



COMUNE DI
COSTA VOLPINO (BG)

Progettazione:



Committente: Kayman Immobiliare S.r.l.
via Risorgimento n.14 - Bergamo

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA



PIANO DI LOTTIZZAZIONE ATR - B QUALINO
IN COMUNE DI COSTA VOLPINO (BG)

Redazione:

Dott.ssa Geol. Elena Nostrani

via 25 aprile, n. 77

25040 - Artogne (BS)

tel.: +39 - 347.8763909

mail: elenanostrani@tiscali.it

pec: elena.nostrani@pec.epap.it



Elena Nostrani
Geologo

SOMMARIO

1	PREMESSA E QUADRO NORMATIVO	3
2	LOCALIZZAZIONE DELLA ZONA DI INTERVENTO E BREVE DESCRIZIONE DELLE OPERE DI PROGETTO	4
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO.....	6
4	MODELLO GEOLOGICO DEL SITO E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA	7
5	PROVA DI PERMEABILITA' IN POZZETTO	10
6	ASPETTI RELATIVI ALLA SISMICITÀ	12
6.1	BREVE CENNO AL QUADRO NORMATIVO	12
6.2	SORGENTI SISMOGENETICHE E SISMICITÀSTORICA.....	13
6.3	PERICOLOSITÀ SISMICA.....	14
6.4	STIMA DELL'EFFETTO SISMICO PER L'OPERA IN PROGETTO	18
7	VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE	19
8	FATTIBILITÀ GEOLOGICA E VINCOLI PRESENTI SULL'AREA.....	19
9	INDICAZIONI PER LE FONDAZIONI.....	21

1 PREMESSA E QUADRO NORMATIVO

La presente relazione geologica (R1 – R3) e geotecnica (R2) è stata commissionata dallo Studio BIA S.r.l. per conto di Kayman Immobiliare in riferimento alla realizzazione del nuovo “Piano di lottizzazione ATR – B Qualino” in Comune di Costa Volpino (BG).

Lo studio ha lo scopo di definire i caratteri geologici, geomorfologici ed idrogeologici dell’area interessata dall’intervento, 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”;
- Componente Geologica del P.G.T. del Comune di Costa Volpino (BG);
- Eurocodice 8 (1998) – Indicazioni progettuali per la resistenza fisica alle strutture. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)
- Eurocodice 7.1 (1997) – Progettazione geotecnica – Parte I: regole Generali – UNI
- Eurocodice 7.2 (2002) – Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002) - UNI
- Eurocodice 7.3 (2002) – Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002) – UNI.

Le N.T.C. 2018 (§ 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, compatibilmente con la fase progettuale analizzata.

L’importanza del modello geologico è quello di costituire elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche.

Di seguito, dopo avere localizzato l’area in oggetto, sarà definito un modello geologico mediante l’inquadramento geomorfologico, geologico-strutturale ed idrogeologico con una sintesi della pericolosità geologica del territorio, quindi sarà elaborato il modello geotecnico sulla base delle indagini eseguite il giorno 27/11/2023 sull’area di studio.

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

Sono stati inoltre forniti i parametri geotecnici caratteristici degli orizzonti discriminati così come prevede la normativa di settore (NTC/2018).

2 LOCALIZZAZIONE DELLA ZONA DI INTERVENTO E BREVE DESCRIZIONE DELLE OPERE DI PROGETTO

L'area di intervento è situata in via Fiume nella frazione di Qualino, in Comune di Costa Volpino (BG). L'area è individuabile nella Carta Tecnica Regionale (CTR) al foglio D4 alla scala 1: 50.000 e alla sezione D4a4 alla scala 1: 10.000.

Figura 1. Inquadramento su ortofoto dell'area di intervento.



Figura 2. Inquadramento su CTR dell'area di intervento.



Il progetto prevede la realizzazione di una nuova struttura residenziale composta da due piani fuori terra, con una superficie utile abitabile complessiva di 880 mq ed una superficie utile di locali accessori di circa 275 mq.

Di seguito viene riportato uno stralcio della planimetria di progetto.

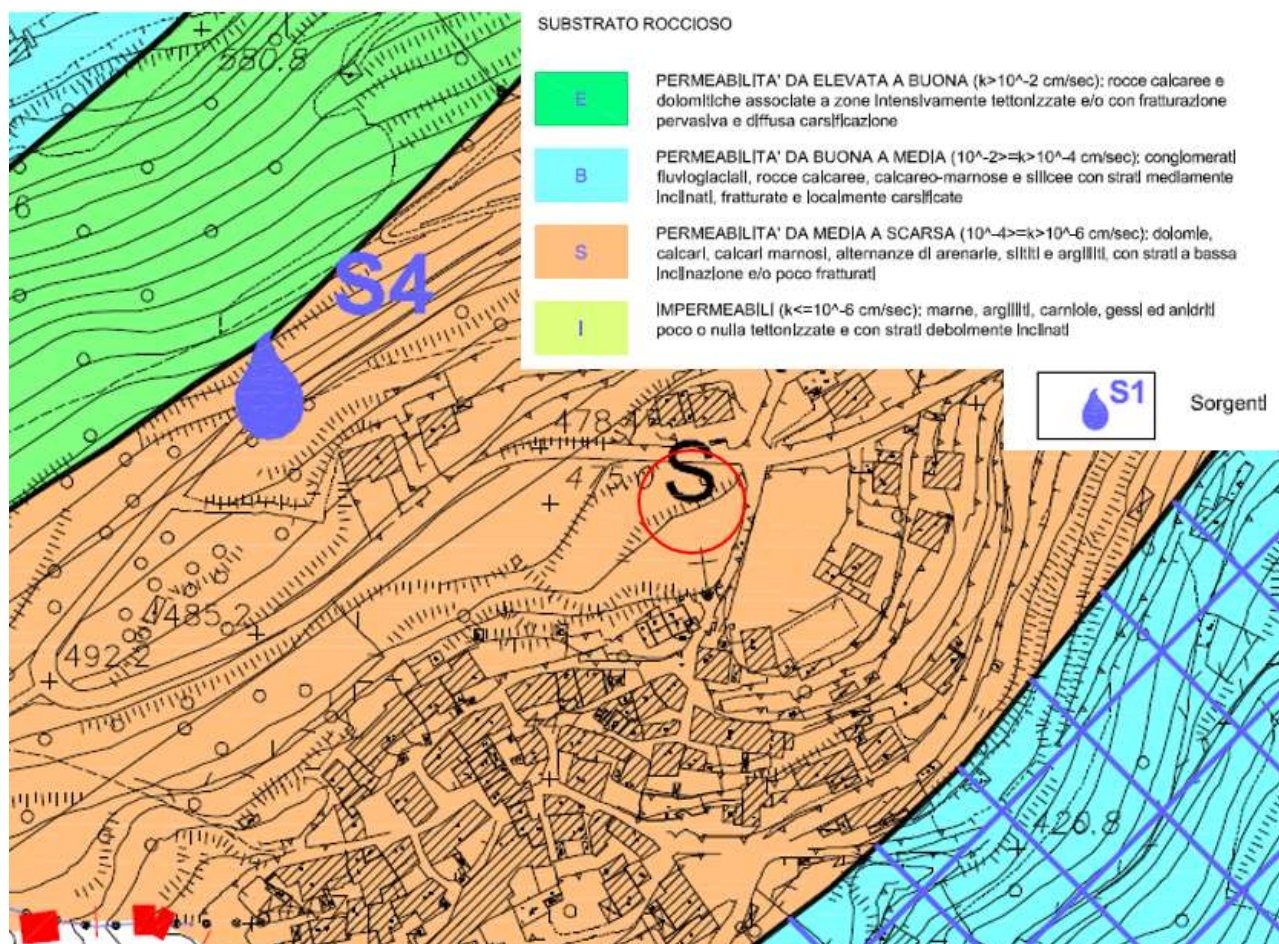
Figura 3. Stralcio della planimetria di progetto.



