

ENERGIA MINERALS ITALIA S.R.L.



***ISTANZA DI RINNOVO DELLA CONCESSIONE MINERARIA
DENOMINATA "MONICA"***

***COMUNI DI OLTRE IL COLLE, ONETA E GORNO - PROVINCIA DI BERGAMO
MINIERE DEL COMPLESSO MINERARIO RISO/PARINA -***



RT08__ RELAZIONE SISMICA

RAGGRUPPAMENTO DI PROGETTAZIONE RTP

20/12/2019



Sommario

1	PREMESSA	2
1.1	Introduzione.....	2
1.2	Ubicazione dell'area di progetto.....	3
1.3	Normativa	4
2	ANALISI SISMICA NAZIONALE E REGIONALE.....	6
2.1	Inquadramento sismico nazionale – Sismicità Storica	6
2.2	Inquadramento sismico nazionale – Caratterizzazione sismogenetica	10
2.3	Inquadramento sismico Regione Lombardia.....	12
3	ANALISI SISMICA LOCALE PER IL COMUNE DI GORNO	14
3.1	Valutazione del rischio sismico	14
3.1.1	Classificazione del sito	14
3.1.2	Parametri sismici del sito.....	15
3.2	Risposta sismica e stabilità del sito	17
3.2.1	Amplificazione stratigrafica	17
3.2.2	Amplificazione topografica	18
3.3	Analisi della pericolosità sismica locale di 1° livello.....	18
3.4	Analisi della pericolosità sismica locale di 2° livello.....	20
3.5	Stabilità nei confronti della liquefazione.....	22
4	ANALISI SISMICA LOCALE PER IL COMUNE DI OLTRE IL COLLE	24
4.1	Valutazione del rischio sismico	24
4.1.1	Classificazione del sito	24
4.1.2	Parametri sismici del sito.....	25
4.2	Risposta sismica e stabilità del sito	27
4.2.1	Amplificazione stratigrafica	27
4.2.2	Amplificazione topografica	28
4.3	Analisi della pericolosità sismica locale di 1° livello.....	28
4.4	Stabilità nei confronti della liquefazione.....	30

1 Premessa

1.1 Introduzione

Il presente elaborato è stato redatto per approfondire la caratterizzazione sismica del territorio interessato dal progetto sviluppo e coltivazione della miniera denominato “Gorno Zinc Project”.

In particolare gli approfondimenti di caratterizzazione sismica, oggetto del presente documento, riguardano il territorio comunale di Oltre il Colle, dove verrà realizzato il cantiere operativo in località Cà Pasi (che include la realizzazione della rete elettrica e della strada di accesso) e il comune di Gorno, dove è prevista la realizzazione dell’impianto di trattamento del materiale (Laveria).

Per il dettaglio delle opere in progetto si rimanda agli elaborati specifici.

In questo studio si descrivono le caratteristiche sismiche delle aree interessate dalle principali opere in progetto al fine di determinare (in accordo alla vigente normativa nazionale NTC, 2018), le eventuali azioni sismiche a cui potrebbero essere soggette le infrastrutture.

1.2 Ubicazione dell'area di progetto

Il “Gorno Zinc Project” è situato in provincia di Bergamo a circa 90 Km in direzione Nord-Est rispetto a Milano e circa 40Km a Nord di Bergamo.

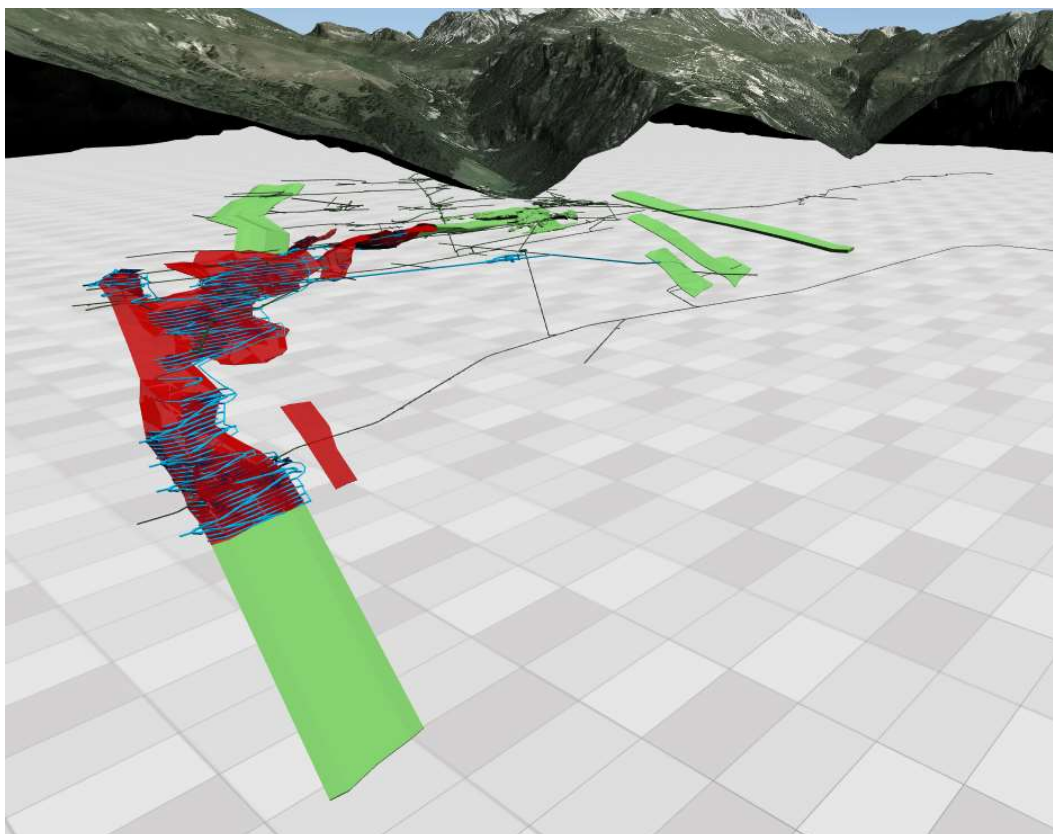


Figura 1.1: Modello 3d del piano di coltivazione.

La topografia del territorio, a grande scala, è caratterizzata dalla presenza di rilievi alpini e subalpini con quote che superano i 2500 m s.l.m., collocando l'area nella fascia altimetrica montana più elevata della Provincia di Bergamo.

L'area oggetto di coltivazione, nello specifico, è ubicata in una area montuosa, compresa tra due valli e posta ad una quota compresa tra 1000 e 1600m s.l.m., dove sono presenti gallerie sotterranee già scavate, a scopo di sfruttamento minerario, nel corso degli ultimi cento anni.

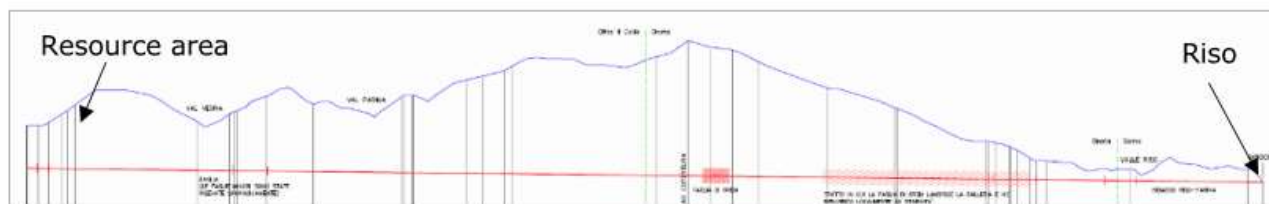


Figura 1.2: Sezione topografia della Galleria esistente Riso-Parina.

Il piano di sviluppo può essere principalmente suddiviso in due aree ben distinte: l'area estrattiva, situata nel comune di Oltre il Colle (località Ca Pasi), ed un'area di trattamento del minerale situata nel comune di Gorno (località Riso).

1.3 Normativa

Il presente elaborato si rende necessario in accordo alle seguenti normative.

