

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO

Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni

GEOTECNICA

Relazione di stabilità dei fronti di scavo

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

RS2S 01 D 78 RH OC0005 004 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	A.Ingletti	Dic. 2017	<i>[Signature]</i>	Dic 2017	<i>[Signature]</i>	Dic. 2017	D. Tiberti Dic 2017

ITALFERR S.p.A.
 Gruppo Ferrovie dello Stato
 Direzione Generale
 UO Infrastrutture Sud
 Dott. Ing. Paolo Tiberti
 Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10079

GEOTECNICA

Relazione di stabilità delle scarpate

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D78RH	OC0005004	A	2 di 31

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	NORME E RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	4
2.1	NORME	4
2.2	ELABORATI DI RIFERIMENTO.....	4
3	GEOLOGIA E GEOTECNICA	5
3.1	DA PK 0+000 A PK 3+025	5
3.2	DA PK 6+374 A PK 7+778	7
3.3	DA PK 13+600 A13+800	10
3.4	INTERCONNESSIONE LETOJANNI.....	12
4	CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	15
4.1	DA PK 0+000 A PK 3+025	15
4.2	DA PK 6+374 A PK 7+778	16
4.3	PK 13+600-13+800 E INTERCONNESSIONE LETOJANNI	17
5	ANALISI DI STABILITA' DELLE SCARPATE.....	18
5.1	METODOLOGIA DI CALCOLO.....	18
5.2	CARICHI	22
5.2.1	Carichi stradali.....	22
5.2.2	Azioni sismiche	22
5.3	OPERA FA05 SEZIONE A-A.....	24
5.3.1	Statica	25
5.3.2	Sismica+	26
5.3.3	Sismica-.....	27
5.4	OPERA FA06 SEZIONE 3.....	28
5.4.1	Statica	29
5.4.2	Sismica+	30
5.4.3	Sismica-.....	31

1 PREMESSA

Scopo del presente documento è la verifica dei fronti di scavo in materiale sciolto previsti per la realizzazione dei piazzali di emergenza nell'ambito del Progetto Definitivo del lotto 01 della Linea Ferroviaria Messina-Catania-Palermo nella tratta Fiumefreddo-Giampileri, in accordo con i requisiti di stabilità globale previsti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 [B.] ai Capitoli 6.3 e 7.11.4. Qualora in corrispondenza degli scavi sono previste opere di sostegno definitive, si rimanda alle relazioni di calcolo delle opere per le verifiche di stabilità globali.

In particolare sono affrontate le verifiche di stabilità delle scarpate delle seguenti opere che risultano le più significative in quanto presentano altezze di scavo maggiori:

1. FA05 alla pk 5+450, Sezione A-A
2. FA06 alla pk 6+400, Sezione 3.

Si riporta dapprima l'inquadramento geologico e geotecnico dei tratti all'aperto al paragrafo 3 e l'inquadramento sismico al paragrafo 4.

Al paragrafo 5, sono riportate le verifiche di stabilità condotte con analisi dell'equilibrio limite globale di Bishop ai sensi del DM 14-01-2008 (NTC-2008).

Si premette che, come precisato al punto 6.8.6.1 della Circolare [C.], le verifiche di stabilità sono state eseguita a partire dai rilievi celerimetrici eseguiti in corrispondenza delle opere in oggetto.

GEOTECNICA

Relazione di stabilità delle scarpate

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D78RH	OC0005004	A	4 di 31

2 NORME E RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

2.1 NORME

- [A.] 44G - Istruzione tecnica per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/08 alla progettazione geotecnica delle opere ferroviarie.
- [B.] D.M. 14/01/2008 - Norme tecniche per le costruzioni
- [C.] Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 – Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.
- [D.] RFI DTC INC CS SP IFS 001 A 29122011 Specifica per la progettazione delle opere civili ferroviarie.
- [E.] Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010.

2.2 ELABORATI DI RIFERIMENTO

- [F.] RS2S01D78RHOC0005001B – Relazione geotecnica generale 1/3
- [G.] RS2S01D78RHOC0005002B – Relazione geotecnica generale 2/3
- [H.] RS2S01D78RHOC0005003B – Relazione geotecnica generale 3/3
- [I.] RS2S01D69RGGE0001001B – Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica
- [J.] RS2S01D78F6OC0005001B – Profilo longitudinale geotecnico – Tav 1/3
- [K.] RS2S01D78F6OC0005002B – Profilo longitudinale geotecnico – Tav 2/3
- [L.] RS2S01D78F6OC0005003B – Profilo longitudinale geotecnico – Tav 3/3
- [M.] RS2S01D78W9FA0503001B – FA05 - Terza uscita Galleria Calatabiano - Sezioni
- [N.] RS2S01D78W9FA0903001B – FA06 – Piazzale Emergenza Km 6+380 - Sezioni
- [O.] RS2S01D69G5GE0001001B – Carta geologica tav. 1/2 da 0+000 a 7+000
- [P.] RS2S01D69G5GE0001001B – Profilo geologico tav. 2/4 da 3+500 a 7+000

3 GEOLOGIA E GEOTECNICA

Di seguito si descrivono, in maniera sintetica, le formazioni geologiche e i parametri geotecnici riscontrati nei diversi tratti all'aperto del Lotto 1.

Per l'interpretazione delle indagini in sito si rimanda alle specifiche relazioni geologiche e geotecniche di ogni tratto all'aperto.

3.1 DA PK 0+000 A PK 3+025

Il tratto in esame si colloca nella porzione meridionale dell'intero tracciato, a quote comprese tra i 58 ed i 79 m circa s.l.m.

In questo tratto si attraversano, per buona parte del suo sviluppo, i depositi alluvionali recenti (**b₁**); questi terreni presentano spessori mediamente variabili tra 1,90 e 5,0 m e risultano ricoperti, in parte, da riporti antropici e depositi eluvio-colluviali (**b₂**) di esiguo spessore.

Il substrato geologico dell'area è costituito, nella quasi totalità, dai depositi vulcanici del Monte Etna di età Pleistocene superiore-Olocene, messi in posto durante l'attività del Vulcano Ellittico e del Vulcano Mongibello.

Il tracciato intercetta inizialmente le lave della Formazione Torre del Filosofo (**UTF**) e, quindi, le rocce vulcaniche ed i depositi piroclastici della Formazione di Piano Provenzana (**UPP**). I suddetti litotipi presentano uno spessore di circa 70 metri e poggiano, in discordanza stratigrafica, sui terreni pelitici della Formazione delle argille grigio-azzurre (**FAG**) di età Pleistocene inferiore-Pleistocene medio.

Dal punto di vista geomorfologico, il tratto indagato risulta privo di elementi di particolare criticità per le opere in progetto, a meno dell'attraversamento del Vallone Fogliarino all'altezza del km 2+960 in quanto qui riaffiora la falda sostenuta dallo strato di argille, e passa il viadotto in progetto.

Sotto il profilo idrogeologico, invece, si sottolinea la presenza di un'estesa ed importante falda freatica contenuta all'interno dei terreni prettamente vulcanici della Formazione di Piano Provenzana (**UPP**). Tale falda risulta sostenuta da termini argilloso-marnosi della Formazione delle argille grigio-azzurre (**FAG**) e presenta una superficie piezometrica posta tra i 25,6 ed i 42,8 m s.l.m, decine di metri al di sotto della quota del tratto in esame. In corrispondenza del Vallone Fogliarino, si evidenzia la presenza di una falda con livello piezometrico a 58.22 m s.l.m, alimentata dal Torrente Fogliarino e sostenuta dai terreni argilloso-marnosi delle FAG.

Nel seguito si sintetizzano i valori dei parametri geotecnici di progetto per le unità geotecniche d'interesse.