indagine, si presenta a morfologia pressoché dolce; i pendii sono caratterizzati da media acclività, buona esposizione e configurazione prevalentemente prativa.

Per quanto riguarda il quadro idrologico non si rilevano incisioni vallive nelle immediate vicinanze dell'area di intervento; il reticolo più vicino è costituito dal T. Rescudio, che scorre al confine tra il comune di Lovere e il comune di Costa Volpino, e che dista circa 250 m in linea d'aria; dal punto di vista idrogeologico il PGT Comunale, identifica la permeabilità della Formazione di Wengen come medio - scarsa (da 10^{-4} cm/s a 10^{-6} cm/s).

Figura 5. Stralcio della carta idrogeologica da PGT Comunale.



4 MODELLO GEOLOGICO DEL SITO E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA

I terreni impegnati dagli scavi per le opere fondazionali previste dal progetto, sono stati indagati mediante l'apertura di n°3 trincee esplorative con escavatore.

Le informazioni in possesso sono vevoli per l'intero comparto poiché la buona distribuzione dei dati e l'omogeneità delle caratteristiche rilevate, risulta soddisfacente per fornire gli elementi essenziali alle valutazioni geologico - tecniche del caso.

Di seguito si riporta la planimetria con l'ubicazione delle trincee realizzate e la documentazione fotografica delle stesse con le stratigrafie rilevate.

Figura 6. Planimetria di progetto con ubicazione delle trincee esplorative.

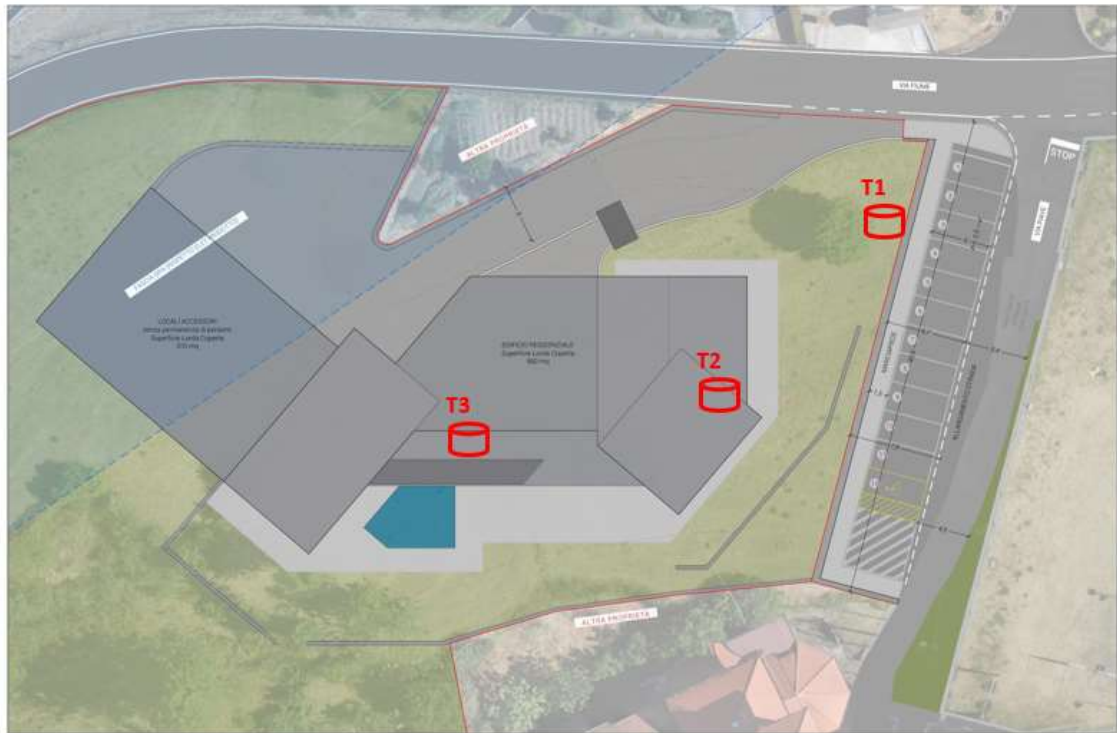


Figura 7. Documentazione fotografica delle trincee aperte.

T1



Da 0 m a 2 m: Depositi eluvio colluviali / detritici
Da 2 m: Roccia

T2



Da 0 m a 1,3 m: Depositi eluvio colluviali /
detritici
Da 1,3 m: Roccia

T3



Da 0 m a 0,40 m: Depositi eluvio colluviali / detritici

Da 0,40 m a 0,8 m: Blocchi rocciosi / Roccia

Le indagini hanno rilevato la presenza della roccia a profondità comprese tra gli 0,40 m e i 2 m da p.c., appartenente ai calcari della Formazione di Wengen, ricoperta direttamente dai depositi eluvio - colluviali frammisti a depositi detritici costituiti da limo sabbioso con ghiaia e ciottoli.

