



COMUNE DI LOVERE (BG)
Via G. Marconi, n° 19
24065 - Lovere (Bg)



SISTEMAZIONE IDRAULICA DI UN TRATTO DELLA VALLE DEL TORRENTE
RESCUDIO, A SEGUITO DEGLI EVENTI ALLUVIONALI
DELL'8 SETTEMBRE 2022, NEI COMUNI DI LOVERE E COSTA VOLPINO (BG)
CUP: C68B22000160002

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

RELAZIONE GEOLOGICA

N°
B.2
TIMBRO E FIRMA:



RIFERIMENTO:

XX

DATA:

Dicembre 2022

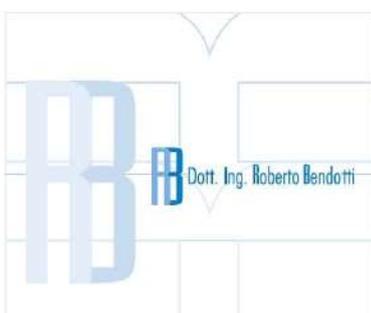
SCALA:

-

FORMATO:

A4

Roberto Bendotti



DOTT. ING. ROBERTO BENDOTTI
RB - STUDIO TECNICO
Sede Legale - Via San Gottardo, n° 34 - 24062 - Costa Volpino (Bg)
Sede operativa - Via Largo Aldo Moro, n° 6 - 24060 - Rogno (Bg)
C.F.: BNRRT79B07L388W
P.IVA: 03269700161
Telefono: 0039 - 3478893065
e-mail: bendotti.roberto@tiscali.it
PEC: roberto.bendotti@ingpec.eu

SOMMARIO

1	PREMESSA	3
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E STATO DEI LUOGHI	3
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	5
4	INQUADRAMENTO IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO	5
5	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO	6
6	ASPETTI RELATIVI ALLA SISMICITÀ	8
7	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO, CATEGORIA TOPOGRAFICA E STIMA DELL'EFFETTO SISMICO PER L'OPERA IN PROGETTO	12
8	MODELLO GEOLOGICO	14
9	FATTIBILITÀ E VINCOLI PRESENTI SULL'AREA	14
10	CONCLUSIONI ED INDICAZIONI PROGETTUALI	15

1 PREMESSA

La presente relazione geologica riguarda gli interventi da realizzarsi per la sistemazione idraulica di un tratto della valle del torrente Rescudio nei comuni di Lovere e Costa Volpino (BG).

Lo studio ha lo scopo di definire i caratteri geologici, geomorfologici ed idrogeologici delle aree interessate dagli interventi, secondo quanto contenuto nella normativa vigente, con particolare riferimento a:

- 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";
- 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";
- NTC 2018 – "Norme Tecniche delle Costruzioni";
- Circolare n. 617 del 2.02.2009, Gazzetta Ufficiale n. 47 del 26 febbraio 2009 – Suppl. Ordinario n. 27: "Istruzioni per l'applicazione delle NTC di cui al D.M. 14 gennaio 2008";
- D.G.R. 2616/ 2011 – Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio";
- D.G.R. 11 luglio 2014 n.2129 "Aggiornamento delle zone sismiche di Regione Lombardia".

Le N.T.C. (§ 6.2.1) prevedono di caratterizzare la geologia del sito, attraverso la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici e geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio descritti e sintetizzati nel modello geologico di riferimento.

In riferimento alla normativa sopra richiamata, il presente documento è volto all'individuazione del modello geologico di sito e all'individuazione della pericolosità sismica di base.

Per la stesura della presente relazione si è fatto riferimento alla Componente Geologica del P.G.T. del Comune di Lovere, a firma del Dott. Geol. Paolo Grimaldi, e alla Componente Geologica del P.G.T. del Comune di Costa Volpino, a firma del Dott. Geol. Sergio Ghilardi.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E STATO DEI LUOGHI

Il torrente Rescudio scorre al confine tra il Comune di Lovere ed il Comune di Costa Volpino (BG) ed ha un bacino idrografico di circa 1,2 kmq.

Il corso d'acqua scorre a cielo aperto fino all'altezza del piazzale del cimitero di Lovere, dove poi viene intubato e termina il suo percorso sfociando a lago.

Il tratto oggetto di intervento è quello che, partendo dal tombinamento a monte del cimitero arriva sino alla briglia in cls esistente presente a quota di circa 214 m s.l.m. (briglia D in fig. 2).

Questo è infatti uno dei tratti più critici poiché è proprio qui che il torrente tende ad uscire dal proprio alveo durante gli eventi meteorologici particolarmente intensi.

Lo STER nel 2007 realizzò le opere che si rinvengono attualmente in alveo e che sono le briglie denominate nella figura 1 come briglia A, B, C e D.

Le briglie A e C sono briglie in massi e Cls, la briglia B è una briglia filtrante con profilati metallici HEA 120, mentre la briglia D è una briglia in Cls.

Dal rilievo in sito risulta evidente come tali opere risultino inadeguate per il contenimento della portata solida che causa lo straripamento in sinistra idrografica.

