

COMMITTENTE:



ALTA  
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



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

**LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA**

**Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**RILEVATI**

**Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00**

**GENERALE**

**Relazione Geotecnica**

GENERAL CONTRACTOR				DIRETTORE LAVORI				SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE Ing. Giovanni MALAVENDA Insieme all'ordine degli Ingegneri di Venezia n. 4289 Data: Febbraio 2022	Consorzio Iricav Due Ing. Paolo Carmona Data: Febbraio 2022			Data:				

COMMESSA    LOTTO    FASE    ENTE    TIPO DOC.    OPERA/DISCIPLINA    Progr.    REV.    FOGLIO

I	N	1	7	1	2	E	I	2	R	B	R	I	2	2	0	0	0	0	1	B	-	-	-	D	-	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Luca RANDOLFI 	Febbraio 2022

Progettazione:



Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	M. Conti 	Ottobre 2021	V. Pastore 	Ottobre 2021	P. Ascari 	Ottobre 2021	
B	REVISIONE	M. Conti 	Febbraio 2022	V. Pastore 	Febbraio 2022	P. Ascari 	Febbraio 2022	

Data: Febbraio 2022

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712E12RBRI2200001B.DOCX
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea



<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI2200001B</p>	<p>Foglio 2 di 111</p>

## INDICE

1	INTRODUZIONE .....	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	5
2.1	Documentazione di progetto .....	5
2.2	Normativa e standard di riferimento .....	5
2.3	Bibliografia .....	6
3	INQUADRAMENTO DELL'OPERA .....	7
3.1	Geometria del rilevato .....	7
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....	9
4.1	Indagini disponibili .....	9
4.2	Inquadramento stratigrafico .....	9
4.3	Livello di falda .....	11
4.4	Condizioni geotecniche del sito .....	12
4.5	Sintesi del modello geotecnico di riferimento .....	20
4.5.1	Materiale da rilevato .....	20
5	CARATTERISTICHE SISMICHE E SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE .....	21
5.1	Sollecitazione sismica di progetto .....	21
5.1.1	Classe d'uso .....	21
5.1.2	Vita Nominale .....	22
5.1.3	Periodo di riferimento per l'azione sismica .....	22
5.1.4	Categorie di Sottosuolo .....	22
5.1.5	Condizioni topografiche .....	23
5.1.6	Accelerazione sismica di riferimento .....	23
5.2	Suscettibilità alla liquefazione .....	23
5.2.1	CRR da correlazione su prove CPT .....	25
5.2.2	CRR da correlazione su prove SPT .....	27
5.2.3	Soil improvement .....	34
6	VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO .....	38
6.1	Criteri di verifica agli Stati Limite .....	38
6.1.1	Stati limite ultimi (SLU) .....	38
6.1.2	Stati limite di esercizio (SLE) .....	40
6.1.3	Verifiche in condizioni sismiche e post-sismiche .....	40
6.2	Azioni di progetto .....	40
6.2.1	Azioni permanenti .....	40
6.2.2	Azioni variabili .....	41



6.2.3	Azione sismica .....	41
6.3	Verifiche e risultati SLU .....	42
6.3.1	Premessa.....	42
6.3.2	Verifiche SLU in condizione statiche .....	43
6.3.3	Verifiche SLU in condizioni sismiche .....	44
6.3.4	Verifiche SLU in condizioni post sismiche .....	45
6.4	Verifica e risultati SLE.....	46
6.4.1	Metodologia di calcolo .....	46
6.4.2	Schematizzazione e risultati .....	48
7	RESISTENZA DEI PALI SOGGETTI A CARICHI ASSIALI .....	51
7.1	Introduzione .....	51
7.2	Analisi agli stati limite.....	51
7.3	Metodologia di calcolo .....	54
7.3.1	Portata laterale.....	54
7.3.1.1	Depositi coesivi .....	54
7.3.1.2	Depositi incoerenti .....	55
7.3.2	Portata di base.....	55
7.3.2.1	Depositi coesivi .....	55
7.3.2.2	Depositi incoerenti .....	56
7.3.2.3	Terreni stratificati .....	56
7.4	Stratigrafia di calcolo e fattori parziali .....	57
7.5	Risultati .....	57
7.5.1	PALI D = 800 mm .....	58
8	CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI .....	62
	Allegati .....	63
	ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO .....	64
	ALLEGATO 2 - SONDAGGI.....	66
	ALLEGATO 3 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU STATICA .....	70
	ALLEGATO 4 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU IN CAMPO SISMICO .....	78
	ALLEGATO 5 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU POST sisma .....	86
	ALLEGATO 6 - TABULATI DI SETTLE 3D – ANALISI SLE .....	94
	ALLEGATO 7 - TABULATI DI CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE .....	98
	ALLEGATO 8 – VERSIONE SOFTWARE DI CALCOLO UTILIZZATI .....	111

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 4 di 111

## 1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la Relazione Geotecnica del rilevato RI22, previsto nell'ambito del Progetto Esecutivo della sub tratta Verona – Vicenza della Linea AV/AC Verona – Padova. Tale rilevato si estende tra il km 13+725,00 e il km 14+200,00.



La relazione descrive in dettaglio il modello geotecnico definito per il rilevato, ricavato sulla base delle indagini geognostiche eseguite nelle vicinanze dell'opera e delle caratteristiche geotecniche attribuite ai materiali rinvenuti lungo la tratta.

Le verifiche discusse sono state eseguite ai sensi della Normativa vigente (v. capitolo seguente) e gli interventi proposti sono volti a garantire la stabilità dei rilevati ed il rispetto dei requisiti prestazionali previsti per le opere in oggetto.

Il documento è così organizzato:

- documenti e normativa di riferimento (capitolo 2);
- inquadramento dell'opera e caratteristiche geometriche del rilevato (capitolo 3);
- definizione del modello geotecnico di riferimento (capitolo 4);
- valutazione della suscettibilità alla liquefazione e descrizione degli eventuali interventi di mitigazione (capitolo 5);
- verifiche geotecniche dei rilevati (capitolo 6);
- conclusioni e raccomandazioni (capitolo 7).



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 5 di 111



## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 Documentazione di progetto

- [1] Sezioni di Progetto Esecutivo
- [2] IN1711EI2CLRI2202002A Muro di mitigazione dal km 13+750,07 al km 13+922,55 - Relazione di calcolo pali di fondazione
- [3] IN1710EI2RBGE0000002C Relazione Geotecnica (da 10+050 a 21+990)
- [4] IN1710EI2LZGE0000014B Planimetria con ubicazione indagini e profilo geotecnico 4 di 11
- [5] IN1710EI2RHGE0000005B Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 1/2
- [6] IN1710EI2P5GE0000001B Planimetrie con classificazione sismica del territorio 1 di 11
- [7] IN1710EI2RHGE0000003C Relazione idrogeologica 1/2
- [8] IN1710EI2RHGE0000007C-8C Relazione di sintesi dei sondaggi e delle prove eseguite
- [9] IN1710EI2PRGE0000001B-2B, Risultati Indagini in sito di Progetto – SOCOTEC
- [10] IN1710EI2PRGE0000003B-4B, Risultati Indagini in sito di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING – GEOLAVORI
- [11] IN1710EI2PRGE0000005B-6B-7C-8B, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [12] IN1710EI2PRGE0000009B-12B, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING - GEOLAVORI
- [13] IN1710EI2IGGE0000001B-2B, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [14] IN1710EI2IGGE0000003B-4B, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING – GEOLAVORI

### 2.2 Normativa e standard di riferimento



- [15] Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n.30
- [16] Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008
- [17] UNI EN 1997-1 : Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- [18] UNI EN 1998-5 : Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- [19] RFI DTC SI PS MA IFS 001 B Manuale di progettazione delle opere civili, Parte II – Sezione 2, Ponti e strutture
- [20] RFI DTC SI CS MA IFS 001 B Manuale di progettazione delle opere civili, Parte II – Sezione 3, Corpo stradale
- [21] RFI DTC INC PO SP IFS 001 A Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario
- [22] RFI DTC INC CS SP IFS 001 A Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 6 di 111

- [23] RFI DTC SICS SP IFS 001 B Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 5 – “Opere in terra e scavi”– RFI
- [24] RFI TCAR ST AR 01 001 D Standard di qualità geometrica del binario con velocità fino a 300 km/h
- [25] Specifiche Tecniche di interoperabilità 2015 (REGOLAMENTO (UE) N. 1299/2014 DELLA COMMISSIONE del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell’Unione europea)

### 2.3 Bibliografia

- [26] Hynes, M.E., and Olsen, R.S. (1999), “Influence of confining stress on liquefaction resistance”, Proc., Int. Workshop on Phys. And Mech. Of Soil Liquefaction, Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 145-152.
- [27] Idriss, I.M. and Boulanger, R.W. (2004), “Semi-empirical procedures for evaluating liquefaction potential during earthquakes”. In: Proceedings, 11th International Conference on Soil Dynamics and Earthquake engineering, and 3d International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering. D. Doolin et al., eds., Stallion press, Vol. 1, pp. 32-56.
- [28] Liao, S.C.C. and Whitman, R.V. (1986), “Overburden Correction Factors for SPT in sand”, Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 112, No. 3, 373-377.
- [29] Robertson P.K. and Wride C.E. (1998). “Evaluating cyclic liquefaction potential using the cone penetration test”. Canadian Geotechnical Journal, Ottawa, 35(3), pp. 442-459.
- [30] Rocscience (2017), Slide ver 7.0, 2017
- [31] Rocscience (2009), Settle 3D ver 2.0, 2009
- [32] Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1971), “Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential”, Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, 97(9), pp.1249-1273.
- [33] Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1982), “Ground motions and soil liquefaction during earthquakes”, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA, USA.
- [34] Seed, R.B., Tokimatsu, K., Harder, L.F., Chung, L.M. (1985), “The influence of SPT procedures in soil liquefaction resistance evaluations”, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 111(12), pp.1425-1445.
- [35] Youd, T.L., Idriss, I.M., Andrus, R.D., Castro, G., Christian, J.T., Dobry, R., Finn, L.W.D., Harder, L.F. Jr., Hynes, M.H., Ishihara, K., Koester, J.P., Liao, S.S.C., Marcuson, W.F. III, Martin, G.R., Mitchell, J.K., Moriwaki, Y., Power, M.S., Robertson, P.K., Seed, R.B. and Stokoe, K.H. II (2001), “Liquefaction Resistance of Soil: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils”, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, vol. 127, n° 10, pp.817-833.
- [36] Priebe H.J., “Vibroreplacement to prevent earthquake induced liquefaction”. Ground Engineering, September 1998.
- [37] Idriss I.M. and Boulanger R.W. (2008), “Soil liquefaction during earthquakes”.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 7 di 111

### 3 INQUADRAMENTO DELL'OPERA

Il rilevato ferroviario in esame si estende tra il km 13+725 e il km 14+200 per una lunghezza totale di ca. 430 m. Tra le pk 13+750,07 e 13+922,55 si evidenzia la presenza di un muro di sostegno su pali – si rimanda alle relazioni di calcolo dedicate per maggiori informazioni (Doc. rif. [2]).

#### 3.1 Geometria del rilevato

Il rilevato, presenta una sezione regolare per tutto il tracciato, con scarpate di pendenza 2/3 (V:H). Alla pk 13+900, sezione n. 332, si riscontra l'altezza massima del rilevato pari a 2.8 m. La sezione citata, denominata Sezione A (Figura 1), è quella ritenuta più severa per le verifiche del rilevato in esame.

Come menzionato nel capitolo precedente, tra le pk 13+750,07 e 13+922,55 si prevede la realizzazione di un muro di sostegno su pali (v. Figura 2). Tuttavia, tale tratto non risulta essere d'interesse per la verifica del rilevato ed il dimensionamento di quest'ultimo è stato eseguito con riferimento alla Sezione A (v. Figura 1). Il calcolo del muro di sostegno è affrontato in elaborati di progetto dedicati, cui si rimanda per maggiori dettagli (Doc. rif. [2]).

Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
 Relazione Geotecnica

Progetto  
 IN17

Lotto  
 12

Codifica  
 EI2RBRI2200001B

Foglio  
 8 di 111

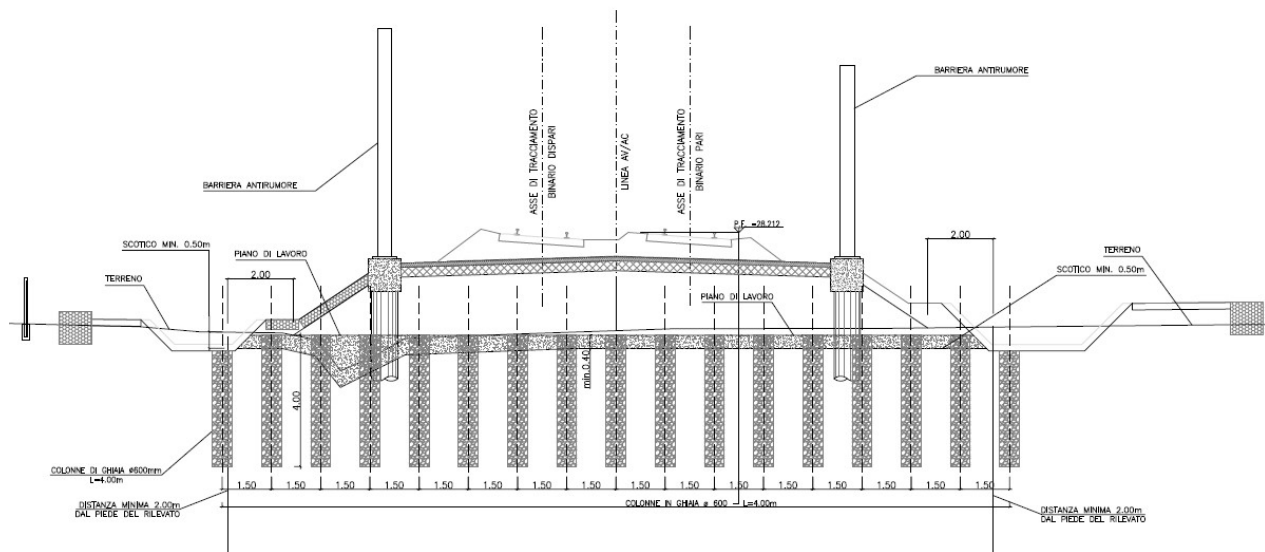


Figura 1 – Sezione di riferimento A (pk 13+900)

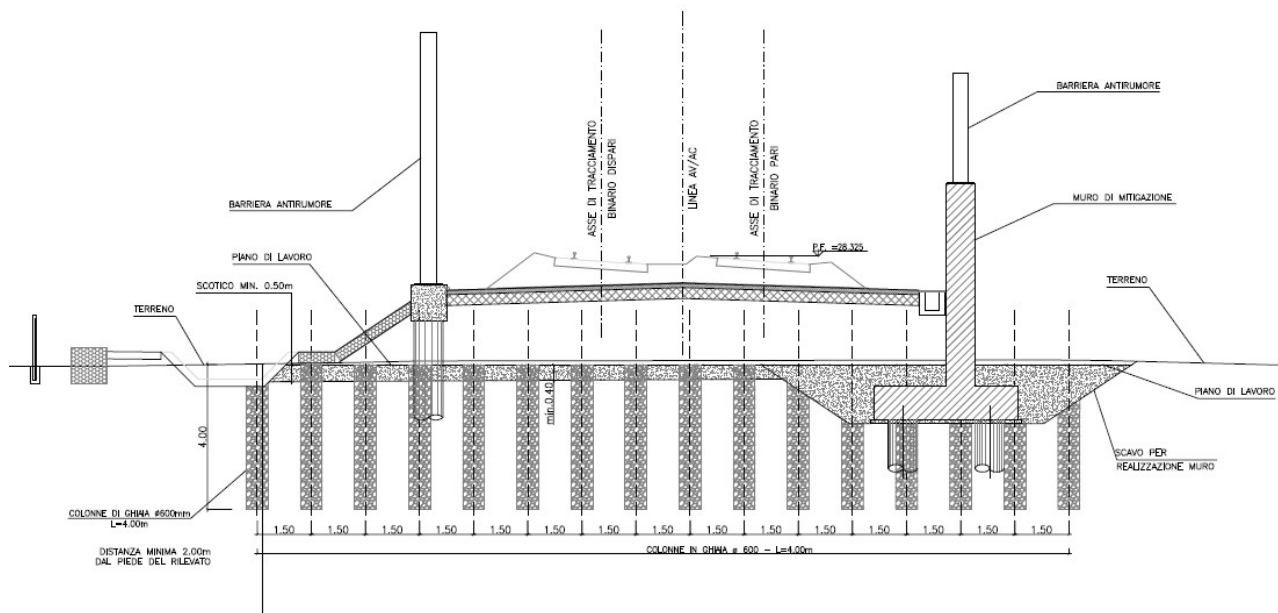




Figura 2 – Sezione con muro su pali (pk 13+825)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 9 di 111

## 4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

### 4.1 Indagini disponibili

L'ubicazione delle indagini disponibili relative all'opera esaminata è illustrata nella Figura 4, estratta dalla Planimetria geotecnica con ubicazione indagini e profilo geotecnico (Doc. Rif. [4]). Per ulteriori dettagli si rimanda alle relazioni di sintesi delle indagini (Doc. Rif. [8] -[14]). Il risultato delle indagini è riportato in ALLEGATO 2.

Si segnala che le indagini qui considerate non sono solo quelle di stretta pertinenza del rilevato, ma anche quelle eseguite nelle aree circostanti, e più in generale, in questa tratta del tracciato, che evidenzia una suzione stratigrafica molto omogenea. Si ritiene quindi che il dettaglio dell'indagine sia adeguato allo scopo progettuale.

Le indagini disponibili lungo il tratto d'interesse per il rilevato in oggetto sono elencate in Tabella 1. Nel seguente paragrafo si riporta la caratterizzazione geotecnica, ottenuta basandosi sui risultati delle indagini relative all'area di interesse e sulla caratterizzazione generale dell'area in cui si inserisce il rilevato, presentata nella Relazione Geotecnica (Doc. Rif. [3]).



Per una trattazione completa dei criteri utilizzati per la valutazione dei parametri geotecnici a partire dai dati di prove in sito e di laboratorio, si rimanda al capitolo 5 della Relazione Geotecnica Generale (Doc. Rif. [3]).

*Tabella 1 - Indagini tra pk 13+725 e pk 14+200*

Progressiva pk	ID indagini -	Campagna anno
13+721	BH-PE-30	2020-2021
13+730	MASW-PE-06	2020-2021
13+800	CPTU32	2014/2015
13+920	P5	2015
13+920	P5bis	2015
14+143	CPTU-PE-09	2020-2021

### 4.2 Inquadramento stratigrafico

Dal punto di vista stratigrafico, l'area del rilevato è interessata dalla presenza di una coltre superficiale di spessore di 3-6 m circa di terreni limoso/sabbiosi superficiali (unità 3a), che si alternano a depositi limoso argillosi (Unità 3b). Sotto di essi si trova uno strato di ghiaie ben addensate (Unità 6) fino a una profondità di 12 m ed infine si incontra il substrato sabbioso (Unità 4) che si estende in profondità fino a quota di fine sondaggi.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI2200001B</p>	<p>Foglio 10 di 111</p>

Da quanto sopra, e tenendo in conto la modesta altezza del rilevato, risulta evidente che il comportamento del rilevato sarà governato principalmente dalle caratteristiche della coltre superficiale soprastante le ghiaie. Pertanto, nei capitoli successivi, si presterà quindi particolare attenzione alle caratteristiche geotecniche di tale strato.

Per una trattazione di dettaglio delle unità sopra citate si rimanda alla Relazione Geotecnica Generale del tratto in esame (Doc. Rif. [3]).

Nella Figura 3 si riporta il profilo geotecnico specifico per il rilevato RI22, estratto dalla Planimetria e Profilo Geotecnico Tav. 4 di 11 (Doc. Rif. [4]).

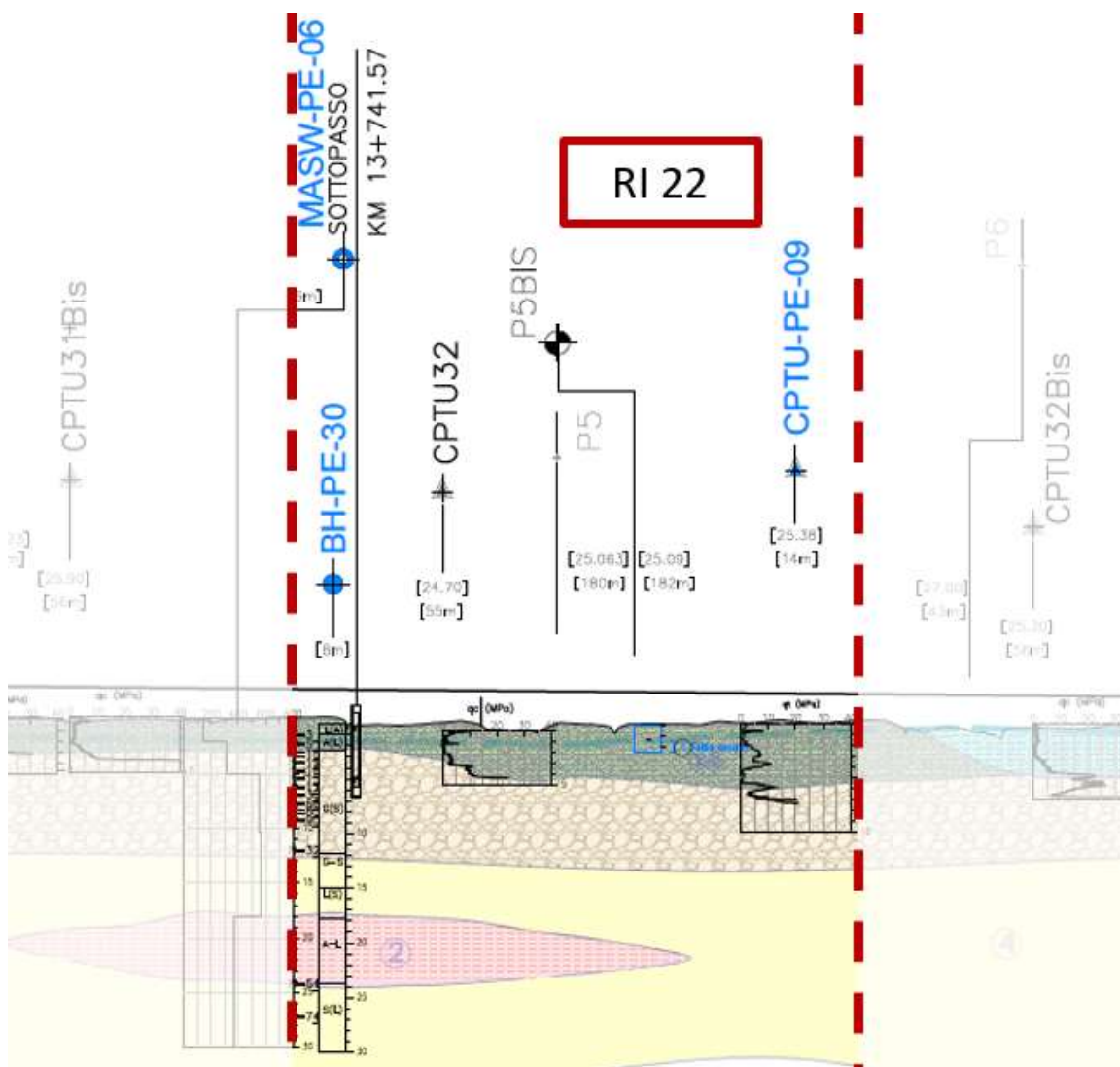




Figura 3 - Profilo Geotecnico Rilevato RI22, estratto dal Profilo Geotecnico Generale (Doc. Rif. [4])





GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 12 di 111

#### 4.4 Condizioni geotecniche del sito

Come definito dalla sezione stratigrafica, il tratto in oggetto è caratterizzato da alternanze di terreni a comportamento granulare alternati a materiali argillosi. Lungo la tratta lo spessore complessivo di tali alternanze varia tra i 3 e i 6 m. La Figura 6 mostra i risultati delle prove SPT eseguite nel tratto interessato dal rilevato in esame. I valori registrati sono indice di terreni molto sciolti (SPT=5), così come confermato dai valori di resistenza alla punta  $q_c$ , dell'ordine di 1-2 MPa. Le descrizioni dei materiali dei sondaggi, e le caratteristiche granulometriche stimabili dalle prove CPT indicano che tali coltri sono costituiti, in predominanza, da limi sabbiosi, generalmente sciolti (Unità 3a).

A tale proposito, la Figura 5 riporta i dati granulometrici dei materiali superficiali, così come ottenuti dalle determinazioni granulometriche di laboratorio delle indagini effettuate nella zona. Come si può notare, gran parte dei materiali di superficie ricade nell'ambito dei terreni potenzialmente liquefacibili, così come definiti dalle NTC 2008.

I livelli argillosi si presentano teneri, con resistenze al taglio non drenate minime  $c_u \approx 40$  kPa, così come desunto dalla interpretazione della prova CPTU-PE-09 (Figura 7). Sulla base delle correlazioni riportate in [3], per questi materiali risulta stimabile una pressione di preconsolidazione di ca. 180 kPa.

Sulla base dei dati edometrici disponibili nell'area, si sono considerati i seguenti parametri di compressibilità in condizioni edometriche:

$$RR = 0.02, CR = 0.18$$

Procedendo con la profondità si incontra uno strato di ghiaie e ghiaie sabbiose ben addensate (Unità 6), che si estende fino a 15 m pc. All'interno del deposito incoerente si registrano valori di  $N_{SPT}$  mediamente pari a 60 colpi/30cm con valori anche di 90 colpi/30cm. La densità relativa delle ghiaie risulta del 50% e quindi il deposito risulta mediamente addensato.

Sotto le ghiaie si individua un deposito di sabbia limosa mediamente addensata (Unità 4), a partire dalla profondità di 12 m pc fino alla quota di fine sondaggi. In questo deposito le percentuali di materiale fino sono inferiori al 10%, i valori medi di  $N_{SPT}$  sono pari a 40 colpi/30cm con valori compresi tra 30 e 60 colpi/30cm. La densità relativa delle sabbie risulta generalmente attorno a 60-70%.

Tra 18 e 24 m pc, si incontra una formazione di argille limose (Unità 2). Tali materiali sono debolmente sovraconsolidati, i valori di Pocket Penetrometer restituiscono valori di resistenza non drenata  $c_u = 100$  kPa.

Il profilo di  $V_s$  derivante dalle interpretazioni discusse nella Relazione Sismica (Doc. Rif. [5]), basata sui risultati delle prove DH, MASW e infine CPT, conferma la presenza di materiali incoerenti da mediamente a molto addensati. Fino a 15 m pc, per le ghiaie superficiali si stimano valori di  $V_s$  pari a 320-350 m/s. A profondità maggiori, nelle sabbie, le velocità sono pari a 370 m/s. Sulla base dei valori di  $V_s$  si sono stimati i valori del modulo di taglio alle piccole deformazioni ( $G_0$ ). Per le ghiaie si considera un valore di 250 MPa, mentre per le sabbie profonde si ottengono valori pari a 300 MPa.



Per i materiali a grana grossa, si è stimato il valore del modulo di Young ( $E_0$ ) utilizzando da teoria dell'elasticità a partire dal valore del modulo  $G_0$ , ed utilizzando valori di  $\nu = 0.25-0.30$ . Il valore del modulo di Young operativo ( $E_{op}$ ) per il calcolo di cedimenti di fondazioni superficiali e rilevati è stato calcolato ipotizzando valori del decadimento del modulo dell'ordine di 1/5 di quello iniziale per gli strati superficiali e dell'ordine di 1/3 di quello iniziale per gli strati più in profondità, dove le deformazioni attese sono minori.

Le seguenti figure riportano i risultati delle principali prove di sito e dei parametri geotecnici dei terreni, interpretati alla luce di quanto riferito in [3] e [5].

- Distribuzione delle granulometrie da analisi di laboratorio, con riferimento all'Unità 3a (v. Figura 5);
- Valori  $N_{SPT}$  da prove SPT (v. Figura 6);
- Resistenza al taglio non drenata da CPTU per unità 3b (v. Figura 7);
- Densità relativa stimata da prove SPT (v. Figura 8);
- Angolo di attrito stimato da prove SPT (v. Figura 9);
- Velocità delle onde di taglio stimata da prove in sito (v. Figura 10);
- Modulo di taglio alle piccole deformazioni valutati a partire dai valori stimati di  $V_s$  (v. Figura 11).

