

VARIANTE ALLA S.S. 1 "VIA AURELIA"  
Viabilità di accesso all'hub portuale di La Spezia  
Lavori di costruzione della variante alla S.S. 1 Via Aurelia - 3° Lotto  
2° Stralcio Funzionale B dallo Svincolo di Buon Viaggio allo Svincolo di San Venerio  
**COMPLETAMENTO**

PRECEDENTI LIVELLI DI PROGETTAZIONE DELL'APPALTO INTEGRATO ORIGINALE

PD n°1861 del 09/07/03 aggiornato al 10/12/08 - Delibera CIPE n°60 del 02/04/08  
PE n° 103 del 14/07/2011 - D.A. CDG-103321-P del 20/07/11  
PVT n°112 del 21/01/16 aggiornata al 28/10/16 - D.A. CDG-92950-P del 21/02/17  
Progetto Esecutivo Cantierabile Opere da Completare

**PROGETTO ESECUTIVO**

COD. **GE266**

**PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI**

PROGETTISTA:

*Dott. Ing. Antonio Scalamandrè*  
*Ordine Ing. di Frosinone n. 1063*

IL GEOLOGO

*Dott. Geol. Flavio Capozucca*  
*Ordine Geol. del Lazio n. 1599*

COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

*Geom. Emiliano Paiella*

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

*Dott. Ing. Fabrizio Cardone*

PROTOCOLLO

DATA

**STUDI, INDAGINI E RELAZIONI SPECIALISTICHE**  
**INDAGINI GEOGNOSTICHE**

INDAGINI PROGETTO ESECUTIVO (2010-2011)

Relazione integrativa a seguito della Nota del 15/06/2011 Prot. 0034157

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV. PROG.	T00GE00GEORE13A.dwg			
<b>DPGE0266</b>	<b>E 20</b>	CODICE ELAB.	<b>T00GE00GEORE13</b>	<b>A</b>	-
<b>D</b>					
<b>C</b>					
<b>B</b>					
<b>A</b>	COMMENTI	2020	Geol. Paone M.	Geol. Capozucca F.	Geol. Capozucca F.
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO



# Anas SpA

30

Compartimento della Viabilita' per la Liguria



## COMUNE DELLA SPEZIA

VARIANTE ALLA SS N° 1 AURELIA (AURELIA BIS)  
VIABILITA' DI ACCESSO ALL' HUB PORTUALE DI LA SPEZIA  
INTERCONNESSIONE TRA I CASELLI DELLA A-12 ED IL PORTO DI LA SPEZIA

LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA VARIANTE ALLA S.S. 1 AURELIA - 3° LOTTO  
TRA FELETTINO ED IL RACCORDO AUTOSTRADALE

## PROGETTO ESECUTIVO

C					
B					
A	giugno 2011	Emissione	MAIURI	TEMUSSI LUCIONI	FIMIANI
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

TITOLO ELABORATO:

**PARTE GENERALE**  
RELAZIONE INTEGRATIVA A SEGUITO NOTA  
PROVINCIA DI LA SPEZIA N°34157 del 15/06/2011

Visto: Il Responsabile Unico del Procedimento

CODICE PROGETTO

CODICE ELABORATO

L 0 9 0 2 A E 1 0 0 1

T 0 0 E G 0 0 G E T R E 0 8 A

SCALA:

DATA:

marzo 2011

COMMESSA: C287A

NOME FILE:

T00EG00GETRE08\_A .DOC

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI IMPRESE

MANDATARIA

**CO.E.S.T.R.A. S.p.A.**  
Direttore Tecnico  
(Ing. Marco Porta)

MANDANTE

**CONSORZIO ETRURIA**

MANDANTE

**SECOL**

PROGETTISTA INDICATO

**C. LOTTI & ASSOCIATI**  
SOCIETA' DI INGEGNERIA S.p.A. - ROMA



IL GEOLOGO

COORDINATORE DELLA SICUREZZA  
IN FASE DI PROGETTAZIONE



**RELAZIONE INTEGRATIVA A SEGUITO NOTA DEL  
15/06/2011 Prot. 0034157**

N° PROGETTO: <b>C287.A</b>			ELABORATO: <b>T00EG00GETRE08_A</b>		
<b>0</b>	Luglio 2011	EMISSIONE	Maiuri	Temussi Lucioni	Fimiani
<b>2</b>					
<b>3</b>					
<b>4</b>					
<b>revisione</b>	<b>data</b>	<b>descrizione</b>	<b>redatto</b>	<b>controllato</b>	<b>approvato</b>



## INDICE

<b>PREMESSA.....</b>	<b>1</b>
<b>1. VERIFICHE DI STABILITÀ GN FELETTINO 1 – IMBOCCO SUD.....</b>	<b>2</b>
1.1 METODO DI ANALISI.....	4
<b>2. SISTEMAZIONI IDRAULICHE – ADEGUAMENTO DELLE SEZIONI D’ALVEO ALLE PORTATE DI PIANO (TR=200).....</b>	<b>23</b>

## **PREMESSA**

La presente relazione integrativa è stata elaborata a seguito della nota della Provincia di La Spezia, Settore Difesa del Suolo, num. 0034157 del 15/06/2011 avente come oggetto:

- la previsione, su base geotecnica, delle condizioni di stabilità del versante interessato dall'esecuzione delle opere di imbocco della Galleria naturale Felettino I – imbocco Sud e di scavo della galleria medesima.
- il transito in sicurezza delle portate con  $T_R = 200$  anni in corrispondenza degli alvei interessati dal progetto.

## **1. VERIFICHE DI STABILITÀ GN FELETTINO 1 – IMBOCCO SUD**

Va innanzi tutto premesso che le “perturbazioni” rispetto allo stato attuale riguardanti lo scavo in sotterraneo della galleria naturale non comporteranno riduzioni del coefficiente di sicurezza del versante e quindi rischio di riattivazione del fenomeno gravitativo quiescente, in quanto:

- drenaggio della falda: qualora lo scavo a foro cieco della galleria determini un abbassamento della falda, questo avrebbe un effetto benefico riguardo alla stabilità globale del versante interessato; tale drenaggio è previsto in fase di esecuzione dei lavori, mentre a lungo termine le modalità esecutive e la prevista realizzazione dell'impermeabilizzazione dell'intero cavo sono tali da ristabilire, secondo le previsioni progettuali, l'originale assetto idrogeologico.

In ogni caso, per quanto riguarda la stabilità del versante in fase sismica, il carattere di temporaneità del drenaggio della falda nella fase di esecuzione dell'opera fa sì che questo sia inquadrato come opera provvisoria, con le relative riduzioni dell'azione sismica in riferimento al periodo di riferimento dell'evento sismico.

- vibrazioni: in base alla tipologia delle formazioni interessate nel tratto in studio, in considerazione del grado di fratturazione delle rocce presenti o della presenza di terreni

sciolti, per l'esecuzione degli scavi in sotterraneo in tale tratto è previsto l'impiego esclusivo dell'escavatore, che non comporta la generazione di vibrazioni apprezzabili.

Peraltro, le vibrazioni indotte dall'impiego di martello demolitore o esplosivi (con le dovute cautele, quale adozione di micro cariche con microrotardi), in generale hanno un'entità sensibilmente inferiore a quelle del sisma di progetto; in ogni caso, non è previsto l'impiego di tali tecniche e mezzi d'opera nel caso in esame.

- modifica dello stato tensionale dell'ammasso: per l'esecuzione dell'opera in sotterraneo nel tratto interessato è previsto un consolidamento preventivo del contorno e del nucleo di scavo, tramite perforazioni armate con tubi in VTR iniettati; tali interventi sono finalizzati all'esecuzione in sicurezza degli scavi in sotterraneo, ma il loro effetto in termini di limitazioni delle convergenze in galleria e di estrusione del fronte di scavo è proprio quello di scongiurare deformazioni apprezzabili del contorno del cavo e dell'ammasso retrostante il fronte di scavo, per cui si può affermare che non si attendono significativi assestamenti e decompressioni dell'ammasso in prossimità dello scavo in galleria, con condizioni via via migliori allontanandosi dall'opera.

Ciò premesso, le analisi condotte portano a individuare, quale fase critica della realizzazione dell'opera, la fase di scavo delle opere di imbocco (imbocco Sud) della galleria Felettino I, estesa eventualmente – per i motivi che sono esposti nei paragrafi successivi – alla fase di realizzazione della porzione più prossima all'imbocco della galleria naturale.

Per tali fasi è stata quindi eseguita una serie di verifiche geotecniche, relative sia allo stato attuale che a quello di progetto, entrambe sia in fase statica che sismica, riportate nel capitolo 1.

Va precisato che tali analisi, in favore di sicurezza, sono state condotte sulla sezione in asse alla galleria, e sono pertanto di tipo bidimensionale, il che equivale a dire che la modellazione è stata condotta come se la situazione corrispondente alla sezione suddetta fosse estesa indefinitamente anche in senso laterale; in realtà, a seguito dell'adozione di opere provvisorie (paratie di micropali) che limitano l'estensione laterale degli scavi a circa 7 m a destra e a sinistra della sezione studiata, la morfologia del pendio rimane inalterata al di fuori della zona così individuata: pertanto le analisi effettuate trascurano l'effetto "tridimensionale" della reale configurazione di scavo, portando ad una sensibile sottovalutazione dell'effettivo coefficiente di sicurezza.

Infine, si sottolinea che, in considerazione della vulnerabilità dei luoghi sotto l'aspetto geotecnico, sono previste specifiche azioni di monitoraggio sia in fase di scavo e realizzazione dell'imbocco che in fase di scavo e realizzazione della galleria a foro cieco, descritte di seguito.

## 1.1 METODO DI ANALISI

In accordo con la normativa vigente, le verifiche di stabilità sia in condizioni statiche che sismiche sono state effettuate con l'Approccio 1- Combinazione 2: A2+M2+R2 tenendo conto dei vari coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I. In particolare per la condizione sismica i coefficienti parziali sulle azioni (A2) risultano essere unitari (paragrafo 7.11 NTC).

