

COMUNE DI SONDRIO (SO)

NUOVA CANTINA VITIVINICOLA INTERRATA

RELAZIONE GEOLOGICA INTEGRATIVA

Data: *marzo 2019*

Committente: *Sig. Davide Bettini*

Professionista incaricato:

Dott. Geol. Giovanni Songini

E-mail: giovanni.songini@areaquattro.it



Rif. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato/Approvato
18_109_R2_Rev1_RGeologica integrativa.doc	Mar. 2019	Prima emissione	G. Songini	G.Songini

1 PREMESSA

La presente relazione integra i contenuti della “relazione geologica preliminare” – ottobre 2018 – e della “relazione sismica integrativa” – novembre 2018, entrambe a mia firma, relative al progetto di una nuova cantina vitivinicola interrata sui terreni censiti al Fg. 23 mapp. 7 del Comune di Sondrio (SO), con accesso dalla strada vicinale dei Vitari.

Le integrazioni sono state richieste nel parere espresso dal Comune di Sondrio in data 20/02/2019 (Prot. 7007), richiamante il verbale di riunione della Commissione per il paesaggio – seduta del 07/02/2019.

2 MODELLO GEOLOGICO

L’assetto geomorfologico locale, ricostruito sulla base di un rilievo di dettaglio, e le informazioni relative a numerosi scavi aperti in terreni limitrofi assimilabili a quelli in esame, permettono di ipotizzare con ragionevole accuratezza la litologia dei sedimenti che caratterizzano il lotto di intervento; essi sono costituiti – al di sotto di uno strato submetrico superficiale di terreno organico - da spessori plurimetrici di depositi glaciali sovraconsolidati (localmente denominati “Gisc”) caratterizzati da un fuso granulometrico eterometrico, con sabbie e ghiaie in matrice sabbioso-limosa con presenza di ciottoli e blocchi. In considerazione delle profondità di scavo previste – che raggiungeranno 12 m da piano campagna - non è tuttavia possibile escludere a priori che gli scavi volti alla realizzazione del piano fondazionale possano arrivare ad intercettare il substrato roccioso in posto, soprattutto sul lato di monte dell’intervento.

Una parziale conferma del modello stratigrafico ipotizzato viene dalle evidenze emerse durante lo scavo della rampa di accesso al terreno in oggetto: lo scavo presentava altezze del fronte fino a 6 m (partendo dalla quota di base dello scavo in progetto); l’assortimento granulometrico dei depositi glaciali e l’elevato grado di sovraconsolidamento assicuravano autosostegno su pendenze molto elevate, confermando la presenza di un valore non trascurabile di coesione a breve termine.

Sono già state affidate e verranno eseguite entro il 15/02/19 delle perforazioni finalizzate alla realizzazione di tiranti di prova, funzionali al dimensionamento di un sistema di consolidamento del fronte di scavo (vedi §?); tale indagine fornirà una conferma diretta della stratigrafia ipotizzata.

L'indagine sismica eseguita conferma la presenza di materiale molto addensato, con velocità delle onde crescente rapidamente con la profondità, restituendo un modello stratigrafico interpretativo coerente all'ipotesi formulata.

3 MODELLO IDROGEOLOGICO

Sulla base dei rilievi eseguiti, in corrispondenza dell'area direttamente interessata dall'intervento in oggetto e di un intorno significativo – che risulta impostata in corrispondenza di un dosso morfologico, a sua volta inserito nel contesto di una marcata dorsale spartiacque - non sono presenti corpi idrici superficiali né emergenze sorgentizie significative.

La modesta permeabilità media dei depositi glaciali (stimabile nell'ordine di 10^{-4} cm/s) presenti al di sotto del terreno di coltivo, ostacola fenomeni di infiltrazione ed alimentazione di una falda di versante; pur non avendo evidenza di un'attiva e stabile circolazione idrica sotterranea nei primi metri di profondità (lo scavo per la realizzazione della rampa di accesso ha raggiunto 5 m circa da P.C.), in considerazione della natura eterogenea dei depositi glaciali che ammantano il versante e della profondità del substrato roccioso in posto non è tuttavia possibile escludere a priori che – soprattutto in concomitanza con gli eventi meteorici più intensi e prolungati - possano instaurarsi temporanei fenomeni di deflusso idrico impostati all'interno dei livelli più permeabili dei sedimenti glaciali e/o all'interfaccia terreno/roccia.