Dal punto di vista geotecnico, sulla base delle ispezioni eseguite e sulla scorta di prove eseguite su materiali della stessa natura e di rilievi geomeccanici riguardanti la roccia, i terreni impegnati dalle opere in progetto possono essere come di seguito qualificati (secondo il D.M. 17/01/2018, sono stati valutati i valori caratteristici dei parametri):

	DEPOSITI ELUVIO - COLLUVIALI FRAMMISTI A DEPOSITI DETRITICI (0.00 - 0.40/2 m)	ROCCIA - CALCARE DI WENGEN (0.40/2 - 30 m)
MATERIALE	Limo sabbioso con ghiaia e ciottoli	Calcari
PESO DI VOLUME	17 kN/mc	25 kN/mc
COESIONE	0 kPa	250 kPa
ANGOLO D'ATTRITO	28°	35°
MODULO ELASTICO	5 MPa	20GPa

La falda è assente.

5 PROVA DI PERMEABILITA' IN POZZETTO

Per ottenere la permeabilità dei depositi superficiali, necessaria per dimensionare correttamente il sistema disperdente, si è proceduto con una prova in pozzetto superficiale a carico variabile, andando ad immettere all'interno di questo dell'acqua e calcolando l'abbassamento in un lasso di tempo prestabilito.

La prova di permeabilità in pozzetto superficiale è stata eseguita secondo le prescrizioni AGI-Roma 1977 (Raccomandazioni e prescrizioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche), all'interno di una trincea appositamente scavata nelle immediate vicinanze della trincea stratigrafica T1, poiché in quell'intorno i Progettisti hanno preventivato di installare i pozzi perdenti; inoltre, è proprio la porzione nel quale i depositi hanno uno spessore maggiore, e quindi risulta maggiore la probabilità che l'acqua si infiltri rispetto alle posizioni degli altri pozzetti nel quale è stata rinvenuta la roccia molto più superficialmente.

Dopo aver scavato il pozzetto ed averlo riempito di acqua per circa 65 cm, è stata interrotta l'immissione della stessa si è misurato l'abbassamento.

In un pozzetto quadrato, in questo caso di lato $b = 1$ m, la prova a carico variabile viene interpretata utilizzando la seguente formula, tratta dall'Associazione Geotecnica Italiana (1977): Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche. AGI, pp 1-93":

Figura 8. Documentazione fotografica della prova di permeabilità eseguita.



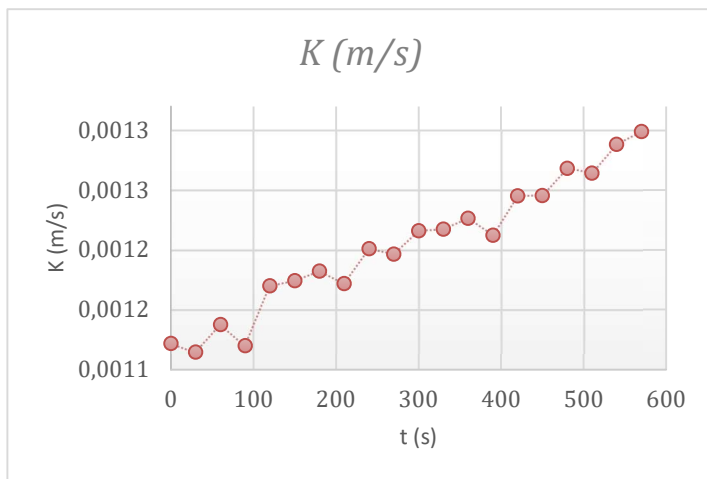
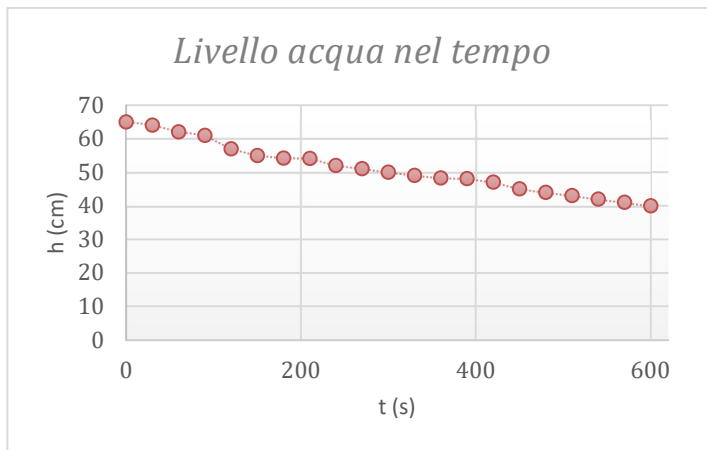
$$k = \frac{h_1 - h_2}{t_2 - t_1} \cdot \frac{1 + \left(\frac{2 \cdot h_m}{b}\right)}{\left(\frac{27 \cdot h_m}{b}\right) + 3}$$

dove:

- h_1 : altezza del livello ad inizio prova, corrispondente al tempo t_1 ;
- h_2 : altezza del livello a fine prova;
- $t_2 - t_1$: durata della prova a carico variabile;
- h_m : altezza media del livello dell'acqua;
- b : lato del pozzetto a base quadrata.

Successivamente si riporta il report delle indagini eseguite e il risultato del coefficiente di permeabilità.

PROVA IN POZZETTO (b = 1 m)				
t (s)	h (cm)	Δ (cm)	K (cm/s)	K (m/s)
0	65	0		
30	64	1	0,1122	0,00112
60	62	3	0,1114	0,00111
90	61	4	0,1137	0,00114
120	57	8	0,1120	0,00112
150	55	10	0,1170	0,00117
180	54,2	10,8	0,1174	0,00117
210	54,1	10,9	0,1182	0,00118
240	52	13	0,1172	0,00117
270	51	14	0,1201	0,00120
300	50	15	0,1196	0,00120
330	49	16	0,1216	0,00122
360	48,3	16,7	0,1217	0,00122
390	48,1	16,9	0,1226	0,00123
420	47	18	0,1212	0,00121
450	45	20	0,1245	0,00125
480	44	21	0,1245	0,00125
510	43	22	0,1268	0,00127
540	42	23	0,1264	0,00126
570	41	24	0,1288	0,00129
600	40	25	0,1299	0,00130
K media (m/s) =			0,00120	



Il valore del coefficiente di permeabilità del terreno, calcolato come media dei valori di permeabilità dei singoli intervalli di 30 s a partire dal valore di altezza paro a 64 cm, risulta pari a $1,2 \times 10^{-3} \text{m/s}$.

Il valore di permeabilità così calcolato si può ritenere medio - alto e ad i terreni si attribuisce un grado di drenaggio buono.

