alluvionali, di età da tardo pleistocenica ad olocenica, che costituisce il sottosuolo dell'area è caratterizzato da terreni essenzialmente limoso-argillosi con locali e modeste alternanze sabbioso-limose di spessore decimetrico. Trattasi di una sequenza con potenza compresa tra 10 e 15 m al di sotto della quale si rinvencono i depositi argilloso-marnosi pliocenici. Frequentemente tra i depositi limoso-argillosi ed il substrato si rinvencono orizzonti ghiaioso-sabbiosi in matrice sabbioso-limosa.

La sequenza completa si rinvie essenzialmente lungo la Valle Tanaro mentre lungo le valli

(¹) Carta geologica d'Italia alla scala 1:10.000, Fogli n° 69 "Asti" e 70 "Alessandria" (Servizio Geologico d'Italia).

secondarie, come quella in esame, sono riscontrabili solo le frazioni più fini, talora rappresentate esclusivamente dalla componente limosa e/o argillosa.

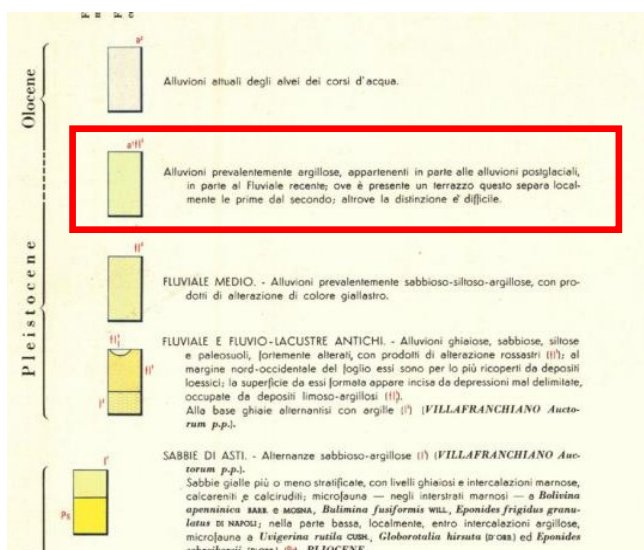
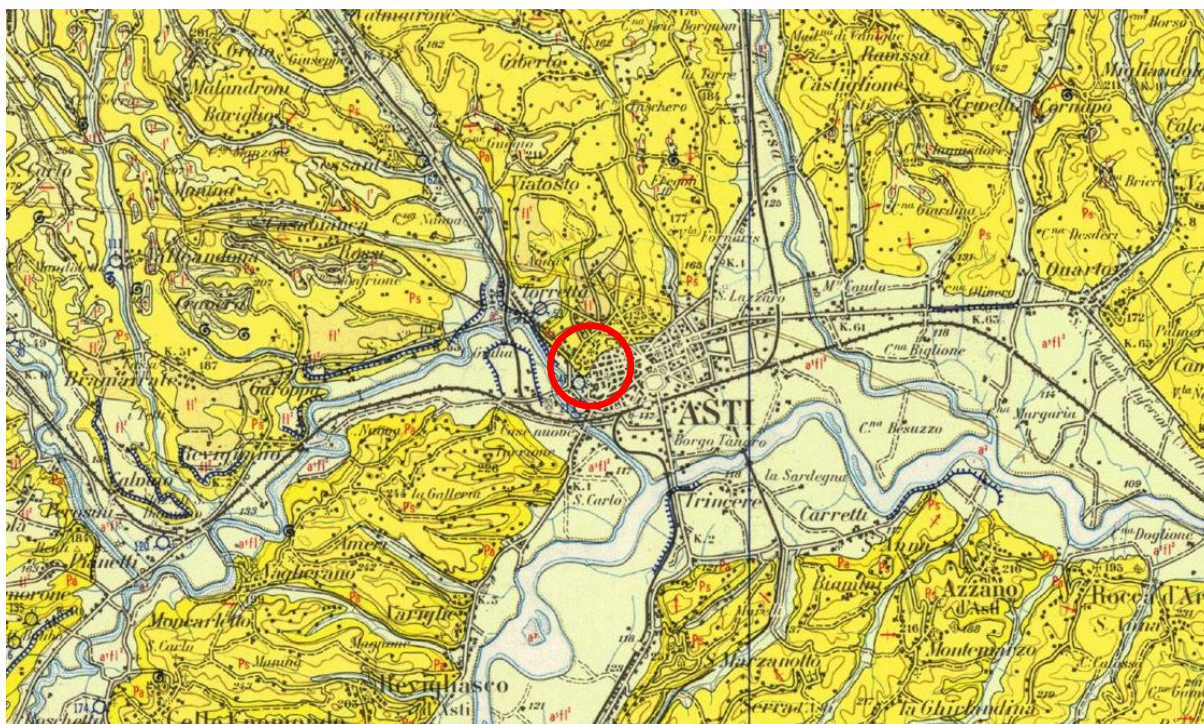


Fig. 2.1 – Estratto dalla “Carta Geologica d'Italia”, F. 69, Asti, scala 1:100.000 e relativa legenda. Il cerchio rosso indica il sito in esame.

2.2 - Assetto geomorfologico e pericolosità dell'area

Dal punto di vista geomorfologico generale il territorio dell'Astigiano corrisponde al relitto di una estesa pianura, compresa tra i rilievi della Collina di Torino – Monferrato, a Nord, e quelli delle Langhe, a Sud, e che rappresentava il collegamento tra la pianura cuneese e quella alessandrina.

Pertanto la morfologia attuale dell'area ha avuto origine dalla sovrapposizione di un reticolo idrografico sui depositi Plio-Pleistocenici precedentemente citati che costituivano la piana

STUDIO TECNICO ASSOCIATO DI GEOLOGIA	Pierpaolo Suter Sardo & Luca Gravina
Via De Amicis n° 1 – 14100 Asti (AT)	Tel. – Fax 0141/436555 – 33814

dell'astigiano. Il risultato dell'azione erosiva delle acque è rappresentato da rilievi collinari caratterizzati da una porzione sommitale in cui localmente affiorano lembi relitti dei terreni quaternari più antichi e di quelli del *Villafranchiano*, soprastanti i depositi sabbiosi (Sabbie di Asti) e da una sottostante in cui si rilevano i terreni argillosi (Argille di Lugagnano). Le differenti caratteristiche geotecniche di tali litotipi danno origine a versanti caratterizzati da pendenze più accentuate nelle porzioni sommitali e più blande alle quote più basse.

In particolare nel contesto in esame i depositi argillosi si rilevano lungo il fianco sinistro delle valli Rilate e Borbore; i lembi relitti che si rilevano alle sommità dei rilievi collinari sono costituiti, lungo la Val Rilate con una certa frequenza dal *Villafranchiano* mentre approssimandosi alla confluenza nella valle Borbore più frequentemente affiorano i depositi quaternari più antichi.

I rilievi collinari descritti sono separati da valli sovradimensionate rispetto il reticolato idrografico attuale, in cui affiorano i depositi alluvionali pleistocenici e olocenici, che localmente si presentano terrazzati.

Il sito su cui verranno realizzati gli interventi in progetto è localizzato in un settore di fondovalle, ad una quota di circa 130,5 m s.l.m., in corrispondenza della porzione nord-occidentale dell'abitato di Asti, tra le aste fluviali del Torrente Borbore e del Rio Crosio suo affluente sinistro. La sorgente del Rio Crosio è ubicata a SE di Loc. Viatosto e pertanto il bacino sotteso è caratterizzato da una superficie piuttosto limitata; dalla sorgente il corso d'acqua raggiunge il settore in esame con andamento piuttosto sinuoso e da qui le acque sono state intubate e convogliate nella pubblica fognatura al fine di oltrepassare il settore cittadino che le separa dal collettore finale che, come precedentemente riportato, è rappresentato dal Torrente Borbore.

Nel dettaglio la scuola in oggetto si colloca in un'area urbanizzata subpianeggiante posizionata a ca. 195 m dalla sponda destra del Rio Crosio ed a una quota più elevata di ca. 1,5 m rispetto quest'ultima, mentre riguardo al Borbore si ubica ad una distanza di ca. 650 m ed una quota più elevata di ca. 10 m.

In considerazione del contesto geomorfologico descritto non si ravvisano linee di interferenza tra il fabbricato in oggetto e processi geomorfologici, in quanto il comparto in esame risiede in un settore esterno le possibili aree esondabili dei corsi d'acqua e ben lontano da settori collinari potenzialmente instabili; tali considerazioni trovano conferma negli elaborati geologici a corredo del P.R.G.C. che inseriscono il sito in esame in un settore a bassa pericolosità geomorfologica in cui non sussistono limitazioni alle scelte urbanistiche.

In considerazione delle analisi sopra esposte appare evidente come la valutazione della vulnerabilità del sito si incentrerà sulla caratterizzazione geotecnica dei terreni e sulla risposta sismica del sottosuolo: tali aspetti verranno analizzati ed approfonditi nel dettaglio nel prosieguo della presente relazione.

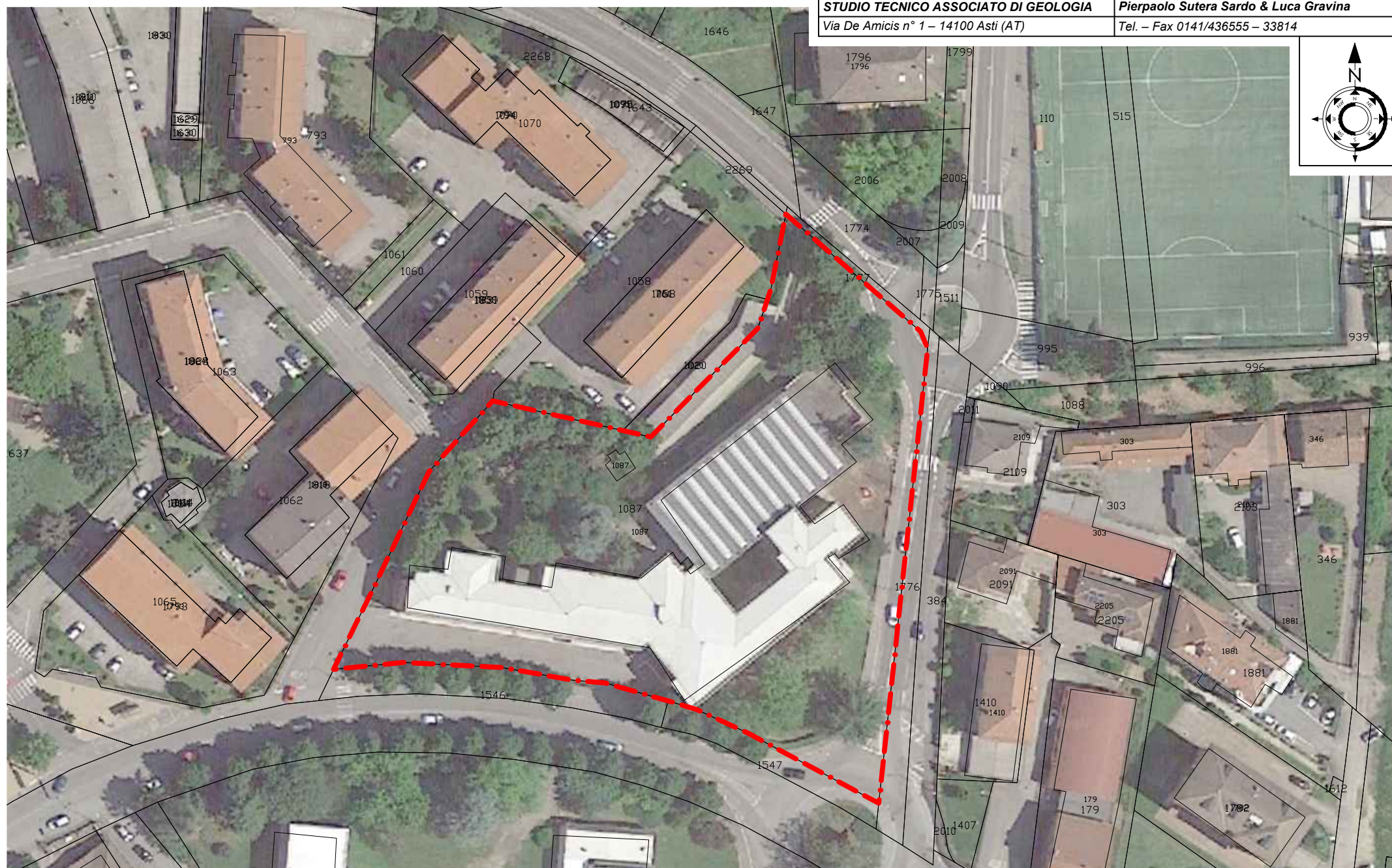
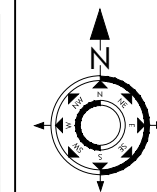


Fig. 2.2

Scala 1:1.000

Ortofoto dell'area in esame (base aerofotogrammetrica ©2018 Google) e carta catastale (Sezione Asti, Foglio n° 52 – basata su "PLANIMETRIA CATASTALE DI RIFERIMENTO REGIONALE")

3 - RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA (ex § 6.2.2 N.T.C./18)

3.1 - Indagini geognostiche

Per la determinazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche di dettaglio dei terreni in esame si sono eseguite n° 3 prove penetrometriche statiche (C.P.T.), spinte tutte a **-8,40 m (C.P.T.1 - C.P.T.2 - C.P.T.3)** dal p.c. .

Facendo uso delle prove penetrometriche statiche C.P.T. (Cone Penetration Test) è possibile ottenere in modo spedito e dettagliato informazioni riguardanti il profilo stratigrafico di un terreno nonché gli indici di resistenza che vengono correlati alle caratteristiche meccaniche.



Foto 3.1 – Strumentazione utilizzata per l'esecuzione delle prove penetrometriche statiche: penetrometro superpesante Pagani TG 63/200 in corrispondenza della verticale C.P.T. 1.

Per la determinazione delle velocità dell'onda di taglio V_s ai fini dell'individuazione della categoria di sottosuolo come prescritto dalle N.T.C./18 sono state eseguite prospezioni sismiche MASW ($V_{s,eq}$), in corrispondenza del lato SE della scuola in oggetto.

L'ubicazione delle verticali di indagine diretta e della stesa sismica è stata rappresentata nella Tav. 1.

3.1.1 - Strumentazione e restituzione dei dati

Le prove C.P.T. sono state effettuate con penetrometro statico Pagani TG 63/200 da 20 ton di spinta, dotato di ancoraggio automatico. Il sistema di misura impiegato è di tipo elettronico con cella di carico estensimetrica.

La prova è stata realizzata tramite l'infissione a pressione nel terreno, con la velocità di 2 cm/sec, attraverso asta ed astina, di una punta telescopica munita di "friction jacket cone" (punta Begemann) per la misura alternata della resistenza all'avanzamento della punta e del manicotto.

Negli elaborati delle prove C.P.T. vengono riportati, sia graficamente che numericamente, i valori di resistenza alla punta (R_p), resistenza laterale (R_l) ed il loro rapporto (R_p/R_l), in base ai

quali viene ricavata la stratigrafia (Begemann, 1965) per ogni 20 cm di avanzamento nel terreno. Inoltre, ricavando il rapporto delle resistenze (F_r), espresso come:

$$F_r = \frac{R_l}{R_p} \cdot 100$$

(Schmertmann, 1969)

Oppure

$$F_r = \frac{R_l}{R_p} \cdot 1000$$

(Searle, 1979)

è possibile valutare le caratteristiche stratigrafiche, in base ai valori di R_p .

Tramite i valori della resistenza alla punta è inoltre possibile ricavare analiticamente la coesione non drenata (c_u) e l'angolo di attrito interno (ϕ) rispettivamente per i terreni a comportamento coesivo e granulare.

Nelle elaborazioni dei parametri geotecnici allegate vengono riportati i valori di angolo di attrito interno (ϕ) ricavati dalla correlazione di De Beer, in quanto restituisce valori maggiormente cautelativi che, secondo le esperienze dello scrivente Studio Tecnico Associato, si ritengono più affidabili per i terreni più superficiali e/o con un basso grado di addensamento e/o per i terreni coesivi.



Foto 3.2 – Strumentazione utilizzata per l'esecuzione delle prove penetrometriche statiche: penetrometro superpesante Pagani TG 63/200 in corrispondenza della verticale C.P.T. 2.



Foto 3.3 – Strumentazione utilizzata per l'esecuzione delle prove penetrometriche statiche: penetrometro superpesante Pagani TG 63/200 in corrispondenza della verticale C.P.T. 3.

Le prospezioni sismiche sono state eseguite con un sismografo multicanale modello GEA24 a 24 canali della P.a.s.i. srl di Torino, dotato di convertitore analogico/digitale integrato con pc portatile, lungo due allineamenti con direzione NNE-SSW, lunghezza pari a 46 m e geofoni posizionati ogni 2 m con frequenza di risonanza pari a 4,5 Hz. L'indagine MASW è stata eseguita con energizzazione alle due estremità di ogni stendimento, rispettivamente alle progressive 1 e 49 m (a 1 m dal primo e dall'ultimo geofono), per mezzo di massa battente da 8 kg su piastra metallica. Per ogni punto di energizzazione sono stati effettuati n° 3 impulsi sismici (battute), su cui è stata eseguita la media con processo di stacking.

L'interpretazione MASW è stata elaborata con il software "Easy MASW" della GeoStru Software S.a.s. .



Foto 3.4 – Strumentazione utilizzata per l'esecuzione delle indagini MASW. Particolare dell'allineamento sismico, in corrispondenza del lato SE della sede scolastica in oggetto.

3.2 - Modellazione geologica e geotecnica

I risultati delle indagini geognostiche dirette eseguite, hanno permesso di ricostruire l'assetto litostratigrafico che risulta costituito da n° 3 strati geotecnici.

Primo strato geotecnico		$Rp_{medio} = 17,88 \text{ kg/cm}^2$
-0,00 m ÷ -2,00 m -0,00 m ÷ -2,40 m -0,00 m ÷ -2,20 m	(C.P.T.1) (C.P.T.2) (C.P.T.3)	<p><i>Terreno di riporto con elevata anisotropia sia orizzontale che verticale, con comportamento prevalentemente granulare e complessivamente caratterizzato da scadenti proprietà geotecniche.</i></p> <p>Limi argillosi (percentuale di grani con dimensioni $<16 \mu$ compresa tra 75% e 95%), limi argilloso-sabbiosi (percentuale di grani con dimensioni $<16 \mu$ compresa tra 45% e 75%), argille limose (percentuale di grani con dimensioni $<16 \mu$ compresa tra 95% e 100%) e livelli di sabbie argilloso-limose (percentuale di grani con dimensioni $<16 \mu$ compresa tra 25% e 45%): nel complesso trattasi di terreni sciolti.</p>
Secondo strato geotecnico		$Rp_{medio} = 33,81 \text{ kg/cm}^2$
-2,00 m ÷ -4,80 m -2,40 m ÷ -5,20 m -2,20 m ÷ -5,00 m	(C.P.T.1) (C.P.T.2) (C.P.T.3)	<p><i>Terreni con comportamento granulare caratterizzati da discrete proprietà geotecniche.</i></p> <p>Depositi alluvionali e colluviali costituiti prevalentemente da limi argilloso-sabbiosi (percentuale di grani con dimensioni $<16 \mu$ compresa tra 35% e 65%), sabbie medie grossolane con limo (percentuale di grani con dimensioni $<16 \mu$ compresa tra 0% e 45%) e orizzonti coesivi costituiti da limi argillosi (percentuale di grani con dimensioni $<16 \mu$ compresa tra 65% e 95%) ed argille limose (percentuale di grani con dimensioni $<16 \mu$ compresa tra 95% e 100%).</p> <p>Complessivamente tale strato presenta un grado di</p>

		addensamento da sciolto a medio.
Terzo strato geotecnico		$Rp_{medio} = 59,58 \text{ kg/cm}^2$
-4,80 m ÷ -8,40 m -5,20 m ÷ -8,40 m -5,00 m ÷ -8,40 m	(C.P.T. 1) (C.P.T. 2) (C.P.T. 3)	<p><i>Terreni omogenei con comportamento al limite tra granulare e coesivo caratterizzati da buone proprietà geotecniche.</i></p> <p>Depositi pliocenici di origine marina costituiti prevalentemente da limi argilloso-sabbiosi (percentuale di grani con dimensioni $<16 \mu$ compresa tra 45% e 75%) e limi argillosi (percentuale di grani con dimensioni $<16 \mu$ compresa tra 65% e 95%).</p> <p>Complessivamente tale strato si presenta con consistenza da solido-plastica a semisolida e/o da mediamente addensato ad addensato.</p>

Di seguito si riportano i parametri geotecnici ricavati dalle indagini eseguite:

	c_u (kg/cm ²)	c' (kg/cm ²)	ϕ' (°)	E_d (kg/cm ²)	E_y (kg/cm ²)	I_c	Dr (%)	γ (t/m ³)
Primo strato geotecnico **	-	0	23-27	-	35-50	-	20-40	1,60-1,80
Secondo strato geotecnico **	-	0	27-32	-	50-100	-	30-50	1,80-1,90
Terzo strato geotecnico ***	2,0-2,5	0,3-0,5	24-26	200-400	100-200	1,00->1,00	50-70	2,00-2,10

** Parametrizzazione geotecnica in condizioni drenate

*** Parametrizzazione geotecnica in condizioni non drenate e drenate

c_u	: coesione non drenata
c'	: coesione drenata
ϕ'	: angolo di attrito in condizioni drenate
E_d	: modulo edometrico
E_y	: modulo di Young
I_c	: indice di consistenza
Dr	: densità relativa
γ	: peso di volume

3.2.1 - Valori caratteristici dei parametri geotecnici

Le N.T.C./18, ai fini della modellazione geotecnica del sito, adottano il concetto dei valori caratteristici dei parametri geotecnici: tale concetto è stato introdotto dall'Eurocodice 7 *“Eurocode 7: Geotechnical design – Part 1: General rules”* (nel seguito denominato EC7) che al punto 2.4.5.2 2(P) definisce *“Il valore caratteristico di un parametro geotecnico sarà scelto come una stima cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite”*.

