

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**TRATTA A.V./A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI  
PROGETTO ESECUTIVO**

**Campo Base Pian dei Grilli CBP2  
Relazione geotecnica**

GENERAL CONTRACTOR	ITALFERR S.p.A.
Consorzio <b>Cociv</b> Ing. P.P. Marcheselli	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 0	E	C V	R B	C A 0 7 0 1	0 0 1	A

Progettazione :								
Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima Emissione	CCR Ing. 	27/01/2014	CO.C.I.V.	31/01/2014	A.Palomba 	31/01/2014	 Consorzio Collegamenti Integrati Veloci Dott. Ing. Aldo Mancarella Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R

n. Elab.:	File: IG51-00-E-CV-RB-CA0701-001-A.00_RELAZIONE GEOTECNICA
-----------	--

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-00-E-CV-RB-CA0701-001-A.00_RELAZIONE GEOTECNICA Relazione geotecnica</p> <p>Foglio 2 di 25</p>

## INDICE

1	PREMESSA .....	3
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	4
3	SISMICITA' .....	5
4	PARAMETRI GEOTECNICI.....	12
5	VERIFICHE DI STABILITA'.....	13

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
IG51-00-E-CV-RB-CA0701-001-A.00_RELAZIONE GEOTECNICA Relazione geotecnica	Foglio 3 di 25

## 1 PREMESSA

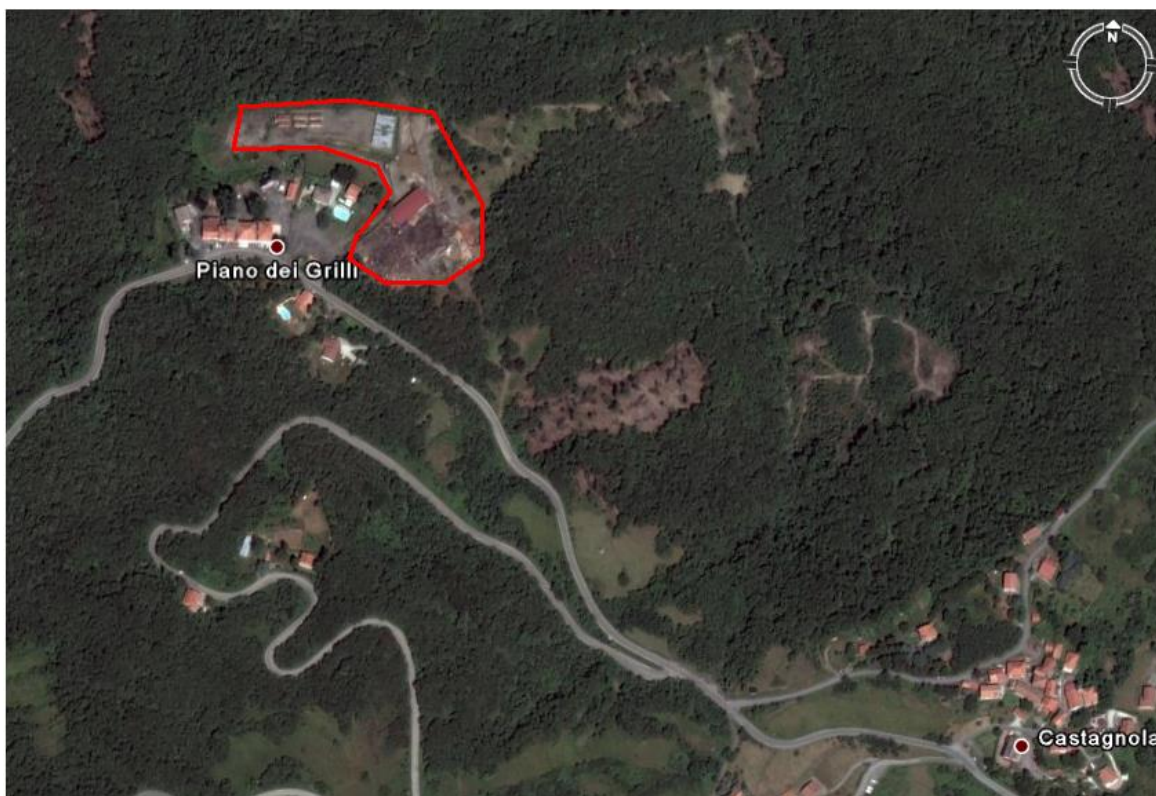
La presente relazione geotecnica è stata redatta per la progettazione del campo base CBP2 a servizio delle lavorazioni per la realizzazione della linea ferroviaria AV/AC Milano-Genova - Terzo Valico dei Giovi.

L'area di intervento si trova in comune di Fraconalto (AL) in località Pian dei Grilli.

Ad una descrizione delle indagini in sito eseguite per la caratterizzazione geotecnica dei terreni segue una descrizione dei parametri utilizzati per le verifiche di progetto.

Sono inoltre state analizzate le problematiche relative alla stabilità del versante ed ai cedimenti indotti dalle strutture del campo alle fondazioni.

La relazione geotecnica ottempera a quanto richiesto dal D.M. 14.01.2008 Norme Tecniche per le Costruzioni.



Vista area di intervento

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-00-E-CV-RB-CA0701-001-A.00_RELAZIONE GEOTECNICA Relazione geotecnica</p> <p style="text-align: right;">Foglio 4 di 25</p>

## 2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- **D.G.R. 3 febbraio 2012, n. 7-3340:** Modifiche e integrazioni alle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico approvate con D.G.R. n. 4-3084 del 12/12/2011.
- **D.G.R. 12 dicembre 2011, n. 4-3084:** D.G.R. n. 11-13058 del 19/01/2010. Approvazione delle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico attuative della nuova classificazione sismica del territorio piemontese.
- **D.G.R. 18 febbraio 2011, n. 8-1517:** Modifica del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio piemontese come approvata con D.G.R. n. 11-13058 del 19/01/2010 e ulteriori disposizioni.
- **D.G.R. 1 marzo 2010, n. 28-13422:** Differimento del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio piemontese approvata con D.G.R. n. 11-13058 del 19/01/2010 e ulteriori disposizioni.
- **D.G.R. 19 gennaio 2010, n. 11-13058:** Aggiornamento ed adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006).
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici:** Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici:** Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione del territorio nazionale.
- **D.M. 14.01.2008:** Testo unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni.
- **O.P.C.M. 3519 del 28/04/2006 (G.U. 11.5.2006 n.108):** Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone.
- **O.P.C.M. 3274 del 20/03/2003 (Supplemento ordinario alla G.U. 8.5.2003 n.105):** Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
	<p>IG51-00-E-CV-RB-CA0701-001-A.00_RELAZIONE GEOTECNICA Relazione geotecnica</p>	<p>Foglio 5 di 25</p>

### 3 SISMICITA'

La classificazione sismica attribuisce all'intero territorio nazionale valori differenti del grado di sismicità da prendere in considerazione nella progettazione delle opere.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto deve essere valutata anche l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale.

