

# Dott. MARCO STOPPA - GEOLOGO

GEOLOGIA IDROGEOLOGIA E GEOLOGIA AMBIENTALE  
Ordine Regionale dei Geologi del Piemonte n° 482

Strada Biandrate, 24 - 28100 Novara (NO)  
Tel. 347.2540415 – 0321.407246 - marco.stoppa@geologi piemonte.it  
www.stoppamarcogeologo.com

Il presente elaborato tecnico è tutelato sui diritti d'autore dalle leggi n. 633 del 22/04/1941 e n. 1485 del 14/12/1942 e s.m.i. di cui ai D.L. 31/01/2005 n. 7 e L. 31/03/2005 n. 43 e pertanto ogni riproduzione anche parziale risulta essere proibita senza la preventiva autorizzazione dei progettisti.



Città  
metropolitana  
di Milano



## Comune di Inveruno

Via Senatore Giovanni Marcora, 38/40 - 20010 Inveruno (MI)

# NUOVO PLESSO SCOLASTICO COMUNALE progetto definitivo

Via IV Novembre, 6 - 20010 Inveruno (MI)

0-GE Documenti Generali, Relazione Geologica

RELAZIONE SULLE INDAGINI

R1 - RELAZIONE GEOLOGICA

R3 - RELAZIONE DI FATTIBILITA'

“Norme tecniche per le costruzioni” Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018

Circolare esplicativa n.7 C.S.LL.PP. Del 21 gennaio 2019

•Regione Lombardia, L.R. 33/2015, D.G.R. 5001/2016 e D.G.R. 2616/2011

**Dott. Geol. Marco Stoppa**

Ottobre 2019



## INDICE

1) PREMESSA.....	3
2) NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	5
3) SINTESI STORICA DEL SITO.....	7
4) INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO.....	11
4.1) INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO.....	11
4.2) INQUADRAMENTO GEOLOGICO E STRATIGRAFICO.....	13
4.2.1) ASSETTO STRATIGRAFICO LOCALE.....	15
4.2.2) ASSETTO STRATIGRAFICO DI DETTAGLIO.....	16
4.3) INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	19
4.3.1) LOCALE FALDA FREATICA.....	20
4.3.2) CAMPAGNA PIEZOMETRICA.....	21
4.3.3) STIMA DELLA PERMEABILITÀ IN SITO.....	22
5) IDROGRAFIA SUPERFICIALE.....	29
6) PREDISPOSIZIONE ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA.....	30
7) CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	33
7.1) ZONA SISMICA.....	36
8) CAMPAGNA GEOGNOSTICA.....	37
8.1) PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE TIPO SCPT.....	37
8.2) POZZETTI GEOGNOSTICI.....	38
8.3) INDAGINI GEOFISICHE MEDIANTE TECNICA DEI RAPPORTI SPETTRALI O HVSR.....	39
8.2.1) STIMA DELLA VELOCITÀ EQUIVALENTE DI PROPAGAZIONE $V_{S_{EQ}}$ .....	43
9) APPROFONDIMENTO SISMICO DI SECONDO LIVELLO (L.R. 12/05 E S.M.I.).....	44
10) SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE DEL TERRENO.....	50
11) VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ DELL'OPERA DA REALIZZARE IN RELAZIONE ANCHE AGLI USI ALLA QUALE ESSA È DESTINATA.....	51
12) MODELLO GEOLOGICO.....	54
13) MODELLO GEOTECNICO.....	56



14) ANALISI STATISTICA DEI PARAMETRI GEOTECNICI.....	59
15) CONSIDERAZIONI PROGETTUALI CONCLUSIVE.....	62

**Elenco Allegati:**

- Allegato I) Schema stratigrafico e di completamento pozzo pubblico comunale;
- Allegato II) Grafici interpretativi prove penetrometriche tipo SCPT;
- Allegato III) Schemi stratigrafici pozzetti geognostici;
- Allegato IV) Documentazione fotografica;
- Allegato V) Schemi stratigrafici indagini di caratterizzazione mutate;
- Allegato VI) Schema di completamento del piezometro;
- Allegato VII) Parametri sismici locali;
- Allegato VIII) Report prove geofisiche in sito;
- Allegato IX) M9 D.G.R. 2616/2011.

**Elenco Elaborati Grafici:**

- Geo.01 Ubicazione indagini, traccia sezioni lito-stratigrafiche interpretative;
- Geo.02a Sezioni lito-stratigrafiche interpretative a-a' e b-b';
- Geo.02b Sezioni lito-stratigrafiche interpretative c-c' e d-d-';
- Geo.02c Sezioni lito-stratigrafiche interpretative e-e' e f-f.



## 1) PREMESSA

Il **Comune di Inveruno** con Determinazione n. 337 del 02.08.2019 del Settore n.7 “Governare e Sviluppo del Territorio” ha incaricato lo Studio scrivente di realizzare le verifiche geologiche, sismiche e geognostiche a corredo della progettazione definitiva degli interventi necessari alla realizzazione di un nuovo plesso scolastico comunale, che interesserà l'ex area industriale dismessa denominata “Oleificio Belloli”, sita in Via IV Novembre n.6.

L'Amministrazione Comunale ha inteso di creare al centro del paese un nuovo polo scolastico primario, recuperando nel contempo una vasta area dismessa e risolvendo sia il pesante problema di degrado urbano generato dal sito abbandonato sia dell'inadeguatezza degli attuali edifici scolastici di Via V. Veneto e di Via Palestro.

Il sito oggetto di trasformazione urbanistica è stato recentemente acquisito per permuta da parte del Comune di Inveruno; il vigente strumento urbanistico comunale identifica l'insieme del sito quale "*Area per Servizi destinata a nuovo Centro Scolastico*" nella normativa del Piano delle regole e come I-1 nel piano dei servizi del P.G.T.

Il Comune di Inveruno, con propria Determina n. 569 del 20/12/2018, ha approvato, ai sensi dell'articolo 242 comma 7 del D.L.vo 152/2006 e s.m.i., il documento *Variante all'analisi di rischio sito specifica e del progetto di bonifica* per il risanamento dell'area dell'ex-oleificio “Belloli” di via IV Novembre, presentato dalla società Architettura Immobiliare S.r.l., precedente proprietaria del sito, in data 05/12/2018 con protocollo n. 17190, a firma del sottoscritto Dott. Marco Stoppa, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Piemonte al n. 482.

L'approvazione di tale documento, nella piena osservanza delle prescrizioni contenute nei pareri e contributi espressi dagli Enti competenti quali ARPA, A.T.S. e Città Metropolitana di Milano, ed acquisiti tramite la Conferenza dei Servizi decisoria svolta il giorno



20/12/2018, ai sensi dell'art.14 e 14 bis, della Legge n.241/90, in forma semplificata e modalità asincrona, ha autorizzato l'esecuzione degli interventi di bonifica dell'area previsti presso l'ex oleificio Belloli.

A seguito di ciò è stata emessa la Certificazione Dirigenziale n. 6374 del 23.9.19, rilasciata dall'Area Ambiente e Tutela del Territorio, Settori Rifiuti e Bonifiche della Città Metropolitana di Milano, che ha certificato il completamento dei lavori di bonifica; infine, con Determinazione n. 411 del 09.10.2019 in Comune di Inveruno, Settore n.7 “Governo e Sviluppo del Territorio”, ha preso atto della conclusione degli interventi di bonifica e decretato la conclusione del procedimento amministrativo avviato ai sensi dell'art. 242 del D.L.vo 152/06 e s.m.i.

Tutto ciò premesso, la presente **Relazione Geologica-R1** è stata redatta, per quanto di competenza, in conformità a quanto disposto al punto 6.2.1 dal Decreto Ministeriale del 17 Gennaio 2018, che ha approvato le *Norme Tecniche per le Costruzioni*, e la Circolare esplicativa del 21 Gennaio 2019 n.7 C.S.LL.PP., pubblicate dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, come meglio specificato nel successivo capitolo.

Inoltre, la presente documentazione è redatta, ove applicabile, con riferimento ai contenuti delle “*Linee Guida NTC08*” predisposte dal Gruppo Interregionale dell'Ordine dei Geologi nel Luglio 2010, oltre che applicando gli standard metodologici e di lavoro di cui al “*Progetto qualità 2010*” editi dal Consiglio Nazionale dei Geologi.

Infine, la presente documentazione rappresenta anche la **Relazione Geologica di Fattibilità-R3** conforme al punto 4 della D.G.R. IX/2616/2011 ed alle norme geologiche del vigente P.G.T. comunale, ove applicabile, poiché il sito è classificato nella Carta di Fattibilità in **Classe 3** - fattibilità con consistenti limitazioni.



## 2) NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nel presente capitolo si richiamano le principali norme di settore applicate:

### **Decreto Ministeriale 17.01.2018**

Testo Unitario - *Norme Tecniche per le Costruzioni*

### **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici**

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 17/01/18. *Circolare 21 Gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.*

### **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici**

Norme Tecniche per le Costruzioni approvate con D.M. 14/01/08 - Cessazione del regime transitorio di cui all'art. 20 comma 1 del decreto-legge 31/12/2007 n. 248. *Circolare 5 Agosto 2009*

### **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici**

Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. *Allegato al voto n.36 del 27/07/2007*

### **Eurocodice 8 (1998): Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture**

Parte 5: fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici

### **Eurocodice 7.1 (1997)**

Progettazione geotecnica - Parte I: regole generali

### **Eurocodice 7.2 (2002)**

Progettazione geotecnica - Parte II: progettazione assistita da prove di laboratorio

### **Eurocodice 7.3 (2002)**

Progettazione geotecnica - Parte III: progettazione assistita da prove in sito



**Regione Lombardia - DGR 7/11/2003 n.14964**

Disposizioni preliminari per l'attuazione dell'OPCM 20/03/2003 n. 3274

**Regione Lombardia - DGR 30/11/2011 n. 2616**

Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 comma 1 della L.R. 11/3/2005 n.12

**Regione Lombardia - DGR 11/7/2014 n. X/2129**

Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000 art.3 comma 108 lett. d)

**Regione Lombardia - DGR 8 ottobre 2015 - n. X/4144**

Ulteriore differimento del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio approvata con d.g.r. 11 luglio 2014, n. 2129 «Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, comma 108, lett. d)»

**Regione Lombardia - DGR 30 marzo 2016 - n. X/5001**

Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (art. 3 comma 1 e 13 comma 1 LR 33/2015).

**Gruppo Interregionale Ordine dei Geologi**

Linee Guida NTC08 (Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 18/01/2008).

**Consiglio Nazionale dei Geologi**

“Progetto qualità 2010”-Relazione Geologica: standard metodologici e di lavoro.

**Comune di Inveruno (MI) – Piano di Governo del Territorio**

Relazione e Norme geologiche di piano.



### 3) SINTESI STORICA DEL SITO

L'area oggetto degli interventi di risanamento e trasformazione urbanistica era sede dell'Ex Oleificio F.lli Belloli che ha operato nel settore della produzione di oli vegetali con inizio di attività documentate a partire dall'anno 1929.

Gli edifici, costruiti in diverse epoche, ospitavano reparti produttivi di raffineria, spremitura e macinazione, nonché di deposito oli raffinati, centrali termiche e lavorazioni oli industriali; attualmente tutti gli edifici sono stati oggetto di demolizione, tranne la centrale torre di raffinazione.

Il sito è ubicato all'interno del tessuto urbanizzato del Comune di Inveruno (MI) e distinto in due settori, rispettivamente di produzione/uffici ("stabilimento di produzione") e di deposito materie prime ("deposito semi"); l'originale corpo di fabbrica dello stabilimento (12000 m<sup>2</sup> circa) è racchiuso tra le vie IV Novembre, Montello e Brera e da un confine di proprietà (lato Est).

Il deposito semi (7.900 m<sup>2</sup> circa), comparto stralciato dagli interventi di risanamento a seguito degli esiti delle indagini ambientali di caratterizzazione, è delimitato dalle vie IV Novembre, Flli. Bandera e Montebello.

A seguito della dismissione dell'attività produttiva il sito è stato oggetto di indagini ambientali che hanno portato all'approvazione, secondo il vigente D.Lgs. 152/06 e s.m.i., di un Piano di Caratterizzazione con determinazione n. 2596 del 22/02/2007 del competente Comune di Inveruno, oggetto di successiva revisione nel 2014 (Determinazione Comunale n. 123/2014).

Le previste indagini relative al Piano approvato nel 2007 venivano svolte presso l'area nel Luglio 2013 mentre le indagini relative alla revisione del 2014 venivano svolte nei mesi di Marzo e Aprile 2014; entrambe le indagini ambientali sono state eseguite in contraddittorio



con gli Enti di Controllo.

Stante le risultanze analitiche delle attività di indagine eseguite, il Comune di Inveruno avviava l'iter procedurale di bonifica ai sensi del D. Lgs.152/06 e s.m.i.

Gli strumenti urbanistici comunali prevedevano per il sito un progetto di riqualificazione urbanistica con insediamento di edifici residenziali; pertanto, dal punto di vista della qualità della matrice suolo insaturo, l'amministrazione assimilava l'area a "Siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale" e di cui alle specifiche Concentrazioni Soglia di Contaminazione (D. Lgs. 152/06 e s.m.i., Parte IV, Titolo V, Allegato 5, Tabella 1, Colonna A).

Come sopra anticipato, la Società Architettura Immobiliare Srl depositava un documento di "Revisione del Piano di Investigazione ai sensi del D.Lgs. 152/06"; il documento, a seguito di valutazione in sede di Conferenza dei Servizi del 22/02/2007, veniva successivamente autorizzato dal Comune di Inveruno con atto n. 2596 del 22/02/2007 (prot. ARPA n. 32459 del 07/03/2007), quale Piano di Caratterizzazione del sito ai sensi del D.Lgs 152/06.

Le indagini ambientali sono state svolte nel Luglio 2013; i campioni prelevati venivano sottoposti ad analisi chimiche per la ricerca dei seguenti parametri: Metalli pesanti, Idrocarburi C>12 C<12, IPA, BETXS, Composti Alifatici Clorurati cancerogeni e non cancerogeni.

Con determinazione n. 123 del 01/04/2014 il Comune di Inveruno approvava un ulteriore documento di completamento della caratterizzazione del sito che prevedeva attività di adeguamento normativo da svolgersi sui materiali di riporto presenti in sito, attraverso verifiche previste dall'allora vigente art. 41 della Legge n. 98/2013 (di conversione del D.L. 68/2013).



Con atto Protocollo n.10703 del 18/08/2016 l'analisi di rischio sanitario ambientale sito specifica, redatta dal Dott. Geol. C. Tumaini in data 30/10/2015, ai sensi e per gli effetti del comma 4 dell'art. 242 del D.L.vo 152/2006, è stata approvata a firma del Responsabile Settore Governo e Sviluppo dei Territorio del Comune di Inveruno.

Con la Deliberazione di Giunta Comunale n. 119 del 26/11/2015 è stato dato avvio al procedimento per la redazione della Variante al Piano delle Regole ed al Piano dei Servizi del Vigente Piano di Governo del Territorio, ai sensi dell'art. 13 della L.R. n.12/2005 e s.m.i., con particolare riferimento alla ricollocazione nell'area ex oleificio Belloli, recuperando una vasta area industriale dismessa, che da anni costituisce un pesante problema di degrado urbano al centro del paese, per la realizzazione di un nuovo polo scolastico primario e secondario di primo grado aperto alla società, che favorisca l'aggregazione, la produzione culturale e la creatività giovanile dalla memoria storica e dall'identità.

In data 08/04/2017 il Comune di Inveruno ha adottato la variante al Piano delle Regole e al Piano dei Servizi del vigente P.G.T., che mutuava la destinazione urbanistica dell'area in oggetto a “verde e servizi”, con vincolo di costruzione di un nuovo polo scolastico ad iniziativa pubblica o privata.

Inoltre, in data 30/06/2017, la Variante al Piano delle Regole e al Piano dei Servizi è stata definitivamente approvata dal Consiglio Comunale con la nuova previsione urbanistica classificata a “polo scolastico verde e servizi”.

Richiamando quanto previsto in tal senso nella D.G.R. 11348/2010, è risultato necessario aggiornare l'analisi di rischio approvata in funzione della futura nuova configurazione territoriale pubblica prevista, essendo mutuato lo scenario futuro del sito.

Il Comune di Inveruno e la società Architettura Immobiliare s.r.l. hanno concordato che quest'ultima elaborasse la variante all'analisi di rischio sito specifica ed il progetto di



bonifica, da sottoporre agli Enti in una successiva Conferenza dei Servizi direttamente sul progetto del nuovo polo scolastico, elaborato con l'ausilio del Politecnico di Milano.

Pertanto, la nuova destinazione urbanistica e l'assetto progettuale del Polo Scolastico, sono stati ritenuti compatibili agli scenari valutati dall'analisi di rischio approvata, rimandando alla competente Conferenza dei Servizi seguita alla presentazione della variante all'analisi di rischio sito specifica e del progetto di bonifica da parte della proprietà, la condivisione di tutti gli aspetti coinvolti al fine di giungere al completamento dell'iter.

Con nota in data 05/12/2018 protocollo n.17210, il responsabile del Settore Governo e Sviluppo del Territorio del Comune di Inveruno provvedeva ad indire la Conferenza dei Servizi decisoria, ex art.14, 14 bis della Legge 241/90, in forma semplificata e modalità asincrona, per la valutazione del documento recante la Variante all'analisi di rischio sito specifica e il progetto operativo di bonifica, presentato dal sottoscritto Dott. Geol. Marco Stoppa in medesima data, con protocollo comunale n. 17190, in nome e per conto della società Architettura Immobiliare s.r.l., dandone comunicazione agli Enti interessati ARPA, A.T.S. e Città Metropolitana di Milano, per il giorno 20/12/2018, quale termine ultimo per l'espressione dei pareri di competenza.

Sulla base delle valutazioni positive espresse dagli Enti sopra richiamati, è stata approvata la Variante all'analisi di rischio sito specifica e del progetto di bonifica ed è stata autorizzata l'esecuzione degli interventi di bonifica.

A seguito di ciò è stata emessa la Certificazione Dirigenziale n. 6374 del 23.9.19, rilasciata dall'Area Ambiente e Tutela del Territorio, Settori Rifiuti e Bonifiche della Città Metropolitana di Milano, che ha certificato il completamento dei lavori di bonifica; infine, con Determinazione n. 411 del 09.10.2019 in Comune di Inveruno, Settore n.7 "Governo e Sviluppo del Territorio", ha preso atto della conclusione degli interventi di bonifica e decretato la conclusione del procedimento amministrativo avviato ai sensi dell'art. 242 del D.L.vo 152/06 e s.m.i.



#### **4) INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO**

Nei successivi capitoli si fornirà la descrizione dell'assetto geografico, geomorfologico, geologico ed idrogeologico del lotto di terreno in esame.

##### **4.1) INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO**

Il territorio comunale di Inveruno si colloca nel contesto morfologico dell'Alta Pianura Lombarda, caratterizzata da morfologie legate a deposizione fluvioglaciale e fluviale di età quaternaria; la fascia altimetrica di distribuzione varia da 173 metri s.l.m. a 158 metri s.l.m., con quote leggermente digradanti verso Sud e Sud-Est, ad una pendenza media di circa 0.25%.

L'assetto morfologico del territorio risulta omogeneo, essendo costituito principalmente da estese piane fluvioglaciali e fluviali; le originarie superfici, leggermente più ondulate delle attuali, hanno subito nel tempo un intenso livellamento a causa delle pratiche agricole: infatti, a grande scala si possono presentare delle blande ondulazioni, interpretabili come paleoalvei, che sono la testimonianza delle antiche divagazioni dei corsi d'acqua che hanno attraversato e costruito tale paesaggio.

Il reticolo idrografico naturale non è rappresentato nel territorio; è invece presente una fitta rete idrografica artificiale a fini irrigui e facente capo al Consorzio di Bonifica Est Ticino-Villoresi: tale rete irrigua presenta canali secondari, che si dipartono dal Canale Villoresi con andamento generalizzato Nord-Sud, i quali alimentano per scorrimento canali di III e IV ordine, diramatori ed adacquatori, ad andamento prevalentemente Est-Ovest.

L'area che sarà interessata dalla realizzazione del plesso scolastico comunale in progetto è caratterizzata da un andamento planoaltimetrico regolare e sub-pianeggiante; nel dettaglio, il sito è rappresentato nella Carta Tecnica Regionale della Regione Lombardia alla scala

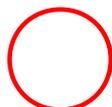
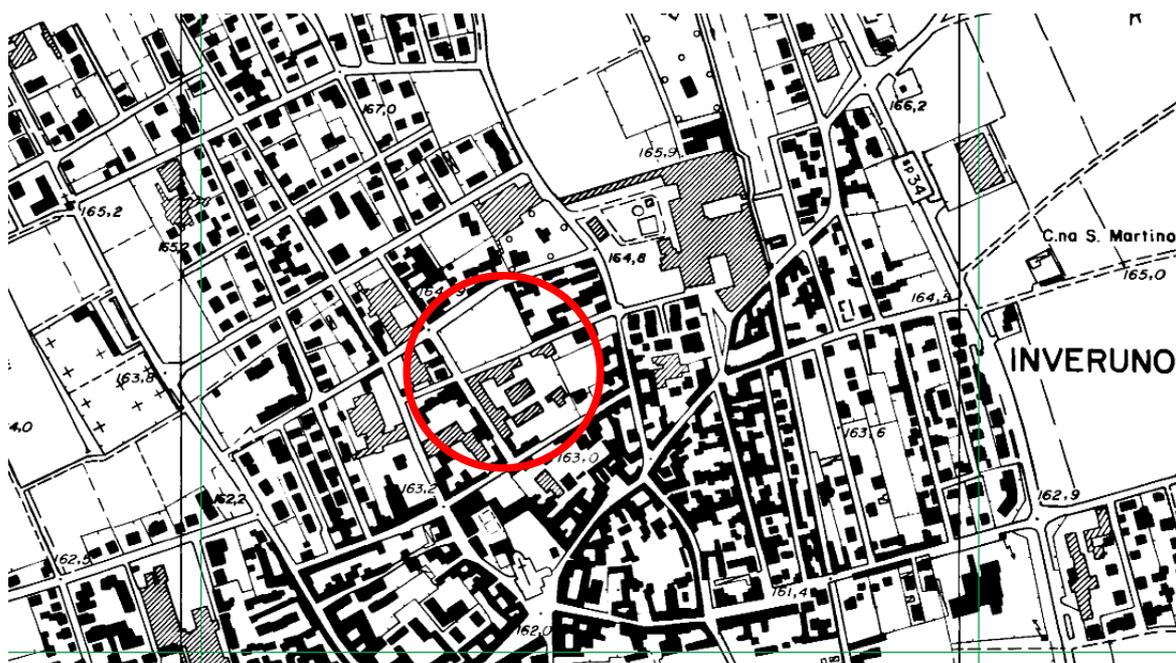


1:10.000 alla sezione A6d1 "Busto Garolfo", di cui uno stralcio, non in scala, è riportato nella pagina seguente e presenta una quota altimetrica, dedotta dalla cartografia citata, che risulta mediamente pari a circa **164 metri s.l.m.**

Dal punto di vista geografico, il baricentro dell'area oggetto di intervento è circa identificabile alle seguenti coordinate, tratte dalla medesima cartografia citata:

Lat: 45°51'67,22" – Long: 08°85'41,41"

*estratto* **CARTA TECNICA REGIONALE, REGIONE LOMBARDIA**  
Sezione A6d1  
(non in scala)



Area di indagine.

#### 4.2) INQUADRAMENTO GEOLOGICO E STRATIGRAFICO

I depositi litologici del territorio comunale appartengono all'unità geologica denominata *Allogruppo di Besnate - Unità di Sumirago* (Pleistocene medio-superiore), costituita da depositi fluvioglaciali/fluviali con profilo di alterazione relativamente evoluto, di spessore variabile non superiore ai 5 metri e con colore della matrice rientrante nella classe 10YR delle Munsell Soil Color Charts.

Da un punto di vista litologico, i depositi fluvioglaciali/fluviali sono costituiti da ghiaie stratificate a supporto di clasti o a supporto di matrice sabbiosa, da sabbie grossolane pulite a stratificazione pianoparallela orizzontale o incrociata e da limi a laminazione pianoparallela.

I clasti sono poligenici, con netta prevalenza locale della componente prealpina (carbonati e vulcaniti); localmente si trovano in superficie dei livelli di spessore variabile costituiti da sedimenti fini prevalentemente limoso argillosi e sabbiosi fini con scarsa ghiaia in facies fluviale di bassissima energia, la cui estensione è di difficile individuazione per mancanza di dati geomorfologici evidenti.

Per quanto riguarda la cartografia geologica, il territorio comunale di Inveruno ricade completamente nel Foglio n. 44 "*Novara*" della Carta Geologica d'Italia, alla scala 1:100.000, di cui si allega un estratto, non in scala; la cartografia geologica è tratta dal "Repertorio completo della cartografia geologica d'Italia" edito dall'ex A.P.A.T. (Azienda per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici), ora I.S.P.R.A.

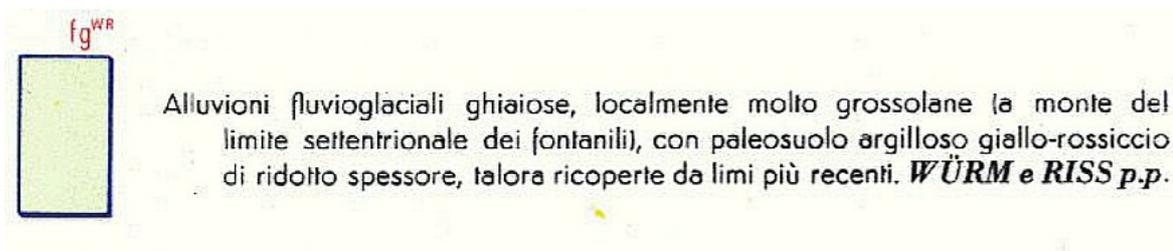
Nella medesima cartografia geologica è stata evidenziata l'area di indagine e di seguito vengono riportate le descrizioni delle formazioni geologiche d'interesse.



Foglio 44 "Novara"



**LEGENDA** (Formazioni d'interesse):



#### 4.2.1) ASSETTO STRATIGRAFICO LOCALE

L'assetto stratigrafico locale è stato valutato consultando la documentazione stratigrafica relativa ad uno dei pozzi pubblici ubicati in Comune di Inveruno.

La consultazione della documentazione stratigrafica disponibile indica che al di sotto del **terreno di riporto** è presente un orizzonte di **ghiaia con poca sabbia** sino alla profondità di 7 metri, seguito da un livello di argilla gialla dello spessore di 30 cm; al di sotto vi è un orizzonte di **ghiaia compatta con sabbia argillosa** sino a 32 metri, seguito da un orizzonte di **ghiaia con ciottoli conglomeratici** sino a 52 metri.

Tra la profondità di 52 e 57 metri è stato intercettato uno strato di **sabbia granosa giallastra**, seguito da un orizzonte di **sabbia media argillosa** dello spessore di 7 metri; al di sotto è presente un orizzonte di **ghiaia con sabbia leggermente legata** dello spessore di 5 metri, seguito da uno strato di **sabbia media granosa con lenti di argilla gialla** sino alla profondità di 100,5 metri.

Al di sotto vi è un livello di **argilla gialla** sino a 107 metri, seguito da un orizzonte di **ghiaia e sabbia con argilla dura da perforare** sino a 114 metri; tra 114 e 120 metri è stato intercettato un orizzonte di **argilla sabbiosa**, seguito da un livello di **sabbia media fine con argilla** dello spessore di 6 metri.

Tra la profondità di 126 e 141 metri è stato intercettato uno strato di **argilla sabbiosa**, seguito da un livello di **sabbia fine argillosa** dello spessore di 2 metri; al di sotto è presente un orizzonte di **sabbia granosa con ghiaietto** sino alla profondità di 148 metri, seguito da un livello di **argilla gialla** dello spessore di 1,5 metri.

Al di sotto vi è un orizzonte di **sabbia limosa** sino a 153 metri, seguito da un livello di **sabbia argillosa** dello spessore di 1 metro; tra 154 e 158 metri è stato intercettato un orizzonte di **argilla bluastra**, seguito da un livello di **limo argilloso** sino a 161 metri.



Tra 161 e 170 metri di profondità è stato intercettato un orizzonte di **sabbia media leggermente argillosa**, seguito da un livello di **sabbia media con tracce di ghiaietto** dello spessore di 3 metri; la perforazione raggiunge i 200 metri da piano campagna, intestandosi in uno strato di **argilla sabbiosa cenere**.

Nell'Allegato I) si riporta, a completamento dei dati illustrati nel presente capitolo, lo schema stratigrafico e di completamento del pozzo pubblico di interesse.

#### **4.2.2) ASSETTO STRATIGRAFICO DI DETTAGLIO**

La realizzazione di indagini geognostiche effettuate in sito per la redazione della presente documentazione progettuale, quali le prove penetrometriche dinamiche tipo SCPT, la cui elaborazione dei dati raccolti è rappresentata all'Allegato II), ed i pozzetti geognostici, la cui descrizione stratigrafica è riportata all'allegato III), hanno consentito di ricostruire l'assetto lito-stratigrafico superficiale di dettaglio del lotto di terreno indagato.

Le attività di indagini effettuate sono documentate nel fascicolo fotografico di cui all'allegato IV) alla presente documentazione.

Oltre alle informazioni litostratigrafiche desunte dall'esecuzione di tali indagini in sito, a completamento ed integrazione, sono state mutate quelle effettuate nell'ambito dell'esecuzione del Piano di Caratterizzazione del sito (§ Capitolo 3), progettate dal Dott. Geol. Tumaini, e di cui si riporta una sintesi nell'allegato V).

L'insieme di tutti questi dati stratigrafici ha permesso di sviluppare alcune sezioni interpretative, che hanno consentito la ricostruzione nel dettaglio della porzione sommitale del sottosuolo dell'area di interesse.

Sono state dunque realizzate n.6 sezioni lito-stratigrafiche interpretative, di cui n.3 con direzione circa Nord-Sud e n.3 con direzione circa Ovest-Est, identificate dalle lettere a-a', b-b' sino alle lettere f-f'; la traccia delle sezioni sono riportate nell'elaborato Geo.01, mentre la sezioni lito-stratigrafiche interpretative sono rappresentate negli elaborato Geo.02a-b-c.

In sintesi, l'interpretazione del data set stratigrafico ha consentito l'identificazione di n.4 livelli litologici, le cui potenze sono riassunte nella tabella sottostante, descritti, in ordine di profondità decrescente, come riportato di seguito:

***Orizzonte 1 (top soil):***

costituito da **terreno vegetale** con abbondanti frustuli radicali dello spessore di circa 15-30 cm, al di sotto del quale è stato intercettato uno strato costituito da **terreno antropico** di riporto costituito da laterizi frammisti a terreno sabbioso-ghiaioso e, localmente, dalla presenza di solette in cemento armato, a testimonianza della presenza degli edifici industriali ormai demoliti.

***Orizzonte 2:***

costituito da **sabbia limosa con ghiaietto**, di colore oca-chiaro; in corrispondenza di alcuni punti di indagine sono stati intercettati livelli più limoso argillosi.

***Orizzonte 3:***

costituito da **sabbia molto grossolana ghiaiosa**, di colore oca, con abbondanti ciottoli subarrotondati di dimensione pluri-centimetrica.

***Orizzonte 4:***

quest'ultimo orizzonte è costituito da **ghiaia e ciottoli** di dimensioni da centimetrica a decimetrica, immersi in una matrice prettamente sabbioso-ghiaiosa.

Nella tabella seguente viene riportata, per ogni sezione lito-stratigrafica ricostruita, la profondità minima e massima, rispetto al piano campagna attuale, di ogni orizzonte identificato e prima descritto:

<b>Livello</b>	<b>Sezione a-a'</b>	<b>Sezione b-b'</b>	<b>Sezione c-c'</b>	<b>Sezione d-d'</b>	<b>Sezione e-e'</b>	<b>Sezione f-f'</b>
<i>Orizzonte 1</i>	0,5-1,0 m	0,5-3,5 m	0,5-3,5 m	0,5-4,0 m	0,5-3,0 m	0,5-4,0 m
<i>Orizzonte 2</i>	3,5-5,0 m	2,8-3,5 m	3,0-5,0 m	2,5-5,0 m	3,0-4,5 m	3,0-4,5 m
<i>Orizzonte 3</i>	4-5,5,0 m	4,5-5,0 m	3,5-6,0 m	5,0-5,5 m	3,5-5,0 m	3,5-5,5 m
<i>Orizzonte 4</i>	fine indagine					

E' possibile notare che la profondità raggiunta dagli orizzonti 2 e 3 è più o meno costante in tutte le sezioni e, quindi, in tutta l'area di interesse, mentre l'orizzonte 1, ovvero quello costituito dal terreno antropici di riporto, raggiunte profondità molto differenti; tale condizione è correlabile con la presenza di alcuni locali interrati, ancora esistenti, e delle aree di alloggiamento delle opere di fondazioni degli edifici industriali demoliti, oggi parzialmente ritombate, e dei vari parchi serbatoi oggetto di rimozione nell'ambito degli interventi di bonifica condotti (§ Capitolo 3).



#### 4.3) INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Le unità idrogeologiche del territorio di interesse si succedono, dalla più superficiale alla più profonda, secondo il seguente schema:

Gruppo Acquifero A: è presente con continuità in tutto il territorio comunale ed è costituito da depositi di ambiente continentale in facies fluvioglaciale/fluviatile di tipo braided ad alta energia; dal punto di vista litologico, sono presenti sedimenti prevalentemente grossolani ad elevata porosità e permeabilità (ghiaie a matrice sabbiosa medio grossolana con subordinati intervalli sabbiosi da medi a molto grossolani) con intercalazioni di lenti e livelli limosi e limoso-argilloso generalmente privi di continuità laterale ma con spessori variabili metrici.

Lo spessore medio dell'unità è di circa 50-60 metri con approfondimento a 70 metri nei settori meridionali del territorio comunale di Inveruno.

Gruppo Acquifero B: è presente anch'esso con continuità in tutto il territorio comunale ed è costituito da depositi in facies fluvioglaciale/fluviatile di tipo braided; litologicamente è composta prevalentemente da sabbie medio-grossolane, sabbie ciottolose e ghiaie a matrice sabbiosa con locali lenti cementate conglomeratiche e con intercalazioni di sedimenti fini limoso-argillosi.

Nel settore settentrionale del territorio comunale, l'unità al tetto è separata dalla precedente da livelli scarsamente permeabili con discreta continuità areale e spessore che conferiscono agli acquiferi in essa contenuti un carattere di semi-confinamento; procedendo verso i settori sud-orientali del territorio comunale, si osserva la locale assenza dell'orizzonte di separazione con possibilità di interscambio con il primo acquifero.

Lo spessore complessivo del gruppo è variabile da 60 a 80 metri.



Gruppo Acquifero C: è presente con continuità in tutto il territorio di interesse ed è costituito da depositi in facies continentale/transizionale deltizia; litologicamente è costituito da sabbie da fini a medie e argille limose con orizzonti torbosi a cui si intercalano livelli ghiaioso-sabbiosi a maggiore permeabilità.

