

AMBITO TERRITORIALE ESTRATTIVO ATE C2 – Polo “6”

Comuni di TRAVEDONA e TERNATE (VA)

RISPOSTE ALLE INTEGRAZIONI RICHIESTE DALLA PROVINCIA DI VARESE

Cinisello Balsamo, 11 luglio 2011

PROGETTAZIONE		COMMITTENTE							
 ALTAIR s.r.l.		HOLCIM (ITALIA) S.P.A.							
I PROFESSIONISTI		ELABORATO							
Prof. Geol. Lamberto Griffini Ordine dei Geologi della Lombardia N370  Dott. Ing. Stefano Griffini Ordine degli Ingegneri della Provincia di Milano A26600		TIPO		N.		REV.		PARTE DOC.	
		R		009A-11		A		11	
		REVISIONE							
N.	REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	DATA	CONTROLLATO	DATA	APPROVATO	
1	A	EMISSIONE	11/07/2011	GS	11/07/2011	GS	11/07/2011	LG	

ALTAIR SRL

Uffici e Laboratorio: 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) – Via Martini, 11

Tel. 0261293850 r.a. – Fax 0261770281 – E-mail: info@geoaltair.it

R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano n. MI146 – 252303 C.F. e p. IVA n. 08041580153

Sede Legale 20149 MILANO Via E. Pagliano, 37



1. PREMESSA.....	2
2. PIANO DI MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA DELLE CONDIZIONI GEOLOGICHE LOCALI (INTEGRAZIONE 2.D)	3
2.1 PREMESSA.....	3
2.2 PIANO DI MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA DELLE CONDIZIONI GEOLOGICHE LOCALI	3
3. INTEGRAZIONE 3 – INTEGRAZIONI VERIFICHE DI STABILITA'	7
3.1 PREMESSA.....	7
3.2 VERIFICHE IN CONDIZIONI DI SOLLECITAZIONE SISMICA (INTEGRAZIONE 3A)	8
3.3 VERIFICHE DI STABILITÀ DEI RIPORTI INTERMEDI (INTEGRAZIONE 3B)	13
3.4 CHIARIMENTI RIGUARDO ALLE SEZIONI DI PROGETTO SCELTE, UBICAZIONE RILIEVI GEOMECCANICI E FOTO SONDAGGIO S14 (INTEGRAZIONE 3C)	28

HOLCIM (Italia) S.p.A.		Ambito Territoriale Estrattivo ATE C2 – Polo “6” Comuni di Travedona e Ternate (VA)	
R 009A-11	11/07/2011	RISPOSTE ALLE INTEGRAZIONI RICHIESTE DALLA PROVINCIA DI VARESE	Pag. 2 di 31

1. PREMESSA

Facendo seguito alla richiesta di integrazioni del progetto d’ambito inoltrate dalla Provincia di Varese, si riportano nel presente documento le analisi ed elaborazioni atte a soddisfare le richieste di approfondimento per quanto riguarda i seguenti punti (con riferimento al documento allegato alla comunicazione della Provincia di Varese con Prot. 37999):

2.d – Progetto di coltivazione – Piano di monitoraggio in corso d’opera delle condizioni geologiche locali

3.a – Verifiche di stabilità in condizioni sismiche;

3.b – Verifiche di stabilità integrative per riporti intermedi;

3.c – Chiarimenti riguardo alle sezioni di progetto scelte, ubicazione rilievi geomeccanici e foto sondaggio S14

Le integrazioni sono riportate nei seguenti paragrafi, definiti sulla base della stessa logica del documento inoltrato dalla Provincia di Varese.



HOLCIM (Italia) S.p.A.		Ambito Territoriale Estrattivo ATE C2 – Polo “6” Comuni di Travedona e Ternate (VA)	
R 009A-11	11/07/2011	RISPOSTE ALLE INTEGRAZIONI RICHIESTE DALLA PROVINCIA DI VARESE	Pag. 3 di 31

2. PIANO DI MONITORAGGIO IN CORSO D’OPERA DELLE CONDIZIONI GEOLOGICHE LOCALI (INTEGRAZIONE 2.D)

2.1 PREMESSA

Il seguente piano di monitoraggio delle caratteristiche geologiche locali dell’ammasso in coltivazione costituisce parte integrante del progetto d’ambito, con particolare riferimento alla necessità (evidenziata dalle analisi di stabilità effettuate a supporto del progetto) di verificare la presenza e le caratteristiche di eventuali “piani di debolezza” in grado di favorire scivolamenti planari lungo i fronti di scavo.

Forma scopo del piano di monitoraggio l’individuazione:

- Delle modalità e della frequenza con cui i rilievi in corso d’opera dovranno essere effettuati;
- Delle caratteristiche geomeccaniche che dovranno essere verificate nel corso dei suddetti rilievi;
- Dei contenuti dei documenti e delle analisi che dovranno essere prodotti a seguito di ciascuno dei rilievi effettuati.

2.2 PIANO DI MONITORAGGIO IN CORSO D’OPERA DELLE CONDIZIONI GEOLOGICHE LOCALI

Il monitoraggio consiste nell’esecuzione periodica di un rilievo geomeccanico dei fronti di scavo allo scopo di individuare eventuali piani di debolezza e, in generale, eventuali strutture geologiche che possano compromettere la stabilità dei fronti in fase di coltivazione.



HOLCIM (Italia) S.p.A.		Ambito Territoriale Estrattivo ATE C2 – Polo “6”	
		Comuni di Travedona e Ternate (VA)	
R 009A-11	11/07/2011	RISPOSTE ALLE INTEGRAZIONI RICHIESTE DALLA PROVINCIA DI VARESE	Pag. 4 di 31

In tal senso, dato il modello geologico di riferimento (descritto nel Rapporto n. 009°-09-Rev.3) e viste le esperienze maturate nel corso delle lavorazioni della vicina Cava di Santa Marta, nel corso di ogni rilievo periodico dovranno essere effettuate le seguenti attività:

- Ispezione generale di tutti i fronti di scavo e identificazione di eventuali condizioni geologiche non conformi a quanto previsto in progetto;
- Individuazione di eventuali livelli marnoso-argillosi che, per caratteristiche intrinseche, possono favorire fenomeni di scivolamento dei fronti di scavo Est e Sud (fronti con stratificazione a franapoggio).

In particolare per ogni livello marnoso-argilloso individuato dovranno essere raccolti i seguenti dati:

- Caratteristiche litologiche;
- Giacitura;
- Spessore dello strato (minimo-massimo-medio);
- Persistenza lineare;
- Presenza di eventuali famiglie di discontinuità sub perpendicolari ai piani di debolezza o di fratture di trazione e loro caratteristiche;
- Posizione dello strato in relazione alle previste attività di scavo.

I rilievi dovranno essere eseguiti in funzione dell'avanzamento delle operazioni di coltivazione con almeno un aggiornamento del rilievo per ogni gradone di scavo



HOLCIM (Italia) S.p.A.		Ambito Territoriale Estrattivo ATE C2 – Polo “6”	
		Comuni di Travedona e Ternate (VA)	
R 009A-11	11/07/2011	RISPOSTE ALLE INTEGRAZIONI RICHIESTE DALLA PROVINCIA DI VARESE	Pag. 5 di 31

realizzato (l'intervallo temporale tra un rilievo ed il successivo sarà quindi sostanzialmente governato dalla velocità di coltivazione).

Le osservazioni ed i dati raccolti dovranno essere riportati in una apposita mappatura dei fronti di scavo Est e Sud che dovrà essere aggiornata a seguito di ogni rilievo.

A completamento di quanto sopra descritto, dovrà inoltre essere redatta una relazione in cui siano confrontate le condizioni geologiche locali riscontrate in sito con quelle previste in fase progettuale e in cui dovrà essere valutata, caso per caso, la possibile influenza dei livelli marnosi-argillosi individuati sulle condizioni di sicurezza degli scavi.

Tali analisi potranno comprendere verifiche di stabilità integrative e proposte di interventi correttivi in corso d'opera, come variazioni dei profili di scavo da adottare o l'utilizzo di elementi di rinforzo per impedire che i meccanismi di scivolamento planare si possano attivare.

Dal momento che l'effettiva influenza di eventuali strati deboli sulle condizioni di stabilità e sicurezza dei fronti di scavo dipende in maniera determinante dalla loro posizione rispetto alle zone in coltivazione e dalle loro caratteristiche geomeccaniche, non è ipotizzabile la definizione a priori di valori limite delle caratteristiche principali di tali livelli (persistenza, spessore od altro) e dei relativi interventi correttivi da mettere in atto.

In merito alle caratteristiche litologiche e geomeccaniche degli strati marnosi o argillosi, si precisa che tali livelli sono costituiti da materiale lapideo, appunto marne o argilliti; questi materiali rientrano tra le cosiddette “rocce deboli” (o “weak-rocks”) e non possono essere in alcun caso considerati come “materiale di riempimento” delle discontinuità naturali. Inoltre la pendenza degli strati è omogenea e con una pendenza media di circa 30°. Tali condizioni, così come specificato all'art. 35 della Normativa Tecnica del Nuovo



HOLCIM (Italia) S.p.A.		Ambito Territoriale Estrattivo ATE C2 – Polo “6”	
		Comuni di Travedona e Ternate (VA)	
R 009A-11	11/07/2011	RISPOSTE ALLE INTEGRAZIONI RICHIESTE DALLA PROVINCIA DI VARESE	Pag. 6 di 31

Piano Cave della Provincia di Varese, permettono di derogare dall’obbligo di realizzare i gradoni dei fronti con strati a franapoggio, con pendenza coincidente con quella degli strati e permettono quindi di realizzare una geometria di scavo così come definita nella scheda (ATE c2), con inclinazione massima dei gradoni definita mediante le apposite verifiche da progetto, anche in presenza di tali strati.

Nel caso in cui la persistenza di tali strati, rilevata come previsto dal piano di monitoraggio di cui sopra, risultasse molto elevata, si provvederà ad eseguire specifiche verifiche atte ad accertare che le condizioni di stabilità dei fronti di scavo siano garantite con i margini di sicurezza previsti dalla normativa. In caso contrario, si interverrà con apposite varianti al piano di coltivazione, atte a garantire i margini di sicurezza di cui sopra.



HOLCIM (Italia) S.p.A.		Ambito Territoriale Estrattivo ATE C2 – Polo “6” Comuni di Travedona e Ternate (VA)	
R 009A-11	11/07/2011	RISPOSTE ALLE INTEGRAZIONI RICHIESTE DALLA PROVINCIA DI VARESE	Pag. 7 di 31

3. INTEGRAZIONE 3 – INTEGRAZIONI VERIFICHE DI STABILITA’

3.1 PREMESSA

Nei paragrafi seguenti sono riportate le integrazioni richieste per quanto concerne le verifiche di stabilità dei fronti:

- a Verifiche in condizioni di sollecitazione sismica;
- b Verifiche di stabilità dei riporti intermedi;
- c Chiarimenti sullo spessore di cappellaccio modellato.

Tutte le nuove verifiche sono state eseguite ai sensi delle vigenti NTC2008.

In accordo con quanto riportato al §6.8.1 delle citate norme tecniche, le verifiche dei fronti di scavo sono state eseguite secondo l’Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2).

In generale nelle NTC2008 è richiesto che sia soddisfatta la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

in cui E_d è il valore di progetto dell’azione o degli effetti delle azioni e R_d è il valore di progetto della resistenza (nel caso specifico resistenza del terreno o della roccia lungo una generica superficie di scivolamento).

La verifica di stabilità globale consiste quindi nell’eseguire la modellazione numerica o una generica verifica all’equilibrio limite utilizzando i coefficienti parziali amplificativi delle azioni A2, i coefficienti parziali riduttivi delle resistenze del terreno-roccia M2, e



HOLCIM (Italia) S.p.A.		Ambito Territoriale Estrattivo ATE C2 – Polo “6” Comuni di Travedona e Ternate (VA)	
R 009A-11	11/07/2011	RISPOSTE ALLE INTEGRAZIONI RICHIESTE DALLA PROVINCIA DI VARESE	Pag. 8 di 31

verificando che il “fattore di sicurezza” valutato sia maggiore o uguale al coefficiente parziale R2, pari a 1.1.

Dal momento che le verifiche in condizioni statiche erano state eseguite utilizzando la vecchia normativa, nelle verifiche integrative eseguite secondo le NTC2008 sono stati adottati come parametri caratteristici del terreno i parametri utilizzati nelle verifiche statiche e riportati al §5 del rapporto n. 009a-09-Rev.3.

I parametri di progetto sono stati quindi ottenuti applicando ai valori caratteristici dei parametri di resistenza i coefficienti parziali riduttivi M2 definiti dalla normativa e riportati di seguito per maggior chiarezza:

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \varphi'_k$	γ_φ	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	γ_c	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{dk}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_γ	1,0	1,0

3.2 VERIFICHE IN CONDIZIONI DI SOLLECITAZIONE SISMICA (INTEGRAZIONE 3A)

Data la bassa sismicità dell'area in oggetto, per le verifiche in condizioni sismiche si ritiene sufficiente un approccio di tipo pseudo statico, come previsto al §7.11.3.5.2 delle NTC2008.

