

Studio Geologico Tecnico Geol. Ilario Bridi

Comune di **LIVO**

Provincia di **TRENTO**

Committente: **Provincia Autonoma di Trento - Dipartimento Infrastrutture e Mobilità – Servizio Gestione Strade**

**RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA
PER SOMMA URGENZA PER IL CONSOLIDAMENTO DEL CORPO STRADALE
DELLA S.S. 42 IN PROSSIMITA' DELLA PR. KM. 191+000 CIRCA
NEL COMUNE DI LIVO**



Data: Aprile 2024	Progettista:	Geologo: 
Località: Trento-Mattarello		

Via delle Regole, 73
38123 TRENTO fraz. Mattarello
C.F. BRDLRI67S10L378B
P.I.V.A. 01586980227

Tel/Fax: 0461944885
Cell: 3492377302
e-mail: ilariobridi@gmail.com

1. PREMESSA E INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO	3
FIG. 1: STRALCIO CARTA DI SINTESI PERICOLOSITÀ P.U.P. – VERSIONE OTTOBRE 2023	4
FIG. 2: STRALCIO CARTA DI SINTESI PERICOLOSITÀ P.U.P. SU BASE ORTOFOTO	5
FIG. 3: STRALCIO CARTA DELLA PERICOLOSITÀ LITO-GEOMORFOLOGICA.....	6
FIG. 4: COROGRAFIA DELL'AREA DI PROGETTO	7
FIG. 5: ORTOFOTO CON UBICAZIONE DELL'AREA DI PROGETTO.....	7

RELAZIONE GEOLOGICA

2. INQUADRAMENTO MORFOLOGICO, GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	8
2.1 GEOMORFOLOGIA	8
2.2 GEOLOGIA	8
FIG. 6: UBICAZIONE E SCHEMA GEOLOGICO DELL'AREA DI STUDIO	9
2.3 IDROGEOLOGIA	10
FIG. 7: STRALCIO DELLA CARTA DELLE RISORSE IDRICHE DEL PUP 2008 CON UBICAZIONE DELLA ZONA DI INTERVENTO.....	10
2.4 CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	11
FIG. 8: VALORI DI ACCELERAZIONE ORIZZONTALE PER LE VARIE ZONE SISMICHE.....	11
FIG. 9: CATEGORIE DI PROFILO STRATIGRAFICO DEL SUOLO DI FONDAZIONE	11
2.4.1 PROFILO STRATIGRAFICO	12
FIG. 10: ESTRATTO DI CARTA SISMICA DEI SUOLI DELLA PAT – VERSIONE GENNAIO 2023 ...	12
2.4.2 CATEGORIA TOPOGRAFICA.....	12
FIG. 11: PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI DA UTILIZZARE PER LE VERIFICHE SECONDO LE NTC 2018	13

RELAZIONE GEOTECNICA

3. VERIFICHE GEOTECNICHE	14
3.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE	14
3.2 PROVE ESEGUITE.....	15
FIG. 12: UBICAZIONE DELLE PROVE DPSH ESEGUITE.....	15
FOTO 1: PROVA DPSH P1	16
FOTO 2: PROVA DPSH P2	17
FOTO 3: PROVA DPSH P3	18
3.3 MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO DI RIFERIMENTO.....	19
4. INTERVENTO PROPOSTO	20
5. CONCLUSIONI	32
FOTO 4: AREA DI PROGETTO	33
FOTO 5: AREA DI INTERVENTO.....	33

1. PREMESSA E INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO

La presente relazione geologica-geotecnica riguarda i lavori di somma urgenza per il consolidamento del corpo stradale della S.S. 42 in prossimità della progressiva Km 191+000 circa nel Comune di Livo.

A valle del corpo stradale si è verificato, per via delle intense precipitazioni di inizio aprile, per la locale saturazione del materiale costituente il pendio e per la probabile rottura della tubazione di scarico delle acque posta sotto la sede stradale, un cedimento alla base del cordolo di sostegno della carreggiata, compromettendone in parte la stabilità; tale dissesto si è propagato più a valle mentre lungo la S.S. 42 sono evidenti delle fessurazioni nell'asfalto parallele all'asse viario.

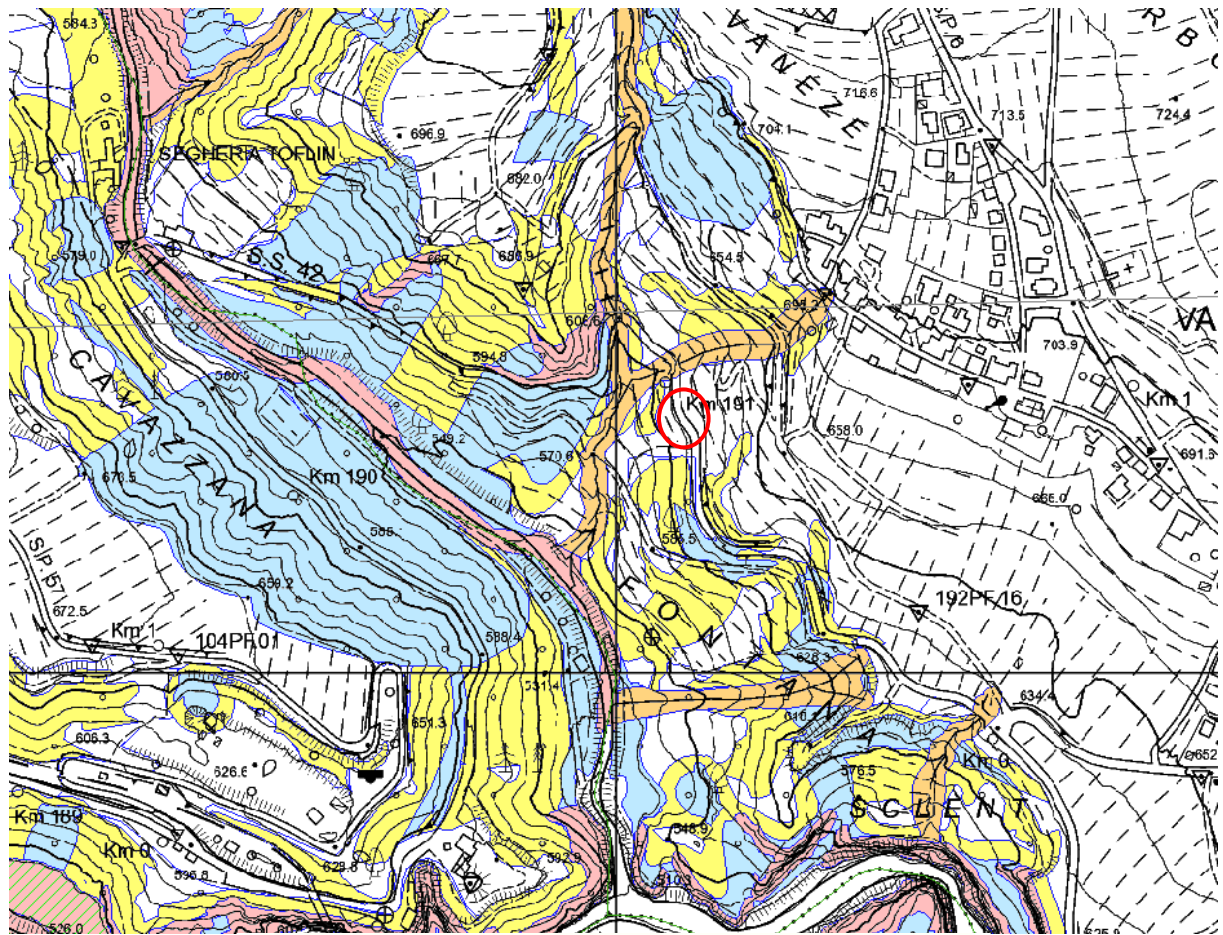
Secondo la Carta di Sintesi della Pericolosità della Provincia Autonoma di Trento P.U.P. 2008 vigente ottobre 2023 (approvazione del primo aggiornamento con deliberazione giunta provinciale n. 1748 del 29 settembre 2023) il sito del previsto intervento (versante a valle) è posto interamente in zona classificata **P1 a penalità trascurabile o assente** (Fig. 1 e 2); la penalità attesa è relativa alla pericolosità lito-geomorfologica (P1).

Secondo la Carta della Pericolosità Lito-Geomorfologica il sito di interesse ricade in zona **HR2 a pericolosità residua bassa** (Fig. 3). Inoltre l'intera area ricade in **zona sismica 4**.

La seguente relazione geologica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito è stata redatta secondo le disposizioni del paragrafo 6.2.1 delle NTC 2018; la successiva relazione geotecnica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno ottempera alle prescrizioni del paragrafo 6.2.2 delle NTC, alle osservazioni per l'applicazione dello stesso emanate dalla Provincia Autonoma di Trento nonché alle Norme di Attuazione del P.R.G. del Comune di Livo.

Scopo dello studio è l'approfondimento delle conoscenze geologiche e geotecniche del sottosuolo nel sito di progetto ed in un conveniente intorno al fine di definire le scelte progettuali per l'intervento di messa in sicurezza nel rispetto delle normative vigenti.

In data 9 aprile 2024 è stato eseguito un sopralluogo ed un rilievo aerofotogrammetrico nella zona di progetto mentre in data 10 aprile 2024 sono state eseguite delle indagini geognostiche ed in particolare n. 3 indagini penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH con lo scopo di indagare il sottosuolo al fine di ricavare i parametri geotecnici dei materiali in profondità e per individuare la profondità del substrato roccioso.













Legenda - CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA'		
Classi di Penalità		
Con riferimenti alle norme di attuazione del Piano Urbanistico Provinciale (L.P. 27 maggio 2008, n. 5)		
penalità ordinarie		
	P4 - elevata	art. 15
	P3 - media	art. 16
	P2 - bassa	art. 17
altri tipi di penalità		
	APP - aree da approfondire	art. 18
	PRV - residua da valanga	art. 18
	P1 - trascurabile o assente	art. 18
tutele speciali		
	AFI - ambiti fluviali di interesse idraulico previsti dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche	art. 14
	IMP - aree riservate a interventi di mitigazione del pericolo	art. 18
	RSS - area di rispetto stazione sismometrica	art. 18
	stazione sismometrica	

Fig. 1: Stralcio Carta di Sintesi Pericolosità P.U.P. – versione ottobre 2023













Legenda - CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA'		
Classi di Penalità		
Con riferimenti alle norme di attuazione del Piano Urbanistico Provinciale (L.P. 27 maggio 2008, n. 5)		
penalità ordinarie		
	P4 - elevata	art. 15
	P3 - media	art. 16
	P2 - bassa	art. 17
altri tipi di penalità		
	APP - aree da approfondire	art. 18
	PRV - residua da valanga	art. 18
	P1 - trascurabile o assente	art. 18
tutele speciali		
	AFI - ambiti fluviali di interesse idraulico previsti dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche.	art. 14
	IMP - aree riservate a interventi di mitigazione del pericolo	art. 18
	RSS - area di rispetto stazione sismometrica	art. 18
	stazione sismometrica	

Fig. 2: Stralcio Carta di Sintesi Pericolosità P.U.P. su base ortofoto

RELAZIONE GEOLOGICA

SULLE INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

(CONTIENE LA MODELLAZIONE SISMICA)

2. INQUADRAMENTO MORFOLOGICO, GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Il sito d'opera di progetto è posto lungo la S.S. 42 al Km. 191+000 circa, alla quota di circa 611 metri s.l.m., in sponda sinistra idrografica del lago di Santa Giustina, poco a sud dell'abitato di Livo e poco a sud-ovest di quello di Varollo.