4 MODELLO GEOTECNICO

I depositi glaciali interessati dall'intervento in progetto possono essere preliminarmente inquadrati, secondo la classificazione U.S.C.S., nella categoria "GM", corrispondenti a ghiaie e sabbie in matrice limosa; i parametri geotecnici tipici di tali classi litologiche, ricavati da letteratura scientifica, sono i seguenti:

- peso dell'unità di volume del terreno in condizioni naturali (γ_n) = 21 kN/m³
- angolo d'attrito interno (efficace) (ϕ') = $36^\circ \pm 4$
- coesione (c') = 0 kN/m²

Per la verifica di stabilità di seguito sviluppata si è ipotizzato che lo scavo sia impostato interamente entro i depositi di copertura, escludendo – a favore di sicurezza – che venga intercettato il substrato roccioso.

Stanti le modalità di determinazione dei parametri di resistenza, si è assunto cautelativamente un valore dell'angolo d'attrito pari a 32° .

Sulla base di quanto esposto nel paragrafo precedente, si sono considerate condizioni di falda assente.

5 VERIFICA DI STABILITÀ DEL VERSANTE

Data l'esigenza progettuale di realizzare un'intercapedine continua contro i fronti di scavo, si rende necessaria un'opera di sostegno definitiva contro terra; la soluzione che si intende adottare è quella del *Soil Nailing* – che sarà oggetto di specifica progettazione.

Il fronte di scavo verrà consolidato progressivamente in fase di avanzamento dei lavori, tramite chiodatura sistematica e spritz beton armato; questa soluzione assicurerà inoltre, permettendo l'adozione di angoli di scarpa del fronte molto elevati (70° circa), la minimizzazione dei volumi di scavo.

Nonostante la modesta pendenza del versante entro cui verrà realizzata la cantina in progetto (22° mediamente) e le buone caratteristiche geotecniche proprie dei depositi glaciali presenti, è stata eseguita una verifica di stabilità del fronte di scavo.

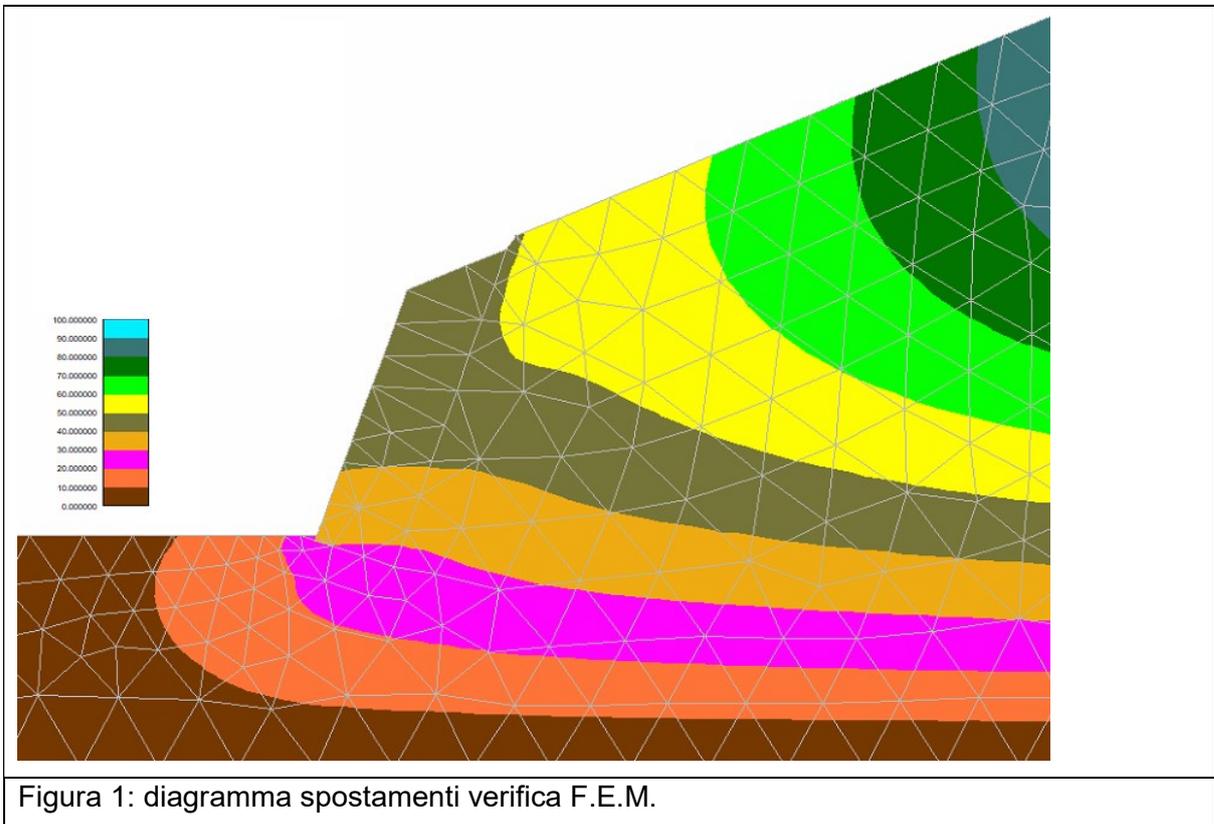
Non è stata verificata la stabilità del versante a lavori ultimati, comportando l'opera in progetto una riduzione dei carichi e pertanto un incremento del fattore di sicurezza generale.

