

REGIONE PIEMONTE

CITTA' METROPOLITANA DI TORINO



Comune di Vigone



Comune di Cercenasco

Progetto Esecutivo:

Rifacimento del ponte in Via Torino sul Torrente Lemina.

ELABORATO: Relazione Geologica

Il progettista:

Dott. Ing. Alberto Gallo

Via Torino n. 6 – 10067 – Vigone (To)

cod. fis.: GLLLRT73S03L219P - p.iva: 08113410016

Il Responsabile del procedimento:

Geom. Mario Druetta

P.zza Palazzo Civico n. 18 – 10067 – Vigone

Geologo Incaricato

Dott. Geol. Bosco Claudio

Studio di Geologia Bosco



STUDIO DI GEOLOGIA BOSCO

P.IVA: 11386130014

cell: 3286997196

e-mail: claudio.bosco@outlook.com

P.E.C.: claudio.bosco@pec.geologipiemonte.it

www.studiogeologiabosco.it



Claudio Bosco

ELABORATO: Relazione geologica

DATA: 16-04-2024

Sommario

1. PREMESSA.....	3
2. RIFERIMENTI NORMATIVI	6
3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E URBANISTICO	7
4. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	10
5. ASSETTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO	15
6. INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	18
6.1 – <i>Indagini sismiche</i>	19
6.2 – <i>Sondaggi</i>	23
7. MODELLO GEOLOGICO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA DEI TERRENI	31
8. CONCLUSIONI	35

1. PREMESSA

Il presente elaborato è redatto dal sottoscritto Dott. Geol. Claudio BOSCO (BSCCLD87A27B791B), con Studio in Poirino, Via Arpino 27/A, su incarico affidato dal Dott. Ing. Alberto GALLO (GLLLRT73S03L219P), con Studio in Vigone, Via Torino 6.

L'obiettivo del presente lavoro è lo studio dell'assetto geologico e geomorfologico, idrografico e idrogeologico del sito, al fine di evidenziare eventuali criticità dell'area e sulla base delle indagini concordate, supervisionate o eseguite dallo scrivente, fornire al progettista il modello geologico e il modello geotecnico del sito.

Per l'espletamento dell'incarico si è quindi proceduto a:

- esperire sopralluoghi in situ;
- consultare gli elaborati geologici allegati al P.R.G.C. vigente dei comuni di Vigone e Cercenasco;
- consultare le cartografie geologiche reperibili dal Sistema Informativo Geografico On line di Arpa Piemonte "Centro Regionale per le Ricerche Territoriali e Geologiche" e dal "Portale Cartografico Nazionale" del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare;
- consultare gli elaborati del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell'Autorità di Bacino del fiume Po – "Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici";
- consultare il Sistema Informativo On line "Disuw" – Difesa del Suolo - della Regione Piemonte;
- consultare lo Studio idraulico del Torrente Lemina dell'Autorità di Bacino del Fiume Po ed il rapporto sull'evento alluvionale del 15 ottobre 2000, redatti dal Dott. Geol. Almo Olmi su incarico del comune di Cercenasco;
- eseguire e supervisionare il piano di indagini geognostiche (relativamente alla parte sismica: n° 1 tomografia sismica, n°1 prova M.A.S.W., n° 1 prova HVSR; relativamente alla parte geotecnica: n° 2 sondaggi a carotaggio continuo di profondità 15 m, ciascuno con prove SPT in foro).

Il territorio del Comune di Vigone è stato interessato da ripetuti eventi calamitosi verificatisi in corrispondenza degli eventi alluvionali del 1996 e del 2000, e successivamente con frequenza quasi annuale, interessando particolarmente il torrente Lemina in corrispondenza della zona a monte di Via Torino dove è situato il cimitero, sul confine con il territorio comunale di Cercenasco.

In particolare, il torrente Lemina ha esondato in un tratto lungo la sponda destra, a monte del ponte sulla strada comunale di Via Torino, proprio in corrispondenza del cimitero, allagando completamente il piazzale antistante il cimitero ed alcune parti interne dello stesso.

Il sedime del cimitero comunale è rialzato di circa 30-40 centimetri rispetto al piazzale antistante, che ha una estensione di circa 3000 m², ragion per la quale le acque fuoriuscite dall'alveo del torrente Lemina si sono accumulate nel piazzale sino a lambire l'ingresso del cimitero, interessando solo marginalmente l'area interna dello stesso.

Tali fenomeni hanno assunto ormai frequenza tale da essere recepiti come condizione ordinaria di accadimento, pur essendo presenti preoccupanti segnali di allarme costituiti dai fenomeni erosivi in atto a carico del ponte esistente. Nel recente passato si sono verificati numerosi eventi alluvionali a monte del ponte in esame e più precisamente nel corso degli anni 2000, 2009, 2014 e 2016, presentando una frequenza pressochè quinquennale.

L'intervento in progetto va a completare una serie di interventi, realizzati sia dal Comune di Vigone che dal Comune di Cercenasco, volti a regimare il tratto del torrente Lemina a monte del ponte del cimitero esistente. Tali interventi non possono essere considerati esaustivi in quanto non vanno a rimuovere la causa del rigurgito costituita dal ponte stesso. Infatti, come più volte evidenziato nell'ambito degli studi idraulici realizzati sul corso del torrente Lemina, il ponte esistente costituisce un serio impedimento al regolare deflusso delle acque di piena del torrente. Il ponte costituisce impedimento al deflusso delle acque già per portate modeste, di gran lunga inferiori a quelle previste di massima piena, che possono verificarsi grazie a temporali particolarmente intensi, anche a carattere locale. Tale condizione fa sì che il ponte, che costituisce un restringimento dell'alveo a funzionamento intermittente, in funzione del variare della portata del torrente, determini un pericoloso effetto di erosione della sponda idrografica destra a valle dello stesso, che potrebbe provocarne l'instabilità strutturale (**Fig. 1**).



Fig. 1: ponte esistente oggetto di rifacimento, con in evidenza l'erosione di sponda idrografica destra; la freccia indica il verso della corrente. Foto realizzata dallo scrivente, nel mese di maggio 2020, in occasione del sopralluogo.

Il tratto del torrente Lemina è interessato dalla presenza del ponte di via Torino, già stato individuato come critico dall'Autorità di Bacino del Fiume Po che, con la pubblicazione della monografia sul torrente Lemina sul BUR n°9 del 3.3.2005, individuava proprio nel ponte oggetto del presente studio, l'elemento di interferenza del tratto di torrente che interessa il territorio del comune di Vigone.

L'intervento prevede il rifacimento del ponte di via Torino ed il raccordo con la rete stradale esistente, nonché la realizzazione di protezioni spondali in massi con talee nei tratti a monte ed a valle del nuovo ponte per raccordarsi alle strade alzaie che fiancheggiano il torrente Lemina.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Lo studio è stato realizzato secondo quanto previsto dalle seguenti normative:

- D.Lgs. 152/2006 "*Codice dell'Ambiente*";
- D.M. 17/01/2018 "*Norme Tecniche per le Costruzioni*";
- D.P.C.M. 24-5-2001 *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)*;
- D.G.R. 11-13058 del 19/10/2010 "*Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006)*";
- D.G.R. 30 dicembre 2019 n.6-887 - OPCM 3519/2006 "*Presa d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte*";
- D.G.R. 7-4-2014 n. 64-7417 "*Indirizzi procedurali e tecnici in materia di difesa del suolo e pianificazione urbanistica*";
- Circolare P.G.R. 7/LAP/1996 e N.T.E. 1999 "*Specifiche tecniche per l'elaborazione degli studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici*";
- D.Lgs. 49/2010 "*Direttiva Alluvioni*";
- L.R. 56/77 "*Tutela ed uso del suolo*";
- *Norme Tecniche di Attuazione* dei comuni di Vigone e Cercenasco.

3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E URBANISTICO

L'intervento oggetto del presente studio, prevede il rifacimento del ponte sul torrente Lemina, posto sul confine tra i comuni di Vigone a sud e di Cercenasco a nord dello stesso (**Fig. 2**) e il raccordo con la rete stradale esistente.

L'area è sub-pianeggiante, il ponte esistente si trova a quota media pari a 259 m s.l.m. circa e le coordinate geografiche sono le seguenti: 44.854875, 7.501181.

Sulla base della *Carta di Sintesi* della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica dei comuni di Vigone e Cercenasco, l'area è compresa in *Classe III A*, caratterizzata dalle porzioni di territorio inedificate o con edifici isolati, interne alla Fasce A e B del torrente Lemina, interessate da dissesti legati alla dinamica fluviale e torrentizia (**Fig. 3a-b**).



Fig. 2: inquadramento geografico dell'area oggetto di intervento, con in evidenza l'area oggetto di intervento, tratto da Google Maps.

