

SHARESALMO - GESTIONE ITTICA INTEGRATA E SOSTENIBILE PER LA  
 VALORIZZAZIONE DELLA BIODIVERSITÀ E LA DIFESA DALLE SPECIE INFESTANTI

# ATTIVITÀ 5.1 - Intervento strategico di deframmentazione del Fiume Sesia



## PROGETTO DEFINITIVO

Elaborato:

Elaborato:

Relazione geologica

**B.1**

Rif.:

18S28

Data:

Febbraio 2020

Rev.:

01

Formato:

A4

Timbro e firma:

Progettista:

**Ing. Stefano MOLINARI**  
 Via Europa n.33/a  
 21040 - Morazzone (VA) - IT  
 ste.moli@hotmail.it



Altri partner di progetto:



Parco  Ticino



## Sommario

1	PREMESSA .....	2
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E STATO DI FATTO DELLE AREE DI INTERVENTO .....	3
3	GLI INTERVENTI IN PROGETTO.....	6
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, IDROGEOLOGICO ED IDRAULICO .....	7
5	INQUADRAMENTO SISMICO .....	9
6	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO, CATEGORIA TOPOGRAFICA E STIMA DELL'EFFETTO SISMICO PER L'OPERA IN PROGETTO.....	14
7	VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE .....	17
8	DEFINIZIONE DELL'IPOTETICO MODELLO GEOLOGICO E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA.....	17
9	CONDIZIONI DI PERICOLOSITA' - PRGC E PAI .....	19
10	CONCLUSIONI ED INDICAZIONI PROGETTUALI.....	22

# 1 PREMESSA

Il presente documento costituisce la relazione geologica del Progetto Definitivo “*Intervento strategico di deframmentazione del Fiume Sesia*”, e prende in considerazione la progettazione di due passaggi per pesci sul citato corso d’acqua, in corrispondenza di due sbarramenti artificiali che ne impediscono la risalita.

Per redigere la presente relazione è stata presa visione della seguente documentazione:

- Elaborati geologici del PRG del Comune di Varallo;
- Carta geologica d’Italia, foglio n° 90 – “Demonte”, e relative note illustrative;
- Consultazione banca dati Arpa Piemonte;
- Consultazione del Geoportale della Regione Piemonte.

Il lavoro è svolto ottemperando alla specifica normativa di settore:

- D.M. 17/01/2018 e sua circolare esplicativa;
- O.P.C.M. 28.04.2006 N° 3519 “Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”;
- O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”;
- Legge Regionale REGIONE PIEMONTE 5 dicembre 1977, n. 56. “Tutela ed uso del suolo” (B.U. - 24 dicembre 1977, n. 53) e s.m.i.;
- Legge 18/05/1989 n° 183 riguardante il Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico e art. 17 comma 6 ter “Interventi sulla rete idrografica e sui versanti”, norme di attuazione.

In riferimento alla normativa sopra richiamata, il presente documento analizza gli aspetti geologici finalizzati all’individuazione del modello geologico di sito (con le semplificazioni riferite alla tipologia di indagine eseguita), secondo quanto specificato nelle NTC 2018. La relazione analizza inoltre la pericolosità sismica di base del sito di costruzione, sempre secondo le NTC 2018. Per la valutazione del modello geologico di sito e per la caratterizzazione sismica del suolo, in accordo con il progettista delle opere, non si sono eseguite prove in sito, sia per la difficoltà di accesso alle aree sia perché è stato possibile prendere visione di stratigrafie di indagini passate eseguite nel medesimo contesto geologico.

Si rammenta quindi che in corso d’opera si dovrà tassativamente controllare la rispondenza tra la caratterizzazione geotecnica e geologica assunta in progetto e la situazione effettiva, differendo di conseguenza il progetto.

La presente relazione è da intendersi quale esclusivo svincolo alla fattibilità dell’intervento, non prendendo in considerazione gli aspetti geotecnici delle opere, che sono disciplinati dalla normativa di settore (D.M. 2008 § 6.2.2 e § 6.2.2 della Circolare) e trattati in un altro specifico elaborato progettuale.

## 2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E STATO DI FATTO DELLE AREE DI INTERVENTO

Le aree in cui è oggi sono presenti le opere da deframmentare, si trovano in Comune di Varallo (VC). Nello specifico trattasi di due briglie localizzate sul Fiume Sesia.



Figura 1: mappa di localizzazione della "Discontinuità A" sul fiume Sesia



Figura 2: mappa di localizzazione della "Discontinuità B" sul fiume Sesia

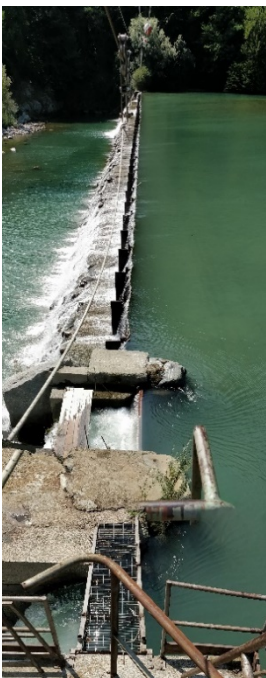
La discontinuità A è caratterizzata da una traversa di derivazione, di 120 m di larghezza, in massi ciclopici cementati al di sopra della quale è presente da una struttura di acciaio e legno per l'incremento ulteriore del pelo libero a monte della traversa.

In sponda sinistra sono posizionate tutte le opere idrauliche:

- un canale di derivazione caratterizzato da due opere di presa distinte e affiancate;
- una paratoia a settore con funzione di paratoia sghiaiatrice;
- una luce di rilascio del DMV la cui soglia di sfioro è regolata con dei pannelli in legno;
- una luce per il rilascio delle acque in un passaggio per pesci, reputato funzionale per via dell'elevata pendenza.

La sponda destra è caratterizzata dalla presenza sull'argine di un bosco con vegetazione arborea, anche di grandi dimensioni, fino all'acqua, sia a monte che a valle.

La sponda sinistra è più antropizzata: a monte della traversa è presente un muro in c.a. che svolge la funzione di sponda e i due imbocchi del canale derivatore mentre, a valle, la sponda è costituita da una scogliera cementata, per i primi 20 m circa, che prosegue in terra e massi vegetati da arbusti, alle spalle è presente il canale di derivazione e l'alto muro di sostegno della SP229.



Vista dalla sponda sinistra



Vista dalla sponda destra

Figura 3: Discontinuità A.

A monte della precedente discontinuità, di circa 1500 m, è presente una traversa a servizio di un'opera di presa, sempre in sponda sinistra. La traversa è realizzata in massi ciclopici intasati in cls sormontati da una struttura in cemento armato massi ciclopici informi. Particolarità dell'opera è la presenza dell'opera di presa non in prossimità della traversa, ma circa 70 m a monte.

Questa condizione vede la presenza di importanti fenomeni di sedimentazione tra l'opera di presa e la traversa.

La sponda in destra idrografica risulta essere naturale ad eccezione del tratto in prossimità della traversa che si presenta rivestito in massi ciclopici cementati. La sponda in sinistra idrografica risulta essere rivestita in massi ciclopici cementati dall'opera di presa fino a valle della traversa.

La traversa è dotata di un passaggio per pesci realizzato in massi ciclopici cementati, in sponda destra a valle della traversa dove è presente un abbassamento della soglia a formare una gavetta. Il passaggio per pesci in oggetto non è reputato funzionale per via dell'elevata pendenza.