Lo stesso non si può dire - almeno per quanto attiene alle informazioni in nostro possesso - del calcare di Wengen, che invece è solitamente caratterizzato da una permeabilità pressoché bassa.

Figura 9. Tabella di correlazione tra il valore di permeabilità e la capacità di drenaggio.

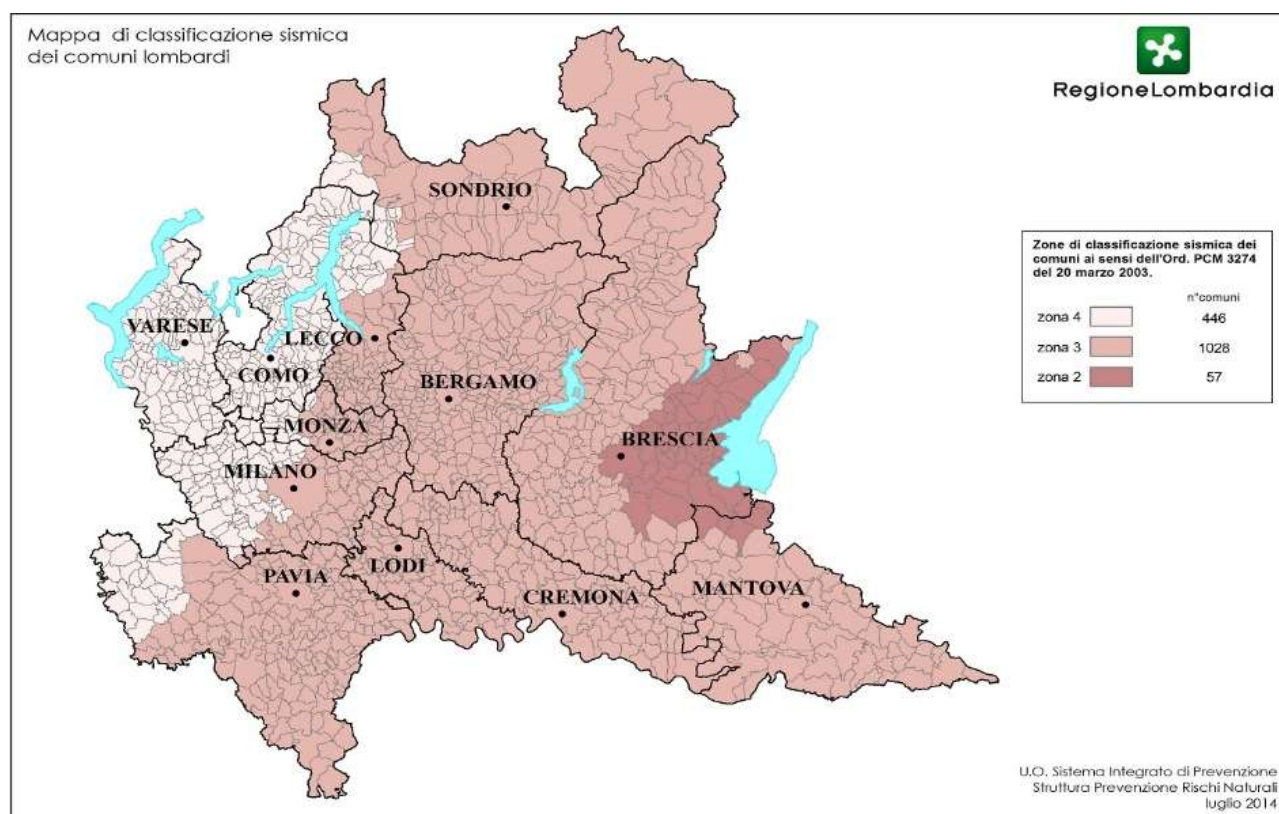
K (m/s)	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
K (cm/s)	10	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	
Drenaggio	Buono		Povero				Praticamente impermeabile					
	Ghiaia pulita	Sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita	Sabbia fine, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati				Terreni impermeabili, argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici					

6 ASPETTI RELATIVI ALLA SISMICITÀ

6.1 BREVE CENNO AL QUADRO NORMATIVO

Il Comune di Costa Volpino 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 Costa Volpino entrò in questa classificazione in zona sismica 3, quella con rischio medio - basso. Successivamente, 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 Costa Volpino ha mantenuto la sua classe di sismicità, che è rimasta la classe sismica 3.

Figura 10: Mappa della classificazione sismica della Lombardia attualmente in vigore.



6.2 SORGENTI SISMOGENETICHE E SISMICITÀ STORICA

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 sismo genetica.

Figura 11. Zonazione sismo genetica ZS9.



È stata eseguita un'interrogazione al Data - Base 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 Costa Volpino evidenzia la presenza di possibili effetti in 6 terremoti, con un'intensità epicentrale I_0 compresa tra 5 e 5, e una magnitudo momento M_w compresa tra 4,11 e 4,85.

Figura 12. Risultati dell'interrogazione al database macrosismico italiano DBMI15.