- **L.r. 33/2015** Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche”
- **D.g.r. N° X/5001** “Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica”.
- **D.g.r. N° IX/ 2616** “Aggiornamento criteri e indirizzi per la definizione della componente sismica del P.G.T.”
- **Decreto Ministeriale 17.01.2018.** Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni». (18A00716) (GU Serie Generale n.42 del 20-02-2018 – Suppl. Ordinario n. 8).
- **Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.** “Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018” (G.U. Serie Generale n. 35 del 11.2.2019 – Suppl. Ordinario n. 5).
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.** Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.** Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007

- **L.R. 11 marzo 2005 n. 12.** E rispettivi criteri attuativi definiti con D.G.R. 22/12/05, n. 8/1566 “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57 della L.R. 11 marzo 2005, n. 12” e s.m.i.

2 ANALISI SISMICA NAZIONALE E REGIONALE

2.1 Inquadramento sismico nazionale – Sismicità Storica

La caratterizzazione della sismicità di un territorio richiede, in primo luogo, una approfondita e dettagliata valutazione della storia sismica, definita attraverso l'analisi di evidenze storiche e dati strumentali riportati nei cataloghi ufficiali.

La sismicità storica dell'area interessata dall'opera in progetto è stata analizzata consultando i cataloghi più aggiornati, considerando un intervallo temporale che va dal mondo antico all'epoca attuale.

In particolare, sono stati consultati i seguenti database:

- *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 (CPTI15)*, redatto dal Gruppo di lavoro CPTI 2015 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Questo catalogo riporta dati parametrici omogenei, sia macrosismici che strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima (I_{max}) ≥ 5 o con magnitudo (M_w) ≥ 4.0 d'interesse relativi al territorio italiano.
- *DataBase Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15)*, realizzato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Questo catalogo riporta un set omogeneo di dati di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti e relativo ai terremoti con intensità massima (I_{max}) ≥ 5 avvenuti nel territorio nazionale e in alcuni paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia).

La finestra cronologica coperta dal catalogo CPTI15 e dal database DBMI15 va dall'anno 1000 d.C. circa a tutto il 2014 d.C., ed offre per ogni terremoto una stima il più possibile omogenea della localizzazione epicentrale (Latitudine, Longitudine), dei valori di Intensità massima ed epicentrale, della magnitudo momento e della magnitudo calcolata dalle onde superficiali.

Per la compilazione del CPTI15 sono stati ritenuti di interesse solo i terremoti avvenuti in Italia e quelli che, pur essendo stati localizzati in aree limitrofe, potrebbero essere stati risentiti con intensità significativa all'interno dei confini dello Stato.

Nella figura e nella tabella seguente è illustrata una mappa delle localizzazioni dei terremoti storici presenti nel catalogo CPTI15 e una lista di tutti gli eventi sismici catalogati relativi alla Valle Seriana (dove è posta l'area di progetto).

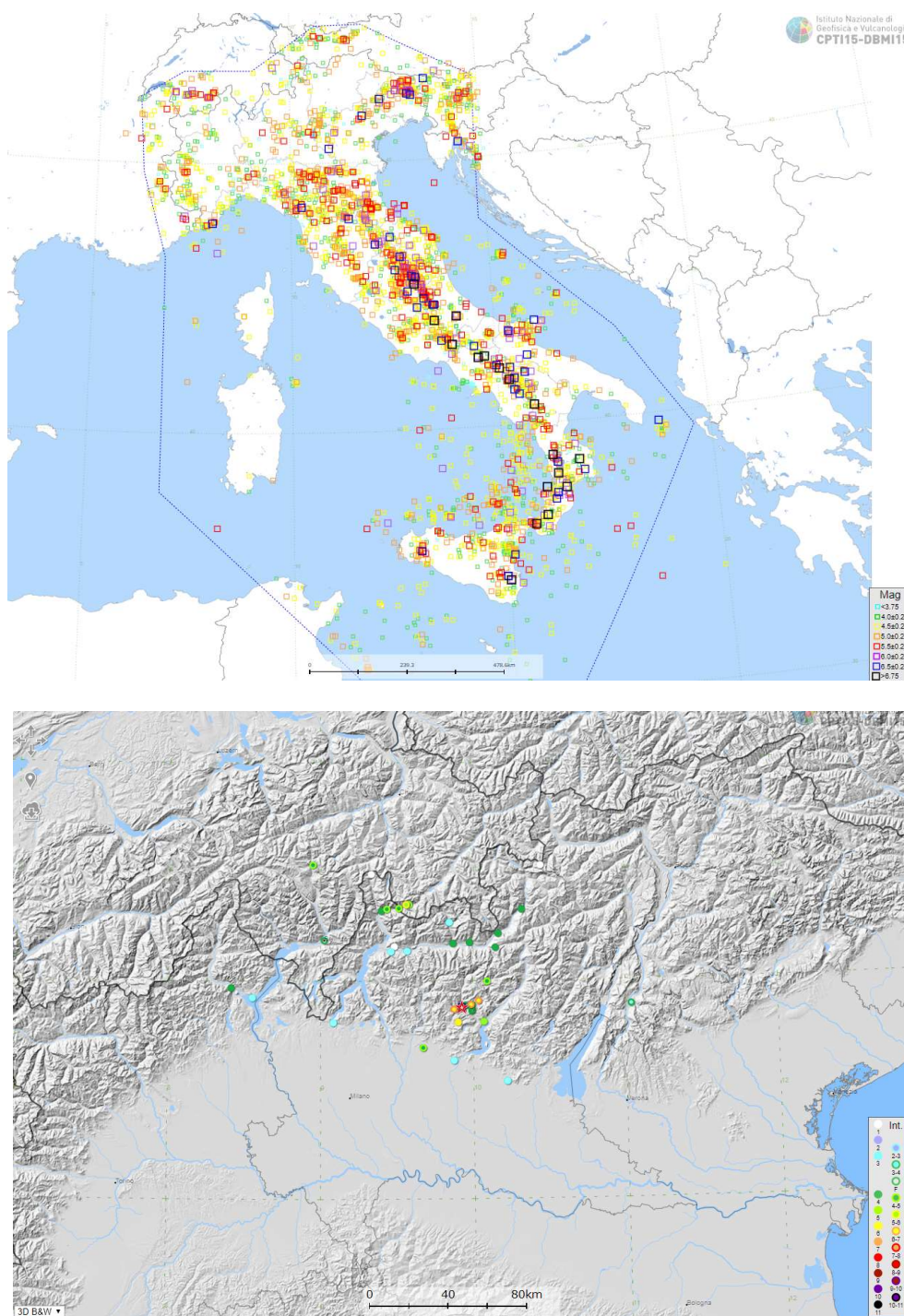


Figura 2.1: Mappa con la localizzazione degli epicentri dei terremoti storici avvenuti in Lombardia (fonte: catalogo CPTI15, redatti da INGV)

Tabella 2.1: Elenco degli eventi sismici riportati nel catalogo CPTI15 relativi alla Valle Seriana.