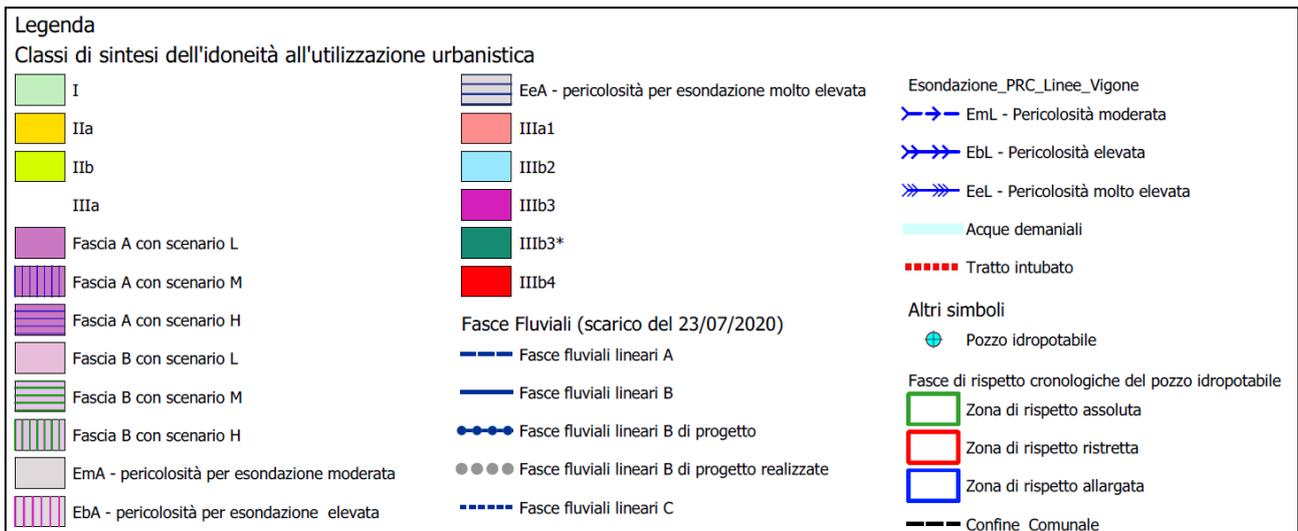
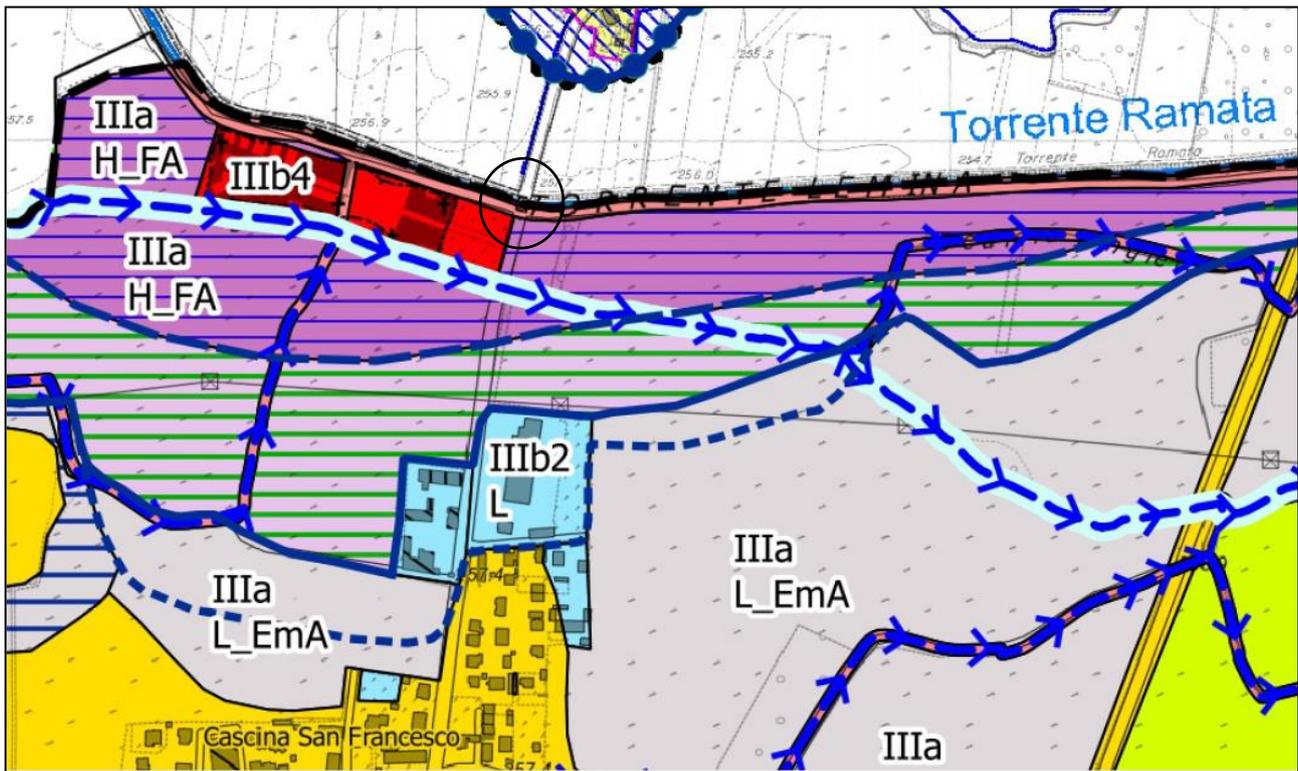
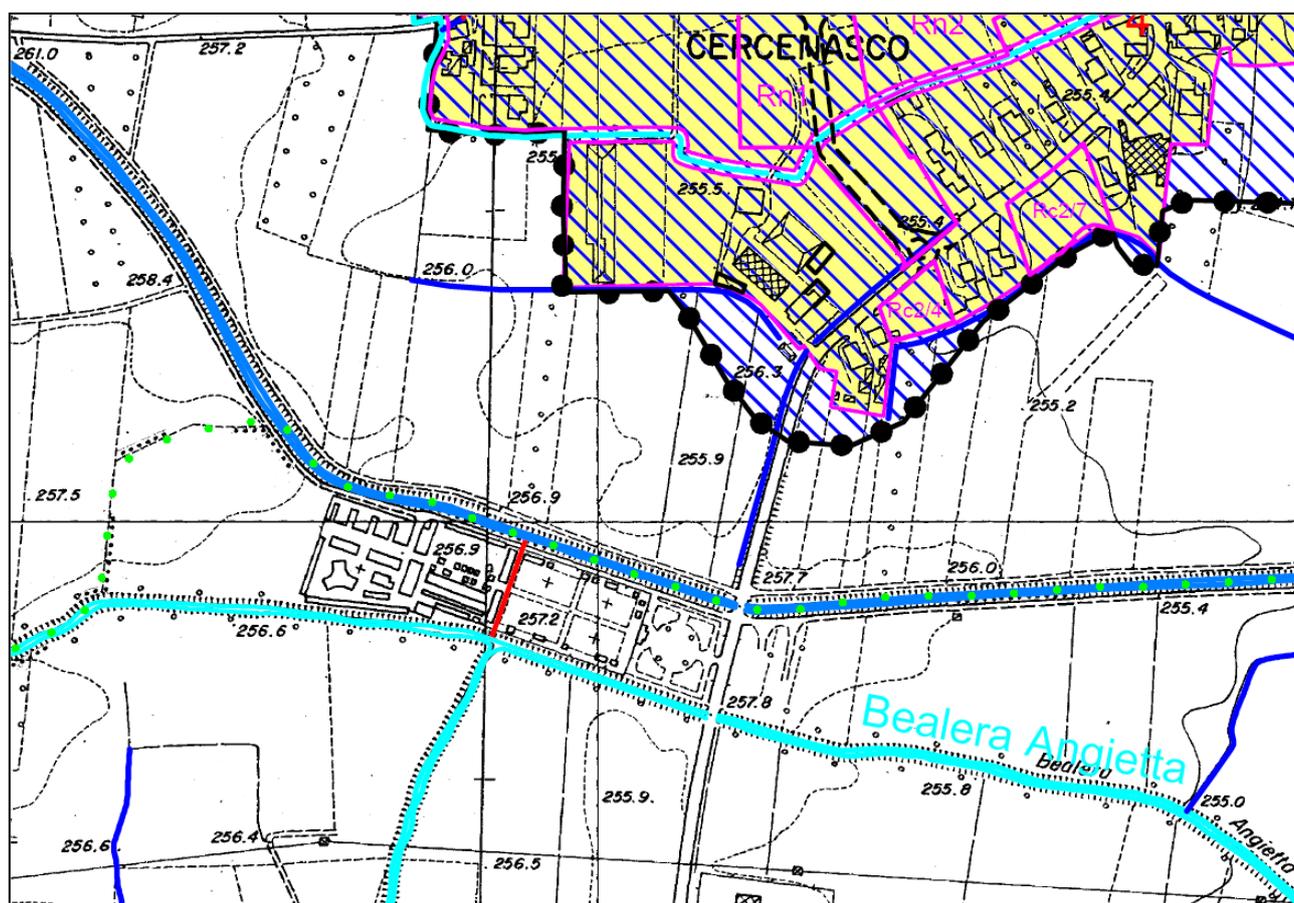


Fig. 3 a: estratto della Carta di Sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica, TAV n° 7 allegata al PRGC del Comune di Vigone, settembre 2021, con in evidenza l'area oggetto di intervento.



Legenda

- | | | | |
|-------|----------------------------|---|----------------------------|
| | Limiti comunali | — | Corsi d'acqua naturali |
| — | Canali irrigui e scolatori | — | Tratti intubati dei canali |
| — | Fossi irrigui e scolatori | — | Tratti intubati dei fossi |

CLASSE IIIa. Porzioni di territorio inedificate, caratterizzate da condizioni geomorfologiche e idrogeologiche che le rendono inidonee agli insediamenti. Previa esecuzione d'uno studio geologico di fattibilità, si possono unicamente consentire:

- opere infrastrutturali di pubblico interesse ai sensi dell'art. 31 L.R. 56/77;
- interventi di cui al punto 6.2 delle N.T.E della Circ. P.G.R. 7/LAP/96, ove ne ricorrano le condizioni, con esclusione di edifici od aree ricadenti in ambiti di dissesti attivi;
- interventi previsti dagli artt. 29-30-39 delle NdA del PAI nell'ambito delle fasce fluviali A e B del T. Lemina.

Fasce fluviali PSRM (Variante del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Rete Idrografica Minore della Regione Piemonte, adottata con Delib. Comit. Istituz. ADBPO n. 6/2007 del 19/07/2007, approvata con DPCM 13/11/2008)

- | | | | |
|-----------|---|-------|---------------------------------------|
| — — — | Limite tra la Fascia A e la Fascia B. | — | Limite tra la fascia B e la Fascia C. |
| ● ● ● ● ● | Limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C. | — · — | Limite esterno della Fascia C. |
| | Aree inondabili nell'ambito territoriale compreso fra i limiti delle fasce B e C. | | |
| | Aree inondabili per eventi della piena di riferimento, in assenza degli interventi di realizzazione del limite di progetto. | | |

Fig. 3b: estratto della Carta di Sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica, TAV n° 7 allegata al PRGC del Comune di Cercenasco, maggio 2013.

4. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Il territorio comunale di Vigone, ubicato nel settore centro-settentrionale della Pianura Cuneese-Torinese, è caratterizzato da una topografia sub-pianeggiante, a debole inclinazione verso est, con pendenza media dello 0,3%.

Le quote del piano campagna variano dai 280 m s.l.m. nel settore sud-occidentale, fino ai 245 m s.l.m. del settore nord-orientale. Nel dettaglio, si individuano localmente blande ondulazioni, nonché zone depresse e scarpate di terrazzi morfologici entrambi di origine fluviale, con orientazione grossolanamente est-ovest; tali elementi, riferibili verosimilmente a tracciati antichi del Torrente Chisone e/o del Torrente Pellice, pur restando sempre riconoscibili, risultano localmente modificati o parzialmente obliterati dall'utilizzo agricolo del territorio.

I corsi d'acqua che hanno condizionato l'evoluzione geomorfologica del territorio di Vigone e che concorrono tuttora a configurare il quadro della pericolosità geomorfologica sono il T. Lemina (nel settore settentrionale), il T. Pellice (nel settore meridionale) ed il T. Chisone (nel settore occidentale e centrale).

Dal punto di vista geologico, il territorio del Comune di Vigone compreso nel Foglio 68 Carmagnola della Carta Geologica d'Italia 1:100.000, caratterizzato dalla presenza di depositi di origine prevalentemente alluvionale o fluviotorrentizia di età quaternaria (**Fig. 4**).

Vengono di seguito descritte le formazioni affioranti, nell'ordine dalla più recente alla più antica:

1) Depositi fluviali recenti ed attuali: sono rappresentati dai depositi fluviali e torrentizi recenti ed attuali del Torrente Pellice, litologicamente costituiti da ghiaie ciottolose e ghiaie sabbiose con limitate intercalazioni di lenti limoso-argillose.

2) Depositi alluvionali medio-recenti: sono rappresentati da ghiaie e da sabbie, da limi di esondazione fluviale di età olocenica; costituiscono una estesa copertura di spessore fino a 20-30 metri, con rapporti di ricoprimento sui sottostanti depositi fluviali rissiani o localmente inseriti in questi. Tali depositi, geneticamente legati agli affluenti in sinistra orografica del Po, rappresentano i prodotti di sovralluvionamento a valle dei settori di conoide.

