

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 16+516,86 a pk 16+800,00
GENERALE
Relazione Geotecnica**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio Iricav Due Ing. Paolo Carmona Data: Gennaio 2022			

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	FOGLIO
IN17	12	E	I2	RB	RI2900	001	B	- - - D - - -

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma Luca RANDOLFI	Data Gennaio 2022

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	M. Conti <i>Maria Conti</i>	Luglio 2021	V. Pastore <i>V. Pastore</i>	Luglio 2021	P. Ascari <i>P. Ascari</i>	Luglio 2021	
B	REVISIONE	M. Conti <i>Maria Conti</i>	Gennaio 2022	V. Pastore <i>V. Pastore</i>	Gennaio 2022	P. Ascari <i>P. Ascari</i>	Gennaio 2022	

Data: Gennaio 2022

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712E12RBRI2900001B.DOCX
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

TUTTI I DIRITTI DEL PRESENTE DOCUMENTO SONO RISERVATI: LA RIPRODUZIONE ANCHE PARZIALE E' VIETATA

GENERAL CONTRACTOR  IFICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2900001B	Foglio 2 di 111

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	10
4.1	Premessa.....	10
4.2	Indagini disponibili.....	10
4.3	Inquadramento stratigrafico	11
4.4	Livello di falda	13
4.5	Condizioni geotecniche del sito	14
4.6	Sintesi del modello geotecnico di riferimento	21
4.7	Materiale da rilevato.....	21
5	CARATTERISTICHE SISMICHE E SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE.....	22
5.1	Sollecitazione sismica di progetto.....	22
5.1.1	Vita Nominale.....	22
5.1.2	Classe d'uso	22
5.1.3	Periodo di riferimento per l'azione sismica	23
5.1.4	Categorie di Sottosuolo.....	23
5.1.5	Condizioni topografiche	23
5.1.6	Accelerazione sismica di riferimento	23
5.2	Suscettibilità alla liquefazione.....	24
5.2.1	CRR da correlazione su prove CPT	26
5.2.2	CRR da correlazione su prove SPT.....	28
5.2.3	Commento ai risultati	31
5.2.4	Soil improvement	41
6	VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO	52
6.1	Criteri di verifica agli Stati Limite.....	52
6.1.1	Stati limite ultimi (SLU).....	52
6.1.2	Stati limite di esercizio (SLE).....	54
6.1.3	Verifiche in condizioni sismiche e post-sismiche.....	54
6.2	Azioni di progetto	54
6.2.1	Azioni permanenti	55



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI2900001B	3 di 111

6.2.2	Azioni variabili	55
6.2.3	Azione sismica	55
6.3	Verifiche e risultati SLU	56
6.3.1	Premessa	56
6.3.2	Verifiche SLU in condizione statiche	56
6.3.3	Verifiche SLU in condizioni sismiche	57
6.3.4	Verifiche SLU in condizioni post sismiche	58
6.4	Verifica e risultati SLE	59
7	CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI	64
Allegati		65
ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO		66
ALLEGATO 2 – INDAGINI GEOGNOSTICHE		68
ALLEGATO 3 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU STATICA		84
ALLEGATO 4 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU IN CAMPO SISMICO		91
ALLEGATO 5 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU POST SISMA		99
ALLEGATO 6 - TABULATI DI SETTLE 3D – ANALISI SLE		107
ALLEGATO 7 – VERSIONE SOFTWARE DI CALCOLO UTILIZZATI		111

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2900001B	Foglio 4 di 111

1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la Relazione Geotecnica del rilevato RI29, previsto nell'ambito del Progetto Esecutivo della sub tratta Verona – Vicenza della Linea AV/AC Verona – Padova. Tale rilevato si estende tra il km 16+516,86 e il km 16+800,00.

La relazione descrive in dettaglio il modello geotecnico definito per il rilevato 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 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2900001B	Foglio 5 di 111

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Documentazione di progetto

- [1] Sezioni di Progetto Esecutivo
- [2] IN1710EI2RBGE0000002C Relazione Geotecnica (da 10+050 a 21+990)
- [3] IN1710EI2LZGE0000014B Planimetria con ubicazione indagini e profilo geotecnico 4 di 11
- [4] IN1710EI2RHGE0000005B Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 1/2
- [5] IN1710EI2P5GE0000001B Planimetrie con classificazione sismica del territorio 1 di 11
- [6] IN1710EI2RHGE0000003C Relazione idrogeologica 1/2
- [7] IN1710EI2RHGE0000007C-8C Relazione di sintesi dei sondaggi e delle prove eseguite
- [8] IN1710EI2PRGE0000001B-2B, Risultati Indagini in sito di Progetto – SOCOTEC
- [9] IN1710EI2PRGE0000003B-4B, Risultati Indagini in sito di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING – GEOLAVORI
- [10] IN1710EI2PRGE0000005B-6B-7C-8B, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [11] IN1710EI2PRGE0000009B-12B, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING - GEOLAVORI
- [12] IN1710EI2IGGE0000001B-2B, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [13] IN1710EI2IGGE0000003B-4B, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING – GEOLAVORI
- [14] IN0D00DI2RGIM0003002B, Ambiente. Siti contaminati. Relazione Generale e schede.

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 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2900001B	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 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2900001B	Foglio 7 di 111

3 INQUADRAMENTO DELL'OPERA

Il rilevato ferroviario in esame si estende tra il km tra il km 16+516,86 e il km 16+800,00 per una lunghezza totale di circa 280 m. Dalla 16+656 alla 16+775 il rilevato risulta affiancato dal piazzale del fabbricato A06, come mostrato in Figura 2. Tale piazzale impatta sulle verifiche SLE, e di questo si terrà conto nella verifica relativa. Non ha invece impatti sulla verifica SLU, in quanto ha un contributo stabilizzante, e la sua presenza viene quindi omessa. Per la tratta in esame non si evidenziano altre interferenze con opere principali adiacenti e/o attraversate.

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 16+700, si riscontra l'altezza massima del rilevato pari a 4.4 m. La sezione citata, denominata Sezione A (Figura 1) è quella ritenuta più significativa per le verifiche SLU del rilevato in esame, mentre per la verifica SLE si terrà conto della geometria di Figura 2



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2900001B

Foglio
9 di 111

SEZIONE N. 711
OT. PROGETTO : 27.565
DIST.PROD. : 16656.304
DIST.PREC. : 31.304
DIST.SUCC. : 18696

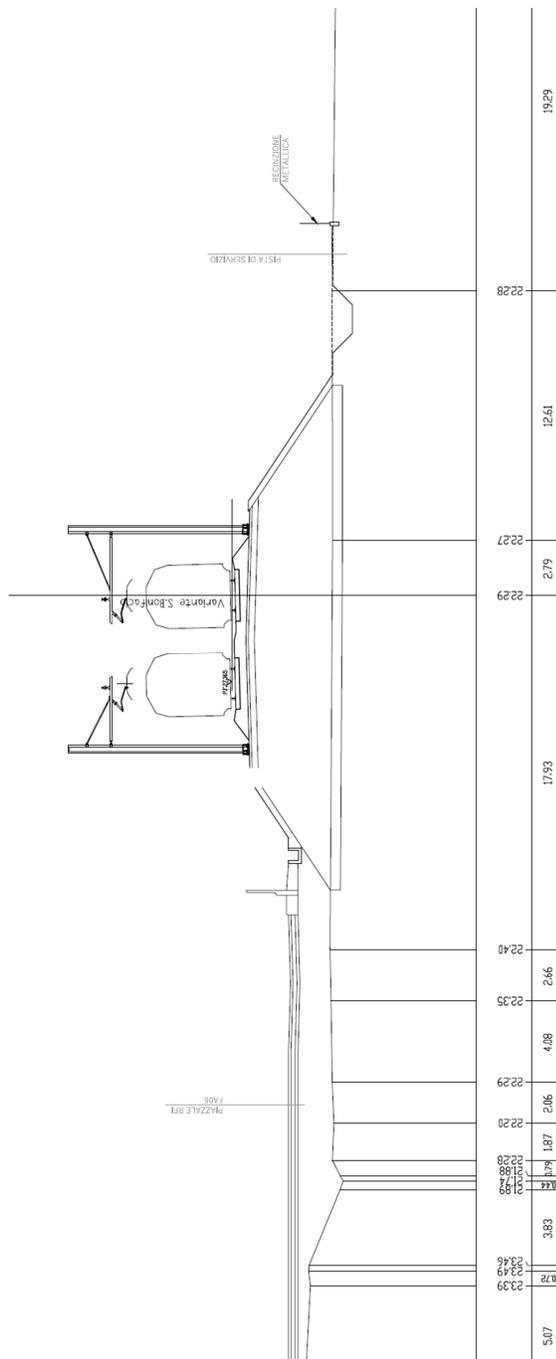


Figura 2 – Piazzale A06. Sezione n.711 pk 16+656 estratta da sezioni PD.

GENERAL CONTRACTOR  IFICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2900001B	Foglio 10 di 111

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

4.1 Premessa

Nel presente capitolo si riporta la caratterizzazione geotecnica. Si segnala che il sito è classificato come potenzialmente contaminato alla luce della relazione ambientale di PD (Doc.Rif [14]), essendo interessato dai riempimenti di materiale della ex cava Corte Cicogna. I test eseguiti in sed di PD hanno evidenziato il superamento di alcuni limiti di legge per i materiali testati, con particolare riferimento a arsenico, PCB e idrocarburi. Per il dettaglio si rimanda agli specifici elaborati progettuali.

4.2 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. [3]). Per ulteriori dettagli si rimanda alle relazioni di sintesi delle indagini (Doc. Rif. [7] - [13]). Il risultato delle indagini è riportato in ALLEGATO 2.

Le indagini disponibili lungo il tratto d'interesse per il rilevato in oggetto sono elencate in Tabella 1. Vista l'omogeneità della stratigrafia nel tratto in esame si prendono in considerazione sia le indagini che ricadono nel tracciato di Ri29 sia quelle inerenti a Ri30. 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. [2]).

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. [2])

Tabella 1 - Indagini da pk 16+500,00 a pk 17+266,00

Progressiva pk	ID indagini -	Campagna anno
16+556	BH-PE-34	2020-2021
16+576	BH2V	2015
16+610	CPTU1V	2015
16+635	PT23	
16+761	CPTU-PE-15	2020-2021
16+767	MASW-PE-07	2020-2021
16+792	BH-PE-36	2020-2021
16+820	P10	2015

GENERAL CONTRACTOR  IFICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2900001B	Foglio 11 di 111

Progressiva pk	ID indagini -	Campagna anno
16+556	BH-PE-34	2020-2021
16+823	CPTU2V	2015
17+050	BH3V+CH1V	2015
17+200	CPTU-PE-16	2020-2021
17+250	CPTU3V	2015
17+250	P11	2015
17+250	P11bis	2015

4.3 Inquadramento stratigrafico

Dal punto di vista stratigrafico, l'area del rilevato è interessata dalla presenza di una coltre superficiale di spessore esiguo, circa 2-3 m, di terreni sciolti di natura limoso sabbiosa, alternata a livelli limosi teneri (Unità 3a/3b). Al di sotto di questi depositi si riscontra uno strato di ghiaie ben addensate (Unità 6) fino a una profondità di circa 15 m.