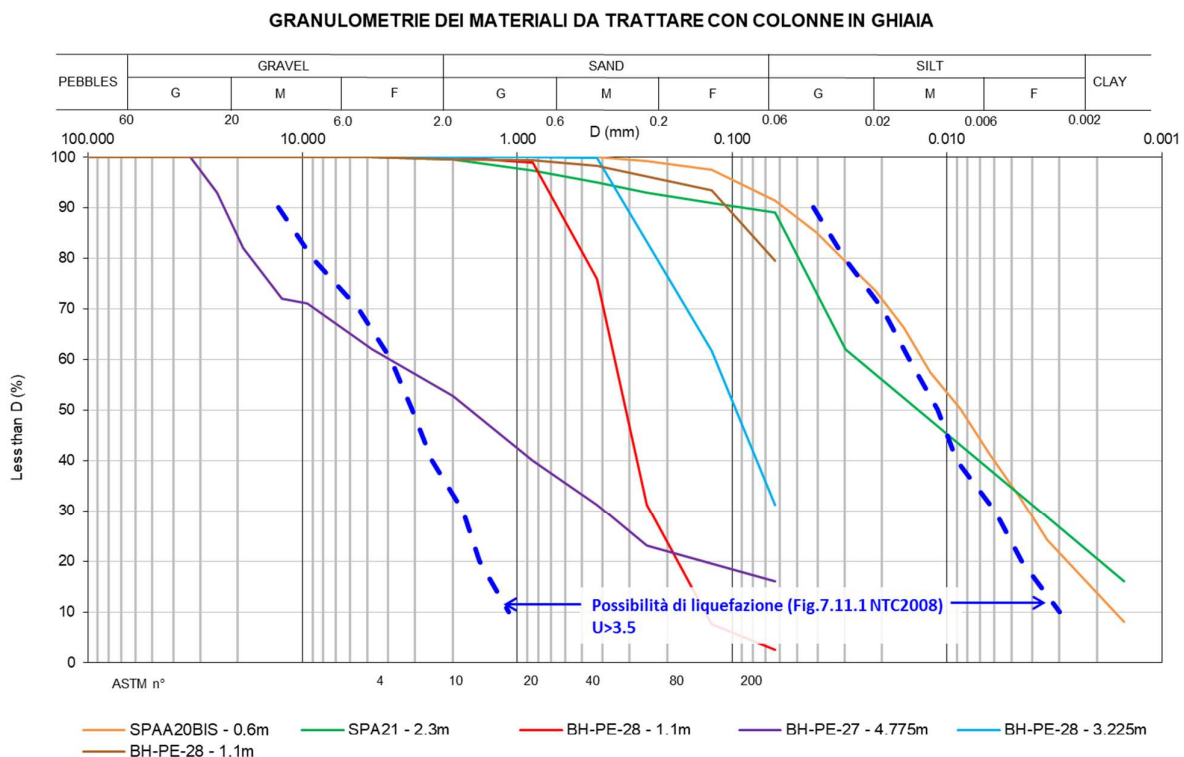


Figura 5 – Sintesi analisi granulometriche dei terreni suscettibili alla liquefazione



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI2200001B

Foglio  
14 di 111

**AV/AC VERONA VICENZA**

**RI22 da pk 13+725,00 a pk 14+200,00**

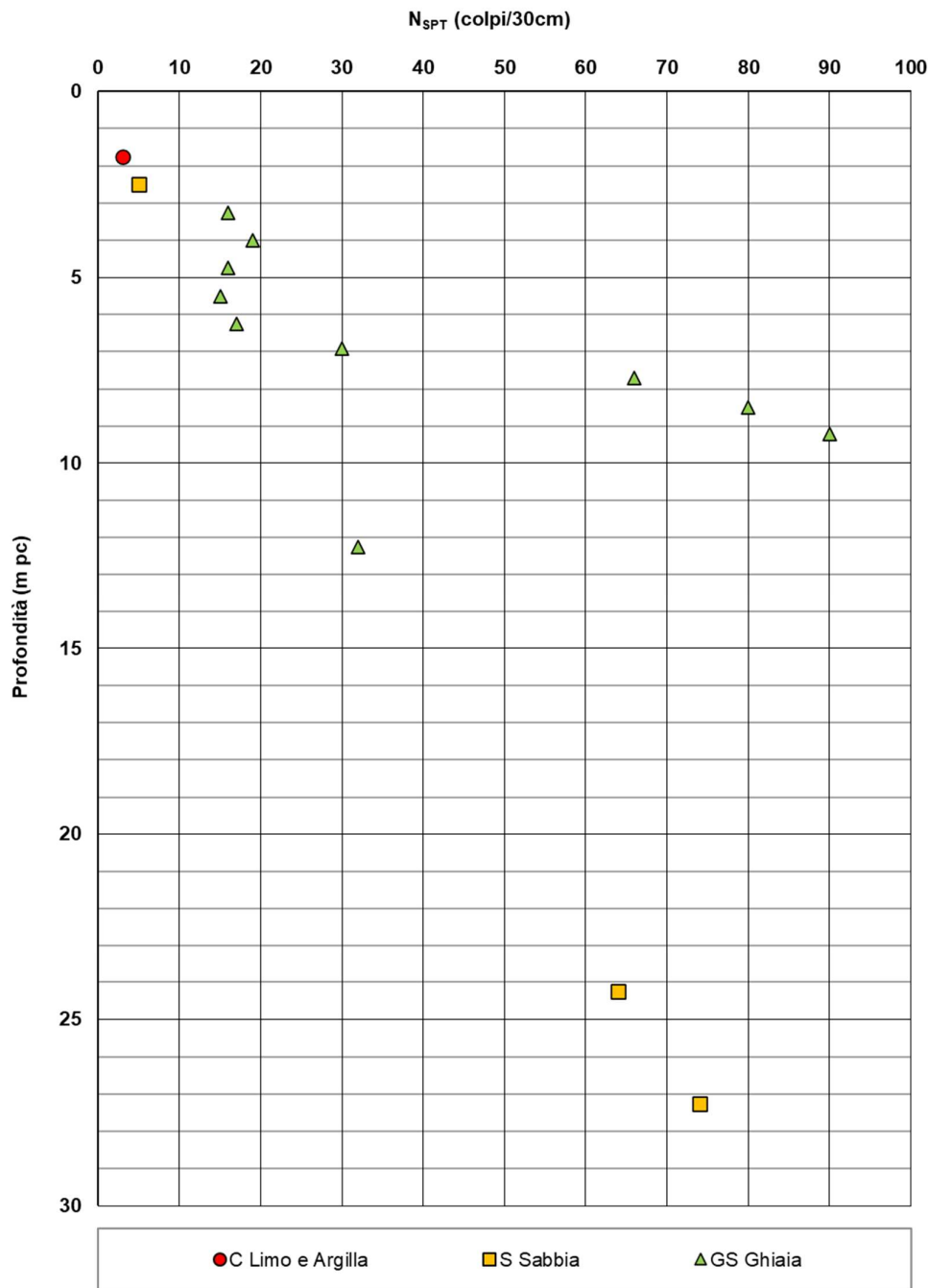


Figura 6 – Esito delle prove SPT tra pk 13+725 e pk 14+200



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

15 di 111

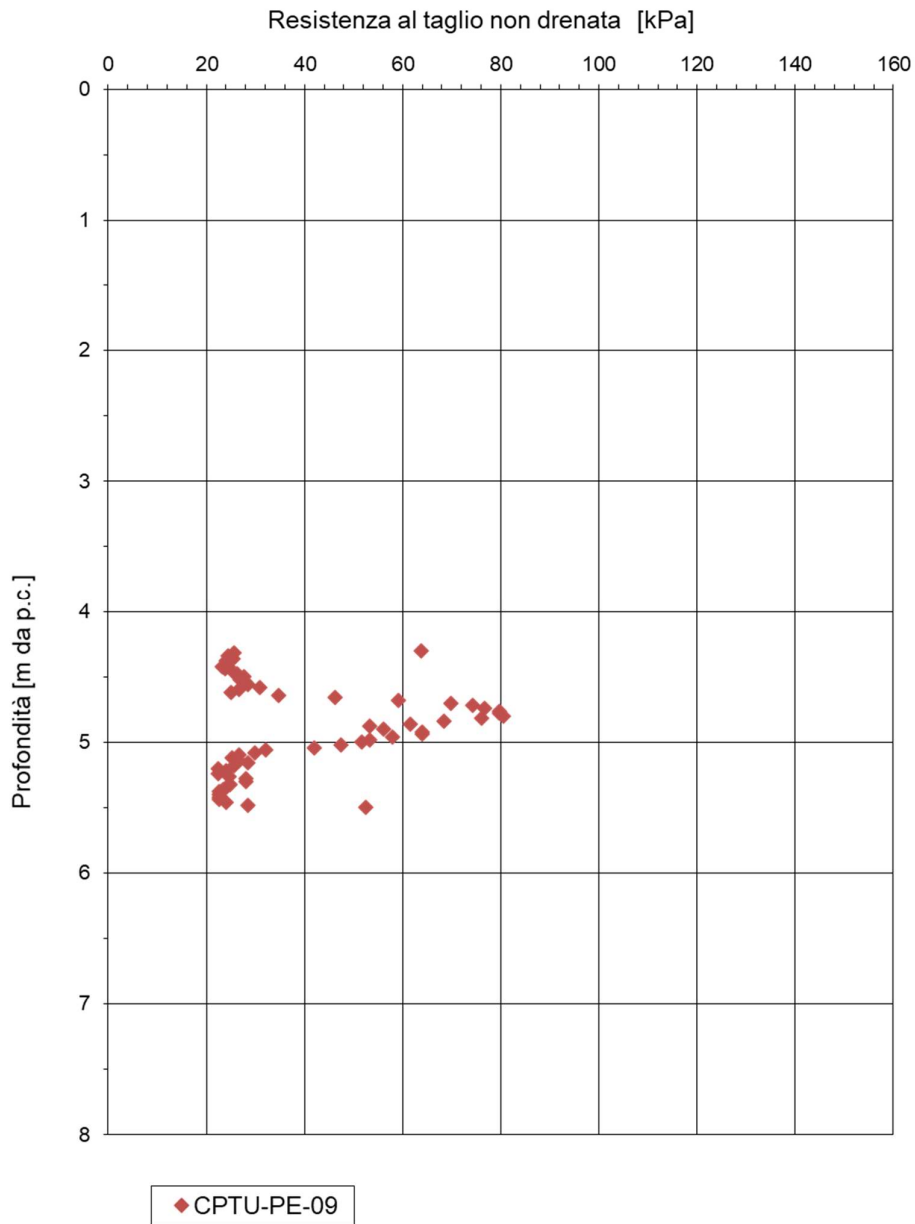


Figura 7 – Resistenza al taglio non drenata da prova CPTU-PE-09



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI2200001B

Foglio  
16 di 111

**AV/AC VERONA VICENZA**

**RI22 da pk 13+725,00 a pk 14+200,00**

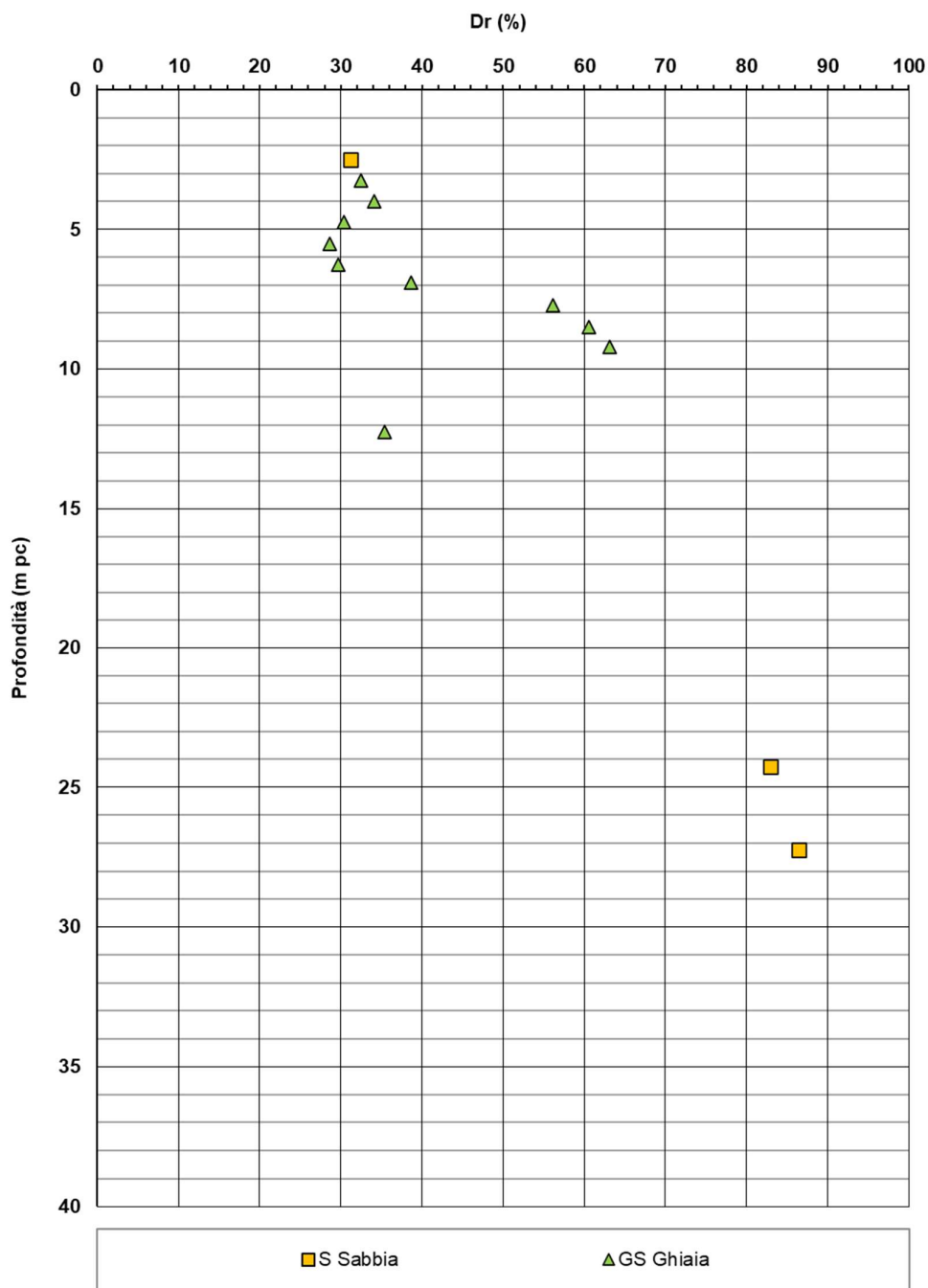


Figura 8 – Densità relativa da prove SPT tra pk 13+725 e pk 14+200



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI2200001B

Foglio  
17 di 111

**AV/AC VERONA VICENZA**

**RI22 da pk 13+725,00 a pk 14+200,00**

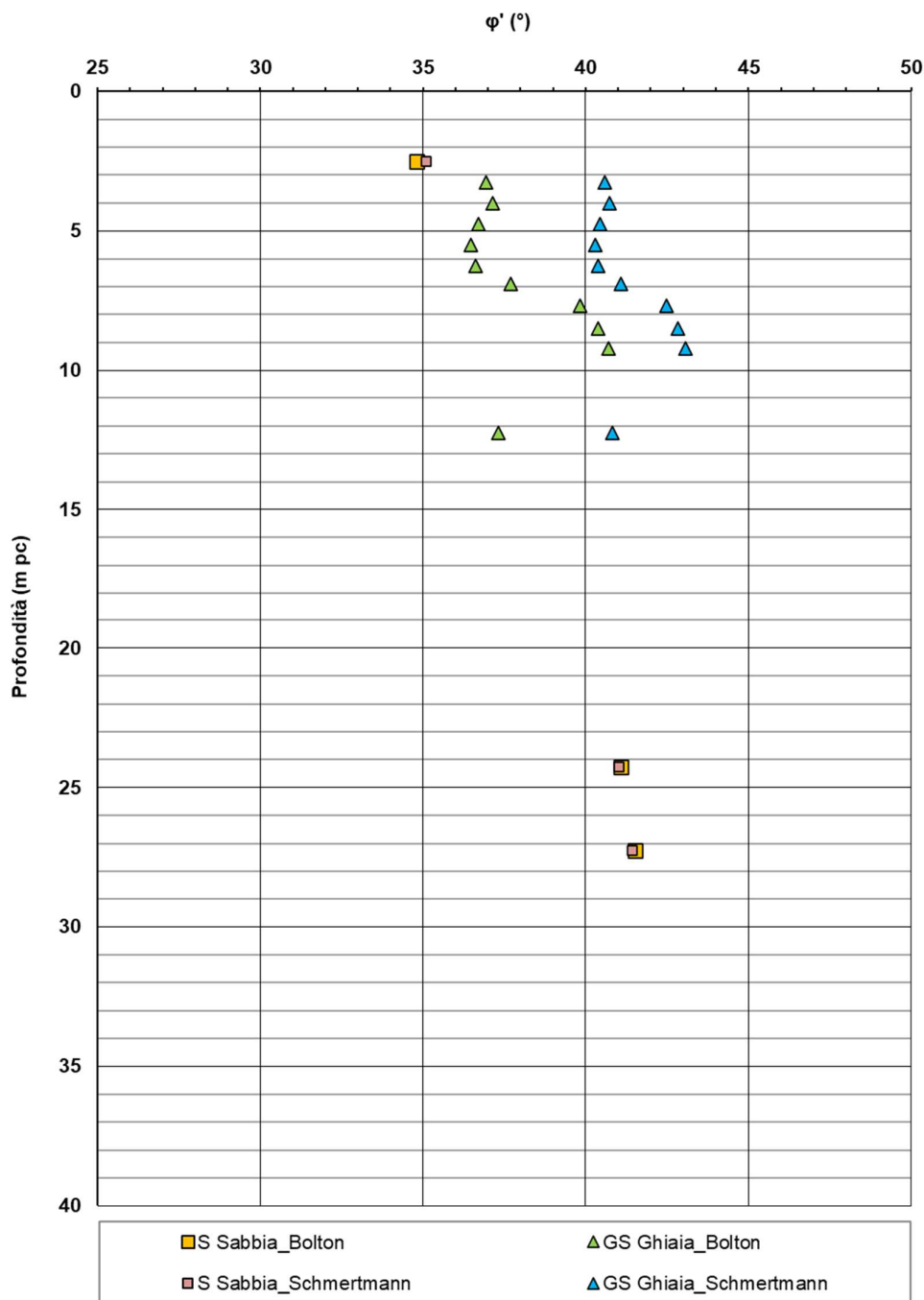


Figura 9 – Angoli di attrito da prove SPT tra pk 13+725 e pk 14+200

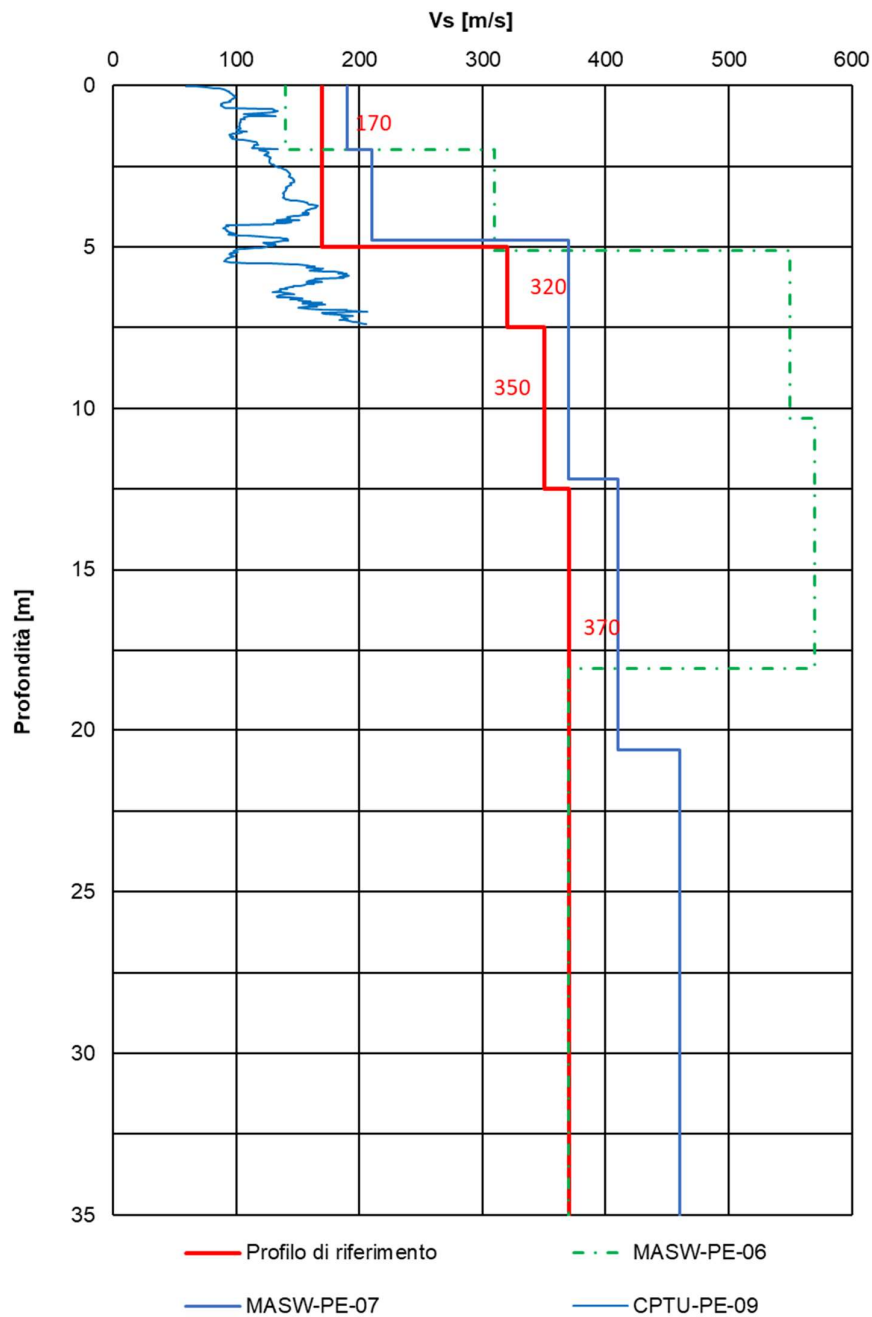


Figura 10 – Profilo di Vs di riferimento, a confronto con dati di correlazioni con SPT, CPTU e prove geofisiche tipo MASW tra pk 13+725 e pk 14+200



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

19 di 111

## AV/AC VERONA VICENZA

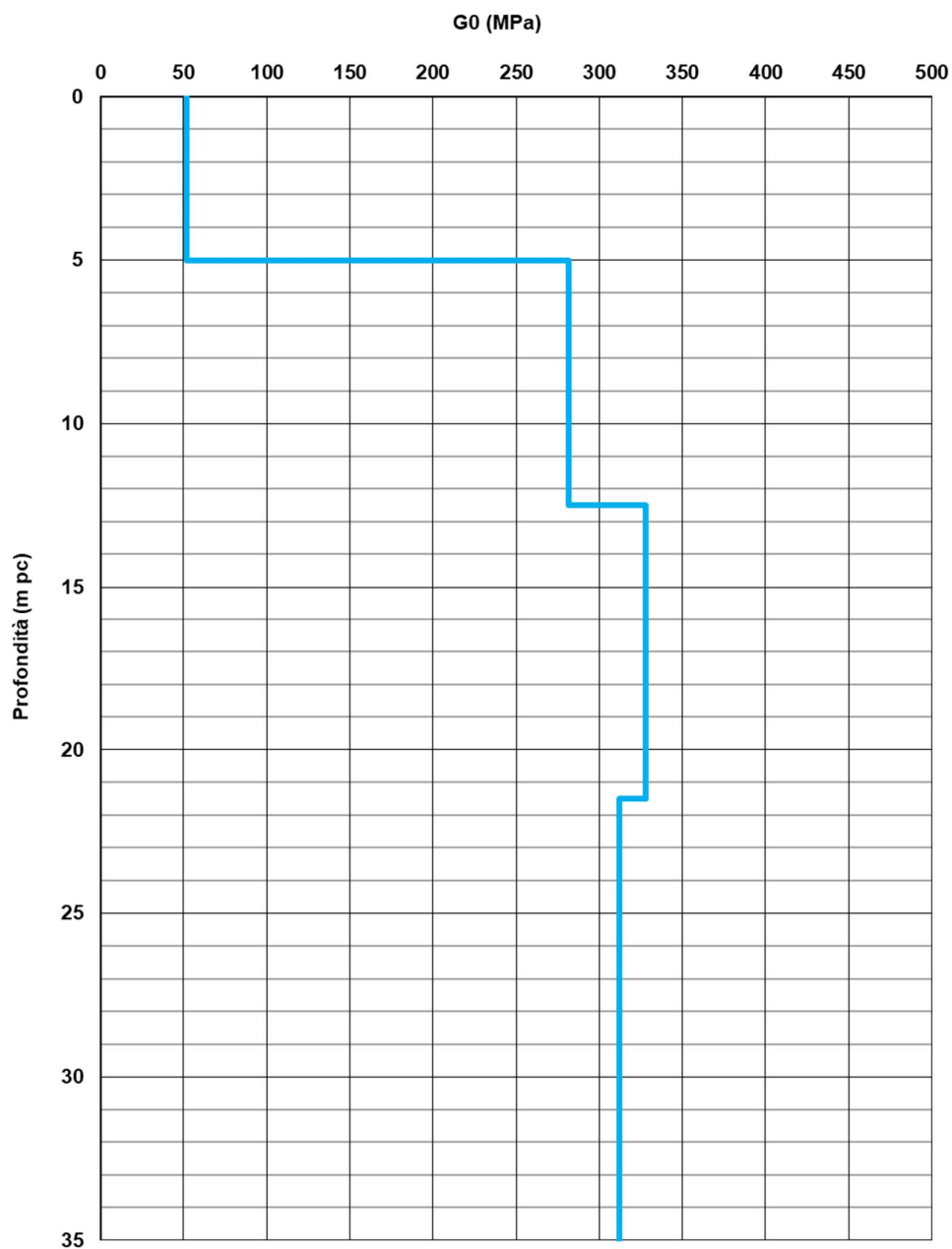




Figura 11 – Modulo di taglio  $G_0$  tra pk 13+725 e pk 14+200

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 20 di 111

#### 4.5 Sintesi del modello geotecnico di riferimento

Sulla base di quanto esposto al punto precedente, il modello geotecnico considerato per le verifiche del rilevato in questione è riportato in Tabella 2.

Tabella 2 – Modello geotecnico di riferimento

	da	a	$\gamma$	$\varphi_k$	$c_k'$	$c_{u,k}$	RR	CR	$\sigma'_p$	$G_0$	$E'_{op}$
	m pc*	m pc*	kN/m <sup>3</sup>	°	kPa	kPa				MPa	MPa
3a	0.5	4	18	34(36)**	-	-	-	-	-	-	5(12)**
3b	4	5.5	18	-	-	40	0.02	0.18	180	-	-
3a	5.5	6.5	18	34	-	-	-	-	-	-	5
6	6.5	12	19	39	0	-	-	-	-	160	60
4	12	18	19	38	0	-	-	-	-	230	80
2	18	24	18	-	-	100				-	20
4	24	-	19	38	0	-	-	-	-	230	80

\* quota piano campagna = 24.7 m s.l.m.

\*\*i valori tra parentesi ( ) si riferiscono alle caratteristiche del terreno trattato con colonne in ghiaia

In relazione a quanto riportato nella tabella, si precisa quanto segue:

- Come si vedrà in seguito, le coperture superficiali nei primi 4 m si presentano sciolte, e necessitano di interventi di miglioramento delle caratteristiche meccaniche, in relazione all'esito delle verifiche di liquefazione.
- I valori dei parametri indicati fra parentesi sono quelli del terreno migliorato con le colonne di ghiaia. In particolare:
  - Il valore dell'angolo di resistenza al taglio del terreno sciolto con colonne di ghiaia con  $\varphi_i=40^\circ$  è stato stimato pari a  $36^\circ$
- I moduli  $E'$  del terreno naturale sono stati impiegati per ricavare le caratteristiche del terreno migliorato con colonne di ghiaia, secondo quanto riportato al punto 6.4.

Per la falda si fa riferimento a quanto riportato in 4.3.



##### 4.5.1 Materiale da rilevato

Le caratteristiche dei rilevati ferroviari sono desunte dal MdP (Doc. rif. [20]) e sono di seguito riassunte:

Tabella 3 - Caratteristiche materiale da rilevato

	$\gamma$	$\varphi$	$c'$
	kN/m <sup>3</sup>	°	kPa
Materiale da rilevato	20	38	0



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 21 di 111

## 5 CARATTERISTICHE SISMICHE E SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

### 5.1 Sollecitazione sismica di progetto

#### 5.1.1 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso, l'opera appartiene alla seguente classe d'uso III (Tabella §2.5.1.1.2.1 di RFI DTC SI PS MA IFS 001 B):

- I *Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.*
- II *Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.*
- III *Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.*
- IV *Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.*

Il coefficiente d'uso è pari a 1.50, coerentemente a quanto indicato nella Tab. 2.4.II delle NTC.



GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 22 di 111

Tabella 4 – Valori del coefficiente di uso  $C_u$

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente d'uso	0.7	1.0	1.5	2.0

### 5.1.2 Vita Nominale

La vita nominale di un'opera  $V_N$  è intesa come il numero di anni nel quale la stessa, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

Coerentemente a quanto previsto dal MdP (Doc. rif. [19] e [20]), l'opera in oggetto viene inserita nella tipologia di costruzione con  $V_N = 100$  anni.

Tabella 5 – Vita nominale delle infrastrutture ferroviarie

<i>Opere nuove su infrastrutture ferroviarie progettate con le norme vigenti prima del DM 14.01.2008 a velocità convenzionale (<math>V &lt; 250</math> km/h)</i>	$V_N = 50$ anni
<i>Altre opere nuove a velocità <math>V &lt; 250</math> km/h</i>	$V_N = 75$ anni
<i>Altre opere nuove a velocità <math>V \geq 250</math> km/h</i>	$V_N = 100$ anni
<i>Opere di grandi dimensioni: ponti e viadotti con campate di luce maggiore di 150 m</i>	$V_N \geq 100$ anni



### 5.1.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Il periodo di riferimento  $V_R = V_N \cdot C_U = 100 \cdot 1.5 = 150$  anni.

### 5.1.4 Categorie di Sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale. Per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento in accordo a quanto indicato nel § 3.2.2 delle NTC2018. Come discusso nella Relazione sulla modellazione sismica (Doc. rif. [5]) e nelle Planimetrie con classificazione sismica dei terreni (Doc. rif. [6]), i terreni di progetto possono essere caratterizzati come appartenenti a terreni di Categoria C:

- A *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti 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, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s*
- C *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*
- D *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.*
- E *Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.*

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 23 di 111

### 5.1.5 Condizioni topografiche

In condizioni topografiche superficiali semplici si può adottare la classificazione proposta nelle NTC, secondo la quale le categorie individuate si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m. L'area interessata risulta classificabile come **T1**.

- T1 Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ .
- T2 Pendii con inclinazione media  $i > 15^\circ$ .
- T3 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media  $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ .
- T4 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media  $i > 30^\circ$ .

### 5.1.6 Accelerazione sismica di riferimento

Di seguito si riportano i valori dei parametri spettrali dipendenti dal sito dell'opera in oggetto:

$a_g$ (g) (SLV)	0.218
Coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_s$	1.382
Coefficiente di amplificazione topografica $S_t$	1.0
Accelerazione massima attesa al suolo	
$a_{max}$ (g) ( $a_{max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_t \cdot a_g$ )	0.301



## 5.2 Suscettibilità alla liquefazione

Lo studio della suscettibilità alla liquefazione dei terreni identificati nell'area di realizzazione del rilevato è stato eseguito nel rispetto della normativa vigente (Doc. rif. [15]). Le analisi di liquefazione sono descritte in dettaglio nelle Relazioni sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base (Doc. rif. [5]), alla quale si rimanda per maggiori dettagli.

Nello specifico, verificata la non rispondenza ai criteri di esclusione di cui alle NTC2008, la determinazione del potenziale di liquefazione è stata condotta per il periodo di ritorno dell'azione sismica corrispondente a quello dello stato limite ultimo di verifica (SLV) utilizzando i valori di pericolosità sismica al sito riportati al par. 5.1.6 relativi allo SLV (opere di linea ad esclusione delle gallerie artificiali,  $V_R = 150$  anni).

Il valore di magnitudo necessario per la valutazione della pericolosità a liquefazione è stato determinato tenendo conto di tre differenti "fonti di dati" alla base delle definizioni dell'azione sismica di NTC2008, ossia:

- a) L'analisi di disaggregazione dei valori di pericolosità sismica (accelerazione su suolo rigido orizzontale) di cui alle NTC2008, fornita quale elaborazione aggiuntiva direttamente dal progetto INGV-DPC S1.
- b) Analisi dei dati di magnitudo da terremoti storici aventi epicentro entro una distanza di 30Km dal tracciato di progetto, sulla base delle informazioni fornite dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI11.
- c) Magnitudo attesa per un periodo di ritorno pari almeno a 975 anni valutata sulla base del modello delle

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 24 di 111

modello di zone sismogenetiche ZS9 (riportato in Figura 1), alla base delle mappe di pericolosità sismica del territorio italiano allegate alle NTC2008, e sulla distribuzione dei valori di magnitudo associati ai massimi terremoti storici.

Facendo sempre riferimento al Doc. rif. [5] per i dettagli dell'analisi sopra descritta, e in continuità con le considerazioni esposte in sede di Progetto Definitivo, è stato considerato ragionevole assumere per il tracciato di progetto un valore di magnitudo di riferimento da adottare nelle verifiche a liquefazione di cui ai paragrafi successivi pari a 6.0.