Sulla traversa, in sponda sinistra, è presente una tubazione che rilascia una piccola portata.

La geometria dell'alveo e le indicazioni del gestore dell'impianto impongono la realizzazione del passaggio per pesci in sponda destra, nella stessa posizione di quello attuale. In questa posizione il passaggio per pesci è meno soggetto ai fenomeni di trasporto solido, più importanti in sponda sinistra per via della curva che effettua il fiume.



Figura 4: Discontinuità B - vista dalla traversa da valle, in sponda sinistra, nel cerchio rosso il passaggio per pesci.

### 3 GLI INTERVENTI IN PROGETTO

Per quanto attiene alla discontinuità A, il tipo di passaggio individuabile come più idoneo in questo contesto è il **passaggio per pesci a bacini successivi** della tipologia *vertical slot*.

L'unica area idonea a permettere l'inserimento dell'opera è collocata a valle della traversa, in sponda idraulica sinistra, tra la paratoia sgrigliatrice e la sponda.

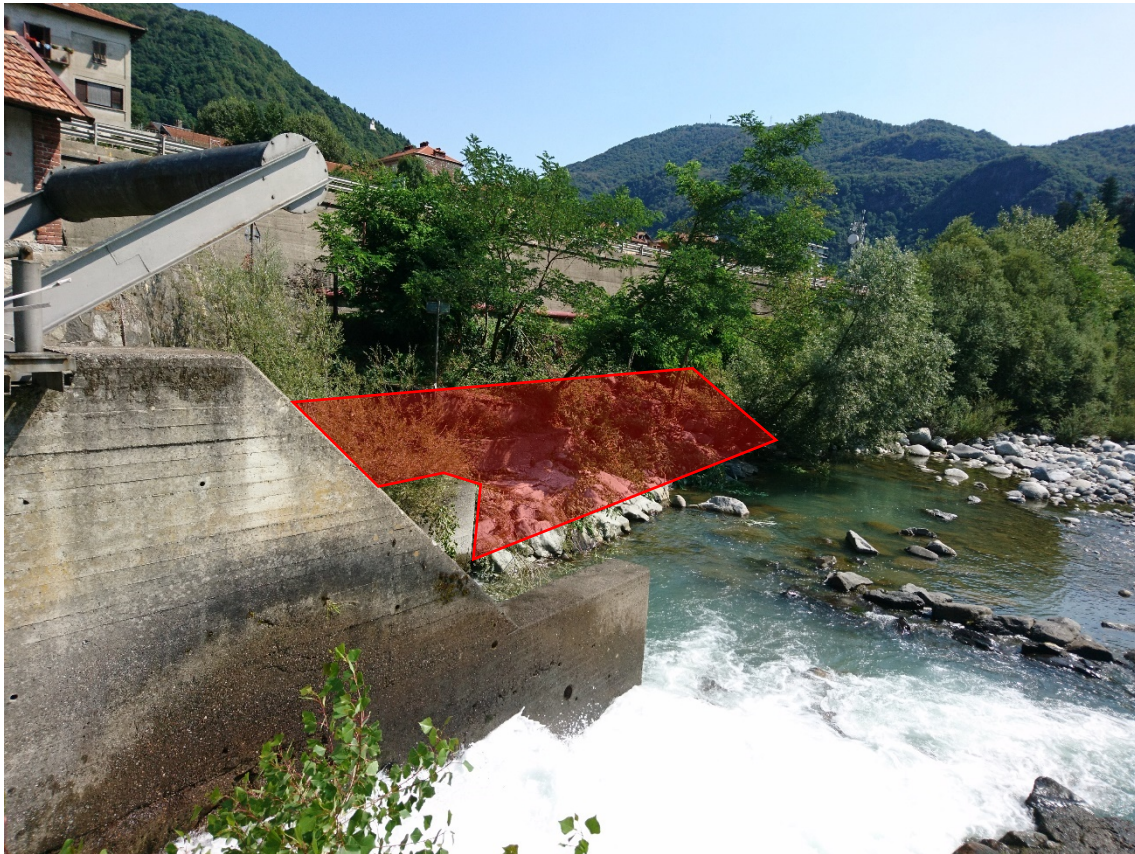


Figura 5: vista della sponda a valle della paratoia sghiaiatrice con indicazione di massima delle aree occupate dalla nuova struttura

La discontinuità B, invece, si inserisce in un contesto ambientale particolare, poiché in questo tratto il fiume effettua una lunga curva a  $180^\circ$  al termine della quale, in sponda idraulica sinistra è presente l'opera di presa. Circa 70 m a valle dell'opera di presa è presente la briglia oggetto di realizzazione del passaggio per pesci.

Il tipo di passaggio individuabile come più idoneo in questo contesto è il **passaggio per pesci a bacini successivi** della tipologia *vertical slot*.

In punto di inserimento del passaggio per pesci nel contesto ambientale presente è stato definito analizzando la geometria dell'alveo e le indicazioni del gestore dell'impianto che impongono la sua realizzazione in sponda destra, nella stessa posizione di quello attuale (rampa in pietrame). In questa posizione il passaggio per pesci è meno soggetto ai fenomeni di trasporto solido, più importanti in sponda sinistra per via della curva che effettua il fiume.

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

Dal punto di vista geo – strutturale, il Comune di Varallo si estende a sud della linea Insubrica, sistema di fratture subverticali che definisce il limite tra la parte della catena Europavergente dell'edificio alpino che è caratterizzato da una tettonica a pieghe e ricoprimenti con la presenza di terreni coinvolti non solo nell'orogenesi alpina, ma anche dal metamorfismo che da detta orogenesi ha avuto origine ed il complesso delle Alpi meridionali nel quale si colloca il territorio di Varallo.

La parte meridionale della Zona Ivrea Verbano, che corrisponde a parte del territorio di Varallo, è tradizionalmente suddivisa nella formazione kinzigitica (Bertolani, 1954) e in quella basica (Bertolani 1959).

Il complesso Kinzigitico, presenta la prevalenza di un paragneiss a biotite, quarzo, plagioclasio, granato e sillimanite. Di colore rosso-bruno, aspetto di roccia scistosa, con scistosità spesso fibrosa. In alternanza vi sono le anfiboliti, di colore scuro e struttura orientata. Marmi e calcefiri, in alcune zone predominanti, come a monte del Santuario del S. Monte, nelle rupi della Falconera e sul versante in destra Sesia nel tratto tra Parone e Locarno. Infine si ricordano filoni acidi, pegmatitici a quarzo, ortoclasio o microclino e muscovite con concentrazioni prossime alla possibilità di coltivazione del feldspato così come si ricava dalle indagini di una Ditta mineraria in località Alpe Sacchi. Si dispongono a formare un'ampia fascia (compresa tra il S. Monte e Roccapietra) che attraversa il territorio comunale con direzione sudovest-nordest. Coprono la valle principale del f. Sesia a partire dal limite con la F. Basica fino a Doccio, in dx. Sesia e Roccapietra in sin. e quindi si dispongono ad occupare l'intero versante orografico destra della valle del torr. Pascone.