Al di sotto delle ghiaie si incontra il substrato sabbioso (Unità 4) che si estende in profondità a partire da 15 m pc.

Da quanto sopra, 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. [2]).

Nella Figura 3 si riporta il profilo geotecnico specifico per il rilevato RI29, estratto dalla Planimetria e Profilo Geotecnico Tav. 4 di 11 (Doc. Rif. [3]).



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
IN17	12	EI2RBRI2900001B	12 di 111

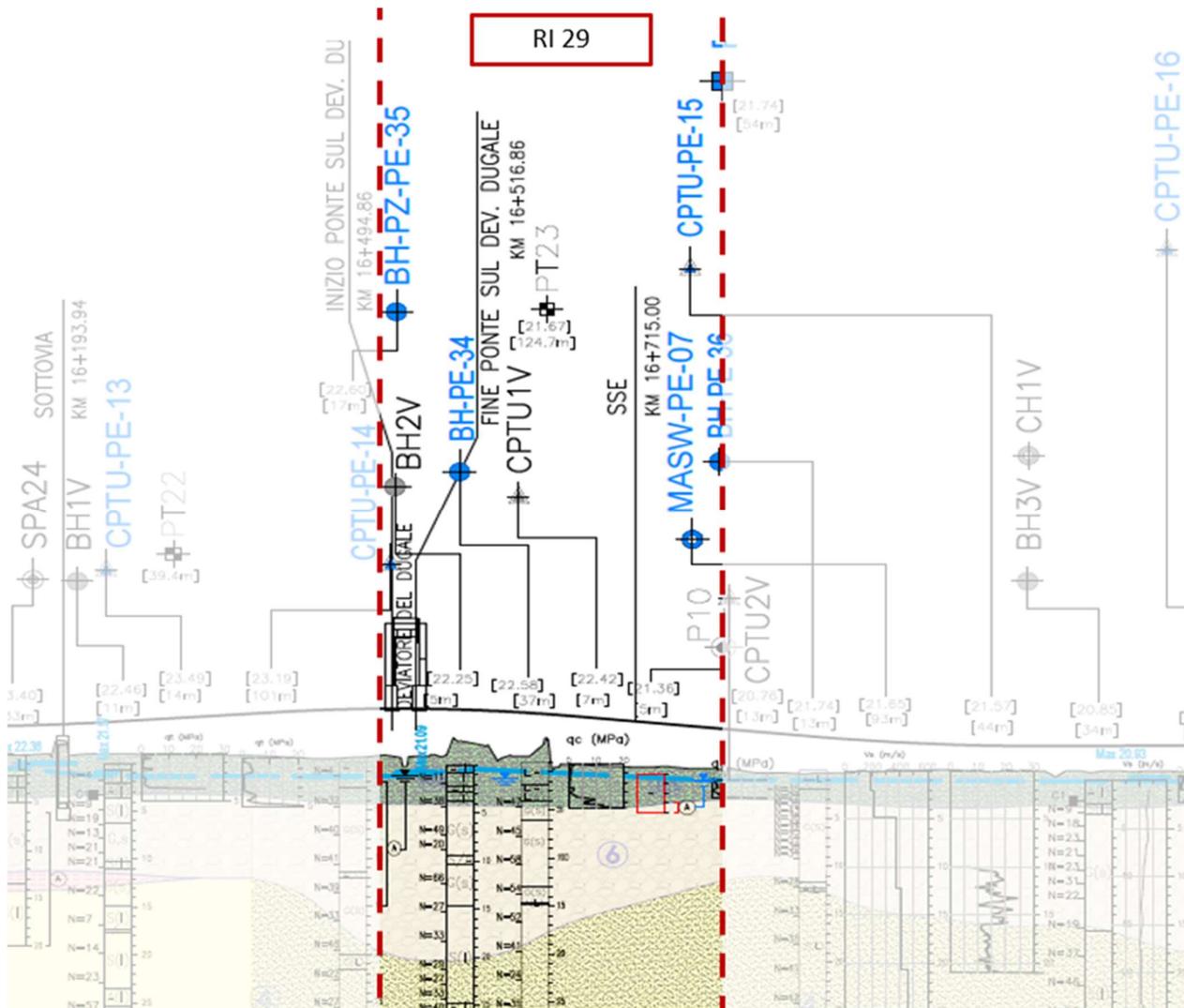


Figura 3 - Profilo Geotecnico Rilevato RI29, estratto dal Profilo Geotecnico Generale (Doc. Rif. [3])

Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2900001B

Foglio

13 di 111



Figura 4 - Planimetria Rilevato RI29, estratto dalla Planimetria Generale (Doc. Rif. [3])

4.4 Livello di falda

Per il livello di falda si è fatto riferimento ai valori di soggiacenza misurati nei piezometri lungo l'area in cui si inserisce l'opera in esame e riportati nella Relazione Idrogeologica (Doc. Ref. [6]). Quest'ultimi indicano una sostanziale stabilità nelle escursioni stagionali.

Ai fini progettuali si assume perciò una falda di progetto a piano campagna.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2900001B	Foglio 14 di 111

4.5 Condizioni geotecniche del sito

Come definito dalla sezione stratigrafica, il tratto in oggetto è caratterizzato da una copertura superficiale di prevalenti limi sabbiosi e limi argillosi (Unità3a/3b) per uno spessore di circa 2/3 m.

La Figura 6 mostra i risultati delle prove SPT eseguite nel tratto interessato dal rilevato in esame. I valori registrati in superficie si aggirano intorno ai 10 colpi/30cm. Le descrizioni dei materiali dei sondaggi, e le caratteristiche granulometriche stimabili dalla prova CPT indicano che tali coltri sono costituiti, in predominanza, da limi sabbiosi, generalmente sciolti.

A tale proposito, la Figura 5 riporta i dati granulometrici dei materiali granulari, 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.

Procedendo con la profondità si incontra uno strato di ghiaie e ghiaie sabbiose ben addensate (Unità 6), che si estende fino a circa 15 m pc. All'interno del deposito incoerente le percentuali di materiale a grana fine sono generalmente inferiori a 20% e si registrano valori di N_{SPT} mediamente pari a 40 colpi/30cm. La densità relativa delle ghiaie risulta pari 50% e quindi il deposito risulta mediamente addensato.

Sotto lo strato di ghiaie si individua un deposito di sabbia limosa mediamente addensata (Unità 4), a partire dalla profondità di 15 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. La densità relativa delle sabbie risulta generalmente attorno a 60%.

Il profilo di V_s derivante dalle interpretazioni discusse nella Relazione Sismica (Doc. Rif. [4]), basata sui risultati delle prove DH, MASW e infine SPT, 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 200 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 [2] e [4].

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

GRANULOMETRIE DEI MATERIALI DA TRATTARE CON COLONNE IN GHIAIA

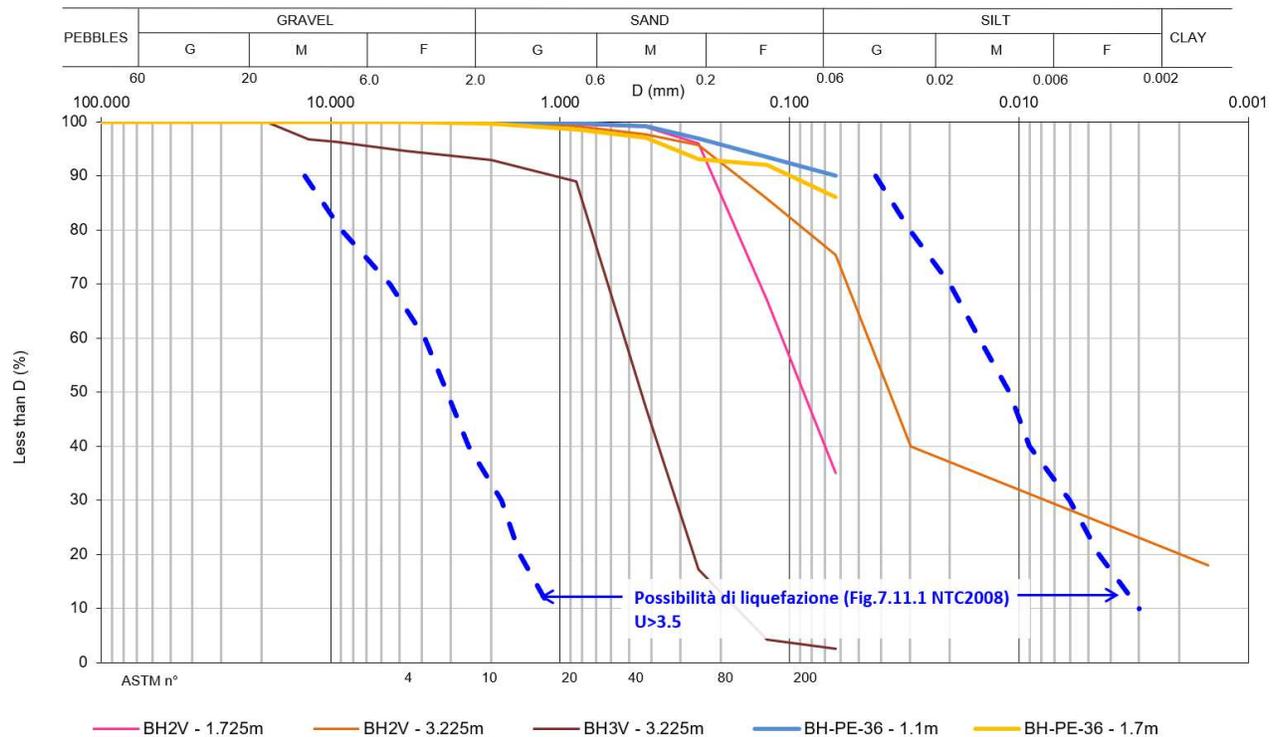


Figura 5 – Sintesi analisi granulometriche dei terreni superficiali, suscettibili alla liquefazione