Lo spessore complessivo è sconosciuto in quanto il limite inferiore non è stato raggiunto dalle perforazioni dei pozzi più profondi presenti nell'area.

#### **4.3.1) LOCALE FALDA FREATICA**

La morfologia della superficie piezometrica evidenzia una falda radiale debolmente divergente, con quote piezometriche comprese tra 162 e 148 metri s.l.m.; le componenti del flusso idrico sotterraneo sono orientate NNE-SW ed il gradiente idraulico medio ha un valore del 3‰ circa.

A scala annuale, le oscillazioni stagionali della falda superficiale sono legate ai periodi irrigui, che determinano massimi piezometrici tardo estivi (agosto/settembre) e minimi tardo invernali-primaverili (aprile/maggio), con escursioni variabili in funzioni dell'andamento climatico della stagione irrigua.

A stagioni piovose corrispondono escursioni più limitate, determinate dal minor ricorso all'irrigazione per le necessità colturali; viceversa, irrigazioni più frequenti nelle stagioni maggiormente siccitose provocano maggiori escursioni piezometriche.

La consultazione della Tav.2 "*Caratteri idrogeologici*", alla scala 1:10.000, degli allegati geologici al vigente P.G.T. vigente, ha permesso di stimare una quota piezometrica presso l'area di indagine compresa tra **150-151 metri s.l.m.**



Sulla base della quota media del piano campagna, come rilevabile dalla Carta Tecnica Regionale (§ Capitolo 4), pari a circa **164 metri s.l.m.**, è possibile indicare un valore di soggiacenza pari a circa **13-14 metri**.

#### 4.3.2) CAMPAGNA PIEZOMETRICA

Secondo quanto definito nel documento “Investigazione preliminare del sito - Monitoraggio delle acque di falda”, redatto dal Dott. Geologo Corrado Tumaini in data 10 Gennaio 2004, nell'area investigata risultavano installati n.3 piezometri realizzati nell'Ottobre 2003; tali punti di monitoraggio risultavano a servizio delle attività di caratterizzazione e bonifica dell'ex-oleificio.

Durante la campagna di indagini geognostiche (settembre 2019) ha rivelato la presenza di un solo piezometro, identificato dal codice P01, la cui ubicazione è rappresentata all'elaborato Geo.01 allegato alla presente documentazione; i restanti probabilmente saranno stati danneggiati nell'ambito dei lavori di demolizione degli edifici industriali.

Di tale piezometro superstite si riporta lo schema stratigrafico e di completamento nell'Allegato VI).

In data 11 Settembre 2019, periodo tardo estivo durante il quale si determina il massimo piezometrico, è stata effettuata la misurazione della locale falda superficiale presso tale piezometro, la cui soggiacenza è stata rilevata a **11,70 metri da p.c.**

Tale registrazione conferma il trend medio delle locali soggiacenze annuali, pari a 13-14 metri da p.c., così come riportato nella documentazione tecnica a corredo del P.G.T., con una oscillazione stagionale che si attestano intorno a  $\pm 1,5$  metri dal livello medio.



#### 4.3.3) STIMA DELLA PERMEABILITÀ IN SITO

La determinazione in sito del coefficiente di permeabilità  $k_v$  del terreno, in considerazione delle caratteristiche granulometriche rilevate durante la campagna geognostica in sito, è stata eseguita mediante la realizzazione di **quattro prove di percolazione in pozzetti superficiali**.

Le prove sono state condotte sulla base delle prescrizioni contenute nelle “*Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche*” edite dall’Associazione Geotecnica Italiana (1977); le verifiche sono consistite nella realizzazione di quattro pozzetti a base quadrata con pareti sub-verticali, ubicati come rappresentato nell’elaborato Geo.01.

I pozzetti sono stati saturati attraverso il parziale riempimento con acqua e si è attesa la completa imbibizione prima di dare inizio alle prove; successivamente si è proceduto alla realizzazione della *prova di permeabilità a carico variabile*, cioè si è registrato l’abbassamento del livello dell’acqua nel singolo pozzetto in funzione del tempo.

Nella seguente Tabella si riassumono i dati rilevati durante le prove in sito; per l’individuazione dell’ubicazione dei singoli pozzetti si rimanda all’Elaborato Geo.01:

Pozzetto	Tempo (min)	Abbassamento (cm)
<b>C10</b>	0	0
	0,5	2
	1	3,5
	1,5	4,5
	2	6
	2,5	7
	3	8
	3,5	9
	4	9,5
	4,5	10
	5	10,5
	5,5	11
	6	11,5
	6,5	12

Pozzetto	Tempo (min)	Abbassamento (cm)
<b>C7</b>	0	0
	0,5	1
	1	2
	1,5	3
	2	4
	2,5	5
	3	6
	3,5	6,5
	4	7
	4,5	7,5
	5	8
	5,5	8,5
	6	9
	6,5	9,5
	7	10
	7,5	10,5
8	11	



Pozzetto	Tempo (min)	Abbassamento (cm)
	8,5	12
	9	12,2
	9,5	12,5
	10	13

Pozzetto	Tempo (min)	Abbassamento (cm)
<b>C3</b>	0	0
	0,5	0,5
	1	1
	1,5	1,5
	2	2,5
	2,5	3,5
	3	4,5
	3,5	5,5
	4	6,5
	4,5	7
	5	7,5
	5,5	8,5
	6	8,8
	6,5	9,5
	7	10
	7,5	10,5
8	11,5	

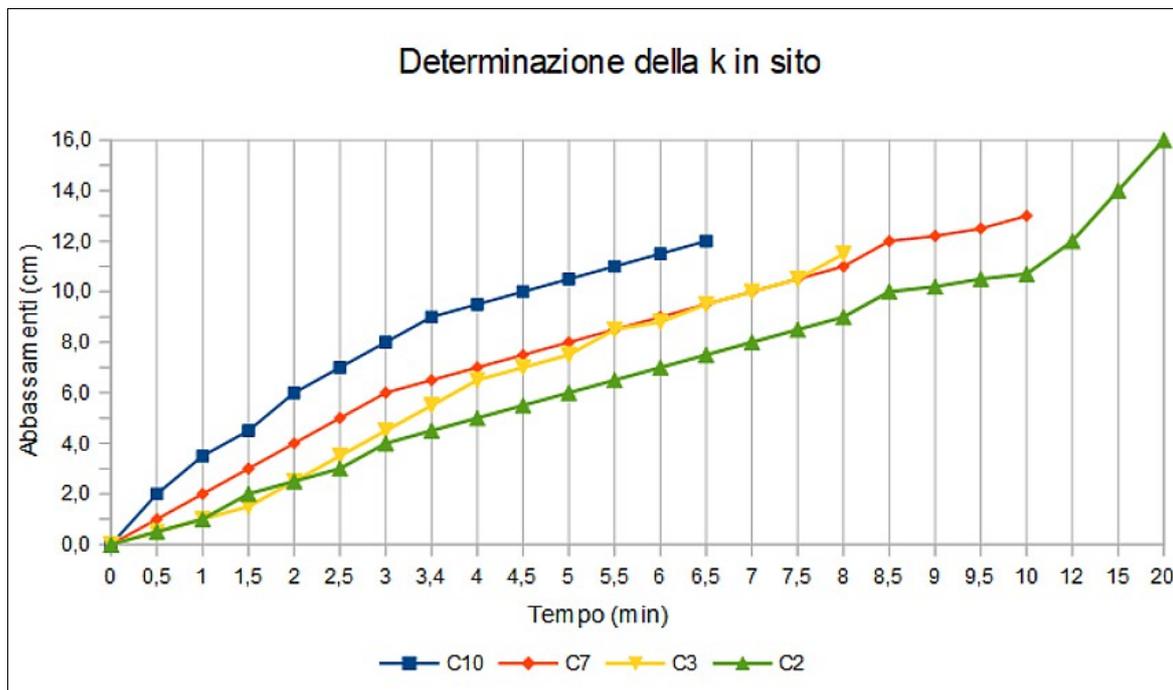
Pozzetto	Tempo (min)	Abbassamento (cm)
<b>C2</b>	0	0
	0,5	0,5
	1	1
	1,5	2
	2	2,5
	2,5	3
	3	4
	3,5	4,5



Pozzetto	Tempo (min)	Abbassamento (cm)
	4	5
	4,5	5,5
	5	6
	5,5	6,5
	6	7
	6,5	7,5
	7	8
	7,5	8,5
	8	9
	8,5	10
	9	10,2
	9,5	10,5
	10	10,7
	12	12
	15	14
	20	16

Tabella: risultati delle prove di permeabilità a carico variabile.

Nel seguente grafico sono rappresentati, per i pozzetti in corrispondenza dei quali sono state realizzate le prove di percolazione (C10, C7, C3 e C2), i valori di abbassamento rispetto al tempo di durata delle prove.



Il grafico mette chiaramente in evidenza come i terreni dove è stato eseguito il pozzetto C10 presentino una maggiore propensione a lasciarsi attraversare dall'acqua rispetto a quelli in corrispondenza degli altri pozzetti eseguiti; questo è sintomo di locali alternanze granulometriche dei terreni oggetto di prova.

La valutazione del coefficiente di permeabilità è stata eseguita attraverso l'applicazione di un algoritmo empirico, valido per terreni omogenei, isotropi e con permeabilità non inferiore a  $10^{-6}$  m/s, come nel caso in esame; nello specifico è stato adottato il seguente algoritmo:

$$k = \frac{h_2 - h_1}{t_2 - t_1} \cdot \frac{1 + \left(\frac{2h_m}{b}\right)}{\left(\frac{27h_m}{b}\right) + 3}$$

dove:

- k      coefficiente di permeabilità (m/s)  
h<sub>m</sub>    altezza media dell'acqua nel pozzetto (m)  
b      lato della base del pozzetto a base quadrata (m)  
t<sub>2</sub>-t<sub>1</sub>   intervallo di tempo (sec)  
h<sub>2</sub>-h<sub>1</sub>   variazione di livello dell'acqua nell'intervallo t<sub>2</sub>-t<sub>1</sub> (m)

L'elaborazione dei dati raccolti durante la realizzazione delle prove eseguite in sito ha permesso di valutare una permeabilità media della porzione di sottosuolo insaturo indagato pari a **4,4x10<sup>-4</sup> m/sec** per il pozzetto **C10**, di **2,8x10<sup>-4</sup> m/sec** per il pozzetto **C7** di **2,4x10<sup>-4</sup> m/sec** per il pozzetto **C3** e di **2,0x10<sup>-4</sup> m/sec** per il pozzetto **C2**.

I valori stimati risultano verosimili alle indicazioni bibliografiche inerenti la tipologia di terreno insaturo (sabbie e ghiaie) e le sue peculiarità reologiche; la prova di permeabilità ha, quindi, indicato **una permeabilità discreta dei terreni**.

Sulla base di tali valori di permeabilità è infine possibile stimare la velocità di filtrazione delle acque nel terreno; la velocità di filtrazione nel deposito è stimabile attraverso l'algoritmo proposto da Darcy e cioè:

$$v = \frac{ki}{ne}$$

dove:

- k      permeabilità del terreno;  
i      gradiente idraulico;  
n<sub>e</sub>    porosità efficace.

Il gradiente idraulico è connesso con i percorsi che l'acqua percolante compie all'interno del terreno prima di raggiungere la falda; nella porzione insatura, tali movimenti sono



prevalentemente verticali e pertanto il gradiente idraulico risulterebbe molto elevato.

Tuttavia, per il presente studio, è stato cautelativamente scelto il valore di  $45^\circ$ , ipotizzando che possa verificarsi la presenza di un moto avente anche componente orizzontale, corrispondente ad un gradiente pari a  $i=1$ .

La porosità efficace  $n_e$  è stata stimata sulla base delle caratteristiche granulometriche dei terreni, considerando i valori proposti dal *Water Supply Paper (USGS)* per una serie di sedimenti; nel caso specifico è stato adottato un valore pari al 20%.

Lo sviluppo della Legge di Darcy permette quindi di stimare una velocità teorica di filtrazione pari a  $2,2 \times 10^{-3}$  m/sec per l'area del pozzetto **C10**, di  $1,4 \times 10^{-3}$  m/sec per la zona del pozzetto **C7**, di  $1,2 \times 10^{-3}$  m/sec per la zona del pozzetto **C3** e di  $1 \times 10^{-3}$  m/sec per la zona del pozzetto **C2**.



**5) IDROGRAFIA SUPERFICIALE**

Come già detto, il reticolo idrografico naturale non è rappresentato nel territorio; è invece presente una fitta rete idrografica artificiale avene scopi irrigui e facente capo al Consorzio di Bonifica Est Ticino-Villoresi: tale rete irrigua presenta canali secondari, che si dipartono dal Canale Villoresi con andamento generalizzato Nord-Sud, i quali alimentano per scorrimento canali di III e IV ordine, diramatori ed adacquatori, ad andamento prevalentemente Est-Ovest.

In particolare, la rete consortile ricadente sul territorio comunale è costituita dai seguenti elementi:

<b>NUMERO</b>	<b>CODICE SIBITER D.G.R. 7/20552/05</b>	<b>DENOMINAZIONE</b>	<b>TIPO DI CANALE</b>
01	R01S02C22	CANALE DERIVATORE CUGGIONO	secondario
02	R01S03C24	CANALE DERIVATORE DI MAGENTA	secondario
03	R01S02C15	3 STRAMAZZO CUGGIONO	terziario
04	R01S02C16	3/BIS CUGGIONO	terziario
05	R01S03C01	1 MAGENTA	terziario
06	R01S02C14	2 BUSCA CUGGIONO	terziario
07	R01S02C18	8/BIS CUGGIONO	terziario
08	R01S03C06	2 MAGENTA	terziario
09	R01S03C07	3 MAGENTA	terziario
10	R01S03C08	3/A MAGENTA	terziario
11	R01S03C09	4 MAGENTA	terziario
12	R01S03C10	4/A MAGENTA	terziario
13	R01S03C12	6 MAGENTA	terziario
14	R01S03C11	5 MAGENTA	terziario
15	R01S04C01	1/A CORBETTA	terziario
16	R01S04C06	3 CORBETTA	terziario
17	R01S04C08	5 CORBETTA	terziario
18	R01S04C09	5/A CORBETTA	terziario

Presso il sito di interesse non sono presenti corsi d'acqua superficiali naturali od artificiali.



## 6) PREDISPOSIZIONE ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA

La consultazione della Tav. 9a “*Carta di Fattibilità geologica*” alla scala 1:5.000 del vigente P.G.T., indica per l'area che sarà oggetto di intervento la classificata in **Classe 3AD**.

Tale classe comprende le *aree condizionate da attività antropica/industriale pregressa comprendenti siti oggetto di Piani di Caratterizzazione e Progetti di Bonifica* a diversi stadi di attuazione e *siti bonificati* ai sensi del D.L.vo 152/06, da sottoporre, in caso di dismissione o cambio di destinazione d'uso, a verifica dello stato di contaminazione con limiti di riferimento più restrittivi rispetto agli obiettivi raggiunti con la bonifica.

Le problematiche generali sono legate alla contaminazione accertata e/o potenziale dei suoli, anche non evidenziata in indagini ambientali pregresse e/o in corso, al degrado morfologico delle aree, all'aumento del grado di vulnerabilità per asportazione della zona non satura sommitale, alla mancata classificazione dei terreni di riporto, al riempimento e ripristino morfologico con terreni litologicamente disomogenei.

Il parere sull'edificabilità è favorevole con consistenti limitazioni legate alla bonifica delle aree e/o di standard qualitativi dei terreni conformi alla prevista destinazione urbanistica, alla verifica dello stato di salubrità dei suoli ed alla verifica puntuale delle caratteristiche litotecniche dei terreni; la tipologia edificatoria può essere condizionata dall'entità di contaminazione dei suoli e dai limiti raggiunti al termine degli interventi di bonifica.

Ad approvazione dei progetti relativi alla bonifica e messa in sicurezza dei siti inquinati, le particolari condizioni geotecniche di tali aree rendono necessarie indagini geognostiche di approfondimento, che comprendano l'esecuzione di prove geotecniche in sito e/o in laboratorio, la realizzazione di piezometri di monitoraggio e indagini sulla stabilità dei fronti di scavo, da effettuare preventivamente alla progettazione esecutiva di qualunque opera.



Le indagini geognostiche dovranno essere commisurate al tipo di intervento da realizzare ed alle problematiche progettuali proprie di ciascuna opera, anche la fine di consentire la corretta progettazione strutturale e degli idonei sistemi di raccolta e di smaltimento delle acque meteoriche.

Quale norma generale a salvaguardia della falda idrica sotterranea è necessario, inoltre, che per ogni nuovo intervento edificatorio, già in fase progettuale, sia previsto ed effettivamente realizzabile il collettamento degli scarichi fognari in fognatura e degli scarichi non smaltibili il loco.

Soprattutto nel caso di scavi, sia per ragioni ambientali che di sicurezza, dovranno essere messi in opera sistemi di regimazione e smaltimento delle acque meteoriche, onde evitare la percolazione delle stesse sui fronti e all'interno dello scavo, con individuazione del recapito finale, nel rispetto della normativa vigente e sulla base delle caratteristiche idrogeologiche del sito.

*Infine, si rimanda alle prescrizioni sull'utilizzabilità del sito contenute negli atti di approvazione del progetto operativo di bonifica del sito, richiamati al Capitolo 3.*

Dal punto di vista della pericolosità individuata dal P.G.T., la tipologia di opera in progetto non intercetterà la locale falda acquifera, neanche con la proprie opere di fondazione.

Inoltre, i materiali naturali di risulta degli scavi delle opere di fondazione che non potranno essere riutilizzati nell'ambito degli interventi edilizi, saranno *condotti in una discarica autorizzata* ai sensi di legge; *potrà inoltre essere eventualmente valutata l'applicazione, per i terreni naturali di splateamento, delle disposizioni di cui al D.P.R. 120/2017, finalizzate al recupero delle terre e rocce da scavo.*

Ai sensi dell'art. 24 comma 1) del medesimo regolamento, per l'eventuale riutilizzo presso il medesimo sito di produzione delle terre e rocce, sarà necessario eseguire le verifiche



analitiche di cui all'Allegato 4 del più volte citato DPR 120/17.

In tale ambito, nel caso in cui si rilevassero evidenze organolettiche ed olfattive riconducibili a stati di contaminazione potenziale del sottosuolo, si provvederà ad eseguire un campionamento rappresentativo del terreno interessato e successive idonee verifiche di laboratorio, al fine di accertare le condizioni di cui all'art. 242 del D.L.vo 152/2006 e s.m.i.



## 7) CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Con riferimento al Capitolo 3.2 delle NTC18, le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di interesse.

Per quanto di competenza, nel presente capitolo si valuteranno, quindi, le condizioni stratigrafiche e topografiche del sito, al fine di definire l’azione sismica locale di progetto; essa deve essere definita valutando l’influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale.

Le condizioni stratigrafiche possono essere valutate sulla stima dei valori della *velocità equivalente di propagazione delle onde sismiche di taglio*  $V_{s,eq}$ ; in base a tale grandezza si identificano le seguenti categorie del suolo di fondazione:

- A** - *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
- B** - *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti*, 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** - *Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine 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.
- D** - *Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti*, con profondità del substrato superiore 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** - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Rimandando per ulteriori dettaglio ai Capitoli successivi, le indagini eseguite in sito hanno permesso di rilevare una velocità delle onde sismiche equivalente a 30 metri di profondità\*)  $V_{S30}$  compresa tra 268-282 m/sec e, quindi, i terreni ove sorgerà il nuovo plesso scolastico comunale possono essere classificati nella categoria di **tipo C**.

La condizione topografica del sito in esame è classificabile, nel rispetto di quanto prescritto nel Capitolo 3.2.2 delle NTC18 e di quanto descritto al Capitolo 3.1, quale **tipo T1**, essendo l'area sub-pianeggiante.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali è definito dalle seguenti espressioni:

coordinate punto medio del sito espresse in gradi decimali (WGS84):

$$45,516750^\circ \text{ N} - 8,851376^\circ \text{ E}$$

Vita Nominale Struttura  $V_N = 100$  anni

Classe d'Uso  $C_U = III$

*(Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Ecc.. - Cap. 2.4.2 NTC18).*

---

\*) Per depositi con profondità del substrato sismico, caratterizzato da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s, superiori a 30 m, la velocità equivalente è definita dal parametro  $V_{S30}$ , considerando le proprietà degli strati di terreno sino a tale profondità. (Cap. 3.2.2 NTC18)

*Siti di riferimento<sup>\*)</sup>:*

Sito	ID	Lat.	Long.	Distanza (m)
Sito 1	12033	45,4934	8,7870	5768,644
Sito 2	12034	45,4961	8,8581	2435,576
Sito 3	11812	45,5461	8,8542	3158,042
Sito 4	11811	45,5433	8,7830	6111,326

*Parametri sismici:*

Stato limite <sup>**)</sup>	Prob. superamento	Tr	ag	F <sub>0</sub>	T <sub>c</sub> *
SLO	81%	90 anni	0,024 g	2,550	0,205
SLD	63%	151 anni	0,029 g	2,596	0,226
SLV	10%	1424 anni	0,050 g	2,729	0,317
SLC	5%	2475 anni	0,056 g	2,793	0,333

*Coefficienti sismici:*

Stato limite	Ss	Cc	St	Kh	Kv	a <sub>max</sub> (m/sec <sup>2</sup> )	Beta
SLO	1,500	1,770	1,000	0,007	0,004	0,351	0,200
SLD	1,500	1,720	1,000	0,009	0,004	0,420	0,200
SLV	1,500	1,530	1,000	0,015	0,007	0,735	0,200
SLC	1,500	1,510	1,000	0,017	0,008	0,828	0,200

*Periodi di riferimento della componente orizzontale dell'accelerazione:*

Stato limite	T <sub>c</sub> *	T <sub>b</sub>	T <sub>c</sub>	T <sub>a</sub>
SLO	0,205 sec	0,121 sec	0,363 sec	1,696 sec
SLD	0,226 sec	0,130 sec	0,389 sec	1,716 sec
SLV	0,317 sec	0,162 sec	0,485 sec	1,800 sec
SLC	0,333 sec	0,168 sec	0,503 sec	1,824 sec

\*) Le coordinate sono espresse in gradi centesimali ed in ED50

\*\*) **SLO** Stato Limite di Operatività  
**SLD** Stato Limite di Danno  
**SLV** Stato Limite di salvaguardia della Vita  
**SLC** Stato Limite di prevenzione del Collasso



I valori dello spostamento orizzontale  $d_g$  e della velocità orizzontale  $v_g$  massimi del terreno, considerando lo *Stato Limite SLV*, sono, quindi, così definibili:

$$d_g = 0,001636875 \text{ mm} \quad v_g = 0,00582 \text{ m/sec}$$

L'azione sismica locale così stimata verrà combinata, in funzione di specifici approcci progettuali (DA), con le altre componenti di azione e resistenza per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza delle opere di fondazione previste dalle NTC18; nell'Allegato VII) si riportano gli spettri di risposta sismica locale definiti per il sito in esame.

### 7.1) ZONA SISMICA

Con riferimento all'individuazione dell'area in esame da un punto di vista sismico, si richiama quanto disposto nell'Allegato 3 dell'*Ordinanza del Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 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*”.

Il territorio comunale di Inveruno, in considerazione anche della **Regione Lombardia - DGR 11/7/2014 n. X/2129** “Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000 art.3 comma 108 lett. d)”, ricade in **zona sismica 4**, presentando una  $A_{g_{max}}$  pari a 0,039158.

Con il Decreto del Ministero delle Infrastrutture 17 Gennaio 2018 (§ Capitolo 2) sono state approvate le nuove norme tecniche per le costruzioni che definiscono i principi generali per il progetto, l'esecuzione ed il collaudo delle costruzioni e forniscono i criteri generali di sicurezza a tutela della pubblica incolumità; le predette norme tecniche sono entrate in vigore a partire dal 23 marzo 2018 e si applicano indistintamente a tutte le costruzioni, indipendentemente dalla zona di classificazione sismica in cui sono realizzate.



## 8) CAMPAGNA GEOGNOSTICA

Per la caratterizzazione dei terreni interessati dalla realizzazione del nuovo plesso scolastico comunale e per la definizione di dettaglio della stratigrafia locale, sono state eseguite, nell'ambito del presente studio, delle specifiche indagini in sito.

La campagna geognostica, in considerazione dell'entità degli interventi in progetto e per maggiore completezza, ha comportato la realizzazione di prove geofisiche mediante tecnica dei rapporti spettrali o HVSR, di pozzetti geognostici e di prove penetrometriche dinamiche continue tipo SCPT eseguite in sito.

L'ubicazione, rappresentata nell'Elaborato Geo.01, e le caratteristiche intrinseche delle indagini rispettano i criteri e le procedure proposte dall'A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana) nelle “*Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche*”, giugno 1977.

### 8.1) PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE TIPO SCPT

La campagna geognostica effettuata in sito ha previsto la realizzazione di **n.15 prove penetrometriche dinamiche continue S.C.P.T. (standard continuous penetration test)**, spinte fino a profondità significativa per l'intervento in progetto.

L'indagine è stata realizzata mediante *penetrometro dinamico standard* il quale presenta le seguenti caratteristiche costruttive:

- |                                        |          |
|----------------------------------------|----------|
| - peso del maglio:                     | 63,5 Kg; |
| - altezza di caduta                    | 75 cm;   |
| - angolo al vertice della punta conica | 60°;     |
| - apertura punta conica                | 51 mm;   |
| - diametro aste                        | 36 mm;   |



- diametro esterno del rivestimento 48 mm;
- lunghezza aste 100 cm.

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infissione nel terreno di una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta d'acciaio; l'infissione avviene per battitura facendo cadere, da un'altezza costante, un maglio avente un peso standard.

Scopo dell'infissione è misurare il numero di colpi ( $N_{SPT}$ ) occorrente per infiggere la punta di un tratto di 20 cm.

Il valore di  $N_{SPT}$  è in funzione della natura del materiale attraversato, del grado di addensamento, della resistenza al taglio e dell'energia assorbita e dissipata dalle aste.

Il terreno è stato investigato a partire dal piano campagna attuale ed è stata raggiunta una profondità massima di circa 6,6 metri per rifiuto alla penetrazione.

In allegato si forniscono i grafici interpretativi delle prove penetrometriche eseguite in sito (Allegato II).

## 8.2) POZZETTI GEOGNOSTICI

Nell'ambito delle indagini volte alla valutazione della permeabilità in sito di cui al Capitolo 4.3.1, sono stati realizzati **n.10 pozzetti geognostici** ubicati come rappresentato nell'Elaborato Geo.01, denominati **C1, C2, C3** sino a **C10**, i quali hanno permesso di rilevare la stratigrafia superficiale dell'area di interesse, le cui osservazioni stratigrafiche sono riportate nell'Allegato III).

### 8.3) INDAGINI GEOFISICHE MEDIANTE TECNICA DEI RAPPORTI SPETTRALI O HVSR

Lo scopo di questa indagine è la caratterizzazione sismica del sottosuolo e, in particolare, l'individuazione delle discontinuità sismiche nonché la profondità della formazione rocciosa compatta (bedrock geofisico); con tale metodo viene stimata la velocità di propagazione delle onde di taglio equivalente  $V_s$ , come richiesto dalle vigenti Norme Tecniche per le costruzioni (§ Cap. 2).

L'indagine geofisica proposta si avvale della metodologia basata sulla tecnica di Nakamura e sul rapporto spettrale H/V.

La tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazione esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque; i risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

- la **frequenza caratteristica di risonanza del sito** che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;
- la **frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la **velocità media delle onde di taglio  $V_s$**  calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario, per l'affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, ecc.) e riconoscibile nella curva H/V. E' possibile calcolare la  $V_{eq}$  e la relativa categoria del suolo di fondazione come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 17 gennaio 2018;

- la **stratigrafia del sottosuolo** con un range di indagine compreso tra 0.5 e 700 m di profondità, anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri. Il principio su cui si basa la presente tecnica, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremori; la forma di un'onda registrata in un sito  $x$  da uno strumento dipende:

1. dalla forma dell'onda prodotta dalla sorgente  $s$ ,
2. dal percorso dell'onda dalla sorgente  $s$  al sito  $x$  (attenuazioni, riflessioni, rifrazioni, incanalamenti per guide d'onda),
3. dalla risposta dello strumento.

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre; si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto piccole, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti.

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato *ad hoc*, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartato dalla sismologia classica, contiene informazioni; questa informazione è però "sepolta" all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune.

Una di queste tecniche è la teoria dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali dei sottosuoli; informazione di

notevole importanza nell'ingegneria sismica.

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromometro digitale che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra-leggeri e ultra-compatti in altra risoluzione adatti a tali misurazioni.

Lo strumento racchiude al suo interno tre velocimetri elettrodinamici ortogonali tra loro ad alta definizione con intervallo di frequenza compreso tra 0.1 e 256 Hz; i dati vengono memorizzati in una scheda di memoria interna da 512 Mb, evitando così la presenza di qualsiasi cavo che possa introdurre rumore meccanico ed elettronico.

In fase operativa si sono seguite le seguenti operazioni:

1. il rumore sismico è stato registrato nelle sue tre componenti per un intervallo di tempo dell'ordine delle decine di minuti (nel caso specifico 30 minuti);
2. la registrazione è stata suddivisa in intervalli della durata di qualche decina di secondi ciascuno;
3. per ogni segmento viene eseguita un'analisi spettrale del segmento nelle sue tre componenti,
4. per ciascun segmento si calcolano i rapporti spettrali fra le componenti del moto sui piani orizzontale e verticale,
5. vengono calcolati i rapporti spettrali medi su tutti i segmenti.

Per la determinazione delle velocità delle onde di taglio si utilizza un codice di calcolo appositamente creato per interpretare i rapporti spettrali (HVSr) basati sulla simulazione del campo di onde di superficie (Rayleigh e Love) in sistemi multistrato a strati piani e paralleli secondo la teoria descritta in AKI (1964) e Ben-Menahem e Singh (1981).

Il codice può elaborare modelli con qualsiasi numero di strati, in qualsiasi intervallo di frequenze e in un qualsiasi numero di modi (fondamentale e superiori).



Operativamente si costruisce un modello teorico HVSR avente tante discontinuità sismiche quante sono le discontinuità evidenziate dalla registrazione eseguita.

Successivamente, tramite uno specifico algoritmo, si cercherà di adattare la curva teorica a quella sperimentale; in questo modo si otterranno gli spessori dei sismostrati con la relativa velocità delle onde Vs.

Nel presente lavoro si sfrutterà la teoria di Nakamura che relaziona lo spettro di risposta del substrato roccioso (rapporto spettrale  $H/V = 1$ ) con quello effettivamente misurato in superficie.

L'interpretazione dei dati acquisiti consente di correlare il valore di picco dello spettro di risposta HVSR con la profondità del substrato roccioso compatto (bedrock geofisico) e di individuare una corrispondenza tra i valori di frequenza relativi alle discontinuità sismiche e i cambi litologici presenti nell'immediato sottosuolo.

Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del moto fondamentale dell'onda di Rayleigh ed i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si può ricavare il valore di frequenza caratteristica del sito.

Sapendo che ad ogni picco in frequenza corrisponde una profondità [m] dell'orizzonte che genera il contrasto d'impedenza si può estrapolare una stratigrafia geofisica del sottosuolo.

Nell'Allegato VIII) si riportano i report di sintesi delle elaborazioni eseguite, in cui s'illustrano i risultati delle indagini geofisiche e la qualità del segnale acquisito in base al progetto SESAME (Linee guida 2005) mentre nell'allegato elaborato Geo.01 è ubicato il sito di indagine ed i punti di installazione della strumentazione geofisica; nel dettaglio, per l'affidabilità della curva HVSR devono essere positivi i primi tre parametri mentre per avere un chiaro e pulito segnale del picco massimo devono essere soddisfatti almeno cinque dei sei criteri espressi dal protocollo SESAME.

**8.2.1) STIMA DELLA VELOCITÀ EQUIVALENTE DI PROPAGAZIONE  $V_{S_{EQ}}$** 

Nel seguente capitolo si sintetizzano i risultati delle elaborazioni effettuate per la stima della velocità equivalente delle onde di taglio di superficie  $V_{S_{eq}}$ , così come imposto dalla vigente normativa tecnica (§ Cap.2); si rimanda alle relazioni di cui all'Allegato VIII) al presente documento per ogni ulteriore dettaglio ed all'Elaborato Geo.01 per l'ubicazione dei singoli punti di indagine.

Si precisa, che come previsto al Cap. 3.2.2 delle NTC18, che nel caso in esame, essendo i depositi con profondità del substrato sismico, caratterizzato da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s, superiori a 30 m, la velocità equivalente è definita dal parametro  $V_{S_{30}}$ , considerando le proprietà degli strati di terreno sino a tale profondità; per fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse.

Punto di indagine	S1	S2	S3	S4
velocità strato di copertura $V_{S_0}$	217 m/s	134 m/s	349 m/s	182 m/s
VELOCITÀ MEDIA $V_{S_{30}}$	<b>277 m/s</b>	<b>268 m/s</b>	<b>282 m/s</b>	<b>273 m/s</b>

Alluvioni spesse tra 5 e 20 metri su substrato rigido ( $V_s > 800$  m/s): NO

Terreno liquefacibile: NO

**categoria di suolo** (Cap. 3.2.2 NTC18): C

*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine 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.



## 9) APPROFONDIMENTO SISMICO DI SECONDO LIVELLO (L.R. 12/05 E S.M.I.)

In relazione alla normativa di cui alla D.G.R. 10 ottobre 2014 - n X/2489, la nuova classificazione sismica della Regione Lombardia inserisce il Comune di Inveruno in zona sismica 4; tuttavia, poiché ai sensi del d.d.u.o. del 28 ottobre 2003 n.18016 il nuovo plesso scolastico comunale è classificato come *edificio rilevante* e, come aggiornato dal d.d.u.o. 22 maggio 2019 n.7237, il medesimo viene anche classificato quale *edificio che può assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso*, è stato comunque previsto un ulteriore approfondimento sismico di secondo livello.

La metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale, in adempimento a quanto previsto dal D.M. del 17 gennaio 2018, della D.G.R. n. 14964 del 7 novembre 2003 e del d.d.u.o n.19904 del 21 novembre 2003, si basa su tre livelli successivi di approfondimento, in funzione della zona sismica di appartenenza e degli scenari di pericolosità sismica locale.

Il Comune di Inveruno è dotato di uno studio di approfondimento sismico di primo e secondo livello, eseguito in ambito di stesura del PGT.

Con riferimento a quanto sopra, l'area in oggetto ricade nella zona Z4 - Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi, con amplificazioni litologiche e geometriche.

Segue, pertanto, di seguito l'approfondimento sismico di secondo livello (litologico), finalizzato alla definizione del Fattore di Amplificazione (Fa) locale, da utilizzarsi per la parametrizzazione sismica del sito.