2.1 Geomorfologia

Il sito di progetto è ubicato nella parte terminale della Valle di Non, a nord del lago di Santa Giustina, lungo un altopiano caratterizzato da estesi depositi morenici.

La zona di studio si trova a monte della sponda sinistra del lago di Santa Giustina e poco a valle del nucleo di Varollo nel territorio del Comune di Livo.

In particolare la zona di intervento è ubicata a valle della S.S. 42 lungo il fianco sinistro di una vallecchia all'interno del quale scorre il Rio Fossadi; il pendio appare in parte coltivato nel settore di monte mentre verso valle degrada ripido lungo una parte boscata.

Al fine di ricostruire il passato geomorfologico è stata fatta un'analisi fotogrammetrica e topografica comparata che non ha evidenziato tracce di condizionamento antropico dell'area, con particolare riferimento alle fasce di contatto tra il fondovalle ed il versante. Le riprese aeree evidenziano un pendio avente una vergenza verso ovest e pendenze comprese tra 35° e 50°; a valle della S.S. 42 il versante risulta coltivato a meleti e vi è una viabilità secondaria interpodereale.

2.2 Geologia

Nell'area circostante affiorano le unità litologiche della serie triassica, disposte secondo una struttura ad ampia anticlinale con asse orientato NW-SE. L'immersione degli strati è spesso condizionata dalla notevole plasticità dei materiali che compongono questa serie. La litologia predominante è rappresentata dalla Formazione del Contrin che è costituita essenzialmente da dolomie e calcari dolomitici.

Il sottosuolo dell'area è costituito dai seguenti elementi: suolo vegetale, depositi glaciali e fluvioglaciali sciolti o debolmente addensati e substrato roccioso:

- il suolo vegetale è una sabbia limosa con argilla con forte componente organica e copre l'area circostante il luogo d'intervento con spessore variabile tra 0,10 e 0,70 metri, ma non è cartografato;

- i depositi morenici e fluvioglaciali sono rappresentati da argille e limi sabbiosi nella porzione superiore e da ghiaie con sabbia il tutto di litologia eterogenea, a diverso grado di addensamento, nella porzione inferiore; a monte, nei pressi di Varollo, si individuano i depositi appartenenti al Sintema del Garda – Subsintema di Malè (SGD1) mentre più in basso, nei pressi della zona di interesse, i depositi appartenenti al Supersintema del Monte Spinale – Sintema del Rio Barnes (RBR) e poco a valle quelli del Sintema del Rio Pescara (RPS);
- il substrato roccioso, che risulta ricoperto da uno spessore variabile di depositi di copertura morenici e che affiora a sud del sito di progetto, è rappresentato dalla Formazione del Contrin (Triassico medio). Si tratta di dolomie subtidali in strati medio-spessi a Dasycladacee (diplopore) dove al tetto si rinvengono orizzonti intertidali di doloareniti grigio-verdastre.

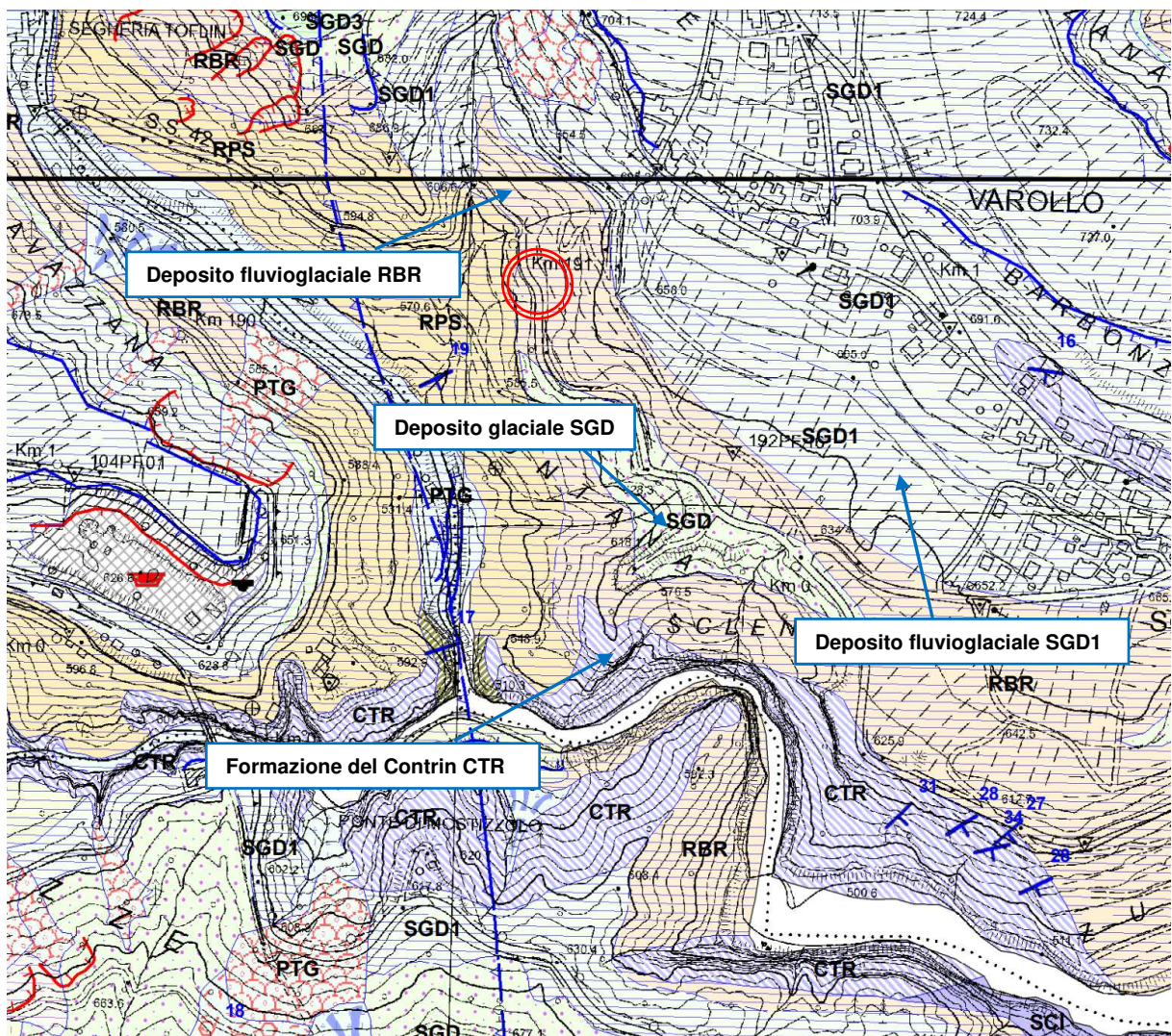


Fig. 6: Ubicazione e schema geologico dell'area di studio

(Carta Geologica Progetto CARG – PAT (ISPRA))

2.3 Idrogeologia

Il comportamento idrogeologico dei terreni affioranti è caratterizzato da una grande variabilità, dovuta al diverso grado di porosità efficace presentato dai diversi termini litologici. In termini idrogeologici, i depositi fluvioglaciali, i depositi morenici ed i conoidi hanno permeabilità primaria per porosità alta, mentre i litotipi prevalentemente rocciosi presenti nell'area presentano permeabilità secondaria per fratturazione bassa. Nei primi si riscontra una generale tendenza all'infiltrazione delle acque meteoriche, mentre, nei secondi prevalgono i fenomeni di scorrimento superficiale.

L'elemento idrologico dominante è rappresentato dalla vicinanza con il torrente Noce ubicato poco a sud-est della zona di interesse; poco a valle scorre il Rio Fossadi che ha intagliato la vallecola lungo la quale è situato il sito in esame e che si unisce al Rio Barnes prima che quest'ultimo entri nel Lago di Santa Giustina.

Secondo la Carta delle Risorse Idriche della Provincia Autonoma di Trento, il sito di studio è esterno ad aree di rispetto e/o di protezione idrogeologica di pozzi e/o sorgenti, come si evince dalla seguente Fig. 7.

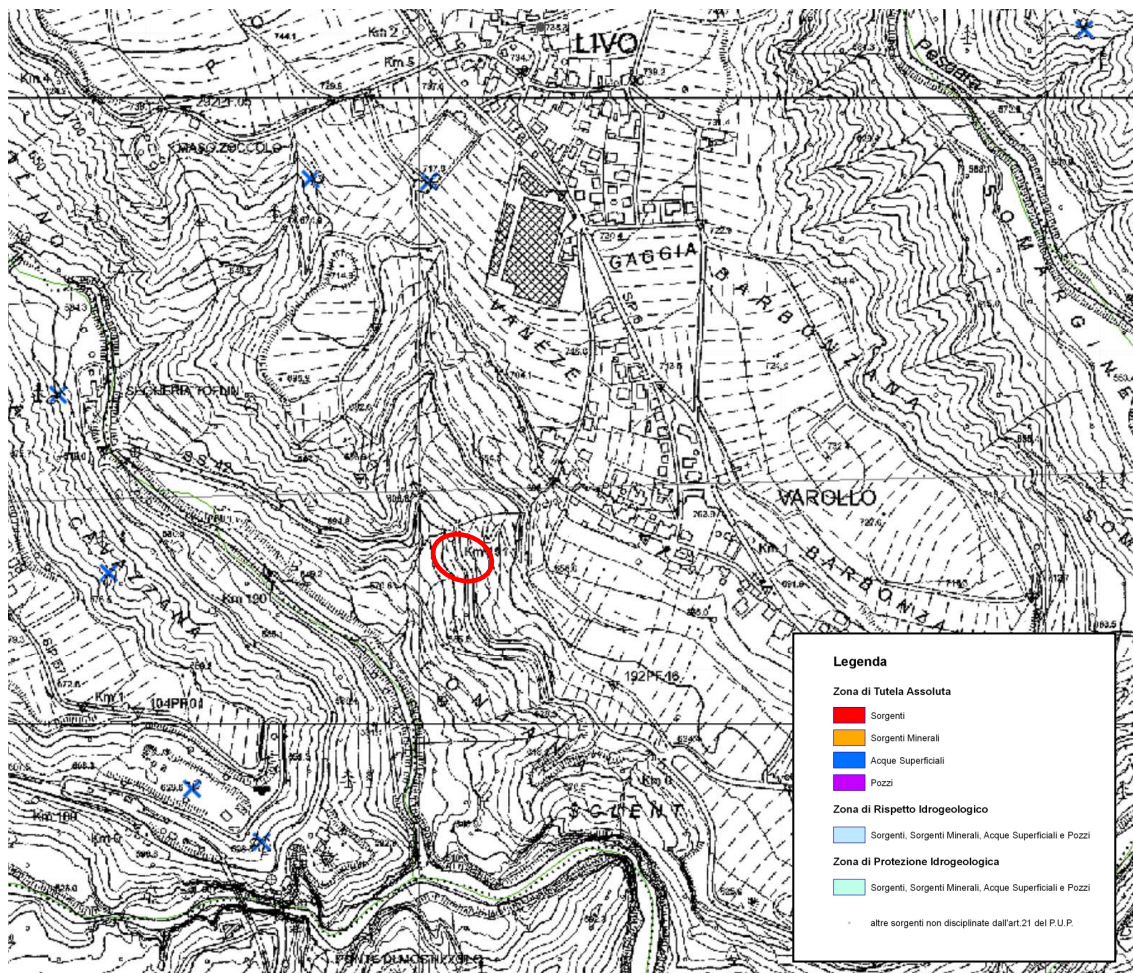


Fig. 7: Stralcio della Carta delle Risorse Idriche del PUP 2008 con ubicazione della zona di intervento