La formazione basica è costituita da lenti di peridotite del mantello e da un voluminoso complesso di rocce basiche. Quest'ultimo è dato da un corpo intrusivo di rocce a composizione gabbrico-noritica, con subordinati volumi di dioriti, tonaliti, charnockiti e rocce ultrabasiche. Secondo recenti studi (QUICK J. et al. 2003) le peridotiti vengono separate dal complesso basico, in quanto rappresentano eventi geneticamente e cronologicamente diversi. La Valsesia e la Val Mastallone espongono una sezione completa del corpo gabbrico con stratificazione magmatica (età permiana) che affiora nella parte NW della Zona Ivrea Verbano, alla base del complesso kinzigitico.

Classica sezione di crosta continentale profonda delle Alpi, oggi esposta ma in origine situata tra crosta e mantello, è suddivisa in tre unità principali unità litologiche in successione da SE a NW e dall'alto al basso:

1. - unità delle dioriti;
- 2.- corpo gabbrico principale;
- 3.- corpo magmatico stratificato.

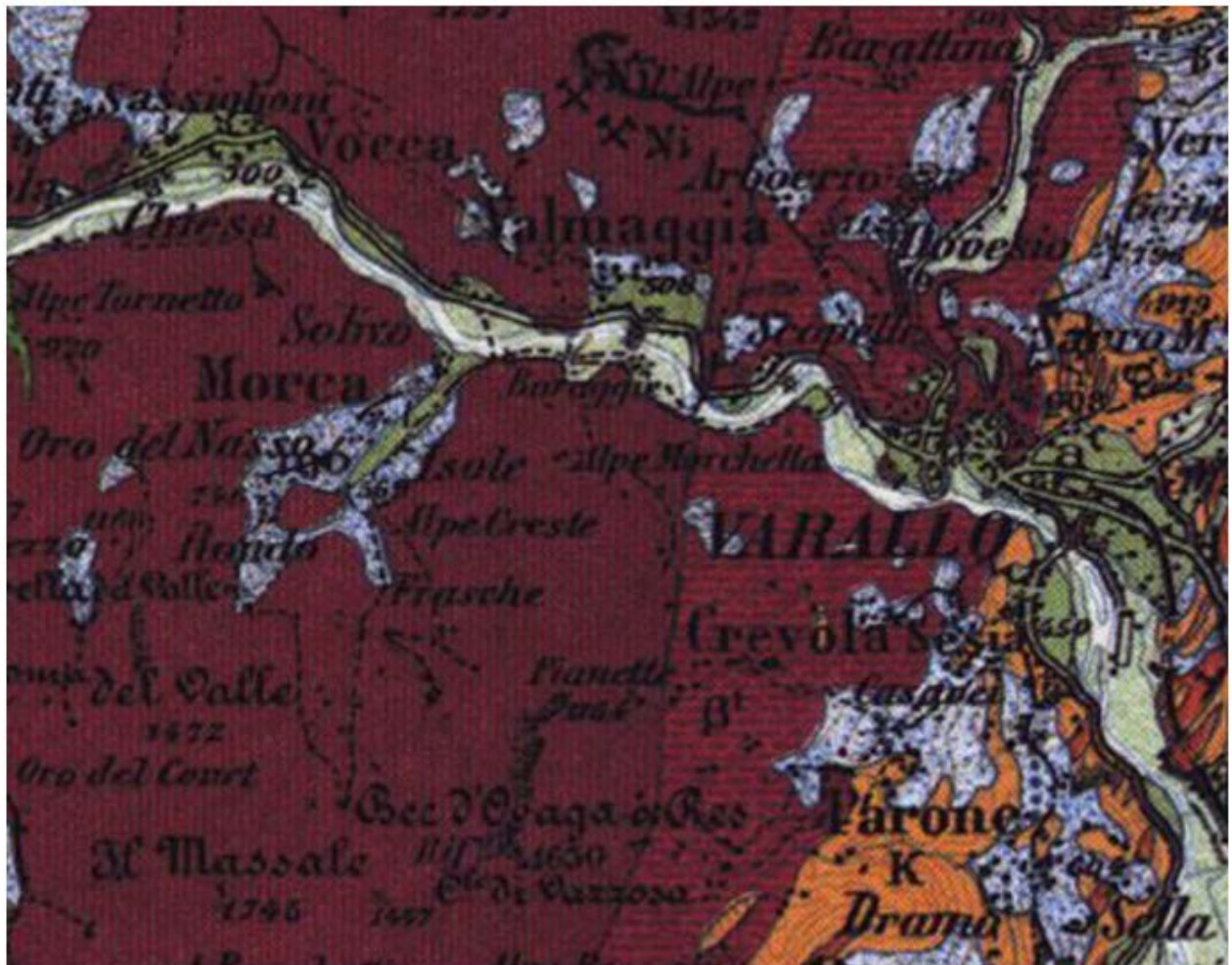
Nel territorio di Varallo affiorano le prime due unità litologiche

Le rocce dell'unità 1 sono costituite in prevalenza da dioriti quarzifere biotitico-anfibolico-piroseniche a grana media, di un diffuso colore verdastro; all'interno del corpo gabbrico principale le rocce più diffuse sono rappresentate da noriti, a grana medio-grossolana, di colore scuro composto essenzialmente da pirosseno rombico, orneblenda con saltuaria biotite, il minerale sialico è esclusivamente plagioclasio.

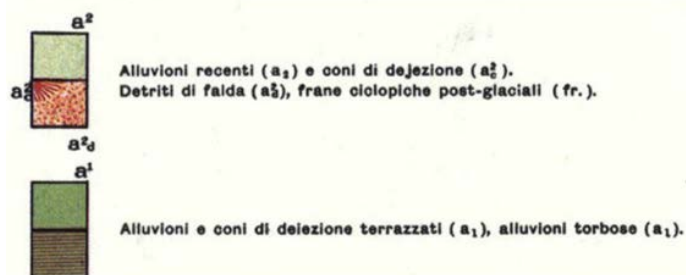
Attraverso la presa visione della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 (Foglio 30 – Varallo), e della Carta geologica del bacino idrografico del Fiume Sesia nella regione alpina e delle aree limitrofe (da R. Ufficio Geologico, 1908), si può vedere come le aree di intervento siano interessate dalla presenza di depositi di copertura quaternari e, specificatamente da depositi alluvionali imputabili all'azione del Fiume Sesia.

Essi sono formati da ciottoli e ghiaie grossolane con elementi arrotondati e frequenti massi dell'ordine del metrocubo, in matrice sabbiosa grossolana con granuli a spigoli vivi.





### Quaternario



### Serie dioritico-Kinzigitica

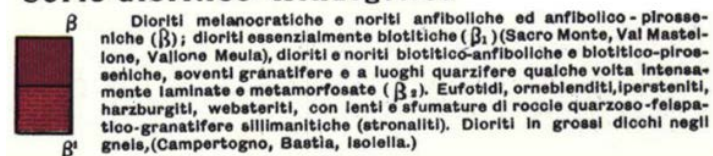


Figura 6: Stralcio della Carta Geologica d'Italia - Foglio 90 "Demonte".

Dal punto di vista idraulico, l'elemento principale del reticolo idrografico superficiale di Varallo è rappresentato dal fiume Sesia, nel quale, poco a valle dell'area di intervento che interessa la discontinuità B, confluisce il Torrente Mastallone; a partire da questo punto il Fiume Sesia assume un

andamento più regolare ed il letto torna a farsi sempre più ampio raggiungendo la massima larghezza a valle di Roccapietra. Il suo regime pluviometrico di tipo sublitoraneo-alpino-occidentale determina i massimi deflussi in tarda primavera, legati anche al fenomeno di scioglimento delle nevi, ed in autunno esclusivamente per la quantità delle precipitazioni.