Tipologia	V_{nat}	w	c'	Φ'	c_u	E	E_u	R_c	C_v	k	RQD
	kN/m ³	%	kPa	°	kPa	MPa	MPa	MPa	cm ² /s	m/s	%
Limi e sabbie limose (LS)	20-21.5	-	0	29	0	5.4	-	-	-	10 ⁻⁶	-
Sabbie ghiaiose e ghiaie (GS)	18-19	-	0	39	0	31.5	-	-	-	10 ⁻⁵ -10 ⁻⁶	-
Basalti (involuppo MC tipo Slope) (Ba)	25-27	-	-	-	-	21300	-	60	-	10 ⁻⁶ -10 ⁻⁷	70-80
Scorie Laviche (SI)	16-17	-	0	38÷40	0	25.6	-	-	-	10 ⁻⁵ -10 ⁻⁶	-
FAG – argille (Ag)	20-20,5	-	30	25	200	100	150	-	1,19e ⁻⁴ -2,82e ⁻⁴	10 ⁻⁹ -10 ⁻¹¹	-

Tabella 2- Parametri geotecnici caratteristici di riferimento

3.2 DA PK 6+374 A PK 7+778

Il tratto in esame si colloca nella porzione meridionale dell'intero tracciato, ad una quota di circa 44 e 87 m s.l.m. e interessa i versanti e la valle del Fiume Alcantara.

Il tracciato attraversa, per gran parte del suo sviluppo, i depositi alluvionali recenti (**bb**) e attuali (**ba**) del Fiume Alcantara. Tali depositi presentano spessori variabili tra 0.5 e 32.4 m e poggiano, con parziale eteropia laterale, sulle lave della Formazione Torre del Filosofo (**UTF**) e sono ricoperti, localmente, da riporti antropici di spessore esiguo e da coltri detritico-colluviali (**b2**) che ricoprono la parte bassa del versante con spessori mediamente compresi tra 0.80 e 8.30 m.

Nel settore sud-occidentale del versante, il substrato geologico è costituito dai termini arenaceo-marnosi della Formazione di Piedimonte (**PDTb**), passanti in contatto tettonico ai litotipi conglomeratico-sabbiosi della medesima formazione (**PDTc**) all'altezza del km 6+425. Tale unità risulta tettonicamente sovrapposta ai depositi conglomeratici Flysch di Capo d'Orlando (**CODa**). Procedendo verso nord, i terreni di copertura poggiano dapprima sui termini conglomeratici del Flysch di Capo d'Orlando (**CODa**), e poi in discordanza sui litotipi pelitico-arenacei della stessa formazione (**CODc**). Il contatto tra i due membri della successione flyschoidi si verifica all'altezza del km 7+086 attraverso un esteso sovrascorrimento a vergenza sud-occidentale, a cui risulta associata un'importante fascia di deformazione

GEOTECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D78RH	OC0005004	A	8 di 31

Relazione di stabilità delle scarpate

tettonica come evidenziato dalle risultanze dei sondaggi. Infine, verso NE, i termini prevalentemente arenacei del Flysch di Capo d'Orlando (**CODd**) risultano parzialmente eteropici con la porzione pelitico-arenacea della medesima successione (**CODc**), o tettonicamente sovrapposti alla stessa attraverso un importante sovrascorrimento a vergenza meridionale.

Dal punto di vista geomorfologico, l'elemento più rilevante ai fini progettuali è rappresentato dall'alveo del Fiume Alcantara, intercettato dal tracciato in progetto all'altezza del km 6+947. Ad esso si aggiungono un corso d'acqua intercettato al km 6+420 circa, una conoide alluvionale quiescente, due conoidi detritico-colluviali attive presenti rispettivamente a SW e a NE del Fiume Alcantara e un solco di erosione concentrata presente al km 7+705 con una conoide di origine mista da esso originata che, comunque, non rappresentano elementi di potenziale criticità per le opere in progetto.

Sotto il profilo idrogeologico, invece, si sottolinea la presenza di una estesa falda a superficie libera posta all'interno dei depositi alluvionali (**bb**) e vulcanici (**UTF**) che colmano il fondovalle. Questa falda, defluente grossomodo verso SE, risulta sostenuta dai termini silicoclastici del substrato (**PDTb**, **PDTc**, **CODa** e **CODc**) e presenta una superficie piezometrica posta a quote variabili tra i 40,1 e 55,9 m circa s.l.m.

bb **Depositi alluvionali recenti**
(**bb**) Ghiale poligenici ed eterometrici, da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante; a luoghi sono presenti blocchi poligenici da sub-angolosi a sub-arrotondati, di dimensioni da decimetriche a metriche; localmente si rinvengono passaggi di sabbie e sabbie limose di colore grigio e giallastro, a struttura indistinta o debolmente laminata, con abbondanti ghiale poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate. Depositi di canale fluviale, argille, conoide alluvionale.
Olocene

UTF **Formazione Torre del Filosofo**
(**UTF**) Lave basaltiche di colore grigio, nocciola e giallastro, localmente scoriacee e a struttura da compatta a vacuolare, con morfologia aa o a blocchi, raramente pahoehoe, con fenocristi di plagioclasti, piroxeno e olivina in quantità e rapporti variabili; intercalate alle lave si rinvengono sporadici livelli decimetrici di vulcanoclastici massivi o debolmente stratificati, da dolci a mediamente cementate, costituite da bombe e lapilli in matrice cineritica di colore grigio scuro e rossastro, da scarsa ad abbondante. Le porzioni litoidi si presentano piuttosto fratturate, con locali vuoti e cavità di dimensioni decimetriche. Prodotti vulcanici del Vulcano Mongibello.
Pleistocene superiore - Olocene

CODd
CODc
CODa **Flysch di Capo d'Orlando**
(**CODa**) Conglomerati a clasti poligenici ed eterometrici, da sub-arrotondati ad arrotondati, in abbondante matrice sabbiosa e microconglomeratica di colore grigio e grigio-giallastro, da poco a ben cementata; spesso si rinvengono blocchi poligenici da sub-arrotondati ad arrotondati, di dimensioni da decimetriche a metriche, (**CODb**) lateralmente e verso l'alto passano ad arenarie arcose da fini a grossolane di colore grigio, avana e giallastro, in strati da decimetrici a metrici, da poco a ben cementate, con frequenti intercalazioni di argille limose e argille marnose di colore grigio, fogliettate o finemente stratificate; localmente si rinvengono passaggi di sabbie e sabbie limose di colore grigio e giallastro, talora debolmente cementate; a luoghi sono presenti lenti e livelli discontinui di conglomerati a clasti poligenici ed eterometrici, da sub-arrotondati ad arrotondati, in abbondante matrice sabbiosa di colore giallastro, da poco a mediamente cementata, (**CODc**) Al di sopra di una discordanza intraformazionale, si passa ad argille limose e argille marnose di colore grigio, grigio-azzurro e marrone, massive o a struttura scagliosa, con sottili intercalazioni di arenarie arcose da fini di colore grigio e giallastro, da poco a mediamente cementate, (**CODd**) lateralmente e verso l'alto passano ad arenarie arcose da fini di colore grigio e giallastro, in strati prevalentemente decimetrici, da poco a mediamente cementate, con sottili intercalazioni di argille marnose grigie e locali passaggi di sabbie limose giallastre. Lo spessore massimo è di circa 150 m.
Chattiano - Burdigaliano inferiore