2.4 Classificazione sismica

A seguito dell'O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003, integrata poi successivamente dall'O.P.C.M. n. 3431 del 03/05/2005, il territorio provinciale è stato classificato come sismico e, con Delibera della Giunta Provinciale n. 1937 di data 20/10/2023 che approva le "Norme di attuazione" della variante al P.U.P. 2000 (nuova classificazione sismica del territorio provinciale), il territorio comunale di Livo (TN) è stato classificato come appartenente alla zona sismica 4.

Nella seguente tabella sono riportati i valori di accelerazione orizzontale (ag/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico.

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

Fig. 8: Valori di accelerazione orizzontale per le varie zone sismiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
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 fina molto consistenti</i> , 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.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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.
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.

Fig. 9: Categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione

2.4.1 Profilo stratigrafico

Il profilo stratigrafico del terreno di fondazione nel sito di progetto, come da Carta Sismica dei Suoli della Provincia Autonoma di Trento – aggiornamento gennaio 2023 (Fig. 10), risulta costituito da terreni granulari ed è pertanto classificabile in categoria B¹ con una V_{S30} compresa tra 360 e 800 m/sec.

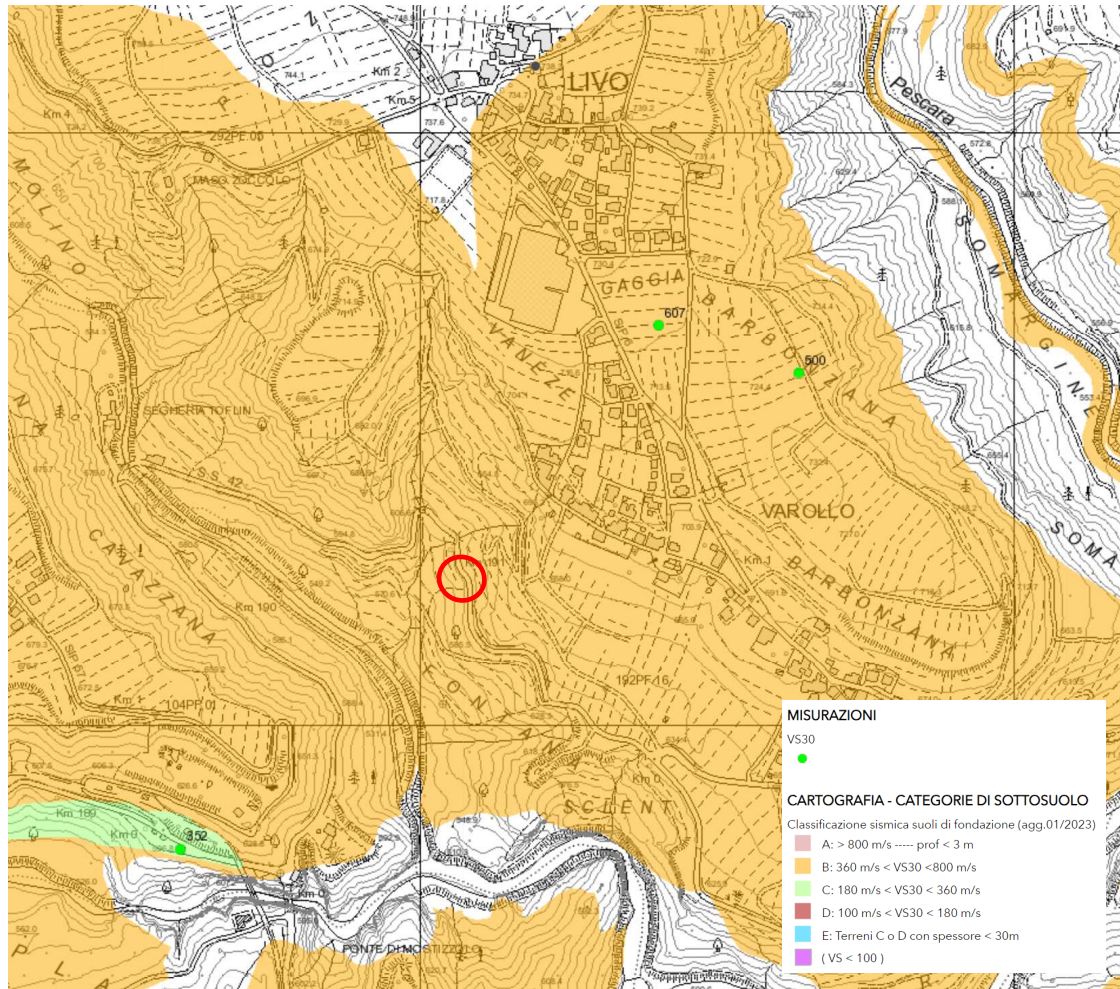
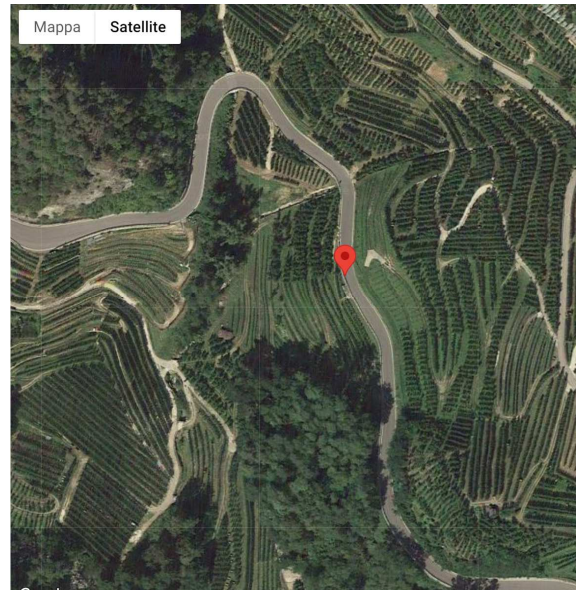
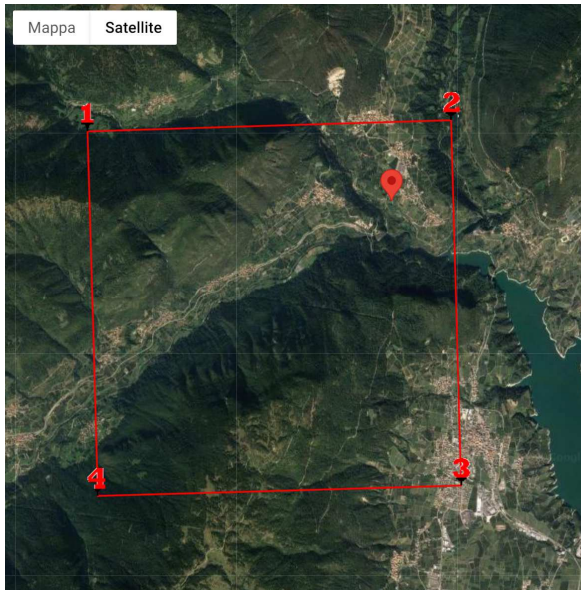


Fig. 10: Estratto di Carta Sismica dei Suoli della PAT – versione gennaio 2023

2.4.2 Categoria topografica

La categoria topografica del sito di progetto ricade in categoria T2 in quanto le opere saranno poste su un terreno che presenta un'inclinazione media superiore ai 15°.

¹ CAT. B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800m/s.



Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Muro rigido: 0

Sito in esame.

latitudine: 46,399124

longitudine: 11,018112

Classe: 2

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 8290 Lat: 46,4087 Lon: 10,9576 Distanza: 4761,469

Sito 2 ID: 8291 Lat: 46,4102 Lon: 11,0299 Distanza: 1524,516

Sito 3 ID: 8513 Lat: 46,3602 Lon: 11,0320 Distanza: 4457,157

Sito 4 ID: 8512 Lat: 46,3587 Lon: 10,9598 Distanza: 6341,268

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B
 Categoria topografica: T2
 Periodo di riferimento: 50anni
 Coefficiente cu: 1

Operatività (SL0):
 Probabilità di superamento: 81 %
 Tr: 30 [anni]
 ag: 0,020 g
 Fo: 2,594
 Tc*: 0,159 [s]

Danno (SLD):
 Probabilità di superamento: 63 %
 Tr: 50 [anni]
 ag: 0,025 g
 Fo: 2,585
 Tc*: 0,188 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):
 Probabilità di superamento: 10 %
 Tr: 475 [anni]
 ag: 0,049 g
 Fo: 2,703
 Tc*: 0,332 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):
 Probabilità di superamento: 5 %
 Tr: 975 [anni]
 ag: 0,059 g
 Fo: 2,815
 Tc*: 0,361 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SL0:
 Ss: 1,200
 Cc: 1,590
 St: 1,200
 Kh: 0,006
 Kv: 0,003
 Amax: 0,277
 Beta: 0,200

SLD:
 Ss: 1,200
 Cc: 1,540
 St: 1,200
 Kh: 0,007
 Kv: 0,004
 Amax: 0,347
 Beta: 0,200

SLV:
 Ss: 1,200
 Cc: 1,370
 St: 1,200
 Kh: 0,014
 Kv: 0,007
 Amax: 0,693
 Beta: 0,200

SLC:
 Ss: 1,200
 Cc: 1,350
 St: 1,200
 Kh: 0,017
 Kv: 0,008
 Amax: 0,826
 Beta: 0,200

Fig. 11: Parametri e coefficienti sismici da utilizzare per le verifiche secondo le NTC 2018

RELAZIONE GEOTECNICA

SULLE INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

(CONTIENE LE VERIFICHE GEOTECNICHE)

3. VERIFICHE GEOTECNICHE

La schematizzazione geologica e geotecnica del sottosuolo è scaturita dal sopralluogo eseguito in sito in data 9 aprile 2024 e dai risultati delle indagini geognostiche, in particolare n. 3 indagini penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH, eseguite in data 10 aprile 2024 che hanno permesso di indagare meglio il sottosuolo nella zona di progetto.