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area di intervento è caratterizzata dalla presenza del Calccare di Angolo (Anisico inferiore - medio), che affiora in parete rocciosa sulla sponda idrografica sinistra, mentre sulla sponda destra è localmente coperto da depositi riconducibili a depositi di conoide e di trasporto in massa.

Nell'impluvio del torrente è impostata una faglia presunta che mette in affioramento la serie stratigrafica locale compresa tra il Calccare di Angolo e la Formazione di San Giovanni Bianco; la giacitura degli strati, che in questa zona si mantiene abbastanza regolare, è rivolta mediamente verso W con inclinazione media di 45°. Di seguito si riporta lo stralcio delle carte geologiche del Comune di Lovere e di Costa Volpino.

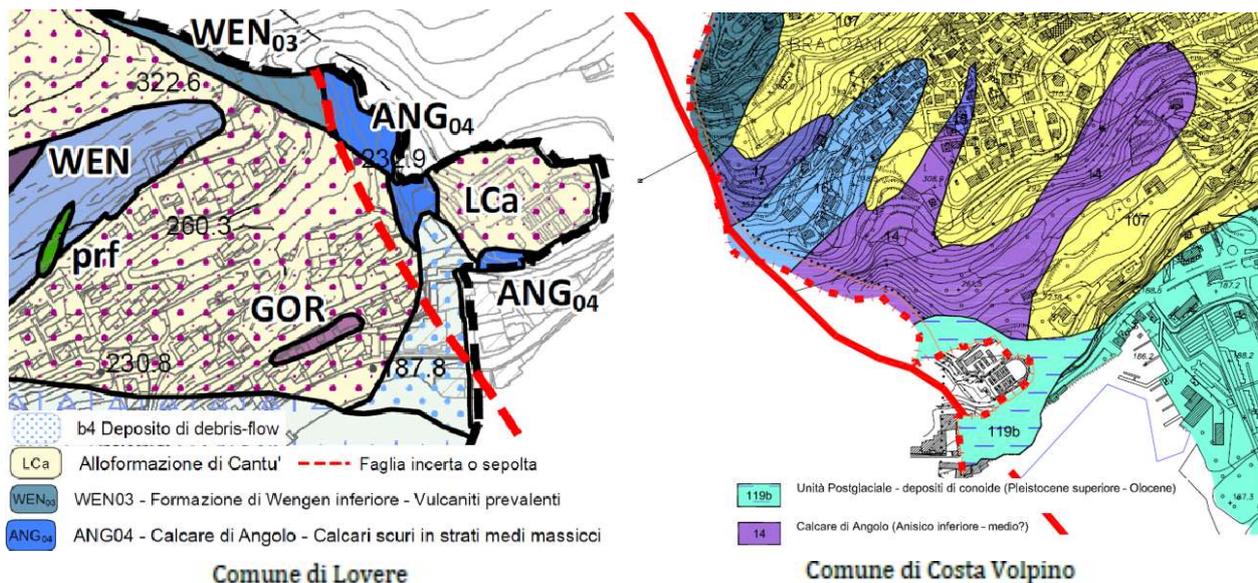


Figura 3: Stralcio delle Carte geologiche dei PGT di Lovere e Costa Volpino.

Per quanto riguarda i depositi, essi sono costituiti da diamicton e ghiaie con clasti angolosi, tipici dei depositi di trasporto o debris – flow, immersi in matrice ghiaiosa e sabbiosa di origine alluvionale.

Il calccare di Angolo affiorante nelle aree di intervento si presenta di colore grigio – grigio scuro alla frattura, in strati planari ed ondulati da spessore decimetrico a metrico ove gli strati si presentano amalgamati.

Dal punto di vista geomorfologico, la valle del torrente Rescudio nel tratto di interesse, si presenta dapprima con un alveo ampio, sino alla briglia in cls esistente (briglia D), oltre la quale si incassa e scorre all'interno di una forra rocciosa.

Durante il sopralluogo non si sono rilevati dissesti gravosi in atto, sebbene locali fenomeni erosivi possono verificarsi a monte della briglia D durante gli eventi meteorologici intensi, dovuti alla pendenza media del bacino che comporta elevate velocità di deflusso con conseguente trasporto solido.

4 INQUADRAMENTO IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Il regime idrologico della valle Rescudio è senza dubbio a carattere torrentizio, caratterizzato da portate che si mantengono pressoché esigue ma presenti tutto l'anno.

Il bacino del torrente si estende sino in prossimità della località "Monte di Lovere", e è caratterizzato da un'unica asta torrentizia che compie alcune curve lungo il suo percorso forse anche per motivazioni legate alla tettonica; in alveo al torrente, come detto, è presente una faglia presunta.

La relativa acclività delle sponde dell'alveo e le caratteristiche geologiche del settore di versante (presenza di coltri detritiche e substrato accidentato), comportano l'impostarsi, lungo alcuni tratti delle stesse, di scarpate di degradazione, con processi franosi innescati anche per erosione al piede. Tali fenomeni vanno ad incrementare il trasporto solido del torrente.

