

Associazione Temporanea di Imprese tra:



Hydrodata S.p.A. capogruppo mandataria:  
via Pomba 23 - 10123 TORINO tel. 011 55 92 811, fax 011 56 20 620  
e-mail: hydrodata@hydrodata.it www.hydrodata.it



Hy.M. Studio mandatarie:  
via Pomba 23 - 10123 TORINO tel. 011 56 13 103, fax 011 55 92 891  
e-mail: hym@hymstudio.it www.hymstudio.it



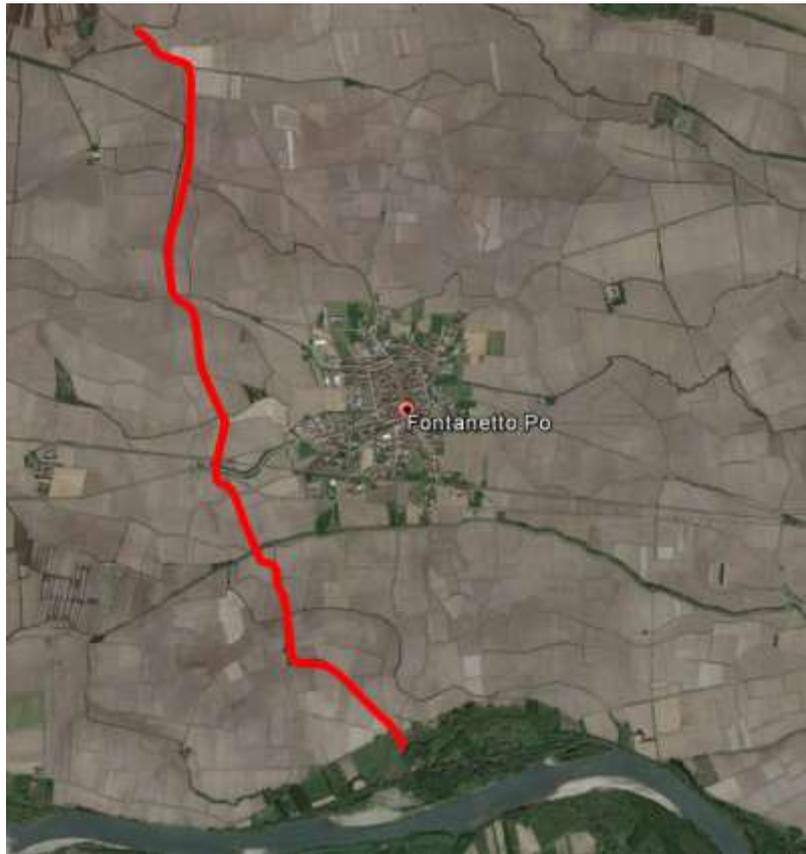
# COMUNE DI FONTANETTO PO

Provincia di Vercelli



## REALIZZAZIONE CANALE SCOLMATORE AD OVEST DI FONTANETTO PO

### PROGETTO ESECUTIVO

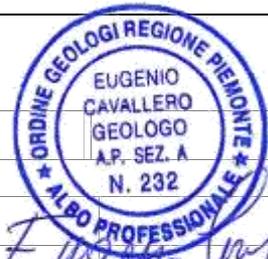


## Relazione geologico-geotecnica - esiti indagini geognostiche

CODICE DOCUMENTO

ELABORATO

3218	-	0	9	-	0	1	4	0	1	.	DOC	5.1
------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----	-----



01	MAR. 22	E.CAVALLERO	R.BERTERO	C.SOLDERA	
00	OTT. 21	E.CAVALLERO	R.BERTERO	C.SOLDERA	
REV.	DATA	REDAZIONE	VERIFICA	AUTORIZZAZIONE	MODIFICHE



## INDICE

1. PREMESSA	1
2. ANALISI GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICA DELLA FASCIA DI TERRITORIO INTERESSATA DALLA REALIZZAZIONE DEL COLLETTORE	1
2.1 Inquadramento generale dell'area di intervento	1
2.2 Stato del dissesto	6
2.3 Caratterizzazione geologico - stratigrafica dei terreni in funzione degli esiti delle indagini geognostiche	10
2.3.1 Indagini geognostiche	10
3. IDROGEOLOGIA	14
4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI INTERESSATI DALLA REALIZZAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO	17
5. SISMICITÀ LOCALE	19
6. VERIFICHE AL SIFONAMENTO DEL RILEVATO ARGINALE	21
6.1 Considerazioni generali	21
6.2 Esecuzione delle verifiche	21
7. VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE DELLA SPONDA E DEL RILEVATO ARGINALE	23
8. CONCLUSIONI	25

ALLEGATO 1 - Esiti indagini geognostiche

ALLEGATO 2 - Analisi granulometriche

ALLEGATO 3 - Foglio di calcolo dei parametri sismici

ALLEGATO 4 - Risultati verifiche di stabilità globale argine/sponda

ALLEGATO 4A - Relazione e sezione di calcolo per la verifica in condizioni non drenate/svaso rapido

ALLEGATO 4B - Relazione e sezione di calcolo per la verifica in condizioni drenate e canale vuoto

ALLEGATO 5 – Caratterizzazione terreno – determinazione dell'amianto (SEM)

## 1. PREMESSA

Il presente documento costituisce la *Relazione geologico-geotecnica*, con indicazione della caratterizzazione sismica di riferimento, redatta in conformità al D.M. 17/01/2018 (NTC 2018) e successive modifiche e integrazioni, facente parte del "Progetto esecutivo" per la "Realizzazione canale scolmatore ad ovest di Fontanetto Po" in provincia di Vercelli.

Gli interventi previsti per la realizzazione del canale scolmatore a difesa dell'abitato di Fontanetto Po dalle acque di esondazione della rete irrigua esistente ad Ovest dell'abitato comporteranno attività di scavo e riporto sull'intero tracciato dell'opera; in particolare, le attività di scavo sono previste per la risagomatura della sezione dei canali esistenti in cui verrà impostato il nuovo canale, adeguandolo alle rispettive portate previste per ciascun tratto compreso tra nodo e nodo, e contemporaneamente le attività di riporto dei materiali escavati serviranno per la realizzazione di due piste alzaie (di servizio e manutenzione).

Le attività di scavo interesseranno inoltre la realizzazione di tutte le opere accessorie del canale scolmatore quali:

- gli scassi, in corrispondenza dei nodi idraulici con le rogge irrigue, per la realizzazione dei manufatti in c.a. provvisti di paratoie sui lati di valle per la corretta regolazione dei flussi;
- il pre-scavo funzionale al posizionamento a spinta di un manufatto scatolare in c.a. che attraverserà il rilevato la linea ferroviaria Chivasso-Casale Monferrato consentendo di annullare l'interferenza del canale con la stessa;
- la posa di manufatti per annullare l'interferenza con la viabilità Provinciale (SP31bis ed SP33);
- l'opera di sifonamento da realizzarsi al di sotto della Roggia Camera.

Allo scopo di acquisire conoscenze di maggiore dettaglio delle caratteristiche dei terreni interessati dagli scavi, con particolare riferimento alle aree in cui è prevista la realizzazione di sifoni, sono stati realizzati, a cura della società Citiemme di Torino, tra il 14 e il 18 Novembre 2016, 3 sondaggi geognostici, attrezzati con piezometro; su due di essi (S1 e S2) sono stati installati a partire dall'inizio di gennaio 2017 due sonde con datalogger per la registrazione in continuo della soggiacenza. Si è proceduto inoltre allo scavo a mano o tramite escavatore fornito dal Consorzio Irriguo di Fontanetto Po, il 18 e il 21 novembre 2016, di 4 pozzetti esplorativi, distribuiti lungo il tracciato di progetto dello scolmatore stesso.

Negli elaborati 5.1A e 5.1B sono riportati rispettivamente la "Carta geologica, geotecnica, geomorfologica e idrogeologica" in scala 1:5000 e il "Profilo geologico, geotecnico e idrogeologico" in scala 1/2000 - 1/200.

## 2. ANALISI GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICA DELLA FASCIA DI TERRITORIO INTERESSATA DALLA REALIZZAZIONE DEL COLLETTORE

### 2.1 Inquadramento generale dell'area di intervento

L'area interessata dalla realizzazione delle opere in progetto è ubicata entro il settore sud-occidentale della Pianura Vercellese; si tratta delle propaggini meridionali di un'ampia pianura alluvionale caratterizzata dalla presenza di una serie di ripiani terrazzati in progressivo raccordo con l'alveo del Po. Tali ripiani sono costituiti da superfici delimitate da scarpate erosionali modellate nell'ambito dell'alternanza di eventi erosivo-deposizionali ad opera del Po, a cui quindi si deve il maggior controllo sulla morfologia dell'area.

Gli stessi processi di erosione fluviale, operanti in sponda destra alla base dei rilievi collinari dal Po, hanno inoltre determinato un progressivo arretramento verso Sud del limite tra area di pianura e zona collinare, con formazione di ripide scarpate, che localmente si sono evolute in calanchi.

Nell'area in oggetto sono tuttora visibile tracce degli alvei abbandonati del Po, che in tempi geologici relativamente recenti, indicativamente riconducibili all'ultima glaciazione e al relativo interglaciale, divagava in tutta la fascia valliva compresa tra i rilievi collinari e l'allineamento San Grisante, San Genuario e Bosco della Partecipanza.

Per quanto riguarda la fascia di pianura direttamente interessata dalla realizzazione delle opere in progetto, facendo riferimento alla cartografia 1:50000 del progetto CARG (Foglio Trino) i depositi alluvionali sono riconducibili al *Sintema di Palazzolo*, si tenga tuttavia presente che detto Foglio Trino copre solo il tratto meridionale del tracciato delle opere di progetto, mentre quello settentrionale ricadrebbe nel foglio Santhià la cui stesura non risulta ancora programmata; tale sintema è a sua volta suddiviso nei seguenti Subsintemi:

- *Subsintema di Trino* (CSN1; Pleistocene Superiore): ghiaie e ghiaie sabbiose mediamente classate e struttura debolmente stratificata con rari livelli sabbiosi intercalati a laminazione piano parallela o incrociata. Debole grado di alterazione (7,5 – 10 YR) di colorazione bruno-giallastra. Al di sopra coltre di silt e silt-sabbiosi da imputarsi a esondazioni fluviali. Tale unità corrisponde ai terrazzi più alti della zona del Bosco della Partecipanza di Trino e verosimilmente non interessa il tracciato delle opere in progetto, sicuramente non il tratto ricedente nel Foglio Trino;
- *Subsintema di Crescentino* (CSN2; Pleistocene sup. – Olocene): Ghiaie e Ghiaie sabbiose mediamente classate e struttura debolmente stratificata con rari livelli sabbiosi intercalati a laminazione piano parallela o incrociata. Debole grado di alterazione (7,5 – 10 YR) di colorazione bruno-giallastra. Al di sopra coltre di silt e silt-sabbiosi da imputarsi a esondazioni fluviali. Corrisponde all'unità geologica su cui si svilupperà gran parte, se non la totalità, del tracciato.
- *Subsintema di Ghiaia Grande* (CSN3; Olocene - Attuale): fascia di divagazione e rimodellamento ad opera del Fiume Po costituita da ghiaie e ghiaie-sabbiose non alterate e poco classate. Su tale unità è impostato il tratto terminale dello scolmatore su cui, tuttavia, non son previsti interventi diretti.

In Figura 1 è riportato un estratto del foglio Trino del progetto CARG, mentre in Figura 2 è riportato uno schema dei rapporti stratigrafico-deposizionali tra i subsintemi descritti sopra. Nell'elaborato 5.1° è riportata la carta geologico-geotecnica dell'area di intervento.



Figura 1 - Foglio n. 157 "Trino" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (progetto CARG). In rosso tratteggiato il tracciato indicativo delle opere in progetto.

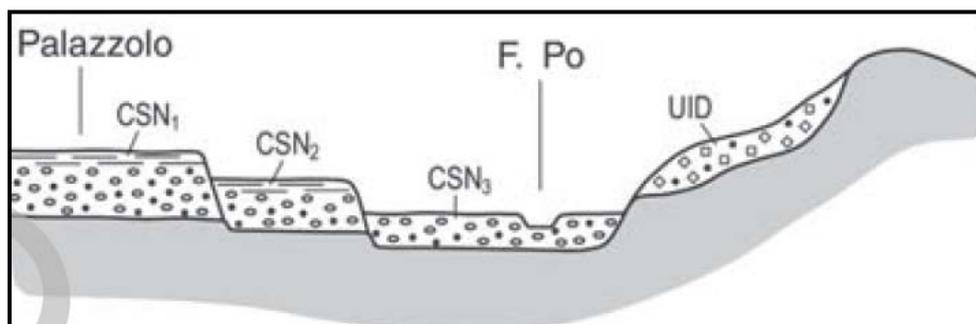


Figura 2 - Estratto dalle Note illustrative alla Carta Geologica Foglio 157 "Trino". I depositi ghiaiosi, nei loro vari rapporti terrazzati, sovrastanti il substrato della platea sommersa di Trino.

Dal confronto con il foglio "Vercelli" della Carta Geologia d'Italia 1:100000 (cfr. si evidenzia che, almeno in tale area, il *Subsistema di Crescentino* corrisponde al *fluvioglaciale Wurm* (a<sup>1</sup> fg<sup>w</sup>) e il *Subsistema di Ghiaia Grande* alle *alluvioni recenti e attuali* (a<sup>2</sup> – a<sup>3</sup>). Si apprezza inoltre che anche il tratto settentrionale del tracciato, non riportato sul foglio CARG, è quindi impostato sul *Subsistema di Crescentino*.



Figura 3 - Foglio "Vercelli" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. In rosso tratteggiato il tracciato indicativo delle opere in progetto.

Va rilevato, per altro, che le indagini stratigrafiche e geologico-strutturali hanno evidenziato la presenza, nell'area di Palazzolo-Trino, di un alto strutturale, corrispondente ad una falda, in gran parte sepolta, del sistema del Monferrato. Evidenze di tale struttura si hanno presso l'area del Bosco della Partecipanza di Trino ove affiorano serie marine Oligo-Mioceniche. In particolare, gli studi condotti in passato e sintetizzati nelle *Note Illustrative del Foglio Trino del CARG* hanno evidenziato come il *Sistema di Palazzolo* poggia in ampi settori posti a Sud del Bosco della Partecipanza direttamente su una platea modellata dai processi erosionali del Po, costituita da dette successioni Oligo-Mioceniche, ovvero probabilmente dalla *Formazioni delle Marne di Antognola* e, in minor misura, alla *Formazione di Casale Monferrato*. Tali successioni, nell'area di Palazzolo, sono rinvenibili al di sotto del materasso alluvionale ad una profondità variabile dai 5 a i 15 m da p.c. Sulla base della ricostruzione riportata nelle note illustrative del CARG (cfr. Figura 4) tale platea si estende fino all'abitato di Fontanetto e potrebbe quindi interessare anche il tracciato dello scolmatore in progetto.

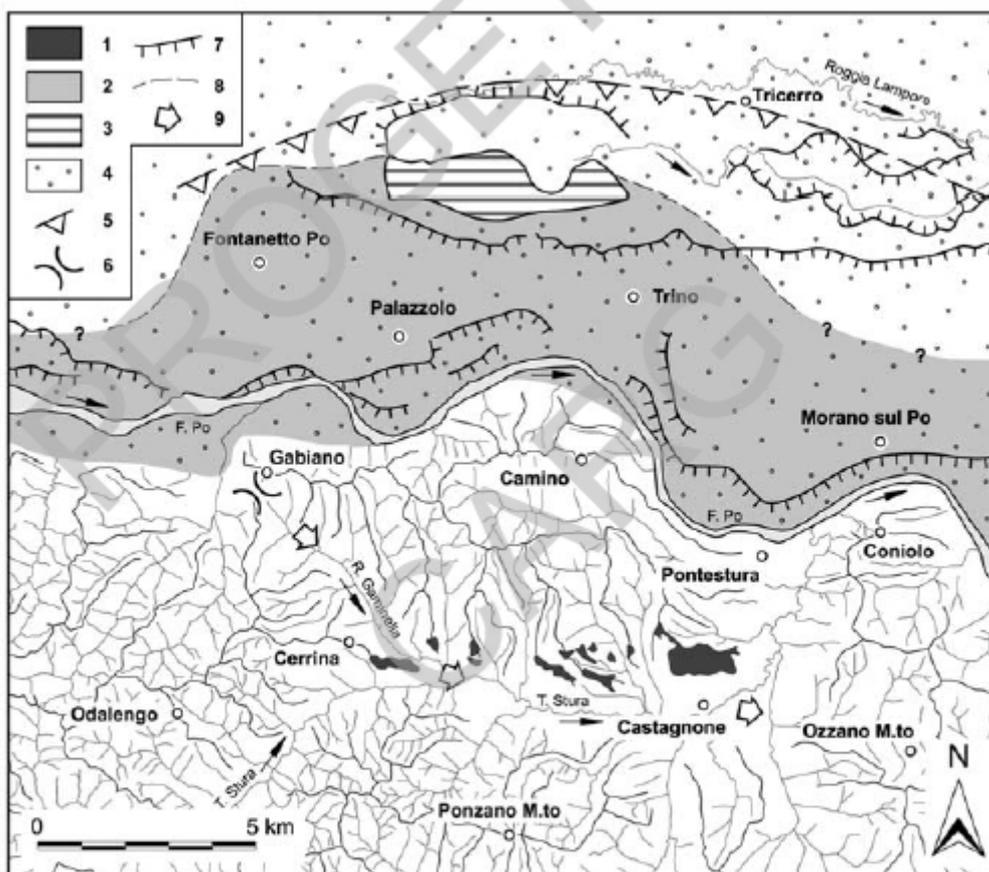


Fig. 9. - Schema morfologico dell'area di Trino. 1: depositi sabbioso-ghiaiosi del Sistema di Cerrina; 2: platea sepolta di Trino; 3: rilievo isolato di Trino; 4: depositi alluvionali; 5: thrust padano; 6: sella di Gabiano; 7: cigli di terrazzo; 8: limite riconosciuto della platea sepolta di Trino; 9: andamento della paleo-Dora.

Figura 4 – Schema della platea di Trino tratto dalle note illustrative del Foglio Trino del CARG

A tal proposito va tuttavia rilevato che sia dai sondaggi ricavati dalla banca dati dell'ARPA, sia da quelli effettuati nell'ambito del presente progetto, si desume che la potenza del Subsistema di Crescentino, almeno nell'intorno del paese si aggira attorno a 10-12 m. La base è costituita da un livello argilloso limoso, per lo più grigio blu, apparentemente riconducibile a depositi in facies villafranchiana, piuttosto che alle formazioni marine oligomioceniche (cfr. anche capitolo successivo), ovvero probabilmente, riprendendo quanto riportato sulle note illustrative del CARG alla luce degli esiti di alcuni sondaggi terebrati subito a Nord di Crescentino, a quella "successione di sedimenti pliocenici, costituita da un'alternanza di sabbie e limi di colore grigio-bluastro con rari livelli torbosi, posta ad una profondità del piano campagna compresa tra 21 e 25 m".

Va per altro ricordato che nell'area di cascina Costa, posta immediatamente a Nord dell'inizio del tratto di monte del canale scolmatore, non solo sono stati terebrati numerosi pozzi artesiani, ma anche un pozzo AGIP per le ricerche petrolifere (il Crescentino 1 - per l'ubicazione si veda la Figura 3). Ora tale pozzo pur essendo stato spinto fino a 500 m di profondità non ha raggiunto il tetto del Pliocene, e quindi tanto meno i depositi

oligomiocenici che costituiscono la platea, e ha permesso di individuare il limite tra alluvioni recenti e Pleistocene a circa 180 m dal piano campagna.

Risulta quindi evidente che nell'area subito a Ovest di Fontanetto il limite tra falde alloctone del Monferrato e coperture alluvionali autoctone (siano esse recenti o in facies villafranchiana) si abbassa molto rapidamente, e che a maggior ragione i lavori di scavo delle opere in progetto non dovrebbero interessare tali unità, ma essere condotti nei depositi alluvionali di copertura, quanto meno in tutto il tratto impostato sul *Subsistema di Crescentino*. Per quanto riguarda la gola del Po tale circostanza non può essere esclusa, vista la vicinanza ai rilievi collinari, tuttavia quest'area non sarà interessata, se non in misura marginale, dai lavori per la realizzazione delle opere in progetto.

Nell'elaborato 5.1B è riportato un profilo geologico e geotecnico con evidenziati i rapporti tra le unità geologiche descritte sopra.

## 2.2 Stato del dissesto

In relazione al fatto che l'area interessata dalla realizzazione delle opere in progetto ricade interamente nella pianura alluvionale Vercellese, è da escludere lo sviluppo di dissesti di natura gravitativa.

Si tratta, per contro, di un territorio storicamente soggetto alle esondazioni del Po.

Le informazioni ricavabili dalla banca dati Geologica a cura dell'Arpa Piemonte evidenzia 8 casi di danni a seguito di eventi alluvionali per attività fluviale in relazione a due specifici eventi così descritti:

- Alluvione del Novembre 1968: allagamenti su tutto il territorio comunale compresa parte dell'abitato ad opera della Roggia Camera. Diversi danni ad edifici e colture. Intervento conseguente all'evento: Ampliamento della Roggia. Fonte: Collegio dei costruttori di Vercelli (23/08/1969)
- Alluvione dell'Ottobre 2000: danni per alluvionamento con deposito di materiale limoso a strade Vicinali, comunali e attraversamenti. Inoltre registrati danni per allagamento della C.na Grosso e della C.na Gianduia. Il corso d'acqua di riferimento è il Fiume Po a cui si devono allagamenti con altezza dell'acqua variabile da 3 m a 1,50 m. Di minore misura invece risultano i danni causati dalla Roggia Stura che ha interessato esclusivamente terreni boschivi e ad uso agricolo con altezza dell'acqua compresa tra 0,60 e 0,80 m.

All'interno della banca dati del Geoportale dell'Arpa Piemonte, sono inoltre riportate informazioni relative a effetti di alluvionamento a seguito dell'evento 5-6 Novembre 1994. Come si può osservare nell'immagine sottostante, l'intero settore meridionale del territorio comunale è stato raggiunto dalle acque di esondazione del Fiume Po, coinvolgendo una fascia di pianura di circa 900 metri a Nord del Po e l'area golenale posta tra quest'ultimo e i rilievi collinari. Tale evento ha coinvolto principalmente campi e terreni agricoli raggiungendo anche la C.na Grosso e la C.na Gianduia.

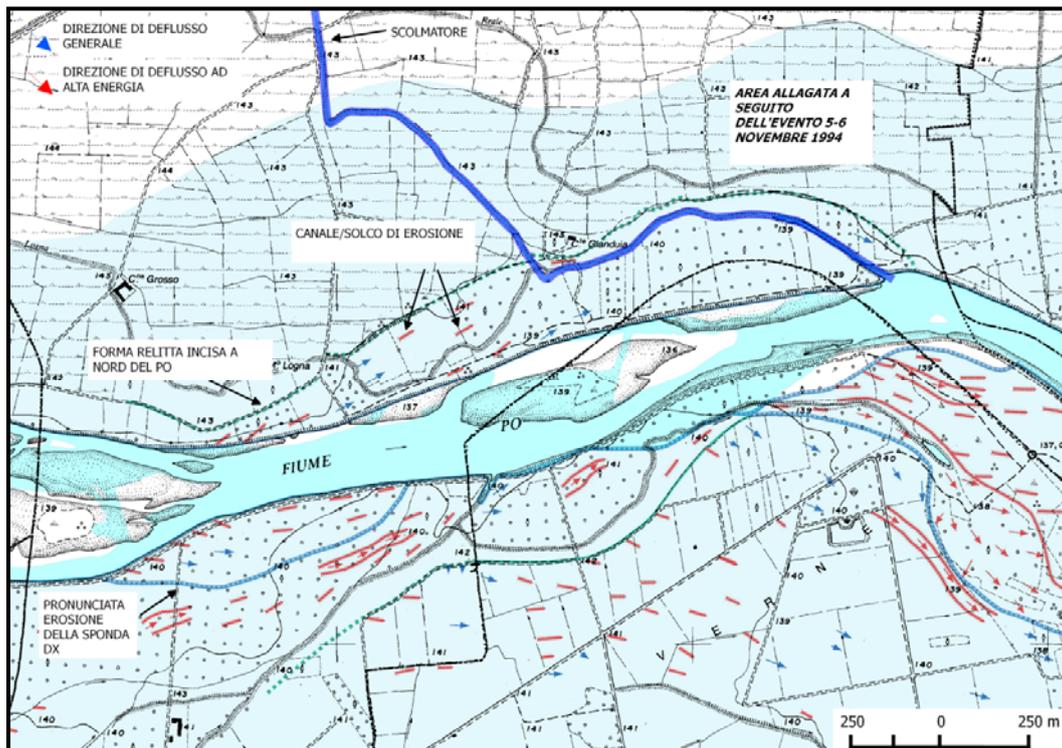


Figura 5: Aree inondate dall'evento 5-6 nov. 1994 nel comune di Fontanetto PO – In blu il tracciato indicativo dello scolmatore comprensivo del tratto terminale nella golena del Po per il quale non sono previsti interventi diretti.