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
 Relazione Geotecnica

Progetto
 IN17

Lotto
 12

Codifica
 EI2RBRI2900001B

Foglio
 16 di 111

AV/AC VERONA VICENZA

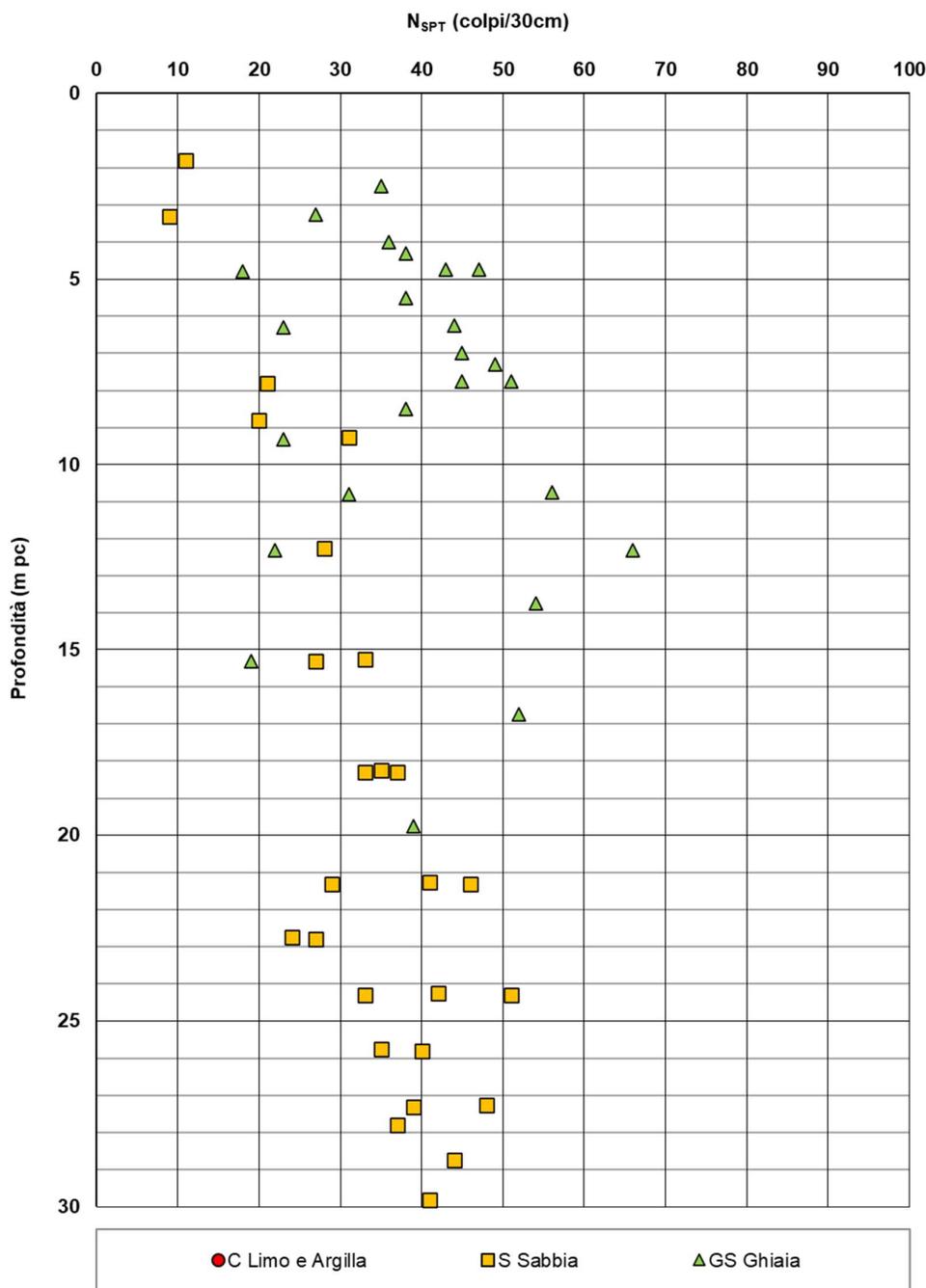


Figura 6 – Esito delle prove SPT da pk 16+516,86 a pk 16+800,00



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2900001B

Foglio
17 di 111

AV/AC VERONA VICENZA

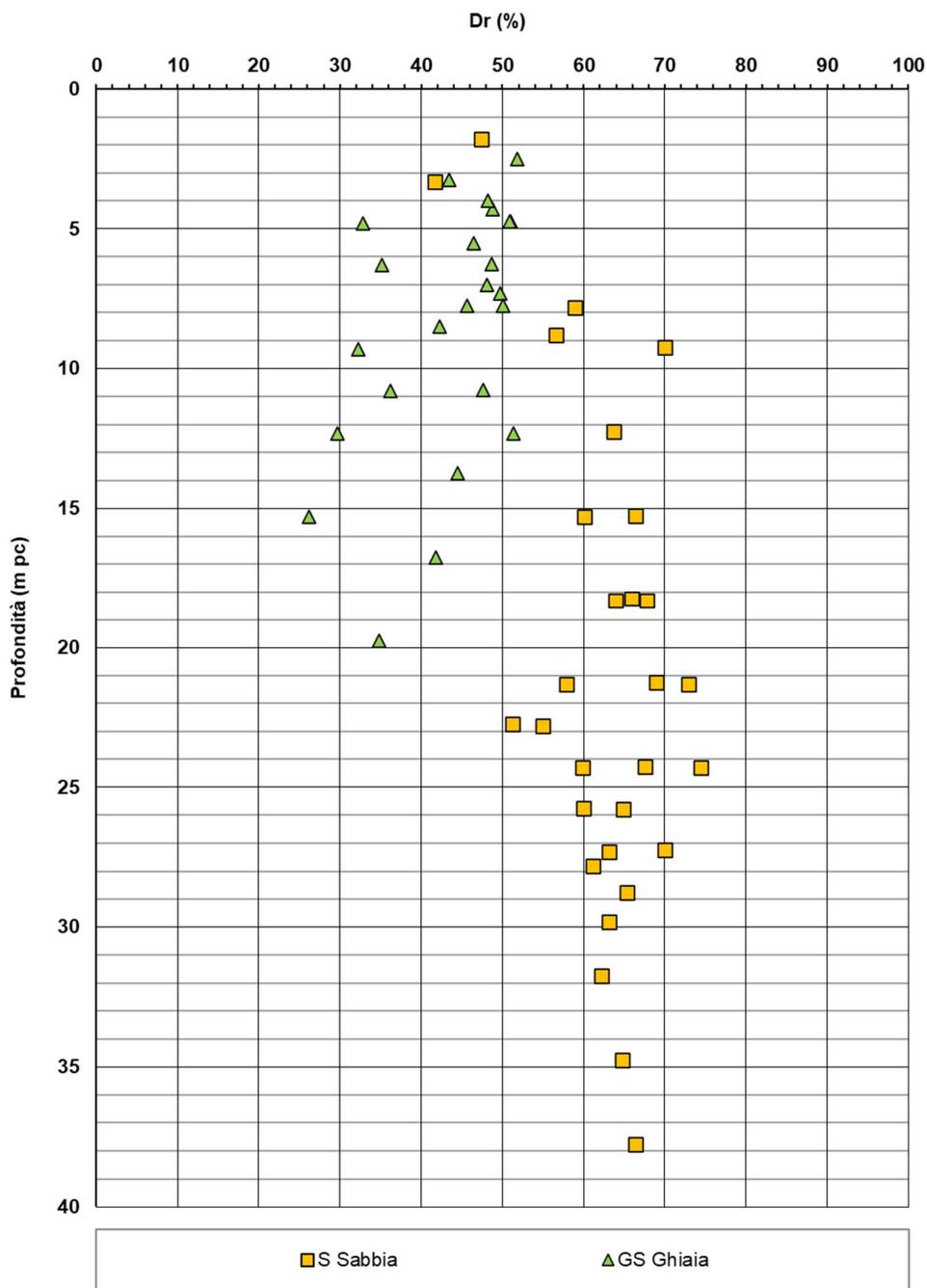


Figura 7 – Densità relativa da prove SPT da pk 16+516,86 a pk 16+800,00



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2900001B

Foglio
18 di 111

AV/AC VERONA VICENZA

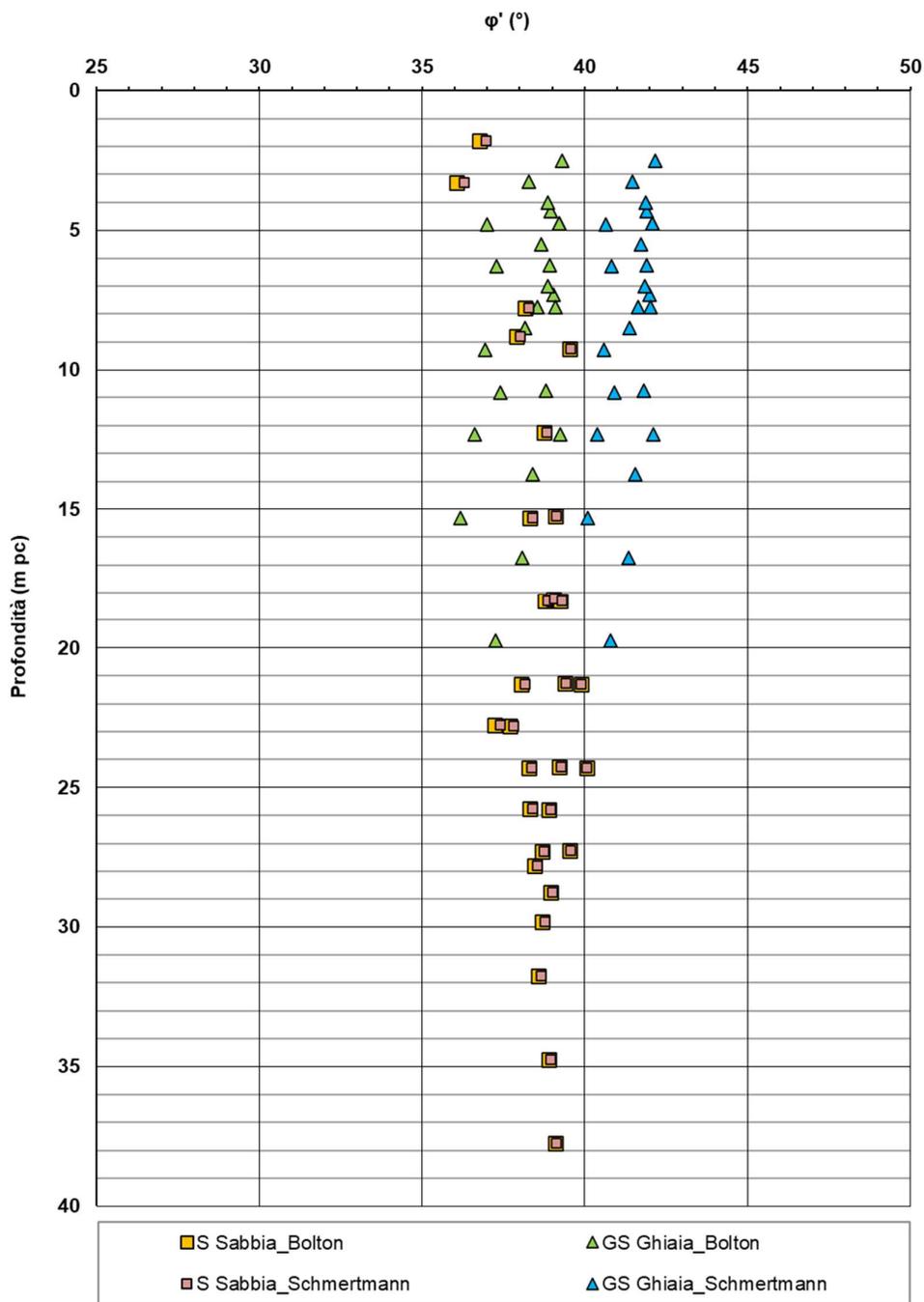


Figura 8 – Angoli di attrito da prove SPT da pk 16+516,86 a pk 16+800,00



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2900001B

Foglio
19 di 111

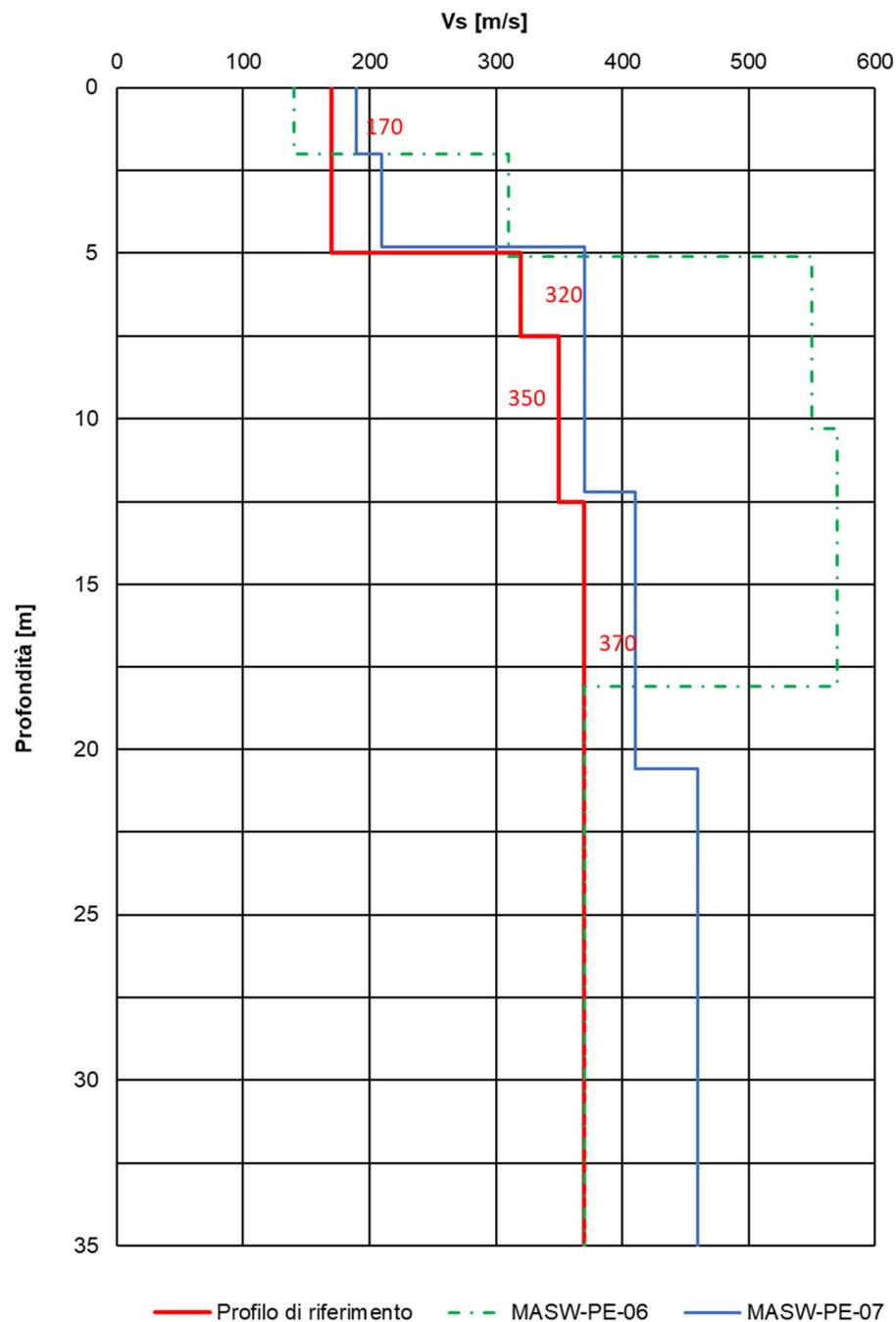


Figura 9 – Profilo di Vs di riferimento, a confronto con dati di correlazioni con SPT e prove geofisiche tipo MASW da pk 16+516,86 a pk 16+800,00



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2900001B

Foglio

20 di 111

AV/AC VERONA VICENZA

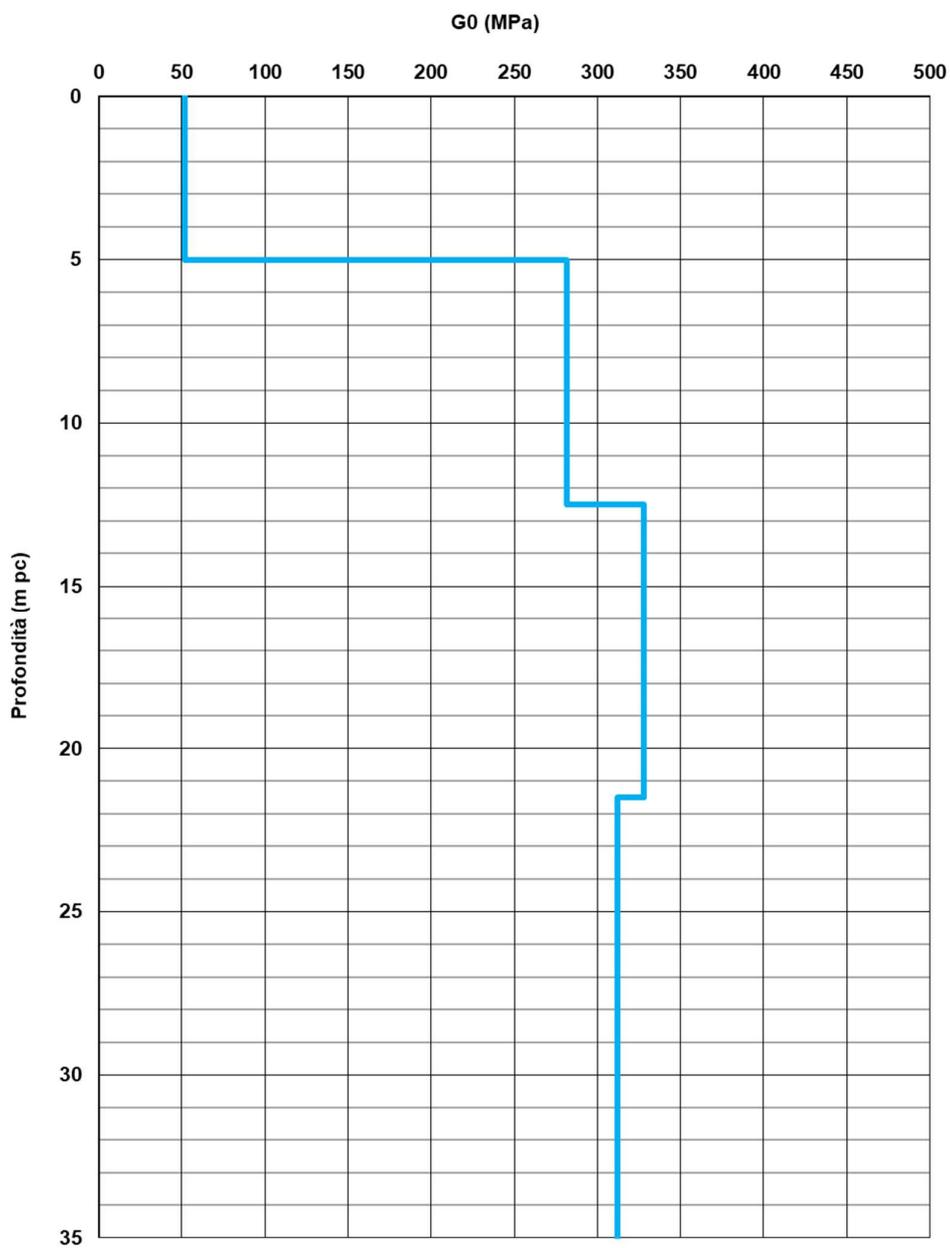


Figura 10 – Modulo di taglio G_0 da pk 16+516,86 a pk 16+800,00

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2900001B	Foglio 21 di 111

4.6 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

Unità	da m pc*	a m pc*	γ kN/m ³	φ_k °	c_k' kPa	$c_{u,k}$ kPa	G_0 MPa	E'_{op} MPa
3a	1.5	2.5	18	34 (36)**	-	-	-	5(12)**
6	2.5	15	19	39	-	-	200	60
4	15	-	19	38	-	-	300	80

* quota piano campagna = 22.10 m s.l.m.

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

In relazione a quanto riportato nelle tabelle, si precisa quanto segue:

- Come si vedrà in seguito, le coperture superficiali 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, una volta trattato con colonne di ghiaia avente angolo di resistenza al taglio $\phi' = 40^\circ$ è stato stimato pari a 36°
- 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 4.4.

4.7 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

	γ kN/m ³	φ °	c' kPa
Materiale da rilevato	20	38	0

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2900001B	Foglio 22 di 111

5 CARATTERISTICHE SISMICHE E SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

5.1 Sollecitazione sismica di progetto

5.1.1 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 4 – Vita nominale delle infrastrutture ferroviarie

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

5.1.2 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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2900001B	Foglio 23 di 111

Tabella 5 – 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

5.1.3 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. [4]) e nelle Planimetrie con classificazione sismica dei terreni (Doc. rif. [5]), 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 *Depositati 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 *Depositati 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.*

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:

GENERAL CONTRACTOR  IFICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2900001B	Foglio 24 di 111

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. [4]), 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:

- 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.
- 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 CPT111.
- Magnitudo attesa per un periodo di ritorno pari almeno a 975 anni valutata sulla base del modello delle 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. [4] 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:

GENERAL CONTRACTOR  IFICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2900001B	Foglio 25 di 111

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

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

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

τ_c valore rappresentativo dello sforzo di taglio ciclico

σ_{vo} tensione verticale alla profondità in esame, in termini di tensioni totali

σ'_{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):

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

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2900001B	Foglio 26 di 111

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 11: 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 11, la resistenza alla punta q_c è normalizzata rispetto al valore di pressione atmosferica ($p_a = 100 \text{ kPa}$) e corretta (q_{c1N}) mediante la seguente relazione:

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

dove σ'_{vo} 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 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:

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR  IFICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2900001B	Foglio 27 di 111