L'analisi di secondo livello si riferisce allo studio di possibili effetti di tipo litologico con potenziali fenomeni di amplificazione che si possono verificare quando le locali condizioni morfologiche e stratigrafico/litologiche con determinate proprietà meccaniche, possono



generare amplificazioni locali delle azioni sismiche trasmesse dal terreno anche con fenomeni di risonanza.

Per determinare la litologia e stratigrafia locale dell'area, è stata pertanto eseguita un'indagine sismica puntuale con metodologia tipo "sismica passiva - HVSR", di cui ai Capitoli precedenti.

Durante la campagna geognostica è stata acquisita una registrazione di sismica a onde superficiali, con la definizione di alcuni profili sismici e il calcolo delle  $V_{S30}$ .

L'analisi di approfondimento sismico di secondo livello è stata effettuata adottando gli esiti dell'indagine sismica denominata HVRS1 (punto di indagine S1 dell'Elaborato Geo.01).

Di seguito si riporta il profilo sismico definito in funzione delle  $V_s$  rispetto alla profondità, a partire dal p.c. attuale.

Acquisizione	Spessore strato (m)	Velocità $V_s$ (m/s)
Polo scuole/Inveruno	0,76	179
	3,14	176
	3,6	115
	inf.	282

Quanto sopra riportato serve per determinare il **periodo di oscillazione proprio** del sito ( $T_p$ ), che si calcola attraverso la conoscenza dettagliata della distribuzione in profondità delle  $V_s$ , fino allo strato con  $V_s \geq 800$  m/s; siccome lo strato superficiale non ha spessore  $\geq 4$  m, il modello è stato modificato secondo le linee guida della dgr 8/7374, in modo tale da ottenere lo strato superficiale equivalente a cui assegnare una  $V_s$  calcolata come media pesata del valore di  $V_s$  degli strati superficiali la cui somma supera i 4 m di spessore, e conseguentemente effettuare la scelta della curva di riferimento:

$$\frac{H1S1 + H2S2 + HnSn}{H1 + H2 + Hn} = \frac{0,76*179 + 3,14*176 + 0,1*115}{4} = 175 \text{ m/sec}$$

(riferito ad uno spessore di 4 m)



Il modello equivalente applicato come stratigrafia sismica diventa perciò:

Acquisizione	Spessore strato (m)	Velocità Vs (m/s)
Polo scuole/Inveruno	4	175
	3,5	115
	inf.	282

Si calcola quindi il **periodo proprio del sito** ( $T_p$ ), necessario per la valutazione dell'amplificazione, considerando tutta la stratigrafia, utilizzando la seguente equazione:

$$T_p = \frac{4 \sum_{i=1}^n h_i}{\left( \frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \cdot h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

Applicando l'equazione si ottiene per il sito in oggetto:  **$T_p = 0.204$  s.**

Sulla base del profilo sismico, opportunamente calcolato in precedenza, è possibile determinare la scheda di valutazione (di cui all'All. 5 della dgr IX/2616) più idonea, in relazione anche ai rilievi geologici eseguiti e analizzando i diversi campi di validità per le diverse schede (identificati sui gradienti delle Vs) e dei parametri indicativi (granulometria e comportamento del materiale).

Nel caso in esame la scheda di riferimento è quella della scheda litologica sabbiosa, di seguito riportata:

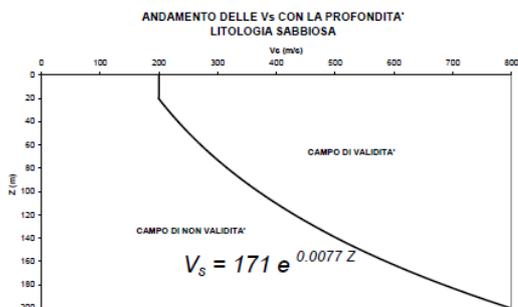
EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA

**PARAMETRI INDICATIVI**

**GRANULOMETRIA:**  
Da sabbia con ghiaia e ciottoli a limo e sabbia passando per sabbie ghiaiose, sabbie limose, sabbie con limo e ghiaia, sabbie limose debolmente ghiaiose, sabbie ghiaiose debolmente limose e sabbie

**NOTE:**  
Comportamento granulare  
Struttura granulo-sostenuta  
Clasti con  $D_{max} > 20$  cm inferiori al 15%  
Frazione ghiaiosa inferiore al 25%  
Frazione limosa fino ad un massimo del 70%

**FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO**



Profondità primo strato (m)

	1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180	
200	2	1-2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA									
250	2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA									
300	2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA								
350	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	NA	NA							
400	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA						
450	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA					
500	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA			
600	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	
700	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA

ove  
la sigla NA indica  $F_a = 1$

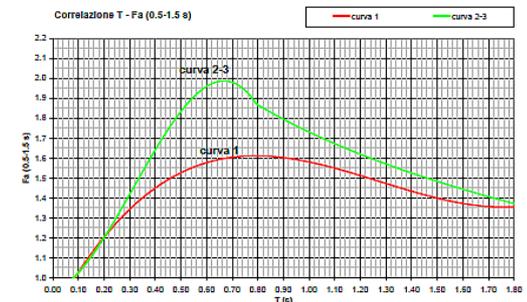
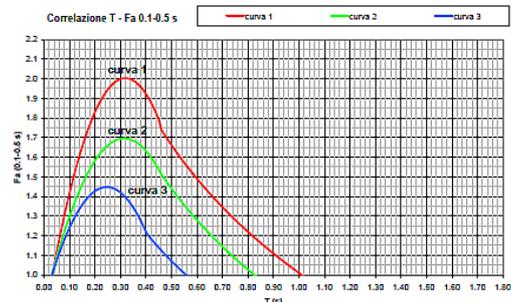
il riquadro rosso indica la condizione stratigrafica per cui è necessario utilizzare le curve 1  
**CONDIZIONE:** strato con spessore compreso tra 5 e 12 m e velocità media  $V_s$  minore o uguale a 300 m/s poggiate su strato con velocità maggiore di 500 m/s

$V_s < 300$  m/s

$V_s > 500$  m/s

0

5 - 12 m



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.03 \leq T \leq 0.50$ $F_{a_{0.1-0.5}} = -12.21 T^2 + 7.79 T + 0.76$	$0.50 < T \leq 1.00$ $F_{a_{0.1-0.5}} = 1.01 - 0.94 \ln T$	$T > 1.00$ $F_{a_{0.1-0.5}} = 1.00$
2	$0.03 \leq T \leq 0.45$ $F_{a_{0.1-0.5}} = -8.65 T^2 + 5.44 T + 0.84$	$0.45 < T \leq 0.80$ $F_{a_{0.1-0.5}} = 0.83 - 0.88 \ln T$	$T > 0.80$ $F_{a_{0.1-0.5}} = 1.00$
3	$0.03 \leq T \leq 0.40$ $F_{a_{0.1-0.5}} = -9.68 T^2 + 4.77 T + 0.88$	$0.50 < T \leq 0.55$ $F_{a_{0.1-0.5}} = 0.62 - 0.65 \ln T$	$T > 0.55$ $F_{a_{0.1-0.5}} = 1.00$

Curva	
1	$0.08 \leq T \leq 1.80$ $F_{a_{0.5-1.5}} = 0.57 T^3 - 2.18 T^2 + 2.38 T + 0.81$
2	$0.08 \leq T < 0.80$ $F_{a_{0.5-1.5}} = -8.11 T^3 + 5.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$
3	$0.80 \leq T \leq 1.80$ $F_{a_{0.5-1.5}} = 1.73 - 0.61 \ln T$



Sulla base della matrice riportata nella scheda, la curva di riferimento per il calcolo del  $F_a$  sulla base della velocità dello strato superficiale, è la **curva 2**, in quanto il primo strato, ha una velocità sismica di 175 m/s.

Tutte le elaborazioni riportate di seguito sono eseguite calcolando il fattore di amplificazione sia per un intervallo di periodo tra 0.1s e 0.5s (di solito preso in considerazione per strutture basse, regolari e rigide), sia per l'intervallo 0.5s e 1.5s (riferito a strutture più alte e flessibili).

#### ***Periodo 0.1s - 0.5s***

L'equazione utilizzata è quella del tratto polinomiale della curva 2, per  $0,45 < T_p < 0,80$ , come si evince dalla scheda, che è rappresentata dalla seguente equazione:

$$F_{a_{0.1-0.5}} = -8,65 T^2 + 5,44 T + 0,84$$

Quindi il fattore d'amplificazione locale per il sito considerato nel periodo 0.1-0.5s risulta:

$$F_{a_{0.1-0.5}} = 1,590$$

#### ***Periodo 0.5s - 1.5s***

L'equazione utilizzata, per  $0,08 < T_p < 0,80$ , come si evince dalla scheda, è:

$$F_{a_{0.5-1.5}} = -6,11 T^3 + 5,79 T^2 + 0,44 T + 0,93$$

Quindi il fattore d'amplificazione locale per il sito considerato nel periodo 0.5-1.5s risulta:

$$F_{a_{0.5-1.5}} = 1,209$$

L'applicazione del 2° livello di approfondimento sismico consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale le strutture in progetto, ossia il fattore di amplificazione sismico ( $F_a$ ) calcolato è superiore di quello di soglia comunale fornito dal Politecnico di Milano.



Per le aree con FA superiore a quello della soglia dettata dalla normativa regionale (vedere tabella sotto riportata), si dovrà procedere alle indagini e agli approfondimenti del terzo livello o in alternativa utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore.

<b>VALORI DI SOGLIA PER IL COMUNE DI INVERUNO</b> (soglie_lomb.xls - Regione Lombardia)				
<b>Comune</b>	<b>Suolo tipo B</b>	<b>Suolo tipo C</b>	<b>Suolo tipo D</b>	<b>Suolo tipo E</b>
Inveruno (periodo 0,1s-0,5s)	1,4	1,8	2,2	2
Inveruno (periodo 0,5s-1,5s)	1,7	2,4	4,2	3,1

Nel caso in esame:

- il Fattore d'Amplificazione  $F_a$ , per il periodo di 0.1-0.5 calcolato (1,590), è **inferiore** alla soglia prevista per la categoria C (1,8), e dunque è compatibile con un suolo sismico di tipo C, corrispondente al valore di  $V_{S30}$  misurato in sito.
- il Fattore d'Amplificazione  $F_a$ , per il periodo di 0.5-1.5 calcolato (1,209), è **inferiore** alla soglia prevista per la categoria C (2,4), e dunque è compatibile con un suolo sismico di tipo C, corrispondente al valore di  $V_{S30}$  misurato in sito.

**10) SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE DEL TERRENO**

Secondo quanto indicato nel D.M. 17.01.2018 Cap. 7.11.3.4.1, la verifica a liquefazione può 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 piano campagna, 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  $qc1N > 180$  dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc1N$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

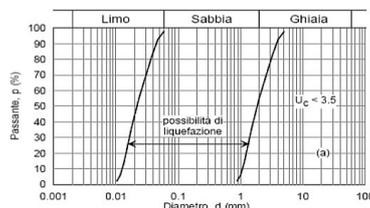


Fig. 7.11.1(a)

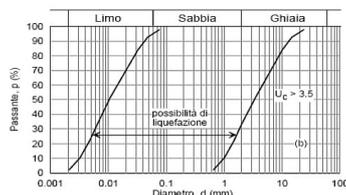


Figura 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.

Nel caso in esame **si può escludere il rischio di liquefazione** in quanto le accelerazioni massime attese al piano di campagna in assenza di manufatti sono minori di 0,1g.

## **11) VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ DELL'OPERA DA REALIZZARE IN RELAZIONE ANCHE AGLI USI ALLA QUALE ESSA È DESTINATA**

La vulnerabilità sarà maggiore nel corso dei lavori a causa della possibile presenza di scarpate dovute alla deposizione del materiale; la presenza di scavi di sbancamento potrà essere fonte di pericolo qualora le superfici esposte venissero in contatto con acque ruscellanti.

La presenza incontrollata di acque può interagire negativamente con il deposito del terreno di scavo e favorirne l'instabilità.

Sarà cura della Direzione Lavori provvedere affinché la cantierizzazione delle lavorazioni preveda la realizzazione di scarpate con un'inclinazione contenuta in modo da evitare locali franamenti di materiale incoerente verso l'area di scavo.

Per quanto attiene ai potenziali fenomeni di **instabilità dei fronti di scavo**, si osserva che i terreni interessati mantengono la stabilità solo nel breve periodo, ma possono tendere a disgregarsi con caduta di blocchi e ciottoli a causa di fenomeni sismici, crioclastici e meteorici intensi; si pone in evidenza che è comunque sempre necessario il rispetto delle seguenti norme sulla sicurezza:

- D.Lgs 81/2008, art. 118: nei lavori di splateamento o sbancamento eseguiti senza l'impiego di escavatori meccanici, le pareti delle fronti di attacco devono avere una inclinazione o un tracciato tali, in relazione alla natura del terreno, da impedire franamenti. Quando la parete del fronte di attacco supera l'altezza di metri 1,50 e' vietato il sistema di scavo manuale per scalzamento alla base e conseguente franamento della parete. Quando per la particolare natura del terreno o per causa di piogge, di infiltrazione, di gelo o disgelo, o per altri motivi, siano da temere frane o scoscendimenti, deve essere provveduto all'armatura o al consolidamento del terreno.

- D.Lgs 81/2008, art. 118: nello scavo di pozzi e di trincee profonde più di m 1,50, quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, all'applicazione delle necessarie armature di sostegno.
- D.Lgs 81/2008, art. 120: è vietato costituire depositi di materiali presso il ciglio degli scavi. Qualora tali depositi siano necessari per le condizioni del lavoro, si deve provvedere alle necessarie puntellature.
- DM 17/01/18 “Norme Tecniche sulle Costruzioni”, Cap. 6.8.6. (fronti di scavo): per scavi in trincea a fronte verticale di altezza superiore ai 2 m, nei quali sia prevista la permanenza di operai, e per scavi che ricadano in prossimità di manufatti esistenti, deve essere prevista una armatura di sostegno delle pareti di scavo.

Tutto ciò richiamato, in fase di realizzazione delle opere **dovranno essere predisposti e progettati efficaci sistemi di sostentamento provvisoriale dei fronti di scavo e di sostegno delle opere esistenti.**

Entro il cantiere dovranno essere presenti idonei teli impermeabili, al fine di poter proteggere i fronti di scavo in caso di condizioni meteorologiche avverse, evitandone così il dilavamento.

Dal punto di vista della pericolosità individuata dal P.G.T., la tipologia di opera in progetto non intercederà la locale falda acquifera, neanche con la proprie opere di fondazione; si richiamano integralmente le limitazioni d'uso prescritte negli atti di approvazione del progetto operativo di bonifica, di cui al Capitolo 3.

Si precisa che l'intervento in progetto non modifica l'attuale condizione di pericolosità rilevata dalla cartografia comunale, non rendendo necessari specifiche opere di mitigazione del rischio e valutazioni di differenti allocazioni del nuovo plesso scolastico comunale.

Inoltre, i materiali naturali di risulta degli scavi delle opere di fondazione che non potranno essere riutilizzati nell'ambito degli interventi edilizi, saranno *condotti in una discarica autorizzata* ai sensi di legge; *potrà inoltre essere eventualmente valutata l'applicazione, per i terreni naturali di splateamento, delle disposizioni di cui al D.P.R. 120/2017, finalizzate al recupero delle terre e rocce da scavo.*

Ai sensi dell'art. 24 comma 1) del medesimo regolamento, per l'eventuale riutilizzo presso il medesimo sito di produzione delle terre e rocce, sarà necessario eseguire le verifiche analitiche di cui all'Allegato 4 del più volte citato DPR 120/17.

In tale ambito, nel caso in cui si rilevassero evidenze organolettiche ed olfattive riconducibili a stati di contaminazione potenziale del sottosuolo, si provvederà ad eseguire un campionamento rappresentativo del terreno interessato e successive idonee verifiche di laboratorio, al fine di accertare le condizioni di cui all'art. 242 del D.L.vo 152/2006 e s.m.i.

Considerate le particolarità del sito nonché le caratteristiche dell'opera in progetto si può affermare che, per quanto di competenza, **non sussistono motivi ostativi di carattere geologico, idrogeologico e geotecnico alla realizzazione dell'intervento.**

L'ampiezza delle indagini eseguite è stata valutata in funzione delle proporzioni, delle dimensioni, del tipo, delle caratteristiche strutturali, dell'importanza dell'opera, della complessità del sottosuolo e dello stato delle conoscenze sulla zona in esame.

La validità delle ipotesi di progetto dovrà, comunque, essere controllata durante la costruzione considerando, oltre ai dati raccolti in fase di progetto, anche quelli ottenuti con misure ed osservazioni nel corso dei lavori, per adeguare, eventualmente, l'opera alle situazioni riscontrate.

## 12) MODELLO GEOLOGICO

Per caratterizzare geologicamente i terreni di fondazione del nuovo plesso scolastico sono stati considerati tutti gli elementi geognostici raccolti durante la campagna d'indagine in sito ed i dati disponibili nella bibliografia scientifica di settore, cercando le corrispondenze possibili fra livelli a simili caratteristiche, al fine di fornire un'indicazione stratigrafica standardizzata su cui potranno essere eseguite le valutazioni geotecniche e la corrispondente parametrizzazione, di cui al Capitolo successivo.

L'analisi dei risultati ottenuti ha, quindi, condotto alla realizzazione di un modello costituito, per la parte di interesse, da **quattro differenti livelli**; più in dettaglio gli orizzonti individuati, dal più superficiale al più profondo, possono essere così descritti:

### ➤ LIVELLO 0

Questo livello è costituito da *terreno di riporto*, sopra al quale si è sviluppato uno strato di *terreno vegetale con abbondanti frustuli radicali*; lo spessore di tale livello nell'area di indagine è compreso tra 0,4 metri e 1,8 metri da p.c.; tuttavia in corrispondenza della verticale di indagine SCPT15 (§ Elaborato Geo.01) il terreno di riporto raggiunge la profondità 3,4 metri da p.c., poiché la prova è stata effettuata in prossimità di un manufatto interrato.

### ➤ LIVELLO I

Questo livello, costituito da *sabbie limose con frazione ghiaiosa* e nelle quali le prove hanno indicato resistenza compresa tra 2-7 colpi/piede, si estende localmente sino ad una profondità compresa tra 2,2 e 5,2 metri da p.c.; tale variabilità è dovuta a locali differenze di granulometria (*talvolta vi è una maggiore componente limosa a discapito di quella ghiaiosa*).



➤ **LIVELLO II**

Questo livello è rappresentato da *sabbie grossolane con abbondante frazione ghiaioso-ciottolosa*, nelle quali le prove hanno indicato resistenza compresa tra 8-13 colpi/piede; il livello si estende localmente sino ad una profondità compresa tra 3,2 e 5,8 metri da p.c.

➤ **LIVELLO III**

Quest'ultimo livello è costituito da *ghiaie e ciottoli decimetrici immersi in matrice sabbiosa* nelle quali le prove hanno indicato resistenze > 13 colpi/piede sino al rifiuto alla penetrazione (>50 colpi/piede); il livello è stato individuato sino a profondità compresa tra 3,4 e 6,6 metri da p.c. Attuale.

In considerazione della ricostruzione stratigrafica di cui alla prima parte della presente documentazione, tale orizzonte presumibilmente si estende con continuità sino a circa 32 metri di profondità.

Alla data 11 settembre 2019 la falda freatica presentava localmente una quota piezometrica di circa 152,3 metri s.l.m., corrispondente ad una soggiacenza media di circa 11,7 metri dal p.c. attuale.

In considerazione delle indicazioni progettuali fornite e da quanto rilevato in sito è *necessario considerare l'influenza della falda freatica in fase di progettazione ma non in fase di esecuzione delle opere di fondazione.*

### 13) MODELLO GEOTECNICO

Sulla base del modello geologico di cui al capitolo precedente, della profondità di influenza della superficie di rottura dei terreni, come stabilita da Meyerhof & Hanna (1978), e dalle Circolari ministeriali di cui in Premessa, è stato possibile realizzare un **modello geotecnico**.

Per quanto riguarda i parametri del terreno presenti nel modello occorre precisare che il numero di colpi della prova dinamica continua con punta conica  $N_{SCPT}$  è stato trasformato in numero di colpi della prova penetrometrica con campionatore Raymond  $N_{SPT}$  secondo l'algoritmo proposto da La Croix & Horn (1973).

Il valore così ottenuto è stato normalizzato adottando la correlazione  $N_{SPT} = 0,60 N_{SCPT}$  ed i valori di  $N_{SPT}$  trovati sono stati corretti con la pressione verticale efficace ( $\sigma'_{vo}$ ) secondo il rapporto proposto da Liao & Whitman (1986).

La stima dei parametri geotecnici rappresentativi del suolo in esame, per la porzione entro cui ricade la superficie di rottura, è stata eseguita adottando algoritmi proposti da differenti autori; *a favore di sicurezza verranno adottati i valori o la serie di valori più bassi di quelli calcolati.*

Nella seguente tabella sono sintetizzati i risultati dell'implementazione degli algoritmi applicati per i vari parametri geotecnici di interesse.

In considerazione dell'entità dell'intervento in progetto e valutati i risultati delle prove in sito, considerando la necessità progettuale di realizzare il nuovo plesso scolastico comunale che prevede dei locali seminterrati, le verifiche saranno svolte ipotizzando le seguenti condizioni strutturali delle opere di fondazione degli edifici scolastici, essendo le opere di maggiore impatto previste:

Tipologia	Geometria	Quota di posa
Platea rettangolare/Polo area Nord	B=14 m	-3,0 m da p.c.
Platea rettangolare/Polo area Sud	B=14 m	-3,0 m da p.c.

Infine, come indicato nel Capitolo precedente, in tutte le simulazioni i terreni saranno considerati **saturo**.

### Platea rettangolare/Polo scolastico Nord; B=14 m D=-3,0 m da p.c.

Parametro	Autore	Risultato (SCPT 9-10-12-13)	Valori adottati
Peso di volume $\gamma$	Bruschi (2005)	1,93-1,74-1,89-1,89	1,74 t/m <sup>3</sup>
Densità relativa Dr	Meyerhof (1957)	45,31-30,42-40,31-39,70	40,07-26,53-35,48-34,99 %
	Terzaghi & Peck (1967)	40,07-26,53-35,48-34,99	
	Schultze & Menzenbach (1961)	49,39-33,38-44,00-43,41	
Angolo di resistenza a taglio $\phi$	Shioi & Fukui (1982)	31,74-28,98-30,66-30,57	29,94-28,36-29,34-29,27°
	Hatanaka & Uchida (1996)	32,18-28,06-30,79-30,64	
	Wolff (1989)	29,94-28,36-29,34-29,27	
Modulo di Young E	Bowles (1987)	15,40-10,80-13,60-13,45	11,56-5,07-9,06-8,81 MPa
	AASHTO (1996)	11,56-5,07-9,06-8,81	
	Clayton & al. (1985)	26,84-11,22-20,73-20,24	

**Platea rettangolare/Polo scolastico Sud; B=14 m D=-3,0 m da p.c.**

Parametro	Autore	Risultato (SCPT 2-3-5-6)	Valori adottati
Peso di volume $\gamma$	Bruschi (2005)	2,03-1,72-1,95-1,93	1,72 t/m <sup>3</sup>
Densità relativa Dr	Meyerhof (1957)	52,68-29,03-47,64-44,64	47,02-25,27-42,24- 39,38 %
	Terzaghi & Peck (1967)	47,02-25,27-42,24-39,38	
	Schultze & Menzenbach (1961)	57,46-31,97-51,92-48,59	
Angolo di resistenza a taglio $\phi$	Shioi & Fukui (1982)	33,73-28,79-32,32-31,54	30,98-28,24-30,25- 29,84°
	Hatanaka & Uchida (1996)	34,29-27,68-32,84-31,97	
	Wolff (1989)	30,98-28,24-30,25-29,84	
Modulo di Young E	Bowles (1987)	18,72-10,48-16,37-15,07	15,92-4,60-12,85- 11,16 MPa
	AASHTO (1996)	15,92-4,60-12,85-11,16	
	Clayton & al. (1985)	38,16-10,12-30,14-25,74	

#### 14) ANALISI STATISTICA DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Ogni singolo parametro geotecnico del terreno definito nel capitolo precedente viene trattato come una variabile aleatoria, non considerandolo come un numero singolo, ma come un insieme di numeri riferiti alla stessa grandezza fisica; la variabile può essere rappresentata da vari parametri (media, mediana, deviazione standard, ecc.), ma la trattazione deve necessariamente riguardare tutti i possibili valori e non solo il valore atteso.

Le variabili aleatorie relative ai parametri dei terreni sono continue e presentano distribuzioni normali o lognormali; inoltre, l'analisi probabilistica dei dati geotecnici esclude l'applicazione dei fattori di sicurezza, previsti dalla previgente normativa di settore, fornendo la probabilità che la verifica condotta risulti accettabile.

Con la nuova normativa i parametri geotecnici sono definiti sulla base di una stima cautelativa; essi sono espressi attraverso **valori caratteristici**, che sono pari al 5° percentile o frattile della distribuzione della media dei dati o della distribuzione dei dati.

Infine, la scelta dei valori caratteristici delle proprietà del terreno è influenzata dall'estensione della zona del sottosuolo da cui dipende il comportamento della struttura geotecnica nello stato limite in esame.

Dai valori caratteristici è quindi necessario definire i corrispondenti **valori di progetto** dei parametri geotecnici, stimati in base al rapporto con dei coefficienti parziali specifici prescritti dalla normativa; **i valori di progetto dei parametri geotecnici sono stimati applicando l'approccio progettuale DA1 combinazione 2 (A2+M2+R2) di cui al Cap. 6.4.2.1 delle NTC18.**

Tale approccio progettuale risulta dimensionante per le verifiche di sicurezza rispetto agli stati limite di tipo geotecnico (GEO), cioè quello stato di raggiungimento della resistenza

del terreno interagente con la struttura in progetto con sviluppo di meccanismi di collasso dell'insieme terreno-struttura.

Con tale approccio, i coefficienti parziali dei parametri geotecnici,  $\gamma_M$ , assumono valori specifici di cui alla tabella 6.2.II delle NTC18; invece, il valore del coefficiente globale di sicurezza  $\gamma_R$  risulta essere pari a 1,8 per la capacità portante e 1,1 per la verifica a scorrimento, se applicabile.

Sulla base di tali considerazioni, nella seguente tabella si sintetizzano i valori caratteristici e di progetto delle principali grandezze geotecniche definite nel precedente Capitolo, in funzione dell'estensione della zona del sottosuolo da cui dipende il comportamento della struttura geotecnica nello stato limite in esame, applicando un C.O.V. pari al 7% (Nadim & Lacasse, 1996).

**DA2 ( $\gamma_m=1$ ); Platea rettangolare/Polo scolastico Nord B= 14 m; D=-3,0 m da p.c.**

Parametro	Valore caratteristico	Valore di progetto
Densità relativa $D_r$	32,30%	32,30%
Angolo di resistenza al taglio $\phi$	28°	23°
Modulo di Young E	8,10 MPa	8,10 MPa
Peso di volume $\gamma$	1,74 t/m <sup>3</sup>	1,74 t/m <sup>3</sup>
<b>Classificazione dello stato di addensamento dalle prove SPT</b> (Norme A.G.I.)	DA POCO A MODERATAMENTE ADDENSATO	

**DA2 ( $\gamma_m=1$ ); Platea rettangolare/Polo scolastico Sud B= 14 m; D=-3,0 m da p.c.**

Parametro	Valore caratteristico	Valore di progetto
Densità relativa Dr	36,30%	36,30%
Angolo di resistenza al taglio $\phi$	28°	23°
Modulo di Young E	10,5 MPa	10,5 MPa
Peso di volume $\gamma$	1,72 t/m <sup>3</sup>	1,72 t/m <sup>3</sup>
<b>Classificazione dello stato di addensamento dalle prove SPT</b> (Norme A.G.I.)	DA POCO A MODERATAMENTE ADDENSATO	

Tali parametri geotecnici potranno essere adottati nello svolgimento delle verifiche di sicurezza agli stati limite ultimi (SLU) e di esercizio (SLE), oggetto della Relazione Geotecnica.

## 15) CONSIDERAZIONI PROGETTUALI CONCLUSIVE

In base alle risultanze della Relazione Geologica ed all'attenta osservazione delle caratteristiche morfologiche e litostratigrafiche, nonché in relazione al fatto che il nuovo plesso scolastico comunale sorgerà su di un'area pianeggiante ubicata nell'abitato urbano di Inveruno (MI), **il sito oggetto di intervento è da ritenere stabile nei confronti di dissesti gravitativi (NTC18 7.11.3.5).**

Nei confronti della **liquefazione dei terreni di fondazione**, poiché, come prescritto al Capitolo 7.11.3.4.2 della NTC18, le accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza dei manufatti sono minori di 0,1g la verifica può essere omessa e quindi **il sito è da ritenere non a rischio**; inoltre, la profondità di posa delle opere di fondazione è inferiore alla quota della falda, confermando l'assenza di tale rischio.

Per quanto attiene ai potenziali fenomeni di **instabilità dei fronti di scavo**, si osserva che i terreni interessati mantengono la stabilità solo nel breve periodo, ma possono tendere a disgregarsi con caduta di blocchi e ciottoli a causa di fenomeni sismici, crioclastici e meteorici intensi; si pone in evidenza che è comunque sempre necessario il rispetto delle seguenti norme sulla sicurezza:

- D.Lgs 81/2008, art. 118: nei lavori di splateamento o sbancamento eseguiti senza l'impiego di escavatori meccanici, le pareti delle fronti di attacco devono avere una inclinazione o un tracciato tali, in relazione alla natura del terreno, da impedire franamenti. Quando la parete del fronte di attacco supera l'altezza di metri 1,50 e' vietato il sistema di scavo manuale per scalzamento alla base e conseguente franamento della parete. Quando per la particolare natura del terreno o per causa di piogge, di infiltrazione, di gelo o disgelo, o per altri motivi, siano da temere frane o scoscendimenti, deve essere provveduto all'armatura o al consolidamento del terreno.
- D.Lgs 81/2008, art. 118: nello scavo di pozzi e di trincee profonde più di m 1,50, quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, anche in

relazione alla pendenza delle pareti, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, all'applicazione delle necessarie armature di sostegno.

- D.Lgs 81/2008, art. 120: è vietato costituire depositi di materiali presso il ciglio degli scavi. Qualora tali depositi siano necessari per le condizioni del lavoro, si deve provvedere alle necessarie puntellature.
- DM 17/01/18 “Norme Tecniche sulle Costruzioni”, Cap. 6.8.6. (fronti di scavo): per scavi in trincea a fronte verticale di altezza superiore ai 2 m, nei quali sia prevista la permanenza di operai, e per scavi che ricadano in prossimità di manufatti esistenti, deve essere prevista una armatura di sostegno delle pareti di scavo.

Tutto ciò richiamato, in fase di realizzazione delle opere di fondazione dovranno essere predisposti e progettati efficaci sistemi di sostentamento provvisorio dei fronti di scavo; entro il cantiere dovranno essere presenti idonei teli impermeabili, al fine di poter proteggere i fronti di scavo in caso di condizioni meteorologiche avverse, evitandone così il dilavamento.

Come indicato, la falda freatica presenta localmente una quota piezometrica media di circa 150-151 metri s.l.m., corrispondente ad una soggiacenza media di 13-14 metri dal p.c. attuale.

I materiali naturali di risulta degli scavi delle opere di fondazione che non potranno essere riutilizzati nell'ambito degli interventi edilizi, saranno *condotti in una discarica autorizzata* ai sensi di legge; *potrà inoltre essere eventualmente valutata l'applicazione, per i terreni naturali di splateamento, delle disposizioni di cui al D.P.R 120/17, finalizzate al recupero delle terre e rocce da scavo.*

Ai sensi dell'art. 24 comma 1) del medesimo regolamento, per l'eventuale riutilizzo presso il medesimo sito di produzione delle terre e rocce, sarà necessario eseguire le verifiche analitiche di cui all'Allegato 4 del più volte citato DPR 120/17.

In tale ambito, nel caso in cui si rilevassero evidenze organolettiche ed olfattive riconducibili a stati di contaminazione potenziale del sottosuolo, si provvederà ad eseguire un campionamento rappresentativo del terreno interessato e successive idonee verifiche di laboratorio, al fine di accertare le condizioni di cui all'art. 242 del D.L.vo 152/2006 e s.m.i.

La restante porzione del fondo non interessata dai lavori in progetto non dovrà essere oggetto di escavazione od asportazione dei terreni superficiali se non per le contingenti necessità di cantiere, al fine di non lederne le originali caratteristiche idrogeologiche.

Inoltre e per lo stesso motivo, al termine dei lavori si dovrà aver cura di verificare che la porzione del fondo non interessata dalla nuova opera non presenti superficialmente depressioni altimetriche, generate dai lavori di cantiere e di movimentazione dei mezzi, al fine di non favorire il ristagno delle acque meteoriche; si dovrà, altresì, agevolare il loro naturale deflusso ed allontanamento dalle nuove costruzioni.

Si richiamano integralmente le prescrizioni e limitazioni d'uso del sito contenute nei documenti di approvazione del progetto operativo di bonifica, richiamati nel Capitolo 3; **in modo particolare si dovrà porre attenzione all'area individuata dall'Analisi di Rischio Sanitario Ambientale sito specifica quale preclusa alle attività di scavo.**

Nell'Allegato IX) alla presente documentazione tecnica, si allega la scheda M9 di cui alla D.G.R. 2616/2011, compilate per quanto di competenza.

La campagna geognostica condotta per il presente studio è conforme alle specifiche tecniche di cui al Cap. 2 ed ai disposti di attuazione del vigente P.G.T. comunale.

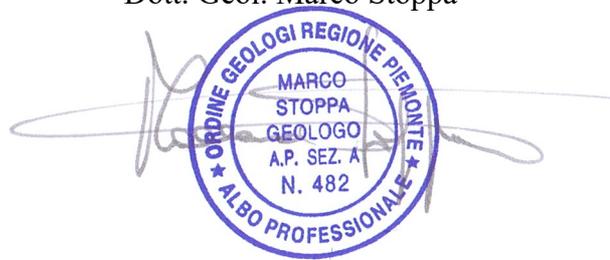


La validità delle ipotesi di progetto dovrà, comunque, essere controllata durante la costruzione considerando, oltre ai dati raccolti in fase di progetto, anche quelli ottenuti con misure ed osservazioni nel corso dei lavori, per adeguare, eventualmente, l'opera alle situazioni riscontrate.

Novara, 15 Ottobre 2019.