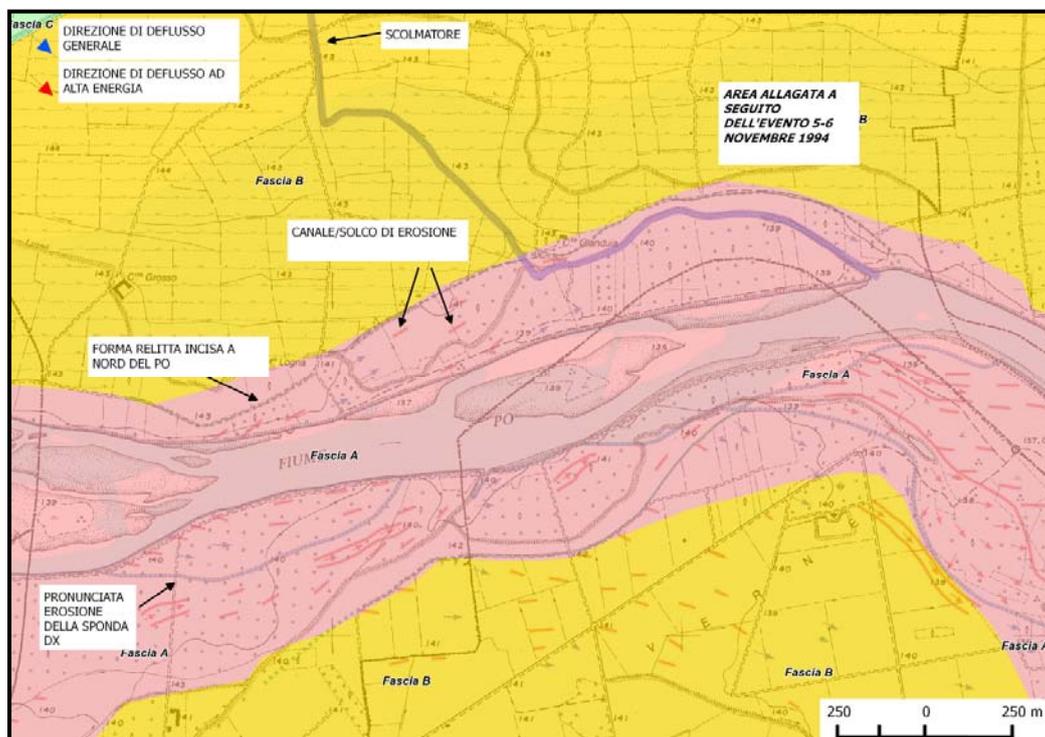


Figura 6 - confronto tra le aree allagate nel novembre 1994 e le Fasce fluviali del PAI. In blu il tracciato indicativo dello scolmatore comprensivo del tratto terminale nella golena del Po per il quale non sono previsti interventi diretti.

Dall'analisi degli scenari definiti nell'ambito del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni dell'Autorità di Bacino del Po si osserva (cfr. Figura 7) che l'abitato di Fontanetto rientra all'interno della fascia corrispondente allo scenario L (Scarsa probabilità di alluvione o eventi estremi – ex fascia C). La fascia dello scenario M (poco frequente - ex fascia B) ha inizio poco a Sud della Roggia Camera; quest'ultima fascia nell'area in oggetto per ampi tratti coincide con quella dello scenario H (frequente - ex fascia A) da cui differisce solo in alcuni limitati subito a Sud dell'abitato.

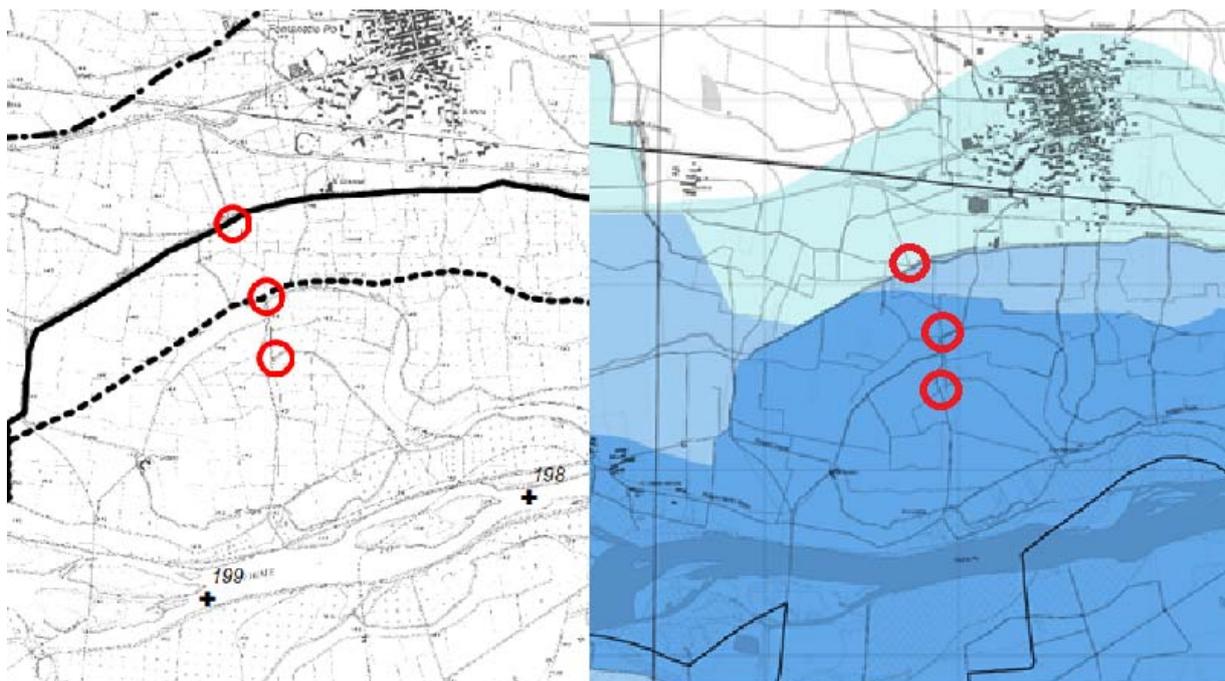
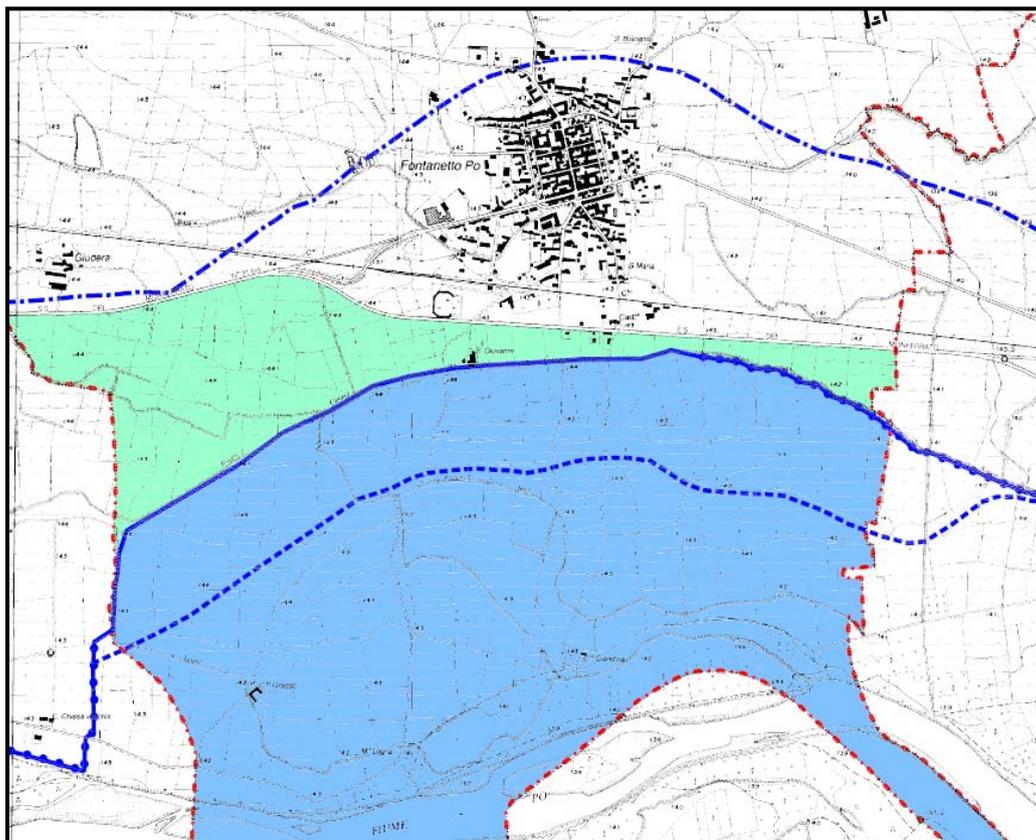


Figura 7 - A destra rappresentazione grafica delle Fasce del Piano alluvioni sul territorio comunale – In rosso gli attraversamenti dei principali canali, in verde azzurro chiaro lo scenario L (raro), in azzurro lo scenario M (poco frequente), in blu la fascia H (frequente). A sinistra i limiti della fascia A (tratteggiata), B (linea continua) e C (linea tratto – punto).

Si riporta nel seguito lo stralcio della carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica del PRG comunale, con relativa legenda; si evidenzia una sostanziale concordanza con quanto definito nel PAI prima e nel piano alluvioni poi, fatto salvo un ampliamento della Classe IIIa rispetto allo scenario M. Risulta altresì evidente che ampie aree delle opere in progetto ricadono nelle aree di potenziale esondazione del Po.



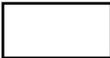
<b><u>CLASSE I</u></b>
<p> -Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche: gli interventi sia pubblici che privati sono di norma consentiti nel rispetto delle prescrizioni del D.M. 11/03/88.</p>
<b><u>CLASSE II</u></b>
<p> -Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livello di norme di attuazione ispirate al D.M. 11/03/88 e realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'intorno significativo circostante.</p>
<b><u>CLASSE III</u></b>
<p> -<b>Classe IIIa</b> - Porzioni di territorio inedificate che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che le rendono inadatte a nuovi insediamenti (aree alluvionabili da acque di esondazione ad elevata energia).</p>

Figura 8 – Stralcio della carta della Pericolosità del PRG del Comune di Fontanetto.

## 2.3 Caratterizzazione geologico - stratigrafica dei terreni in funzione degli esiti delle indagini geognostiche

### 2.3.1 Indagini geognostiche

Le indagini geognostiche sono state articolata in varie fasi, in situ ed in laboratorio, al fine di consentire un affinamento del modello geologico e geotecnico dell'area oggetto di studio interessato dal tracciato dell'opera.

La campagna geognostica condotta in situ, nel periodo compreso tra il 14/11/16 e il 18/11/16, finalizzata all'accertamento delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei depositi, è consistita in quanto segue:

- n.3 sondaggi meccanici a carotaggio continuo (S3218/1, S3218/2 ed S3218/3) spinti a profondità variabili tra 12 e 15 m dal p.c., attrezzati fino alla profondità di 12 m dal p.c. con piezometri a tubo aperto in PVC per il rilievo della falda acquifera intercettata (per le stratigrafie di dettaglio si rimanda all'allegato 1 - "Rapporto certificativo delle indagini geognostiche" a cura dell'impresa Citiemme);
- complessive n.9 prove S.P.T. (*Standard Penetration Test*) eseguite all'interno dei fori di sondaggio contestualmente alla perforazione (n.3 per ciascuna verticale d'indagine) alle profondità indicate in stratigrafia (cfr. allegato 1) per la stima dei parametri geotecnici di progetto;
- n.4 pozzetti esplorativi con profondità di 1,00 m distribuiti lungo tutto il tracciato dell'opera.

Oltre ai sondaggi appositamente realizzati in situ per il presente studio, è stato possibile reperire inoltre in bibliografia, nella Banca dati geotecnica della Regione Piemonte, la stratigrafia delle seguenti perforazioni effettuate in passato in un intorno significativo al tracciato di progetto:

- n.1 sondaggio a carotaggio continuo con profondità pari a 15,00 m dal p.c. (Pozzo Prismas) realizzato nel 2005 in un sito limitrofo ai sondaggi S3218/1 ed S3218/3, sempre nel Comune di Fontanetto Po (VC) in località Cimitero comunale - S.P. 31 bis;
- n.1 sondaggio a carotaggio continuo con profondità pari a 16,50 m dal p.c. (nome perf. GP2105 cod. 102426) realizzato nel 1984 nel Comune di Fontanetto Po (VC) in località Loggia Cerca;
- n.1 sondaggio a carotaggio continuo con profondità pari a 13,50 m dal p.c. (nome perf. GP2122 cod. 102447) realizzato nel 1984 nel Comune di Fontanetto Po (VC) in località C.na Gianduia.

Infine, è stato possibile reperire, presso il Consorzio irriguo di Fontanetto Po, la stratigrafia di un pozzo artesiano, con profondità pari a -52,15 m, che alimenta la rete irrigua ubicato circa un 1 Km a Nord del pozzetto esplorativo Pex P1 in regione Apertole – Cascina Costa.

Sono stati prelevati inoltre i seguenti campioni sottoposti ad analisi granulometrica (cfr. allegato 2):

- sondaggio S3218/1: n.1 campione rimaneggiato prelevato alla profondità compresa tra -3,00 e -4,00 m dal p.c.;
- pozzetto esplorativo Pex P7: n.1 campione rimaneggiato prelevato alla profondità di -0,50 m dal p.c. all'interno dello scavo realizzato nelle alluvioni recenti del fiume Po.

La successione litostratigrafica locale dell'area indagata, che è stata possibile accertare direttamente mediante la realizzazione di n.3 sondaggi geognostici, integrata con le stratigrafie di sondaggi e pozzi reperibili in bibliografia, evidenzia una sostanziale omogeneità in senso laterale, pur in presenza di variazioni anche significative delle potenze dei principali livelli, in pieno accordo con l'interpretazione geologica attribuita alla

genesi dell'intero deposito, cioè di natura fluviale, già descritta più sopra. La geometria dei corpi sedimentari in cui sono organizzati i depositi, in considerazione dell'origine fluviale, è lentiforme con passaggi laterali in eteropia di facies.

Il modello litotecnico dell'area d'indagine è stato ricostruito sulla base delle seguenti stratigrafie.

- Sondaggi appositamente realizzati per il presente studio

- **S3218/1**

- da 0,00 a -1,00 m dal p.c.: terreno di riporto e/o rimaneggiato sabbioso-limoso con ghiaia fine sparsa;
- da -1,00 m a -2,40 m dal p.c.: limo sabbioso passante a limo argilloso;
- da -2,40 m -11,90 m dal p.c.: ghiaia eterometrica con sabbia debolmente limosa con ciottoli (diam. max 10-12 cm). Verso la fine di tale unità si trovano alcune intercalazioni pluricentriche di limo argilloso e sabbia limosa;
- da -11,90 m a -15,00 m dal p.c.: siltite marnoso-sabbiosa;

- **S3218/2**

- da 0,00 a -1,00 m dal p.c.: terreno rimaneggiato e/o di riporto limoso-sabbioso con ghiaia sparsa;
- da -1,00 m a -5,00 m dal p.c.: limo sabbioso a tratti debolmente argilloso con intercalati livelli centimetrici sabbiosi fini;
- da -5,00 m -9,30 m dal p.c.: ghiaia eterometrica e/o ghiaia ciottolosa (diam. max 10-12 cm) in matrice sabbiosa debolmente limosa;
- da -9,30 m a -12,00 m dal p.c.: siltite debolmente marnoso-argillosa;

- **S3218/3**

- da 0,00 a -0,80 m dal p.c.: terreno di riporto fine sabbioso con sporadici ciottoli;
- da -0,80 m a -3,15 m dal p.c.: limo argilloso talora debolmente sabbioso fine;
- da -3,15 m -10,30 m dal p.c.: ghiaia eterometrica ciottolosa (diam. max 10-12 cm) con sabbia debolmente limosa;
- da -10,30 m a -12,00 m dal p.c.: siltite marnoso-sabbiosa.

- Sondaggi e pozzi reperiti in bibliografia (Banca Dati Geotecnica della Regione Piemonte e Consorzio irriguo)

- **PII2 (Pozzo Prisma)**

- da 0,00 a -0,70 m dal p.c.: asfalto e terreno di riporto;
- da -0,70 m a -2,00 m dal p.c.: sabbia debolmente limosa inglobante ghiaia con presenza di rari resti di laterizi;
- da -2,00 m a -8,80 m dal p.c.: ghiaia eterometrica e ciottoli in matrice sabbiosa debolmente limosa;
- da -8,80 m a -9,80 m dal p.c.: sabbia limoso argillosa localmente inglobante rara ghiaia medio fine;
- da -9,80 m a -15,00 m dal p.c.: limo argilloso debolmente sabbioso-argilloso localmente inglobante rara ghiaia eterometrica;

- **GP2105**

- da 0,00 a -1,00 m dal p.c.: terreno vegetale;
- da -1,00 a -13,00 m dal p.c.: sabbia ghiaia e ciottoli;
- da 13,00 a -16,50 m dal p.c.: argilla marnosa;

- **GP2122**

- da 0,00 a -1,00 m dal p.c.: terreno vegetale;
- da -1,00 m a -6,00 m dal p.c.: sabbia e ghiaia;
- da -6,00 m a -9,00 m dal p.c.: sabbia;
- da -9,00 m a -13,50 m dal p.c.: limo;

- **Pozzo artesiano Loc. Apertole / Costa**

- da 0,00 a -17,00 m dal p.c.: sabbia e ghiaia;
- da -17,00 m a -17,20 m dal p.c.: tufo ocraceo;
- da 17,20 a -22,00 m dal p.c.: sabbia e ghiaia;
- da -22,00 m a -22,30 m dal p.c.: tufo ocraceo;
- da -22,30 a -25,00 m dal p.c.: sabbia e ghiaia;
- da -25,00 a -29,00 m dal p.c.: sabbia;
- da -29,00 a -34,50 m dal p.c.: argilla "turchina" impermeabile;
- da -34,50 a -35,50 m dal p.c.: ghiaia "pura";
- da -35,50 a -52,15 m dal p.c.: sabbia e poca ghiaia.

Per la descrizione dettagliata delle stratigrafie dei 3 sondaggi effettuati nell'ambito del presente lavoro si rimanda all'Allegato 1. Per l'ubicazione delle stratigrafie si veda la Figura 9. Nell'elaborato 5.1B è riportato il profilo geologico geotecnico lungo il tracciato del canale in progetto. L'ubicazione delle indagini è rappresentata anche nell'elaborato 5.1A.

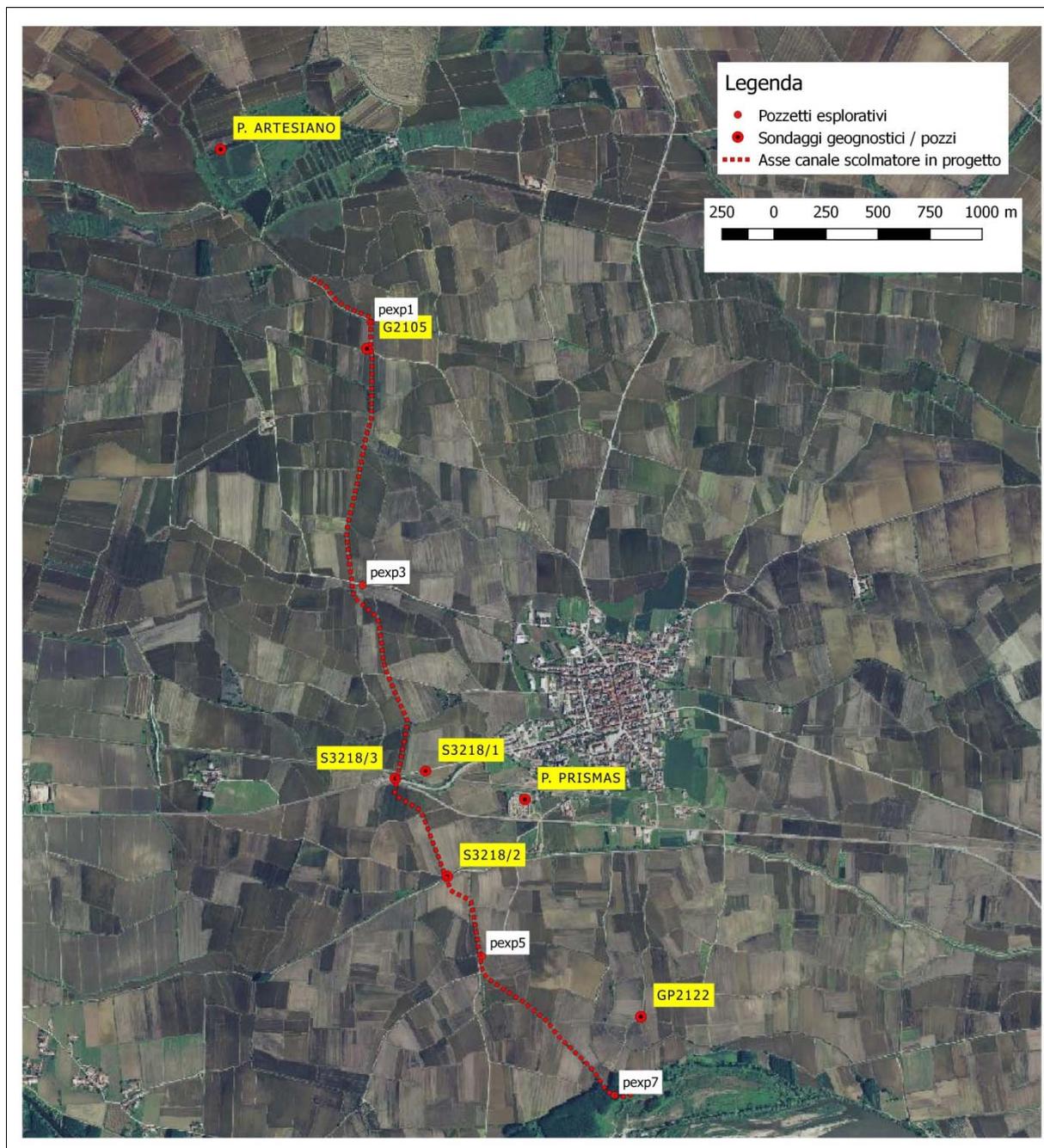


Figura 9 - Ubicazione sondaggi e stratigrafie utilizzate per la definizione della successione litostratigrafica.

La quota della soggiacenza del livello piezometrico da p.c. registrata all'interno dei fori di sondaggio realizzati, nel periodo compreso tra il 14/11/16 e il 18/11/16, risulta essere rispettivamente pari a: 1,70 m (S3218/1), 2,30 m (S3218/2), e 1,70 m (S3218/3).

In linea generale, pertanto, la sequenza principale che caratterizza l'area d'indagine, a partire dalla superficie e procedendo in profondità, sulla base dei dati e delle informazioni disponibili, risulta costituita dai seguenti 4 orizzonti litostratigrafici:

- Unità litotecnica 1A (UL1 A) fino a 1 m di profondità - Suolo rimaneggiato costituito da limo sabbioso con talora ghiaia sparsa rimaneggiato e/o di riporto antropico;
- Unità litotecnica 1B (UL1 B), da 1 a 2-5 m di profondità - Fascia costituita essenzialmente da depositi golenali prevalentemente limoso sabbiosi a tratti debolmente argillosi, poco consistenti;
- Unità litotecnica 2 (UL2) da 2-5 m a 10-13 m da p.c. - Ghiaia eterometrica con ciottoli (diam. max 10-12 cm) in matrice sabbiosa debolmente limosa moderatamente addensata con potenza fino a circa 7,00 m (S3218/3).
- Unità litotecnica 3 (UL3) da 10-13 m da p.c. - Argillite marnoso-sabbiosa e/o marnoso-argillosa da consistente a molto consistente.

Si osserva inoltre che la profondità del tetto dell'Unità litotecnica 3 (UL3), corrispondente al substrato plioleistocenico, presente al di sotto dei depositi quaternari di copertura, si rinviene mediamente in tutti i sondaggi considerati ad una profondità di circa 9,00-13,00 m dal p.c., salvo che nella stratigrafia del pozzo artesiano ubicato tuttavia più a monte del settore di intervento.

Nella golena dell'alveo del Po si ha, sostanzialmente dalla superficie salvo una sottilissima coltre poco pedogenizzata, un'unità litotecnica costituita da ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa corrispondente alla UL2, riferibile al Sistema di Ghiaia Grande.

Per i rapporti tra unità litotecniche si rimanda al profilo geologico-geotecnico e alla carta geologica e geomorfologica.

### 3. IDROGEOLOGIA

Dal punto di vista idrogeologico nella maggior parte della pianura vercellese è presente una falda superficiale freatica avente sede nelle alluvioni recenti o fluvio-glaciale, e un complesso multifalda profondo in pressione, per lo più collocato all'interno dei depositi continentali in facies Villafranchiana. Tale modello è sostanzialmente valido in corrispondenza del tratto settentrionale del collettore in progetto, mentre più a Sud il complesso multifalda tende a ridursi fino a scomparire del tutto in vicinanza dell'alveo del Po, anche se la sua geometria non è nota con precisione. In ogni caso tali incertezze sull'effettiva geometria del complesso multifalda hanno scarsa rilevanza per la progettazione delle opere in progetto, che andranno ad interferire con la sola falda freatica superficiale. Si ricorda che l'acquicluda di quest'ultima è posto nell'intorno di Fontanetto attorno a 10-12 m di profondità, è relativamente più superficiale in corrispondenza della golena del Po, mentre tende a scendere verso la zona di cascina Costa, ai limiti settentrionali del territorio comunale, ove il primo livello continuo impermeabile è posto a circa 30 m da p.c. (cfr. anche elaborato 5.1B).

L'andamento della superficie piezometrica a livello regionale denota una netta direzione di deflusso verso l'asta fluviale del Po, che quindi funge anche da asse di drenaggio, come si evidenzia dalla carta piezometrica della falda superficiale delle Regione Piemonte - Direzione Pianificazione delle Risorse Idriche<sup>1</sup>, di cui è riportato un estratto su ortofoto del 2006 in Figura 10 e, soprattutto, nella carta di cui all'elaborato 5.1°, su cui è stata riportata una rappresentazione della superficie piezometrica nel periodo non irriguo, basata sugli esiti del presente lavoro.