Pur riprendendo in toto quanto riportato nell'EC7, le N.T.C./18 non chiariscono la definizione e la determinazione dei valori caratteristici, non offrendo metodi operativi da adottarsi per l'analisi di tali valori.

In tal sede, per la definizione di valori caratteristici, verrà utilizzata una metodologia di natura statistica che, peraltro, è l'unica delineata dall'EC7, dove la derivazione del valore caratteristico deve essere tale che la probabilità calcolata di un valore peggiore (più sfavorevole) che governa l'insorgere dello stato limite non sia maggiore del 5%: si tratta pertanto di un margine conservativo del 5% (che può coincidere con un 5° percentile od un 95° percentile della distribuzione statistica in considerazione), il quale garantisce probabilisticamente di avere un 95% dei casi per i quali il valore caratteristico sia cautelativo. L'analisi è stata eseguita utilizzando i percentili della variabile casuale

di *Student*.

Pertanto sulla base dell'assetto litostratigrafico di cui al precedente paragrafo, vengono di seguito riportati i valori caratteristici dei principali parametri geotecnici dei terreni corrispondenti al 5° percentile della distribuzione dei dati lungo le verticali di indagine.

	c_{uk} (kg/cm ²)	c'_k (kg/cm ²)	ϕ'_k (°)	E_{dk} (kg/cm ²)	E_{yk} (kg/cm ²)	γ_k (t/m ³)
Primo strato geotecnico	–	0	25,5	–	40,06	1,67
Secondo strato geotecnico	–	0	29,2	–	78,04	1,84
Terzo strato geotecnico	2,26	0,37	24,4	269,52	144,36	2,04

3.3 - Categoria di sottosuolo

L'analisi dei risultati dell'indagine sismica, calibrata sulla base di quanto emerso dalle indagini dirette, ha messo in evidenza la presenza di n° 5 strati con salto abbastanza evidente nei valori di Vs tra il primo, terzo e quarto strato, con valori di 192,8 m/s < Vs < 203,1 m/s, ed il primo e quinto sottostante che presenta 377,3 m/s < Vs < 470,8 m/s. Tali risultati confermano un assetto stratigrafico costituito da terreni sciolti fino a ca. -8 m dal p.c., sovrastanti materiali maggiormente consolidati, attribuibili al substrato marnoso.

I risultati dell'indagine MASW eseguita hanno determinato una velocità dell'onda di taglio nei primi 30 m ($V_{s,eq}$) pari a 231,42 m/s, cui viene attribuita una categoria di sottosuolo di tipo **C**.

3.4 - Assetto geoidrologico

Dal punto di vista geoidrologico i depositi alluvionali in esame rappresentano un complesso caratterizzato da un grado di permeabilità medio e comunque variabile in funzione delle frazioni granulometriche presenti e sono sede di una falda a superficie libera in rapporti di interdipendenza idraulica con il reticolato idrografico; con molta probabilità la direttrice di deflusso principale è diretta verso sud, ovvero il Torrente Bobore drena le sue alluvioni.

Si tratta di una falda idrica generalmente caratterizzata da moderata produttività e rilevante vulnerabilità ambientale.

Al termine delle operazioni di estrazione delle aste si è provveduto ad eseguire misure freatiche al fine di attestare i valori di soggiacenza.

Di seguito vengono riportati i dati rilevati.

Cronologia misure piezometriche	Soggiacenze (m)
C.P.T. 1	
fine prova	3,30
C.P.T. 2	
fine prova	3,60
C.P.T. 3	
fine prova	3,85

STUDIO TECNICO ASSOCIATO DI GEOLOGIA	Pierpaolo Suteri Sardo & Luca Gravina
Via De Amicis n° 1 – 14100 Asti (AT)	Tel. – Fax 0141/436555 – 33814

In conclusione alla data di esecuzione delle indagini geognostiche è stata una falda idrica superficiale ospitata nei depositi alluvionali (*secondo strato geotecnico*) e confinata alla base dai terreni impermeabili appartenenti al substrato argilloso-marnoso.

4 - RISPOSTA SISMICA LOCALE (ex § 3.2 N.T.C./18)

4.1 - Assetto sismo-tettonico e sismicità regionale

Il comparto piemontese è dominato dalla presenza dell'arco alpino, che descrive una curva a 180° venendo a trovarsi in posizione contigua alle propaggini occidentali dell'Appennino Settentrionale: all'interno di tale arco descritto dalle due catene montuose sono presenti i rilievi collinari, Bacino Terziario Piemontese, Collina di Torino e Monferrato, ed i depositi sedimentari occidentali ed orientali.

Le strutture orogenetiche alpine ed appenniniche presentano formazione ed evoluzione legate ai movimenti relativi delle placche euroasiatica ed africana nonché delle microplacche createsi nel bacino del Mediterraneo, con la catena alpina che segna la zona di sutura tra la Placca Adria e la Placca Europa con la subduzione della seconda rispetto alla prima.

Le Alpi Occidentali sono dominate da due grandi discontinuità crostali: il Fronte Pennidico verso l'esterno, oltre il confine con Francia e Svizzera, e la Linea Periadriatica verso l'interno: a quest'ultima discontinuità appartengono la Linea del Canavese nelle Alpi Occidentali e la Linea del Tonale nelle Alpi Centrali.

Allo stato attuale, nelle Alpi Occidentali, la dinamica vede la combinazione degli effetti di una tettonica convergente a larga scala con quelli della rotazione antioraria della placca adriatica ed infine con gli effetti dovuti alle forze isostatiche e gravitazionali interne alla catena stessa.

Trattasi di un contesto caratterizzato da deformazione prevalentemente trascorrente a larga scala, con la porzione assiale delle Alpi Occidentali caratterizzata da un regime prevalentemente distensivo/estensionale legato alle forze gravitazionali interne mentre la porzione esterna (Francia e Svizzera) e quella interna (Piemonte) che presentano aree con attività di tipo compressivo.

Il contesto descritto porta l'Italia nord-occidentale ad essere sede di un'attività sismica notevole come frequenza ma generalmente modesta dal punto di vista energetico, con alcuni meno frequenti eventi a maggior energia.

Gli epicentri degli eventi sismici si concentrano lungo due direttrici, note come arco sismico piemontese ed arco sismico brianzone, la prima delle quali segue l'andamento dell'arco alpino occidentale nella sua parte interna in corrispondenza del limite tra le unità pennidiche e la pianura padana. La seconda direttrice risulta più dispersa e segue l'allineamento dei massicci cristallini esterni in corrispondenza delle Alpi Occidentali francesi lungo il Fronte Pennidico.

Le due direttrici descritte arrivano a settentrione fino al territorio del Vallese, anch'esso caratterizzato da sismicità diffusa, e convergono, verso Sud, nel Cuneese interessando il Nizzardo e l'Imperiese, con una progressiva maggiore dispersione verso la costa del Mar Ligure.

Inoltre, diffusa sismicità si rileva anche nei settori sud-orientali della regione: lungo lo spartiacque con la Liguria, verso il Mar Ligure e nell'Appennino settentrionale ⁽²⁾.

Tali allineamenti sono ben individuati dai dati dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ed in particolare dal Database delle Sorgenti Sismogenetiche di cui in Fig. 4.1 viene riportato l'estratto relativo all'Italia nord-occidentale ⁽³⁾.

⁽²⁾ Rapporto dell'evento sismico del 25-07-2011 (ARPA Piemonte, Torino, 09 agosto 2011).

⁽³⁾ DISS Working Group (2010). Database on Individual Seismogenetic Sources (DISS), Version 3.1.1: A compilation of potential sources for earthquake larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, © INGV 2010 – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – All rights reserved; DOI: 10.6092/INGV.IT-DISS3.1.1.

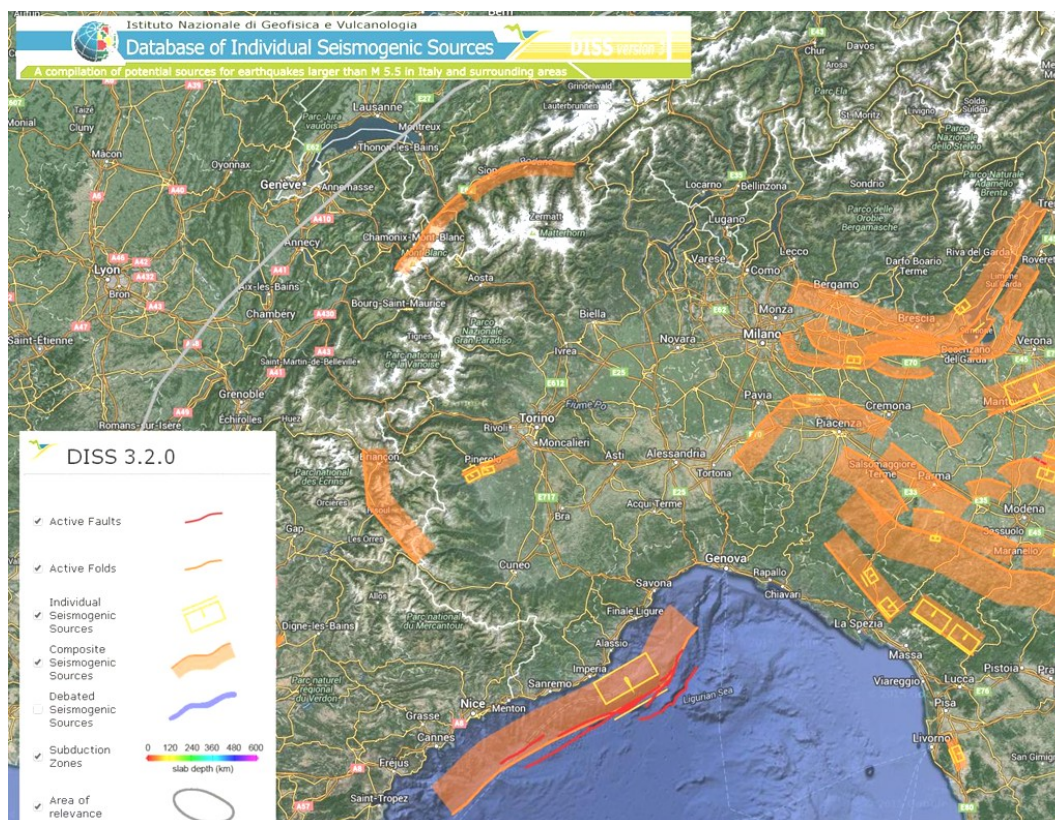


Fig. 4.1 – Principali sorgenti sismogenetiche dell'Italia nord-occidentale e relativa legenda.

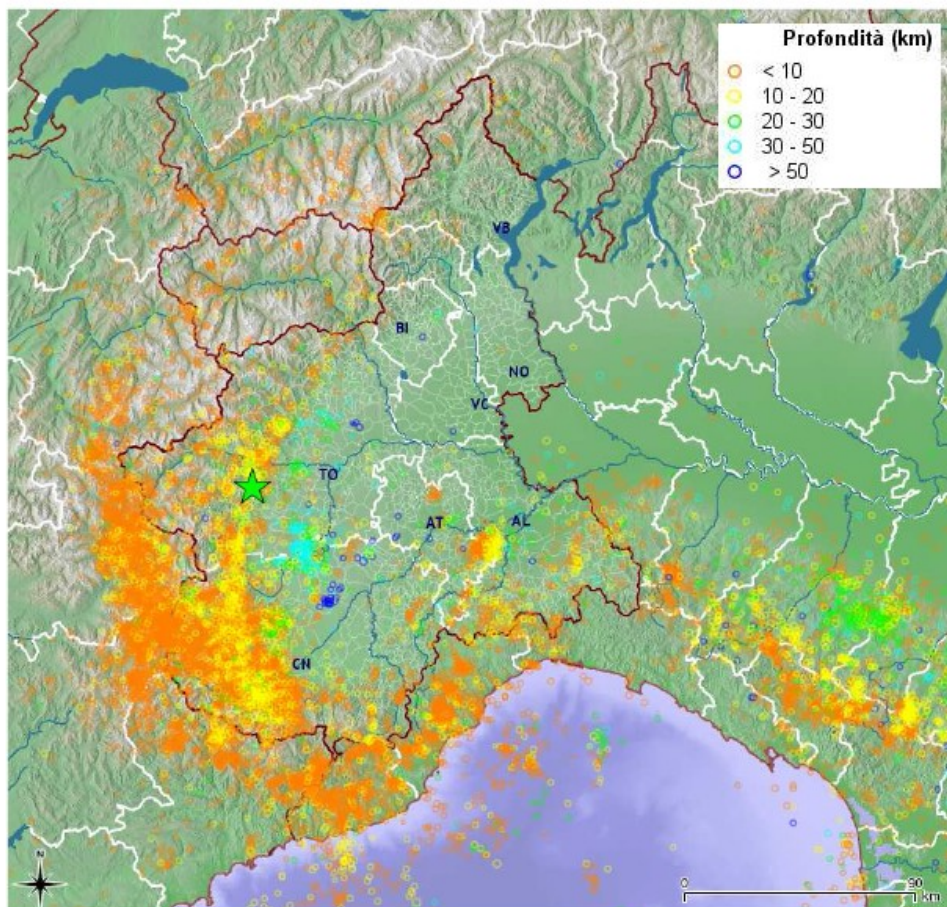


Fig. 4.2 – Distribuzione della sismicità strumentale regionale dal 1982 al 2010, per intervalli di profondità.

Ogni anno i terremoti rilevati dalla rete sismica regionale con epicentro in Piemonte, o nei territori circostanti, sono all'incirca un migliaio: tali eventi perlopiù non sono percepiti dalle persone.

Il numero dei terremoti con magnitudo maggiore di 3, che solitamente possono essere percepiti nei pressi dell'area epicentrale, è dell'ordine della decina ogni anno, mentre, in media, un evento all'anno è caratterizzato da magnitudo superiore a 4 e pertanto viene percepito anche a distanze maggiori.

In generale tali eventi presentano un ipocentro localizzato a profondità non superiori i 20 km, come anche evidenziato dall'analisi storica che copre un periodo compreso tra il 1982 ed il 2010 ⁽⁴⁾.

4.2 - Pericolosità sismica

A livello nazionale la prevenzione nei confronti della pericolosità sismica si è storicamente concretizzata classificando il territorio in categorie sismiche, con differente severità in base all'intensità ed alla frequenza degli eventi pregressi, ed applicando norme specifiche per la progettazione delle costruzioni nelle zone classificate sismiche. In pratica i diversi provvedimenti varati negli anni dal Ministero di Lavori Pubblici classificavano il 45% dei Comuni italiani in zona sismica, mentre i restanti non venivano classificati.

La situazione muta completamente con l'O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*" nella quale vengono dettati i criteri di nuova classificazione sismica basati sugli studi e sulle elaborazioni più recenti relativi alla pericolosità sismica del territorio, ovvero sull'analisi della probabilità che lo stesso venga interessato in un certo intervallo di tempo, genericamente quantificato in 50 anni, da un evento sismico che superi una determinata intensità o magnitudo.

Tale documento detta sostanzialmente i principi generali con i quali le Regioni, cui viene delegata la classificazione sismica del territorio, compilano l'elenco dei Comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, in cui è classificato il territorio nazionale, come di seguito riportato:

- ⇒ Zona 1: la più pericolosa in cui possono verificarsi fortissimi terremoti;
- ⇒ Zona 2: possono verificarsi forti terremoti;
- ⇒ Zona 3: possono verificarsi forti terremoti ma rari;
- ⇒ Zona 4: la meno pericolosa in cui i terremoti sono rari.

Di fatto viene eliminato il territorio non classificato che diventa Zona 4; inoltre ad ogni singola zona viene attribuito un valore dell'accelerazione sismica utile per la progettazione.

L'O.P.C.M. n° 3274/2003 prevede anche un aggiornamento dello studio di pericolosità, adottato con la successiva O.P.C.M. n° 3519 del 28/04/2006 "*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*": tale documento ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio introducendo degli intervalli di accelerazione (a_g), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.

zona	accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g]	accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a_g]
1	$0,25 < a_g \leq 0,35g$	0,35g
2	$0,15 < a_g \leq 0,25g$	0,25g

⁽⁴⁾ Rapporto dell'evento sismico del 25-07-2011 (ARPA Piemonte, Torino, 09 agosto 2011).

3	$0,05 < a_g \leq 0,15g$	0,15g
4	$\leq 0,05g$	0,05g

A seguito degli indirizzi nazionali le Regioni hanno provveduto a classificare il proprio territorio suddividendolo in zone, talora ulteriormente distinte in sottozone, ciascuna caratterizzata da un valore di pericolosità di base espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (a_g).

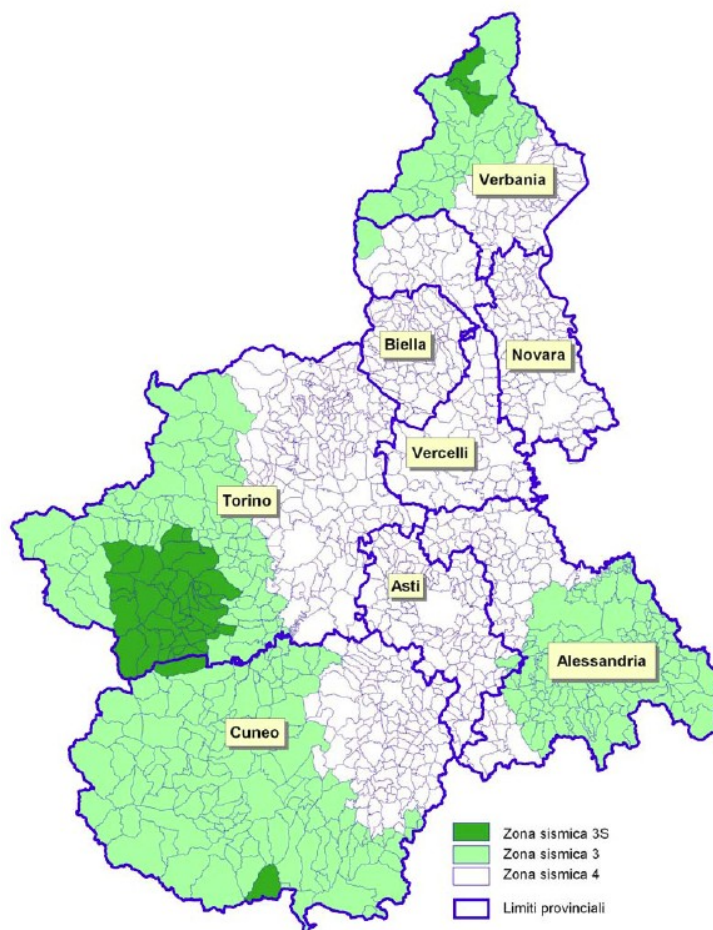


Fig. 4.3 – Mappa della suddivisione del territorio piemontese in funzione della pericolosità sismica ai sensi della D.G.R. n° 11-13058 del 19/01/2010.

In Piemonte l'elenco delle zone sismiche è stato aggiornato con D.G.R. n° 11-13058 del 19/01/2010 anche sulla base della proposta di classificazione dello studio del Politecnico di Torino, Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica, in collaborazione con il centro di competenza *Eurocentre* di Pavia: in ognuna delle zone sismiche dovranno essere osservate le specifiche procedure di gestione e controllo dell'attività edilizia ai fini delle prevenzione del rischio riportate nella D.G.R. n° 4-3084 del 12/12/2011, così come modificate ed integrate dalla D.G.R. n° 65-7656 del 21/05/2014.

Il territorio del Comune di Asti (AT) è inserito all'interno della Zona sismica 4, pertanto risulta caratterizzato da un valore di $a_g \leq 0,05g$.

Con l'entrata in vigore delle N.T.C./2008 è stato modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: anziché avere un valore di accelerazione di picco unico riferito al territorio comunale, per ogni costruzione ci si deve basare su una accelerazione specifica individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto in funzione della vita nominale dell'opera. Tali valori di pericolosità di base sono definiti per ogni punto del territorio

nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali: la classificazione sismica con le relative zone rimane dunque utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli Enti preposti.

Nella figura seguente viene riportata la mappa di pericolosità sismica realizzata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e dal Dipartimento di Protezione Civile con evidenziato il territorio in esame.

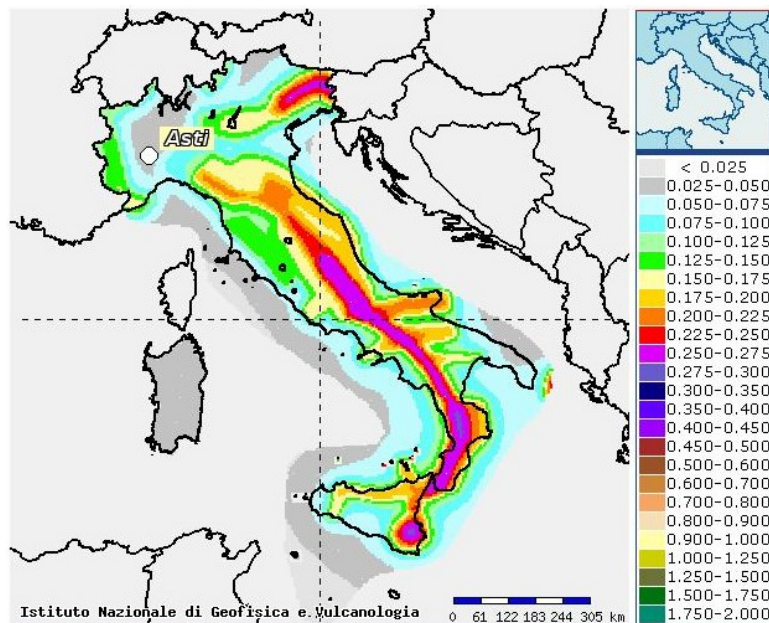


Fig. 4.4 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (estratta dal Progetto DPC-INGV S1).

Risulta evidente come il comparto oggetto di studio sia caratterizzato da accelerazione orizzontale massima del suolo $0,025 < a_g < 0,050$ in accordo coi valori caratteristici della Zona sismica 4 sopra riportati.