La valutazione di suscettibilità alla liquefazione è stata quindi condotta in accordo al "metodo semplificato" originariamente proposto da Seed e Idriss (1971,1982) e da Seed et al. (1985), confrontando lo sforzo di taglio ciclico normalizzato rispetto alla pressione verticale in sito (CSR) e la resistenza normalizzata del terreno al taglio ciclico (CRR) così definiti:

$$CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} \quad \text{Rapporto di tensione ciclica}$$

$$CRR = \frac{\tau_l}{\sigma'_{v0}} \quad \text{Rapporto di resistenza ciclica}$$

Lo sforzo di taglio indotto ad ogni profondità in un terreno a superficie piana durante l'evento sismico è dovuto essenzialmente alla propagazione delle onde di taglio polarizzate orizzontalmente. In accordo al metodo utilizzato, la tensione di taglio ciclico indotta dallo scuotimento sismico (sforzo di taglio ciclico normalizzato CSR) viene approssimata da un valore efficace dell'accelerazione pari al 65% della accelerazione di picco  $a_{max}$  come segue:

$$CSR = \frac{\tau_c}{\sigma'_{vo}} = 0.65 \frac{\tau_{max}}{\sigma'_{vo}} = 0.65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} r_d$$

dove:

$a_{max}$                     accelerazione di picco al sito



$g$                             accelerazione di gravità

$\tau_c$                         valore rappresentativo dello sforzo di taglio ciclico

$\sigma_{vo}$                     tensione verticale alla profondità in esame, in termini di tensioni totali

$\sigma'_{vo}$                     tensione verticale alla profondità in esame, in termini di tensioni efficaci

$r_d$                         coefficiente di riduzione dello sforzo di taglio ciclico in funzione della profondità da piano campagna, calcolato come segue in accordo a Blake (Blake, 1996, riportato da Youd et al., 2001):

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 25 di 111

$$r_d = \frac{1 - 0.4113 \cdot z^{0.5} + 0.04052 \cdot z + 0.001753 \cdot z^{1.5}}{1 - 0.4177 \cdot z^{0.5} + 0.05729 \cdot z - 0.006205 \cdot z^{1.5} + 0.00121 \cdot z^2}$$

CSR può essere messo in relazione al numero di cicli significativi dell'azione sismica, funzione della magnitudo M. Per  $M \neq 7.5$  è necessario introdurre un fattore di scala della magnitudo MSF così definito:

$$MSF = \frac{CSR_M}{(CSR)_{M=7.5}} = \left( \frac{N_{M=7.5}}{N_M} \right)^b$$

dove  $CSR_M$  e  $N_M$  rappresentano i valori di CSR e numero di cicli equivalenti per il valore di magnitudo di progetto, mentre  $(CSR)_{M=7.5}$  e  $N_{M=7.5}$  sono riferiti all'evento con  $M=7.5$ .

Nel presente studio, in accordo sia alle prescrizioni dell'Eurocodice 8, sia a quanto suggerito da Youd et al., 2001 e Idriss e Boulanger (2004) si è assunto per  $M = 6.0 - MSF = 2$ .

Il rapporto di resistenza ciclica CRR è stato valutato mediante relazioni empiriche che correlano la sollecitazione sismica ai risultati di prove in sito di tipo SPT o CPT.

### 5.2.1 CRR da correlazione su prove CPT

Per la stima del CRR sulla base di prove in-situ o di laboratorio sono disponibili diverse procedure. La procedura basata sui risultati di prove CPT è piuttosto ben consolidata e diffusa e viene qui utilizzata ai fini di una analisi del potenziale di liquefazione, considerando i dati di prove in sito disponibili allo stato attuale delle conoscenze.

Il procedimento utilizzato per la stima di CRR a partire dai risultati di prove CPT si basa sulla relazione riportata in Figura 12: la curva in figura si riferisce alla resistenza penetrometrica normalizzata  $q_{c1N}$  per le sabbie pulite che può essere espressa come segue (Robertson & Wride, 1998, come riportato da Youd et al., 2001):

$$\text{per } (q_{c1N})_{cs} < 50 \quad CRR_{7.5} = 0.833 \left[ \frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right] + 0.05$$



$$\text{per } 50 \leq (q_{c1N})_{cs} < 160 \quad CRR_{7.5} = 93 \left[ \frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0.08$$

In Figura 12, la resistenza alla punta  $q_c$  è normalizzata rispetto al valore di pressione atmosferica ( $p_a = 100$  kPa) e corretta ( $q_{c1N}$ ) mediante la seguente relazione:

$$q_{c1N} = (q_c / P_a) (P_a / \sigma'_{v0})^n$$

dove  $\sigma'_{v0}$  è la tensione verticale efficace alla profondità in e l'esponente "n" varia da 0.5 per i materiali a grana grossa a 1 per i materiali a grana fine.

La natura dei materiali ed il relativo valore dell'esponente "n" sono determinati con procedura iterativa in relazione al

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 26 di 111

valore del parametro  $I_c$ , indice del tipo di terreno, determinato come:

$$I_c = \left[ (3.47 - \log Q)^2 + (1.22 + \log F)^2 \right]^{0.5}$$

dove:

$$Q = \left( \frac{q_c - \sigma_{vo}}{P_a} \right) \cdot \left( \frac{P_a}{\sigma'_{vo}} \right)^n$$

$$F = \frac{f_s}{q_c - \sigma_{vo}} \cdot 100$$

Tanto maggiore è il valore di  $I_c$ , tanto maggiore sarà il contenuto presunto di fini. Nell'analisi condotta il valore  $I_c = 2.6$  è stato considerato lo spartiacque tra terreni con contenuto di fine inferiore a 35% e comportamento assimilabile a quello delle sabbie e terreni con contenuto di fine superiore al 35% e comportamento più simile a quello delle argille. Nel primo caso l'esponente  $n$  nella formula con cui viene determinato il parametro  $Q$  è pari a 0.5, nel secondo è pari a 1. Come detto, i valori effettivi di  $n$  e  $I_c$  sono determinati al termine di una procedura iterativa, ipotizzando in prima istanza  $n = 1$ . Se  $I_c$  così calcolato è superiore a 2.6, il risultato è consolidato. In caso contrario, il calcolo viene ripetuto ipotizzando  $n = 0.5$ . Se in questo secondo calcolo  $I_c$  è ancora inferiore a 2.6, i nuovi valori di  $n$  e  $I_c$  sono confermati. In caso contrario si è in presenza di terreni intermedi e il calcolo finale viene svolto con  $n = 0.75$ .

Il valore della resistenza penetrometrica normalizzata  $q_{c1N}$  è stato riportato ad un valore equivalente per le sabbie pulite attraverso la seguente relazione:

$$q_{c1Ncs} = q_{c1N} \cdot k_c$$

dove  $K_c$  è definito dalle seguenti equazioni (Robertson & Wride, 1998):

per  $I_c \leq 1.64$                        $K_c = 1.0$

per  $I_c > 1.64$                        $K_c = -0.403(I_c)^4 + 5.581(I_c)^3 - 21.63(I_c)^2 + 33.75(I_c) - 17.88$

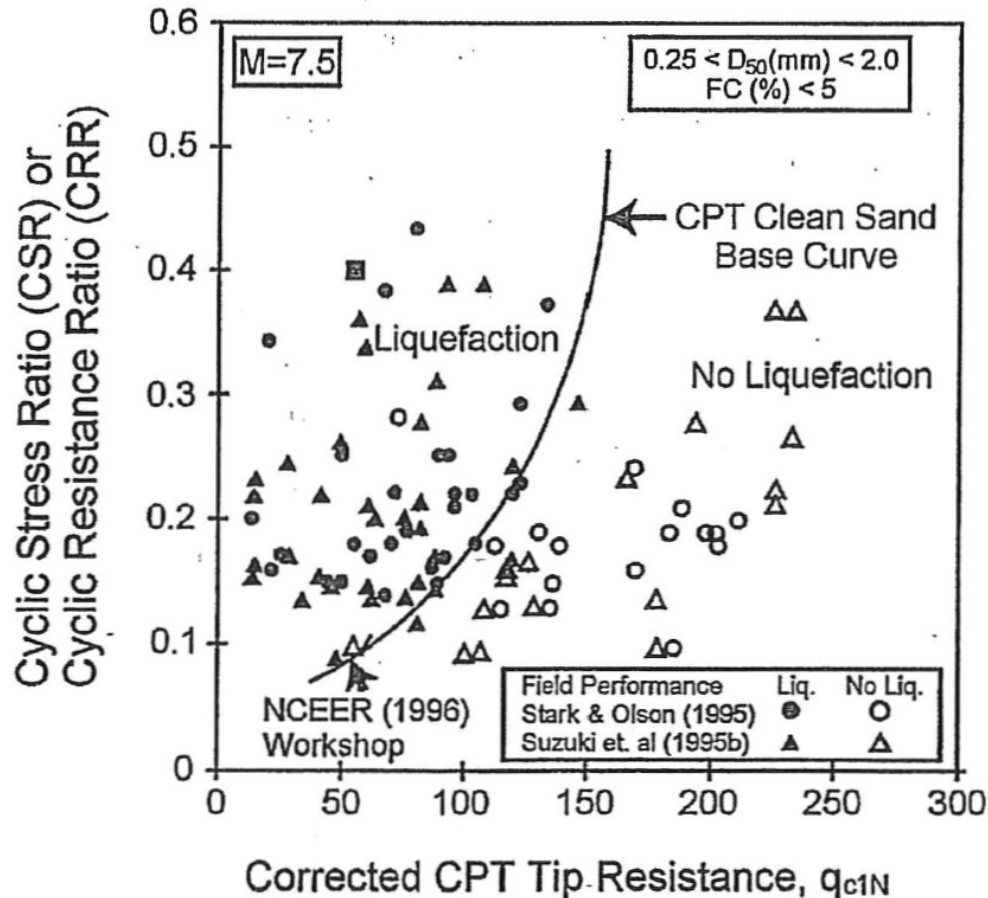


Figura 12: Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e valori corretti di resistenza alla punta  $q_{c1N}$  – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Robertson & Wride, 1998)

### 5.2.2 CRR da correlazione su prove SPT



Il procedimento utilizzato per la stima di CRR a partire dai risultati di prove SPT si basa sulla relazione riportata in Figura 13, originariamente proposta da Seed e Idriss (1971,1982) e da Seed et al. (1985), e successivamente confermata da Youd et al. (2001).

In Figura 13, i risultati delle prove SPT sono espressi in termini di numero di colpi corretti  $N_{1(60)}$ , ossia i valori sono normalizzati per una pressione verticale efficace pari a 100 kPa e corretti per un valore standard di energia trasmessa (60% del valore nominale) come segue:

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} C_N C_E C_B C_R C_S$$

dove:

$C_N$  = coefficiente correttivo che tiene conto dell'influenza della pressione verticale efficace. In letteratura sono presenti diversi metodi per la valutazione del coefficiente correttivo  $C_N$ . Qui è stata applicata la seguente relazione proposta da Liao e Whitman (1986):

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 28 di 111

$$C_N = \left( \frac{P_a}{\sigma'_{v0}} \right)^{0.5} \leq 1.7$$

in cui  $P_a$  è la pressione atmosferica, pari a 100kPa, e  $\sigma'_{v0}$  è la tensione verticale in sito, in termini di sforzi efficaci.

$C_E$  = coefficiente correttivo che va a considerare il rendimento energetico dell'attrezzatura e riconduce le misure ad un rendimento energetico del 60 % e può essere valutato nel modo seguente:

$$C_E = \frac{ER_m}{60}$$

in cui  $ER_m$  è il fattore di rendimento (espresso in %) del trasferimento dell'energia del maglio all'attrezzo campionario, relativo alla macchina utilizzata per fare la prova; considerando che la configurazione di prova normalmente adoperata in Italia ha un rendimento energetico del 60 %, tale coefficiente è stato posto pari ad 1.

I coefficienti  $C_B$  (fattore correttivo per le dimensioni del foro di sondaggio),  $C_R$  (fattore correttivo per la lunghezza delle aste della macchina esecutrice) e  $C_S$  (fattore correttivo per il tipo di attrezzo campionario) sono stati assunti pari ad 1 dato che le prove sono state eseguite sulla base delle raccomandazioni fornite dall'AGI (1977).

Sempre in Figura 13, viene riportato il valore di CSR calcolato ed i corrispondenti valori di  $N_{1(60)}$  da siti in cui sono stati osservati o meno gli effetti della liquefazione per eventi simili avvenuti in passato, con Magnitudo pari  $M = 7.5$ . Le corrispondenti curve CRR sono state determinate all'interno del grafico in modo da separare chiaramente i dati corrispondenti all'avvenuta liquefazione da quelli per i quali non è stato osservato il fenomeno in esame.

Le curve sono valide per eventi simili di Magnitudo pari a 7.5, per cui è necessario introdurre un fattore di scala (MSF) per adattare le curve di CRR alla magnitudo di riferimento per il caso in esame, come indicato in precedenza.

Si può osservare dalla

Figura 13 come curve diverse siano state sviluppate per terreni aventi diverso contenuto di fini, a partire dalla curva di riferimento corrispondente alla sabbia pulita ( $FC < 5\%$ ).



La curva di riferimento per sabbie pulite è descritta dalla seguente equazione (Rauch, 1998, come riportato da Youd et al., 2001)

$$CRR_{7.5} = \frac{1}{34 - (N_1)_{60}} + \frac{(N_1)_{60}}{135} + \frac{50}{[10 \cdot (N_1)_{60} + 45]^2} - \frac{1}{200}$$

L'equazione è valida per  $N_{1(60)} < 30$ . Nel caso in cui sia  $N_{1(60)} \geq 30$ , le sabbie pulite sono classificate come non liquefacibili, a causa della loro elevata densità.

L'equazione che segue (Idriss e Seed, come riportato da Youd et al. 2001) viene utilizzata per la correzione di valori di  $N_{1(60)}$  ai valori corrispondenti per sabbia pulita  $N_{1(60)cs}$ :



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 29 di 111

$$(N_1)_{60cs} = \alpha + \beta \cdot (N_1)_{60}$$

In cui:

$$\alpha = 0 \text{ per } FC < 5\%$$

$$\alpha = \exp [1.76 - (190/FC^2)] \text{ per } 5\% < FC < 35\%$$

$$\alpha = 5 \text{ per } FC \geq 35\%$$

$$\beta = 1 \text{ per } FC < 5\%$$

$$\beta = [0.99 + (FC \cdot 1.5/1000)] \text{ per } 5\% < FC < 35\%$$

$$\beta = 1.2 \text{ per } FC \geq 35\%$$

La resistenza alla liquefazione aumenta meno che proporzionalmente al crescere della tensione di confinamento. Una rappresentazione di tale relazione è stata proposta da Hynes e Olsen (1999) e riportata da Youd et al. (2001), elaborata sulla base dei risultati di prove cicliche in laboratorio. In particolare gli autori raccomandano di utilizzare il seguente coefficiente di correzione:

$$k_\sigma = \left( \frac{\sigma'_{v0}}{p_a} \right)^{(f-1)} \leq 1$$

dove:

$\sigma'_{v0}$  = tensione verticale efficace

$p_a$  = pressione atmosferica di riferimento

$f$  = fattore che dipende dalla densità relative del materiale in sito.

In accordo a Youd et al. (2001) il fattore "f" si può stimare come segue, sia per sabbie pulite o limose e per ghiaie:

$$40\% < DR < 60\% \quad f = 0.7 \div 0.8$$

$$60\% < DR < 80\% \quad f = 0.6 \div 0.7$$

Quando possibile, il contenuto di fini è stato determinato sulla base dei risultati delle rispettive granulometrie ottenute da laboratorio per ogni prova SPT. Nel caso quest'ultime non erano disponibili, facendo riferimento alla stratigrafia locale, si è ipotizzato un valore di contenuto di fini pari al 5% per i materiali sabbioso/ghiaiosi, mentre per i terreni limosi/argillosi è stato ipotizzato un contenuto di fini pari al 30-40%.

Pertanto, in accordo a Youd et al. (2001):

$$FL = (CRR_{7.5}/CSR) MSF k_\sigma$$

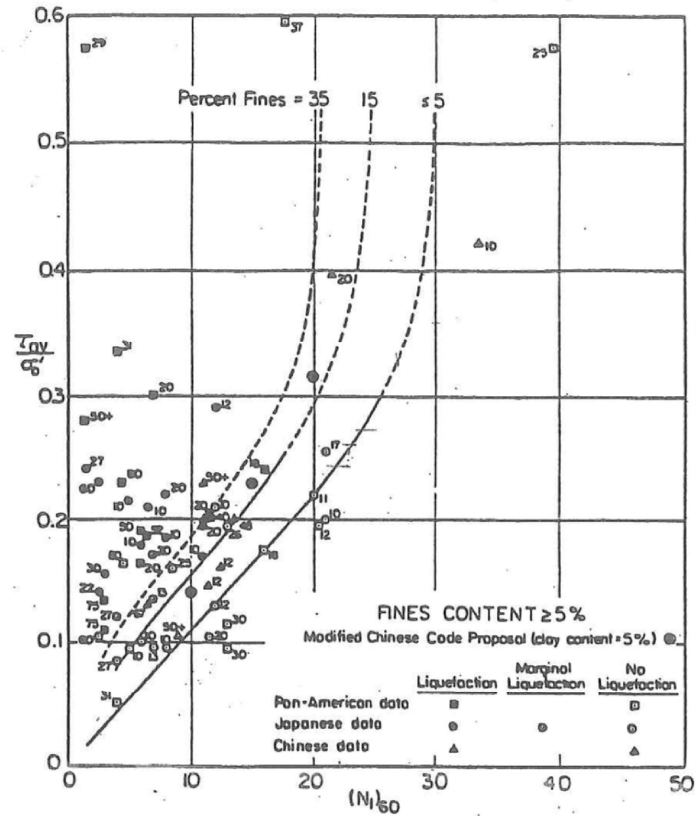


Figura 13: Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e  $N_{1(60)}$  – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Seed et al., 1985).

I risultati delle analisi (cfr. Figura 14 - Figura 16) indicano rischi di potenziale liquefazione nella porzione di tracciato interessata dal rilevato RI22. In particolare:

- dai risultati di CPTU32 si evidenzia la presenza di 4 m di materiale potenzialmente liquefacibile, con  $FL < 1.0$ ;
- dai risultati di CPTU-PE-09 si evidenzia la presenza di materiale potenzialmente liquefacibile, con  $FL < 1.0$  da 0-4 m p.c. e tra 5.5 e 6.5 m p.c.

Si conclude quindi che l'area è interessata da coperture superficiali di terreni potenzialmente liquefacibili, e comunque non stabili, e in misura tale da compromettere la stabilità dei rilevati. Si prescrivono pertanto interventi di miglioramento dei terreni, che verranno illustrati nel paragrafo successivo.



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI2200001B

Foglio  
31 di 111

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 1 - Prova BH-PE-30 Pr. 13+721  
a<sub>max</sub> = 0,30kg M<sub>calc</sub> = 6 MSF = 2 Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001  
Altezza rilevato = 2m

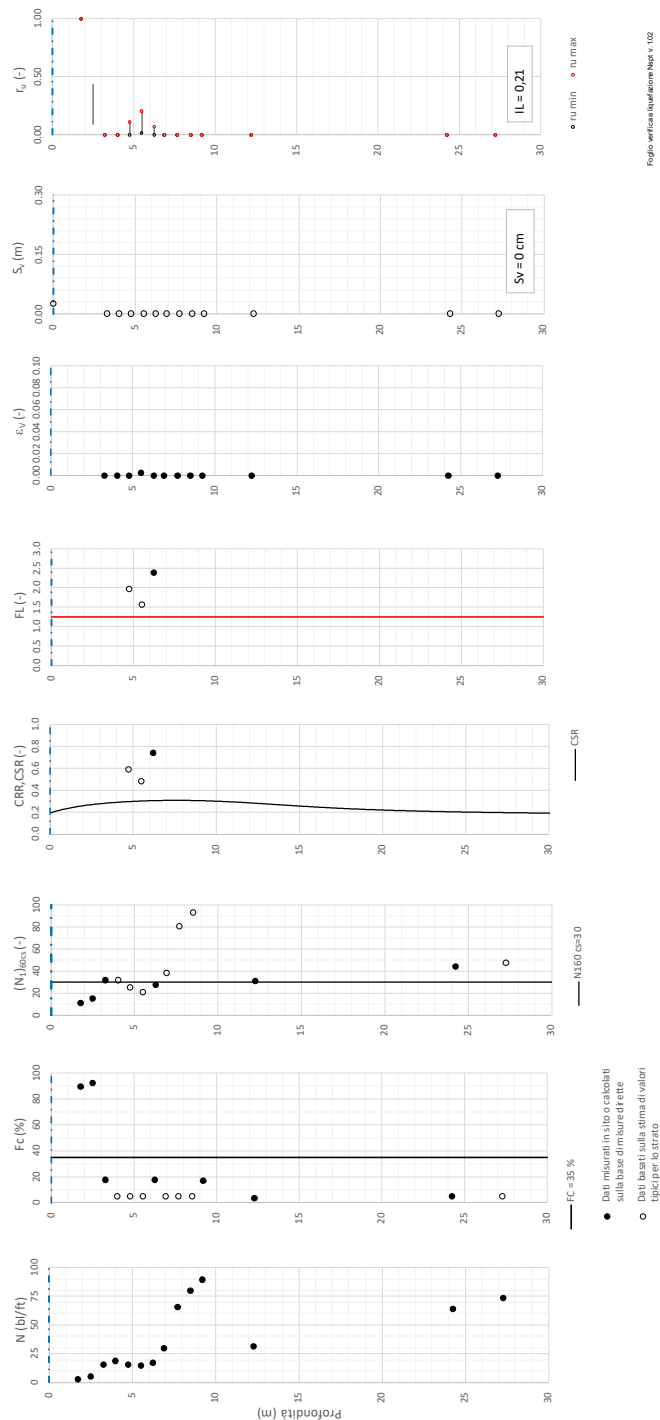


Figura 14 – Verifica Liquefazione da risultati BH-PE-30



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI2200001B

Foglio  
32 di 111

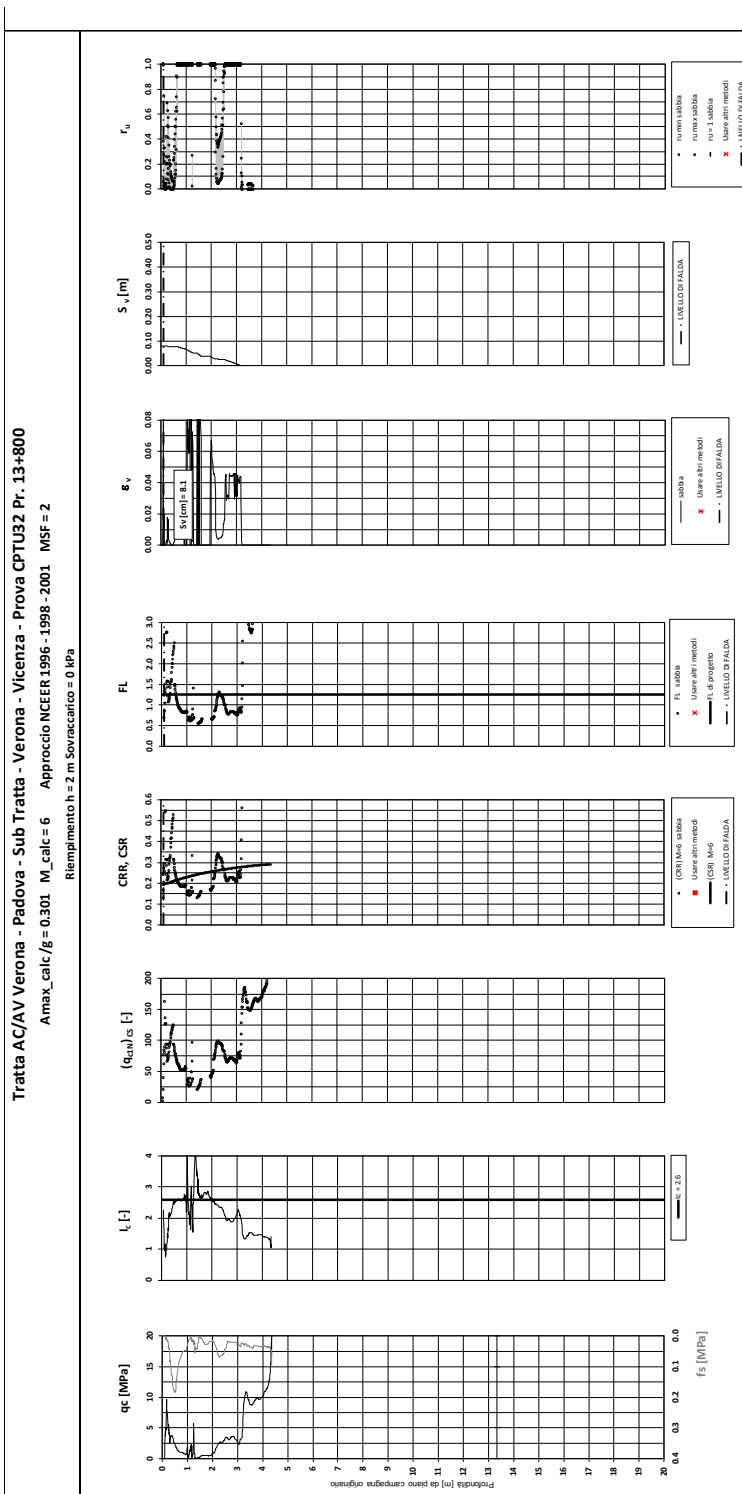


Figura 15 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU32



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI2200001B

Foglio  
33 di 111

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 1 - Prova CPTU-PE-09 Pr. 144143  
 $\sigma_{v,max} = 0.30g$   $M_{calc} = 6$   $MSF = 2$  Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001  
 Altezza rilevato = 2m

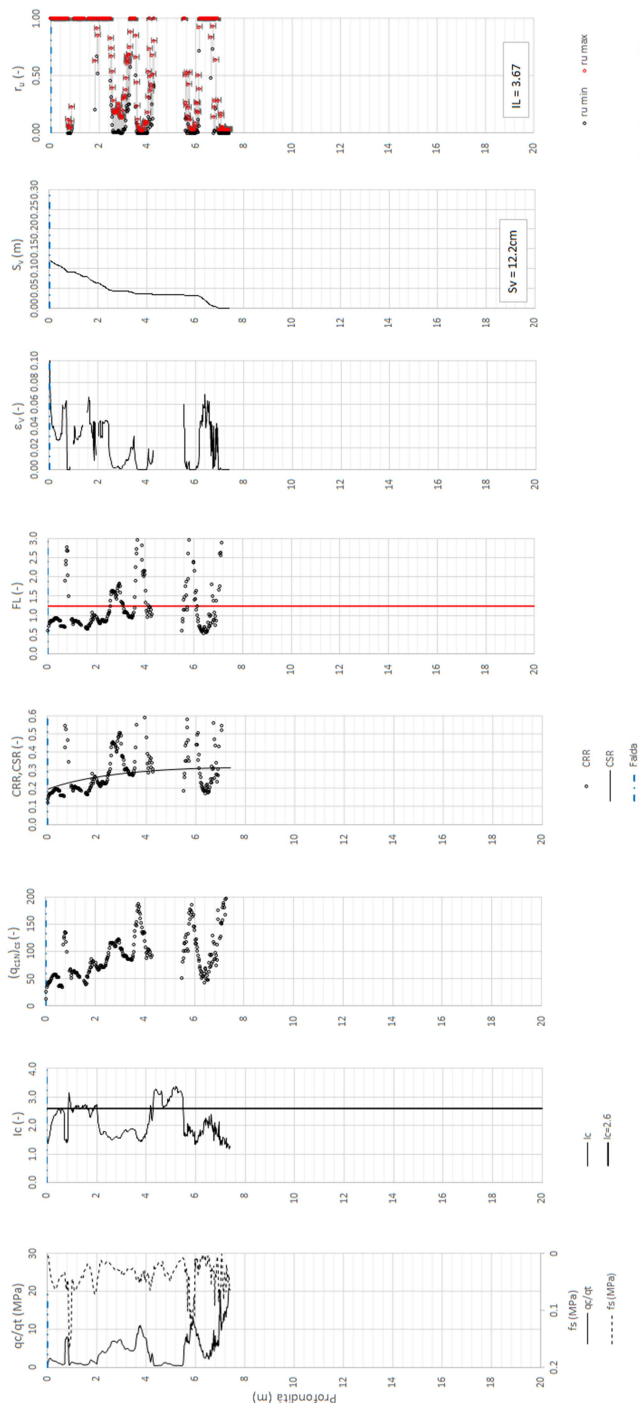




Figura 16 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU-PE-09

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 34 di 111

### 5.2.3 Soil improvement

Come illustrato nel paragrafo precedente, lungo tutta la tratta è presente uno strato di materiale a rischio di liquefazione per spessori di 4 m. Pertanto, dalla pk 13+275 alla pk 14+200, si prescrive l'esecuzione di un trattamento di miglioramento delle caratteristiche dei terreni, mediante l'installazione di colonne in ghiaia con diametro  $D=800$  mm, lunghezza  $L=4$  m, interasse  $i=2$  m, a maglia quadrata.

Come si vedrà al punto 6.3.4, anche la possibilità che, in limitate porzioni del rilevato, rimangano zone di terreno non trattato al disotto dei 4 da p.c., non comporta problemi per la stabilità del rilevato. Nella zona del muro di mitigazione, il trattamento sarà esteso fino a prevedere due file di colonne di ghiaia oltre la fila di pali più esterna (rispetto al centro del rilevato), per ridurre il rischio di liquefazione e limitare le azioni conseguenti dal verificarsi di tale fenomeno.

Per la descrizione delle fasi realizzative e per la geometria del trattamento, si faccia riferimento agli elaborati di progetto.

Per il dimensionamento delle colonne, si è proceduto come segue:

- Si è dimensionata la spaziatura degli interventi sulla base delle indicazioni di Priebe (Doc.Rif.[36]). Il metodo proposto da Priebe consiste nel valutare, in funzione della "densità" del trattamento (i.e., la spaziatura fra le colonne), la diminuzione di azione ciclica sul terreno dovuta alla presenza delle colonne stesse. Nel grafico di Figura 17,  $A_c$  è l'area della colonna, mentre  $A$  è l'area di pertinenza della colonna stessa. A titolo di esempio, spaziando colonne  $D=800$  mm su maglia quadrata  $2 \times 2$  m, si ottiene un "area ratio"  $A/A_c=4/0.5=8$ , che consente di ridurre l'azione ciclica sul terreno di un fattore ( $P_s/P$  nel grafico in ordinate) che può essere stimato pari a 0.6 per colonne realizzate con materiale avente angolo di resistenza al taglio dell'ordine dei  $40^\circ$ .
- Sulla base di tale riduzione, si è rivalutato l'effetto dell'azione ciclica ridotta sui terreni naturali. Nelle figure seguenti si riportano le verifiche di liquefazione eseguite con tale criterio. Come si può notare, per effetto della riduzione della PGA da 0.301 a 0.18 (appunto di un fattore 0.6), il materiale non viene più portato a liquefazione, ma si limita a sviluppare sovrappressioni interstiziali del tutto compatibili con la stabilità del rilevato.

Si noti che il risultato della verifica non si applica i terreni non trattati. Pertanto, quanto riportato in Figura 19 non si applica ai terreni a profondità inferiori ai 4 m, ove le colonne non sono presenti. Per questi terreni, rimangono valide le verifiche di Figura 16.

Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

35 di 111

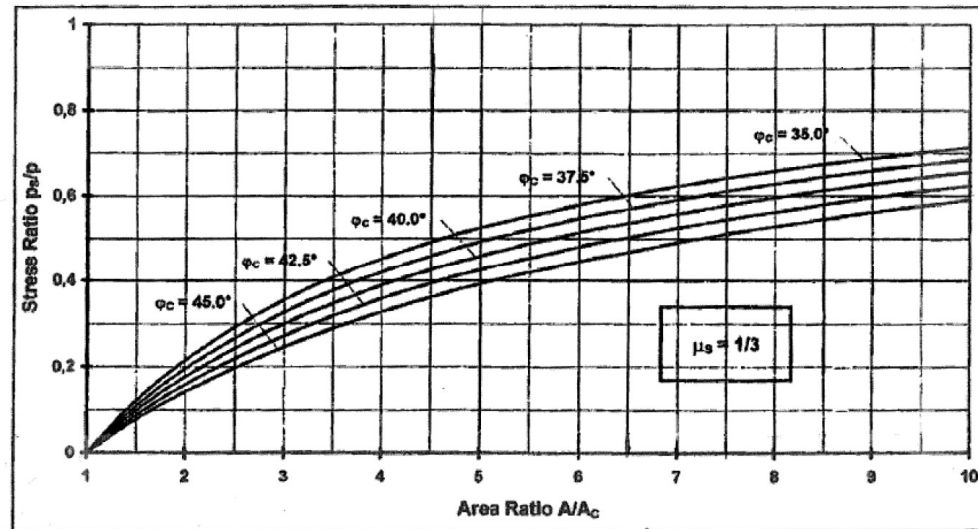


Figura 17 – Riduzione dello stress-ratio sismico in funzione dell'area ratio delle colonne di ghiaia (Doc.Rif.[36])



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI2200001B

Foglio  
36 di 111

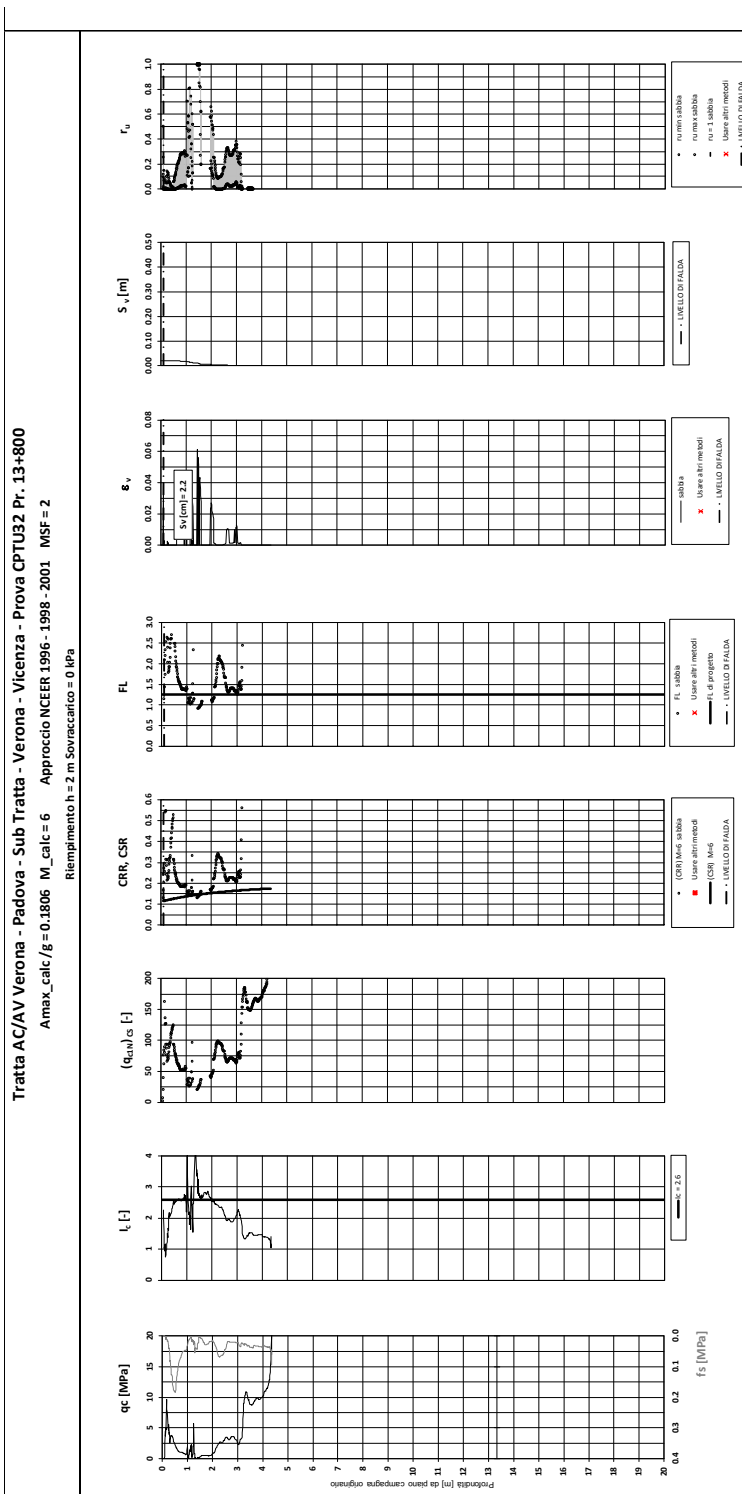


Figura 18 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU32 dopo soil improvement





Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI2200001B

Foglio  
37 di 111

T tratta AC/AV Verona-Padova - Sub tratta Verona-Vicenza - Lotto 1 - Prova CPTU-PE-09 Pr. 14-143  
a<sub>max</sub> = 0.180g M<sub>calc</sub> = 6 MSF = 2 Metodo NCEER: 1996 - 1998 - 2001  
Altezza rilevato = 2m

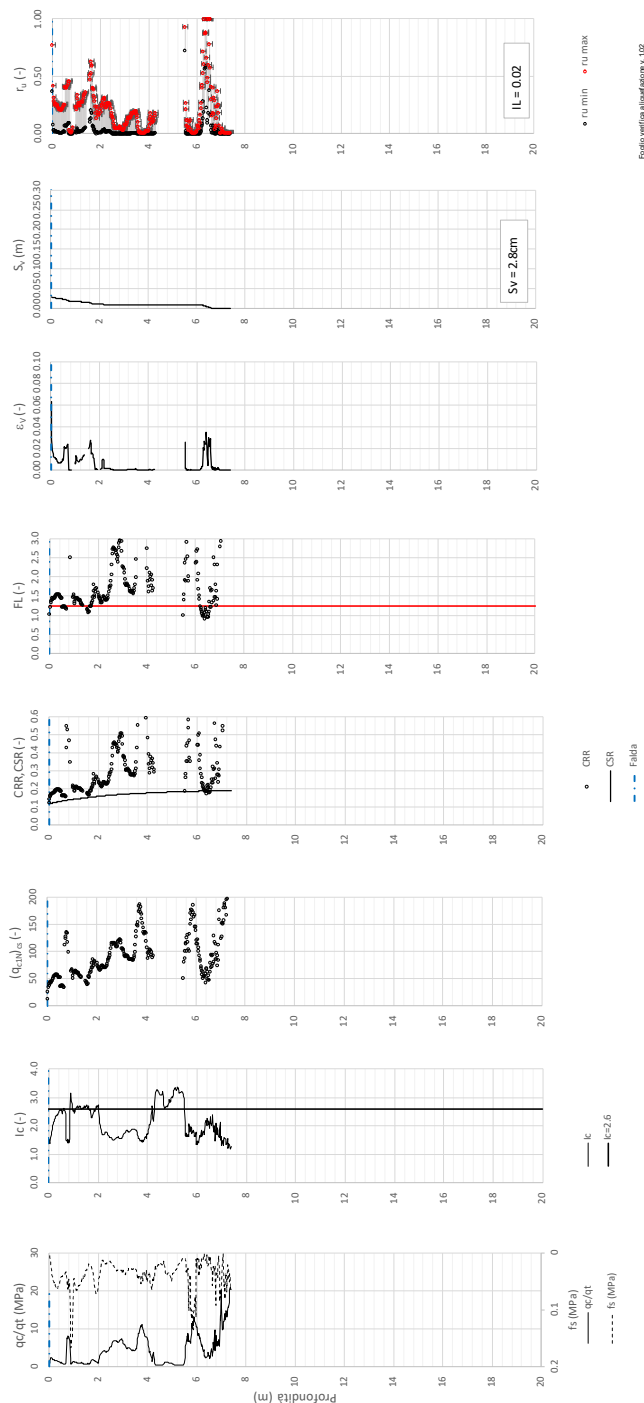




Figura 19 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU-PE-09 dopo soil improvement

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 38 di 111

## 6 VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO

### 6.1 Criteri di verifica agli Stati Limite

Per le opere in esame, la normativa vigente richiede l'esecuzione delle seguenti verifiche di sicurezza e delle prestazioni attese (par. 6.2.3. del Doc. Rif. [15]):

- Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU);
- Verifiche agli Stati Limite d'Esercizio (SLE).

Per ogni Stato Limite Ultimo (SLU) deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq R_d \quad (\text{Eq. 6.2.1 del Doc. Rif. [15]})$$

dove:

$E_d$  valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;

$R_d$  valore di progetto della resistenza.

La verifica della condizione  $E_d \leq R_d$  deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I coefficienti da adottarsi nelle diverse combinazioni sono definiti in funzione del tipo di verifica da effettuare (si vedano i paragrafi seguenti). Si sottolinea che per quanto concerne le azioni di progetto  $E_d$  tali forze possono essere determinate applicando i coefficienti parziali di cui sopra alle azioni caratteristiche, oppure, a posteriori, sulle sollecitazioni prodotte dalle azioni caratteristiche (Par. 6.2.3.1 del Doc. Rif. [15]).

Per ogni Stato Limite d'Esercizio (SLE) deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq C_d \quad (\text{Eq. 6.2.7 del Doc. Rif. [15]})$$

dove:

$E_d$  valore di progetto dell'effetto dell'azione;

$C_d$  valore limite prescritto dell'effetto delle azioni (definito Progettista Strutturale).

La verifica della condizione  $E_d \leq C_d$  deve essere effettuata impiegando i valori caratteristici delle azioni e dei parametri geotecnici dei materiali.

In base a quanto indicato dalle NTC 2008 le verifiche di sicurezza che devono essere condotte per opere costituite da materiali sciolti sono le seguenti.

#### 6.1.1 Stati limite ultimi (SLU)



Le verifiche di stabilità in campo statico di opere in materiali sciolti, quali rilevati, devono essere eseguite secondo l'Approccio 1 Combinazione 2 (A2 + M2 + R2, Doc. Rif. [15]), tenendo conto dei coefficienti parziali sotto definiti.

La verifica di stabilità globale si ritiene soddisfatta se:

$$\frac{R_d}{E_d} \geq 1 \Rightarrow \frac{\frac{1}{\gamma_R} R}{E_d} \geq 1 \Rightarrow \frac{R}{E_d} \geq \gamma_R$$

essendo  $R$  resistenza globale del sistema (vedasi Par. C.6.8.6.2 del Doc. Rif. [16]), calcolata sulla base delle azioni

di progetto, dei parametri di progetto e della geometria di progetto  $R = R \left[ \gamma_F \cdot F_k; \frac{X_k}{\gamma_m}; a_d \right]$ .

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 39 di 111

La stabilità globale dell'insieme manufatto-terreno deve essere studiata nelle condizioni corrispondenti alle diverse fasi costruttive ed al termine della costruzione.

Facendo riferimento a quanto richiesto dalle NTC (Doc. rif. [15]), per le verifiche agli stati limite ultimi si sono adottati i valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle che seguono.

*Tabella 6 – Coefficienti parziali sulle azioni*

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

dove:

- $\gamma_{G1}$  coefficiente parziale del peso proprio della struttura, del terreno e dell'acqua, quando pertinente;
- $\gamma_{G2}$  coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;
- $\gamma_Q$  coefficiente parziale delle azioni variabili da traffico;
- $\gamma_{Qi}$  coefficiente parziale delle azioni variabili.



*Tabella 7 – Coefficienti parziali sui terreni (Tab. 6.2.II, Doc. Rif. [15])*

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

*Tabella 8 – Coefficienti parziali per verifiche di stabilità globale*

Coefficiente	R2
$\gamma_R$	1.1

Si segnala che le verifiche in condizioni SLU e SLE sono condotte con analisi statiche o pseudostatiche e, in accordo al MDP ITALFERR, il coefficiente di incremento dinamico delle azioni derivanti dal passaggio del treno è assunto pari all'unità.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 40 di 111

### 6.1.2 Stati limite di esercizio (SLE)

Deve essere verificato, mediante analisi effettuate impiegando i valori caratteristici delle azioni e dei parametri geotecnici dei materiali (Par. 6.5.3.2 del Doc. Rif. [15]), che gli spostamenti dell'opera in esame e del terreno circostante siano compatibili con la funzionalità della struttura e con la sicurezza e la funzionalità di manufatti adiacenti.

In particolare, successivamente al completamento del ballast, e per la durata della vita utile dell'opera (100 anni) i cedimenti residui devono essere inferiori a 5 cm.

Nel caso di rilevato da realizzarsi in affiancamento ad un rilevato esistente e mantenendo quest'ultimo in esercizio durante i lavori, si richiede che una stima del cedimento delle due rotaie in una stessa sezione verticale del rilevato, valutandone il decorso nel tempo. Inoltre, con riferimento alla tabella che segue, è necessario verificare che gli spostamenti indotti sui binari in esercizio durante la costruzione siano inferiori a 15 mm, ovvero inferiori ai valori limite dei difetti riferiti al secondo livello di qualità (Doc. rif. [20] e [24]). Laddove si superino i limiti riferiti al primo livello di qualità (10 mm, Doc. rif. [24]), è richiesto il monitoraggio del binario durante la costruzione.

Tabella 9 – Valori limite dei difetti in direzione trasversale (in mm)

	V ≤ 160 km/h	160 < V ≤ 300 km/h
1° livello di qualità	$\Delta H \leq 10$ SCARTXL ≤ 6	$\Delta H \leq 10$ SCARTXL ≤ 4
2° livello di qualità	$10 < \Delta H \leq 15$ $6 < \text{SCARTXL} \leq 10$	$10 < \Delta H \leq 15$ $4 < \text{SCARTXL} \leq 8$
3° livello di qualità esecuzione a breve termine anche in relazione ai limiti di sghembo (2)	$15 < \Delta H \leq 20$ (1) $10 < \text{SCARTXL} \leq 14$	$15 < \Delta H \leq 20$ (1) $8 < \text{SCARTXL} \leq 12$
(1) il valore di $\Delta H$ può essere ammesso solo a seguito di una verifica di assenza di problemi di sagoma (gallerie, interasse, posizione linea di contatto ecc.)		
(2) ATTENZIONE al rispetto delle condizioni di lavorabilità del binario previste dalla Norma sulla l.r.s.		

### 6.1.3 Verifiche in condizioni sismiche e post-sismiche



La stabilità globale in condizioni sismiche e post-sismiche di opere in materiali sciolti, quali rilevati, è stata verificata secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2 (A2 + M2 + R2), tenendo conto dei coefficienti parziali richiamati in precedenza e ponendo i coefficienti parziali sulle azioni tutti pari ad uno. Il coefficiente di combinazione  $\psi$  per il carico variabile da traffico è stato posto pari a 0.2 (Doc. rif. [20]).

## 6.2 Azioni di progetto

Le azioni di progetto considerate nella analisi sono state definite coerentemente a quanto prescritto nel MdP (Doc. rif. [19]) e nelle NTC (Doc. rif. [15]) e sono di seguito descritte.

### 6.2.1 Azioni permanenti

In funzione della configurazione esaminata e della presenza o meno di elementi strutturali, i carichi permanenti sono

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 41 di 111

stati calcolati assumendo:

Peso massicciata e armamento            18 kN/m<sup>3</sup>

Peso elementi in cls                            25 kN/m<sup>3</sup>

In particolare, il peso della sovrastruttura ferroviaria è stato applicato sull'impronta del ballast, per un'altezza media fra il piano del ferro e l'estradosso del sub-ballast pari a 0.80 m.

### 6.2.2 Azioni variabili

Le azioni variabili sono rappresentate dai carichi da traffico ferroviario, qui determinati sulla base dello schema di carico più gravoso tra quelli previsti dalle NTC 2008, dalle Norme Europee e, conseguentemente, dal Manuale di Progettazione di RFI. In particolare, tale carico tiene conto della diffusione a partire dalla traversa e fino al piano di posa del ballast, secondo le prescrizioni di NTC e MdP. Nello specifico, è stato considerato il caso peggiore tra i tre modelli di carico previsti, ossia LM71, SW/0 ed SW/2. Per ogni binario, tale azione risulta essere pari a 61.4 kPa (LM71), da applicarsi su una superficie definita dalla larghezza della traversa e dalla larghezza di diffusione del carico nel ballast (2.8 m<sup>2</sup> in totale).

### 6.2.3 Azione sismica

L'azione sismica di progetto è stata definita sulla base della pericolosità sismica di base ed in considerazione di quanto discusso nel capitolo 5. Nelle analisi essa è stata definita adottando un'azione statica equivalente definita dal prodotto tra il peso  $W$  del volume di terreno potenzialmente instabile ed i coefficienti sismici orizzontale ( $k_h$ ) e verticale ( $k_v$ ):

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

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

dove



$\beta_s$                     coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa (v. Tabella 10)

$a_{\max}$                 accelerazione orizzontale massima attesa al sito (v. capitolo 5.1.6)

$g$                      accelerazione di gravità.

Tabella 10 - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (Doc. rif.[15])

	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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI2200001B</p>	<p>Foglio 42 di 111</p>

## 6.3 Verifiche e risultati SLU

### 6.3.1 Premessa

Le verifiche SLU della stabilità globale del rilevato (sia in condizioni statiche che sismiche) sono state condotte tramite il codice di calcolo SLIDE 7.0 (Doc. Rif. [30]). Le combinazioni di carico adottate nelle analisi fanno riferimento rispettivamente ai coefficienti parziali (A2+M2) per le analisi in campo statico e ai coefficienti parziali (M2) per le analisi sismiche. Tali coefficienti sono contenuti nella Tabella 7 della presente relazione.

Come da NTC 2008 (Doc. Rif. [15]), la verifica SLU di stabilità globale è soddisfatta se la relazione:

$$FS \geq R2 = 1.1.$$

è verificata sia in condizioni statiche che sismiche.

La verifica è stata condotta con riferimento alla già citata sezione di riferimento A riportata in Figura 1. La verifica è stata condotta facendo ricorso al metodo di Bishop modificato. Nel calcolo sono stati utilizzati i parametri geotecnici caratteristici definiti in Tabella 2.

### 6.3.2 Verifiche SLU in condizione statiche

Il carico da traffico ferroviario ( $q$ ) assunto pari a 61.4 kPa (cfr. par. 6.2.2) è stato modellato come un carico distribuito applicato in corrispondenza delle impronte delle traversine ferroviarie. Tale sovraccarico è di tipo variabile/sfavorevole e, pertanto, il coefficiente parziale sulle azioni A2 è pari a 1.3.

Per quanto riguarda la falda, è stata considerata la condizione a lungo termine e quindi è stato preso un livello coincidente a piano campagna, come riportato nel paragrafo 4.3. Si sottolinea che nella ricerca delle superfici di rottura critiche sono state escluse tutte quelle superfici di spessore ridotto e che non interessano la sede ferroviaria.

In Figura 20 sono riportate le superfici di rottura critica per la combinazione DA1C2. Il valore minimo di FS è pari a:

$$F_{S\text{MIN}}(\text{DA1C2}) = 1.306 > R2 = 1.1$$

**la verifica di stabilità globale in campo statico risulta soddisfatta.**

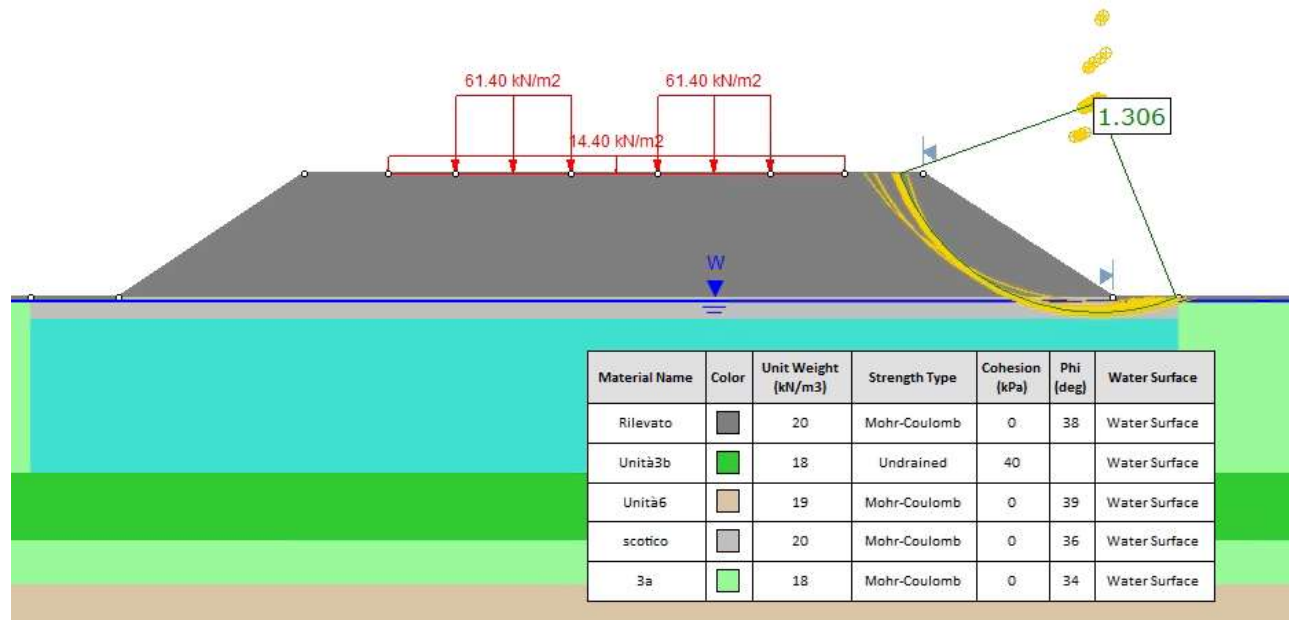




Figura 20 - Rilevato RI22 - Analisi SLU in campo statico DA1C2

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI2200001B</p>	<p>Foglio 44 di 111</p>

### 6.3.3 Verifiche SLU in condizioni sismiche

In accordo a quanto riportato precedentemente, la azione sismica è stata definita attraverso i seguenti coefficienti sismici:

$$K_H = + 0.083 \quad (\text{concorde alla direzione di scivolamento})$$

$$K_v = \pm 0.042 \quad (\text{verificando la pi\`u cautelativa tra negativo e positivo})$$

Per quanto riguarda la falda è stato preso un livello coincidente a p.c., come riportato nel paragrafo 4.3. Si sottolinea che nella ricerca delle superfici di rottura critiche sono state escluse tutte quelle superfici di spessore ridotto e quelle che non interessano la sede ferroviaria.

Per i parametri di resistenza al taglio degli strati interessati dall'intervento con colonne, si veda quanto riportato al punto 4.5.

In Figura 21 sono riportate le superfici di rottura critiche. Il fattore di sicurezza FS è pari a:

$$FS_{MIN} = 1.138 > R2 = 1.1$$

**la verifica di stabilità globale in campo sismico risulta soddisfatta.**

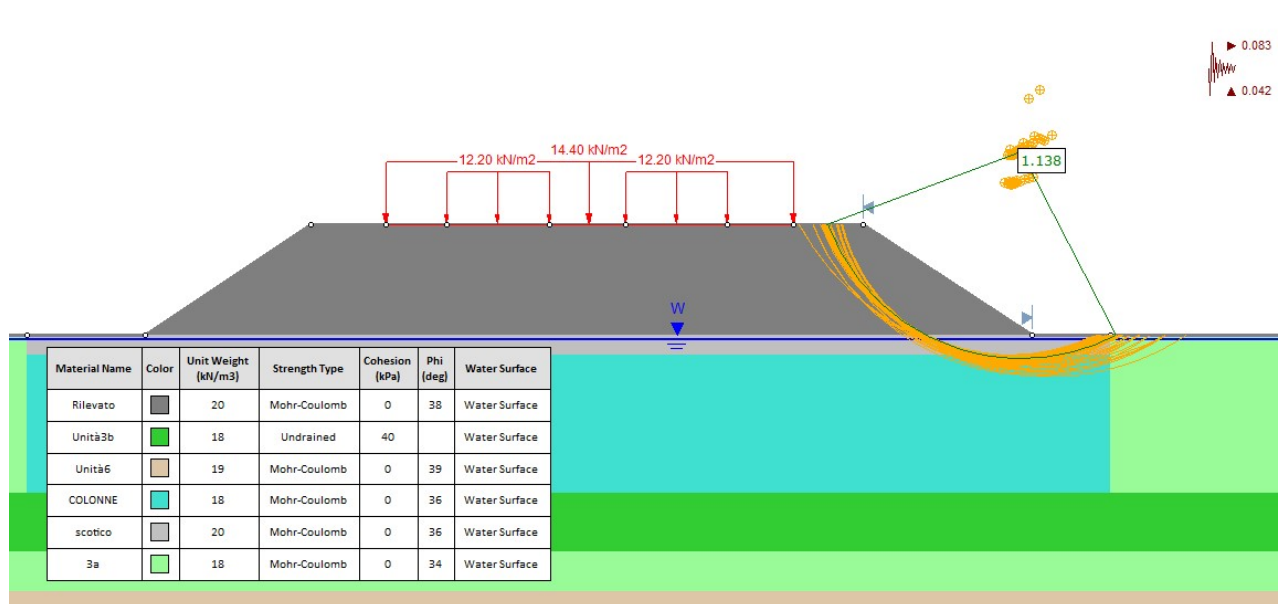




Figura 21 – Rilevato RI22 - Analisi SLU in campo sismico



GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 45 di 111

### 6.3.4 Verifiche SLU in condizioni post sismiche

Nel caso di analisi di stabilità su terreno liquefatto, si è considerata la liquefazione come l'evento terminale, prodotto dall'intero ciclo di carichi dovuto al sisma. Pertanto, a liquefazione avvenuta, il sisma non è più presente e la verifica viene intesa come post-sismica. In sostanza, nelle verifiche post sismiche non è stata applicata l'accelerazione, ma si esamina la stabilità del rilevato a seguito dell'effetto prodotto dall'intero carico ciclico.

Come evidenziato al punto 5.2.3, non si è ritenuto di spingere le colonne fino a 6 m, sulla base delle seguenti considerazioni:

- La Figura 16 indica una potenziale liquefazione di un livello di pochi decimetri a circa 5.5 m di profondità. . la marginalità del risultato è tale da ritenere che lo scenario più plausibile è quello della creazione di potenziali sovrappressioni interstiziali che daranno luogo a modesti cedimenti post-sisma, ma non sono tali da generare la creazione di superfici di scorrimento continue
- Le verifiche di stabilità sono state comunque condotte in questa ipotesi estrema (cioè di liquefazione di uno strato di 1 m di spessore), evidenziando ancora margini più che accettabili nei confronti della stabilità.

La resistenza al taglio degli strati liquefatti è stata posta convenzionalmente pari a  $0.1 \sigma'_v$  (Rif.Doc[37]), che è stata modellata nelle analisi con un terreno avente angolo di resistenza al taglio pari a  $5.7^\circ$  (arctg. 0.1).

Per quanto riguarda la falda è stato preso un livello coincidente a p.c., come riportato nel paragrafo 4.3. Si sottolinea che nella ricerca delle superfici di rottura critiche sono state escluse tutte quelle superfici di spessore ridotto e che interessano la sede ferroviaria.

In Figura 22 sono riportate le superfici di rottura critiche. Il fattore di sicurezza FS è pari a:

$$FS_{MIN}=1.161 > R2=1.1$$

**la verifica di stabilità globale post liquefazione risulta soddisfatta.**

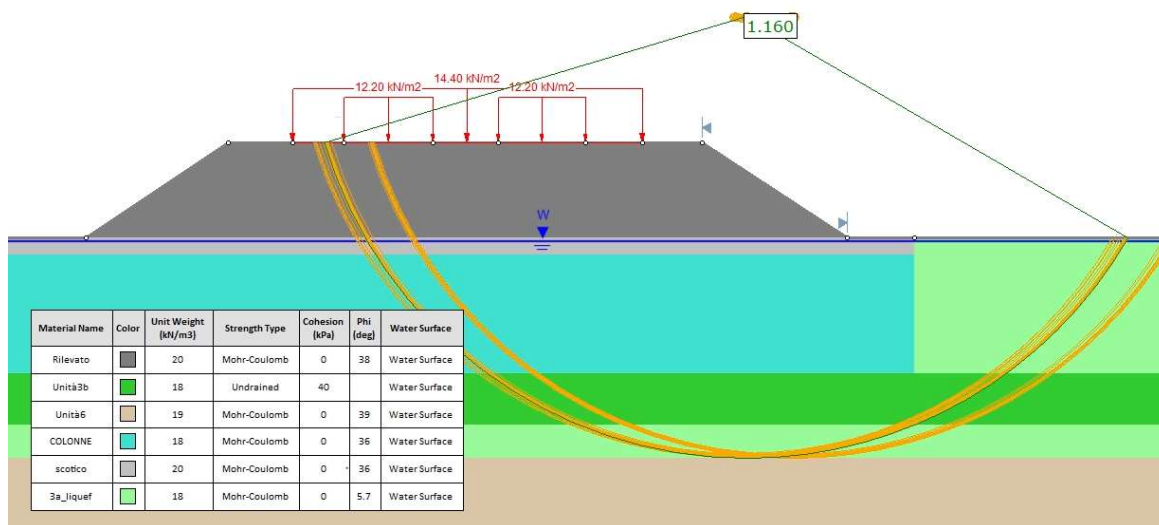




Figura 22 - Rilevato RI22 - Analisi SLU in condizioni post sisma

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 46 di 111

## 6.4 Verifica e risultati SLE

### 6.4.1 Metodologia di calcolo

La determinazione del campo di spostamenti è stata svolta mediante l'utilizzo del codice di calcolo SETTLE 3D (Doc. Rif. [31]) che permette di valutare l'andamento dei cedimenti nel tempo sotto diverse ipotesi di carico. Il programma discretizza l'area analizzata in un numero finito di aree di carico e valuta gli incrementi di tensione indotti da ogni singola area di carico componendo poi gli effetti. A partire dagli incrementi tensionali vengono poi calcolati i cedimenti.

La valutazione dell'incremento dello stato tensionale indotto nel terreno dai carichi applicati viene condotta all'interno del codice di calcolo con riferimento a soluzioni basate sulle seguenti ipotesi semplificative:

- il terreno è schematizzato come un semispazio elastico lineare, omogeneo ed isotropo (modello di Boussinesq);
- l'area di carico è posta sulla superficie del semispazio ed è ipotizzata avere rigidezza nulla.

Per una generica condizione di carico viene quindi eseguita una discretizzazione in un numero finito di aree di carico sulle quali è applicata una pressione uniforme o variabile linearmente.

Per ogni direttrice di calcolo del cedimento vengono valutati gli incrementi di tensione indotti da ogni singola area di carico componendo poi gli effetti.