<sup>1</sup> Dipartimento Scienze della Terra (2004). "Carta delle isopezometriche della falda idrica a superficie libera relativa al territorio di pianura della Regione Piemonte". Dipartimento Risorse idriche della Regione Piemonte.

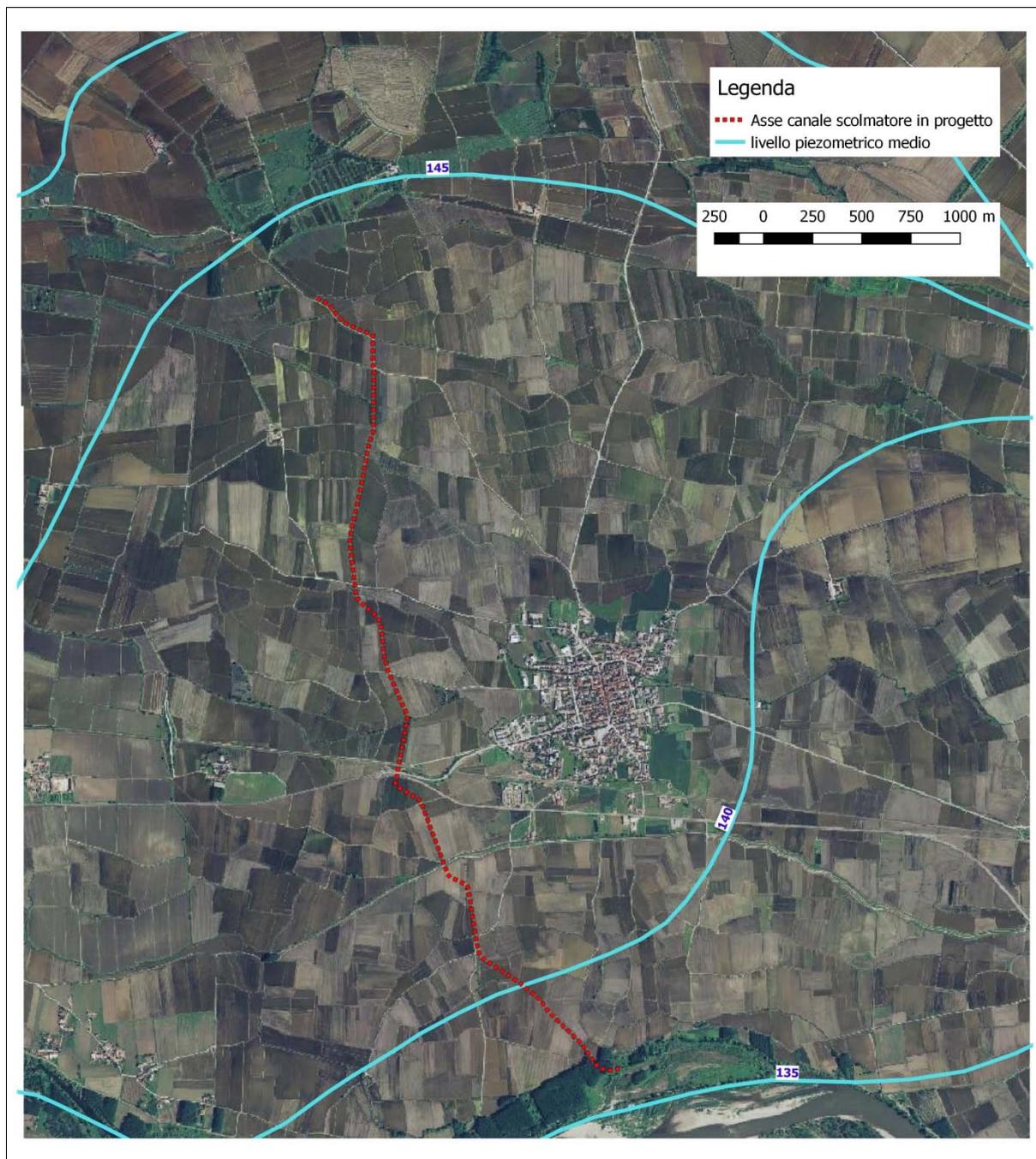


Figura 10 – Estratto su ortofoto del 2006 della carta delle isopiezometriche della falda superficiale della Regione Piemonte.

Si rileva che la quota della soggiacenza dal p.c. registrata all'interno dei fori di sondaggio realizzati, nel periodo compreso tra il 14/11/16 e il 18/11/16, risulta essere rispettivamente pari a: 1,70 m (S3218/1), 2,30 m (S3218/2), e 1,70 m (S3218/3). Sono stati installati, il 12 gennaio 2016, due datalogger nei piezometri S3218/1 e S3218/2, per il rilievo soggiacenza nei pressi dei tratti interessati, rispettivamente, dalla realizzazione dei sifoni sotto la ferrovia/provinciale e sotto la Roggia Camera. Gli esiti preliminari di detto monitoraggio sono riportati nella figura seguente.

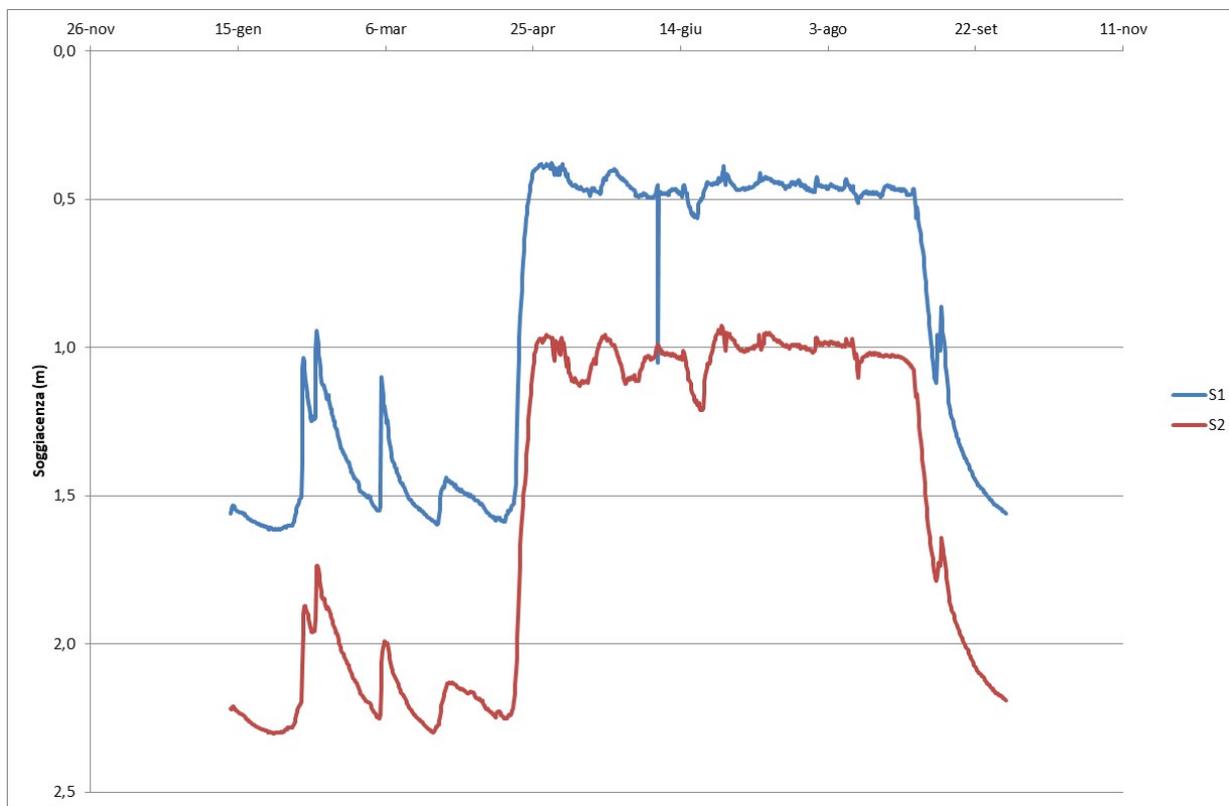


Figura 11 – Andamento della soggiacenza del livello piezometrico presso i piezometri 3218/1 (S1) e 3218/2 (S2) per il periodo 12 gennaio-2 ottobre 2017.

Pur nei limiti di un lasso di tempo relativamente breve si osserva, da un lato, che nel periodo invernale la soggiacenza del livello piezometrico oscilla tra 1,0÷1,6 m nei pressi dell'attraversamento della ferrovia e tra 2,3÷1,7 m nei pressi della Roggia Camera. Si osserva inoltre come le variazioni in ascensione siano molto rapide, verosimilmente in risposta a variazioni dei livelli dei canali legate a precipitazioni intense (spesso inferiori a 6 ore che corrisponde all'intervallo minimo tra una lettura e l'altra) mentre la discesa impiega alcune settimane per riportarsi verso la quota di base per il periodo invernale. Nel periodo irriguo, viceversa, il livello piezometrico sale in modo quasi istantaneo portandosi su livelli di soggiacenza minima, ovvero probabilmente corrispondenti a quelli dei canali posti nelle vicinanze, che corrispondono a circa 0,5 m nel piezometro S1 presso la ferrovia e a 1,0 m nei pressi della roggia Camera. Tali livelli permangono costanti fino alla fine di agosto quando, in risposta al termine dell'irrigazione e dell'adacquamento delle risaie, il livello idrico si riporta rapidamente sulle quote registrate nell'inverno precedente.

Ai fini di valutare sia l'andamento stagionale del livello piezometrico sia le fluttuazioni dello stesso è, inoltre, utile analizzare i dati della soggiacenza registrati in continuo ad intervalli temporali regolari, per il periodo compreso tra marzo 2005 e marzo 2012 (Figura 12), presso il piezometro della rete "Prismas" in località Cimitero comunale - S.P.31bis (in posizione all'incirca mediana del tracciato dell'opera in progetto) avente profondità pari a -15,00 m. Tale monitoraggio conferma quanto osservato sui piezometri S1 e S2. Sul piezometro "Prismas", infatti, nel periodo di riferimento, si osservano valori medi di soggiacenza minima pari a circa 0,30 m, che talora si riducono ulteriormente fino a portarsi quasi a piano campagna, e valori medi di soggiacenza massima pari a circa 1,20 m, con valori talvolta maggiori fino a 1,40 m. Risulta altresì confermato che i livelli di minima soggiacenza

coincidono con la stagione irrigua, dal che se ne deduce una stretta correlazione tra livello piezometrico e livello idrologico nella rete dei canali artificiali. E' verosimile che soggiacenze sensibilmente maggiori si osservino nei pressi della scarpata che delimita la golena del Po, tuttavia almeno in base alle conoscenze attuali va ipotizzato un livello piezometrico di progetto prossimo al piano campagna.

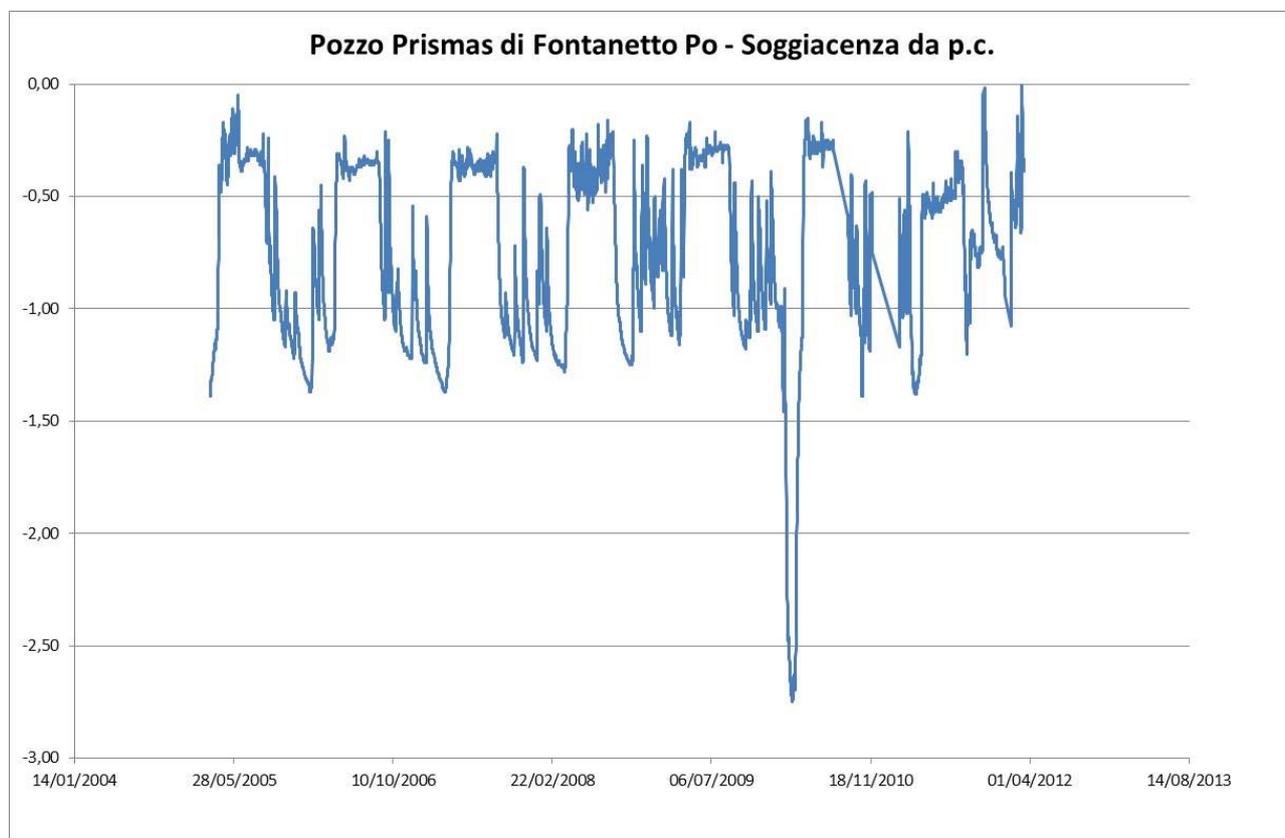


Figura 12 - Andamento della soggiacenza all'interno del sondaggio Prismas (periodo 2005-2012).

La permeabilità dell'acquifero è verosimilmente abbastanza elevata stimabile pari a valori compresi  $5 \cdot 10^{-4}$  e  $1 \cdot 10^{-3}$  m/s, così come ipotizzato nello studio di fattibilità.

#### 4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI INTERESSATI DALLA REALIZZAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

La stima dei parametri geotecnici di progetto delle unità litologiche individuate in precedenza è basata, tra l'altro, sui dati ricavati dalle complessive n.9 prove S.P.T. (*Standard Penetration Test*), eseguite all'interno dei fori di sondaggio.

Per la descrizione della modalità di esecuzione della prova S.P.T. e dell'attrezzatura impiegata si rimanda al Rapporto certificativo delle indagini a cura della ditta Citiemme Srl in allegato 1.

Tali prove, eseguite durante l'approfondimento delle perforazioni, hanno interessato tutti i livelli attraversati, ed in particolare gli strati incoerenti a prevalente contenuto di ghiaia e sabbia, gli strati pseudo-coerenti a prevalente contenuto di limo e i depositi consistenti o molto consistenti (siltite marnosa) presenti in profondità.

Di seguito, nella Tabella 1, viene presentato un quadro riassuntivo delle prove S.P.T. eseguite e dei valori di  $N_{SPT}$  registrati alle rispettive profondità:

Sondaggio	Prova n.	Inizio prova prof. [m] da p.c.	N. colpi				Unità litotecnica interessata (UL)
			15 cm	30 cm	45 cm	$N_{SPT}$	
S3218/1	1	3,00	10	12	15	27	2
	2	6,00	13	18	17	35	2
	3	13,50	19	20	22	42	3
S3218/2	1	2,00	2	2	2	4	1
	2	6,00	13	15	16	31	2
	3	10,50	16	19	22	41	3
S3218/3	1	3,00	8	7	15	22	2
	2	6,00	13	15	18	33	2
	3	10,50	18	23	26	49	3

Tabella 1 - Riepilogo delle prove S.P.T. eseguite nei rispettivi sondaggi.

Dai risultati delle prove S.P.T. eseguite in situ all'interno dei fori di sondaggio ed in considerazione delle caratteristiche geotecniche dei materiali indagati, ricavate mediante l'applicazione di diverse metodologie di correlazione empiriche (in particolare Hatanaka e Uchida (1996) e di Peck (1956) per l'angolo di resistenza al taglio), si propongono i seguenti parametri geotecnici caratteristici basati su un criterio cautelativo; per quanto riguarda la potenza di ciascuna unità litotecnica identificata, essendo variabile anche sensibilmente da sondaggio a sondaggio, si rimanda alle stratigrafie dei sondaggi di cui all'allegato 1.

In particolare, per quanto riguarda l'unità UL1, gli unici valori sicuramente attribuibili in termini di SPT sono quelli relativi al sondaggio S3218/2, ove si ha un risultato pari a 4 colpi. Dal sondaggio S3218/3 emergono valori decisamente più elevati, ma visto che la prova è stata fatta al limite con l'unità sottostante, non si ritiene siano necessariamente rappresentativi.

Nello specifico tra le più note formule empiriche applicabili per la correlazione della coesione non drenata, parametri particolarmente importante per la verifica della stabilità globale del sistema argine-sponda, con le SPT troviamo:

- Terzaghi e Peck -  $c_u = 0,067N_{sp}$  (Kg/cm<sup>2</sup>);
- DM7 (Design Manual for Soli Mechanics - per argille a media plasticità -  $c_u = 0,074 N_{sp}$  (Kg/cm<sup>2</sup>);
- Sanglerat (per argille limo sabbiose) -  $c_u = 0,067N_{sp}$  (Kg/cm<sup>2</sup>);

Applicando le formule di cui sopra si ottengono valori dell'ordine di circa 0,25 Kg/cm<sup>2</sup>, pertanto, è stata attribuita cautelativamente una coesione non drenata pari a circa 20 Kpa

Unità litotecnica	Peso di volume stimato $\gamma$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Coesione non drenata media $c_u$ [kPa]	Angolo di attrito $\phi_k$ [°]
limo sabbioso a tratti debolmente argilloso poco consistente (UL1)	1,8	20	28
ghiaia eterometrica con ciottoli in matrice sabbiosa debolmente limosa (UL2)	2,0	0	36
siltite marnosa (UL3)	2,1	100	24

Tabella 2 - Riepilogo dei valori caratteristici dei parametri geotecnici delle unità interessate dai lavori in progetto.

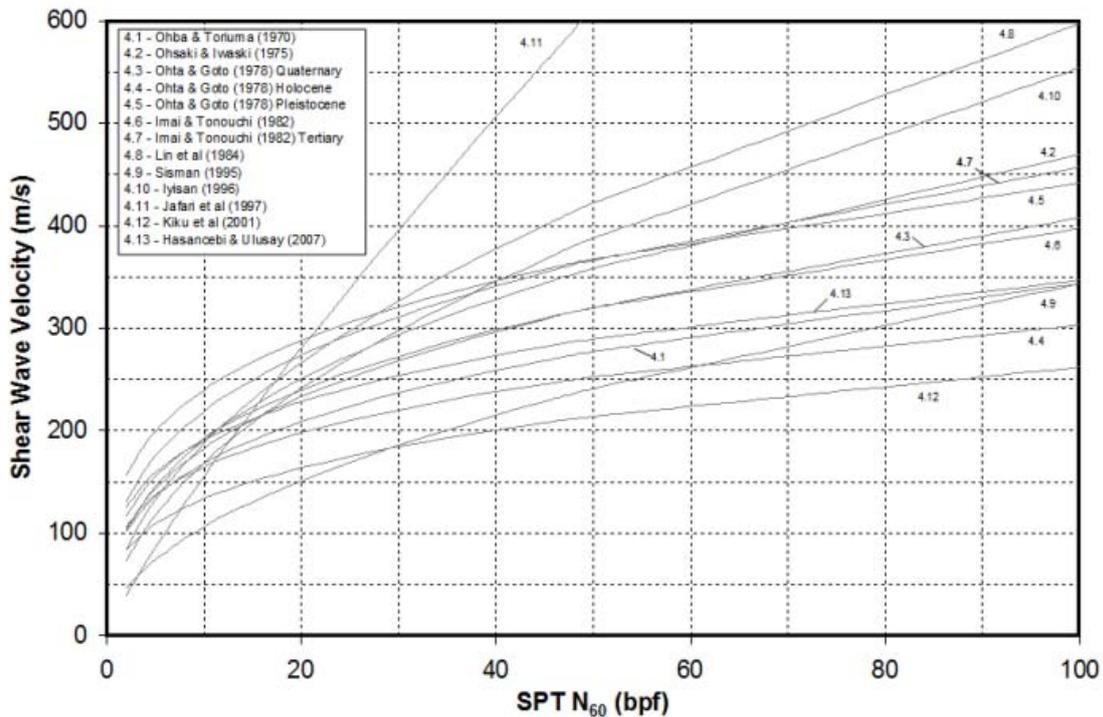
## 5. SISMICITÀ LOCALE

Ai sensi della **riclassificazione sismica** del territorio regionale effettuata dalla Regione Piemonte con la D.G.R. 19 Gennaio 2010, n. 11-13058, il Comune di Fontanetto Po ricade in zona sismica 4.

Per quanto riguarda le categorie sismiche come note permangono tuttora incertezze sulle caratteristiche del substrato ad una profondità maggiore di 15 m da p.c. Pertanto, si consiglia di applicare cautelativamente la categoria sismica E, visto che non sono note con precisione le caratteristiche del substrato oltre una certa profondità (cfr. Figura 13). Si tratta in effetti della classe più gravosa dopo la D, ma quest'ultima presenta velocità equivalenti non compatibile né con la presenza di un substrato marnoso consolidato, né con gli esiti delle prove penetrometriche, che hanno restituito valori di NSPT >20 per UL2 e maggiori di 40 per UL3.

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

Figura 13 – Categorie sismiche in base alla NTC 2018 che permettono un approccio semplificato



**Figure 4.10 SPT  $N_{60}$ - $V_s$  correlation equations for all soils.**

Figura 14 - Correlazione tra SPT  $N_{60}$  e  $V_s$  attraverso diverse formule empiriche (figura tratta da: WAIR B.R., DEJONG J. & SHANTZ T. (2012). *Guidelines for Estimation of Shear Wave Velocity Profiles*. PACIFIC EARTHQUAKE ENGINEERING RESEARCH CENTER. Peer 2012/08 – Dicembre 2012.

In effetti si osserva che, con riferimento alla figura sovrastante, e tenuto conto che in prima analisi  $N$  SPT può essere considerato equivalente a  $N_{60}$  in relazione ai macchinari utilizzati in Italia (Cestari, 1990), si osserva che tutte le correlazioni restituiscono valori di  $V_s > 150$  m/s, per 20 colpi e  $V_s > 200$  m/s per 40 colpi.

Trattandosi di terreni pianeggianti all'area va attribuita la categoria topografica T1.

Per quanto riguarda il rischio di liquefazione, infine, si rientra in almeno una delle condizioni di esenzione dalla verifica prevista dalle NTC 2018, in quanto le accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) sono minori di 0,10 g. In effetti facendo riferimento allo SLV, l'ag massima, corrispondente alla  $A_{max}$  su g, risulta pari a 0,06 g (cfr. allegato 3).

## 6. VERIFICHE AL SIFONAMENTO DEL RILEVATO ARGINALE

### 6.1 Considerazioni generali

In accordo con Lancellotta, 1999, " ... dal punto di vista strettamente teorico il fenomeno di sifonamento può avere luogo in qualsiasi tipo di terreno in quanto il gradiente critico dipende solo dal peso specifico dei granuli e dall'indice dei vuoti. In pratica però esso assume rilevanza per i terreni limoso-sabbiosi, per i seguenti motivi:

- nei terreni argillosi, un mutamento delle condizioni al contorno si traduce in un moto transitorio, data la loro compressibilità e bassa conducibilità idraulica, per cui risulta improbabile che tali variazioni permangano per un tempo così lungo da dar luogo a un gradiente critico lungo un intero strato;
- nei terreni ad elevata permeabilità come le ghiaie, in base alla relazione di Darcy, a un gradiente unitario corrisponderebbe un flusso di acqua estremamente elevato, difficile da realizzarsi in pratica;
- rimane pertanto la fascia intermedia dei terreni costituiti da sabbie fini e limi sabbiosi non plastici, per i quali la conducibilità idraulica assume valori tali che consentono sia l'instaurarsi di una condizione stazionaria sia il mantenimento di un gradiente critico. "

Pertanto, i terreni ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi, a conducibilità idraulica medio-alta, sono poco o nulla soggetti a sifonamento, come analogamente i terreni argillosi a conducibilità idraulica bassa. Nel caso in questione, considerando che gli argini saranno fondati su terreni limoso-sabbiosi plastici, non dovrebbero esservi le condizioni affinché si verifichino processi di sifonamento. Altro motivo che riduce il rischio potenziale è legato ai tempi relativamente modesti necessari al passaggio del picco di piena, che difficilmente possono portare a variazioni significative del livello piezometrico al di sotto del rilevato arginale.

Poste queste premesse si procede comunque alla verifica, ponendosi nelle condizioni più cautelative, per quanto riguarda questo genere di problemi, ovvero in condizioni di massima piena e di regime permanente in relazione al profilo piezometrico.

### 6.2 Esecuzione delle verifiche

Come è noto per aversi sifonamento occorre che il gradiente idraulico  $i$  sia superiore al gradiente idraulico critico  $i_c$  dove:

$$i_c = \gamma' / \gamma_w$$

In cui

$\gamma'$  = peso di volume sommerso del terreno;

$\gamma_w$  = peso di volume dell'acqua.