La classificazione può essere basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio  $V_S$  ovvero sul numero medio di colpi  $N_{SPT}$  ovvero sulla coesione non drenata media  $c_u$ . In base alle grandezze sopra definite si identificano le seguenti categorie del suolo di fondazione:

- A Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
- B Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica media  $N_{SPT} > 50$  nei terreni a grana grossa, o coesione non drenata media  $c_u > 250$  kPa nei terreni a grana fine).
- C Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{SPT} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_u < 250$  kPa nei terreni a grana fina).
- D Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  inferiori a 180 m/s (ovvero  $N_{SPT} < 15$  nei terreni a grana grossa e  $c_u < 70$  kPa nei terreni a grana fina).
- E Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con  $V_{s30} > 800$  m/s).

Il suolo di fondazione appartiene alla categoria **D**.

La categoria topografica è la **T2**.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-00-E-CV-RB-CA0701-001-A.00_RELAZIONE GEOTECNICA Relazione geotecnica</p> <p style="text-align: right;">Foglio 6 di 25</p>

## Zone sismiche

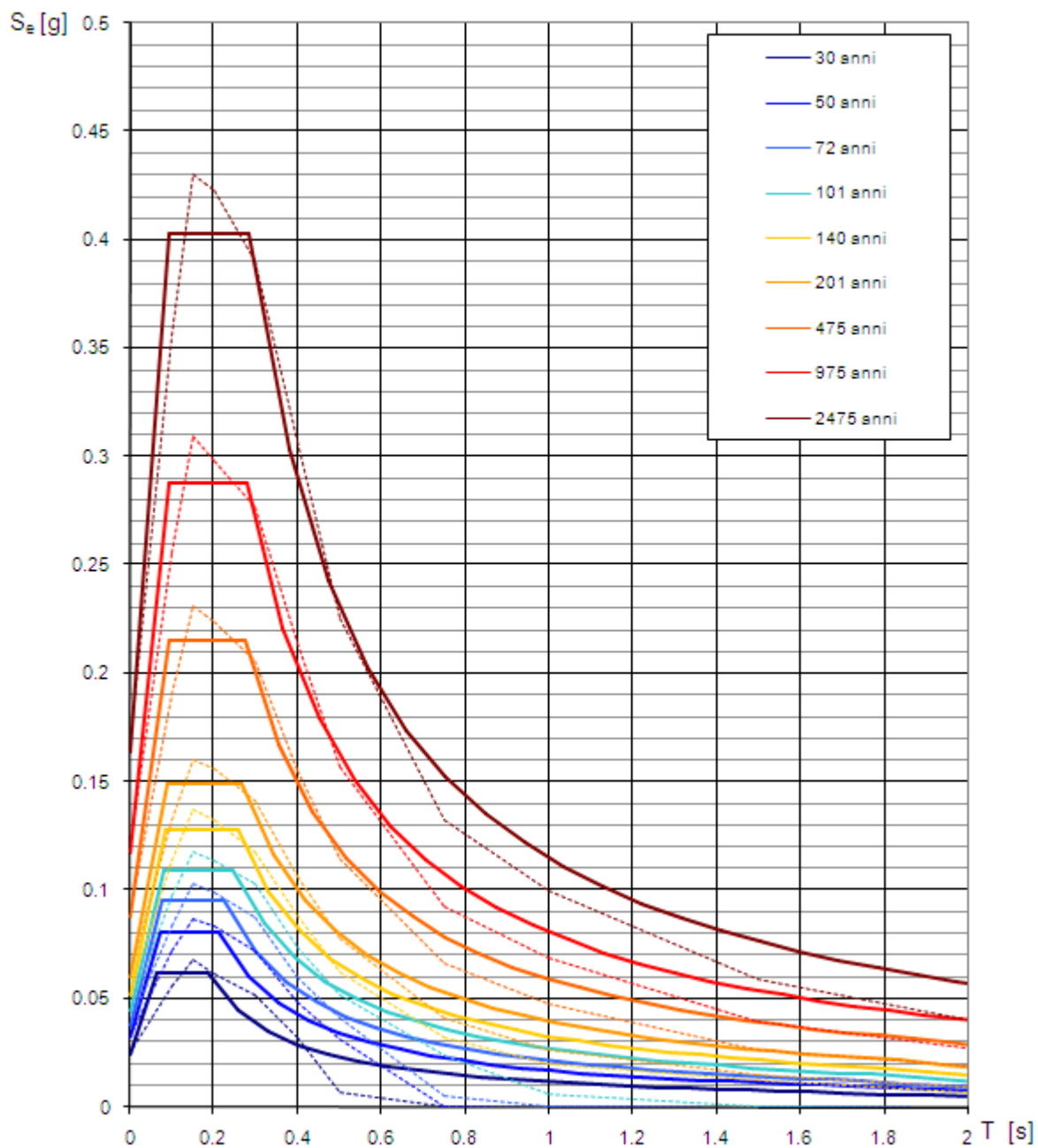
Ai fini dell'applicazione di queste norme, il territorio italiano è suddiviso in zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore del parametro  $a_g$  = accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A. I valori convenzionali di  $a_g$ , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità  $g$ , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale sono riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni ed assumono i valori riportati nella Tabella.

Zona	Valore di $a_g$
1	0.35g
2	0.25g
3	0.15g
4	0.05g

Le zone 1, 2 e 3 possono essere suddivise in sottozone caratterizzate da valori di  $a_g$  intermedi rispetto a quelli riportati nella tabella e intervallati da valori non minori di 0,025.

L'area in studio si sviluppa interamente nel territorio del comune di Fraconalto (AL) che è classificato in **zona 3**.

### Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno $T_R$ di riferimento



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.