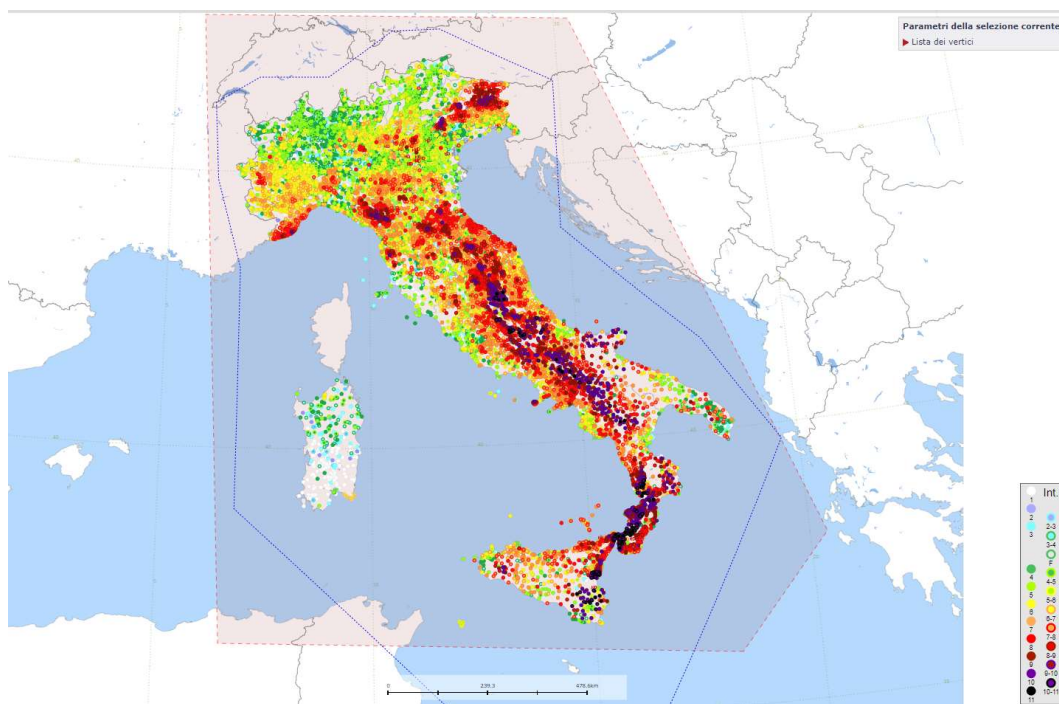
PlaceID	Place name	Sc	Lat	Lon	Int	Country
IT_14598	Castione della Presolana		45,908	10,036	6-7	IT
IT_15081	Parre		45,875	9,889	6-7	IT
IT_15148	Premolo		45,869	9,875	6-7	IT
IT_15230	Rovetta		45,89	9,987	6-7	IT
IT_14849	Gandino		45,81	9,902	6	IT
	Bondo		46,35	9,566	5-6	CH
IT_14942	Lovere		45,812	10,07	5	IT
IT_14353	Bergamo		45,694	9,671	4-5	IT
IT_12194	Borgonuovo		46,33	9,438	4-5	IT
	Castasegna		46,333	9,517	4-5	CH
	Olivone		46,533	8,95	4-5	CH
	Promontogno		46,35	9,583	4-5	CH
IT_15605	Vilminore di Scalve		45,997	10,093	4-5	IT
IT_11940	Aprica		46,152	10,15	4	IT
IT_70027	Bolladore		46,326	10,326	4	IT
IT_12021	Chiavenna		46,322	9,402	4	IT
IT_04552	Ornavasso		45,969	8,412	4	IT
IT_12210	Ponte in Valtellina		46,176	9,98	4	IT
IT_12272	Sondrio		46,171	9,872	4	IT
IT_12358	Tirano		46,216	10,169	4	IT
	Bellinzona		46,187	9,024	F	CH
IT_14631	Cerete (Basso)	MS	45,861	9,991	F	IT
IT_14629	Cerete Alto		45,867	9,994	F	IT
IT_14672	Clusone		45,888	9,95	F	IT
IT_14806	Fino del Monte		45,89	9,994	F	IT
IT_15368	Songavazzo		45,878	9,989	F	IT
IT_21839	Rovereto		45,888	11,037	3-4	IT
IT_15818	Brescia		45,539	10,22	3	IT
IT_12029	Chiesa in Valmalenco		46,268	9,849	3	IT
IT_11057	Como		45,81	9,083	3	IT
IT_12070	Delebio		46,135	9,463	3	IT
IT_14910	Grumello del Monte		45,635	9,873	3	IT
IT_12171	Morbegno		46,137	9,57	3	IT
IT_04782	Verbania (Pallanza)	MS	45,924	8,552	3	IT
IT_12039	Cino		46,158	9,486	NF	IT
IT_12114	Montespluga		46,49	9,336	NF	IT
IT_70038	Passo dello Stelvio [ospizio]	IB	46,526	10,455	NF	IT

In generale, dalla consultazione di questo catalogo si evidenzia che l'area interessata dal progetto presenta una sismicità storica medio-bassa.

Il catalogo CPTI15 riporta ben 4 eventi con magnitudine compresa tra 6-7 Mw (1882). Uno di questi sismi è avvenuto a Premolo, nelle vicinanze del comune su cui verrà realizzata la laveria (Gorno)

Il database DBMI15, invece, archivia gli eventi sismici considerando i dati di intensità macrosismica. L'insieme di questi dati consente di elaborare la sismicità storica delle località italiane, ossia consente di definire un elenco degli effetti di avvertimento o di danno, espressi in termini di gradi di intensità, osservati nel corso del tempo a causa di eventi sismici.

Nelle figure seguenti è mostrata la distribuzione degli eventi sismici presenti nell'intero DBMI15, in particolare si nota come nell'area di interesse sono presenti un esiguo numero di eventi sismici nell'intervallo di definizione del catalogo.