Nel caso in oggetto il peso di volume sommerso  $\gamma'$  (pari alla differenza tra peso di volume saturo e peso specifico dell'acqua) può essere considerato, come da progetto, cautelativamente pari a 880 Kg/m<sup>3</sup> e quindi il gradiente critico  $i_c$ , visto  $\gamma_w$  pari circa ad 1, risulta uguale a 0,8.

Il gradiente  $i$ , è pari, in regime permanente, al suo valore massimo  $i_{max}$ :

$$i_{\max} = dH / L$$

dove **L** è la distanza minima monte/valle lungo una linea di flusso e **dH** la differenza di carico idraulico.

L'approccio più semplice, che conduce a cautelativa sovrastima, è quello di considerare la distanza **L** pari alla minima linea di deflusso che consente il passaggio delle particelle d'acqua dall'alveo del canale al piede dell'argine, condizione che massimizza il gradiente **i**, rispetto all'approccio basato sul calcolo modellistico delle linee di flusso in regime transitorio.

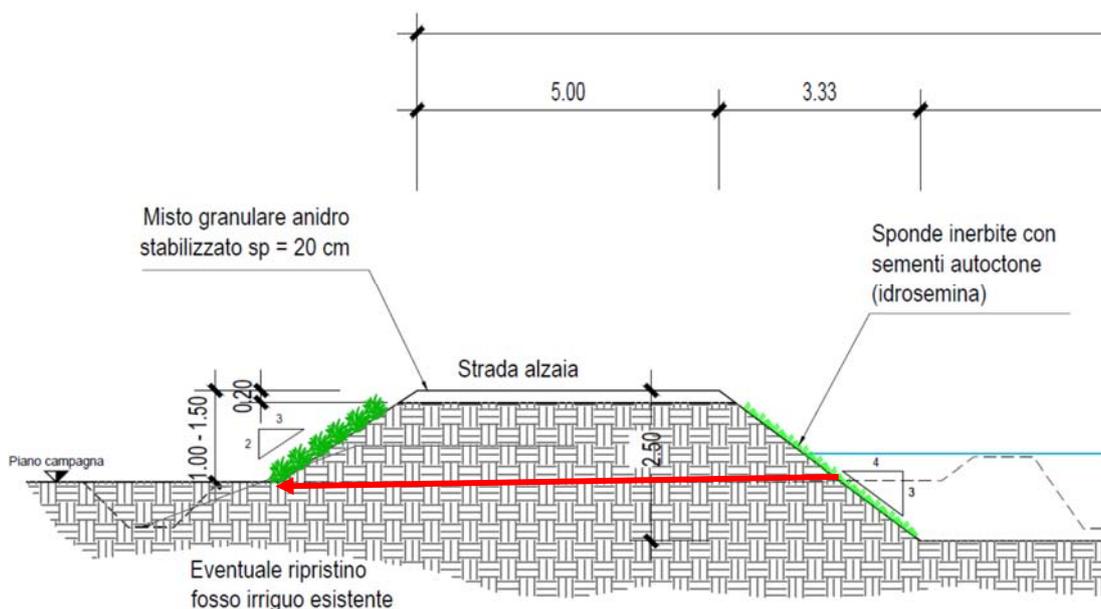


Figura 15 – Estratto della sezione tipo con inserito in rosso la linea minima di deflusso

Nel caso specifico la minima linea di deflusso è quella coincidente con la base dell'argine. Quanto al livello di piena, il valore massimo su tutto il percorso risulta pari a circa 1,2 m da piano campagna.

Considerato quindi che l'argine è largo in apice 5 m e che le pendenze dei rilevati sono rispettivamente 4/3 lato canale e 3/2 lato campagna, **L** può essere calcolata come segue:

$$L = 5 + 1,2 \cdot 4/3 + 1,2 \cdot 3/2 = 8,4 \text{ m}$$

Il livello di massima piena di riferimento considerato è, come si diceva, 1,2 m sopra il piano campagna, pertanto:

$$i = 1,2/8,4 = 0,15$$

Il fattore di sicurezza è quindi

$$F_s = i_c/i = 0,80/0,15 = 5,3$$

Valore cautelativo considerato che in letteratura si chiede un fattore di sicurezza superiore a 3-5. Per altro in base alle NTC2018 nel calcolo semplificato di verifica, per la verità destinato alle condizioni in cui il deflusso è prevalentemente verticale, è ritenuto sufficiente un rapporto tra gradiente idraulico critico e gradiente medio pari a 3. Pertanto anche con questo criterio l'opera in questione risulta verificata.

Infine, è possibile effettuare anche la verifica ai sensi delle NTC 08, tuttora utilizzata per le dighe e per estensione applicata a i rilevati arginali, ove si adottano i coefficienti parziali sulle azioni per le verifiche nei confronti di stati limite di sifonamento di cui alla Tab. 6.2.IV., facendo però riferimento, come noto, ad un fattore di sicurezza minimo pari a 1.

Considerando la combinazione più cautelativa, ovvero:

$\gamma_{G1} = 0,9$  (coefficiente per azioni permanenti favorevoli)

$\gamma_{Qi} = 1,5$  (coefficiente per azioni variabili sfavorevoli)

Si calcola dunque

$$F_s \text{ (NTC08)} = (i_c \cdot \gamma_{G1}) / (i \cdot \gamma_{Qi}) = (0,80 \cdot 0,9) / (0,15 \cdot 1,5) = 3,2$$

L'opera risulta pertanto ampiamente verificata verso il sifonamento ai sensi della normativa vigente.

## 7. VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE DELLA SPONDA E DEL RILEVATO ARGINALE

Si è proceduto alle verifiche di stabilità dei rilevati arginali in condizioni di svasso rapido a seguito di un evento di piena con tempo di ritorno centenario, e in condizioni drenate con canale vuoto e livello piezometrico posto ad una quota pari al fondo del canale (quindi in condizioni equivalenti a quelle che si hanno durante le stagioni non irrigue). Si tenga conto che in quest'ultimo caso la presenza di acqua nel canale, incrementando il carico sul piede del "pendio" costituisce fattore a favore della sicurezza.

Quale sezione di verifica è stata presa in considerazione la sezione 38, sponda destra, in quanto si tratta di uno dei siti in cui il rilevato in progetto è più elevato e quindi le condizioni sono maggiormente critiche.

È stato considerato un modello a "due strati". Quello inferiore è costituito dall'unità litotecnica 1 (UL1), mentre per quello superiore, ovvero il rilevato arginale, è stata ipotizzata una coesione non drenata pari alla metà di quella dei sottostanti livelli naturali, da cui come noto verrà ricavato il materiale necessario alla realizzazione del rilevato stesso. Tale scelta è legata alla considerazione che, anche in presenza delle necessarie operazioni di costipamento, il rilevato arginale dovrebbe presentare condizioni più scadenti in termini di coesione ed un modesto alleggerimento del peso specifico. Per quanto riguarda l'angolo di attrito, utilizzato per le verifiche in condizioni drenate, è stato mantenuto quello originale. La coesione in condizioni drenate è stata ipotizzata pari ad 1/5 di quella non drenata, tenendo conto che in vari punti le sponde del canale attuale presentano scarpate subverticali, condizione fisicamente non possibile in presenza di terreni in cui la resistenza allo sforzo di taglio è dovuta al solo attrito.

Non è stata considerata l'unità litotecnica 2, in quanto posta a profondità tale da non essere interessata dai piani di scivolamento potenziali. In ogni caso la sua eventuale presenza sarebbe a favore della stabilità, soprattutto in condizioni non drenate.

Per la verifica sono stati utilizzati i coefficienti parziali di riduzione dei parametri geotecnici del terreno previsti dalle NTC2018, ovvero 1,25 per l'angolo di resistenza al taglio e coesione drenata e 1,4 per la coesione non drenata.

Nella tabella seguente sono riportati i dati di input utilizzati

Unità litotecnica	Peso di volume $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso di volume saturo $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Coesione non drenata $c_u$ [kPa]	Coesione drenata $c$ , [kPa]	Angolo di attrito $\phi_k$ [°]
Argine	14	16	7,20	1,6	22,4
Limo sabbioso a tratti debolmente argilloso poco consistente (UL1)	18	20	14,4	3,2	22,4

Figura 16 – Parametri geotecnici utilizzati per le verifiche di stabilità

Per quanto riguarda gli sforzi sismici, si è proceduto al calcolo degli stessi tramite il programma di estrazione dei parametri sismici GeostruPS (cfr. <https://geoapp.eu/parametrisismici2018/>), considerando le categorie sismiche di cui sopra e un periodo di riferimento di 50 anni. Il foglio di calcolo è riportato in allegato 3.

Lungo la pista di servizio dell'argine è stato ipotizzato, infine, un sovraccarico di 1 t/m<sup>2</sup> su una fascia larga 3 m, er un totale quindi di 3 t a metro. Tale carico corrisponde al passaggio di un mezzo di medie dimensioni, avente un peso da 6 a 10 t, a seconda se si tratta di un veicolo gommato o di un mezzo cingolato (che quindi distribuisce il peso su una fascia più ampia).

Le verifiche sono state eseguite mediante il noto codice di calcolo SSAP, v. 4.9.9 (2019). SSAP Slope Stability Analysis Program (Borselli L. 2004-2019), è un software di ampia diffusione mondiale sviluppato inizialmente nell'ambito dell'attività di ricerca presso il CNR – IRPI e successivamente in ambiente accademico presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di San Luis Potosì (Mexico).

Rimandando per il dettaglio alla bibliografia in merito, il codice possiede funzionalità di calcolo avanzate che consentono di considerare in modo completo e rigoroso i fattori stabilizzanti e instabilizzanti, evitando usuali semplificazioni sia dei metodi di risoluzione che nelle procedure di identificazione delle superfici di verifica, tipici di alcuni software anche di diffuso utilizzo.

Le verifiche sono state eseguite utilizzando la soluzione per il calcolo secondo il metodo di Morgenstern - Price (1965). Nelle procedure di calcolo rigorose (quelle usate da SSAP), a differenza delle procedure semplificate (es.: Fellenius, Bishop, Jambu semplificato), le forze T(x) di interazione verticali interconco, inizialmente incognite, non vengono trascurate.

Oltre a utilizzare i metodi c.d. "rigorosi" in luogo delle metodologie "semplificate", il codice SSAP permette di superare i limiti di software commerciali classici che consentono di assumere esclusivamente superfici di verifica con forma circolare, o al più di differente forma ma geometricamente predefinite dall'utente.

A riguardo, il codice di calcolo SSAP elimina le assunzioni preliminari sulla forma delle superfici di scivolamento. I modelli di generazione delle superfici si rifanno parzialmente al modello classico di SIEGEL et al. (1981) che è

praticamente un modello tipo "Monte Carlo" cioè basato sulla generazione di una distribuzione di numeri casuali da utilizzarsi per produrre una serie di superfici random condizionate a passare entro certi livelli e/o ad intersecare la superficie topografica entro intervalli scelti dall'operatore (rif. BOUTRUP & LOVELL - 1980, SIEGEL et al. - 1981). Ogni superficie random è costituita da segmenti rettilinei di singola estensione definita dall'utente (rif. es. Figura 17).

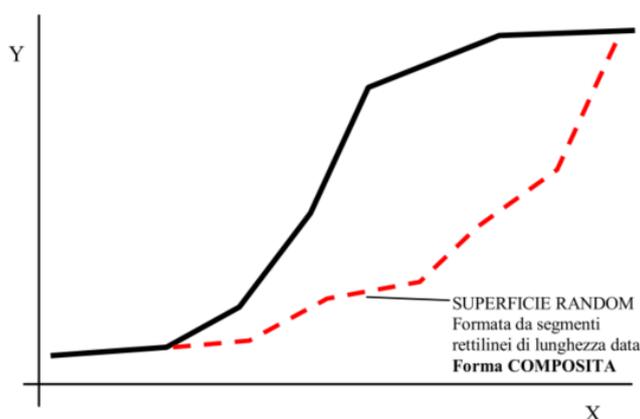


Figura 17 – Esempio di superfici random create in ambiente SSAP dall'algoritmo Random-search (metodo di Monte Carlo).

Gli esiti delle elaborazioni sopra descritte, che sono riportati in allegato 4, restituiscono un **fattore di sicurezza minima pari a 1,38** per la verifica in condizioni non drenate e svasso rapido, e un **fattore di sicurezza pari a 1,12** per la verifica in condizioni drenate e canale vuoto, in entrambi i casi con un **carico di 3 t lungo la strada di servizio dell'argine**.

Se ne conclude che le opere in questione risultano verificate a norma della NTC2018 per quanto riguarda la stabilità complessiva del sistema sponda-argine.

## 8. CONCLUSIONI

Lo studio ha consentito di definire le problematiche geologiche, geotecniche ed idrogeologiche connesse alla realizzazione delle opere nel progetto. Nel complesso è emersa la piena compatibilità degli interventi in relazione all'assetto geologico-geotecnico dell'area.

In proposito si precisa quanto segue.

- L'area di intervento è posta in corrispondenza di un terrazzo alluvionale che costituisce il livello di base della pianura vercellese; il tratto di scolmatore posto a Sud dell'abitato di Fontanetto è potenzialmente raggiungibile dalle acque del Po in caso di eventi di piena eccezionali.
- Gli scavi avverranno all'interno di alluvioni recenti di tipo ghiaioso sabbioso, dotate di buone caratteristiche geotecniche, sormontate da una più scadente coltre superficiale, limoso sabbiosa, avente una potenza media

di 2-4 m. Le alluvioni poggiano su un livello limoso argilloso posto a circa 10-12 m di profondità, che quindi non è interessato direttamente dalle operazioni di scavo.

- Le alluvioni recenti sono sede di una falda freatica il cui livello piezometrico oscilla tra 1-2 m di profondità durante l'inverno, salendo fino quasi a piano campagna (1-0,5 m di profondità) durante la stagione irrigua.
- Considerato che il tracciato dello scolmatore si sviluppa in un'area pianeggiante sono da escludersi dissesti di natura gravitativa.
- L'area di intervento è caratterizzata da bassa sismicità ed è quindi inserita nella zona sismica 4.
- Le verifiche al rischio di sifonamento, pur non strettamente necessaria per la presenza di terreni coesivi, ha dato esito ampiamente positivo con fattori di sicurezza decisamente più elevati di quelli minimi richiesti.
- Le verifiche di stabilità globale del sistema argine-sponda del canale, condotta su una delle sezioni più critiche, in particolare per l'altezza del rilevato arginale, sia in condizioni non drenate di svasso rapido sia in condizioni drenate con canale privo di acqua, hanno dato esito positivo, anche in presenza di un sovraccarico di 3 t per metro di rilevato.
- Nel terreno interessato dagli scavi non si rileva la presenza di amianto oltre i limiti di legge.

**ALLEGATO 1 - Esiti indagini geognostiche**

REGIONE PIEMONTE  
 PROVINCIA DI VERCELLI  
 COMUNE DI FONTANETTO PO

INDAGINE GEOGNOSTICA PER PROGETTO  
 NUOVO CANALE SCOLMATORE



RAPPORTO CERTIFICATIVO DELLE INDAGINI

<p><b>CODICE ELABORATO</b> 16001-42/ IG</p>	<div style="text-align: center;">                   COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI                    COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI Srl             </div> <div style="text-align: right; font-size: small;">                  Decreto di autorizzazione                  n. 4965 del 04/06/2010                  per esecuzione e certificazione di                  indagini geognostiche e prove in sito                  ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 280/01             </div>		
<p><b>COMMITTENTE</b></p> <div style="text-align: center;">                   HYDRODATA S.p.A.                  Via Pomba, 23                  10123 Torino             </div>			
<p>Accettazione n.16001-42 del 03/11/2016</p>	<p><i>Dr. A. Cantù</i> Dr. A. Cantù</p>	<p><i>Dr. A. Cantù</i> Dr. A. Cantù</p>	<p>Dr. <i>Giorgio Sola</i> Il Direttore del Laboratorio</p>
<p>NOVEMBRE 2016</p>	<p>Lo Sperimentatore</p>	<p>Lo Sperimentatore</p>	<p>Il Direttore del Laboratorio</p>
<p><b>DATA EDIZIONE</b></p>	<p><b>REDATTO</b></p>	<p><b>CONTROLLATO</b></p>	<p><b>VALIDATO</b></p>





REGIONE PIEMONTE  
PROVINCIA DI VERCELLI  
COMUNE DI FONTANETTO PO

INDAGINE GEOGNOSTICA PER PROGETTO NUOVO CANALE SCOLMATORE

*Rapporto certificativo delle indagini geognostiche*

---

*Novembre 2016*

---

#### INDICE CERTIFICATI

16001-42/01 Rilievo stratigrafico di perforazione S3218/1 .....	
16001-42/02 Prove penetrometriche dinamiche SPT sondaggio S3218/1 .....	
16001-42/03 Rilievo stratigrafico di perforazione S3218/2 .....	
16001-42/04 Prove penetrometriche dinamiche SPT sondaggio S3218/2 .....	
16001-42/05 Rilievo stratigrafico di perforazione S3218/3 .....	
16001-42/06 Prove penetrometriche dinamiche SPT sondaggio S3218/3 .....	



## INDAGINI GEOGNOSTICHE

Committente: HYDRODATA S.p.A.

Commessa: I6001-42

Cantiere: Fontanetto Po (VC)

Tra il 14/11/2016 e il 18/11/2016 sono stati realizzati n. 3 sondaggi a carotaggio continuo in Comune di Fontanetto Po (VC) (Vedi corografia e Tav.01).

In particolare, si tratta dei sondaggi:

- S3218/1: profondo 15 m, attrezzato fino a -12.00 m da p.c. con piezometro a tubo aperto in PVC di diametro 5" con finestratura da -3.00 m da p.c., per il rilievo della falda intercettata;
- S3218/2: profondo 12 m, attrezzato con piezometro a tubo aperto in PVC di diametro 2" con finestratura da -3.00 m da p.c. fino a fondo foro, per il rilievo della falda intercettata;
- S3218/3: profondo 12 m, attrezzato con piezometro a tubo aperto in PVC di diametro 2" con finestratura da -3.00 m da p.c. fino a fondo foro, per il rilievo della falda intercettata.

La terebrazione è stata eseguita impiegando una sonda idraulica COMACCHIO MC 450P montata su carro cingolato; nella tabella a seguire ne vengono presentate le principali caratteristiche.



*Particolare fotografico della sonda utilizzata*



<b>SONDA PERFORATRICE IDRAULICA</b>		
<b>Modello: COMACCHIO– MC 450 P SN. 1380</b>		
Coppia max.	kgm	1100
Velocità di rotazione	rpm	20÷550
Spinta	kg	4500
Tiro	kg	6500
Velocità rapida risalita	m/min	22
Velocità rapida discesa (min.-max.)	m/min	32
Tiro max. argano	kg	2000
Motore JOHN DEERE	KW	86
<i>Dimensioni</i>		
<i>Lunghezza</i>	m	5.46
<i>Larghezza</i>	m	2.00
<i>Altezza</i>	m	2.61
<i>Peso</i>	kg	8500
<b>Pompa a pistoni Triplex 200 per fanghi</b>		
Portata max.	l/min	200
Pressione max. esercizio	bar	45

## METODOLOGIA DI PERFORAZIONE

### Carotaggio continuo

La perforazione è stata condotta con rotazione a carotaggio continuo del terreno attraversato utilizzando carotieri semplici di diametro 131 mm e 101 mm, tali da rendere minimo il disturbo dei materiali attraversati e da consentire il prelievo dei campioni rappresentativi (carote).

La perforazione di carotaggio per il recupero dei campioni realizzata con carotiere semplice, è stata eseguita, compatibilmente con la natura dei terreni attraversati, senza l'uso di fluido di circolazione (carotaggio a secco).



## RIVESTIMENTO

La natura del terreno e la finalità dell'intervento hanno determinato la necessità di rivestire i fori per il sostegno delle pareti: a tal scopo sono stati impiegati rivestimenti provvisori consistenti in tubi di acciaio speciale filettati, della lunghezza di 1.5 m e del diametro di 178 mm (su S3218/1) e 127 mm alla profondità indicata in stratigrafia.

Durante le operazioni di posa del rivestimento provvisorio si è reso necessario l'impiego di fluidi di perforazione per il raffreddamento del tagliente (scarpa) e l'asportazione del detrito: a tale scopo si è impiegata circolazione diretta di acqua chiara.

## PROVE S.P.T.

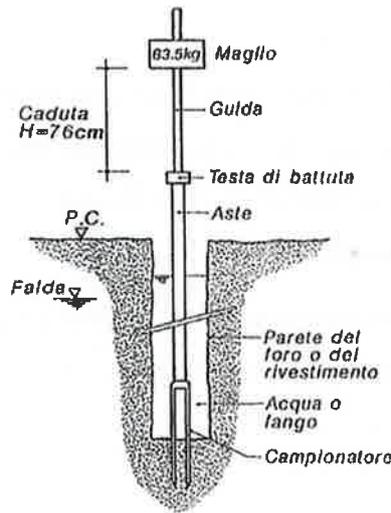
Nei fori di sondaggio sono state eseguite complessivamente n. 9 prove S.P.T. ("Standard Penetration Test"), alle profondità indicate in stratigrafia.

La prova è di tipo discontinuo e viene eseguita nel corso della perforazione a carotaggio continuo, interrompendo l'avanzamento del sondaggio a intervalli regolari o prestabiliti; essa consente di ottenere dati sulla consistenza e sul grado di addensamento dei terreni attraversati.

Le prove S.P.T. si effettuano tramite l'infissione, a partire dal fondo foro raggiunto, di un campionatore a parete grossa tipo Raymond (diam. 51 mm, lunghezza utile 562 mm), collegato alla sonda da una batteria di aste di dimensioni standardizzate (diam. 51 mm, peso 7.5 kg/m), per mezzo di un'apparecchiatura a percussione del peso standard di 63.5 kg con sganciamento automatico del maglio (Trip Monkey tipo Pilcon) dall'altezza prefissata di 760 mm. Il dispositivo di sollevamento è fornito dall'organo oleodinamico della sonda perforatrice.

Il campionatore viene fatto penetrare nel terreno per una profondità di 45 cm, a partire dalla quota di fondo foro (eventualmente ripulito tramite apposita manovra), rilevando il numero di colpi (N) necessari per la penetrazione di ciascun intervallo di 15 cm. Il valore di  $N_{SPT}$  è ottenuto sommando i colpi necessari per il 2° e 3° tratto.

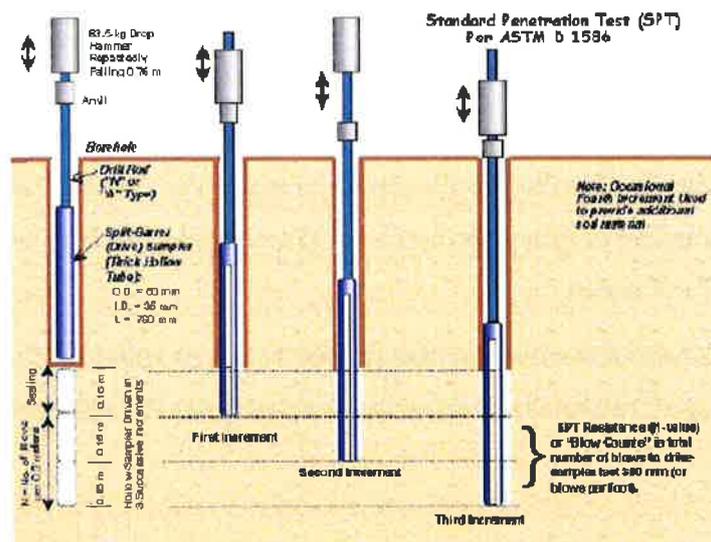
La prova viene sospesa ogni qualvolta il numero di colpi N, per un tratto di 15 cm, supera il valore di 50, annotando in tal caso il rifiuto alla penetrazione e registrando l'infissione in centimetri ottenuta con 50 colpi.



Nei casi in cui non vi è pericolo di repentino collasso del foro, la prova viene eseguita immediatamente dopo la manovra di carotaggio e prima della manovra di rivestimento, per evitare disturbi al terreno, previa verifica della quota del fondo foro.

In accordo con le Raccomandazioni AGI (1977), per l'esecuzione delle prove SPT si è utilizzato il campionatore Raymond corredato di una scarpa troncoconica a punta aperta di lunghezza standard pari a 76 mm o chiusa con angolo di apertura standard di 60° a seconda della granulometria riscontrata.

Per l'esecuzione della prova si veda lo schema a seguire:





## STRUMENTAZIONE GEOTECNICA

### Piezometro a tubo aperto

I fori di sondaggio sono stati attrezzati con piezometro a tubo aperto per il rilievo della falda freatica.

Lo strumento è costituito da un tubo in PVC rigido, di diametro 5" in S3218/1 e di diam. 2" nei restanti fori, opportunamente fessurato con finestratura continua nella parte in falda da -3 m da p.c. fino a -12.00 m e cieco nel restante tratto.

La tubazione è stata messa in opera nel foro con un rivestimento provvisorio. L'intercapedine foro-tubo è stata riempita con apposito materiale granulare.