Le analisi sono state condotte con i metodi all'equilibrio limite tenendo conto della stratigrafia reale del sito e della posizione della falda. Il livello di sicurezza è espresso come rapporto tra la resistenza a taglio disponibile e lo sforzo di taglio mobilitato lungo la potenziale superficie di scorrimento. In particolare, nei metodi delle strisce la massa di terreno viene discretizzata in strisce verticali e si determina la superficie di scorrimento critica in corrispondenza della quale si ha il minimo coefficiente di sicurezza.

La condizione di verifica  $E_d \leq R_d$  equivale ad avere un coefficiente di sicurezza in corrispondenza della superficie di scorrimento critica  $F_{\min} \geq \gamma_R$ :

$$F = R_d/E_d \geq 1.1$$

Nelle analisi è stato adottato il metodo di Morgenstern e Price (1965) che tiene conto sia delle forze di taglio sia di quelle normali scambiate tra le strisce e considera delle superfici di scorrimento a direttrice circolare.

In condizioni sismiche, la stabilità è stata analizzata mediante un approccio pseudostatico. Gli effetti del sisma sono stati quindi rappresentati con delle forze d'inerzia orizzontali e verticali applicate alla massa instabile:

$$F_h = k_h \cdot W$$
$$F_v = \pm k_v \cdot W$$

W è il peso totale della massa di terreno al disopra della superficie di scorrimento.

Trattandosi di un'opera provvisoria di classe III il periodo di riferimento per l'azione sismica è  $V_R = 35$  anni. In corrispondenza del comune di La Spezia, in condizioni di Stato Limite Ultimo la massima accelerazione attesa in sito vale  $a_g (g) = 0.106$ . I coefficienti sismici impiegati nelle analisi sono i seguenti:

$a_g (g) (SLV)$	0.106
Categoria di sottosuolo	B
Coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_s$	1.2
Coefficiente di amplificazione topografica $S_t$	1.2
$a_{max} (g)$ attesa al sito	0.153
Coefficiente di riduzione dell' $a_{max}$ attesa al sito $\beta_s$	0.24
$k_h$	0.037
$k_v (+/-)$	0.018

**Parametri analisi sismica**

I calcoli sono stati svolti mediante l'ausilio del codice di calcolo SLOPE/W 2007 [Geoslope International Ltd, Calgary], che consente l'analisi rapida di numerose superfici di scorrimento.

## 1.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

Il modello di calcolo è stato costruito sulla base delle informazioni relative alle condizioni stratigrafiche ed idrauliche riportate nel profilo geotecnico. Sono stati creati due modelli rappresentativi delle seguenti condizioni:

- *Stato attuale del versante*: si è fatta una prima verifica della stabilità del versante in corrispondenza dell'imbocco della galleria naturale nelle condizioni topografiche attuali.
- *Fase costruttiva*: si è modellata la fase di massimo scavo tenendo conto della presenza della paratia di micropali multitirantata provvisoria d'imbocco.

Il modello geotecnico di calcolo è stato definito sulla base di quanto riportato nelle relazioni geologica e geotecnica di riferimento utilizzando per i materiali presenti il criterio di resistenza al taglio di Mohr-Coulomb.

	Parametri caratteristici			Parametri fattorizzati	
	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi'_k$ (°)	$c_k$ (kPa)	$\phi'$ (°) ridotto	$c'$ ridotto (kPa)
Arenarie del Bratica B1	19	27	5	22.2	4.0
Arenarie del Bratica B2	20	28	10	23.0	8.0
Argille e calcari di canetolo C2	22	28	35	23.0	28.0

Per quanto riguarda invece le condizioni idrauliche, si è riportata la falda come indicato nel profilo geotecnico tenendo quindi conto dell'effetto delle pressioni interstiziali nelle analisi di stabilità.

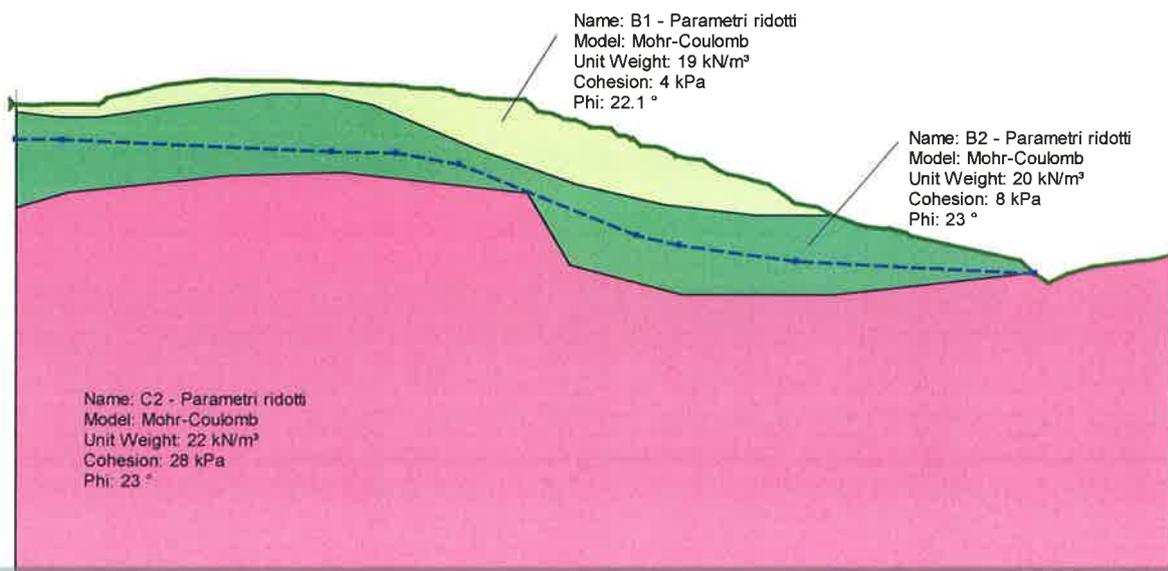
I principali risultati delle analisi sono di seguito riportati:

	Stato attuale	Fase costruttiva
	$F_{min}$	$F_{min}$
Condizioni Sismiche (+/- kv)	1.24	1.22
Condizioni Statiche	1.38	1.35

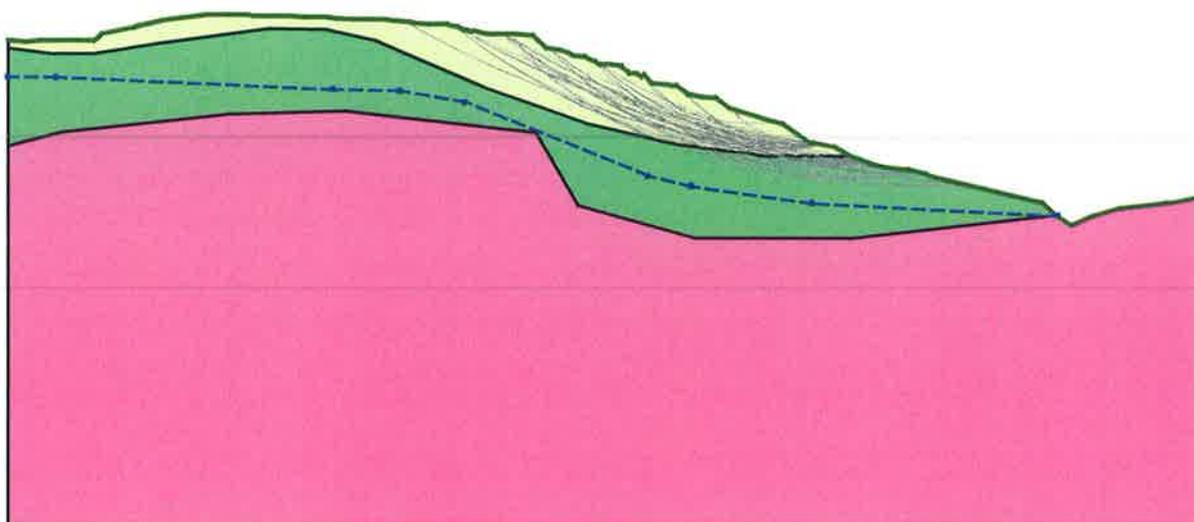
La verifica di stabilità è soddisfatta in entrambe le condizioni analizzate ( $F_{min} > 1.1$ ).

Le superfici di scorrimento critiche sono riportate nei paragrafi seguenti.