La verifica nelle condizioni più gravose si riferisce alla fase di scavo ultimato: infatti, per le modalità realizzative del sistema di consolidamento previsto, lo scavo in ribasso verrà stabilizzato progressivamente.

Preliminarmente si è ipotizzato che la chiodatura del sistema *Soil Nailing*, che sarà oggetto di specifica progettazione, interessi uno spessore del fronte di scavo pari a 4 m; tale strato è stato assimilato ad un'unità geotecnica con caratteristiche di resistenza molto elevate, escludendo sostanzialmente che superfici di rottura possano interessarla.

La verifica di stabilità è stata effettuata tramite modellazione agli elementi finiti, con ipotesi di deformazione piana in regime di piccole deformazioni.

I risultati della verifica (vedi Allegato 1) evidenziano la stabilità del fronte di scavo di progetto; essa risulta verificata anche con angoli di attrito ulteriormente ridotti, fino ad un valore minimo pari a 28°.



6 CONCLUSIONI

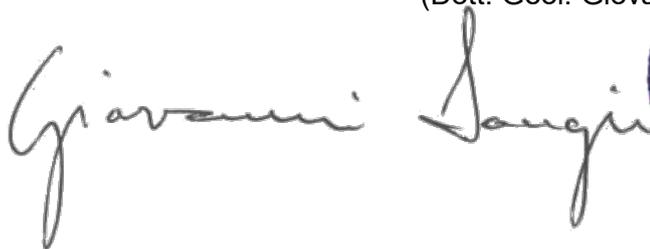
Visto l'assetto geologico ed idrogeologico dell'area di intervento, le informazioni acquisite relativamente ad interventi edilizi eseguiti in aree limitrofe e confrontabili, nonché la tipologia di opera in progetto, non si ritiene necessario eseguire indagini geognostiche.

Nelle verifiche geotecniche sono stati utilizzati a favore di sicurezza parametri di resistenza ridotti; si prevede tuttavia una validazione delle ipotesi assunte in due fasi:

- Per il dimensionamento corretto del sistema di chiodatura del terreno verranno eseguite prove di sfilamento, con perforazioni di lunghezza significativa in relazione alla geometria dell'intervento in progetto; l'assistenza costante in fase di perforazione ed i risultati delle prove di *pull-out* – pianificate entro la fine del mese di marzo - forniranno informazioni dirette sulle caratteristiche geotecniche dei materiali naturali sollecitati.
- Verrà nominata, nell'ambito dell'ufficio della Direzione Lavori, la figura del Direttore Operativo Geologo; sarà suo compito verificare durante l'avanzamento degli scavi le ipotesi formulate.