Il Torrente Mastallone, che sottende un bacino idrografico di tutto rispetto, rappresentato da valli che si attestano allo spartiacque con la valle di Macugnaga, è caratterizzato da eventi di piena improvvisi con portate rilevanti come i 1.050 m<sup>3</sup>/sec rilevati alla stazione del ponte Folle in data 02.011.1978.

Nell'ambito dei terreni affioranti in sito, i depositi alluvionali ghiaiosi grossolani presenti denunciano significativa permeabilità per porosità primaria. La roccia è invece da ritenersi impermeabile per porosità primaria, anche se può presentare gradi variabili di permeabilità per porosità secondaria per fratturazione.

## 5 INQUADRAMENTO SISMICO

La zonizzazione sismica a livello nazionale è regolata dall' OPCM n. 3274 del 20/03/03 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica" e dalla successiva OPCM 3519 del 2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone". A livello regionale tali normative sono state recepite con la DGR n. 11-13058 del 19 gennaio 2010 - "Approvazione delle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico attuative della nuova classificazione sismica del territorio piemontese", e dalle successive DGR n. 4-3084 del 12 dicembre 2011 e D.G.R. n. 7-3340 del 3 febbraio 2012.

Si riporta la tabella ove ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale ag, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [Ag/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [Ag/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15 - 0,25	0,25
3	0,1 - 0,15	0,15
4	< 0,05	0,05

Secondo la D.G.R. 19/01/2010, n. 11-13058 "Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006)" il **Comune di Varallo è stato classificato in Zona 4.**

Le due direttrici convergono nella zona del Cuneese, per riaprirsi a ventaglio verso la costa, interessando il Nizzardo e l'Imperiese. Una terza direttrice, infine, interessa il fronte occidentale dell'Appennino sepolto ed il suo prolungamento nel Monferrato.

Prendendo in considerazione la zonazione sismogenetica ZS9 utilizzata per la valutazione della pericolosità sismica, si nota che il Comune di Varallo risulta esterno a qualsiasi zona sismogenetica.



Figura 7: Stralcio zonazione sismogenetica ZS9.

È stata inoltre eseguita un'interrogazione sul Database Macrosismico Italiano chiamato DBMI15 (Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. 2016). Questo Database indica una serie di intensità macrosismiche, prendendo in considerazione solo terremoti con intensità massima  $\geq 5$  e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014.

La ricerca effettuata per il Comune di Varallo evidenzia la presenza di possibili effetti in 14 terremoti, con un'intensità epicentrale  $I_0$  compresa tra 4 e 9, e una magnitudo momento  $M_w$  compresa tra 4,34 e 5,87.

## Varallo



PlaceID	IT_03761
Coordinate (lat, lon)	45.816, 8.254
Comune (ISTAT 2015)	Varallo
Provincia	Vercelli
Regione	Piemonte
Numero di eventi riportati	14

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Mo	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
2-3	1873	03	12	20	04		Appennino marchigiano	196	8	5.85
4	1884	09	12	07	23		Pianura lombarda	34	6	4.70
4-5	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
3-4	1891	06	07	01	06	1	Valle d'Illesvi	403	8-9	5.87
3-4	1892	03	05				Valle d'Aosta	86	7	4.98
4	1912	05	31	21	40		Canavese	51	5-6	4.71
5	1914	10	26	03	43	2	Torinese	63	7	5.24
5	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
3-4	1918	01	13	12			Pianura lombarda	24	4	4.62
5	1951	05	15	22	54		Lodigiano	179	6-7	5.17
5	1960	03	23	23	10		Vallese	178	7	5.00
3-4	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
4-5	1993	06	14	12	28	3	Val d'Ossola	139	5-6	4.34
3	2000	08	21	17	14		Monferrato	595	6	4.94

Figura 8: Ricerca storica terremoti effettuata con DBMI15 per il Comune di Varallo.

Con riferimento alle NTC/2018 “Norme tecniche per le costruzioni” la sismicità di base dell’area in esame è definibile in funzione del valore assunto dall’accelerazione massima attesa su suolo rigido per eventi con tempo di ritorno di 475 anni e probabilità di superamento del 10% in 50 anni, in corrispondenza dei nodi del reticolo di riferimento nazionale (Mappa interattiva di pericolosità sismica dell’INGV).

Come si nota, il valore massimo dell’accelerazione di picco su suolo rigido per il sito d’indagine a cui corrisponde una probabilità di superamento del 10% in 50 anni, è compreso tra 0,025g e 0,050g.

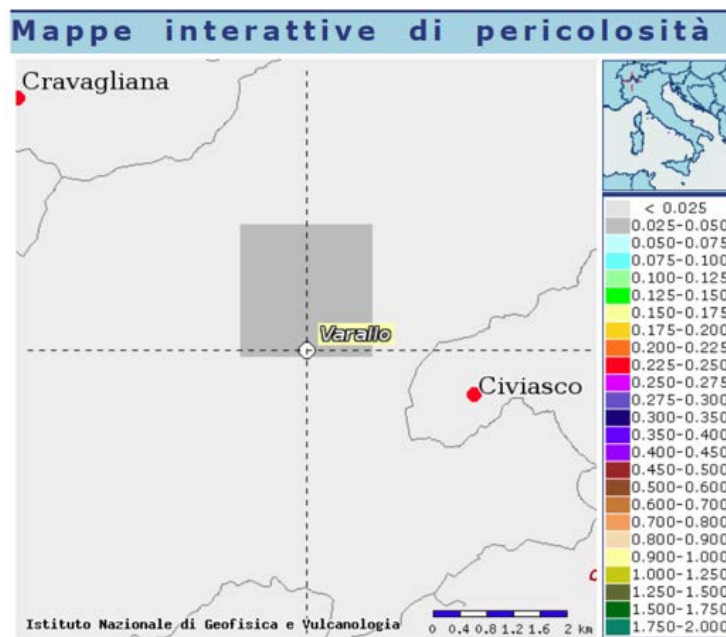


Figura 9: Stralcio Mappa interattiva di pericolosità sismica dell'INGV centrata sul Comune di Varallo.