GEOTECNICA

Relazione di stabilità delle scarpate

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D78RH	OC0005004	A	9 di 31

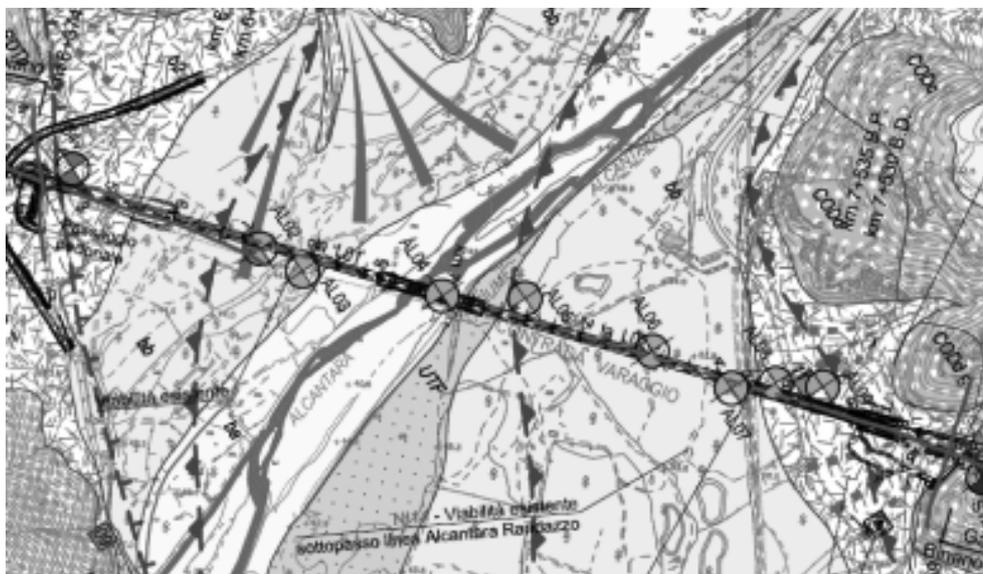


Figura 2 - Carta Geologica dal km 6+378 al km 7+778

La posizione della falda oscilla tra i 40.12 ed i 47.65 mslm.

GEOTECNICA

Relazione di stabilità delle scarpate

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS2S 01 D78RH OC0005004 A 10 di 31

Tipologia	γ_{nat}	w	c'	ϕ'	c_u	E	E_u	R_c	C_v	k
	kN/m ³	%	kPa	°	kPa	MPa	MPa	MPa	cm ² /s	m/s
Limi o limi argillosi (L)	19-20	-	0	28	0	10	-	-	-	e ⁻⁵ -e ⁻⁶
Sabbie limose o limi sabbiosi (SL)	20-21	15-20	0	31	0	12	-	-	-	e ⁻⁵ -e ⁻⁶
Ciottoli e Sabbie con Ghiaia (GS)	18-19	-	0	35	0	32	-	-	-	e ⁻⁴ -e ⁻⁵
UTF – Basalto compatti	25-27	-	-	-	-	20000	-	60	-	e ⁻⁶ -e ⁻⁸
CODc – Argille	20	10-30	20	20	350	10-17	15-25.5	-	3.3e ⁻³ -3.8e ⁻⁵	e ⁻¹¹
CODa – Conglomerati	24-25	-	-	-	-	3000-4000	-	10	-	e ⁻⁶ -e ⁻⁷
CODd – Arenarie	20	-	-	-	-	3000-5000	-	15-25	-	e ⁻⁶ -e ⁻⁷

Tabella 3 - Riepilogo dei parametri caratteristici ottenuti per ogni strato

3.3 DA PK 13+600 A13+800

Il tratto in esame si colloca nella porzione meridionale dell'intero tracciato, poco a nord dell'abitato di Taormina.

Il tracciato interessa i termini metapelitici delle Epitamorfiti del Vallone Letojanni (GLD). In corrispondenza dell'importante area impluviale ivi presente, affiorano depositi alluvionali attuali (ba) e coltri detritico-colluviali (b2) di esiguo spessore pochi metri al di sopra della calotta della galleria in questione.

Sotto l'aspetto idrogeologico, si sottolinea la presenza di una modesta falda a superficie libera all'interno dei depositi alluvionali recenti e attuali (ba). Inoltre, i dati di monitoraggio disponibili hanno evidenziato la presenza di locali falde stagionali anche all'interno del complesso metamorfico (GLD) con quota piezometrica posta tra 33.5 e 92.03 m circa s.l.m., ovvero al di sopra della galleria in esame.



Figura 3 - Carta Geologica dal km 13+600 al km 13+800

Sulla base di quanto osservato mediante i sondaggi disponibili nella tratta di riferimento si propone la seguente stratigrafia:

unita' geotecnica	z inizio (minimo)-fine strato (massimo) a partire dal p.c. (m)
Unità bb,ba – ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa e argillosa	0.00-6.00
GDL - metamorfiti fortemente alterate	6.00 - >40.00

Tabella 4- Stratigrafia tratta 13+600 km a 13+800 km

La falda è posta ad una quota compresa tra 33.5mslm e 59.6 mslm.

I valori caratteristici scelti infine sono:

Tipologia	γ_{nat}	c'	c_u	ϕ'	E	k
	kN/m^3	kPa	kPa	$^\circ$	MPa	m/s
Unità ba,b2 – ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso, argillosa	17÷19	0	0	35÷37	30-35	$10^{-5} \div 10^{-6}$
GDL - metamorfiti fortemente alterate	20÷22	0-15	0	30-33	25-35	10^{-8}

Tabella 5- Riepilogo dei parametri caratteristici ottenuti per ogni strato da pk 13+600 a pk 13+800

3.4 INTERCONNESSIONE LETOJANNI

Il tratto in questione si colloca nel settore centro-meridionale dell'area di interesse progettuale, a quote variabili tra 8.6 e 12.2 m s.l.m.. Il tracciato intercetta, per tutto il suo sviluppo, i depositi di piana litorale della costa ionica (**g1**), con spessore di circa 28.0 m. In copertura su tali terreni sono presenti locali lembi di coltri detritico-colluviali (**b2**) e riporto antropico, con spessore generalmente limitato. Nei settori più meridionali, il substrato geologico dell'area è rappresentato dalle Epitamorfiti di Longi-Taormina (**TAM**), in appoggio tettonico sopra le Epitamorfiti del Vallone Letojanni (**GDL**), mentre nella parte più settentrionale il substrato è costituito dai termini arenaceo-marnosi del Flysch di Capo d'Orlando (**CODb**). Il contratto tra le suddette unità si verifica, all'altezza del km 1+514 i.c., mediante una faglia diretta ad alto angolo immergente verso NE.

Dal punto di vista geomorfologico, non sono da rilevare elementi di potenziale criticità per le opere in progetto. Dal punto di vista idrogeologico, invece, non sono presenti dati di monitoraggio piezometrico, anche se si sottolinea la probabile presenza di una falda a superficie libera all'interno dei depositi di piana costiera (**g1**). Considerata la vicinanza del mare al tratto di linea oggetto di analisi, si suppone ragionevolmente la falda a quota 0 m s.l.m..

Si ha quindi:

GEOTECNICA

Relazione di stabilità delle scarpate

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D78RH	OC0005004	A	13 di 31

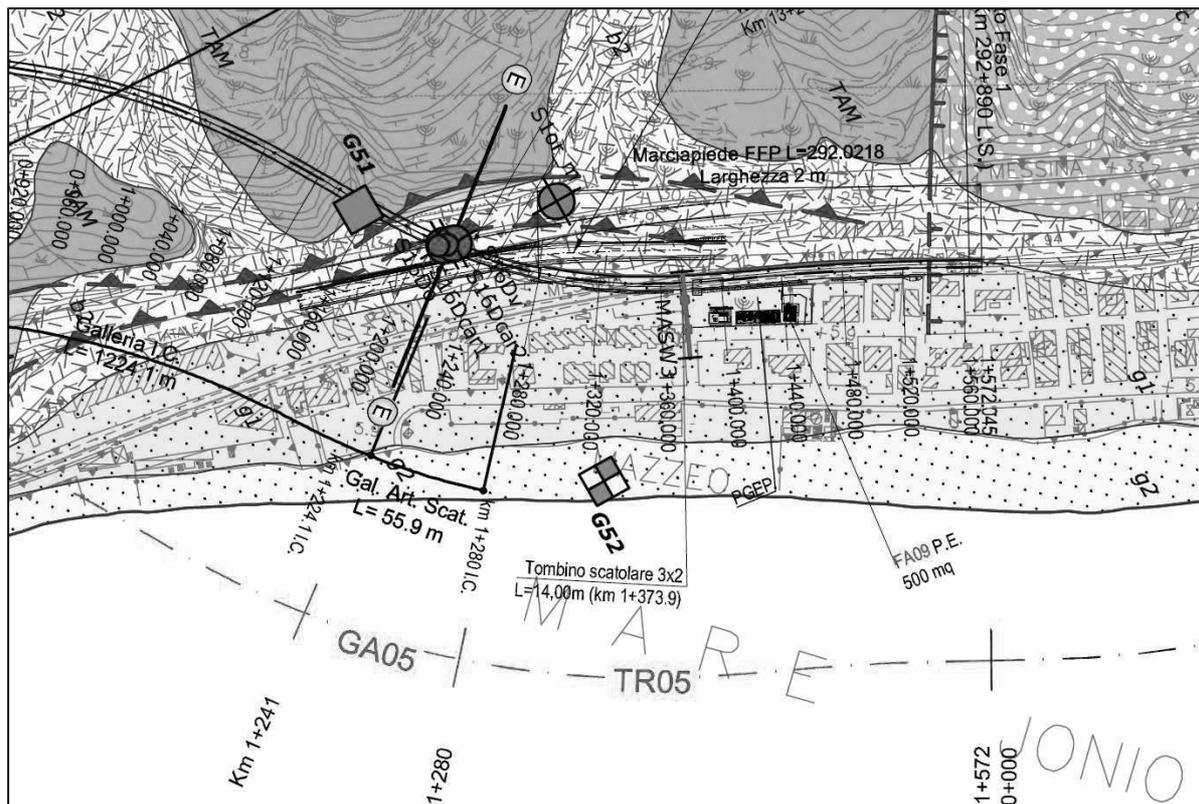


Figura 4 - Carta Geologica Interconnessione Letojanni Lotto 1

unita' geotecnica	z inizio (minimo)-fine strato (massimo) a partire dal p.c. (m)
Unità g1 - depositi di piana di litorale	0.00 - 26.50
Unità GLD - argilloscisti	26.50 - >40.00
CODb - flysh	26.50 - >40.00

Tabella 6- Stratigrafia interconnessione Letojanni

GEOTECNICA

Relazione di stabilità delle scarpate

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D78RH	OC0005004	A	14 di 31

Tipologia	γ_{nat}	c'	c_u	ϕ'	R_c	E	k
	kN/m^3	kPa	kPa	$^\circ$	MPa	MPa	m/s
Unità g1 – Limi sabbiosi argillosi con clasti	19÷21	0	0	35÷38	-	35-40	$10^{-5} \div 10^{-6}$
GLD - argilloscisti con lenti di quarzo	20÷22	5÷20	0	30÷35	-	15÷30	$10^{-6} \div 10^{-8}$
CODb – arenarie	23÷25	100	-	47	2.3	333	$10^{-6} \div 10^{-7}$

Tabella 7- Riepilogo dei parametri caratteristici ottenuti per ogni strato per l'interconnessione Letojanni

GEOTECNICA

Relazione di stabilità delle scarpate

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D78RH	OC0005004	A	15 di 31

4 CLASSIFICAZIONE SISMICA

4.1 DA PK 0+000 A PK 3+025

L'area in esame ricade nella Categoria di terreno **B**.

Sigla	Tipologia	Lunghezza (m)	Vs30 (m/s)	Categoria di sottosuolo	Unità geologiche
MASW1	Stendimento sismico a rifrazione	57.5	436	CLASSE B	bb/UTF/UPP
FF03	Sondaggio attrezzato per sismica in foro	20	615	CLASSE B	UTF/UPP

Le condizioni topografiche superficiali dell'area nella quale ricade le opere in progetto sono ascrivibili nella categoria topografica **T1**. In funzione della categoria topografica si attribuisce al coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1.00$

SITO: Fiumefreddo (Sicilia-CT)		Periodo di rif.		Stato Limite	TR (anni)	ag (g)	Fo	TC* (s)
Latitudine	15,19916	VN (anni)	75	SLD	113	0,141	2,534	0,277
Longitudine	37,78991	Cu	1,5	SLV	1068	0,274	2,644	0,338
		VR (anni)	112,5					

Tabella 8 – Parametri di Input ed output per il programma Spettri NTC

accelerazione orizzontale massima su sito rigido	a_g (g)	0.274
accelerazione orizzontale massima	a_{max} (g)	0.3042
coefficiente di riduzione	β_m	0.28

coefficiente sismico orizzontale	kh	0.0852
coefficiente sismico verticale	kv	0.0426

GEOTECNICA

Relazione di stabilità delle scarpate

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D78RH	OC0005004	A	16 di 31

4.2 DA PK 6+374 A PK 7+778

Nell'area in esame le $V_{s,30}$ risultano compresa tra 360 ed 800 m/s pertanto la categoria di terreno è **B**.

	AL04 DH	AL05 DH	AL07 DH	AL09 DH
$V_{s,30}$ (m/s)	599,07	467,58	473,47	377,18

Tabella 9- Valori di $V_{s,30}$ determinati tramite le DH disponibili

Per quanto riguarda la categoria topografica, nella zona in esame non si hanno pendii particolarmente inclinati pertanto la categoria sarà T1. In funzione della categoria topografica si attribuisce al coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1.00$

SITO: Calatabiano (Sicilia-CT)		Periodo di rif.		Stato Limite	TR (anni)	ag (g)	Fo	TC* (s)
Latitudine	15,24009	VN (anni)	75	SLD	113	0,127	2,494	0,288
Longitudine	37,8193	Cu	1.5	SLV	1068	0,274	2,592	0,353
		VR (anni)	112.5					

Tabella 10 – Parametri di Input ed output per il programma SpettriNTC

accelerazione orizzontale massima su sito rigido	a_g (g)	0.274
accelerazione orizzontale massima	a_{max} (g)	0.305761
coefficiente di riduzione	β_m	0.28
coefficiente sismico orizzontale	kh	0.0856
coefficiente sismico verticale	kv	0.0428

GEOTECNICA

Relazione di stabilità delle scarpate

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D78RH	OC0005004	A	17 di 31

4.3 pk 13+600-13+800 e Interconnessione Letojanni

Per la valutazione della velocità delle onde di taglio nei primi 30m non si hanno a disposizione prove, pertanto si classifica il terreno analogamente alle tratte precedenti e successive e cioè con $V_{s,30}$ compresa tra 360 ed 800 m/s, quindi la categoria di terreno è B.

Per quanto riguarda la categoria topografica, nella zona in esame non si hanno pendii particolarmente inclinati pertanto la categoria sarà T1. In funzione della categoria topografica si attribuisce al coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1.00$.

SITO: Taormina (Sicilia-Messina)	
Latitudine	15,29282
Longitudine	37,85334

Periodo di Rif.	
VN (anni)	75
Cu	1.5
VR (anni)	112.5

Stato Limite	TR (anni)	ag (g)	Fo	TC* (s)
SLD	113	0.119	2.433	0.302
SLV	1068	0.298	2.505	0.365

accelerazione orizzontale massima su sito rigido	a_g (g)	0.298
accelerazione orizzontale massima	a_{max} (g)	0.328218
coefficiente di riduzione	β_m	0.28

coefficiente sismico orizzontale	kh	0.0919
coefficiente sismico verticale	kv	0.0460

5 ANALISI DI STABILITA' DELLE SCARPATE

5.1 METODOLOGIA DI CALCOLO

Le verifiche di stabilità per le scarpate definitive sono state svolte sia in condizioni statiche che sismiche; per le scarpate di scavo provvisionali solo in condizioni statiche in accordo a quanto previsto da normativa vigente.

Le analisi sono condotte con l'ausilio del software GeoSlope con il metodo dell'equilibrio limite globale di Bishop. Si è cercata la superficie di scorrimento circolare che presenta il minor coefficiente di sicurezza. Le superfici di rottura sono state definite imponendo i punti di ingresso ed uscita delle superfici di scorrimento.