Per definire la pericolosità sismica del sito, sono stati considerati i seguenti parametri propri dell'opera (i più gravosi tra quelli suggeriti dal revisore):

Costruzioni tipo 2 → Vita nominale $V_N = 50$ anni

Classe d'uso 2 → Coefficiente $C_u = 1.0$



HOLCIM (Italia) S.p.A.		Ambito Territoriale Estrattivo ATE C2 – Polo “6” Comuni di Travedona e Ternate (VA)	
R 009A-11	11/07/2011	RISPOSTE ALLE INTEGRAZIONI RICHIESTE DALLA PROVINCIA DI VARESE	Pag. 9 di 31

Periodo di riferimento $V_R = V_N \times C_U = 50$ anni

Il sito in oggetto è stato caratterizzato con riferimento alle seguenti coordinate:

Latitudine: 45.793089°

Longitudine: 8.687214°

L'azione sismica su suolo rigido è stata definita con riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (S.L.V.), caratterizzato da una probabilità di superamento P_{VR} del 10% nel periodi di riferimento V_R :

Parametri Stati Limite	u.m.	SLV
Probabilità di superamento P_{VR}	%	10
Tempo ritorno T_R	anni	475
Accelerazione orizzontale max (su suolo rigido) a_g	g	0.038
Valore max fattore amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale F_o		2.633
Tempo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T_c^*	s	0.280

Per quanto riguarda gli effetti di amplificazione sismica locale per effetto della stratigrafia, si considera la categoria di sottosuolo A (ammassi rocciosi affioranti), dal momento che le operazioni di coltivazione porteranno alla completa eliminazione della copertura.

Per quanto riguarda gli effetti di amplificazione sismica locale per effetto della topografia, si deve considerare che la geometria di scavo comporterà riduzione dell'azione sismica nelle zone di fossa, e aumento dell'azione nelle zone di cresta.



HOLCIM (Italia) S.p.A.		Ambito Territoriale Estrattivo ATE C2 – Polo “6”	
		Comuni di Travedona e Ternate (VA)	
R 009A-11	11/07/2011	RISPOSTE ALLE INTEGRAZIONI RICHIESTE DALLA PROVINCIA DI VARESE	Pag. 10 di 31

Dati i carichi sismici estremamente contenuti, e la tipologia di analisi semplificata (pseudo-statica), cautelativamente si considera la peggiore delle categorie topografiche previste dalla normativa per tutte le analisi (T4).

Per quanto sopra si ottengono quindi i seguenti fattori di amplificazione:

$$\text{Amplificazione stratigrafica} \rightarrow S_S = 1.0$$

$$\text{Amplificazione topografica} \rightarrow S_T = 1.4$$

In definitiva si ha che l'accelerazione massima di progetto attesa al sito per lo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (S.L.V.) sarà pari a:

$$a_{\max} = a_g \times S_S \times S_T = 0.0532g$$

Le analisi di stabilità in condizioni pseudo statiche sono state eseguite in accordo con quanto previsto al §7.11.3.5.2 delle NTC2008.

Per il caso in esame si ha:

$$\beta_S = 0.20 \text{ (dalla Tabella 7.11.I delle NTC2008);}$$

$$k_h = \beta_S \times a_{\max} = 0.01064g = 0.1044 \text{ m/s}^2$$

$$k_v = \pm 0.5 k_h = \pm 0.00532g = \pm 0.0522 \text{ m/s}^2$$

Viene presentato di seguito il risultato dell'analisi numerica eseguita con il programma di calcolo FLAC in cui, oltre alla riduzione dei parametri geotecnici secondo i coefficienti parziali M2, sono state applicate le componenti di accelerazione K_h e K_v di cui sopra (k_v è stata considerata verso il basso, condizione normalmente più gravosa per i pendii e K_h



HOLCIM (Italia) S.p.A.		Ambito Territoriale Estrattivo ATE C2 – Polo “6” Comuni di Travedona e Ternate (VA)	
R 009A-11	11/07/2011	RISPOSTE ALLE INTEGRAZIONI RICHIESTE DALLA PROVINCIA DI VARESE	Pag. 11 di 31

è stata considerata diretta verso OVEST, in modo da favorire scivolamento lungo i piani di debolezza).

Il modello costituisce sostanzialmente una fase di calcolo aggiuntiva che segue le 7 fasi di scavo già modellate in condizioni statiche in cui, una volta raggiunta la quota di fondo scavo, si ipotizza l'accadimento dell'evento sismico. Tale ipotesi è da considerarsi estremamente cautelativa perché considera l'avvenimento dell'evento sismico di riferimento per la vita nominale dell'opera in condizioni che sono in realtà provvisorie (coltivazione), ma che costituiscono le peggiori condizioni possibili in termini di stabilità dei fronti di scavo.

La condizione di coltivazione è infatti da considerarsi più gravosa, in termini di stabilità dei fronti, di quella di ripristino morfologico in cui si procederà sostanzialmente ad una forte riduzione della pendenza media dei fronti di scavo mediante la stesura di materiale di riporto.

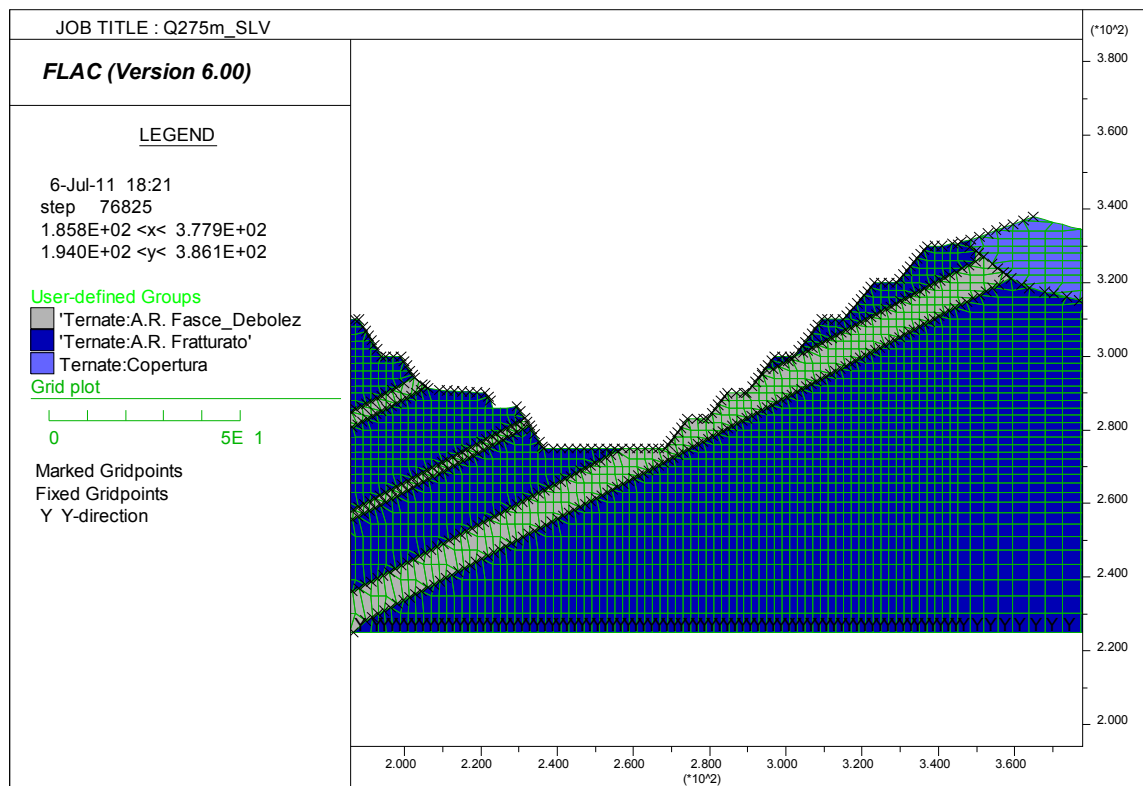
Per quanto sopra detto, la verifica in condizioni sismiche qui riportata è da considerarsi la più significativa.

Dal momento che il “fattore di sicurezza” minimo ottenuto (1.23) è superiore al valore del coefficiente parziale di riduzione delle resistenze previsto dalle NTC2008 ($\gamma_R=1.1$), la verifica in condizioni sismiche è soddisfatta.

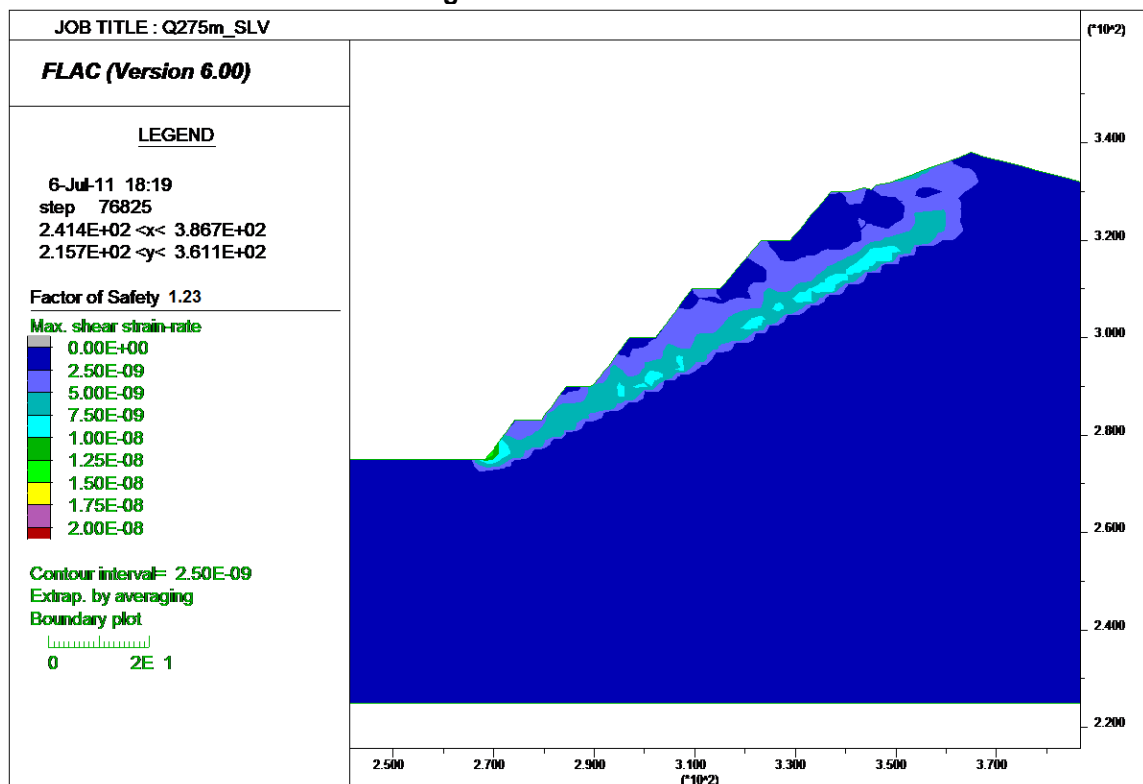
Va sottolineato che il modello bidimensionale utilizzato schematizza una condizione in cui i livelli di debolezza individuati siano continui nella direzione fuori piano. Anche in tale condizione, estremamente sfavorevole, i margini di sicurezza imposti dalla normativa nei confronti della verifica di stabilità globale dei fronti risultano soddisfatti.