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 l_c sono determinati al termine di una procedura iterativa, ipotizzando in prima istanza $n = 1$. Se l_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 l_c è ancora inferiore a 2.6, i nuovi valori di n e l_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:

$$q_{c1Nes} = q_{c1N} \cdot k_c$$

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

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

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

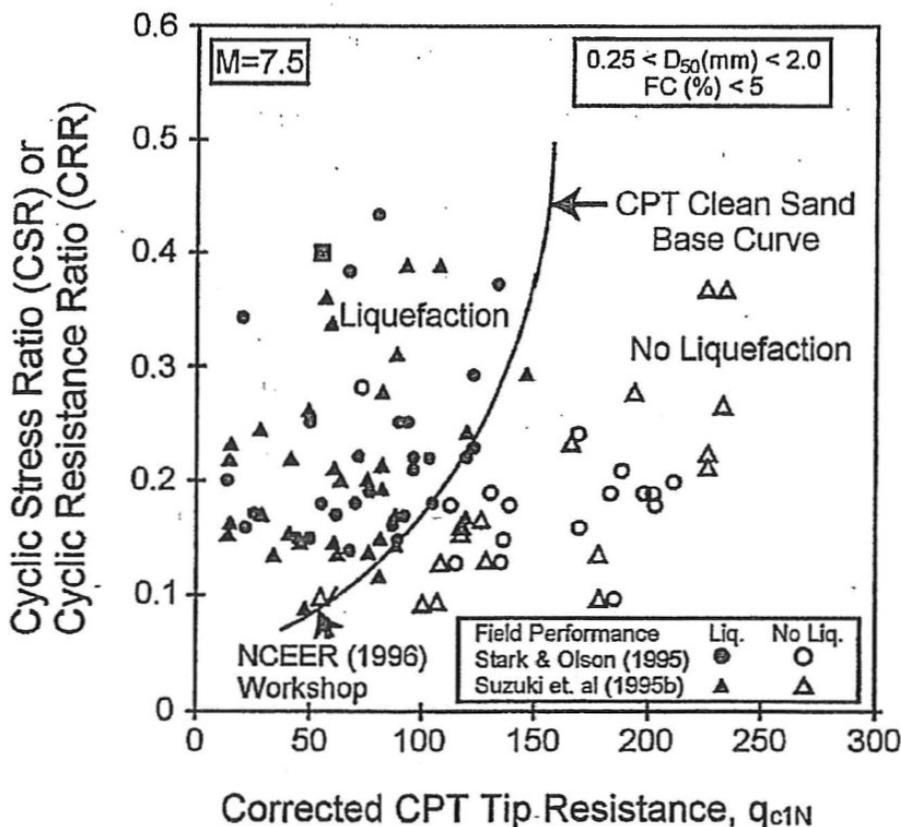


Figura 11: Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e valori corretti di resistenza alla punta q_{c1N} – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Robertson & Wride, 1998)

GENERAL CONTRACTOR  IFICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2900001B	Foglio 28 di 111

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 12, originariamente proposta da Seed e Idriss (1971,1982) e da Seed et al. (1985), e successivamente confermata da Youd et al. (2001).

In Figura 12, 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):

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

in cui P_a è la pressione atmosferica, pari a 100kPa, e σ'_{vo} 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 12, 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.

GENERAL CONTRACTOR  IFICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2900001B	Foglio 29 di 111

Si può osservare dalla Figura 12 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 $N_{1(60)cs}$:

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

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:

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

$$p_a = \text{pressione atmosferica di riferimento}$$

$$f = \text{fattore che dipende dalla densità relative del materiale in sito.}$$

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):

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

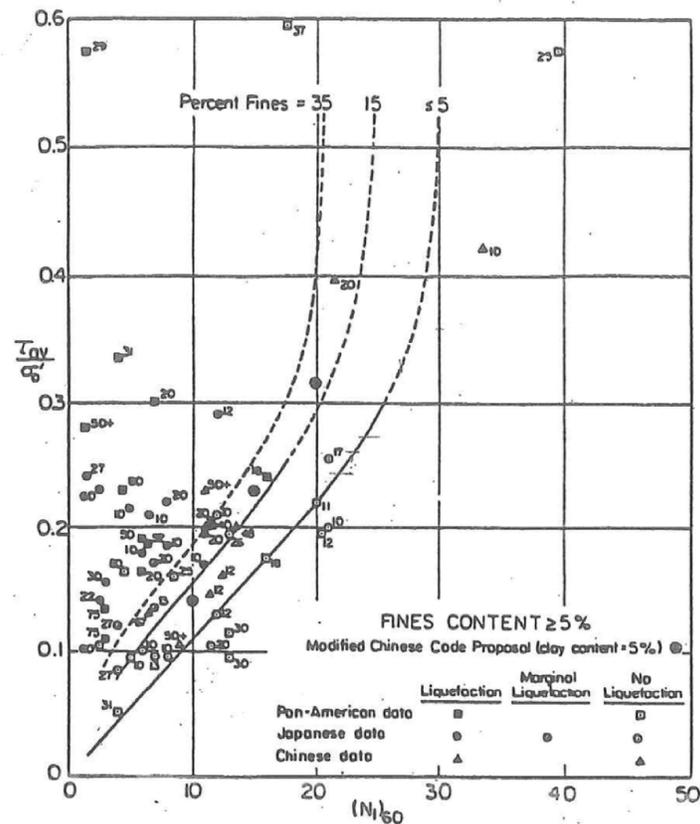


Figura 12: Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e $N_{1(60)}$ – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Seed et al., 1985).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2900001B	Foglio 31 di 111

5.2.3 Commento ai risultati

I risultati (cfr. Figura 13 - Figura 21) indicano rischi di potenziale liquefazione nella porzione di tracciato interessata dal rilevato RI29. In particolare:

- dall'analisi sulla CPTU-1V si evidenzia la presenza in superficie (primo metro) di livelli sciolti tra 0 e 3 m pc di materiale potenzialmente liquefacibile, con $FL < 1.0$. Si individua anche un secondo livello, di spessore decimetrico, con problematiche più legate allo sviluppo di sovrappressioni interstiziali non trascurabili, che non ad un vero e proprio livello continuo liquefacibile.
- dall'analisi sulla CPTU-PE-15, CPTU2V e CPTU3V si evidenzia la presenza di tra 0 e 2 m pc di materiale potenzialmente liquefacibile, con $FL < 1.0$.
- dall'analisi sulla CPTU-PE-16 si evidenzia la presenza di tra 0 e 2.5 m pc di materiale potenzialmente liquefacibile, con $FL < 1.0$.

Si conclude quindi che l'area è interessata da coperture superficiali di terreni potenzialmente liquefacibili, in misura tale da compromettere la stabilità dei rilevati. Lo spessore di tali terreni è tuttavia limitato ad una coltre superficiale piuttosto esigua, dell'ordine generalmente del paio di metri, con locale presenza di qualche livello più profondo (ma non oltre i 3m), di materiali in grado di sviluppare rilevanti sovrappressioni interstiziali in occasione dell'evento sismico di progetto.

Si prescrivono pertanto interventi di miglioramento dei terreni, che verranno illustrati nel paragrafo successivo.



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

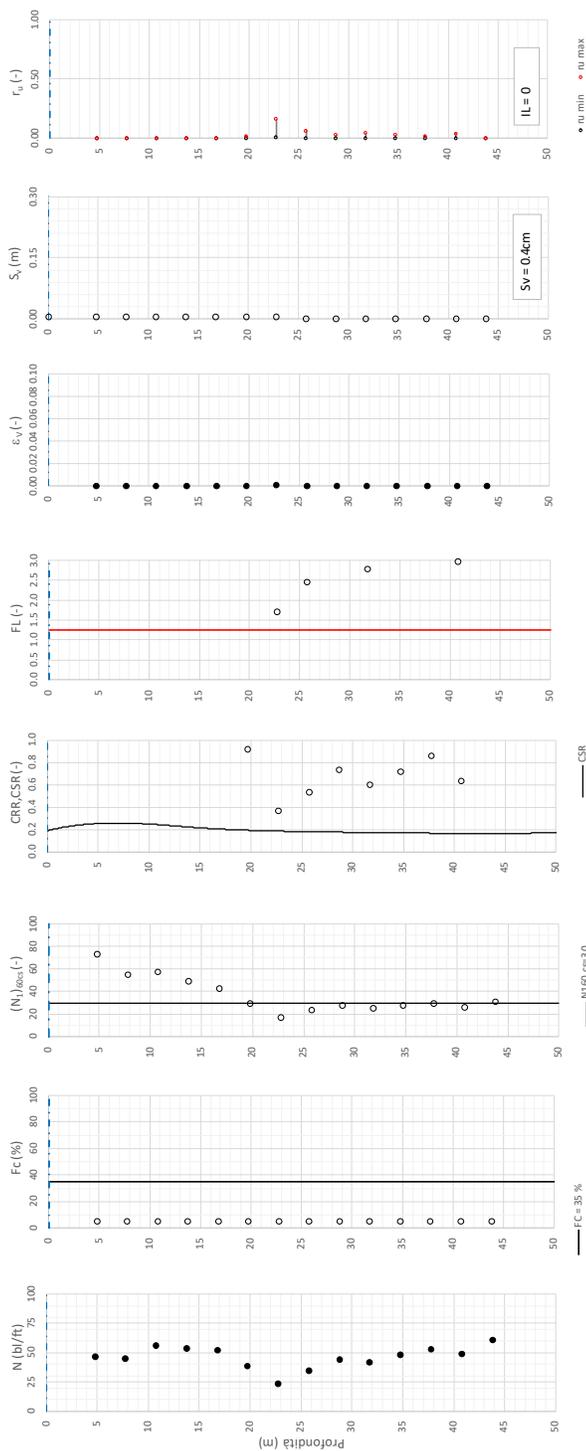
Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2900001B

Foglio
32 di 111

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 1 - Prova BH-PE-34 Pr. 16+556
a_{max} = 0.297g, M_{calc} = 6 MSF = 2 Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001
Altezza rilevato = 4m



- Dati misurati in sito o calcolati sulle base di misure dirette
- Dati basati sulla stima di valori tipici per lo strato