*Il Professionista incaricato:*

Dott. Geol. Marco Stoppa



Allegato I)

Schema stratigrafico e di completamento  
pozzo pubblico comunale

**Dott. MARCO STOPPA - GEOLOGO**

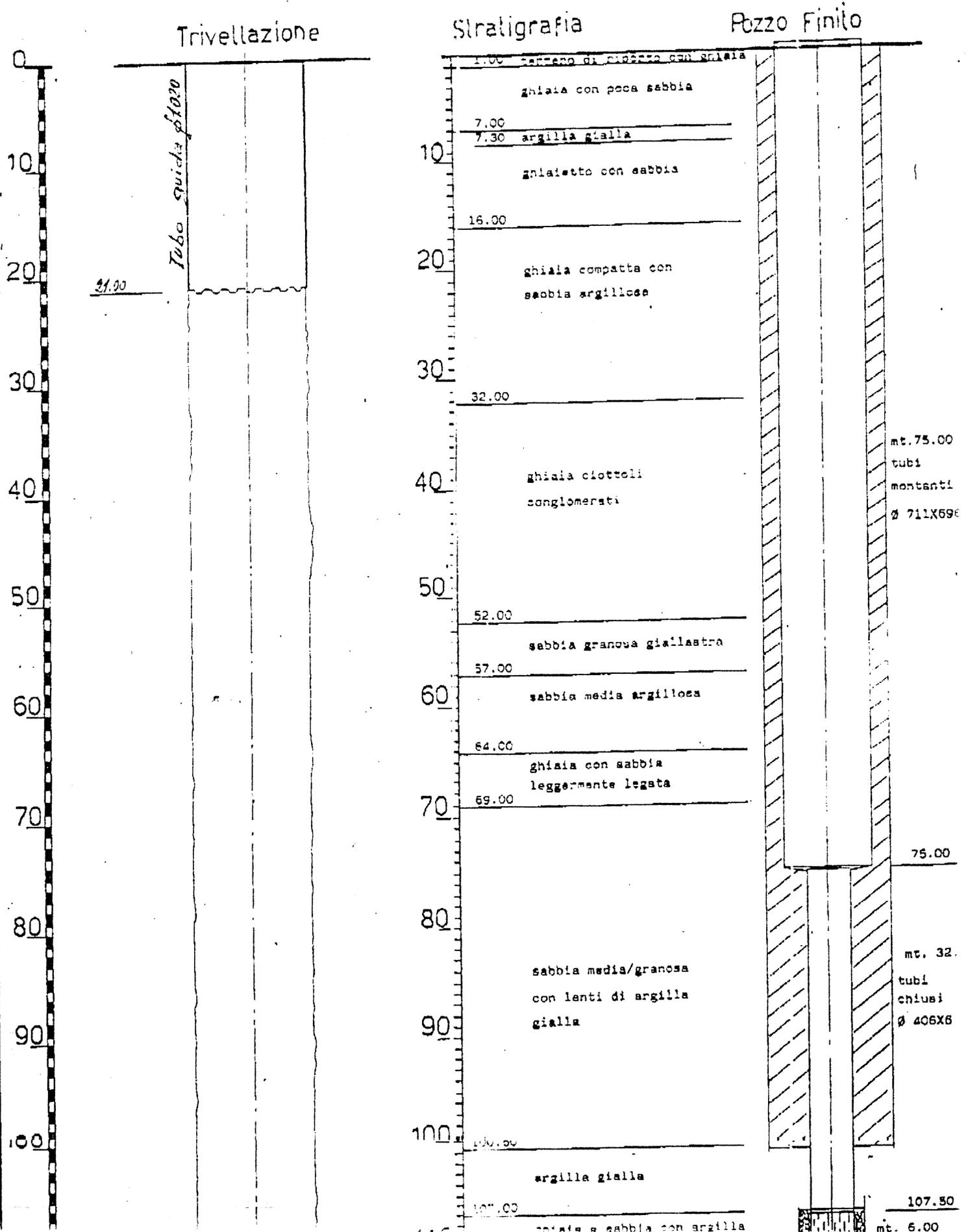
GEOLOGIA IDROGEOLOGIA E GEOLOGIA AMBIENTALE  
Ordine Regionale dei Geologi del Piemonte n° 482

Strada Biandrate, 24 - 28100 Novara (NO)  
Tel. 0321.407246 - 347.2540415  
marco.stoppa@geologipiemonte.it

# IMPRESA NEGRETTI S.R.L. CONTROSOCCO

POZZO INVERUNO (MI)  
 COMMITT Spett.le Amministrazione Comunale di INVERUNO Iniziale Luglio 1997  
 Ultimato Agosto 1997

Statico            Dinamico            Abbassamento            Portata           



110  
120  
130  
140  
150  
160  
170  
180  
190  
200  
210  
220  
230

*perforazione a rotazione diametro costante di 100 mm*

110	ghiaia e sabbia con argilla dura da perforare	mt. 6.00 filtro
114.00		113.5
120	argilla sabbiosa	mt. 8.00 tubi chiusi Ø 405
120.00		121.5
126.00	sabbia media fine con argilla	mt. 3.00 124.5
130		mt. 20.30 tubi chiusi Ø mm; 405
140	argilla sabbiosa	
141.00		
143.00	sabbia fine argillosa	144.80
146.50	sabbia c.s. tracce ghiaietto	mt. 3.00 147.80
148.50	sabbia granosa con ghiaietto	
149.50	argilla gialla	
150		
153.00	sabbia limosa	mt. 19.00
154.00	sabbia argillosa	tubi chiusi Ø 405
158.00	argilla bluastro	
160	limo argilloso	
151.00		
	sabbia media leggermente argillosa	166.80
170		mt. 6.00
170.00		172.80
173.00	sabbia media tracce ghiaietto	mt. 7.20 sacca
180		180.00
	argilla sabbiosa cenere	chiusura del per con ghi
190		
200		
201.00		
203.00	sabbia cementata	
210		
220		
230	argilla sabbiosa cenere	

1° PROVA PALDA

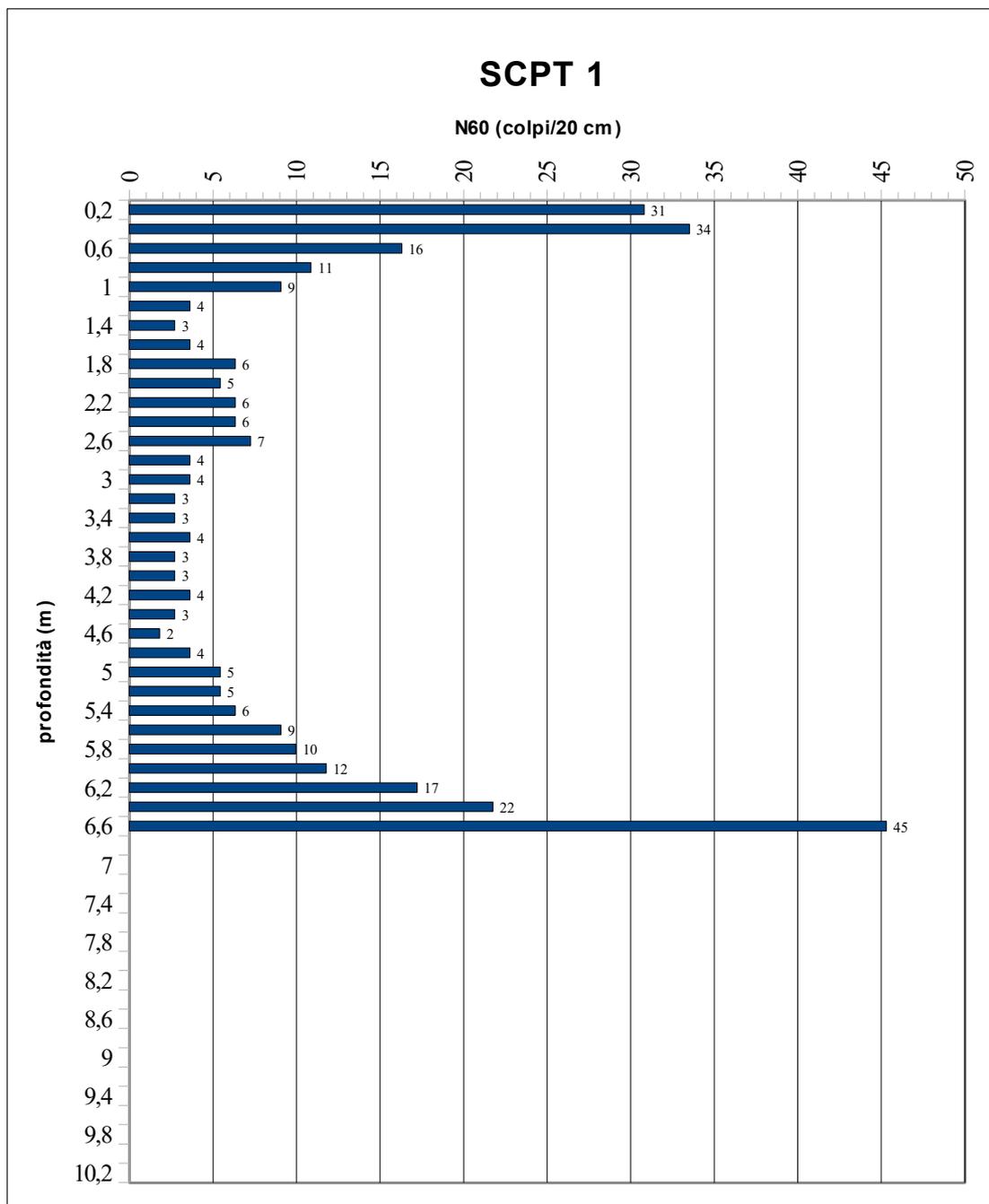
Allegato II)

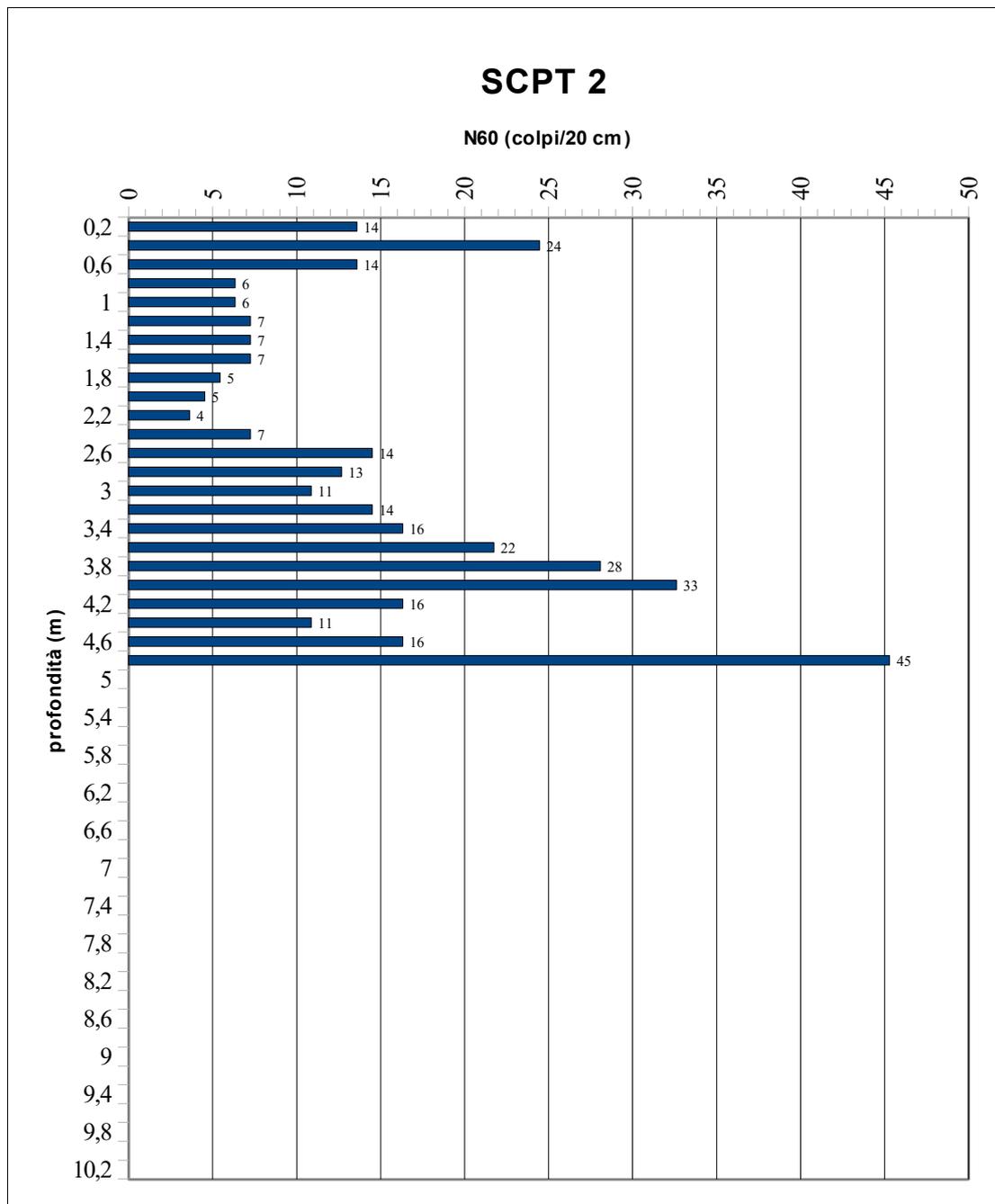
Grafici interpretativi prove  
penetrometriche tipo SCPT

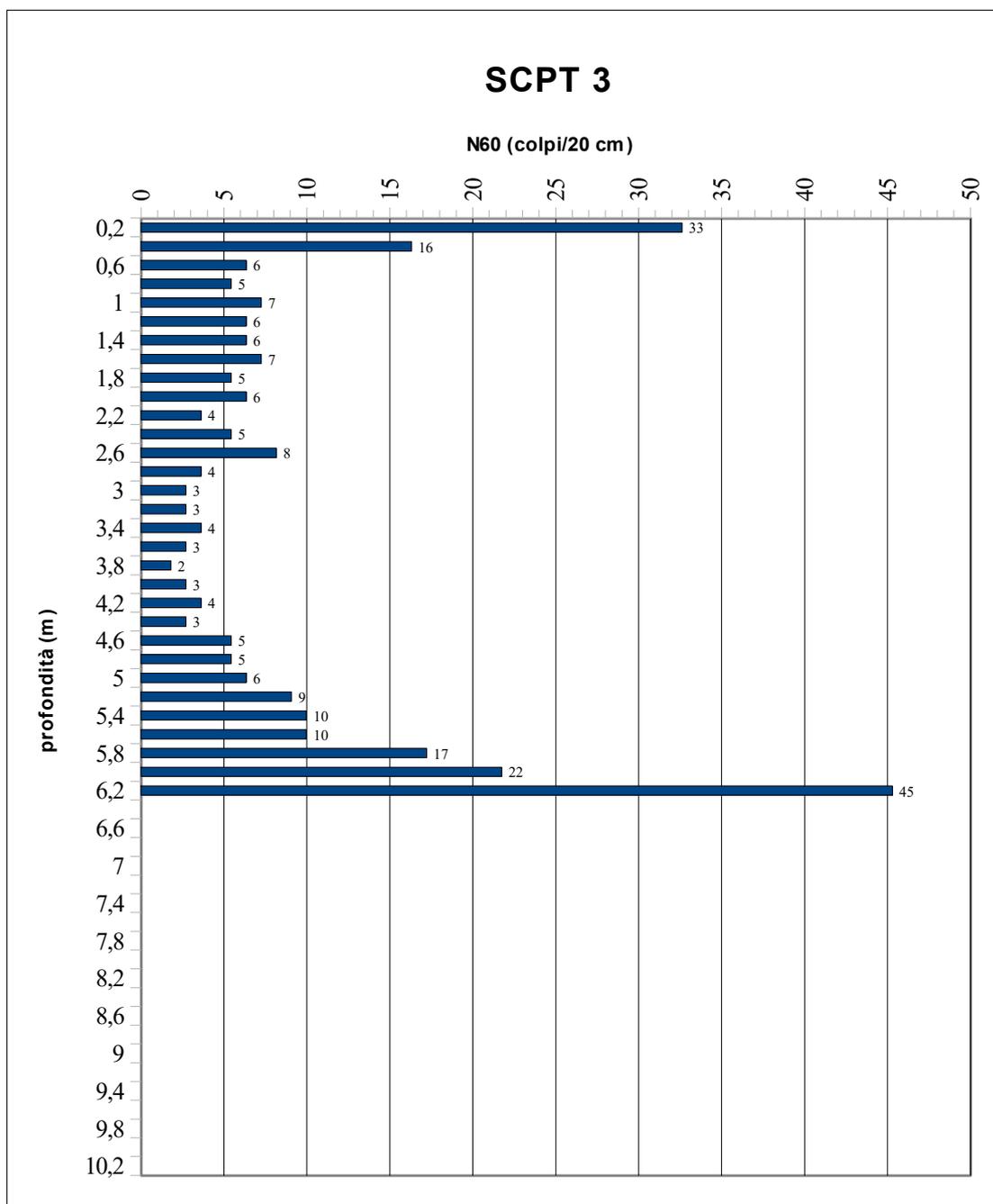
**Dott. MARCO STOPPA - GEOLOGO**

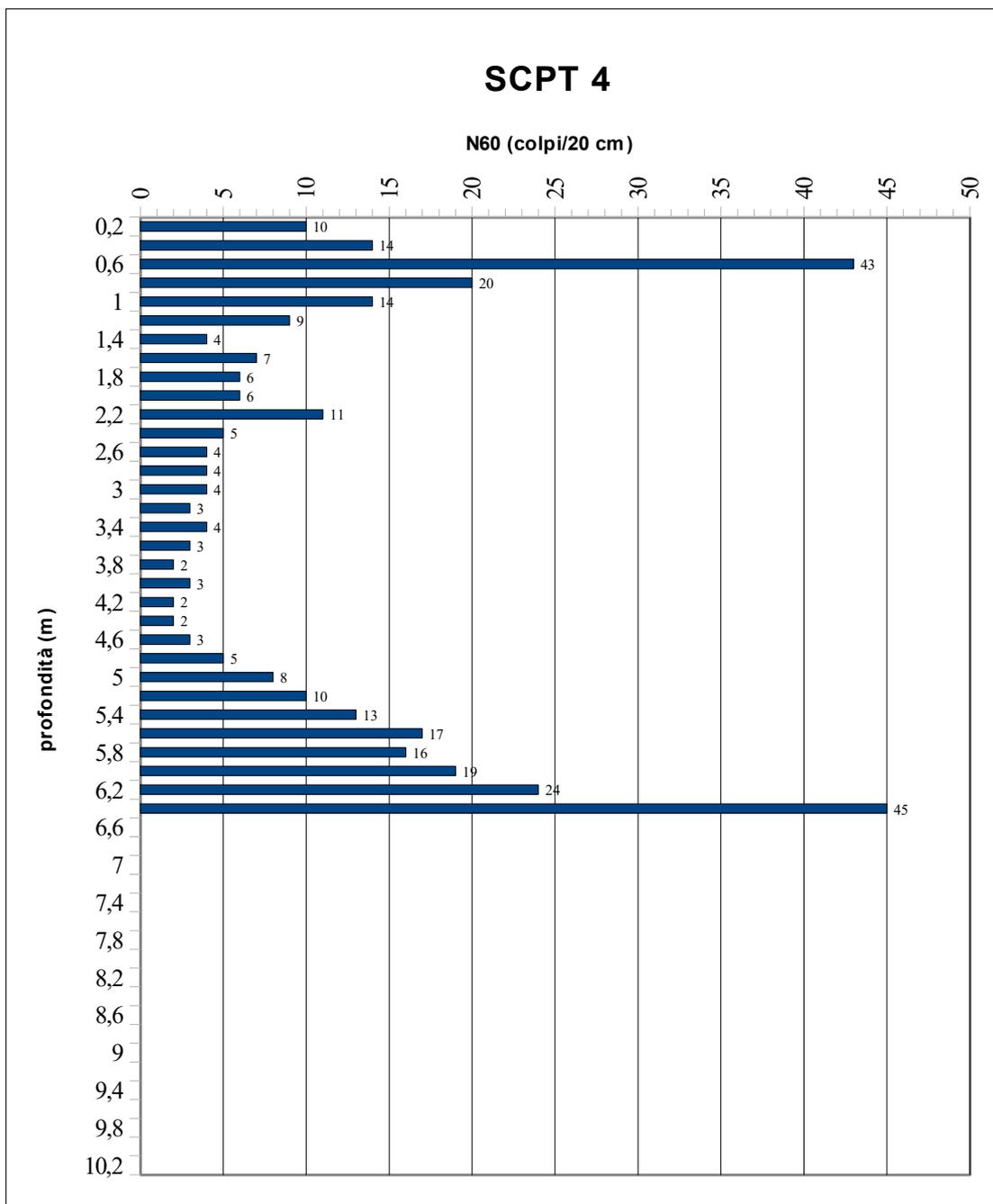
GEOLOGIA IDROGEOLOGIA E GEOLOGIA AMBIENTALE  
Ordine Regionale dei Geologi del Piemonte n° 482

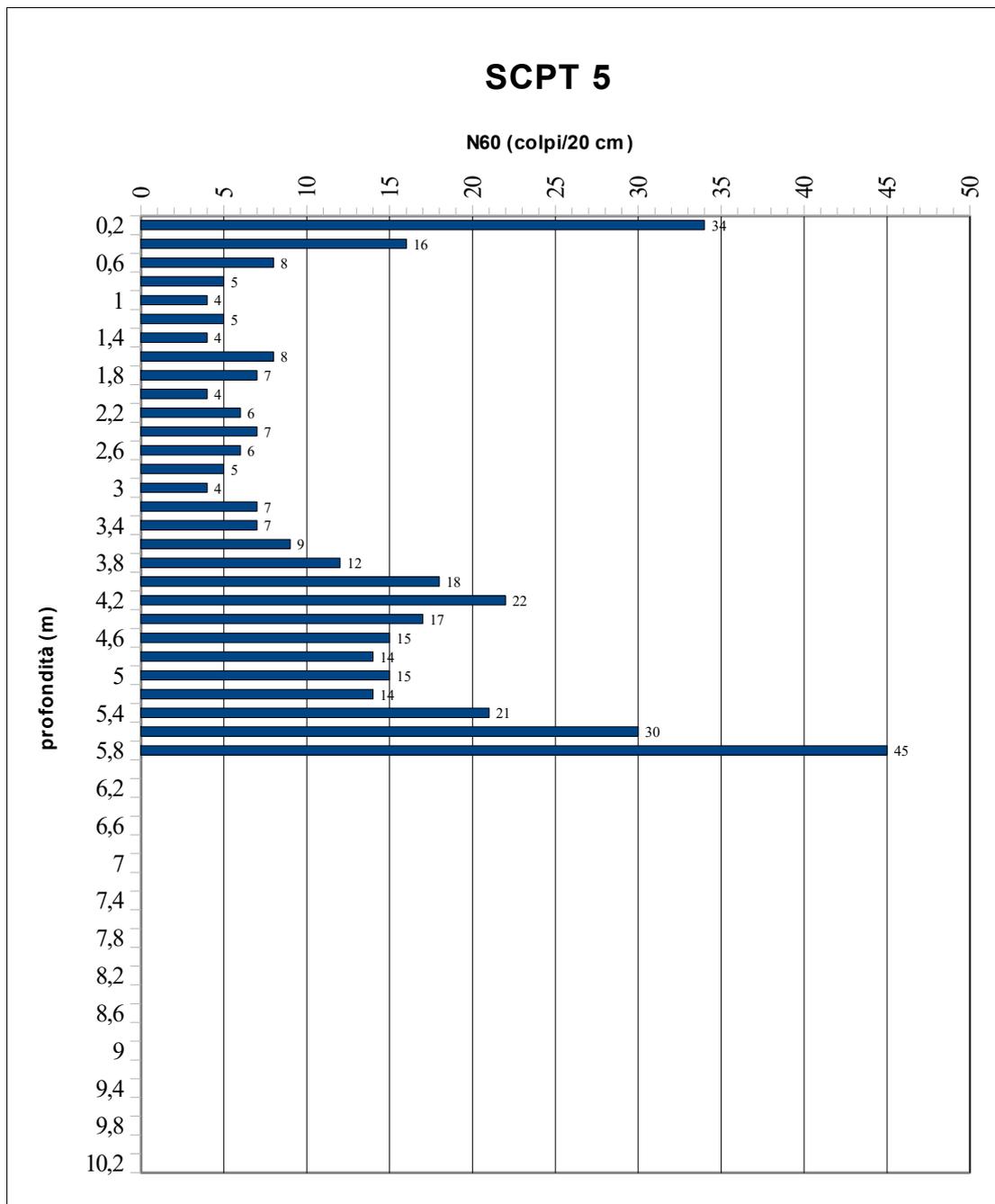
Strada Biandrate, 24 - 28100 Novara (NO)  
Tel. 0321.407246 - 347.2540415  
marco.stoppa@geologipiemonte.it