### 1.2 CONDIZIONI DI STABILITA' – STATO ATTUALE

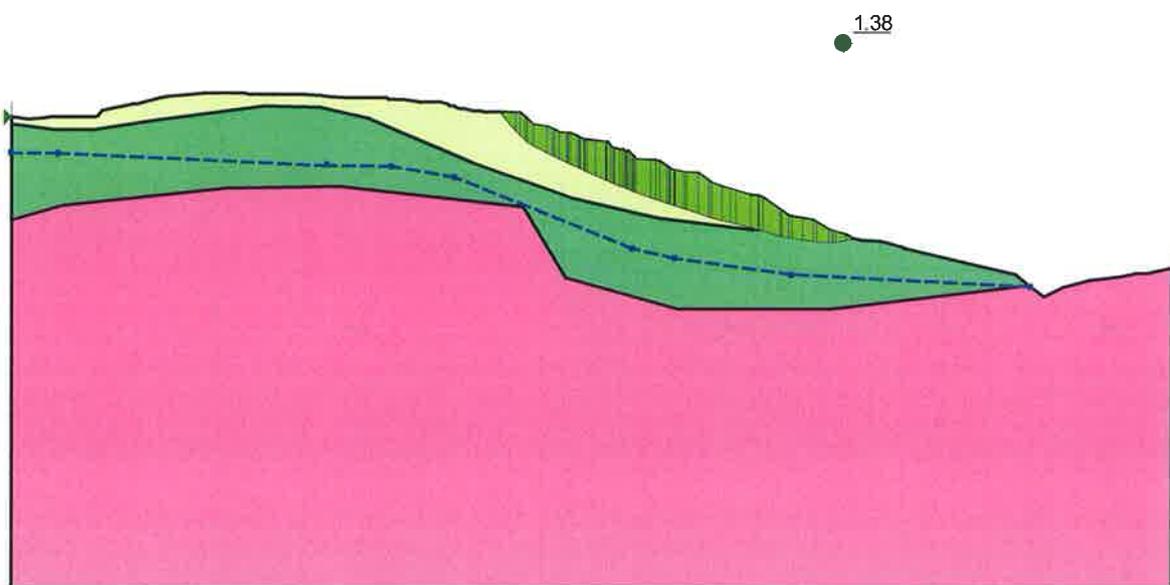


*Stato attuale del pendio- Modello di calcolo*



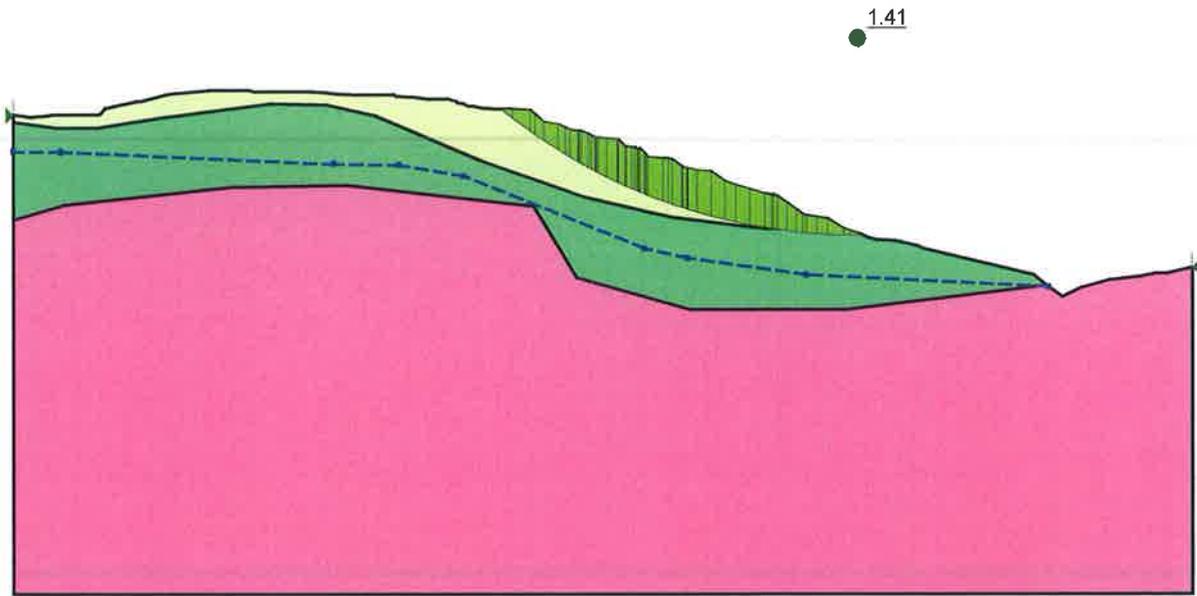
*Alcune delle superfici di scorrimento indagate  
(sono rappresentate le prime 50 superfici di scorrimento calcolate)*

### 1.2.1 Condizioni Statiche

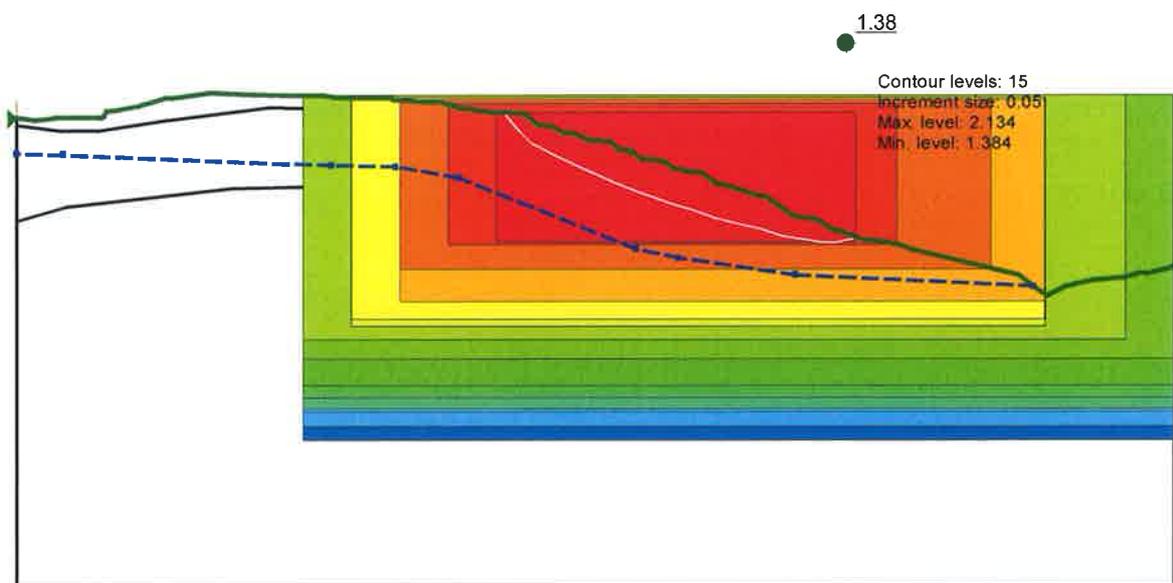


*Condizioni statiche – Superficie di scorrimento critica ottimizzata\**

\* il programma individua la superficie di scorrimento circolare critica e ne modifica la forma per minimizzare il valore del coefficiente di sicurezza.



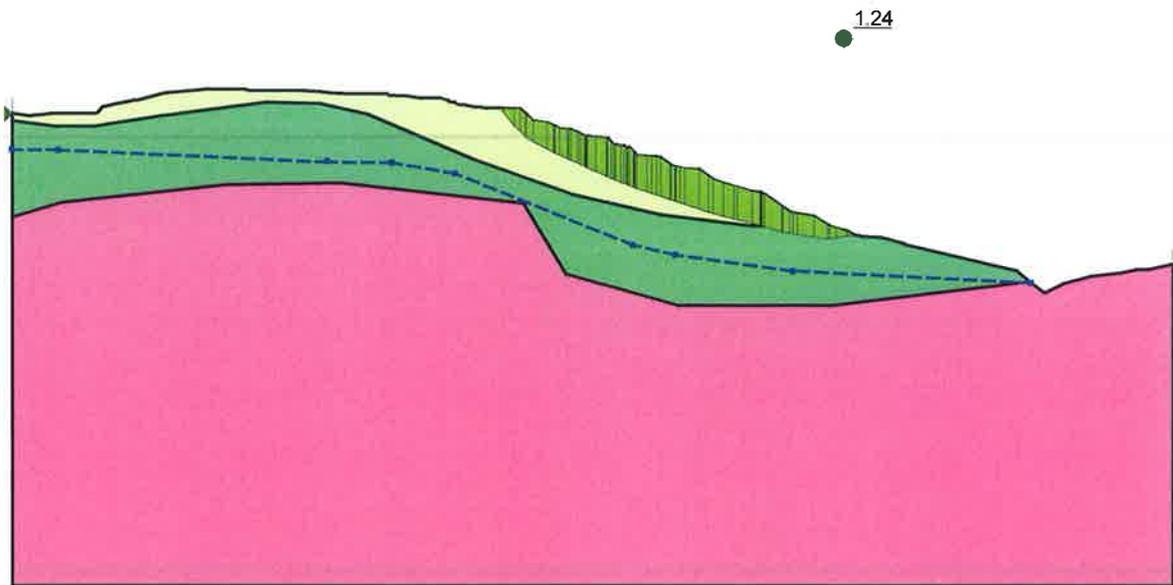
*Condizioni statiche – Superficie di scorrimento critica Non Ottimizzata*



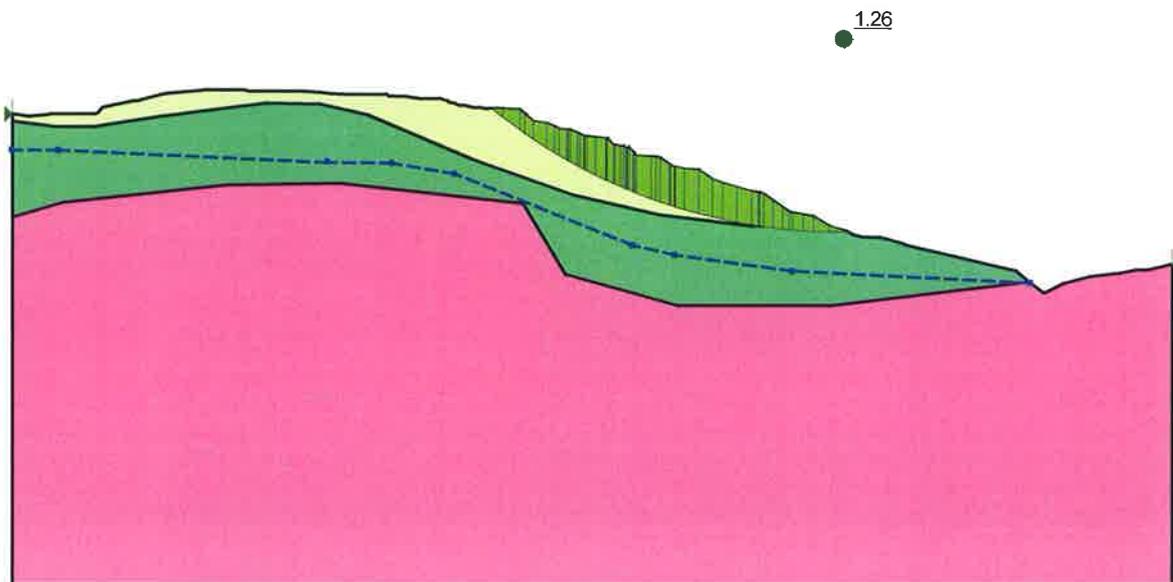
*Condizioni statiche – distribuzione dei valori del coefficiente di sicurezza*