La tubazione è stata assemblata ponendo, a partire dal fondo foro:

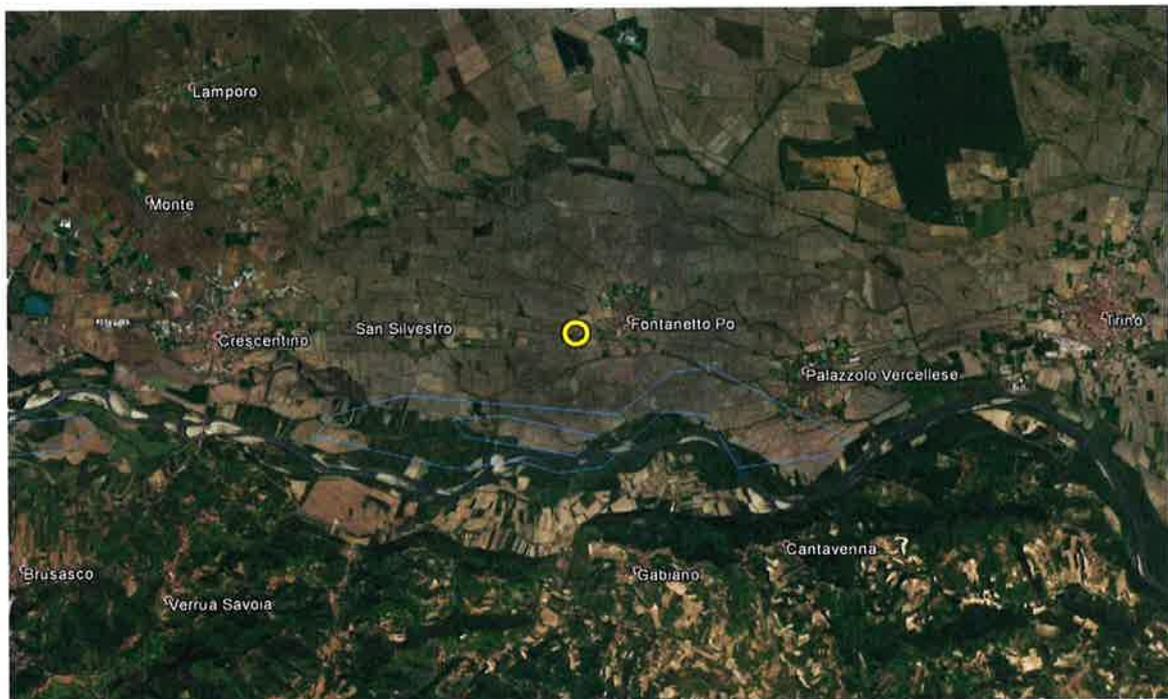
- un fondello cieco munito di tappo di fondo;
- la parte microfessurata a partire da fondo foro verso il p.c.;
- la parte cieca nel restante tratto, fino a boccaforo con tappo a espansione lucchettato a testa tubo (le chiavi sono a disposizione della Committente).

Su ogni strumento, infine, è stato messo in opera un terminale di protezione costituito da pozzetto con chiusino carrabile con tappo a espansione lucchettato a testa tubo (le cui chiavi sono a disposizione della Committenza).

≈

In allegato, dopo l'ubicazione dei punti di indagine, vengono forniti i certificati stratigrafici dei sondaggi geognostici, i certificati delle prove eseguite e le fotografie delle carote prelevate.

*Fontanetto Po (VC) –Progetto nuovo canale scolmatore  
Corografia di inquadramento delle indagini*



*Fontanetto Po (VC) -Progetto nuovo canale scolmatore  
Tav. 01 - Ubicazione sondaggi*



---

# CERTIFICATI

---



Mod. 7.5.4 rev. 00 **RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE** UNI EN ISO 22475-1:2007  
UNI EN ISO 14688-1:2003 e 14689-1:2004

Committente **HYDRODATA S.p.A.**

Cantiere **Indagine geognostica per progetto nuovo canale scolmatore.**

Località **Fontanetto Po (VC)** Comessa n. 16001-42

Perforazione **inizio: 14/11/2016 fine: 15/11/2016 Sonda: Comacchio MC450P**

Coordinate: **N= 45°11'31.34" E= 8°10'51.66" Scala 1 : 50**

Accettazione n. 16001-42 Certificato n. 16001-42/01 del 17/11/2016

**SONDAGGIO**  
**S3218/1**

Pagina 1 di 1

Lo Sperimentatore  
Dr. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio  
Dr. Geol. Giorgio Sola

Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/08/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	faida	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S. P. T.	pocket penetrometer	pocket varie test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [m/s]
0.00	1.00		Terreno di riporto e/o rimaneggiato sabbioso-limoso con ghiaia fine sparsa.		CC 131 S										
1.00	1.40		Limo sabbioso fine passante a limo debolmente argilloso con la profondità, poco consistente, discreta laminazione ossidata, colore nocciola-bruno.	1.70											
2.40	3.60		Ghiaia eterometrica con sabbia debolmente limosa, sporadici ciottoli, da discreta ad intensa ossidazione, moderatamente addensata, colore da nocciola a bruno-nocciola.							3.00 10-12-15					
6.00	3.40		Ghiaia eterometrica e/o ghiaia ciottolosa (diam max 10-12cm) con la profondità, in matrice sabbioso-debolmente limosa, debole ossidazione, moderatamente addensata, colore nocciola.			178 mm	90-100 %			6.00 13-18-17					
9.40	0.30		Limo argilloso intensamente ossidato, consistente, colore nocciola con screziature ocree d'ossidazione.												
9.70	1.10		Ghiaia prevalentemente medio-grossolana in matrice fine limoso-sabbiosa a tratti abbondante e/o prevalente, subordinati ciottoli, moderatamente addensata, colore nocciola.												
10.80	0.20		Limo argilloso, moderatamente consistente, colore nocciola.												
11.00	0.50		Sabbia medio fine limosa con intensa laminazione ossidata ad inizio strato con intercalati livelletti limoso-siltosi, moderatamente addensata, colore da nocciola screziato a grigiastro.												
11.50	0.40		Ghiaia medio-fine in abbondante matrice fine limoso-debolmente sabbiosa a tratti abbondante, moderatamente addensata, colore grigio-nocciola.												
11.90	3.10		Siltite marnoso-sabbiosa, da consistente a molto consistente con la profondità, colore grigio.							13.50 19-20-22					
15.00															

Il foro di sondaggio è stato attrezzato con tubo piezometrico in PVC del diametro di 5" alla profondità di 12.00m con tratto fenestrato compreso tra -3.00m e -12.00m dal p.c.

 <p>Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01</p>	<b>PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE</b>		<b>SONDAGGIO</b> n. <b>S3218/1</b>
	<b>SPT (UNI EN ISO 22476-3:2012)</b>		
	Mod. 7.5.13 rev. 01	Committente: HYDRODATA S.p.A.	
		Cantiere: Indagine geognostica per progetto nuovo canale scolmatore	
		Località: Fontanetto Po VC)	Eseguito il
		Coordinate: N=45°11'31.34" E=8°10'51.66"	14-15/11/2016
Accettazione n. 16001-42 - Certificato n. 16001-42/02 del 17/11/2016 - Commessa n. 16001-42			

Prova n.	inizio prova prof. [m] da p.c.	N° colpi			note
		15 cm	30 cm	45 cm	
1	3.00	10	12	15	
2	6.00	13	18	17	
3	13.50	19	20	22	
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

**NOTE E OSSERVAZIONI:**

Lo Sperimentatore  
Dr. A. Cantù



Il Direttore del Laboratorio  
Dr. Geol. Giorgio Sola





Committente **HYDRODATA S.p.A.**

**S3218/2**

Cantiere **Indagine geognostica per progetto nuovo canale scolmatore.**

Località **Fontanetto Po (VC)**

Commessa n. 16001-42

Pagina 1 di 1

Perforazione inizio: 17/11/2016 fine: 18/11/2016 Sonda: **Comacchio MC450P**

Lo Sperimentatore  
Dr. A. Cantu

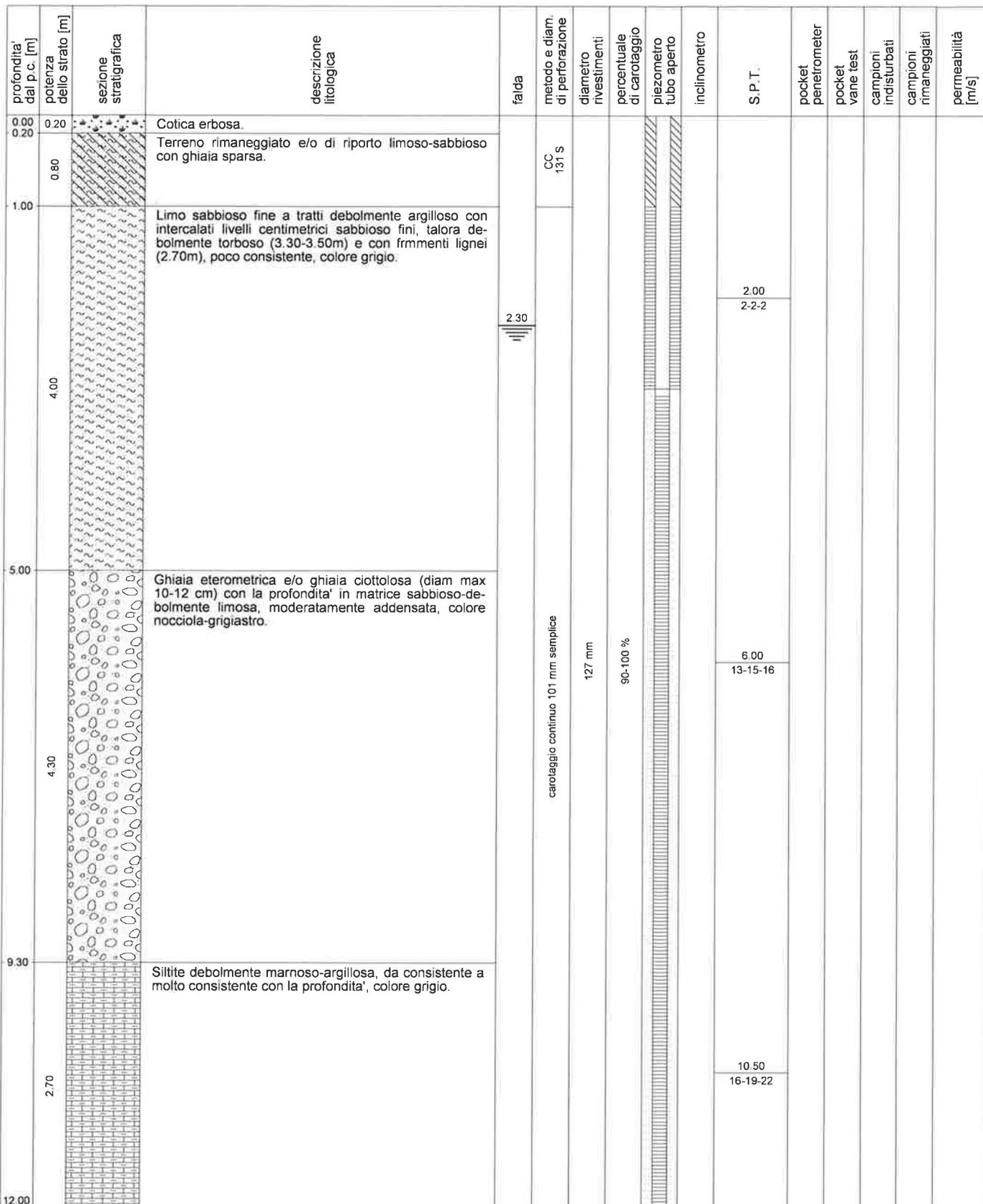
Il Direttore del Laboratorio  
Dr. Geol. Giorgio Sola

Coordinate: N= 45°11'14.71" E= 8°10'56.04" Scala 1:40

Accettazione n. 16001-42 Certificato n. 16001-42/03 del 21/11/2016

*Dr. A. Cantu*

*Dr. G. Sola*



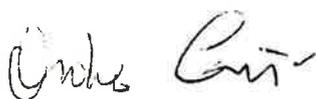
Il foro di sondaggio è stato attrezzato con tubo piezometrico in PVC del diametro di 2" alla profondita' di 12.00m con tratto fenestrato compreso tra -3.00m e -12.00m dal p.c.

 <p>COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI</p> <p>Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01</p>	<b>PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE</b> <b>SPT (UNI EN ISO 22476-3:2012)</b>		<b>SONDAGGIO</b> <b>n.</b> <b>S3218/2</b>
	Mod. 7.5.13 rev. 01 Committente: HYDRODATA S.p.A. Cantiere: Indagine geognostica per progetto nuovo canale scolmatore Località: Fontanetto Po VC) Coordinate: N=45°11'14.71" E=8°10'56.04"	Accettazione n. 16001-42 - Certificato n. 16001-42/04 del 21/11/2016 - Commessa n. 16001-42	

Prova n.	inizio prova prof. [m] da p.c.	N° colpi			note
		15 cm	30 cm	45 cm	
1	2.00	2	2	2	
2	6.00	13	15	16	
3	10.50	16	19	22	
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

**NOTE E OSSERVAZIONI:**

Lo Sperimentatore  
Dr. A. Cantù



Il Direttore del Laboratorio  
Dr. Geol. Giorgio Sola





Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/08/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 350/01

Mod. 7.5.4 rev. 00

**RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE**

UNI EN ISO 22475-1:2007  
UNI EN ISO 14698-1:2003 e 14689-1:2004

SONDAGGIO

Committente **HYDRODATA S.p.A.**

**S3218/3**

Cantiere **Indagine geognostica per progetto nuovo canale scolmatore.**

Località **Fontanetto Po (VC)**

Commessa n. 16001-42

Pagina 1 di 1

Perforazione inizio: 15/11/2016 fine: 17/11/2016 Sonda: Comacchio MC450P

Lo Sperimentatore  
Dr. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio  
Dr. Geol. Giorgio Sola

Coordinate: N= 45°11'30.07" E= 8°10'44.76" Scala 1 : 40

Accettazione n. 16001-42 Certificato n. 16001-42/05 del 21/11/2016

*Dr. A. Cantù*

*Dr. G. Sola*

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	faida	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [m/s]
0.00	0.10		Cotica erbosa.												
0.10	0.70		Terreno di riporto ghiaioso fine-sabbioso con sporadici ciottoli.												
0.80	2.35		Limo argilloso talora debolmente sabbioso fine, poco consistente, colore da nocciola-bruno a nocciola.	1.70	carotaggio continuo 131 mm semplice										
3.15	4.65		Ghiaia eterometrica con sabbia debolmente limosa talora abbondante, subordinati ciottoli, debole ossidazione ad inizio strato, moderatamente addensata, colore grigio-nocciola.			127 mm	90-100 %			3.00 8-7-15					
7.80	2.50		Ghiaia prevalentemente medio-grossolana con sabbia debolmente limosa, ciottolosa (diam max 12-15 cm), moderatamente addensata, colore grigio-nocciola; livello limoso-sabbioso ossidato : 9.80-10.00.		carotaggio continuo 101 mm semplice					6.00 13-15-18					
10.30	1.70		Siltite mamoso-sabbiosa fine, molto consistente, colore grigio.							10.50 18-23-26					
12.00															

Il foro di sondaggio è stato attrezzato con tubo piezometrico in PVC del diametro di 2" alla profondità di 12.00m con tratto fenestrato compreso tra -3.00m e -12.00m dal p.c.

 <p>Decreto di autorizzazione n. 4985 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01</p>	<b>PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE</b> <b>SPT (UNI EN ISO 22476-3:2012)</b>		<b>SONDAGGIO</b> <b>n.</b> <b>S3218/3</b>
	Mod. 7.5.13 rev. 01 Committente: <u>HYDRODATA S.p.A.</u> Cantiere: <u>Indagine geognostica per progetto nuovo canale scolmatore</u> Località: <u>Fontanetto Po VC)</u> Coordinate: <u>N=45°11'30.07" E=8°10'44.76"</u>	Accettazione n. 16001-42 - Certificato n. 16001-42/06 del 21/11/2016 - Commessa n. 16001-42	

Prova n.	inizio prova prof. [m] da p.c.	N° colpi			note
		15 cm	30 cm	45 cm	
1	3.00	8	7	15	
2	6.00	13	15	18	
3	10.50	18	23	26	
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

**NOTE E OSSERVAZIONI:**

Lo Sperimentatore  
Dr. A. Cantù



Il Direttore del Laboratorio  
Dr. Geol. Giorgio Sola



---

FOTOGRAFIE CASSETTE

---



Fontanetto Po (VC) – Progetto nuovo canale scolmatore - Sondaggio S3218/1 (L = 15.00 m)



Cassette 1-3 da 0.00 m a 15.00 m da p.c.



Fontanetto Po (VC) – Progetto nuovo canale scolmatore - Sondaggio S3218/2 (L = 12.00 m)





Fontanetto Po (VC) – Progetto nuovo canale scolmatore - Sondaggio S3218/3 (L = 12.00 m)



## ALLEGATO 2 - Analisi granulometriche

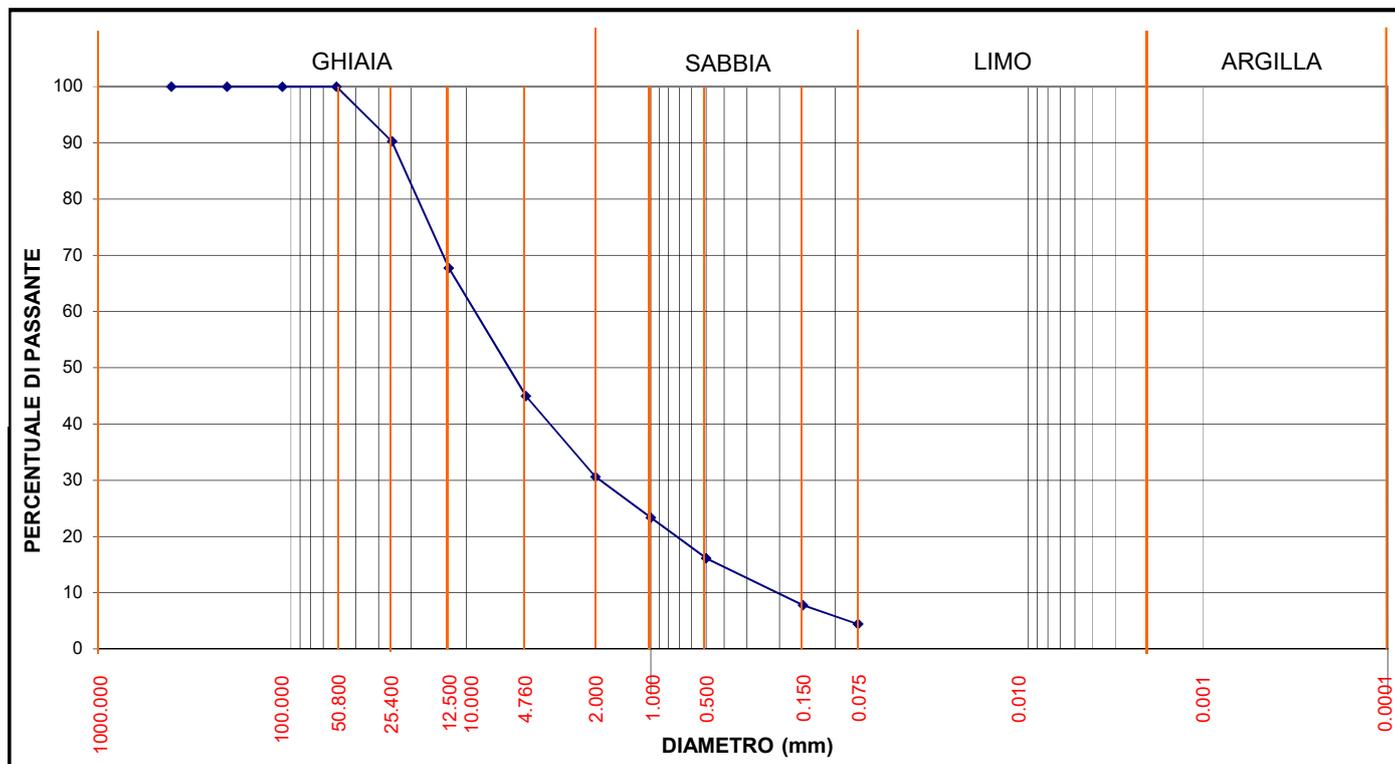






**RIFERIMENTI CAMPIONAMENTO**

CAMPIONE N°:	S3218/1
LUOGO PRELIEVO:	FONTANETTO
DATA PRELIEVO:	18/11/2016
DESCRIZIONE/NOTE:	Campione prelevato tra 3 e 4 m di profondità



D90= 25,187	D60= 9,008	D50= 5,895	D10= 0,205	Cu=D60/D10= 43,911	Cc=D30^2/(D10*D60)= 1,928
-------------	------------	------------	------------	--------------------	---------------------------

CLASSIFICAZIONE CAMPIONE (AGI)	GHIAIA CON SABBIA
--------------------------------	-------------------

ANNOTAZIONI:

ELABORAZIONE:	DATA ELABORAZIONE:	VERIFICA RLLM:	C.SOLDERA
---------------	--------------------	----------------	-----------

ALLEGATO 3 – Foglio di calcolo dei parametri sismici

## Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Fronti di scavo e rilevati

Muro rigido: 0

## Sito in esame.

latitudine: 45,195107

longitudine: 8,194036

Classe: 2

Vita nominale: 50

## Siti di riferimento

Sito 1 ID: 13134 Lat: 45,2173 Lon: 8,1697 Distanza: 3116,587

Sito 2 ID: 13135 Lat: 45,2204 Lon: 8,2404 Distanza: 4596,008

Sito 3 ID: 13357 Lat: 45,1705 Lon: 8,2448 Distanza: 4828,582

Sito 4 ID: 13356 Lat: 45,1674 Lon: 8,1742 Distanza: 3452,375

## Parametri sismici

Categoria sottosuolo: E

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 1

### Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 30 [anni]

ag: 0,015 g

Fo: 2,593

Tc\*: 0,161 [s]

### Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 50 [anni]

ag: 0,019 g

Fo: 2,560

Tc\*: 0,170 [s]

### Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %

Tr: 475 [anni]

ag: 0,037 g

Fo: 2,655

Tc\*: 0,273 [s]

### Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %

Tr: 975 [anni]  
ag: 0,044 g  
Fo: 2,659  
Tc\*: 0,304 [s]

Coefficienti Sismici Fronti di scavo e rilevati

SLO:

Ss: 1,600  
Cc: 2,390  
St: 1,000  
Kh: 0,000  
Kv: 0,000  
Amax: 0,240  
Beta: 0,000

SLD:

Ss: 1,600  
Cc: 2,340  
St: 1,000  
Kh: 0,014  
Kv: 0,007  
Amax: 0,295  
Beta: 0,470

SLV:

Ss: 1,600  
Cc: 1,930  
St: 1,000  
Kh: 0,023  
Kv: 0,011  
Amax: 0,585  
Beta: 0,380

SLC:

Ss: 1,600  
Cc: 1,850  
St: 1,000  
Kh: 0,000  
Kv: 0,000  
Amax: 0,687  
Beta: 0,000

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru

Coordinate WGS84

latitudine: 45.194157

longitudine: 8.192959

**ALLEGATO 4 – Risultati verifiche di stabilità globale argine/sponda**

**ALLEGATO 4A – Relazione e sezione di calcolo per la verifica in condizioni non drenate/svaso rapido**

# Report elaborazioni #

-----  
SSAP 4.9.9 - Slope Stability Analysis Program (1991,2019)

WWW.SSAP.EU

Build No. 11172

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI \*,\*\*

\*UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

\*\* Gia' Ricercatore CNR-IRPI fino a Luglio 2011  
-----

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 21 settembre 2019  
-----

File report: C:\Cavallero\3218Fontanetto\aggiornamento\verifiche stabilita/Layout\condizioninondrenate.txt

Data: 17/2/2020

Localita' : Fontanetto Po

Descrizione: Verifica argine in condizioni di svaso rapido non drenate

Modello pendio: progetto u corretta 2.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

\_\_ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X Y (in m) \_\_

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
0.00	0.95	9.50	1.81	-	-	-	-
8.00	0.95	18.53	1.80	-	-	-	-
9.50	1.81	-	-	-	-	-	-
11.97	3.70	-	-	-	-	-	-
15.97	3.70	-	-	-	-	-	-
18.53	1.81	-	-	-	-	-	-

---- SUP FALDA -----

X Y (in m)

0.00	1.80
9.50	1.80
11.00	2.70
18.53	1.81

----- GESTIONE ACQUIFERI -----

Strati esclusi da acquifero:

Esclusione sovraccarico pendio sommerso: NON ATTIVATA

Peso unitario fluido (kN/m<sup>3</sup>): 9.81

Parametri funzione dissipazione superficiale pressione dei fluidi:

Coefficiente A 0

Coefficiente K 0.000800

Pressione minima fluidi Uo\_Min (kPa) 0.01

Coefficiente di soprapressione oltre pressione idrostatica 1.00

Limitazione dissipazione a Pressione Idrostatica = ATTIVA

STABILITE CONDIZIONI PER LA VERIFICA CON SOVRAPPRESSIONE ACQUIFERI CON DISSIPAZIONE IN DIREZIONE DELLA SUPERFICIE

CALCOLO EFFETTO DI FILTRAZIONE NON ATTIVATO

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

	fi`	C`	Cu	Gamm	Gamm_sat	STR_IDX	sgci	GSI	mi	D
STRATO 1	0.00	0.00	7.20	14.00	16.00	0.241	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 2	0.00	0.00	14.40	18.00	20.00	0.540	0.00	0.00	0.00	0.00

LEGENDA: fi` \_\_\_\_\_ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)

C` \_\_\_\_\_ Coesione efficace (in Kpa)

Cu \_\_\_\_\_ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)

Gamm \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m<sup>3</sup>)

Gamm\_sat \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno immerso (in KN/m<sup>3</sup>)

STR\_IDX \_\_\_\_\_ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH) (adimensionale)

---- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002)-

sgci \_\_\_\_\_ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)

GSI \_\_\_\_\_ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)

mi \_\_\_\_\_ Indice litologico ammasso(adimensionale)

D \_\_\_\_\_ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)

Fattore di riduzione NTC2018 gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 - DISATTIVATO (solo per ROCCE)

Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - non-lineare - Generalizzato secondo Lei et al.(2016)

----- SOVRACCARICHI PRESENTI -----

SOVRACCARICO N.1

Carico in X1 (Kpa): 10.00

Carico in X2 (Kpa): 10.00

Posizione carico da X1 m.: 12.50

a X2 m.: 15.50

Inclinazione carico (gradi): 90.00

Componenti distribuzione forza unitaria applicata:

#Orizzontale (per metro di proiezione Verticale) (kN/m): da 0.00 a 0.00

#Verticale (per metro di proiezione Orizzontale) (kN/m): da 10.00 a 10.00

##Nota: la distribuzione del carico e delle forze unitarie puo' variare  
in modo lineare tra gli estremi di coordinate X1 e X2

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

\*\*\* PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI

METODO DI RICERCA: CONVEX RANDOM - Chen (1992)

FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO

COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00

LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m): 0.7 (+/-) 50%

INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 0.37 17.05

LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 0.00

INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 2.22 18.16

\*\*\* TOTALE SUPERFICI GENERATE : 10000

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)

COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0140

COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0070

COEFFICIENTE  $c=Kv/Kh$  UTILIZZATO : 0.5000

FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00

FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0  
durante le tutte le verifiche globali.