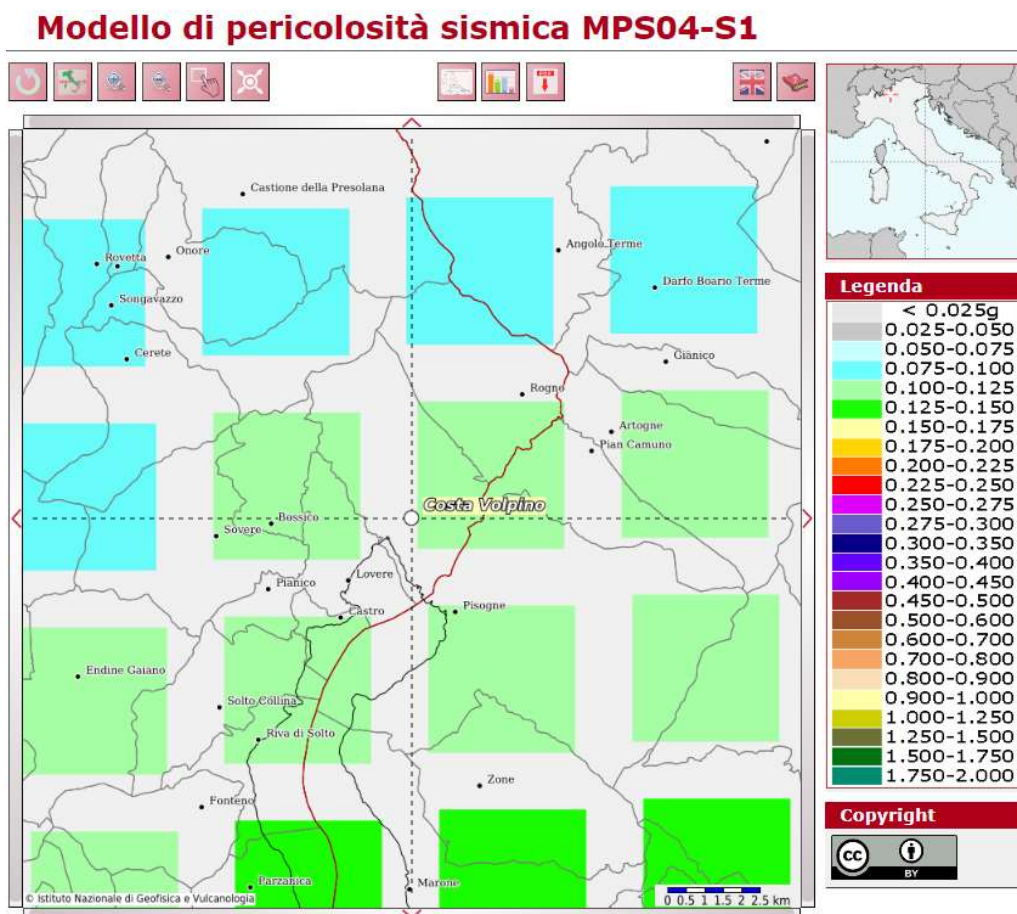
Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
3-4	🔗	1989	09	13	21	54	0 Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85
NF	🔗	1991	11	20	01	54	1 Grigion, Vaz	468	6	4.70
4-5	🔗	1993	12	09	18	16	5 Lago d'Iseo	175	5	4.11
4	🔗	2001	07	17	15	06	1 Val Venosta	657	5-6	4.78
5	🔗	2002	11	13	10	48	0 Franciacorta	768	5	4.21

6.3 PERICOLOSITÀ SISMICA

Con riferimento alle NTC2018 “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).

Di seguito si riportano degli stralci della suddetta mappa interattiva centrata sul Comune di Costa Volpino, con il relativo grafico di disaggregazione e il valore di accelerazione confrontato anche con quello comunale riproposto dall’ all’Allegato A della D.G.R. di Regione Lombardia n.X – 2129/2014.

Figura 13. Stralcio Mappa interattiva di pericolosità sismica dell’INGV centrata sul Comune di Costa Volpino.

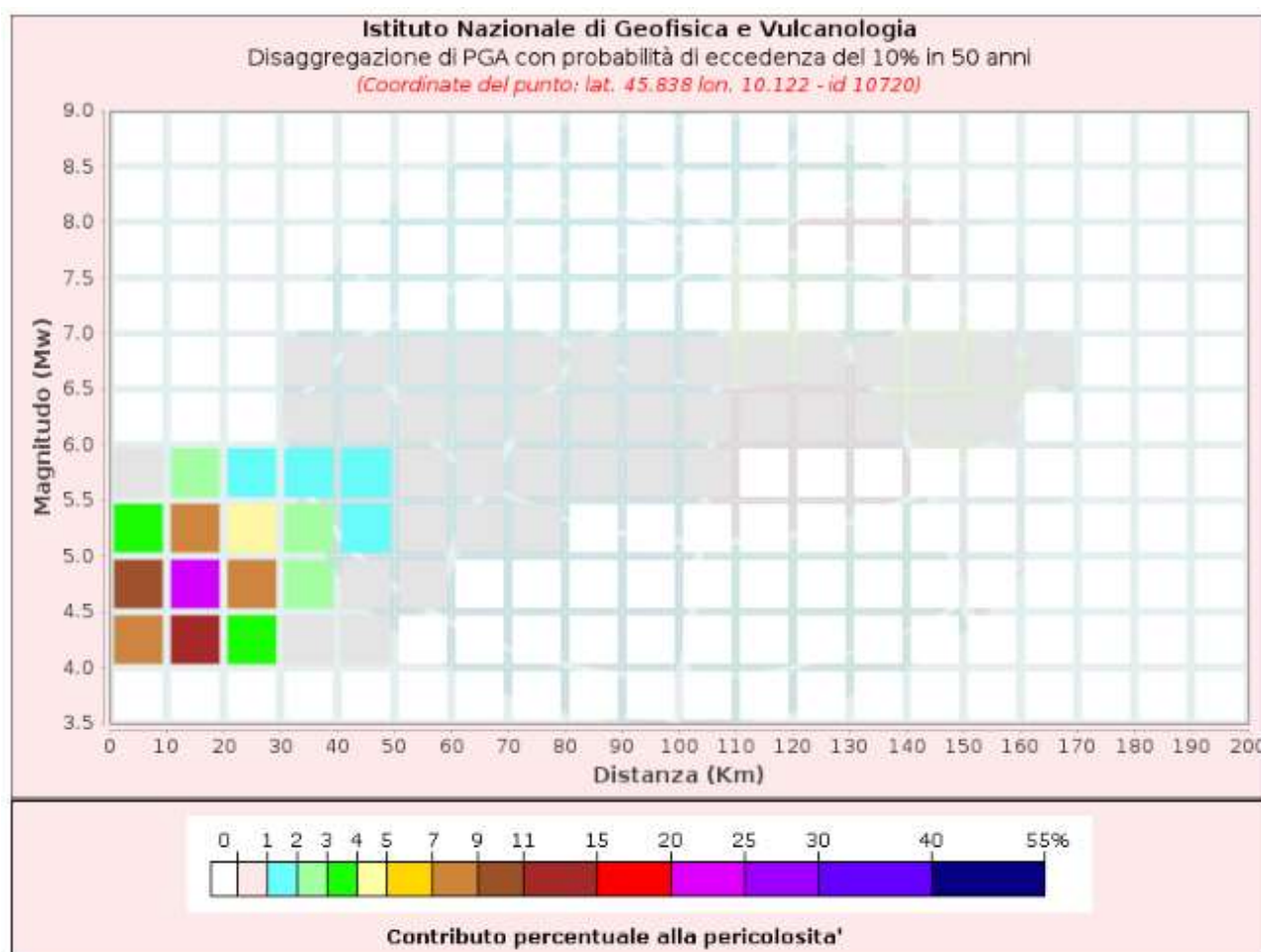


Come si nota, il valore massimo dell'accelerazione di picco su suolo rigido per il sito d'indagine a cui corrisponde una probabilità di superamento del 10% in 50 anni, è compreso tra 0,100 g e 0,125 g. Tale valore massimo (Agmax) in riferimento all'Allegato A della D.G.R. di Regione Lombardia n.X - 2129/2014 è il seguente:

ISTAT	Provincia	Comune	Zona Sismica	AgMax
03016086	BG	COSTA VOLPINO	3	0,111133

Secondo la mappa interattiva di pericolosità sismica dell'INGV, nel territorio del Comune di Costa Volpino sono attesi eventi sismici di Magnitudo (M) media pari a 4,86 per una distanza dal nodo (Coordinate del punto lat: 45.838, lon: 10.122) pari a 18,7 Km.