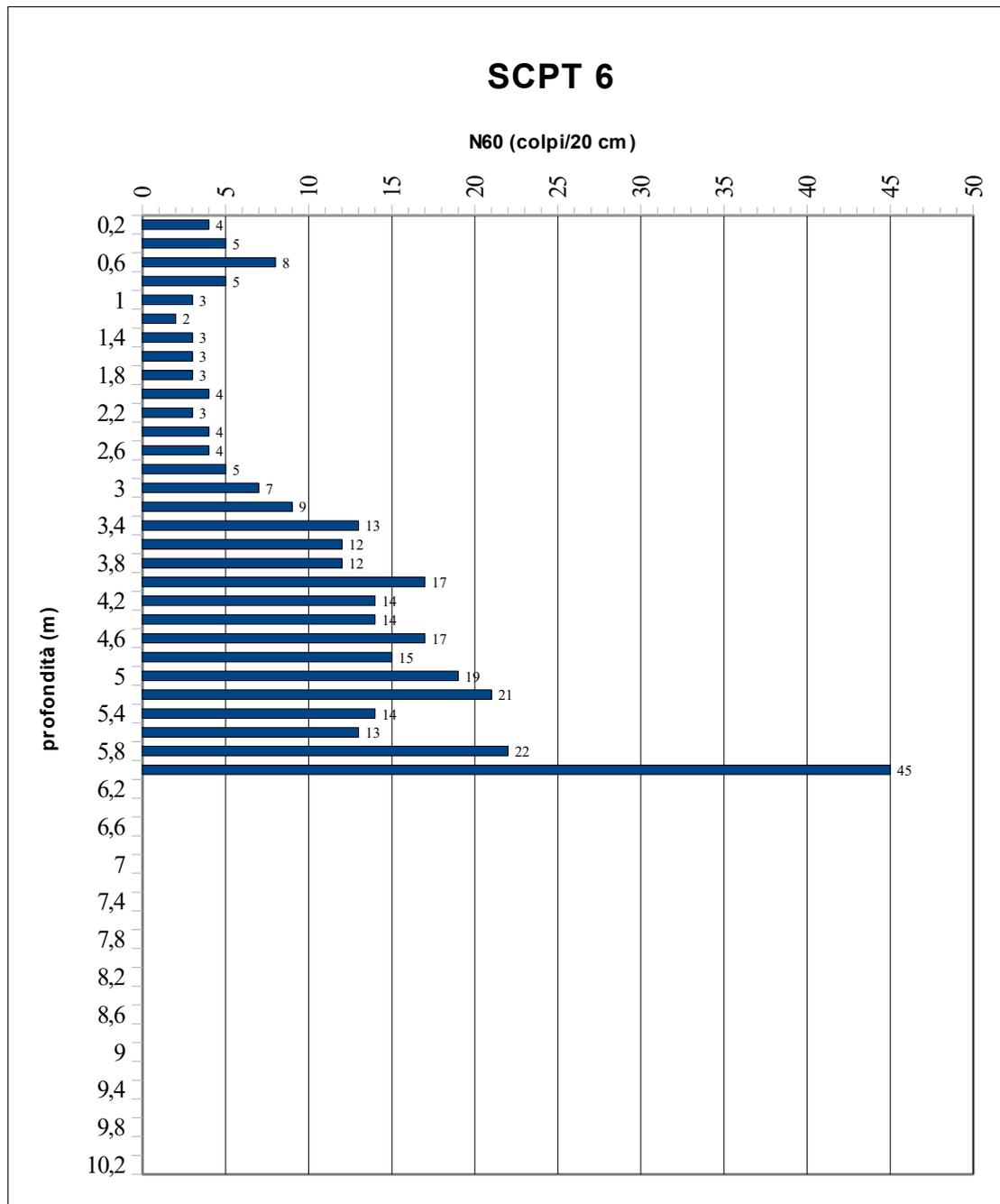


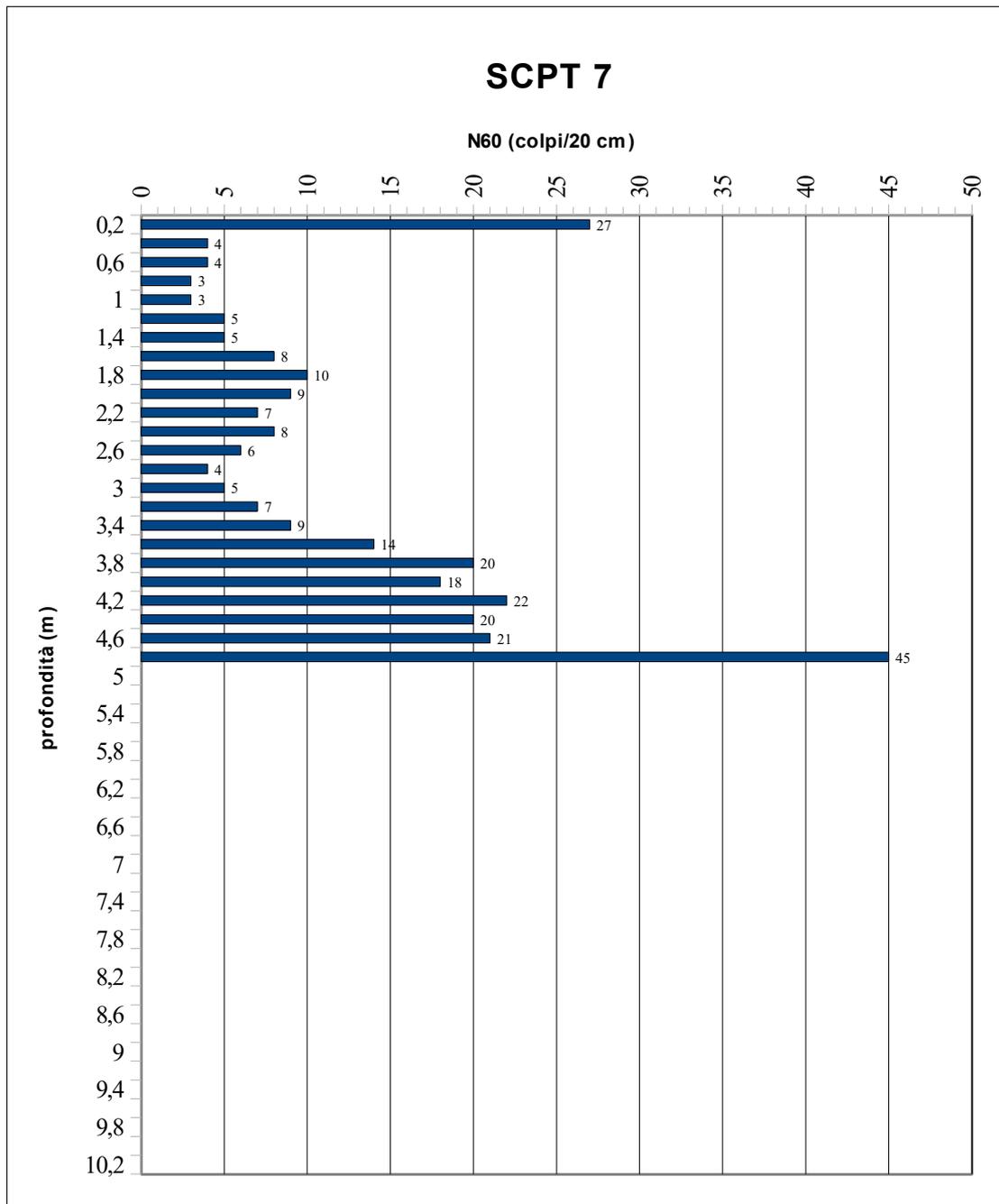


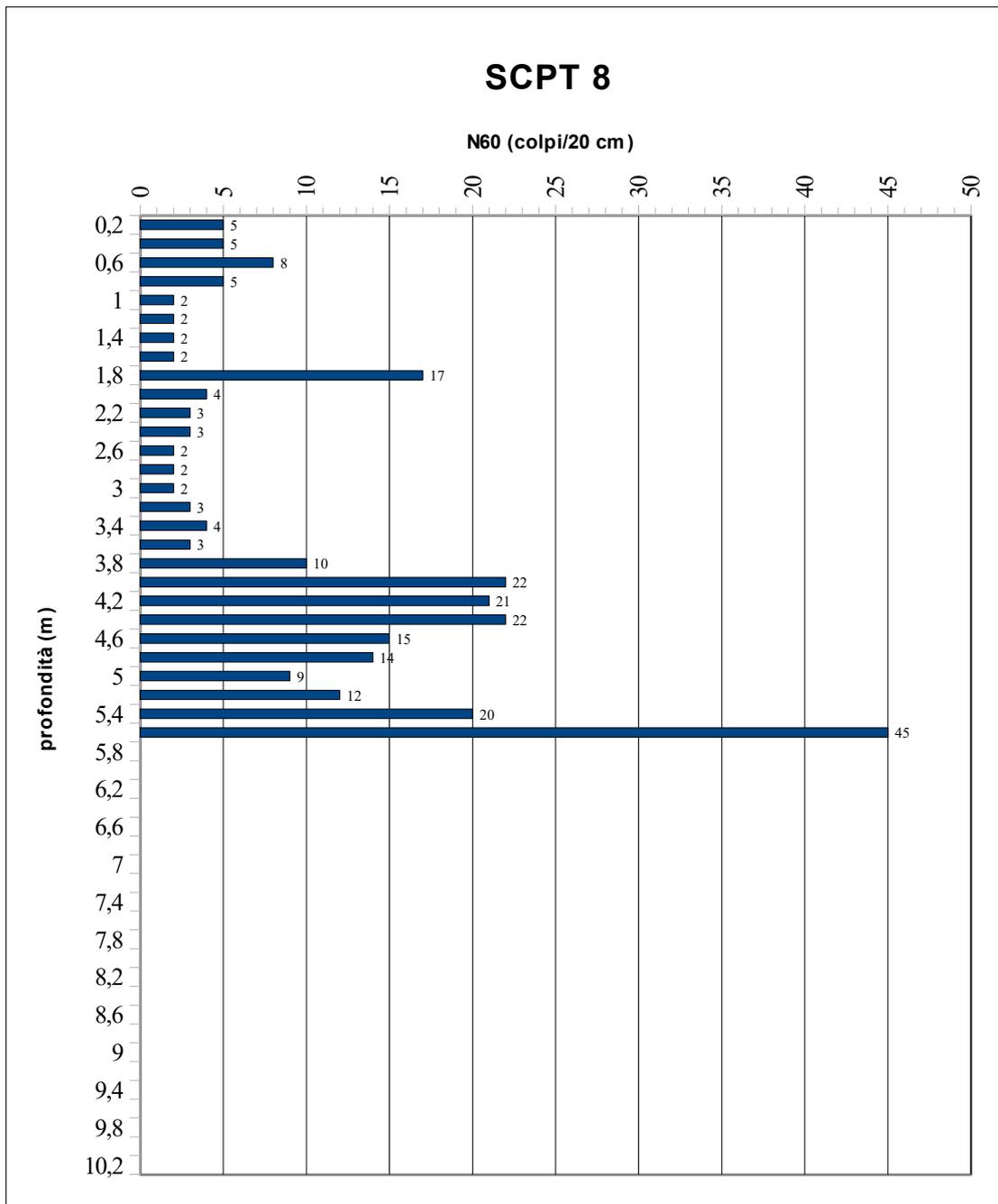


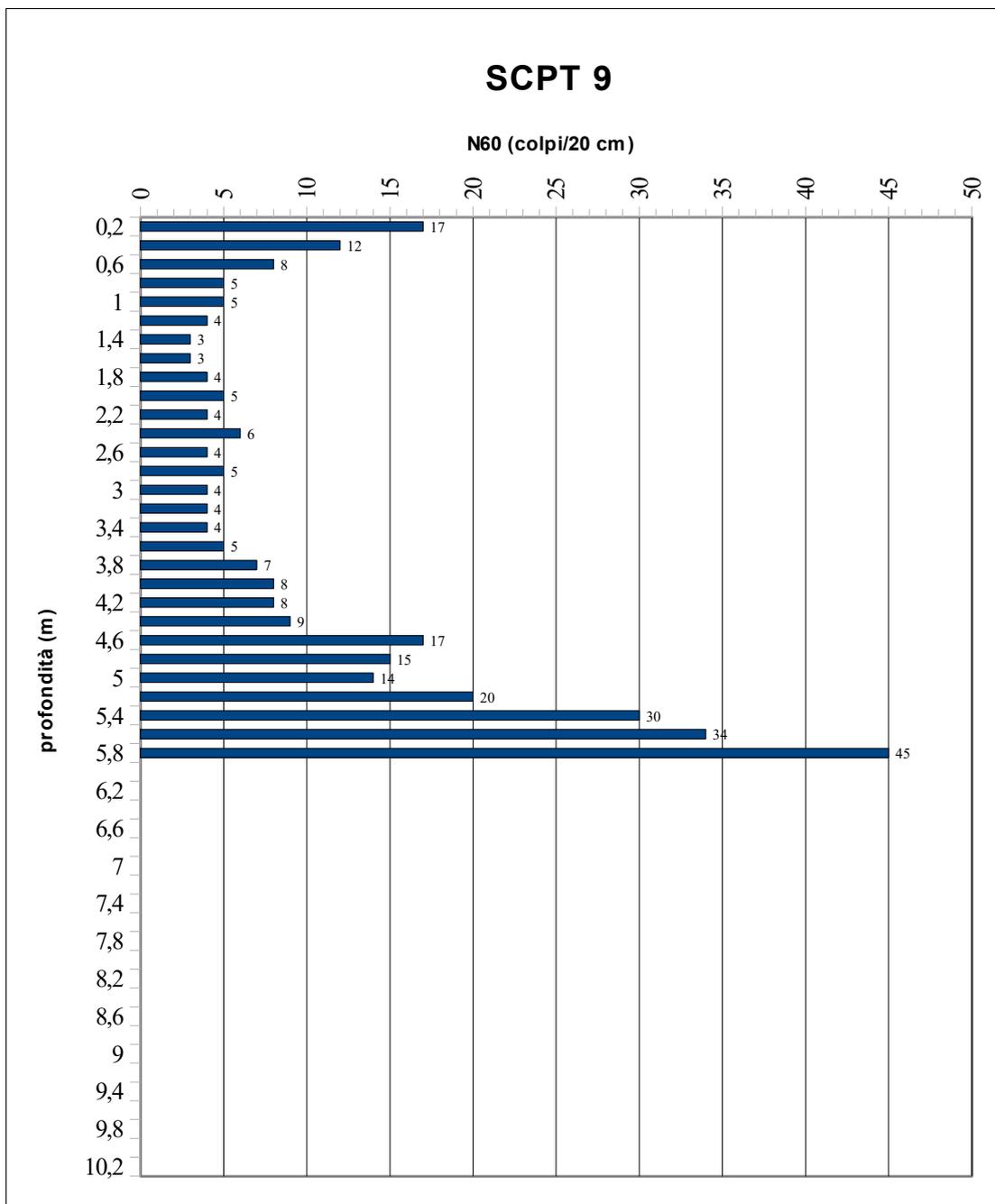


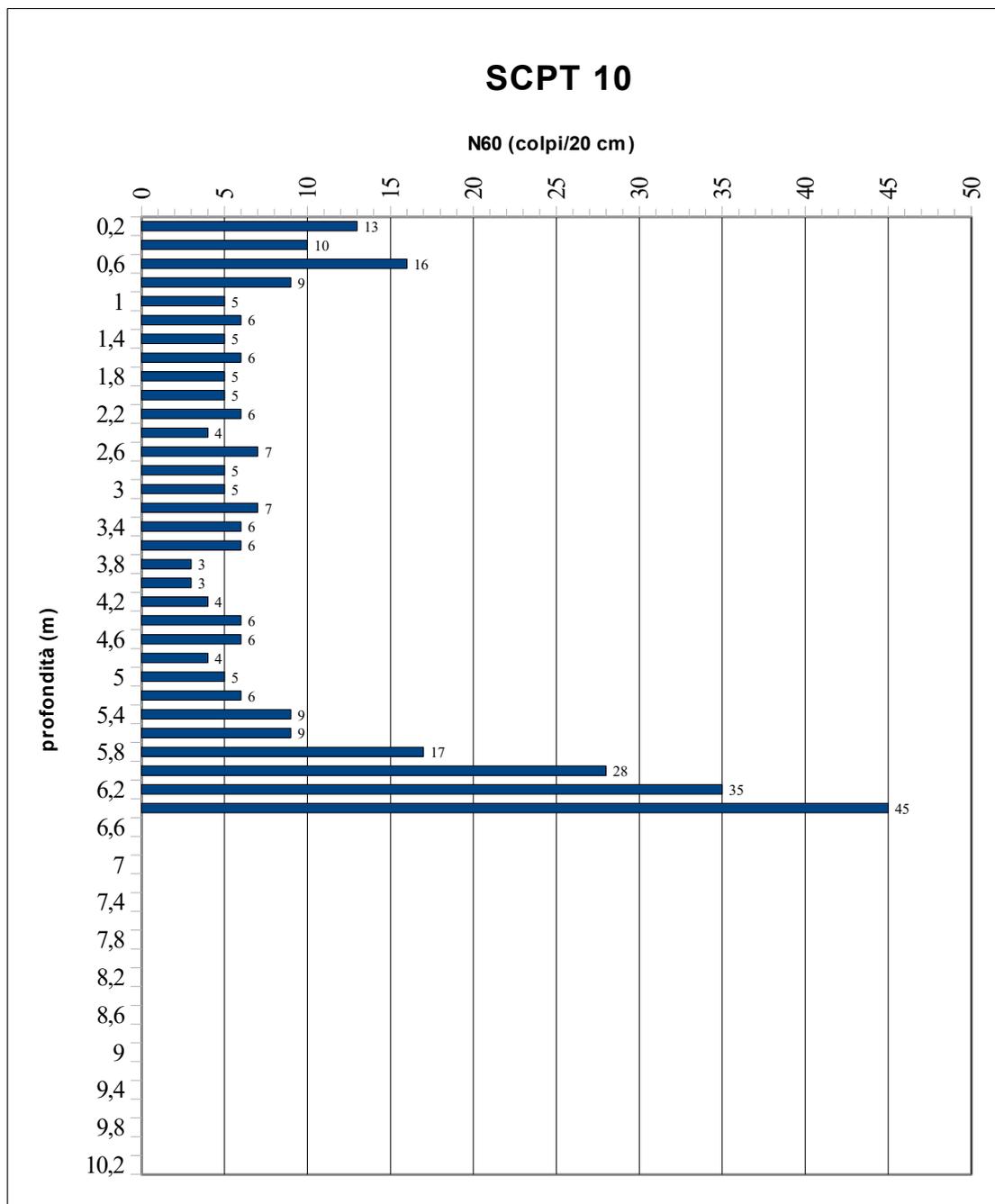


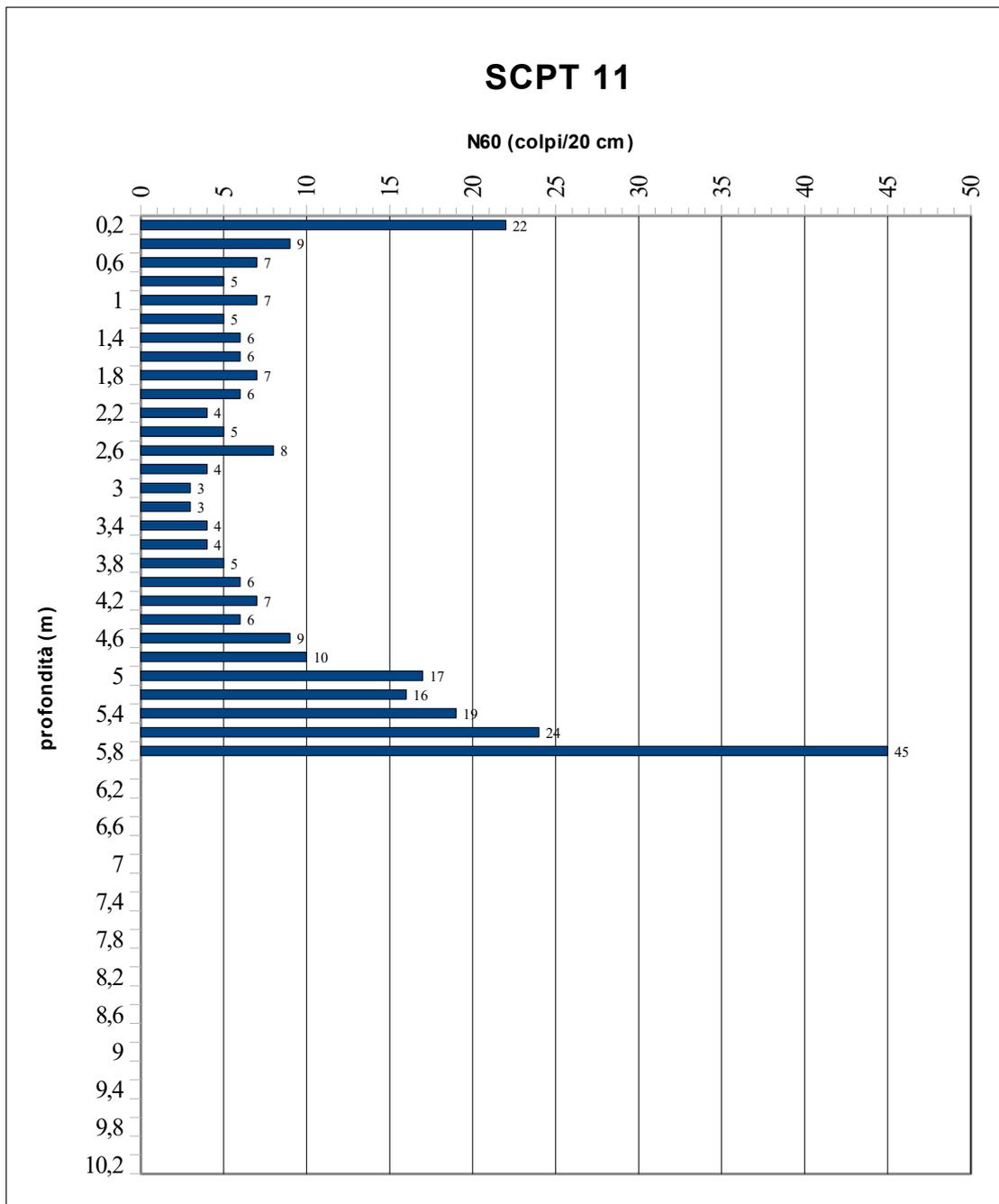


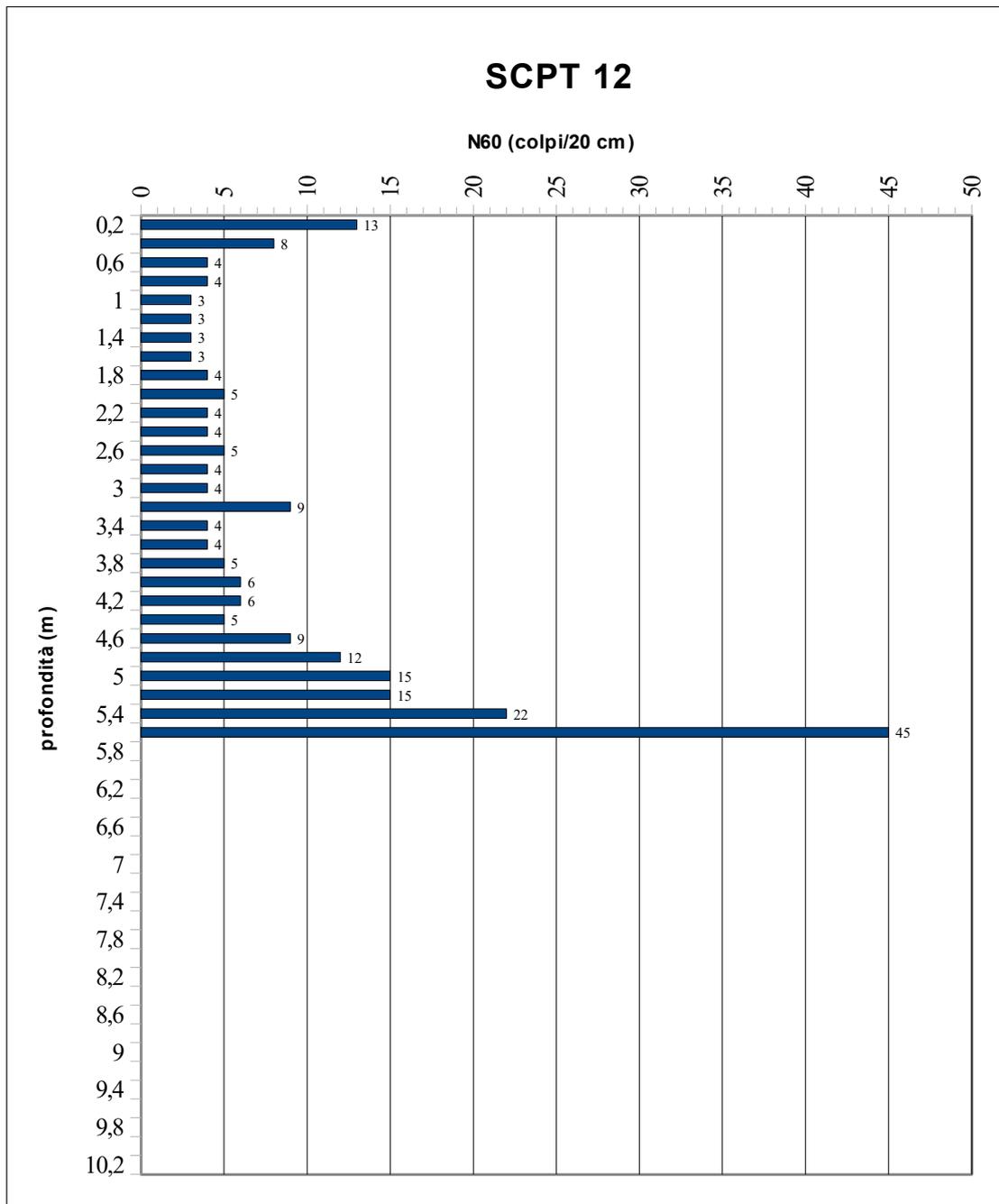


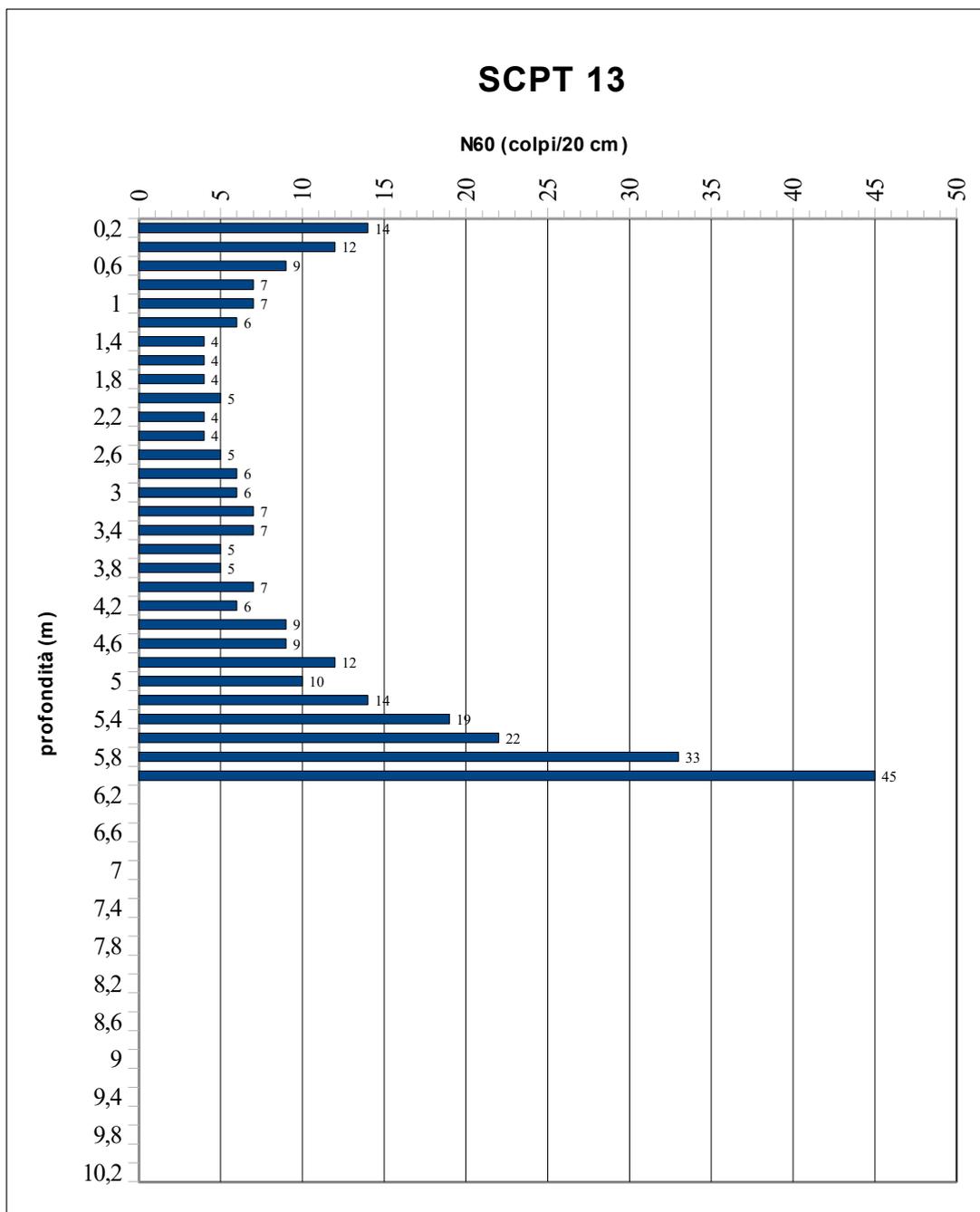


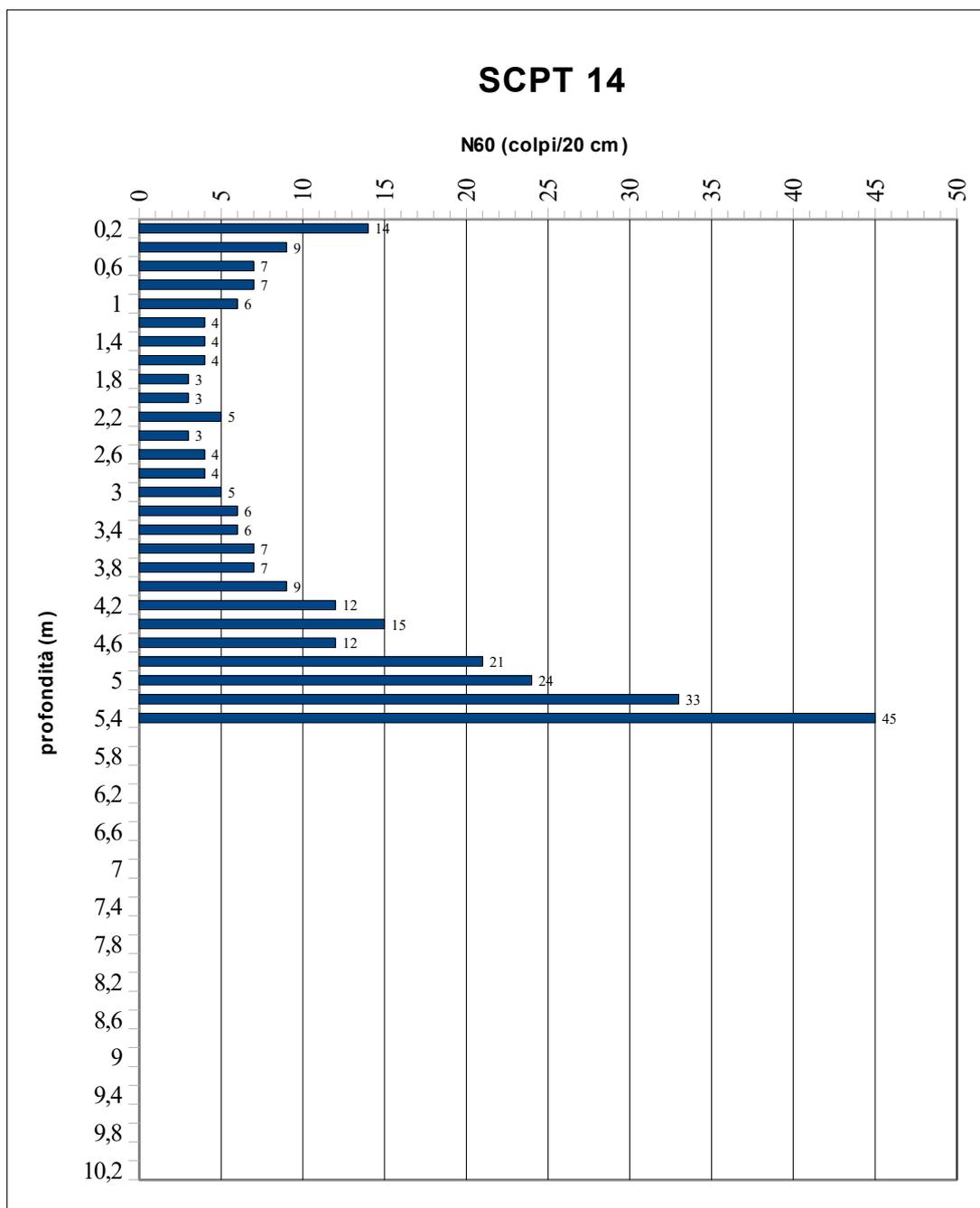


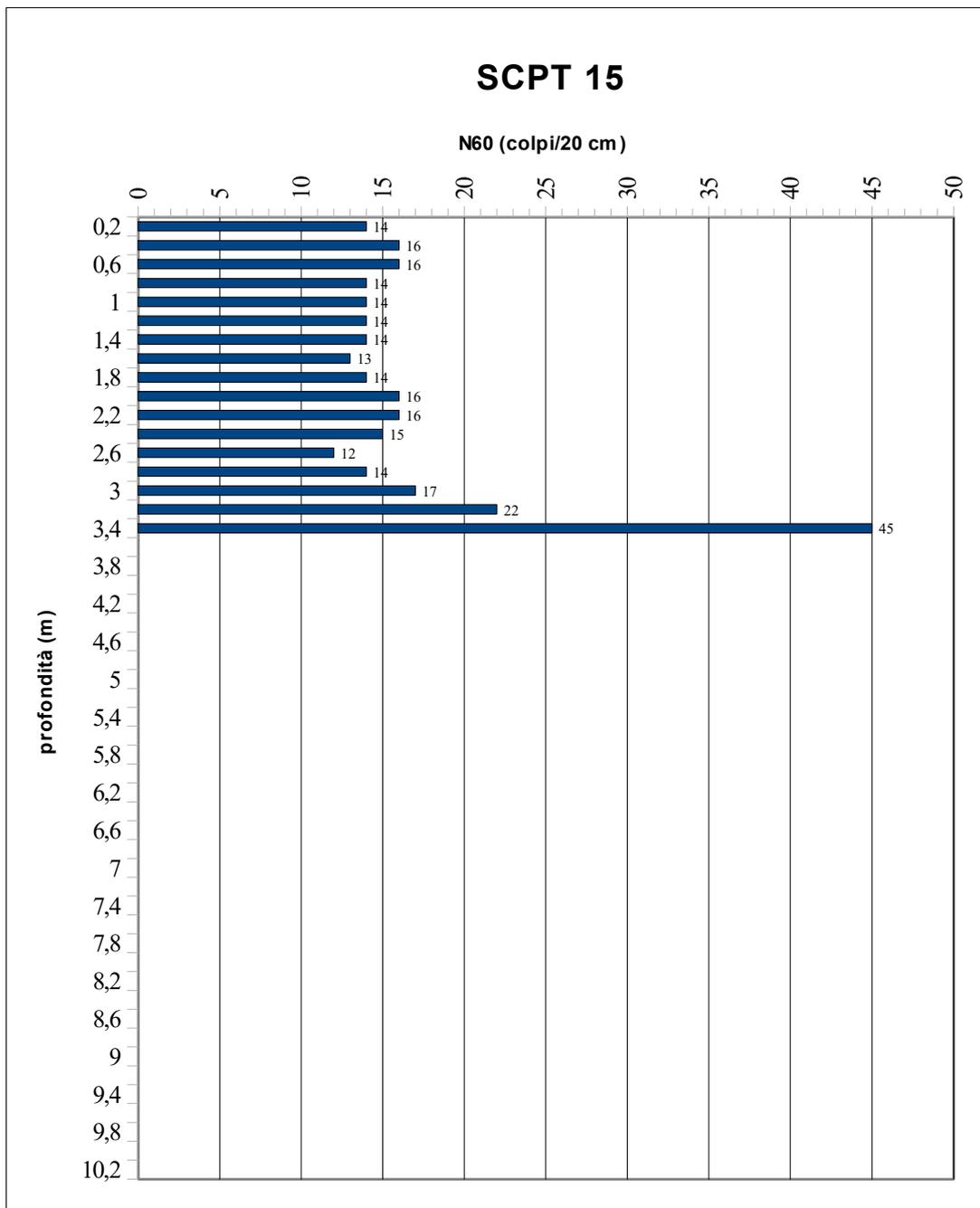












Allegato III)

Schemi stratigrafici pozzetti geognostici

**Dott. MARCO STOPPA - GEOLOGO**

GEOLOGIA IDROGEOLOGIA E GEOLOGIA AMBIENTALE  
Ordine Regionale dei Geologi del Piemonte n° 482

Strada Biandrate, 24 - 28100 Novara (NO)  
Tel. 0321.407246 - 347.2540415  
marco.stoppa@geologipiemonte.it

<b>Committente: Comune di Inveruno</b>		<b>Cantiere: Nuovo Polo Scolastico Comunale, Inveruno (MI)</b>
<b>Operatore: Geologo Marco Stoppa</b>		<b>Data: 12/09/2019</b>
<b>Sondaggio n°: C1</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,15	Terreno vegetale con frustoli radicali
0,15	1,45	Soletta in c.a. e terreno di riporto (laterizi)
1,34	2,55	Sabbia limosa con ghiaia, ciottoli decimetrici

<b>Committente: Comune di Inveruno</b>		<b>Cantiere: Nuovo Polo Scolastico Comunale, Inveruno (MI)</b>
<b>Operatore: Geologo Marco Stoppa</b>		<b>Data: 12/09/2019</b>
<b>Sondaggio n°: C2</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,1	Terreno vegetale con qualche frustolo radicale
0,1	0,65	Terreno di riporto costituito da ciottoli, resti di laterizi e ghiaia lavata (vespaio di fondazione)
0,65	0,9	Sabbia leggermente ghiaiosa
0,9	1,35	Sabbia limosa con ghiaietto
1,35	2,55	Sabbia ghiaiosa con ghiaia e ciottoli decimetrici

<b>Committente: Comune di Inveruno</b>		<b>Cantiere:</b> Nuovo Polo Scolastico Comunale, Inveruno (MI)
<b>Operatore:</b> Geologo Marco Stoppa		<b>Data:</b> 12/09/2019
<b>Sondaggio n°: C3</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,2	Terreno vegetale con frustoli radicali
0,2	1,8	Terreno di riporto con sabbia, ciottoli e resti di laterizi
1,8	2,45	Sabbia grossa ghiaiosa con ciottoli decimetrici

<b>Committente: Comune di Inveruno</b>		<b>Cantiere:</b> Nuovo Polo Scolastico Comunale, Inveruno (MI)
<b>Operatore:</b> Geologo Marco Stoppa		<b>Data:</b> 12/09/2019
<b>Sondaggio n°: C4</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,1	Terreno vegetale con frustoli radicali
0,1	0,4	Terreno di riporto con soletta in c.a. e ghiaia lavata (vespaio di fondazione)
0,4	1,4	Sabbia limosa con ghiaietto
1,4	2,45	Sabbia grossa ghiaiosa con qualche ciottolo

<b>Committente: Comune di Inveruno</b>		<b>Cantiere: Nuovo Polo Scolastico Comunale, Inveruno (MI)</b>
<b>Operatore: Geologo Marco Stoppa</b>		<b>Data: 12/09/2019</b>
<b>Sondaggio n°: C5</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,3	Soletta in c.a.
0,3	0,55	Terreno di riporto con ciottoli e ghiaia (vespaio di fondazione)
0,55	1,1	Sabbia con frazione limosa abbondante
1,1	2,3	Sabbia medio grossolana con ghiaietto e qualche ciottolo centimetrico

<b>Committente: Comune di Inveruno</b>		<b>Cantiere: Nuovo Polo Scolastico Comunale, Inveruno (MI)</b>
<b>Operatore: Geologo Marco Stoppa</b>		<b>Data: 11/09/2019</b>
<b>Sondaggio n°: C6</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,15	Soletta in c.a.
0,15	0,6	Terreno di riporto con resti di laterizi, ciottoli e sabbia
0,6	2,5	Sabbia limosa con ghiaia e ciottoli decimetrici

<b>Committente: Comune di Inveruno</b>		<b>Cantiere: Nuovo Polo Scolastico Comunale, Inveruno (MI)</b>
<b>Operatore: Geologo Marco Stoppa</b>		<b>Data: 11/09/2019</b>
<b>Sondaggio n°: C7</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,2	Terreno vegetale con frustoli radicali
0,2	0,7	Terreno di riporto con resti di laterizi, ciottoli e sabbia
0,7	2,5	Sabbia limosa con ghiaia e ciottoli decimetrici

<b>Committente: Comune di Inveruno</b>		<b>Cantiere: Nuovo Polo Scolastico Comunale, Inveruno (MI)</b>
<b>Operatore: Geologo Marco Stoppa</b>		<b>Data: 11/09/2019</b>
<b>Sondaggio n°: C8</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,2	Soletta in c.a.
0,2	0,8	Terreno di riporto con resti di laterizi, sabbia e ciottoli
0,8	2,7	Sabbia limosa con ghiaietto, ghiaia e ciottoli decimetrici

<b>Committente: Comune di Inveruno</b>		<b>Cantiere:</b> Nuovo Polo Scolastico Comunale, Inveruno (MI)
<b>Operatore:</b> Geologo Marco Stoppa		<b>Data:</b> 11/09/2019
<b>Sondaggio n°: C9</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,15	Asfalto bituminoso
0,15	0,6	Terreno di riporto con resti di laterizi, sabbia e ciottoli
0,6	2,5	Sabbia ghiaiosa con ghiaia e ciottoli decimetrici

<b>Committente: Comune di Inveruno</b>		<b>Cantiere:</b> Nuovo Polo Scolastico Comunale, Inveruno (MI)
<b>Operatore:</b> Geologo Marco Stoppa		<b>Data:</b> 11/09/2019
<b>Sondaggio n°: C10</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,1	Asfalto bituminoso
0,1	0,8	Terreno di riporto con abbondanti ciottoli centimetrici
0,8	2,3	Sabbia e ghiaietto con ciottoli decimetrici e ghiaia

Allegato IV)  
Documentazione fotografica

**Dott. MARCO STOPPA - GEOLOGO**  
GEOLOGIA IDROGEOLOGIA E GEOLOGIA AMBIENTALE  
Ordine Regionale dei Geologi del Piemonte n° 482

Strada Biandrate, 24 - 28100 Novara (NO)  
Tel. 0321.407246 - 347.2540415  
marco.stoppa@geologipiemonte.it



Fig.1. Piezometro P01.



Fig.2. Prova penetrometrica SCPT01 (0-6,6 m).



Fig.3. Prova penetrometrica SCPT02 (0-4,8 m).



Fig.4. Prova penetrometrica SCPT03 (0-6,2 m).



Fig.5. Prova penetrometrica SCPT04 (0-6,4 m).



Fig.6. Prova penetrometrica SCPT05 (0-5,8 m).



Fig.7. Prova penetrometrica SCPT06 (0-6 m).



Fig.8. Prova penetrometrica SCPT07 (0-4,8 m).



Fig.9. Prova penetrometrica SCPT08 (0-5,6 m).



Fig.10. Prova penetrometrica SCPT09 (0-5,8 m).



Fig.11. Prova penetrometrica SCPT10 (0-6,4 m).



Fig.12. Prova penetrometrica SCPT11 (0-5,8 m).



Fig.13. Prova penetrometrica SCPT12 (0-5,6 m).



Fig.14. Prova penetrometrica SCPT13 (0-6 m).



Fig.15. Prova penetrometrica SCPT14 (0-5,4 m).



Fig.16. Prova penetrometrica SCPT15 (0-3,4 m).



Fig.17. Sismica S01.



Fig.18. Sismica S02.



Fig.19. Sismica S03.



Fig.20. Sismica S04.



Fig.21. Pozzetto geognostico C1.



Fig.22. Pozzetto geognostico C2.



Fig.23. Pozzetto geognostico C3.



Fig.24. Pozzetto geognostico C4.



Fig.25. Pozzetto geognostico C5.



Fig.26. Pozzetto geognostico C6.



Fig.27. Pozzetto geognostico C7.



Fig.28. Pozzetto geognostico C8.



Fig.29. Pozzetto geognostico C9.



Fig.30. Pozzetto geognostico C10.