## 1.2.2 Condizioni Sismiche

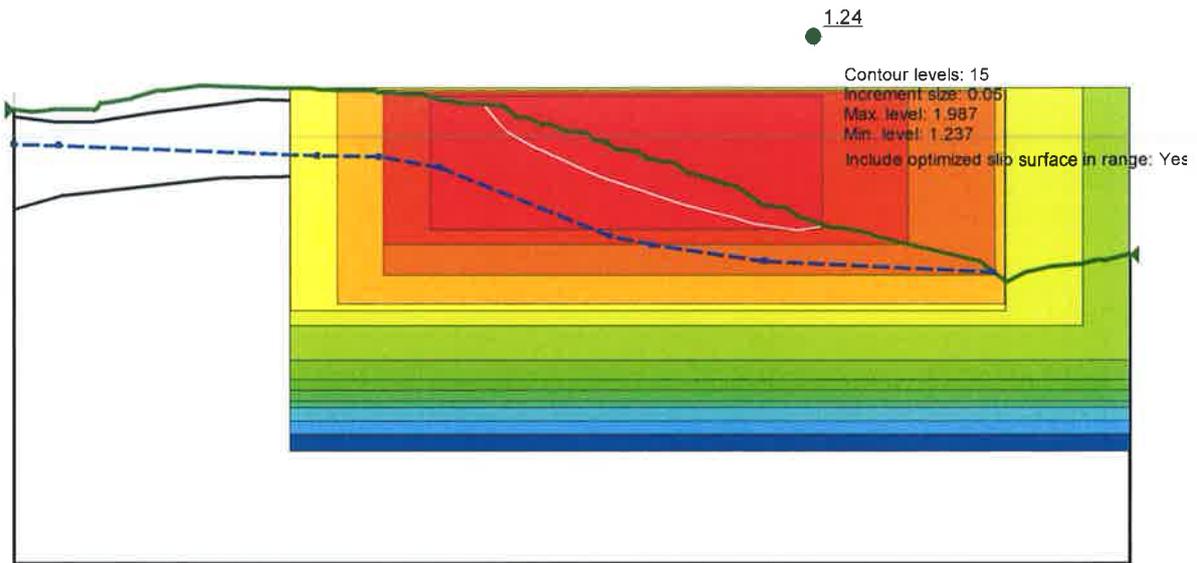
- Risultati (+ kv)



*Condizioni sismiche (+kv) – superficie di scorrimento critica ottimizzata*

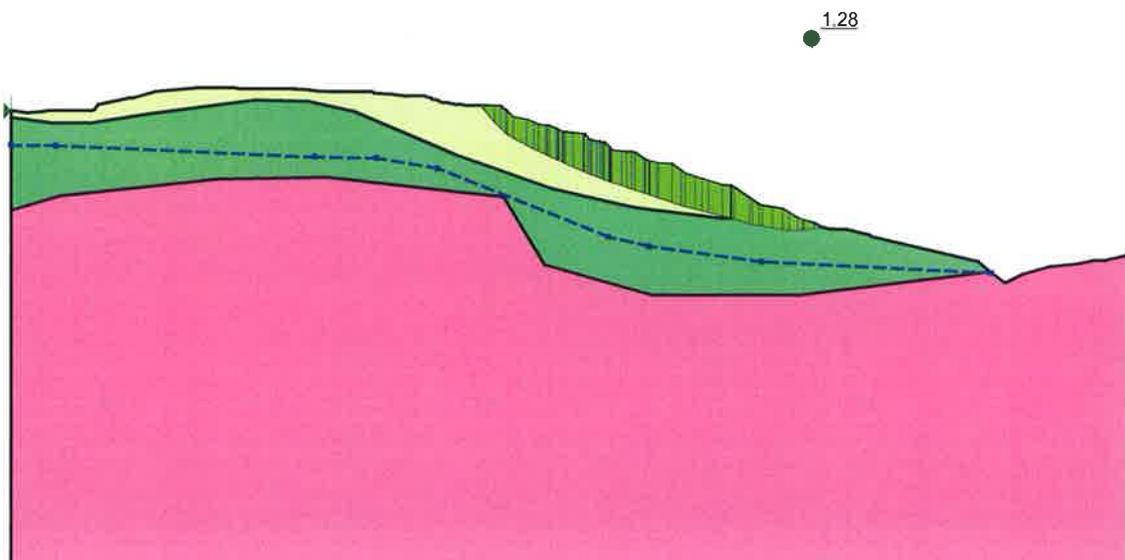


*Condizioni sismiche (+kv) – superficie di scorrimento critica Non ottimizzata*

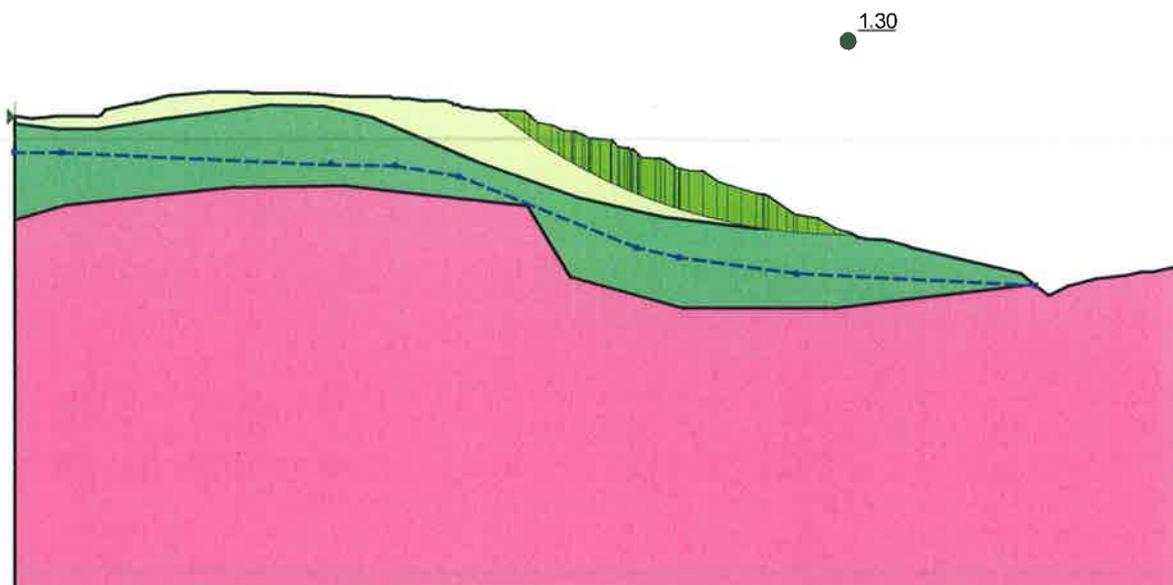


Condizioni sismiche (+kv) – distribuzione dei valori del coefficiente di sicurezza

- Risultati (- kv)



Condizioni sismiche (-kv) – superficie di scorrimento critica ottimizzata



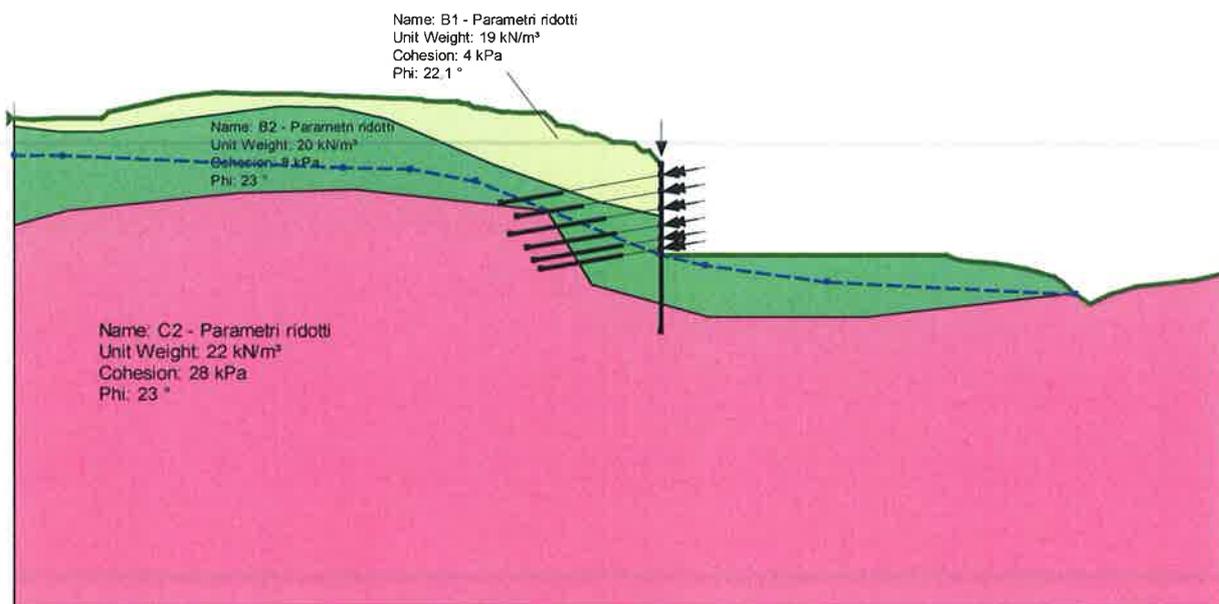
*Condizioni sismiche (-kv) – superficie di scorrimento critica Non ottimizzata*

L'andamento del coefficiente di sicurezza con la profondità non è stato riportato in quanto l'andamento è qualitativamente uguale a quello dell'analisi sismica con kv (+) che è anche la più gravosa.