Il calcolo dell'incremento delle tensioni normali indotte da un'area di carico nastriforme, soggetta a un carico uniformemente distribuito (parte centrale del rilevato), viene eseguita sulla base delle formule di Jumikis (1971).

$$\Delta\sigma_z = \frac{q}{\pi} \left[ \tan^{-1}\left(\frac{x+B}{z}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{x-B}{z}\right) - \frac{z \cdot (x-B)}{(x-B)^2 + z^2} + \frac{z \cdot (x+B)}{(x+B)^2 + z^2} \right]$$

$$\Delta\sigma_x = \frac{q}{\pi} \left[ \tan^{-1}\left(\frac{x+B}{z}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{x-B}{z}\right) + \frac{z \cdot (x-B)}{(x-B)^2 + z^2} - \frac{z \cdot (x+B)}{(x+B)^2 + z^2} \right]$$

$$\Delta\sigma_y = \nu \cdot (\Delta\sigma_z + \Delta\sigma_x)$$

dove:

$\Delta\sigma_z$ ,  $\Delta\sigma_x$ ,  $\Delta\sigma_y$  = incremento delle tensioni normali verticali e orizzontali

q = carico applicato

ν = coefficiente di Poisson

B = semilarghezza dell'area di carico in direzione x

x, y, z = coordinate geometriche di riferimento come indicato nella figura seguente.

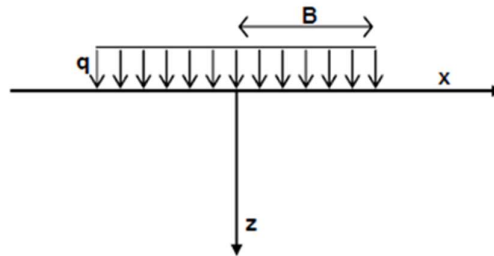


Figura 23 – Modello di calcolo Settle 3D – carico uniforme

Nel caso di un'area di carico nastroforme soggetta a un carico linearmente crescente (bordo del rilevato), le formule di Jumikis da applicare sono le seguenti:

$$\Delta\sigma_z = \frac{q}{\pi \cdot A} \cdot \left[ (x - A) \cdot \left( \tan^{-1}\left(\frac{x - A}{z}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{x}{z}\right) \right) + \frac{A \cdot z \cdot x}{x^2 + z^2} \right]$$

$$\Delta\sigma_x = \frac{q}{\pi \cdot A} \cdot \left[ (x - A) \cdot \left( \tan^{-1}\left(\frac{x - A}{z}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{x}{z}\right) \right) + z \cdot \ln\left(\frac{x^2 + z^2}{(x - A)^2 + z^2}\right) - \frac{A \cdot z \cdot x}{x^2 + z^2} \right]$$

$$\Delta\sigma_y = \nu \cdot (\Delta\sigma_z + \Delta\sigma_x)$$

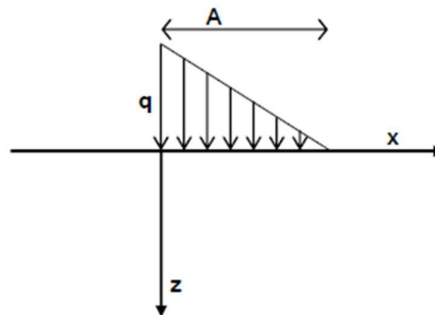




Figura 24 - Modello di calcolo Settle 3D – carico linearmente crescente

Il calcolo della deformazione verticale per ogni singolo sublayer viene valutato sulla base dell'incremento di sforzo verticale, utilizzando la seguente espressione:

$$\varepsilon_z = \frac{\Delta\sigma_z}{E}$$

Il cedimento verticale totale viene quindi calcolato come sommatoria dei cedimenti dei diversi strati.

Il calcolo dei cedimenti indotti dalla realizzazione del rilevato ferroviario è stato svolto modellando la successione stratigrafica in sito tenendo conto delle diverse caratteristiche di deformabilità degli strati, in accordo alla stratigrafia

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 48 di 111

di progetto riportata in Tabella 2. Si sono assunti i valori caratteristici sia sulle azioni che sui materiali.

Si osserva come, in accordo con la stratigrafia e i parametri di progetto riportati nel Capitolo 4, i moduli elastici risultano di fatto indipendenti dallo stato tensionale ed il valore della quota della falda non ha alcuna influenza sull'esito del calcolo. Pertanto, nel calcolo la falda è stata rappresentata ad una quota convenzionale praticamente coincidente con il p.c.

Nell'ambito delle verifiche agli Stati Limite d'Esercizio, dev'essere verificata la seguente disequaglianza:

$$E_d \leq C_d \quad (\text{Eq. 6.2.7 del Doc. Rif. [15]})$$

dove

$E_d$  è il valore di progetto dell'effetto dell'azione, e  $C_d$  è il valore limite prescritto dell'effetto delle azioni.

Sulla base di quanto riportato sopra, le verifiche geotecniche sono pertanto volte ad identificare un campo di spostamenti/cedimenti.

#### 6.4.2 Schematizzazione e risultati

La verifica è stata condotta con riferimento alla già citata sezione di riferimento A riportata in Figura 1. Il modello di calcolo implementato per il rilevato tipologico con altezza pari a 2.80 m è riportato in Figura 25. La larghezza del rilevato è pari a 22 m, con pendenza delle scarpate è 2V:3H. Nel calcolo sono stati utilizzati i parametri geotecnici definiti in Tabella 2.

Per quanto concerne il la deformabilità dello strato trattato con colonne di ghiaia, si può valutare un modulo equivalente come media pesata fra l'area delle colonne e quella del terreno naturale.

Assumendo per le colonne un valore del modulo  $E'=60$  MPa, ed un'area di competenza di ciascuna colonna  $D=800$  mm pari a  $4.0$  m<sup>2</sup> (maglia 2.0x2.0 m), si ottiene un modulo equivalente pari a:

$$E'_{eq} = (5 \cdot 3.5 + 60 \cdot 0.5) / 4 \approx 12 \text{ MPa.}$$

Il carico dato dal completamento della linea ferroviaria, assunto pari a 14.4 kPa, è stato modellato come un carico distribuito applicato in corrispondenza dell'impronta del rilevato ferroviario.

I cedimenti sono stati calcolati al centro del nuovo rilevato, i valori calcolati sono riportati nella Figura 26.

Il cedimento calcolato in corrispondenza del centro del nuovo rilevato è di circa 7 cm. Tenendo conto che la stratigrafia è caratterizzata per lo più da materiali sciolti e che la maggior parte dei cedimenti è dovuta alla compressione degli strati più superficiali (Figura 27) tali cedimenti si esauriranno praticamente all'atto dell'applicazione dei carichi, e quindi non risultano essere necessarie dettagliate analisi di consolidazione.

I cedimenti di lungo termine, e più in particolare quelli a far data dal termine dell'applicazione del carico del ballast e fino alla fine di vita utile dell'opera (100 anni), sono pertanto da considerare trascurabili.

**La verifica SLE è quindi da considerarsi soddisfatta.**



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI2200001B

Foglio  
49 di 111

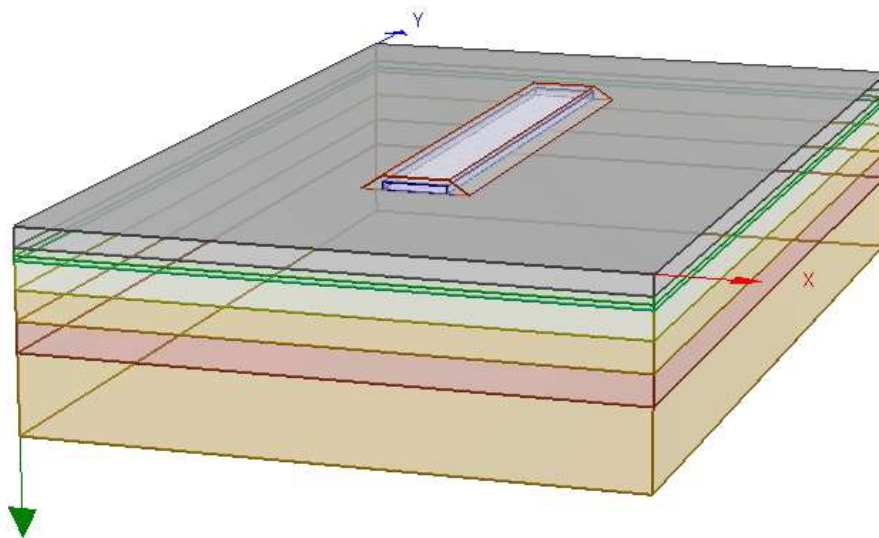


Figura 25 - Rilevato Ri22 H=2.80 m - Analisi SLE – Modello di calcolo

**Ri22: Cedimento del rilevato ferroviario linea AV**

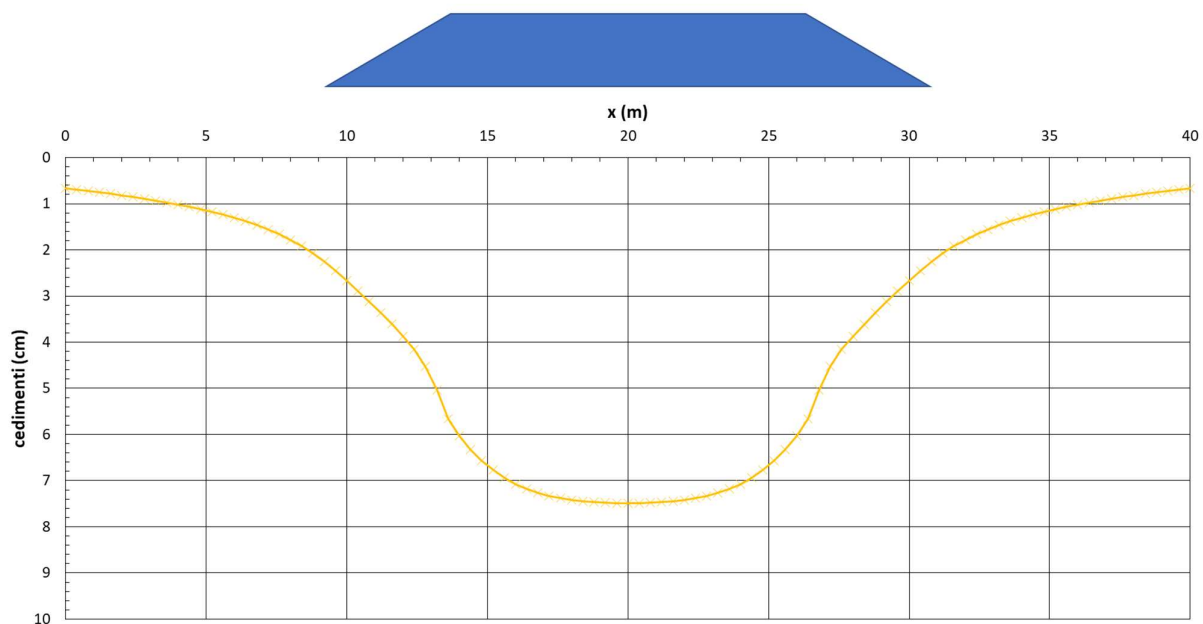


Figura 26 - Analisi SLE – Risultato Cedimenti



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

50 di 111

### Ri22: cedimento al centro del rilevato AV

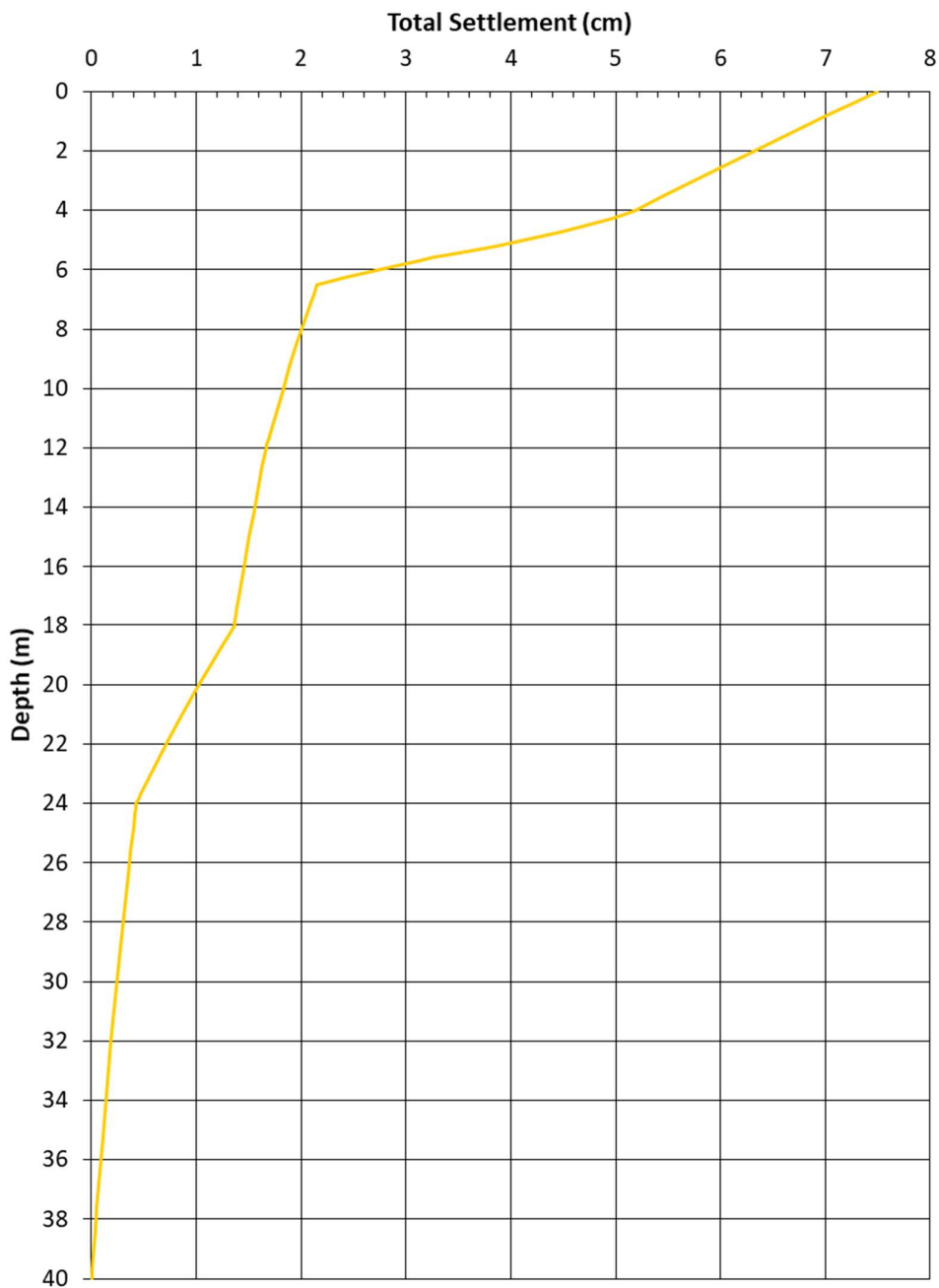




Figura 27 - Analisi SLE – Risultato cedimenti in profondità al centro del rilevato

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 51 di 111

## 7 RESISTENZA DEI PALI SOGGETTI A CARICHI ASSIALI

### 7.1 Introduzione

Il muro di sostegno e mitigazione presente lungo il rilevato sarà fondato su pali in ca. Il calcolo del muro e le relative verifiche sono contenuti nel documento di progetto del muro di sostegno.

Di seguito si riportano i calcoli di dimensionamento dei pali sotto carico assiale, condotti per il diametro  $D = 800$  mm. I calcoli sono stati svolti in accordo alle NTC 2008, seguendo i dettami validi per i pali trivellati. I calcoli sono anche da ritenere validi nel caso di impiego di pali CFA.

Per quanto concerne il comportamento dei pali sotto carichi orizzontali, i calcoli di verifica e dimensionamento sono contenuti nel documento relativo al calcolo del muro.

Il calcolo è stato condotto in accordo all'approccio elastico di Matlock e Reese (1960) utilizzando i seguenti valori di molle orizzontali:

$E_h = k_h \cdot z$ , con  $z$  profondità da p.c.

In particolare:

- Da pc a 4 m pc - depositi sciolti liquefacibili:  $\phi = 34^\circ$  ( $36^\circ$  nella zona a tergo del muro, dove è previsto l'impiego di colonne di ghiaia),  $\gamma = 18$  kN/mc,  $E_h = k_h \cdot z = 8000 \cdot z$  ( $k_h = 8000$  kN/mc, con  $z$  profondità da p.c.) - nell'esaminare la condizione post-sisma in caso di liquefazione, si assumerà un modulo di reazione nullo per il terreno suscettibile di liquefazione;
- da 4 a 5.5m pc - argille tenere:  $E_h = 400 \cdot c_u = 16000$  kN/mq;
- da 5.5 a 6.5m pc - sabbie limose sciolte:  $E_h = k_h \cdot z = 8000 \cdot z$  ( $k_h = 8000$  kN/mc, con  $z$  profondità da p.c.);
- da 6.5m a 12m pc - ghiaie:  $E_h = k_h \cdot z = 15000 \cdot z$  ( $k_h = 15000$  kN/mc, con  $z$  profondità da p.c.);
- da 12m a 18m pc - sabbie:  $E_h = k_h \cdot z = 15000 \cdot z$  ( $k_h = 15000$  kN/mc, con  $z$  profondità da p.c.);
- da 18m a 24m pc - argille limose:  $E_h = 400 \cdot c_u = 40000$  kN/mq;
- oltre 24m pc - sabbie:  $E_h = k_h \cdot z = 15000 \cdot z$  ( $k_h = 15000$  kN/mc, con  $z$  profondità da p.c.).

### 7.2 Analisi agli stati limite

Le verifiche di capacità portante dei pali sono svolte secondo la metodologia degli stati limite ultimi, in accordo alla normativa vigente (DM 2008). La verifica della capacità portante dei pali è soddisfatta se:



$$F_{cd} < R_{cd}$$

essendo:

$$R_{cd} = R_k / \gamma_R$$

dove:

- $F_{cd}$  carico assiale di compressione di progetto;
- $R_{cd}$  capacità portante di progetto nei confronti dei carichi assiali;
- $R_k$  valore caratteristico della capacità portante limite del palo;
- $\gamma_R$  coefficiente di sicurezza sulle resistenze

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 52 di 111

In particolare, le verifiche di capacità portante dei pali agli stati limite ultimi (SLU) sono condotte con riferimento ad almeno uno dei due approcci:

*Approccio 1:*

Combinazione 1: A1 + M1 + R1

Combinazione 2: A2 + M1 + R2

*Approccio 2:*

Combinazione 1: A1 + M1 + R3,

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati in Tab. 5.2.V (ponti ferroviari), e Tab. 6.4.II delle NTC 2008 (Doc. Rif. [15]) e riportati nelle seguenti

Tabella 7-1 e Tabella 7-2.

Il peso del palo, in accordo con quanto riportato al paragrafo 6.4.3 delle NTC2008, deve essere incluso tra le azioni permanenti di cui alla

Tabella 7-1.

La resistenza di progetto a compressione  $R_{c,d}$  è calcolata applicando al valore caratteristico della resistenza  $R_{c,k}$  i coefficienti parziali  $\gamma_R$  riportati in tabella seguente, relativi alla condizione di pali trivellati.

Il valore caratteristico della resistenza  $R_{c,k}$  a compressione ed a trazione  $R_{t,k}$  è ottenuto applicando i fattori di correlazione  $\xi_3$  e  $\xi_4$  (Tabella 7-3) alle resistenze di calcolo  $R_{cal}$ ; tali fattori sono funzione del numero di verticali d'indagine rappresentative:

$$R_{c,k} = \min \left\{ \frac{(R_{c;cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{c;cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

$$R_{t,k} = \min \left\{ \frac{(R_{t;cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{t;cal})_{min}}{\xi_4} \right\}.$$

I valori di  $\xi_3$  e  $\xi_4$  da utilizzare nelle analisi sono funzione dal numero di sondaggi che sono stati considerati per valutare la resistenza del palo per ogni area omogenea o struttura/opera.





GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 53 di 111

Tabella 7-1 – Tab. 5.2.V, NTC 2008

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 <sup>(5)</sup>	0,20 <sup>(5)</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(6)</sup>	1,00 <sup>(7)</sup>	1,00	1,00	1,00

Tabella 7-2 – Tab. 6.4.II, NTC 2008

Tabella 6.4.II – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche.



Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	$\gamma_b$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale <sup>(*)</sup>	$\gamma_t$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

(\*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

Tabella 7-3 – Tab. 6.4.IV NTC 2008 - Fattori di correlazione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali d'indagine

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
$\xi_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

In conclusione, sulla base di quanto prescritto dalle NTC al paragrafo 7.11.5.3, in condizioni sismiche le curve di capacità portante sono da calcolarsi con riferimento all'Approccio 2. Risultano, quindi, pressoché coincidenti con quelle calcolate agli SLU, utilizzando il medesimo approccio: le differenze si riducono ad un diverso fattore parziale applicato ad una frazione del peso del palo. Pertanto, nel caso in esame la stima è eseguita cautelativamente assumendo la combinazione A1+M1+R3, sia per le combinazioni statiche che per quelle sismiche. Per le verifiche in condizioni sismiche i coefficienti delle azioni A1 sono assunti unitari, come da §7.11.5.3-NTC2008.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 54 di 111

### 7.3 Metodologia di calcolo

La portata di progetto di un palo trivellato (eseguito con completa asportazione del terreno) “ $Q_{tot,c,d}$ ” in compressione è espressa dalla seguente relazione:

$$Q_{tot,c,d} = Q_{ll} / F_{SL,C} + Q_{bl} / F_{SB} - W'_{p-s} = Q_{l,c,d} + Q_{b,d} - W_{p-s,d}$$

dove:

- $Q_{ll}$  valore di calcolo della portata laterale,
- $Q_{bl}$  valore di calcolo della portata di base,
- $Q_{l,c,d}$  valore di progetto della portata laterale,
- $F_{SL,C}$  fattore di sicurezza per la portata laterale in compressione ( $= \xi \cdot \gamma_s$ ),
- $F_{SB}$  fattore di sicurezza per la portata di base ( $= \xi \cdot \gamma_b$ ),
- $Q_{b,d}$  valore di progetto della portata di base,
- $W_{p-s}$  valore di progetto del peso del palo, al netto del peso del terreno asportato.

Diversamente, la portata di progetto a trazione “ $Q_{tot,tr,d}$ ” è espressa dalla seguente relazione:

$$Q_{tot,tr,d} = Q_{LL,Tr} / F_{SL} + W'_P = Q_{l,tr,d} + W'_p$$

dove:

- $Q_{LL}$  valore di calcolo della portata laterale,
- $W'_P$  peso efficace del palo, alleggerito se sotto falda,
- $F_{SL,Tr}$  fattore di sicurezza per la portata laterale in trazione ( $= \gamma_{st} \cdot \xi$ ).

In particolar modo, considerata la suscettibilità di liquefazione dello strato di depositi sciolti più superficiale, in condizioni di post-sisma il contributo di tale strato nel calcolo della capacità portante risulta essere trascurabile. A favore di sicurezza, la portata del palo fino a 4 m pc (v. capitolo 4.5) è stata considerata nulla sia per le combinazioni di calcolo post-sisma, che per le altre combinazioni eccezionali e per quelle agli SLU e SLV.

#### 7.3.1 Portata laterale

La portata laterale limite è valutata con la seguente relazione:



$$Q_{ll} = \pi \cdot D \cdot \sum_i (\tau_i \cdot h_i)$$

dove:

- $D$  diametro palo,
- $\tau_i$  tensione di adesione laterale limite nello strato i-esimo,
- $h_i$  altezza dello strato i-esimo.

##### 7.3.1.1 Depositi coesivi

Per i terreni coesivi la tensione di adesione laterale limite è valutata con la seguente espressione:

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 55 di 111

$$\tau_{lim} \text{ (kPa)} = \alpha \cdot c_u \leq \tau_{us,max}$$

dove:

$c_u$  resistenza al taglio non drenata.

$\alpha$  coefficiente empirico, determinato in accordo a quanto indicato nel manuale FHWA 2010:

$$\alpha = 0.55 \quad \text{per } (c_u/p_a) \leq 1.5;$$

$$\alpha = 0.55 - 0.1 \cdot (c_u/p_a - 1.5) \quad \text{per } 1.5 \leq (c_u/p_a) \leq 2.5$$

Inoltre, per la resistenza laterale si impongono anche le seguenti condizioni:

$$\tau_{lim} \text{ (kPa)} \geq 0.23 \cdot \sigma'_{v0}$$

$$\tau_{us,max} = 100 \text{ kPa (resistenza laterale massima in terreno coesivo),}$$

dove:

$\sigma'_{v0}$  tensione verticale efficace alla quota di riferimento.

### 7.3.1.2 Depositi incoerenti

Per i terreni incoerenti la tensione di aderenza laterale limite è valutata mediante metodo  $\beta$  con la seguente espressione (Reese & O'Neill, 1999, recepito nel manuale FHWA del 2010):

$$\tau_{lim} \text{ (kPa)} = \beta \cdot \sigma'_{v0} \leq \tau_{us,max}$$

dove:

$$\beta = 1.5 - 0.245 \cdot z^{0.50} \quad (0.25 \leq \beta \leq 1.20) \text{ per sabbie;}$$

$$\beta = 2.0 - 0.147 \cdot z^{0.75} \quad (0.25 \leq \beta \leq 1.80) \text{ per sabbie ghiaiose;}$$

$\sigma'_{v0}$  tensione verticale efficace alla quota di riferimento.

$$\tau_{us,max} = 150 \text{ kPa (resistenza laterale massima in terreno incoerente)}$$

### 7.3.2 Portata di base

Per la valutazione della portata di base limite si utilizzano le seguenti relazioni:

$$Q_{bl} = A_p \cdot q_{bl}$$

dove:

$A_p$  area della base del palo,



$q_{bl}$  portata limite specifica di base.

#### 7.3.2.1 Depositi coesivi

La portata di base limite nei terreni coesivi è valutata con la seguente relazione:

$$q_{b,ult} \text{ (kPa)} = 9 \cdot c_{u,k}$$

dove  $c_{u,k}$  indica il valore caratteristico della resistenza a taglio non drenata.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI2200001B</p>	<p>Foglio 56 di 111</p>

### 7.3.2.2 Depositi incoerenti

Il valore della portata di base allo stato critico ( $q_{bcr}$ ) è stato valutato, considerando un rapporto fra il cedimento della base del palo ed il diametro del palo pari al 10%.

Generalmente sono disponibili dati di prove SPT, da cui si possono utilizzare le indicazioni di Reese e O'Neill, 1988, Fioravante et al., 1995:

$$q_{bcr, 0.1} = 75 N_{SPT} < 4000 \text{ kPa.}$$

Quando sono disponibili dati penetrometrici, si può considerare la seguente espressione (Salgado 2006, Ghionna et al., 1994):

$$q_{bcr, 0.1} \cong 0.10 \div 0.16 q_c,$$

dove l'estremo inferiore può essere assunto per sabbie molto addensate e l'estremo superiore per sabbie mediamente addensate.

### 7.3.2.3 Terreni stratificati

Nel caso di terreni stratificati, costituiti da alternanze di strati di limi e argille e di sabbie e ghiaie, i criteri di valutazione delle portate laterali limite sono analoghi a quelli descritti precedentemente. Tuttavia, in accordo a quanto discusso in Meyerhof (1976), la portata di base negli strati sabbioso-ghiaiosi si riduce rispetto a quella caratteristica dello strato supposto omogeneo (v. figura seguente). Pertanto, nel caso di terreno stratificato, la mobilitazione dell'intera resistenza di base disponibile è subordinata alla condizione che il palo penetri nello strato portante per almeno 3 diametri. Viceversa, con l'avvicinarsi della base del palo ad uno strato inferiore di minore resistenza, la portata si riduce linearmente fino all'interfaccia tra gli strati, laddove eguaglia il valore di rottura dell'unità più debole (vedasi Figura 7-1).

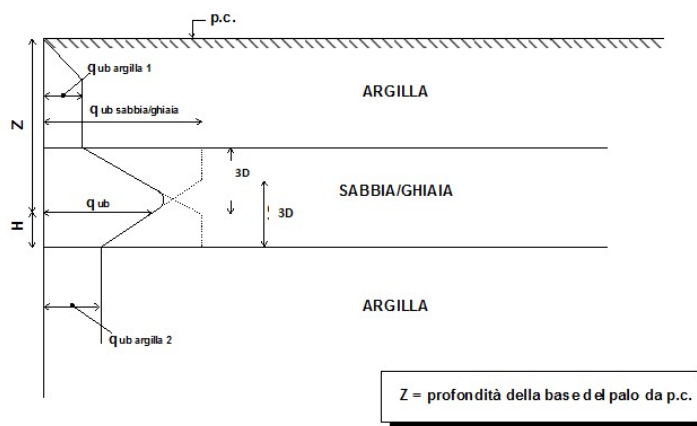




Figura 7-1 - Criterio di valutazione della pressione ultima di base ( $q_{ub}$ ) in terreni stratificati

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 57 di 111

## 7.4 Stratigrafia di calcolo e fattori parziali

I calcoli sono stati eseguiti con riferimento alla stratigrafia riportata nel paragrafo 4.5.

La testa pali è stata considerata a 1.6 m dal p.c.

Il livello di falda è stato considerato coincidente al p.c.

Tenuto conto delle indagini a disposizione, e del fatto che la stratigrafia è da considerarsi come ragionevolmente cautelativa rispetto alle condizioni medie del sito, si è considerato un valore di  $\xi_4 = 1.55$ .

## 7.5 Risultati

Si riportano di seguito le curve di capacità portante del palo singolo, calcolate sulla base della metodologia di calcolo discussa nei capitoli precedenti, per pali  $D = 800$  mm.

I tabulati di calcolo sono riportati in ALLEGATO 7.