3) Depositi fluviali Rissiani: depositi di origine torrentizia presenti in tutto il settore della piana cuneese - torinese, ma per larghe estensioni ricoperto da coltri poco potenti di depositi alluvionali medio-recenti. Le alluvioni rissiane, riconoscibili per il potente strato di loess giallastro che localmente le ricopre, emergono dalla pianura a descrivere una forma allungata "a dorso di cetaceo", caratterizzata da morfologia sensibilmente ondulata. Litologicamente risultano costituiti da ghiaie, sabbie e sabbie argillose, con disposizione lenticolare. Il paleosuolo rissiano, raramente affiorante, presenta uno spessore che può raggiungere i 2-3 metri ed è di colore rosso-arancio; il suo scheletro, talvolta con ciottoli di grandi dimensioni di rocce metamorfiche, si presenta notevolmente argillificato, indicando un avanzato grado di alterazione.

L'assetto strutturale del sottosuolo della porzione settentrionale della piana cuneese torinese è stato delineato in Collo G. (1995); in tale ambito, con l'integrazione tra lo studio delle formazioni quaternarie e i dati geofisici disponibili, sono state riconosciute nell'area le seguenti strutture tettonicamente attive tra il pliocene e il quaternario:

- a) "Prosecuzione occidentale sepolta della Collina di Torino": originariamente interpretata come una piega-faglia, viene attualmente descritta come un thrust orientato circa ENE-WSW;
- b) "Alto strutturale di Cavour": termine informale relativo ad una struttura sepolta, che sulla base dei dati AGIP, viene interpretata come un alto strutturale orientato circa in direzione NNE-SSW, delimitato a est, a nord e ad ovest da faglie dirette che dislocherebbero sedimenti plio-quaternari; l'espressione morfologica superficiale di tale struttura è verosimilmente rappresentata dagli inselberg della Rocca di Cavour e di Madonna di Monbruno;
- c) "Faglia di Saluzzo": thrust parallelo alla Collina di Torino, di cui non si hanno informazioni sulla prosecuzione occidentale, che coinvolgerebbe sedimenti riferibili al Pliocene medio-superiore. Tali strutture possono essere inquadrare in diversi modelli evolutivi e una ipotesi attualmente accreditata prevede che esse rappresentino la

prosecuzione verso occidente del thrust della Collina di Torino, delineando per il Pinerolese il ruolo di possibile zona di svincolo tettonico tra Alpi ed Appennino.

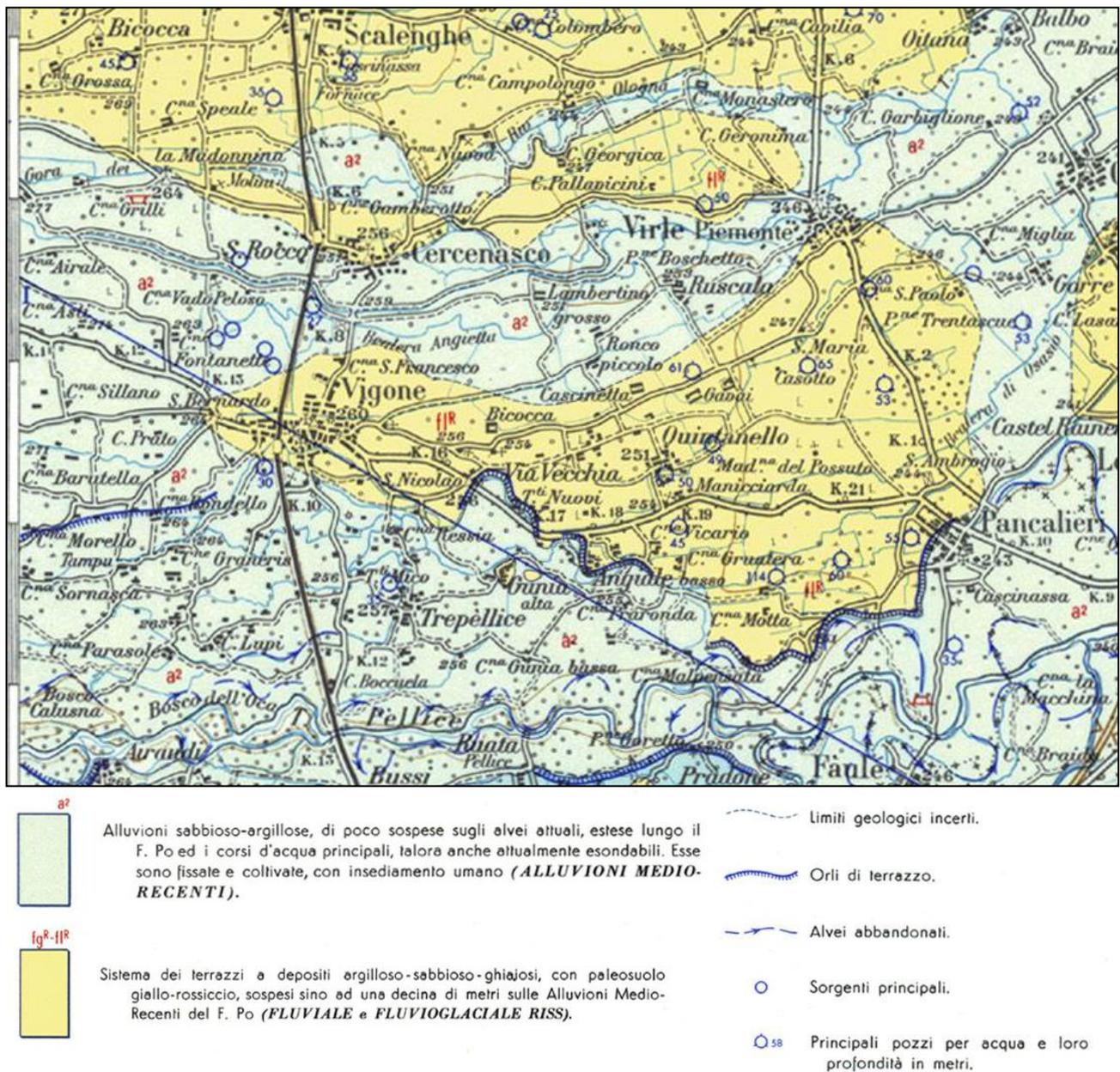


Fig. 4: estratto del Foglio 68 Carmagnola della Carta Geologica d'Italia 1:100.000, con in evidenza l'area oggetto di studio.

Nel dettaglio nell'area oggetto di studio sono presenti i depositi di origine prevalentemente alluvionale o fluviale-torrentizia di età quaternaria, costituiti prevalentemente da ghiaie, sabbie e sabbie argillose; la coltre superficiale è costituita da terreni limoso argillosi, di spessore compreso tra 2,5 e 5 m, come emerge dalla *Carta Litotecnica* (**Fig. 5**).

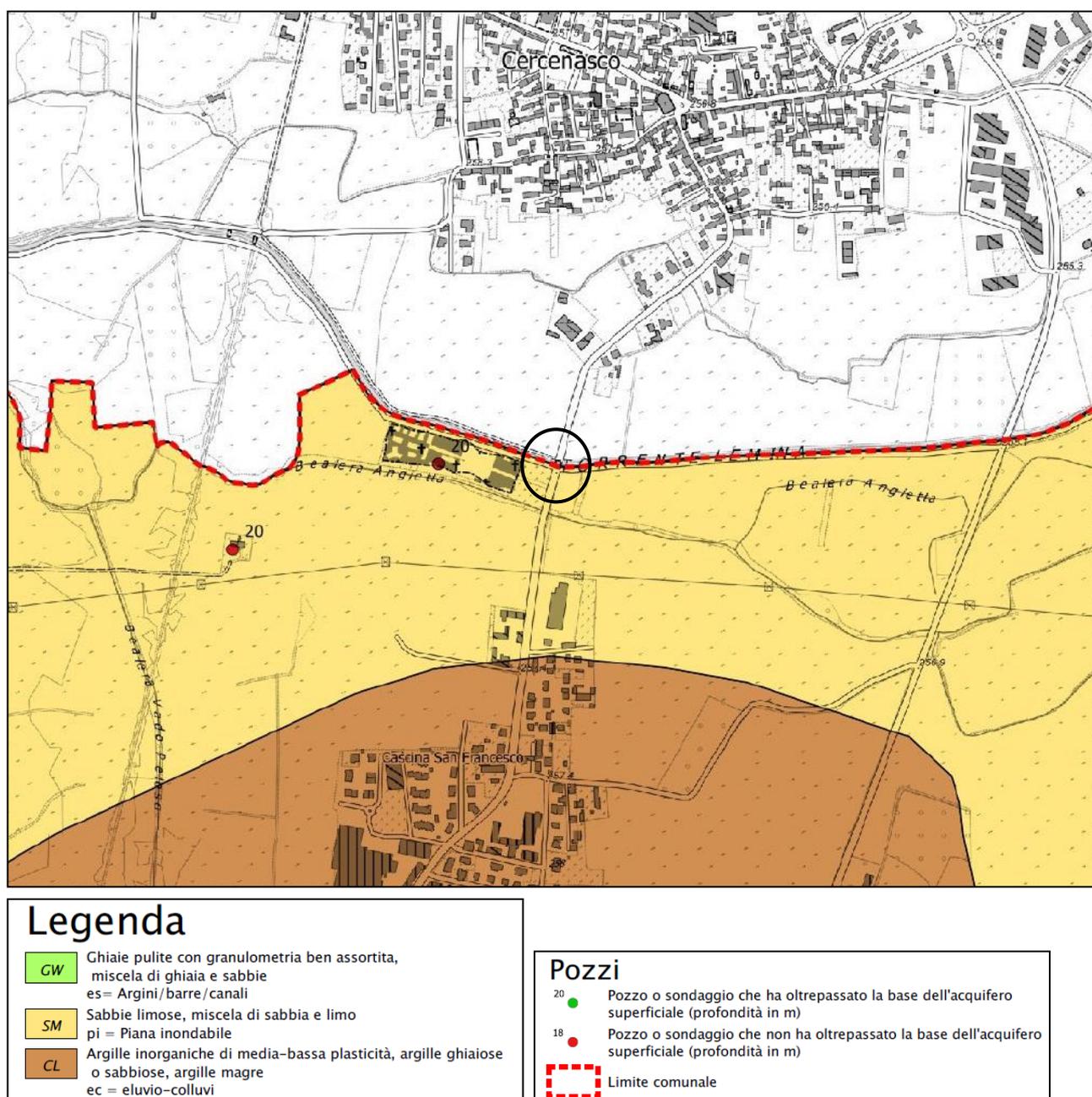
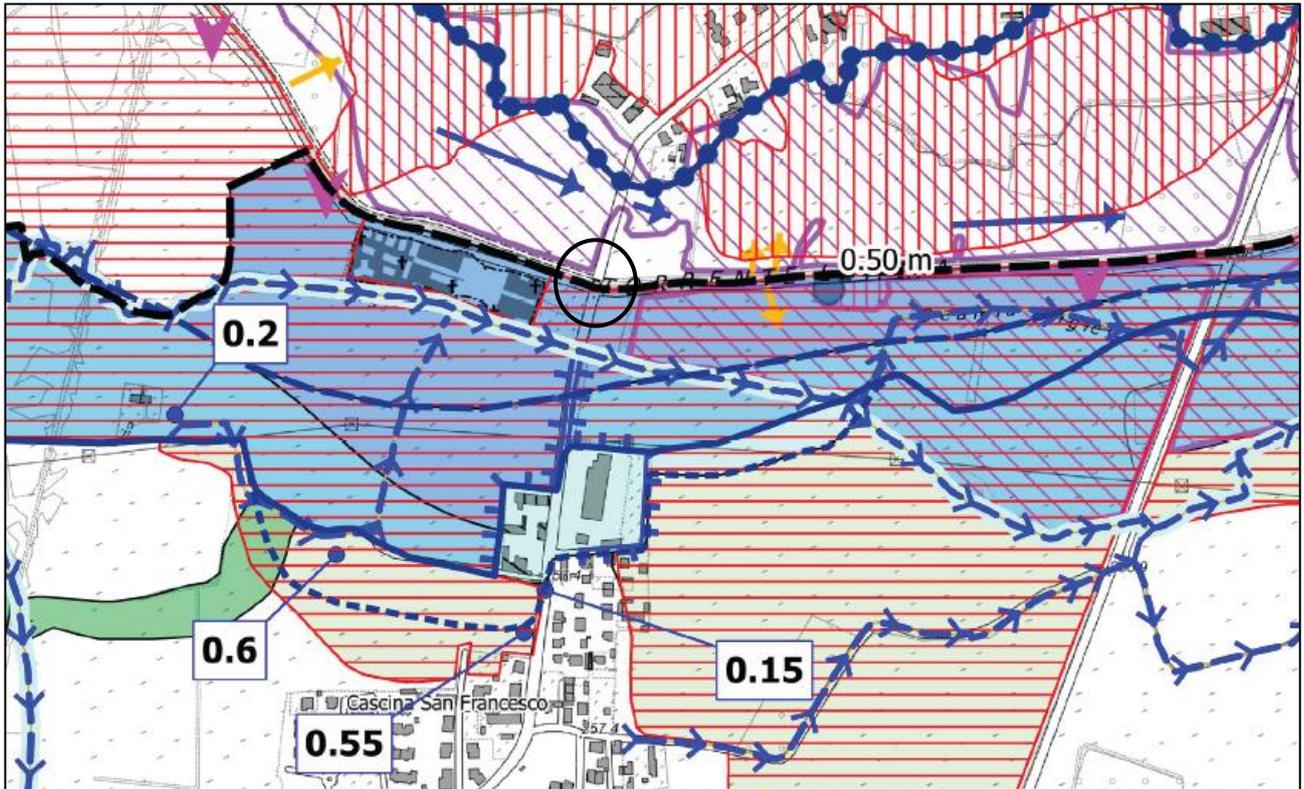