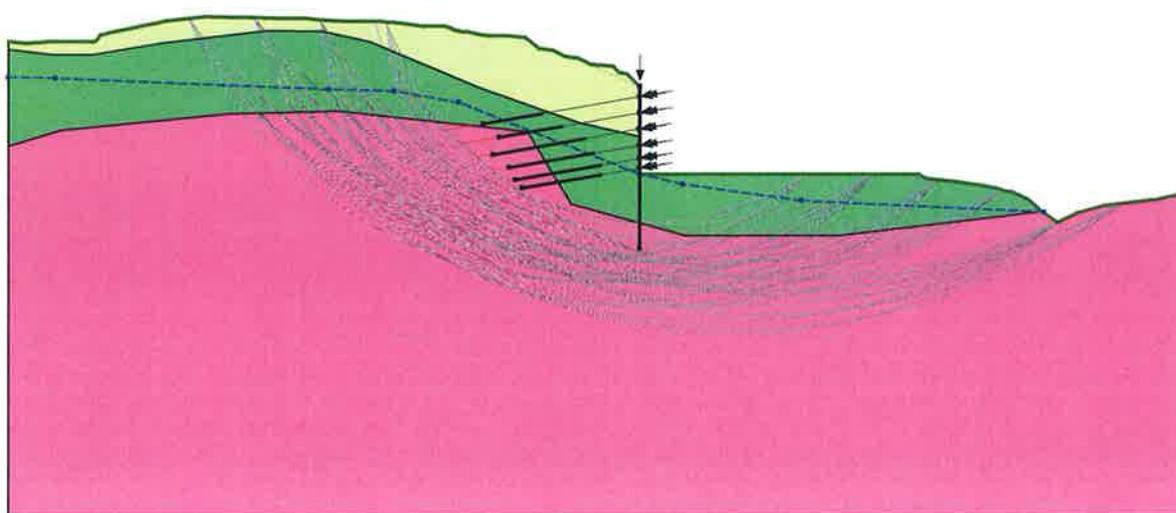
### 1.3 CONDIZIONI DI STABILITA' - FASE COSTRUTTIVA

#### 1.3.1 Time 1: Situazione al termine dello scavo dell'imbocco

Le condizioni di stabilità sono state analizzate in primo luogo nella situazione più critica, corrispondente al momento in cui saranno ultimati gli scavi necessari per la realizzazione dell'imbocco, in presenza delle opere provvisionali previste (paratie di micropali tirantate).

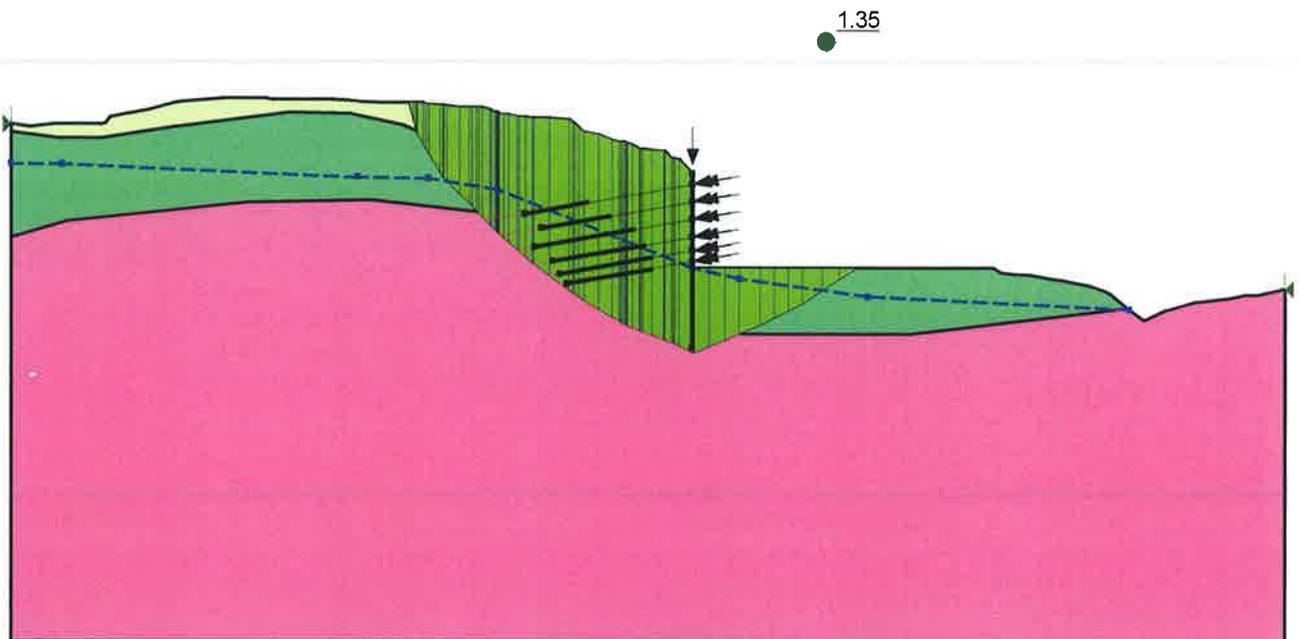


*Fase costruttiva - Modello di calcolo*

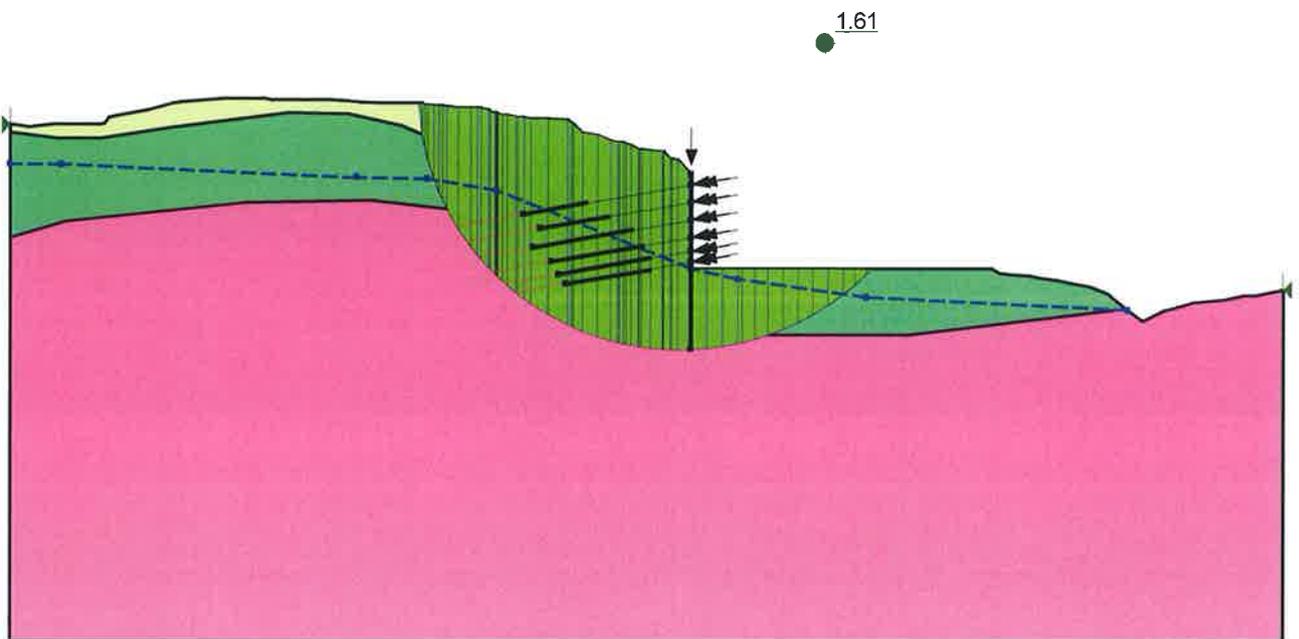


*Alcune delle superfici di scorrimento indagate  
(sono rappresentate le prime 50 superfici di scorrimento calcolate)*

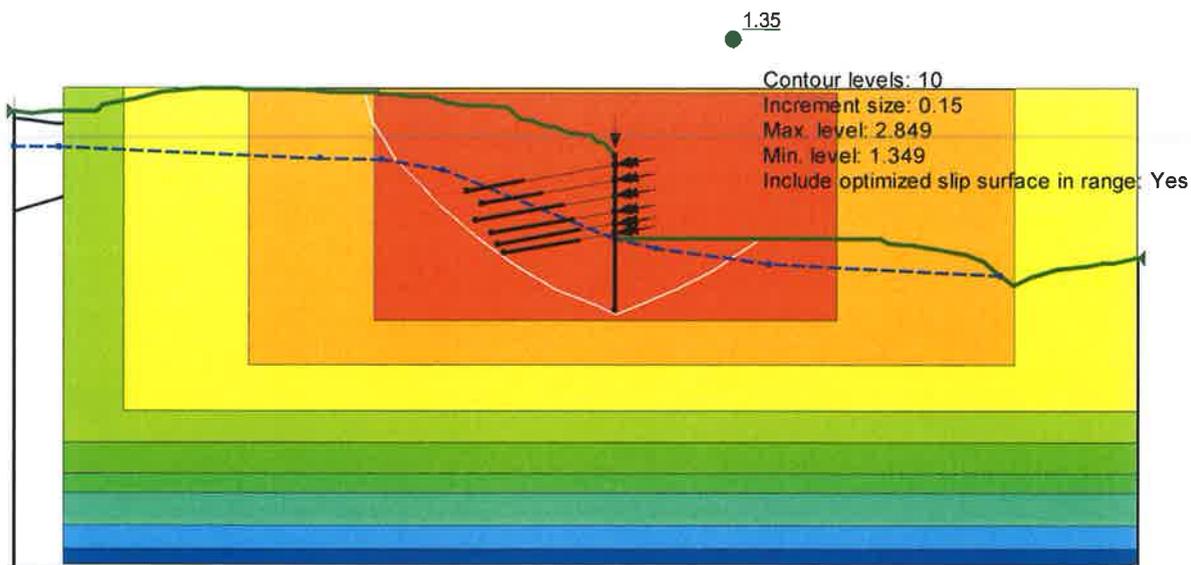
1.3.2 Time 1: Analisi in condizioni Statiche