Allegato V)

Schemi stratigrafici indagini di  
caratterizzazione mutuate

**Dott. MARCO STOPPA - GEOLOGO**

GEOLOGIA IDROGEOLOGIA E GEOLOGIA AMBIENTALE  
Ordine Regionale dei Geologi del Piemonte n° 482

Strada Biandrate, 24 - 28100 Novara (NO)  
Tel. 0321.407246 - 347.2540415  
marco.stoppa@geologipiemonte.it

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: c1</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,4	pavimentazione industriale: platea di cemento armato
0,4	2,7	materiale di riporto (ghiaia m-g, sabbia e ciottoli con tracce di limo), debolmente addensato, gialastro scuro 10YR 4/4

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: c2</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,3	pavimentazione industriale in blocchi di calcestruzzo prefabbricati
0,3	1,9	materiale di riporto: ghiaia e sabbia prevalenti con ciottoli e con frammenti di laterizi
1,9	2,1	platea in calcestruzzo ("magrone") e sottofondo in sabbia e ghiaia lavate
2,1	3,5	materiale di riporto (ghiaia m-g, sabbia e ciottoli con tracce di limo), debolmente addensato, bruno gialastro scuro 10YR 4/4
3,5	3,7	ghiaia e sabbia eterogenee (m-g prevalenti) con ciottoli debolmente limose, moderatamente addensate, bruno gialastro scuro 10YR 5/6

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: c3</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,5	pavimentazione industriale in cemento armato con sottofondazione in ghiaia e sabbia lavate
0,5	3,5	materiale di riporto (ghiaia m-g, sabbia e ciottoli con tracce di limo) e subordinati frammenti di laterizi al tetto, da sciolto a poco addensato, bruno gialastro scuro 10YR 4/4
3,5	4	ghiaia e sabbia eterogenee debolmente (m-g prevalenti) con ciottoli debolmente limose, moderatamente addensate, nere

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: c4-c5</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,4	pavimentazione industriale in due strati sovrapposti: blocchi di calcestruzzo prefabbricati al p.c. attuale + platea di cemento armato alla base
0,4	0,8	materiale di riporto: ghiaia grossolana lavata (inerte da cava)
0,8	3,5	materiale di riporto: ghiaia m-g, sabbia e ciottoli con tracce di limo, debolmente addensato, bruno giallastro scuro 10YR 4/4
3,5	3,7	ghiaia e sabbia eterogenee (m-g prevalenti) con ciottoli debolmente limose, moderatamente addensate, bruno giallastro scuro 10YR 5/6

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: c6</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,5	pavimentazione industriale in cemento armato con sottofondazione in ghiaia e sabbia lavate
0,5	3,5	materiale di riporto (ghiaia m-g, sabbia e ciottoli con tracce di limo), debolmente addensato, bruno giallastro scuro 10YR 4/4
3,5	4	ghiaia e sabbia eterogenee debolmente (m-g prevalenti) con ciottoli debolmente limose, moderatamente addensate, bruno giallastro scuro 10YR 5/6

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: c7</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,5	pavimentazione in due strati: a) superficiale in calcestruzzo frattazzato (10 cm) con velo di collante bituminoso alla base; b) in blocchetti di porfido con sottofondo in sabbia livellante e base in calcestruzzo ("magrone")
0,5	0,9	materiale di riporto eterogeneo sabbioso-ghiaioso con frammenti di laterizi
0,9	2,7	materiale di riporto (ghiaia m-g, sabbia e ciottoli con tracce di limo), debolmente addensato, bruno giallastro scuro 10YR 4/4
2,7	2,8	ghiaia e sabbia eterogenee (m-g prevalenti) con ciottoli debolmente limose, moderatamente addensate, bruno giallastro scuro 10YR 5/6

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: c8</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,5	pavimentazione in due strati: a) superficiale in calcestruzzo frattazzato (10 cm) con velo di collante bituminoso alla base; b) in blocchetti di porfido con sottofondo in sabbia livellante e base in calcestruzzo ("magrone")
0,5	0,9	materiale di riporto eterogeneo sabbioso-ghiaioso con frammenti di laterizi
0,9	2,7	materiale di riporto (ghiaia m-g, sabbia e ciottoli con tracce di limo), debolmente addensato, bruno giallastro scuro 10YR 4/4
2,7	2,8	ghiaia e sabbia eterogenee (m-g prevalenti) con ciottoli debolmente limose, moderatamente addensate, bruno giallastro scuro 10YR 5/6

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: c9</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,4	pavimentazione in blocchetti di porfido con sottofondo in sabbia livellante e calcestruzzo ("magrone")
0,4	0,8	materiale di riporto eterogeneo sabbioso-ghiaioso con frammenti di laterizi
0,8	3,7	materiale di riporto (ghiaia m-g, sabbia limose), debolmente addensato, bruno giallastro scuro 10YR 4/4
3,7	4	ghiaia e sabbia eterogenee (m-g prevalenti) con ciottoli debolmente limose, moderatamente addensate, bruno giallastro scuro 10YR 5/6

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: c10</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,4	pavimentazione industriale in due livelli sovrapposti: alla superficie, blocchi di calcestruzzo prefabbricati al p.c. attuale + platea di cemento armato alla base; alla base, sulla parete Ovest, pavimentazione in blocchetti di porfido rosa
0,4	1,5	materiali di riporto eterogeneo disposti in banchi sovrapposti e rimaneggiato: ghiaia grossolana lavata e ghiaio grossolano da frantumazione (inerte da cava), sabbia limosa, frammenti di laterizi e di calcestruzzo
1,5	4	materiale di riporto (ghiaia m-g, sabbia e ciottoli con tracce di limo), debolmente addensato, bruno giallastro scuro 10YR 4/4
4	4,5	ghiaia e sabbia eterogenee (m-g prevalenti) con ciottoli e con tracce di limo, moderatamente addensate, bruno giallastro scuro 10YR 5/6

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: t1</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,4	pavimentazione industriale in blocchi di calcestruzzo prefabbricati
0,4	1,7	materiale di riporto eterogeneo debolmente limoso bruno scuro
1,7	3,2	ghiaia e sabbia eterogenee (m-g prevalenti), alterate, poco addensate, bianco-giallastro zolfo
3,2	4	ghiaia m-g con sabbia ciottolosa, moderatamente addensata, nera

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: t2</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,3	pavimentazione industriale in blocchi di calcestruzzo prefabbricati
0,3	1,2	materiale di riporto eterogeneo debolmente limoso bruno scuro
1,2	3,7	ghiaia e sabbia eterogenee (m-g prevalenti) debolmente limose, poco addensate, bruno giallastro scuro 10YR 4/4
3,7	4	ghiaia eterogenea con sabbia, moderatamente addensata, bruno giallastro 10YR 5/6

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: t3</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,8	pavimentazione industriale in calcestruzzo con sottofondo inerte lavato
0,8	3,7	terreno rimaneggiato: ghiaia eterogenea con sabbia debolmente limosa, poco addensata, bruno giallastro scuro 10YR 4/4
3,7	4	ghiaia m-g con sabbia ciottolosa, da sciolta e poco addensata, bruno giallastro 10YR 5/6

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: t4</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	1,8	materiale di riporto: ghiaia e sabbia lavate con ghiaia sabbioso ghiaiosa rimaneggiata
1,8	3,7	ghiaia eterogenea con sabbia debolmente limosa, poco addensata, bruno giallastro scuro 10YR 4/4
3,7	4	ghiaia m-g con sabbia ciottolosa, da sciolta e poco addensata, bruno giallastro 10YR 5/6

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: t5</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	1,8	materiale di riporto eterogeneo: ghiaia e sabbia lavate con ghiaia sabbioso ghiaiosa rimaneggiata, frammenti di laterizi e di calcestruzzo, piccoli rottami metallici
1,8	3,7	ghiaia eterogenea con sabbia debolmente limosa, poco addensata, bruno giallastro scuro 10YR 4/4
3,7	4	ghiaia m-g con sabbia ciottolosa, poco addensata, bruno giallastro 10YR 5/6

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: t6</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	2,3	vasca di alloggiamento macchinari, in c.a., parzialmente colmata da materiale da demolizione al tetto e da residuo carbonioso-organico secco, sciolto, nero al fondo
2,3	2,5	ghiaia eterogenea e sabbia debolmente limose, rimaneggiate, poco addensate, bruno giallastro scuro 10YR 4/4
2,5	4	ghiaia m-g con sabbia ciottolosa, da sciolta a poco addensata, bruno giallastro 10YR 5/6

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: t7</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	2,5	locale seminterrato con muri in laterizi e pavimentazione in calcestruzzo frattazzato
2,5	2,7	calcestruzzo ("magrone") e materiale di riporto (sottofondazione)
2,7	3,8	ghiaia eterogenea e sabbia debolmente limose, rimaneggiate, poco addensate, bruno giallastro scuro 10YR 4/4
3,8	4	ghiaia m-g con sabbia ciottolosa, da sciolta a poco addensata, bruno giallastro 10YR 5/6

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: t8</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	1,2	pavimentazione industriale in mattonelle di ceramica e cemento armato, con elementi di fondazione (plinti, travi) in c.a. e materiale di riporto (ghiaia e sabbia lavate)
1,2	3,7	ghiaia eterogenea con sabbia debolmente limosa, poco addensata, bruno giallastro scuro 10YR 4/4
3,7	4	ghiaia m-g e sabbia, poco addensate, bruno giallastro 10YR 5/6

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: t9</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	1,2	manufatto in calcestruzzo (piattaforma) con canaletta in cls di raccolta spanti perimetrale
1,2	3,7	ghiaia eterogenea con sabbia debolmente limosa, poco addensata, bruno giallastro scuro 10YR 4/4
3,7	4	ghiaia m-g con sabbia, poco addensata, bruno giallastro 10YR 5/6

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: t10</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	3	materiale di riporto eterogeneo: ghiaia m-g, sabbia, ciottoli con rari frammenti di laterizi
3	3,7	ghiaia eterogenea (m-g prevalente) con sabbia debolmente limosa, poco addensata, bruno giallastro scuro 10YR 4/4
3,7	4	ghiaia m-g con sabbia, poco addensata, bruno giallastro 10YR 5/6

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: t11</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,4	pavimentazione industriale in mattonelle di ceramica e calcestruzzo + sottofondo in ghiaia lavata
0,4	3,7	ghiaia eterogenea (m-g prevalente) con sabbia limose, con rari ciottoli, moderatamente addensate, bruno giallastro scuro 10YR 4/4; passaggio graduale al letto con decremento della frazione limosa
3,7	4	ghiaia m-g con sabbia e con rari ciottoli, moderatamente addensate, bruno giallastro 10YR 5/6

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: t12</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,4	pavimentazione industriale in mattonelle di ceramica e calcestruzzo + sottofondo in ghiaia lavata
0,4	3,7	ghiaia eterogenea (m-g prevalente) con sabbia limose, con rari ciottoli, moderatamente addensate, bruno giallastro scuro 10YR 4/4; passaggio graduale al letto con decremento della frazione limosa
3,7	4	ghiaia m-g con sabbia e con rari ciottoli, moderatamente addensate, bruno giallastro 10YR 5/6

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: t13</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,8	pavimentazione industriale in mattonelle di ceramica e calcestruzzo + sottofondo in ghiaia lavata
0,8	3,7	ghiaia eterogenea (m-g prevalente) con sabbia limose, con rari ciottoli, moderatamente addensate, bruno giallastro scuro 10YR 4/4; lenti decimetriche ghiaiose; passaggio graduale al letto con decremento della frazione limosa
3,7	4	ghiaia m-g con sabbia e con rari ciottoli, moderatamente addensate, bruno giallastro 10YR 5/6

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: t14</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,8	pavimentazione industriale in mattonelle di ceramica e calcestruzzo + sottofondo in ghiaia lavata
0,8	3,7	ghiaia eterogenea (g prevalente) con sabbia e con ciottoli debolmente limosa, moderatamente addensata, bruno giallastro scuro 10YR 4/4; sulla parete Ovest (lato raffineria) i terreni sono alterati, poco addensati, bianco-giallastro zolfo
3,7	4	ghiaia m-g con sabbia e con ciottoli, moderatamente addensata, bruno giallastro 10YR 5/6

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: t15</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,6	pavimentazione industriale in blocchi di calcestruzzo prefabbricati e calcestruzzo + sottofondo in ghiaia lavata
0,6	3,7	ghiaia eterogenea (g prevalente) con sabbia e con ciottoli, moderatamente addensata, bruno giallastro scuro 10YR 4/4;
3,7	4	ghiaia m-g con sabbia e con ciottoli, moderatamente addensata, bruno giallastro 10YR 5/6

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: t16</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,15	pavimentazione industriale in calcestruzzo
0,15	1,3	materiale di riporto: ghiaia grossolana e ciottoli lavati, sciolti
1,3	1,6	sabbia eterogenea ghiaiosa debolmente limosa, poco addensata, pedogenizzata, bruno molto scuro 10YR 4;
1,6	3,7	ghiaia eterogenea (g prevalente) con sabbia e con rari ciottoli debolmente limosa, moderatamente addensata, bruno giallastro scuro 10YR 4/4;
3,7	4	ghiaia m-g con sabbia e con ciottoli, moderatamente addensata, bruno giallastro 10YR 5/6

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: t17</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,15	pavimentazione industriale in calcestruzzo
0,15	0,8	materiale di riporto: ghiaia grossolana e ciottoli lavati, sciolti; alla base livello di ciottoli e blocchi subarrotondati
0,8	1,6	sabbia eterogenea ghiaiosa debolmente limosa, poco addensata, pedogenizzata, bruno molto scuro 10YR 4;
1,6	3,7	ghiaia eterogenea (g prevalente) con sabbia e con rari ciottoli debolmente limosa, moderatamente addensata, bruno giallastro scuro 10YR 4/4;
3,7	4	ghiaia m-g con sabbia e con ciottoli, moderatamente addensata, bruno giallastro 10YR 5/6

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: t18</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,3	pavimentazione industriale in mattonelle di ceramica e calcestruzzo
0,3	0,8	materiale di riporto: ghiaia e sabbia lavate, sciolte;
0,8	1,6	sabbia eterogenea con ghiaia debolmente limosa, poco addensata, pedogenizzata, bruno molto scuro 10YR 4;
1,6	3,7	sabbia e ghiaia eterogenee con rari ciottoli debolmente limose, moderatamente addensate, bruno giallastro scuro 10YR 4/4;
3,7	4	ghiaia m-g con sabbia e con ciottoli, moderatamente addensata, bruno giallastro 10YR 5/6

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: t19</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,3	pavimentazione industriale in mattonelle di ceramica e calcestruzzo
0,3	0,6	materiale di riporto: ghiaia e sabbia lavate, sciolte;
0,6	1,2	sabbia eterogenea con ghiaia debolmente limosa, poco addensata, pedogenizzata, bruno molto scuro 10YR 4;
1,2	3,7	sabbia e ghiaia eterogenee con rari ciottoli debolmente limose, moderatamente addensate, bruno giallastro scuro 10YR 4/4;
3,7	4	ghiaia m-g con sabbia e con ciottoli, moderatamente addensata, bruno giallastro 10YR 5/6

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: t20</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,15	pavimentazione industriale in calcestruzzo
0,15	0,9	materiale di riporto: ghiaia grossolana e ciottoli lavati, sciolti;
0,9	1,6	ghiaia e sabbia debolmente limosa, poco addensata, bruno giallastro scuro 10YR 4/4;
1,6	3,7	ghiaia eterogenea (g prevalente) con sabbia e con rari ciottoli debolmente limosa, moderatamente addensata, bruno giallastro scuro 10YR 4/4;
3,7	4	ghiaia m-g con sabbia e con ciottoli, moderatamente addensata, bruno giallastro 10YR 5/6

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: t21</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	1,5	manto in agglomerato bituminoso e materiale di riporto (ghiaia e sabbia eterogenee limose), moderatamente addensato, bruno giallastro scuro 10YR 4/4
1,5	1,8	ghiaia e sabbia debolmente limosa, poco addensata, bruno giallastro scuro 10YR 4/4;
1,8	3,5	ghiaia eterogenea (g prevalente) con sabbia e con rari ciottoli debolmente limosa, moderatamente addensata, bruno giallastro scuro 10YR 4/4;
3,5	4	ghiaia m-g con sabbia e con ciottoli, moderatamente addensata, bruno giallastro 10YR 5/6

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: t22</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,2	pavimentazione in calcestruzzo
0,2	1,1	materiale di riporto (ghiaia e sabbia eterogenee limose), moderatamente addensato, bruno giallastro scuro 10YR 4/4
1,1	1,3	sabbia con ghiaia, poco addensata, pedogenizzata, bruno molto scuro 10YR 4; passaggio graduale al letto
1,3	2	ghiaia eterogenea (g prevalente) e sabbia e con rari ciottoli debolmente limose, moderatamente addensate, bruno giallastro scuro 10YR 4/4;
2	4	ghiaia m-g con sabbia e con ciottoli, moderatamente addensata, bruno giallastro 10YR 5/6

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: t23</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	2	cavedio in cemento armato con platea sommitale, riempimento in ghiaia grossolana lavata e platea di fondo
2	2,9	ghiaia eterogenea (m-g prevalente) e sabbia eterogenea, debolmente limose, moderatamente addensate, bruno giallastro scuro 10YR 4/4; passaggio graduale al letto
2,9	4	ghiaia m-g con sabbia m-g e con ciottoli, moderatamente addensata, bruno giallastro 10YR 5/6

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: t24</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	0,3	pavimentazione in blocchetti di porfido con sottofondo in sabbia e calcestruzzo ("magrone")
0,3	1,2	materiale di riporto (ghiaia e sabbia eterogenee limose), moderatamente addensato, bruno giallastro scuro 10YR 4/4
1,2	1,8	ghiaia e sabbia debolmente limosa, poco addensata, bruno giallastro scuro 10YR 4/4
1,8	3,5	ghiaia eterogenea (g prevalente) con sabbia e con rari ciottoli debolmente limosa, moderatamente addensata, bruno giallastro scuro 10YR 4/4;
3,5	4	ghiaia m-g con sabbia e con ciottoli, moderatamente addensata, bruno giallastro 10YR 5/6

Allegato VI)

Schema di completamento del piezometro

**Dott. MARCO STOPPA - GEOLOGO**

GEOLOGIA IDROGEOLOGIA E GEOLOGIA AMBIENTALE  
Ordine Regionale dei Geologi del Piemonte n° 482

Strada Biandrate, 24 - 28100 Novara (NO)  
Tel. 0321.407246 - 347.2540415  
marco.stoppa@geologipiemonte.it

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: P1</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	18	Alternanze di ghiaie eterogenee (m-g prevalenti) e sabbie eterogenee debolmente limose, addensate

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: P2</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	18	Alternanze di ghiaie eterogenee (m-g prevalenti) e sabbie eterogenee debolmente limose, addensate

<b>Cantiere: Ex Oleificio Belloli, Inveruno (MI)</b>		
<b>Sondaggio n°: P3</b>		
<b>DA</b>	<b>A</b>	<b>STRATIGRAFIA</b>
0	18	Alternanze di ghiaie eterogenee (m-g prevalenti) e sabbie eterogenee debolmente limose, addensate

Allegato VII)  
Parametri sismici locali

**Dott. MARCO STOPPA - GEOLOGO**  
GEOLOGIA IDROGEOLOGIA E GEOLOGIA AMBIENTALE  
Ordine Regionale dei Geologi del Piemonte n° 482

Strada Biandrate, 24 - 28100 Novara (NO)  
Tel. 0321.407246 - 347.2540415  
marco.stoppa@geologipiemonte.it

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Fondazioni

Sito in esame.

latitudine: 45,517686  
longitudine: 8,852444  
Classe: 3  
Vita nominale: 100

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 12033	Lat: 45,4934	Lon: 8,7870	Distanza: 5768,644
Sito 2	ID: 12034	Lat: 45,4961	Lon: 8,8581	Distanza: 2435,576
Sito 3	ID: 11812	Lat: 45,5461	Lon: 8,8542	Distanza: 3158,042
Sito 4	ID: 11811	Lat: 45,5433	Lon: 8,7830	Distanza: 6111,326

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C  
Categoria topografica: T1  
Periodo di riferimento: 150anni  
Coefficiente cu: 1,5

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %  
Tr: 90 [anni]  
ag: 0,024 g  
Fo: 2,550  
Tc\*: 0,205 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %  
Tr: 151 [anni]  
ag: 0,029 g  
Fo: 2,596  
Tc\*: 0,226 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %  
Tr: 1424 [anni]  
ag: 0,050 g  
Fo: 2,729  
Tc\*: 0,317 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %  
Tr: 2475 [anni]  
ag: 0,056 g  
Fo: 2,793  
Tc\*: 0,333 [s]

Coefficienti Sismici Fondazioni

SLO:

Ss: 1,500  
Cc: 1,770  
St: 1,000  
Kh: 0,007  
Kv: 0,004  
Amax: 0,351  
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500  
Cc: 1,720  
St: 1,000  
Kh: 0,009  
Kv: 0,004  
Amax: 0,420  
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,500  
Cc: 1,530  
St: 1,000  
Kh: 0,015  
Kv: 0,007  
Amax: 0,735  
Beta: 0,200

SLC:

Ss: 1,500  
Cc: 1,510  
St: 1,000  
Kh: 0,017  
Kv: 0,008  
Amax: 0,828  
Beta: 0,200

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru

Coordinate WGS84

latitudine: 45.516750

longitudine: 8.851376

Allegato VIII)

Report prove geofisiche in sito

**Dott. MARCO STOPPA - GEOLOGO**

GEOLOGIA IDROGEOLOGIA E GEOLOGIA AMBIENTALE  
Ordine Regionale dei Geologi del Piemonte n° 482

Strada Biandrate, 24 - 28100 Novara (NO)  
Tel. 0321.407246 - 347.2540415  
marco.stoppa@geologipiemonte.it

# HVlab report S1

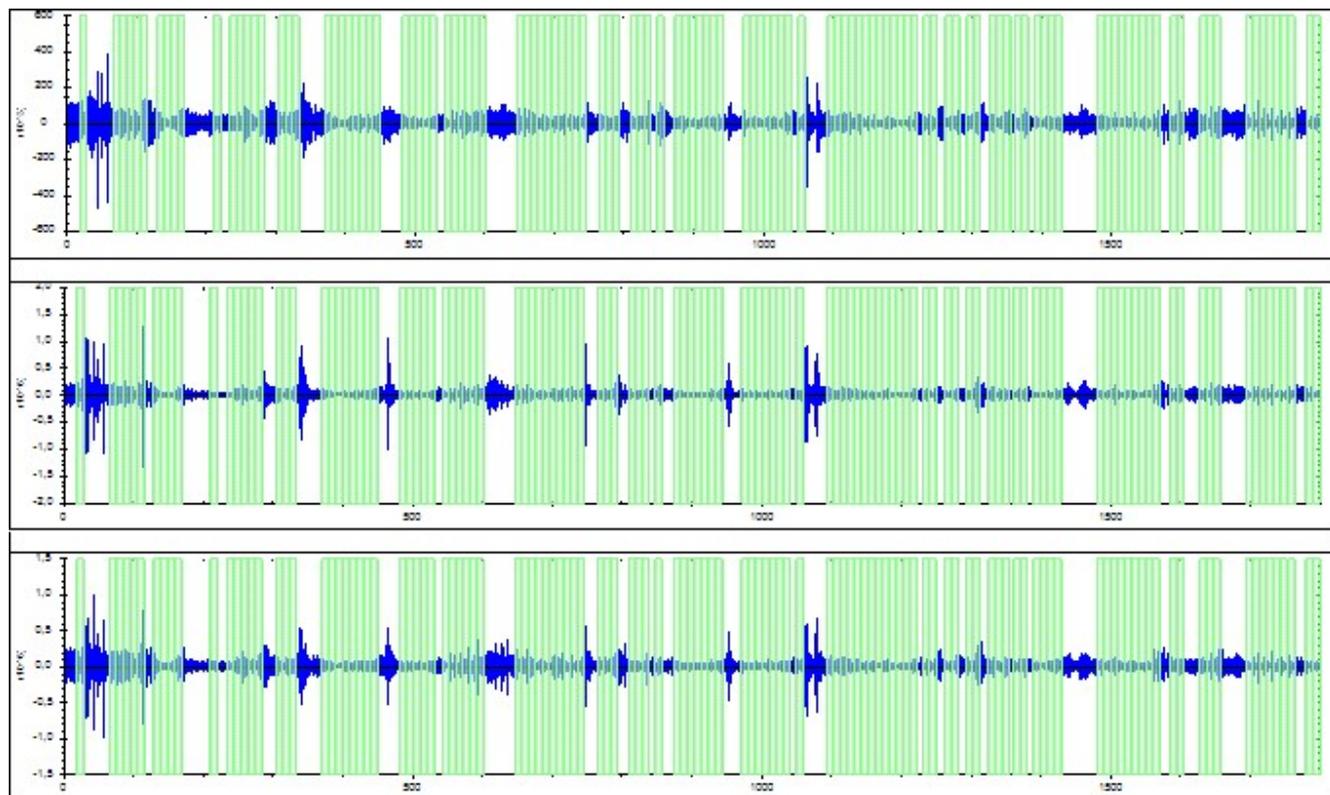
sito: -  
lat: -  
lon: -

---

## DETTAGLI ACQUISIZIONE

---

strumento: M.A.E. Vibralog  
file: 23131457.BIN  
data: 17/09/2019 10:10:33  
durata: 00:30:00



---

## ELABORAZIONE

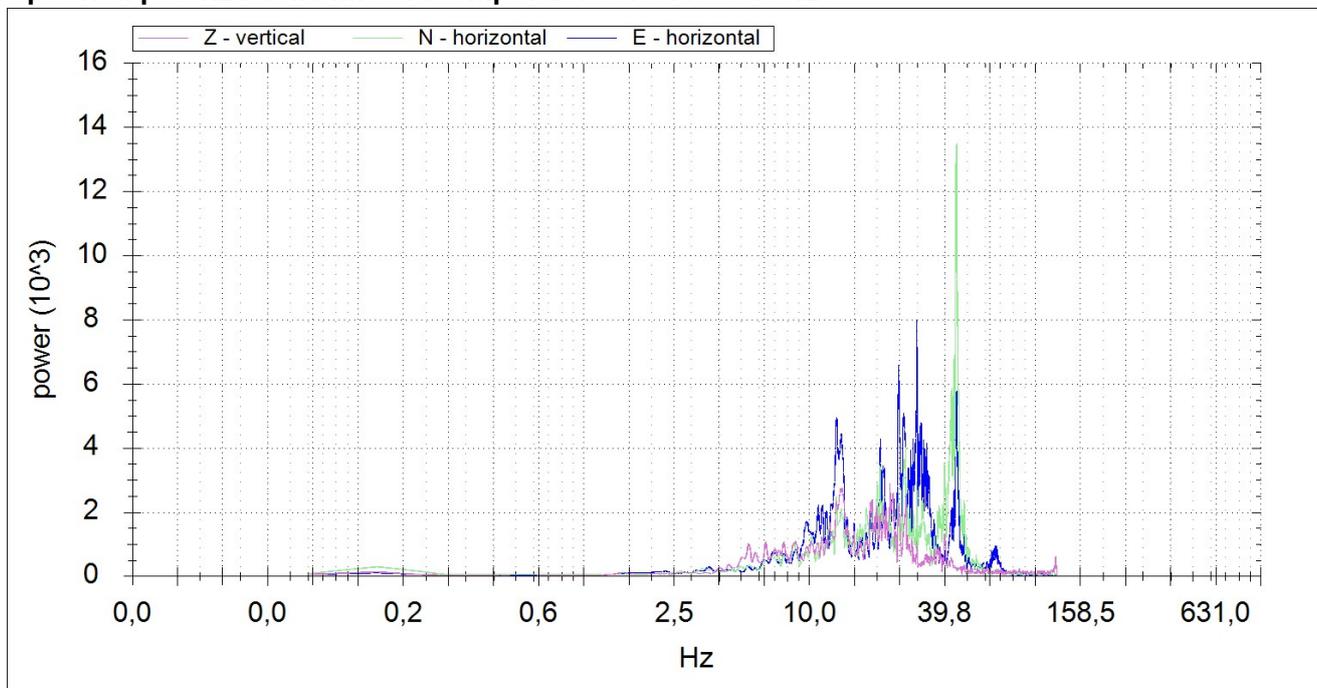
---

frequenza di campionamento: 250 Hz  
finestre temporali (nw): 121  
tempo di ogni finestra (Lw): 10 s

intervallo di ricerca: 1,0-10,0 Hz

costante di liscio: 5

**Spettri di potenza della finestra temporale: 00:00:18-00:00:28**

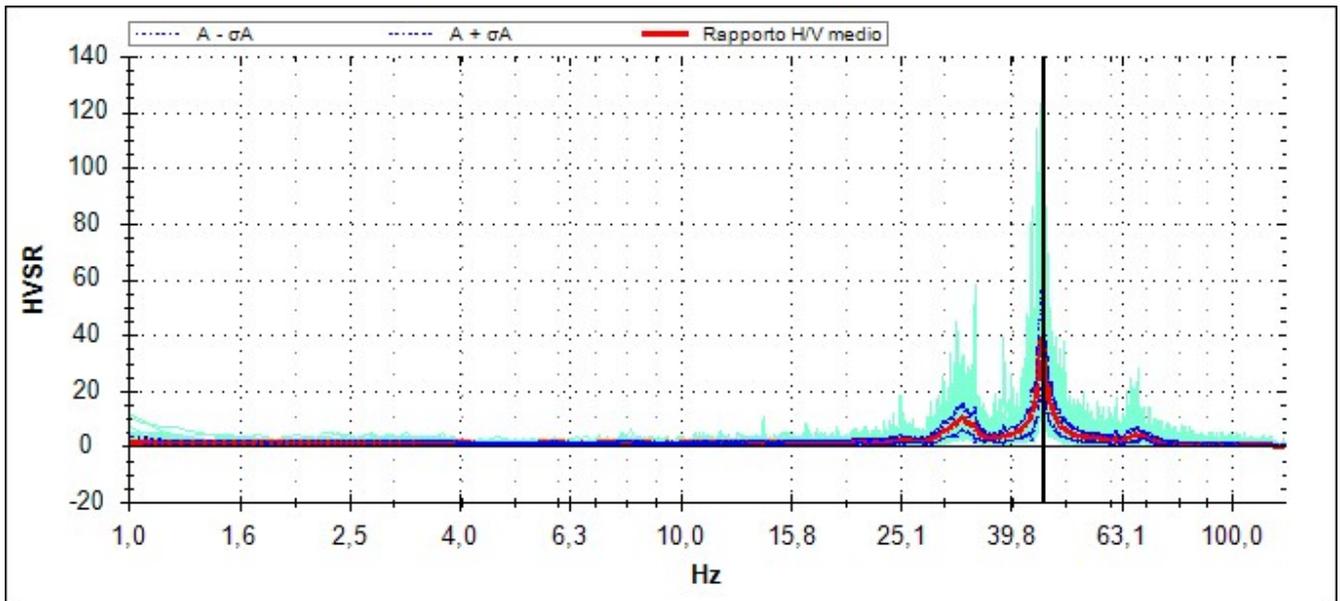


---

## RISULTATI

---

### curve HVSR:



frequenza di picco ( $f_0$ ):  $45,29 \pm 0,26$  Hz

classificazione picco: **massimo**

#### dettagli affidabilità:

- 1)  $f_0 > 10/L_w$ : **SI** ( $45,29 > 1,00$ )
- 2)  $nc(f_0) > 200$ : **SI** ( $54799 > 200$ )
- 3) per  $f_0/2 < f < 2f_0$ ,  $\sigma A(f) < 2$ : **NO** ( $\max \sigma A(f) = 17,9$ )

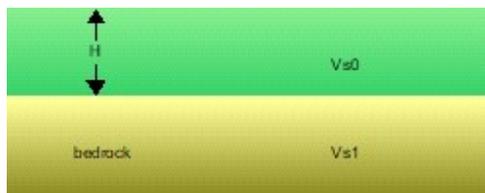
#### dettagli evidenza:

- 1)  $A(f_-) < A_0/2$ : **SI** ( $f_- = 11,29$  Hz)
- 2)  $A(f_+) < A_0/2$ : **SI** ( $f_+ = 46,39$  Hz)
- 3)  $A_0 > 2$ : **SI** ( $A_0 = 38,8$ )
- 4)  $f_{\text{peak}}[A(f) \pm \sigma A(f)] = f_0 \pm 5\%$  **SI** ( $D_f = 0,92$ )
- 5)  $\sigma f < \varepsilon(f_0)$  **SI** ( $\sigma f = 0,26$ ;  $\varepsilon(f_0) = 2,26$ )
- 6)  $\sigma A(f_0) < \theta(f_0)$  **NO** ( $\sigma A(f_0) = 13,72$ ;  $\theta(f_0) = 1,58$ )

---

## STIMA Vs30

---



**spessore strato di copertura (H):** 1,2 m

**velocità del bedrock (Vs1)** 280 m/s

**velocità strato di copertura (Vs0):** 217 m/s

**velocità media (Vs30):** 277 m/s

**alluvioni spesse tra 5 e 20 metri su substrato rigido (Vs1>800m/s):** NO

**terreno liquefacibile:** NO

**categoria di suolo (secondo l'O.P.C.M. n.3274 del 20 marzo 2003):** C

Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero con  $15 < NSPT < 50$ , o  $70 < cu < 250$  kPa).