I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

\* DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR  $F_s$  \*

Fattore di sicurezza (FS)	1.3798	- Min.	- X	Y	Lambda= 0.4104
	9.78		2.02		
	10.21		1.81		
	10.75		1.83		
	11.14		1.91		
	11.62		2.02		
	11.89		2.09		
	12.37		2.28		
	12.59		2.36		
	12.85		2.48		

13.35 2.71  
13.59 2.84  
13.59 3.70

Fattore di sicurezza (FS) 1.3798 - N.2 -- X Y Lambda= 0.3765  
9.78 2.03  
9.99 1.85  
10.55 1.84  
10.86 1.83  
11.16 1.87  
11.74 2.00  
12.12 2.11  
12.66 2.28  
13.11 2.49  
13.60 2.71  
13.85 2.82  
13.85 3.70

Fattore di sicurezza (FS) 1.3830 - N.3 -- X Y Lambda= 0.3548  
9.58 1.87  
10.58 1.83  
11.69 1.85  
12.26 2.01  
12.67 2.18  
13.06 2.34  
13.59 2.74  
13.76 2.86  
13.76 3.70

Fattore di sicurezza (FS) 1.3900 - N.4 -- X Y Lambda= 0.3246  
9.90 2.12  
10.23 1.85  
10.61 1.81  
11.26 1.85  
11.53 1.86  
12.14 1.98  
12.80 2.19  
13.27 2.48  
13.52 2.69  
13.67 2.81  
13.67 3.70

Fattore di sicurezza (FS) 1.3900 - N.5 -- X Y Lambda= 0.2906  
 9.87 2.09  
 10.69 1.81  
 11.59 1.83  
 12.14 1.90  
 12.52 2.05  
 13.24 2.43  
 13.84 2.74  
 14.01 2.83  
 14.01 3.70

Fattore di sicurezza (FS) 1.3912 - N.6 -- X Y Lambda= 0.3800  
 9.72 1.98  
 10.01 1.86  
 10.22 1.84  
 10.67 1.81  
 11.08 1.84  
 11.40 1.86  
 11.94 2.05  
 12.37 2.26  
 12.75 2.49  
 13.24 2.78  
 13.31 2.83  
 13.31 3.70

Fattore di sicurezza (FS) 1.3944 - N.7 -- X Y Lambda= 0.3331  
 9.77 2.01  
 10.18 1.86  
 10.66 1.84  
 11.44 1.88  
 11.77 1.91  
 12.48 2.08  
 12.98 2.35  
 13.34 2.54  
 13.66 2.81  
 13.66 3.70

Fattore di sicurezza (FS) 1.3946 - N.8 -- X Y Lambda= 0.3285  
 9.64 1.92  
 10.14 1.87  
 10.68 1.82  
 11.16 1.86  
 11.49 1.89

11.91	1.92
12.58	2.04
12.85	2.15
13.38	2.48
13.59	2.63
13.92	2.86
13.92	3.70

Fattore di sicurezza (FS) 1.3952 - N.9 -- X Y Lambda= 0.3476

9.82	2.06
10.07	1.82
11.04	1.83
11.41	1.83
12.11	2.01
13.03	2.27
13.72	2.82
13.72	3.70

Fattore di sicurezza (FS) 1.3960 - N.10 -- X Y Lambda= 0.3385

9.81	2.05
10.17	1.86
10.84	1.87
11.12	1.87
11.71	1.88
12.11	2.03
12.85	2.30
13.11	2.40
13.58	2.69
13.81	2.84
13.81	3.70

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----

# DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR FS \*

# Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.200

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	1.380	30.4	22.0	4.0	Surplus
2	1.380	32.2	23.3	4.2	Surplus
3	1.383	34.2	24.7	4.5	Surplus
4	1.390	31.9	23.0	4.4	Surplus
5	1.390	33.9	24.4	4.6	Surplus
6	1.391	30.0	21.6	4.1	Surplus
7	1.394	31.9	22.9	4.5	Surplus

8	1.395	34.9	25.1	4.9	Surplus
9	1.395	32.5	23.3	4.6	Surplus
10	1.396	32.6	23.3	4.6	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 4.0

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie di scivolamento

FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata

-----

TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

-----

X (m)	dx (m)	alpha (°)	W (kN/m)	ru (-)	U (kPa)	phi' (°)	(c',Cu) (kPa)
9.776	0.051	-25.72	0.02	0.00	0.00	0.00	7.20
9.827	0.080	-25.72	0.13	0.00	0.00	0.00	7.20
9.907	0.080	-25.72	0.26	0.00	0.00	0.00	7.20
9.986	0.080	-25.72	0.38	0.00	0.00	0.00	7.20
10.066	0.080	-25.72	0.51	0.00	0.00	0.00	7.20
10.145	0.068	-25.72	0.54	0.00	0.00	0.00	7.20
10.214	0.080	1.65	0.72	0.00	0.00	0.00	7.20
10.293	0.080	1.65	0.79	0.00	0.00	0.00	7.20
10.373	0.080	1.65	0.86	0.00	0.00	0.00	7.20
10.452	0.080	1.65	0.93	0.00	0.00	0.00	7.20
10.532	0.080	1.65	1.01	0.00	0.00	0.00	7.20
10.611	0.080	1.65	1.08	0.00	0.00	0.00	7.20
10.691	0.057	1.65	0.81	0.00	0.00	0.00	7.20
10.748	0.080	12.77	1.20	0.00	0.00	0.00	7.20
10.827	0.080	12.77	1.25	0.00	0.00	0.00	7.20
10.907	0.080	12.77	1.30	0.00	0.00	0.00	7.20
10.986	0.014	12.77	0.23	0.00	0.00	0.00	7.20
11.000	0.080	12.77	1.36	0.00	0.00	0.00	7.20
11.080	0.056	12.77	0.98	0.00	0.00	0.00	7.20
11.135	0.080	12.78	1.43	0.00	0.00	0.00	7.20
11.215	0.080	12.78	1.48	0.00	0.00	0.00	7.20
11.294	0.080	12.78	1.52	0.00	0.00	0.00	7.20
11.374	0.080	12.78	1.56	0.00	0.00	0.00	7.20
11.453	0.080	12.78	1.61	0.00	0.00	0.00	7.20

11.533	0.080	12.78	1.65	0.00	0.00	0.00	7.20
11.613	0.006	12.78	0.12	0.00	0.00	0.00	7.20
11.618	0.080	12.79	1.70	0.00	0.00	0.00	7.20
11.698	0.080	12.79	1.74	0.00	0.00	0.00	7.20
11.777	0.080	12.79	1.78	0.00	0.00	0.00	7.20
11.857	0.036	12.79	0.83	0.00	0.00	0.00	7.20
11.893	0.077	21.80	1.78	0.00	0.00	0.00	7.20
11.970	0.080	21.80	1.83	0.00	0.00	0.00	7.20
12.050	0.080	21.80	1.79	0.00	0.00	0.00	7.20
12.129	0.080	21.80	1.75	0.00	0.00	0.00	7.20
12.209	0.080	21.80	1.70	0.00	0.00	0.00	7.20
12.288	0.080	21.80	1.66	0.00	0.00	0.00	7.20
12.368	0.004	21.80	0.08	0.00	0.00	0.00	7.20
12.371	0.080	21.81	1.62	0.00	0.00	0.00	7.20
12.451	0.049	21.81	0.97	0.00	0.00	0.00	7.20
12.500	0.080	21.81	2.35	0.00	0.00	0.00	7.20
12.580	0.009	21.81	0.25	0.00	0.00	0.00	7.20
12.588	0.080	24.40	2.30	0.00	0.00	0.00	7.20
12.668	0.080	24.40	2.25	0.00	0.00	0.00	7.20
12.747	0.080	24.40	2.20	0.00	0.00	0.00	7.20
12.827	0.019	24.40	0.52	0.00	0.00	0.00	7.20
12.846	0.003	24.41	0.09	0.00	0.00	0.00	7.20
12.849	0.080	24.41	2.15	0.00	0.00	0.00	7.20
12.929	0.080	24.41	2.11	0.00	0.00	0.00	7.20
13.008	0.080	24.41	2.07	0.00	0.00	0.00	7.20
13.088	0.080	24.41	2.03	0.00	0.00	0.00	7.20
13.167	0.080	24.41	1.99	0.00	0.00	0.00	7.20
13.247	0.080	24.41	1.95	0.00	0.00	0.00	7.20
13.326	0.027	24.41	0.65	0.00	0.00	0.00	7.20
13.353	0.080	29.16	1.89	0.00	0.00	0.00	7.20
13.433	0.080	29.16	1.84	0.00	0.00	0.00	7.20
13.512	0.080	29.16	1.79	0.00	0.00	0.00	7.20

---

#### LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio

dx(m) : Larghezza concio

alpha(°) : Angolo pendenza base concio

W(kN/m) : Forza peso concio

ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale

U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio

phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio

c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

---

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	ht (m)	yt (m)	yt' (-)	E(x) (kN/m)	T(x) (kN/m)	E' (kN)	rho(x) (-)	FS_qFEM (-)	FS_srmFEM (-)
9.776	0.000	2.021	-0.166	0.0000000000E+000	0.0000000000E+000	1.3887091866E+001	0.046	2.056	2.032
9.827	0.016	2.012	-0.166	6.2040712356E-001	1.0934015146E-003	1.0278849143E+001	0.046	2.056	2.032
9.907	0.041	1.999	-0.154	1.2157443341E+000	1.1567461426E-002	8.0232193185E+000	0.046	1.369	1.348
9.986	0.068	1.988	-0.123	1.8969279899E+000	5.2220877345E-002	9.0308503176E+000	0.046	1.470	1.423
10.066	0.098	1.980	-0.068	2.6525826422E+000	1.3762327636E-001	9.0453077077E+000	0.073	1.865	1.608
10.145	0.134	1.977	0.008	3.3360665169E+000	2.3876779960E-001	8.1881367668E+000	0.099	2.509	1.841
10.214	0.171	1.981	0.119	3.8721409657E+000	3.5074408374E-001	7.2758320187E+000	0.123	3.693	2.132
10.293	0.182	1.995	0.216	4.3985988898E+000	5.0514246006E-001	6.1501284355E+000	0.160	5.427	2.548
10.373	0.201	2.015	0.286	4.8506468456E+000	6.7396840600E-001	5.3854227989E+000	0.195	6.632	3.069
10.452	0.223	2.040	0.324	5.2554375607E+000	8.4576226740E-001	4.9911521171E+000	0.225	6.315	3.716
10.532	0.248	2.067	0.331	5.6447557403E+000	1.0122406496E+000	4.6785892464E+000	0.249	5.413	4.421
10.611	0.271	2.093	0.329	5.9998166635E+000	1.1615524727E+000	4.1468871226E+000	0.265	4.773	4.955
10.691	0.295	2.119	0.361	6.3045392676E+000	1.2947848590E+000	3.5887306423E+000	0.276	4.252	5.044
10.748	0.317	2.142	0.422	6.4982463475E+000	1.3912577807E+000	3.0690748901E+000	0.284	3.870	4.757
10.827	0.333	2.176	0.441	6.7036279611E+000	1.5145822774E+000	2.2296817631E+000	0.296	3.379	4.123
10.907	0.351	2.212	0.429	6.8529961285E+000	1.6211353273E+000	1.5974020493E+000	0.303	3.002	3.539
10.986	0.365	2.245	0.402	6.9577799376E+000	1.7060603993E+000	1.0059482308E+000	0.306	2.738	3.112
11.000	0.367	2.250	0.375	6.9708541408E+000	1.7172774683E+000	9.5523901401E-001	0.306	2.704	3.056
11.080	0.379	2.280	0.393	7.0482310305E+000	1.7847945653E+000	9.5593420007E-001	0.306	2.520	2.741
11.135	0.389	2.303	0.442	7.1007738929E+000	1.8344440090E+000	9.4333453105E-001	0.306	2.396	2.529
11.215	0.408	2.340	0.493	7.1757155340E+000	1.9139520891E+000	9.2837771871E-001	0.308	2.211	2.226
11.294	0.432	2.381	0.531	7.2484818743E+000	2.0043618681E+000	8.2705784887E-001	0.311	2.028	1.947
11.374	0.457	2.424	0.527	7.3073031873E+000	2.0948221357E+000	6.5753924652E-001	0.314	1.871	1.722
11.453	0.480	2.465	0.483	7.3530985544E+000	2.1761485447E+000	4.9454423068E-001	0.316	1.750	1.556
11.533	0.497	2.501	0.424	7.3859868185E+000	2.2419413167E+000	3.4811708683E-001	0.315	1.665	1.445
11.613	0.511	2.532	0.399	7.4084851402E+000	2.2928707723E+000	2.3167002547E-001	0.313	1.605	1.366
11.618	0.512	2.535	0.437	7.4097641975E+000	2.2979206059E+000	2.2454500834E-001	0.313	1.601	1.361
11.698	0.529	2.570	0.450	7.4236557877E+000	2.3461612394E+000	2.7544250257E-002	0.310	1.509	1.289
11.777	0.547	2.606	0.467	7.4141465793E+000	2.3842718558E+000	-3.7341481024E-001	0.306	1.395	1.227
11.857	0.567	2.644	0.483	7.3642442500E+000	2.4035508962E+000	-1.1006620154E+000	0.300	1.271	1.178
11.893	0.577	2.662	0.408	7.3166086055E+000	2.4015858008E+000	-1.4826640810E+000	0.296	1.209	1.160
11.970	0.574	2.690	0.340	7.1750786677E+000	2.3654067673E+000	-2.1548181896E+000	0.286	1.138	1.147
12.050	0.568	2.716	0.322	6.9775714863E+000	2.2928707796E+000	-2.8397786315E+000	0.283	1.100	1.149
12.129	0.562	2.741	0.301	6.7232604468E+000	2.1852760840E+000	-3.0845537044E+000	0.275	1.086	1.156
12.209	0.552	2.763	0.274	6.4868087375E+000	2.0872199676E+000	-2.7640028966E+000	0.269	1.086	1.154
12.288	0.542	2.785	0.287	6.2834983971E+000	2.0262303074E+000	-2.6270226506E+000	0.267	1.064	1.126
12.368	0.534	2.809	0.303	6.0688407004E+000	2.0070658293E+000	-2.3985235383E+000	0.270	1.016	1.071
12.371	0.534	2.810	0.313	6.0599625374E+000	2.0069965024E+000	-2.4057800172E+000	0.270	1.013	1.068
12.451	0.527	2.835	0.321	5.8323937724E+000	2.0127354726E+000	-3.1935100326E+000	0.277	0.952	1.002
12.500	0.523	2.851	0.343	5.6659851329E+000	2.0131834107E+000	-3.7730678465E+000	0.281	0.914	0.964
12.580	0.519	2.879	0.357	5.3174094510E+000	1.9877439917E+000	-6.2856068744E+000	0.284	0.858	0.910
12.588	0.520	2.883	0.401	5.2620514411E+000	1.9769558577E+000	-6.4989463195E+000	0.283	0.853	0.905
12.668	0.515	2.914	0.348	4.7382274577E+000	1.8557790646E+000	-6.2872122729E+000	0.273	0.815	0.872
12.747	0.503	2.938	0.251	4.2617350669E+000	1.7023315730E+000	-5.5180161276E+000	0.258	0.802	0.861
12.827	0.483	2.954	0.198	3.8602927474E+000	1.5366423674E+000	-4.9571316088E+000	0.240	0.806	0.864
12.846	0.478	2.958	0.166	3.7672381121E+000	1.4920874838E+000	-4.9096779990E+000	0.234	0.808	0.866
12.849	0.477	2.958	0.083	3.7506881250E+000	1.4840300842E+000	-4.8665574664E+000	0.233	0.808	0.867
12.929	0.447	2.964	0.050	3.4355863194E+000	1.2962599520E+000	-4.1687517604E+000	0.210	0.824	0.878
13.008	0.412	2.966	-0.005	3.0874258611E+000	1.0448693212E+000	-4.8831378723E+000	0.175	0.849	0.896
13.088	0.374	2.964	-0.029	2.6586628501E+000	7.1190673245E-001	-5.3798873756E+000	0.123	0.887	0.921
13.167	0.336	2.961	0.002	2.2314678945E+000	4.0630602284E-001	-4.8774178909E+000	0.072	0.919	0.948
13.247	0.302	2.964	0.068	1.8826494490E+000	2.2243902667E-001	-4.2900957215E+000	0.046	0.936	0.970
13.326	0.274	2.972	0.107	1.5488994030E+000	1.0794469184E-001	-4.0141776812E+000	0.046	0.943	0.989
13.353	0.265	2.975	0.198	1.4425305058E+000	7.7877992935E-002	-4.1698256416E+000	0.046	0.935	0.994
13.433	0.239	2.993	0.324	1.0597933484E+000	2.9982637852E-002	-6.0777120675E+000	0.046	0.916	1.019
13.512	0.228	3.027	0.324	4.7554631078E-001	3.7997747023E-003	-6.6610383662E+000	0.046	0.953	1.054

-----  
 -----  
 LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio  
 yt(m) : coordinata Y linea di trust  
 yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di trust  
 E(x)(kN/m) : Forza Normale interconcio  
 T(x)(kN/m) : Forza Tangenziale interconcio  
 E' (kN) : derivata Forza normale interconcio  
 Rho(x) (-) : fattore mobilizzazione resistenza al taglio verticale interconcio ZhU et al.(2003)  
 FS\_qFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM  
 FS\_srmFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM Procedure  
 -----

TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS  
 -----

X (m)	dx (m)	dl (m)	alpha (°)	TauStress (kPa)	TauF (kN/m)	TauStrength (kPa)	TauS (kN/m)
9.776	0.051	0.057	-25.719	-0.171	-0.010	7.211	0.411
9.827	0.080	0.088	-25.719	-0.641	-0.057	7.271	0.642
9.907	0.080	0.088	-25.719	-1.238	-0.109	7.476	0.660
9.986	0.080	0.088	-25.719	-1.834	-0.162	7.779	0.687
10.066	0.080	0.088	-25.719	-2.431	-0.215	7.886	0.696
10.145	0.068	0.076	-25.719	-2.985	-0.227	8.084	0.613
10.214	0.080	0.080	1.648	0.385	0.031	7.123	0.567
10.293	0.080	0.080	1.648	0.424	0.034	7.116	0.566
10.373	0.080	0.080	1.648	0.463	0.037	7.114	0.566
10.452	0.080	0.080	1.648	0.502	0.040	7.117	0.566
10.532	0.080	0.080	1.648	0.541	0.043	7.126	0.567
10.611	0.080	0.080	1.648	0.581	0.046	7.134	0.568
10.691	0.057	0.057	1.648	0.614	0.035	7.132	0.405
10.748	0.080	0.082	12.767	3.439	0.281	6.739	0.550
10.827	0.080	0.082	12.767	3.591	0.293	6.802	0.555
10.907	0.080	0.082	12.767	3.743	0.305	6.883	0.561
10.986	0.014	0.014	12.767	3.832	0.054	6.957	0.098
11.000	0.080	0.082	12.767	3.908	0.319	6.948	0.567
11.080	0.056	0.057	12.767	4.015	0.229	6.935	0.396
11.135	0.080	0.082	12.777	4.124	0.336	6.903	0.563
11.215	0.080	0.082	12.777	4.250	0.347	6.862	0.560
11.294	0.080	0.082	12.777	4.376	0.357	6.862	0.560
11.374	0.080	0.082	12.777	4.501	0.367	6.896	0.562
11.453	0.080	0.082	12.777	4.627	0.377	6.954	0.567
11.533	0.080	0.082	12.777	4.753	0.388	7.004	0.571
11.613	0.006	0.006	12.777	4.820	0.028	7.011	0.040

11.618	0.080	0.082	12.787	4.890	0.399	7.019	0.573
11.698	0.080	0.082	12.787	5.016	0.409	7.057	0.576
11.777	0.080	0.082	12.787	5.142	0.419	7.128	0.581
11.857	0.036	0.037	12.787	5.233	0.194	7.216	0.268
11.893	0.077	0.083	21.798	8.250	0.685	7.423	0.616
11.970	0.080	0.086	21.798	8.212	0.704	7.634	0.654
12.050	0.080	0.086	21.798	8.022	0.687	7.843	0.672
12.129	0.080	0.086	21.798	7.833	0.671	7.786	0.667
12.209	0.080	0.086	21.798	7.643	0.655	7.565	0.648
12.288	0.080	0.086	21.798	7.453	0.639	7.315	0.627
12.368	0.004	0.004	21.798	7.354	0.029	7.209	0.029
12.371	0.080	0.086	21.808	7.257	0.622	7.166	0.614
12.451	0.049	0.053	21.808	7.104	0.375	7.196	0.380
12.500	0.080	0.086	21.808	10.545	0.904	7.352	0.630
12.580	0.009	0.009	21.808	10.440	0.096	7.802	0.072
12.588	0.080	0.087	24.397	11.214	0.980	7.991	0.698
12.668	0.080	0.087	24.397	10.981	0.959	8.201	0.716
12.747	0.080	0.087	24.397	10.748	0.939	8.281	0.723
12.827	0.019	0.021	24.397	10.604	0.220	8.427	0.174
12.846	0.003	0.004	24.407	10.574	0.039	8.440	0.031
12.849	0.080	0.087	24.407	10.471	0.915	8.425	0.736
12.929	0.080	0.087	24.407	10.274	0.897	8.841	0.772
13.008	0.080	0.087	24.407	10.076	0.880	9.373	0.819
13.088	0.080	0.087	24.407	9.879	0.863	9.194	0.803
13.167	0.080	0.087	24.407	9.681	0.846	8.400	0.734
13.247	0.080	0.087	24.407	9.484	0.829	7.947	0.694
13.326	0.027	0.030	24.407	9.352	0.276	7.780	0.230
13.353	0.080	0.091	29.164	10.343	0.942	7.554	0.688
13.433	0.080	0.091	29.164	10.070	0.917	7.393	0.674
13.512	0.080	0.091	29.164	9.797	0.892	7.228	0.658

---

LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
dx(m) : Larghezza concio  
dl(m) : lunghezza base concio  
alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio  
TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio  
TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio  
TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio

---

# Parametri Geotecnici degli strati #												
N.	phi'	C'	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D			
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa	..	..	..	..	..	
1	0	0	7.20	14.00	16.00	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	14.40	18.00	20.00	0	0	0	0	0	0	

SSAP 4.9.9 (2019) - Slope Stability Analysis Program  
 Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu  
 SSAP/DXF generator rel. 1.5.4 (2019)  
 Data : 17/2/2020  
 Localita' : Fontanetto Po  
 Descrizione : Verifica argine in condizioni di svaso rapido non drenate  
 [n] = N. strato o lente

Sn --> Sovraccarico

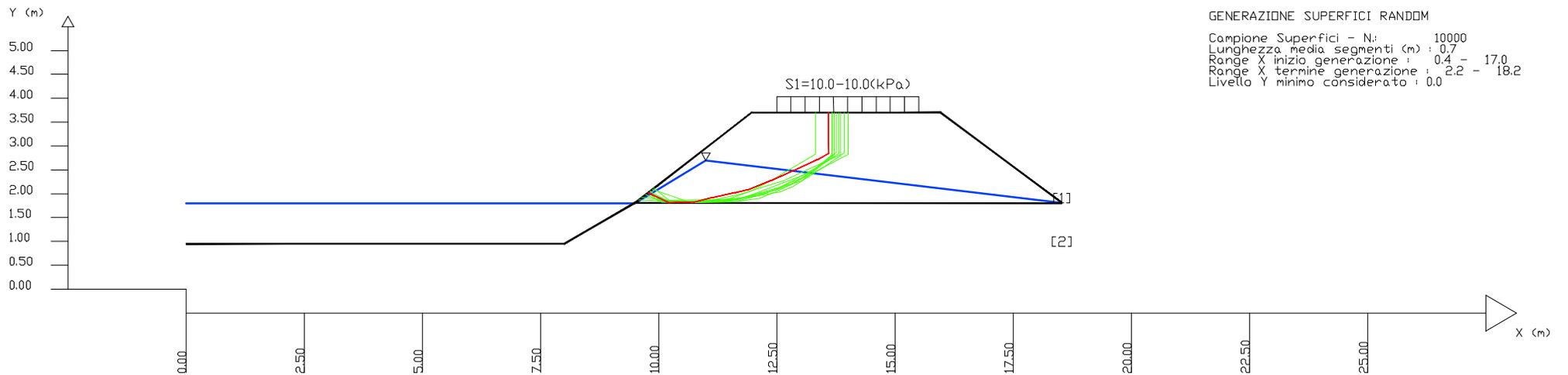
Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.3798  
 Range Fs : 1.3798 - 1.3960  
 Differenza % Range Fs : 1.16  
 Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0140