Nella figura seguente è riportato lo schema generale assunto nei calcoli dove, considerando la massa interessata dallo scivolamento suddivisa in n concio, per il concio i-esimo si è adottata la seguente simbologia:

W = peso del concio

c = coesione alla base del concio

u = pressione neutra alla base del concio

α = angolo alla base del concio

ϕ = angolo d'attrito interno alla base del concio

σ = sforzo normale alla base del concio

ΔX = larghezza del concio

Δl = lunghezza della base del concio

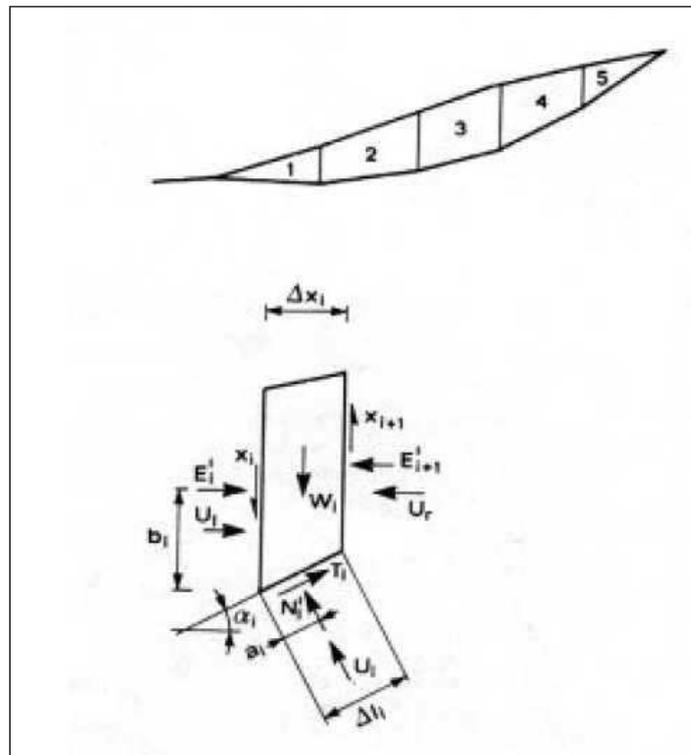


Figura 5 - Schema generale di calcolo

Il fattore di sicurezza FS può essere espresso in termini di momenti generati dalle forze agenti sui singoli conci rispetto al centro della circonferenza stessa

$$FS = \frac{M_S}{M_R}$$

in cui M_R è il momento delle forze ribaltanti pari a

$$M_R = r \cdot \sum_{i=1}^n W_i \cdot \sin \alpha_i$$

M_S è il momento stabilizzante dato da

$$M_S = r \cdot \sum_{i=1}^n (c + \sigma_i \cdot \tan \phi_i) \cdot \Delta l_i$$

dove r rappresenta il raggio dell'arco di circonferenza considerato. Nel metodo di Bishop si assume che le azioni agenti all'interfaccia dei conci abbiano risultante orizzontale, per cui, se si esprime T_i come un'aliquota della resistenza al taglio tramite il fattore di sicurezza FS (assunto uguale a quello dell'equazione generale), e si ricava N_i dall'equilibrio alla traslazione verticale:

$$N_i = \frac{W_i - u_i \cdot \Delta x_i - (1/FS) \cdot c \cdot \Delta x_i \cdot \tan \alpha_i}{\cos \alpha_i \cdot [1 + (\tan \alpha_i \cdot \tan \phi_i) / FS]}$$

si ottiene:

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^n [c \cdot \Delta x_i + (W_i - u_i \cdot \Delta x_i) \cdot \tan \alpha_i] \cdot [1 / M_i(\alpha)]}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot \sin \alpha_i}$$

con

$$M_i(\alpha) = \cos \alpha_i \cdot \left(1 + \frac{\tan \alpha_i \cdot \tan \phi_i}{FS_i} \right)$$

Per la determinazione di FS è richiesta una procedura iterativa per successive approssimazioni: fissato un valore di tentativo per FS , si ricava un successivo valore da introdurre nelle sommatorie, fino a raggiungere attraverso iterazioni un grado di approssimazione pari a 0.01.

Nelle analisi sono state ovviamente trascurate le superfici più corticali in quanto poco significative e per le quali non risulta idonea una analisi convenzionale all'equilibrio limite.

In accordo alla normativa vigente per rilevati in materiali sciolti e fronti di scavo, le analisi di stabilità vengono condotte secondo la combinazione (A2+M2+R2), che prevede l'amplificazione delle azioni variabili ($\gamma_q=1.3$)

GEOTECNICA

Relazione di stabilità delle scarpate

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS2S 01 D78RH OC0005004 A 21 di 31

		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali ⁽¹⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 15 – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

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

Tabella 16 – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Secondo la normativa i parametri di resistenza del terreno devono essere abbattuti a mezzo dei coefficienti parziali di seguito riportati.

$\gamma_{\varphi'} = 1.25$ coefficiente parziale per l'angolo di resistenza al taglio

$\gamma_{c'} = 1.25$ coefficiente parziale per la coesione drenata

L'analisi viene quindi condotta con i seguenti parametri geotecnici di calcolo:

$\tan(\varphi'_k) = \tan(\varphi'_k) / \gamma_{\varphi'}$ angolo di resistenza al taglio

$c'_k = c'_k / \gamma_{c'}$ coesione drenata

Il coefficiente di sicurezza minimo per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo è pari ad 1.1 (γ_R).

In accordo alla normativa vigente l'analisi sismica allo stato limite ultimo (SLU sismico) viene condotta considerando i parametri del terreno abbattuti con i coefficienti parziali precedentemente riportati ed il coefficiente di sicurezza dovrà risultare ≥ 1.1 .

	<p>PROGETTO DEFINITIVO U.O.INFRASTRUTTURE SUD RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI-FIUMEFREDDO Lotto 1: Fiumefreddo-Taormina/Letojanni</p>					
<p>GEOTECNICA Relazione di stabilità delle scarpate</p>	<p>COMMESSA RS2S</p>	<p>LOTTO 01</p>	<p>CODIFICA D78RH</p>	<p>DOCUMENTO OC0005004</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 22 di 31</p>

5.2 CARICHI

5.2.1 Carichi stradali

Il carico accidentale stradale è pari a 20 kPa. In concomitanza con l'azione sismica sono applicati al 20%.

Vengono cautelativamente trascurati i carichi stradali agenti sul piazzale.

5.2.2 Azioni sismiche

In generale, il metodo pseudo-statico modella l'azione sismica considerando in luogo delle azioni dinamiche azioni statiche equivalenti ovvero forze statiche orizzontali f_h e verticali f_v per unità di volume, d'intensità pari al prodotto fra il peso specifico del corpo γ sottoposto all'azione dinamica ed un coefficiente sismico:

$$f_h = \gamma \cdot k_h \quad \text{forza orizzontale per unità di volume}$$

$$f_v = \gamma \cdot k_v \quad \text{forza verticale per unità di volume}$$

dove:

γ = peso specifico del volume considerato.

In accordo alla normativa vigente per le analisi in esame, la componente orizzontale (a_h) dell'accelerazione può essere legata all'accelerazione massima attraverso la seguente relazione:

$$k_h = \beta_s \cdot a_{\max} / g$$

$$k_v = \pm k_h / 2$$

dove:

k_h = coefficiente sismico in direzione orizzontale;

k_v = coefficiente sismico in direzione verticale;

GEOTECNICA

Relazione di stabilità delle scarpate

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D78RH	OC0005004	A	23 di 31

e β_s è determinato dalla tabella sotto in funzione della categoria di sottosuolo e l'intervallo di accelerazione massima.