## HVlab report S2

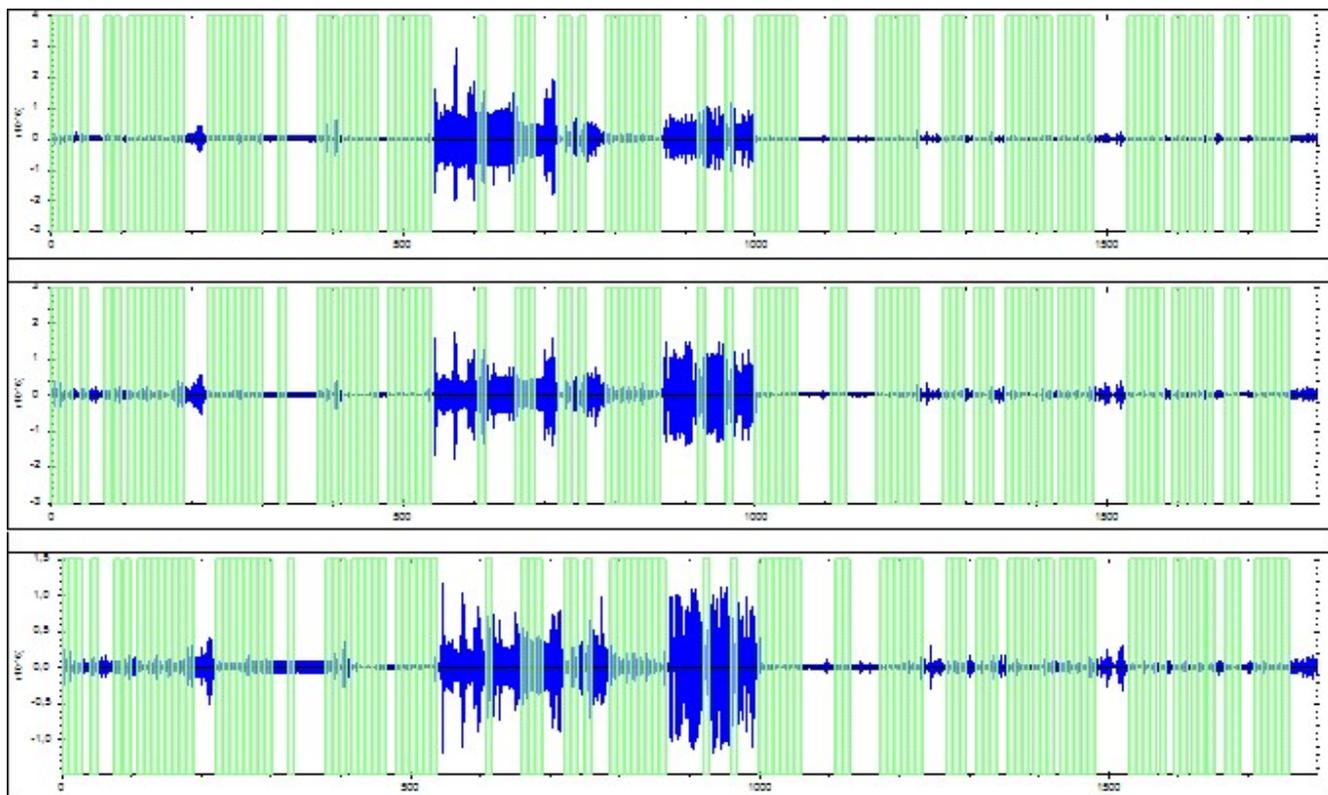
sito: -  
lat: -  
lon: -

---

### DETTAGLI ACQUISIZIONE

---

strumento: M.A.E. Vibralog  
file: 23152329.BIN  
data: 17/09/2019 10:10:33  
durata: 00:30:00



---

### ELABORAZIONE

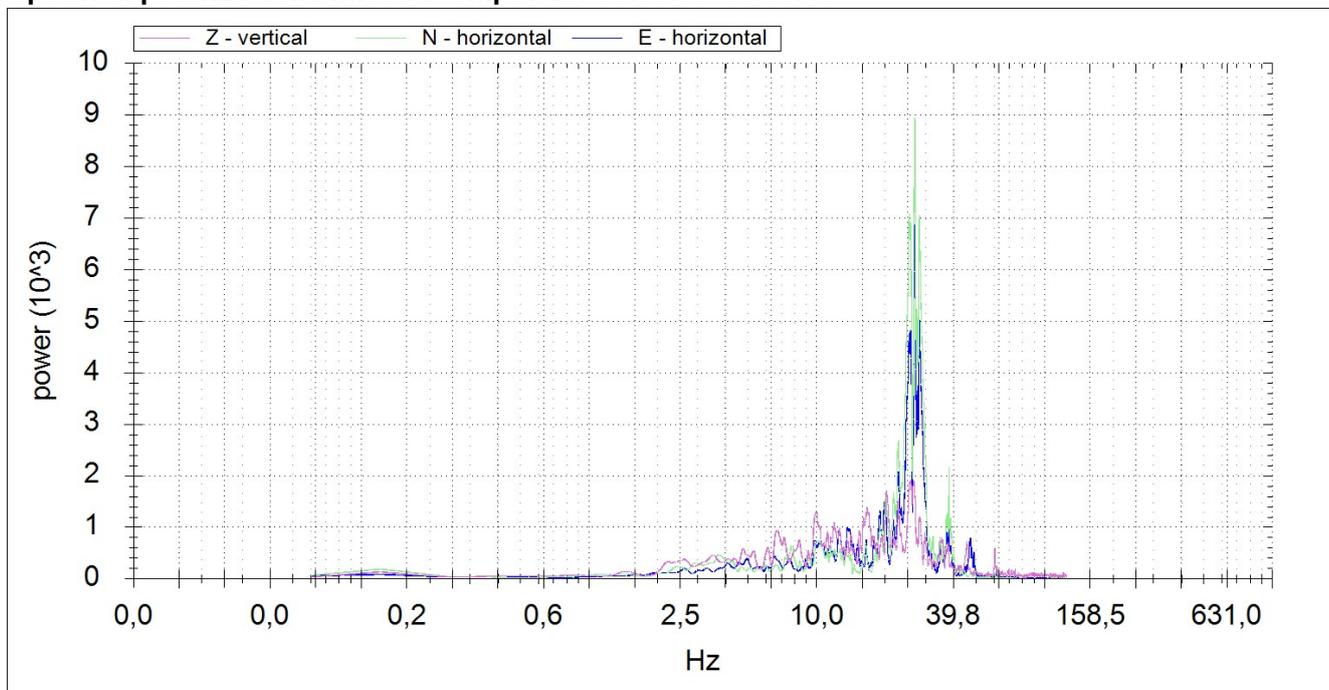
---

frequenza di campionamento: 250 Hz  
finestre temporali (nw): 102  
tempo di ogni finestra (Lw): 10 s

intervallo di ricerca: 1,0-10,0 Hz

costante di lisciamento: 5

**Spettri di potenza della finestra temporale: 00:00:00-00:00:10**

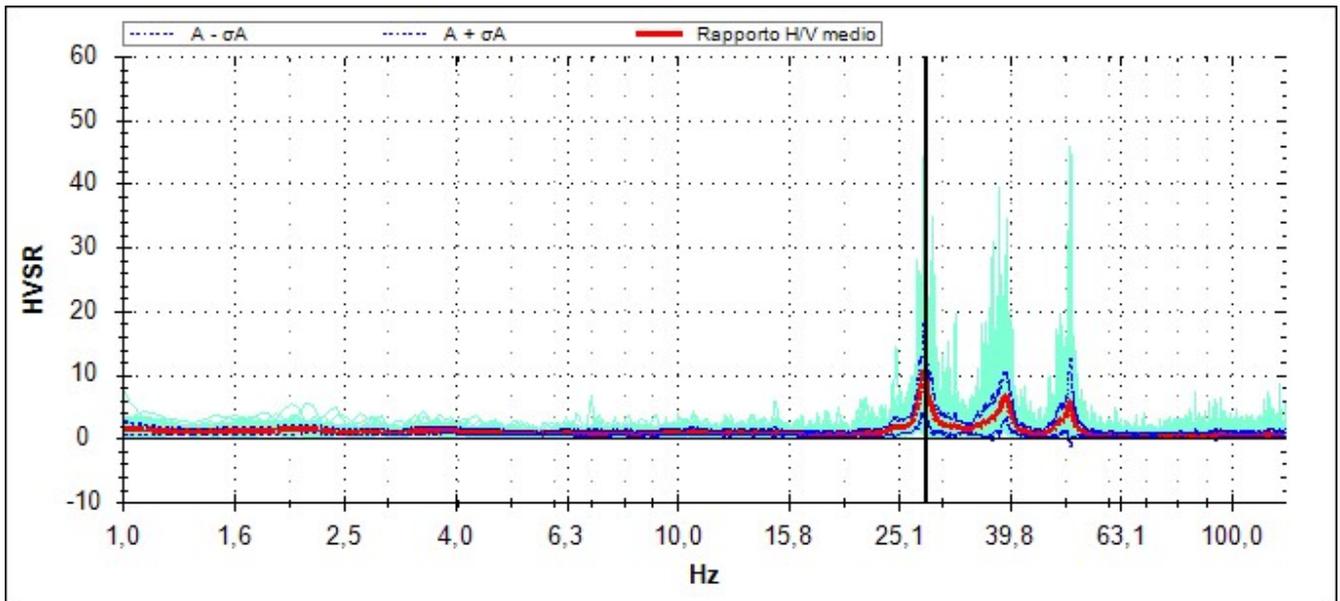


---

## RISULTATI

---

curve HVSR:



frequenza di picco ( $f_0$ ):  $27,95 \pm 0,26$  Hz

classificazione picco: **massimo**

dettagli affidabilità:

- 1)  $f_0 > 10/L_w$ : **SI** ( $27,95 > 1,00$ )
- 2)  $nc(f_0) > 200$ : **SI** ( $28513 > 200$ )
- 3) per  $f_0/2 < f < 2f_0$ ,  $\sigma A(f) < 2$ : **NO** ( $\max \sigma A(f) = 7,4$ )

dettagli evidenza:

- 1)  $A(f^-) < A_0/2$ : **SI** ( $f^- = 6,96$  Hz)
- 2)  $A(f^+) < A_0/2$ : **SI** ( $f^+ = 28,75$  Hz)
- 3)  $A_0 > 2$ : **SI** ( $A_0 = 10,6$ )
- 4)  $f_{\text{peak}}[A(f) \pm \sigma A(f)] = f_0 \pm 5\%$  **SI** ( $D_f = 0,98$ )
- 5)  $\sigma f < \varepsilon(f_0)$  **SI** ( $\sigma f = 0,26$ ;  $\varepsilon(f_0) = 1,40$ )
- 6)  $\sigma A(f_0) < \theta(f_0)$  **NO** ( $\sigma A(f_0) = 7,03$ ;  $\theta(f_0) = 1,58$ )

---

## STIMA Vs30

---



**spessore strato di copertura (H):** 1,2 m

**velocità del bedrock ( $V_{s1}$ )** 280 m/s

**velocità strato di copertura ( $V_{s0}$ ):** 134 m/s

**velocità media ( $V_{s30}$ ):** 268 m/s

**alluvioni spesse tra 5 e 20 metri su substrato rigido ( $V_{s1} > 800$  m/s):** NO

**terreno liquefacibile:** NO

**categoria di suolo (secondo l'O.P.C.M. n.3274 del 20 marzo 2003):** C

Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero con  $15 < NSPT < 50$ , o  $70 < c_u < 250$  kPa).

## HVlab report S3

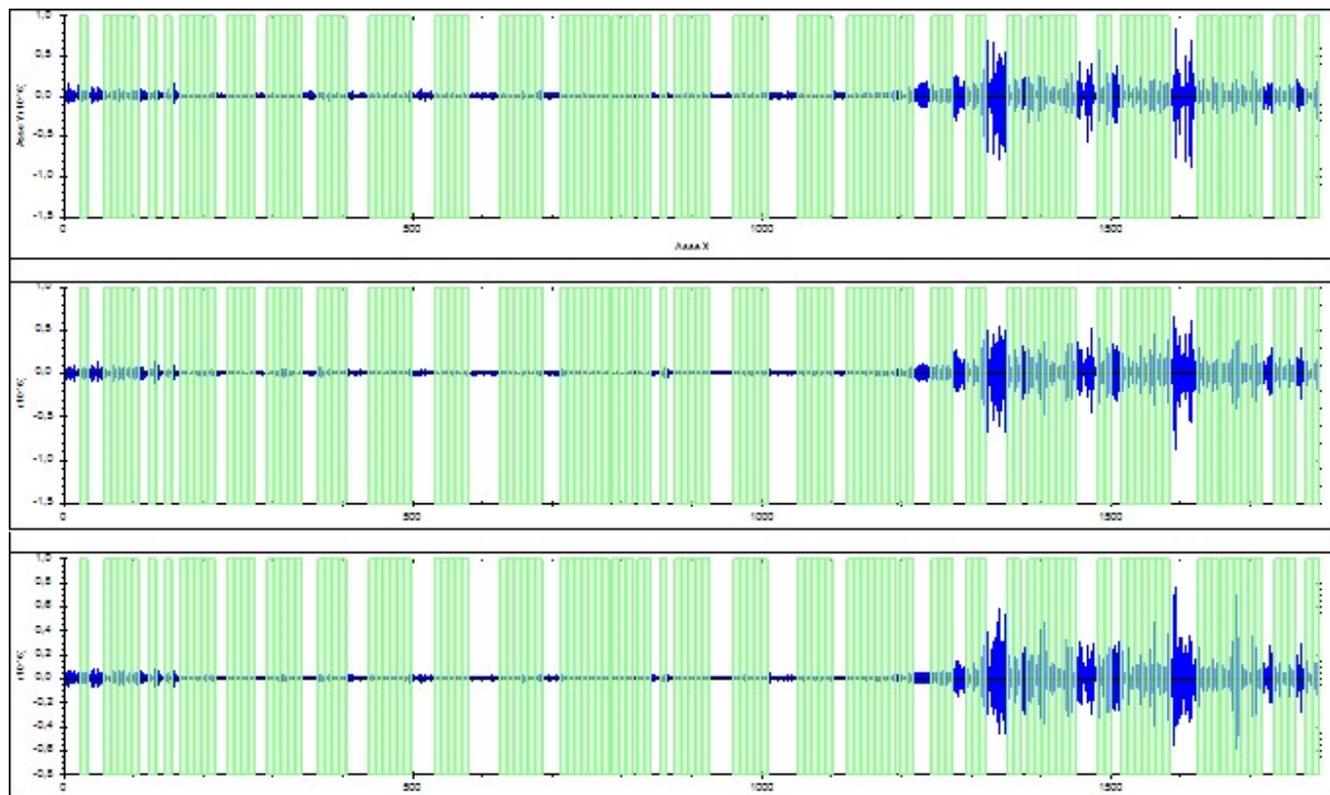
sito: -  
lat: -  
lon: -

---

### DETTAGLI ACQUISIZIONE

---

strumento: M.A.E. Vibralog  
file: 22180517.BIN  
data: 17/09/2019 10:10:34  
durata: 00:30:00



---

### ELABORAZIONE

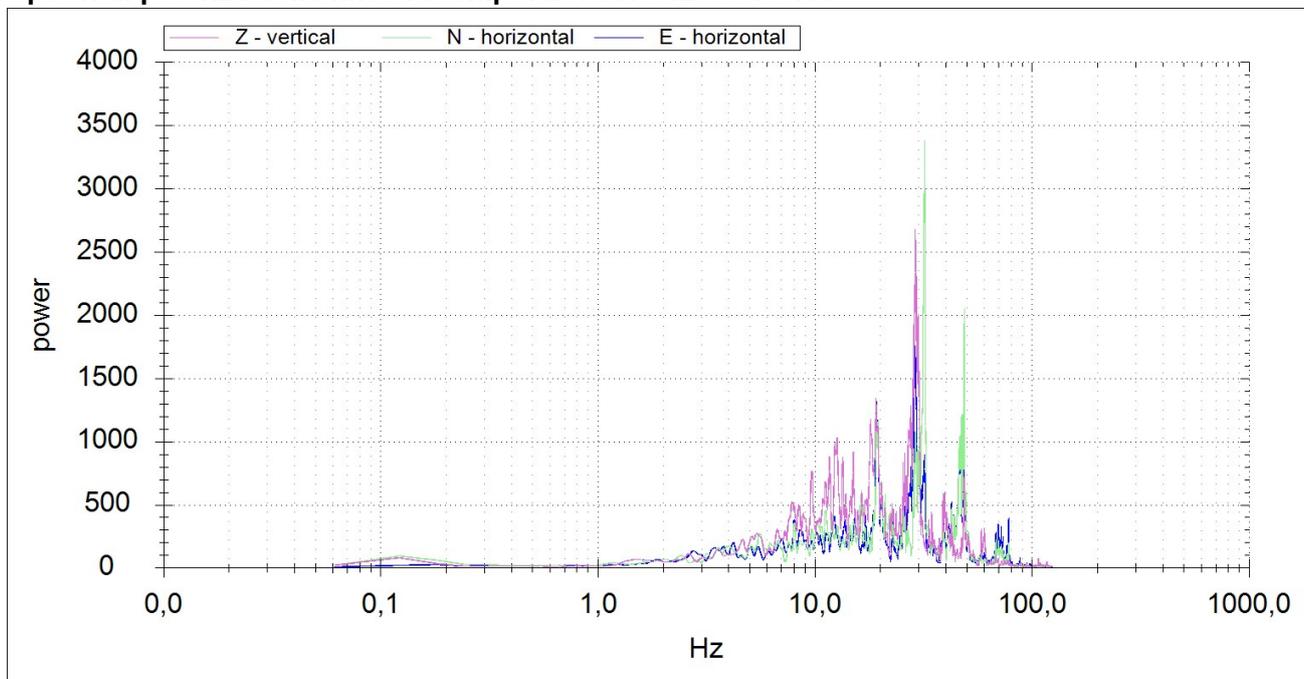
---

frequenza di campionamento: 250 Hz  
finestre temporali (nw): 118  
tempo di ogni finestra (Lw): 10 s

intervallo di ricerca: 1,0-10,0 Hz

costante di lisciamento: 5

**Spettri di potenza della finestra temporale: 00:00:23-00:00:33**

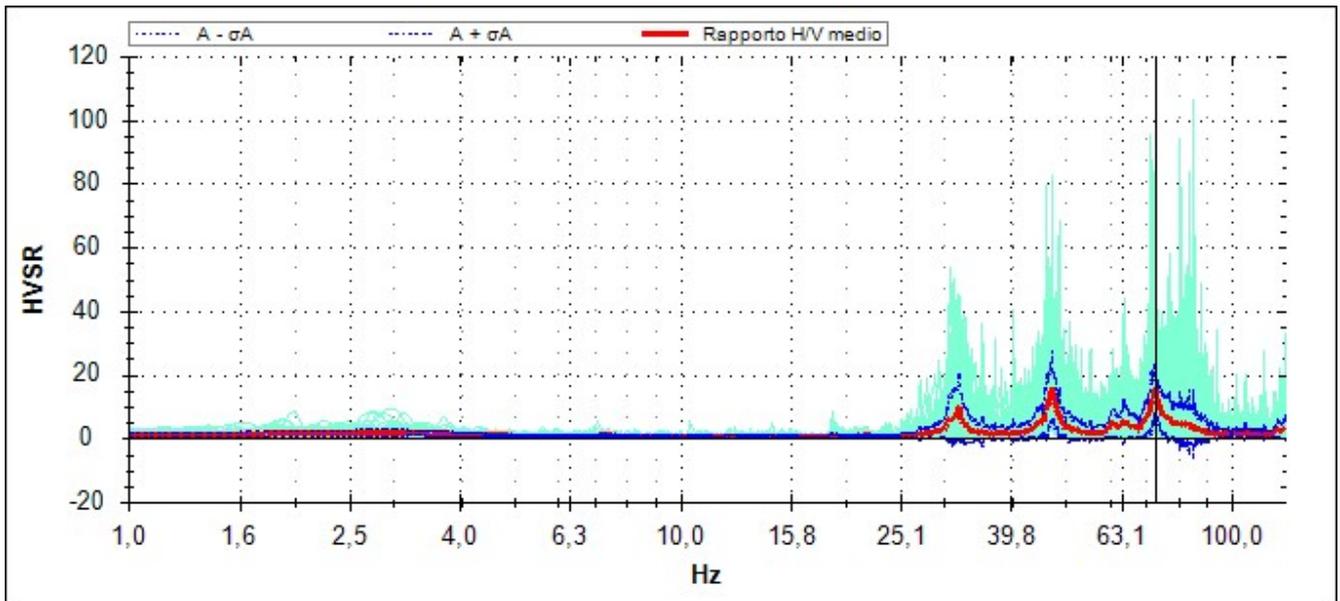


---

## RISULTATI

---

curve HVSR:



frequenza di picco ( $f_0$ ):  $72,69 \pm 0,26$  Hz

classificazione picco: **massimo**

dettagli affidabilità:

- 1)  $f_0 > 10/L_w$ : **SI** ( $72,69 > 1,00$ )
- 2)  $nc(f_0) > 200$ : **SI** ( $85778 > 200$ )
- 3) per  $f_0/2 < f < 2f_0$ ,  $\sigma A(f) < 2$ : **NO** ( $\max \sigma A(f) = 11,6$ )

dettagli evidenza:

- 1)  $A(f_-) < A_0/2$ : **SI** ( $f_- = 18,13$  Hz)
- 2)  $A(f_+) < A_0/2$ : **SI** ( $f_+ = 75,01$  Hz)
- 3)  $A_0 > 2$ : **SI** ( $A_0 = 15,2$ )
- 4)  $f_{\text{peak}}[A(f) \pm \sigma A(f)] = f_0 \pm 5\%$  **SI** ( $D_f = 0,92$ )
- 5)  $\sigma f < \varepsilon(f_0)$  **SI** ( $\sigma f = 0,26$ ;  $\varepsilon(f_0) = 3,63$ )
- 6)  $\sigma A(f_0) < \theta(f_0)$  **NO** ( $\sigma A(f_0) = 7,00$ ;  $\theta(f_0) = 1,58$ )

---

## STIMA Vs30

---



**spessore strato di copertura (H):** 1,2 m

**velocità del bedrock (Vs1)** 280 m/s

**velocità strato di copertura (Vs0):** 349 m/s

**velocità media (Vs30):** 282 m/s

**alluvioni spesse tra 5 e 20 metri su substrato rigido (Vs1>800m/s):** NO

**terreno liquefacibile:** NO

**categoria di suolo (secondo l'O.P.C.M. n.3274 del 20 marzo 2003):** C

Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero con  $15 < NSPT < 50$ , o  $70 < cu < 250$  kPa).

## HVlab report S4

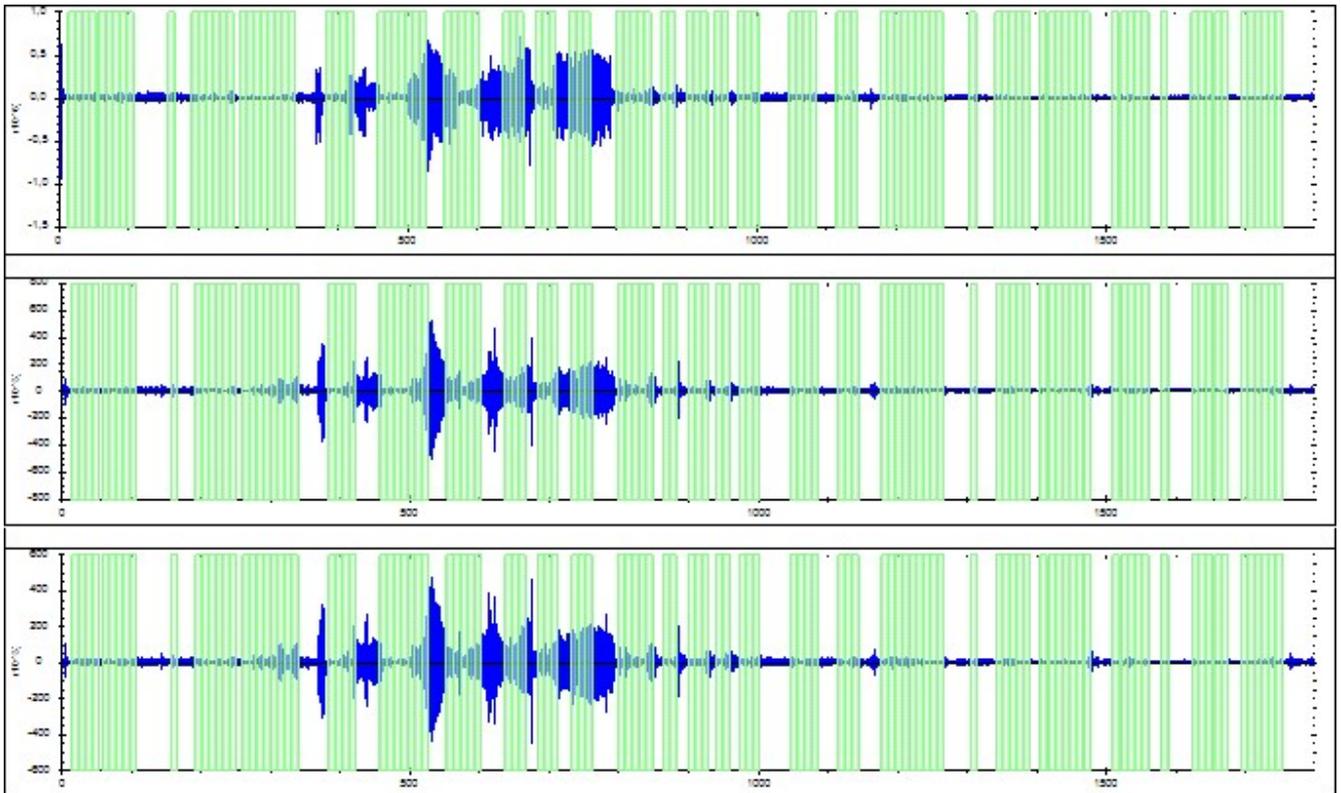
sito: -  
lat: -  
lon: -

---

### DETTAGLI ACQUISIZIONE

---

strumento: M.A.E. Vibralog  
file: 22191830.BIN  
data: 17/09/2019 10:10:34  
durata: 00:30:00



---

### ELABORAZIONE

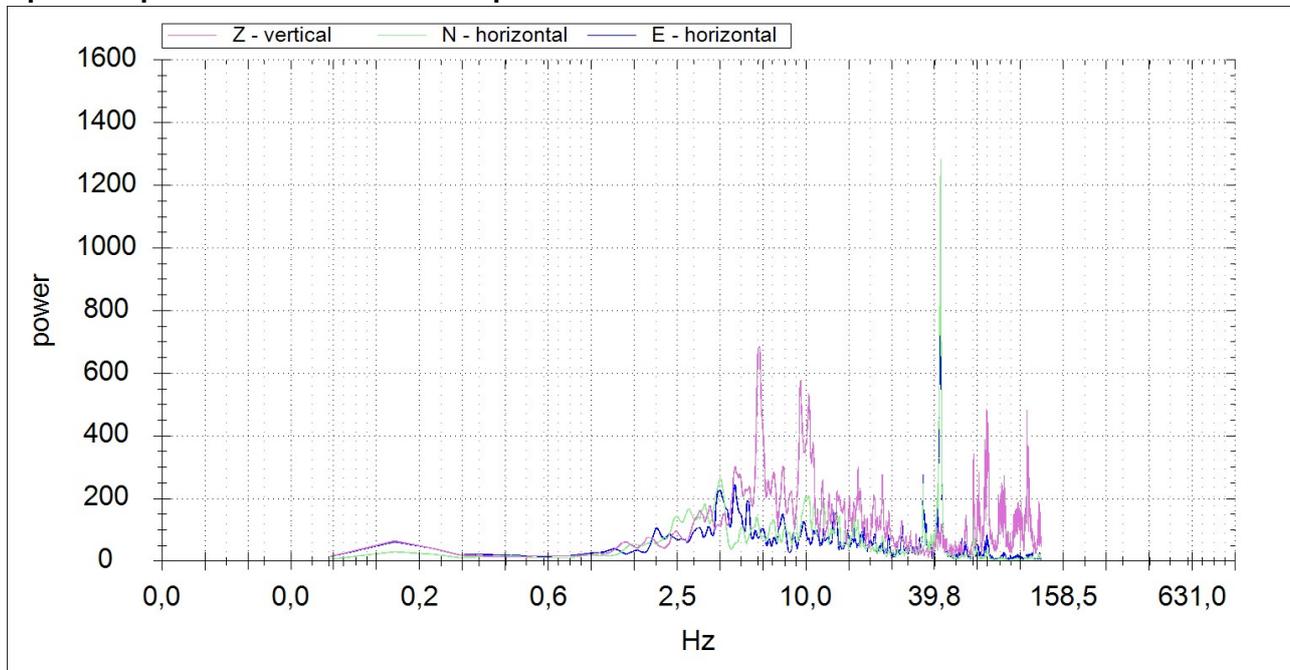
---

frequenza di campionamento: 250 Hz  
finestre temporali (nw): 110  
tempo di ogni finestra (Lw): 10 s

intervallo di ricerca: 1,0-10,0 Hz

costante di liscio: 5

**Spettri di potenza della finestra temporale: 00:00:13-00:00:23**

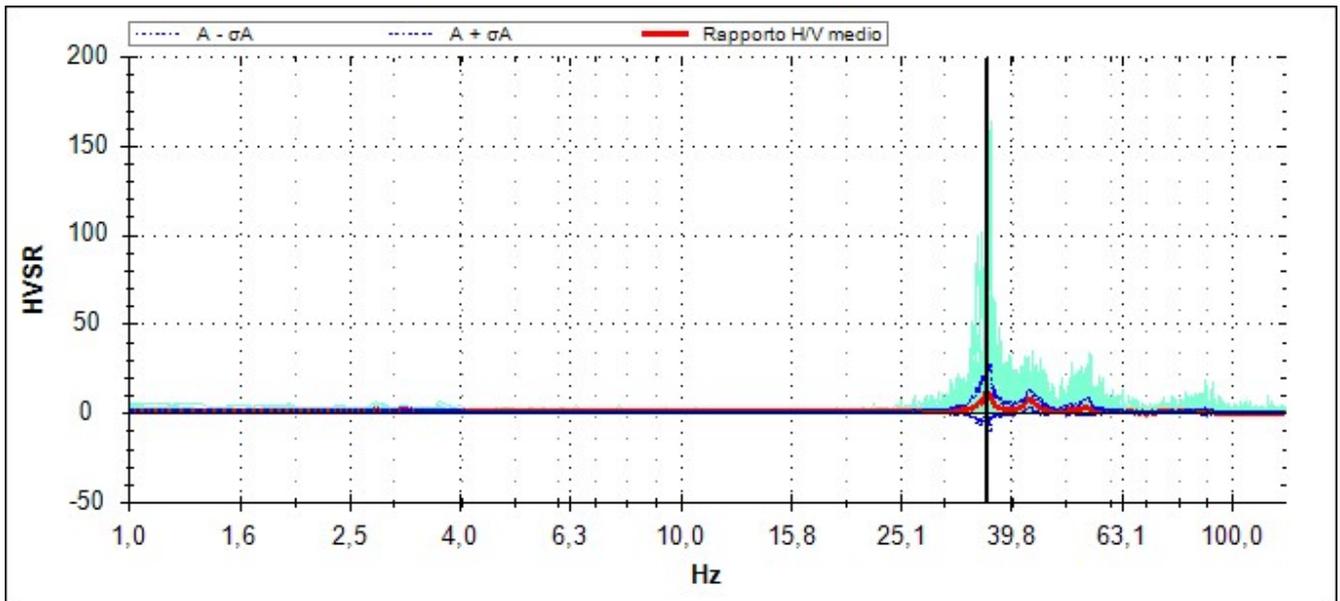


---

## RISULTATI

---

### curve HVSR:



frequenza di picco ( $f_0$ ):  $35,89 \pm 0,28$  Hz

classificazione picco: **massimo**

#### dettagli affidabilità:

- 1)  $f_0 > 10/L_w$ : **SI** ( $35,89 > 1,00$ )
- 2)  $nc(f_0) > 200$ : **SI** ( $39478 > 200$ )
- 3) per  $f_0/2 < f < 2f_0$ ,  $\sigma A(f) < 2$ : **NO** ( $\max \sigma A(f) = 20,9$ )

#### dettagli evidenza:

- 1)  $A(f_-) < A_0/2$ : **SI** ( $f_- = 8,97$  Hz)
- 2)  $A(f_+) < A_0/2$ : **SI** ( $f_+ = 36,80$  Hz)
- 3)  $A_0 > 2$ : **SI** ( $A_0 = 11,9$ )
- 4)  $f_{\text{peak}}[A(f) \pm \sigma A(f)] = f_0 \pm 5\%$  **SI** ( $D_f = 0,98$ )
- 5)  $\sigma f < \varepsilon(f_0)$  **SI** ( $\sigma f = 0,28$ ;  $\varepsilon(f_0) = 1,79$ )
- 6)  $\sigma A(f_0) < \theta(f_0)$  **NO** ( $\sigma A(f_0) = 20,18$ ;  $\theta(f_0) = 1,58$ )

---

## STIMA Vs30

---



**spessore strato di copertura (H):** 1,2 m

**velocità del bedrock ( $V_{s1}$ )** 280 m/s

**velocità strato di copertura ( $V_{s0}$ ):** 172 m/s

**velocità media ( $V_{s30}$ ):** 273 m/s

**alluvioni spesse tra 5 e 20 metri su substrato rigido ( $V_{s1} > 800$  m/s):** NO

**terreno liquefacibile:** NO

**categoria di suolo (secondo l'O.P.C.M. n.3274 del 20 marzo 2003):** C

Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero con  $15 < NSPT < 50$ , o  $70 < c_u < 250$  kPa).