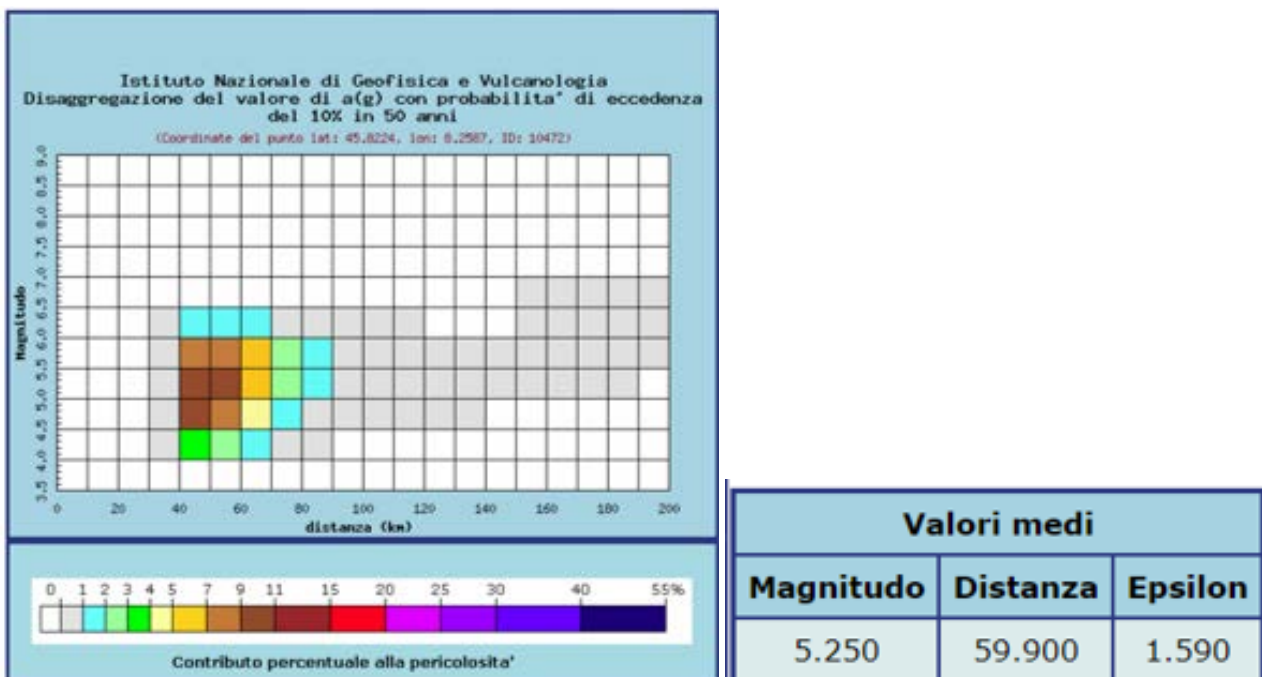


Figura 10: Disaggregazione della pericolosità sismica.

Secondo la mappa interattiva di pericolosità sismica dell'INGV, nel territorio del Comune di Varallo sono attesi eventi sismici di Magnitudo (M) media pari a 5,25 per una distanza dal nodo (Coordinate del punto lat: 45.8224, lon: 8.2587) pari a 59,90 Km.

Per definire l'azione sismica di progetto, occorre determinare l'effetto della risposta sismica locale (RSL) mediante specifiche analisi che, in sintesi, si basano sulla definizione di amplificazione locale del fenomeno, i cosiddetti "effetti di sito". In assenza di analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di

riferimento e sulle condizioni topografiche. La normativa vigente identifica 5 categorie di sottosuolo, e la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  (m/s) definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = H / (\sum h_i / V_{si})$$

dove:

- H= profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s;

-  $h_i$  = spessore (m) dello strato  $i$ -esimo cui corrisponde una velocità  $V_{si}$ .

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

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

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

Figura 11. Tabelle della categoria di sottosuolo (NTC/2018).

Inoltre vengono distinte 4 condizioni topografiche per tenere conto della morfologia del sito.

CATEGORIA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore uguale 15°.
T2	Pendii con inclinazione media maggiore di 15°.
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media compresa tra 15° e 30°.
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media maggiore di 30°.

Figura 12. Tabelle delle condizioni topografiche (NTC/2018).

Nel caso in esame si è operato “approccio semplificato”, così come previsto dal § 3.2.2. della normativa di riferimento, in relazione alla prevedibile risposta penetrometrica dei terreni ghiaiosi di fondazione ed alla natura de terreni di appoggio, attribuendo il suolo di fondazione alla seguente categoria:

**Categoria B:** “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.”

Per quanto attiene alla categoria topografia, essendo l’opera in alveo, quest’ultimo pianeggiante, si assegna la **categoria topografica T1**: “Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore uguale 15”.

## 6 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO, CATEGORIA TOPOGRAFICA E STIMA DELL’EFFETTO SISMICO PER L’OPERA IN PROGETTO

La definizione del moto sismico sul piano di fondazione avviene in termini di ordinate ( $T_b$ ,  $T_c$ ,  $T_d$ ) dello spettro di risposta elastico  $S_e(T)$  in riferimento a delle prefissate probabilità di eccedenza  $PVR$  nel periodo di riferimento  $VR$ , dato dal prodotto tra la vita nominale della costruzione  $V_N$  e il coefficiente d’uso  $C_u$ , funzione della classe d’uso della costruzione.

Alle opere in progetto si è attribuita una Vita Nominale  $\geq 50$  anni e una classe d’uso II, a cui corrisponde un coefficiente  $C_u$  pari a 1 Il periodo di riferimento  $VR$  risulta quindi pari a 50 anni.

I valori di  $VR$  e  $C_u$  sono riportati in apposite tabelle nelle NTC:

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale  $V_N$  di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di $V_N$ (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$

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

In funzione della probabilità di superamento  $PVR$  nel periodo di riferimento considerato, si ottengono i valori del tempo di ritorno dell'azione sismica  $TR$  riportati nella tabella seguente:

	TR
Operatività SLO	30 anni
Danno SLD	50 anni
Salvaguardia Vita SLV	475 anni
Prevenzione Collasso SLC	975 anni

Per il sito oggetto di intervento si ottengono, per i diversi tempi di ritorno  $TR$ , i valori dei parametri:

- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima al sito;
- $T_c^*$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

Stato Limite	Tr [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$	$T_c^*$ [s]
Operatività (SLO)	30	0.018	2.562	0.157
Danno (SLD)	50	0.023	2.549	0.186
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.049	2.680	0.284
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.058	2.759	0.305
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

A partire dai valori di questi parametri, si possono ricostruire le ordinate dello spettro elastico in accelerazione delle componenti orizzontali, che sono riportate nelle NTC/2018, e che andranno poi considerate nelle verifiche strutturali. Tali espressioni sono anche funzione del coefficiente  $S$  che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche, in funzione dei parametri caratteristici che definiscono l'amplificazione stratigrafica ( $S_s$  e  $C_c$ ) e topografica ( $St$ ).

Di seguito si riportano le tabelle delle NTC/2018 dalle quali è possibile desumere il valore dei coefficienti  $S_s$ ,  $C_c$  e  $St$ .



Tab. 3.2.IV – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$

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

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Come precedentemente accennato ai siti è stato attribuito:

- una categoria di sottosuolo B: " 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.;
- una categoria topografica T1: " Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore uguale 15".

I valori di  $S_s$ ,  $C_c$  e  $S_t$  derivanti risultano quindi essere:

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,59	1,54	1,42	1,39
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

## 7 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

Il fenomeno della liquefazione si manifesta a carico dei terreni generalmente sabbiosi sciolti, normalmente consolidati immersi in falda, quando in concomitanza di una sollecitazione sismica inducono nel terreno un aumento delle pressioni interstiziali fino ad annullare la resistenza al taglio del terreno ed indurre fenomeni di fluidificazione del terreno stesso.

Secondo le NTC/2018, 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  $U_c > 3,5$ .