Le problematiche attribuibili al torrente durante gli eventi meteorologici intensi infatti, non sono di tipo prettamente idraulico, in quanto le portate in gioco non sono tali da creare problemi in termini di volumi d'acqua che si riversano. La criticità consiste nel trasporto di materiale solido che, in occasione di piogge intense, viene trasportato dall'acqua e riversato a valle, ovvero in corrispondenza del piazzale del cimitero. Circa le caratteristiche idrogeologiche delle formazioni presenti nell'area, si definisce il Calcare di Angolo come caratterizzato da una permeabilità media – buona (da $10^{-2} > k > 10^{-4}$ cm/sec), così come i depositi di copertura.

5 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO

A fronte degli eventi successi, si rende necessario un sistema di interventi volti a rispondere in modo adeguato agli eventi meteorologici intensi futuri.

Di seguito vengono spiegati gli interventi in progetto, la cui individuazione in pianta si trova nell'elaborato grafico "C.3 – Planimetria, sezioni di progetto e particolari costruttivi".

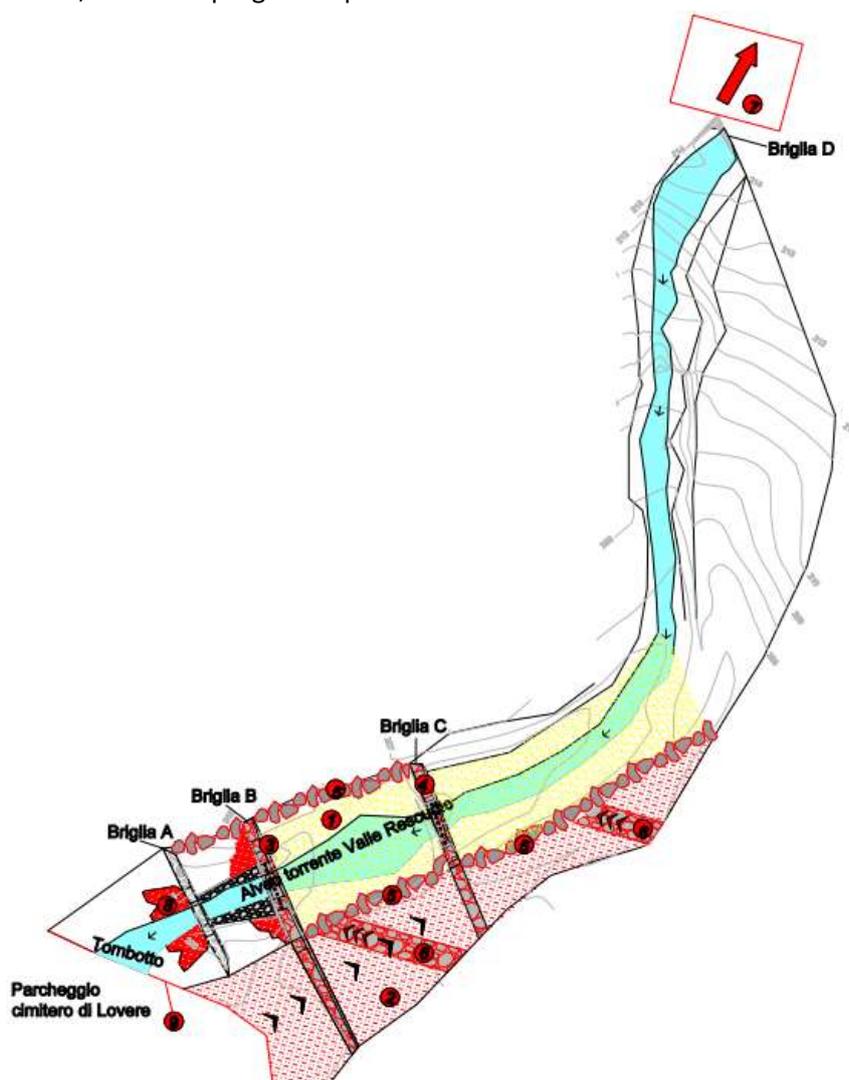


Figura 4: Planimetria con individuazione degli interventi in progetto.

Dopo la pulizia preventiva e preliminare dell'area, volta all'eliminazione del materiale infestante e alla preparazione delle aree per gli interventi di sistemazione dell'alveo, si intende riprofilare il tracciato del torrente attraverso lo svaso dell'alveo dal materiale sedimentato durante gli eventi alluvionali e rimodellare l'alveo, al fine di creare un profilo sufficientemente ampio per fare in modo gli eventi eccezionali che potranno verificarsi in futuro possano trovare spazio sufficiente per dissipare l'energia del materiale trasportato, salvaguardando così l'area in corrispondenza del piazzale del cimitero.

Inoltre è necessario provvedere al rimodellamento delle sponde, creando delle scogliere laterali in su entrambe le sponde, tali da mantenere il flusso all'interno dell'alveo ed impedire l'erosione.

Si tratta di scogliere in massi, di altezza pari a 1,50 m, il cui basamento e prima porzione fuori terra sono realizzati con intasamento in calcestruzzo, mentre la parte sommitale è realizzata a secco e caratterizzata dall'inserimento di talee di salice. Successivamente sarà necessario intervenire sulla briglia esistente B, costituita da una struttura in massi cementati e pettini costituiti da profili HEA120, realizzando un'ulteriore gaveta di altezza pari a 50 cm, nell'ottica di adeguare il profilo idraulico del manufatto. Inoltre verrà realizzato un diaframma di completamento in massi ciclopici cementati, ben connesso alla briglia esistente, tale da garantire l'adeguato ammassamento dell'opera in sinistra e destra idrografica.