Foglio verifica Inquadramento Nesi v. 102

Figura 13 – Verifica Liquefazione da risultati BH-PE-34



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

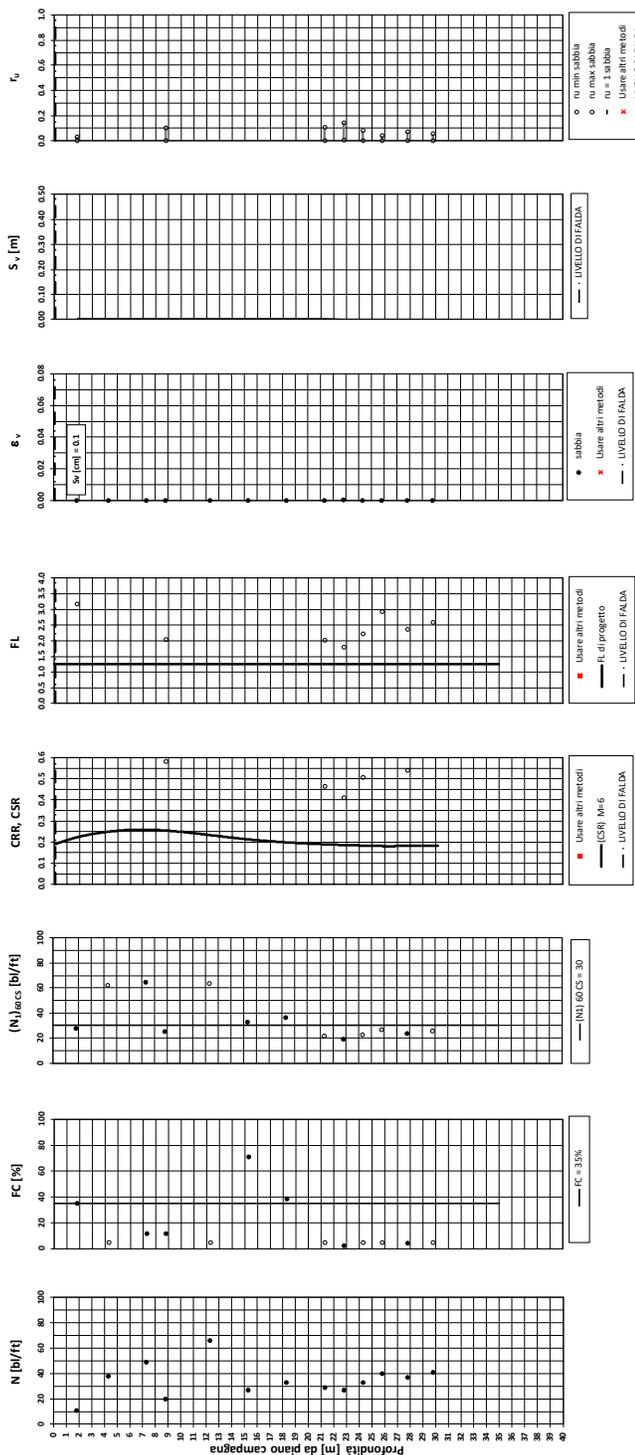
Codifica
EI2RBRI2900001B

Foglio
33 di 111

Tratta AC/AV Verona - Padova - Sub Tratta - Verona - Vicenza - Prova BH2V Pr. 16+576

Amax_calc / g = 0.301 M_calc = 6 Approccio NCEER 1996 - 1998 - 2001 MSF = 2

Riempimento h = 4 m Sovraccarico = 0 kPa



o Dati basati sulla stima di valori tipici per lo strato

o Dati misurati in sito o calcolati sulla base di misure dirette

Figura 14 – Verifica Liquefazione da risultati SPT da BH2V



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2900001B

Foglio
34 di 111

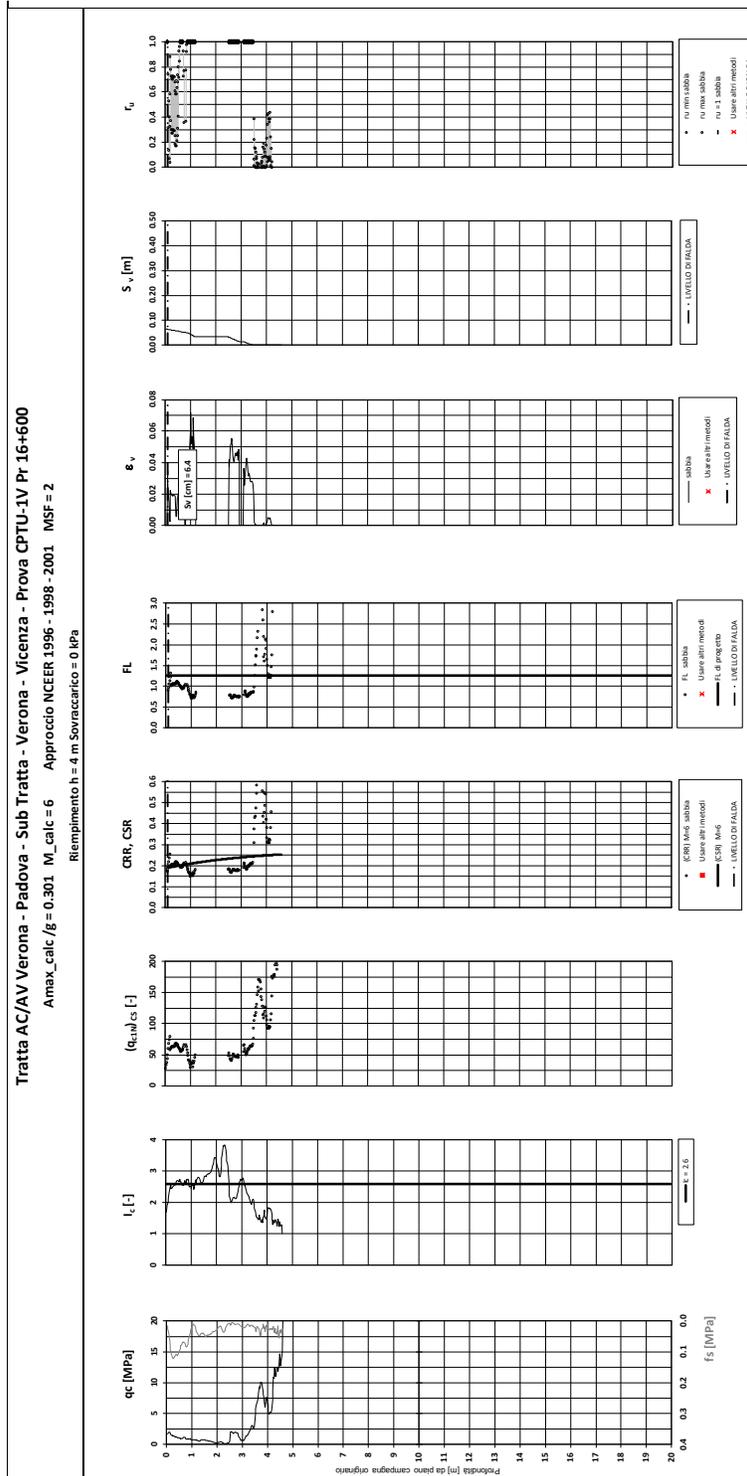


Figura 15 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU1V



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2900001B

Foglio
35 di 111

Tratta AG/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 1 - Prova CPTU-PE-15 Pr. 16+761
 $a_{s,max} = 0.30g$ $M_{calc} = 6$ $MSF = 2$ Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001
 Altezza rilevato = 2m

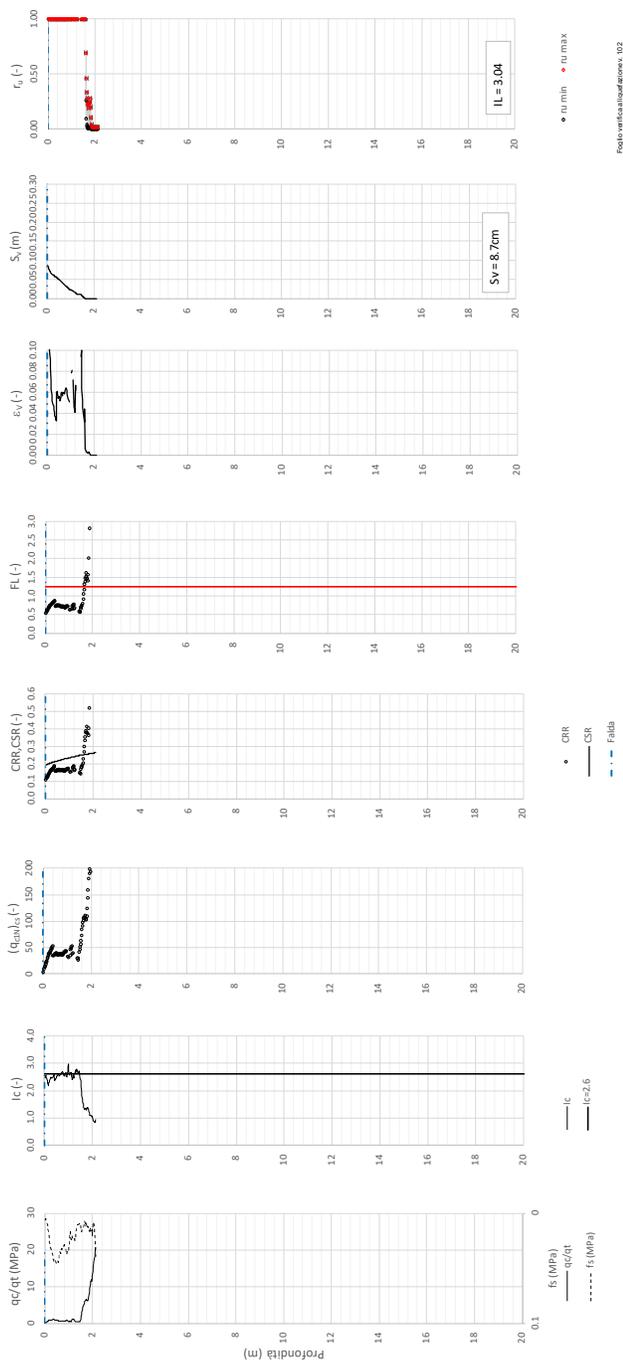


Figura 16 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU-PE-35



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2900001B

Foglio
36 di 111

T tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 1 - Prova BH-PE-36 Pr. 16+792
 $\gamma_{max} = 0.30g$ $N_{calc} = 6$ MSF = 2 Metodo NCEER 1996-1998-2001
Altezza rilevato = 4m