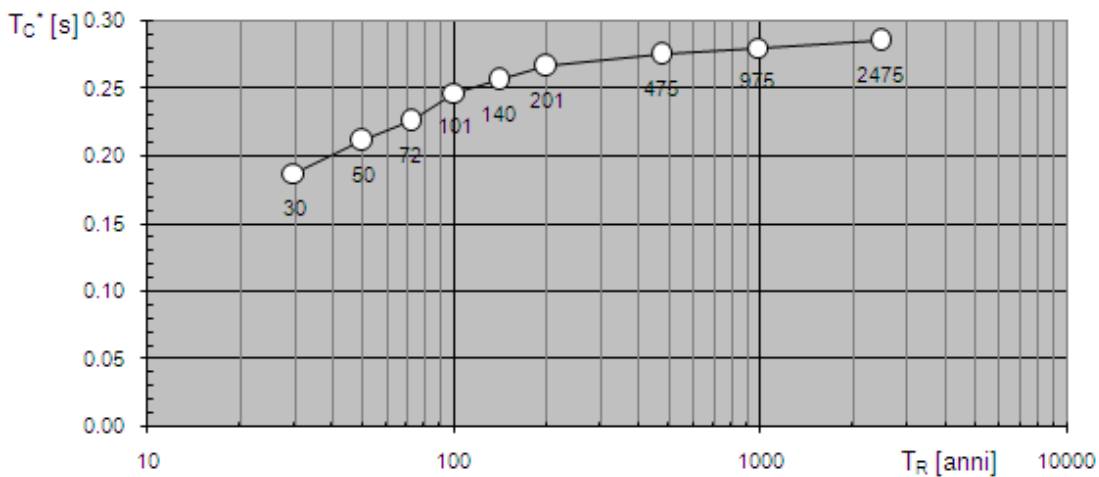
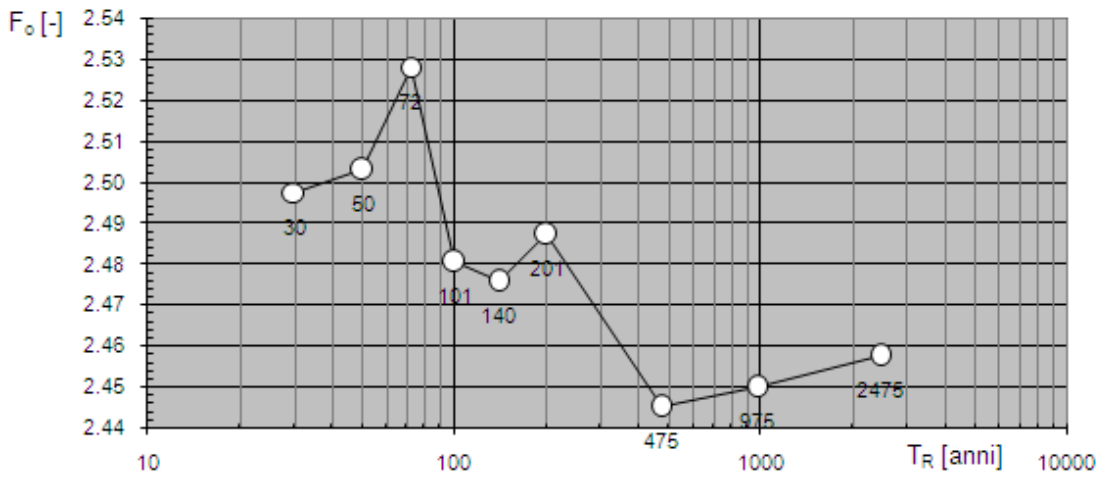
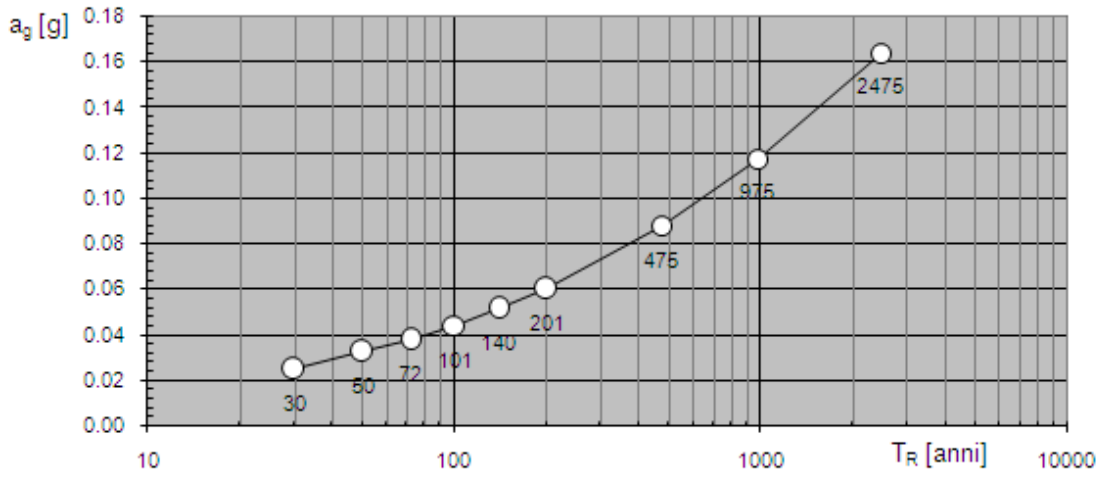
**Valori dei parametri  $a_g$   $F_0$   $T_c^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento**

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
30	0,025	2,498	0,187
50	0,032	2,503	0,211
72	0,038	2,528	0,226
101	0,044	2,481	0,247
140	0,052	2,476	0,257
201	0,060	2,487	0,267
475	0,088	2,445	0,275
975	0,118	2,450	0,280
2475	0,164	2,458	0,285

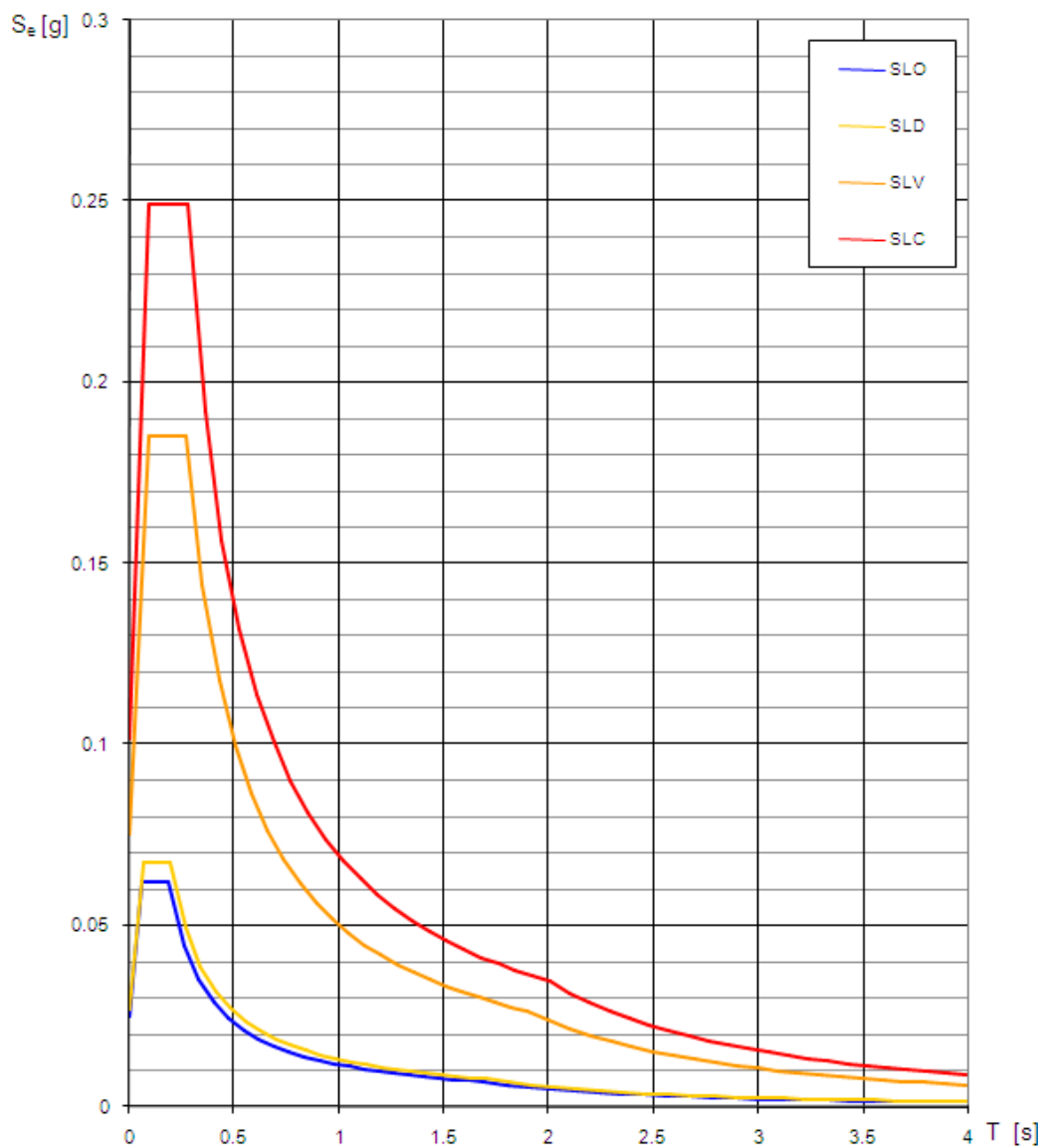
(Latitudine: 44,602900– Longitudine: 8,884500)