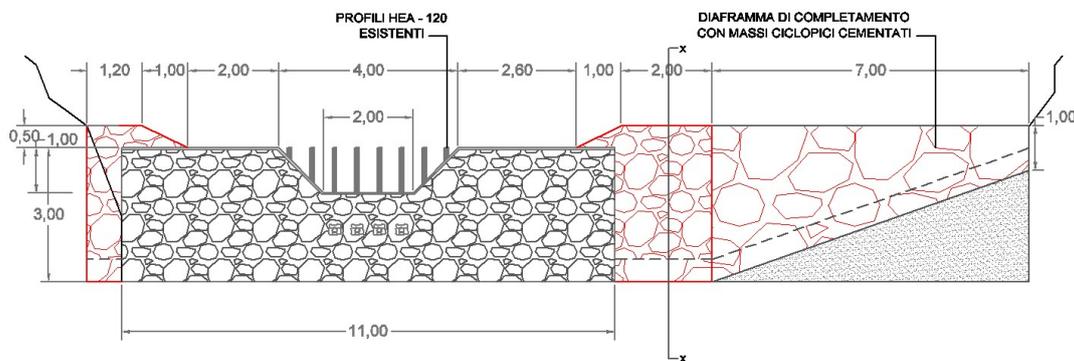


Figura 5: Briglia B.

Per quanto riguarda la briglia C, questa verrà invece demolita, e ricostruita della stessa tipologia della briglia B presente a valle. Si mantiene la stessa tipologia costruttiva in massi cementati, gaveta delle stesse dimensioni ma si ritiene di inserire dei pettini più robusti rispetto a quelli della briglia a valle, scegliendo dei profili HEA160, ben ammassati nella fondazione della briglia, posti ad interasse pari a 70 cm. In questo modo la briglia in questione potrà essere in grado di intercettare e bloccare i massi e gli elementi più grossolani trasportati dal flusso del torrente, fungendo quindi da filtro selettivo prima dell'arrivo alla briglia successiva, che potrà quindi bloccare il materiale di dimensioni minori.

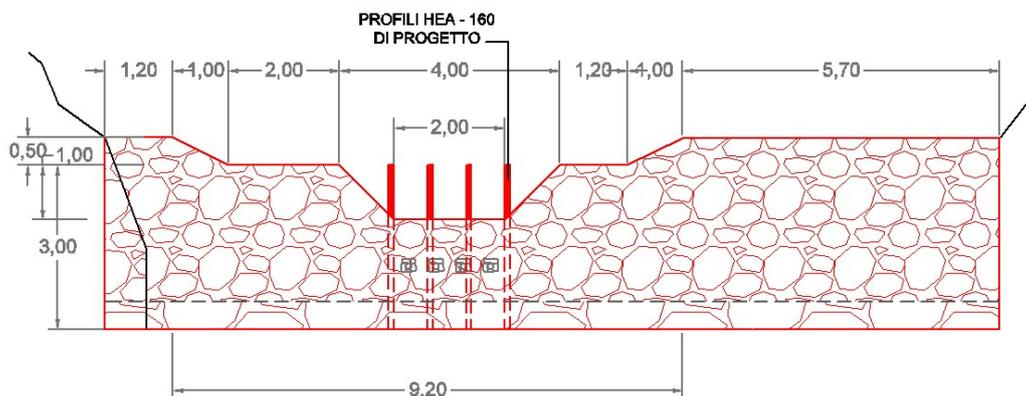


Figura 6: Briglia C.

Il progetto inoltre prevede la realizzazione di selciatoni in massi cementati a valle della briglia A e della briglia B, in modo da evitare la sottoescavazione delle opere da parte dell'azione continua dell'acqua.

Altro intervento funzionale a mantenere la portata all'interno dell'alveo consiste nella realizzazione di cunette di forma trapezia, realizzate con fondo in selciatone in massi cementati, posizionate nell'area in sinistra idrografica. Tali opere permettono di intercettare l'acqua che, in occasioni di eventi eccezionali, potrebbe fuoriuscire dal sedime dell'alveo ed andare ad interessare l'area laterale in prossimità del versante, andando quindi a ricondurla all'interno dell'alveo.

Circa la briglia D in Cls esistente, presente al confine dell'area di intervento, questa necessita di sistemazioni poiché il muro della briglia risulta caratterizzato da profondi ammaloramenti ed erosioni localizzate; inoltre si prevede il taglio della vegetazione infestante, comprensivo anche delle piante d'alto fusto, lo sgombero del materiale di deposito, in modo tale da effettuare una pulizia generale dell'area.