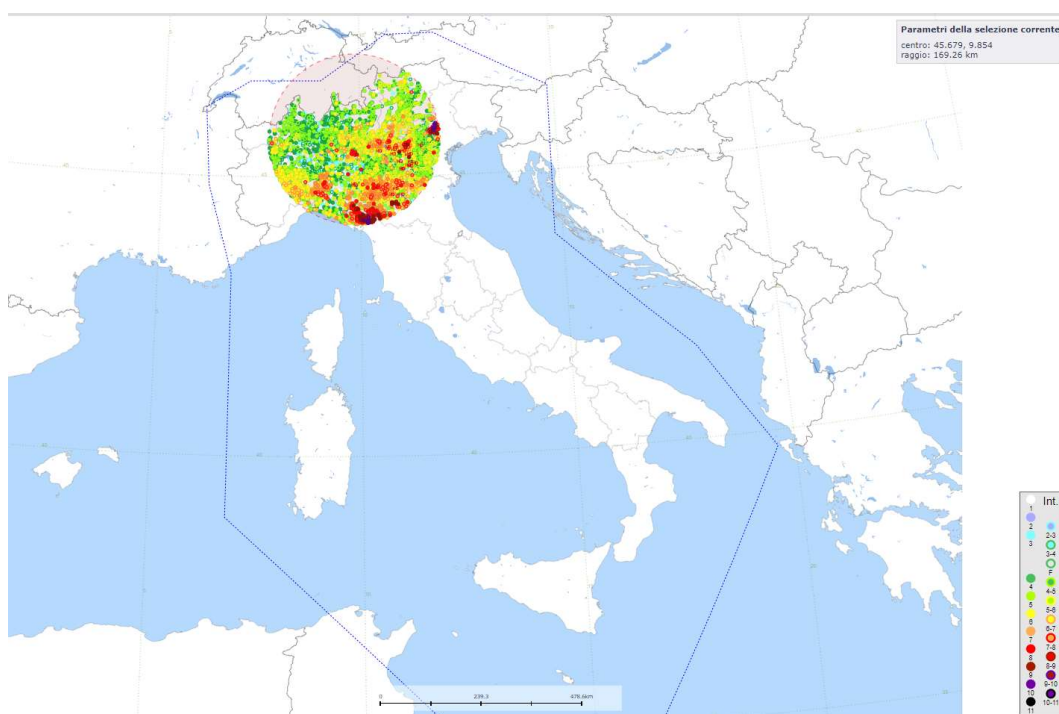


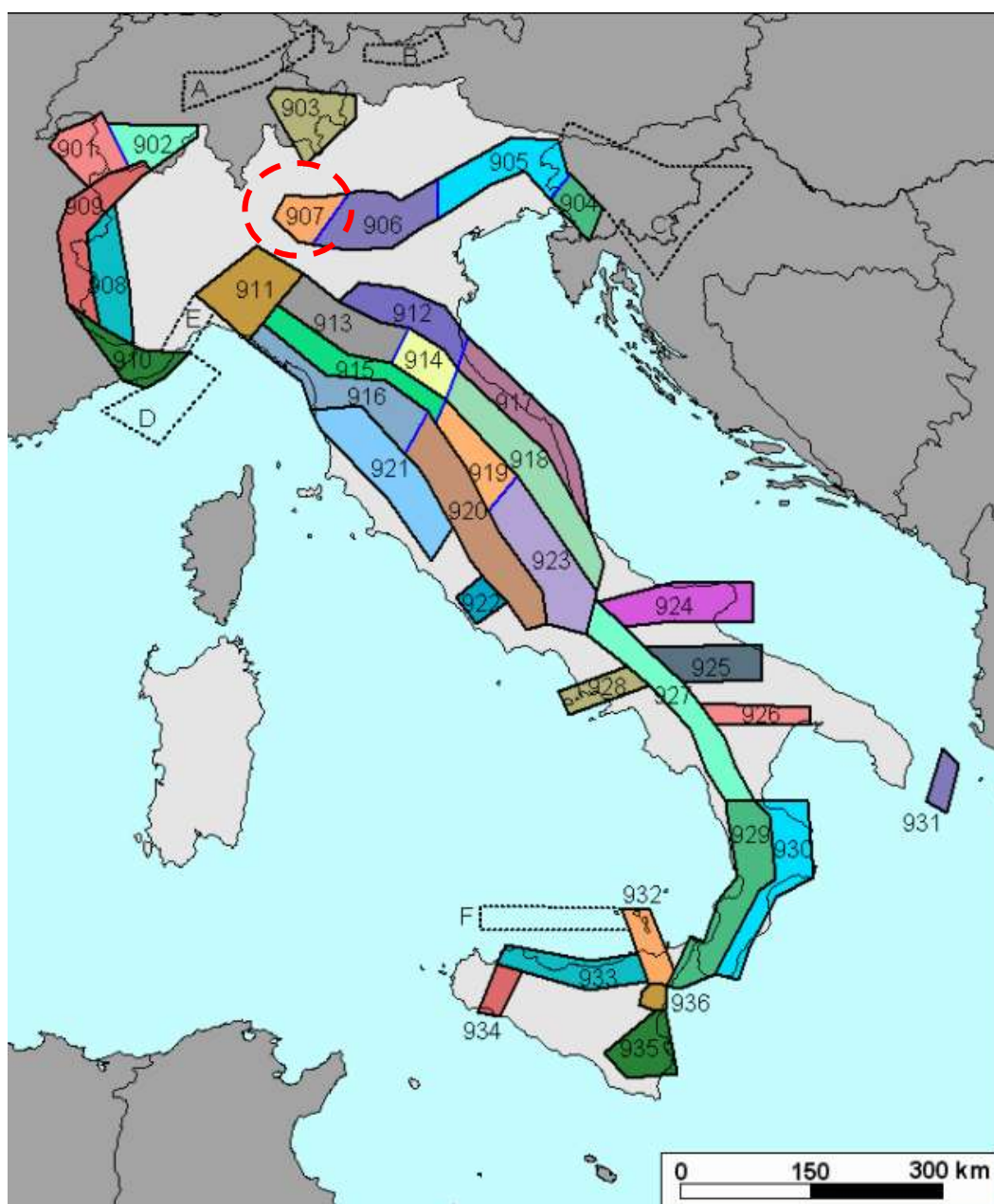
Figura 2.2: Mappa con la localizzazione degli epicentri dei terremoti storici avvenuti in Italia ed in Lombardia (fonte: catalogo CPTI15, redatti da INGV).

In conclusione, la distribuzione dei terremoti storici nell'area di interesse del progetto, estratti dal catalogo CPTI15 e dal database DBMI15, dimostra che la zona in studio è caratterizzata da un livello di sismicità medio basso, sia dal punto di vista della frequenza di eventi, che dei valori di magnitudo.

2.2 Inquadramento sismico nazionale – Caratterizzazione sismogenetica

La caratterizzazione sismogenetica dell'area in studio è stata elaborata considerando la recente Zonazione Sismogenetica, denominata ZS9, prodotta dall' INGV (Meletti C. e Valensise G., 2004). Questa zonazione è considerata, nella recente letteratura scientifica, il lavoro più completo e aggiornato a livello nazionale.

Dall'analisi dei risultati riportati nella ZS9 si può evidenziare che, in Regione Lombardia (area 907), dove ricade l'area di progetto, si sono registrati sismi con Magnitudo massima di 4.2 Md.



Zona	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
901	18	15	2	4.0	8-12	8
902	34	25	2	3.8	8-12	10
903	23	19	2	4.5	8-12	9
904	13	9	1	3.4	5-8	7 *
905	181	110	32	4.8	5-8	8 *
906	41	34	13	4.7	5-8	8 *
907	33	19	7	4.2	5-8	8 *

Figura 2.3: Mappa della Zonizzazione Sismogenetica ZS9 dell'Italia (fonte: Gruppo di lavoro INGV, 2004). Nel cerchio rosso è evidenziata la regione interessata dall'opera in progetto.

2.3 Inquadramento sismico Regione Lombardia

A partire dal 2003 sono stati emanati i criteri della nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato, in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni), da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo.

Il territorio italiano è stato diviso in 4 zone a pericolosità sismica decrescente.

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a _g /g]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a _g /g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

Figura 2.4: Zone sismiche e relativi valori di accelerazione (O.P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006).

La Regione Lombardia con la D.g.r. 11 luglio 2014 - n. X/2129 Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d) ha aggiornato la classificazione sismica dei suoi comuni come riportato nella mappa seguente.

I comuni di Gorno e Oltre il Colle (Bg), come tutti i comuni della Provincia di Bergamo, ricadono in zona sismica 3 (Bassa sismicità) a cui corrisponde una accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni minore di 0,15 (a_g/g), che si traduce in una accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico compreso tra 0,05 e 0,15 (a_g/g) riferita a suoli molto rigidi.

ISTAT	Provincia	Comune	Zona Sismica	AgMax
03016116	BG	GORNO	3	0,09201
03016146	BG	OLTRE IL COLLE	3	0,081271

Figura 2.5: Zona sismica (d.g.r. 11 luglio 2014, n. 2129).

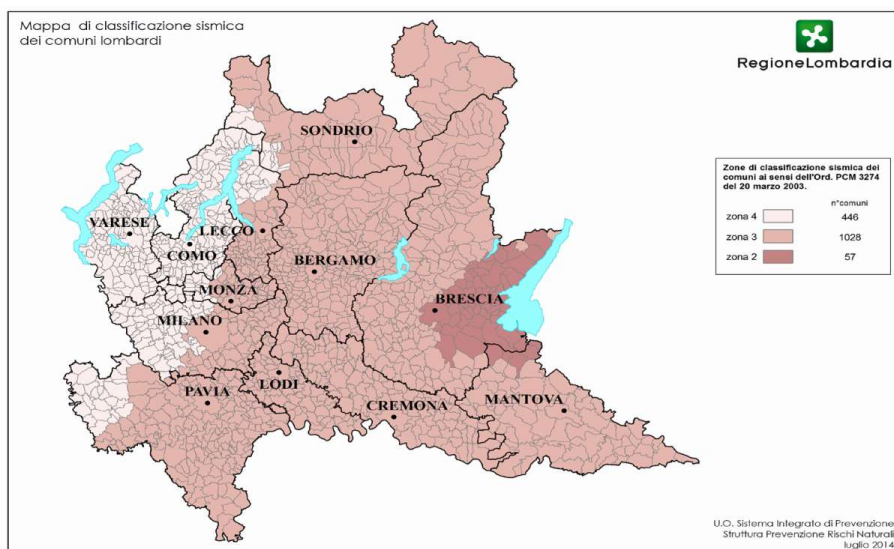


Figura 2.6: Mappa di classificazione sismica dei comuni lombardi (D.g.r. 11 luglio 2014 - n. X/2129).

3 ANALISI SISMICA LOCALE PER IL COMUNE DI GORNO

Sul comune di Gorno il progetto di sviluppo e coltivazione della miniera denominato “Gorno Zinc Project” prevede, come opera principale, la realizzazione dell’impianto di trattamento del minerale situato in località Riso.

Il presente capitolo riguarda le analisi di sismica locale delle opere previste in progetto nella località Riso con particolare riferimento all’impianto di trattamento del minerale.

Analisi sismiche più specifiche e dettagliate, vengono demandate, se ritenute necessarie, alla fase esecutiva.

3.1 Valutazione del rischio sismico

3.1.1 Classificazione del sito

Per quanto riguarda la classificazione di base del sito, il Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, riprendendo quanto definito dall’ Euro codice 8, distingue 5 classi, facendo riferimento sia alla velocità delle onde S nel substrato sia allo spessore dello stesso.

A ogni classe è associato uno spettro di risposta elastico.