Tabella 7.11.I – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

5.3 OPERA FA05 SEZIONE A-A

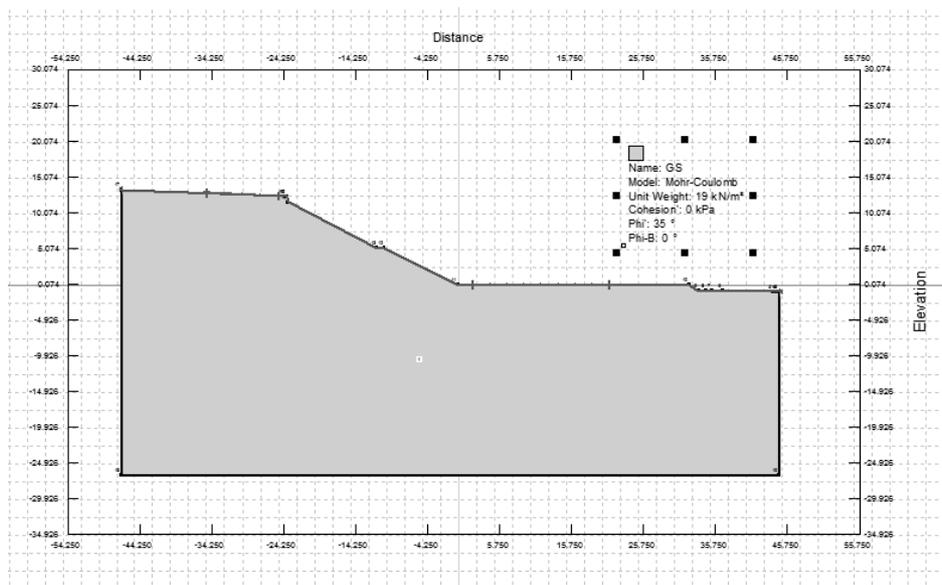
Il piazzale d'emergenza FA05 si trova alla pk 5+540, in corrispondenza della terza e ultima uscita di emergenza della Galleria Calatabiano. Il litotipo riscontrato in questo piazzale, come dimostrato dalle carte geologiche e dai profili (doc. [O.] e [P.]) risulta essere un deposito alluvionale su formazione di Piedimonte, quest'ultima riscontrabile ad una profondità tale da non essere considerata nelle nostre analisi.

Per la scelta dei parametri geotecnici del deposito alluvionale utilizzati nell'analisi si è fatto riferimento ai parametri delle Ghiaie Sabbiose riscontrati nelle diverse relazioni geotecniche del Lotto 1 [F.] e [G.].

Si riportano di seguito i risultati delle verifiche condotte in condizione statica e sismica. In condizioni sismiche è stato distinto il caso di kv positivo (sismica+), concorde con la forza peso, e kv negativo (sismica-).

Si riporta di seguito la sezione di calcolo. Le scarpate di scavo hanno inclinazione rispetto l'orizzontale di 26°.

Sono stati imposti tratti di ingresso e uscita delle superfici di scorrimento 1 m a monte del coronamento della scarpata e 1m a valle del piede.



GEOTECNICA

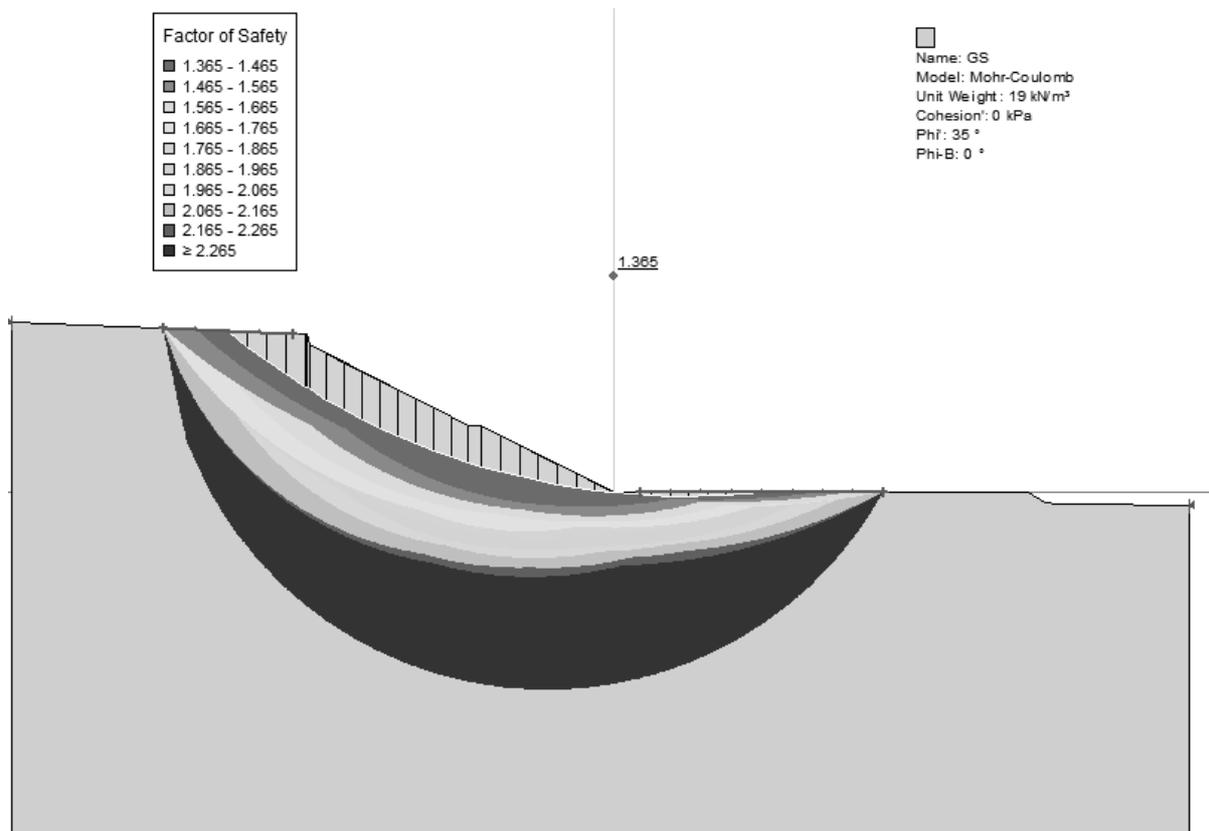
Relazione di stabilità delle scarpate

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D78RH	OC0005004	A	25 di 31

5.3.1 Statica

Si riporta di seguito la sezione di calcolo con la superficie più critica e la mappa del fattore di sicurezza.

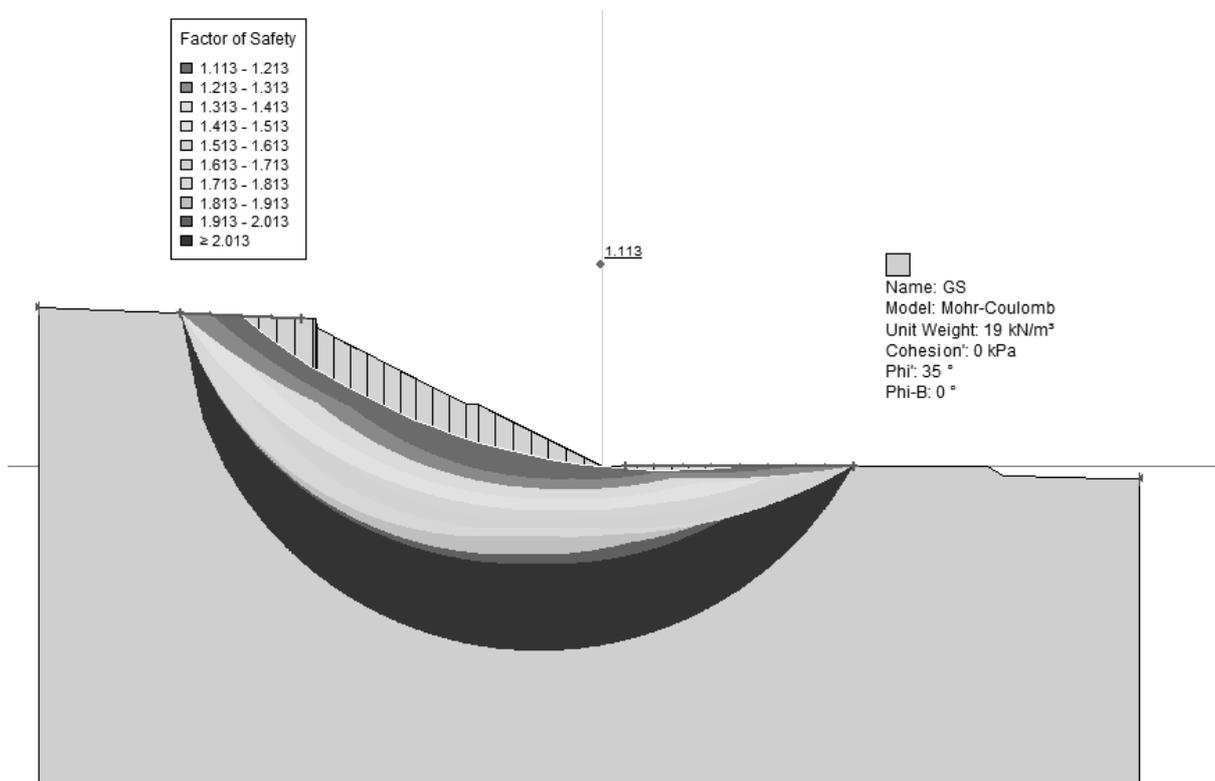
Il fattore di sicurezza per la superficie più critica è **FS=1.365 > 1.1**