6 ASPETTI RELATIVI ALLA SISMICITÀ

Il Comune di Lovere prima del 2003 non era considerato Comune sismico e non rientrava in alcuna classificazione. L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 introdusse le nuove classificazioni sismiche per tutto il territorio nazionale lasciando alle Regioni la facoltà di poter modificare i parametri del proprio territorio. Tutto il territorio Nazionale è stato suddiviso in 4 zone sismiche, con grado di rischio decrescente dalla 1 alla 4; la suddivisione in classi deriva dalla valutazione della pericolosità sismica su tutto il territorio nazionale, valutata come accelerazione orizzontale massima al suolo, dovuta al sisma, con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni. Con l'entrata in vigore di cui sopra tutto il territorio nazionale venne classificato sismico, con differenti livelli, ed anche il Comune di Lovere entrò in questa classificazione in zona sismica 3, quella con rischio medio - basso.

Recentemente, anche a seguito del forte evento sismico che ha colpito i territori delle province di Mantova e Modena, la Regione Lombardia ha approvato, D.g.r. 11 luglio 2014 – n.X/2129, una nuova classificazione sismica del territorio Regionale e, gran parte dei comuni lombardi hanno variato la loro zona sismica. La classificazione è entrata definitivamente in vigore nell'aprile 2016 ed il Comune di Lovere ha mantenuto la sua classificazione sismica, rimanendo in classe 3 di sismicità.

Prendendo in considerazione la zonazione sismo - genetica del territorio italiano ZS9, prodotta nel 2004 dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) utilizzata per la valutazione della pericolosità sismica, si riscontra che l'area in esame è esterna a qualsiasi zona sismogenetica.

È stata inoltre eseguita un'interrogazione al 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 ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014. La ricerca effettuata per il Comune di Lovere evidenzia la presenza di possibili effetti 20 terremoti, con un'intensità epicentrale lo compresa tra 4 e 8, e una magnitudo momento Mw compresa tra 4,11 e 5,63.

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1802	05	12	09	30		Valle dell'Oglio	94	8	5.60
5	1882	02	27	06	30		Valle Seriana	37	6-7	4.81
NF	1885	02	26	20	48		Pianura Padana	78	6	5.01
4	1892	08	09	07	58		Valle d'Alpone	160	6-7	4.91
2-3	1894	02	09	12	48	0	Valle d'Illasi	116	6	4.74
5	1901	10	30	14	49	5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
NF	1905	04	29	01	46	4	Haute-Savoie, Valtorcine	267	7-8	5.10
4	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
5	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
4	1917	12	09	21	40		Alta Engadina	39	6	4.60
3	1919	11	23	01	50		Bresciano	9	4	4.79
5-6	1934	03	23	01	46	5	Lago d'Iseo	16	5	4.31
4-5	1979	11	17	20	53		Lago d'Iseo	17	5-6	4.37
4	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
4	1989	09	13	21	54	0	Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85
2	1993	12	09	18	16	5	Lago d'Iseo	175	5	4.11
3-4	1995	10	29	13	00	2	Lago d'Iseo	408	5-6	4.35
2-3	2001	07	17	15	06	1	Val Venosta	657	5-6	4.78
4-5	2002	11	13	10	48	0	Franciacorta	768	5	4.21
3	2008	12	23	15	24	2	Parmense	291	6-7	5.36

Figura 7: Risultati dell'interrogazione al database macrosismico italiano DBMI15.

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).

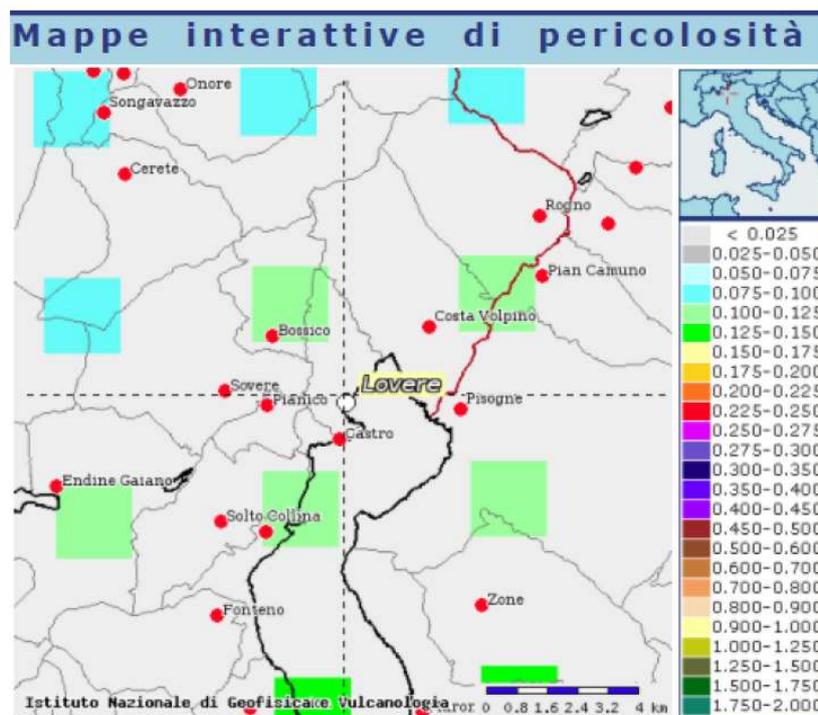


Figura 8: Stralcio Mappa interattiva di pericolosità sismica dell'INGV centrata sul Comune di Lovere.