HOLCIM (Italia) S.p.A.		Ambito Territoriale Estrattivo ATE C2 – Polo “6”	
		Comuni di Travedona e Ternate (VA)	
R 009A-11	11/07/2011	RISPOSTE ALLE INTEGRAZIONI RICHIESTE DALLA PROVINCIA DI VARESE	Pag. 12 di 31



Griglia Modello FLAC - SLV



Verifica di stabilità in condizioni SLV (FS=1.23)



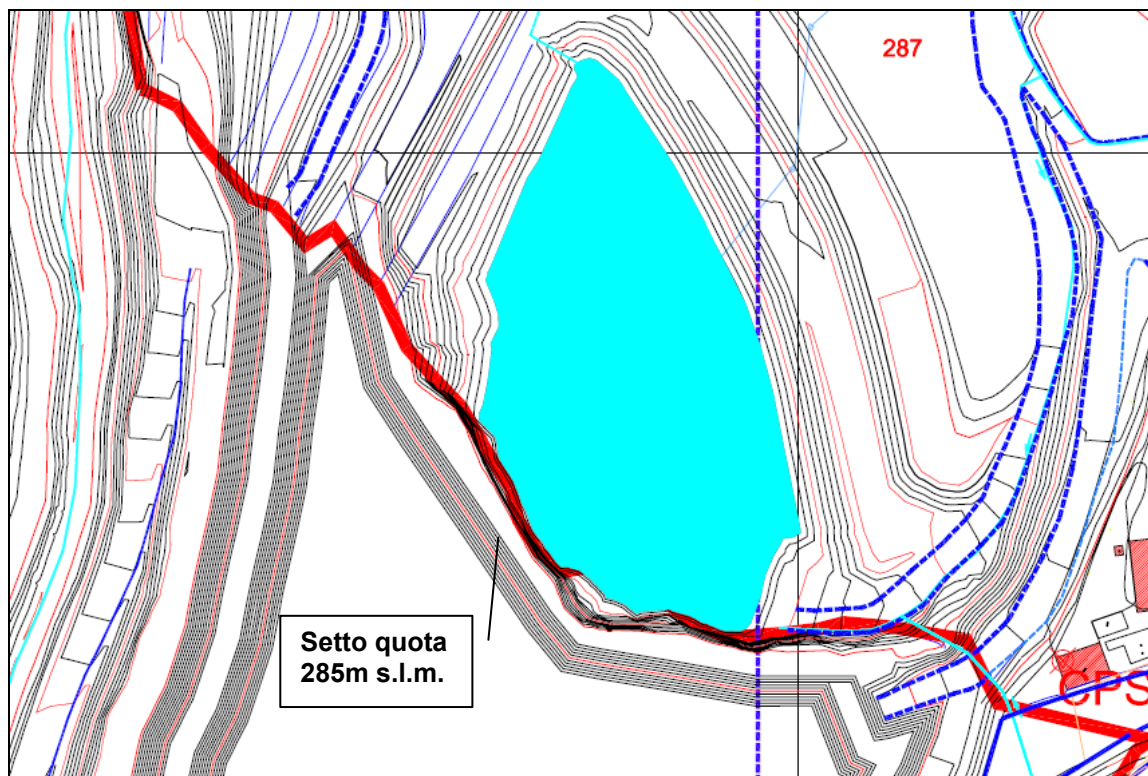
HOLCIM (Italia) S.p.A.		Ambito Territoriale Estrattivo ATE C2 – Polo “6” Comuni di Travedona e Ternate (VA)	
R 009A-11	11/07/2011	RISPOSTE ALLE INTEGRAZIONI RICHIESTE DALLA PROVINCIA DI VARESE	Pag. 13 di 31

3.3 VERIFICHE DI STABILITÀ DEI RIPORTI INTERMEDI (INTEGRAZIONE 3B)

Nel presente paragrafo vengono riportati i chiarimenti e le verifiche relative al punto 3.b.

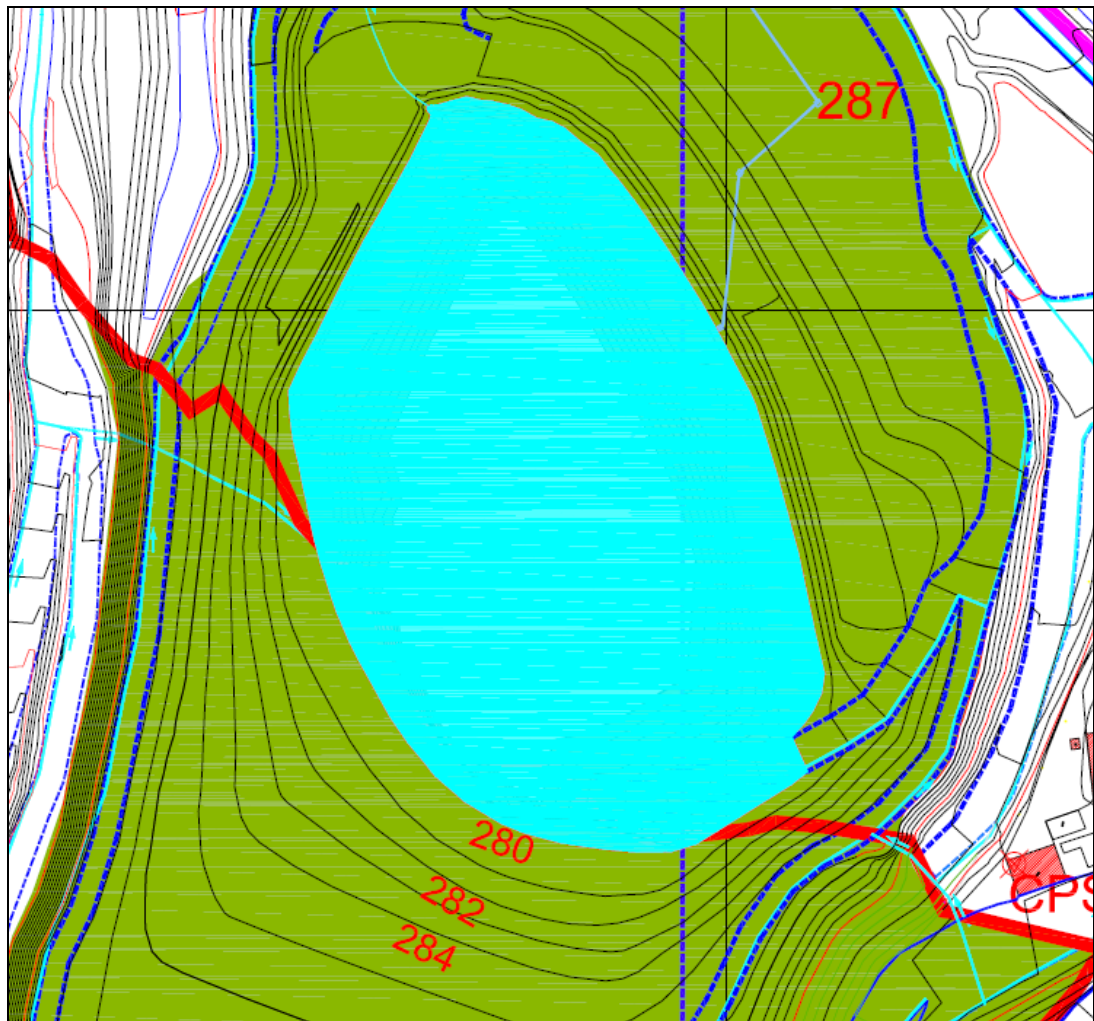
E' innanzitutto opportuno chiarire alcune delle caratteristiche geometriche e strutturali dei riporti intermedi che saranno realizzati nel corso delle operazioni di coltivazione e ripristino morfologico.

Il piano di coltivazione prevede di lasciare sul lato sud del lago un setto in roccia che raggiungerà quota 285m s.l.m. in fase di coltivazione e che sarà successivamente abbassato a quota 280m s.l.m. in fase di ripristino morfologico (si vedano gli stralci planimetrici riportati in seguito).



Stralcio planimetrico Fase 5 coltivazione

HOLCIM (Italia) S.p.A.		Ambito Territoriale Estrattivo ATE C2 – Polo “6” Comuni di Travedona e Ternate (VA)	
R 009A-11	11/07/2011	RISPOSTE ALLE INTEGRAZIONI RICHIESTE DALLA PROVINCIA DI VARESE	Pag. 14 di 31



Stralcio planimetrico Fase 5 Ripristino morfologico

Dal momento che in fase di coltivazione è previsto l'utilizzo in continuo delle pompe che garantiranno l'evacuazione dell'acqua raccolta dal lago, in modo da mantenere un livello di invaso a quota di 275m s.l.m. (in ogni caso al di sotto della quota minima del setto di 280m s.l.m.), è sostanzialmente esclusa la possibilità che in fase di coltivazione (provvisoria) si possa formare all'interno del "cappellaccio riportato" un acquifero alimentato dal lago e drenato dalle fosse con fondo a quota 275m s.l.m. che si verranno a formare nelle fasi 2-3-4 nella zona a Sud del lago.



HOLCIM (Italia) S.p.A.		Ambito Territoriale Estrattivo ATE C2 – Polo “6” Comuni di Travedona e Ternate (VA)	
R 009A-11	11/07/2011	RISPOSTE ALLE INTEGRAZIONI RICHIESTE DALLA PROVINCIA DI VARESE	Pag. 15 di 31

E' d'altra parte vero che in fase provvisoria è possibile che si vengano a formare degli invasi temporanei in corrispondenza delle fosse con fondo a quota 275m s.l.m. (fasi 2-3-4) e, proprio per la presenza del setto, tali eventuali invasi dovranno essere necessariamente prosciugati mediante pompe ad immersione che scaricheranno l'acqua raccolta nel lago per mezzo di tubazioni fatte passare al di sopra del setto stesso.

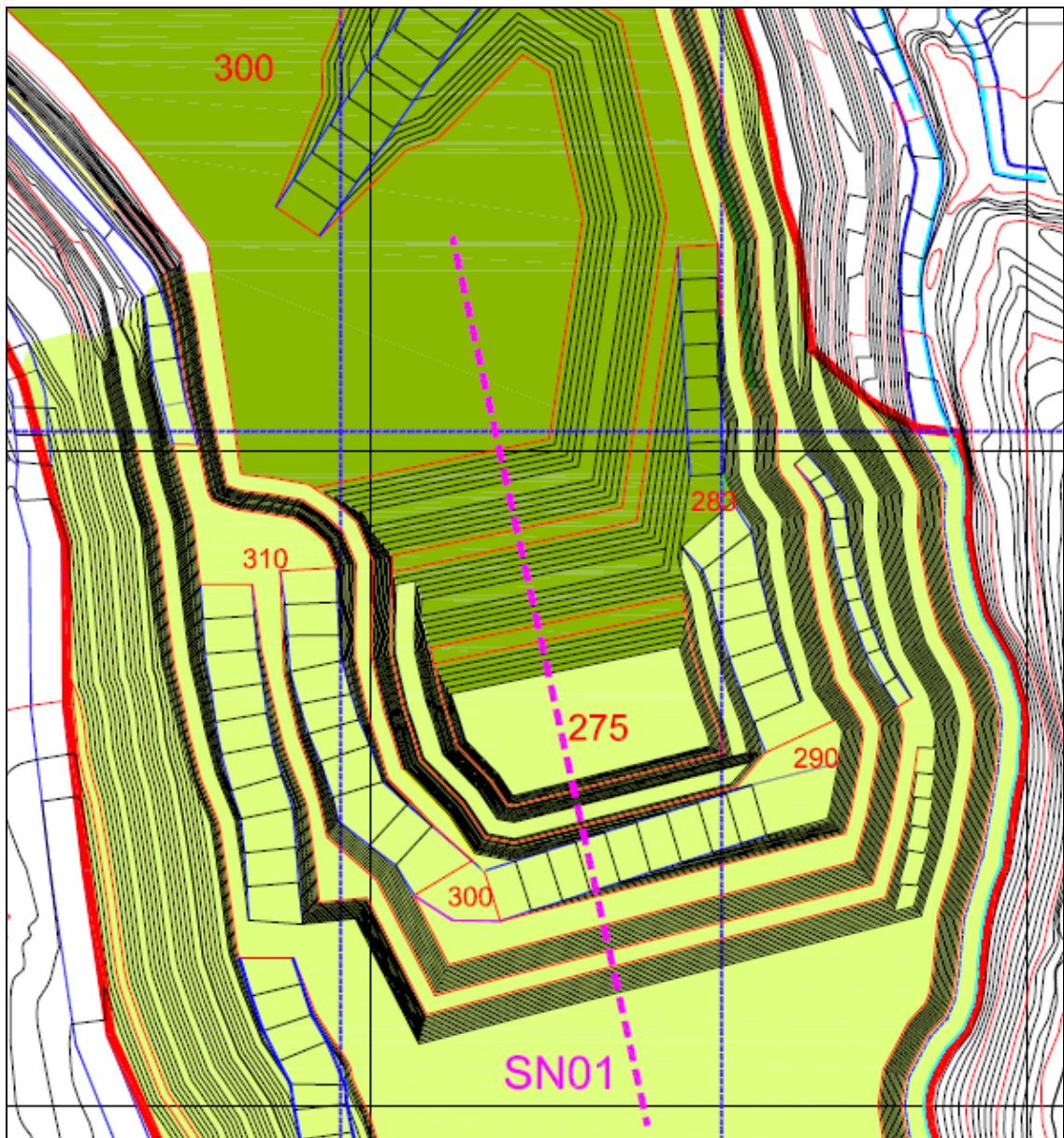
Le pendenze delle scarpate dei riporti sono piuttosto blande ($V:H=1:2$) e non sono quindi attesi fenomeni di instabilità, anche nell'eventualità della presenza di invasi temporanei.

A supporto di quanto sopra, sono state eseguite alcune analisi parametriche di stabilità globale dei riporti intermedi, che considerano una sezione tipologica con fondo a quota 275m s.l.m. e altezza massima del riporto a quota 300m s.l.m., con 4 banche larghe 5.0m e pendenza delle scarpate $V:H = 1:2$ (26.5°).

Il tipologico, rappresentativo delle condizioni più gravose in termini di stabilità dei riporti intermedi in fase di coltivazione, è stato definito sulla base della geometria prevista in fase 4 di ripristino morfologico lungo la sezione SN01, come indicata nello stralcio planimetrico seguente.