5.3.2 Sismica+

Si riporta di seguito la sezione di calcolo con la superficie più critica e la mappa del fattore di sicurezza.

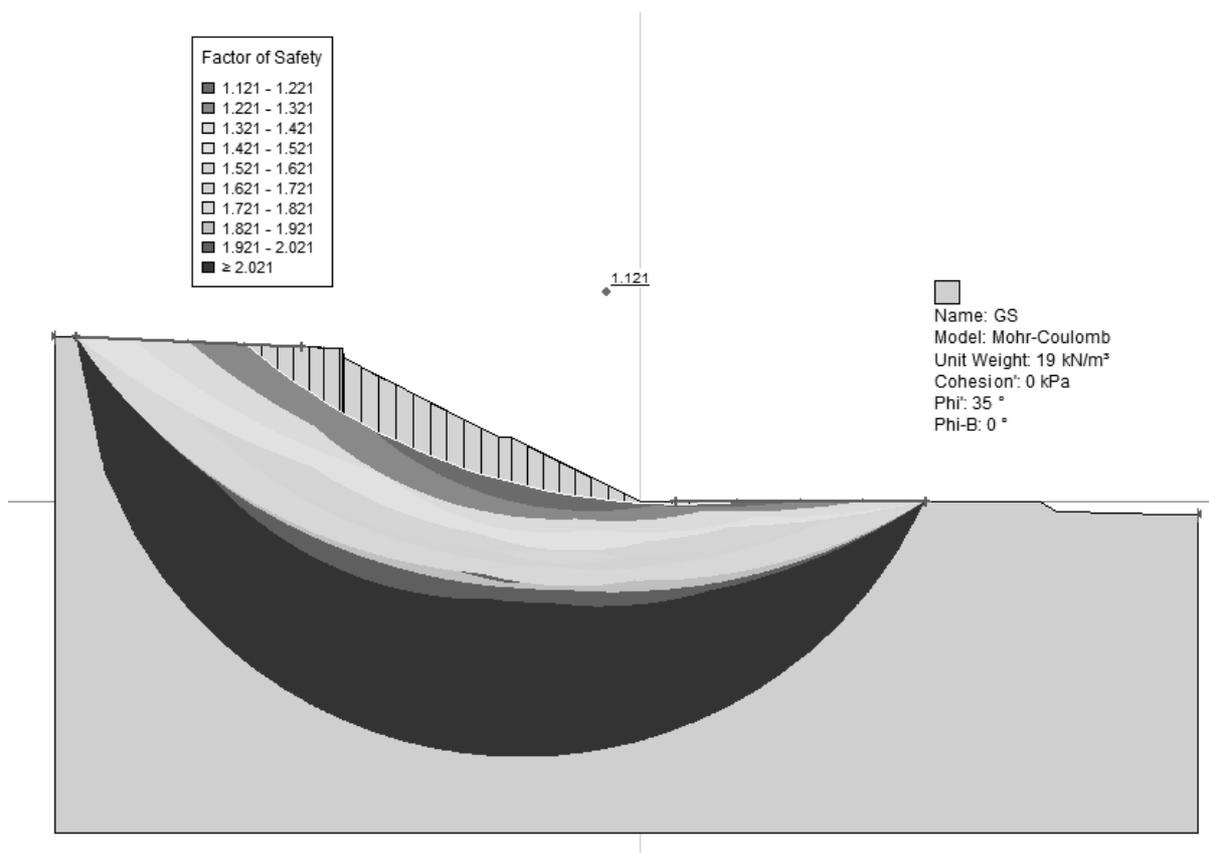
Il fattore di sicurezza per la superficie più critica è **FS=1.113 > 1.1**



5.3.3 Sismica-

Si riporta di seguito la sezione di calcolo con la superficie più critica e la mappa del fattore di sicurezza.

Il fattore di sicurezza per la superficie più critica è $FS=1.121 > 1.1$



GEOTECNICA

Relazione di stabilità delle scarpate

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D78RH	OC0005004	A	28 di 31

5.4 OPERA FA06 SEZIONE 3

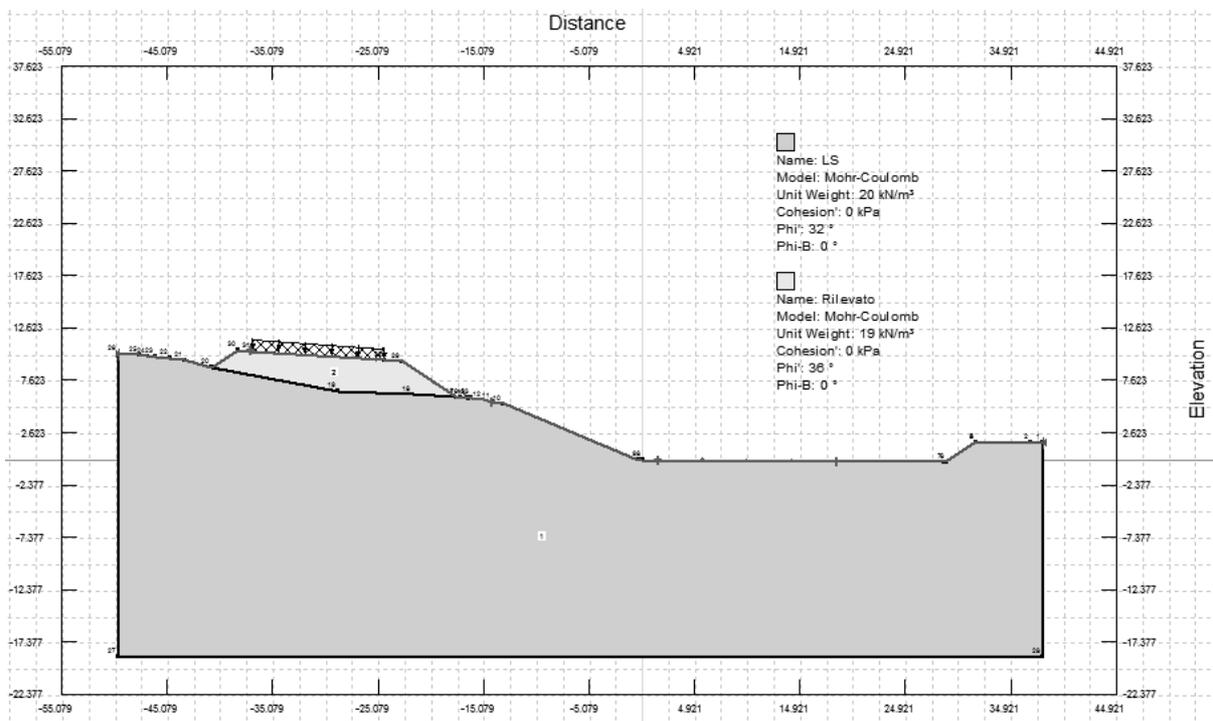
Il piazzale d'emergenza FA06 si trova all'imbocco della galleria Calatabiano lato Messina, alla pk 6+380.