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N: 10000  
 Lunghezza media segmenti (m) : 0.7  
 Range X inizio generazione : 0.4 - 17.0  
 Range X termine generazione : 2.2 - 18.2  
 Livello Y minimo considerato : 0.0



**ALLEGATO 4B – Relazione e sezione di calcolo per la verifica in condizioni drenate e canale vuoto**

# Report elaborazioni #

-----  
SSAP 4.9.9 - Slope Stability Analysis Program (1991,2019)

WWW.SSAP.EU

Build No. 11172

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI \*,\*\*

\*UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

\*\* Gia' Ricercatore CNR-IRPI fino a Luglio 2011  
-----

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 21 settembre 2019  
-----

File report: C:\Cavallero\3218Fontanetto\aggiornamento\verifiche stabilita/Layout\condizionidrenate.txt

Data: 17/2/2020

Localita' : Fontanetto Po

Descrizione: Condizioni drenate con canale vuoto

Modello pendio: progetto d corretta.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

\_\_ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X Y (in m) \_\_

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
0.00	0.95	9.50	1.81	-	-	-	-
8.00	0.95	18.53	1.80	-	-	-	-
9.50	1.81	-	-	-	-	-	-
11.97	3.70	-	-	-	-	-	-
15.97	3.70	-	-	-	-	-	-
18.53	1.81	-	-	-	-	-	-

---- SUP FALDA -----

X Y (in m)

0.00	1.00
18.53	1.00

----- GESTIONE ACQUIFERI -----

Strati esclusi da acquifero:

Esclusione sovraccarico pendio sommerso: NON ATTIVATA

Peso unitario fluido (kN/m<sup>3</sup>): 9.81

Parametri funzione dissipazione superficiale pressione dei fluidi:

Coefficiente A 0

Coefficiente K 0.000800

Pressione minima fluidi Uo\_Min (kPa) 0.01

Coefficiente di soprapressione oltre pressione idrostatica 1.00

Limitazione dissipazione a Pressione Idrostatica = ATTIVA

STABILITE CONDIZIONI PER LA VERIFICA CON SOVRAPPRESSIONE ACQUIFERI CON DISSIPAZIONE IN DIREZIONE DELLA SUPERFICIE

CALCOLO EFFETTO DI FILTRAZIONE NON ATTIVATO

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

	fi`	C`	Cu	Gamm	Gamm_sat	STR_IDX	sgci	GSI	mi	D
STRATO 1	22.40	1.60	0.00	14.00	16.00	1.239	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 2	22.40	3.20	0.00	18.00	20.00	1.291	0.00	0.00	0.00	0.00

LEGENDA: fi` \_\_\_\_\_ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)

C` \_\_\_\_\_ Coesione efficace (in Kpa)

Cu \_\_\_\_\_ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)

Gamm \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m<sup>3</sup>)

Gamm\_sat \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno immerso (in KN/m<sup>3</sup>)

STR\_IDX \_\_\_\_\_ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH) (adimensionale)

---- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002)-

sgci \_\_\_\_\_ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)

GSI \_\_\_\_\_ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)

mi \_\_\_\_\_ Indice litologico ammasso(adimensionale)

D \_\_\_\_\_ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)

Fattore di riduzione NTC2018 gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 - DISATTIVATO (solo per ROCCE)

Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - non-lineare - Generalizzato secondo Lei et al.(2016)

----- SOVRACCARICHI PRESENTI -----

SOVRACCARICO N.1

Carico in X1 (Kpa): 10.00

Carico in X2 (Kpa): 10.00

Posizione carico da X1 m.: 12.50

a X2 m.: 15.50

Inclinazione carico (gradi): 90.00

Componenti distribuzione forza unitaria applicata:

#Orizzontale (per metro di proiezione Verticale) (kN/m): da 0.00 a 0.00

#Verticale (per metro di proiezione Orizzontale) (kN/m): da 10.00 a 10.00  
 ##Nota: la distribuzione del carico e delle forze unitarie puo' variare  
 in modo lineare tra gli estremi di coordinate X1 e X2

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

\*\*\* PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI

METODO DI RICERCA: CONVEX RANDOM - Chen (1992)  
 FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO  
 COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00  
 LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m): 0.7 (+/-) 50%  
 INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 0.37 17.05  
 LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 0.00  
 INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 2.22 18.16

\*\*\* TOTALE SUPERFICI GENERATE : 10000

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)  
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0140  
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0070  
 COEFFICIENTE  $c=Kv/Kh$  UTILIZZATO : 0.5000  
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00  
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0  
 durante le tutte le verifiche globali.  
 I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

\* DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR  $F_s$  \*

Fattore di sicurezza (FS)	1.1177	Min.	-	X	Y	Lambda=	0.6560
	9.66	1.93					
	9.85	1.86					
	10.04	1.80					
	10.16	1.83					
	10.40	1.88					
	10.61	1.94					
	10.83	2.03					
	11.09	2.12					
	11.22	2.18					
	11.46	2.31					
	11.74	2.45					

11.86 2.53  
12.08 2.67  
12.20 2.74  
12.48 2.93  
12.70 3.11  
12.89 3.33  
13.01 3.47  
13.01 3.70

Fattore di sicurezza (FS) 1.1216 - N.2 -- X Y Lambda= 0.6889  
9.52 1.82  
9.81 1.81  
10.06 1.82  
10.31 1.83  
10.63 1.90  
11.01 2.05  
11.23 2.14  
11.45 2.27  
11.73 2.44  
12.04 2.69  
12.23 2.84  
12.58 3.12  
12.87 3.46  
12.87 3.70

Fattore di sicurezza (FS) 1.1219 - N.3 -- X Y Lambda= 0.7056  
9.58 1.87  
9.93 1.81  
10.17 1.87  
10.38 1.92  
10.69 2.00  
10.99 2.14  
11.13 2.21  
11.41 2.34  
11.68 2.47  
12.02 2.67  
12.28 2.85  
12.51 3.07  
12.79 3.34  
12.91 3.46  
12.91 3.70

Fattore di sicurezza (FS) 1.1236 - N.4 -- X Y Lambda= 0.6807

9.63	1.91
9.94	1.81
10.25	1.83
10.38	1.87
10.72	1.99
10.95	2.07
11.20	2.18
11.49	2.34
11.77	2.51
11.95	2.62
12.06	2.69
12.35	2.87
12.56	3.10
12.66	3.21
12.79	3.37
12.85	3.44
12.85	3.70

Fattore di sicurezza (FS) 1.1269 - N.5 -- X Y Lambda= 0.7084

9.69	1.96
9.96	1.84
10.19	1.88
10.48	1.93
10.72	2.03
10.89	2.12
11.07	2.22
11.36	2.38
11.71	2.59
11.96	2.74
12.18	2.88
12.52	3.15
12.69	3.30
12.80	3.42
12.80	3.70

Fattore di sicurezza (FS) 1.1278 - N.6 -- X Y Lambda= 0.6519

9.54	1.84
9.90	1.85
10.44	1.86
10.87	2.03
11.33	2.29
11.79	2.56
12.16	2.80
12.56	3.07

12.79 3.27  
12.97 3.43  
12.97 3.70

Fattore di sicurezza (FS) 1.1285 - N.7 -- X Y Lambda= 0.7056  
9.60 1.89  
9.89 1.80  
10.16 1.87  
10.53 1.98  
10.70 2.05  
11.04 2.20  
11.28 2.30  
11.59 2.46  
11.95 2.65  
12.24 2.80  
12.59 3.05  
12.82 3.31  
12.93 3.44  
12.93 3.70

Fattore di sicurezza (FS) 1.1285 - N.8 -- X Y Lambda= 0.6835  
9.61 1.90  
9.73 1.85  
10.07 1.86  
10.30 1.87  
10.55 1.92  
10.83 2.04  
11.10 2.18  
11.32 2.31  
11.47 2.40  
11.70 2.55  
11.98 2.73  
12.23 2.91  
12.44 3.05  
12.66 3.25  
12.83 3.41  
12.83 3.70

Fattore di sicurezza (FS) 1.1293 - N.9 -- X Y Lambda= 0.6868  
9.53 1.83  
9.91 1.81  
10.41 1.91  
10.78 1.99

11.21 2.17  
 11.83 2.58  
 12.54 3.12  
 12.83 3.42  
 12.83 3.70

Fattore di sicurezza (FS) 1.1297 - N.10 -- X Y Lambda= 0.7211  
 9.59 1.88  
 9.84 1.82  
 10.00 1.82  
 10.23 1.81  
 10.59 1.98  
 10.92 2.14  
 11.28 2.31  
 11.62 2.51  
 11.90 2.69  
 12.15 2.86  
 12.40 3.03  
 12.56 3.20  
 12.65 3.31  
 12.75 3.44  
 12.75 3.70

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----  
 # DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR FS \*  
 # Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.200

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	1.118	21.4	19.2	-1.6	Deficit
2	1.122	20.7	18.4	-1.4	Deficit
3	1.122	19.7	17.6	-1.4	Deficit
4	1.124	19.8	17.7	-1.3	Deficit
5	1.127	17.7	15.7	-1.1	Deficit
6	1.128	20.5	18.2	-1.3	Deficit
7	1.128	19.8	17.5	-1.3	Deficit
8	1.129	18.7	16.6	-1.2	Deficit
9	1.129	19.5	17.3	-1.2	Deficit
10	1.130	17.9	15.9	-1.1	Deficit

Esito analisi: DEFICIT di RESISTENZA!

Valore massimo di DEFICIT di RESISTENZA(kN/m): -1.6

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie

di scivolamento  
 FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie  
 di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN  
 per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata

TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	dx (m)	alpha (°)	W (kN/m)	ru (-)	U (kPa)	phi' (°)	(c',Cu) (kPa)
9.658	0.058	-19.40	0.03	0.00	0.00	22.40	1.60
9.717	0.058	-19.40	0.08	0.00	0.00	22.40	1.60
9.775	0.058	-19.40	0.13	0.00	0.00	22.40	1.60
9.833	0.021	-19.40	0.06	0.00	0.00	22.40	1.60
9.854	0.058	-19.39	0.21	0.00	0.00	22.40	1.60
9.912	0.058	-19.39	0.26	0.00	0.00	22.40	1.60
9.970	0.034	-19.39	0.18	0.00	0.00	22.40	1.60
10.004	0.033	-19.39	0.19	0.00	0.00	22.40	3.20
10.037	0.049	12.95	0.31	0.00	0.00	22.40	3.20
10.086	0.058	12.95	0.38	0.00	0.00	22.40	1.60
10.145	0.020	12.95	0.14	0.00	0.00	22.40	1.60
10.165	0.058	12.96	0.42	0.00	0.00	22.40	1.60
10.223	0.058	12.96	0.44	0.00	0.00	22.40	1.60
10.281	0.058	12.96	0.47	0.00	0.00	22.40	1.60
10.339	0.058	12.96	0.49	0.00	0.00	22.40	1.60
10.397	0.006	12.96	0.05	0.00	0.00	22.40	1.60
10.403	0.058	16.80	0.52	0.00	0.00	22.40	1.60
10.461	0.058	16.80	0.54	0.00	0.00	22.40	1.60
10.519	0.058	16.80	0.56	0.00	0.00	22.40	1.60
10.578	0.030	16.80	0.30	0.00	0.00	22.40	1.60
10.608	0.058	20.56	0.59	0.00	0.00	22.40	1.60
10.666	0.058	20.56	0.61	0.00	0.00	22.40	1.60
10.724	0.058	20.56	0.63	0.00	0.00	22.40	1.60
10.782	0.046	20.56	0.51	0.00	0.00	22.40	1.60
10.828	0.058	20.57	0.66	0.00	0.00	22.40	1.60
10.886	0.058	20.57	0.68	0.00	0.00	22.40	1.60
10.944	0.058	20.57	0.70	0.00	0.00	22.40	1.60
11.003	0.058	20.57	0.72	0.00	0.00	22.40	1.60
11.061	0.028	20.57	0.35	0.00	0.00	22.40	1.60
11.089	0.058	23.57	0.75	0.00	0.00	22.40	1.60
11.147	0.058	23.57	0.76	0.00	0.00	22.40	1.60
11.205	0.016	23.57	0.22	0.00	0.00	22.40	1.60
11.221	0.058	27.54	0.78	0.00	0.00	22.40	1.60

11.280	0.058	27.54	0.79	0.00	0.00	22.40	1.60
11.338	0.058	27.54	0.80	0.00	0.00	22.40	1.60
11.396	0.058	27.54	0.82	0.00	0.00	22.40	1.60
11.454	0.003	27.54	0.04	0.00	0.00	22.40	1.60
11.457	0.058	27.55	0.83	0.00	0.00	22.40	1.60
11.515	0.058	27.55	0.84	0.00	0.00	22.40	1.60
11.573	0.058	27.55	0.85	0.00	0.00	22.40	1.60
11.631	0.058	27.55	0.86	0.00	0.00	22.40	1.60
11.690	0.054	27.55	0.81	0.00	0.00	22.40	1.60
11.743	0.058	31.75	0.88	0.00	0.00	22.40	1.60
11.802	0.058	31.75	0.89	0.00	0.00	22.40	1.60
11.860	0.001	31.75	0.01	0.00	0.00	22.40	1.60
11.860	0.058	31.76	0.90	0.00	0.00	22.40	1.60
11.919	0.051	31.76	0.80	0.00	0.00	22.40	1.60
11.970	0.058	31.76	0.89	0.00	0.00	22.40	1.60
12.028	0.056	31.76	0.83	0.00	0.00	22.40	1.60
12.084	0.058	33.15	0.83	0.00	0.00	22.40	1.60
12.143	0.054	33.15	0.75	0.00	0.00	22.40	1.60
12.197	0.058	33.82	0.77	0.00	0.00	22.40	1.60
12.255	0.058	33.82	0.74	0.00	0.00	22.40	1.60
12.313	0.058	33.82	0.71	0.00	0.00	22.40	1.60
12.371	0.058	33.82	0.68	0.00	0.00	22.40	1.60
12.429	0.048	33.82	0.53	0.00	0.00	22.40	1.60
12.477	0.023	39.49	0.24	0.00	0.00	22.40	1.60
12.500	0.058	39.49	1.18	0.00	0.00	22.40	1.60
12.558	0.058	39.49	1.15	0.00	0.00	22.40	1.60
12.616	0.058	39.49	1.11	0.00	0.00	22.40	1.60
12.674	0.024	39.49	0.44	0.00	0.00	22.40	1.60
12.698	0.058	48.97	1.04	0.00	0.00	22.40	1.60
12.756	0.058	48.97	0.99	0.00	0.00	22.40	1.60
12.815	0.058	48.97	0.93	0.00	0.00	22.40	1.60
12.873	0.020	48.97	0.30	0.00	0.00	22.40	1.60
12.892	0.058	48.98	0.86	0.00	0.00	22.40	1.60
12.951	0.058	48.98	0.81	0.00	0.00	22.40	1.60

---

#### LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio

dx(m) : Larghezza concio

alpha(°) : Angolo pendenza base concio

W(kN/m) : Forza peso concio

ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale

U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio

phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio

c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

---

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	ht (m)	yt (m)	yt' (-)	E(x) (kN/m)	T(x) (kN/m)	E' (kN)	rho(x) (-)	FS_qFEM (-)	FS_srmFEM (-)
9.658	0.000	1.931	-0.069	0.0000000000E+000	0.0000000000E+000	0.0000000000E+000	0.037	9.305	4.800
9.717	0.016	1.927	-0.069	4.955545879E-002	3.1173901662E-004	2.0258059435E+000	0.037	9.305	4.800
9.775	0.033	1.923	-0.046	2.3563384670E-001	1.2451749509E-002	3.5043276163E+000	0.046	7.008	2.693
9.833	0.052	1.922	-0.019	4.5716526732E-001	4.5946642760E-002	5.6109072285E+000	0.103	9.533	2.421
9.854	0.059	1.922	0.021	5.8750900596E-001	7.3597695557E-002	6.1253027266E+000	0.139	10.429	2.370
9.912	0.081	1.923	0.063	9.2246849598E-001	1.5181791189E-001	5.7512064454E+000	0.204	9.751	2.275
9.970	0.108	1.929	0.115	1.2564669100E+000	2.4283576901E-001	5.5422994715E+000	0.252	7.562	2.193
10.004	0.125	1.934	0.163	1.4428448372E+000	2.9998632309E-001	5.1351853688E+000	0.276	6.439	2.965
10.037	0.142	1.940	0.235	1.6011679733E+000	3.537082177E-001	4.8124126633E+000	0.292	5.389	2.906
10.086	0.144	1.953	0.299	1.8354835972E+000	4.4708274456E-001	4.1447353825E+000	0.339	4.147	2.085
10.145	0.149	1.972	0.325	2.0359949161E+000	5.4798721902E-001	2.9320043384E+000	0.381	3.227	2.034
10.165	0.151	1.979	0.449	2.0912887272E+000	5.7963614650E-001	2.9233239098E+000	0.393	3.026	2.018
10.223	0.167	2.007	0.492	2.2898328842E+000	7.0470028423E-001	3.1246531727E+000	0.443	2.445	1.952
10.281	0.182	2.036	0.474	2.4547361981E+000	8.1955531203E-001	2.6278042888E+000	0.483	2.142	1.891
10.339	0.195	2.062	0.473	2.5954888306E+000	9.1918484448E-001	2.4323720315E+000	0.512	1.975	1.836
10.397	0.210	2.091	0.484	2.7376602265E+000	1.0206856675E+000	2.0219509541E+000	0.540	1.845	1.780
10.403	0.211	2.093	0.437	2.7491723036E+000	1.0290089829E+000	1.9730310783E+000	0.542	1.837	1.775
10.461	0.219	2.119	0.454	2.8600442117E+000	1.1114641684E+000	1.8732750760E+000	0.562	1.754	1.726
10.519	0.229	2.146	0.486	2.9670643546E+000	1.1956014818E+000	1.8018675693E+000	0.581	1.678	1.675
10.578	0.241	2.176	0.512	3.0696304200E+000	1.2819768447E+000	1.6928214351E+000	0.601	1.606	1.621
10.608	0.248	2.191	0.546	3.1193641535E+000	1.3271638550E+000	1.6235637991E+000	0.611	1.570	1.591
10.666	0.258	2.224	0.545	3.2101009216E+000	1.4160331282E+000	1.4442694309E+000	0.633	1.500	1.532
10.724	0.267	2.255	0.549	3.2873559410E+000	1.4990621297E+000	1.3053382768E+000	0.652	1.436	1.474
10.782	0.278	2.287	0.567	3.3619327791E+000	1.5842553118E+000	1.2707139074E+000	0.672	1.376	1.416
10.828	0.287	2.314	0.592	3.4200468250E+000	1.6531132922E+000	1.2747667522E+000	0.687	1.333	1.370
10.886	0.301	2.349	0.595	3.4951569425E+000	1.7437089892E+000	1.2548926324E+000	0.707	1.281	1.312
10.944	0.313	2.383	0.595	3.5660110419E+000	1.8298435182E+000	1.1878914973E+000	0.725	1.237	1.260
11.003	0.326	2.418	0.602	3.6333278487E+000	1.9133513029E+000	1.0828041675E+000	0.741	1.197	1.214
11.061	0.339	2.453	0.569	3.6919585997E+000	1.9888031656E+000	7.9377607875E-001	0.754	1.160	1.174
11.089	0.343	2.467	0.526	3.7111840862E+000	2.0155847167E+000	6.4414254091E-001	0.758	1.145	1.161
11.147	0.349	2.498	0.538	3.7429146184E+000	2.0683367906E+000	4.2231400017E-001	0.767	1.114	1.132
11.205	0.355	2.530	0.535	3.7603060037E+000	2.1117419383E+000	1.6544725674E-001	0.773	1.085	1.106
11.221	0.356	2.538	0.652	3.7624025395E+000	2.1219878265E+000	7.1501878193E-002	0.774	1.077	1.100
11.280	0.366	2.578	0.689	3.7549679698E+000	2.1600698020E+000	-2.2091969851E-001	0.783	1.045	1.069
11.338	0.376	2.619	0.666	3.7367060218E+000	2.1905314780E+000	-3.7040030630E-001	0.790	1.020	1.040
11.396	0.383	2.656	0.638	3.7118844507E+000	2.2123629407E+000	-4.5231157251E-001	0.795	0.999	1.015
11.454	0.389	2.693	0.632	3.6840949037E+000	2.2296039589E+000	-5.1028677528E-001	0.798	0.983	0.992
11.457	0.389	2.695	0.568	3.6826074710E+000	2.2303191276E+000	-5.0919032347E-001	0.799	0.982	0.991
11.515	0.392	2.727	0.591	3.6561580251E+000	2.2403927554E+000	-4.8695622695E-001	0.799	0.970	0.971
11.573	0.398	2.763	0.660	3.6259666218E+000	2.2475963844E+000	-5.9885586836E-001	0.799	0.955	0.949
11.631	0.408	2.804	0.745	3.5865014460E+000	2.2499105429E+000	-8.5941712981E-001	0.798	0.935	0.925
11.690	0.424	2.850	0.707	3.5260025730E+000	2.2423791514E+000	-1.0376210919E+000	0.796	0.909	0.898
11.743	0.429	2.883	0.649	3.4702798639E+000	2.2273426320E+000	-1.0872877931E+000	0.791	0.888	0.882
11.802	0.432	2.923	0.665	3.4037716274E+000	2.2033585732E+000	-1.1598873496E+000	0.786	0.874	0.871
11.860	0.434	2.961	0.651	3.3353662910E+000	2.1706335097E+000	-1.3012466108E+000	0.778	0.867	0.866
11.860	0.434	2.961	0.509	3.3344405293E+000	2.1701038132E+000	-1.3021080569E+000	0.778	0.867	0.866
11.919	0.428	2.991	0.501	3.2618847720E+000	2.1229079281E+000	-1.3116136390E+000	0.765	0.867	0.868
11.970	0.421	3.016	0.478	3.1914596288E+000	2.0654562702E+000	-1.4143607915E+000	0.749	0.872	0.874
12.028	0.412	3.043	0.458	3.1061761385E+000	1.9800471908E+000	-1.5229108233E+000	0.740	0.882	0.889
12.084	0.403	3.068	0.408	3.0175319376E+000	1.8770694659E+000	-1.5016891198E+000	0.724	0.897	0.912
12.143	0.386	3.090	0.351	2.9347600395E+000	1.7703132071E+000	-1.3764432334E+000	0.706	0.916	0.939
12.197	0.369	3.108	0.353	2.8623250797E+000	1.6761511979E+000	-1.3406928610E+000	0.689	0.935	0.966
12.255	0.351	3.129	0.408	2.7838571621E+000	1.5869916600E+000	-1.3827142230E+000	0.676	0.952	0.989
12.313	0.338	3.155	0.447	2.7014931539E+000	1.5162349808E+000	-1.4177341024E+000	0.671	0.953	0.995
12.371	0.325	3.181	0.443	2.6189518605E+000	1.4694437817E+000	-1.5075317851E+000	0.676	0.937	0.983
12.429	0.312	3.207	0.434	2.5261429360E+000	1.4292254767E+000	-1.8540755959E+000	0.686	0.910	0.958

12.477	0.300	3.227	0.427	2.4271287990E+000	1.3727561704E+000	-2.3771319391E+000	0.686	0.884	0.933
12.500	0.291	3.237	0.415	2.3700932700E+000	1.3342363739E+000	-2.6698581910E+000	0.683	0.872	0.921
12.558	0.267	3.261	0.402	2.1929214377E+000	1.1995485094E+000	-3.3272754589E+000	0.659	0.845	0.894
12.616	0.242	3.284	0.412	1.9830775650E+000	1.0105340179E+000	-3.9974173359E+000	0.604	0.826	0.876
12.674	0.219	3.309	0.438	1.7279574431E+000	7.6918929177E-001	-4.6433605355E+000	0.509	0.817	0.868
12.698	0.211	3.320	0.483	1.6147257457E+000	6.6693470265E-001	-4.7853607042E+000	0.463	0.815	0.869
12.756	0.172	3.348	0.498	1.3312049826E+000	4.3785771403E-001	-4.8538900779E+000	0.353	0.817	0.875
12.815	0.135	3.378	0.562	1.0501401820E+000	2.2168801228E-001	-5.0271058325E+000	0.213	0.835	0.897
12.873	0.104	3.414	0.601	7.4647163786E-001	6.2000540260E-002	-4.3229936445E+000	0.074	0.866	0.920
12.892	0.092	3.424	0.793	6.6777847902E-001	3.8590035382E-002	-4.5396878332E+000	0.050	0.872	0.924
12.951	0.076	3.475	0.793	3.1405977278E-001	5.3158389180E-003	-5.7410666197E+000	0.037	0.887	0.933

-----  
 -----  
 LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio  
 yt(m) : coordinata Y linea di trust  
 yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di trust  
 E(x)(kN/m) : Forza Normale interconcio  
 T(x)(kN/m) : Forza Tangenziale interconcio  
 E' (kN) : derivata Forza normale interconcio  
 Rho(x) (-) : fattore mobilizzazione resistenza al taglio verticale interconcio ZhU et al.(2003)  
 FS\_qFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM  
 FS\_srmFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM Procedure