Figura 14. Disaggregazione della pericolosità sismica.



Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.86	18.7	1.08

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.

Figura 15. Tabelle della categoria di sottosuolo (NTC2018).

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 non superiore a 30 m.

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

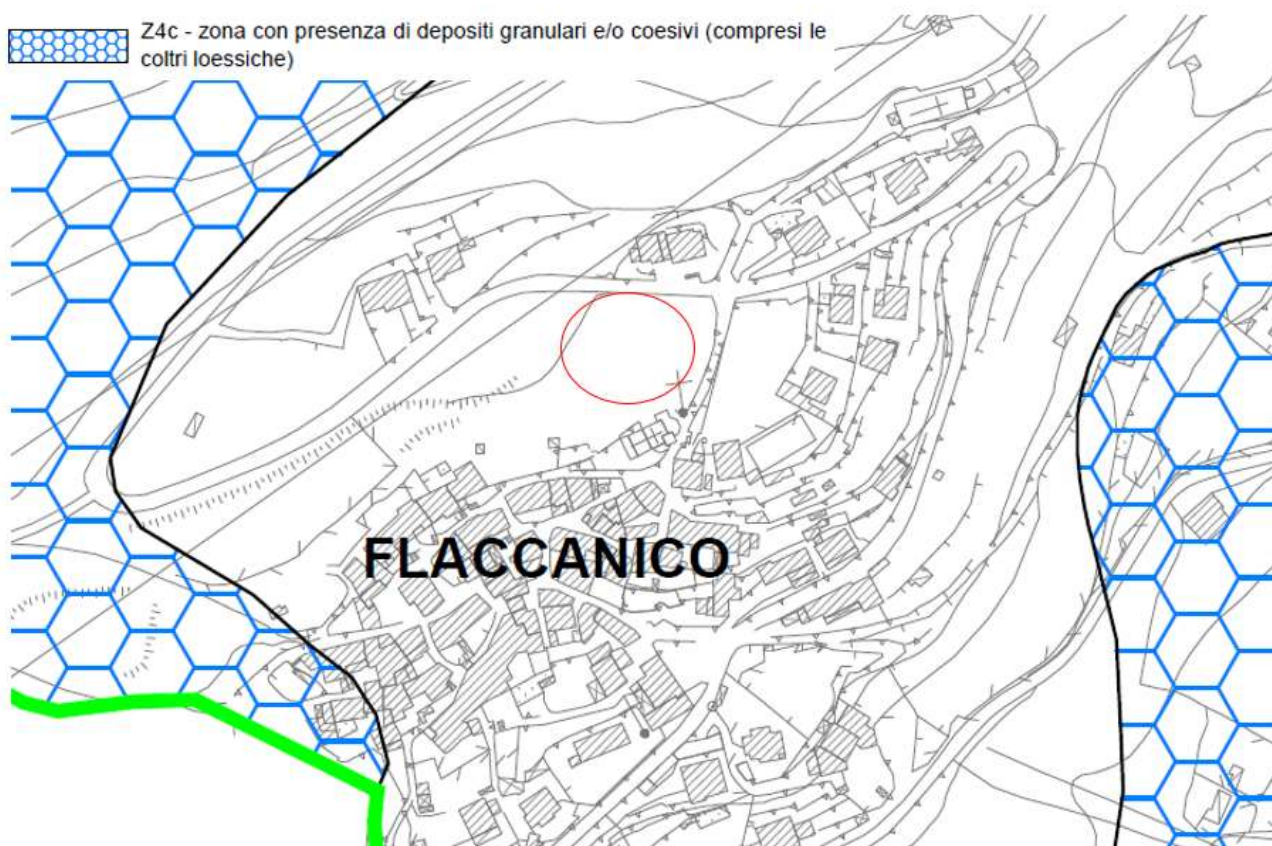
Figura 16. Tabelle delle condizioni topografiche (NTC2018).

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°.

Nell'ambito del PGT Comunale 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 di intervento risulta quasi totalmente esterna a scenari di amplificazione sismica.

Figura 17: Stralcio della Carta PSL da P.G.T. Comunale.



Secondo l'Allegato 5 della D.G.R. n.IX/2016 di Regione Lombardia, i livelli di approfondimento sismico e le fasi di applicazione sono strettamente legati alla zona sismica nella quale ricade il Comune d'indagine, allo scenario sismico interessato e alla fase di progettazione.

Figura 18. Tabella di sintesi degli "adempimenti sismici" – da All.5 D.G.R. n. IX/2016 di Regione Lombardia.

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1^ livello fase pianificatoria	2^ livello fase pianificatoria	3^ livello fase progettuale
Zona sismica 2-3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando F_a calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1e Z2.
Zona sismica 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando F_a calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti.

PSL = Pericolosità Sismica Locale

Per il Comune di Costa Volpino, inserito in classe sismica 3 ma non soggetto nella specifica area di intervento a scenari di amplificazione sismica, non è necessario nessun tipo di approfondimento sismico; questo perché in corrispondenza della zona di indagine, è presente il substrato roccioso a basse profondità e quindi il sito non è suscettibile di amplificazione sismica.