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI2200001B

58 di 111

### 7.5.1 PALI D = 800 mm

Pali trivellati  $\Phi$  800  
Numero verticali indagate 2  
 $\xi_4$  1,55

Lpalo m	CARICO LIMITE ULTIMO			RESISTENZA DI PROGETTO				
	$Q_{b,lim}$ kN	$Q_{b,cr}$ kN	$Q_{TOT,lim}$ kN	$Q_{L,c,d}$ kN	$Q_{L,tr,d}$ kN	$Q_{b,d}$ kN	$Q_{tot,c,d}$ kN	$Q_{tot,tr,d}$ kN
0,00	0	0	0	0	0	0	0	0
0,50	0	0	0	0	0	0	0	2
1,00	0	0	0	0	0	0	0	3
1,50	0	0	0	0	0	0	0	5
2,00	0	0	0	0	0	0	0	6
2,50	4	0	0	2	2	0	0	10
3,00	28	36	55	16	14	17	21	23
3,50	55	72	117	31	28	34	50	39
4,00	86	109	182	48	44	52	84	56
4,50	136	207	330	76	70	99	156	84
5,00	196	306	487	110	101	146	236	116
5,50	286	496	766	160	148	237	375	165
6,00	386	687	1054	217	199	328	521	217
6,50	490	877	1347	275	253	419	667	273
7,00	600	1067	1645	337	310	510	818	331
7,50	713	1257	1947	400	368	601	970	391
8,00	831	1257	2063	466	429	601	1035	453
8,50	952	1257	2183	534	491	601	1100	517
9,00	1077	1257	2306	604	556	601	1168	583
9,50	1205	1257	2433	676	622	601	1238	651
10,00	1335	1257	2562	749	689	601	1309	719
10,50	1462	1257	2687	820	755	601	1378	787
11,00	1552	1257	2776	871	801	601	1427	834
11,50	1637	1257	2859	918	845	601	1472	880
12,00	1723	1257	2944	967	889	601	1519	925
12,50	1811	1257	3030	1016	935	601	1565	973
13,00	1899	1257	3116	1065	980	601	1613	1019
13,50	1987	1257	3203	1115	1026	601	1660	1067
14,00	2077	1257	3291	1165	1072	601	1709	1114
14,50	2166	1096	3218	1215	1118	524	1680	1162
15,00	2256	935	3146	1266	1164	447	1652	1209
15,50	2346	774	3074	1316	1211	370	1623	1258
16,00	2436	613	3001	1367	1257	293	1595	1305
16,50	2524	452	2927	1416	1303	216	1564	1353
17,00	2596	452	2997	1456	1340	216	1604	1391
17,50	2665	452	3064	1495	1375	216	1640	1428
18,00	2734	452	3132	1534	1411	216	1677	1465
18,50	2803	452	3200	1573	1447	216	1713	1503
19,00	2872	452	3267	1611	1482	216	1750	1539
19,50	2941	452	3335	1650	1518	216	1786	1577
20,00	3010	452	3402	1689	1554	216	1824	1614
20,50	3079	452	3470	1727	1589	216	1860	1651
21,00	3149	452	3538	1767	1625	216	1898	1688
21,50	3218	452	3605	1805	1661	216	1934	1726
22,00	3287	452	3673	1844	1697	216	1971	1763
22,50	3357	452	3741	1883	1733	216	2008	1801
23,00	3432	714	4076	1925	1771	341	2173	1840
23,50	3506	975	4410	1967	1810	466	2337	1881
24,00	3579	1237	4743	2008	1847	591	2502	1919
24,50	3649	1498	5073	2047	1883	716	2663	1957
25,00	3720	1759	5404	2087	1920	841	2826	1995
25,50	3791	1759	5474	2127	1957	841	2863	2034
26,00	3865	1759	5545	2168	1995	841	2904	2073
26,50	3939	1759	5618	2210	2033	841	2942	2113
27,00	4015	1759	5693	2252	2072	841	2984	2153
27,50	4092	1759	5769	2296	2112	841	3024	2195
28,00	4171	1759	5846	2340	2153	841	3067	2237
28,50	4251	1759	5925	2385	2194	841	3109	2280
29,00	4333	1759	6005	2431	2236	841	3154	2323
29,50	4416	1759	6086	2477	2279	841	3198	2368
30,00	4500	1759	6169	2525	2323	841	3244	2413

Figura 7-2 – Riassunto curve di carico limite ultimo e di resistenza di progetto SLU per pali D=800 mm



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

59 di 111

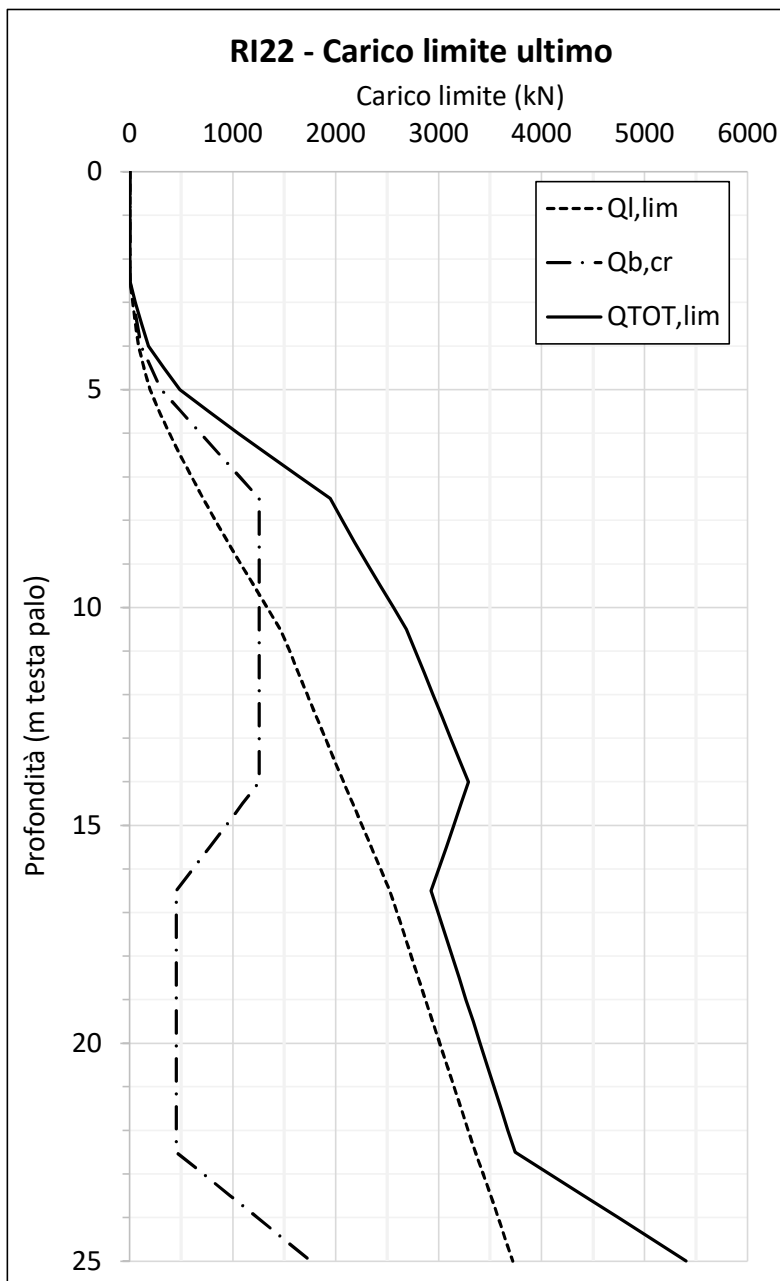


Figura 7-3 – Curve di carico limite ultimo per pali D=800 mm



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

60 di 111

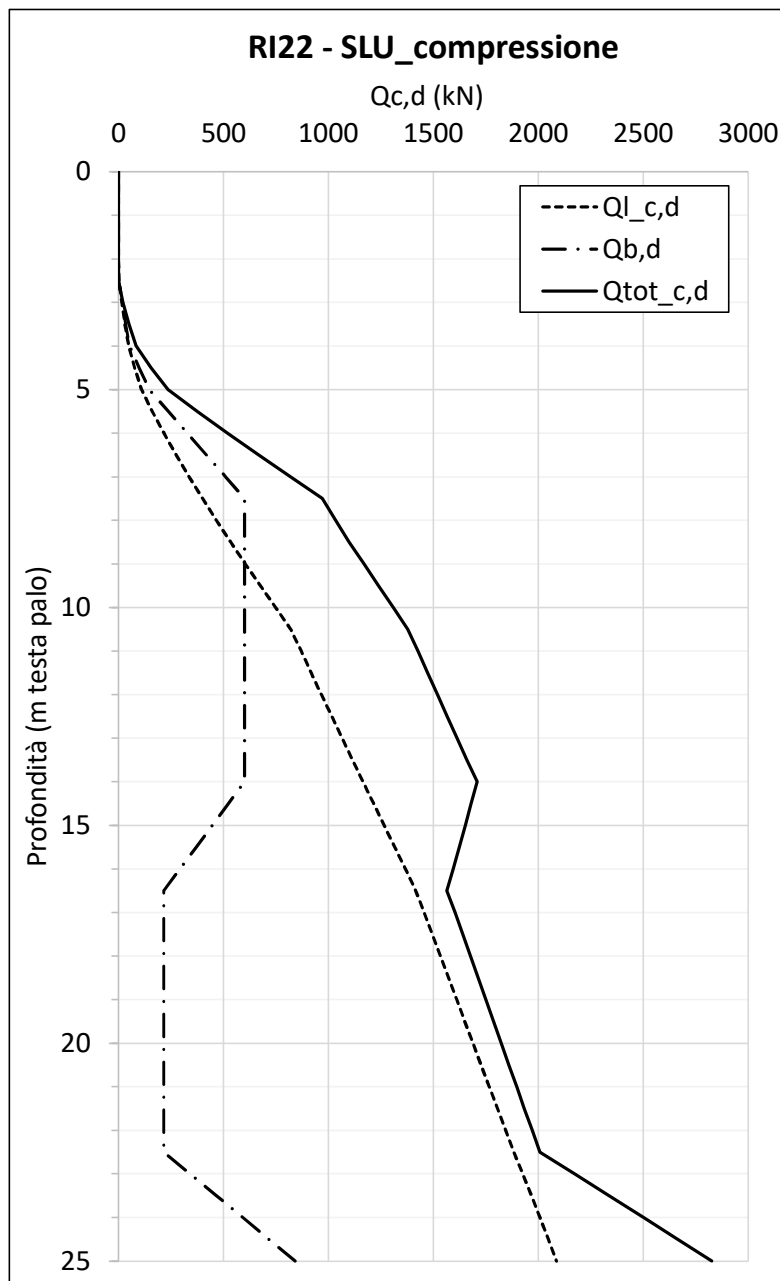


Figura 7-4 – Curve di resistenza di progetto SLU, compressione per pali  $D=800$  mm





Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

61 di 111

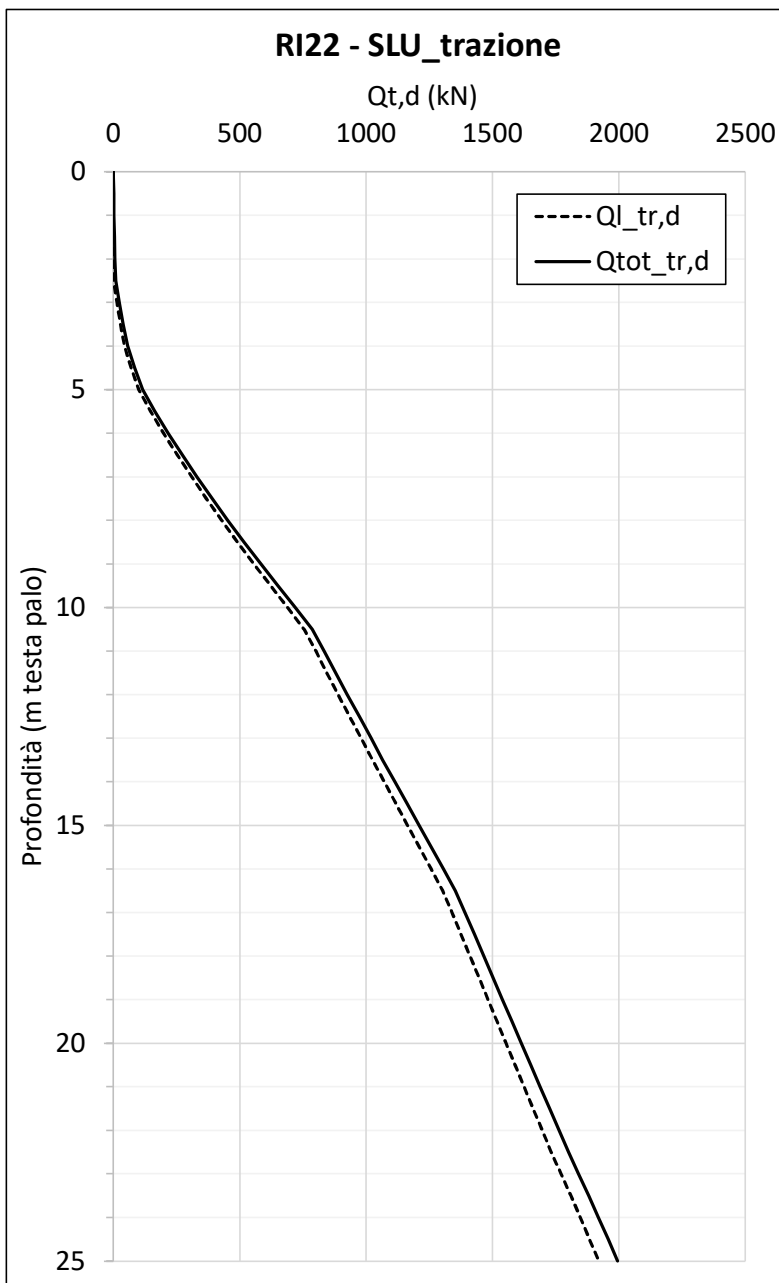




Figura 7-5 – Curve di resistenza di progetto SLU, trazione per pali D=800 mm

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 62 di 111

## 8 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

In conclusione, il rilevato oggetto di questa analisi risulta stabile e i cedimenti attesi sono limitati e non differiti nel tempo. Non si evidenziano criticità di tipo geotecnico e pertanto non è previsto un monitoraggio.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 63 di 111
--	------------------	-------------	-----------------------------	---------------------

**ALLEGATI**

GENERAL CONTRACTOR

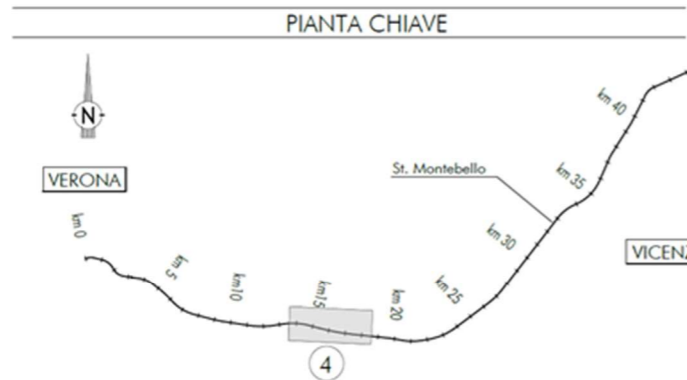
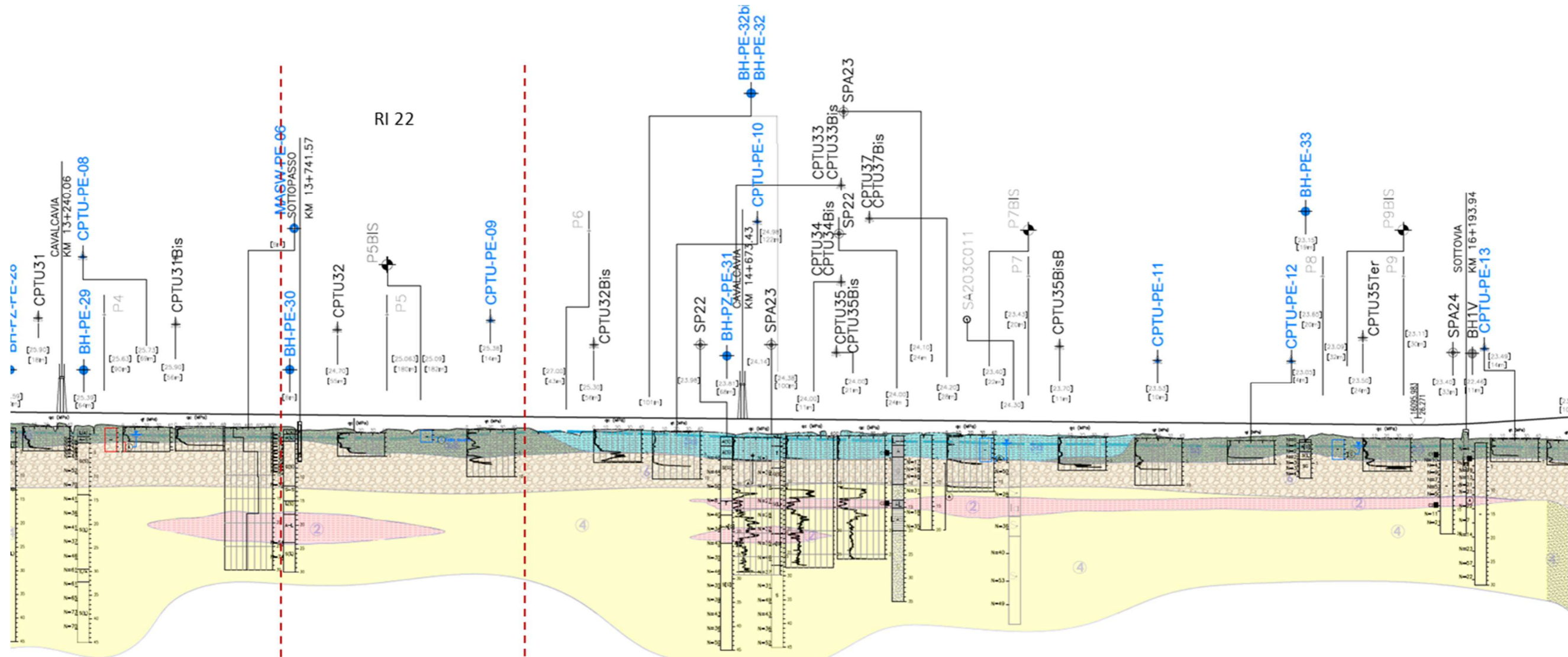


ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 64 di 111
--	------------------	-------------	-----------------------------	---------------------

## ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO



**LEGENDA**



- Campagna indagini integrative PE**
- BH-PE-A Sondaggio a carotaggio continuo
  - BH-PZ-PE-A Sondaggio a carotaggio continuo con l'installazione di piezometro a tubo aperto o Casagrande
  - MASW-PE-A Indagine MSW
  - CPTU-PE-A Prova penetrometrica statica con piezometro
- Campagna indagini 2018 per CDS**
- Sondaggio geognostico
- Campagna indagini 2015**
- P1-P15, P20 Sondaggio a carotaggio continuo con installazione di Piezometro a Tubo Aperto (A)
  - P1-15Bis Foro a distribuzione di nucleo per installazione di Piezometro Casagrande (C)
- Campagna indagini 2014**
- Sondaggio a carotaggio continuo
  - SP Sondaggio a carotaggio continuo (SP) con installazione di Piezometro Casagrande (C) e/o Piezometro a Tubo Aperto (A)
  - SOC Foro a distribuzione di nucleo per installazione di Piezometro Casagrande (C) e/o Piezometro a Tubo Aperto (A)
  - SPM Prova penetrometrica statica con piezometro (possibilità di avanzamento con trivellazione)
  - CPTU Prova penetrometrica statica con piezometro "tradizionale"
  - CH Foro a distribuzione di nucleo per esecuzione prove CROSS-HOLE
  - PE Pozzetto esplorativo a 1.5 m da p.c. con prove di carico su piastra
  - Profondità delle indagini
- PE-PE-A** Pozzetto esplorativo
- BH-PE-A** Sondaggio con esecuzione di prova down hole
- CH-PE-A** Sondaggio con esecuzione di prova cross hole
- Indagini orientati**
- Nota per PE in blu le indagini disponibili e con coordinate cart. in rosso indagini ancora non disponibili o con coordinate non note

**Campagna indagini pregresse**

- Sondaggio geognostico (campagna 1998)
- Sondaggio geognostico, numero di riferimento (campagna 2002)
- ▲ CPTU, numero di riferimento (campagna 2002)
- Pozzo con stratigrafia, numero di riferimento (Dati ex Aziende Industriali Municipalizzate (VI) per gentile concessione Centro Idrico Novoledo s.r.l.)

**Classi dei terreni**

- ① Riporto
- ② Limi argillosi e limi da compatte a molto compatte, generalmente sovraconsolidati
- ③a Area con prevalenza di sabbie limose/con limo e limi sabbiosi/con sabbia, a comportamento drenato, da sciolti a mediamente addensati
- ③b Area con prevalenza di limi argillosi e argille limose, da tenere a mediamente compatte, generalmente NC o debolmente OC
- ③c Area di atterramento, sia in verticale che perimetrica, di materiali 3a e 3b
- ④ Sabbie generalmente da debolmente limose a limose, da mediamente addensati a molto addensati
- ⑥ Ghiaie, ghiaie con sabbie, con presenza locale di ciottoli, anche di grandi dimensioni (fino a 80/100mm)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>R19 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica E12GERI190001</p>	<p>A</p>

**ALLEGATO 2 - SONDAGGI**



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI2200001B

Foglio  
67 di 111

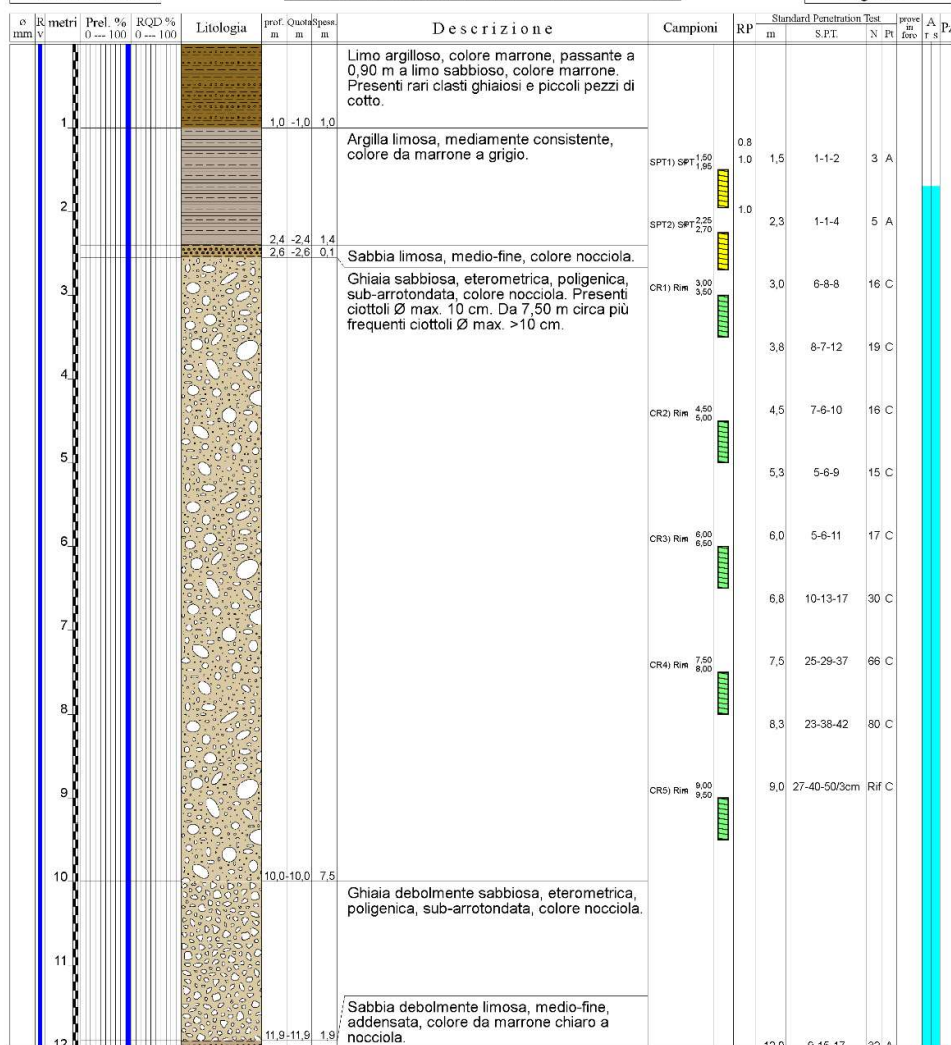


Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 30
Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza	Data: 13/11/2020 - 16/11/2020
Coordinate:	Quota:
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: A 66, prog. 13+740	

SCALA 1:60

**STRATIGRAFIA - BH PE 30**

Pagina 1/3



Il Geologo di Cantiere  
dott.geol. Gabriele Sproccati





Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

68 di 111

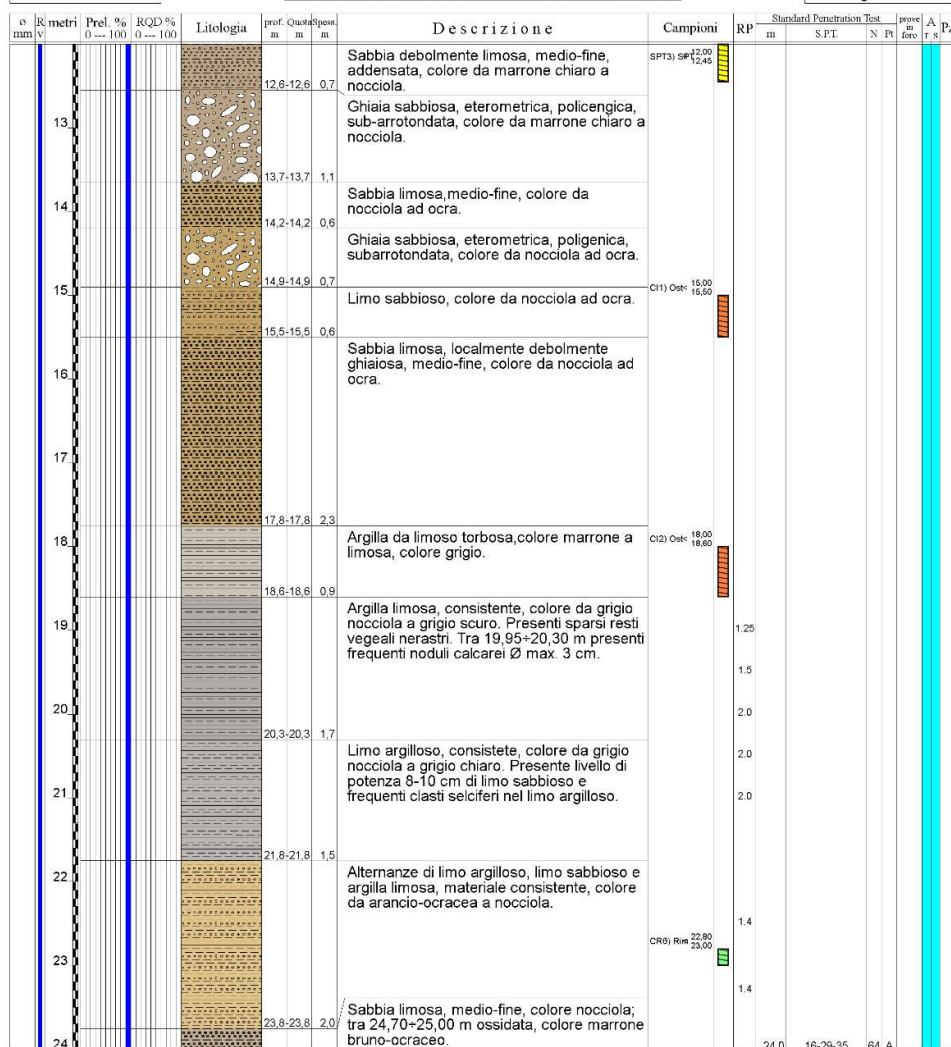


Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 30
Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza	Data: 13/11/2020 - 16/11/2020
Coordinate:	Quota:
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: A 66, prog. 13+740	

SCALA 1:60

## STRATIGRAFIA - BH PE 30

Pagina 2/3



Il Geologo di Cantiere  
dott.geol. Gabriele Sproccati





Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

69 di 111



Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 30
Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza	Data: 13/11/2020 - 16/11/2020
Coordinate:	Quota:
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: A 66, prog. 13+740	

SCALA 1:60

## STRATIGRAFIA - BH PE 30

Pagina 3/3

o mm	R metri	Prel. % 0 --- 100	RQD % 0 --- 100	Litologia	prof. m	Quar. m	Spes. m	Descrizione	Campioni	RP m	Standard Penetration Test S.P.T.	N	Pt	prove di foro	A r s	Pz
								Sabbia limosa, medio-fine, colore nocciola; tra 24,70+25,00 m ossidata, colore marrone bruno-ocraceo.	SPT4) SP <sup>24,00</sup> <sub>24,46</sub>							
25																
26																
27									SPT5) SP <sup>27,00</sup> <sub>27,46</sub>	27,0	20-33-41	74	A			
28																
29																
30					30,0	30,0	6,3									

Utilizzato carotiere semplice.  
Prelevati n. 2 campioni indisturbati.  
Prelevati n. 6 campioni rimaneggiati.  
Prelevati n. 5 campioni rimaneggiati S.P.T.  
Eseguite n. 14 prove SPT.  
Approvvigionamento e trasporto di acqua necessaria per la perforazione.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

70 di 111

### ALLEGATO 3- TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU STATICA



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

71 di 111

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 1 of 7

## Slide Analysis Information

### SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

#### Project Summary

File Name: RI22\_stat.slim  
Slide Modeler Version: 7.038  
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
Date Created: 17/03/2021, 17:14:01

#### General Settings

Units of Measurement: Metric Units  
Time Units: days  
Permeability Units: meters/second  
Failure Direction: Left to Right  
Data Output: Standard  
Maximum Material Properties: 20  
Maximum Support Properties: 20

#### Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)  
Name: Stabilità Globale\_A2+M2+R2

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1
Shear strength	1
Compressive strength	1
Bond strength	1
Seismic Coefficient	1

#### Analysis Options

Slices Type: Vertical

##### Analysis Methods Used

Bishop simplified

Number of slices: 50  
Tolerance: 0,005  
Maximum number of iterations: 75  
Check  $m\alpha < 0.2$ : Yes  
Create interslice boundaries at intersections with water tables and piezos: Yes  
Initial trial value of FS: 1  
Steffensen iteration: Yes

#### Groundwater Analysis



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

72 di 111

SLIDEINTERPRET 7.030



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 2 of 7

Groundwater Method: Water Surfaces  
Pore Fluid Unit Weight [kN/m<sup>3</sup>]: 9.81  
Use negative pore pressure cutoff: Yes  
Maximum negative pore pressure [kPa]: 0  
Advanced Groundwater Method: None

### Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116  
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

### Surface Options

Surface Type: Circular  
Search Method: Auto Refine Search  
Divisions along slope: 10  
Circles per division: 10  
Number of iterations: 10  
Divisions to use in next iteration: 50%  
Composite Surfaces: Disabled  
Minimum Elevation: Not Defined  
Minimum Depth [m]: 1.5  
Minimum Area: Not Defined  
Minimum Weight: Not Defined

### Seismic

Advanced seismic analysis: No  
Staged pseudostatic analysis: No

### Loading

3 Distributed Loads present

#### Distributed Load 1

Distribution: Constant  
Magnitude [kPa]: 14.4  
Orientation: Normal to boundary  
Load Action: Permanent

#### Distributed Load 2

Distribution: Constant  
Magnitude [kPa]: 61.4  
Orientation: Normal to boundary  
Load Action: Variable

#### Distributed Load 3

Distribution: Constant  
Magnitude [kPa]: 61.4  
Orientation: Normal to boundary  
Load Action: Variable

### Material Properties





Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

73 di 111

SLIDEINTERPRET 7.030



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 3 of 7

Property	Rilevato	Unità3b	Unità6	Unità4	COLONNE	scotico	3a
Color							
Strength Type	Mohr-Coulomb	Undrained	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20	18	19	19	18	20	18
Cohesion [kPa]	0		0	0	0	0	0
Friction Angle [deg]	38		39	38	36	36	34
Cohesion Type		40					
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	0	1	1	1	1	1

**Global Minimums**

**Method: bishop simplified**

FS	1.306270
Center:	42.156, 27.422
Radius:	4.771
Left Slip Surface Endpoint:	37.667, 25.808
Right Slip Surface Endpoint:	43.947, 23.000
Resisting Moment:	301.027 kN-m
Driving Moment:	230.448 kN-m
Total Slice Area:	5.68222 m2
Surface Horizontal Width:	6.28006 m
Surface Average Height:	0.904804 m