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 0,1g e 0,125g.

Tale valore massimo (Agmax) in riferimento all'Allegato A della D.G.R. di Regione Lombardia n.X – 2129/2014 è il seguente:

ISTAT	Provincia	Comune	Zona Sismica	AgMax
03016128	BG	LOVERE	3	0,111621

Secondo la mappa interattiva di pericolosità sismica dell'INGV, nel territorio del Comune di Lovere sono attesi eventi sismici di Magnitudo (M) media pari a 4,86 per una distanza dal nodo (Coordinate del punto lat: 45.8382, lon: 10.1221) pari a 18,7 Km.

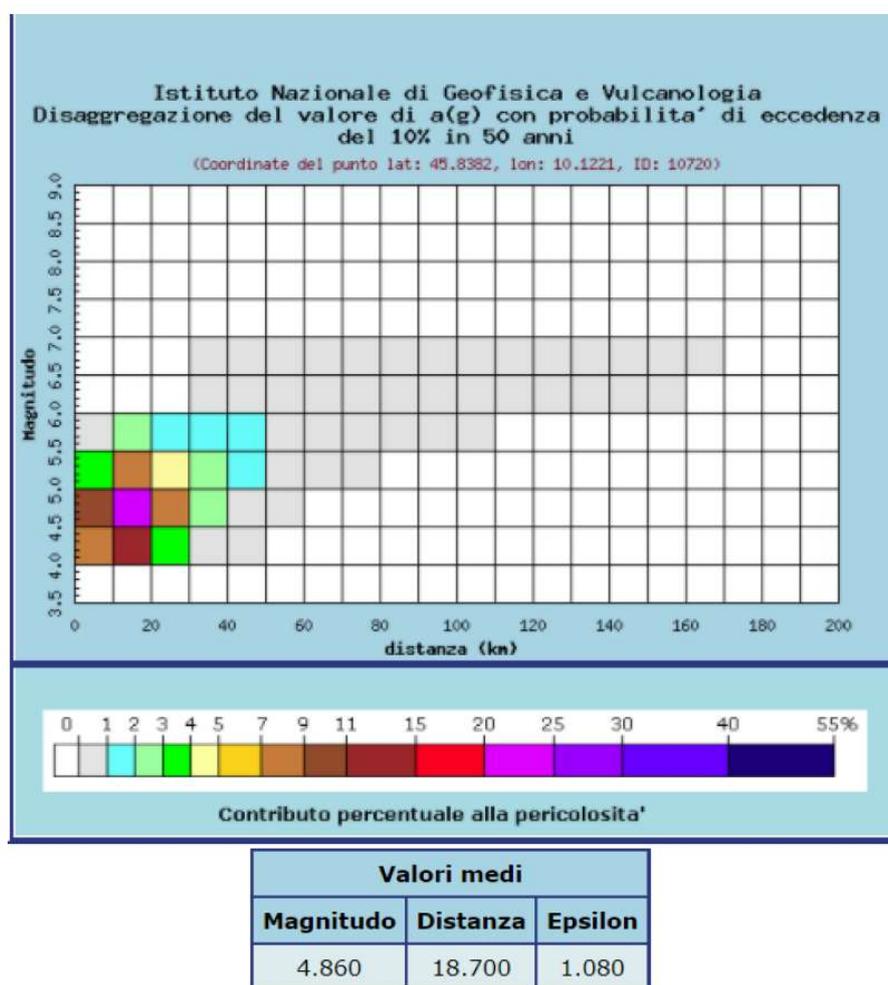


Figura 9: Disaggregazione della pericolosità sismica.

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 Vs, 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.

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

Figura 10: 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 11: Tabelle delle condizioni topografiche (NTC/2018).

Nell'ambito dei PGT Comunali di Lovere e Costa Volpino è stata redatta la Carta della PSL (Pericolosità Sismica Locale) di 1° livello, in cui vengono definite, sulla base della normativa regionale (Allegato 5 – Criteri ed

indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio) le aree di potenziale amplificazione sismica.

L'area oggetto d'intervento risulta esterna a qualsiasi scenario di amplificazione sismica.