Allegato IX)

M9 D.G.R. 2616/2011

**Dott. MARCO STOPPA - GEOLOGO**

GEOLOGIA IDROGEOLOGIA E GEOLOGIA AMBIENTALE  
Ordine Regionale dei Geologi del Piemonte n° 482

Strada Biandrate, 24 - 28100 Novara (NO)  
Tel. 0321.407246 - 347.2540415  
marco.stoppa@geologipiemonte.it



Regione  
Lombardia

**MODULO 9**

**DICHIARAZIONE / ASSEVERAZIONE DEL GEOLOGO  
DI CONGRUITA' DEI CONTENUTI DELLA RELAZIONE GEOLOGICA AI REQUISITI RICHIESTI DAL PUNTO  
6.2.1 DELLE N.T.C. DM 14/01/08 e/o DALLA D.G.R. IX 2616/2011**

Il sottoscritto STOPPA MARCO  
iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Piemonte n. AP. 482 incaricato in  
data 02/11/19 da COMUNE DI INVERIGO  
per conto di COMUNE DI INVERIGO  
di redigere la relazione geologica relativa al seguente intervento NUOVO PRESSO  
SCAFASTICO COMUNALE

eseguito in Comune di INVERIGO Località .....  
Via IV NOVEMBRE n° 6 CAP 20010  
Comune Catastale INVERIGO Foglio n. 8 Mappale o Particella 1575360

consapevole che in caso di dichiarazione mendace sarà punito ai sensi del Codice Penale secondo quanto prescritto dall'art. 76 del succitato D.P.R. 445/2000 e che, inoltre, qualora dal controllo effettuato emerga la non veridicità del contenuto di taluna delle dichiarazioni rese, decadranno i benefici conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera (art. 75 D.P.R. 445/2000),

**DICHIARA**

A. che la relazione geologica in oggetto è stata redatta ai sensi di:

- D.M. 14 gennaio 2008 (N.T.C. p.to 6.2.1)  
 D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 e D.M. ~~14~~ 17 gennaio ~~2008~~ (N.T.C. p.to 6.2.1)  
 D.M. 14 gennaio 2008 (N.T.C. p.to 6.2.1), recependo quanto contenuto in una relazione geologica già depositata, redatta ai sensi della D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 per il rilascio del titolo abilitativo relativo all'intervento in questione

B. che, ai sensi dello studio geologico comunale redatto in attuazione dell'art. 57 comma 1 della L.R. 12/2005, le caratteristiche geologiche del sito di intervento sono:

**1. SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE PSL 1 LIV – DGR IX 2616/2011 all. 5 p.to 2.1**

- Z1 Instabilità dei versanti       Z2a Cedimenti       Z2b Liquefazione  
 Z3 Amplificazione topografica       Z4 Amplificazione Stratigrafica  
 Z5 Comportamenti differenziali       Nessuno scenario

1.1 VERIFICA SISMICA DI SECONDO LIVELLO PSL 2 LIV – DGR IX 2616/2011 all. 5 p.to 2.2

- Fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) > Soglia comunale (FAS)\*
- Fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) <= Soglia comunale (FAS)\*
- Analisi di secondo livello non effettuata

\* tenuto conto delle tolleranze ammesse nell'Allegato 5 della D.G.R. IX/2616/2011

2. CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA – DGR IX 2616/2011 p.to 3.1

- 1 senza particolari limitazioni
- 2 con modeste limitazioni
- 3 con consistenti limitazioni
- 4 con gravi limitazioni

2.1 TIPO DI LIMITAZIONE ALLA FATTIBILITA' GEOLOGICA – DGR IX 2616/2011 p.to 3.2

- a) Instabilità dei versanti dal punto di vista statico
- b) Vulnerabilità idrogeologica
- c) Vulnerabilità idraulica
- d) Scadenti caratteristiche geotecniche
- nessuna particolare limitazione

**DICHIARA INOLTRE**

C. di aver seguito tutte le prescrizioni previsti dalle norme geologiche di piano vigenti riportate nel piano delle regole del PGT del Comune di INVERNANO

D. di aver eseguito ai sensi degli allegati alla DGR IX/2616 del 30 novembre 2011:

- Approfondimento relativo all'instabilità dei versanti dal punto di vista statico (App1)
- Approfondimento relativo alla vulnerabilità idrogeologica (App2)
- Approfondimento relativo alla vulnerabilità idraulica (App3)
- Approfondimento relativo alle scadenti caratteristiche geotecniche (App4)
- Approfondimento relativo agli aspetti sismici (App5), la cui tipologia e grado sono dettagliatamente descritte nelle successive schede
- Nessun particolare approfondimento

E. di aver redatto il modello geologico del sito sulla base di:

indagini appositamente eseguite nel sito d'interesse o nel suo immediato intorno, del tipo PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE TIPO SCPT e PROVE SISMICHE PASSIVE TIPO HVSR

indagini pregresse, la cui estendibilità al sito d'interesse è stata adeguatamente motivata in relazione, del tipo FORIETTI GEOMOSTICI e PIEZOMETRI REALIZZATI NELL'AMBITO DELLA BOMFICA DEL SITO

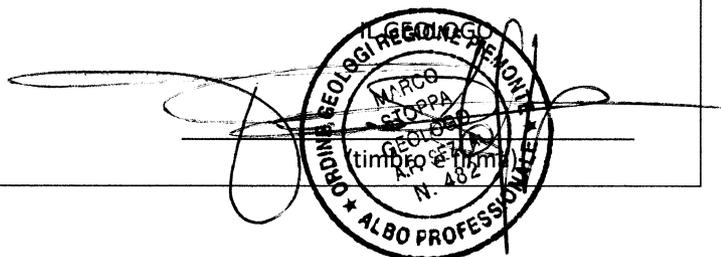
- F. di aver valutato i fenomeni di amplificazione sismica di tipo stratigrafico attraverso:
- analisi di risposta sismica locale
  - procedura semplificata basata sulla definizione della seguente categoria di sottosuolo, di cui al punto 3.2.2 delle NTC, la cui applicabilità è stata adeguatamente motivata in relazione :
    - A       B       C       D       E
 mediante la seguente tipologia d'indagine SISMICA PASSIVA TIPO HVSR  
 la cui idoneità al caso specifico è stata adeguatamente motivata in relazione
- G. di aver valutato i fenomeni di amplificazione sismica di tipo topografico attraverso:
- analisi di risposta sismica locale
  - procedura semplificata basata sulla definizione della seguente categoria topografica, di cui al punto 3.2.2 delle NTC, la cui applicabilità è stata adeguatamente motivata in relazione:
    - T1       T2       T3       T4
 mediante analisi morfologica condotta su base topografica a scala 1:10.000  
 la cui idoneità al caso specifico è stata adeguatamente motivata in relazione
- H. di aver adeguatamente considerato la sicurezza nei confronti del fenomeno della liquefazione, mediante:
- esclusione della verifica (punto 7.11.3.4.2 NTC), opportunamente motivata in relazione
  - verifica di stabilità (punto 7.11.3.4.3 NTC) mediante la seguente metodologia .....
- I. che l'intervento previsto risulta fattibile e compatibile con l'assetto geologico del sito:
- senza esecuzione di opere e/o interventi specifici per la mitigazione del rischio
  - previa esecuzione di opere e/o accorgimenti costruttivi da eseguirsi durante i lavori relativi all'intervento in oggetto
  - previa esecuzione di specifiche opere e/o interventi per la mitigazione del rischio da eseguirsi prima dei lavori relativi all'intervento in oggetto; in relazione a questo si specifica che tali lavori:
    - non sono stati eseguiti o sono stati eseguiti solo parzialmente
    - sono stati eseguiti nel rispetto delle prescrizioni contenute nello studio specifico e con il quale risultano compatibili

**ASSEVERA**

ai sensi dell'art. 481 del Codice Penale la conformità di quanto eseguito ai fini della relazione in oggetto alla normativa nazionale e regionale vigente e la piena osservanza della relazione alle norme sismiche vigenti.

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti di cui all'art. 10 della legge 675/96 che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

Data 15/10/2019



**MODULO 9: Approfondimento 5 relativo agli aspetti sismici (App5) – AMPLIFICAZIONE**

Nel caso di scenari PSL di tipo Z3, Z4 e relativi sottotipi (Tabella 1 p.to 2.1 Allegato 5 D.G.R. IX/2616), qualora l'analisi sismica di II° livello non fosse stata eseguita nel sito d'indagine, sebbene obbligatoria, o fosse stata eseguita ma il fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) risulti maggiore del valore di soglia comunale (FAS), \*previo specifica tolleranza ammessa dalla normativa regionale (Allegato 5 D.G.R. IX/2616); tali approfondimenti saranno da prevedere anche nel caso dello scenario PSL di tipo Z5 (Tabella 1 p.to 2.1 Allegato 5 D.G.R. IX/2616)

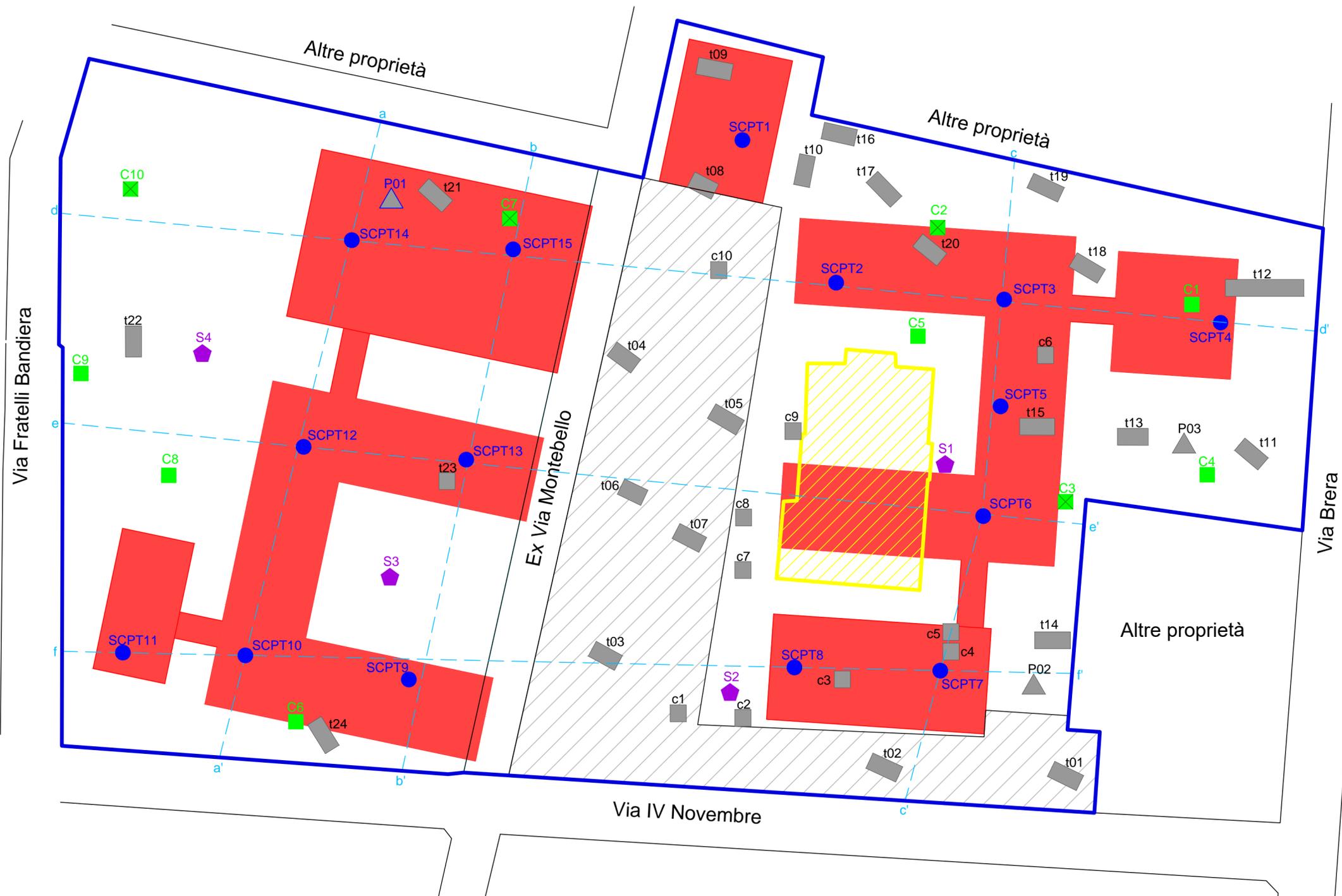
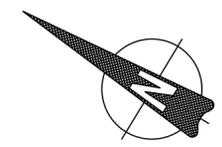
	1° grado	2° grado	3° grado
Conoscenze minime obbligatorie al 1° grado di approfondimento	<input checked="" type="checkbox"/> Modello sismo-stratigrafico del sito		
Verifiche e modellazioni al 1° grado di approfondimento	<input checked="" type="checkbox"/> Analisi di II° livello ai sensi dell'Allegato 5 DGR IX/2616 applicata al sito oggetto di intervento, previa verifica dei requisiti di applicabilità, ovvero: 1- Assenza di fenomeni 2D legati alla risonanza di bacino 2- Assenza di inversioni di velocità significative 3- Contrasti di impedenza sismica < 3 4- Valori di $V_{SH} > 250$ m/s		
Risultati al 1° grado di approfondimento	<input checked="" type="checkbox"/> $FAC \leq FAS^*$ <b>Fine approfondimento</b> Compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo corrispondente al $V_{S30}$ misurato  <input type="checkbox"/> $FAC > FAS^*$ <b>Fine approfondimento</b> Non compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo superiore a quella corrispondente al $V_{S30}$ misurato	<input type="checkbox"/> $FAC > FAS^*$  Nel caso non siano disponibili schede di II° livello valide per la situazione investigata o nel caso si voglia aumentare il grado di accuratezza delle previsioni  2° grado di approfondimento	<input type="checkbox"/> Non applicabilità dell'analisi di II° livello  Obbligo del 3° grado di approfondimento  Oppure nel caso <input type="checkbox"/> $FAC > FAS^*$ e nel caso si scelga di NON utilizzare la Categoria di Sottosuolo superiore a quella corrispondente al $V_{S30}$ misurato  3° grado di approfondimento
Indagini integrative minime obbligatorie al 2° grado di approfondimento		<input type="checkbox"/> Indagine sismica di tipo MASW e/o rifrazione onde SH	
Verifiche e modellazioni al 2° grado di approfondimento		<input type="checkbox"/> Verifica ed integrazione del modello geofisico del sottosuolo e analisi numeriche, utilizzando gli accelerogrammi di input regionali e calcolo di FAC	
Risultati al 2° grado di approfondimento		<input type="checkbox"/> $FAC \leq FAS^*$ <b>Fine approfondimento</b> Compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo corrispondente al $V_{S30}$ misurato  <input type="checkbox"/> $FAC > FAS^*$ <b>Fine approfondimento</b> Non compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo superiore a quella corrispondente al $V_{S30}$ misurato	Nel caso <input type="checkbox"/> $FAC > FAS^*$  e nel caso si scelga di NON utilizzare la Categoria di Sottosuolo superiore a quella corrispondente al $V_{S30}$ misurato  3° grado di approfondimento
Indagini integrative minime obbligatorie al 3° grado di approfondimento			<input type="checkbox"/> Indagine di sismica superficiale combinata con più tecniche, compreso ARRAY2D con velocimetri ad acquisizione sincrona nei casi di substrato rigido posto a profondità maggiori di 20-30 m
Verifiche e modellazioni al 3° grado di approfondimento			<input type="checkbox"/> Analisi di risposta sismica locale con sets accelerometrici di input opportunamente selezionati (almeno due gruppi ciascuno da 7 accelerogrammi per SLV e SLD)
Risultati al 3° grado di approfondimento			<input type="checkbox"/> Spettri di risposta elastici e/o accelerogrammi calcolati al piano di fondazione <b>Fine approfondimento</b>



## Elenco Elaborati Grafici

**Dott. MARCO STOPPA - GEOLOGO**  
GEOLOGIA IDROGEOLOGIA E GEOLOGIA AMBIENTALE  
Ordine Regionale dei Geologi del Piemonte n° 482

Strada Biandrate, 24 - 28100 Novara (NO)  
Tel. 0321.407246 - 347.2540415  
marco.stoppa@geologipiemonte.it



**LEGENDA**

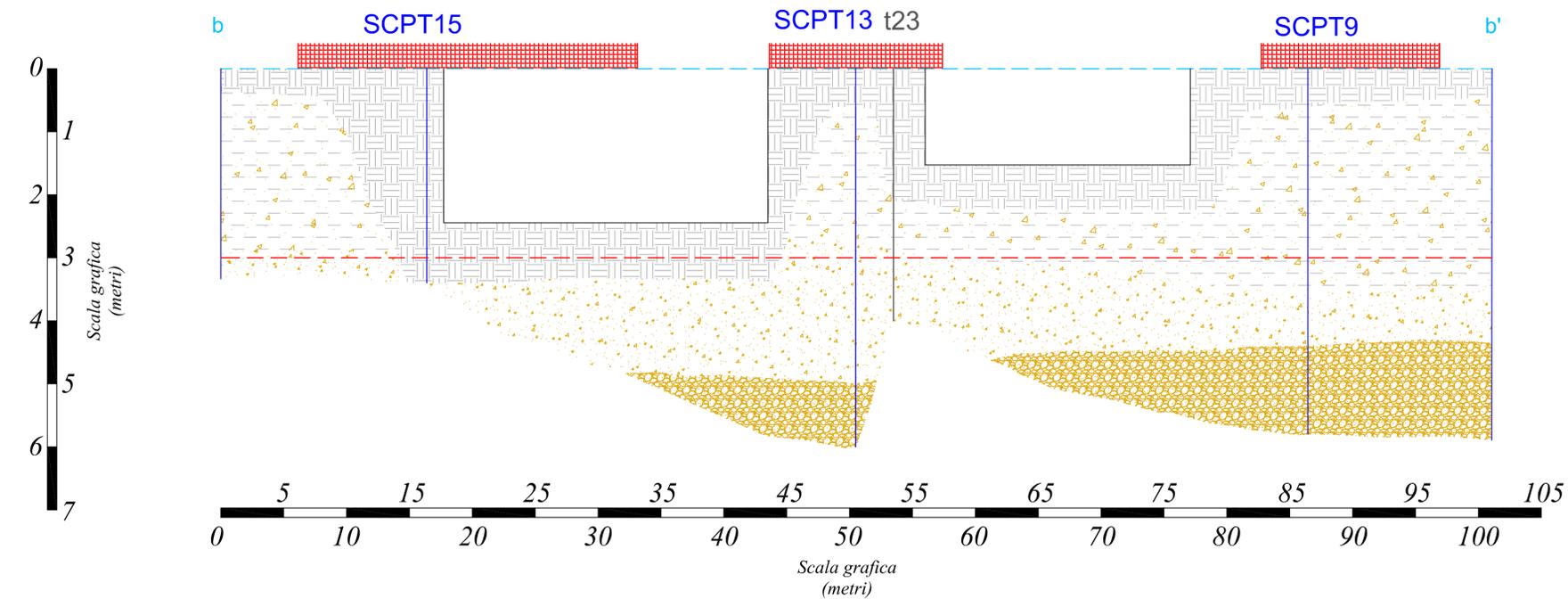
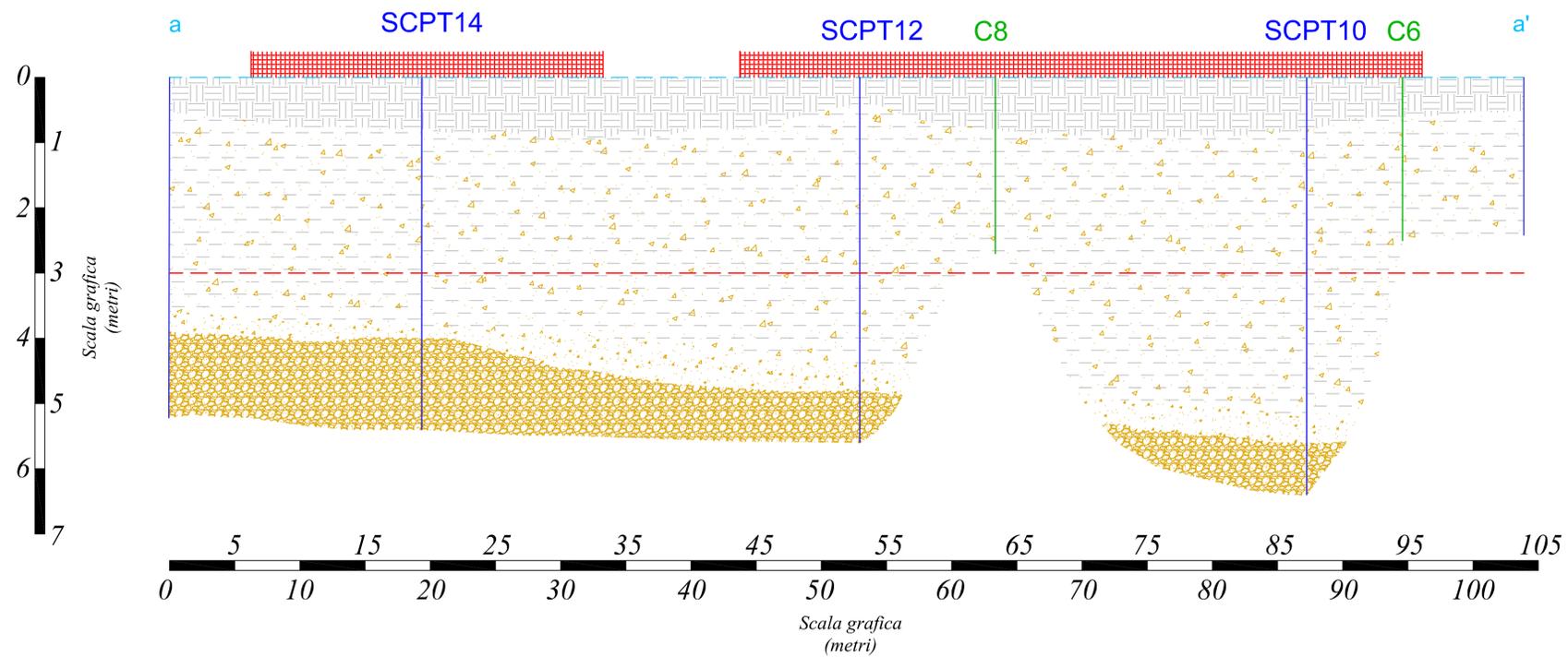
Indagini di caratterizzazione Dott. Tumaini - anno 2013	Indagini nuovo plesso scolastico
<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: grey; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> c Sondaggi</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: grey; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> t Trincee</li> <li><span style="display: inline-block; width: 0; height: 0; border-left: 5px solid transparent; border-right: 5px solid transparent; border-bottom: 10px solid grey; margin-right: 5px;"></span> P Piezometri non più esistenti</li> <li><span style="display: inline-block; width: 0; height: 0; border-left: 5px solid transparent; border-right: 5px solid transparent; border-bottom: 10px solid blue; margin-right: 5px;"></span> P Piezometro esistente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: green; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> C Pozzetti geognostici</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: green; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> C Prove di percolazione</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: blue; border: 1px solid black; border-radius: 50%; margin-right: 5px;"></span> SCPT Prove penetrometriche</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: purple; border: 1px solid black; border-radius: 50%; margin-right: 5px;"></span> S Indagini sismiche</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: red; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Nuovo plesso scolastico</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background: repeating-linear-gradient(45deg, transparent, transparent 2px, yellow 2px, yellow 4px); border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Edificio industriale esistente dismesso</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid blue; margin-right: 5px;"></span> Confine di proprietà</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background: repeating-linear-gradient(45deg, transparent, transparent 2px, grey 2px, grey 4px); border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Area soggetta a limitazioni d'uso ambientali</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border-bottom: 1px dashed blue; margin-right: 5px;"></span> a a' Traccia sezioni lito-stratigrafiche</li> </ul>

Il Progettista:



Committente:	<b>Comune di Inveruno</b> <i>Via Senatore Giovanni Marcora, 38/40 - 20010 Inveruno (MI)</i>
Lavoro:	<b>NUOVO PLESSO SCOLASTICO COMUNALE</b> progetto definitivo Via IV Novembre, 6 - 20010 Inveruno (MI) RELAZIONE SULLE INDAGINI, R1- RELAZIONE GEOLOGICA, R3- RELAZIONE DI FATTIBILITA'
Elaborato:	Tav. <b>Geo.01</b> Scala: 1:500 Data: Ottobre 2019
<b>Ubicazione indagini</b> <b>Tracce sezioni lito-stratigrafiche</b>	

Il presente elaborato tecnico è tutelato sui diritti d'autore dalla legge n. 633 del 22/04/1942 e n. 1485 del 14/12/1942 e pertanto ogni riproduzione anche parziale risulta essere proibita senza la preventiva autorizzazione dei progettisti



LEGENDA	
	Terreno di riporto
	Sabbia limosa con ghiaietto
	Sabbia ghiaiosa con qualche ciottolo
	Ghiaia e ciottoli con sabbia
	Nuovo plesso scolastico
	Verticale trincee
	Verticale pozzetti geognostici
	Verticale prove penetrometriche
	Traccia sezioni lito-stratigrafiche
	Confine di proprietà
	Quota imposta fondazione

Il Progettista:



(Dott. Geol. Marco Stoppa)

Committente: **Comune di Inveruno**  
Via Senatore Giovanni Marcora, 38/40 - 20010 Inveruno (MI)

Lavoro: **NUOVO PLESSO SCOLASTICO COMUNALE**  
progetto definitivo  
Via IV Novembre, 6 - 20010 Inveruno (MI)  
RELAZIONE SULLA INDAGINI, R1- RELAZIONE GEOLOGICA, R3- RELAZIONE DI FATTIBILITA'

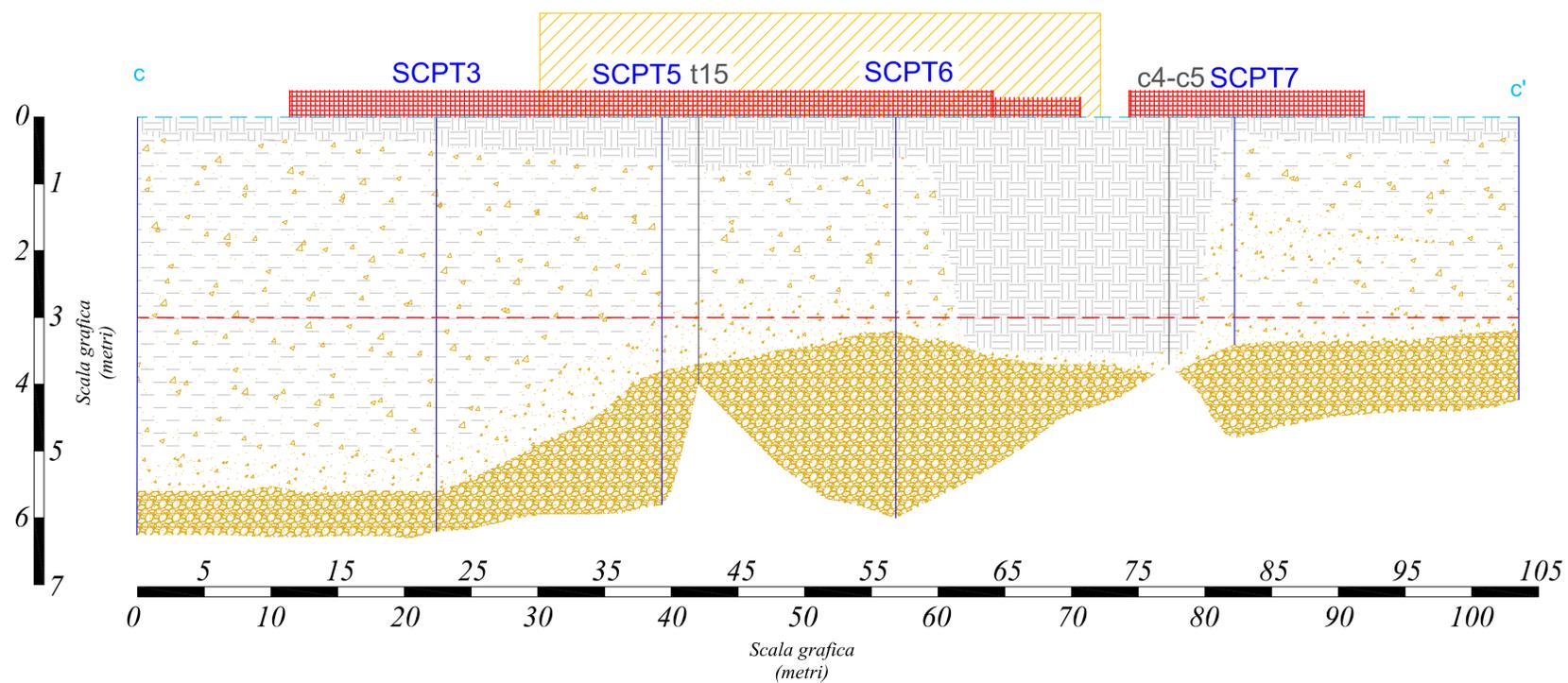
Elaborato: **Sezioni lito-stratigrafiche interpretative a-a' e b-b'**

Tav. **Geo.02a**

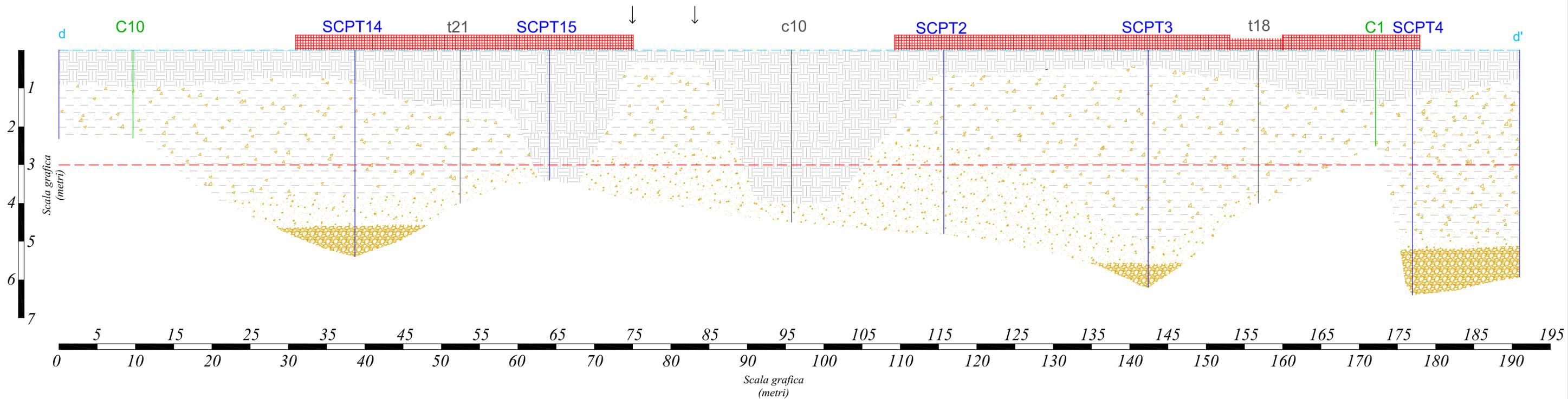
Scala: - : -

Data: Ottobre 2019

Dott. MARCO STOPPA - Geologo  
GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA E GEOLOGIA AMBIENTALE



LEGENDA			
	Terreno di riporto		Verticale trincee
	Sabbia limosa con ghiaietto		Verticale pozzetti
	Sabbia ghiaiosa con qualche ciottolo		Verticale pozzetti geognostici
	Ghiaia e ciottoli con sabbia		Verticale prove penetrometriche
	Nuovo plesso scolastico		Confine di proprietà
	Edificio industriale esistente dismesso		Limiti ex Via Montebello
	Traccia sezioni lito-stratigrafiche		
	Quota imposta fondazioni		



Il Progettista:



Committente: **Comune di Inveruno**  
Via Senatore Giovanni Marcora, 38/40 - 20010 Inveruno (MI)

Lavoro: **NUOVO PLESSO SCOLASTICO COMUNALE**  
progetto definitivo  
Via IV Novembre, 6 - 20010 Inveruno (MI)  
RELAZIONE SULLE INDAGINI, R1- RELAZIONE GEOLOGICA, R3- RELAZIONE DI FATTIBILITA'

Elaborato:

Sezioni lito-stratigrafiche interpretative c-c' e d-d'

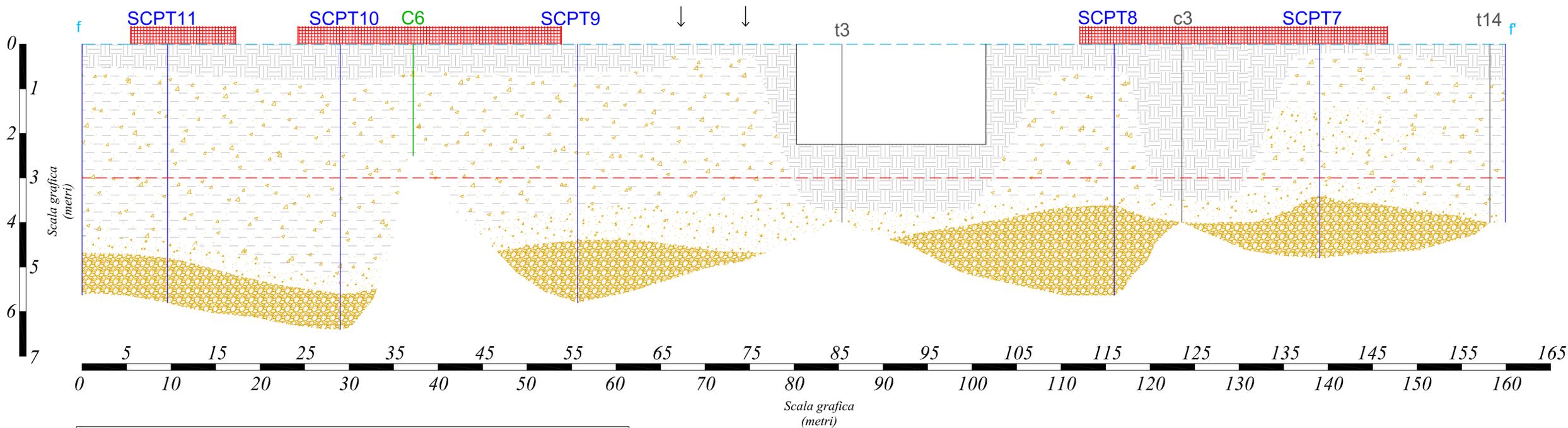
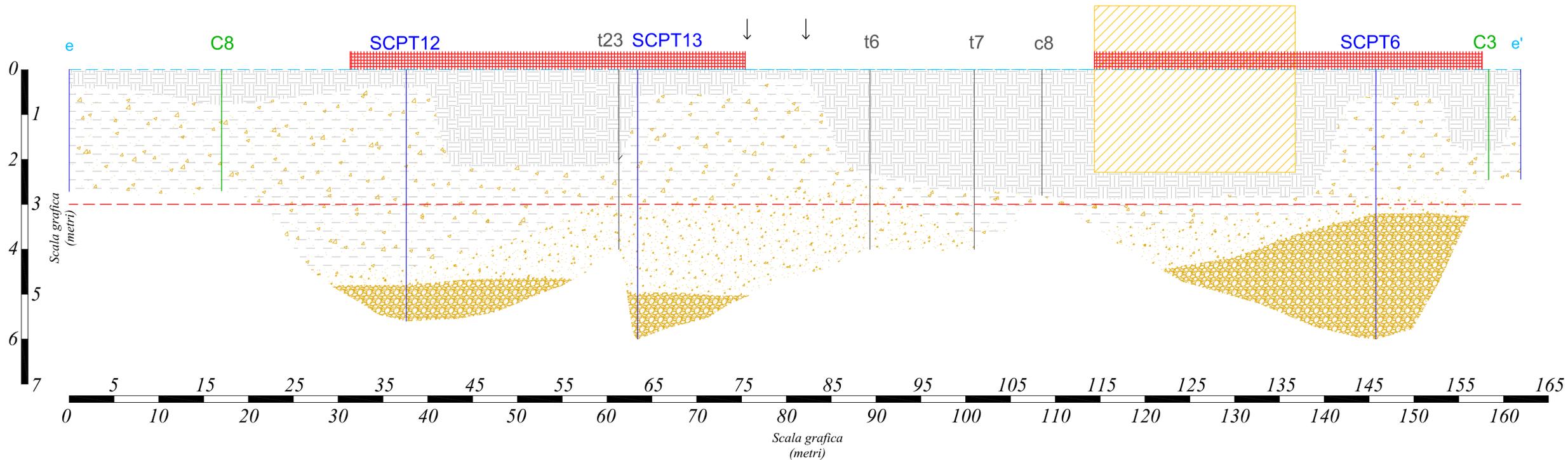
Tav. **Geo.02b**

Scala: - : -

Data: Ottobre 2019

Dott. MARCO STOPPA - Geologo

GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA E GEOLOGIA AMBIENTALE



LEGENDA			
	Terreno di riporto	t	Verticale trincee
	Sabbia limosa con ghiaietto	c	Verticale pozzetti
	Sabbia ghiaiosa con qualche ciottolo	C	Verticale pozzetti geognostici
	Ghiaia e ciottoli con sabbia	SCPT	Verticale prove penetrometriche
	Nuovo plesso scolastico		Confine di proprietà
	Edificio industriale esistente dismesso	↓ ↓	Limiti ex Via Montebello
	Traccia sezioni lito-stratigrafiche		
	Quota imposta fondazioni		

Il Progettista:



(Dott. Geol. Marco Stoppa)

Committente:	<b>Comune di Inveruno</b> Via Senatore Giovanni Marcora, 38/40 - 20010 Inveruno (MI)	Tav.	<b>Geo.02c</b>
Lavoro:	<b>NUOVO PLESSO SCOLASTICO COMUNALE</b> progetto definitivo Via IV Novembre, 6 - 20010 Inveruno (MI) RELAZIONE SULLE INDAGINI, R1- RELAZIONE GEOLOGICA, R3- RELAZIONE DI FATTIBILITA'	Scala:	- : -
Elaborato:		Data:	Ottobre 2019

Dott. MARCO STOPPA - Geologo  
GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA E GEOLOGIA AMBIENTALE