Sulla base delle informazioni risultanti dalle indagini geofisiche (e geotecniche) realizzate dallo scrivente sull’area di progetto (per il dettaglio si rimanda alla relazione di competenze “RT11___Relazione geotecnica-geomeccanica”), e sulla base delle evidenze di sito che mostrano la presenza del substrato roccioso affiorante o subaffiorante con spessore della coltre superficiale inferiore ai 3m, ai terreni oggetto di studio è stata assegnata, la **categoria di sottosuolo A** definita *“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”*.

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

Figura 3.1: Definizione delle categorie di sottosuolo secondo le N.T.C. (2018).

3.1.2 Parametri sismici del sito

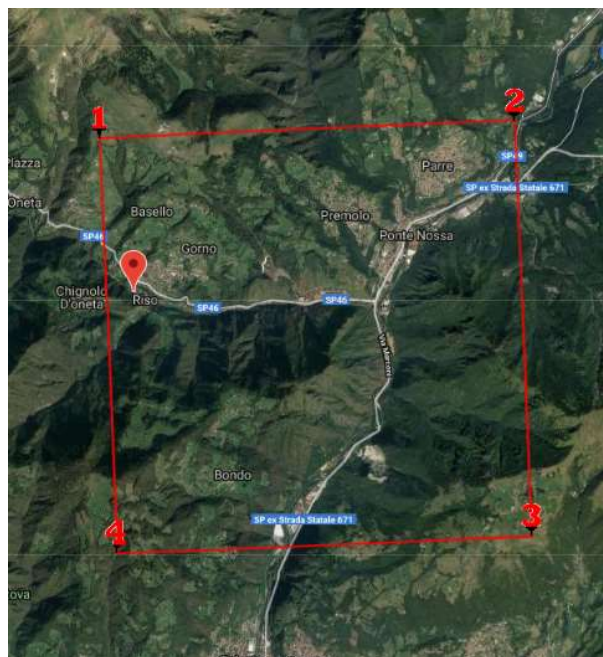


Figura 3.2: Vertici della maglia di appartenenza (da GeoStru PS).

In accordo con il D.M. 17.01.2018 vengono assegnati i valori di a_g , (accelerazione orizzontale massima al sito) F_0 (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e T^*C (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione

orizzontale) sulla base delle coordinate geografiche dell'area di intervento e in funzione della vita nominale dell'opera (**classe II – Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. – Vita nominale 50 anni**).

Tali valori si rendono necessari per la determinazione delle azioni sismiche puntualmente per ogni sito considerato. I parametri ed i coefficienti sismici fondamentali del sito in esame sono calcolati mediante software “Geostru PS”.

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.029	2.467	0.197
Danno (SLD)	50	0.036	2.530	0.210
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.089	2.514	0.279
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.115	2.508	0.291
Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50				

Figura 3.3: Stati limite (da GeoStru PS).

	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	1,00	1,00	1,00	1,00

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.006	0.007	0.018	0.031
kv	0.003	0.004	0.009	0.016
Amax [m/s ²]	0.283	0.355	0.872	1.127
Beta	0.200	0.200	0.200	0.270

Figura 3.4: Coefficienti sismici per "Stabilità di pendii e fondazioni" (da GeoStru PS).

3.2 Risposta sismica e stabilità del sito

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono.

Alla scala della singola opera e del singolo sistema geotecnico, la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

3.2.1 Amplificazione stratigrafica

Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima ($a_{\max}$) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa. Il valore di $a_{\max}$ può essere ricavato dalla relazione $a_{\max} = S_s * a_g$, dove a_g è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido ed S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica.

Per categorie speciali di sottosuolo, per determinati sistemi geotecnici o se si intende aumentare il grado di accuratezza nella previsione dei fenomeni di amplificazione, le azioni sismiche da considerare nella progettazione possono essere determinate mediante specifiche analisi di risposta sismica locale. Queste analisi presuppongono un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni, da determinare mediante specifiche indagini e prove.

Nelle analisi di risposta sismica locale, l'azione sismica di ingresso è descritta in termini di storia temporale dell'accelerazione su di un sito di riferimento rigido ed affiorante con superficie topografica orizzontale (sottosuolo tipo A).

Ai fini della definizione delle azioni sismiche di progetto, sono state definite 5 categorie di profili stratigrafici del suolo di fondazione.

Come già detto in precedenza, il sito indagato appartiene, a partire dalla profondità di posa delle fondazioni, alla categoria A.

Nel caso dei terreni presi in esame, l'analisi sismica del sito ha fornito un valore dell'accelerazione massima al bedrock a_g pari a 0,09 g per eventi con tempi di ritorno di 475 anni e probabilità di superamento del 10% in 50 anni (vedi parametri sismici riportati nei paragrafi precedenti). Risulta

quindi che il valore di **$a_{\max}$ in superficie è pari a 0,09 g** (dove $a_{\max} = a_g \times S$, con $S = S_s \times S_t = 1 \times 1 = 0,119 \times 1 = 0,09g$).

3.2.2 Amplificazione topografica

Per la progettazione o la verifica di opere e sistemi geotecnici realizzati su versanti e per l'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii, la valutazione dell'amplificazione topografica può essere effettuata mediante analisi di risposta sismica locale o utilizzando il coefficiente di amplificazione topografica ST. Gli effetti topografici possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a 15° . Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale, mentre per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Figura 3.5: Categorie topografiche secondo (D.M. 17 gennaio 2018)

Ad ogni categoria topografica è associato un coefficiente di amplificazione topografica ST, in funzione della categoria stessa e dell'ubicazione del sito di studio.

L'area di progetto si trova in un contesto di fondovalle con inclinazione media inferiore a 15° . Dunque in questo caso è opportuno considerare la **categoria topografica T1**.

A tale categoria si può associare un fattore **ST pari a 1**.

3.3 Analisi della pericolosità sismica locale di 1° livello

Nel presente capitolo verrà trattata la pericolosità sismica locale dell'area oggetto di intervento partendo da quanto illustrato nel P.G.T. del comune di Gorno (Bg), redatto a cura dello studio

Ecosphera di Palazzolo sull'Oglio, aggiornato a ottobre 1999, e utilizzando i risultati dell'indagine sismica realizzata dagli scriventi nell'area di progetto.

Secondo la “Carta della pericolosità sismica locale di primo livello” del P.G.T. comunale, come rappresentato nello stralcio seguente, l'area oggetto di studio ricade all'interno dello **scenario di simica locale Z4a** (ovvero zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali e/o coesivi) a cui è associata una pericolosità di grado H2 per possibili amplificazioni litologiche o geometriche.

Come correttamente richiamato negli studi geologici del P.G.T., l'analisi sismica deve essere articolata in tre livelli successivi di approfondimento implementati in relazione alla zona sismica di appartenenza del comune (O.P.C.M n.3274 del 20 marzo 2003), agli scenari di pericolosità sismica locale e alla tipologia delle costruzioni in progetto (allegato 5 alla D.G.R 8/774 e successive integrazioni).