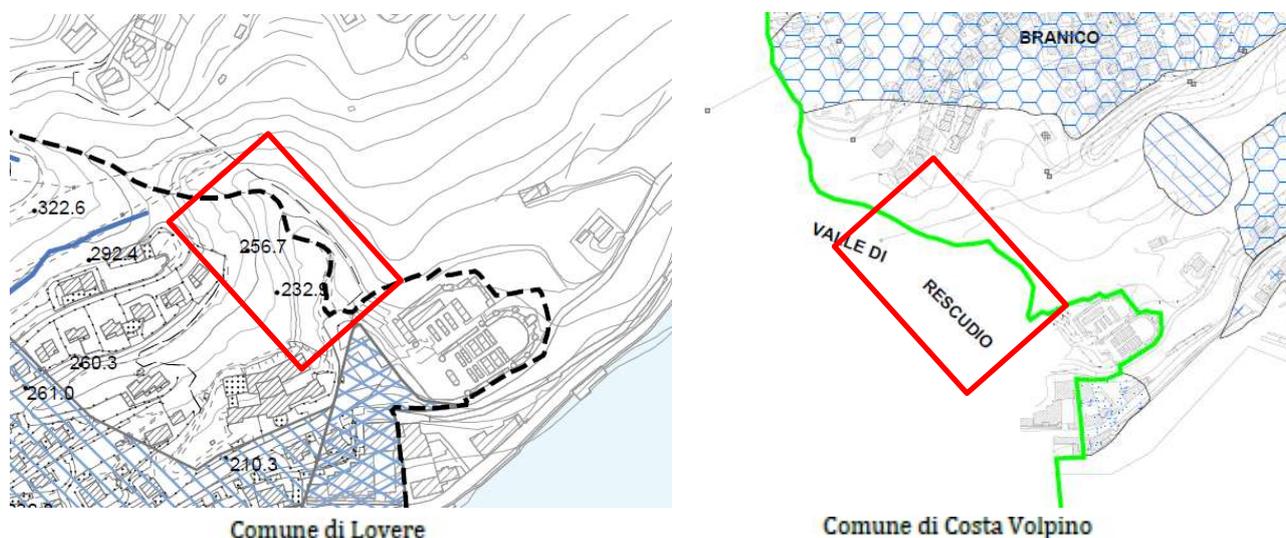


Figura 12: Stralci delle carte della PSL dei Comuni di Lovere e Costa Volpino.

Il fatto che le aree non siano caratterizzate da scenari di amplificazione sismica (presenza del bedrock affiorante o comunque a una profondità non superiore ai 3 m da p.c.) porta a classificare il sottosuolo dal punto di vista sismico come sottosuolo di categoria A: “ Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da un valore di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche scadenti con spessore massimo pari a 3m”.

Circa le caratteristiche della superficie topografica, si assegna una categoria T2.

7 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 P_{VR} nel periodo di riferimento V_R , 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.

I valori di V_N 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

Alle opere in progetto si è attribuita una Vita Nominale ≥ 50 anni e una classe d'uso II, a cui corrisponde un coefficiente C_u pari a 1.

Il periodo di riferimento V_R risulta quindi pari a 50 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.

Stati limite

 Classe Edificio	II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...			
 Vita Nominale	50			
 Interpolazione	Media ponderata			
CU = 1				
Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.033	2.459	0.201
Danno (SLD)	50	0.042	2.484	0.218
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.108	2.463	0.279
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.138	2.485	0.289
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 (S_t).

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

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

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

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

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

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

Poiché il sottosuolo di fondazione è costituito dal substrato roccioso, la verifica alla liquefazione può essere omessa.

8 MODELLO GEOLOGICO

Le opere in progetto insistono lungo l'alveo e le relative sponde del torrente Rescudio e interessano principalmente il substrato roccioso afferente alla Formazione del Calcarea di Angolo, a meno della coltre superficiale dei depositi di colata e trasporto solido messi in posto dall'azione del torrente.

Al substrato roccioso del Calcarea di Angolo possono essere attribuiti dei valori indicativi da bibliografia pari a:

Angolo d'attrito (ϕ): 32°

Coesione (c): 150 KPa

Peso di volume (γ): 2,3 g/cm³

Si sottolinea che si tratta di valori indicativi appartenenti al materiale roccia e che, durante le operazioni di scavo bisognerà validare il modello geologico qui descritto con la stratigrafia che verrà rinvenuta.

9 FATTIBILITÀ E VINCOLI PRESENTI SULL'AREA

Dal punto di vista della fattibilità geologica, l'area di intervento ricade classe 4 - Fattibilità con gravi limitazioni – e, nello specifico nella sottoclasse c) afferente ad aree vulnerabili dal punto di vista idraulico.

Le sponde del reticolo sono anch'esse in classe di fattibilità 4 e la sottoclasse è relativa all'instabilità dei versanti (sottoclasse "a" nella carta di fattibilità del Comune di Lovere, sottoclasse "er" nella carta di fattibilità del Comune di Costa Volpino).