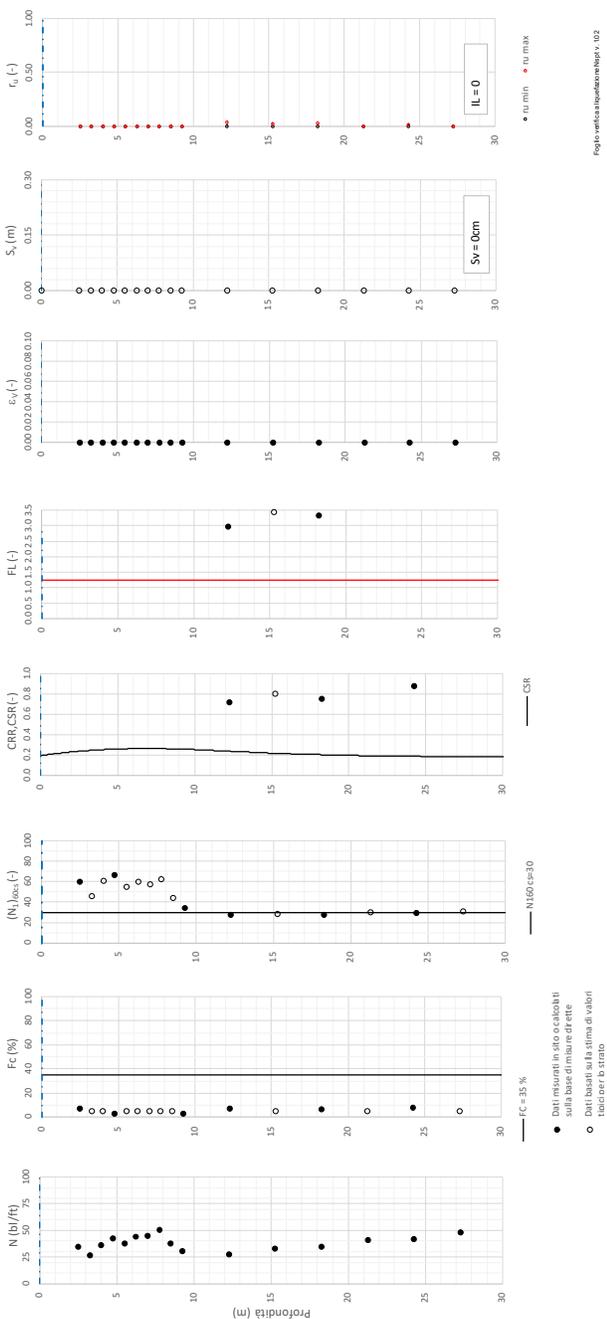


Figura 17 – Verifica Liquefazione da risultati SPT da BH-PE-36



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2900001B

Foglio
37 di 111

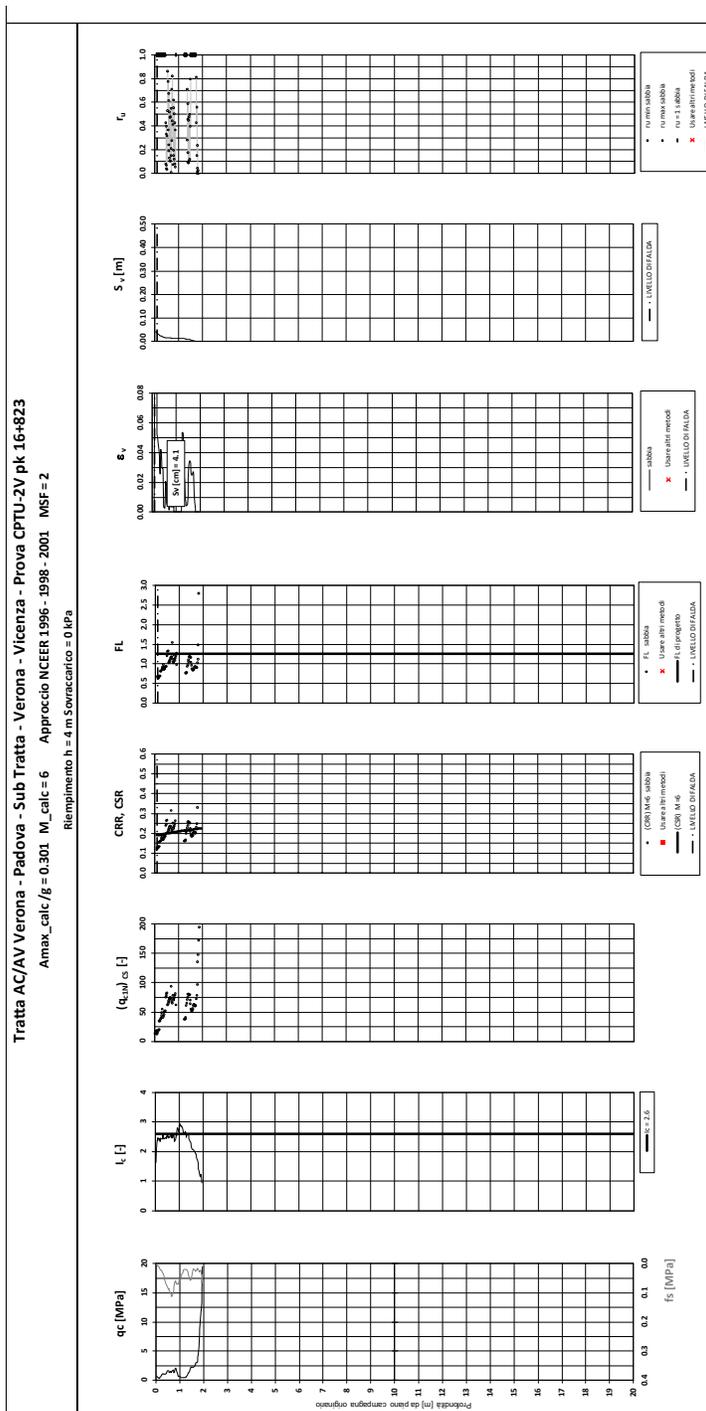


Figura 18 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU2V



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI290001B

Foglio
38 di 111

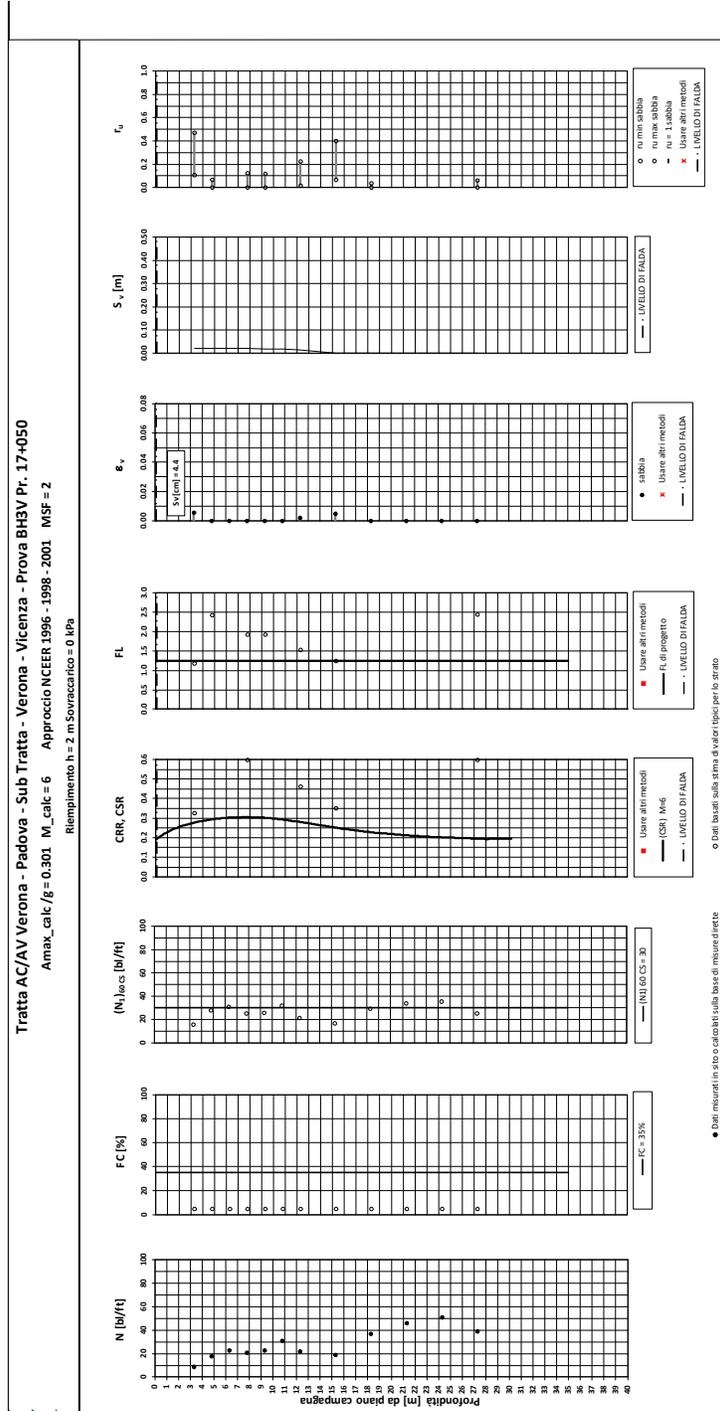


Figura 19 – Verifica Liquefazione da risultati SPT da BH2V



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2900001B

Foglio
39 di 111

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 1 - Prova CPTU-PE-16 Pr. 17-200
a_{1,max} = 0.301g M_{1,calc} = 6 MSF = 2 Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001
Altezzarilevato = 2m