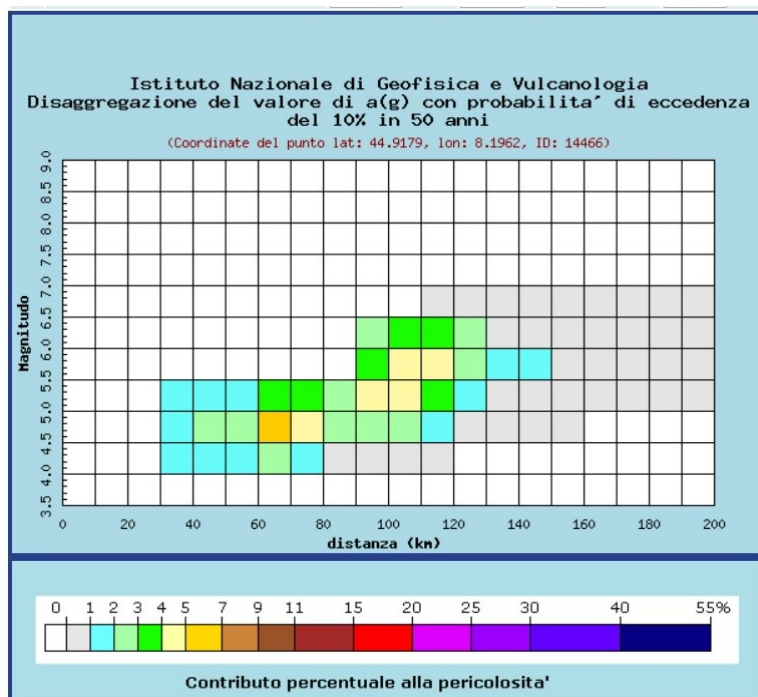


Fig. 4.5 – Grafico rappresentante la disaggregazione della pericolosità sismica per il sito in esame (estratta dal Progetto DPC-INGV S1).

Un'analisi più raffinata può essere fornita per mezzo della disaggregazione della pericolosità sismica (Fig. 4.5): tale operazione consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche nei

confronti della pericolosità di un sito e, nella sua forma più comune, è espressa in magnitudo e distanza ($M-R$), permettendo così di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M . In altri termini tale processo fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito in oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso ⁽⁵⁾.

I risultati evidenziano come ci siano scarse probabilità che nelle vicinanze del sito possano attendersi terremoti di media e forte intensità: nel dettaglio i valori medi sono di un evento con magnitudo $M=5,300$ con epicentro a distanza $R=93,100$ km.

Da quanto sopra esposto si può pertanto concludere come l'area in esame sia caratterizzata da bassa pericolosità sismica.

Nel prosieguo della presente relazione verrà definita l'azione sismica di progetto in termini di accelerazione massima attesa al suolo (a_{max}), in funzione delle caratteristiche stratigrafiche e topografiche del sito, al fine di definire i coefficienti sismici pseudo-statici (k_h e k_v) da utilizzare nelle verifiche di sicurezza per tener conto della risposta sismica locale in termini di amplificazione degli effetti inerziali dovuti al sisma.

4.3 - Valutazione dell'azione sismica

Nel presente paragrafo verrà valutata la pericolosità sismica di base del sito in esame che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche secondo quanto riportato nella normativa vigente, rappresentata dalle N.T.C./18.

La pericolosità sismica di base del sito viene definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa al sito (a_g) in condizioni di campo libero e su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato: nelle N.T.C./18, tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato "periodo di riferimento" V_R e la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" P_{VR} .

Il periodo di riferimento si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U secondo la relazione 2.4.1 delle N.T.C./18 di seguito riportata:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

La V_N dell'opera in progetto può essere ricavata dalla Tab. 2.4.I delle N.T.C./18 di seguito riportata:

TIPI DI COSTRUZIONE		VALORI MINIMI DI V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100
Non sono da considerarsi temporanee le costruzioni o parti di esse che possono essere smantellate con l'intento di essere riutilizzate. Per un'opera di nuova realizzazione la cui fase di costruzione sia prevista in sede di progetto di durata pari a P_N , la vita nominale relativa a tale fase di costruzione, ai fini della valutazione delle azioni sismiche, dovrà essere assunta non inferiore a P_N e comunque non inferiore a 5 anni.		
Le verifiche sismiche di opere di tipo I o in fase di costruzione possono omettersi quando il progetto preveda che tale condizione permanga per meno di 2 anni.		

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze

⁽⁵⁾ Spallarossa D., Barani S., 2007. Disaggregazione alla pericolosità sismica in termini M-R-ε. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D14, <http://esse1.mi.ingv.it/d14.html>.

STUDIO TECNICO ASSOCIATO DI GEOLOGIA	Pierpaolo Sutura Sardo & Luca Gravina
Via De Amicis n° 1 – 14100 Asti (AT)	Tel. – Fax 0141/436555 – 33814

rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Il valore di C_U è definito al variare della classe d'uso dell'opera secondo la Tab. 2.4.II delle N.T.C./18:

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Per le costruzioni a servizio di attività a rischio di incidente rilevante si adotteranno valori di C_U anche superiori a 2, in relazione alle conseguenze sull'ambiente e sulla pubblica incolumità determinate dal raggiungimento degli stati limite.

Il valore di P_{VR} cui riferirsi per individuare l'azione sismica di progetto varia, in funzione degli stati limite considerati, secondo quanto espresso nella Tab. 3.2.I delle N.T.C./18 che viene di seguito riportata:

STATI LIMITE		P_{VR}
Stati limite di esercizio	<i>SLO (Stato Limite di Operatività)</i>	81%
	<i>SLD (Stato Limite di Danno)</i>	63%
Stati limite ultimi	<i>SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita)</i>	10%
	<i>SLC (Stato Limite di prevenzione del Collasso)</i>	5%

Come precedentemente riportato, ai fini della determinazione delle azioni sismiche nei modi previsti dalle N.T.C./18, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido, con superficie topografica orizzontale ed in condizioni di assenza di manufatti. Le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di riferimento, per una fissata P_{VR} , si ritengono individuate quando se ne conosca l'accelerazione massima ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione.

I caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica P_{VR} :

a_g = accelerazione massima al sito;

F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Le condizioni del sito di riferimento rigido in generale non corrispondono a quelle effettive. È necessario, pertanto, tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera ed anche delle condizioni topografiche, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale. Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale, cioè l'azione sismica quale emerge in "superficie" a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili a categorie definite (cfr. Tab. 3.2.II delle N.T.C./18), si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione di valori di velocità di propagazione delle onde di taglio V_s .

I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, limitatamente all'approccio semplificato di cui sopra e con giustificata motivazione, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito (ad es. prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e prove penetrometriche statiche per i terreni a grana fina).

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

dove:

h_i = spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido,

BANDO TRIENNALE 2018-19-20 – EDILIZIA SCOLASTICA

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione esecutiva strutturale e definitiva architettonica ed impiantistica volta ai lavori di adeguamento sismico, riqualificazione energetica, abbattimento delle barriere architettoniche e messa in sicurezza edificio della Scuola Primaria Rio Crosio

Comune di ASTI

Relazione Geologica, Geotecnica e Risposta Sismica Locale

STUDIO TECNICO ASSOCIATO DI GEOLOGIA	Pierpaolo Sutura Sardo & Luca Gravina
Via De Amicis n° 1 – 14100 Asti (AT)	Tel. – Fax 0141/436555 – 33814

caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella seguente tabella (cfr. Tab. 3.2.II delle N.T.C./18).

CATEGORIA	DESCRIZIONE
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per qualsiasi condizioni di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Le categorie topografiche definite dalla normativa vengono classificate come segue (cfr. Tab. 3.2.III delle N.T.C./18).

CATEGORIA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$.
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$.
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.

Le suesposte categoria topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale.

A questo punto è possibile calcolare l'accelerazione massima attesa al sito (a_{max}) tramite la seguente formula:

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_T \cdot a_g$$

dove:

$S = S_s \cdot S_T$: coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione

$$S = S_s \cdot S_T$$

essendo S_s il coefficiente di amplificazione stratigrafica (cfr. Tab. 3.2.IV delle N.T.C./18) e S_T il coefficiente di amplificazione topografica (Tab. 3.2.V delle N.T.C./18).

CATEGORIA SOTTOSUOLO	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c)^{-0,40}$

CATEGORIA TOPOGRAFICA	UBICAZIONE DELL'OPERA O DELL'INTERVENTO	S _T
T1	–	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Sulla base di quanto previsto dalla normativa precedentemente riportata si può assumere:

$$V_N = \geq 50 \text{ anni};$$

$$C_U = 2,0 \text{ (considerando una classe d'uso IV).}$$

Da quanto esposto si ricava:

$$V_R = 100$$

Per il caso in esame si farà riferimento all'approccio semplificato previsto dalla normativa vigente (cfr. § 3.2.2 delle N.T.C./18), in quanto le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni sono ben riconducibili alle suesposte categorie.

Per l'attribuzione alla categoria di sottosuolo ci si è basati sui risultati dell'indagine sismica effettuata: utilizzando l'espressione sopra riportata (cfr. § 3.2.2 delle N.T.C./18) viene definito un sottosuolo di **Categoria C**.

Per quanto concerne la categoria topografica il sito può essere ricompreso nella **Categoria T1**.

I dati ricavati dalle analisi precedenti sono stati inseriti nel software "Spettri-NTC ver. 1.03" del C.S.LL.PP. che fornisce gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontale e verticale) delle azioni sismiche di progetto per il generico sito del territorio italiano individuato tramite le coordinate geografiche che per il sito in esame sono:

COORDINATE GEOGRAFICHE (gradi decimali)	
λ (longitudine)	φ (latitudine)
8,190562	44,907742

I risultati delle elaborazioni del software per il sito così definito vengono di seguito riportati:

STATO LIMITE	T _R (anni)	a _g (g)	F _o (-)	T _c * (s)
SLO	60	0,022	2,625	0,183
SLD	101	0,027	2,665	0,209
SLV	949	0,049	2,762	0,305
SLC	1950	0,057	2,849	0,322

A questo punto è possibile calcolare l'accelerazione massima attesa al sito (a_{max}) utilizzando i coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica che per il caso in esame possono essere assunti pari a:

$$S_S = 1,50;$$

$$S_T = 1,00.$$

Dai calcoli risulta:

STATO LIMITE	SLO	SLD	SLV	SLC
a _{max}	0,033	0,041	0,074	0,086

Infine è possibile calcolare i coefficienti sismici orizzontale (k_h) e verticale (k_v) applicando all'accelerazione massima attesa al sito un coefficiente di riduzione (β_s) che assume i valori di cui alla Tab. 7.11.I ed al paragrafo 7.11.3.5.2 delle N.T.C./18, come di seguito riportato:

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Utilizzando l'appropriato valore del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito in funzione dei valori di $a_g(g)$ e della categoria di sottosuolo, i coefficienti sismici k_h e k_v assumono i valori riportati nella tabella seguente:

STATO LIMITE	SLO	SLD	SLV	SLC
k_h	0,0066	0,0081	0,0147	0,0171
k_v	$\pm 0,0033$	$\pm 0,0041$	$\pm 0,0074$	$\pm 0,0086$

4.4 - Stabilità nei confronti della liquefazione

Con il termine *liquefazione* si intendono quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, a seguito di sollecitazioni da parte di azioni cicliche e dinamiche in condizioni non drenate.

Le N.T.C./18 richiedono esplicitamente la verifica della suscettibilità del terreno alla liquefazione al fine di valutare l'influenza di tale fenomeno sulla stabilità dei pendii e/o dei manufatti e di conseguenza prevedere le opportune soluzioni progettuali.

Viene altresì previsto che la verifica a liquefazione possa essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal p.c., per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 1,80 \text{ kg/cm}^2$, dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (S.P.T.) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 1 kg/cm^2 (100 kPa) e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (C.P.T.) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 1 kg/cm^2 (100 kPa);
4. distribuzione granulometrica esterna ai fusi granulometrici suscettibili di liquefazione (cfr. § 7.11.3.4.2 delle N.T.C./18).

In tali casi viene prescritto che qualora la condizione 1 non risulti soddisfatta, le indagini geotecniche debbano essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4.

Qualora non risultasse soddisfatta alcuna delle condizioni di cui sopra ed il terreno comprendesse strati estesi o lenti di sabbie sciolte sotto falda, sarà indispensabile valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

Per il caso in esame la verifica a liquefazione può essere esclusa in quanto risulta soddisfatta la condizione del punto 1 di cui sopra.

5 - GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

Nell'ambito del progetto di cui alla presente è prevista la produzione di terre e rocce da scavo le quali dovranno essere gestite nel rispetto della normativa vigente in materia (D.P.R. 13/06/2017 n° 120); questa definisce le terre e rocce da scavo così come segue:

... il suolo escavato derivante da attività finalizzate alla realizzazione di un'opera, tra le quali: scavi in genere (sbancamento, fondazioni, trincee); perforazione, trivellazione, palificazione, consolidamento; opere infrastrutturali (gallerie, strade); rimozione e livellamento di opere in terra. Le terre e rocce da scavo possono contenere anche i seguenti materiali: calcestruzzo, bentonite, polivinilcloruro (PVC), vetroresina, miscele cementizie e additivi per scavo meccanizzato, purché le terre e rocce contenenti tali materiali non presentino concentrazioni di inquinanti superiori ai limiti di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, per la specifica destinazione d'uso; ...

Ne consegue come i materiali di cui al progetto rientrino tra quelli definibili come terre e rocce da scavo.

Per tali materiali la normativa prevede due possibili classificazioni:

- ⇒ rifiuti – di conseguenza i materiali rientrano nell'ambito di applicazione della parte IV del D.Lgs. 03/04/2006 n° 152 e s.m.i. e dovranno essere smaltiti in apposito impianto autorizzato;
- ⇒ sottoprodotti – di conseguenza i materiali potranno essere utilizzati presso il sito di produzione o presso un sito di utilizzo, diverso da quello di produzione, per realizzare reinterri, riempimenti, rimodellazioni, rilevati, ripristini e miglioramenti ambientali ecc. oppure in processi produttivi in sostituzione dei materiali da cava.

Secondo quanto riportato all'art. 4, comma 2, del D.P.R. 120/2017 ai fini di poter essere classificate come sottoprodotto, le terre e rocce da scavo dovranno rispettare una serie di requisiti, così come di seguito riportato:

Ai fini del comma 1 e ai sensi dell'articolo 183, comma 1, lettera qq), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, le terre e rocce da scavo per essere qualificate sottoprodotti devono soddisfare i seguenti requisiti:

- a) sono generate durante la realizzazione di un'opera, di cui costituiscono parte integrante e il cui scopo primario non è la produzione di tale materiale;
- b) il loro utilizzo è conforme alle disposizioni del piano di utilizzo di cui all'art. 9 o della dichiarazione di cui all'art. 21, e si realizza:
 - 1) nel corso dell'esecuzione della stessa opera nella quale è stato generato o di un'opera diversa, per la realizzazione di reinterri, riempimenti, rimodellazioni, rilevati, miglioramenti fondiari o viari, recuperi ambientali oppure altre forme di ripristini e miglioramenti ambientali;
 - 2) in processi produttivi, in sostituzione di materiali di cava;
- c) sono idonee ad essere utilizzate direttamente, ossia senza ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;
- d) soddisfano i requisiti di qualità ambientale espressamente previsti dal Capo II o dal Capo III o dal Capo IV del presente regolamento, per le modalità di utilizzo specifico di cui alla lettera b).

Per quanto concerne l'utilizzo di tale materiale quale sottoprodotto, i più recenti disposti normativi, esplicitati all'interno dell'art. 2 "Definizioni" del D.P.R. 13/06/2017 n°120, definiscono:

(...omissis...)

- t) «cantiere di piccole dimensioni»: cantiere in cui sono prodotte terre e rocce da scavo in quantità non superiori a seimila metri cubi, calcolati dalle sezioni di progetto, nel corso di attività e interventi autorizzati in base alle norme vigenti, comprese quelle prodotte nel corso di attività o opere soggette a valutazione d'impatto ambientale o ad autorizzazione integrata ambientale di cui alla Parte II del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152;
- u) «cantiere di grandi dimensioni»: cantiere in cui sono prodotte terre e rocce da scavo in quantità superiori a seimila metri cubi, calcolati dalle sezioni di progetto, nel corso di attività o di opere soggette a procedure di valutazione di impatto ambientale o ad autorizzazione integrata ambientale di cui alla Parte II del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152;
- v) «cantiere di grandi dimensioni non sottoposto a VIA o AIA»: cantiere in cui sono prodotte terre e rocce da scavo in quantità superiori a seimila metri cubi, calcolati dalle sezioni di progetto, nel corso di attività o di opere non soggette a procedure di valutazione di impatto ambientale o ad autorizzazione integrata ambientale di cui

STUDIO TECNICO ASSOCIATO DI GEOLOGIA	Pierpaolo Sutura Sardo & Luca Gravina
Via De Amicis n° 1 – 14100 Asti (AT)	Tel. – Fax 0141/436555 – 33814

alla Parte II del decreto legislativo 3 aprile 2006 n. 152;
(...omissis...)

L'opera in oggetto rientra tra quelle di cui al precedente punto t) e pertanto i materiali da scavo, qualora non vengano gestiti quali rifiuti, potranno essere utilizzati direttamente nel sito di produzione, ai sensi dell'art. 185, comma 1, lett. c), del D.Lgs. 152/2006, oppure in siti diversi da quello di produzione, ai sensi dell'art. 184-bis dello stesso decreto.

Si ricorda che per usi in siti diversi da quello di produzione si dovrà rispettare quanto prescritto al Capo III "Terre e rocce da scavo prodotte in cantieri di piccole dimensioni", Artt. 20 e 21 del D.P.R. 13/06/2017 n°120.

Art. 20 "Ambito di applicazione":

1. Le disposizioni del presente Capo si applicano alle terre e rocce da scavo prodotte in cantieri di piccole dimensioni, come definiti nell'articolo 2, comma 1, lettera t), se, con riferimento ai requisiti ambientali di cui all'articolo 4, il produttore dimostra, qualora siano destinate a recuperi, ripristini, rimodellamenti, riempimenti ambientali o altri utilizzi sul suolo, che non siano superati i valori delle concentrazioni soglia di contaminazione di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, con riferimento alle caratteristiche delle matrici ambientali e alla destinazione d'uso urbanistica del sito di destinazione, e che le terre e rocce da scavo non costituiscono fonte diretta o indiretta di contaminazione per le acque sotterranee, fatti salvi i valori di fondo naturale.

(...omissis...)

Art. 21 "Dichiarazione di utilizzo per i cantieri di piccole dimensioni":

1. La sussistenza delle condizioni previste dall'articolo 4, è attestata dal produttore tramite una dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà resa ai sensi dell'articolo 47 del decreto del Presidente della Repubblica 28 dicembre 2000, n. 445, con la trasmissione, anche solo in via telematica, almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori di scavo, del modulo di cui all'allegato 6 al comune del luogo di produzione e all'Agenzia di protezione ambientale territorialmente competente. Nella dichiarazione il produttore indica le quantità di terre e rocce da scavo destinate all'utilizzo come sottoprodotti, l'eventuale sito di deposito intermedio, il sito di destinazione, gli estremi delle autorizzazioni per la realizzazione delle opere e i tempi previsti per l'utilizzo, che non possono comunque superare un anno dalla data di produzione delle terre e rocce da scavo, salvo il caso in cui l'opera nella quale le terre e rocce da scavo qualificate come sottoprodotti sono destinate ad essere utilizzate, preveda un termine di esecuzione superiore.
2. La dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà di cui al comma 1, assolve la funzione del piano di utilizzo di cui all'articolo 2, comma 1, lettera f).
3. Nel caso di modifica sostanziale dei requisiti di cui all'articolo 4, il produttore aggiorna la dichiarazione di cui al comma 1 e la trasmette, anche solo in via telematica, al comune del luogo di produzione e all'Agenzia di protezione ambientale territorialmente competente. Decorso 15 giorni dalla trasmissione della dichiarazione aggiornata, le terre e rocce da scavo possono essere gestite in conformità alla dichiarazione aggiornata. Costituiscono modifiche sostanziali quelle indicate all'articolo 15, comma 2. Qualora la variazione riguardi il sito di destinazione o il diverso utilizzo delle terre e rocce da scavo, l'aggiornamento della dichiarazione può essere effettuato per un massimo di due volte, fatte salve eventuali circostanze sopravvenute, impreviste o imprevedibili.
4. I tempi previsti per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti possono essere prorogati una sola volta e per la durata massima di sei mesi, in presenza di circostanze sopravvenute, impreviste o imprevedibili. A tal fine il produttore, prima della data di scadenza del termine di utilizzo indicato nella dichiarazione, comunica al comune del luogo di produzione e all'Agenzia di protezione ambientale territorialmente competente, il nuovo termine di utilizzo, motivando le ragioni della proroga.
5. Le attività di scavo e di utilizzo sono effettuate in conformità alla vigente disciplina urbanistica e di tutela della salute e sicurezza dei lavoratori.
6. Fermi restando i compiti di vigilanza e controllo stabiliti dalle norme vigenti, le Agenzie di protezione ambientale territorialmente competenti effettuano, secondo una programmazione annuale, le ispezioni, i controlli, i prelievi e le verifiche necessarie ad accertare il rispetto degli obblighi assunti nella dichiarazione di cui al comma 1. L'onere economico derivante dallo svolgimento delle attività di controllo è a carico del produttore. I controlli sono disposti anche con metodo a campione o in base a programmi settoriali, per categorie di attività o nelle situazioni di potenziale pericolo comunque segnalate o rilevate.
7. L'autorità competente, qualora accerti l'assenza dei requisiti di cui all'articolo 4, o delle circostanze sopravvenute, impreviste o imprevedibili di cui ai commi 3 e 4, dispone il divieto di inizio ovvero di prosecuzione delle attività di gestione delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti.

Nell'ambito del progetto di cui alla presente, i materiali da scavo prodotti verranno smaltiti in apposita discarica autorizzata.