-----

TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

-----

X (m)	dx (m)	dl (m)	alpha (°)	TauStress (kPa)	TauF (kN/m)	TauStrength (kPa)	TauS (kN/m)
9.658	0.058	0.062	-19.397	-0.138	-0.008	1.773	0.109
9.717	0.058	0.062	-19.397	-0.413	-0.025	2.256	0.139
9.775	0.058	0.062	-19.397	-0.689	-0.042	2.857	0.176
9.833	0.021	0.022	-19.397	-0.876	-0.019	3.625	0.080
9.854	0.058	0.062	-19.387	-1.063	-0.066	3.867	0.238
9.912	0.058	0.062	-19.387	-1.338	-0.082	4.362	0.269
9.970	0.034	0.036	-19.387	-1.557	-0.057	4.701	0.171
10.004	0.033	0.035	-19.387	-1.722	-0.059	6.495	0.224
10.037	0.049	0.051	12.945	1.430	0.073	5.887	0.299
10.086	0.058	0.060	12.945	1.518	0.091	4.414	0.263
10.145	0.020	0.021	12.945	1.587	0.033	4.506	0.093
10.165	0.058	0.060	12.955	1.656	0.099	4.705	0.281
10.223	0.058	0.060	12.955	1.758	0.105	4.850	0.289
10.281	0.058	0.060	12.955	1.860	0.111	4.983	0.297
10.339	0.058	0.060	12.955	1.961	0.117	5.159	0.308
10.397	0.006	0.006	12.955	2.017	0.012	5.207	0.031
10.403	0.058	0.061	16.803	2.581	0.157	5.050	0.307

10.461	0.058	0.061	16.803	2.691	0.164	5.195	0.316
10.519	0.058	0.061	16.803	2.801	0.170	5.340	0.324
10.578	0.030	0.031	16.803	2.885	0.090	5.450	0.171
10.608	0.058	0.062	20.555	3.485	0.216	5.264	0.327
10.666	0.058	0.062	20.555	3.595	0.223	5.380	0.334
10.724	0.058	0.062	20.555	3.704	0.230	5.495	0.341
10.782	0.046	0.049	20.555	3.801	0.187	5.598	0.275
10.828	0.058	0.062	20.565	3.901	0.242	5.700	0.354
10.886	0.058	0.062	20.565	4.010	0.249	5.815	0.361
10.944	0.058	0.062	20.565	4.119	0.256	5.930	0.368
11.003	0.058	0.062	20.565	4.228	0.263	6.046	0.376
11.061	0.028	0.030	20.565	4.309	0.128	6.133	0.182
11.089	0.058	0.063	23.569	4.857	0.308	5.962	0.378
11.147	0.058	0.063	23.569	4.959	0.315	6.065	0.385
11.205	0.016	0.018	23.569	5.024	0.090	6.132	0.110
11.221	0.058	0.066	27.545	5.651	0.371	5.829	0.382
11.280	0.058	0.066	27.545	5.735	0.376	5.911	0.388
11.338	0.058	0.066	27.545	5.819	0.382	5.995	0.393
11.396	0.058	0.066	27.545	5.903	0.387	6.070	0.398
11.454	0.003	0.003	27.545	5.947	0.019	6.110	0.020
11.457	0.058	0.066	27.555	5.993	0.393	6.153	0.404
11.515	0.058	0.066	27.555	6.077	0.399	6.224	0.408
11.573	0.058	0.066	27.555	6.161	0.404	6.299	0.413
11.631	0.058	0.066	27.555	6.245	0.410	6.386	0.419
11.690	0.054	0.061	27.555	6.326	0.384	6.468	0.393
11.743	0.058	0.068	31.754	6.943	0.475	6.166	0.422
11.802	0.058	0.068	31.754	6.998	0.479	6.232	0.426
11.860	0.001	0.001	31.754	7.026	0.006	6.287	0.005
11.860	0.058	0.068	31.764	7.055	0.483	6.317	0.432
11.919	0.051	0.061	31.764	7.107	0.430	6.412	0.388
11.970	0.058	0.068	31.764	7.015	0.480	6.424	0.439
12.028	0.056	0.066	31.764	6.786	0.449	6.350	0.420
12.084	0.058	0.069	33.147	6.694	0.465	6.107	0.424
12.143	0.054	0.065	33.147	6.451	0.419	5.936	0.385
12.197	0.058	0.070	33.818	6.265	0.439	5.696	0.399
12.255	0.058	0.070	33.818	6.006	0.420	5.468	0.383
12.313	0.058	0.070	33.818	5.746	0.402	5.218	0.365
12.371	0.058	0.070	33.818	5.487	0.384	5.036	0.353
12.429	0.048	0.058	33.818	5.251	0.303	5.009	0.289
12.477	0.023	0.029	39.490	5.373	0.157	4.729	0.138
12.500	0.058	0.075	39.490	10.165	0.766	7.244	0.546
12.558	0.058	0.075	39.490	9.828	0.741	7.363	0.555
12.616	0.058	0.075	39.490	9.491	0.715	7.471	0.563
12.674	0.024	0.031	39.490	9.253	0.286	7.398	0.229
12.698	0.058	0.089	48.971	8.987	0.796	6.214	0.550
12.756	0.058	0.089	48.971	8.514	0.754	5.966	0.529

12.815	0.058	0.089	48.971	8.042	0.712	5.436	0.482
12.873	0.020	0.030	48.971	7.726	0.230	4.743	0.141
12.892	0.058	0.089	48.981	7.410	0.657	4.398	0.390
12.951	0.058	0.089	48.981	6.938	0.615	4.052	0.359

---

#### LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio

dx(m) : Larghezza concio

dl(m) : lunghezza base concio

alpha(°) : Angolo pendenza base concio

TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio

TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio

TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio

TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio

---

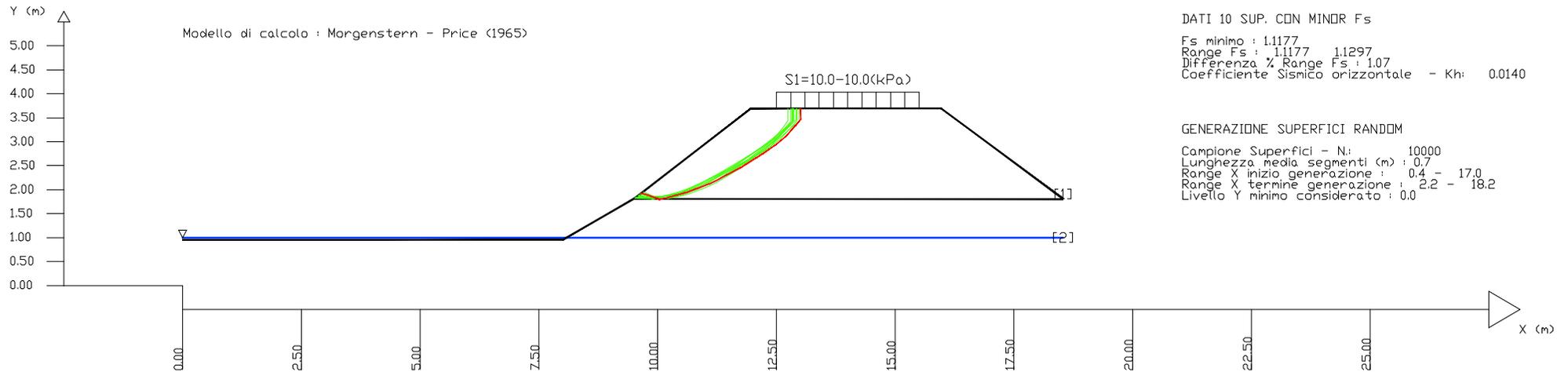
# Parametri Geotecnici degli strati #													
N.	phi'	C'	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D				
"	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa	"	"	"	"	"	"	"
1	22.40	1.60	0	14.00	16.00	0	0	0	0	0	0	0	0
2	22.40	3.20	0	18.00	20.00	0	0	0	0	0	0	0	0

SSAP 4.9.9 (2019) - Slope Stability Analysis Program  
 Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu  
 SSAP/DXF generator rel. 1.5.4 (2019)

Data : 17/2/2020  
 Localita' : Fontanetto Po  
 Descrizione : Condizioni drenate con canale vuoto  
 [n] = N. strato o lente

Sn --> Sovraccarico

Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)



DATI 10 SUP. CON MINDR Fs

Fs minimo : 1.1177  
 Range Fs : 1.1177 - 1.1297  
 Differenza % Range Fs : 1.07  
 Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0140

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N: 10000  
 Lunghezza media segmenti (m) : 0.7  
 Range X inizio generazione : 0.4 - 17.0  
 Range X termine generazione : 2.2 - 18.2  
 Livello Y minimo considerato : 0.0

ALLEGATO 5 – Caratterizzazione terreno – determinazione dell'amianto (SEM)

## RAPPORTO DI PROVA RP-ENV-22/000014230

data di emissione 02/03/2022

Codice intestatario 18515

Spett.le  
HY.M. STUDIO INGEGNERIA  
IDRAULICA  
VIA POMBA, 23  
10123 TORINO (TO)  
IT

### Dati Campione

Numero di accettazione 22-215485-0001  
Consegnato da Corriere il 23/02/2022  
Proveniente da 3218 Canale irriguo a Fontanetto Po  
Matrice Terreno  
Descrizione campione 3218-22-01

### Dati Campionamento

Campionato da Cliente - il 23/02/2022

segue rapporto di prova n. RP-ENV-22/000014230

**RISULTATI ANALITICI**

	Valore/ Incertezza	U.M.	Valori di riferimento	Riferimenti	MDL	R%	Data inizio/ fine analisi	Unità op.
<b>Sul campione tal quale</b>								
Frazione granulometrica da 2 cm a 2 mm DM 13/09/1999 GU N° 248 21/10/1999 Met II.1	40,8±5,0	g/100 g			0,10		23/02/2022 24/02/2022	VOL
Residuo secco a 105 °C CNR IRSA 2 Q 64 Vol 2 1984	76,79±0,77	g/100 g			–		23/02/2022 24/02/2022	VOL
<b>DETERMINAZIONE DELL'AMIANTO (SEM)</b>								
DM 06/09/1994 GU n° 288 10/12/1994 All 1 B								
<b>ANALISI ESEGUITE SULLA FRAZIONE GRANULOMETRICA &lt; 2 mm ED ESPRESSE SULLA TOTALITÀ DEI MATERIALI SECCHI</b>								
Amianto	<100	mg/kg	≤ 1000	DL 152/06 TAB1/A	100		23/02/2022 28/02/2022	VOL

**Unità Operative**

VOL : Corso Europa, 600/A 10088 Volpiano (TO) - Accredimento ACCREDIA LAB N° 0094 L

**Informazioni sui metodi di prova e/o requisiti/specifiche**

Riferimento: DL 152/06 TAB1/A = DLgs n° 152 03/04/2006 SO GU n° 88 14/04/2006 ALL.5 TAB.1 COL.A

Metodo: DM 06/09/1994 GU n° 288 10/12/1994 All 1 B = Per la determinazione dell'amianto qualitativo il laboratorio ha validato il proprio limite di rilevabilità (R L) e garantisce il rilevamento di fibre di amianto se il contenuto nel campione è &gt;= allo 0,01% in massa, con un intervallo di confidenza del 95%.

**Conformità/non conformità ai requisiti e alle specifiche**

I parametri analizzati e normati SONO CONFORMI alle disposizioni previste dalle norme sopra citate.

**Informazioni fornite dal cliente**

Descrizione campione 3218-22-01  
 Campionato da Cliente - il 23/02/2022  
 Proveniente da 3218 Canale irriguo a Fontanetto Po

Responsabile prove chimiche

Mario Carlo Nerva

Chimico  
 Ordine Interregionale dei Chimici e dei Fisici del  
 Piemonte e Valle d'Aosta  
 Iscrizione n. 2237 Sez. A

Num. certificato 21005108 emesso dall'ente certificatore  
 ArubaPEC S.p.A. NG CA 3, ArubaPEC S.p.A., IT

segue rapporto di prova n. RP-ENV-22/000014230

MDL=LOD: limite di rilevabilità, definito come la concentrazione minima misurata di una sostanza che può essere rilevata con una probabilità del 99% che sia distinguibile dai risultati del bianco del metodo. Se non diversamente specificato, le sommatorie sono calcolate mediante il criterio Lower Bound (L.B.). In caso di alterazione del campione il laboratorio declina ogni responsabilità sui risultati che possono essere influenzati dallo scostamento nel caso il cliente chieda comunque l'esecuzione dell'analisi. Nel caso il campionamento non sia stato effettuato dal personale del laboratorio i risultati ottenuti si considerano riferiti al campione così come ricevuto e il laboratorio declina la propria responsabilità sui risultati calcolati considerando i dati di campionamento forniti dal Cliente. Il nome e i recapiti del cliente sono sempre forniti dal cliente. Se non diversamente specificato, l'incertezza è estesa ed è stata calcolata con un fattore di copertura  $k=2$  corrispondente ad un livello di probabilità di circa il 95% o come intervallo di confidenza calcolato ad un livello di probabilità di circa il 95%. I parametri preceduti dal simbolo "-" derivano da calcolo. La riga contrassegnata da asterisco (\*) indica che la prova non è accreditata da Accredia presso l'unità operativa o laboratorio dove è stata eseguita.

R%: recupero, i recuperi contrassegnati da cancelletto (#) non sono stati utilizzati nei calcoli. Il recupero è relativo alle fasi analitiche eseguite in laboratorio. Qualora sia presente una specifica (limiti di legge o specifiche cliente) con cui sono stati confrontati i risultati analitici, i valori esposti in grassetto indicano un risultato fuori da tale specifica. Se non diversamente specificato i giudizi di conformità/non conformità eventualmente riportati si riferiscono ai parametri analizzati e si basano sul confronto del valore con i valori di riferimento senza considerare l'intervallo di confidenza della misura o l'incertezza associata al risultato. Se non diversamente specificato le prove microbiologiche quantitative (esclusi MPN) su matrici ambientali liquide e solide sono eseguite su singola replica e due volumi consecutivi; l'incertezza estesa viene espressa conformemente alla norma ISO 29201:2012, calcolata con un fattore di copertura  $k=2$  corrispondente ad un livello di probabilità del 95%; per i metodi in cui il risultato è espresso in MPN (Most Probable Number) l'incertezza di misura è espressa come intervallo di fiducia valutato utilizzando le tabelle statistiche del metodo di riferimento calcolata con un fattore di copertura  $k=2$  corrispondente ad un livello di probabilità del 95%.

## RAPPORTO DI PROVA RP-ENV-22/000014231

data di emissione 02/03/2022

Codice intestatario 18515

Spett.le  
HY.M. STUDIO INGEGNERIA  
IDRAULICA  
VIA POMBA, 23  
10123 TORINO (TO)  
IT

### Dati Campione

Numero di accettazione 22-215485-0002  
Consegnato da Corriere il 23/02/2022  
Proveniente da 3218 Canale irriguo a Fontanetto Po  
Matrice Terreno  
Descrizione campione 3218-22-02

### Dati Campionamento

Campionato da Cliente - il 23/02/2022

segue rapporto di prova n. RP-ENV-22/000014231

**RISULTATI ANALITICI**

	Valore/ Incertezza	U.M.	Valori di riferimento	Riferimenti	MDL	R%	Data inizio/ fine analisi	Unità op.
<b>Sul campione tal quale</b>								
Frazione granulometrica da 2 cm a 2 mm DM 13/09/1999 GU N° 248 21/10/1999 Met II.1	9,0±1,1	g/100 g			0,10		23/02/2022 24/02/2022	VOL
Residuo secco a 105 °C CNR IRSA 2 Q 64 Vol 2 1984	74,77±0,75	g/100 g			-		23/02/2022 24/02/2022	VOL
<b>DETERMINAZIONE DELL'AMIANTO (SEM)</b> DM 06/09/1994 GU n° 288 10/12/1994 All 1 B								
<b>ANALISI ESEGUITE SULLA FRAZIONE GRANULOMETRICA &lt; 2 mm ED ESPRESSE SULLA TOTALITÀ DEI MATERIALI SECCHI</b>								
Amianto	<100	mg/kg	≤ 1000	DL 152/06 TAB1/A	100		23/02/2022 28/02/2022	VOL

**Unità Operative**

VOL : Corso Europa, 600/A 10088 Volpiano (TO) - Accredimento ACCREDIA LAB N° 0094 L

**Informazioni sui metodi di prova e/o requisiti/specifiche**

Riferimento: DL 152/06 TAB1/A = DLgs n° 152 03/04/2006 SO GU n° 88 14/04/2006 ALL.5 TAB.1 COL.A

Metodo: DM 06/09/1994 GU n° 288 10/12/1994 All 1 B = Per la determinazione dell'amianto qualitativo il laboratorio ha validato il proprio limite di rilevabilità (R L) e garantisce il rilevamento di fibre di amianto se il contenuto nel campione è &gt;= allo 0,01% in massa, con un intervallo di confidenza del 95%.

**Conformità/non conformità ai requisiti e alle specifiche**

I parametri analizzati e normati SONO CONFORMI alle disposizioni previste dalle norme sopra citate.

**Informazioni fornite dal cliente**

Descrizione campione 3218-22-02  
Campionato da Cliente - il 23/02/2022  
Proveniente da 3218 Canale irriguo a Fontanetto Po

Responsabile prove chimiche

Mario Carlo Nerva

Chimico  
Ordine Interregionale dei Chimici e dei Fisici del  
Piemonte e Valle d'Aosta  
Iscrizione n. 2237 Sez. A

Num. certificato 21005108 emesso dall'ente certificatore  
ArubaPEC S.p.A. NG CA 3, ArubaPEC S.p.A., IT

segue rapporto di prova n. RP-ENV-22/000014231

MDL=LOD: limite di rilevabilità, definito come la concentrazione minima misurata di una sostanza che può essere rilevata con una probabilità del 99% che sia distinguibile dai risultati del bianco del metodo. Se non diversamente specificato, le sommatorie sono calcolate mediante il criterio Lower Bound (L.B.). In caso di alterazione del campione il laboratorio declina ogni responsabilità sui risultati che possono essere influenzati dallo scostamento nel caso il cliente chieda comunque l'esecuzione dell'analisi. Nel caso il campionamento non sia stato effettuato dal personale del laboratorio i risultati ottenuti si considerano riferiti al campione così come ricevuto e il laboratorio declina la propria responsabilità sui risultati calcolati considerando i dati di campionamento forniti dal Cliente. Il nome e i recapiti del cliente sono sempre forniti dal cliente. Se non diversamente specificato, l'incertezza è estesa ed è stata calcolata con un fattore di copertura  $k=2$  corrispondente ad un livello di probabilità di circa il 95% o come intervallo di confidenza calcolato ad un livello di probabilità di circa il 95%. I parametri preceduti dal simbolo "-" derivano da calcolo. La riga contrassegnata da asterisco (\*) indica che la prova non è accreditata da Accredia presso l'unità operativa o laboratorio dove è stata eseguita.

R%: recupero, i recuperi contrassegnati da cancelletto (#) non sono stati utilizzati nei calcoli. Il recupero è relativo alle fasi analitiche eseguite in laboratorio. Qualora sia presente una specifica (limiti di legge o specifiche cliente) con cui sono stati confrontati i risultati analitici, i valori esposti in grassetto indicano un risultato fuori da tale specifica. Se non diversamente specificato i giudizi di conformità/non conformità eventualmente riportati si riferiscono ai parametri analizzati e si basano sul confronto del valore con i valori di riferimento senza considerare l'intervallo di confidenza della misura o l'incertezza associata al risultato. Se non diversamente specificato le prove microbiologiche quantitative (esclusi MPN) su matrici ambientali liquide e solide sono eseguite su singola replica e due volumi consecutivi; l'incertezza estesa viene espressa conformemente alla norma ISO 29201:2012, calcolata con un fattore di copertura  $k=2$  corrispondente ad un livello di probabilità del 95%; per i metodi in cui il risultato è espresso in MPN (Most Probable Number) l'incertezza di misura è espressa come intervallo di fiducia valutato utilizzando le tabelle statistiche del metodo di riferimento calcolata con un fattore di copertura  $k=2$  corrispondente ad un livello di probabilità del 95%.

## RAPPORTO DI PROVA RP-ENV-22/000014232

data di emissione 02/03/2022

Codice intestatario 18515

Spett.le  
HY.M. STUDIO INGEGNERIA  
IDRAULICA  
VIA POMBA, 23  
10123 TORINO (TO)  
IT

### Dati Campione

Numero di accettazione 22-215485-0003  
Consegnato da Corriere il 23/02/2022  
Proveniente da 3218 Canale irriguo a Fontanetto Po  
Matrice Terreno  
Descrizione campione 3218-22-03

### Dati Campionamento

Campionato da Cliente - il 23/02/2022

segue rapporto di prova n. RP-ENV-22/000014232

**RISULTATI ANALITICI**

	Valore/ Incertezza	U.M.	Valori di riferimento	Riferimenti	MDL	R%	Data inizio/ fine analisi	Unità op.
<b>Sul campione tal quale</b>								
Frazione granulometrica da 2 cm a 2 mm DM 13/09/1999 GU N° 248 21/10/1999 Met II.1	2,88±0,35	g/100 g			0,10		23/02/2022 24/02/2022	VOL
Residuo secco a 105 °C CNR IRSA 2 Q 64 Vol 2 1984	74,85±0,75	g/100 g			–		23/02/2022 24/02/2022	VOL
<b>DETERMINAZIONE DELL'AMIANTO (SEM)</b>								
DM 06/09/1994 GU n° 288 10/12/1994 All 1 B								
<b>ANALISI ESEGUITE SULLA FRAZIONE GRANULOMETRICA &lt; 2 mm ED ESPRESSE SULLA TOTALITÀ DEI MATERIALI SECCHI</b>								
Amianto	<100	mg/kg	≤ 1000	DL 152/06 TAB1/A	100		23/02/2022 28/02/2022	VOL

**Unità Operative**

VOL : Corso Europa, 600/A 10088 Volpiano (TO) - Accredimento ACCREDIA LAB N° 0094 L

**Informazioni sui metodi di prova e/o requisiti/specifiche**

Riferimento: DL 152/06 TAB1/A = DLgs n° 152 03/04/2006 SO GU n° 88 14/04/2006 ALL.5 TAB.1 COL.A

Metodo: DM 06/09/1994 GU n° 288 10/12/1994 All 1 B = Per la determinazione dell'amianto qualitativo il laboratorio ha validato il proprio limite di rilevabilità (R L) e garantisce il rilevamento di fibre di amianto se il contenuto nel campione è &gt;= allo 0,01% in massa, con un intervallo di confidenza del 95%.

**Conformità/non conformità ai requisiti e alle specifiche**

I parametri analizzati e normati SONO CONFORMI alle disposizioni previste dalle norme sopra citate.

**Informazioni fornite dal cliente**

Descrizione campione	3218-22-03
Campionato da	Cliente - il 23/02/2022
Proveniente da	3218 Canale irriguo a Fontanetto Po

Responsabile prove chimiche

Mario Carlo Nerva

 Chimico  
 Ordine Interregionale dei Chimici e dei Fisici del  
 Piemonte e Valle d'Aosta  
 Iscrizione n. 2237 Sez. A

 Num. certificato 21005108 emesso dall'ente certificatore  
 ArubaPEC S.p.A. NG CA 3, ArubaPEC S.p.A., IT

segue rapporto di prova n. RP-ENV-22/000014232

MDL=LOD: limite di rilevabilità, definito come la concentrazione minima misurata di una sostanza che può essere rilevata con una probabilità del 99% che sia distinguibile dai risultati del bianco del metodo. Se non diversamente specificato, le sommatorie sono calcolate mediante il criterio Lower Bound (L.B.). In caso di alterazione del campione il laboratorio declina ogni responsabilità sui risultati che possono essere influenzati dallo scostamento nel caso il cliente chieda comunque l'esecuzione dell'analisi. Nel caso il campionamento non sia stato effettuato dal personale del laboratorio i risultati ottenuti si considerano riferiti al campione così come ricevuto e il laboratorio declina la propria responsabilità sui risultati calcolati considerando i dati di campionamento forniti dal Cliente. Il nome e i recapiti del cliente sono sempre forniti dal cliente. Se non diversamente specificato, l'incertezza è estesa ed è stata calcolata con un fattore di copertura  $k=2$  corrispondente ad un livello di probabilità di circa il 95% o come intervallo di confidenza calcolato ad un livello di probabilità di circa il 95%. I parametri preceduti dal simbolo "-" derivano da calcolo. La riga contrassegnata da asterisco (\*) indica che la prova non è accreditata da Accredia presso l'unità operativa o laboratorio dove è stata eseguita.

R%: recupero, i recuperi contrassegnati da cancelletto (#) non sono stati utilizzati nei calcoli. Il recupero è relativo alle fasi analitiche eseguite in laboratorio. Qualora sia presente una specifica (limiti di legge o specifiche cliente) con cui sono stati confrontati i risultati analitici, i valori esposti in grassetto indicano un risultato fuori da tale specifica. Se non diversamente specificato i giudizi di conformità/non conformità eventualmente riportati si riferiscono ai parametri analizzati e si basano sul confronto del valore con i valori di riferimento senza considerare l'intervallo di confidenza della misura o l'incertezza associata al risultato. Se non diversamente specificato le prove microbiologiche quantitative (esclusi MPN) su matrici ambientali liquide e solide sono eseguite su singola replica e due volumi consecutivi; l'incertezza estesa viene espressa conformemente alla norma ISO 29201:2012, calcolata con un fattore di copertura  $k=2$  corrispondente ad un livello di probabilità del 95%; per i metodi in cui il risultato è espresso in MPN (Most Probable Number) l'incertezza di misura è espressa come intervallo di fiducia valutato utilizzando le tabelle statistiche del metodo di riferimento calcolata con un fattore di copertura  $k=2$  corrispondente ad un livello di probabilità del 95%.