*Condizioni statiche – Superficie di scorrimento critica ottimizzata*



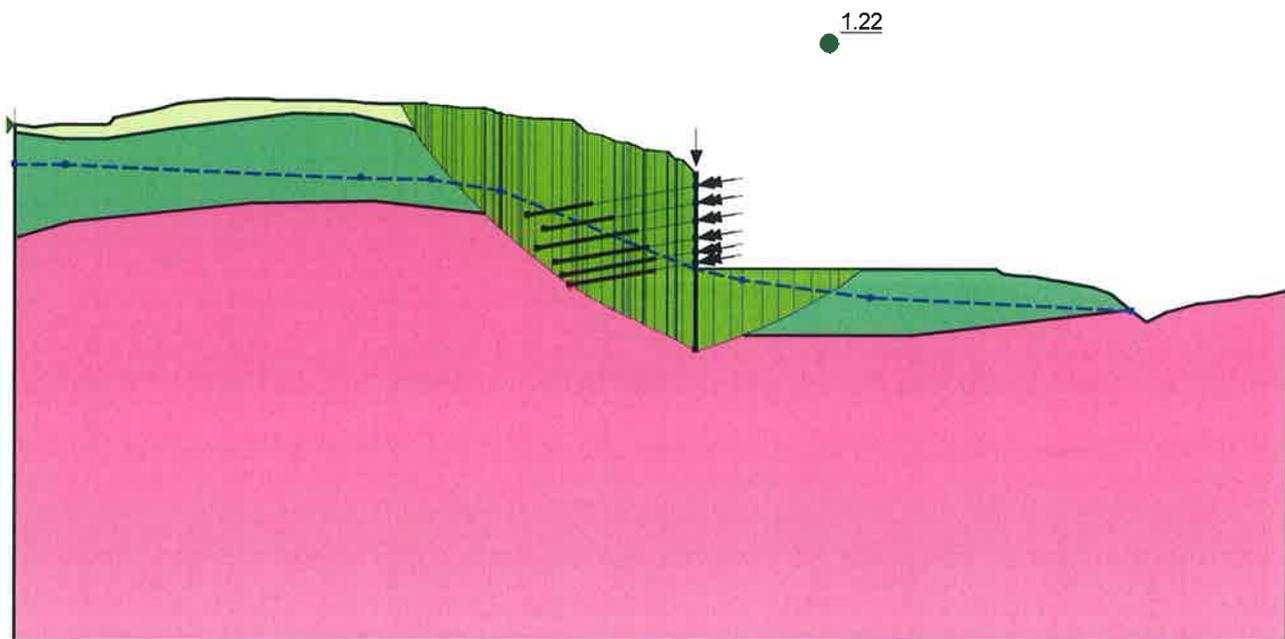
*Condizioni statiche - Superficie di scorrimento critica Non ottimizzata*



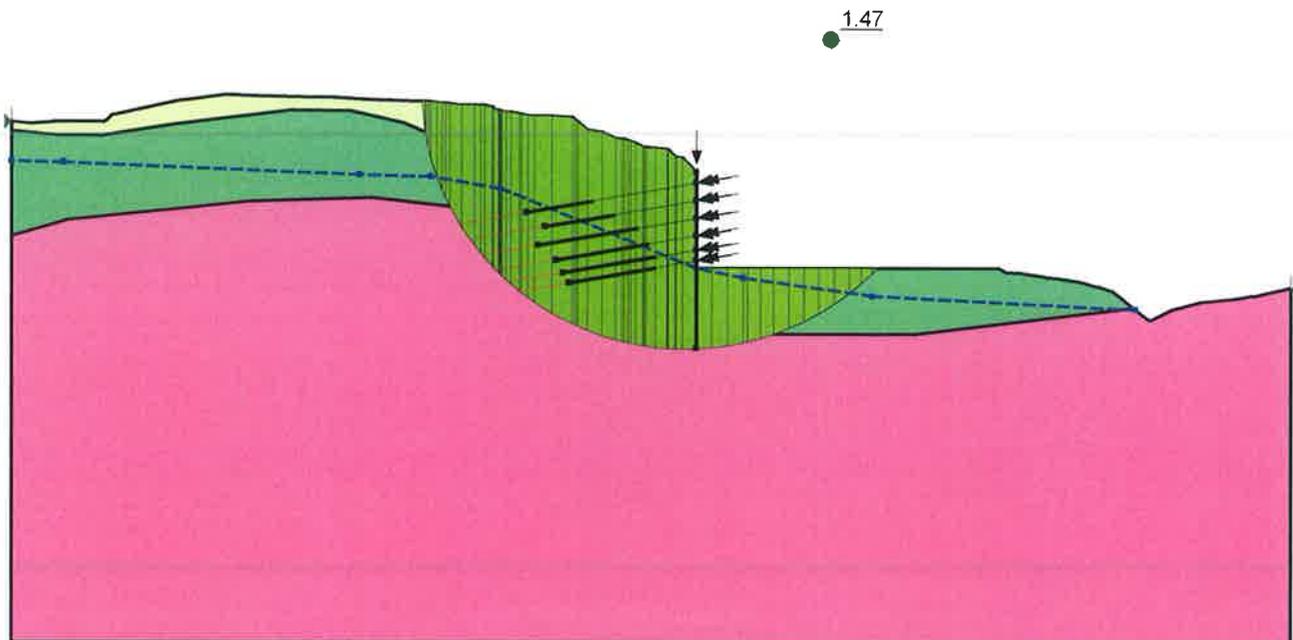
*Condizioni statiche – distribuzione dei valori del coefficiente di sicurezza*

### 1.3.3 Time 1: Analisi in condizioni Sismiche

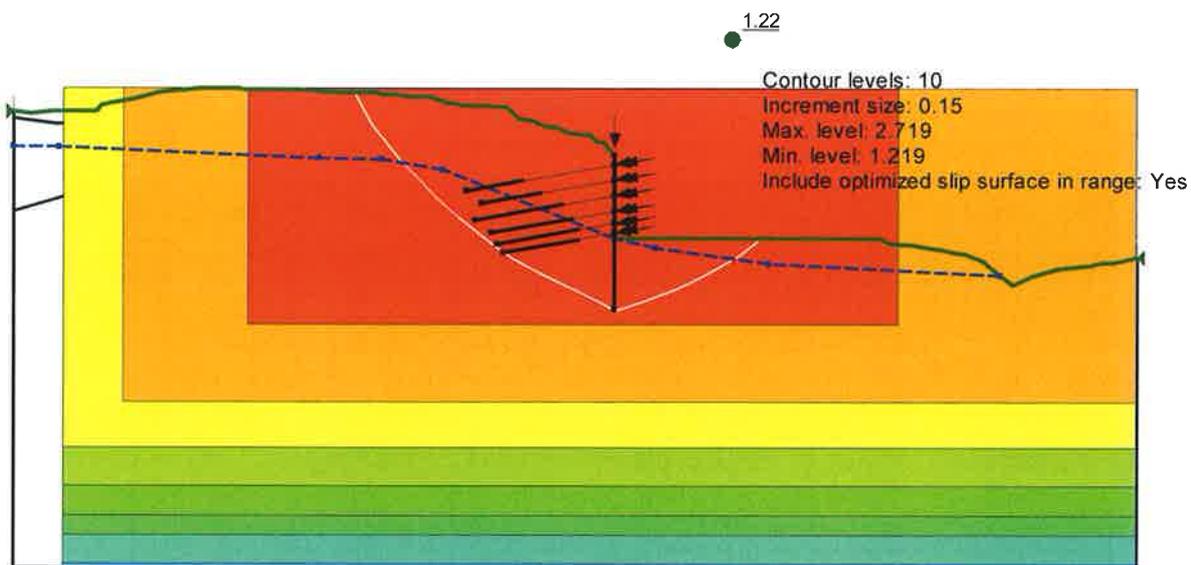
- Risultati (+ kv)