6 - CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI TECNICHE

Lo scopo del presente elaborato è stato quello di analizzare l'assetto geomorfologico, litostratigrafico e sismico dell'area su cui insiste la Scuola Primaria Rio Crosio, in Asti, Corso XXV Aprile n° 151: l'edificio scolastico sarà oggetto di interventi di adeguamento sismico, riqualificazione energetica e messa in sicurezza come da contratto di Accordo Quadro Repertorio n° 957 del 26/11/2019 (CIG. 7817278DDE) in ambito di R.T.P. .

Dalle indagini eseguite si possono trarre le seguenti considerazioni:

- ✓ Relazione Geologica – il sito è ubicato nella zona occidentale del concentrico comunale di Asti, in un settore di fondovalle compreso tra il Torrente Bobore e il Rio Crosio suo affluente destro. In tale settore affiorano i depositi alluvionali olo-pleistocenici dei corsi d'acqua poggianti sulla unità pliocenica di origine marina rappresentata dalla formazione delle *Argille di Lugagnano*, in linea generale costituiti da argille marnose grigio-azzurre omogenee e prive di un'evidente stratificazione (cfr. Cap. 2). Per quanto concerne la *pericolosità geomorfologica* non si ravvisano linee di interferenza tra il fabbricato in oggetto e processi geomorfologici, in quanto il comparto in esame risiede in un settore esterno le possibili aree esondabili dei corsi d'acqua e ben lontano da settori collinari potenzialmente instabili; tali considerazioni trovano conferma negli elaborati geologici a corredo del P.R.G.C. che inseriscono il sito in esame in un settore a bassa pericolosità geomorfologica in cui non sussistono limitazioni alle scelte urbanistiche (cfr. § 2.2).
- ✓ Caratterizzazione e Modellazione Geotecnica – per la caratterizzazione di dettaglio dell'assetto litostratigrafico e geoidrologico si sono eseguite n° 3 prove penetrometriche statiche (C.P.T.) e n° 1 prospezione sismica MASW ($V_{s,eq}$). I risultati della campagna di indagini eseguita (cfr. § 3.2), mostrano come il modello geologico e geotecnico del sottosuolo investigato sia suddivisibile in n° 3 strati, dei quali il primo costituito da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche composto da terreno di riporto costituito da limi e sabbie fini, sciolti ($R_{p,medio}=17,88 \text{ kg/cm}^2$), rilevabile fino alla profondità compresa tra **-2,00 m** (C.P.T.1) e **-2,40 m** (C.P.T.3); inferiormente, fino alla profondità compresa tra **-4,80 m** (C.P.T.1) e **-5,20 m** (C.P.T.2) è presente uno strato costituito da terreni prevalentemente granulari (sabbie medio-grossolane e limi sabbiosi) con discrete proprietà geotecniche ($R_{p,medio}=33,81 \text{ kg/cm}^2$). Infine chiude la successione stratigrafica il substrato geotecnico locale caratterizzato da argille marnose provviste di buone proprietà geomeccaniche ($R_{p,medio}=59,58 \text{ kg/cm}^2$), attribuibili ai depositi pliocenici di origine marina. In merito alla presenza di acqua, le misure freaticometriche effettuate nei fori di prova hanno registrato la presenza di una falda a superficie libera caratterizzata da soggiacenze comprese tra **3,30 m** e **3,85 m** dal p.c. (cfr. § 3.4).
- ✓ Risposta sismica locale – il sito in esame ricade in un'area classificata, secondo la normativa vigente (D.G.R. n° 11-13058 del 19/01/2010), in zona sismica 4; nel Capitolo 4 sono stati ricavati, mediante software dedicato, i valori di accelerazione sismica massima (a_{max}) attesa al sito: tali valori risultano particolarmente ridotti a testimoniare la bassa sismicità dell'area.

In merito alla categoria di sottosuolo risultati dell'indagine MASW eseguita hanno determinato una velocità dell'onda di taglio ($V_{s,eq}$) pari a 231,42 m/s, cui viene attribuita una categoria di sottosuolo di tipo **C** (cfr. § 3.3).

Nei riguardi della *stabilità nei confronti della liquefazione* le N.T.C./18 richiedono esplicitamente la verifica della suscettibilità del terreno alla liquefazione al fine di valutare l'influenza di tale fenomeno sulla stabilità dei pendii e/o dei manufatti e di conseguenza prevedere le opportune soluzioni progettuali. Per il caso in esame la verifica a liquefazione

può essere omessa in quanto risulta soddisfatta la condizione di cui al punto 1 del § 7.11.3.4.2 delle N.T.C./18 (cfr. § 4.4).

- ✓ Gestione delle terre e rocce da scavo – come indicato nel Cap. 5, che riporta in sintesi la complessa ed articolata normativa vigente, i materiali da scavo saranno gestiti quali rifiuti ai sensi della parte IV del D.Lgs. 152/2006 e pertanto smaltiti presso impianto autorizzato.

Sulla base dei rilievi e delle analisi condotte si può concludere come non si siano rilevati elementi ostativi la realizzazione degli interventi edilizi in progetto: le opere in oggetto si possono ritenere compatibili con l'assetto geomorfologico, litostratigrafico e sismico dell'area.

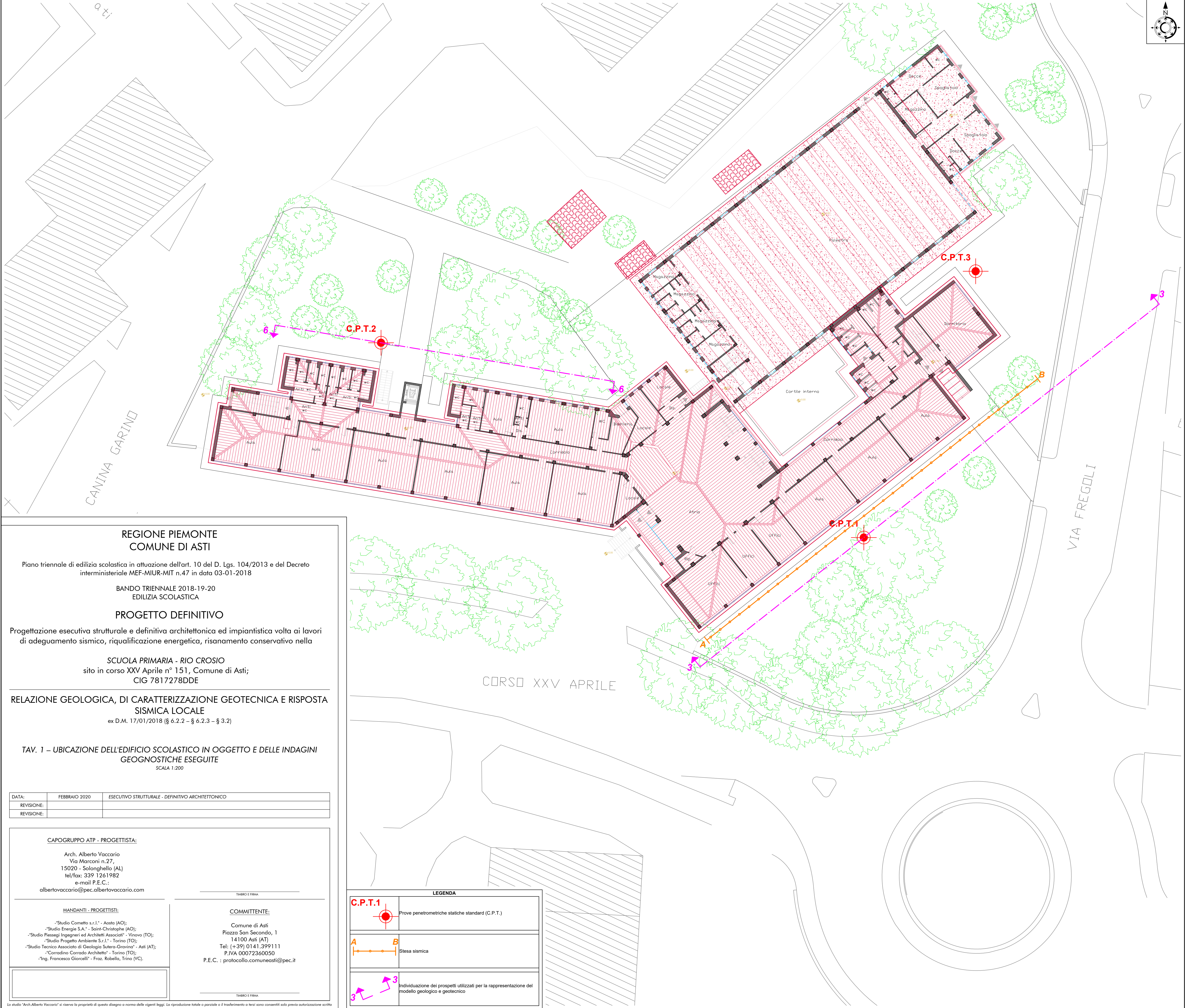
In merito alle problematiche geotecniche di cui al § 6.2.4 delle N.T.C./18 si rimanda alle opportune verifiche di sicurezza che dovranno essere effettuate dal progettista in concomitanza con i calcoli delle strutture, utilizzando i parametri geotecnici e sismici forniti nella presente relazione.

6.1 - Prescrizioni ed accorgimenti tecnici al fine della minimizzazione del rischio

- Interazione strutture-terreno – dal punto di vista dell'interazione strutture-terreno gli interventi saranno sostanzialmente rappresentati da:
 - ⇒ realizzazione di travi di collegamento tra i plinti di fondazione delle strutture esistenti ai fini dell'adeguamento sismico dell'edificio;
 - ⇒ fondazioni della nuova struttura adibita ad Aula Magna per la quale, analogamente al punto precedente sono previste delle travi rovesce;
 entrambe le strutture fondazionali dovranno essere dimensionate tenendo conto dei valori caratteristici dei parametri geotecnici forniti nel § 3.2.1 e dovranno essere ben immerse in uno strato con caratteristiche fisico-meccaniche omogenee. Si precisa che nell'ambito della presente relazione non sono state eseguite le verifiche di sicurezza e delle prestazioni attese relative le strutture fondazionali (cfr. § 6.2.4 delle N.T.C./18) che dovranno essere condotte in concomitanza con i calcoli strutturali. Allo stato attuale delle conoscenze il modello geologico e geotecnico ricostruito nel Cap. 3 mette in evidenza una buona correlazione stratigrafica tra i punti d'indagine.
 In considerazione dell'assetto stratigrafico riscontrato si consiglia di utilizzare quale terreno idoneo a sopportare i carichi di esercizio almeno il *secondo strato geotecnico* (cfr. § 3.2) rinvenibile ad una quota compresa tra 2,00 m (cfr. C.P.T.1) e 2,40 m (cfr. C.P.T.2).
- Fronti di scavo – le opere in progetto richiederanno la realizzazione di fronti di scavo che potenzialmente potranno innescare condizioni di “rischio” specie lungo la porzione sommitale: si raccomanda pertanto di adottare angoli di scarpa non superiori a 45° che possono essere considerati un buon compromesso tra economicità degli interventi e sicurezza durante le fasi di cantiere. Qualora per esigenze logistiche di cantiere non fosse possibile rispettare gli angoli di scarpa prescritti, si raccomanda l'utilizzo di opere di sostegno provvisorie a protezione delle pareti di scavo al fine di evitare l'instaurarsi di condizioni di pericolosità e di rischio a scapito della sicurezza delle maestranze.
 Si rammenta che le pareti non dovranno essere lasciate a nudo per periodi di tempo prolungati al fine di evitare gli effetti negativi degli eventi meteorologici.
 Inoltre si raccomanda di evitare lo stazionamento anche temporaneo di sovraccarichi (ad es. gru, silos e/o accumuli di materiali) a meno di 3 m dal ciglio degli stessi al fine di non innescare superfici di scivolamento localizzate.
- Regimazione delle acque – sarà indispensabile prevedere la realizzazione di un accurato sistema drenante che consenta lo smaltimento delle acque di scorrimento superficiale

STUDIO TECNICO ASSOCIATO DI GEOLOGIA	Pierpaolo Suter Sardo & Luca Gravina
<i>Via De Amicis n° 1 – 14100 Asti (AT)</i>	<i>Tel. – Fax 0141/436555 – 33814</i>

dall'intera area di intervento e di gronda, in modo da evitare fenomeni di ristagno che provocherebbero la saturazione dei terreni con conseguente decremento dei valori dei parametri geotecnici. Tutte le acque captate dal sistema drenante prescritto dovranno essere convogliate lontano dal sito, possibilmente utilizzando linee di drenaggio esistenti, senza recare danno ai lotti circostanti.



REGIONE PIEMONTE
COMUNE DI ASTI

Piano triennale di edilizia scolastica in attuazione dell'art. 10 del D. Lgs. 104/2013 e del Decreto interministeriale MEF-MIUR-MIT n.47 in data 03-01-2018

BANDO TRIENNALE 2018-19-20
EDILIZIA SCOLASTICA

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione esecutiva strutturale e definitiva architettonica ed impiantistica volta ai lavori di adeguamento sismico, riqualificazione energetica, risanamento conservativo nella

SCUOLA PRIMARIA - RIO CROSIO
sito in corso XXV Aprile n° 151, Comune di Asti;
CIG 7817278DDE

RELAZIONE GEOLOGICA, DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E RISPOSTA
SISMICA LOCALE

ex D.M. 17/01/2018 (§ 6.2.2 – § 6.2.3 – § 3.2)

TAV. 1 – UBICAZIONE DELL'EDIFICIO SCOLASTICO IN OGGETTO E DELLE INDAGINI
GEOGNOSTICHE ESEGUITE

SCALA 1:200

DATA:	FEBBRAIO 2020	ESECUTIVO STRUTTURALE - DEFINITIVO ARCHITETTONICO
REVISIONE:		
REVISIONE:		

CAPOGRUPPO ATP - PROGETTISTA:

Arch. Alberto Vaccario
Via Marconi n.27,
15020 - Solonghello (AL)
tel/fax: 339 1261982
e-mail P.E.C.:
albertovaccario@pec.albertovaccario.com

TIMBRO E FIRMA

MANDANTI - PROGETTISTI:

-Studio Cometto s.r.l." - Aosta (AO);
-Studio Energie S.A." - Saint-Christophe (AO);
-Studio Piessegi Ingegneri ed Architetti Associati" - Vinova (TO);
-Studio Progetto Ambiente S.r.l." - Torino (TO);
-Studio Tecnico Associato di Geologia Sulero-Gravina" - Asti (AT);
-Corradino Corrado Architetto" - Torino (TO);
-Ing. Francesca Giorelli" - Fraz. Robella, Trino (VC).

COMMITTENTE:

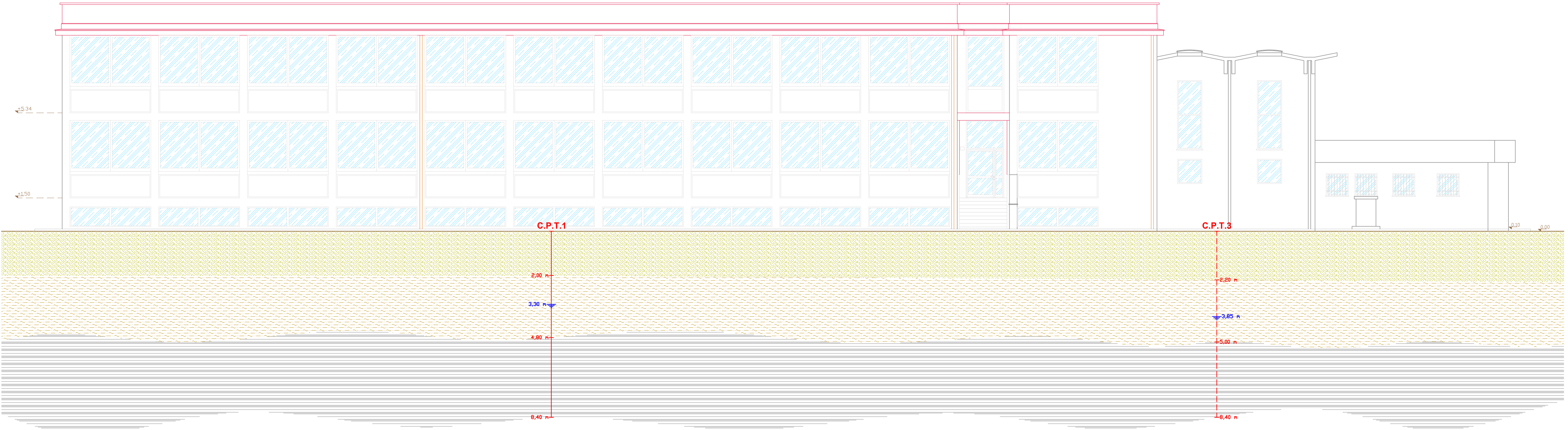
Comune di Asti
Piazza San Secondo, 1
14100 Asti (AT)
Tel: (+39) 0141.399111
P.IVA 00072340050
P.E.C. : protocollo.comuneasti@pec.it

TIMBRO E FIRMA

LEGENDA

C.P.T.1		Prove penetrometriche statiche standard (C.P.T.)
A		Stesa sismica
3		Individuazione dei prospetti utilizzati per la rappresentazione del modello geologico e geotecnico

PROSPETTO 3



REGIONE PIEMONTE
COMUNE DI ASTI

Piano triennale di edilizia scolastica in attuazione dell'art. 10 del D. Lgs. 104/2013 e del Decreto interministeriale MEF-MIUR-MIT n.47 in data 03-01-2018

BANDO TRIENNALE 2018-19-20
EDILIZIA SCOLASTICA

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione esecutiva strutturale e definitiva architettonica ed impiantistica volta ai lavori di adeguamento sismico, riqualificazione energetica, risanamento conservativo nella

SCUOLA PRIMARIA - RIO CROSIO
sito in corso XXV Aprile n° 151, Comune di Asti;
CIG 7817278DDE

RELAZIONE GEOLOGICA, DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E RISPOSTA
SISMICA LOCALE

ex D.M. 17/01/2018 (§ 6.2.2 – § 6.2.3 – § 3.2)

TAV. 2 – MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO DELL'AREA IN ESAME,
LUNGO I PROSPETTI 3 E 6 DEGLI ELABORATI DI PROGETTO, COSÌ COME RICAVATO DAI
RISULTATI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE

SCALA 1:100

DATA:	FEBBRAIO 2020	ESECUTIVO STRUTTURALE - DEFINITIVO ARCHITETTONICO
REVISIONE:		
REVISIONE:		

CAPOGRUPPO ATP - PROGETTISTA:

Arch. Alberto Vaccario
Via Marconi n.27,
15020 - Solonghello (AL)
tel/fax: 339 1261982
e-mail P.E.C.:
albertovaccario@pec.albertovaccario.com

TIMBRO E FIRMA

MANDANTI - PROGETTISTI:

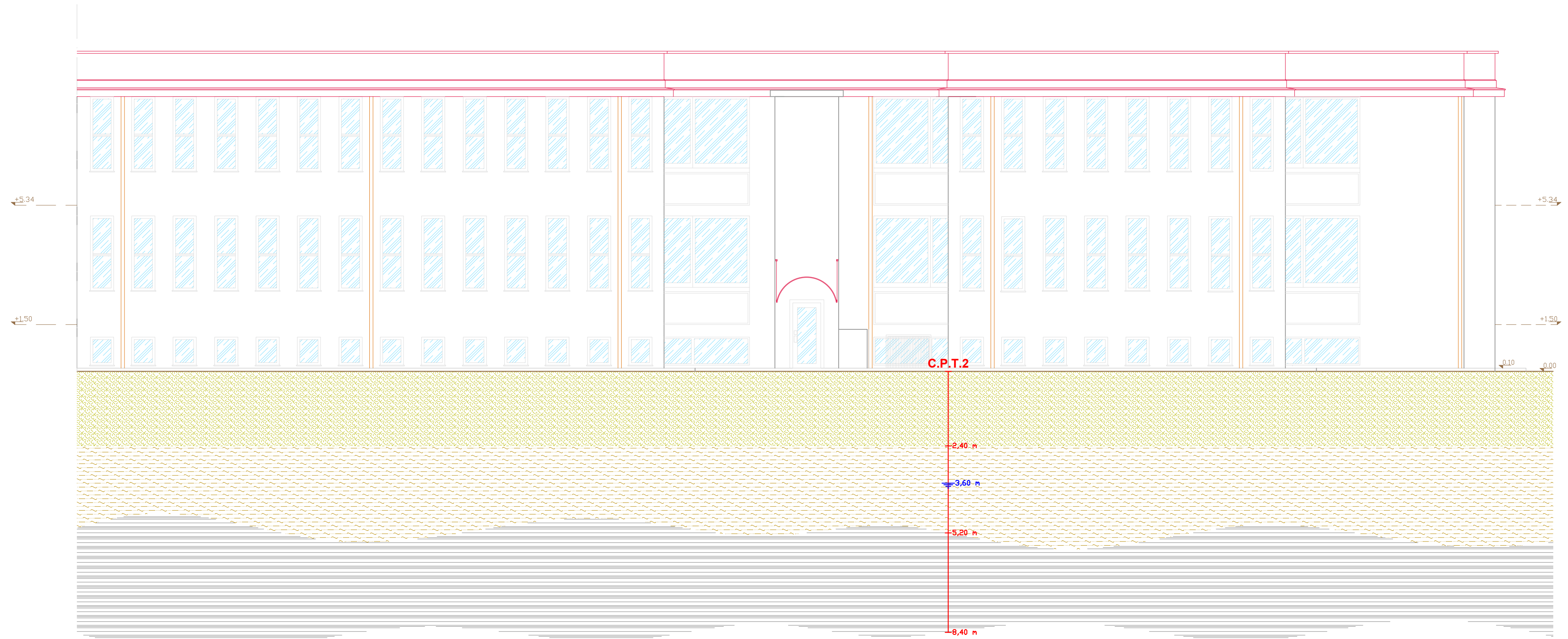
-"Studio Cometto s.r.l." - Aosta (AO);
-"Studio Energie S.A." - Saint-Christophe (AO);
-"Studio Piessegi Ingegneri ed Architetti Associati" - Vinovo (TO);
-"Studio Progetto Ambiente S.r.l." - Torino (TO);
-"Studio Tecnico Associato di Geologia Sulera-Grovina" - Asti (AT);
-"Corradino Corrado Architetto" - Torino (TO);
-"Ing. Francesca Giorcelli" - Fraz. Robello, Trino (VC).