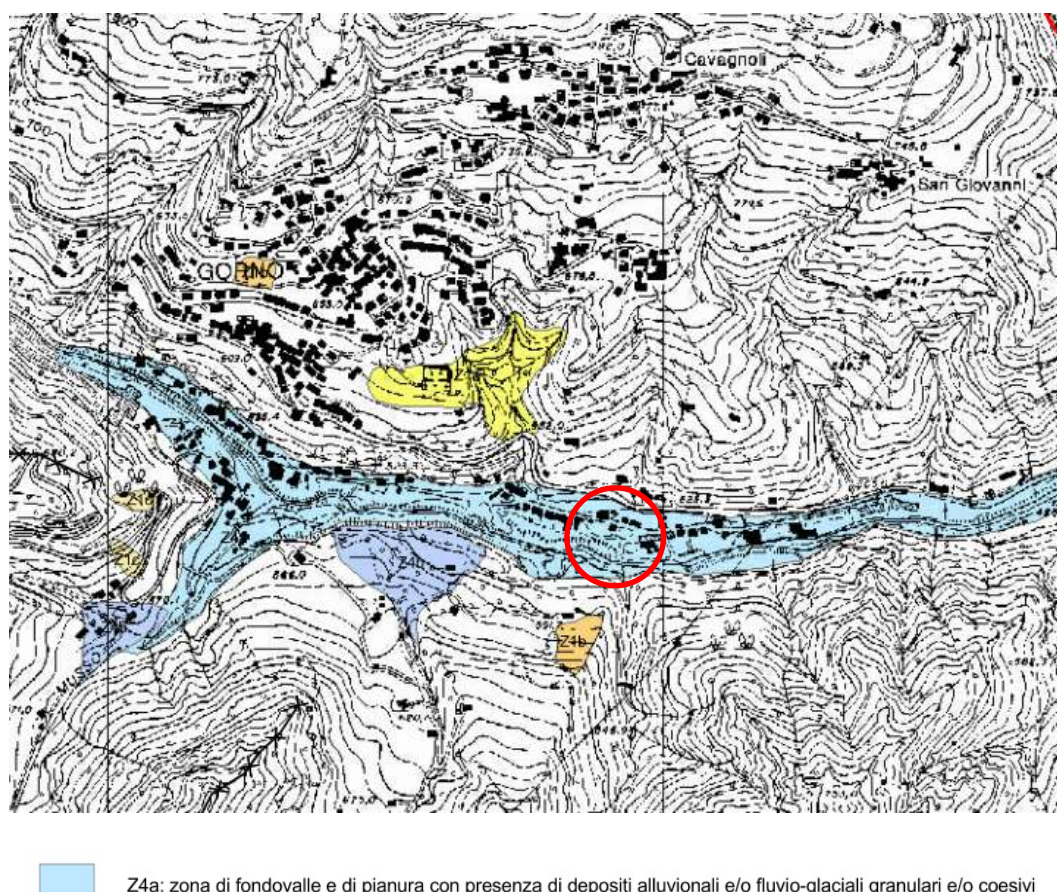


Figura 3.6: Estratto con Legenda della “Carta della pericolosità sismica locale” del comune di Gorno (Ecosphera, 1999). Nel cerchio rosso l'area di progetto.

Tale scenario di pericolosità sismica locale ricade in una classe di pericolosità H2 e richiede il 2° livello di approfondimento (eventualmente il 3° in casi particolari).

3.4 Analisi della pericolosità sismica locale di 2° livello

La classe di pericolosità sismica locale Z4a, in cui ricade l'area di progetto, richiede il secondo livello di approfondimento che consiste in una valutazione semi-quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di fattore di amplificazione (Fa) e nel confronto con i valori soglia del territorio comunale stabiliti dalla Regione Lombardia (tabella seguente) e dalle Norme Tecniche per le Costruzioni per ciò che concerne gli effetti di amplificazione sismica.

Tabella 3.1: Valori soglia del territorio comunale di Gorno (Bg) stabiliti da Regione Lombardia.

Categorie di sottosuolo		B	C	D	E
Valori soglia	Periodo 0.1 - 0.5	1,4	1,9	2,2	2,0
Regione Lombardia	Periodo 0.5 - 1.5	1,7	2,4	4,2	3,1

Allo scopo di realizzare l'analisi sismica di secondo livello in fase di progettazione relativa al possibile scenario di amplificazione Z4a, per l'area oggetto di studio, non realizzato peraltro in fase di pianificazione, gli scriventi hanno provveduto a realizzare una indagine di sismica a rifrazione tipo MASW (per il dettaglio si rimanda al documento di progetto "RT11___Relazione geotecnica-geomeccanica" il cui risultato è riportato nella figura seguente e con la quale è stato possibile attribuire al sottosuolo di progetto, anche grazie alle evidenze di sito, che mostrano la presenza del substrato roccioso, affiorante o subaffiorante, con spessore delle coltre superficiale nell'intorno del metro di profondità, un **categoria di sottosuolo A**, secondo le N.T.C., 2018, definita come "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".

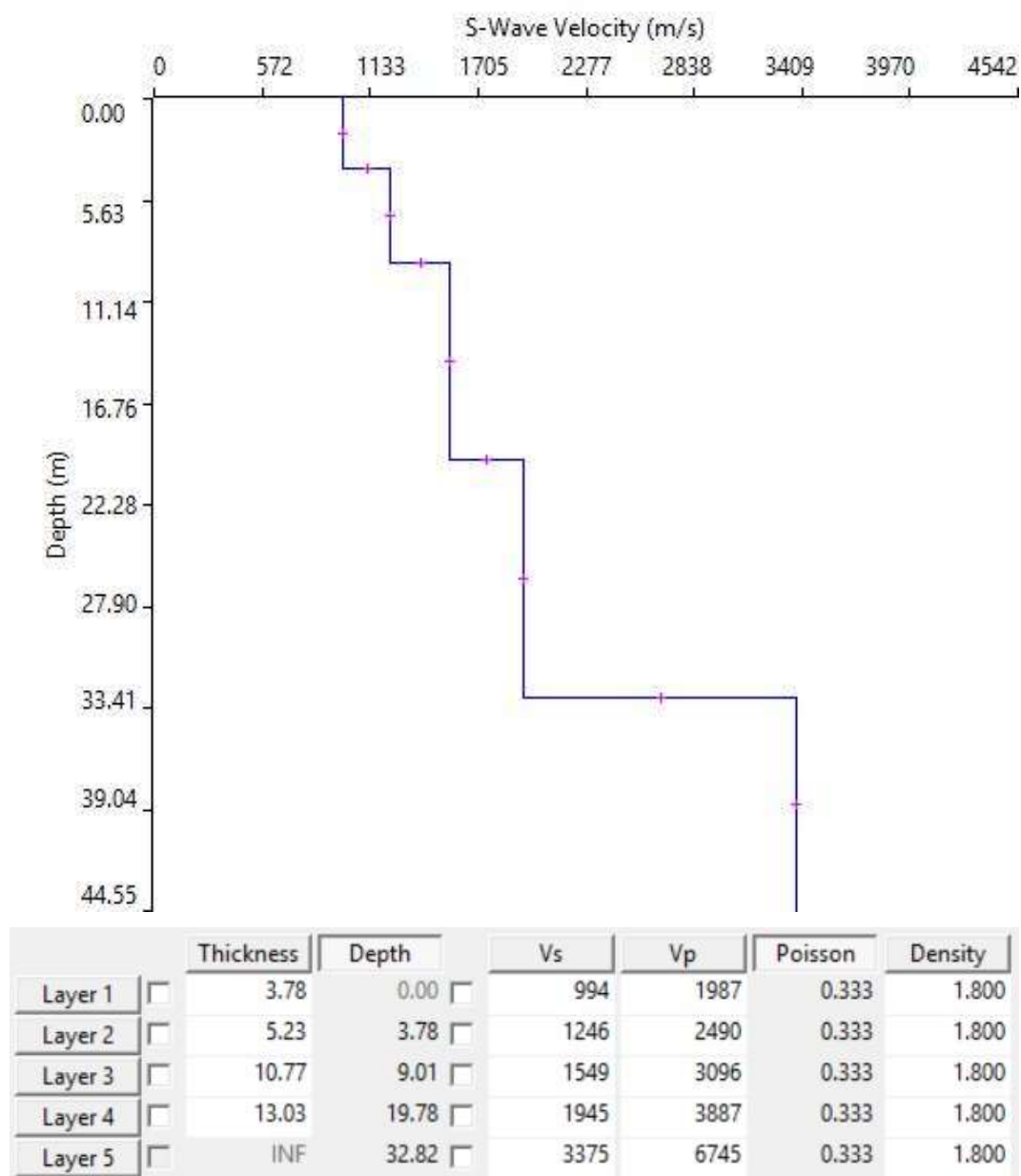


Figura 3.7: Risultati della indagine di sismica a rifrazione tipo MASW realizzata in località Riso.

La determinazione della categoria di sottosuolo A, per l'area di progetto, indicata che l'effetto di amplificazione litologia atteso risulta quindi essere nullo ($F_a=1,0$) e, di conseguenza, non sussiste per l'area di progetto, lo scenario di pericolosità sismica locale Z4a come indicato sulle carte di P.G.T. (ciò è ragionevole visto che l'area di progetto risulta al limite tra lo scenario Z4a ed aree, dove è presente il substrato roccioso, in cui possibili effetti di amplificazione litologica sono nulli).