*Condizioni sismiche (+kv) – superficie di scorrimento critica ottimizzata*

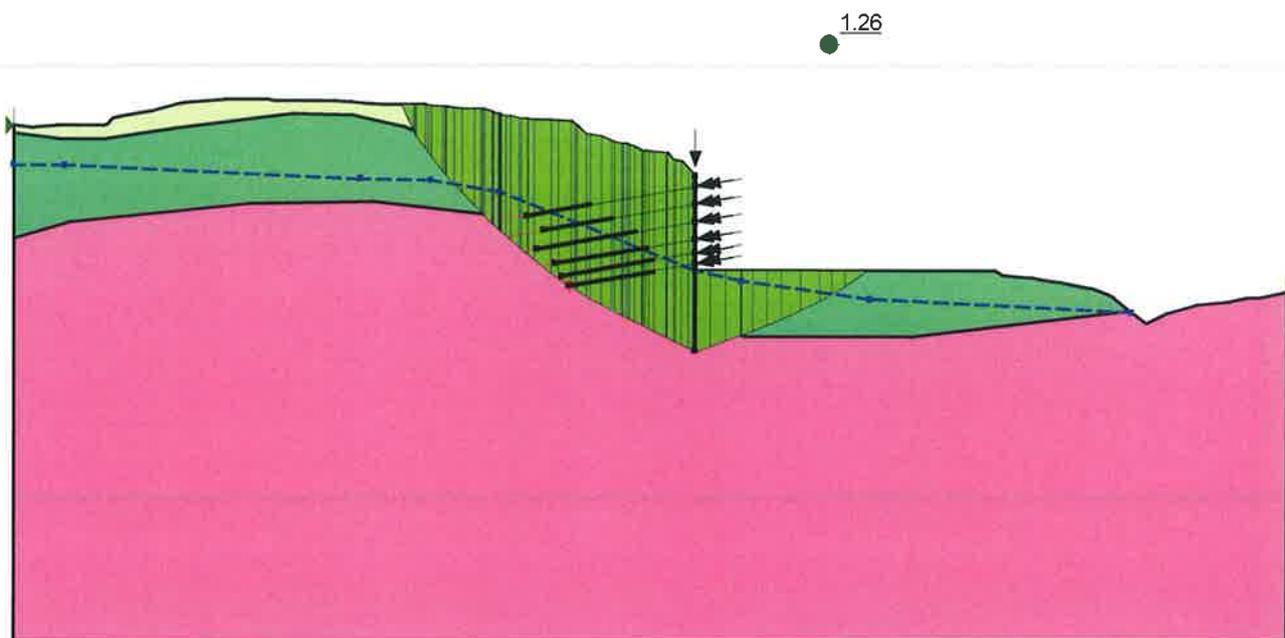


Condizioni sismiche (+kv) – superficie di scorrimento critica Non ottimizzata

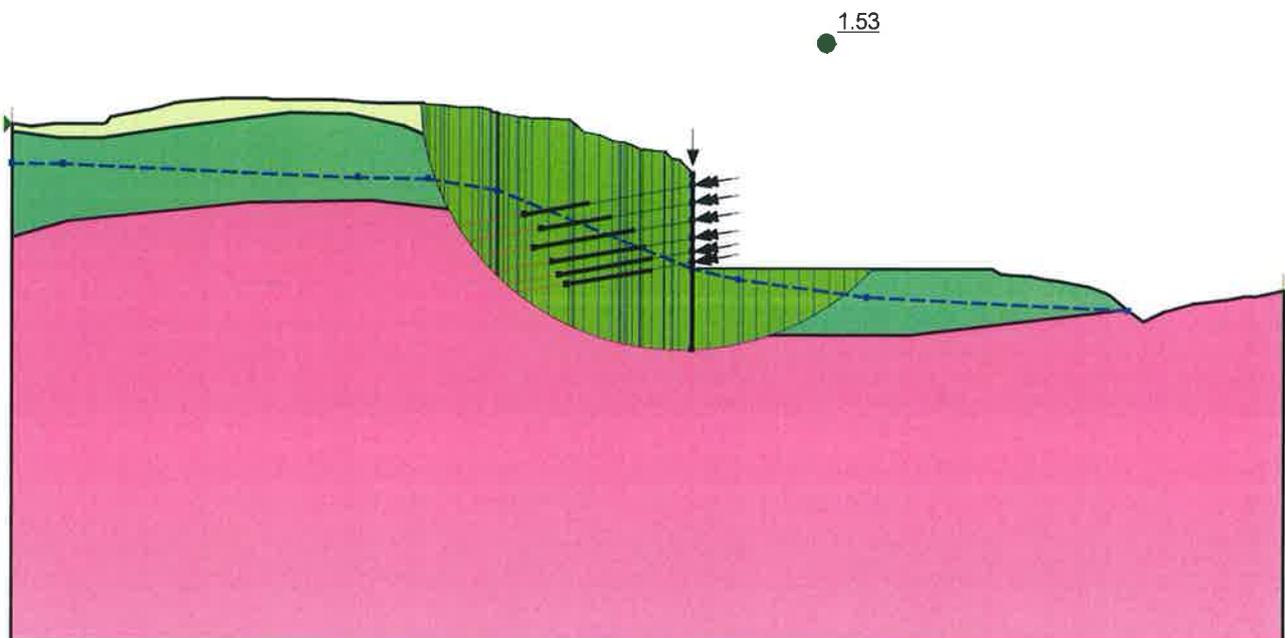


Condizioni sismiche (+kv) – distribuzione dei valori del coefficiente di sicurezza

- Risultati (- kv)



Condizioni sismiche (-kv) – Superficie di scorrimento critica ottimizzata



Condizioni sismiche (-kv) – Superficie di scorrimento critica Non ottimizzata

L'andamento del coefficiente di sicurezza con la profondità non è stato riportato in quanto l'andamento è qualitativamente uguale a quello dell'analisi sismica con kv (+) che è anche la più gravosa.

### **1.3.4 Time 2: Scavo della galleria naturale**

Nelle figure che seguono è riportata la configurazione della sezione longitudinale nelle fasi successive a quelle precedentemente analizzate, corrispondenti alla avvenuta realizzazione della galleria artificiale di imbocco ed all'avanzamento degli scavi e della realizzazione della galleria naturale.

*Condizioni sismiche*

*Condizioni statiche*

Dall'analisi delle illustrazioni sopra riportate si evince quanto segue:

- La realizzazione della galleria artificiale e del ritombamento della medesima, che verranno eseguiti prima della galleria naturale, riporteranno la morfologia del versante nella condizione originaria, e vanno quindi a costituire il ripristino parziale delle masse precedentemente rimosse con gli scavi; di conseguenza, riguardo al possibile cinematismo critico individuato, riportano – sia pure parzialmente – l'assetto statico verso le condizioni preesistenti, caratterizzate da valori superiori del coeff. di sicurezza.
- La struttura in c.c.a. della galleria artificiale risulta a cavallo dell'estremità (lato di valle) della superficie di scivolamento critica individuata, e costituisce pertanto un ulteriore elemento resistente nei confronti della potenziale superficie di rottura del terreno.
- La realizzazione della galleria naturale costituisce, almeno in fase di scavo della stessa, un importante fattore di drenaggio della falda, il cui abbassamento locale ha un'azione stabilizzante nei confronti dei possibili cinematismi. Tale evidenza potrebbe portare, eventualmente, a modificare le caratteristiche costruttive della galleria naturale nel senso di rendere per quanto possibile permanente l'effetto drenante della galleria stessa.
- Lo scavo della galleria naturale risulta interamente a monte del centro di qualsiasi cerchio di scivolamento ipotizzabile: pertanto la diminuzione delle masse conseguente allo scavo in sotterraneo comporta una riduzione delle forze motrici (per gravità) negli schemi analizzati, ed un conseguente incremento del coefficiente di sicurezza.

Pertanto non si svolge una analisi ulteriore rispetto a quella condotta in riferimento allo stato di ultimazione degli scavi per l'imbocco, in quanto le fasi di avanzamento della galleria naturale sono certamente migliorative rispetto alla fase precedente.

Oltre a quanto sopra esposto, occorre tenere conto di quanto già evidenziato nelle premesse riguardo ai provvedimenti di preconsolidamento che saranno eseguiti in fase di scavo della galleria naturale, che consentono di escludere il rischio di apprezzabili assestamenti o decompressione dell'ammasso.

A ciò va aggiunto il fatto che l'esecuzione dell'arco rovescio e del rivestimento definitivo della galleria naturale sono previsti a ridosso del fronte di scavo (circa 6 m per l'arco

rovescio e le murette, e circa 24 m per il rivestimento definitivo), limitando così ulteriormente il rilascio dell'ammasso.

#### 1.4 CONDIZIONI DI STABILITA' - FASE DEFINITIVA

Per la valutazione delle condizioni di stabilità in fase definitiva si è proceduto ad ulteriori analisi, analoghe a quelle sviluppate per la fase provvisoria.

Poiché non è possibile, con il metodo delle strisce, tenere conto della reale configurazione finale (cavo della Galleria naturale e galleria artificiale), l'analisi è stata condotta in riferimento al modello relativo alla fase di massimo scavo all'aperto, ma applicando l'azione sismica relativa ad un'opera definitiva ( periodo di riferimento  $V_r=75$  anni).

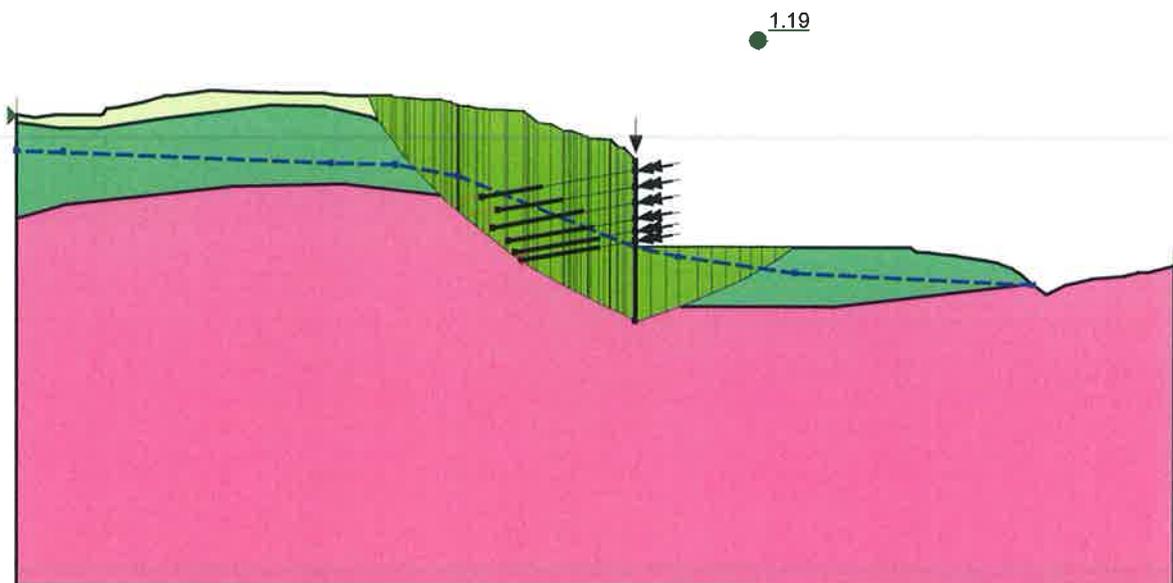
$a_g$ (g) (SLV)	0.142
Categoria di sottosuolo	B
Coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_s$	1.2
Coefficiente di amplificazione topografica $S_t$	1.2
$a_{max}$ (g) attesa al sito	0.204
Coefficiente di riduzione dell' $a_{max}$ attesa al sito $\beta_s$	0.24
$k_h$	0.049
$k_v$ (+/-)	0.025