HOLCIM (Italia) S.p.A.		Ambito Territoriale Estrattivo ATE C2 – Polo “6” Comuni di Travedona e Ternate (VA)	
R 009A-11	11/07/2011	RISPOSTE ALLE INTEGRAZIONI RICHIESTE DALLA PROVINCIA DI VARESE	Pag. 16 di 31



Stralcio planimetrico Fase 4 Ripristino morfologico – Individuazione sezione SN01

Le analisi sono state eseguite ipotizzando la formazione di invasi con altezza di acqua crescente, e verificando la relativa variazione delle condizioni di sicurezza delle scarpate, considerando cautelativamente un'altezza massima del livello di falda pari a 286m s.l.m. (pari al massimo livello di invaso considerato per il lago, ipotesi estremamente cautelativa considerata la provvisorialità della geometria di verifica).



HOLCIM (Italia) S.p.A.		Ambito Territoriale Estrattivo ATE C2 – Polo “6”	
		Comuni di Travedona e Ternate (VA)	
R 009A-11	11/07/2011	RISPOSTE ALLE INTEGRAZIONI RICHIESTE DALLA PROVINCIA DI VARESE	Pag. 17 di 31

L'analisi parametrica di stabilità globale è stata condotta mediante il codice di calcolo GEOSLOPE (rif.(25)). Tale programma si basa sulla teoria dell'equilibrio limite, effettuando la ricerca automatica delle superfici di rottura con coefficiente di sicurezza minimo.

L'approccio all'equilibrio limite è sufficiente per le analisi di stabilità globale parametriche che si vogliono eseguire per i riporti intermedi (un modello FLAC nel caso in esame di verifica di stabilità di riporti antropici non offrirebbe sostanziali vantaggi).

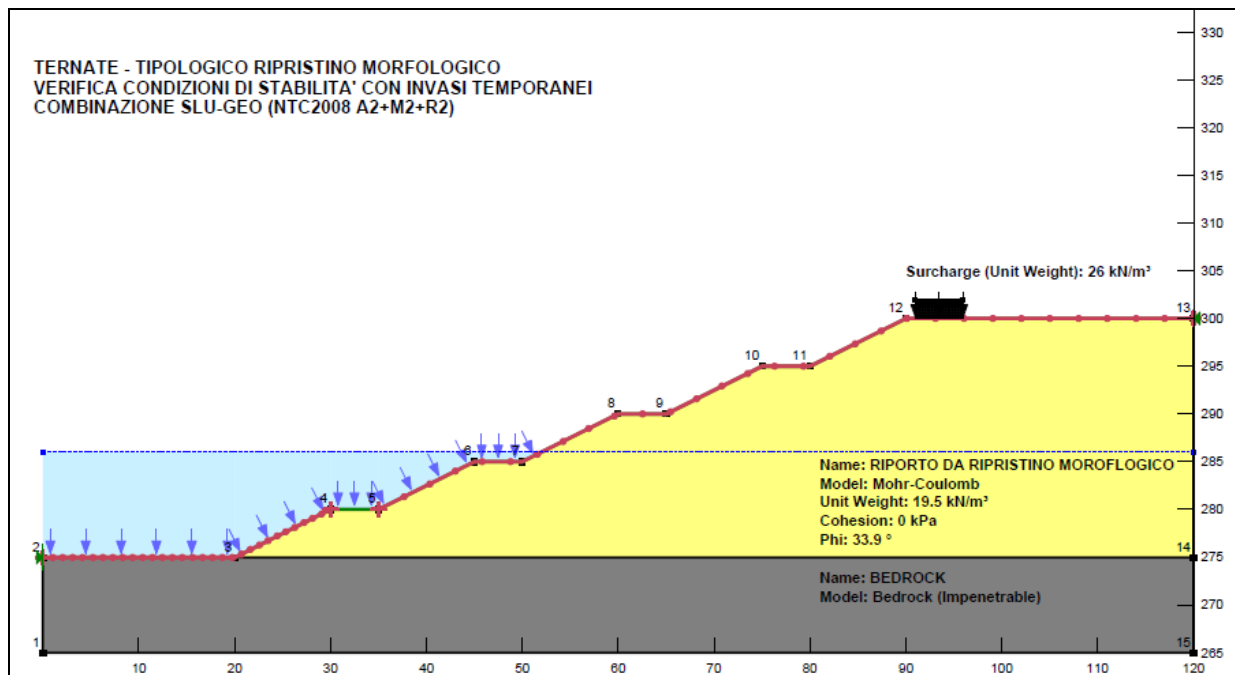
Il “fattore di sicurezza” è valutato con il metodo di Morgenstern e Price (1965), basato su una procedura di risoluzione iterativa che consente di soddisfare sia l'equilibrio alla rotazione che quello alla traslazione orizzontale, tenendo conto sia delle forze normali che di taglio trasmesse tra i conci in cui il pendio viene discretizzato.

Come anticipato al §3.1, tutte le verifiche sono state eseguite secondo quanto previsto dalle NTC2008.

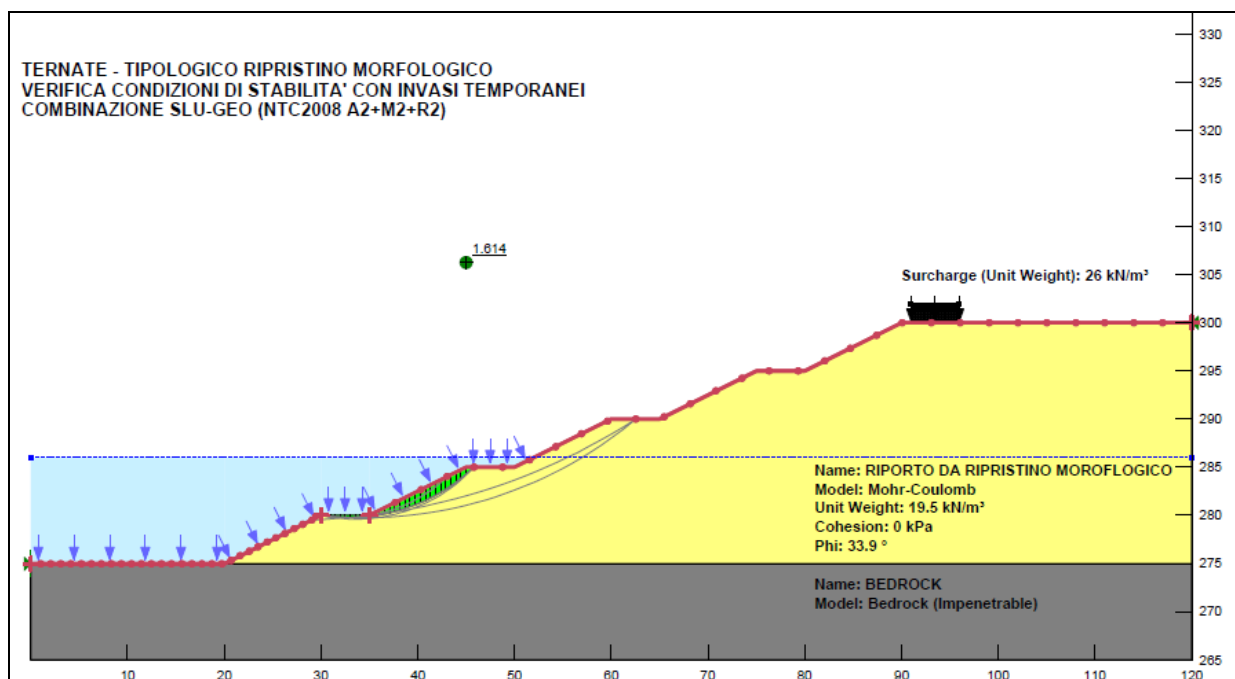
Nelle figure seguenti sono riportati lo schema tipologico adottato ed i risultati di alcune delle analisi per quote di invaso decrescenti da 286m s.l.m. a 275m s.l.m. (invaso assente). Viene inoltre riportato il grafico con cui si analizza la variazione del fattore di sicurezza minimo valutato in funzione del livello di invaso.



HOLCIM (Italia) S.p.A.		Ambito Territoriale Estrattivo ATE C2 – Polo “6” Comuni di Travedona e Ternate (VA)	
R 009A-11	11/07/2011	RISPOSTE ALLE INTEGRAZIONI RICHIESTE DALLA PROVINCIA DI VARESE	Pag. 18 di 31



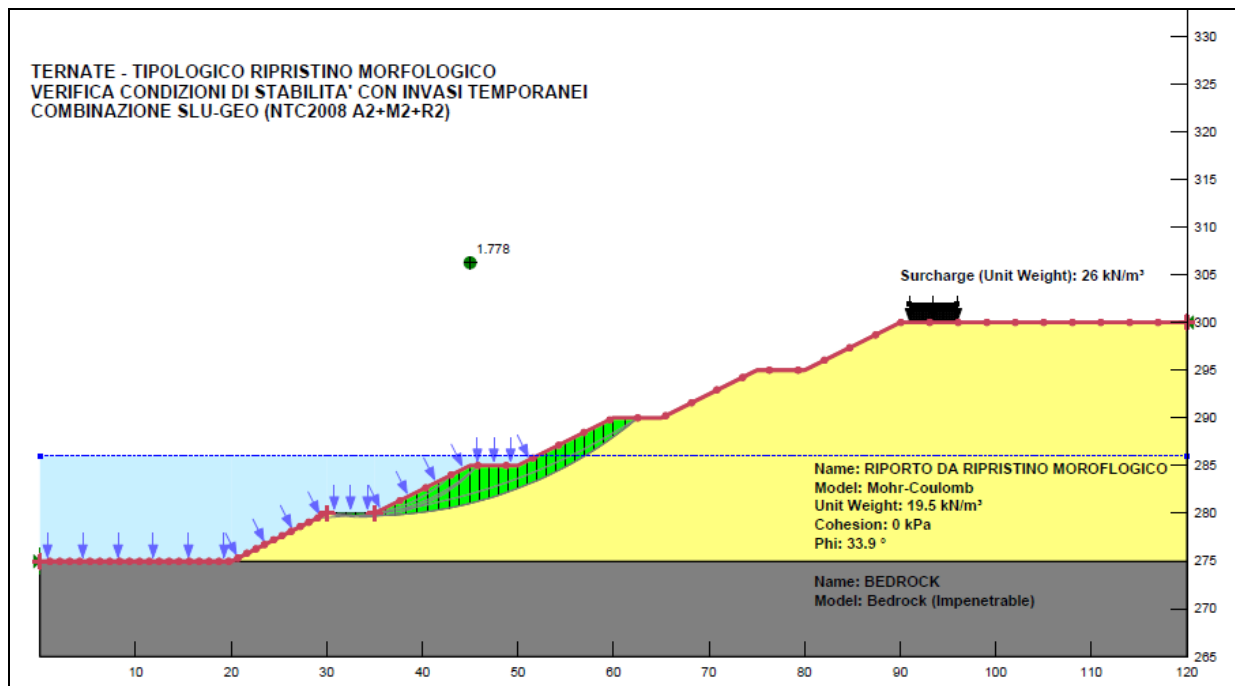
Verifica di stabilità globale - SLU-GEO - Modello numerico



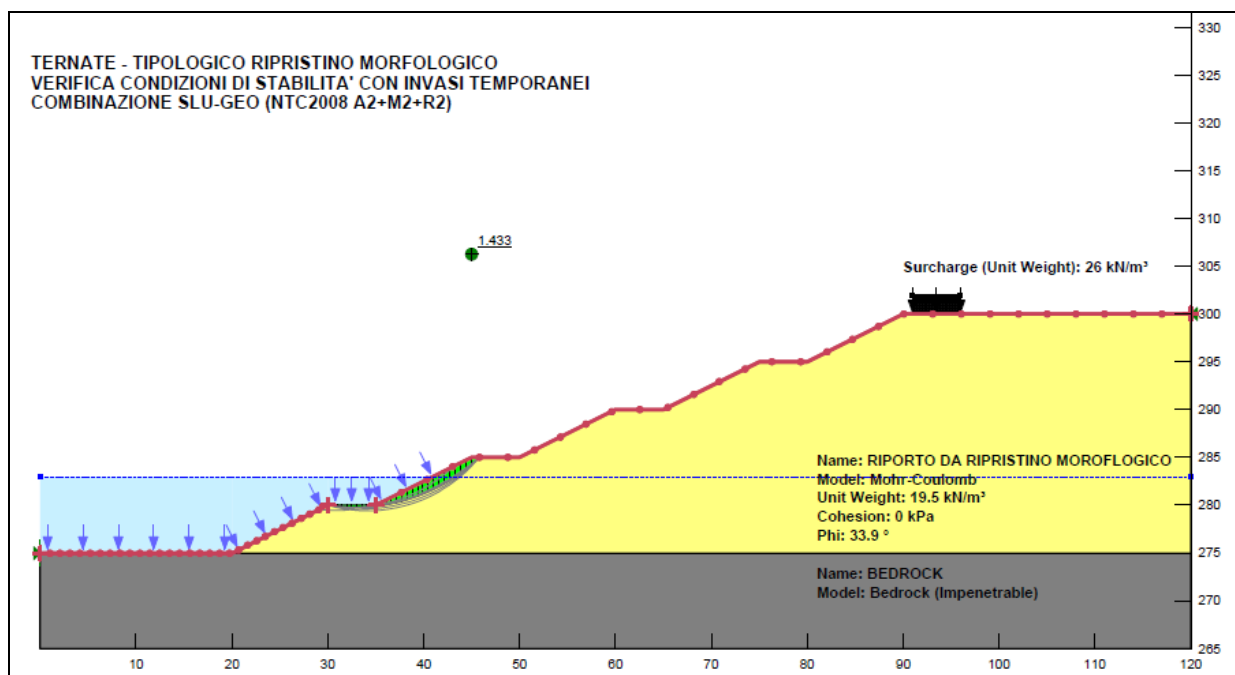
Verifica di stabilità globale – SLU GEO – hw = 286m s.l.m. – $F_{s_{min}} = 1.614$ – superficie corticale