3.1 Indagini geognostiche

In data 10 aprile 2024 nel sito di progetto sono state eseguite, con lo scopo di una migliore caratterizzazione geotecnica del sottosuolo, le seguenti indagini geognostiche:

- n° 3 prove penetrometriche dinamiche continue con penetrometro DPSH (Dynamic Probe Super Heavy) spinte sino alla profondità di:
 - 3,20 metri ed interrotta per rifiuto (P1).
 - 2,20 metri ed interrotta per rifiuto (P2).
 - 3,00 metri ed interrotta per rifiuto (P3).

Per tali prove è stato utilizzato uno strumento denominato SKYLOS PERPHORAMETER, con restituzione dei colpi di infissione della punta ogni 0,20 metri.

Caratteristiche dello strumento:

- . Massa battente 63,5 Kg.
- . Volata 75 cm (regolabile da 10 a 76,5 cm).
- . Massa passiva (otturatore di battuta 4,2 Kg).
- . Aste lunghezza 1 m, diametro 32 mm in acciaio ad alta resistenza.
- . Punta fissa standard diametro 51 mm, altezza colletto 51 mm, angolo cono 90° o 60°.
- . Asta graduata a 10, 20, 30 cm con selezione manuale in funzione dello standard scelto.
- . Comando mediante pulsantiera con contacolpi.

3.2 Prove eseguite

Prova P1: Eseguita in data 10 aprile 2024, a partire dal piano campagna nel settore di valle della S.S. 42 e spinta sino alla profondità di -3,20 metri dal p.c. ed interrotta per rifiuto.

Prova P2: Eseguita in data 10 aprile 2024, a partire dal piano campagna nel settore di valle della S.S. 42 e spinta sino alla profondità di -2,20 metri dal p.c. ed interrotta per rifiuto.

Prova P3: Eseguita in data 10 aprile 2024, a partire dal piano campagna lungo la S.S. 42 e spinta sino alla profondità di -3,00 metri dal p.c. ed interrotta per rifiuto.

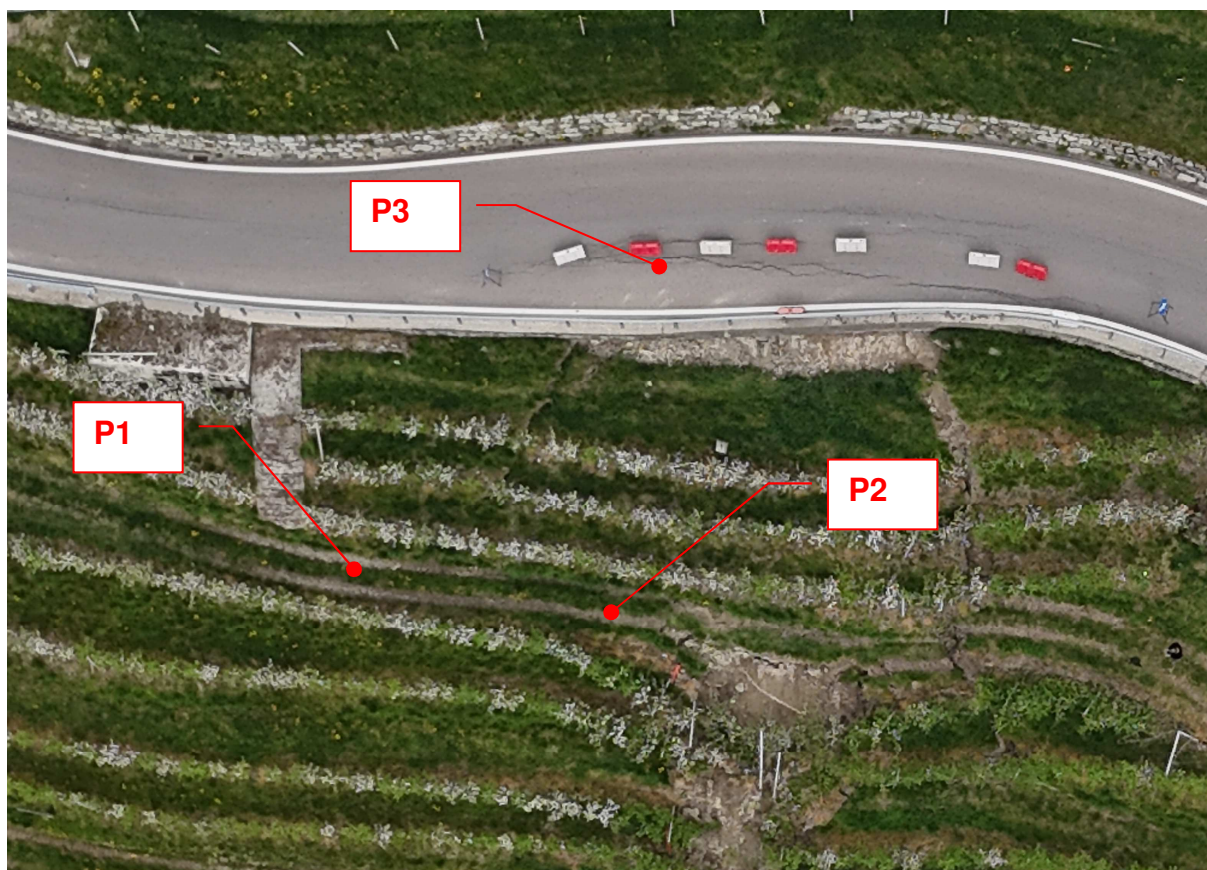


Fig. 12: Ubicazione delle prove DPSH eseguite

Sono di seguito riportati i dati ed i diagrammi relativi alle singole prove.

Geol. Ilario Bridi
.....

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P1
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: Tecnoperforazioni s.r.l.
Descrizione: Somma urgenza SS42
Localita': Livo (TN)

10/04/2024

Scala 1:52

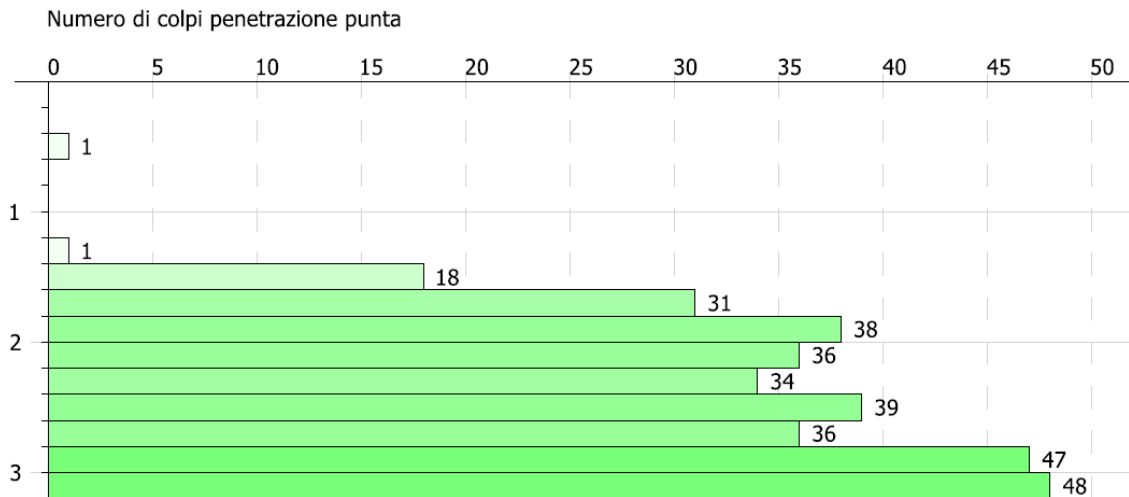


Foto 1: prova DPSH P1

Geol. Ilario Bridi
.....

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P2
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: Tecno perforazioni s.r.l.
Descrizione: Somma urgenza SS42
Localita': Livo (TN)

10/04/2024

Scala 1:52

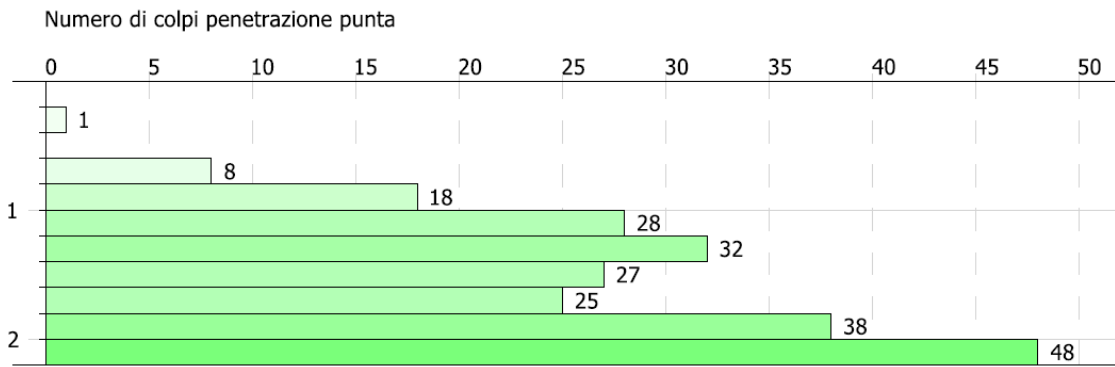


Foto 2: prova DPSH P2

Geol. Ilario Bridi
.....

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P3
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: Tecno perforazioni s.r.l.
Descrizione: Somma urgenza SS42
Localita': Livo (TN)