**Parametri analisi sismica opere definitive**

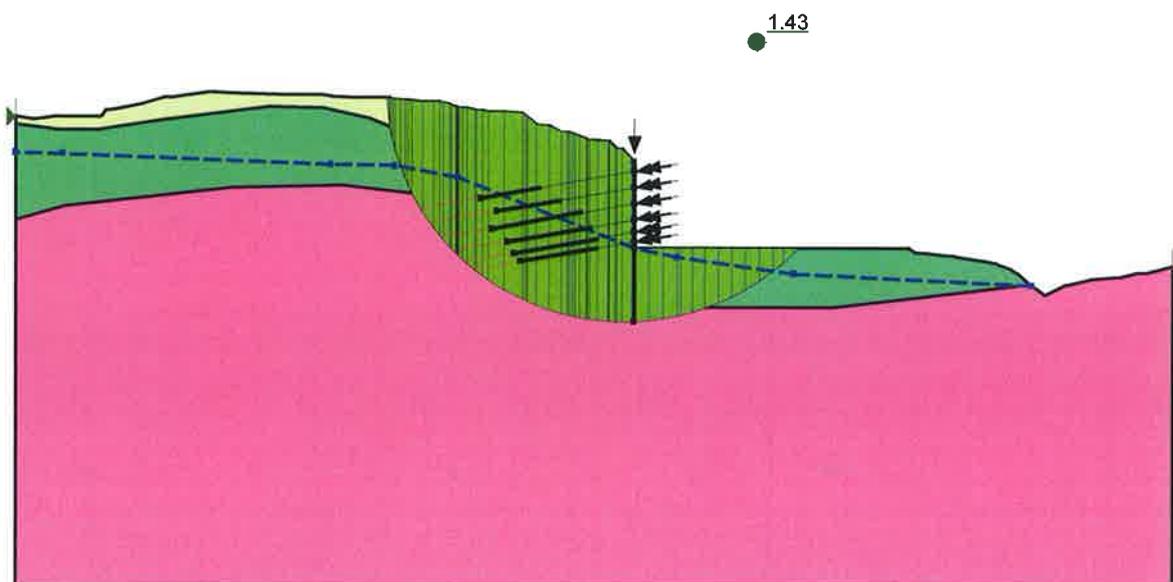
	<b>Fase definitiva</b>
	$F_{min}$
Condizioni Sismiche (+/- kv)	1.19

Nelle figure seguenti sono riportati i risultati dell'analisi condotta.

I risultati in termini di coeff. di sicurezza così ottenuti devono essere considerati come valori minimi, dato che le condizioni finali (ad opere realizzate) sono meno gravose per i motivi già esposti nel paragrafo 1.4.4.



*Condizioni sismiche (+kv) – Superficie di scorrimento critica ottimizzata*



*Condizioni sismiche (+kv) – Superficie di scorrimento critica Non ottimizzata*

## 1.5 MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA

In considerazione del dovuto grado di attenzione legato alla vulnerabilità dei luoghi sotto l'aspetto geotecnico, sono previste specifiche azioni di monitoraggio sia in fase di scavo e realizzazione dell'imbocco che in fase di scavo e realizzazione della galleria a foro cieco. Per quanto riguarda lo scavo della galleria, saranno eseguite le misure di convergenza del cavo, in modo da verificare se le deformazioni dello stesso siano congruenti con quelle attese in base alle modellazioni di calcolo, ed eventualmente, in caso di spostamenti

superiori, interrompere lo scavo in modo da introdurre ulteriori interventi di preconsolidamento rispetto a quelli già previsti.

Per gli stessi motivi saranno eseguite misure di estrusione del fronte di scavo, con l'ulteriore finalità di verificare e affinare con sufficiente anticipo le conoscenze delle caratteristiche dell'ammasso che sarà interessato dagli scavi.

Analoga azione di controllo sarà eseguita sui rivestimenti provvisorio e definitivo, tramite l'installazione di estensimetri radiali, celle di carico, barrette estensimetriche e le misure nel corso dell'avanzamento dello scavo.

Anche il livello della falda sarà verificato tramite l'installazione di piezometri e letture continue durante l'avanzamento dello scavo.

Per quanto concerne l'imbocco, le paratie saranno monitorate con misure topografiche di precisione degli spostamenti delle stesse, e misure del carico dei tiranti mediante celle di carico installate sui tiranti stessi.

Tutte le azioni sopra elencate sono previste per tutte le gallerie in progetto.

In aggiunta, per l'imbocco Sud è previsto un controllo del versante tramite la messa in opera di 4 inclinometri posti a differenti altezze e distanze laterali dalla galleria, di lunghezza 50 m.

Verranno quindi eseguite misure inclinometriche con inclinometro a 2 guide, con cadenza giornaliera nelle fasi critiche di realizzazione dell'imbocco e della porzione di galleria naturale più prossima all'imbocco, e successivamente con cadenza settimanale. I tubi inclinometrici, protetti da appositi pozzetti, rimarranno comunque a disposizione per letture successive, anche ad opera ultimata.

## 1.6 CONCLUSIONI

In base alle analisi eseguite, si può affermare che l'opera in progetto non comporta rischi evidenti di instaurazione di fenomeni di instabilità del versante interessato, né in fase di realizzazione, né in esercizio.

In particolare, nella fase sismica e nell'assetto definitivo, il coefficiente di sicurezza presenta valori superiori a quello di norma (1,1), risultando sicuramente superiore a quello di analisi pari a 1,19, in quanto rispetto al modello sviluppato per la fase di massimo scavo si sovrappongono una serie di fattori migliorativi, quali l'introduzione di masse in zona resistente, la riduzione delle masse nella zona motrice per gravità, la presenza di manufatti

in c.c.a. (galleria naturale e artificiale) che localmente aumentano la resistenza lungo le possibili superfici di rottura del terreno, l'eventuale effetto drenante della galleria, l'effettiva morfologia degli scavi e delle opere, che sono stati analizzati solo in modo bidimensionale trascurando l'effetto resistente delle porzioni del pendio (inalterate) poste ai lati delle opere.

Come prescrizioni particolari, sono previste in progetto l'esecuzione della galleria artificiale di imbocco ed il relativo ritombamento prima di procedere allo scavo della galleria naturale, l'esecuzione del rivestimento definitivo della galleria naturale a breve distanza dal fronte (0,5 diametri per arco rovescio e murette, 2 diametri per calotta e piedritti), l'esecuzione delle misure di controllo sia all'interno che all'esterno della galleria.

## 2. SISTEMAZIONI IDRAULICHE – ADEGUAMENTO DELLE SEZIONI D’ALVEO ALLE PORTATE DI PIANO ( $T_R=200$ ).

Allo stato attuale i corsi d'acqua interferiti dalla realizzazione dell'infrastruttura in oggetto, così come emerso dalle verifiche idrauliche condotte a moto permanente e riportate nelle relazioni di calcolo, non rispettano sempre, rispetto al transito delle portate di piano, caratterizzate da un tempo di ritorno di duecento anni, gli standards di sicurezza, in termini di franco di sicurezza, previsti dal Piano di Bacino.

Le sistemazioni idrauliche proposte a corredo del progetto stradale, che consistono nella risagomatura, riprofilatura e rivestimento in opere del *tipo flessibile* (gabbioni, materassi di pietrame ovvero scogliere naturali), determinano, in generale, un allargamento della sezione idraulica rispetto a quella esistente e garantiscono il franco di sicurezza minimo (0.50 m) atteso dal Piano di Bacino per l'evento con  $TR=200$  anni (minimo 50 cm).

In alcuni casi particolari, come nel caso del Fosso Pellizzaro ( prog. 1+080), al fine di mitigare l'interferenza con la galleria Pellizzarda di progetto, è stato necessario prevedere, in relazione alla quote di progetto della galleria stradale, imposte da tutta una serie di vincoli, un intervento di riassetto idraulico del colatore, con modifica del solo andamento altimetrico del fondo alveo mediante la realizzazione di salti localizzati. Tale sistemazione ha consentito di conseguire una riduzione significativa della velocità media della corrente

di progetto, con conseguente riduzione, in tal tratto, dell'attitudine erosiva ed incremento della stabilità delle sponde.

La sistemazione idraulica proposta in tal caso è costituita da una sezione pseudo-trapezia, con savenella di magra, rivestita in scogliera di massi naturali, tarata sulle dimensioni, presentate, nella generalità dei casi, delle sezioni naturali del colatore. Tale sistemazione che, in assenza di modifiche della sezione tipo lungo l'asse, si configura come una sistemazione ad alveo prismatico, si prefigge lo scopo di garantire il regolare deflusso della corrente evitando la presenza di bruschi allargamenti e/o restringimenti della sezione che determinerebbero fenomeni di vorticità e di irregolarità della corrente con conseguenti effetti negativi sulla dinamica evolutiva del corso d'acqua a valle dell'intervento.

Inoltre tale sistemazione garantisce il transito in condizioni di sicurezza idraulica, con franco superiore al minimo previsto (0.5 m), anche di eventi di piena caratterizzati da un tempo di ritorno maggiore di 200, previsto dal Piano di Bacino, determinando comunque, a seguito del notevole incremento delle capacità recettive ed alla riduzione della resistenza delle sezioni, condizioni di deflusso decisamente migliorative rispetto alle attuali.