Si sceglie di verificare la sussistenza del primo punto (accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero minori di 0,1g), ricavando, dai valori degli spettri di risposta elastica riportati poc'anzi:

$$ag_{\max} (SLV) = ag \times S_s \times S_t = 0,049 \times 1,20 \times 1 = 0,059 \text{ g} < 0,1 \text{ g}$$

$$ag_{\max} (SLD) = ag \times S_s \times S_t = 0,023 \times 1,20 \times 1 = 0,028 \text{ g} < 0,1 \text{ g}$$

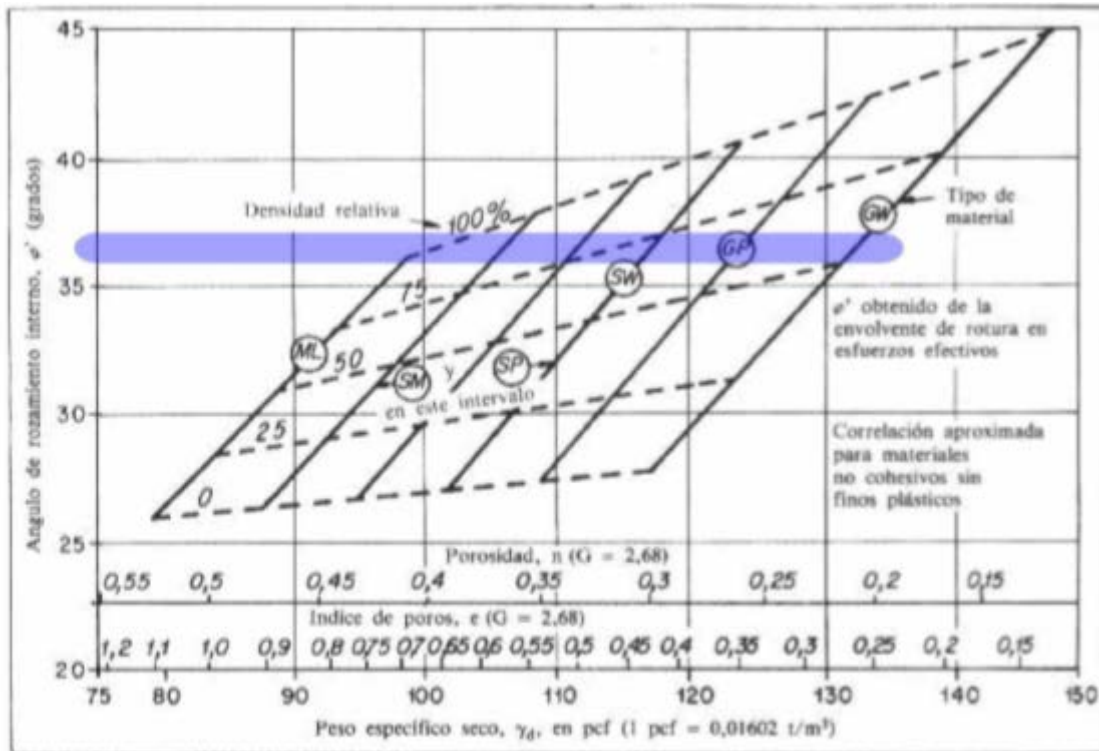
La verifica a liquefazione può pertanto essere esclusa.

## 8 DEFINIZIONE DELL'IPOTETICO MODELLO GEOLOGICO E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA

In accordo con il progettista si è stabilito di utilizzare il metodo bibliografico per la definizione del modello geologico, per i seguenti motivi:

- è noto che la zona è generalmente costituita da depositi alluvionali ghiaioso sabbiosi con ciottoli; il corpo sedimentario alluvionale ghiaioso-sabbioso di fondovalle poggia sul basamento cristallino costituito da metamorfiti ascrivibili all'unità geostrutturale "IVREA - VERBANO", con le quali non è prevedibile alcuna interferenza.
- la zona non è facilmente raggiungibile con strumenti geotecnici atti a investigare il sottosuolo; inoltre eventuali prove penetrometriche potrebbero andare subito a rifiuti per la presenza di ciottoli e materiale a granulometria grossa.

Le opere di fondazione dei due passaggi per pesci in progetto interesseranno i depositi alluvionali per il quale la caratterizzazione viene svolta in base alle osservazioni svolte ed all'esperienza della scrivente in contesti simili. Facendo riferimento alla classificazione ASTM, nella quale vengono escluse le particelle di dimensioni maggiori di 75 mm, sulla base di un esame visivo, tali terreni potrebbero essere classificati come GW - GM (ghiaia limosa ben assortita). Dalle osservazioni svolte questi terreni risultano mediamente addensati ( $60 \geq D_r (\%) \geq 50$ ) e quindi facendo riferimento alla correlazione di NAVFAC (1971) vi si possono assegnare i seguenti parametri geotecnici:



**Relazione tra angolo di attrito interno e peso di volume a secco per terreni granulari (Navfac, 1971)**

Figura 13. Relazione tra angolo di attrito interno e peso di volume a secco per terreni granulari (Navfac, 1971).

Angolo di resistenza al taglio $\phi'$ (°)	Peso di Volume naturale $\gamma$ (kg/m <sup>3</sup> )	Peso di Volume saturo $\gamma_{sat}$ (kg/m <sup>3</sup> )	Coesione (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico E (MPa)
36	1900	2000	0	49,0

Il parametro caratteristico dell'angolo di attrito è stato determinato con elaborazioni statistiche con determinazione del 5° percentile della distribuzione (della media o del campione) tramite appropriato software. Per il calcolo si è utilizzato un coefficiente di variazione (COV) pari al 7%.

Il valore caratteristico determinato è:

**Angolo di resistenza al taglio  $\phi'_k$  (°): 31,8**

Non si esclude la possibilità che durante le operazioni di scavo si rinvenga la presenza di blocchi rocciosi di dimensioni plurimetriche.e/o direttamente roccia in posto. In questo caso se presenti al piano di fondazione queste potranno essere ancorate direttamente ai blocchi.

## 9 CONDIZIONI DI PERICOLOSITA' – PRGC E PAI

Riferendosi a quanto indicato nell'ambito del P.A.I. e del PRGC vigente, entrambe le aree risultano essere interne a dissesti EeA legati alla dinamica torrentizia del Fiume Sesia; inoltre seppur non interne alla perimetrazione del dissesto, le pareti rocciose che bordano le sponde del Fiume Sesia sono interessate da fenomeni franosi di crollo attivi (FA1).

La prima area di intervento (briglia Loc. Baraggiolo), è inoltre parzialmente interna alla zona di rispetto di un pozzo ad uso idropotabile, con un'estensione di 10 m di raggio dal pozzo stesso.

Da segnalare infine che tale briglia è posta immediatamente a monte di un'area a rischio idrogeologico molto elevato RME – Zona 1.

Le aree di localizzazione delle due briglie sono ascritte in **classe 3:** porzioni di territorio nelle quali gli elementi di pericolosità geomorfologica e di rischio, derivanti questi ultimi dall'urbanizzazione dell'area, sono tali da impedirne l'utilizzo qualora inedificate, richiedendo, viceversa, la previsione di interventi di riassetto territoriale a tutela del patrimonio esistente.

Nello specifico la classe 3 interessante le due aree è la **classe 3b.4:** “anche a seguito della realizzazione di opere di sistemazione, indispensabili per la difesa dell'esistente, non sarà possibile alcun incremento del carico antropico”.

All'interno delle aree così classificate sono consentite solo trasformazioni che non aumentino il carico antropico, quali: la manutenzione ordinaria e straordinaria, il risanamento conservativo. Sono consentiti inoltre interventi mirati al consolidamento o al riassetto geologico per la messa in sicurezza dei siti, le opere di recupero ambientale e di sistemazione morfologica, aree verdi, parcheggi, strade d'accesso, ecc. È inoltre ammessa l'attuazione di opere di interesse pubblico, non diversamente localizzabili (strade, linee elettriche, edifici per impianti tecnologici, fognature, acquedotti, ecc.).