**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c^*$ : variabilità col periodo di ritorno  $T_R$**

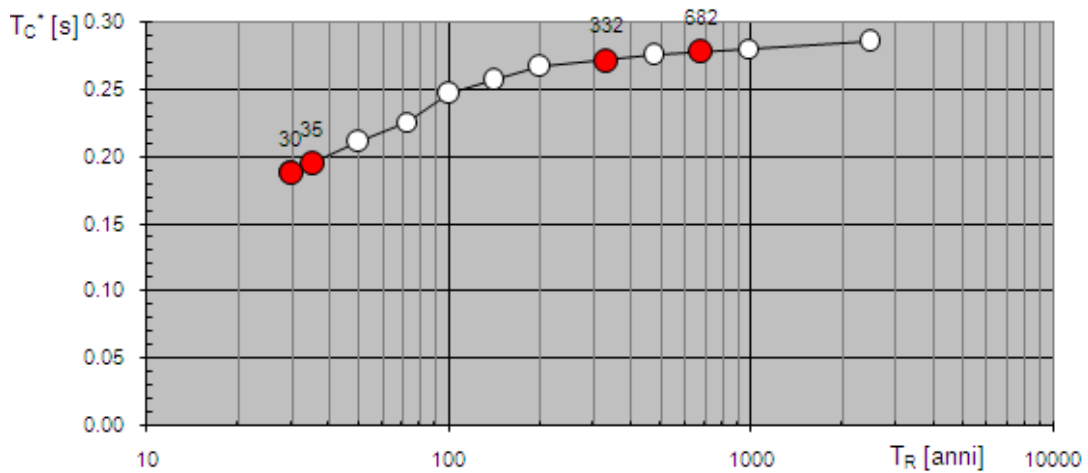
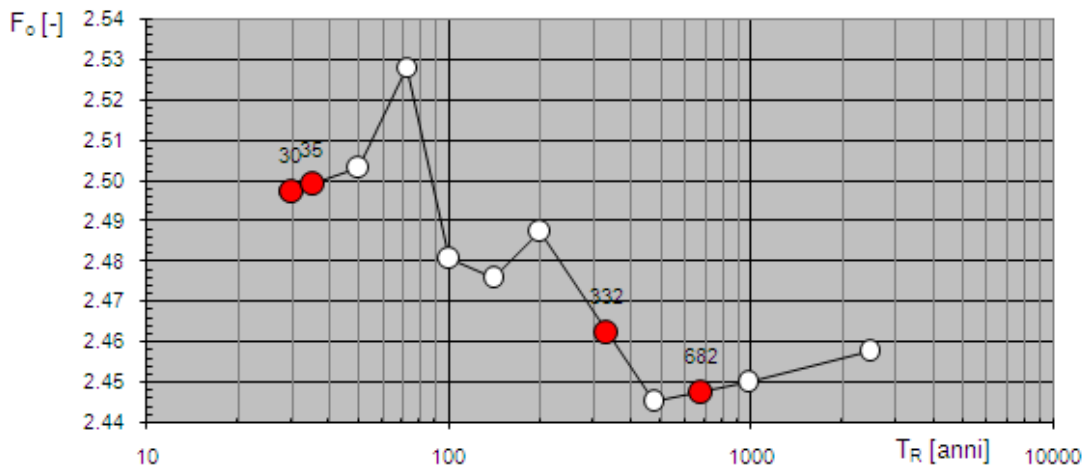
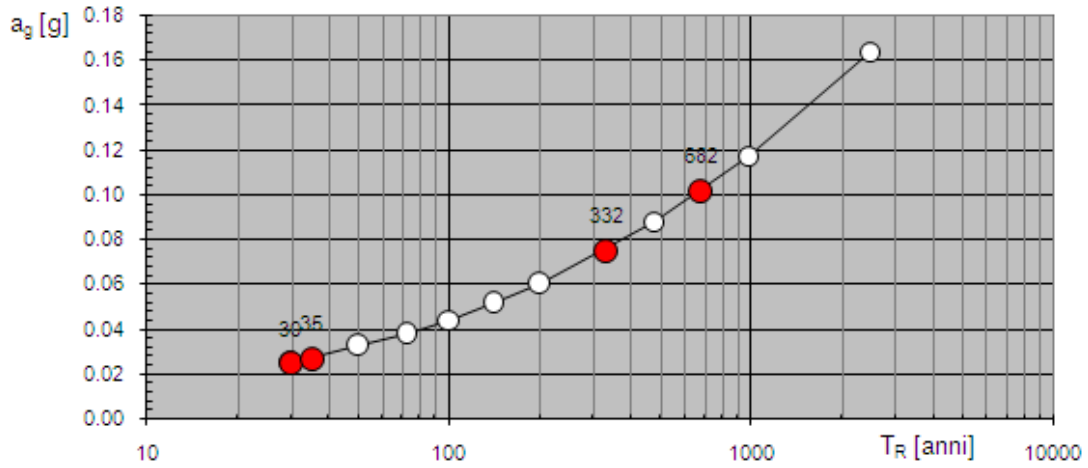


### Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Stati limite		$P_{VR}$	Periodo di ritorno (anni)	$a_g$ (g)	$F_0$	$T^*_c$ (sec)
SLE	SLO	81%	30	0,025	2,498	0,187
	SLD	63%	35	0,027	2,499	0,195
SLU	SLV	10%	332	0,075	2,463	0,272
	SLC	5%	682	0,102	2,448	0,278

**Valori di progetto dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  in funzione del periodo di ritorno  $T_R$**



#### 4 PARAMETRI GEOTECNICI

Nella tabella seguente sono riportati i parametri geotecnici caratteristici da utilizzarsi per i calcoli.