COMMITTENTE:

Comune di Asti
Piazza San Secondo, 1
14100 Asti (AT)
Tel.: (+39) 0141.399111
P.IVA 00072360050
P.E.C. : protocollo.comuneasti@pec.it

TIMBRO E FIRMA

PROSPETTO 6

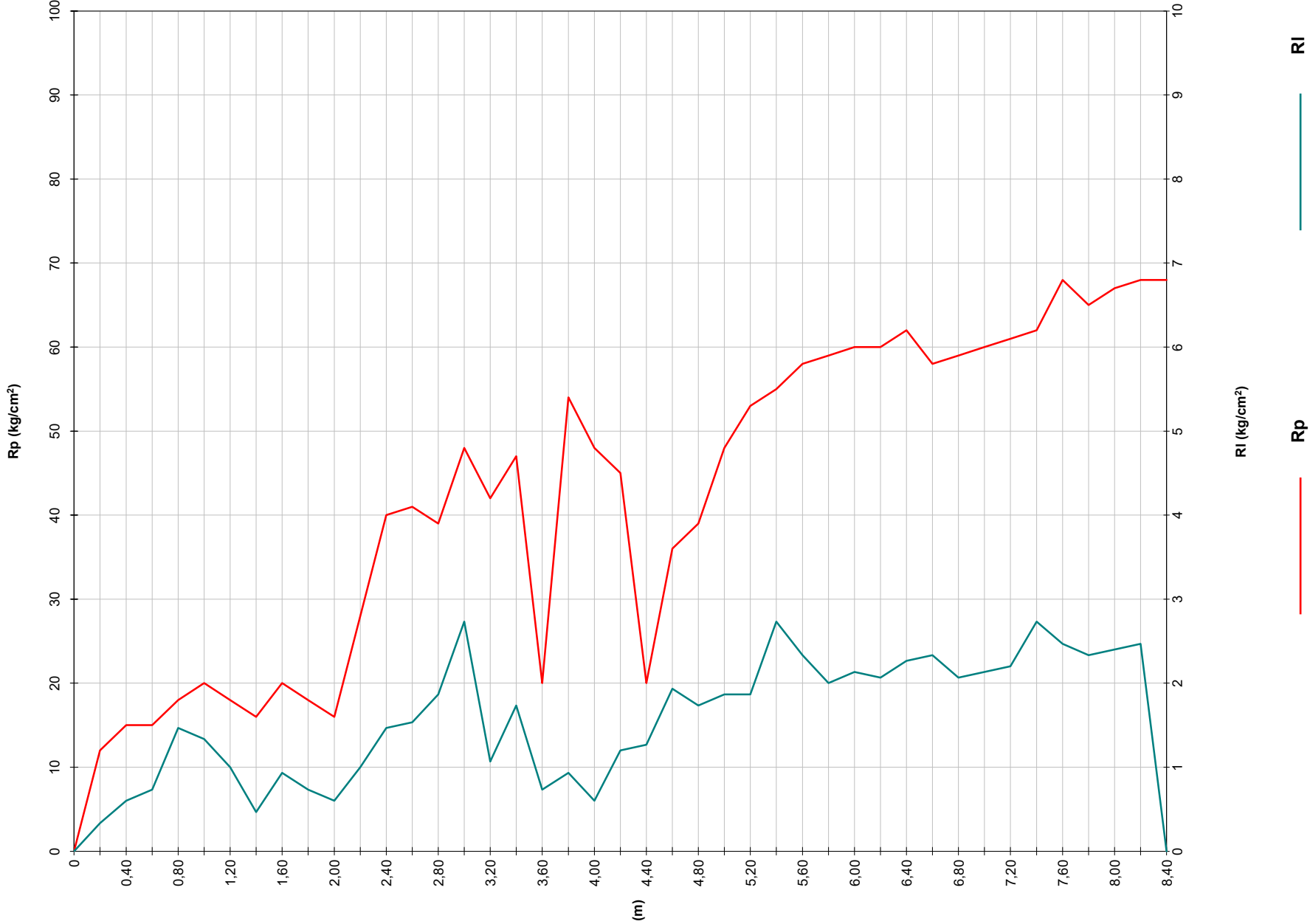


LEGENDA

	Primo strato geotecnico (terreni con scadenti proprietà geomeccaniche): limi argillosi, limi argilloso-sabbiosi, argille limose e livelli di sabbie argilloso-limose. Terreni di riporto sciolti con elevata anisotropia sia orizzontale che verticale		Prove penetrometriche statiche standard (C.P.T.)
	Secondo strato geotecnico (terreni con discrete proprietà geomeccaniche): limi argilloso-sabbiosi, sabbie medie grossolane con limo e orizzonti di limi argillosi ed argille limose. Depositi alluvionali e colluviali da sciolti a mediamente addensati.		Livello dell'acqua rilevato lungo le verticali di indagine
	Terzo strato geotecnico (terreni con buone proprietà geomeccaniche): limi argilloso-sabbiosi e limi argillosi. Depositi pliocenici di origine marina con consistenza da solido-plastica a semisolida e/o da mediamente addensati ad addensati		Piano campagna allo stato attuale

***ELABORATI DELLE PROVE PENETROMETRICHE
STATICHE C.P.T.
(allegati)***

PROVA PENETROMETRICA STATICA C.P.T. 1
GRAFICO RESISTENZE ALLA PENETRAZIONE

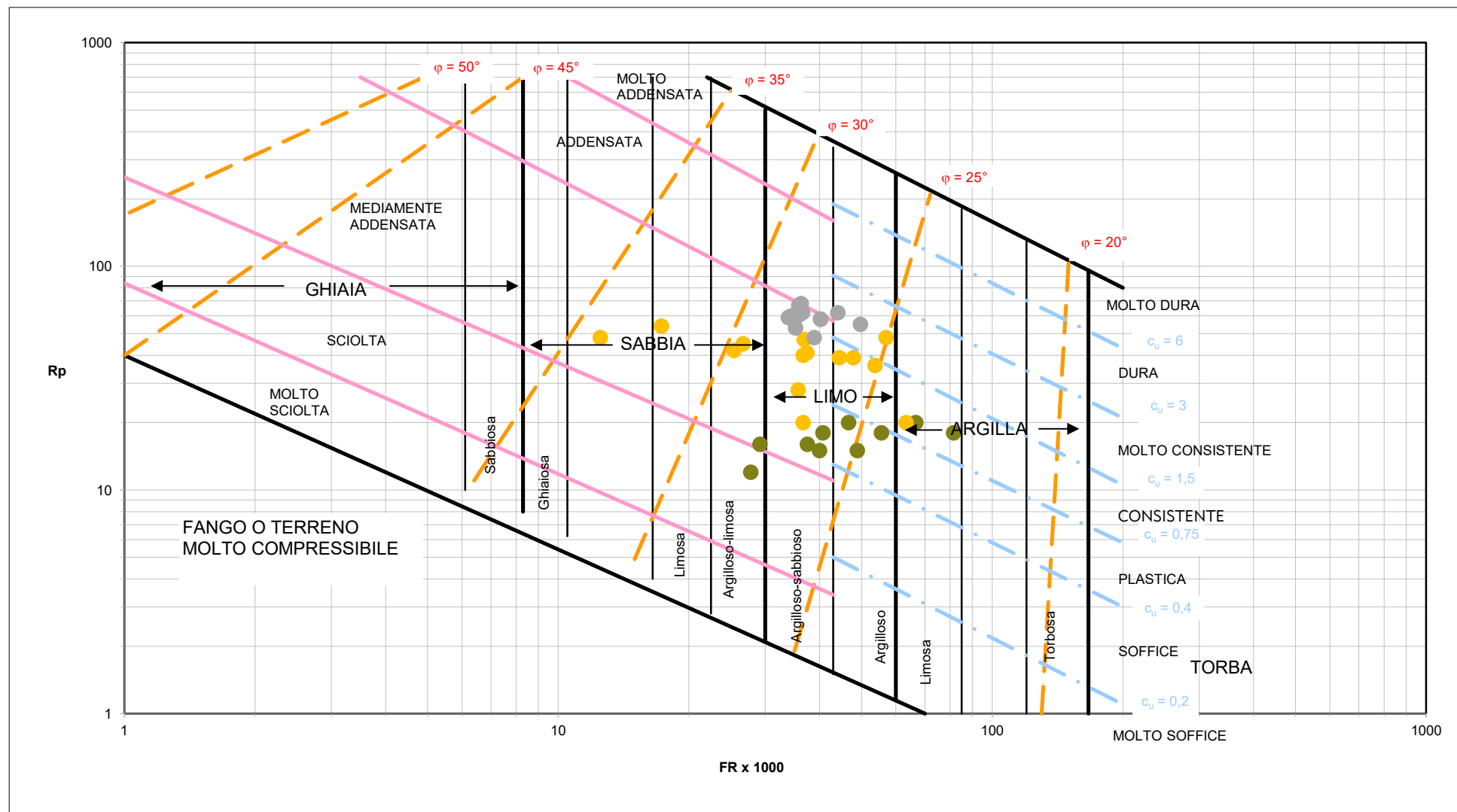


PROVA PENETROMETRICA STATICA C.P.T. 1

ELABORAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI E DELLE CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE DEI TERRENI

c_u = coesione non drenata (correlazione in uso in Italia)
φ = angolo di attrito (correlazioni citate da De Beer e Caquot, valide per profondità > 2 m dal p.c.)
E_d = modulo edometrico (correlazione empirica valida per i terreni coesivi in genere)
E = modulo di deformazione (correlazione citata da Schmertmann per i terreni granulari)
Dr = densità relativa (correlazione citata da Schmertmann valida per profondità > 2 m dal p.c.)

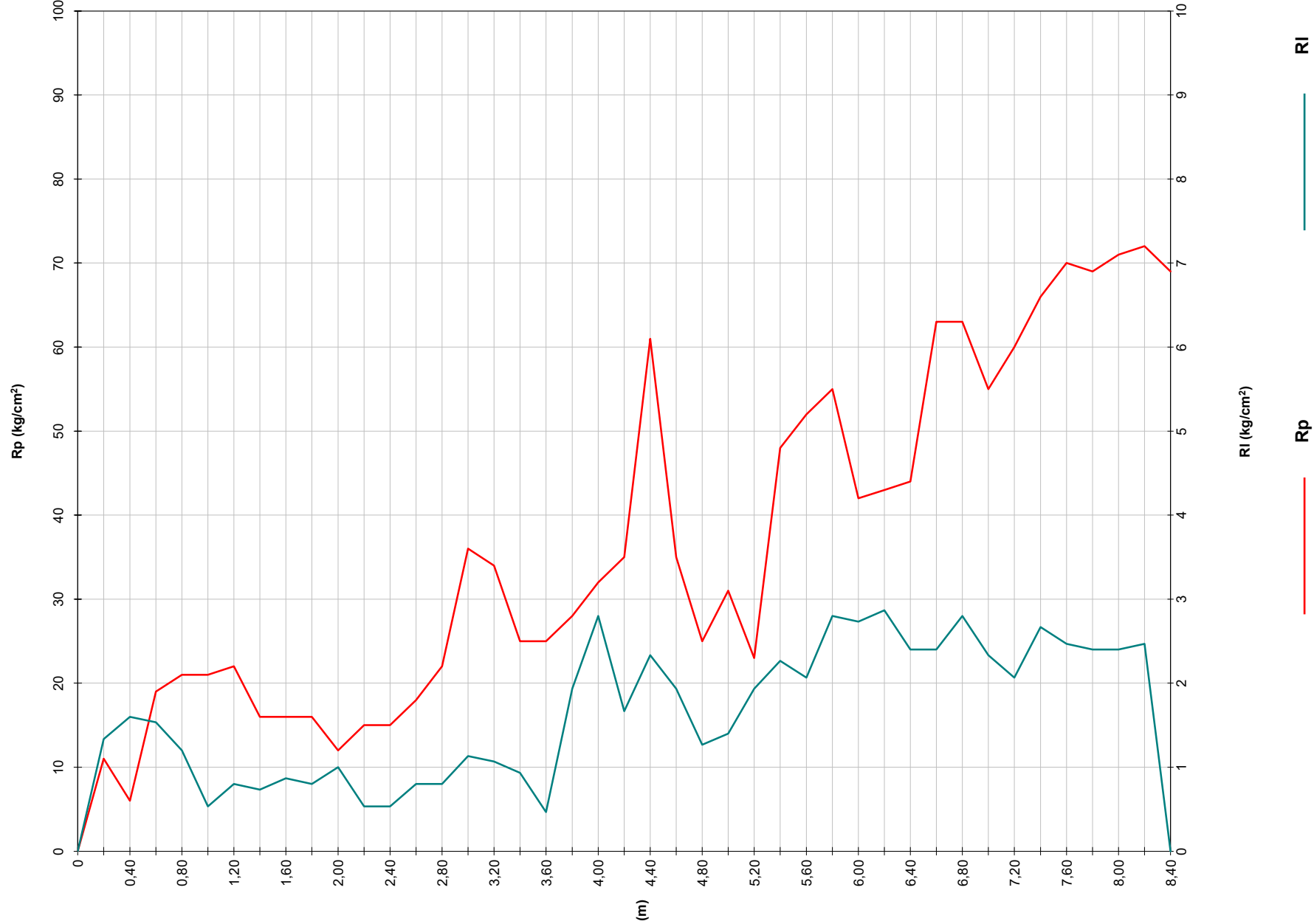
D (m)	c _u (kg/cm ²)	φ (°)	E _d (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	Dr (%)	Stratigrafia	Argilla (%)	Strati geotecnici
0,20		37,41		30,00	104,38	Sabbia argilloso-limosa	25 – 35% < 16 m	Primo strato
0,40		33,24		37,50	83,00	Limo argilloso-sabbioso	65 – 75% < 16 m	
0,60	0,60		43,14			Limo argilloso	75 – 85% < 16 m	
0,80	0,72		49,05			Argilla limosa	100% < 16 m	
1,00	0,79		53,40			Argilla limosa	95 – 100% < 16 m	
1,20	0,71		48,91			Limo argilloso	85 – 95% < 16 m	
1,40		26,57		40,00	45,92	Sabbia argilloso-limosa	35 – 45% < 16 m	
1,60	0,79		53,18			Limo argilloso	75 – 85% < 16 m	
1,80		25,86		45,00	43,01	Limo argilloso-sabbioso	65 – 75% < 16 m	
2,00		24,77		40,00	35,71	Limo argilloso-sabbioso	55 – 65% < 16 m	
2,20		26,92		70,00	53,34	Limo argilloso-sabbioso	45 – 55% < 16 m	Secondo strato
2,40		28,14		100,00	63,67	Limo argilloso-sabbioso	55 – 65% < 16 m	
2,60		27,82		102,50	62,10	Limo argilloso-sabbioso	55 – 65% < 16 m	
2,80	1,54		119,77			Limo argilloso	75 – 85% < 16 m	
3,00	1,90		176,40			Limo argilloso	85 – 95% < 16 m	
3,20		26,82		105,00	56,69	Sabbia argilloso-limosa	25 – 35% < 16 m	
3,40		27,04		117,50	59,00	Limo argilloso-sabbioso	55 – 65% < 16 m	
3,60		22,67		50,00	26,04	Limo argilloso-sabbioso	55% < 16 m	
3,80		27,12		135,00	60,80	Sabbia limosa	0 – 5% < 16 m	
4,00		26,29		120,00	54,98	Sabbia	0% < 16 m	
4,20		25,73		112,50	51,20	Sabbia argilloso-limosa	25 – 35% < 16 m	Terzo strato
4,40	0,77		52,05			Argilla limosa	95 – 100% < 16 m	
4,60	1,41		103,75			Limo argilloso	85 – 95% < 16 m	
4,80	1,53		117,92			Limo argilloso	65 – 75% < 16 m	
5,00		25,13		120,00	48,45	Limo argilloso-sabbioso	55 – 65% < 16 m	
5,20	2,08		215,17			Limo argilloso-sabbioso	45 – 55% < 16 m	
5,40	2,16		234,18			Limo argilloso	75 – 85% < 16 m	
5,60		25,40		145,00	51,80	Limo argilloso-sabbioso	65 – 75% < 16 m	
5,80		25,29		147,50	51,33	Limo argilloso-sabbioso	45 – 55% < 16 m	
6,00		25,18		150,00	50,89	Limo argilloso-sabbioso	45 – 55% < 16 m	
6,20		25,01		150,00	49,88	Limo argilloso-sabbioso	45 – 55% < 16 m	
6,40		24,99		155,00	50,11	Limo argilloso-sabbioso	55 – 65% < 16 m	
6,60		24,50		145,00	46,73	Limo argilloso-sabbioso	65 – 75% < 16 m	
6,80		24,43		147,50	46,44	Limo argilloso-sabbioso	45 – 55% < 16 m	
7,00		24,35		150,00	46,18	Limo argilloso-sabbioso	45 – 55% < 16 m	
7,20		24,28		152,50	45,93	Limo argilloso-sabbioso	45 – 55% < 16 m	
7,40	2,43		311,44			Limo argilloso	65 – 75% < 16 m	
7,60		24,51		170,00	48,28	Limo argilloso-sabbioso	55% < 16 m	
7,80		24,15		162,50	45,85	Limo argilloso-sabbioso	45 – 55% < 16 m	
8,00		24,17		167,50	46,21	Limo argilloso-sabbioso	45 – 55% < 16 m	
8,20		24,11		170,00	46,02	Limo argilloso-sabbioso	55% < 16 m	



C.P.T. 1 - Distribuzione degli strati geotecnici lungo la verticale d'indagine secondo le correlazioni di Searle (1979).

PROVA PENETROMETRICA STATICA C.P.T. 2

GRAFICO RESISTENZE ALLA PENETRAZIONE

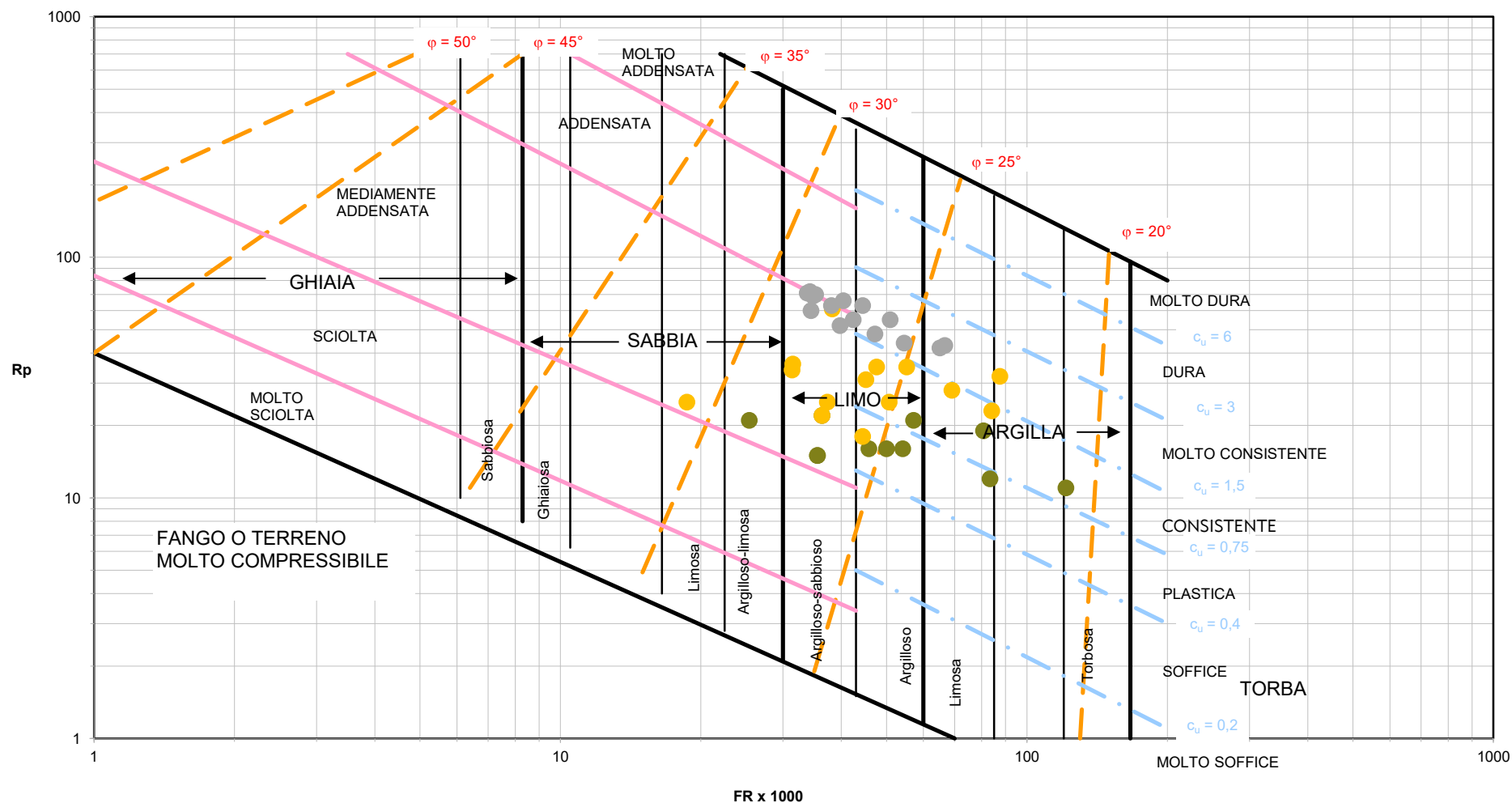


PROVA PENETROMETRICA STATICA C.P.T. 2

ELABORAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI E DELLE CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE DEI TERRENI