Per quanto riguarda il dissesto PAI EeA legato alla dinamica torrentizia, in tali aree sono ammessi:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457 (testo unico 380 edilizia);
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- i cambiamenti delle destinazioni colturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904;
- gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
- la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili e relativi impianti, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;

- l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue;

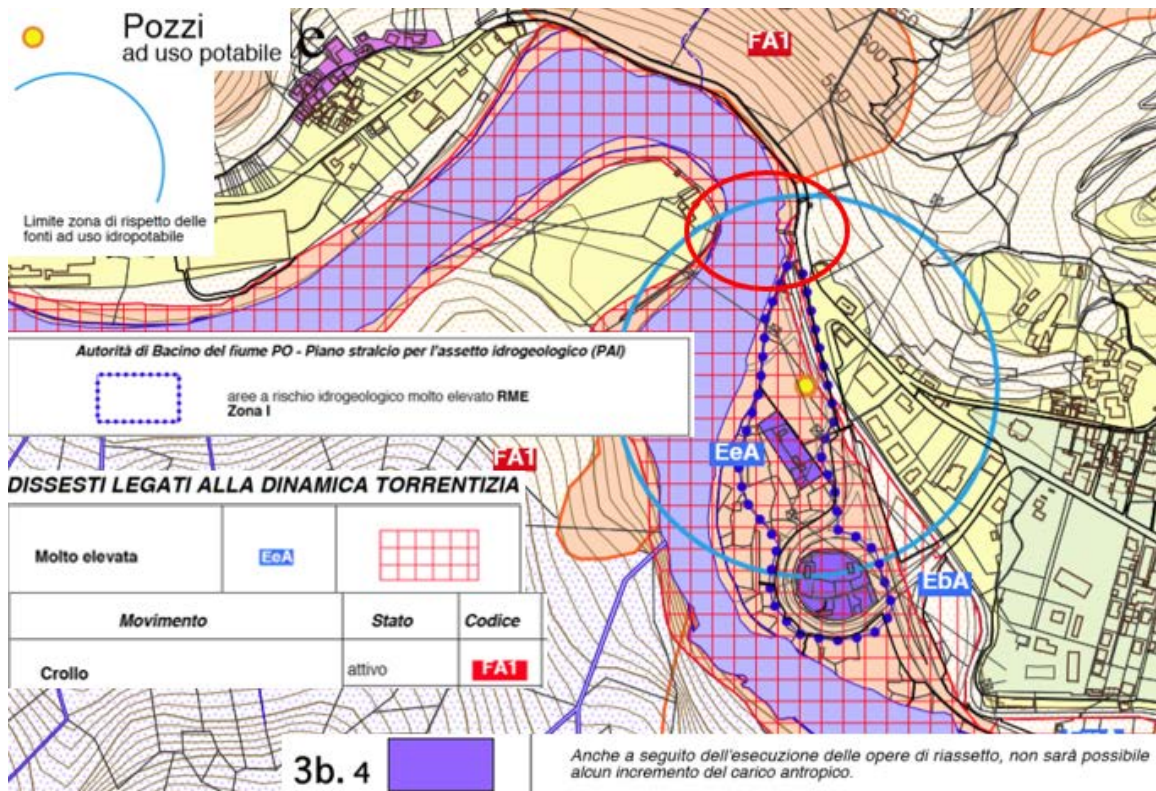


Figura 14. Stralcio della carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'ideoneità all'utilizzazione urbanistica da PRG Comunale con la localizzazione dell'area di intervento relativa alla briglia in Loc. Baraggiolo - Discontinuità A.

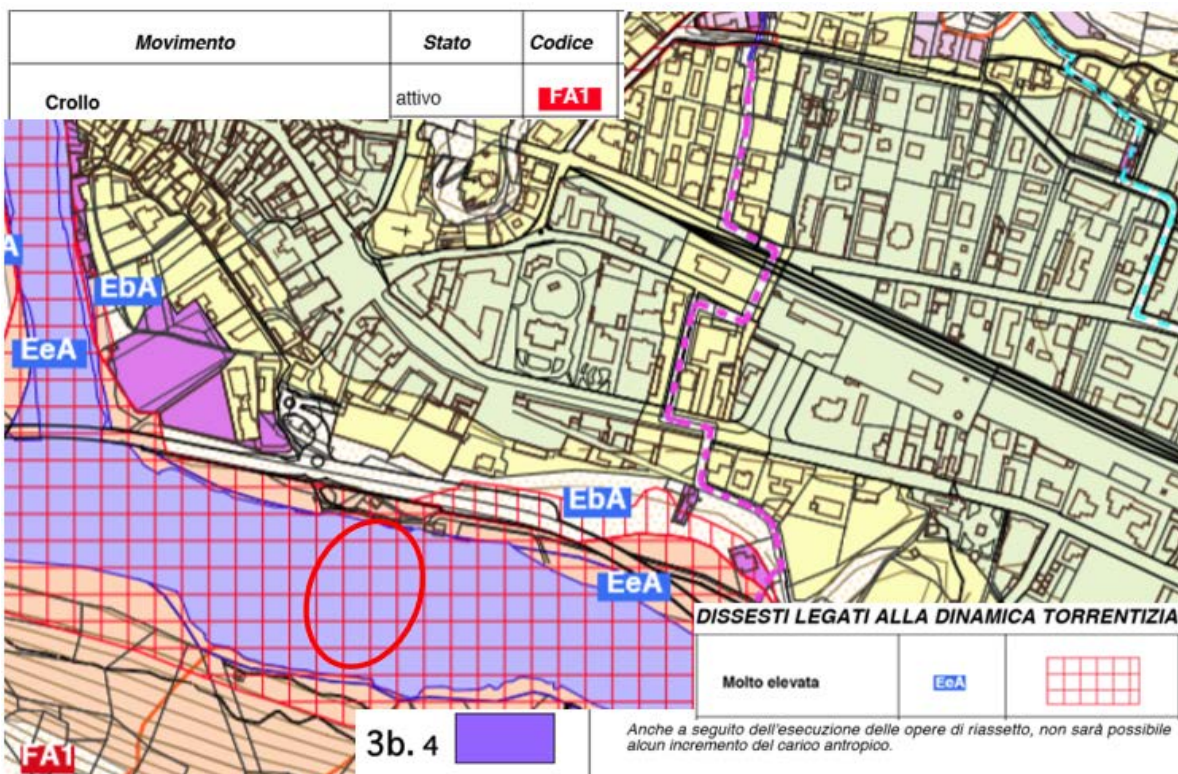


Figura 15. Stralcio della carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'ideoneità all'utilizzazione urbanistica da PRG Comunale con la localizzazione della briglia relativa alla seconda area di intervento - Discontinuità B.

Relativamente al quadro vincolistico, è necessario ricordare anche la presenza degli scenari di pericolosità della cosiddetta Direttiva Alluvioni - D.G.R. n. 8-2588 del 14/12/2015 “Attuazione della Direttiva 2007/60/CE - Piano di Gestione del rischio di alluvioni (PGRA) relativo al distretto idrografico del Po, di cui all’art. 7 del d.lgs. 49/2010. Approvazione della parte di competenza della Regione Piemonte”.