Strato	Denominazione	Parametri caratteristici			
		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	c (kg/cm <sup>2</sup> )	$\varphi'$ (°)	E (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Materiale di riporto	18.0	0.5	24	80
2	Argilloscisti alterati	18.0	0.2	27	300

dove:

$\gamma$  = peso di volume

c = coesione

$\varphi'$  = angolo d'attrito

E = modulo di deformazione

La falda è da considerarsi assente.

## 5 VERIFICHE DI STABILITA'

Nel presente capitolo vengono riportate le verifiche di stabilità relative al versante su cui gravano le strutture del campo base.

Secondo quanto riportato dal D.M. 14 gennaio 2008 deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq R_d$$

dove

- $E_d$  = valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione
- $R_d$  = valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico

Le verifiche sono state effettuate secondo l'Approccio 1:

- Combinazione 2: (**A2+M2+R2**)

tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle seguenti.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale $\gamma_F$ o $(\gamma_E)$	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

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

### *Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni*

dove

- $\gamma_{G1}$  = coefficiente parziale del peso proprio della struttura, nonché del peso proprio del terreno e dell'acqua
- $\gamma_{G2}$  = coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali
- $\gamma_{Qi}$  = coefficiente parziale delle azioni variabili

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

*Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno*

Coefficiente	R2
$\gamma_R$	1,1

*Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.*

Le analisi di stabilità sono state eseguite utilizzando il programma PC STABL7 "Computer Analysis for General Slope Stability Problems", sviluppato nella Università di Purdue (Indiana) nel 1975 da Ronald A. Siegel (Graduate Instructor), nell'ambito del progetto di ricerca Joint Highway Research Project della Engineering Experiment Station in cooperazione con la Indiana State Highway Commission.

Esso è stato successivamente aggiornato con una serie di opzioni che riguardano sia la modellazione del pendio sia l'algoritmo di calcolo nell'ambito degli studi inerenti la stabilità dei pendii.

Il programma è in grado di fornire una soluzione generale ai problemi bidimensionali di stabilità dei pendii, analizzando superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

L'approccio utilizzato è del tipo all'equilibrio limite e rappresenta una variante del metodo Bishop. Il calcolo del fattore di sicurezza relativo alla stabilità del versante viene condotto ripartendo in conci verticali il corpo di scorrimento potenziale ed assumendo orizzontali le forze di interfaccia tra i conci verticali.

PCSTABL7 è programmato per tener conto dei terreni variamente stratificati, dell'eventuale falda idrica, della presenza di pressioni neutre diverse dalle idrostatiche e di sollecitazioni sismiche con il metodo pseudostatico.

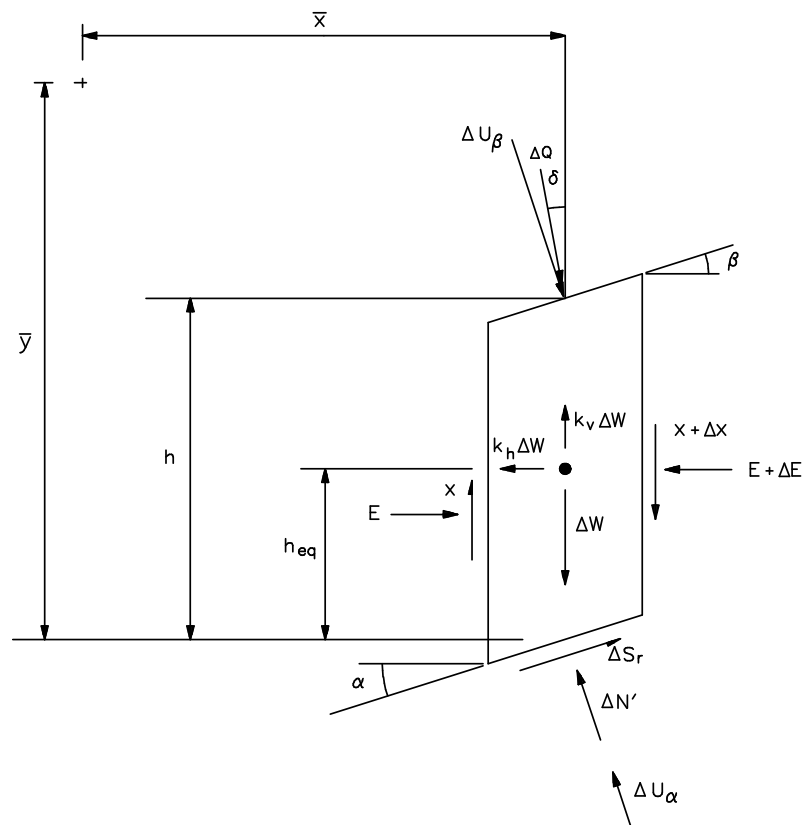
Quest'ultimo rappresenta gli effetti del sisma con una forza di inerzia orizzontale pari al prodotto del peso del terreno individuato dalla superficie di scorrimento considerata per il coefficiente di intensità sismica.

### Descrizione dell'algoritmo

Le forze agenti sul generico concio sono rappresentate nella Fig. A. La geometria di ciascun concio è descritta dalla sua altezza  $h$  misurata lungo la verticale baricentrica, dalla sua larghezza  $x$ , e dall'inclinazione del segmento di base e di quello di sommità, rispettivamente  $\alpha$  e  $\beta$ .

Fig. A

### FORZE CONSIDERATE NEL MODELLO DI CALCOLO



L'equilibrio di tutte le forze attorno ad un arbitrario punto 0 viene espresso dalla seguente equazione:

$$\sum_1^n [(\Delta N' + \Delta U_\alpha)(\bar{y} \sin \alpha - \bar{x} \cos \alpha) + \Delta U_\beta (\bar{x} \cos \beta - a \sin \beta) + \Delta Q (\bar{x} \cos \delta - \bar{a} \sin \delta) + \Delta W (1 - k_v) \bar{x} + k_h \Delta W (\bar{y} - h_{eq}) - \Delta S_r (\bar{x} \sin \alpha + \bar{y} \cos \alpha)] = 0 \quad [1]$$



<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-00-E-CV-RB-CA0701-001-A.00_RELAZIONE GEOTECNICA Relazione geotecnica</p> <p>Foglio 16 di 25</p>

dove:

$\Delta U_\alpha$  e  $\Delta U_\beta$  sono le spinte idrostatiche alla base ed alla sommità di ciascun concio;

$\Delta Q$  è la risultante di un sovraccarico uniformemente distribuito sulla superficie del pendio;

$\delta$  ne misura l'angolo di incidenza;

$k_v$  e  $k_h$  sono i coefficienti sismici verticali ed orizzontali relativi al peso del concio;

$h_{eq}$  è la distanza tra la base di ciascun concio e la componente orizzontale dell'azione sismica;

$\bar{a}$   $\bar{y} - h$

L'equilibrio delle forze verticali applicate al concio è espresso da

$$\left(\Delta N' + \Delta U_\alpha\right) \bar{x} \cos \alpha + \Delta S r \operatorname{sen} \alpha + \Delta X - \Delta W(1 - k_v) - \Delta U_\beta \cos \beta - \Delta Q \cos \delta = 0 \quad [2]$$

Si sostituisce nella [1] e [2]:

$$\Delta S r = \frac{\Delta C' \alpha + \Delta N' \tan \phi'_\alpha}{F}$$

dove:

$\Delta N'$  sono le spinte idrostatiche alla base ed alla sommità di ciascun concio;

$\Delta C'_\alpha$  e  $\phi'_\alpha$  sono rispettivamente la coesione e l'angolo di attrito caratteristici del materiale, disponibili alla base del concio.