Visto quindi che il risultato delle indagini sismiche ha mostrato l'assenza di scenari di amplificazione di simica locale (amplificazione litologica), **non è necessario realizzare la procedura semplificata di 2° livello, per la valutazione del fattore di amplificazione (F_a), in quanto l'amplificazione litologica attesa è nulla ($F_a=1,0$)** visto che il valore delle velocità V_s dello strato superficiale è risultato pari o superiore ad 800m/s.

3.5 Stabilità nei confronti della liquefazione

Il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

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

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
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 a una tensione efficace verticale di 100 kPa

e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata a una tensione efficace verticale di 100 kPa;

4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nelle figure seguenti (dove con U_c è indicato il coefficiente di uniformità).

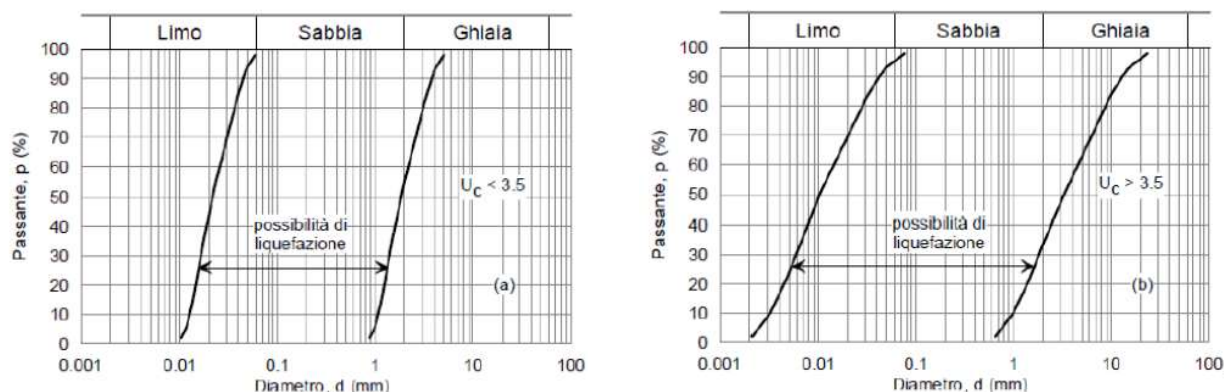


Figura 8 - Fusi granulometrici suscettibili di liquefazione (NTC 2018).

Quando la condizione 1 non risulti soddisfatta, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4.

Nel caso dei terreni presi in esame, l'analisi sismica del sito ha fornito un valore dell'accelerazione massima al bedrock a_g pari a 0,09 g per eventi con tempi di ritorno di 475 anni e probabilità di superamento del 10% in 50 anni (vedi parametri sismici riportati nei paragrafi precedenti). Risulta quindi che il valore di a_{max} in superficie è pari a 0,09 g (dove $a_{max} = a_g \times S$, con $S = S_s \times S_t = 1 \times 1 = 0,09 \times 1 = 0,09g$).

Nel caso in oggetto non vi sono le condizioni affinché si verifichi la liquefazione, in quanto, anzitutto è soddisfatta la condizione 1, e secondariamente risultano soddisfatte anche le condizioni 3 e 4.

4 ANALISI SISMICA LOCALE PER IL COMUNE DI OLTRE IL COLLE

Sul comune di Oltre il Colle, invece, il progetto di sviluppo e coltivazione della miniera denominato “Gorno Zinc Project” prevede come opera principale, oltre alle gallerie di coltivazione e di accesso alla miniera, la realizzazione del cantiere operativo in località Cà Pasi (che include anche la realizzazione della rete elettrica e della strada di accesso).

Il presente capitolo riguarda le analisi di sismica locale delle opere previste in progetto nella località Cà Pasi con particolare riferimento alle opere che compongono il cantiere.

Analisi sismiche specifiche e dettagliate, vengono demandate, alla fase esecutiva.

4.1 Valutazione del rischio sismico

4.1.1 Classificazione del sito

Per quanto riguarda la classificazione di base del sito, il Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, riprendendo quanto definito dall’ Euro codice 8, distingue 5 classi, facendo riferimento sia alla velocità delle onde S nel substrato sia allo spessore dello stesso.

A ogni classe è associato uno spettro di risposta elastico.

Sulla base delle informazioni risultanti dalle indagini geotecniche, realizzate dallo scrivente sull’area di progetto (per il dettaglio si rimanda alla relazione di competenze “RT11___Relazione geotecnica-geomeccanica”), e sulla base delle evidenze di sito che mostrano la presenza del substrato roccioso affiorante o subaffiorante con spessore della coltre superficiale inferiore ai 3m, ai terreni oggetto di studio è stata assegnata, la **categoria di sottosuolo A** definita “*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*”.

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

Figura 4.1: Definizione delle categorie di sottosuolo secondo le N.T.C. (2018).

4.1.2 Parametri sismici del sito

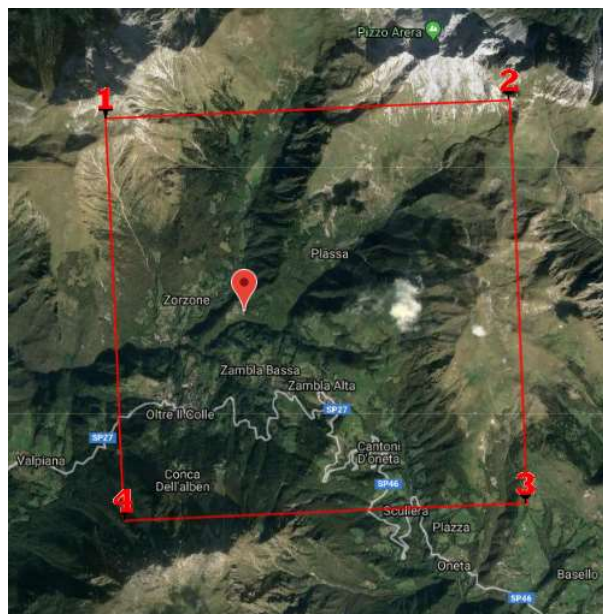


Figura 4.2: Vertici della maglia di appartenenza (da GeoStru PS).

In accordo con il D.M. 17.01.2018 vengono assegnati i valori di a_g , (accelerazione orizzontale massima al sito) F_0 (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e T^*C (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) sulla base delle coordinate geografiche dell'area di intervento e in funzione della vita

nominale dell'opera (**classe II – Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. – Vita nominale 50 anni**).

Tali valori si rendono necessari per la determinazione delle azioni sismiche puntualmente per ogni sito considerato. I parametri ed i coefficienti sismici fondamentali del sito in esame sono calcolati mediante software “Geostru PS”.

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.026	2.494	0.186
Danno (SLD)	50	0.033	2.555	0.204
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.076	2.570	0.280
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.097	2.559	0.294
Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50				

Figura 4.3: Stati limite (da GeoStru PS).

	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

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
k_h	0.006	0.008	0.018	0.023
k_v	0.003	0.004	0.009	0.012
A_{max} [m/s ²]	0.309	0.388	0.895	1.141
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

Figura 4.4: Coefficienti sismici per "Stabilità di pendii e fondazioni" (da GeoStru PS).

4.2 Risposta sismica e stabilità del sito

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono.

Alla scala della singola opera e del singolo sistema geotecnico, la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

4.2.1 Amplificazione stratigrafica

Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima ($a_{\max}$) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa. Il valore di $a_{\max}$ può essere ricavato dalla relazione $a_{\max} = S_s * a_g$, dove a_g è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido ed S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica.

Per categorie speciali di sottosuolo, per determinati sistemi geotecnici o se si intende aumentare il grado di accuratezza nella previsione dei fenomeni di amplificazione, le azioni sismiche da considerare nella progettazione possono essere determinate mediante specifiche analisi di risposta sismica locale. Queste analisi presuppongono un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni, da determinare mediante specifiche indagini e prove.

Nelle analisi di risposta sismica locale, l'azione sismica di ingresso è descritta in termini di storia temporale dell'accelerazione su di un sito di riferimento rigido ed affiorante con superficie topografica orizzontale (sottosuolo tipo A).

Ai fini della definizione delle azioni sismiche di progetto, sono state definite 5 categorie di profili stratigrafici del suolo di fondazione.