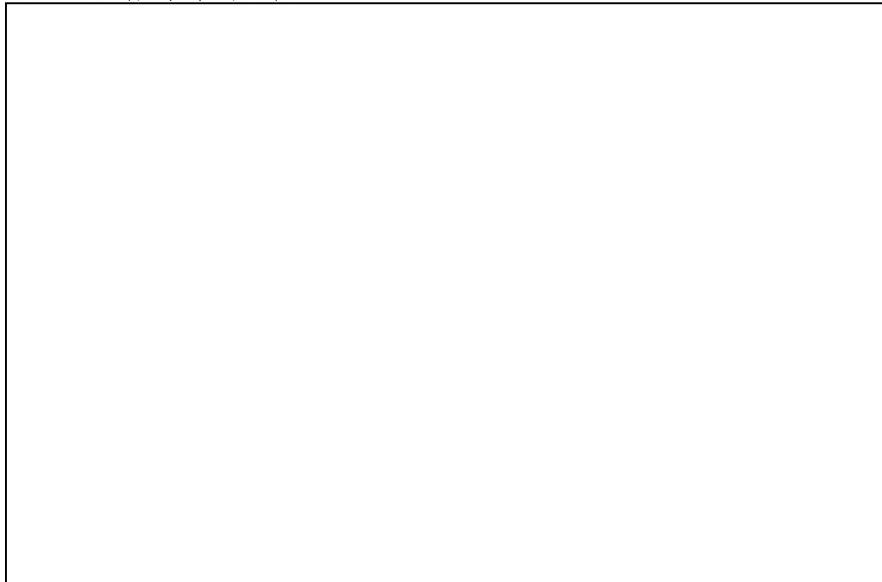
**Valid / Invalid Surfaces**

**Method: bishop simplified**

Number of Valid Surfaces:	1050
Number of Invalid Surfaces:	0

**Slice Data**

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.30627





Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI2200001B

74 di 111

SLICEINTERPRET 7.030



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 4 of 7

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.122668	0.376971	-68.2398	Rilevato	0	32.0066	0.669715	0.874829	1.39966	0	1.39966	3.07745	3.07745
2	0.122668	1.06997	-64.5386	Rilevato	0	32.0066	2.08438	2.72276	4.35622	0	4.35622	8.7338	8.7338
3	0.122668	1.66074	-61.2912	Rilevato	0	32.0066	3.46157	4.52174	7.23446	0	7.23446	13.5548	13.5548
4	0.122668	2.17963	-58.3535	Rilevato	0	32.0066	4.79162	6.25915	10.0142	0	10.0142	17.7887	17.7887
5	0.122668	2.61106	-55.644	Rilevato	0	32.0066	5.9976	7.83449	12.5346	0	12.5346	21.3083	21.3083
6	0.122668	2.85231	-53.1113	Rilevato	0	32.0066	6.80109	8.88406	14.2138	0	14.2138	23.2758	23.2758
7	0.122668	3.03984	-50.7204	Rilevato	0	32.0066	7.48803	9.78139	15.6495	0	15.6495	24.8048	24.8048
8	0.122668	3.19663	-48.4462	Rilevato	0	32.0066	8.10506	10.5874	16.9391	0	16.9391	26.0829	26.0829
9	0.122668	3.32674	-46.27	Rilevato	0	32.0066	8.6574	11.3089	18.0934	0	18.0934	27.1433	27.1433
10	0.122668	3.43331	-44.1771	Rilevato	0	32.0066	9.14933	11.9515	19.1215	0	19.1215	28.0117	28.0117
11	0.122668	3.51881	-42.1563	Rilevato	0	32.0066	9.58439	12.5198	20.0308	0	20.0308	28.7081	28.7081
12	0.122668	3.58525	-40.1981	Rilevato	0	32.0066	9.96578	13.018	20.8279	0	20.8279	29.2491	29.2491
13	0.122668	3.63428	-38.295	Rilevato	0	32.0066	10.296	13.4494	21.5181	0	21.5181	29.6479	29.6479
14	0.122668	3.66725	-36.4407	Rilevato	0	32.0066	10.5774	13.8169	22.1061	0	22.1061	29.916	29.916
15	0.122668	3.68533	-34.6298	Rilevato	0	32.0066	10.8117	14.123	22.5957	0	22.5957	30.0625	30.0625
16	0.122668	3.6895	-32.8576	Rilevato	0	32.0066	11.0006	14.3697	22.9905	0	22.9905	30.0955	30.0955
17	0.122668	3.68058	-31.1201	Rilevato	0	32.0066	11.1454	14.5589	23.2932	0	23.2932	30.0219	30.0219
18	0.122668	3.65932	-29.414	Rilevato	0	32.0066	11.2474	14.6921	23.5064	0	23.5064	29.8475	29.8475
19	0.122668	3.62633	-27.736	Rilevato	0	32.0066	11.3075	14.7706	23.6319	0	23.6319	29.5776	29.5776
20	0.122668	3.58217	-26.0836	Rilevato	0	32.0066	11.3265	14.7955	23.6718	0	23.6718	29.2165	29.2165
21	0.122668	3.52732	-24.4541	Rilevato	0	32.0066	11.3052	14.7677	23.6272	0	23.6272	28.7684	28.7684
22	0.122668	3.4622	-22.8455	Rilevato	0	32.0066	11.2441	14.6878	23.4993	0	23.4993	28.2364	28.2364
23	0.135049	3.72433	-21.1764	scotico	0	30.1666	10.4707	13.6775	23.5318	0	23.5318	27.5881	27.5881
24	0.135049	3.62067	-19.4466	scotico	0	30.1666	10.3133	13.4719	23.1782	0	23.1782	26.8195	26.8195
25	0.126715	3.29211	-17.7874	scotico	0	30.1666	10.0416	13.1171	22.7671	0.199404	22.5677	25.9887	25.7893
26	0.126715	3.18011	-16.1959	scotico	0	30.1666	9.66347	12.6231	22.2971	0.579332	21.7177	25.1038	24.5245
27	0.126715	3.05847	-14.6171	scotico	0	30.1666	9.25796	12.0934	21.7283	0.921954	20.8063	24.1427	23.2208
28	0.126715	2.9274	-13.0495	scotico	0	30.1666	8.8252	11.5281	21.062	1.22811	19.8339	23.1075	21.8794
29	0.126715	2.78711	-11.4919	scotico	0	30.1666	8.36527	10.9273	20.2987	1.49853	18.8002	21.9994	20.5009
30	0.126715	2.63775	-9.94281	scotico	0	30.1666	7.878	10.2908	19.4389	1.73385	17.7051	20.8199	19.0861
31	0.126715	2.47945	-8.40105	scotico	0	30.1666	7.3631	9.6182	18.4825	1.93459	16.5479	19.5699	17.6353
32	0.126715	2.31234	-6.86539	scotico	0	30.1666	6.82033	8.90919	17.4293	2.10122	15.3281	18.2505	16.1493
33	0.126715	2.13651	-5.33468	scotico	0	30.1666	6.24925	8.16321	16.2787	2.23409	14.0447	16.8623	14.6282
34	0.126715	1.95204	-3.80779	scotico	0	30.1666	5.64935	7.37958	15.0299	2.3335	12.6964	15.4059	13.0724
35	0.126715	1.75897	-2.28359	scotico	0	30.1666	5.02	6.55748	13.6816	2.39965	11.282	13.8818	11.4822
36	0.126715	1.55736	-0.761019	scotico	0	30.1666	4.36046	5.69594	12.2324	2.43269	9.7972	12.2903	9.85764
37	0.126715	1.3472	0.761019	scotico	0	30.1666	3.66985	4.79381	10.6803	2.43269	8.24763	10.6316	8.19889
38	0.126715	1.12851	2.28359	scotico	0	30.1666	2.94715	3.84977	9.02307	2.39965	6.62342	8.90555	6.5059
39	0.126715	0.909852	3.80779	scotico	0	30.1666	2.22225	2.90286	7.32781	2.3335	4.99431	7.1799	4.8464
40	0.126715	0.830584	5.33468	scotico	0	30.1666	2.00561	2.61987	6.74151	2.23409	4.50742	6.55423	4.32014
41	0.126715	0.796258	6.86539	scotico	0	30.1666	1.96614	2.56831	6.51994	2.10122	4.41872	6.28322	4.182
42	0.126715	0.753212	8.40105	scotico	0	30.1666	1.90921	2.49394	6.22536	1.93459	4.29077	5.9434	4.00881
43	0.126715	0.701351	9.94281	scotico	0	30.1666	1.83396	2.39565	5.85551	1.73385	4.12166	5.53402	3.80017
44	0.126715	0.64056	11.4919	scotico	0	30.1666	1.73947	2.27222	5.40784	1.49853	3.90931	5.05419	3.55666
45	0.126715	0.570699	13.0495	scotico	0	30.1666	1.62466	2.12224	4.87938	1.22811	3.65127	4.50281	3.2747
46	0.126715	0.491607	14.6171	scotico	0	30.1666	1.4883	1.94412	4.26676	0.921954	3.3448	3.87861	2.95666
47	0.126715	0.403095	16.1959	scotico	0	30.1666	1.32899	1.73602	3.56611	0.579332	2.98678	3.1801	2.60077
48	0.126715	0.304944	17.7874	scotico	0	30.1666	1.14512	1.49584	2.77296	0.199404	2.57356	2.40558	2.20618
49	0.135049	0.205704	19.4466	scotico	0	30.1666	0.803685	1.04983	1.8062	0	1.8062	1.52244	1.52244
50	0.135049	0.0706551	21.1764	scotico	0	30.1666	0.281128	0.367229	0.631809	0	0.631809	0.5229	0.5229

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.30627

--



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

75 di 111

SLIDEINTERPRET 7.030



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 5 of 7

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	37.6667	25.808	0	0	0
2	37.7894	25.5006	0.348191	0	0
3	37.912	25.243	1.21544	0	0
4	38.0347	25.019	2.41226	0	0
5	38.1574	24.82	3.81915	0	0
6	38.28	24.6406	5.33464	0	0
7	38.4027	24.4771	6.82571	0	0
8	38.5254	24.3271	8.25666	0	0
9	38.648	24.1887	9.60919	0	0
10	38.7707	24.0605	10.8701	0	0
11	38.8934	23.9413	12.0298	0	0
12	39.016	23.8303	13.0817	0	0
13	39.1387	23.7266	14.0214	0	0
14	39.2614	23.6298	14.8459	0	0
15	39.3841	23.5392	15.5539	0	0
16	39.5067	23.4545	16.1454	0	0
17	39.6294	23.3752	16.621	0	0
18	39.7521	23.3012	16.9823	0	0
19	39.8747	23.232	17.2319	0	0
20	39.9974	23.1675	17.3727	0	0
21	40.1201	23.1075	17.4084	0	0
22	40.2427	23.0517	17.3432	0	0
23	40.3654	23	17.182	0	0
24	40.5004	22.9477	17.0027	0	0
25	40.6355	22.9	16.7187	0	0
26	40.7622	22.8593	16.3751	0	0
27	40.8889	22.8225	15.9744	0	0
28	41.0156	22.7895	15.5224	0	0
29	41.1424	22.7601	15.0256	0	0
30	41.2691	22.7344	14.4912	0	0
31	41.3958	22.7122	13.9274	0	0
32	41.5225	22.6934	13.3426	0	0
33	41.6492	22.6782	12.7465	0	0
34	41.7759	22.6663	12.1493	0	0
35	41.9026	22.6579	11.5621	0	0
36	42.0294	22.6529	10.9968	0	0
37	42.1561	22.6512	10.4662	0	0
38	42.2828	22.6529	9.98445	0	0
39	42.4095	22.6579	9.56637	0	0
40	42.5362	22.6663	9.22371	0	0
41	42.6629	22.6782	8.89046	0	0
42	42.7897	22.6934	8.54249	0	0
43	42.9164	22.7122	8.18469	0	0
44	43.0431	22.7344	7.82283	0	0
45	43.1698	22.7601	7.46367	0	0
46	43.2965	22.7895	7.11502	0	0
47	43.4232	22.8225	6.78592	0	0
48	43.5499	22.8593	6.4867	0	0
49	43.6767	22.9	6.22925	0	0
50	43.8117	22.9477	6.03487	0	0
51	43.9468	23	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-1	22.9
68	22.9

Distributed Load

X	Y
36.4432	25.808
26.0989	25.808



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

76 di 111

SLIDEINTERPRET 7.030



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 6 of 7

**Distributed Load**

X	Y
30.2474	25.808
27.6344	25.808

**Distributed Load**

X	Y
34.7678	25.808
32.1863	25.808

**External Boundary**

X	Y
67.5	3.6e-015
67.5	10
67.5	16.5
67.5	17.5
67.5	19
67.5	23
44	23
42.5	23
38.2092	25.808
24.21	25.808
20	23
18	23
0	23
0	19
0	17.5
0	16.5
0	10
0	0

**Material Boundary**

X	Y
20	23
42.5	23

**Material Boundary**

X	Y
18	22.5
44	22.5

**Material Boundary**

X	Y
0	19
18	19
44	19
67.5	19

**Material Boundary**

X	Y
0	10
67.5	10

**Material Boundary**

X	Y
44	19
44	22.5
44	23

**Material Boundary**

X	Y
44	19



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

77 di 111

SLIDEINTERPRET 7.030



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 7 of 7


X	Y
18	19
18	22.5
18	23

**Material Boundary**

X	Y
0	17.5
67.5	17.5

**Material Boundary**

X	Y
0	16.5
67.5	16.5

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI2200001B</p>	<p>Foglio 78 di 111</p>

**ALLEGATO 4 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU IN CAMPO SISMICO**



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

79 di 111

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 1 of 7

## Slide Analysis Information

### SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

#### Project Summary

File Name: RI22\_sisma.slim  
Slide Modeler Version: 7.038  
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
Date Created: 17/03/2021, 17:14:01

#### General Settings

Units of Measurement: Metric Units  
Time Units: days  
Permeability Units: meters/second  
Failure Direction: Left to Right  
Data Output: Standard  
Maximum Material Properties: 20  
Maximum Support Properties: 20

#### Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)  
Name: Stabilità Globale\_SISMA+M2+R2

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1
Shear strength	1
Compressive strength	1
Bond strength	1
Seismic Coefficient	1

#### Analysis Options

Slices Type: Vertical

##### Analysis Methods Used

Bishop simplified

Number of slices: 50  
Tolerance: 0.005  
Maximum number of iterations: 75  
Check malpha < 0.2: Yes  
Create interslice boundaries at intersections with water tables and piezos: Yes  
Initial trial value of FS: 1  
Steffensen Iteration: Yes

#### Groundwater Analysis



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

80 di 111

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 2 of 7

Groundwater Method: Water Surfaces  
Pore Fluid Unit Weight [kN/m3]: 9.81  
Use negative pore pressure cutoff: Yes  
Maximum negative pore pressure [kPa]: 0  
Advanced Groundwater Method: None

### Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116  
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

### Surface Options

Surface Type: Circular  
Search Method: Auto Refine Search  
Divisions along slope: 10  
Circles per division: 10  
Number of iterations: 10  
Divisions to use in next iteration: 50%  
Composite Surfaces: Disabled  
Minimum Elevation: Not Defined  
Minimum Depth [m]: 1.8  
Minimum Area: Not Defined  
Minimum Weight: Not Defined

### Seismic

Advanced seismic analysis: No  
Staged pseudostatic analysis: No

### Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.083  
Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.042

3 Distributed Loads present

#### Distributed Load 1

Distribution: Constant  
Magnitude [kPa]: 14.4  
Orientation: Normal to boundary  
Load Action: Dead

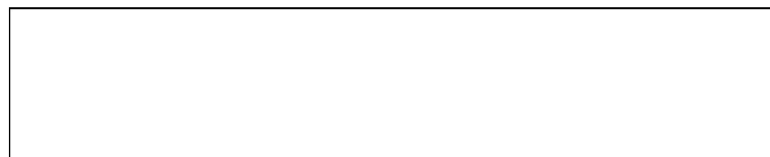
#### Distributed Load 2

Distribution: Constant  
Magnitude [kPa]: 12.2  
Orientation: Normal to boundary  
Load Action: Live

#### Distributed Load 3

Distribution: Constant  
Magnitude [kPa]: 12.2  
Orientation: Normal to boundary  
Load Action: Live

### Material Properties





Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

81 di 111

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 3 of 7

Property	Rilevato	Unità3b	Unità6	Unità4	COLONNE	scotico	3a
Color							
Strength Type	Mohr-Coulomb	Undrained	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	20	18	19	19	18	20	18
Cohesion [kPa]	0		0	0	0	0	0
Friction Angle [deg]	38		39	38	36	36	34
Cohesion Type		40					
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value		1	0	1	1	1	1

**Global Minimums**

**Method: bishop simplified**

FS	1.138040
Center:	42.215, 27.667
Radius:	5.256
Left Slip Surface Endpoint:	37.299, 25.808
Right Slip Surface Endpoint:	44.632, 23.000
Resisting Moment:	402.914 kN-m
Driving Moment:	354.042 kN-m
Total Slice Area:	7.86105 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	7.33278 m
Surface Average Height:	1.07204 m

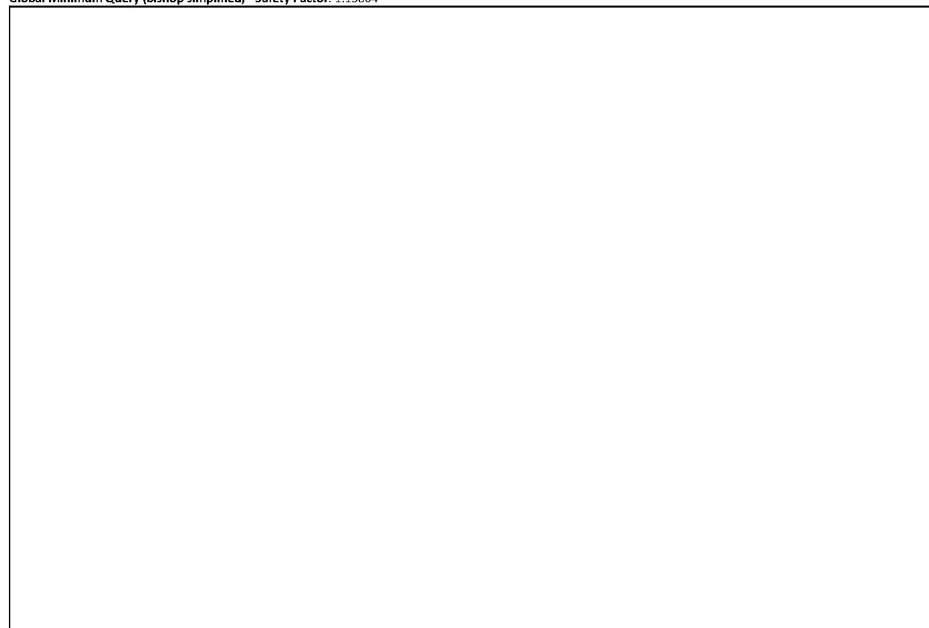
**Valid / Invalid Surfaces**

**Method: bishop simplified**

Number of Valid Surfaces:	990
Number of Invalid Surfaces:	0

**Slice Data**

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.13804





Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI2200001B

82 di 111

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 4 of 7

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.146996	0.514444	-67.2165	Rilevato	0	32.0066	0.798197	0.90838	1.45334	0	1.45334	3.35371	3.35371
2	0.146996	1.45963	-63.3596	Rilevato	0	32.0066	2.49467	2.83903	4.54224	0	4.54224	9.51522	9.51522
3	0.146996	2.26419	-59.971	Rilevato	0	32.0066	4.15675	4.73055	7.56853	0	7.56853	14.7598	14.7598
4	0.146996	2.9695	-56.9022	Rilevato	0	32.0066	5.76987	6.56634	10.5057	0	10.5057	19.3574	19.3574
5	0.146996	3.59915	-54.0691	Rilevato	0	32.0066	7.33023	8.34209	13.3468	0	13.3468	23.4616	23.4616
6	0.146996	4.16817	-51.4185	Rilevato	0	32.0066	8.838	10.058	16.092	0	16.092	27.1705	27.1705
7	0.146996	4.59392	-48.9143	Rilevato	0	32.0066	10.0905	11.4834	18.3726	0	18.3726	29.9454	29.9454
8	0.146996	4.79194	-46.5302	Rilevato	0	32.0066	10.8621	12.3615	19.7776	0	19.7776	31.2359	31.2359
9	0.146996	4.94755	-44.2468	Rilevato	0	32.0066	11.5391	13.132	21.0102	0	21.0102	32.2499	32.2499
10	0.146996	5.0701	-42.0491	Rilevato	0	32.0066	12.138	13.8135	22.1005	0	22.1005	33.0485	33.0485
11	0.146996	5.16301	-39.9251	Rilevato	0	32.0066	12.663	14.411	23.0565	0	23.0565	33.6538	33.6538
12	0.146996	5.22904	-37.8652	Rilevato	0	32.0066	13.1178	14.9286	23.8847	0	23.8847	34.0838	34.0838
13	0.146996	5.27042	-35.8614	Rilevato	0	32.0066	13.5056	15.3699	24.5908	0	24.5908	34.3534	34.3534
14	0.146996	5.28905	-33.9072	Rilevato	0	32.0066	13.8289	15.7378	25.1793	0	25.1793	34.4745	34.4745
15	0.146996	5.28648	-31.9968	Rilevato	0	32.0066	14.0898	16.0347	25.6543	0	25.6543	34.4575	34.4575
16	0.146996	5.26406	-30.1256	Rilevato	0	32.0066	14.29	16.2626	26.019	0	26.019	34.3111	34.3111
17	0.146996	5.22293	-28.2891	Rilevato	0	32.0066	14.4311	16.4232	26.2759	0	26.2759	34.0428	34.0428
18	0.203748	7.13668	-26.1419	scotico	0	30.1666	13.7045	15.5963	26.8331	0	26.8331	33.5593	33.5593
19	0.156449	5.37642	-23.9713	scotico	0	30.1666	13.5619	15.434	26.8951	0.341199	26.5539	32.9251	32.5839
20	0.156449	5.26437	-22.1174	scotico	0	30.1666	13.2146	15.0388	26.8681	0.994271	25.8738	32.2387	31.2444
21	0.156449	5.13398	-20.2876	scotico	0	30.1666	12.8242	14.5944	26.6992	1.58982	25.1094	31.4399	29.8501
22	0.156449	4.9859	-18.4791	scotico	0	30.1666	12.3913	14.1018	26.3918	2.12994	24.2618	30.5328	28.4029
23	0.156449	4.82073	-16.6896	scotico	0	30.1666	11.9164	13.5613	25.9484	2.61647	23.3319	29.5211	26.9047
24	0.156449	4.63897	-14.9167	scotico	0	30.1666	11.3996	12.9732	25.3711	3.05097	22.3201	28.4078	25.3569
25	0.156449	4.44104	-13.1583	scotico	0	30.1666	10.841	12.3375	24.6612	3.43479	21.2264	27.1956	23.7608
26	0.156449	4.22732	-11.4125	scotico	0	30.1666	10.2404	11.654	23.8195	3.76909	20.0504	25.8867	22.1176
27	0.147936	3.78309	-9.72428	COLONNE	0	30.1666	9.60432	10.9301	22.8534	4.04835	18.805	24.4993	20.4509
28	0.147936	3.55841	-8.09158	COLONNE	0	30.1666	8.93668	10.1703	21.7736	4.27586	17.4978	23.0442	18.7683
29	0.147936	3.3223	-6.46548	COLONNE	0	30.1666	8.23334	9.36987	20.5819	4.46126	16.1206	21.5149	17.0537
30	0.147936	3.07488	-4.84459	COLONNE	0	30.1666	7.49368	8.52811	19.2774	4.60499	14.6725	19.9126	15.3076
31	0.147936	2.81624	-3.22759	COLONNE	0	30.1666	6.71683	7.64402	17.8588	4.70741	13.1514	18.2375	13.5301
32	0.147936	2.54646	-1.61315	COLONNE	0	30.1666	5.90173	6.7164	16.3242	4.76877	11.5554	16.4904	11.7216
33	0.147936	2.26557	0	COLONNE	0	30.1666	5.04712	5.74383	14.6714	4.7892	9.88216	14.6714	9.88216
34	0.147936	1.97359	1.61315	COLONNE	0	30.1666	4.15154	4.72462	12.8974	4.76877	8.1286	12.7805	8.01168
35	0.147936	1.71786	3.22759	COLONNE	0	30.1666	3.37457	3.84039	11.3147	4.70741	6.60729	11.1244	6.417
36	0.147936	1.66421	4.84459	COLONNE	0	30.1666	3.29482	3.74964	11.0562	4.60499	6.45119	10.7769	6.17193
37	0.147936	1.62519	6.46548	COLONNE	0	30.1666	3.28677	3.74048	10.8967	4.46126	6.43543	10.5242	6.06296
38	0.147936	1.57487	8.09158	COLONNE	0	30.1666	3.26159	3.71182	10.662	4.27586	6.38612	10.1983	5.92242
39	0.147936	1.51311	9.72428	COLONNE	0	30.1666	3.21837	3.66263	10.3498	4.04835	6.30147	9.7983	5.74995
40	0.139066	1.35196	11.3155	scotico	0	30.1666	3.14334	3.57725	9.94208	3.78751	6.15457	9.31309	5.52558
41	0.139066	1.26909	12.8662	scotico	0	30.1666	3.03369	3.45246	9.4351	3.49521	5.93989	8.74218	5.24697
42	0.139066	1.17516	14.4265	scotico	0	30.1666	2.89947	3.29971	8.841	3.16393	5.67707	8.09511	4.93118
43	0.139066	1.06997	15.9979	scotico	0	30.1666	2.73895	3.11704	8.15569	2.79289	5.3628	7.37041	4.57752
44	0.139066	0.953241	17.5817	scotico	0	30.1666	2.55018	2.90221	7.37434	2.38119	4.99315	6.56627	4.18508
45	0.139066	0.824692	19.1795	scotico	0	30.1666	2.33084	2.65259	6.4915	1.92778	4.56372	5.68075	3.75297
46	0.139066	0.683987	20.793	scotico	0	30.1666	2.07823	2.36511	5.50062	1.4315	4.06912	4.71146	3.27996
47	0.139066	0.530746	22.424	scotico	0	30.1666	1.78918	2.03616	4.39416	0.891	3.50316	3.65584	2.76484
48	0.139066	0.364536	24.0743	scotico	0	30.1666	1.45987	1.66139	3.16314	0.304759	2.85838	2.51089	2.20613
49	0.0715868	0.11891	25.3364	scotico	0	30.1666	1.07176	1.21971	2.09848	0	2.09848	1.59103	1.59103
50	0.132161	0.0786294	26.5736	3a	0	28.3516	0.354214	0.40311	0.747042	0	0.747042	0.569869	0.569869

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.13804

--



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

83 di 111

SLIDEINTERPRET 7.030



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 5 of 7

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	37.2994	25.808	0	0	0
2	37.4464	25.458	0.434055	0	0
3	37.5934	25.165	1.51969	0	0
4	37.7404	24.9106	3.02164	0	0
5	37.8874	24.6851	4.78954	0	0
6	38.0344	24.4823	6.71852	0	0
7	38.1814	24.298	8.73113	0	0
8	38.3284	24.1295	10.7274	0	0
9	38.4754	23.9744	12.596	0	0
10	38.6223	23.8312	14.3196	0	0
11	38.7693	23.6986	15.8873	0	0
12	38.9163	23.5756	17.2917	0	0
13	39.0633	23.4613	18.5282	0	0
14	39.2103	23.3551	19.5944	0	0
15	39.3573	23.2563	20.4894	0	0
16	39.5043	23.1644	21.2143	0	0
17	39.6513	23.0791	21.7711	0	0
18	39.7983	23	22.1631	0	0
19	40.0021	22.9	22.648	0	0
20	40.1585	22.8304	22.8444	0	0
21	40.315	22.7669	22.9234	0	0
22	40.4714	22.709	22.8883	0	0
23	40.6279	22.6567	22.7444	0	0
24	40.7843	22.6098	22.4983	0	0
25	40.9408	22.5682	22.1582	0	0
26	41.0972	22.5316	21.7336	0	0
27	41.2537	22.5	21.2354	0	0
28	41.4016	22.4746	20.7087	0	0
29	41.5495	22.4536	20.1406	0	0
30	41.6975	22.4369	19.544	0	0
31	41.8454	22.4243	18.933	0	0
32	41.9933	22.416	18.3225	0	0
33	42.1413	22.4118	17.7293	0	0
34	42.2892	22.4118	17.1711	0	0
35	42.4371	22.416	16.6673	0	0
36	42.5851	22.4243	16.2165	0	0
37	42.733	22.4369	15.7289	0	0
38	42.881	22.4536	15.1951	0	0
39	43.0289	22.4746	14.6193	0	0
40	43.1768	22.5	14.0066	0	0
41	43.3159	22.5278	13.4053	0	0
42	43.455	22.5596	12.7893	0	0
43	43.594	22.5954	12.1675	0	0
44	43.7331	22.6352	11.5504	0	0
45	43.8722	22.6793	10.9501	0	0
46	44.0112	22.7277	10.3806	0	0
47	44.1503	22.7805	9.85805	0	0
48	44.2893	22.8379	9.40125	0	0
49	44.4284	22.9	9.03206	0	0
50	44.5	22.9339	8.89412	0	0
51	44.6322	23	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-1	22.9
68	22.9

Distributed Load

X	Y
36.4432	25.808
26.0989	25.808

Distributed Load

X	Y



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

84 di 111

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 6 of 7

X	Y
30.2474	25.808
27.6344	25.808

**Distributed Load**

X	Y
34.7678	25.808
32.1863	25.808

**External Boundary**

X	Y
67.5	3.6e-015
67.5	10
67.5	16.5
67.5	17.5
67.5	19
67.5	23
44.5	23
42.5	23
38.2092	25.808
24.21	25.808
20	23
17	23
0	23
0	19
0	17.5
0	16.5
0	10
0	0

**Material Boundary**

X	Y
20	23
42.5	23

**Material Boundary**

X	Y
17	22.5
44.5	22.5

**Material Boundary**

X	Y
0	19
17	19
44.5	19
67.5	19

**Material Boundary**

X	Y
0	10
67.5	10

**Material Boundary**

X	Y
44.5	19
44.5	22.5
44.5	23

**Material Boundary**

X	Y
0	0
0	0



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

85 di 111

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 7 of 7

X	Y
17	19
17	22.5
17	23

**Material Boundary**

X	Y
0	17.5
67.5	17.5

**Material Boundary**

X	Y
0	16.5
67.5	16.5

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 86 di 111
--	------------------	-------------	-----------------------------	---------------------

**ALLEGATO 5 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU POST SISMA**



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

87 di 111

## Slide Analysis Information

### SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

#### Project Summary

File Name: RI22\_post.slim  
Slide Modeler Version: 7.038  
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
Date Created: 17/03/2021, 17:14:01

#### General Settings

Units of Measurement: Metric Units  
Time Units: days  
Permeability Units: meters/second  
Failure Direction: Left to Right  
Data Output: Standard  
Maximum Material Properties: 20  
Maximum Support Properties: 20

#### Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)  
Name: Stabilità Globale\_SISMA+M2+R2

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1
Shear strength	1
Compressive strength	1
Bond strength	1
Seismic Coefficient	1

#### Analysis Options

Slices Type: Vertical

##### Analysis Methods Used

Bishop simplified

Number of slices: 50  
Tolerance: 0.005  
Maximum number of iterations: 75  
Check  $m\alpha < 0.2$ : Yes  
Create interslice boundaries at intersections with water tables and piezos: Yes  
Initial trial value of FS: 1  
Steffensen iteration: Yes