Risolvendo l'equazione [2] rispetto a  $\Delta N'$  e sostituendo l'espressione risultante nella [1] si ottiene, dopo alcuni passaggi, la seguente equazione contenente n+1 incognite, F ed i valori  $\Delta X$

dove:

$$\sum_l^n y \frac{AI - F A2}{F + A3} = \sum_l^n y \Delta X \left( \frac{\tan \alpha - \tan \frac{\phi'_a}{F} - \frac{\bar{x}}{y}}{1 + \tan \alpha \tan \frac{\phi'_a}{F}} \right) \quad [3]$$

dove:

$$\begin{aligned} A1 & \frac{\Delta C'_\alpha}{\cos \alpha} + \tan \phi'_a \left[ \Delta W \left( I - k_v - k_h \left( I - \frac{h_e}{y} \right) \tan \alpha \right) - \frac{\Delta U \alpha}{\cos \alpha} + \Delta U_\beta \left( \cos \beta + \frac{\bar{a}}{y} \tan \alpha \sin \beta \right) + \right. \\ & \left. \Delta Q \left( \cos \delta + \frac{\bar{a}}{y} \tan \alpha \sin \beta \right) + \Delta Q \left( \cos \delta + \frac{\bar{a}}{y} \tan \alpha \sin \delta \right) \right] \\ A2 & \Delta W \left[ \left( I - k_v \right) \tan \alpha + k_h \left( I - \frac{h_e}{y} \right) \right] + \Delta U_\beta \left( \tan \alpha \cos \beta - \frac{\bar{a}}{y} \sin \beta \right) + \Delta Q \left( \tan \alpha \cos \delta - \frac{\bar{a}}{y} \sin \delta \right) \\ A3 & \tan \alpha \tan \phi'_a \end{aligned} \quad [4]$$

Facendo uso dell'ipotesi semplificativa di Bishop

$$\Delta X = 0$$

l'espressione [3] diventa

$$\sum_l^n y \frac{AI - F A2}{F + A3} = 0 \quad [5]$$

Allorché la coordinata  $\bar{y}$  del polo rispetto al quale si opera l'equilibrio alla rotazione tende all'infinito, la differenza tra i singoli valori di ogni conccio diviene trascurabile e  $\bar{y}$  può essere considerato uguale per tutti i concci e quindi la [5] diventa:

$$\sum_l^n y \frac{AI - F A2}{F + A3} = 0 \quad [6]$$

dove l'espressione dei coefficienti A1 e A2 è semplificata rispetto alla [4].

L'equazione [6] costituisce l'algoritmo del programma di calcolo STABL, nella versione sviluppata nel 1975 da R.Siegel, che si può definire come metodo di Janbu semplificato.

Essa viene utilizzata nei casi in cui si esaminino superfici di scorrimento di forma irregolare o a cuneo.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-00-E-CV-RB-CA0701-001-A.00_RELAZIONE GEOTECNICA Relazione geotecnica</p> <p style="text-align: right;">Foglio 18 di 25</p>

Se, per una superficie di forma circolare, consideriamo il momento attorno al centro del cerchio,  $y = r \cos \alpha$ , l'equazione [5] diventa

$$\sum r \cos \alpha \frac{A1 - F A2}{F + A3} = 0$$

oppure, poiché  $r = \text{costante}$

$$\sum \cos \alpha \frac{A1 - F A2}{F + A3} = 0 \quad [7]$$

dove  $A1$ ,  $A2$  ed  $A3$  sono espressi nella [4].

L'equazione [7] è l'algoritmo di calcolo del coefficiente di sicurezza secondo il metodo di Bishop semplificato.

Esso viene adottato per le superfici di scorrimento di forma circolare.

### **Ricerca delle superfici di scorrimento**

Il programma esamina superfici di scorrimento di forma qualsiasi, con numerose opzioni per l'individuazione di quella critica.

Invero un algoritmo di generazione può ricercare in modo automatico un numero richiesto di superfici con caratteristiche predeterminate o, in alternativa, consente l'esame di una prefissata superficie singola.

Nel caso attuale lo studio è stato svolto utilizzando superfici circolari.

Il programma prevede che si assegnino gli intervalli di inizio e di termine dei cerchi ed esplora la fascia da essi individuata, generando un numero prefissato di superfici di tentativo.

In questo studio ogni condizione è stata esaminata mediante cento superfici, rappresentando graficamente le dieci più critiche.

### Parametri geotecnici di riferimento

Di seguito si riportano i parametri geotecnici caratteristici utilizzati per le verifiche.

Strato	Denominazione	Parametri caratteristici			Parametri fattorizzati (M2)		
		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\varphi'$ (°)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\varphi'$ (°)
1	Materiale di riporto	18.0	0.5	24	18.0	0.4	19
2	Argilloscisti alterati	18.0	0.2	27	18.0	0.16	22

dove:

$\gamma$  = peso di volume

$c$  = coesione

$\varphi'$  = angolo d'attrito

Le verifiche sono state effettuate in condizioni sismiche considerando un coefficiente sismico orizzontale  $k_h$  pari a 0.01 ed un coefficiente sismico verticale  $k_v$  pari a 0.005 nel rispetto del D.M. 14 gennaio 2008 in condizioni di falda assente.