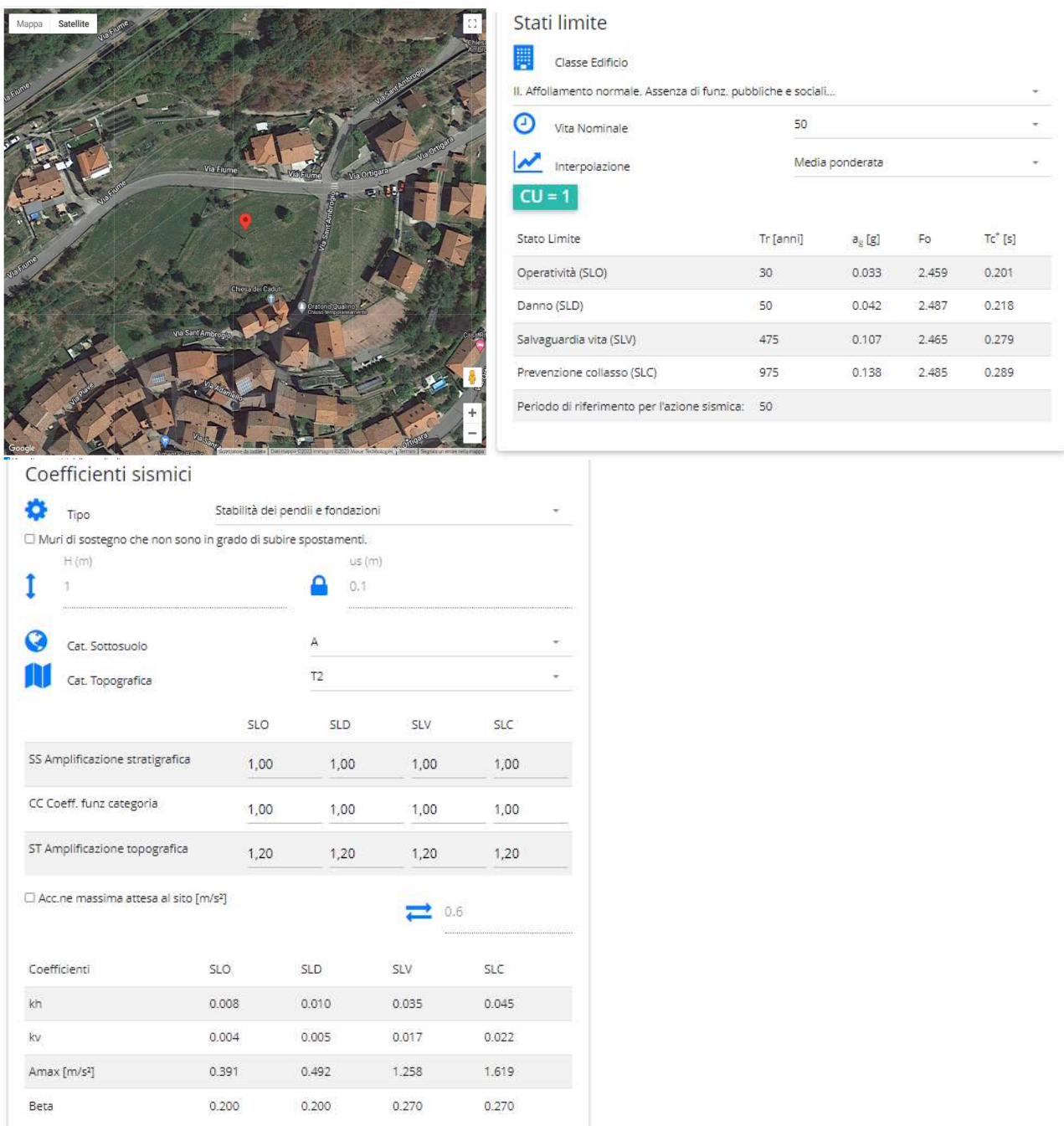
Per questo motivo viene assegnata la **categoria di sottosuolo A: “Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m”.**

Per quanto riguarda la categoria topografica, invece, si assegna la **categoria T2: “Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ ”.**

6.4 STIMA DELL'EFFETTO SISMICO PER L'OPERA IN PROGETTO

Di seguito si riportano i parametri sismici fondamentali per l'area di indagine.

Figura 19. Estratto dei parametri sismici Geostru Ps.



7 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

Le NTC2018 enunciano che:

“La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

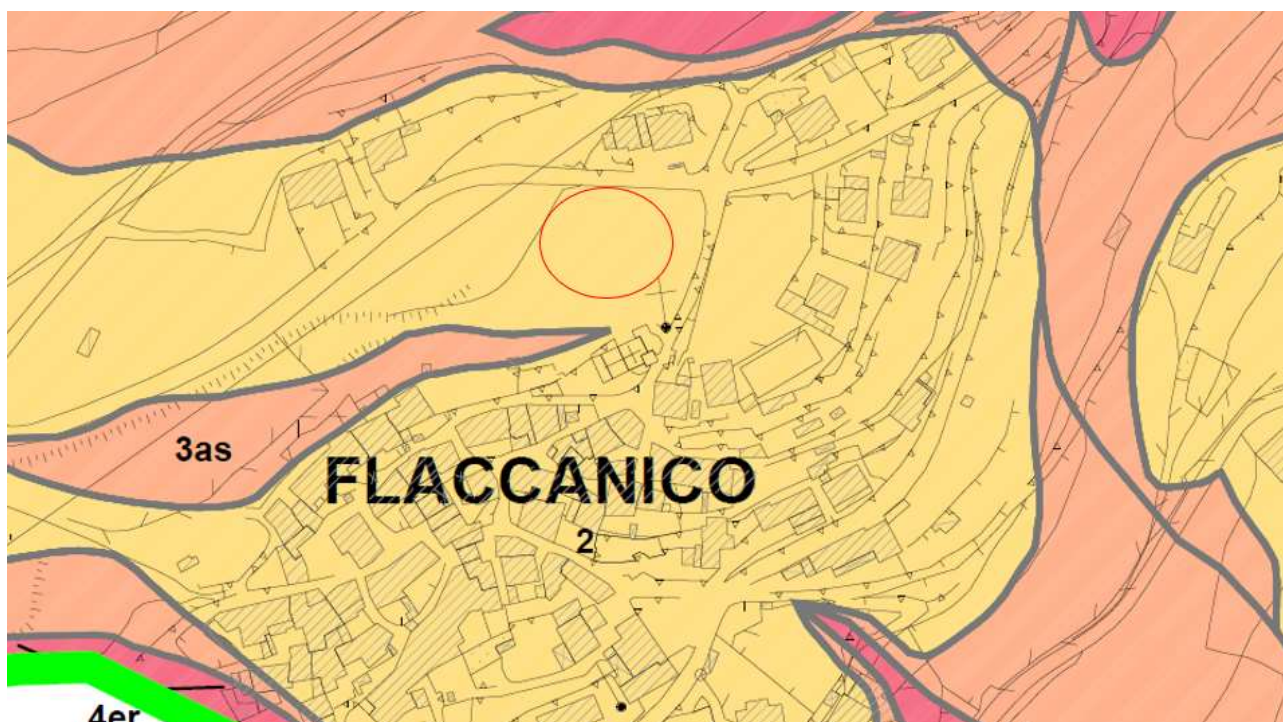
- 1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;*
- 2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;*
- 3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)60 > 30$ oppure $qc1N > 180$ 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 $qc1N$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;*
- 4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) delle NTC/2018 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) delle NTC/2018 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$ ”.*

Nel caso in esame, la verifica alla liquefazione può essere omessa in quanto i terreni non hanno caratteristiche granulometriche tali da andare incontro a fenomeni di liquefazione (substrato roccioso a ridotte profondità).