Per la scelta dei parametri geotecnici utilizzati nell'analisi la caratterizzazione si è fatto riferimento al profilo [K.] e relazione [G.].

Si riportano di seguito i risultati delle verifiche condotte in condizione statica e sismica. In condizioni sismiche è stato distinto il caso di kv positivo (sismica+), concorde con la forza peso, e kv negativo (sismica-).

Si riporta di seguito la sezione di calcolo. Le scarpate di scavo hanno inclinazione rispetto l'orizzontale di 26°.

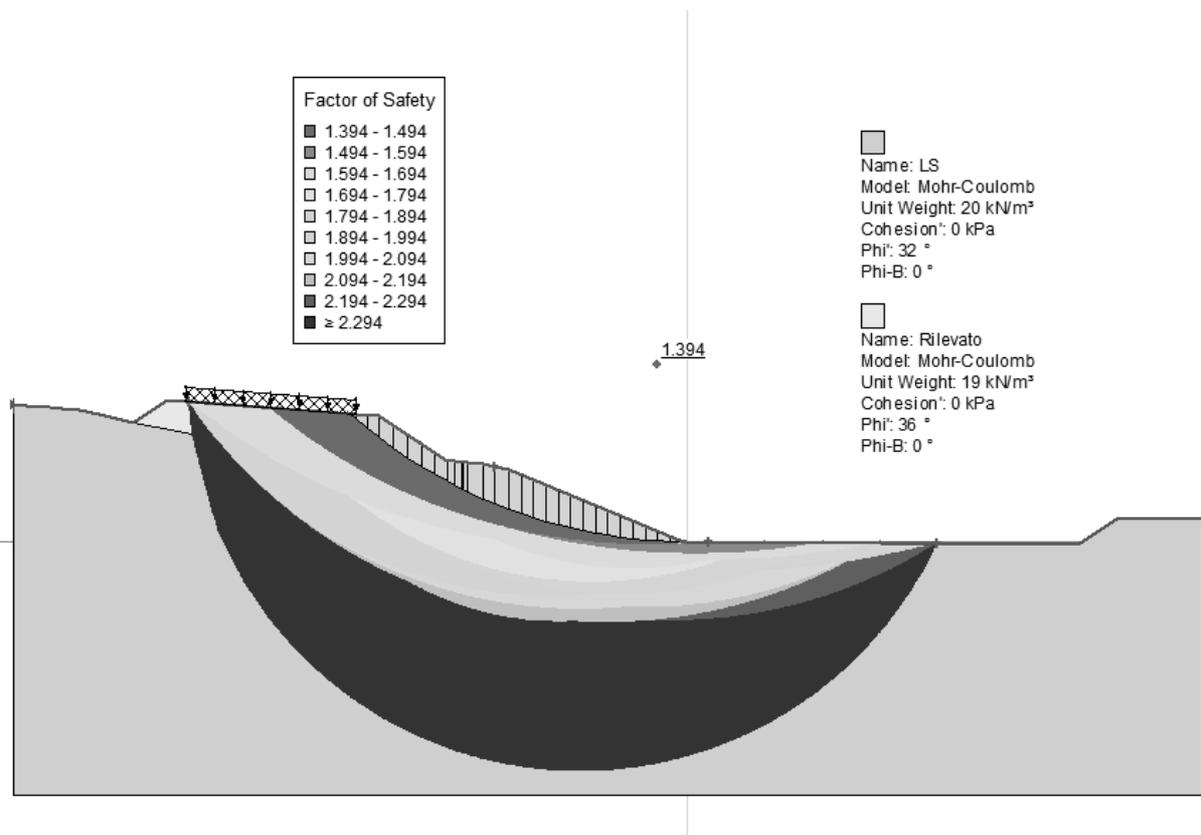
Sono stati imposti tratti di ingresso e uscita delle superfici di scorrimento 1 m a monte del coronamento dell'escavazione e 1m a valle del piede.



5.4.1 Statica

Si riporta di seguito la sezione di calcolo con la superficie più critica e la mappa del fattore di sicurezza.

Il fattore di sicurezza per la superficie più critica è $FS=1.394 > 1.1$



GEOTECNICA

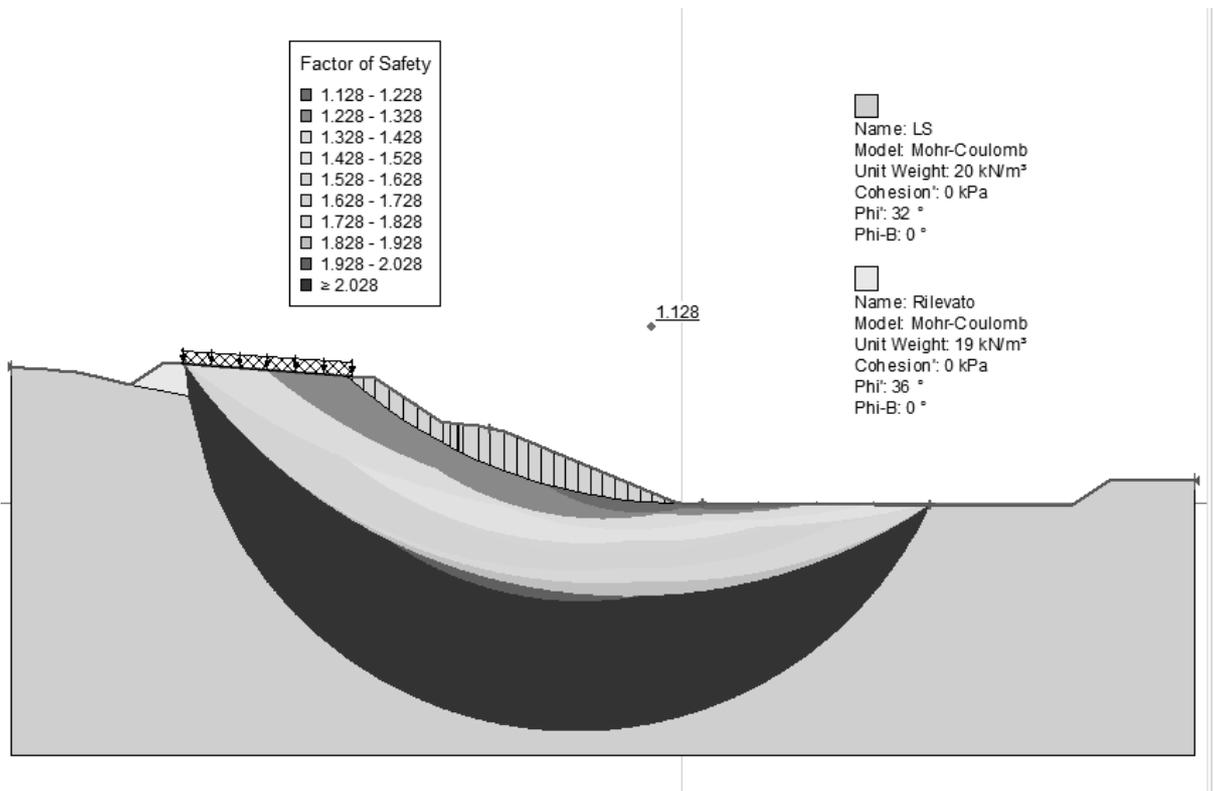
Relazione di stabilità delle scarpate

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D78RH	OC0005004	A	30 di 31

5.4.2 Sismica+

Si riporta di seguito la sezione di calcolo con la superficie più critica e la mappa del fattore di sicurezza.

Il fattore di sicurezza per la superficie più critica è $FS=1.128 > 1.1$



GEOTECNICA

Relazione di stabilità delle scarpate

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D78RH	OC0005004	A	31 di 31

5.4.3 Sismica-

Si riporta di seguito la sezione di calcolo con la superficie più critica e la mappa del fattore di sicurezza.

Il fattore di sicurezza per la superficie più critica è **FS=1.109 > 1.1**