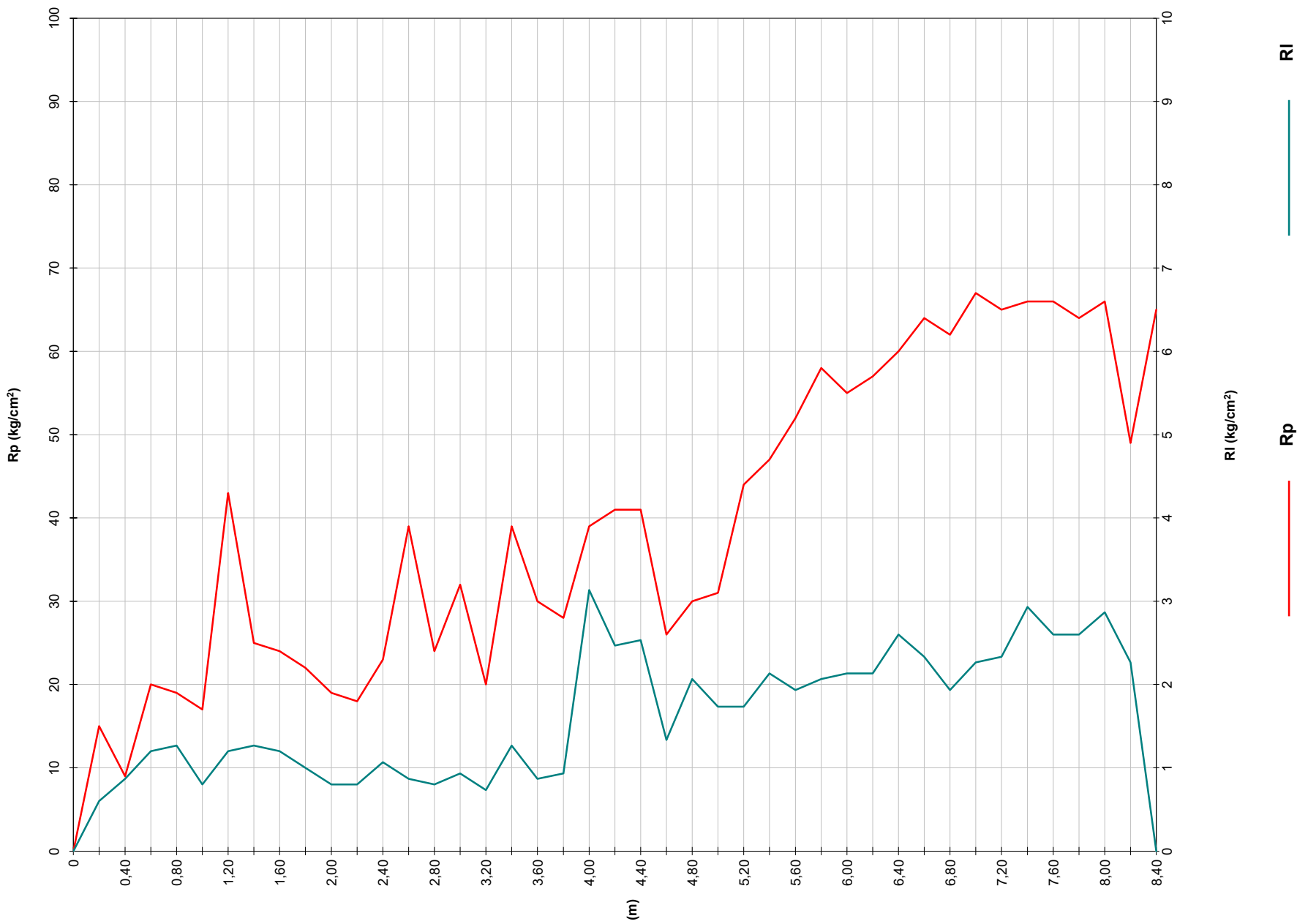
c_u = coesione non drenata (correlazione in uso in Italia)
φ = angolo di attrito (correlazioni citate da De Beer e Caquot, valide per profondità > 2 m dal p.c.)
E_d = modulo edometrico (correlazione empirica valida per i terreni coesivi in genere)
E = modulo di deformazione (correlazione citata da Schmertmann per i terreni granulari)
Dr = densità relativa (correlazione citata da Schmertmann valida per profondità > 2 m dal p.c.)

D (m)	c _u (kg/cm ²)	φ (°)	E _d (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	Dr (%)	Stratigrafia	Argilla (%)	Strati geotecnici
0,20	0,44		36,40			Argilla torbasa	100% < 16 m	Primo strato
0,40	0,24		29,29			Torba	100% < 16 m	
0,60	0,76		51,28			Argilla limosa	100% < 16 m	
0,80	0,84		55,83			Limo argilloso	85 – 95% < 16 m	
1,00		29,62		52,50	65,76	Sabbia argilloso-limosa	25 – 35% < 16 m	
1,20		28,88		55,00	62,06	Limo argilloso-sabbioso	55% < 16 m	
1,40	0,63		44,80			Limo argilloso	75 – 85% < 16 m	
1,60	0,63		44,74			Limo argilloso	85 – 95% < 16 m	
1,80	0,63		44,68			Limo argilloso	75 – 85% < 16 m	
2,00	0,47		37,53			Argilla limosa	100% < 16 m	
2,20		23,98		37,50	30,65	Limo argilloso-sabbioso	45 – 55% < 16 m	Secondo strato
2,40		23,55		37,50	28,21	Limo argilloso-sabbioso	45 – 55% < 16 m	
2,60	0,70		48,44			Limo argilloso	75% < 16 m	
2,80		24,54		55,00	37,54	Limo argilloso-sabbioso	55% < 16 m	
3,00		26,51		90,00	53,44	Limo argilloso-sabbioso	35 – 45% < 16 m	
3,20		25,89		85,00	49,38	Limo argilloso-sabbioso	45% < 16 m	
3,40		24,10		62,50	36,29	Limo argilloso-sabbioso	55 – 65% < 16 m	
3,60		23,80		62,50	34,57	Sabbia limosa	5 – 15% < 16 m	
3,80	1,10		73,91			Argilla limosa	95 - 100% < 16 m	
4,00	1,25		87,72			Argilla	100% < 16 m	
4,20	1,37		99,70			Limo argilloso	75 – 85% < 16 m	Terzo strato
4,40		26,99		152,50	61,27	Limo argilloso-sabbioso	55 – 65% < 16 m	
4,60	1,37		99,39			Limo argilloso	85 – 95% < 16 m	
4,80	0,97		64,43			Limo argilloso	85% < 16 m	
5,00	1,21		83,36			Limo argilloso	75 – 85% < 16 m	
5,20	0,89		58,91			Argilla limosa	100% < 16 m	
5,40	1,88		173,19			Limo argilloso	75 – 85% < 16 m	
5,60		24,96		130,00	48,25	Limo argilloso-sabbioso	55 – 65% < 16 m	
5,80	2,16		233,53			Limo argilloso	85 – 95% < 16 m	
6,00	1,64		132,95			Argilla limosa	95 - 100% < 16 m	
6,20	1,68		138,58			Argilla limosa	95 - 100% < 16 m	Terzo strato
6,40	1,72		144,45			Limo argilloso	85 – 95% < 16 m	
6,60		24,96		157,50	50,13	Limo argilloso-sabbioso	55 – 65% < 16 m	
6,80	2,47		327,10			Limo argilloso	65 – 75% < 16 m	
7,00		24,00		137,50	43,34	Limo argilloso-sabbioso	65 – 75% < 16 m	
7,20		24,26		150,00	45,67	Limo argilloso-sabbioso	45 – 55% < 16 m	
7,40		24,56		165,00	48,32	Limo argilloso-sabbioso	65 – 75% < 16 m	
7,60		24,70		175,00	49,66	Limo argilloso-sabbioso	45 – 55% < 16 m	
7,80		24,49		172,50	48,35	Limo argilloso-sabbioso	45 – 55% < 16 m	
8,00		24,49		177,50	48,63	Limo argilloso-sabbioso	45 – 55% < 16 m	
8,20		24,43		180,00	48,40	Limo argilloso-sabbioso	45 – 55% < 16 m	



C.P.T. 2 - Distribuzione degli strati geotecnici lungo la verticale d'indagine secondo le correlazioni di Searle (1979).

PROVA PENETROMETRICA STATICA C.P.T. 3
GRAFICO RESISTENZE ALLA PENETRAZIONE

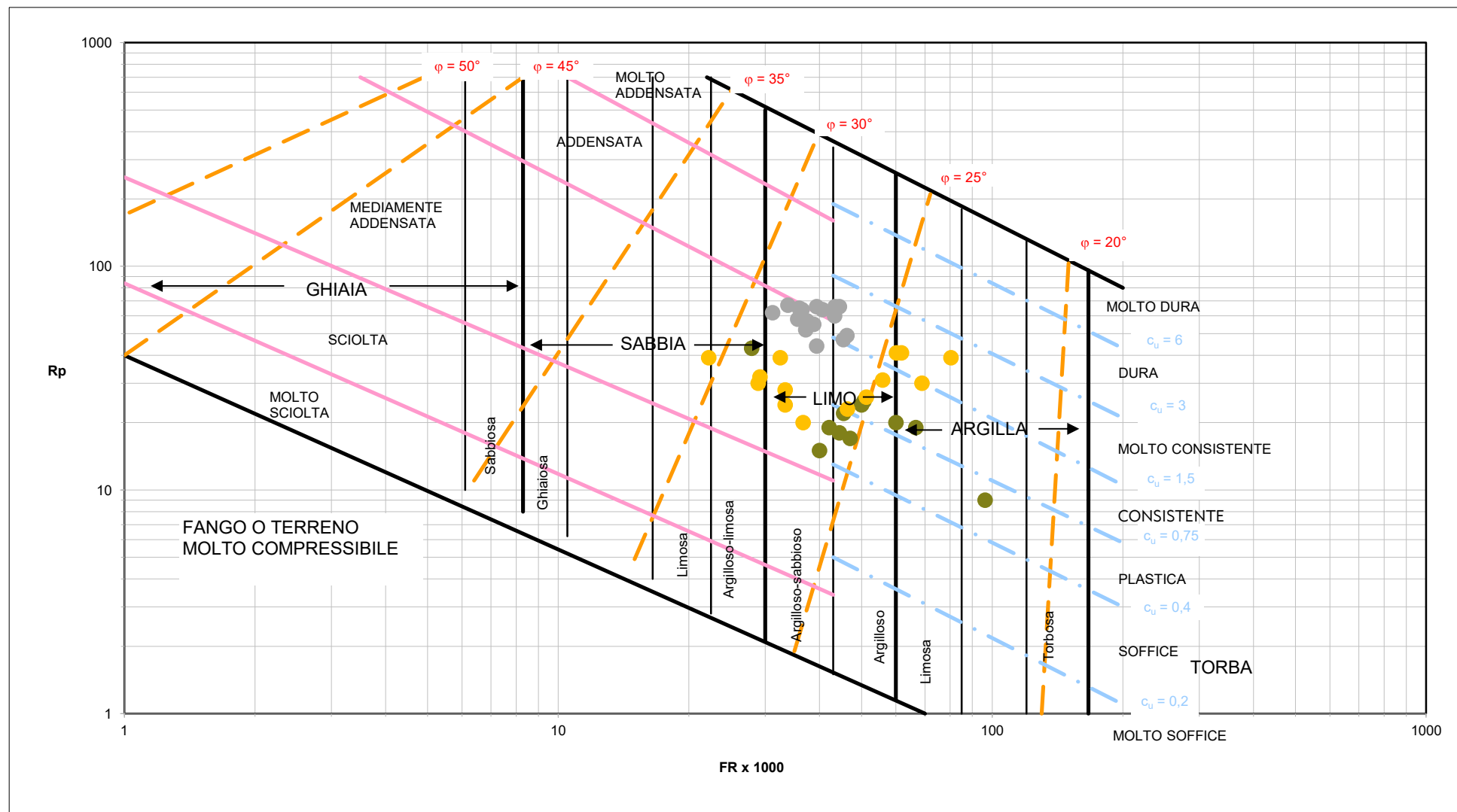


PROVA PENETROMETRICA STATICA C.P.T. 3

ELABORAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI E DELLE CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE DEI TERRENI

c_u = coesione non drenata (correlazione in uso in Italia)
 φ = angolo di attrito (correlazioni citate da De Beer e Caquot, valide per profondità > 2 m dal p.c.)
 E_d = modulo edometrico (correlazione empirica valida per i terreni coesivi in genere)
 E = modulo di deformazione (correlazione citata da Schmertmann per i terreni granulari)
 Dr = densità relativa (correlazione citata da Schmertmann valida per profondità > 2 m dal p.c.)

D (m)	c_u (kg/cm ²)	φ (°)	E_d (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	Dr (%)	Stratigrafia	Argilla (%)	Strati geotecnici
0,20		38,47		37,50	112,55	Limo argilloso-sabbioso	75% < 16 m	Primo strato
0,40	0,36		33,34			Argilla	100% < 16 m	
0,60	0,80		53,55			Argilla limosa	95% < 16 m	
0,80	0,76		51,21			Argilla limosa	95 - 100% < 16 m	
1,00	0,67		46,91			Limo argilloso	75 - 85% < 16 m	
1,20		32,07		107,50	86,59	Sabbia argilloso-limosa	35% < 16 m	
1,40	0,99		66,09			Limo argilloso	85% < 16 m	
1,60	0,95		63,21			Limo argilloso	75 - 85% < 16 m	
1,80	0,87		57,90			Limo argilloso	75 - 85% < 16 m	
2,00		25,58		47,50	42,00	Limo argilloso-sabbioso	65 - 75% < 16 m	
2,20	0,71		48,57			Limo argilloso	75% < 16 m	Secondo strato
2,40	0,91		60,20			Limo argilloso	75 - 85% < 16 m	
2,60		27,63		97,50	60,53	Sabbia limosa	15% < 16 m	
2,80		24,91		60,00	40,48	Limo argilloso-sabbioso	45 - 55% < 16 m	
3,00		25,91		80,00	48,90	Sabbia argilloso-limosa	35 - 45% < 16 m	
3,20		23,33		50,00	29,75	Limo argilloso-sabbioso	55% < 16 m	
3,40		26,18		97,50	52,37	Limo argilloso-sabbioso	45 - 55% < 16 m	
3,60		24,63		75,00	41,06	Sabbia argilloso-limosa	35 - 45% < 16 m	
3,80		24,02		70,00	36,93	Limo argilloso-sabbioso	45 - 55% < 16 m	
4,00	1,53		118,67			Argilla limosa	100% < 16 m	Terzo strato
4,20	1,61		129,18			Argilla limosa	95 - 100% < 16 m	
4,40	1,61		128,98			Argilla limosa	95 - 100% < 16 m	
4,60	1,01		67,36			Limo argilloso	85 - 95% < 16 m	
4,80	1,17		79,95			Argilla limosa	95 - 100% < 16 m	
5,00	1,21		83,35			Limo argilloso	85 - 95% < 16 m	
5,20		24,54		110,00	44,26	Limo argilloso-sabbioso	55 - 65% < 16 m	
5,40	1,84		165,81			Limo argilloso	75 - 85% < 16 m	
5,60		24,92		130,00	48,03	Limo argilloso-sabbioso	55 - 65% < 16 m	
5,80		25,25		145,00	50,92	Limo argilloso-sabbioso	45 - 55% < 16 m	
6,00		24,81		137,50	47,92	Limo argilloso-sabbioso	55 - 65% < 16 m	Terzo strato
6,20		24,80		142,50	48,21	Limo argilloso-sabbioso	55 - 65% < 16 m	
6,40	2,36		288,24			Limo argilloso	65 - 75% < 16 m	
6,60		25,01		160,00	50,52	Limo argilloso-sabbioso	55% < 16 m	
6,80		24,69		155,00	48,44	Sabbia argilloso-limosa	35 - 45% < 16 m	
7,00		24,91		167,50	50,39	Limo argilloso-sabbioso	45 - 55% < 16 m	
7,20		24,61		162,50	48,43	Limo argilloso-sabbioso	45 - 55% < 16 m	
7,40	2,59		370,31			Limo argilloso	65 - 75% < 16 m	
7,60		24,39		165,00	47,35	Limo argilloso-sabbioso	55 - 65% < 16 m	
7,80		24,11		160,00	45,44	Limo argilloso-sabbioso	65 - 75% < 16 m	
8,00	2,58		368,40			Limo argilloso	65 - 75% < 16 m	Terzo strato
8,20	1,90		176,45			Limo argilloso	75 - 85% < 16 m	



- Primo strato geotecnico
- Secondo strato geotecnico
- Terzo strato geotecnico

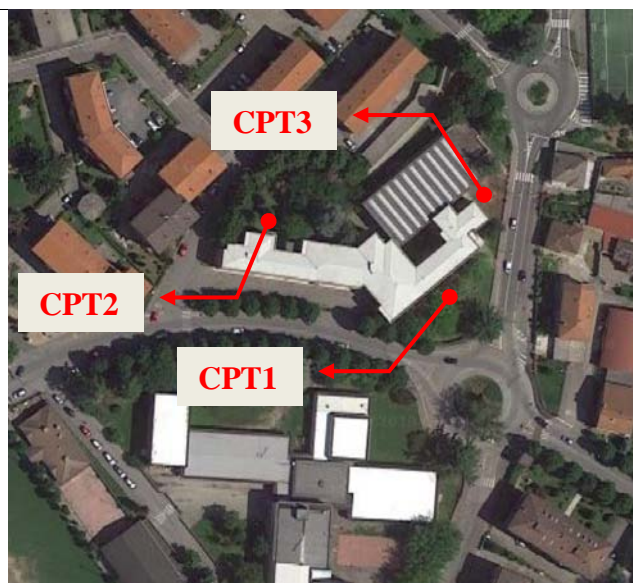
PROVA PENETROMETRICA STATICA

RELAZIONE DI CALCOLO

Committente:
RTP - Dott. arch. ALBERTO VACCARIO

Cantiere:
Indagine geognostica edificio scolastico

Località:
Scuola primaria Rio Crosio - Asti (AT)



Caratteristiche Strumentali PAGANI TG 63 (200 kN)

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica	35,7
Angolo di apertura punta	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	10

GEO CONTEST s.a.s.
Via E. Giovanelli, 28 - 14100 Asti (AT)
Tel. e fax: 0141 351106 - Cell.: 393 9558998
massimo.castellaro@geologipiemonte.it
www.GeoContest.it

Il procuratore
Dott. Geol. Massimo Castellaro

Geo Contest s.a.s.
Via E. Giovanelli n. 28 - 14100
Asti (AT)
Piva 01499500054

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

(CONE PENETRATION TEST)

CPT

PROVE CPT : METODOLOGIA DELL' INDAGINE

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm / s } \pm 0,5 \text{ cm / s}$).

La penetrazione viene effettuata tramite un dispositivo di spinta (martinetto idraulico), opportunamente ancorato al suolo con coppie di coclee ad infissione, che agisce su una batteria doppia di aste (aste coassiali esterne cave e interne piene), alla cui estremità è collegata la punta.

Lo sforzo necessario per l'infissione è misurato per mezzo di manometri, collegati al martinetto mediante una testa di misura idraulica.

La punta conica (del tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante, per la misura dell'attrito laterale : punta / manicotto tipo "**Begemann**".

Le dimensioni della punta / manicotto sono standardizzate, e precisamente :

- | | | |
|-------------------------------------|---------------|-----------------------|
| - diametro Punta Conica meccanica | \varnothing | = 35,7 mm |
| - area di punta | A_p | = 10 cm ² |
| - angolo di apertura del cono | α | = 60 ° |
| - superficie laterale del manicotto | A_m | = 150 cm ² |

Sulla batteria di aste esterne può essere installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitandone l'infissione.

REGISTRAZIONE DATI.

Una cella di carico, che rileva gli sforzi di infissione, è montata all'interno di un'unità rimovibile, chiamata "selettore", che preme alternativamente sull'asta interna e su quella esterna.

Durante la fase di spinta le aste sono azionate automaticamente da un comando idraulico. L'operatore deve solamente controllare i movimenti di spinta per l'infissione delle aste.

I valori acquisiti dalla cella di carico sono visualizzati sul display di una Sistema Acquisizione Automatico (qualora presente) o sui manometri.

Per mezzo di un software (in alcuni strumenti) è possibile sia durante l'acquisizione, che in un secondo momento a prove ultimate trasferire i dati ad un PC.

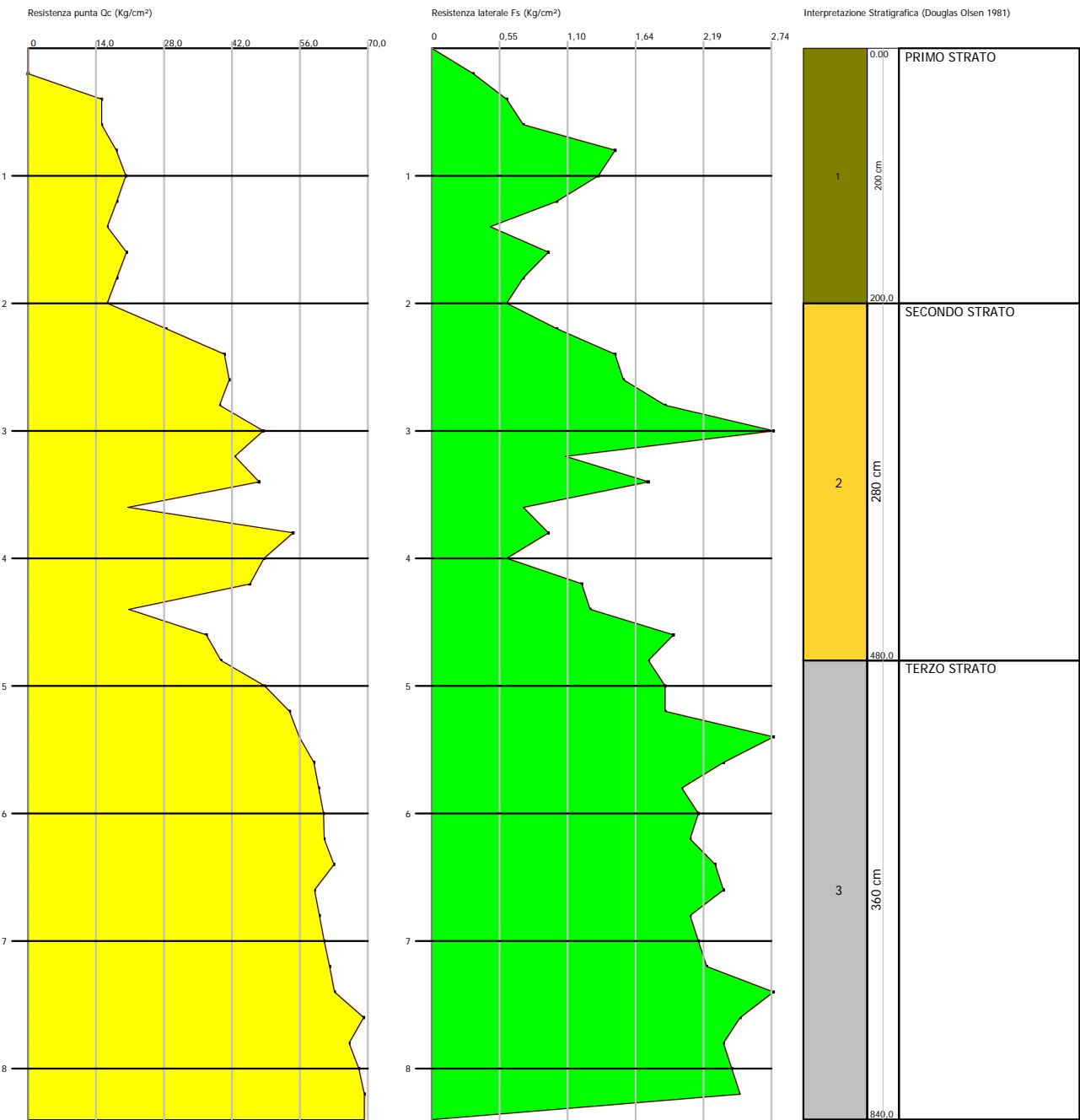
Le letture di campagna (che possono essere rilevate dal sistema di acquisizione sia in Kg che in Kg/cm^2) durante l'infissione sono le seguenti:

- Lettura alla punta **LP** = prima lettura di campagna durante l'infissione relativa all'infissione della sola punta
- Lettura laterale **LT** = seconda lettura di campagna relativa all'infissione della punta+manicotto
- Lettura totale **LLTT** = terza lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (tale lettura non sempre viene rilevata in quanto non è influente metodologicamente ai fini interpretativi).