Fig. 5: estratto della Carta Litotecnica (Tavola 2) allegata allo strumento urbanistico del Comune di Vigone, settembre 2021, con in evidenza l'area oggetto di intervento.

Dalla consultazione della *Carta Geomorfologica* della dinamica fluviale e dei dissesti, del Comune di Vigone, emerge che l'area di studio è compresa nella Fascia A definita dal P.A.I. (Piano Assetto Idrologico) ed è stata alluvionata durante l'evento del 15 – 16 ottobre 2000 (**Fig. 6**).



LEGENDA

Fasce Fluviali vigenti

- Fasce fluviali lineari A
- Fasce fluviali lineari B
- Fasce fluviali lineari B di progetto
- Fasce fluviali lineari B di progetto realizzate
- Fasce fluviali lineari C

Esondazione_PRC_Linee_Vigone

- EmL - Pericolosità moderata
- EbL - Pericolosità elevata
- EeL - Pericolosità molto elevata
- Acque demaniali
- Tratto intubato

Esondazione_PRC_Aree_Vigone

- Reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP)
- Aree interessate da alluvioni rare (P1) Scenario L
- Aree interessate da alluvioni poco frequenti (P2) Scenario M
- Aree interessate da alluvioni frequenti (P3) Scenario H
- Reticolo secondario di pianura (RSP)
- EmA - Aree a pericolosità per esondazione moderata
- EbA - Aree a pericolosità per esondazione elevata
- EaA - Aree a pericolosità per esondazione molto elevata
- Area inondata/allagata dalla rete idrografica secondaria/canali
- EmA - Aree a pericolosità per esondazione moderata

Elementi geomorfologici lineari

- Orlo di scarpata
- Orlo di scarpata rimodellato

Evento alluvionale 15-16 ottobre 2000

- Andamento alveo t. Pellicce all. 2000

Alluvione 2000 (PRGC)

- Aree con fenomeni di ristagno
- Aree inondate
- Aree inondate con erosione diffusa
- Altezze idrometriche [m dal p.c.]
- Punto di traccimazione
- Tracce e solchi di erosione
- Zona di inondazione non continue e/o non delimitabili
- Aree inondate alluvione 2000 (Regione, ARPA)

Evento alluvionale novembre 2016

- Area allagata con deposito
- Area inondata/allagata
- Area inondata/allagata dalla rete idrografica secondaria/canali

- Direzione di deflusso

- Punto e direzione di esondazione
- Spessore lama d'acqua [m dal p.c.]

Altri simboli

- Aree estrattive
- Limite comunale

Fig. 6: estratto della Carta Geomorfologica, della dinamica fluviale e dei dissesti, TAV n° 5 allegata al P.R.G.C. del Comune di Vigone, settembre 2021, con in evidenza l'area oggetto di intervento.

5. ASSETTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO

I corsi d'acqua che hanno condizionato l'evoluzione geomorfologica del territorio di Vigone e che concorrono tuttora, sono il torrente Lemina nel settore settentrionale, il torrente Pellice nel settore meridionale ed il torrente Chisone nel settore occidentale e centrale.

Il torrente Lemina è un affluente di destra del torrente Chisola, il suo corso ha origine sulle pendici del Monte Faiè, alla quota di circa 1380 m s.l.m e si sviluppa interamente nel territorio della Provincia di Torino.

Il bacino del torrente Lemina copre una superficie complessiva di circa 110 Km² ed è compreso tra il bacino del torrente Pellice e quello del torrente Chisola; si sviluppa per circa 50 km con quota massima pari a 1382 m s.l.m. e quota minima pari a 225 m s.l.m., alla confluenza nel torrente Chisola.

L'abitato di Pinerolo segna il confine tra la parte montana del corso d'acqua e il tratto di pianura. Il bacino montano si sviluppa su di una superficie di circa 23 Km².

Il Lemina defluisce in direzione N-S per circa 11 km fino all'abitato di Pinerolo, dove effettua una ampia curva verso sinistra ed assume direzione circa E-W, che mantiene per parte del tratto di pianura; a valle di Virle l'orientazione del senso di deflusso varia sensibilmente verso NE-SW fino a riprendere, prima della confluenza nel Chisola, l'andamento N-S che caratterizza il tratto montano iniziale. Nel tratto in cui attraversa il territorio comunale di Virle Piemonte, fino alla confluenza del rio Ologna, situata alla distanza di circa 36 km dalla sorgente, il Lemina assume il nome di torrente Ramata e successivamente il nome di torrente Oitana fino alla confluenza nel Chisola, situata circa 17 km più a valle, in prossimità di La Loggia. Nella parte medio - alta del bacino montano, fino all'altezza di San Pietro Val Lemina, il torrente scorre per lunghi tratti incassato nel substrato roccioso, con allargamenti laterali limitati ai tratti non modellati in roccia. Nel tratto compreso tra San Pietro Val Lemina e Pinerolo, il Lemina scorre incassato in depositi alluvionali recenti e genera fenomeni di erosione.

Nell'area di studio la falda idrica presenta direzione di flusso EW e, come risulta dalla Carta Idrogeologica e schema litostratigrafico, la soggiacenza media è generalmente inferiore a 2 m dal piano campagna (**Fig. 7**). La falda è soggetta alle oscillazioni stagionali ed è in stretto rapporto con il livello del torrente Lemina.

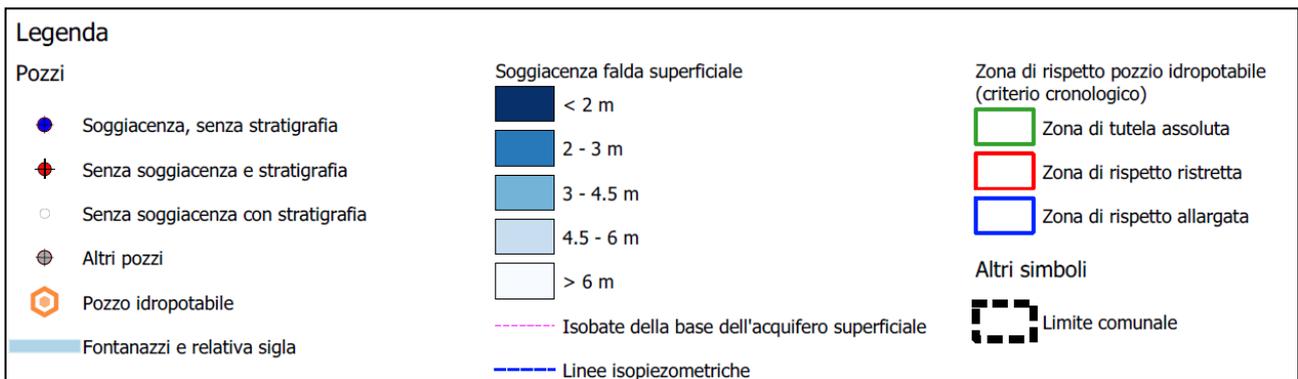
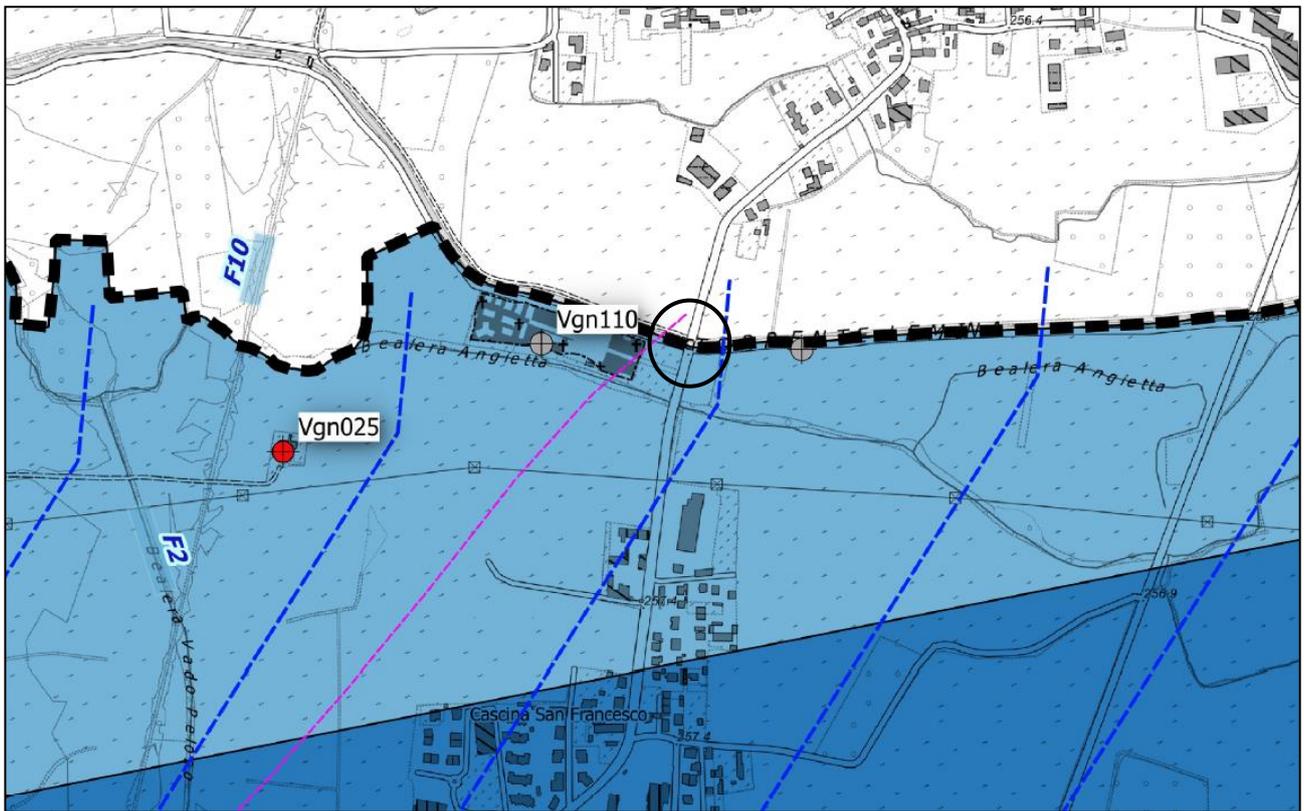


Fig. 7: estratto della Carta Idrogeologica e schema litostratigrafico, Tavola 4 allegata al P.R.G.C. di Vigone, settembre 2021, con in evidenza l'area oggetto di intervento.