HOLCIM (Italia) S.p.A.		Ambito Territoriale Estrattivo ATE C2 – Polo “6” Comuni di Travedona e Ternate (VA)	
R 009A-11	11/07/2011	RISPOSTE ALLE INTEGRAZIONI RICHIESTE DALLA PROVINCIA DI VARESE	Pag. 19 di 31



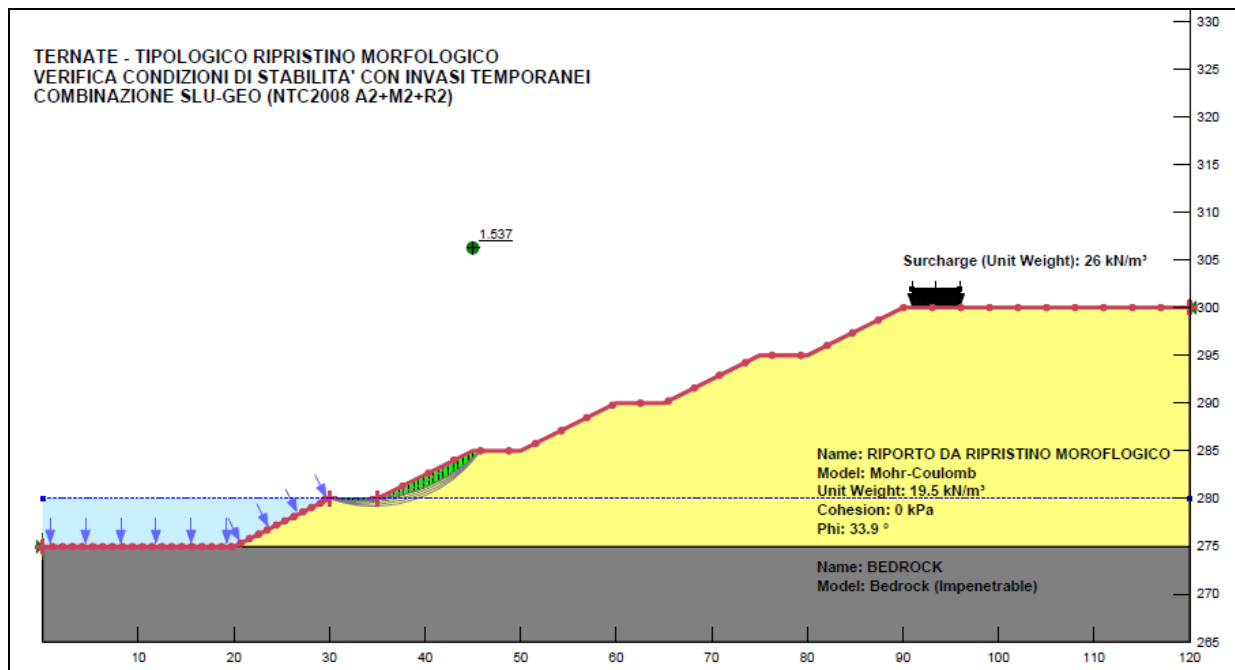
Verifica di stabilità globale – SLU GEO – hw = 286m s.l.m. – $F_{s_{min}} = 1.778$ – superficie profonda



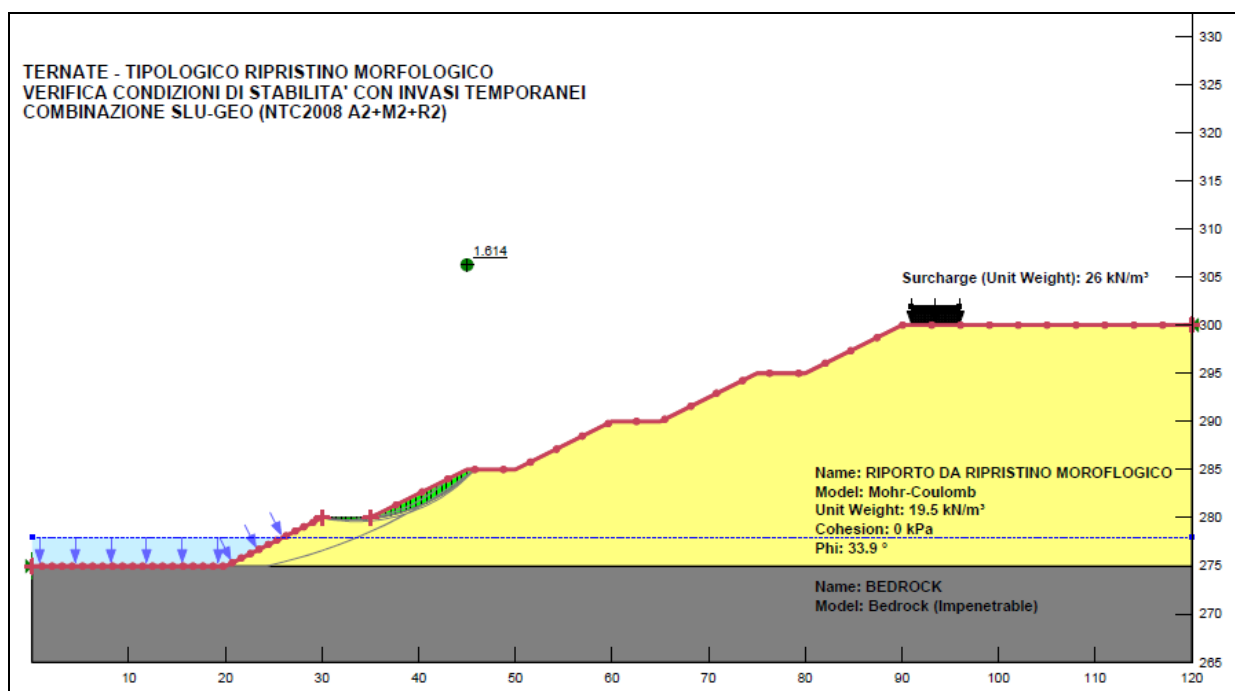
Verifica di stabilità globale – SLU GEO – hw = 283m s.l.m. – $F_{s_{min}} = 1.433$ – superficie corticale



HOLCIM (Italia) S.p.A.		Ambito Territoriale Estrattivo ATE C2 – Polo “6” Comuni di Travedona e Ternate (VA)	
R 009A-11	11/07/2011	RISPOSTE ALLE INTEGRAZIONI RICHIESTE DALLA PROVINCIA DI VARESE	Pag. 20 di 31



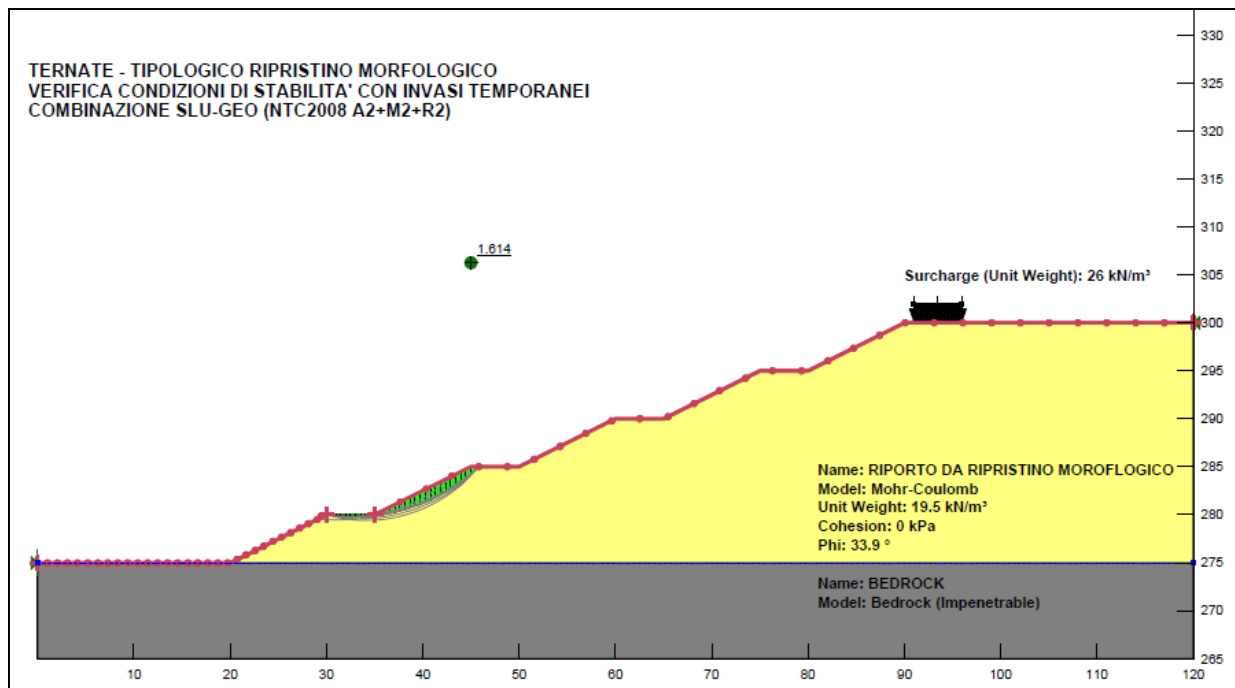
Verifica di stabilità globale – SLU GEO – hw = 280m s.l.m. – $F_{s_{min}} = 1.537$ – superficie corticale



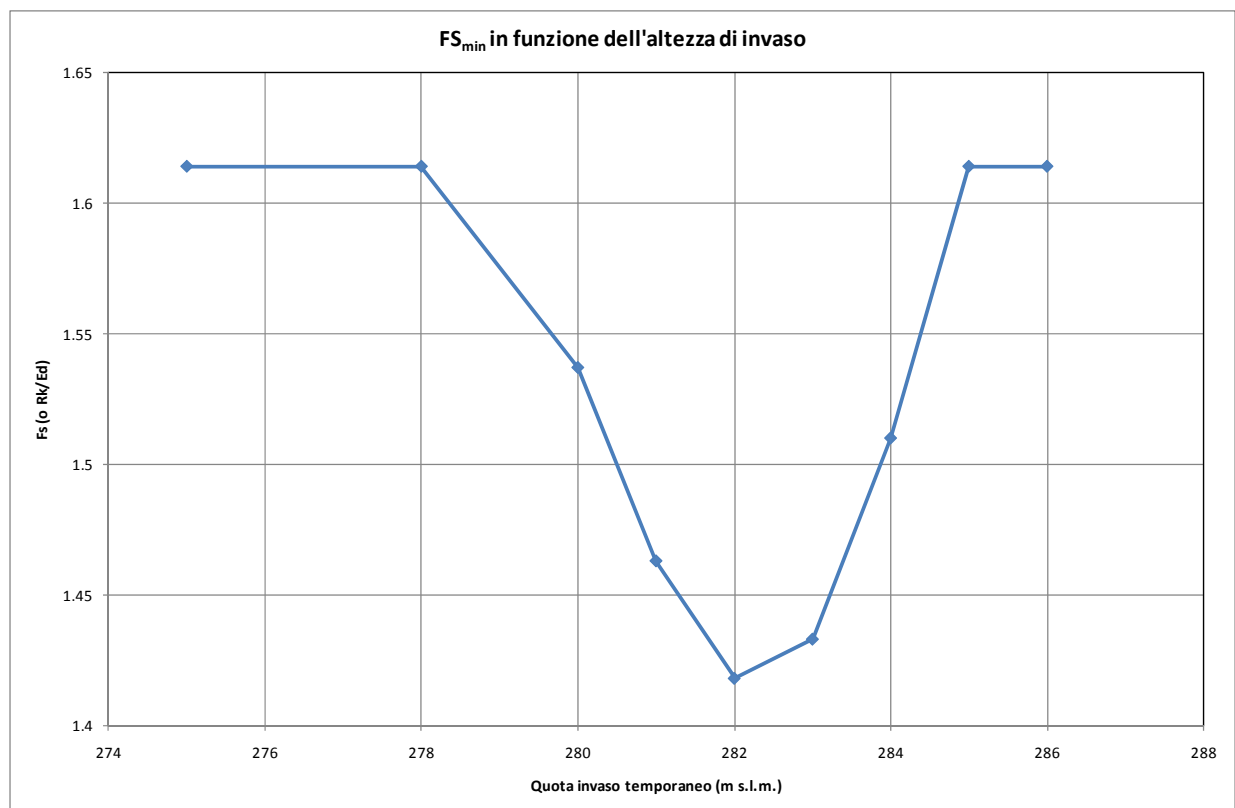
Verifica di stabilità globale – SLU GEO – hw = 278m s.l.m. – $F_{s_{min}} = 1.614$ – superficie corticale