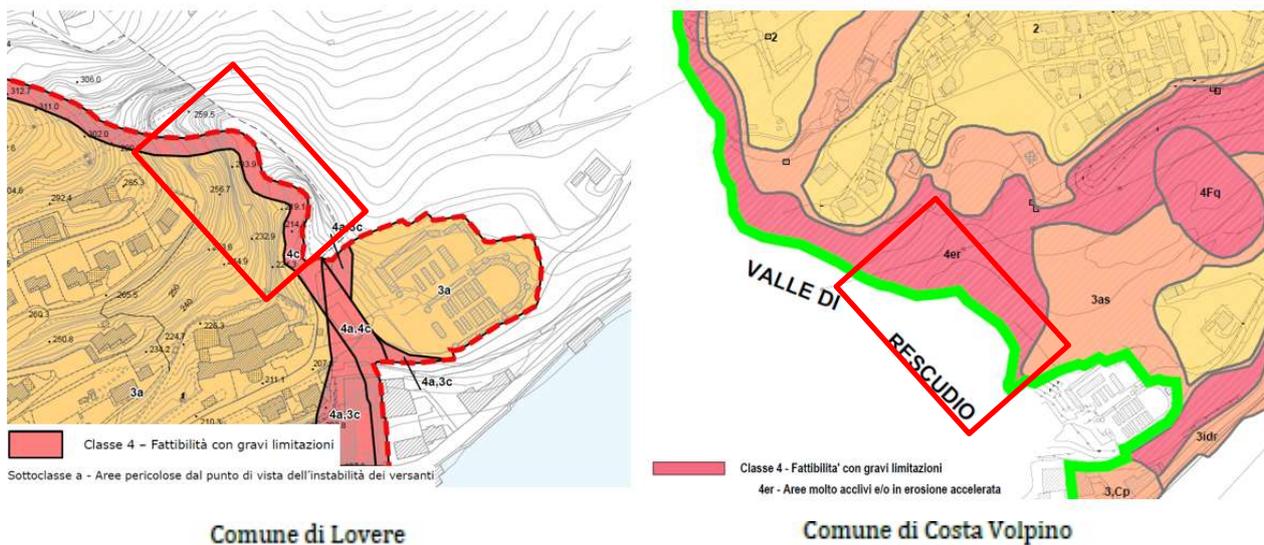


Figura 13: Stralcio delle carte di fattibilità geologica dei Comuni di Lovere e Costa Volpino.

Per quanto riguarda il regime vincolistico, le aree ricadono ovviamente all'interno della fascia di rispetto del reticolo idrico minore.

Inoltre a tergo del limite inferiore dell'area di intervento, è mappato il dissesto PAI dell'area di conoide Cp e lo scenario poco frequente P2/M del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA).

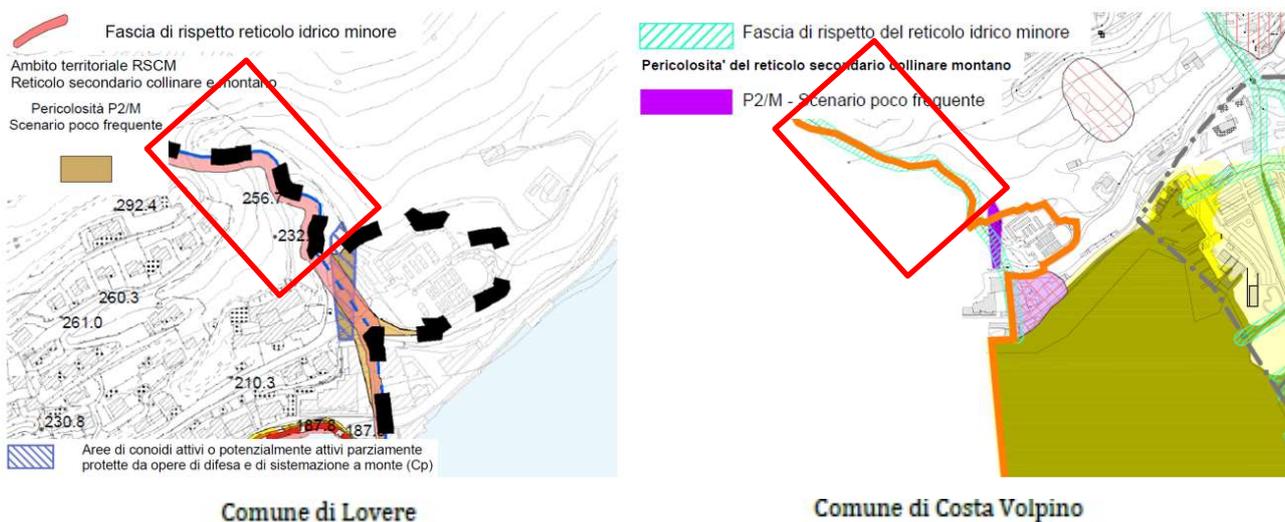


Figura 14: Stralcio delle carte dei vincoli dei Comuni di Lovere e Costa Volpino.

10 CONCLUSIONI ED INDICAZIONI PROGETTUALI

In virtù dell'inquadramento geologico, geomorfologico e di dissesto delle aree, si ritiene l'intervento fattibile dal punto di vista geologico, nonché migliorativo delle condizioni di pericolosità cui le aree sono sottoposte quando avvengono eventi meteorologici intensi.

Infatti le opere di progetto vanno a creare dei bacini di accumulo di dimensioni congrue al quantitativo di materiale solitamente mobilizzabile durante le piene, permettono all'acqua di permanere in alveo e non riversarsi in sponda sinistra idrografica causando i danni successi con l'ultimo evento del settembre 2022.

Si prescrive che, durante le attività di scavo dovranno essere approntati tutti gli accorgimenti tecnici volti a garantire l'incolumità delle maestranze prevedendo la copertura del fronte di scavo con teli impermeabili, e armando eventualmente lo scavo con sbatacchi in legno.

Relativamente alle caratteristiche tecniche dei terreni, si sottolinea l'importanza della presa visione degli spaccati che verranno realizzati in corso d'opera; poiché non sono state eseguite prove tecniche in sito si raccomanda di verificare lo spessore e la tipologia dei terreni durante le fasi operative.

Rogno (Bg), lì Dicembre 2022

Dott. ssa Geol. Elena Nostrani



Dott.ssa Geol. Miriam Toaldo