La consultazione della "Carta degli Alveo-tipi e portate" alla scala 1:100.000 (Regione Piemonte, 1990), che sintetizza le caratteristiche del tratto considerato (alveo-tipo), quali la pendenza media ed i prevalenti processi ed effetti associati alle piene, permette di definire che sia il T. Pellice che il T. Chisone appartengono all'alveo-tipo pluricursale (**Fig. 8**).

Quest'ultimo è caratteristico di tronchi di corsi d'acqua a canali plurimi con andamento variabile, incisi in depositi ghiaioso-sabbiosi entro una fascia di modellazione che, a differenza dei singoli canali, risulta ben riconoscibile e relativamente stabile nel tempo.

In occasione delle piene maggiori, i deflussi possono occupare anche completamente la fascia associata al modellamento pluricursale. Nelle fasce esterne all'alveo inciso vengono riattivati canali abbandonati, con depositi sul piano campagna di materiale da ghiaioso a sabbioso e allagamenti nelle fasce più esterne. Nella pianura torinese si assiste ad una progressiva evoluzione dei tronchi d'alveo a canali plurimi verso forme unicursali, anche per continui interventi antropici atti a costringere i deflussi in fasce più ristrette, con occupazione delle aree associate al precedente modello pluricursale da parte di infrastrutture di vario tipo.

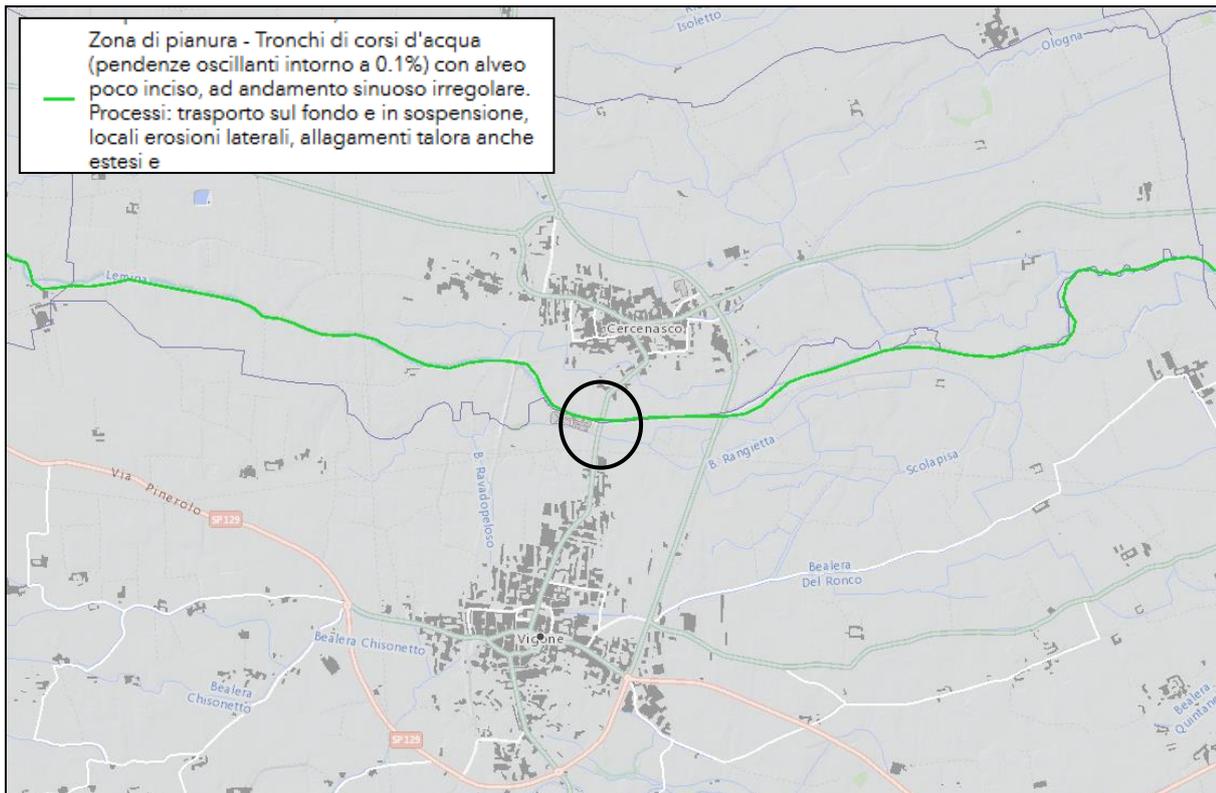


Fig. 8: estratto della Carta degli Alveo-tipi e portate, tratto dal web-gis Arpa Piemonte, con in evidenza l'area oggetto di intervento.

6. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Sulla base delle informazioni raccolte, relative alle caratteristiche geologiche del sito oggetto di studio, è stata predisposta una campagna di indagini geognostiche (**Fig. 9**), finalizzata alla conoscenza di dettaglio della stratigrafia, della profondità della falda e all'individuazione dei parametri geotecnici e sismici dei terreni.

Sono state eseguite dallo scrivente:

- n° 1 tomografia sismica a rifrazione, finalizzata alla valutazione dell'assetto stratigrafico generale;
- n° 1 indagine di tipo M.A.S.W. e n° 1 indagine HVSR, per definizione della categoria sismica di sottosuolo e per la pericolosità sismica di sito (per i dettagli si rimanda alla Relazione Sismica);
- n° 2 sondaggi a carotaggio continuo, per la definizione puntuale e di dettaglio della stratigrafia;
- n° 5 prove SPT in foro per la definizione dei parametri geotecnici dei terreni.

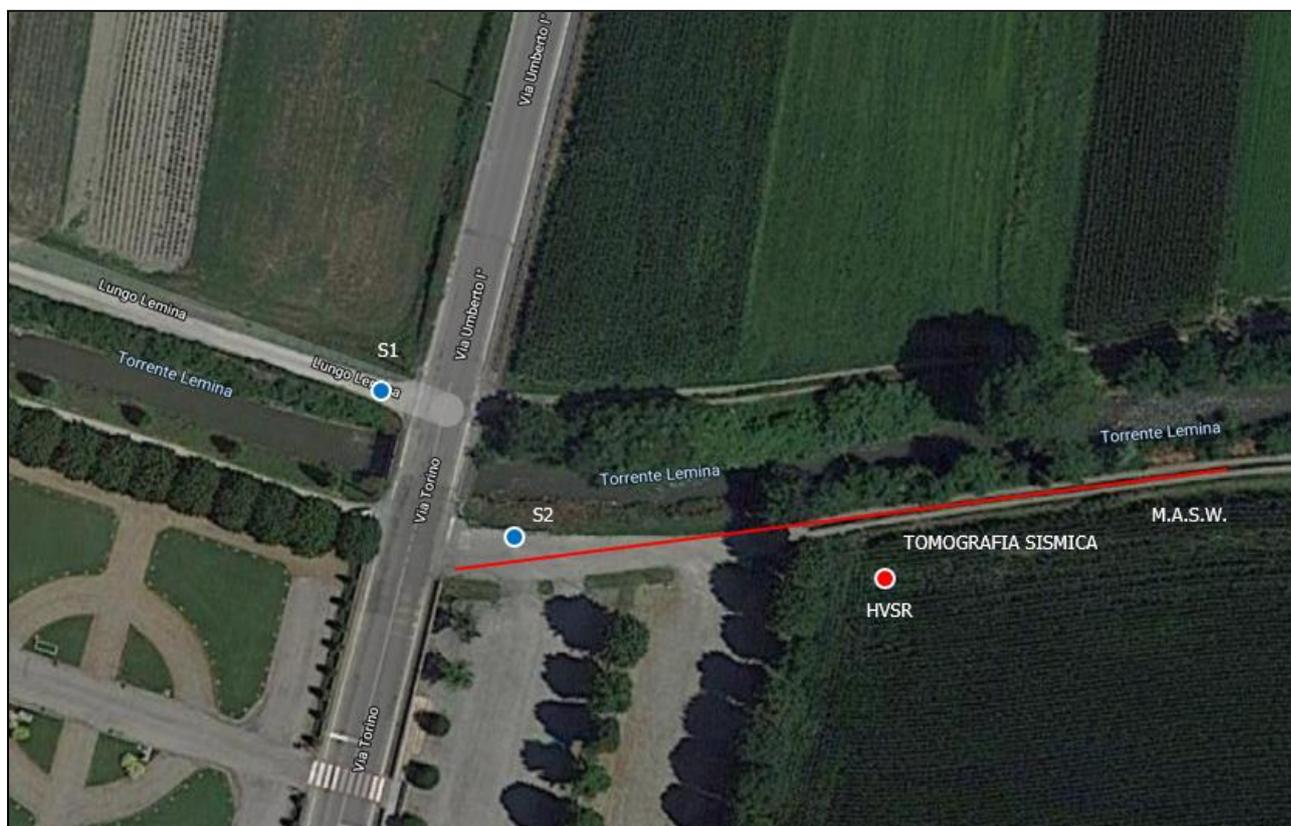


Fig. 9: indagini geognostiche eseguite (S1, S2 = sondaggi a carotaggio continuo, profondità 15 m; stendimento per tomografia sismica e M.A.S.W.; HVSR).

6.1 – Indagini sismiche

In data 7/05/2020 sono state condotte dallo scrivente le indagini sismiche, costituite da:

- n° 1 tomografia sismica a rifrazione (**Fig. 10**)
- n° 1 indagine di tipo M.A.S.W. (**Fig. 12**)
- n° 1 indagine H.V.S.R. (**Fig. 13**)

La tomografia sismica è stata eseguita col sismografo Do.Re.Mi della Sara electronic instruments S.r.l. di Perugia, con n°12 geofoni da 4,5 Hz posizionati a 4,0 m di distanza l'uno dall'altro. Posizionando il 1° geofono in corrispondenza del punto avente coordinate $x,y = 0,0$, la geometria dello stendimento sismico è la seguente: G1 (0,0 m), G2 (4,0 m), G3 (8,0 m), G4 (12,0 m), G5 (16,0 m), G6 (20,0 m), G7 (24,0 m), G8 (28,0 m), G9 (32,0 m), G10 (36,0 m), G11 (40,0 m), G12 (44,0 m).