8 FATTIBILITÀ GEOLOGICA E VINCOLI PRESENTI SULL'AREA

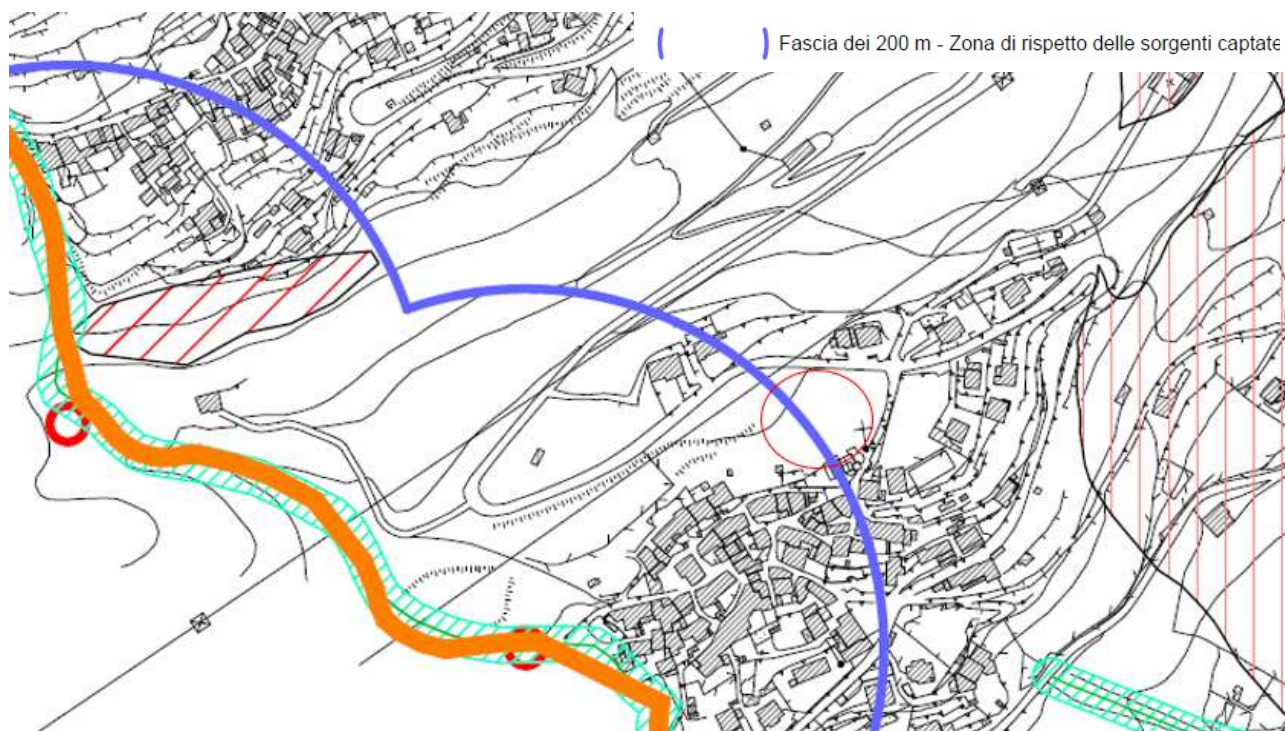
Dal punto di vista della fattibilità geologica, l'area di intervento ricade in **classe di fattibilità 2: “Fattibilità con modeste limitazioni”**; le norme geologiche di piano non citano particolari prescrizioni per questa classe di fattibilità, fermo restando gli approfondimenti di indagine relativi alla relazione geologica.

Figura 20: Stralcio della carta di fattibilità geologica da PGT Comunale.



Per quanto riguarda la vincolistica ricadente sul sito, la carta dei vincoli del PGT indica che **la porzione ovest del lotto è interna alla zona di rispetto delle sorgenti captate.**

Figura 21: Stralcio della carta dei vincoli da PGT Comunale.



Le prescrizioni relative al vincolo individuato sono di seguito riportate:

“Nella zona di rispetto sono vietati l’insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività:

- *dispersione di fanghi ed acque reflue, anche se depurati;*
- *accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;*
- *spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l’impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;*
- *dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche provenienti da piazzali e strade;*
- *aree cimiteriali;*
- *apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;*
- *apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e quelli finalizzati alla variazione dell’estrazione ed alla protezione delle caratteristiche semi – quantitative della risorsa idrica;*
- *gestione di rifiuti;*
- *stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;*
- *centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;*
- **pozzi perdenti:**
- *pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 chilogrammi per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione. È comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta.*

L'unico punto degno di nota, poiché interessante le opere di progetto, è il divieto relativo alla realizzazione di pozzi perdenti entro le zone di rispetto.
Si prescrive quindi che, eventuali opere di dispersione nel sottosuolo vengano al limite posizionate al margine est del lotto.

9 INDICAZIONI PER LE FONDAZIONI

L'assortimento granulometrico del sottosuolo, il suo grado di addensamento ed i valori di resistenza che lo caratterizzano, consentono di adottare per le strutture fondazioni superficiali nastriformi o su plinti.

Le strutture dovranno essere fondate omogeneamente o nei depositi o nel substrato roccioso, avendo l'accortezza di creare piani di imposta pianeggianti e, se impostate in roccia, eliminando la porzione corticale maggiormente interessata da alterazione (cappellaccio d'alterazione).

Nel caso in cui le strutture siano fondate su materiali non omogenei, ossia parte in deposito e parte in roccia, non si esclude la possibilità di cedimenti differenziali nelle diverse parti delle costruzioni e conseguenti lesioni nella struttura; i carichi dovranno essere quindi trasmessi in profondità al substrato roccioso approfondendo le fondazioni o mediante la realizzazione di adeguate fondazioni indirette.

Allo stato attuale non è possibile eseguire le verifiche geotecniche poiché non sono ancora note la geometria e le sollecitazioni agenti; la Scrivente rimane comunque a disposizione per future calcolazioni.

Rogno, lì ottobre 2024

Dott. ssa Geol. Elena Nostrani



The image shows a circular professional stamp of the 'ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA'. The stamp contains the text: 'ELENA NOSTRANI', 'geologo specialista', 'Albo n. 1690 AF', and 'sezione A'. To the right of the stamp is a handwritten signature in black ink.