HOLCIM (Italia) S.p.A.		Ambito Territoriale Estrattivo ATE C2 – Polo “6” Comuni di Travedona e Ternate (VA)	
R 009A-11	11/07/2011	RISPOSTE ALLE INTEGRAZIONI RICHIESTE DALLA PROVINCIA DI VARESE	Pag. 21 di 31



Verifica di stabilità globale – SLU GEO – hw = 275m s.l.m. – $F_{s_{min}} = 1.614$ – superficie corticale



Verifica di stabilità globale – SLU GEO – Andamento del “fattore di sicurezza” calcolato in funzione della quota di invaso



HOLCIM (Italia) S.p.A.		Ambito Territoriale Estrattivo ATE C2 – Polo “6” Comuni di Travedona e Ternate (VA)	
R 009A-11	11/07/2011	RISPOSTE ALLE INTEGRAZIONI RICHIESTE DALLA PROVINCIA DI VARESE	Pag. 22 di 31

I “fattori di sicurezza” minimi calcolati oscillando tra circa 1.4 e 1.6 a fronte di un fattore di sicurezza minimo richiesto da normativa di 1.1. Le superfici di scivolamento che corrispondono ai fattori di sicurezza minimi sono estremamente corticali e poco significative. Per superfici di scivolamento più profonde (e quindi potenzialmente pericolose, dal momento che interesserebbero volumi di riporto considerevoli) i fattori di sicurezza calcolati sono superiori, dell'ordine di 1.7÷1.8.

In ogni caso, per quanto sopra riportato, le verifiche di stabilità globale dei riporti intermedi in presenza di invasi temporanei risultano soddisfatte con elevato margine di sicurezza.

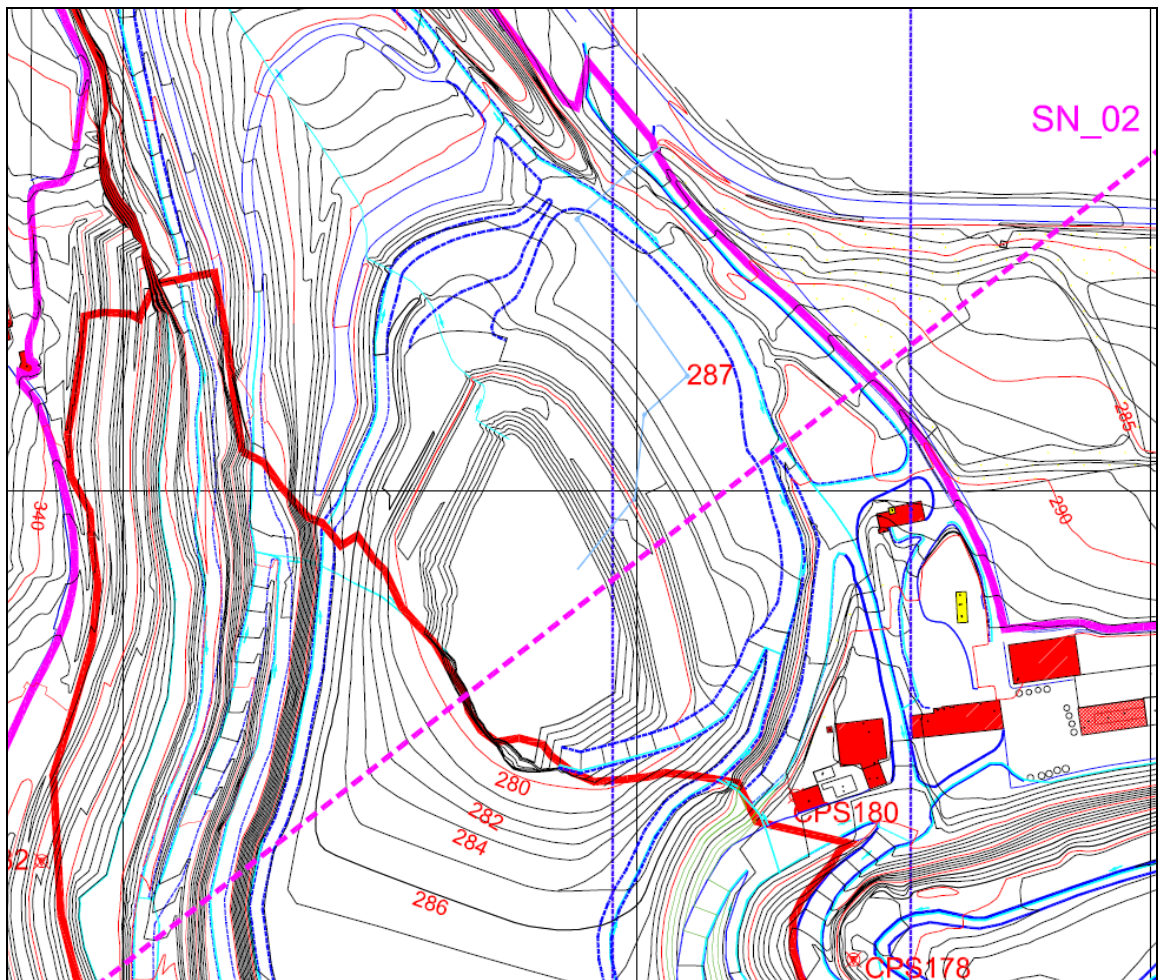
Si sottolinea inoltre che nelle analisi è stata trascurata la presenza del cordolo di base che viene abitualmente realizzato al piede delle scarpate come intervento di cantiere atto ad evitare che eventuali ruscellamenti superficiali possano provocare il progressivo scalzamento del piede e favorire fenomeni di scivolamento. E' chiaro che la presenza di tale cordolo costituisce un ulteriore presidio di sicurezza nei confronti di possibili fenomeni di instabilità, per altro esclusi dalle analisi di cui sopra.

Per quanto riguarda le condizioni di stabilità delle sponde del lago che, in fase di ripristino morfologico, fungerà da vasca di laminazione e raccolta delle acque afferenti all'area di cava, sono state effettuate le analisi di stabilità integrative richieste.

La verifica è stata eseguita lungo la sezione SN_02 (si veda lo stralcio planimetrico riportato in seguito), tracciata lungo la linea di massima pendenza dei riporti di origine antropica presenti sul lato EST del lago.



HOLCIM (Italia) S.p.A.		Ambito Territoriale Estrattivo ATE C2 – Polo “6” Comuni di Travedona e Ternate (VA)	
R 009A-11	11/07/2011	RISPOSTE ALLE INTEGRAZIONI RICHIESTE DALLA PROVINCIA DI VARESE	Pag. 23 di 31



Stralcio planimetrico Fase 5 Ripristino morfologico – Individuazione sezione SN02

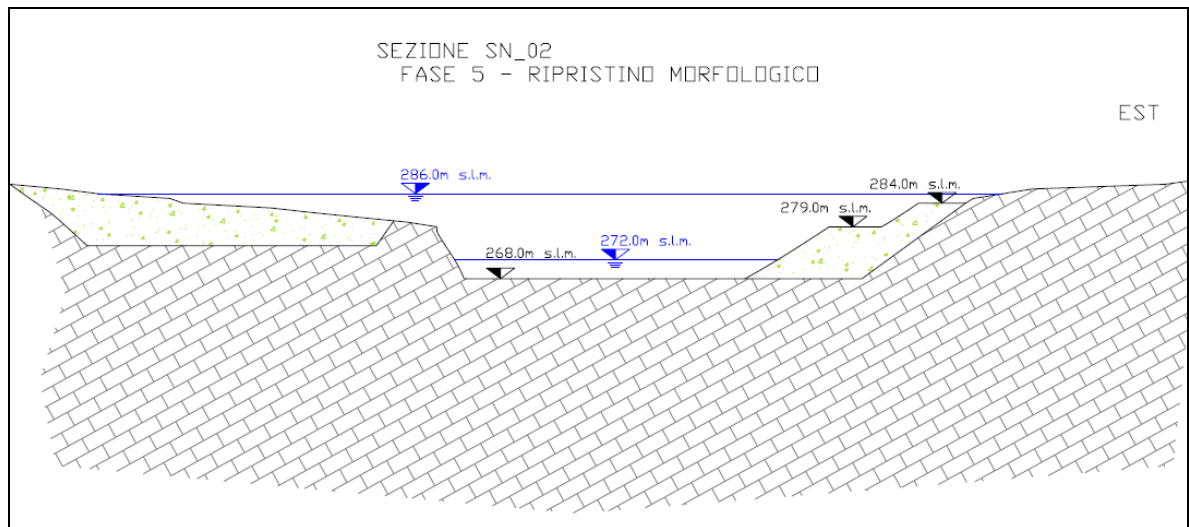
Tale sponda è infatti l'unica che potrebbe eventualmente essere soggetta a fenomeni di instabilità dato che le restanti sponde sono caratterizzate dalla presenza dell'ammasso roccioso in coltivazione.

Nelle verifiche è stato considerato un invaso massimo di 286m s.l.m., in grado di causare la completa sommersione dei riporti antropici.

Nella figura seguente è riportata la sezione geotecnica adottata per le verifiche, sviluppata sulla base dei dati disponibili e confermata con un apposito sopralluogo in sito, eseguito dagli scriventi in data 1 luglio 2011.



HOLCIM (Italia) S.p.A.		Ambito Territoriale Estrattivo ATE C2 – Polo “6” Comuni di Travedona e Ternate (VA)	
R 009A-11	11/07/2011	RISPOSTE ALLE INTEGRAZIONI RICHIESTE DALLA PROVINCIA DI VARESE	Pag. 24 di 31



Fase 5 Ripristino morfologico – Sezione geotecnica SN02 e livelli di invaso ipotizzati

Le analisi di stabilità globale sono state condotte, in analogia con quanto fatto per le verifiche dei riporti intermedi, mediante il codice di calcolo GEOSLOPE (rif.(25)), basato sulla teoria dell'equilibrio limite.

Dal momento che la configurazione considerata è definitiva, le analisi di stabilità sono state eseguite sia in condizioni statiche (SLU) che in condizioni di sollecitazione sismica (SLV), considerando l'azione pseudo statica già calcolata al §3.2.

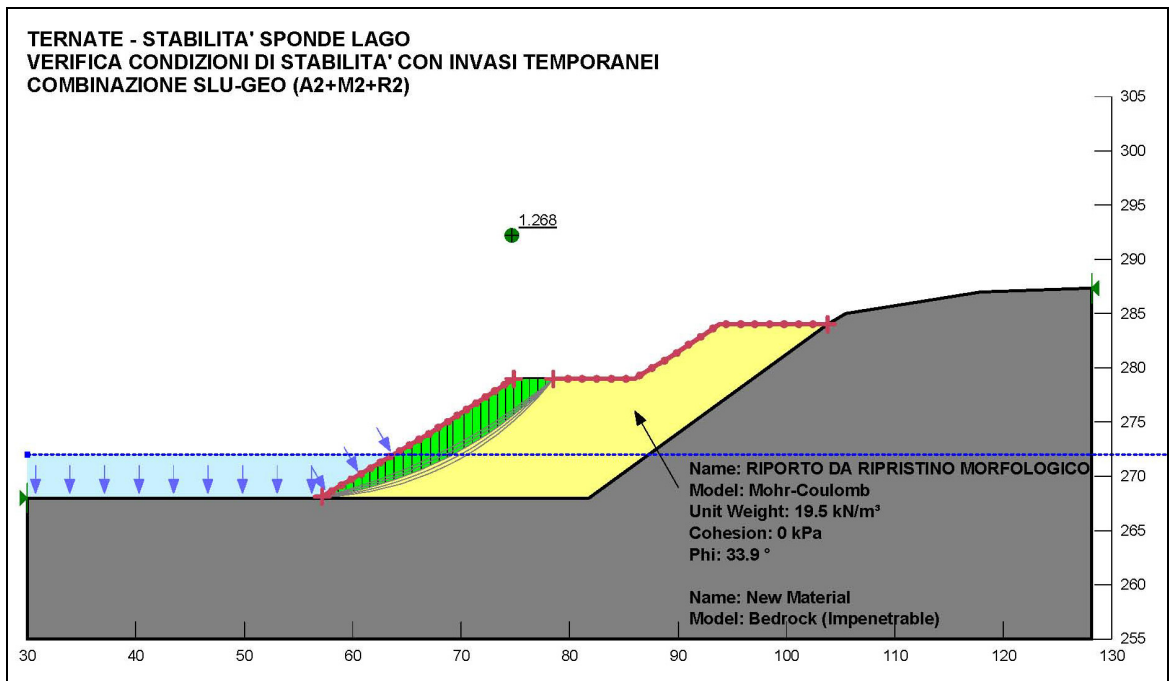
Nelle figure seguenti sono riportati i risultati delle analisi di stabilità effettuate considerando un livello di invaso crescente di 272m s.l.m., 276m s.l.m. e 286m s.l.m. sia in condizioni statiche che in condizioni sismiche (è stata modellata solo la parte orientale del lago dove la sponda è costituita da riporti antropici).