10/04/2024

Scala 1:52

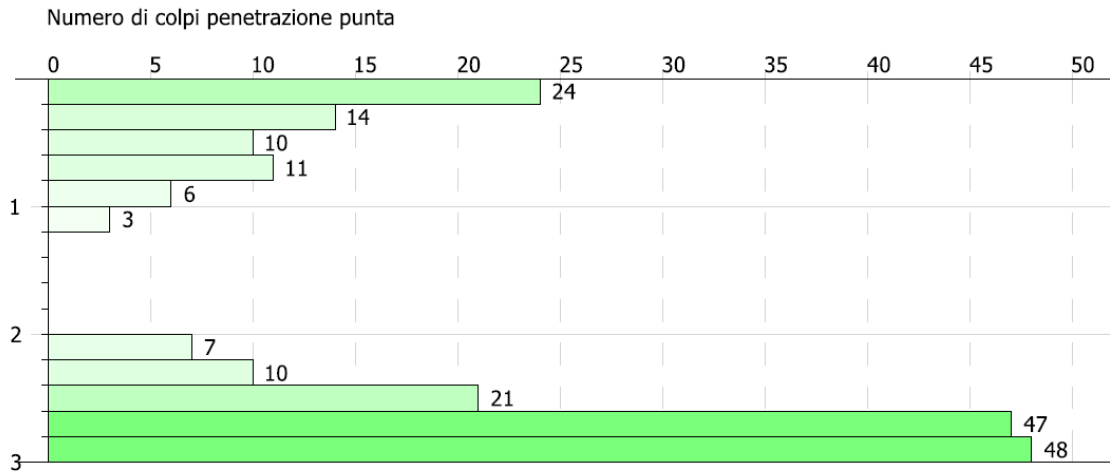


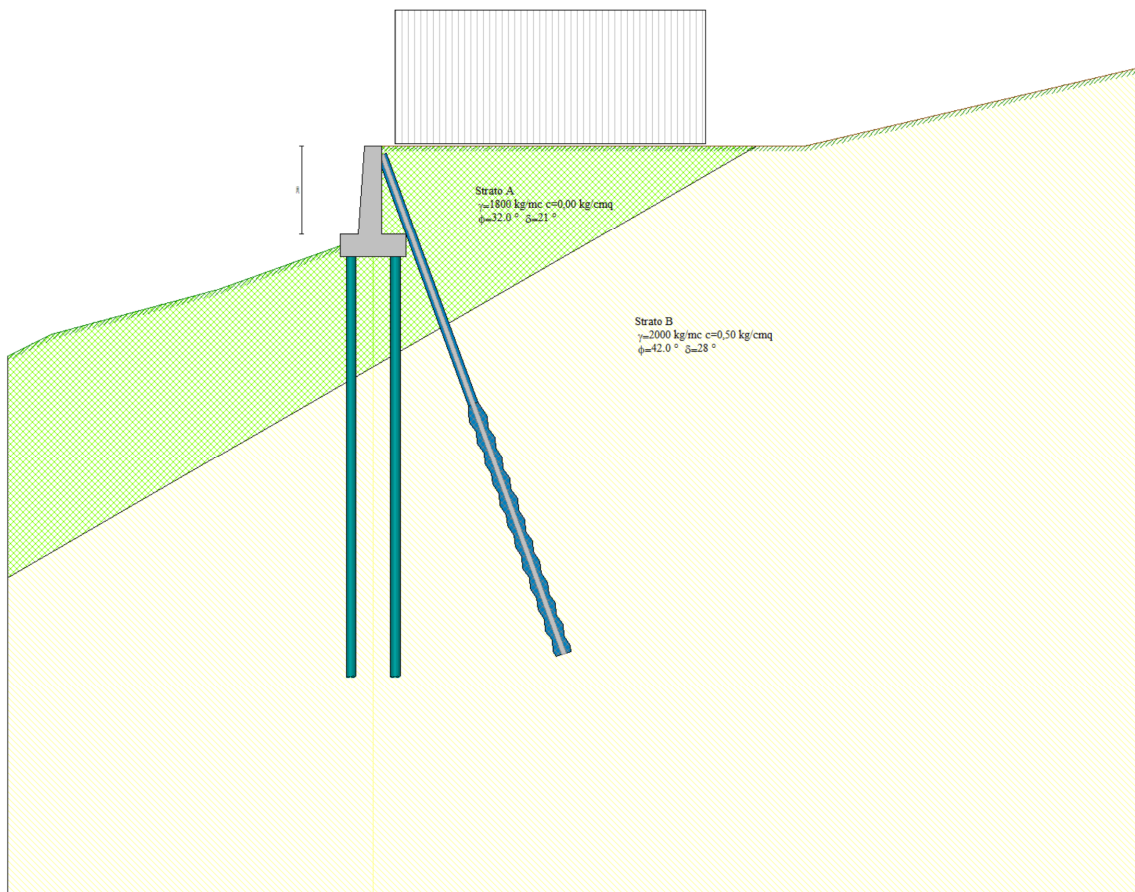
Foto 3: prova DPSH P3

3.3 Modello geologico-geotecnico di riferimento

I risultati delle indagini penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH, eseguite in data 10 aprile 2024 hanno permesso di indagare meglio il sottosuolo nella zona di progetto e di individuare una stratigrafia composta da due strati di materiali, i depositi di copertura ed il substrato roccioso sub-affiorante.

STRATO A: depositi di copertura; presente su tutta l'estensione del terreno in esame sino alla profondità variabile compresa tra 1,50 e 2,00 metri, è caratterizzato da un valore dell'angolo d'attrito interno $\phi = 32^\circ$, proprio di sabbie con ghiaie, alle quali possono attribuirsi un peso di volume $\gamma = 1,80\text{-}1,90 \text{ t/m}^3$, coesione a lungo termine $c=0 \text{ kg/cmq}$.

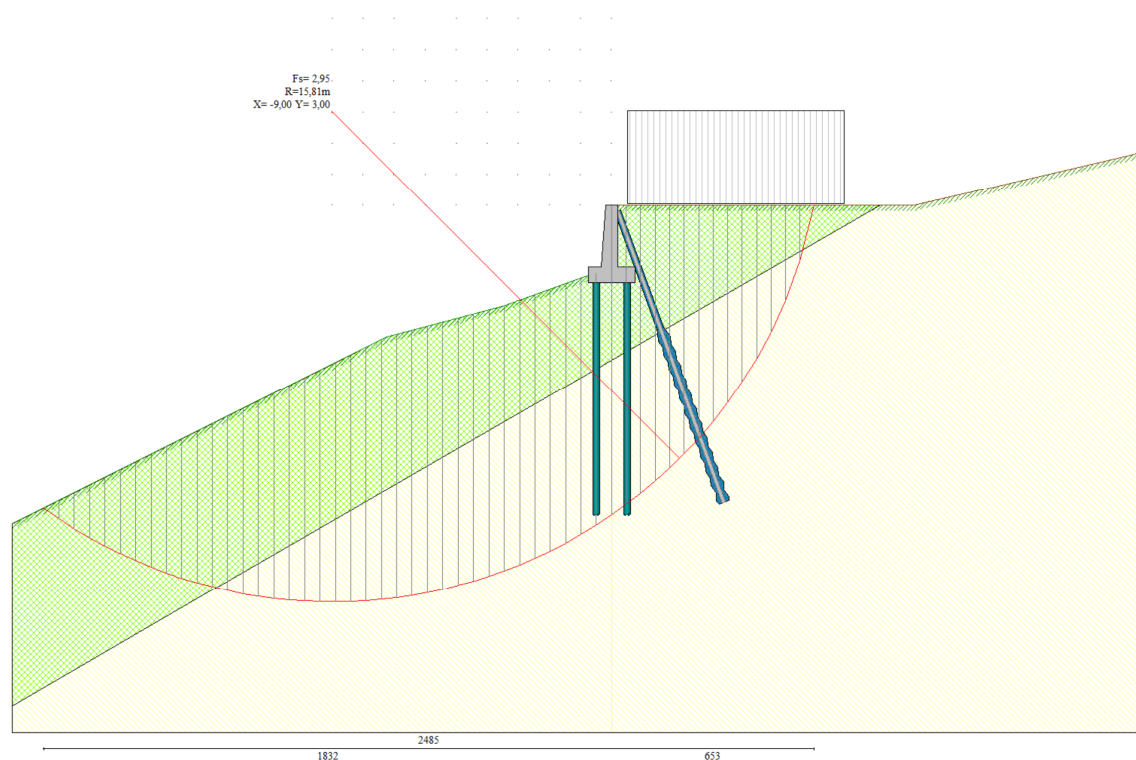
STRATO B: substrato roccioso; presente da circa -2,00 metri e sino a profondità superiori, è caratterizzato da un valore dell'angolo d'attrito interno $\phi = 42^\circ$, proprio di substrato litoide compatto, al quale possono attribuirsi un peso di volume $\gamma = 2,00\text{-}2,20 \text{ t/m}^3$, coesione a lungo termine $c=0,50 \text{ kg/cmq}$.

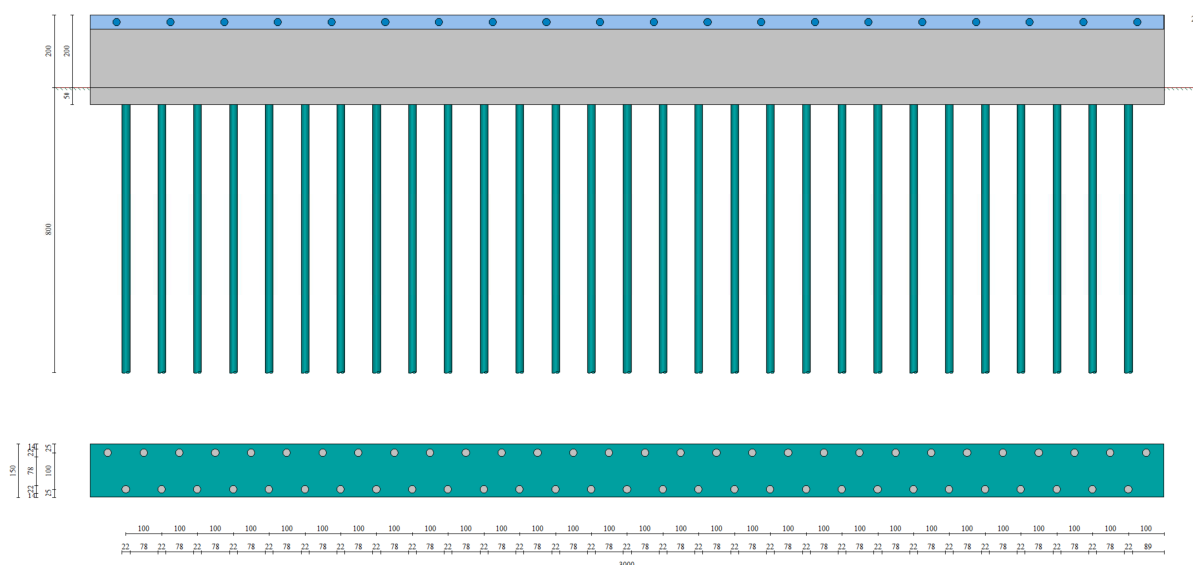


4. INTERVENTO PROPOSTO

Per la messa in sicurezza della porzione di valle della S.S. 42 nel tratto in esame si propone la realizzazione un muro in testa di altezza pari a 2,00 metri a sostegno del cordolo del lato di valle della strada sorretto da una paratia di micropali verticali ed inclinati come di seguito specificato.

- ZONA A VALLE – lunghezza 30 metri: due file di micropali verticali di lunghezza pari a 12,00 metri, interasse file 1,00, interasse pali 1,00 metri, diametro di perforazione 220 mm, armatura diametro 139,7 mm e spessore 10 mm e micropali inclinati di 20° di lunghezza pari a 10,00 metri, interasse 1,50 metri, diametro di perforazione 220 mm, armatura 114 mm e spessore 10 mm. Serviranno n. 59 pali verticali e n. 20 pali inclinati.