Tali coefficienti sono stati calcolati utilizzando le seguenti relazioni:

$$k_h = \beta_s \times \frac{a_{\max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0.5k_h$$

dove

$\beta_s$  = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

$a_{\max}$  = accelerazione orizzontale massima attesa al sito

$g$  = accelerazione di gravità

L'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione

$$a_{\max} = S \times a_g = S_s \times S_T \times a_g$$

dove

$S$  = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_s$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_T$ )

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido

Categoria sottosuolo	$S_s$
<b>A</b>	1.00
<b>B</b>	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \times F_o \times \frac{a_g}{g} \leq 1.20$
<b>C</b>	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \times F_o \times \frac{a_g}{g} \leq 1.50$
<b>D</b>	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \times F_o \times \frac{a_g}{g} \leq 1.80$
<b>E</b>	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \times F_o \times \frac{a_g}{g} \leq 1.60$

- Il suolo è di **tipo D**
- Le coordinate del sito in oggetto sono:

Latitudine: 44°60'29" N

Longitudine: 8°88'45" E

- Considerando:
  1. stato limite di esercizio SLO
  2. classe d'uso II
  3. vita nominale 35 anni

si ha:

$$F_o = 2.498$$

da cui

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-00-E-CV-RB-CA0701-001-A.00_RELAZIONE GEOTECNICA Relazione geotecnica		Foglio 21 di 25

$$S_s = 0.90 \leq 2.40 - 1.50 \times F_o \times \frac{a_g}{g} \leq 1.80$$

$$S_s = 2.40 - 1.50 \times 2.498 \times 0.15 \Rightarrow S_s = 1.84 \Rightarrow \text{si pone } S_s = 1.80$$

Categoria topografica	$S_T$
T1	1.0
T2	1.2
T3	1.2
T4	1.4

La categoria topografica è la **T2** quindi

$$S_T = 1.2$$

I valori di  $\beta_s$  sono riportati nella tabella seguente:

	Categoria di sottosuolo	
	A	B,C,D,E
	$\beta_s$	$\beta_s$
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	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

L'accelerazione massima  $a_{\max}$  risulta quindi uguale a:

$$a_{\max} = S_s \times S_T \times a_g = 1.80 \times 1.2 \times 0.025g = 0.05g$$

da cui si può ricavare il coefficiente sismico orizzontale  $k_h$

$$k_h = \beta_s \times \frac{a_{\max}}{g} = 0.20 \times \frac{0.05g}{g} = 0.01$$

ed il coefficiente sismico verticale  $k_v$

$$k_v = \pm 0.5k_h = 0.5 \times 0.01 = 0.005$$

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-00-E-CV-RB-CA0701-001-A.00_RELAZIONE GEOTECNICA Relazione geotecnica</p> <p style="text-align: right;">Foglio 22 di 25</p>

## CONCLUSIONI

Sono state condotte le verifiche di stabilità sulla sezione n° 3 ritenuta la più sfavorevole.

E' stato inoltre considerato un sovraccarico pari a 80 kPa che, in accordo con le NTC08 Approccio 1 Combinazione 2 (**A2+M2+R2**), risulta pari a 104 kPa.

Il valore di progetto dell'azione  $E_d$  è stato posto = 1.

Il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico ( $R_d$ ) è dato da:

$$F_{s \text{ calc}} / \gamma_R$$

Per i casi analizzati è risultato:

1. verifica globale

**$R_d = 1.396/1.1 = 1.269 \geq 1 \Rightarrow E_d \leq R_d$**  la condizione è verificata

2. verifica riporto

**$R_d = 1.709/1.1 = 1.554 \geq 1 \Rightarrow E_d \leq R_d$**  la condizione è verificata

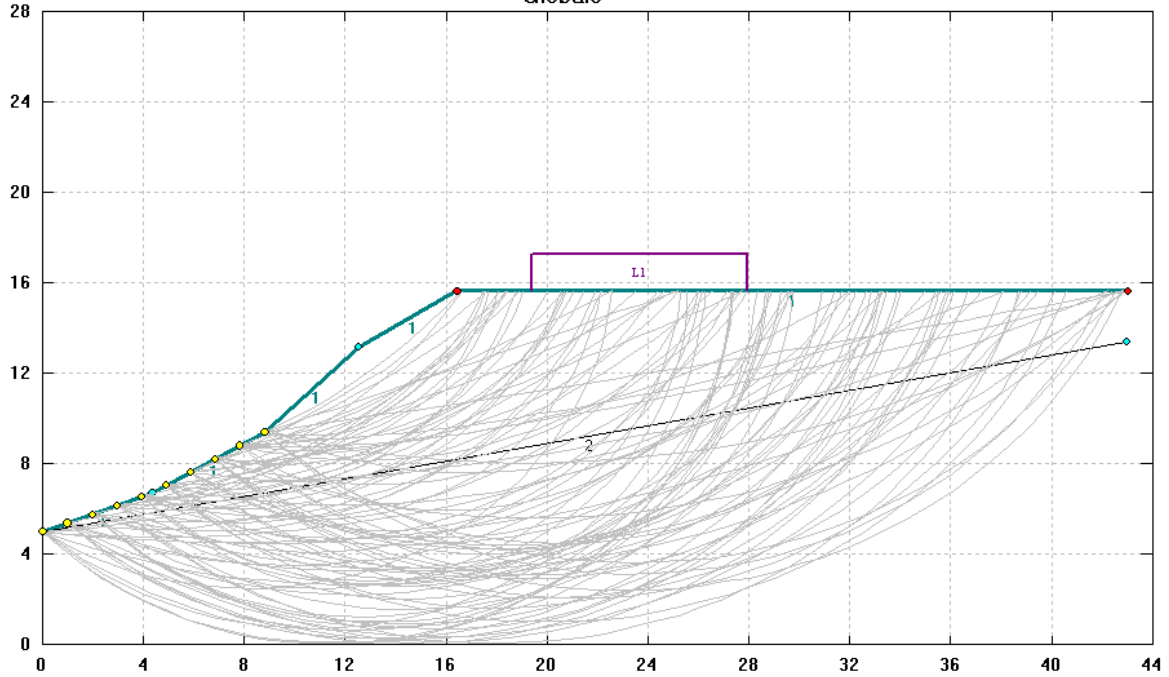


<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
	<p>IG51-00-E-CV-RB-CA0701-001-A.00_RELAZIONE GEOTECNICA Relazione geotecnica</p>	<p>Foglio 23 di 25</p>