Probe CPT - Cone Penetration CPT1
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: RTP - Dott. ALBERTO VACCARIO architetto
Cantiere: Indagine geognostica edificio scolastico
Località: Scuola primaria Rio Crosio - Asti (AT)

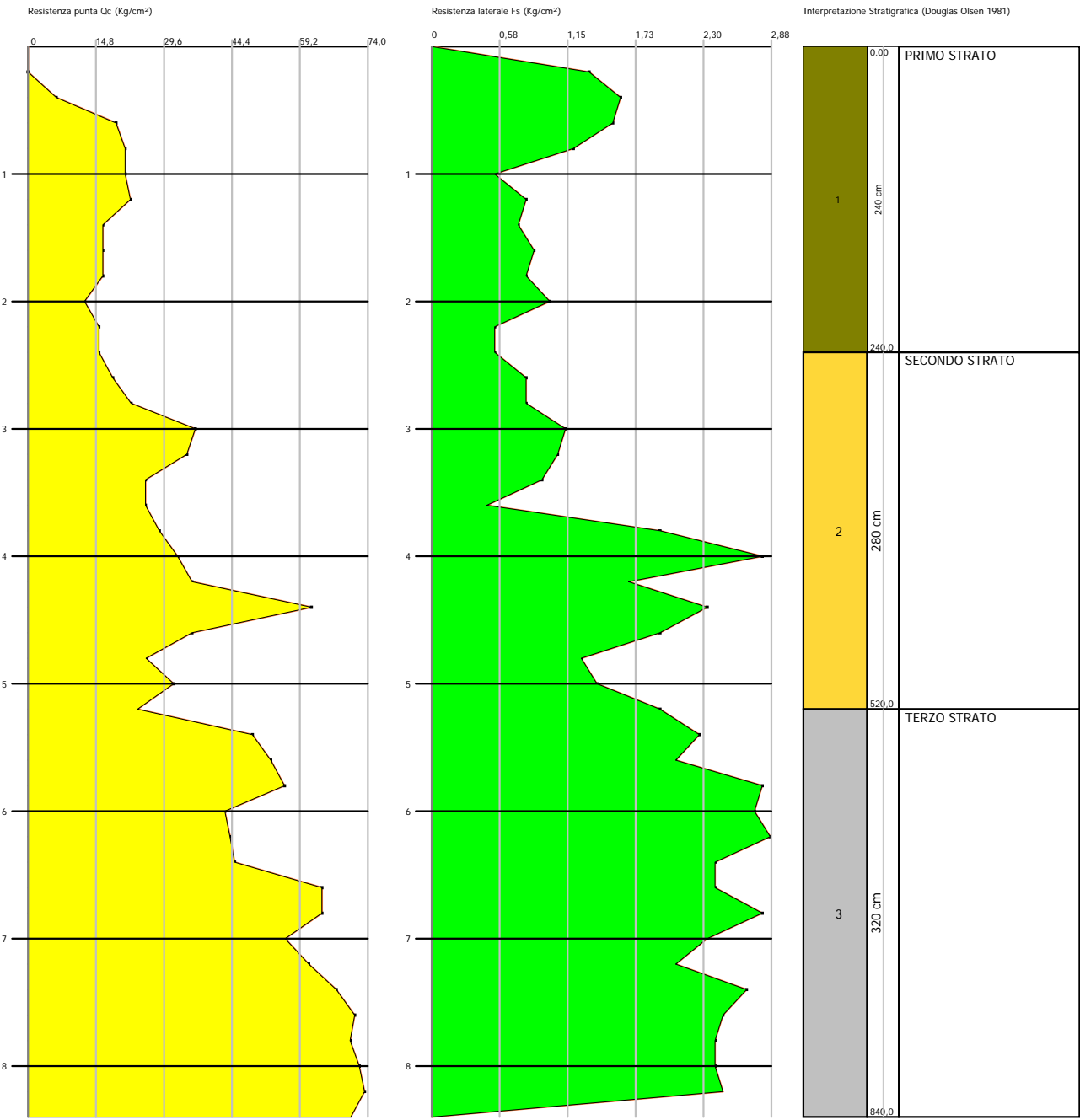
Data: 07/12/2019



Probe CPT - Cone Penetration CPT2
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: RTP - Dott. ALBERTO VACCARIO architetto
Cantiere: Indagine geognostica edificio scolastico
Località: Scuola primaria Rio Crosio - Asti (AT)

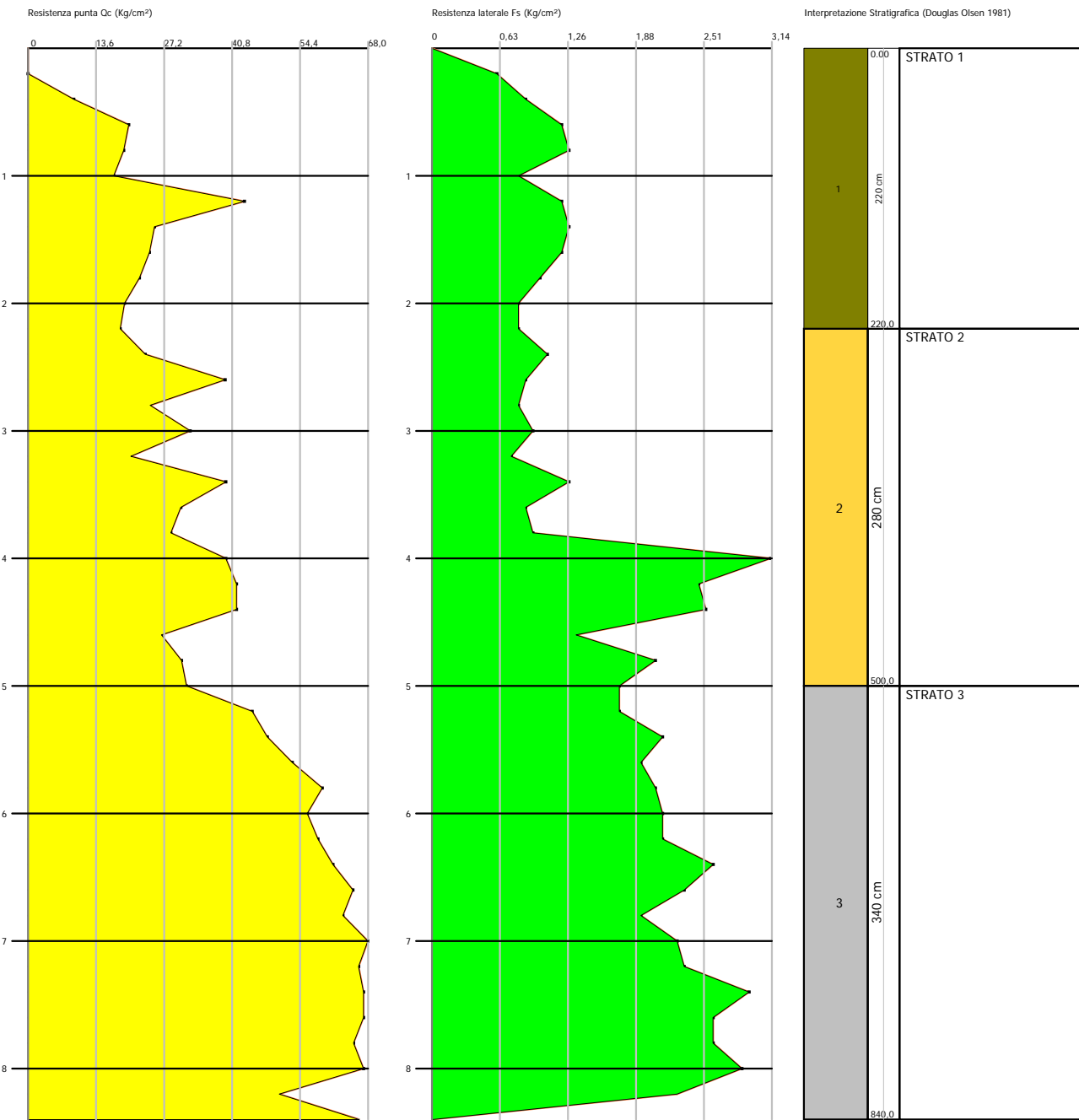
Data: 07/12/2019



Probe CPT - Cone Penetration CPT3
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: RTP - Dott. ALBERTO VACCARIO architetto
Cantiere: Indagine geognostica edificio scolastico
Località: Scuola primaria Rio Crosio - Asti (AT)

Data: 07/12/2019



PROVA ...CPT1

Committente: RTP - Dott. ALBERTO VACCARIO arch.

Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)

Prova eseguita in data: 07/12/2019

Profondità prova: 8,40 mt

Località: Scuola primaria Rio Crosio - Asti (AT)

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	12,0	0,0	0,333	0,0	
0,40	15,00	20,0	15,138	0,6	25,23	4,0
0,60	15,00	24,0	15,138	0,733	20,652	4,8
0,80	18,00	29,0	18,138	1,467	12,364	8,1
1,00	20,00	42,0	20,138	1,333	15,107	6,6
1,20	18,00	38,0	18,276	1,0	18,276	5,5
1,40	16,00	31,0	16,276	0,467	34,852	2,9
1,60	20,00	27,0	20,276	0,933	21,732	4,6
1,80	18,00	32,0	18,276	0,733	24,933	4,0
2,00	16,00	27,0	16,276	0,6	27,127	3,7
2,20	28,00	37,0	28,414	1,0	28,414	3,5
2,40	40,00	55,0	40,414	1,467	27,549	3,6
2,60	41,00	63,0	41,414	1,533	27,015	3,7
2,80	39,00	62,0	39,414	1,867	21,111	4,7
3,00	48,00	76,0	48,414	2,733	17,715	5,6
3,20	42,00	83,0	42,552	1,067	39,88	2,5
3,40	47,00	63,0	47,552	1,733	27,439	3,6
3,60	20,00	46,0	20,552	0,733	28,038	3,6
3,80	54,00	65,0	54,552	0,933	58,469	1,7
4,00	48,00	62,0	48,552	0,6	80,92	1,2
4,20	45,00	54,0	45,69	1,2	38,075	2,6
4,40	20,00	38,0	20,69	1,267	16,33	6,1
4,60	36,00	55,0	36,69	1,933	18,981	5,3
4,80	39,00	68,0	39,69	1,733	22,902	4,4
5,00	48,00	74,0	48,69	1,867	26,079	3,8
5,20	53,00	81,0	53,828	1,867	28,831	3,5
5,40	55,00	83,0	55,828	2,733	20,427	4,9
5,60	58,00	99,0	58,828	2,333	25,216	4,0
5,80	59,00	94,0	59,828	2,0	29,914	3,3
6,00	60,00	90,0	60,828	2,133	28,518	3,5
6,20	60,00	92,0	60,966	2,067	29,495	3,4
6,40	62,00	93,0	62,966	2,267	27,775	3,6
6,60	58,00	92,0	58,966	2,333	25,275	4,0
6,80	59,00	94,0	59,966	2,067	29,011	3,4
7,00	60,00	91,0	60,966	2,133	28,582	3,5
7,20	61,00	93,0	62,104	2,2	28,229	3,5
7,40	62,00	95,0	63,104	2,733	23,09	4,3
7,60	68,00	109,0	69,104	2,467	28,011	3,6
7,80	65,00	102,0	66,104	2,333	28,334	3,5
8,00	67,00	102,0	68,104	2,4	28,377	3,5
8,20	68,00	104,0	69,242	2,467	28,067	3,6
8,40	68,00	105,0	69,242	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
2,00	15,793	0,82	2,0	Incoerente- Coesivo	PRIMO STRATO
4,80	39,614	1,414	2,1	Incoerente- Coesivo	SECONDO STRATO
8,40	61,592	2,133	2,2	Incoerente- Coesivo	TERZO STRATO

PROVA ...CPT2

Committente: RTP - Dott. ALBERTO VACCARIO arch.

Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)

Prova eseguita in data: 07/12/2019

Profondità prova: 8,40 mt

Località: Scuola primaria Rio Crosio - Asti (AT)

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	11,0	0,0	1,333	0,0	
0,40	6,00	26,0	6,138	1,6	3,836	26,1
0,60	19,00	43,0	19,138	1,533	12,484	8,0
0,80	21,00	44,0	21,138	1,2	17,615	5,7
1,00	21,00	39,0	21,138	0,533	39,659	2,5
1,20	22,00	30,0	22,276	0,8	27,845	3,6
1,40	16,00	28,0	16,276	0,733	22,205	4,5
1,60	16,00	27,0	16,276	0,867	18,773	5,3
1,80	16,00	29,0	16,276	0,8	20,345	4,9
2,00	12,00	24,0	12,276	1,0	12,276	8,1
2,20	15,00	30,0	15,414	0,533	28,919	3,5
2,40	15,00	23,0	15,414	0,533	28,919	3,5
2,60	18,00	26,0	18,414	0,8	23,018	4,3
2,80	22,00	34,0	22,414	0,8	28,018	3,6
3,00	36,00	48,0	36,414	1,133	32,139	3,1
3,20	34,00	51,0	34,552	1,067	32,382	3,1
3,40	25,00	41,0	25,552	0,933	27,387	3,7
3,60	25,00	39,0	25,552	0,467	54,715	1,8
3,80	28,00	35,0	28,552	1,933	14,771	6,8
4,00	32,00	61,0	32,552	2,8	11,626	8,6
4,20	35,00	77,0	35,69	1,667	21,41	4,7
4,40	61,00	86,0	61,69	2,333	26,442	3,8
4,60	35,00	70,0	35,69	1,933	18,464	5,4
4,80	25,00	54,0	25,69	1,267	20,276	4,9
5,00	31,00	50,0	31,69	1,4	22,636	4,4
5,20	23,00	44,0	23,828	1,933	12,327	8,1
5,40	48,00	77,0	48,828	2,267	21,539	4,6
5,60	52,00	86,0	52,828	2,067	25,558	3,9
5,80	55,00	86,0	55,828	2,8	19,939	5,0
6,00	42,00	84,0	42,828	2,733	15,671	6,4
6,20	43,00	84,0	43,966	2,867	15,335	6,5
6,40	44,00	87,0	44,966	2,4	18,736	5,3
6,60	63,00	99,0	63,966	2,4	26,653	3,8
6,80	63,00	99,0	63,966	2,8	22,845	4,4
7,00	55,00	97,0	55,966	2,333	23,989	4,2
7,20	60,00	95,0	61,104	2,067	29,562	3,4

7,40	66,00	97,0	67,104	2,667	25,161	4,0
7,60	70,00	110,0	71,104	2,467	28,822	3,5
7,80	69,00	106,0	70,104	2,4	29,21	3,4
8,00	71,00	107,0	72,104	2,4	30,043	3,3
8,20	72,00	108,0	73,242	2,467	29,689	3,4
8,40	69,00	106,0	70,242	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
2,40	15,147	0,955	2,0	Incoerente- Coesivo	PRIMO STRATO
5,20	31,306	1,462	2,0	Incoerente- Coesivo	SECONDO STRATO
8,40	59,884	2,321	2,2	Incoerente- Coesivo	TERZO STRATO

PROVA ...CPT3

Committente: RTP - Dott. ALBERTO VACCARIO arch.

Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)

Prova eseguita in data: 07/12/2019

Profondità prova: 8,40 mt

Località: Scuola primaria Rio Crosio - Asti (AT)

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	15,0	0,0	0,6	0,0	
0,40	9,00	18,0	9,138	0,867	10,54	9,5
0,60	20,00	33,0	20,138	1,2	16,782	6,0
0,80	19,00	37,0	19,138	1,267	15,105	6,6
1,00	17,00	36,0	17,138	0,8	21,423	4,7
1,20	43,00	55,0	43,276	1,2	36,063	2,8
1,40	25,00	43,0	25,276	1,267	19,949	5,0
1,60	24,00	43,0	24,276	1,2	20,23	4,9
1,80	22,00	40,0	22,276	1,0	22,276	4,5
2,00	19,00	34,0	19,276	0,8	24,095	4,2
2,20	18,00	30,0	18,414	0,8	23,018	4,3
2,40	23,00	35,0	23,414	1,067	21,944	4,6
2,60	39,00	55,0	39,414	0,867	45,46	2,2
2,80	24,00	37,0	24,414	0,8	30,518	3,3
3,00	32,00	44,0	32,414	0,933	34,742	2,9
3,20	20,00	34,0	20,552	0,733	28,038	3,6
3,40	39,00	50,0	39,552	1,267	31,217	3,2
3,60	30,00	49,0	30,552	0,867	35,239	2,8
3,80	28,00	41,0	28,552	0,933	30,602	3,3
4,00	39,00	53,0	39,552	3,133	12,624	7,9
4,20	41,00	88,0	41,69	2,467	16,899	5,9
4,40	41,00	78,0	41,69	2,533	16,459	6,1
4,60	26,00	64,0	26,69	1,333	20,023	5,0
4,80	30,00	50,0	30,69	2,067	14,848	6,7
5,00	31,00	62,0	31,69	1,733	18,286	5,5
5,20	44,00	70,0	44,828	1,733	25,867	3,9
5,40	47,00	73,0	47,828	2,133	22,423	4,5
5,60	52,00	84,0	52,828	1,933	27,33	3,7

5,80	58,00	87,0	58,828	2,067	28,461	3,5
6,00	55,00	86,0	55,828	2,133	26,173	3,8
6,20	57,00	89,0	57,966	2,133	27,176	3,7
6,40	60,00	92,0	60,966	2,6	23,448	4,3
6,60	64,00	103,0	64,966	2,333	27,847	3,6
6,80	62,00	97,0	62,966	1,933	32,574	3,1
7,00	67,00	96,0	67,966	2,267	29,981	3,3
7,20	65,00	99,0	66,104	2,333	28,334	3,5
7,40	66,00	101,0	67,104	2,933	22,879	4,4
7,60	66,00	110,0	67,104	2,6	25,809	3,9
7,80	64,00	103,0	65,104	2,6	25,04	4,0
8,00	66,00	105,0	67,104	2,867	23,406	4,3
8,20	49,00	92,0	50,242	2,267	22,162	4,5
8,40	65,00	99,0	66,242	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
2,20	19,85	1,0	2,0	Incoerente- Coesivo	STRATO 1
5,00	32,205	1,481	2,0	Incoerente- Coesivo	STRATO 2
8,40	60,234	2,169	2,2	Incoerente- Coesivo	STRATO 3

***ELABORATI DELLE INDAGINI GEOFISICHE
(allegati)***

OGGETTO: "Procedura aperta per l'affidamento dei servizi di progettazione relativi alla Scuola Primaria Rio Crosio (Lotto 1) - CIG 7817578DDE - mediante la conclusione di accordo quadro con unico operatore".