Nel dettaglio, per quanto riguarda il reticolo secondario collinare montano (RSCM), sono stati individuati i seguenti scenari di alluvione: “frequente” (H), “poco frequente” (M) e “rara” (L).

Come si può notare dalle cartografie di seguito proposte, le due aree di interesse rientrano all’interno dello scenario di pericolosità H, scenario la cui perimetrazione coincide con il dissesto PAI relativo alla dinamica torrentizia (EeA).

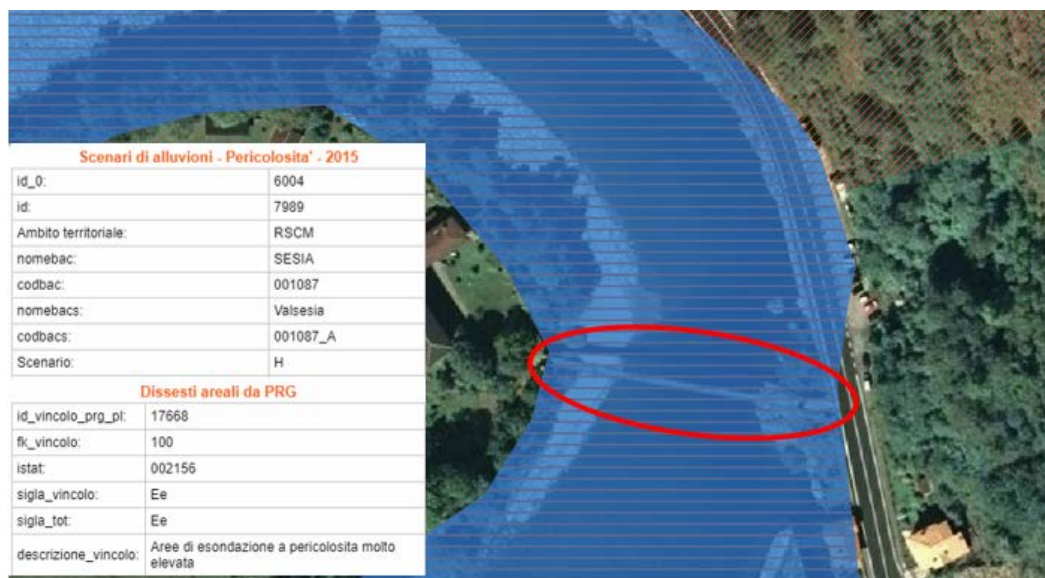


Figura 16. Sovrapposizione PAI – PGRA per la prima area di intervento.

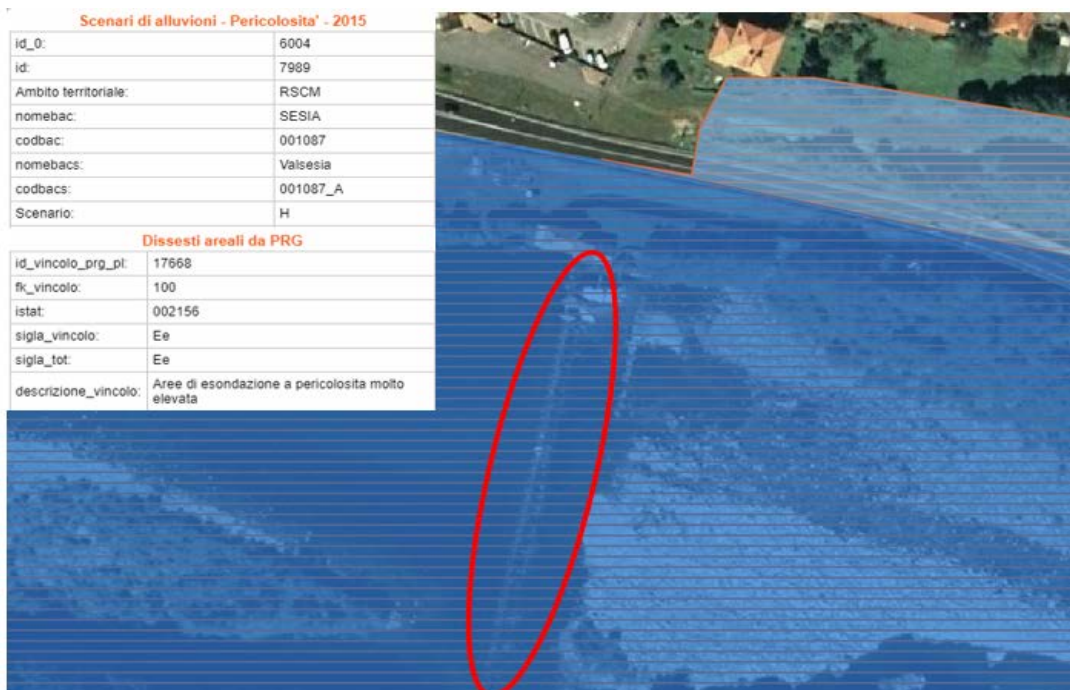


Figura 17. Sovrapposizione PAI – PGRA per la seconda area di intervento.

## 10 CONCLUSIONI ED INDICAZIONI PROGETTUALI

Gli interventi in progetto risultano quindi compatibili con l'assetto geologico/geomorfologico, geotecnico esistente.

In sede di esecuzione dell'intervento la Direzione Lavori, ove necessario, è tenuta a richiedere un sopralluogo dello scrivente per il controllo della conformità di quanto sopra esposto e per verificare la continuità dell'assetto stratigrafico e geotecnico supposto. In questo modo sarà possibile apportare quelle modificazioni e miglioramenti tecnici che si renderanno eventualmente necessari.

Sulla base di quanto esposto risulta opportuno prevedere alcuni accorgimenti di carattere tecnico-esecutivo essenzialmente riconducibili a:

- Il piano di posa delle fondazioni sarà in corrispondenza dei depositi alluvionali ghiaioso - sabbiosi con ciottoli e blocchi presenti nel letto del Fiume Sesia. È possibile tuttavia che durante gli scavi si incontrino blocchi rocciosi di dimensioni plurimetriche o materiale roccioso;
- in ottemperanza a quanto sancito dalle Norme Tecniche sulle Costruzioni, dovranno essere eseguiti i calcoli delle resistenze della capacità portante e dei cedimenti dei terreni di fondazione in relazione alla tipologia di fondazione prevista;
- in fase di esecuzione delle opere si dovrà porre la massima attenzione alla stabilità di eventuali fronti di scavo ed adottando tutte le cautele per il loro sostegno;
- durante le fasi di cantiere eventuali depositi temporanei di materiali terrosi e lapidei dovranno essere effettuati in modo da evitare di favorire fenomeni erosivi. Detti depositi non dovranno essere collocati, accantonati o abbandonati in prossimità dell'area bagnata del corso d'acqua nonché al di sopra di fronti di scavo al fine di evitare sovraccarichi sui fronti stessi; andranno ovvero posizionati ad una distanza tale da evitarne cattura e trasporto in alveo in caso di aumento di portata durante l'esecuzione dei lavori. Si dovrà inoltre considerare la necessità di manutenzione delle opere, in relazione al possibile trasporto solido e conseguente alluvionamento, non evitabili.

Varallo, Febbraio 2020



Dott. Geol. Elena Nostrani