Dati

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di micropali con muro in testa**

Altezza fuori terra	2,00	[m]
Profondità di infissione	8,00	[m]
Altezza totale della paratia	10,00	[m]
Lunghezza paratia	30,00	[m]

Numero di file di micropali	2	
Interasse fra le file di micropali	1,00	[m]
Interasse fra i micropali della fila	1,00	[m]
Diametro dei micropali	22,00	[cm]
Ordinata testa micropali	2,00	[m]
Numero totale di micropali	59	
Numero di micropali per metro lineare	1,97	
Diametro esterno del tubolare	139,70	[mm]
Spessore del tubolare	10,00	[mm]

Geometria muro

Altezza paramento	2,00	[m]
Spessore testa paramento	0,40	[m]
Inclinazione esterna	4,000	[°]
Inclinazione interna	0,000	[°]
Spessore base paramento	0,54	[m]
Larghezza fondazione	1,50	[m]
Altezza fondazione	0,50	[m]
Altezza totale muro	2,50	[m]

Geometria cordoli

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine del cordolo
Y	posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo

B	Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H	Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Livo_somma urgenza SS42

Cordoli in acciaio

A Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]
 W Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm³]

N°	Y [m]	Tipo	B [cm]	H [cm]	A [cmq]	W [cm ³]
1	0,00	Calcestruzzo	220,00	40,00	--	--

Geometria profilo terreno**Simbologia adottata e sistema di riferimento**

(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto
 X ascissa del punto espressa in [m]
 Y ordinata del punto espressa in [m]
 A inclinazione del tratto espressa in [°]

Profilo di monte

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
2	9,75	0,00	0.00
3	17,25	1,75	13.13

Profilo di valle

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-8,25	-4,75	0.00
2	-7,25	-4,25	0.00
3	-3,50	-3,25	13.13
4	0,00	-2,00	-174.21

Descrizione terreni**Simbologia adottata**

n° numero d'ordine
 Descrizione Descrizione del terreno
 γ peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
 γ_{sat} peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
 ϕ angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
 δ angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
 c coesione del terreno espressa in [kg/cm²]
 ca adesione terreno/paratia espressa in [kg/cm²]

Parametri per il calcolo dei tiranti secondo il metodo di Bustamante-Doix

Cesp coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato
 τ tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [kg/cm²]
 I parametri medi e minimi vengono usati per il calcolo di portanza di progetto dei pali e per la resistenza di progetto a sfilamento dei tiranti

N°	Descrizione	γ [kg/mc]	γ_{sat} [kg/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kg/cm ²]	ca [kg/cm ²]	Cesp	τ [kg/cm ²]	
1	Strato A	1800,0	1900,0	32.00	21.00	0,000	0,000	1.20	2,000	CAR
				32.00	21.00	0,000	0,000	1.20	2,000	MIN
				32.00	21.00	0,000	0,000	1.20	2,000	MED
2	Strato B	2000,0	2200,0	42.00	28.00	0,500	0,000	1.35	0,400	CAR
				42.00	28.00	0,500	0,000	1.35	0,400	MIN
				42.00	28.00	0,500	0,000	1.35	0,400	MED

Descrizione stratigrafia**Simbologia adottata**

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
 sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
 kw costante di Winkler orizzontale espressa in [Kg/cm²/cm]
 α inclinazione dello strato espressa in [°] (M: strato di monte, V: strato di valle)
 Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte, V: strato di valle)

N°	sp [m]	α_M [°]	α_V [°]	K _{wM} [kg/cm ² /cm]	K _{wV} [kg/cm ² /cm]	Terreno M	Terreno V
1	5,00	30.00	30.00	0.88	0.88	Strato A	Strato A
2	12,00	0.00	0.00	8.58	8.58	Strato B	Strato B

Caratteristiche tiranti di ancoraggio

Tipologia tiranti n° 1 - Tirante passivo

Calcolo tiranti: VERIFICA
 Diametro della perforazione 22,00 [cm]
 Coeff. di espansione laterale 1.30

Livo_somma urgenza SS42

Malta utilizzata per i tiranti

Classe di Resistenza	C25/30	
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	306	[kg/cm ²]

Acciaio utilizzato per i tiranti

Tipo	S 355	
Tensione di snervamento f_{yk}	3620	[kg/cm ²]

Tiranti passivi armati con tubolare

Diametro esterno del tubolare:	114,00	[mm]
Spessore del tubolare:	10,00	[mm]

I parametri di interazione tiranti-terreno sono stati definiti come percentuale di angolo di attrito e coesione dello strato:

- Aliquota angolo di attrito	80.00	[%]
- Aliquota coesione	50.00	[%]
Superficie di ancoraggio	Angolo di rottura	
Coefficiente di spinta	Spinta a riposo	
Tensione limite resistenza malta	Tensione tangenziale aderenza acciaio-cla $f_{bd} = 19,17$	[kg/cm ²]

Descrizione tiranti di ancoraggio**Simbologia adottata**

n°	numero d'ordine della fila
Tipologia	Descrizione tipologia tirante
Y	ordinata della fila espressa in [m] misurata dalla testa della paratia
I	interasse tra le file di tiranti espressa in [m]
f	franco laterale espressa in [m]
alfa	inclinazione dei tiranti della fila rispetto all'orizzontale espressa in [°]
ALL	allineamento dei tiranti della fila (CENTRATI o SFALSATI)
nr	numero di tiranti della fila
Lt	lunghezza totale del tirante espresso in [m]
Lf	lunghezza di fondazione del tirante espresso in [m]
T	tiro iniziale espresso in [kg]

n°	Tipo	Y [m]	I [m]	f [m]	Alfa [°]	ALL	nr	Lt [m]	Lf [m]	T [kg]
1	Tirante passivo	0,20	1,50	0,20	70.00	Sfalsati	20	10,00	--	--

Caratteristiche materiali utilizzati**Simbologia adottata**

γ_{cls}	Peso specifico cls, espresso in [kg/mc]
Classe cls	Classe di appartenenza del calcestruzzo
Rck	Rigidità cubica caratteristica, espressa in [kg/cm ²]
E	Modulo elastico, espresso in [kg/cm ²]
Acciaio	Tipo di acciaio
n	Coeff. di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo

Descrizione	γ_{cls} [kg/mc]	Classe cls	Rck [kg/cm ²]	E [kg/cm ²]	Acciaio	n
Paratia	2500	C20/25	255	307953	B450C	15.00
Cordolo/Muro	2500	C20/25	255	307953	B450C	15.00

Coeff. di omogeneizzazione cls teso/compresso 1.00

Condizioni di carico**Simbologia e convenzioni adottate**

Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia	
Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia	
Ig	Indice di gruppo
F _x	Forza orizzontale espressa in [kg], positiva da monte verso valle
F _y	Forza verticale espressa in [kg], positiva verso il basso
M	Momento espresso in [kgm], positivo ribaltante
Q _i , Q _r	Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kg/mq]
V _i , V _s	Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kg/mq], positivi da monte verso valle
R	Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kg]

Condizione n° 1 - Variabile - Condizione 1 (Ig=0) [$\Psi_0=1.00 - \Psi_1=1.00 - \Psi_2=1.00$]

Carico distribuito sul profilo	$X_i = 0,50$	$X_r = 7,50$	$Q_i = 2000$	$Q_r = 2000$
--------------------------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

Combinazione n° 1 - SLU - STR (A1-M1-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.30	
Condizione 1	SFAV	1.50	1.00

Combinazione n° 2 - SLU - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 1	SFAV	1.30	1.00

Combinazione n° 3 - SLV - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 4 - SLE - Rara

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 5 - SLE - Frequente

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 6 - SLE - Quasi permanente

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 7 - SLD

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00

Impostazioni di progettoSpinte e verifiche secondo: Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (17/01/2018)**Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:**

Carichi	Effetto		Statici		Sismici	
			A1	A2	A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	γ_{Gfav}	0.80	0.80	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.35	1.15	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		Statici		Sismici	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	γ_{tango}	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60	1.00	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00	1.00	1.00

TIRANTI DI ANCORAGGIOCoefficienti parziali γ_R per le verifiche dei tiranti**Resistenza**Laterale γ_{st} **R3** 1,20Coefficienti di riduzione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica dei tiranti.Numero di verticali indagate 1 $\xi_3=1,80$ $\xi_4=1,80$ Verifica materiali: Stato Limite**Impostazioni verifiche SLU**Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Verifica Taglio

Sezione in acciaio

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v f_{yk}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

con:

 A_v Area lorda sezione profilo

Sezione in c.a.

$$V_{Rd} = 0.9d \frac{A_{sw}}{s} f_{yk} (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta) \operatorname{sen} \alpha$$

$$V_{Rd} = 0.9d b_w \alpha_c v f_{cd} \frac{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta}{1 + \operatorname{ctg}^2 \theta}$$

con:

d	altezza utile sezione [mm]
b_w	larghezza minima sezione [mm]
A_{sw}	area armatura trasversale [mmq]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
α_c	coefficiente maggiorativo, funzione di f_{cd} e σ_{cp}
σ_{cp}	tensione media di compressione [N/mmq]
$v=0.5$	

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali Ordinarie

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali Ordinarie

Impostazioni di analisi**Analisi per Combinazioni di Carico.**Rottura del terreno:

Pressione passiva

Influenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva K_a e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale:

Metodo:	Metodo di Fellenius
Maglia dei centri	Passo maglia Automatica
Resistenza a taglio paratia	V_{Rd}

Impostazioni analisi sismica**Identificazione del sito**

Latitudine	46.405740
Longitudine	11.019091
Comune	Livo
Provincia	Trento
Regione	Trentino-Alto Adige
Punti di interpolazione del reticolo	8291 - 8290 - 8512 - 8513

Tipo di opera

Tipo di costruzione	Opera ordinaria
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	II - Normali affollamenti e industrie non pericolose
Vita di riferimento	50 anni

Combinazioni/Fase

	SLU	SLE
Accelerazione al suolo [m/s ²]	0.480	0.241
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F ₀	2.703	2.585
Valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione T _c * [sec]	0.332	0.188
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.200	1.200
Tipo di sottosuolo	B	
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S _s)	1.200	1.200
Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo (α)	1.000	1.000
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza U _s [m]	0.050	0.050
Coefficiente di riduzione per spostamento massimo (β)	0.612	0.612
Prodotto α β	0.612 > 0.2	0.612 > 0.2
Coefficiente di intensità sismica [%]	4.313	2.165
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale (k _v)	0.00	
Coefficiente di riduzione (β _s)	0.380	0.470
Coefficiente di intensità sismica nella verifica di stabilità [%]	2.677	1.662

Inerzia massa strutturale Non considerata

Influenza sisma nella spinta attiva da monte

Forma diagramma incremento sismico: Triangolare con vertice in alto.

Risultati

Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 40 elementi fuori terra e 160 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incrementi di carico.