Sondrio, 7 marzo 2019

(Dott. Geol. Giovanni Songini)



ALLEGATO 1 - RISULTATI VERIFICA DI STABILITA'

areaquattro srl

Sondrio | Craveggia

Via Dante Alighieri, 7 - 23100 Sondrio (SO)

Tel. +39 0342 511 218

e-mail: info@areaquattro.it

www.areaquattro.it

P.IVA 01006440141

Cap. Soc. 10.000,00 €

Dati

Metodo di Calcolo Sistema Riferimento e Convenzioni di Segno

Metodo di calcolo utilizzato : Metodo degli Elementi Finiti (FEM)

Ipotesi di Deformazione Piana in regime di piccole deformazioni

Calcolo eseguito per fasi

Asse X diretto da sinistra a destra

Asse Y diretto dal basso verso alto

Rotazioni POSITIVE antiorarie

Carichi, spostamenti e reazioni seguono convenzione segno assi

TENSIONI DI TRAZIONE POSITIVE

TENSIONI DI COMPRESSIONE NEGATIVE

Simbologia adottata

n^{∞} Indice progressivo coordinate punto
X, Y Ascissa e Ordinata del punto, espresse in [m]

Vincoli puntuali e vincoli di linea

n^{∞} Indice identificativo del vincolo puntuale
X, Y Ascissa e Ordinata vincolo puntuale, espresse in [m]
Vx, Vy Tipo di vincolo in direzione X e Y (L: Libero, V: Vincolato rigidamente, E: Vincolato elasticamente, I: Spostamento imposto)
Rx, Ry Rigidezza in direzione X e Y del vincolo, espresso in [kN/cm]
Sx, Sy Spostamento impresso in direzione X e Y del vincolo, espresso in [cm]

Descrizione materialiMateriale 1

Tipo materiale	Terreno
Descrizione	Materiale versante
Comportamento	Isotropo
Criterio	Mohr-Coulomb Modificato
Comportamento in falda	Drenato
Peso Volume γ [kN/mc]	2141.4
Peso Volume Saturo ϕ_{sat} [kN/mc]	2141.4
Angolo di attrito ϕ_{∞}	32.0
Coesione efficace [kPa]	0.000
Angolo di attrito non drenato ϕ_{∞}	0.00
Coesione non drenata [kPa]	0.200
Angolo di dilatanza ψ_{∞}	0.00
Modulo Elastico E(Young) [kPa]	200.00
Modulo di Poisson ν	0.35
Rigidezza a taglio G [kPa]	74.07
Rigidezza volumetrica K(Bulk Modulus) [kPa]	222.22
Modulo Elastico Carico-Scarico E_{UR} (Young) [kPa]	200.00
Parametri soggetti a riduzione	Angolo di attrito ϕ

Materiale 4

Tipo materiale	Terreno
Descrizione	Materiale soil nailing
Comportamento	Isotropo
Criterio	Mohr-Coulomb Modificato
Comportamento in falda	Non Drenato
Peso Volume γ [kN/mc]	2141.4
Peso Volume Saturo ϕ_{sat} [kN/mc]	2141.4
Angolo di attrito ϕ_{∞}	36.0
Coesione efficace [kPa]	4.079
Angolo di attrito non drenato ϕ_{∞}	0.00
Coesione non drenata [kPa]	0.200
Angolo di dilatanza ψ_{∞}	0.00
Modulo Elastico E(Young) [kPa]	200.00
Modulo di Poisson ν	0.35
Rigidezza a taglio G [kPa]	74.07
Rigidezza volumetrica K(Bulk Modulus) [kPa]	222.22
Modulo Elastico Carico-Scarico E_{UR} (Young) [kPa]	200.00
Parametri soggetti a riduzione	Nessuno

Fase n° 1 - Stato di fatto - Equilibrio*Profilo e strati*

n°	X	Y	n°	X	Y	n°	X	Y	n°	X	Y
	[m]	[m]		[m]	[m]		[m]	[m]		[m]	[m]
1	0.00	15.00	2	10.00	15.00	3	44.00	15.00	4	45.05	15.00
5	50.81	30.83	6	54.55	32.35	7	57.14	33.40	8	57.75	34.27
9	57.77	34.30	10	72.52	40.46	11	120.00	60.00	12	--	--

n°	X	Y									
	[m]	[m]									
1	50.81	30.83	2	44.00	15.00	3	50.00	13.00	4	57.14	33.40