Come già detto in precedenza, il sito indagato appartiene, a partire dalla profondità di posa delle fondazioni, alla categoria A.

Nel caso dei terreni presi in esame, l'analisi sismica del sito ha fornito un valore dell'accelerazione massima al bedrock a_g pari a 0,08 g per eventi con tempi di ritorno di 475 anni e probabilità di superamento del 10% in 50 anni (vedi parametri sismici riportati nei paragrafi precedenti). Risulta

quindi che il valore di $a_{\max}$ in superficie è pari a **0,096 g** (dove $a_{\max} = a_g \times S$, con $S = S_s \times S_t = 1 \times 1,2 = 0,08 \times 1,2 = 0,096g$).

4.2.2 Amplificazione topografica

Per la progettazione o la verifica di opere e sistemi geotecnici realizzati su versanti e per l'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii, la valutazione dell'amplificazione topografica può essere effettuata mediante analisi di risposta sismica locale o utilizzando il coefficiente di amplificazione topografica ST. Gli effetti topografici possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a 15° . Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale, mentre per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Figura 4.5: Categorie topografiche secondo (D.M. 17 gennaio 2018)

Ad ogni categoria topografica è associato un coefficiente di amplificazione topografica ST, in funzione della categoria stessa e dell'ubicazione del sito di studio.

L'area di progetto si trova in un contesto di versante con inclinazione media superiore a 15° . Dunque in questo caso è opportuno considerare la **categoria topografica T2**.

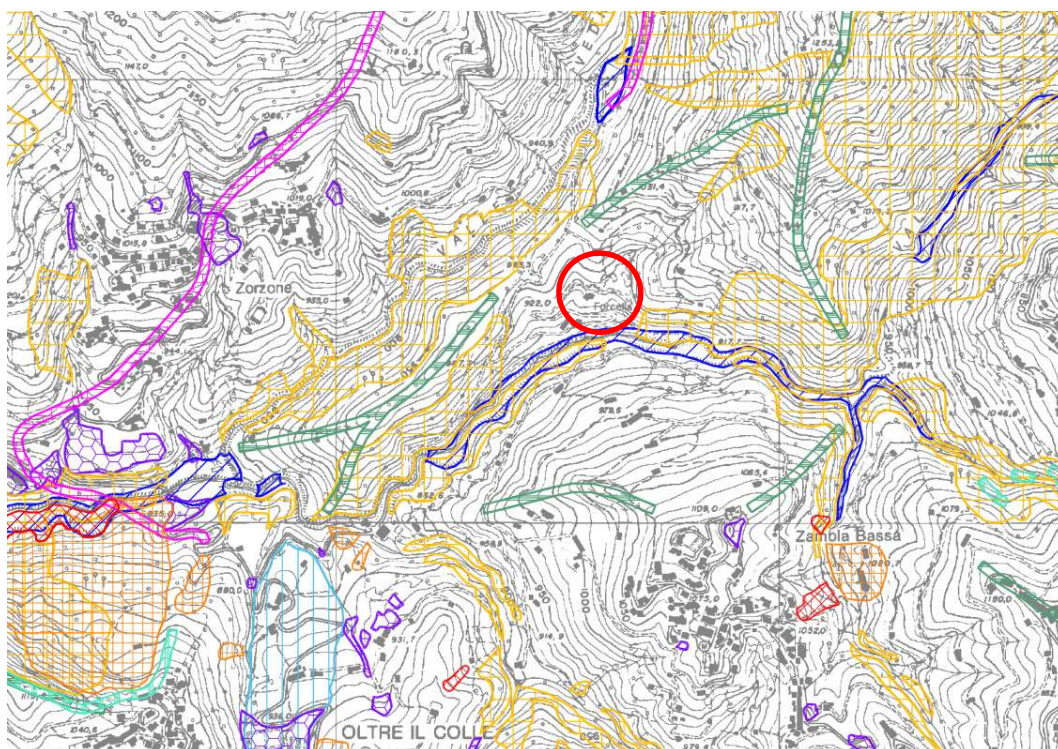
A tale categoria si può associare un fattore **ST pari a 1,2**.

4.3 Analisi della pericolosità sismica locale di 1° livello

Nel presente capitolo verrà trattata la pericolosità sismica locale dell'area oggetto di intervento partendo da quanto illustrato nel P.G.T. del comune di Oltre il Colle (Bg), redatto a cura del Dott.

Geol. Marco Maggi di Dalmine (Bg), aggiornato a luglio 2011, e utilizzando i risultati dell'indagine geognostica realizzata dagli scriventi nell'area di progetto.

Secondo la “Carta della pericolosità sismica locale di primo livello” del P.G.T. comunale, come rappresentato nello stralcio precedente, l'area oggetto di studio **non ricade all'interno di alcun scenario di pericolosità sismica locale e di conseguenza non sono previsti, in fase di progettazione, approfondimenti sismici.**



LEGENDA

Sigla	Retino	Scenario di pericolosità sismica locale	Effetti
Z1a		Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b		Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c		Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2		Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a		Zona di ciglio H>10 m	Amplificazioni topografiche
Z3b		Zona di cresta rocciosa e/o cuccuzzolo	
Z4a		Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b		Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c		Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z5		Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche diverse	Comportamenti differenziali

Figura 4.6: Estratto con Legenda della “Carta della pericolosità sismica locale” del comune di Oltre il Colle (Dott. Geol. Marco Maggi, 2011). Nel cerchio rosso l’area di progetto.

4.4 Stabilità nei confronti della liquefazione

Il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

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

5. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
6. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub - orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
7. 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 a una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata a una tensione efficace verticale di 100 kPa;
8. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nelle figure seguenti (dove con U_c è indicato il coefficiente di uniformità).

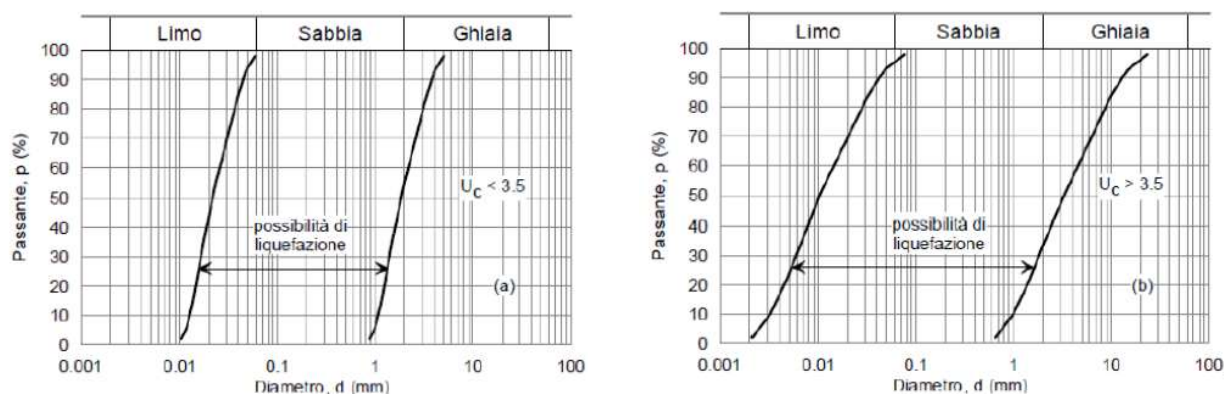


Figura 4.7: Fusi granulometrici suscettibili di liquefazione (NTC 2018).

Quando la condizione 1 non risulti soddisfatta, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4.

Nel caso dei terreni presi in esame, l'analisi sismica del sito ha fornito un valore dell'accelerazione massima al bedrock a_g pari a 0,08 g per eventi con tempi di ritorno di 475 anni e probabilità di superamento del 10% in 50 anni (vedi parametri sismici riportati nei paragrafi precedenti). Risulta quindi che il valore di a_{max} in superficie è pari a 0,096 g (dove $a_{max} = a_g \times S$, con $S = S_s \times S_t = 1 \times 1,2 = 0,08 \times 1,2 = 0,096g$).

Nel caso in oggetto non vi sono le condizioni affinché si verifichi la liquefazione, in quanto, anzitutto è soddisfatta la condizione 1, e secondariamente risultano soddisfatte anche le condizioni 3 e 4.