Altezza fuori terra della paratia	2,00	[m]
Profondità di infissione	8,00	[m]
Altezza totale della paratia	10,00	[m]

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Pa	Spinta attiva, espressa in [kg]
Is	Incremento sismico della spinta, espressa in [kg]
Pw	Spinta della falda, espressa in [kg]
Pp	Resistenza passiva, espressa in [kg]
Pc	Controspinta, espressa in [kg]

n°	Tipo	Pa [kg]	Y _{Pa} [m]	Is [kg]	Y _{Is} [m]	Pw [kg]	Y _{Pw} [m]	Pp [kg]	Y _{Pp} [m]	Pc [kg]	Y _{Pc} [m]
1	SLU - STR	2757	1,50	--	--	--	--	-1482	3,89	290	6,74
2	SLU - GEO	3377	1,62	--	--	--	--	-1907	4,50	512	6,85
3	SLV - GEO	3200	1,73	542	1,33	--	--	-2162	4,54	585	6,86
4	SLE - Rara	1976	1,49	--	--	--	--	-1076	3,84	209	6,72
5	SLE - Frequente	1976	1,49	--	--	--	--	-1076	3,84	209	6,72
6	SLE - Quasi permanente	1976	1,49	--	--	--	--	-1076	3,84	209	6,72
7	SLD	1959	1,51	102	1,33	--	--	-1124	3,86	220	6,73

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Rc	Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kg]
Rt	Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kg]
Rv	Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kg]
Rp	Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kg]

n°	Tipo	Rc [kg]	Y _{Rc} [m]	Rt [kg]	Y _{Rt} [m]	Rv [kg]	Y _{Rv} [m]	Rp [kg]	Y _{Rp} [m]
1	SLU - STR	0	0,00	1564	0,20	0	0,00	0	0,00
2	SLU - GEO	0	0,00	1982	0,20	0	0,00	0	0,00
3	SLV - GEO	0	0,00	2164	0,20	0	0,00	0	0,00
4	SLE - Rara	0	0,00	1108	0,20	0	0,00	0	0,00
5	SLE - Frequente	0	0,00	1108	0,20	0	0,00	0	0,00
6	SLE - Quasi permanente	0	0,00	1108	0,20	0	0,00	0	0,00
7	SLD	0	0,00	1157	0,20	0	0,00	0	0,00

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
P _{NUL}	Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
P _{INV}	Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
C _{ROT}	Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
MP	Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
R/R _{MAX}	Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]

n°	Tipo	P _{NUL} [m]	P _{INV} [m]	C _{ROT} [m]	MP [%]	R/R _{MAX} [%]
1	SLU - STR	2,58	2,90	5,72	11,18	0,33
2	SLU - GEO	3,05	5,05	5,83	20,50	0,72
3	SLV - GEO	3,19	5,05	5,84	21,12	0,82
4	SLE - Rara	2,55	2,85	5,70	10,56	0,28
5	SLE - Frequente	2,55	2,85	5,70	10,56	0,28
6	SLE - Quasi permanente	2,55	2,85	5,70	10,56	0,28
7	SLD	2,58	2,85	5,70	11,18	0,30

Verifiche geotecniche

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
P _{p,med} , P _{p,min}	Portanza di punta media e minima, espressa in [kg]
P _{l,med} , P _{l,min}	Portanza laterale media e minima, espressa in [kg]

Livo_somma urgenza SS42

Pd Portanza di progetto, espressa in [kg]
 N Sforzo normale alla base del palo, espressa in [kg]
 FS Fattore di sicurezza (rapporto Pd/N)

n°	Tipo	P _{p,med} [kg]	P _{L,med} [kg]	P _{p,min} [kg]	P _{L,min} [kg]	P _d [kg]	N [kg]	FS
1	SLU - STR	57677	0	57677	0	25132	5051	4.976

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
 Tipo Tipo della combinazione/fase
 Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
 M momento flettente massimo e minimo espresso in [kgm]
 N sforzo normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione)
 T taglio massimo e minimo espresso in [kg]

n°	Tipo	M [kgm]	Y _M [m]	T [kg]	Y _T [m]	N [kg]	Y _N [m]	
1	SLU - STR	388	5,00	1192	2,55	9934	10,00	MAX
		-1422	1,65	-1552	0,20	0	0,00	MIN
2	SLU - GEO	686	5,10	1395	3,05	11082	10,00	MAX
		-1952	1,80	-1971	0,20	0	0,00	MIN
3	SLV - GEO	783	5,15	1578	3,15	11581	10,00	MAX
		-2178	1,85	-2151	0,20	0	0,00	MIN
4	SLE - Rara	281	4,90	867	2,55	8680	10,00	MAX
		-999	1,65	-1099	0,20	0	0,00	MIN
5	SLE - Frequente	281	4,90	867	2,55	8680	10,00	MAX
		-999	1,65	-1099	0,20	0	0,00	MIN
6	SLE - Quasi permanente	281	4,90	867	2,55	8680	10,00	MAX
		-999	1,65	-1099	0,20	0	0,00	MIN
7	SLD	296	4,95	904	2,55	8814	10,00	MAX
		-1050	1,65	-1147	0,20	0	0,00	MIN

Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
 Tipo Tipo della combinazione/fase
 Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
 U spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
 V spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U [cm]	Y _u [m]	V [cm]	Y _v [m]	
1	SLU - STR	0,2075	0,00	0,0308	0,00	MAX
		-0,0023	6,45	0,0000	0,00	MIN
2	SLU - GEO	0,2466	0,00	0,0347	0,00	MAX
		-0,0041	6,55	0,0000	0,00	MIN
3	SLV - GEO	0,2642	0,00	0,0364	0,00	MAX
		-0,0047	6,55	0,0000	0,00	MIN
4	SLE - Rara	0,1608	0,00	0,0266	0,00	MAX
		-0,0017	6,40	0,0000	0,00	MIN
5	SLE - Frequente	0,1608	0,00	0,0266	0,00	MAX
		-0,0017	6,40	0,0000	0,00	MIN
6	SLE - Quasi permanente	0,1608	0,00	0,0266	0,00	MAX
		-0,0017	6,40	0,0000	0,00	MIN
7	SLD	0,1657	0,00	0,0270	0,00	MAX
		-0,0018	6,40	0,0000	0,00	MIN

Verifica a spostamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione/Fase
 Tipo Tipo combinazione/Fase
 Ulim spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]
 U spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	Ulim [cm]	U [cm]
1	SLU - STR	5,0000	0,2075
2	SLU - GEO	5,0000	0,2466
3	SLV - GEO	5,0000	0,2642
4	SLE - Rara	5,0000	0,1608
5	SLE - Frequente	5,0000	0,1608
6	SLE - Quasi permanente	5,0000	0,1608
7	SLD	5,0000	0,1657

Verifiche di corpo rigido

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
 Tipo Tipo della combinazione/fase
 S Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kg]

Livo_somma urgenza SS42

R	Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kg]
W	Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kg]
T	Reazione tiranti espresso in [kg]
P	Reazione puntoni espresso in [kg]
V	Reazione vincoli espresso in [kg]
C	Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kg]
Y	Punto di applicazione, espresso in [m]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kgm]
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kgm]
FS _{RIB}	Fattore di sicurezza a ribaltamento
FS _{SCO}	Fattore di sicurezza a scorrimento

I punti di applicazione delle azioni sono riferiti alla testa della paratia.

La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S Y [kg]	R Y [kg]	W Y [kg]	T Y [kg]	P Y [kg]	V Y [kg]	C Y [kg]	Mr [kgm]	Ms [kgm]	FS _{RIB}	FS _{SCO}
3	SLV - GEO	11244,10 3,11	137835,02 7,50	0,00 0,00	2164,24 0,20	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	77498,13	366445,70	4.728	12.451

Stabilità globale

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
(X _c ; Y _c)	Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R	Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
(X _v ; Y _v)	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
(X _m ; Y _m)	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
FS	Coefficiente di sicurezza
R	Coefficiente di sicurezza richiesto

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X _c , Y _c [m]	R [m]	X _v , Y _v [m]	X _m , Y _m [m]	FS	R
2	SLU - GEO	-9,00; 3,00	15,81	-18,32; -9,78	6,53; 0,00	2.948	1.100
3	SLV - GEO	-9,00; 3,00	15,81	-18,32; -9,78	6,53; 0,00	3.579	1.200
7	SLD	-9,00; 3,00	15,81	-18,32; -9,78	6,53; 0,00	3.644	1.200

Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte	
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto	
Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)	
Le strisce sono numerate da monte verso valle	
N°	numero d'ordine della striscia
W	peso della striscia espresso in [kg]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
φ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
L	sviluppo della base della striscia espressa in [m] (L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
Ctn, Ctt	contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kg]

Combinazione n° 2 - SLU - GEO

Numero di strisce 51

Caratteristiche delle strisce

N°	W _i [kg]	α [°]	L [m]	φ [°]	c [kg/cm ²]	u [kg/cm ²]	(Ctn; Ctt) [kg]
1	257,60	-35.01	0,60	26.56	0,000	0,000	(0; 0)
2	775,00	-32.84	0,59	26.56	0,000	0,000	(0; 0)
3	1269,06	-30.73	0,58	26.56	0,000	0,000	(0; 0)
4	1741,33	-28.67	0,56	26.56	0,000	0,000	(0; 0)
5	2193,12	-26.64	0,55	26.56	0,000	0,000	(0; 0)
6	2625,53	-24.65	0,54	26.56	0,000	0,000	(0; 0)
7	3039,52	-22.69	0,54	26.56	0,000	0,000	(0; 0)
8	3435,90	-20.76	0,53	26.56	0,000	0,000	(0; 0)
9	3815,37	-18.85	0,52	26.56	0,000	0,000	(0; 0)
10	4178,53	-16.97	0,52	26.56	0,000	0,000	(0; 0)
11	4525,89	-15.10	0,51	26.56	0,000	0,000	(0; 0)
12	4869,08	-13.25	0,51	31.16	0,200	0,000	(0; 0)
13	5223,86	-11.41	0,51	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
14	5563,58	-9.59	0,50	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
15	5887,29	-7.77	0,50	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
16	6195,21	-5.97	0,50	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
17	6487,52	-4.17	0,50	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
18	6764,35	-2.37	0,50	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
19	7025,79	-0.57	0,50	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
20	7271,88	1.22	0,50	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
21	7502,59	3.02	0,50	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
22	7717,89	4.81	0,50	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
23	7896,24	6.62	0,50	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
24	7983,90	8.43	0,50	35.77	0,400	0,000	(0; 0)

Livo_somma urgenza SS42

N°	W _i [kg]	α [°]	L [m]	φ [°]	c [kg/cmq]	u [kg/cmq]	(Ctn; Ctt) [kg]
25	8049,22	10.25	0,50	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
26	8098,43	12.07	0,51	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
27	8131,22	13.92	0,51	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
28	8147,21	15.77	0,51	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
29	8145,97	17.65	0,52	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
30	8127,08	19.54	0,53	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
31	8112,39	21.45	0,53	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
32	8095,90	23.40	0,54	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
33	8059,53	25.37	0,55	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
34	8002,33	27.37	0,56	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
35	7923,19	29.41	0,57	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
36	7820,79	31.49	0,58	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
37	7693,59	33.62	0,59	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
38	8719,99	35.74	0,57	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
39	9545,33	37.85	0,59	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
40	9305,60	40.02	0,61	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
41	8950,12	42.27	0,63	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
42	8562,80	44.60	0,66	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
43	8139,70	47.03	0,68	35.77	0,400	0,000	(1803; 0)
44	7675,76	49.57	0,72	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
45	7164,29	52.25	0,76	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
46	6596,15	55.11	0,82	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
47	5958,17	58.20	0,89	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
48	5230,22	61.58	0,98	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
49	4378,27	65.38	1,12	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
50	3334,75	69.87	1,36	35.77	0,400	0,000	(0; 0)
51	1971,97	75.48	1,86	26.56	0,000	0,000	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia = 0,00 [kg]