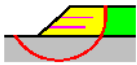
## ALLEGATO 1

### Grafici verifiche di stabilità

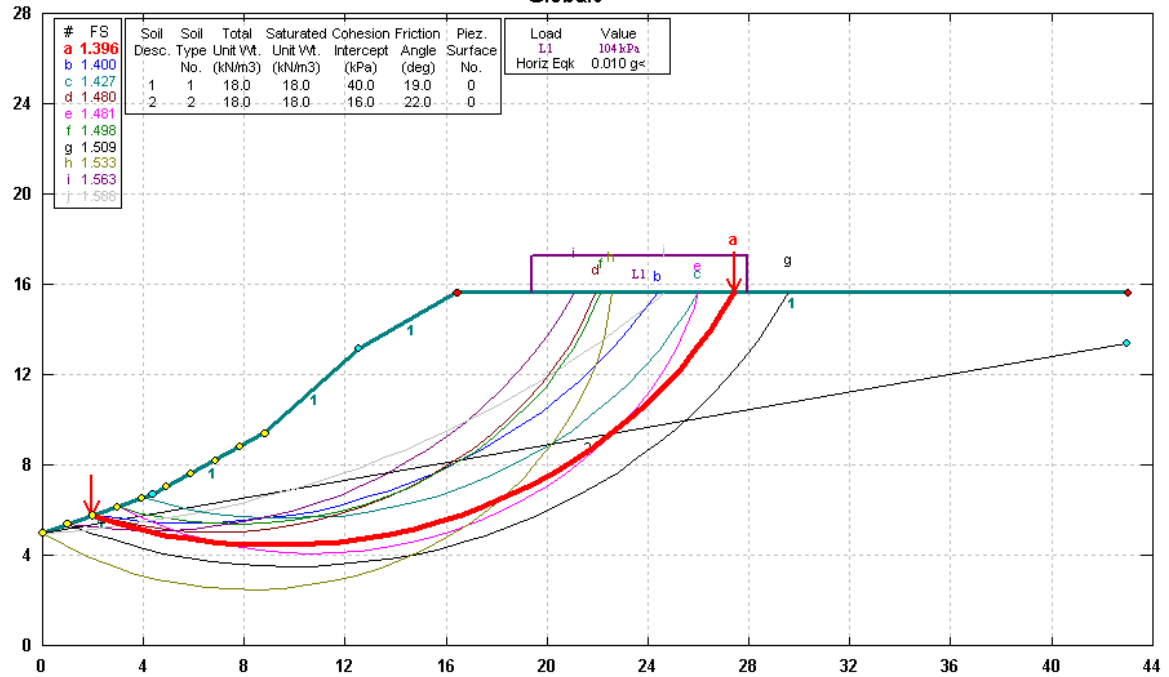
CBP2 Sezione 3  
Globale



STED



CBP2 Sezione 3  
Globale



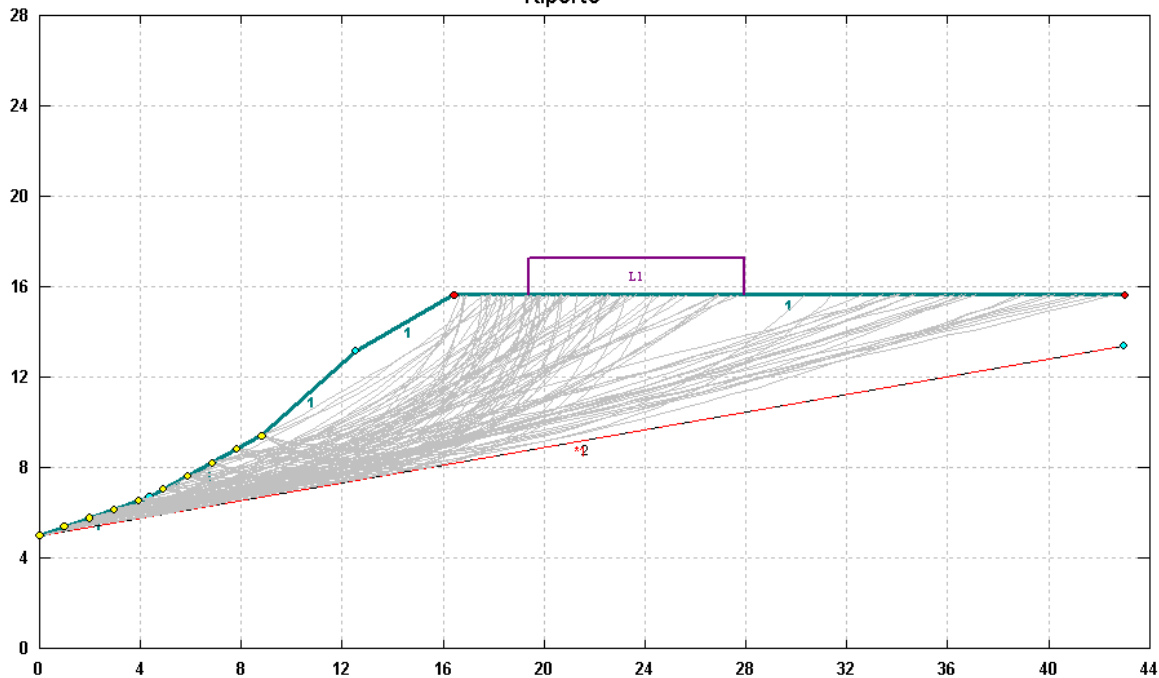
STED



GSTABL7 FSmin=1.396

Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method

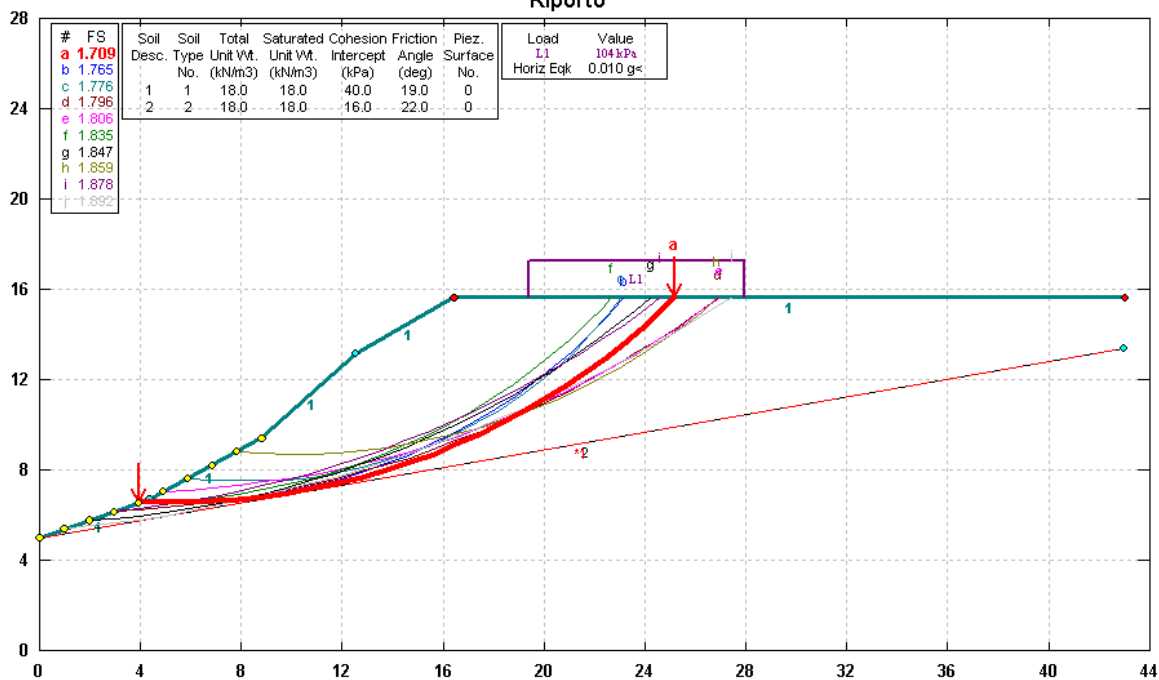
**CBP2 Sezione 3  
Riporto**



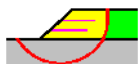
STED



**CBP2 Sezione 3  
Riporto**



STED



GSTABL7 FSmin=1.709  
Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method