I “fattori di sicurezza” minimi calcolati oscillano tra circa 1.21 e 1.33 a fronte di un fattore di sicurezza minimo richiesto da normativa di 1.1.

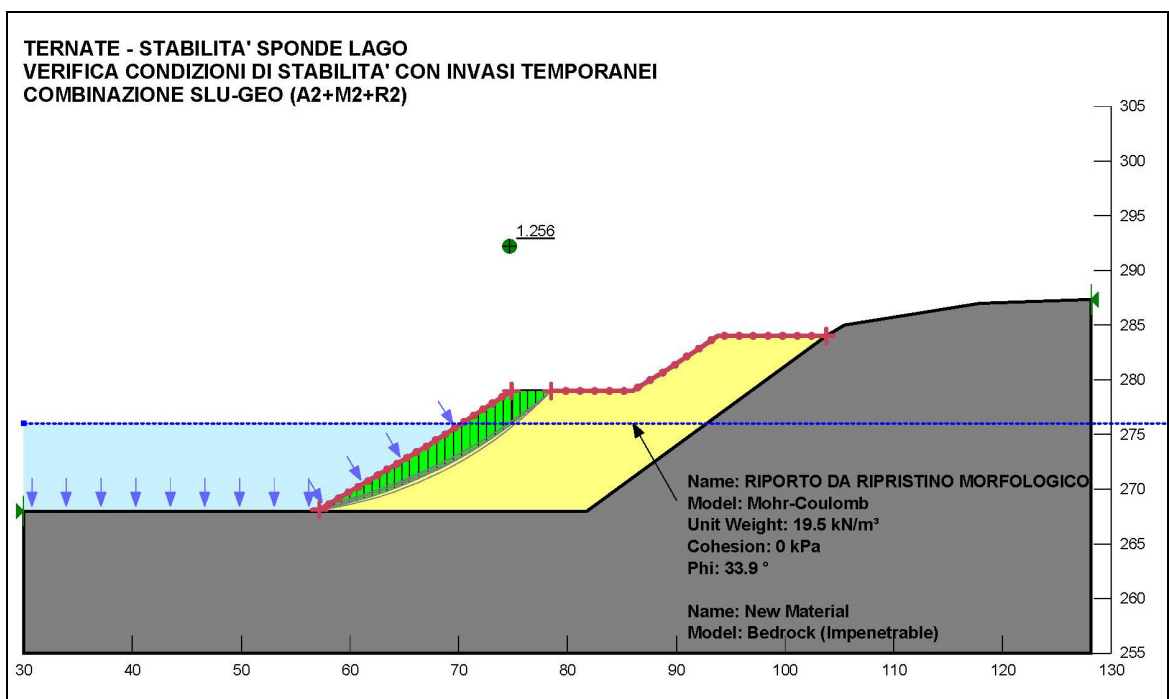


HOLCIM (Italia) S.p.A.		Ambito Territoriale Estrattivo ATE C2 – Polo “6” Comuni di Travedona e Ternate (VA)	
R 009A-11	11/07/2011	RISPOSTE ALLE INTEGRAZIONI RICHIESTE DALLA PROVINCIA DI VARESE	Pag. 25 di 31

Per quanto sopra riportato, le verifiche di stabilità globale delle sponde del lago in presenza di invasi temporanei con quota fino a 286m s.l.m. risultano soddisfatte.



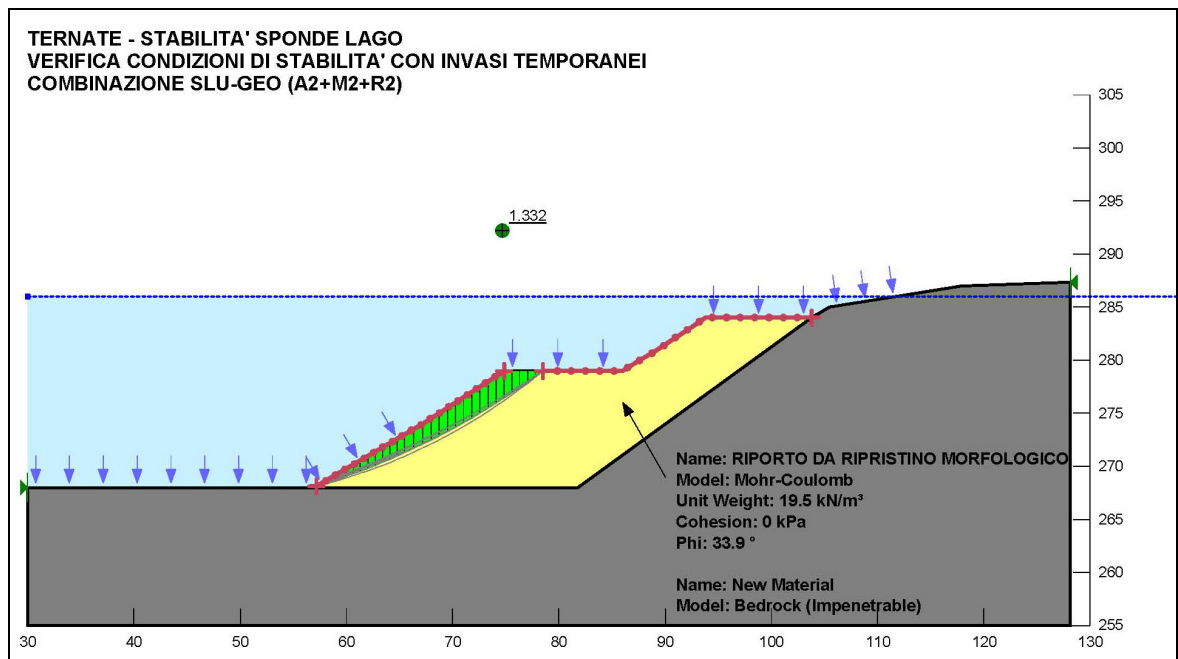
Verifica di stabilità globale sponde lago – SLU GEO – hw = 272m s.l.m. – $F_{s_{min}} = 1.268$



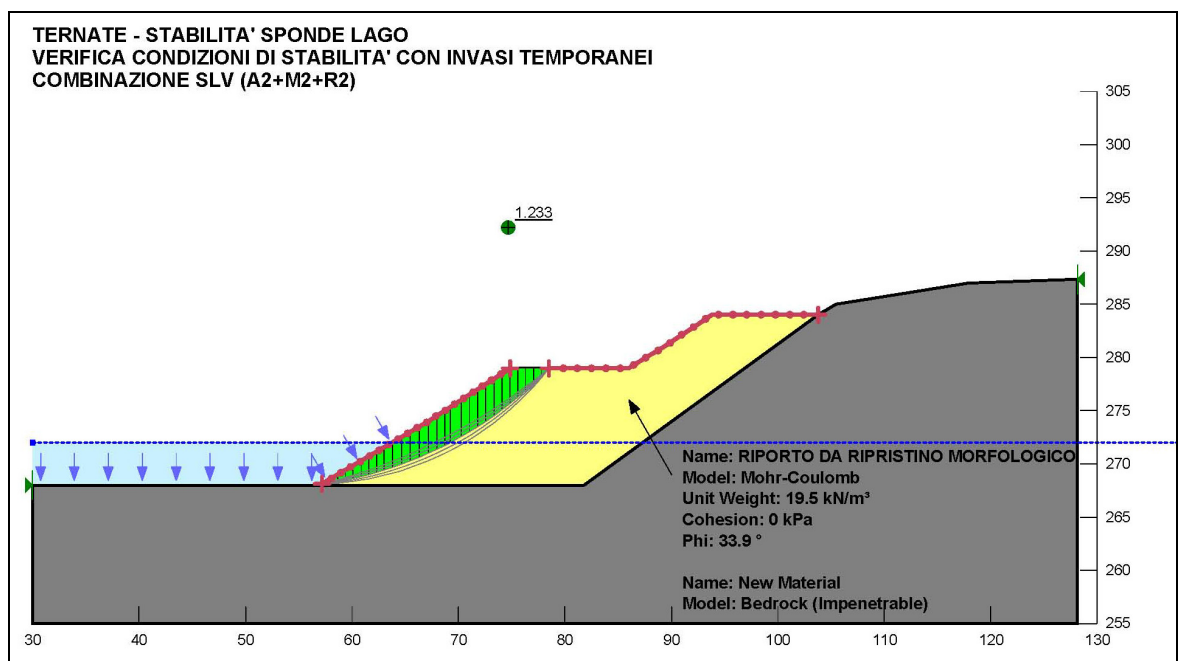
Verifica di stabilità globale sponde lago – SLU GEO – hw = 276m s.l.m. – $F_{s_{min}} = 1.256$



HOLCIM (Italia) S.p.A.		Ambito Territoriale Estrattivo ATE C2 – Polo “6” Comuni di Travedona e Ternate (VA)	
R 009A-11	11/07/2011	RISPOSTE ALLE INTEGRAZIONI RICHIESTE DALLA PROVINCIA DI VARESE	Pag. 26 di 31



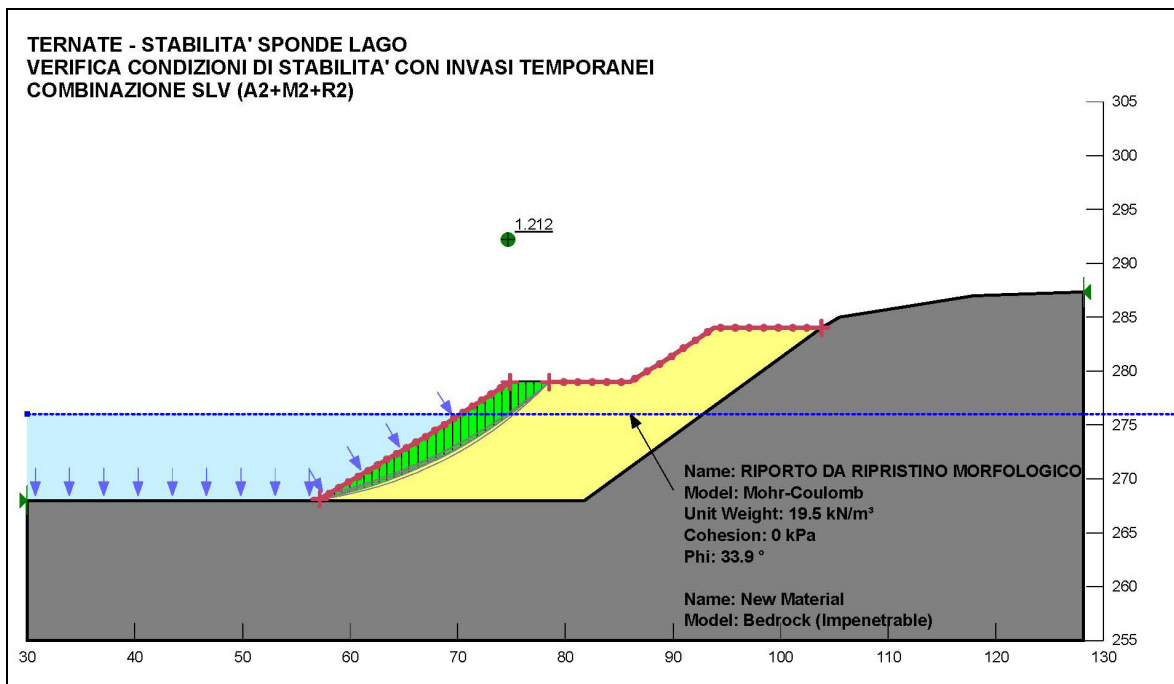
Verifica di stabilità globale sponde lago – SLU GEO – hw = 286m s.l.m. – $F_{s_{min}} = 1.332$