#### Groundwater Analysis



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

88 di 111

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 2 of 7

Groundwater Method: Water Surfaces  
Pore Fluid Unit Weight [kN/m<sup>3</sup>]: 9.81  
Use negative pore pressure cutoff: Yes  
Maximum negative pore pressure [kPa]: 0  
Advanced Groundwater Method: None

### Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116  
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

### Surface Options

Surface Type: Circular  
Search Method: Auto Refine Search  
Divisions along slope: 10  
Circles per division: 10  
Number of iterations: 10  
Divisions to use in next iteration: 50%  
Composite Surfaces: Disabled  
Minimum Elevation: Not Defined  
Minimum Depth [m]: 1  
Minimum Area: Not Defined  
Minimum Weight: Not Defined

### Seismic

Advanced seismic analysis: No  
Staged pseudostatic analysis: No

### Loading

3 Distributed Loads present

#### Distributed Load 1

Distribution: Constant  
Magnitude [kPa]: 14.4  
Orientation: Normal to boundary  
Load Action: Dead

#### Distributed Load 2

Distribution: Constant  
Magnitude [kPa]: 12.2  
Orientation: Normal to boundary  
Load Action: Live

#### Distributed Load 3

Distribution: Constant  
Magnitude [kPa]: 12.2  
Orientation: Normal to boundary  
Load Action: Live

### Material Properties

Property	Rilevato	Unità3b	Unità6	Unità4	COLONNE	scotico	3a_liquef
Color							
Strength Type	Mohr-Coulomb	Undrained	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	20	18	19	19	18	20	18
Cohesion [kPa]	0		0	0	0	0	0
Friction Angle [deg]	38		39	38	36	36	5.7
Cohesion Type		40					
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	0	1	1	1	1	1

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

89 di 111

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 3 of 7

### Global Minimums

#### Method: bishop simplified

	FS	1.161000
Center:	39.534, 29.544	
Radius:	13.038	
Left Slip Surface Endpoint:	27.043, 25.808	
Right Slip Surface Endpoint:	50.812, 23.000	
Resisting Moment:	6464.49 kN-m	
Driving Moment:	5568.04 kN-m	
Total Slice Area:	139.588 m <sup>2</sup>	
Surface Horizontal Width:	23.7688 m	
Surface Average Height:	5.87275 m	

### Valid / Invalid Surfaces

#### Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 1934  
Number of Invalid Surfaces: 0

### Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.161





Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
IN17	12	EI2RBRI2200001B	90 di 111

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 4 of 7

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.607264	9.87867	-69.5295	Rilevato	0	32.0066	6.83203	7.93199	12.6906	0	12.6906	30.9924	30.9924
2	0.607264	26.9303	-62.792	Rilevato	0	32.0066	18.6619	21.6665	34.6649	0	34.6649	70.9646	70.9646
3	0.0586278	3.35111	-59.6179	scotico	0	30.1666	22.6233	26.2657	45.1897	0	45.1897	83.7778	83.7778
4	0.246751	15.3378	-58.3305	scotico	0	30.1666	23.992	27.8547	49.8854	1.962	47.9234	88.778	86.816
5	0.471771	34.1231	-55.4688	COLONNE	0	30.1666	26.5624	30.839	60.3448	7.28703	53.0578	98.9484	91.6614
6	0.471771	39.5942	-51.9576	COLONNE	0	30.1666	29.5951	34.3599	72.7228	13.6074	59.1154	110.545	96.9377
7	0.471771	44.4346	-48.7044	COLONNE	0	30.1666	32.4005	37.617	83.9183	19.1991	64.7192	120.805	101.606
8	0.471771	48.7642	-45.6505	COLONNE	0	30.1666	33.2882	38.6476	90.693	24.2007	66.4923	124.746	100.545
9	0.471771	52.6654	-42.7556	COLONNE	0	30.1666	33.3125	38.6758	95.2483	28.7074	66.5409	126.048	97.3407
10	0.471771	56.1976	-39.9907	COLONNE	0	30.1666	35.5206	41.2394	103.739	32.788	70.9514	133.535	100.747
11	0.471771	59.4057	-37.3338	COLONNE	0	30.1666	37.6206	43.6775	111.64	36.494	75.1462	140.334	103.84
12	0.535152	70.8979	-34.6014	Unità3b	28.5714	0	24.6093	28.5714	134.79	0	134.79	151.768	151.768
13	0.535152	74.2735	-31.7893	Unità3b	28.5714	0	24.6093	28.5714	150.145	0	150.145	165.397	165.397
14	0.535152	77.3033	-29.0605	Unità3b	28.5714	0	24.6093	28.5714	157.383	0	157.383	171.058	171.058
15	0.535152	80.0152	-26.4023	Unità3b	28.5714	0	24.6093	28.5714	163.907	0	163.907	176.124	176.124
16	0.535152	82.4318	-23.8042	Unità3b	28.5714	0	24.6093	28.5714	169.783	0	169.783	180.64	180.64
17	0.475581	75.0639	-21.3966	3a_liquef	0	4.56541	8.31599	9.65486	174.8	53.888	120.912	178.058	124.17
18	0.475581	76.5691	-19.1679	3a_liquef	0	4.56541	8.04645	9.34193	172.605	55.6129	116.992	175.402	119.79
19	0.475581	77.8978	-16.969	3a_liquef	0	4.56541	8.15509	9.46806	175.708	57.1356	118.572	178.196	121.061
20	0.475581	79.0566	-14.7956	3a_liquef	0	4.56541	8.25257	9.58123	178.453	58.4636	119.989	180.633	122.169
21	0.475581	80.051	-12.6438	3a_liquef	0	4.56541	7.36391	8.5495	166.672	59.603	107.069	168.324	108.721
22	0.475581	80.8852	-10.51	3a_liquef	0	4.56541	7.43748	8.63492	168.697	60.5591	108.138	170.077	109.518
23	0.475581	81.5631	-8.39087	3a_liquef	0	4.56541	7.50089	8.70853	170.396	61.3359	109.06	171.502	110.167
24	0.475581	81.9659	-6.28326	3a_liquef	0	4.56541	7.53681	8.75024	171.519	61.9368	109.583	172.349	110.413
25	0.475581	80.1318	-4.18416	3a_liquef	0	4.56541	7.26269	8.43198	167.961	62.3643	105.597	168.493	106.128
26	0.475581	77.3948	-2.09068	3a_liquef	0	4.56541	6.86856	7.9744	162.487	62.6202	99.8663	162.737	100.117
27	0.475581	74.5088	1.19844e-011	3a_liquef	0	4.56541	6.46258	7.50305	156.669	62.7053	93.9636	156.669	93.9636
28	0.475581	71.4742	2.09068	3a_liquef	0	4.56541	6.04475	7.01796	150.509	62.6202	87.8885	150.288	87.6679
29	0.475581	68.2907	4.18416	3a_liquef	0	4.56541	5.61502	6.51904	144.005	62.3643	81.6405	143.594	81.2297
30	0.475581	64.9574	6.28326	3a_liquef	0	4.56541	5.17329	6.00619	137.155	61.9368	75.2179	136.585	74.6483
31	0.475581	61.4728	8.39087	3a_liquef	0	4.56541	4.71937	5.47919	129.954	61.3359	68.6181	129.258	67.922
32	0.475581	57.8346	10.51	3a_liquef	0	4.56541	4.25305	4.93779	122.397	60.5591	61.8378	121.608	61.0488
33	0.475581	54.1435	12.6438	3a_liquef	0	4.56541	3.78921	4.39927	114.697	59.603	55.0938	113.847	54.2438
34	0.475581	52.3484	14.7956	3a_liquef	0	4.56541	3.61518	4.19722	111.027	58.4636	52.5635	110.072	51.6086
35	0.475581	51.1896	16.969	3a_liquef	0	4.56541	3.54771	4.11889	108.718	57.1356	51.5825	107.636	50.4999
36	0.475581	49.8609	19.1679	3a_liquef	0	4.56541	3.46874	4.02721	106.047	55.6129	50.4343	104.841	49.2285
37	0.475581	48.3557	21.3966	3a_liquef	0	4.56541	3.3778	3.92162	103	53.888	49.1119	101.676	47.7884
38	0.535152	52.3782	23.8042	Unità3b	28.5714	0	24.6093	28.5714	108.726	0	108.726	97.8701	97.8701
39	0.535152	49.8631	26.4023	Unità3b	28.5714	0	24.6093	28.5714	105.387	0	105.387	93.1698	93.1698
40	0.535152	46.7145	29.0605	Unità3b	28.5714	0	24.6093	28.5714	100.96	0	100.96	87.2853	87.2853
41	0.535152	43.6847	31.7893	Unità3b	28.5714	0	24.6093	28.5714	96.8752	0	96.8752	81.6231	81.6231
42	0.535152	40.3091	34.6014	Unità3b	28.5714	0	24.6093	28.5714	92.2923	0	92.2923	75.3146	75.3146
43	0.507022	34.7345	37.4331	3a_liquef	0	4.56541	2.33413	2.70993	70.2928	36.3553	33.9375	68.5061	32.1508
44	0.507022	31.0016	40.2969	3a_liquef	0	4.56541	2.10353	2.4422	62.9274	32.3428	30.5846	61.1436	28.8008
45	0.507022	26.8603	43.2883	3a_liquef	0	4.56541	1.84476	2.14177	54.7136	27.8913	26.8223	52.9759	25.0846
46	0.507022	22.2484	46.4356	3a_liquef	0	4.56541	1.55289	1.80291	45.5125	22.9339	22.5786	43.8797	20.9458
47	0.507022	17.0801	49.7777	3a_liquef	0	4.56541	1.22091	1.41748	35.1301	17.3785	17.7516	33.6865	16.308
48	0.507022	11.2325	53.3706	3a_liquef	0	4.56541	0.838258	0.973218	23.2808	11.0929	12.1879	22.1533	11.0604
49	0.507022	4.51658	57.3006	3a_liquef	0	4.56541	0.38776	0.450189	9.51179	3.8739	5.63789	8.90778	5.03388
50	0.0586278	0.052765	59.6179	3a_liquef	0	4.56541	0.0701219	0.0814115	1.01955	0	1.01955	0.899943	0.899943

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.161

--



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

91 di 111

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 5 of 7

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	27.0428	25.808	0	0	0
2	27.6501	24.1812	16.4976	0	0
3	28.2573	23	46.1166	0	0
4	28.316	22.9	49.3099	0	0
5	28.5627	22.5	63.3468	0	0
6	29.0345	21.8144	92.1959	0	0
7	29.5063	21.2114	122.087	0	0
8	29.978	20.6744	151.88	0	0
9	30.4498	20.1918	179.952	0	0
10	30.9216	19.7556	205.79	0	0
11	31.3934	19.3598	230.093	0	0
12	31.8651	19	252.526	0	0
13	32.4003	18.6308	289.176	0	0
14	32.9354	18.2991	325.761	0	0
15	33.4706	18.0018	359.4	0	0
16	34.0057	17.7361	389.784	0	0
17	34.5409	17.5	416.702	0	0
18	35.0165	17.3137	445.322	0	0
19	35.4921	17.1483	470.032	0	0
20	35.9676	17.0032	491.654	0	0
21	36.4432	16.8776	510.147	0	0
22	36.9188	16.7709	524.429	0	0
23	37.3944	16.6827	535.777	0	0
24	37.87	16.6125	544.165	0	0
25	38.3455	16.5602	549.564	0	0
26	38.8211	16.5254	551.955	0	0
27	39.2967	16.508	551.511	0	0
28	39.7723	16.508	548.439	0	0
29	40.2479	16.5254	542.953	0	0
30	40.7234	16.5602	535.274	0	0
31	41.199	16.6125	525.633	0	0
32	41.6746	16.6827	514.273	0	0
33	42.1502	16.7709	501.452	0	0
34	42.6258	16.8776	487.414	0	0
35	43.1013	17.0032	471.749	0	0
36	43.5769	17.1483	454.286	0	0
37	44.0525	17.3137	435.106	0	0
38	44.5281	17.5	414.306	0	0
39	45.0632	17.7361	375.475	0	0
40	45.5984	18.0018	334.313	0	0
41	46.1335	18.2991	291.126	0	0
42	46.6687	18.6308	245.832	0	0
43	47.2039	19	198.595	0	0
44	47.7109	19.3881	170.13	0	0
45	48.2179	19.8181	142.009	0	0
46	48.7249	20.2956	114.943	0	0
47	49.2319	20.8287	89.8943	0	0
48	49.739	21.4282	68.2149	0	0
49	50.246	22.1102	51.9132	0	0
50	50.753	22.9	44.2044	0	0
51	50.8116	23	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-1	22.9
68	22.9

Distributed Load

X	Y
36.4432	25.808
26.0989	25.808

Distributed Load

X	Y



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

92 di 111

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 6 of 7

X	Y
30.2474	25.808
27.6344	25.808

**Distributed Load**

X	Y
34.7678	25.808
32.1863	25.808

**External Boundary**

X	Y
67.5	3.6e-015
67.5	10
67.5	16.5
67.5	17.5
67.5	19
67.5	23
45.5	23
42.5	23
38.2092	25.808
24.21	25.808
20	23
17	23
0	23
0	19
0	17.5
0	16.5
0	10
0	0

**Material Boundary**

X	Y
20	23
42.5	23

**Material Boundary**

X	Y
17	22.5
45.5	22.5

**Material Boundary**

X	Y
0	19
17	19
45.5	19
67.5	19

**Material Boundary**

X	Y
0	10
67.5	10

**Material Boundary**

X	Y
45.5	19
45.5	22.5
45.5	23

**Material Boundary**

X	Y



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

93 di 111

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 7 of 7

X	Y
17	19
17	22.5
17	23

Material Boundary

X	Y
0	17.5
67.5	17.5

Material Boundary

X	Y
0	16.5
67.5	16.5

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

94 di 111

**ALLEGATO 6 - TABULATI DI SETTLE 3D – ANALISI SLE**



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

95 di 111

## Settle3D Analysis Information

### Rilevato

#### Project Settings

Document Name: Ri22.s3z  
Project Title: Rilevato  
Date Created: 08/06/2021, 14:59:10  
Stress Computation Method: Boussinesq

#### Stage Settings

Stage #	Name
1	Stage 1

#### Results

Time taken to compute: 1.06905 seconds

#### Stage: Stage 1

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [m]	0	0.0749095
Consolidation Settlement [m]	0	0.0181649
Immediate Settlement [m]	0	0.0567447
Loading Stress [kPa]	0	91.1075
Total Stress [kPa]	0	764.028
Total Strain	2.29892e-009	0.015875
Degree of Consolidation [%]	0	100
Pre-consolidation Stress [kPa]	3.60003	763.731
Over-consolidation Ratio	1	1.79573
Void Ratio	0	0.999888
Hydroconsolidation Settlement [m]	0	0

#### Loads

##### 1. Rectangular Load

Length: 13 m  
Width: 100 m  
Rotation angle: 0 degrees  
Load Type: Flexible  
Area of Load: 1300 m<sup>2</sup>  
Load: 11.6 kPa  
Depth: 0 m  
Installation Stage: Stage 1

##### Coordinates



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

96 di 111

X [m]	Y [m]
-6.49696	-50
6.50304	-50
6.50304	50
-6.49696	50

### Embankments

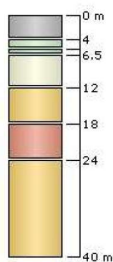
#### 1. Embankment

Center Line: (0, -50) to (0, 50)  
Number of Layers: 1  
Near End Angle: 90 degrees  
Far End Angle: 90 degrees  
Base Width: 22

Layer	Stage	Left Bench Width (m)	Left Angle (deg)	Height (m)	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Right Angle (deg)	Right Bench Width (m)
1	Stage 1	0	34	2.8	20	34	0

### Soil Layers

Layer #	Type	Thickness [m]	Depth [m]
1	COLONNE	4	0
2	3b	1.5	4
3	3a	1	5.5
4	u6	5.5	6.5
5	u4	6	12
6	u2	6	18
7	u4	16	24



### Soil Properties

Property	3b	u6	u2	u4	COLONNE	3a
Color						
Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	18	19	18	19	18	18



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

97 di 111

Immediate Settlement	Disabled	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled
Es [kPa]		60000	20000	80000	12000	5000
Esur [kPa]		60000	20000	80000	12000	5000
Primary Consolidation	Enabled	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled
Material Type	Non-Linear					
Cc	0.36					
Cr	0.04					
e0	1					
Pc [kPa]	135					
OCR		1	1	1	1	1

### Query Points

Point #	(X,Y) Location	Number of Divisions
1	0.00303833, 4.9738e-014	Auto: 67

### Query Lines

Line #	Start Location	End Location	Horizontal Divisions	Vertical Divisions
1	-20, 0	20, 0	100	Auto: 47

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 98 di 111
--	------------------	-------------	-----------------------------	---------------------

## ALLEGATO 7 - TABULATI DI CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

99 di 111

\*\*\* P A L \*\*\*

Programma per l'analisi della capacita' portante

assiale di un palo di fondazione

LINEA AV/AC VERONA PADOVA RI22

Capacita' portante palo D=800 mm - Liquefazione

Quota testa palo da p.c. = 1.60 m

Quota falda da p.c. = .00 m

Peso di volume del palo = 6.00 kN/m3

Fattore di sicurezza portata laterale = 1.00 (FS,l)

Fattore di sicurezza portata di base = 1.00 (FS,b)

Elemento cilindrico, Diametro fusto = 800. mm

Criterio per la determinazione della portata di base in uno strato "i"

quando la  $Q_{b,i}$  ad esso attribuibile e' superiore a quella degli

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

100 di 111

strati adiacenti:

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * .800 = 2.40$  m

entro lo strato se quello sovrastante e' piu' debole

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * .800 = 2.40$  m

sopra lo strato sottostante se esso e' piu' debole

La variazione di  $Q_b$  viene assunta lineare dal passaggio di strato

#### DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 1 "3a\_lq" (Incoerente) da .00 a 4.00 m

$G_n = 18.0$  kN/m<sup>3</sup>       $G_e = 8.0$  kN/m<sup>3</sup>

$\tau = \beta * S'v < .0$  kPa

$\beta = 1.50 - .245 Z^{.50}$

Z = profondita da piano campagna

$\tau > .25 * S'v$

$\tau < 1.20 * S'v$

$Q_b$  variabile lin. da 0. a 0. kPa



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

101 di 111

Strato 2 "3b " (Coesivo) da 4.00 a 5.50 m

$$G_n = 18.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 8.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\tau = \alpha \cdot C_u < 100.0 \text{ kPa}$$

Criterio  $\alpha(C_u)$  nel seguito

$$\tau > .23 \cdot S'_v$$

$$Q_b = 9.0 \cdot C_u$$

$C_u$  variabile lin. da 40.0 a 40.0 kPa

Strato 3 "3a " (Incoerente) da 5.50 a 6.50 m

$$G_n = 18.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 8.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\tau = \beta \cdot S'_v < 150.0 \text{ kPa}$$

$$\beta = 1.50 - .245 Z^{.50}$$

$Z$  = profondita da piano campagna

$$\tau > .25 \cdot S'_v$$

$$\tau < 1.20 \cdot S'_v$$

$Q_b$  variabile lin. da 1200. a 1200. kPa

Strato 4 "6 " (Incoerente) da 6.50 a 12.00 m

$$G_n = 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 9.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\tau = \beta \cdot S'_v < 150.0 \text{ kPa}$$

$$\beta = 2.00 - .147 Z^{.75}$$

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

102 di 111

$Z$  = profondità da piano campagna

$\tau > .25 * S'v$

$\tau < 1.80 * S'v$

$Q_b$  variabile lin. da 2500. a 2500. kPa

Strato 5 "4" (Incoerente) da 12.00 a 18.00 m

$G_n = 19.0 \text{ kN/m}^3$        $G_e = 9.0 \text{ kN/m}^3$

$\tau = \beta * S'v < 150.0 \text{ kPa}$

$\beta = 1.50 - .245 Z^{.50}$

$Z$  = profondità da piano campagna

$\tau > .25 * S'v$

$\tau < 1.20 * S'v$

$Q_b$  variabile lin. da 2500. a 2500. kPa

Strato 6 "2" (Coesivo) da 18.00 a 24.00 m

$G_n = 18.0 \text{ kN/m}^3$        $G_e = 8.0 \text{ kN/m}^3$

$\tau = \alpha * C_u < 100.0 \text{ kPa}$

Criterio  $\alpha(C_u)$  nel seguito

$\tau > .23 * S'v$

$Q_b = 9.0 * C_u$

$C_u$  variabile lin. da 100.0 a 100.0 kPa

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

103 di 111

Strato 7 "4 " (Incoerente) da 24.00 a 40.00 m

Gn = 19.0 kN/m3      Ge = 9.0 kN/m3

Tau = beta \* S'v < 150.0 kPa

beta = 1.50 - .245 Z^ .50

Z = profondita da piano campagna

Tau > .25 \* S'v

Tau < 1.20 \* S'v

Qb variabile lin. da 3500. a 3500. kPa

MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo

-----  
strato    Molt. Tau    Molt. Qb    Molt. Cu

-----  
1 "3a\_lq"    1.00    1.00    -  
2 "3b "    1.00    1.00    1.00  
3 "3a "    1.00    1.00    -  
4 "6 "    1.00    1.00    -  
5 "4 "    1.00    1.00    -  
6 "2 "    1.00    1.00    1.00  
7 "4 "    1.00    1.00    -  
-----

NOTA: i moltiplicatori non influenzano le limitazioni

superiori o inferiori dei parametri

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

104 di 111

Per terreni coesivi: Criterio  $\tau = \alpha * C_u$

-----  
Cu alfa

kPa -

-----  
.0 .55

150.0 .55

250.0 .45

400.0 .45  
-----

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

-----  
zz S'v Sv Cu Tau/S'v Tau qb  
m kPa kPa kPa - kPa kPa

-----  
1.50 12.0 27.0 -- .00 .0 0.

2.00 16.0 36.0 -- .00 .0 0.

2.50 20.0 45.0 -- .00 .0 0.

3.00 24.0 54.0 -- .00 .0 0.

3.50 28.0 63.0 -- .00 .0 0.

4.00 32.0 72.0 -- .34 11.0 0.

4.50 36.0 81.0 40.0 .61 22.0 72.

5.00 40.0 90.0 40.0 .55 22.0 144.

5.50 44.0 99.0 40.0 .71 31.4 216.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

105 di 111

6.00	48.0	108.0	--	.90	43.2	413.
6.50	52.0	117.0	--	1.14	59.2	610.
7.00	56.5	126.5	--	1.37	77.3	988.
7.50	61.0	136.0	--	1.33	81.4	1366.
8.00	65.5	145.5	--	1.30	85.2	1744.
8.50	70.0	155.0	--	1.27	88.8	2122.
9.00	74.5	164.5	--	1.24	92.1	2500.
9.50	79.0	174.0	--	1.20	95.2	2500.
10.00	83.5	183.5	--	1.17	98.0	2500.
10.50	88.0	193.0	--	1.14	100.5	2500.
11.00	92.5	202.5	--	1.11	102.9	2500.
11.50	97.0	212.0	--	1.08	105.0	2500.
12.00	101.5	221.5	--	.85	86.5	2500.
12.50	106.0	231.0	--	.63	67.2	2500.
13.00	110.5	240.5	--	.62	68.1	2500.
13.50	115.0	250.0	--	.60	69.0	2500.
14.00	119.5	259.5	--	.58	69.7	2500.
14.50	124.0	269.0	--	.57	70.3	2500.
15.00	128.5	278.5	--	.55	70.8	2500.
15.50	133.0	288.0	--	.54	71.2	2500.
16.00	137.5	297.5	--	.52	71.5	2180.

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz	S'v	Sv	Cu	Tau/S'v	Tau	qb
m	kPa	kPa	kPa	-	kPa	kPa

16.50	142.0	307.0	--	.50	71.7	1860.
-------	-------	-------	----	-----	------	-------

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2200001B	Foglio 106 di 111
--	------------------	-------------	-----------------------------	----------------------

17.00	146.5	316.5	--	.49	71.8	1540.
17.50	151.0	326.0	--	.48	71.7	1220.
18.00	155.5	335.5	--	.41	63.3	900.
18.50	159.5	344.5	100.0	.34	55.0	900.
19.00	163.5	353.5	100.0	.34	55.0	900.
19.50	167.5	362.5	100.0	.33	55.0	900.
20.00	171.5	371.5	100.0	.32	55.0	900.
20.50	175.5	380.5	100.0	.31	55.0	900.
21.00	179.5	389.5	100.0	.31	55.0	900.
21.50	183.5	398.5	100.0	.30	55.0	900.
22.00	187.5	407.5	100.0	.29	55.0	900.
22.50	191.5	416.5	100.0	.29	55.0	900.
23.00	195.5	425.5	100.0	.28	55.0	900.
23.50	199.5	434.5	100.0	.28	55.0	900.
24.00	203.5	443.5	100.0	.29	58.0	900.
24.50	208.0	453.0	--	.29	59.8	1420.
25.00	212.5	462.5	--	.27	58.4	1940.
25.50	217.0	472.0	--	.26	57.0	2460.
26.00	221.5	481.5	--	.25	55.5	2980.
26.50	226.0	491.0	--	.25	56.5	3500.
27.00	230.5	500.5	--	.25	57.6	3500.
27.50	235.0	510.0	--	.25	58.8	3500.
28.00	239.5	519.5	--	.25	59.9	3500.
28.50	244.0	529.0	--	.25	61.0	3500.
29.00	248.5	538.5	--	.25	62.1	3500.
29.50	253.0	548.0	--	.25	63.3	3500.
30.00	257.5	557.5	--	.25	64.4	3500.
30.50	262.0	567.0	--	.25	65.5	3500.
31.00	266.5	576.5	--	.25	66.6	3500.

-----

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

107 di 111

-----  
 zz    S'v    Sv    Cu    Tau/S'v    Tau    qb  
 m    kPa    kPa    kPa    -    kPa    kPa  
 -----

31.50	271.0	586.0	--	.25	67.8	3500.
32.00	275.5	595.5	--	.25	68.9	3500.
32.50	280.0	605.0	--	.25	70.0	3500.
33.00	284.5	614.5	--	.25	71.1	3500.
33.50	289.0	624.0	--	.25	72.3	3500.
34.00	293.5	633.5	--	.25	73.4	3500.
34.50	298.0	643.0	--	.25	74.5	3500.
35.00	302.5	652.5	--	.25	75.6	3500.
35.50	307.0	662.0	--	.25	76.8	3500.
36.00	311.5	671.5	--	.25	77.9	3500.
36.50	316.0	681.0	--	.25	79.0	3500.
37.00	320.5	690.5	--	.25	80.1	3500.
37.50	325.0	700.0	--	.25	81.3	3500.
38.00	329.5	709.5	--	.25	82.4	3500.
38.50	334.0	719.0	--	.25	83.5	3500.
39.00	338.5	728.5	--	.25	84.6	3500.
39.50	343.0	738.0	--	.25	85.8	3500.
40.00	347.5	747.5	--	.25	86.9	3500.

-----

zz = Profondita' da piano campagna

S'v = Tensione verticale efficace

Sv = Tensione verticale totale

Cu = Coesione non drenata

Tau = Tensione di adesione laterale limite

qb = Portata di base limite unitaria

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

108 di 111

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp	Qll	Qbl	Wp	Qu	Qd
m	kN	kN	kN	kN	kN
.00	0.	0.	0.	0.	0.
.50	0.	0.	2.	-1.	-1.
1.00	0.	0.	3.	-3.	-3.
1.50	0.	0.	5.	-4.	-4.
2.00	0.	0.	6.	-6.	-6.
2.50	4.	0.	8.	-4.	-4.
3.00	28.	36.	9.	55.	55.
3.50	55.	72.	11.	117.	117.
4.00	86.	109.	12.	182.	182.
4.50	136.	207.	14.	330.	330.
5.00	196.	306.	15.	487.	487.
5.50	286.	496.	17.	766.	766.
6.00	386.	687.	18.	1054.	1054.
6.50	490.	877.	20.	1347.	1347.
7.00	600.	1067.	21.	1645.	1645.
7.50	713.	1257.	23.	1947.	1947.
8.00	831.	1257.	24.	2063.	2063.
8.50	952.	1257.	26.	2183.	2183.
9.00	1077.	1257.	27.	2306.	2306.
9.50	1205.	1257.	29.	2433.	2433.
10.00	1335.	1257.	30.	2562.	2562.
10.50	1462.	1257.	32.	2687.	2687.
11.00	1552.	1257.	33.	2776.	2776.
11.50	1637.	1257.	35.	2859.	2859.



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

109 di 111

12.00	1723.	1257.	36.	2944.	2944.
12.50	1811.	1257.	38.	3030.	3030.
13.00	1899.	1257.	39.	3116.	3116.
13.50	1987.	1257.	41.	3203.	3203.
14.00	2077.	1257.	42.	3291.	3291.
14.50	2166.	1096.	44.	3218.	3218.

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp	Qll	Qbl	Wp	Qu	Qd
m	kN	kN	kN	kN	kN

15.00	2256.	935.	45.	3146.	3146.
15.50	2346.	774.	47.	3074.	3074.
16.00	2436.	613.	48.	3001.	3001.
16.50	2524.	452.	50.	2927.	2927.
17.00	2596.	452.	51.	2997.	2997.
17.50	2665.	452.	53.	3064.	3064.
18.00	2734.	452.	54.	3132.	3132.
18.50	2803.	452.	56.	3200.	3200.
19.00	2872.	452.	57.	3267.	3267.
19.50	2941.	452.	59.	3335.	3335.
20.00	3010.	452.	60.	3402.	3402.
20.50	3079.	452.	62.	3470.	3470.
21.00	3149.	452.	63.	3538.	3538.
21.50	3218.	452.	65.	3605.	3605.
22.00	3287.	452.	66.	3673.	3673.
22.50	3357.	452.	68.	3741.	3741.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2200001B

Foglio

110 di 111

23.00	3432.	714.	69.	4076.	4076.
23.50	3506.	975.	71.	4410.	4410.
24.00	3579.	1237.	72.	4743.	4743.
24.50	3649.	1498.	74.	5073.	5073.
25.00	3720.	1759.	75.	5404.	5404.
25.50	3791.	1759.	77.	5474.	5474.
26.00	3865.	1759.	78.	5545.	5545.
26.50	3939.	1759.	80.	5618.	5618.
27.00	4015.	1759.	81.	5693.	5693.
27.50	4092.	1759.	83.	5769.	5769.
28.00	4171.	1759.	84.	5846.	5846.
28.50	4251.	1759.	86.	5925.	5925.
29.00	4333.	1759.	87.	6005.	6005.
29.50	4416.	1759.	89.	6086.	6086.

-----  
STAMPA capacita' portante e relativi contributi

-----  
Lp    Qll    Qbl    Wp    Qu    Qd  
m    kN    kN    kN    kN    kN

-----  
30.00    4500.    1759.    90.    6169.    6169.  
-----

Lp = Lunghezza utile del palo



Qll = Portata laterale limite

Qbl = Portata di base limite

Wp = Peso efficace del palo

Qu = Portata totale limite

Qd = Portata di progetto =  $Qll/FS,l + Qbl/FS,b - Wp$

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 13+725,00 a pk 14+200,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI2200001B</p>	<p>Foglio 111 di 111</p>

### ALLEGATO 8– VERSIONE SOFTWARE DI CALCOLO UTILIZZATI

- 1) SLIDE ver 7.0
- 2) Settle 3D ver 2.003