Con una mazza battente da 10 Kg sono state effettuate n°5 energizzazioni posizionando il piattello di battuta in PVC, rispettivamente a -8,0 m, -4,0 m, +22,0 m, +48,0 m, +52,0 m di distanza dal primo geofono G1 (coordinate $x=0$ e $y= 0$). Per ciascuna energizzazione sono state effettuate 4 battute ("shot"), sommando e mediando i risultati di ciascuna acquisizione.



Fig. 10: tomografia sismica a rifrazione, eseguita in destra idrografica del torrente Lemina.

L'interpretazione è stata eseguita utilizzando il software SmartTomo® 2019.3 (**Fig. 11**).

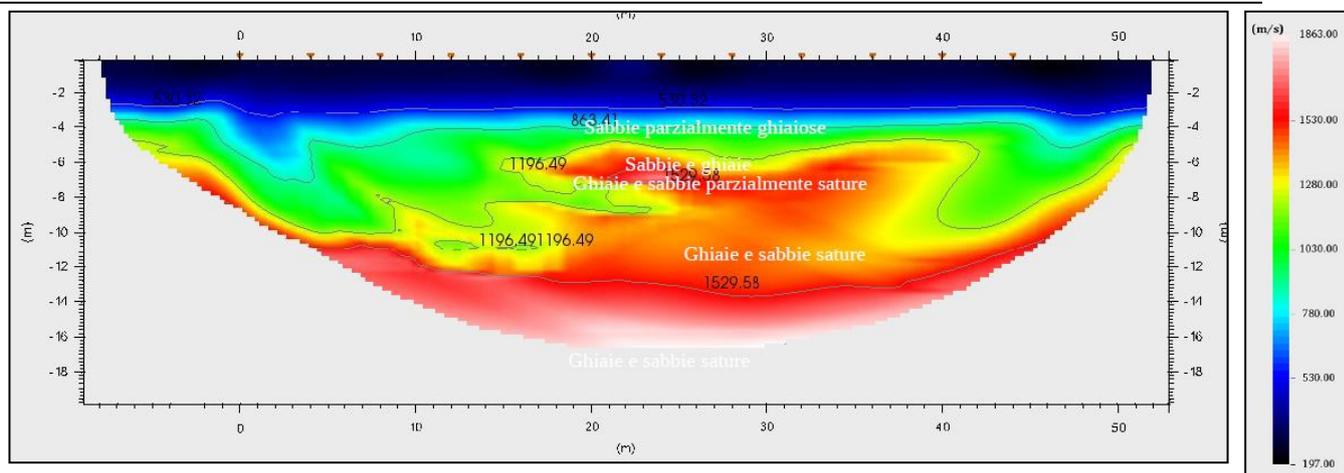


Fig. 11: interpretazione tomografia sismica.

Sono stati individuati n°4 "sismostrati" con diverse velocità di propagazione delle onde Vp.

- 1) da p.c. fino a 3,0 m circa di profondità: sabbie parzialmente ghiaiose (velocità delle onde Vp da 200 a 530 m/s colorato in blu scuro);
- 2) da 3,0 m fino ad un massimo di 7,0 m circa (generalmente fino a 4,0 m): sabbie e ghiaie (Vp da 530 a 865 m/s circa colorato in blu e azzurro);
- 3) da 4,0 m circa fino ad una profondità massima di circa 10,0 m: ghiaie e sabbie parzialmente sature (da 865 m/s fino a 1200 m/s circa colorato in verde);
- 4) da un minimo di 5,0 m fino a 12 m circa: ghiaie e sabbie sature (da 1200 m/s fino a 1530 m/s circa, colorato in giallo e rosso).

L'indagine geofisica di tipo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) ha l'obiettivo di definire il parametro Vs,eq per la classificazione sismica dei suoli (in accordo al D.M. 17/01/2018).

Lo strumento utilizzato è il sismografo Do.Re.Mi® della Sara Electronic Instruments s.r.l. e i dati di campagna sono stati acquisiti tramite il software DoReMi V. 1.2.32.

Si è provveduto ad eseguire uno stendimento di lunghezza 44,0 m, posizionando i 12 geofoni ad una distanza di 4,0 l'uno dall'altro, con il primo sul punto con coordinate x,y 0,0 (geofono G1 0m; G2 4m; G3 8m; G4 12 m e così via...). L'energizzazione (shot) è stata ottenuta con mazza battente da 10 kg. Le battute sono state eseguite ad una distanza di -6m (prima acquisizione) e di -4m (seconda acquisizione) dal primo geofono (G1). Per ogni punto di battuta sono stati eseguiti 4 stacking, sommati successivamente tra loro.

Tramite il software Easy Masw® della GeoStru software è stata eseguita l'interlaccia dei due file relativi alle due battute, ottenendo quindi un unico file che equivale ad avere un unico stendimento fatto con 2*n geofoni spaziatati di 2 metri.

La velocità equivalente delle onde di taglio calcolata risulta pari a **655 m/s**.

I depositi ricadono nella **Categoria B** dei suoli di fondazione così definita "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".



Fig. 12: indagine sismica tipo M.A.S.W. eseguita in destra idrografica del torrente Lemina.

Per l'indagine sismica H.V.S.R. è stato utilizzato lo strumento il GEOBOX HVSR della Sara Electronic Instruments, che ha acquisito il rumore ambientale, cioè le vibrazioni del terreno indotte da sorgenti non controllate.

Il segnale sismico è registrato per la durata di 30 minuti, lungo le tre componenti direzionali: Nord-Sud, Est-Ovest e verticale. Il principio su cui si basa la prova, è che le modalità con le quali le

vibrazioni ambientali si propagano, dipendono dalle caratteristiche del sottosuolo.

L'intera acquisizione è rappresentata suddivisa nelle tre componenti verticale, nord ed est, corrispondenti all'orientazione dei tre geofoni interni dello strumento.

Il rapporto H/V massimo è stato di 4,113 Hz a cui corrisponde il valore di A0 amplitude.

In corrispondenza di tale picco si ha la frequenza caratteristica di risonanza di sito, che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento delle strutture in termini di risposta sismica locale: la frequenza di risonanza delle nuove strutture non dovrà coincidere con quella di sito per evitare l'effetto di "doppia risonanza", pericoloso per la stabilità delle stesse strutture. Il protocollo utilizzato è stato quello di SESAME e i criteri sono risultati soddisfatti.

La **frequenza caratteristica di risonanza di sito** individuata dalla prova risulta pari a **4,113 Hz**.



Fig. 13: indagine sismica H.V.S.R. eseguita in destra idrografica del torrente Lemina.

6.2 – Sondaggi

In data 8 e 9 maggio 2020 sono stati eseguiti n°2 sondaggi a carotaggio continuo (S1 e S2), dalla SOMITER s.r.l. di Saluzzo, con l'obiettivo di fornire un quadro delle caratteristiche litostratigrafiche e geo-meccaniche del terreno, sede del nuovo ponte in progetto.

L'indagine geognostica eseguita è stata così condotta:

- esecuzione di un sondaggio geognostico a c/c denominato S1, spinto fino alla profondità di 15 m da piano campagna, durante il quale sono state eseguite n°2 prove SPT (**Fig. 14**);
- esecuzione di un sondaggio geognostico a c/c denominato S2, spinto fino alla profondità di 15 m da piano campagna, durante il quale sono state eseguite n°3 prove SPT (**Fig. 15**).



Fig. 14: esecuzione S1 in sinistra idrografica del Torrente Lemina, coordinate 44.854979, 7.501093.



Fig. 15: esecuzione S2 in destra idrografica del Torrente Lemina, coordinate 44.854799, 7.501333.

La perforazione a rotazione a carotaggio continuo è stata condotta utilizzando carotieri semplici, tipo "T1" di $\Phi = 101$ mm con corone a prismetti in widia, effettuando un avanzamento "a secco" per poter garantire una percentuale di materiale estratto uguale al corrispondente volume di materiale in posto. Tale sistema di avanzamento ha consentito il recupero sia delle frazioni fini che di quelle grossolane, con una percentuale di recupero media pari a 90-95% del materiale attraversato. Si è reso necessario, durante la perforazione, sostenere le pareti del perforo con tubi di rivestimento provvisori in metallo (diametro $\Phi = 127$ mm), onde evitare fenomeni di franamento, impiegando acqua come fluido di circolazione (mediante una pompa monovite Bellin a bordo della sonda) con il metodo a circolazione diretta, con funzione sia di raffreddamento dell'utensile di perforazione (scarpa) sia di trasporto dei detriti di perforazione in superficie. Nel corso delle perforazioni dei sondaggi realizzati sono state eseguite n°2 prove SPT in S1 e n°3 prove SPT in S2 utilizzando un campionatore Raymond a punta chiusa (**Fig. 16**); per l'esecuzione di tali prove, è stata impiegata un'attrezzatura con caratteristiche conformi alle norme ASTM 1586/67 "Penetration test and split barrel sampling of soils".



Fig. 16: esecuzione prova SPT in foro, con campionatore Raymond a punta chiusa.

Durante l'esecuzione di ciascuna prova, è stato contato il numero di colpi necessari a infiggere il campionatore di tre tratti consecutivi da 15 cm, considerando come valore di NSPT la somma degli ultimi due, e interpretando come rifiuto (R) un numero di colpi superiore a 50, nell'avanzamento di ciascuno dei tratti da 15 cm.

Sondaggio S1

Profondità (m)	(n° colpi)	N _{Spt}	Punta
4,50	9-12-15	27	chiusa
6,00	28-38-26	Rifiuto	chiusa

Sondaggio S2

Profondità (m)	(n° colpi)	N _{Spt}	Punta
4,50	8-3-6	9	chiusa
6,00	36-11-7	18	chiusa
7,50	26-20-22	44	chiusa

Si riporta di seguito la stratigrafia dei sondaggi:

- S1: eseguito in sinistra idrografica del torrente Lemina (**Fig. 17**);
- S2: eseguito in destra idrografica del torrente Lemina (**Fig. 18**).

	Committente: Comune di Vigone - Studio Gallo Cantiere: Via Torino Vigone (TO) Sito indagine: Ponte sul Torrente Lemina Attrezzatura: Casagrande C6		Sondaggio	Foglio
			S1	1
		Operatore Sig. Dall'Erta F.		
Via Piave 13, 12037 SALUZZO (CN) Tel/Fax 0175211047 info@somiter.eu	Data inizio:08/05/20	Data ultimazione:08/05/20	Responsabile cantiere Dott. Colla M.	
		Note:		

Scala 1:100	Stratigrafia	Potenza	Quota	Descrizione	Cassetta	S.P.T.				Perforazione	Rivestimento
						10	20	30	40		
		1.30		Terreno di riporto eterogeneo sabbioso ghiaioso con laterizi							
2		2.00	-1.30	Riporto sabbioso di colore grigio, sciolto, con ciottoli	1						
		0.40	-3.30	Sabbia grigia limosa							
4		0.40	-3.70	Torba							
		0.90	-4.10	Sabbia ghiaiosa, con ciottoli Ø max 3cm, in abbondante matrice sabbiosa di colore grigio		4.50					
			-5.00			4.95					
6		1.50		Sabbia ghiaiosa di colore bruno rossiccio, con ciottoli eterogenei Ø max 3cm		6.00					
			-6.50			6.45					
8					2					101	127
10											
12		8.50		Ghiaia sabbiosa medio grossolana, con ciottoli localmente alterati, eterogenei poligenici Ø max 5cm, passanti a sabbie ghiaiose, in matrice sabbiosa grigio brunastra con locali screziature rossiccie							
14					3						
			-15.00								

Fig. 17: stratigrafia del sondaggio S1, eseguito in sinistra idrografica del torrente Lemina.