Linee di vincolo

n°	Descrizione	X	Y	Vx	Rx	Sx	Vy	Ry	Sy
		[m]	[m]		[kN/cm]	[cm]		[kN/cm]	[cm]
1	Linea di Vincolo	0.00	0.00	V	--	--	L	--	--
		0.00	15.00	V	--	--	L	--	--
2	Linea di Vincolo	120.00	0.00	V	--	--	L	--	--
		120.00	60.00	V	--	--	L	--	--
3	Linea di Vincolo	0.00	0.00	V	--	--	V	--	--
		120.00	0.00	V	--	--	V	--	--

Fase n° 2 - Stato di fatto - Equilibrio*Profilo e strati*

n°	X	Y	n°	X	Y	n°	X	Y	n°	X	Y
	[m]	[m]		[m]	[m]		[m]	[m]		[m]	[m]
1	0.00	15.00	2	10.00	15.00	3	44.00	15.00	4	45.05	15.00
5	50.81	30.83	6	54.55	32.35	7	57.14	33.40	8	57.75	34.27
9	57.77	34.30	10	72.52	40.46	11	120.00	60.00	12	--	--

n°	X	Y									
	[m]	[m]									
1	50.81	30.83	2	44.00	15.00	3	50.00	13.00	4	57.14	33.40

Fase n° 3 - Stato di fatto - Riduzione parametri*Profilo e strati*

n°	X	Y	n°	X	Y	n°	X	Y	n°	X	Y
	[m]	[m]		[m]	[m]		[m]	[m]		[m]	[m]
1	0.00	15.00	2	10.00	15.00	3	44.00	15.00	4	45.05	15.00
5	50.81	30.83	6	54.55	32.35	7	57.14	33.40	8	57.75	34.27
9	57.77	34.30	10	72.52	40.46	11	120.00	60.00	12	--	--

n°	X	Y									
	[m]	[m]									
1	50.81	30.83	2	44.00	15.00	3	50.00	13.00	4	57.14	33.40

Risultati

Sintesi

Simbologia adottata

Ifa Indice fase
 Lambda Moltiplicatore
 F_phi, F_c Fattore riduzione angolo di attrito e cosione

n°	Lambda	F_phi	F_c
1	0.006	---	---
2	1.000	---	---
3	---	1.1768	1.1768

Spostamenti nodali massimi e minimi

Simbologia adottata

Ifa Indice fase
 Ux, min, Ux, max Spostamenti in direzione X minimo e massimo, espresse in [cm]
 Uy, min, Uy, max Spostamenti in direzione Y minimo e massimo, espresse in [cm]

Ifa	Ux, min [cm]	Uy, min [cm]	Ux, max [cm]	Uy, max [cm]
1	-1.282243	-1.163879	0.004082	0.000000
2	-32.529887	-124.833401	1.962856	0.000000
3	-96.197102	-230.545566	0.000000	29.430115

Tensioni nodali massimi e minimi

Simbologia adottata

Ifa Indice fase
 σX, min, σX, max Tensioni normale X minima e massima, espresse in [kPa]
 σY, min, σY, max Tensioni normale Y minima e massima, espresse in [kPa]
 σZ, min, σZ, max Tensioni normale Z minima e massima, espresse in [kPa]
 τXY, min, τXY, max Tensioni tangenziale XY minima e massima, espresse in [kPa]

Ifa	σX, min [kPa]	σX, max [kPa]	σY, min [kPa]	σY, max [kPa]	σZ, min [kPa]	σZ, max [kPa]	τXY, min [kPa]	τXY, max [kPa]
1	-3.5312	0.0000	-6.5820	0.0000	-3.5396	0.0000	-1.1384	0.0152
2	-567.2188	283.0811	-1057.2171	0.0000	-568.5526	0.0000	-407.0194	3.0143
3	-757.1853	346.8957	-1040.3374	0.0000	-565.6650	0.0000	-683.8265	114.9057