$\Sigma W_i = 314186,04$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 96342,75$ [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 188280,27$ [kg]

$\Sigma C_b / \cos \alpha_i = 94451,40$ [kg]

Risultati tiranti

Simbologia adottata

N	sforzo su ogni tirante della fila espresso in [kg]
A _r	area di armatura in ogni tirante espressa in [cmq]
L	lunghezza totale di progetto del tirante espressa in [m]
L _f	lunghezza di fondazione di progetto del tirante espressa in [m]
σ	tensione di trazione nell'acciaio del tirante espressa in [kg/cmq]
u	spostamento orizzontale del tirante della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]
R1, R2, R3	resistenza nei tre meccanismi considerati (sfilamento della fondazione, aderenza malta-armatura, resistenza malta) espressa in [kg]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto min(R1, R2, R3)/N)

n°	N [kg]	A _r [cmq]	L _f [m]	L [m]	σ [kg/cmq]	u [cm]	R1 [kg]	R2 [kg]	R3 [kg]	FS	cmb
1	9492	32,67	6,00	10,00	290,51	0,26186	16021	787832	1033578	1.688	3

Verifica armatura paratia (Inviluppo sezioni critiche)

Verifica a flessione

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
A _{fi} , A _{fs}	Area ferri lato valle e monte, espresse in [cmq]
M	momento flettente espresso in [kgm]
N	sforzo normale espresso in [kg] (positivo di compressione)
M _u	momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
N _u	sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
FS	coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

Area della sezione del tubolare 40,75 [cmq]

n° - Tipo	Y [m]	H [cm]	A _{fi} [cmq]	A _{fs} [cmq]	M [kgm]	N [kg]	M _u [kgm]	N _u [kg]	FS
3 - SLV - GEO	1,60	51,19	18,10	18,10	-2115	7777	-70063	257632	33.128

n° - Tipo	Y [m]	M [kgm]	N [kg]	M _u [kgm]	N _u [kg]	FS
3 - SLV - GEO	2,05	-1087	4318	-6418	25499	5.905

Verifica a taglio

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]

Livo_somma urgenza SS42

Dott. Geol. Ilario Bridi

A _{sag}	area armatura sagomati, in [cmq]
V _{Ed}	taglio agente sul palo, espresso in [kg]
V _{Rd}	taglio resistente, espresso in [kg]
FS	coefficiente di sicurezza a taglio (V _{Rd} /V _{Ed})

La verifica a taglio del muro è stata eseguita considerando una sezione rettangolare di larghezza B = 100,00 cm

La verifica a taglio del micropalo è stata eseguita considerando una sezione anulare di area A = 40,75 cmq

n° - Tipo	Y [m]	H [cm]	A _{sw} [cm]	V _{Ed} [kg]	V _{Rd} [kg]	FS	cotgθ
3 - SLV - GEO	0,20	41,40	0,00	-2151	18280	8.499	1,00

n° - Tipo	Y [m]	V _{Ed} [kg]	V _{Rd} [kg]	FS
3 - SLV - GEO	3,15	802	65449	81.592

Verifica tensioni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
σ _r	tensione nell'acciaio espressa in [kg/cm ²]
τ _r	tensione tangenziale in [kg/cm ²]
σ _{id}	tensione ideale espressa in [kg/cm ²]

Area della sezione del tubolare 40,75 [cmq]

A _{ri} [cmq]	A _{rs} [cmq]	σ _c [kg/cm ²]	cmb	σ _n [kg/cm ²]	cmb	σ _{rs} [kg/cm ²]	cmb
18,10	18,10	3,25	7	30,00	4	-41,71	4

σ _r [kg/cm ²]	τ _r [kg/cm ²]	σ _{id} [kg/cm ²]	cmb
437,11	13,52	437,74	4

Verifica fessurazione

Simbologia adottata

Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Oggetto	Muro/Paratia
Y	Ordinata sezione, espresso in [m]
M	Momento agente, espresso in [kgm]
M _r	Momento prima fessurazione, espresso in [kgm]
S	Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]
ε _{sm}	Deformazione nelle fessure, espressa in [%]
W _{lim}	Apertura limite fessure, espressa in [mm]
W _k	Ampiezza fessure, espressa in [mm]

Oggetto	n° - Tipo	Y [m]	M [kgm]	M _r [kgm]	S [mm]	ε _{sm} [%]	W _{lim} [mm]	W _k [mm]
Muro	7 - SLD	1,65	-534	9477	0,000	0.0000	0,300	0,000

Verifica sezione cordoli

Simbologia adottata

M _h	momento flettente espresso in [kgm] nel piano orizzontale
T _h	taglio espresso in [kg] nel piano orizzontale
M _v	momento flettente espresso in [kgm] nel piano verticale
T _v	taglio espresso in [kg] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

B=220,00 [cm]	H=40,00 [cm]	Staffe φ10/4	Nbh=2 - Nbv=2
A _v =28,15 [cmq]	A _{fh} =24,13 [cmq]	FS=390.54	cotgθh=1.00
M _h =609 [kgm]	M _{uh} =237721 [kgm]	FS _r =147.21	
T _h =1623 [kg]	T _{Rh} =238943 [kg]	FS=23.38	cotgθv=1.00
M _v =1672 [kgm]	M _{uv} =39092 [kgm]	FS _{Tv} =11.70	
T _v =4460 [kg]	T _R =52178 [kg]		

5. CONCLUSIONI

La presente relazione geologica-geotecnica ha riguardato i lavori di somma urgenza per il consolidamento del corpo stradale della S.S. 42 in prossimità della progressiva Km 191+000 circa nel Comune di Livo.

A valle del corpo stradale si è verificato, per via delle intense precipitazioni di inizio aprile, per la locale saturazione del materiale costituente il pendio e per la probabile rottura della tubazione di scarico delle acque posta sotto la sede stradale, un cedimento alla base del cordolo di sostegno della carreggiata, compromettendone in parte la stabilità; tale dissesto si è propagato più a valle mentre lungo la S.S. 42 sono evidenti delle fessurazioni nell'asfalto parallele all'asse viario.

Secondo la Carta di Sintesi della Pericolosità della Provincia Autonoma di Trento P.U.P. 2008 vigente ottobre 2023 il sito del previsto intervento (versante a valle) è posto interamente in zona classificata P1 a penalità trascurabile o assente; la penalità attesa è relativa alla pericolosità lito-geomorfologica (P1). Secondo la Carta della Pericolosità Lito-Geomorfologica il sito di interesse ricade in zona HR2 a pericolosità residua bassa. Inoltre l'intera area ricade in zona sismica 4.

Il sito d'opera di progetto è posto lungo la S.S. 42 al Km. 191+000 circa, alla quota di circa 611 metri s.l.m., in sponda sinistra idrografica del lago di Santa Giustina, poco a sud dell'abitato di Livo e poco a sud-ovest di quello di Varollo.

Per la sua redazione ci si riferisce al rilievo geologico-geomorfologico ed al rilievo aerofotogrammetrico eseguito nei pressi del sito di studio; le indagini geognostiche ed in particolare n. 3 indagini penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH hanno permesso di individuare una stratigrafia composta da due strati di materiali, i depositi di copertura ed il substrato roccioso sub-affiorante.

Per la messa in sicurezza della porzione di valle della S.S. 42 nel tratto in esame si propone la realizzazione un muro in testa di altezza pari a 2,00 metri a sostegno del cordolo del lato di valle della strada sorretto da una paratia di micropali verticali ed inclinati come di seguito specificato.

- **ZONA A VALLE** – lunghezza 30 metri: due file di micropali verticali di lunghezza pari a 12,00 metri, interasse file 1,00, interasse pali 1,00 metri, diametro di perforazione 220 mm, armatura diametro 139,7 mm e spessore 10 mm e micropali inclinati di 20° di lunghezza pari a 10,00 metri, interasse 1,50 metri, diametro di perforazione 220 mm, armatura 114 mm e spessore 10 mm. Serviranno n. 59 pali verticali e n. 20 pali inclinati.

In sede esecutiva dovrà essere redatto apposito calcolo di verifica a firma di tecnico abilitato.

Trento, Aprile 2024

Geol. Ilario Bridi



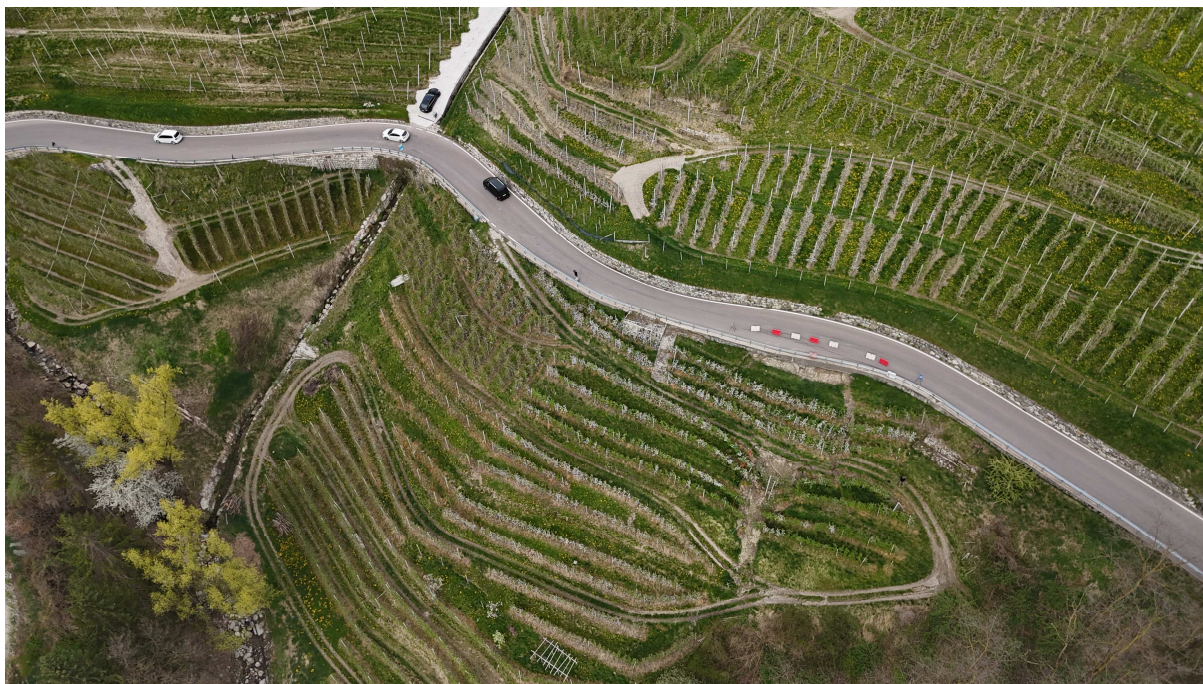


Foto 4: Area di progetto



Foto 5: Area di intervento