S1 Prof. 0.00 m – 5.00



S1 Prof. 5.00 m – 10.00 m



S1 Prof. 10.00 m – 15.00 m



	Committente: Comune di Vigone - Studio Gallo Cantiere: Via Torino Vigone (TO) Sito indagine: Ponte sul Torrente Lemina Attrezzatura: Casagrande C6		Sondaggio S2	Foglio 1
			Operatore Sig. Dall'Erta F.	
Via Piave 13, 12037 SALUZZO (CN) Tel/Fax 0175211047 info@somiter.eu	Data inizio:09/05/20 Data ultimazione:09/05/20 Note:	Responsabile cantiere Dott. Colla M.		

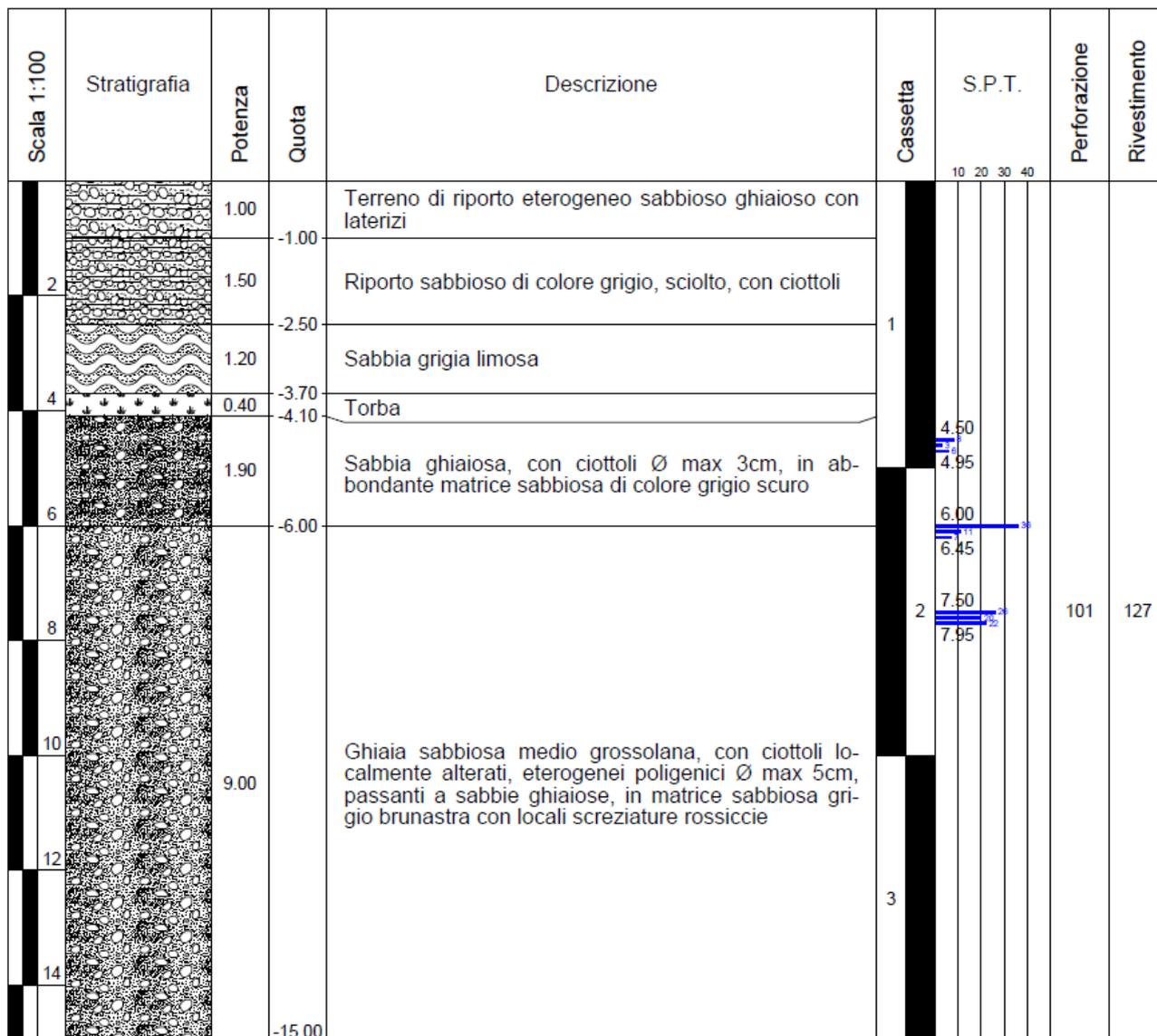


Fig. 18: stratigrafia del sondaggio S2, eseguito in destra idrografica del torrente Lemina.

S2 Prof. 0.00 m – 5.00



S2 Prof. 5.00 m – 10.00 m



S2 Prof. 10.00 m – 15.00 m



La ***falda idrica*** è stata attraversata e rilevata nel corso di entrambi i sondaggi, alla profondità di ***-2,70 m*** dal piano campagna; tale profondità coincide anche con il pelo libero dell'acqua nel Torrente Lemina (**Fig. 19**).

Sarà necessario considerare, sia in fase progettuale che nel corso dei lavori, l'interferenza della falda superficiale.



Fig. 19: misura della soggiacenza della falda in foro (pari a -2,70 m da p.c.), al termine della perforazione, dopo la stabilizzazione del livello.

7. MODELLO GEOLOGICO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA DEI TERRENI

In seguito alla consultazione dei dati disponibili raccolti e dai risultati delle indagini eseguite è stato possibile ricostruire il modello geologico del sito (**Fig. 20**), caratterizzato dalla presenza di depositi fluvio-torrentizi, prevalentemente sabbioso ghiaiosi con ciottoli.

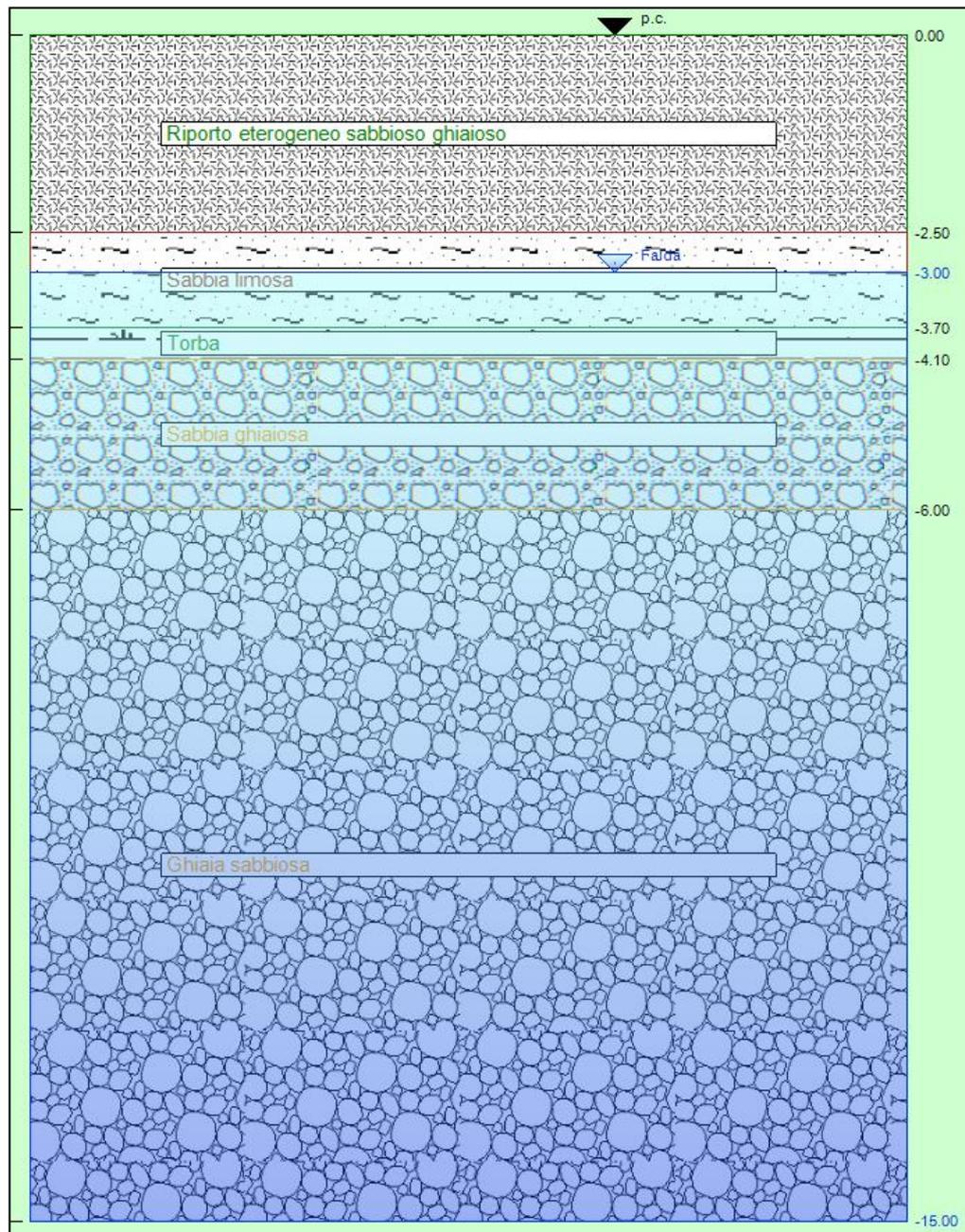


Fig. 20: modello geologico del sito, realizzato con IS-Geostrati – Dolmen.

Sono stati individuati cinque strati, che partendo dal piano campagna e andando in profondità risultano:

- 1) 0,0 m – 2,5 m: terreno di riporto eterogeno, prevalentemente sabbioso - ghiaioso con ciottoli e frammenti di laterizi, asciutto di colore da marrone a grigio;
- 2) 2,5 m – 3,70 m: sabbia limosa, satura di colore grigio;
- 3) 3,70 m – 4,10 m: limo sabbioso saturo, di colore grigio scuro con abbondante sostanza organica, considerabile come "torba";
- 4) 4,10 m – 6,0 m: sabbie ghiaiose con ciottoli eterogenei, sature;
- 5) 6,0 m – 15,0 m: ghiaie sabbiose con ciottoli eterogenei e localmente alterati, passanti a sabbie ghiaiose di colore grigio – marrone, con locali screziature rossicce.

La **falda idrica** è stata attraversata e rilevata nel corso di entrambi i sondaggi, alla profondità di **-2,70 m** dal piano campagna; tale profondità coincide anche con il pelo libero dell'acqua nel Torrente Lemina.

Sarà necessario considerare, sia in fase progettuale che nel corso dei lavori, l'interferenza della falda superficiale.

Sulla base dei risultati delle prove SPT eseguite nel corso del sondaggio S2, con l'uso del software Corr-GeoTab, sono stati ricavati i parametri geotecnici dei terreni, sintetizzati nella tabella seguente.