**Committente principale: Comune di Asti - Settore Lavori Pubblici ed Edilizia Pubblica.
Committente diretto: arch. Alberto Vaccaro - mandatario di RTP.**

Generalità

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P-Longitudinale:** onda profonda di compressione;
- **S-Trasversale:** onda profonda di taglio;
- **L-Love:** onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R-Rayleigh:** onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (onde P, onde S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio $f-k$ è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

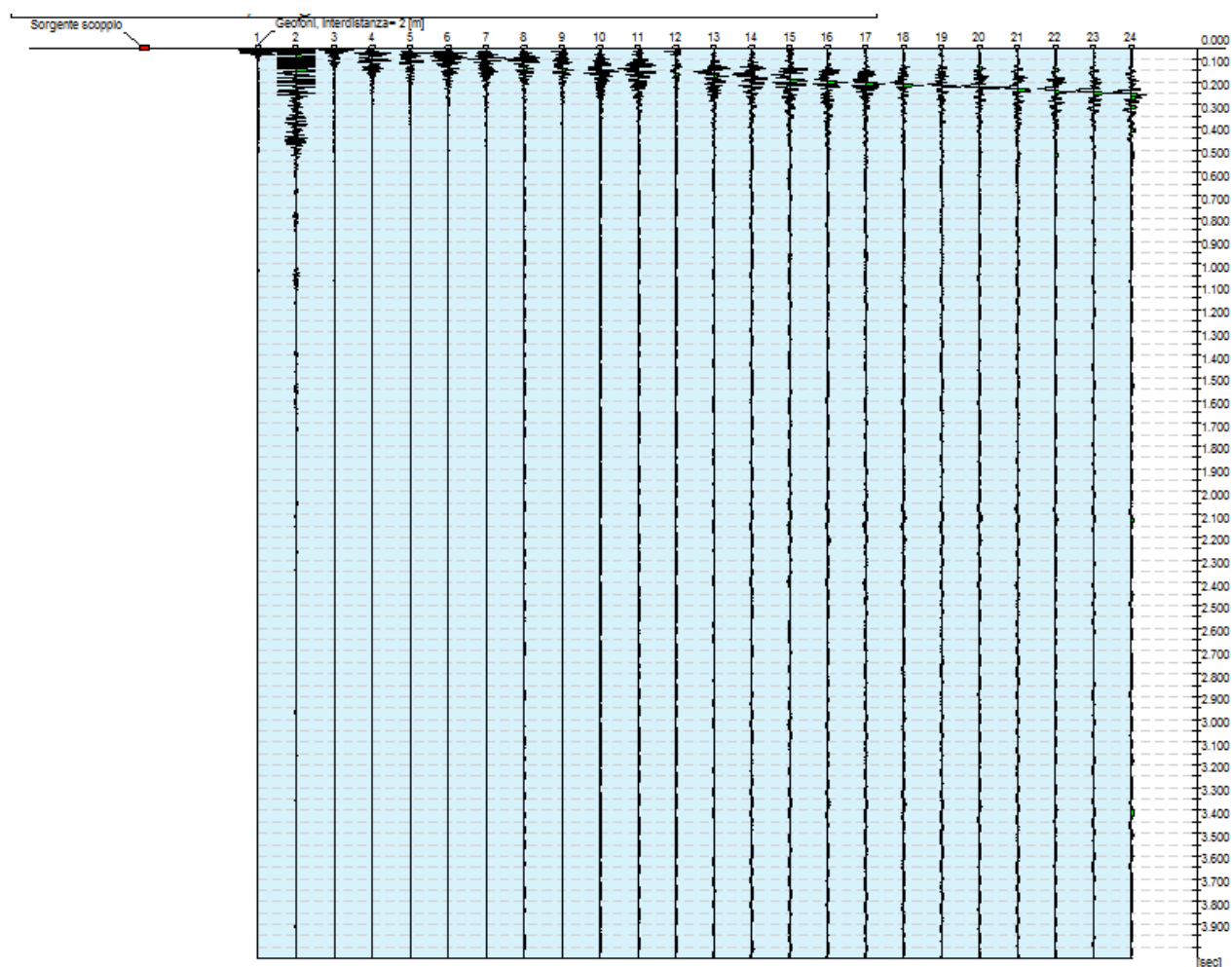
Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

Dati generali

Committente	RTP - arch. A. Vaccaro
Cantiere	Verifica di vulnerabilità sismica edificio scolastico
Località	Scuola primaria RIO CROSIO - Asti (AT)
Operatore	Dott. Geol. Massimo Castellaro
Responsabili	Dott. Geol. P. Suter Sardo - L. Gravina
Zona	4
Data	07/12/2019 10:20
Latitudine	44.9088
Longitudine	8.2067

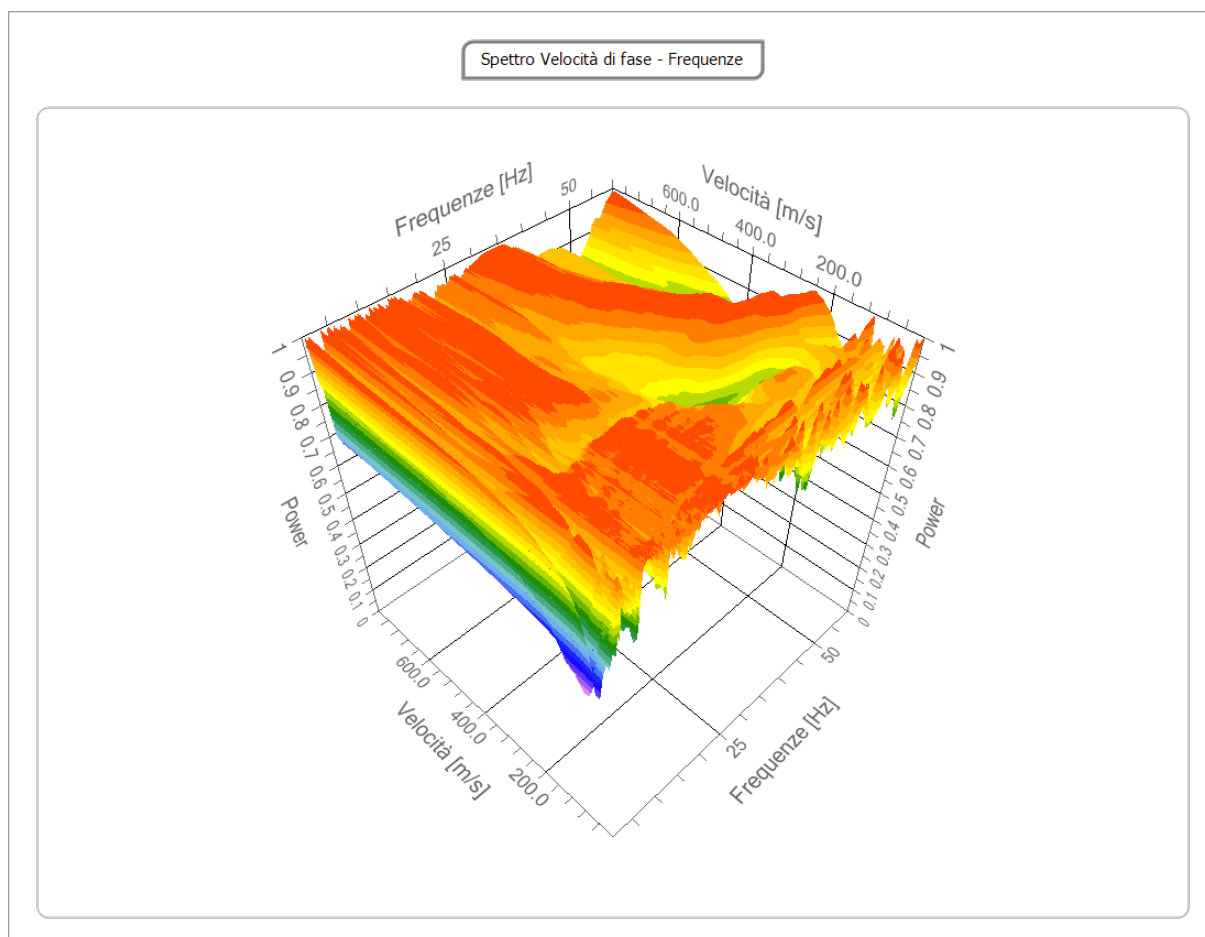
Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	4000.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	0.25



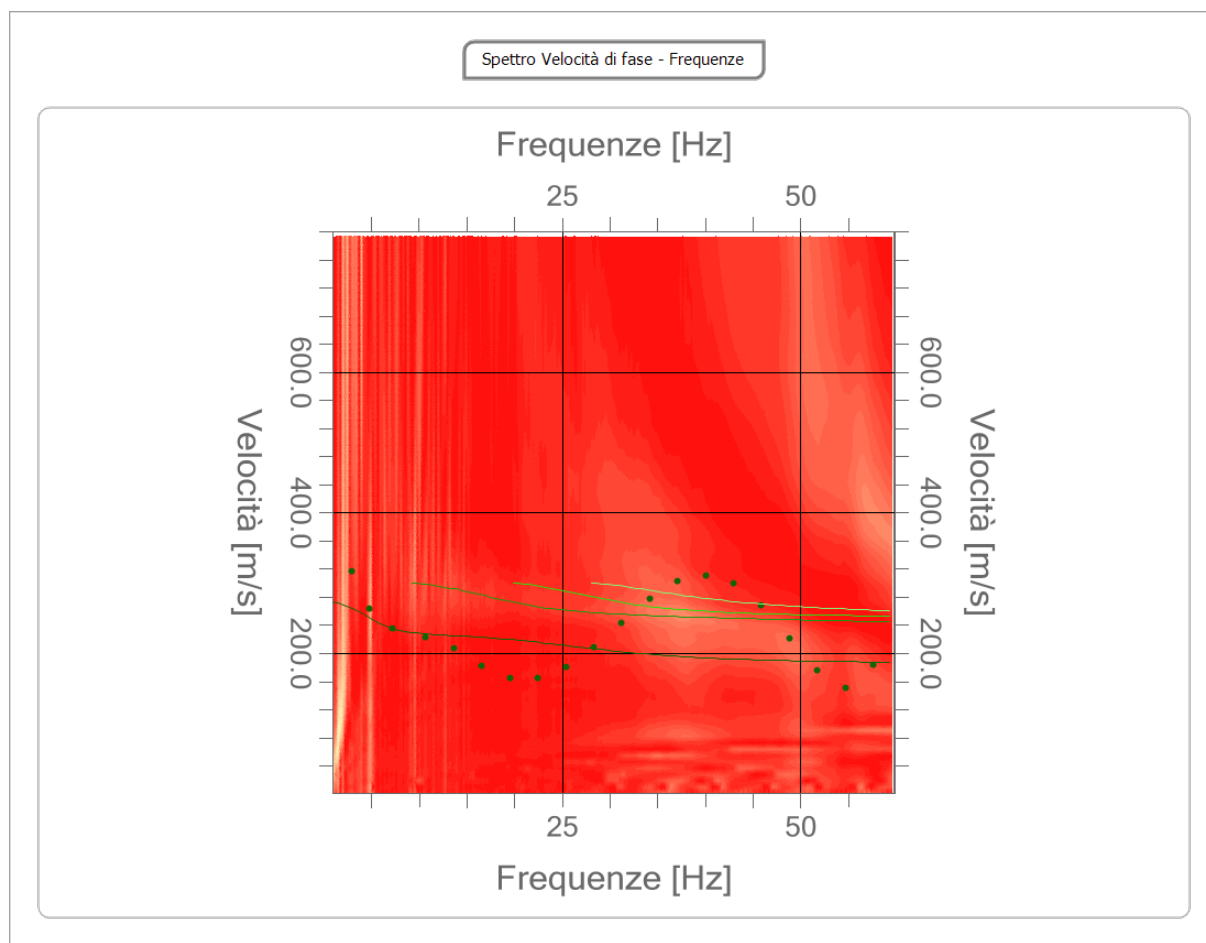
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	2.9	316.4	0
2	4.9	264.1	0
3	7.3	234.7	0
4	10.6	223.2	0
5	13.7	206.3	0
6	16.6	181.2	0
7	19.6	165.2	0
8	22.5	164.4	0
9	25.4	180.0	0
10	28.3	208.4	0
11	31.3	243.6	0
12	34.2	277.7	0
13	37.1	302.5	0
14	40.1	311.1	0
15	43.0	299.5	0
16	45.9	267.8	0
17	48.9	221.9	0
18	51.8	175.4	0
19	54.7	151.4	0
20	57.6	183.7	0

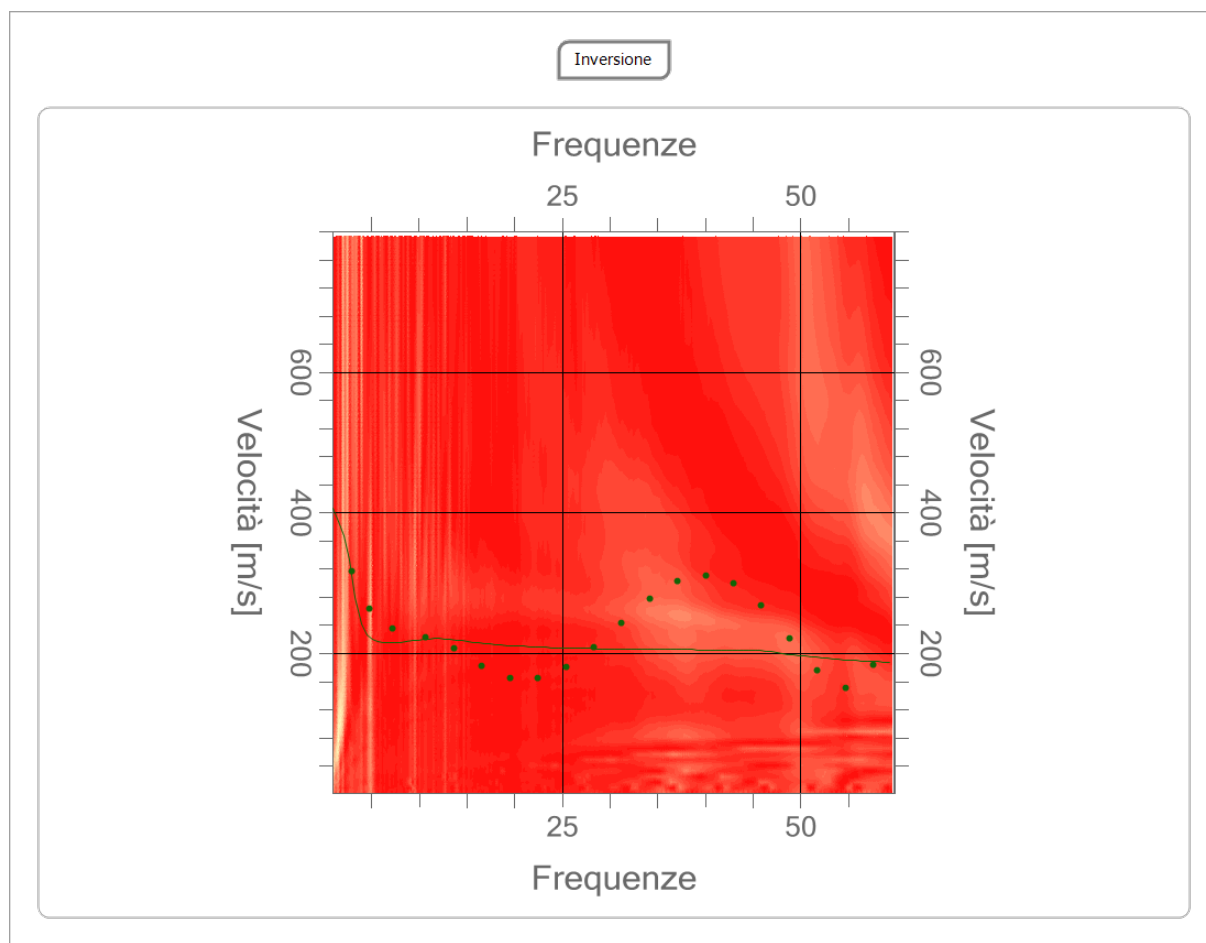


Inversione

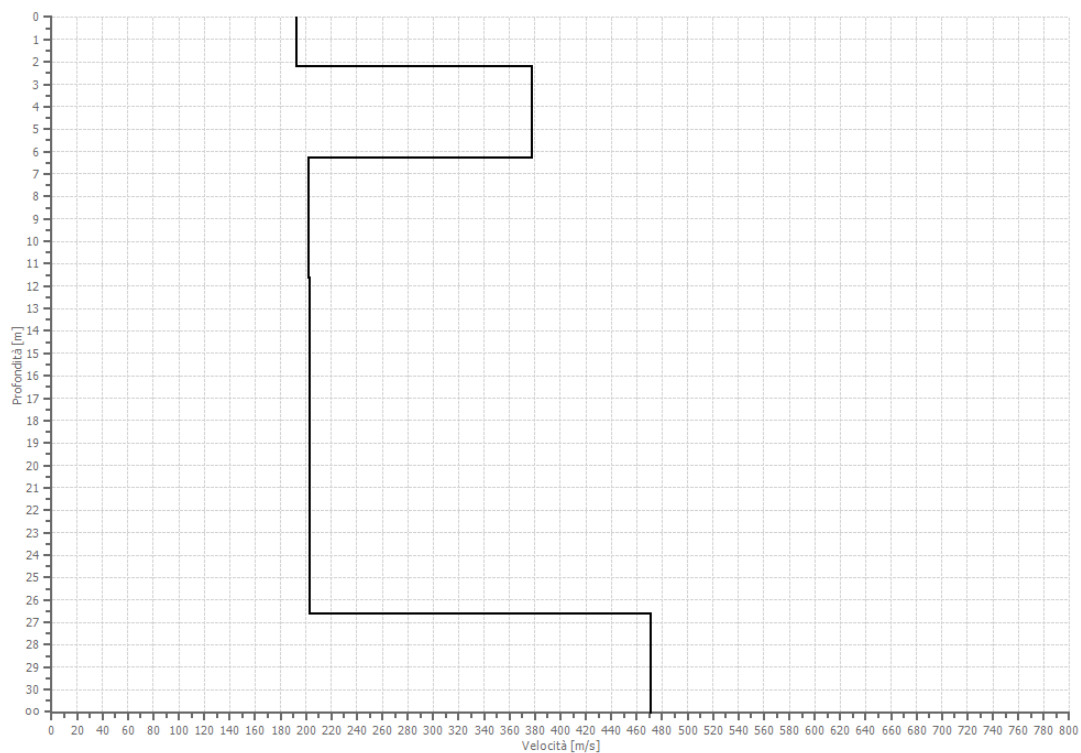
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	2.19	2.19	1600.0	0.3	No	360.6	192.8
2	6.28	4.09	1900.0	0.3	Si	705.9	377.3
3	11.64	5.36	2100.0	0.3	No	378.4	202.3
4	26.62	14.98	2300.0	0.3	No	379.9	203.1
5	oo	oo	1800.0	0.3	No	880.8	470.8

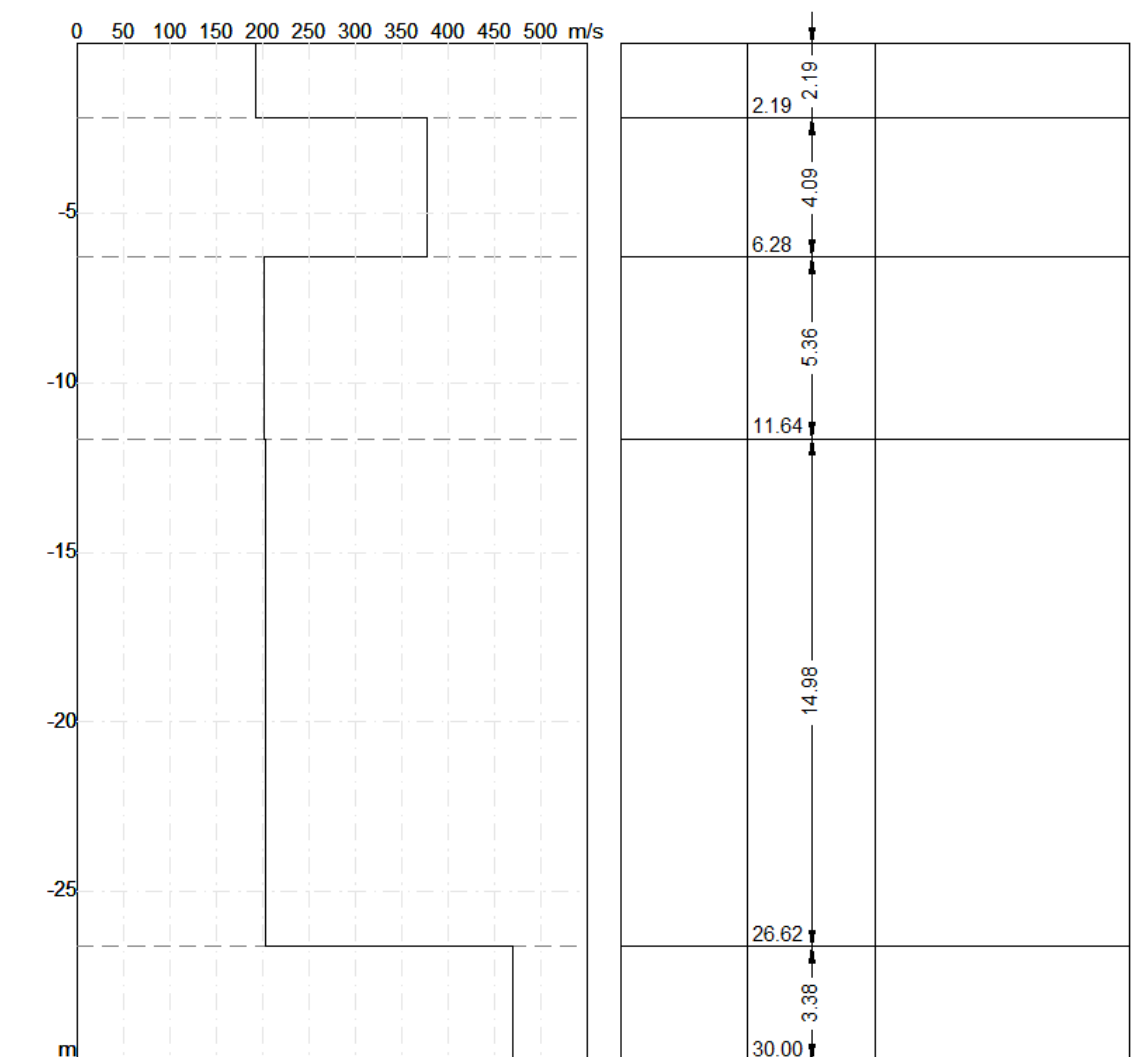
Percentuale di errore 4.609 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.199



Profilo di velocità





Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	231.42
Categoria del suolo	C

Suolo di tipo C.

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Altri parametri geotecnici

n.	Prof. [m]	Spess. [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coeff. Poiss on	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	2.19	2.19	192.75	360.61	1600.00	0.30	59.45	208.06	128.80	154.56	N/A	631.77
2	6.28	4.09	377.34	705.94	1900.00	0.30	270.53	946.86	586.15	703.38	N/A	N/A
3	11.64	5.36	202.27	378.42	2100.00	0.30	85.92	300.72	186.16	223.39	46	804.92
4	26.62	14.98	203.09	379.94	2300.00	0.30	94.86	332.02	205.54	246.65	20	821.36
5	oo	oo	470.80	880.79	1800.00	0.30	398.98	1396.43	864.46	1037.35	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young.

<p>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</p> <p>STENDIMENTO MASW</p>