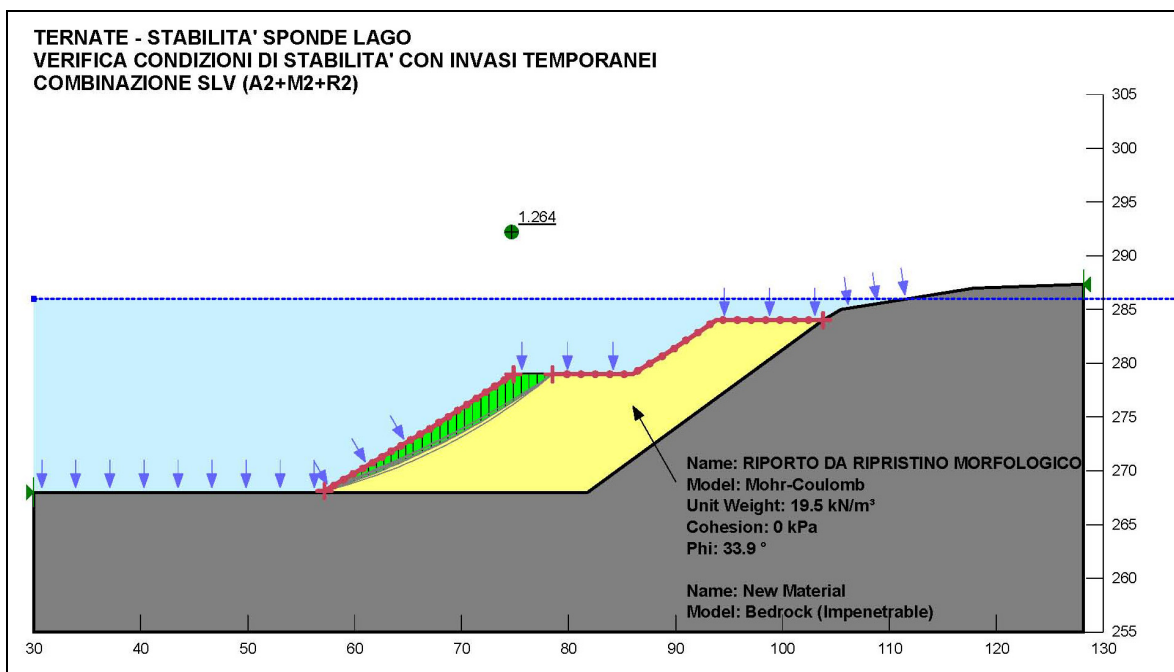
Verifica di stabilità globale sponde lago – SLV– hw = 272m s.l.m. – $F_{s_{min}} = 1.233$



HOLCIM (Italia) S.p.A.		Ambito Territoriale Estrattivo ATE C2 – Polo “6” Comuni di Travedona e Ternate (VA)	
R 009A-11	11/07/2011	RISPOSTE ALLE INTEGRAZIONI RICHIESTE DALLA PROVINCIA DI VARESE	Pag. 27 di 31



Verifica di stabilità globale sponde lago – SLV– hw = 276m s.l.m. – $F_{s_{min}} = 1.212$



Verifica di stabilità globale sponde lago – SLV– hw = 286m s.l.m. – $F_{s_{min}} = 1.264$



HOLCIM (Italia) S.p.A.		Ambito Territoriale Estrattivo ATE C2 – Polo “6” Comuni di Travedona e Ternate (VA)	
R 009A-11	11/07/2011	RISPOSTE ALLE INTEGRAZIONI RICHIESTE DALLA PROVINCIA DI VARESE	Pag. 28 di 31

3.4 CHIARIMENTI RIGUARDO ALLE SEZIONI DI PROGETTO SCELTE, UBICAZIONE RILIEVI GEOMECCANICI E FOTO SONDAGGIO S14 (INTEGRAZIONE 3C)

Le verifiche in condizioni statiche riportate nel rapporto n. 009°-09-Rev.3 sono state eseguite con riferimento alla Sezione 1 in quanto considerata quella potenzialmente più critica in termini di stabilità dei fronti per condizioni geometriche di scavo e per caratteristiche geotecniche e geomeccaniche dell'ammasso roccioso.

La Sezione 1 passa per i sondaggi S19 ed S20 che hanno indicato la presenza di terreno di riporto per spessori, rispettivamente, di 6.0m e 16.50m, in accordo con il modello geotecnico adottato.

Dal punto di vista della stabilità dei fronti di scavo, la presenza di spessori maggiori di riporto (fino ai 29m considerati nel progetto di coltivazione) non è da considerarsi più gravosa in termini di stabilità dei fronti di scavo per i seguenti motivi:

- I riporti, per loro caratteristica, costituiscono un sovraccarico inferiore rispetto alla roccia (peso di volume naturale del riporto inferiore rispetto a quello della roccia) che, nelle condizioni geometriche e geologiche locali, in cui le possibili superfici di scivolamento sono contenute per lo più all'interno dei livelletti argillitici, comportano azioni instabilizzanti inferiori rispetto al caso di maggiori spessori di roccia in sito;
- La geometria di scavo di progetto all'interno del riporto considera scarpate con pendenza di 35° e altezza di 4.0m, con berme di 2.5m; a tale schema di scavo corrisponde una pendenza media molto contenuta (circa 20°) che non comporta alcun problema di instabilità globale a livello dei riporti superficiali.



HOLCIM (Italia) S.p.A.		Ambito Territoriale Estrattivo ATE C2 – Polo “6” Comuni di Travedona e Ternate (VA)	
R 009A-11	11/07/2011	RISPOSTE ALLE INTEGRAZIONI RICHIESTE DALLA PROVINCIA DI VARESE	Pag. 29 di 31

Per i motivi sopra descritti, pur non considerando i massimi spessori di copertura, la sezione di progetto utilizzata per la modellazione FLAC della procedura di coltivazione e la valutazione della stabilità globale è da considerarsi quella critica. Eventuali sezioni di verifica caratterizzate da maggiori spessori di riporto (e minori spessori di roccia) fornirebbero fattori di sicurezza pari o superiori a quelli valutati per la sezione di progetto.

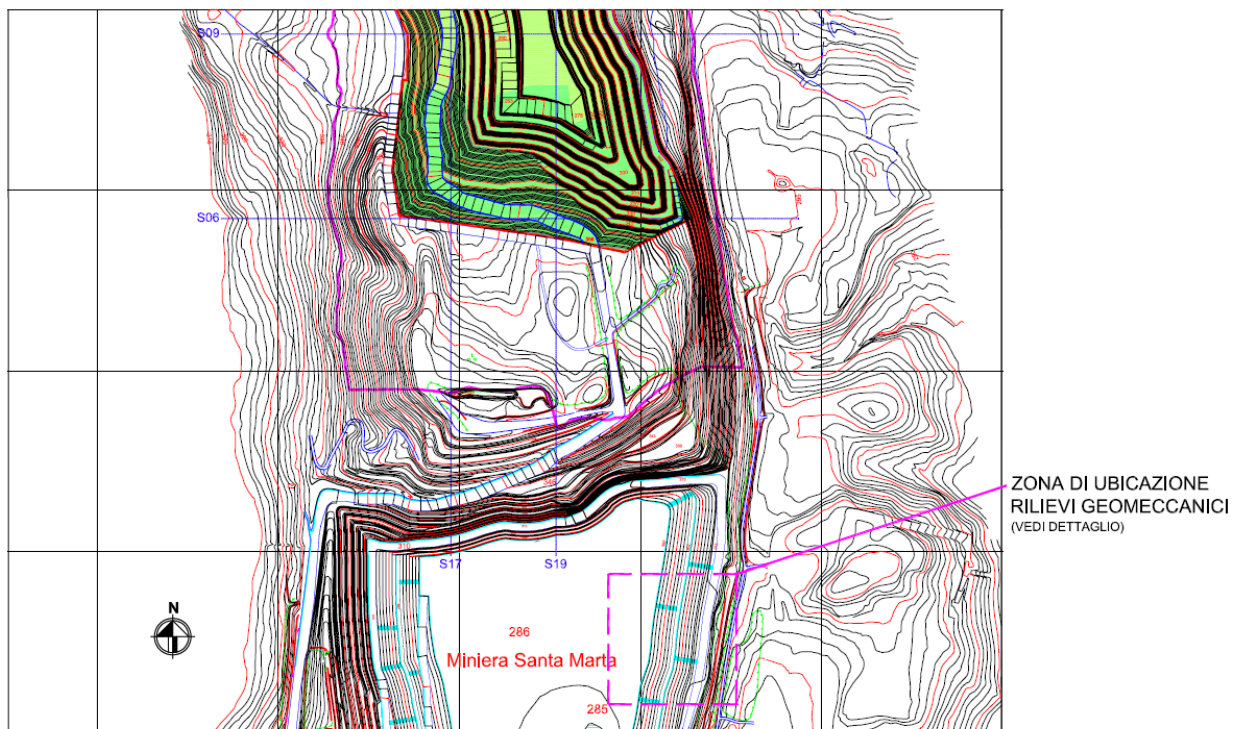
Per quanto riguarda l'ubicazione delle stazioni di rilievo geomeccanico, si precisa che queste hanno interessato l'area della vicina cava di Santa Marta e sono state concentrate sul fronte Est, in quanto caratterizzato da inclinazione delle discontinuità di strato a franapoggio e interessato dalla presenza di alcuni livelletti argillitici significativi.

Negli stralci planimetrici riportati in seguito, è indicata la posizione delle sei stazioni di rilievo geomeccanico (RGM1÷ RGM6) in rapporto al nuovo progetto di coltivazione proposto (prima immagine) e allo stato dei luoghi alla data del rilievo (2007, seconda immagine di dettaglio).

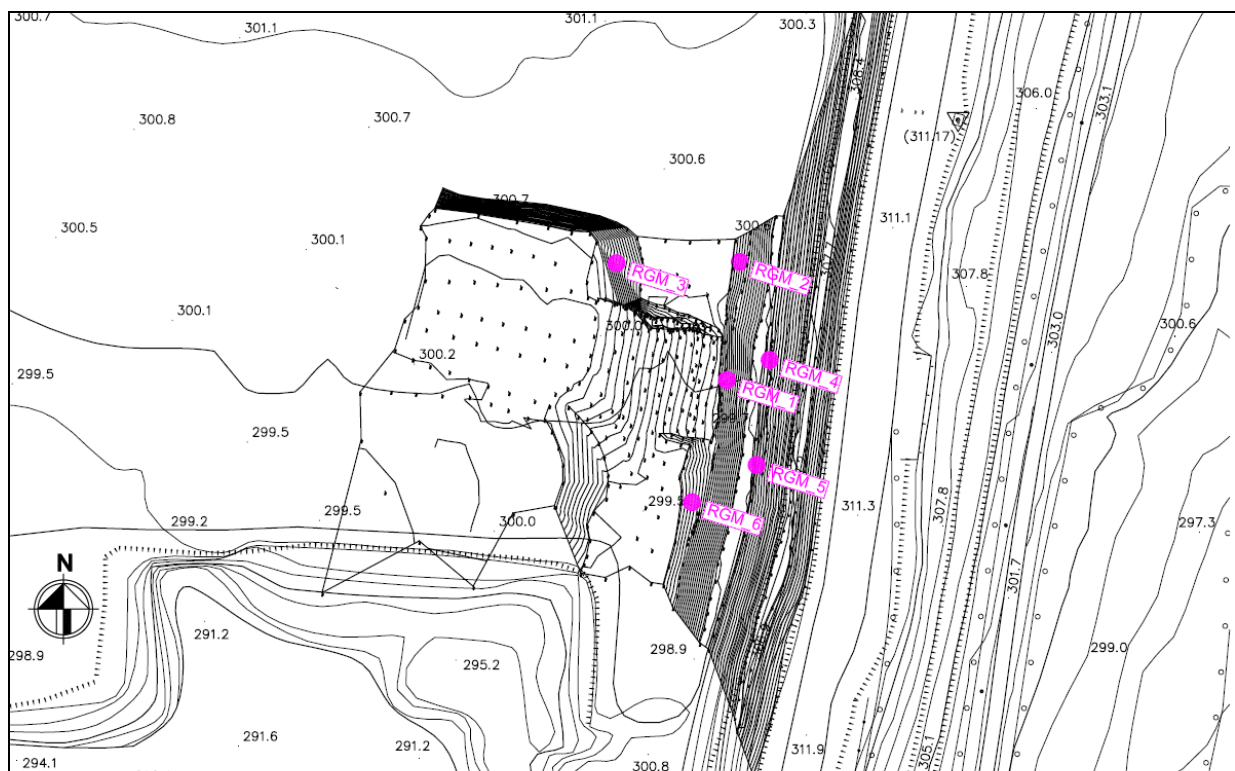
A seguire sono riportate le foto mancanti delle cassette catalogatrici del sondaggio S14.



HOLCIM (Italia) S.p.A.		Ambito Territoriale Estrattivo ATE C2 – Polo “6” Comuni di Travedona e Ternate (VA)	
R 009A-11	11/07/2011	RISPOSTE ALLE INTEGRAZIONI RICHIESTE DALLA PROVINCIA DI VARESE	Pag. 30 di 31



Stralcio planimetrico fase 5 coltivazione – individuazione zona di ubicazione rilievi geomeccanici



Rilievo Miniera Santa Marta al 02/2007 (fronte Est) – ubicazione rilievi geomeccanici



HOLCIM (Italia) S.p.A.		Ambito Territoriale Estrattivo ATE C2 – Polo “6” Comuni di Travedona e Ternate (VA)	
R 009A-11	11/07/2011	RISPOSTE ALLE INTEGRAZIONI RICHIESTE DALLA PROVINCIA DI VARESE	Pag. 31 di 31



Sondaggio S14 – Cassetta 11 – da 55.00m a 60.00m



Sondaggio S14 – Cassetta 12 – da 60.00m a 65.00m