Tabella 1: **stima dei parametri geotecnici**

Prof. (m)	Nspt	Strato tipo	Peso di volume (kN/mc)	Peso di volume saturo (kN/mc)	Densità relativa (%) "Peck e Bazaara, 1969"	Angolo di attrito (°) "Schemertmann, 1975"	Modulo Elastico (KPa) "Bowles, 1982"	Modulo di taglio (MPa) "Imai e Tonoucki, 1982"	Addensamento (AGI, 1977)
4,5	9	Sabbia con ghiaia	18	19	29	38	13680	44	poco addensato
6,0	18	Sabbia ghiaiosa	19	20	37	42	19080	66	moderatamente addensato
7,5	44	Ghiaia sabbiosa	20	21	56	44	28440	99	addensato

Il fenomeno della liquefazione si verifica in depositi di sabbie e ghiaie a grana fine, di età Olocenica o tardo Pleistocenica, con livelli di falda posti a meno di 15 m dal piano campagna.

Sulla base dell'età dei depositi (Olocene-attuale) e della posizione della falda (- 2,70 m da p.c.) (**Fig. 21**), è possibile definire il rischio di liquefazione alto.

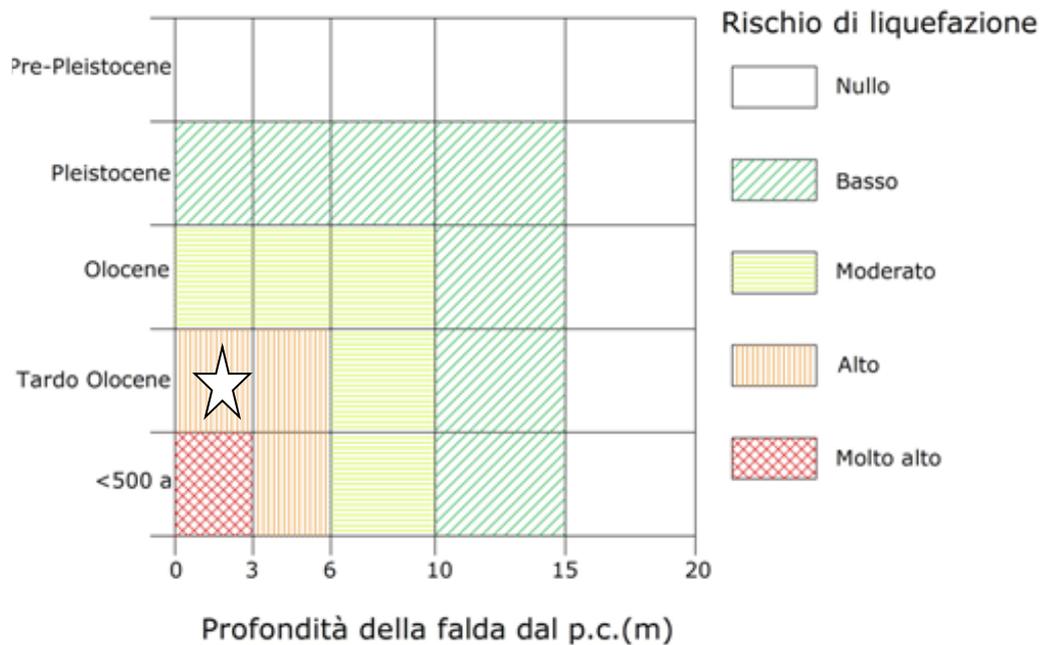
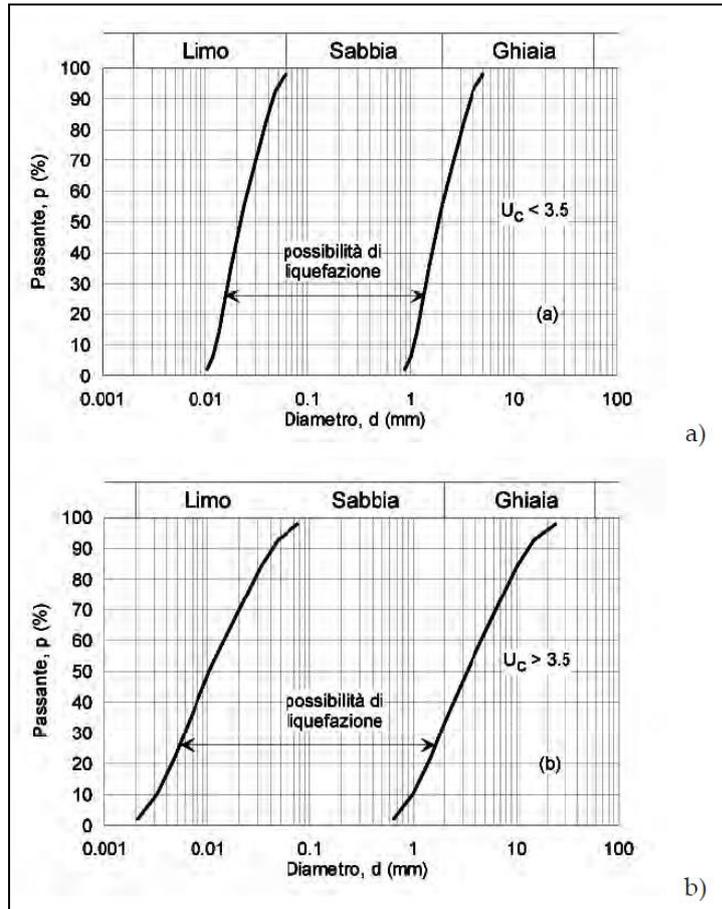


Fig. 21: grafico di valutazione del rischio di liquefazione dei terreni.

Sulla base del DM. 17/01/2018, paragrafo 7.11.3.4.2 "Stabilità nei confronti della liquefazione": la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



Sarà necessario in fase di progettazione geotecnica eseguire la verifica a liquefazione dei terreni.

8. CONCLUSIONI

L'intervento oggetto del presente studio, prevede il rifacimento del ponte sul torrente Lemina, posto sul confine tra i comuni di Vigone a sud e Cercenasco a nord dello stesso, il raccordo con la rete stradale esistente e la realizzazione di protezioni spondali in massi con talee nei tratti a monte ed a valle del nuovo ponte, per raccordarsi alle strade alzaie che fiancheggiano il corso d'acqua.

L'area è sub-pianeggiante, il ponte esistente si trova a quota media pari a 259 m s.l.m. circa e le coordinate geografiche sono le seguenti: 44.854875, 7.501181.

Sulla base della Carta di Sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica dei comuni di Vigone e Cercenasco, l'area è compresa in Classe III a, caratterizzata dalle porzioni di territorio inedificate o con edifici isolati, interne alla Fasce A e B del torrente Lemina, interessate da dissesti legati alla dinamica fluviale e torrentizia.

Dal punto di vista geologico, il territorio del Comune di Vigone compreso nel Foglio 68 Carmagnola della Carta Geologica d'Italia 1:100.000, caratterizzato dalla presenza di depositi di origine prevalentemente alluvionale o fluviotorrentizia di età quaternaria. Nel dettaglio nell'area oggetto di studio sono presenti i depositi di origine prevalentemente alluvionale o fluviale-torrentizia di età quaternaria, costituiti prevalentemente da ghiaie, sabbie e sabbie argillose; la coltre superficiale è costituita da terreni limoso argillosi, di spessore compreso tra 2,5 e 5 m.

Dalla consultazione della Carta Geomorfológica della dinamica fluviale e dei dissesti, del Comune di Vigone, emerge che l'area di studio è compresa nella Fascia A definita dal P.A.I. (Piano Assetto Idrologico), costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente del deflusso della corrente per la piena di riferimento, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena.

La falda idrica nel mese di maggio 2020 è stata attraversata e rilevata nel corso di entrambi i sondaggi, alla profondità di -2,70 m dal piano campagna; tale profondità coincide anche con il pelo

libero dell'acqua nel Torrente Lemina. Sarà necessario considerare, sia in fase progettuale che nel corso dei lavori, l'interferenza della falda superficiale.

Le indagini sismiche eseguite hanno consentito di determinare la velocità equivalente delle onde di taglio, che è risulta pari a 655 m/s. I depositi ricadono nella categoria B dei suoli di fondazione così definita "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".

La frequenza caratteristica di risonanza di sito individuata dalla prova H.V.S.R. risulta pari a 4,113 Hz.

Sono stati individuati cinque strati, che partendo dal piano campagna e andando in profondità risultano:

- 1) 0,0 m – 2,5 m: terreno di riporto eterogeno, prevalentemente sabbioso - ghiaioso con ciottoli e frammenti di laterizi, asciutto di colore da marrone a grigio;
- 2) 2,5 m – 3,70 m: sabbia limosa, satura di colore grigio;
- 3) 3,70 m – 4,10 m: limo sabbioso saturo, di colore grigio scuro con abbondante sostanza organica, considerabile come "torba";
- 4) 4,10 m – 6,0 m: sabbie ghiaiose con ciottoli eterogenei, sature;
- 5) 6,0 m – 15,0 m: ghiaie sabbiose con ciottoli eterogenei e localmente alterati, passanti a sabbie ghiaiose di colore grigio – marrone, con locali screziature rossicce.

Sulla base dell'età dei depositi (Olocene-attuale) e della posizione della falda (- 2,70 m da p.c.), è possibile definire il rischio di liquefazione alto.

Sarà necessario in fase di progettazione geotecnica eseguire la verifica a liquefazione dei terreni.

Nel corso delle perforazioni dei sondaggi realizzati sono state eseguite n°2 prove SPT in S1 e n°3 SPT in S2, utilizzando un campionatore Raymond a punta chiusa, i cui risultati sono riportati nella tabella seguente.

Sondaggio S1			
Profondità (m)	(n° colpi)	N _{Spt}	Punta
4,50	9-12-15	27	chiusa
6,00	28-38-26	Rifiuto	chiusa

Sondaggio S2			
Profondità (m)	(n° colpi)	N _{Spt}	Punta
4,50	8-3-6	9	chiusa
6,00	36-11-7	18	chiusa
7,50	26-20-22	44	chiusa

Sulla base dei risultati delle prove SPT eseguite nel corso del sondaggio S2, con l'uso del software Corr-GeoTab, sono stati ricavati i parametri geotecnici dei terreni, sintetizzati nella tabella seguente.

Stima dei parametri geotecnici

Prof. (m)	N _{spt}	Strato tipo	Peso di volume (kN/mc)	Peso di volume saturo (kN/mc)	Densità relativa (%) "Peck e Bazaara, 1969"	Angolo di attrito (°) "Schemertmann, 1975"	Modulo Elastico (KPa) "Bowles, 1982"	Modulo di taglio (MPa) "Imai e Tonoucki, 1982"	Addensamento (AGI, 1977)
4,5	9	Sabbia con ghiaia	18	19	29	38	13680	44	poco addensato
6,0	18	Sabbia ghiaiosa	19	20	37	42	19080	66	moderatamente addensato
7,5	44	Ghiaia sabbiosa	20	21	56	44	28440	99	addensato

Si raccomanda infine di porre particolare attenzione durante i lavori alla stabilità dei fronti di scavo, considerando la presenza della falda superficiale e di terreni mediamente addensati.

Poirino, 16/04/2024

IL TECNICO INCARICATO

Dott. Geol. Claudio Bosco

(Ordine dei Geologi del Piemonte n° 830 sez. A)



Claudio Bosco