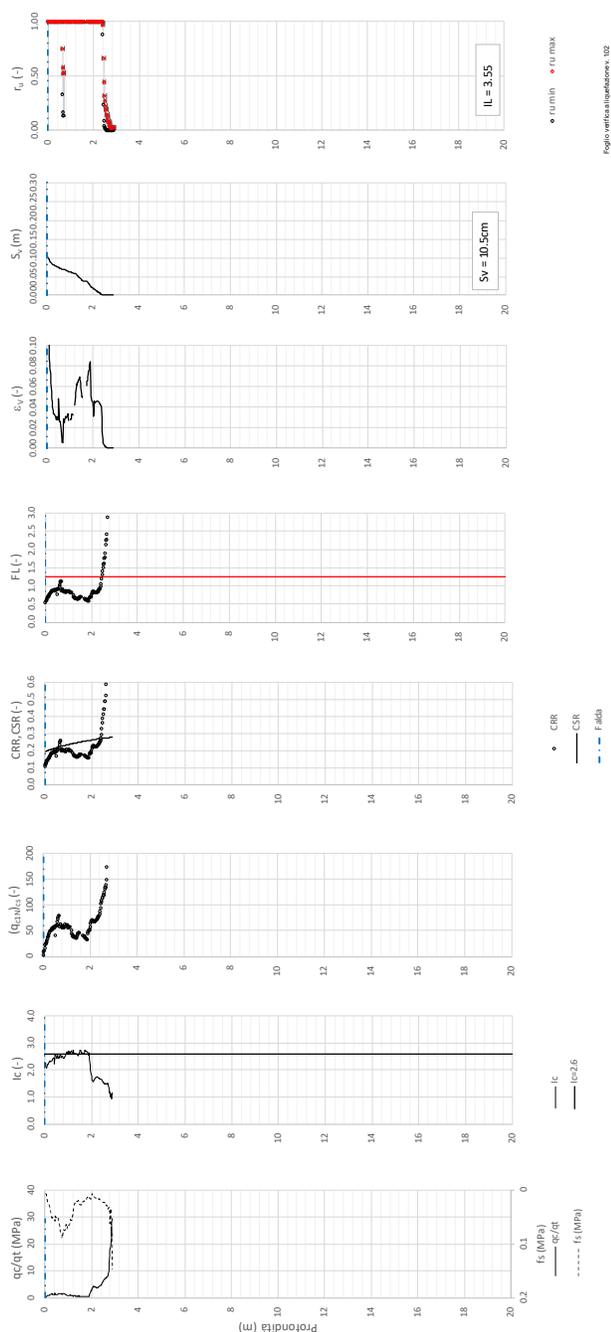


Figura 20 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU-PE-15



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2900001B

Foglio
40 di 111

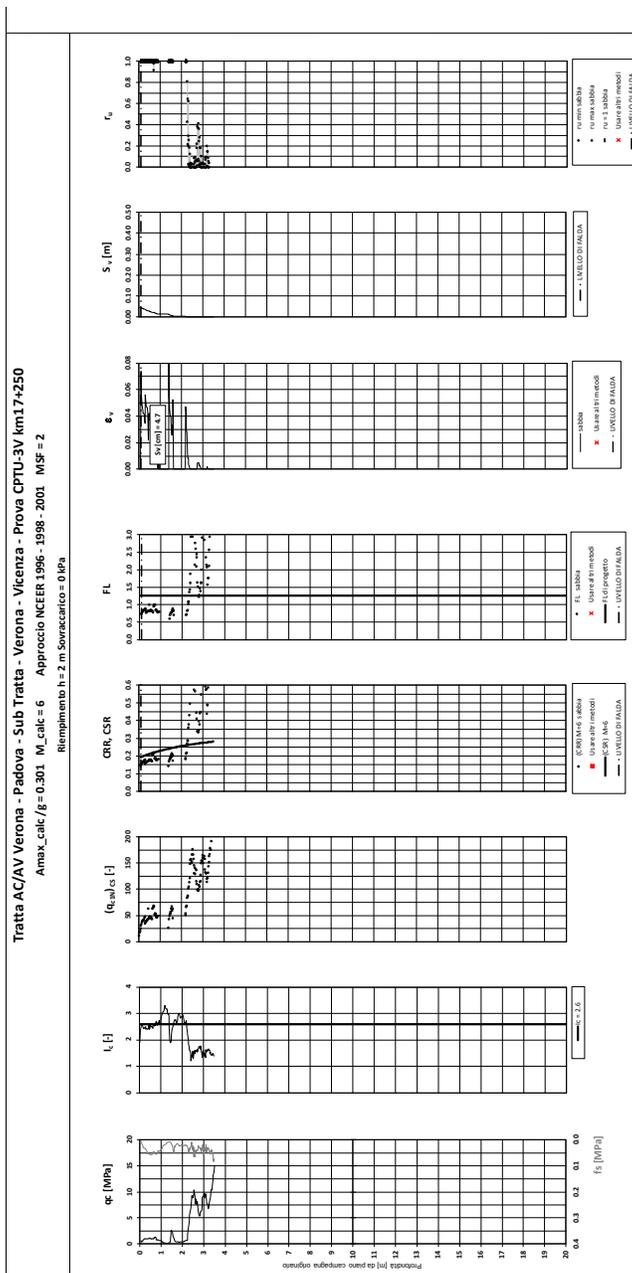


Figura 21 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU3V

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2900001B	Foglio 41 di 111

5.2.4 Soil improvement

Come illustrato al punto precedente, le prove disponibili nell'area evidenziano la presenza di materiali liquefacibili per spessori di circa 2-3 m.

L'area interessata da RI29 è stata identificata come area di stoccaggio di una cava dimessa. Infatti, il terreno risulta composto, per i primi metri, da materiale di problematico smaltimento. Per ovviare a tali problemi di smaltimento, e per la messa in sicurezza del sito contro i problemi di liquefazione evidenziati al punto 5.2.3, si prescrive la realizzazione di trattamenti con colonne in ghiaia.

Pertanto, lungo l'intera tratta, dalla pk 16+516 alla pk 16+800, 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 $L=2.5$ m, interasse $i=2$ m, a maglia quadrata.

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 22 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 2×2 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° .
- 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 ai terreni non trattati. Si noti che il risultato della verifica non si applica ai terreni non trattati. Pertanto, quanto riportato nelle figure da Figura 23 a Figura 31, non si applica ai terreni a profondità superiori ai 2.5 m, ove le colonne non sono presenti. Per questi terreni, rimangono valide le verifiche precedenti (Figura 13-Figura 21).



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2900001B

Foglio

42 di 111

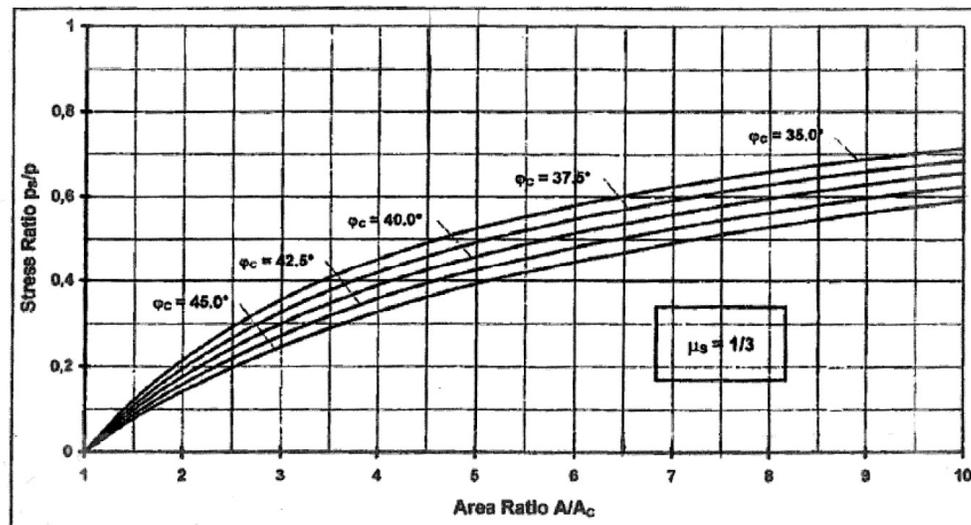


Figura 22 – Riduzione dello stress ratio sismico in funzione dell'area ratio delle colonne di ghiaia (Doc.Rif.[36])



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

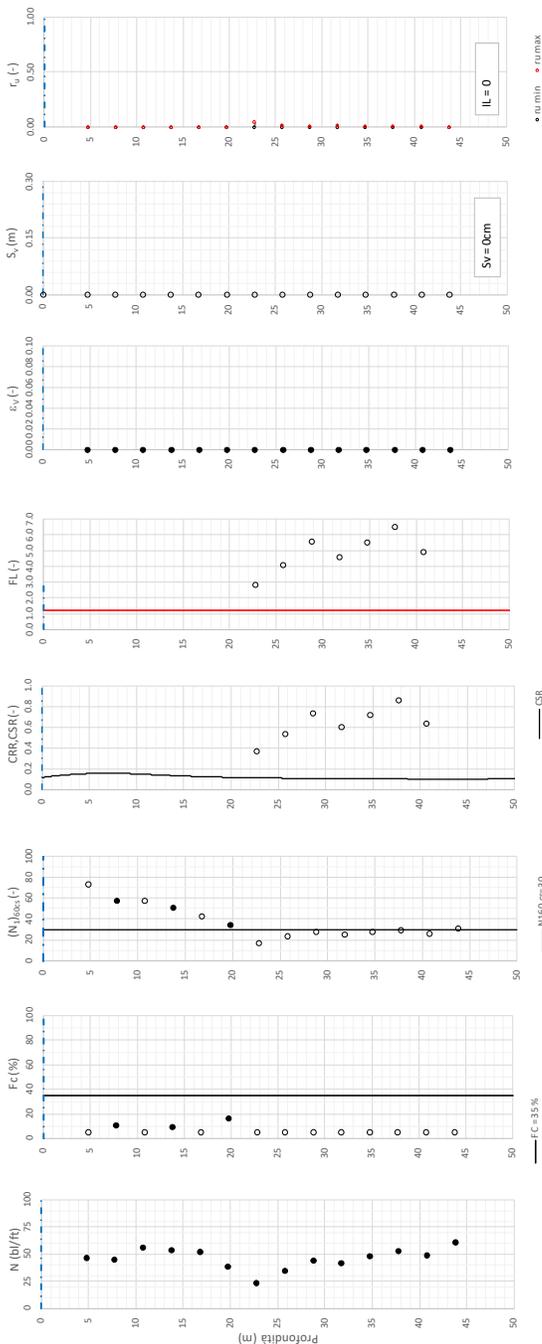
Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2900001B

Foglio
43 di 111

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 1 - Prova BH-PE-34 Pr. 16+556
a_{max} = 0,1806g M_{calc} = 6 MSF = 2 Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001
Altezza rilevato = 4m



Foglio verifiche misurazione topog. n. 102

● Dati misurati in sito o calcolati sulla base di misure dirette
○ Dati basati sulla stima di valori tipici per lo strato

Figura 23 – Verifica Liquefazione da risultati BH-PE-34 dopo soil improvement



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

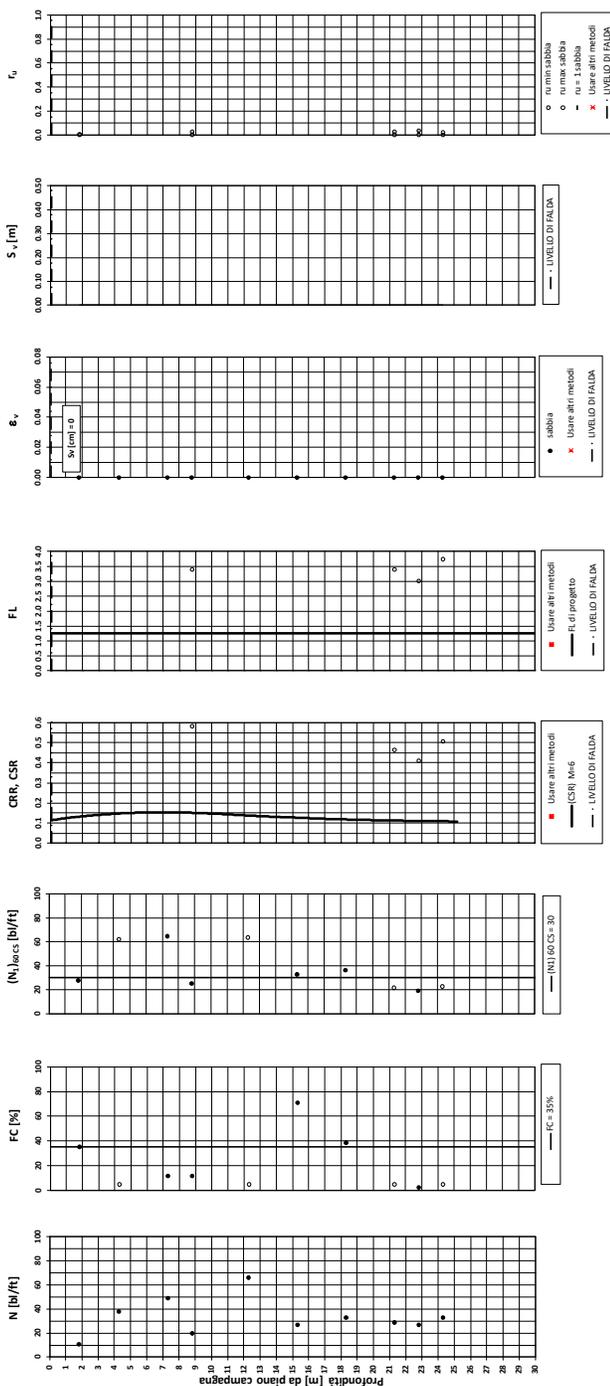
Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2900001B

Foglio
44 di 111

Tratta AC/AV Verona - Padova - Sub Tratta - Verona - Vicenza - Prova BH2V Pr. 16+576
A_{max,calc}/f_g = 0.1806 M_{calc} = 6 Approccio NCEER 1996 - 1998 - 2001 MSF = 2
Riempimento h = 4 m Sovraccarico = 0 kPa



○ Dati basati sulla stima di valori tipici per lo strato

● Dati misurati in sito o calcolati sulla base di misure effettive

Figura 24 – Verifica Liquefazione da risultati SPT da BH2V dopo soil improvement



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2900001B

Foglio
45 di 111

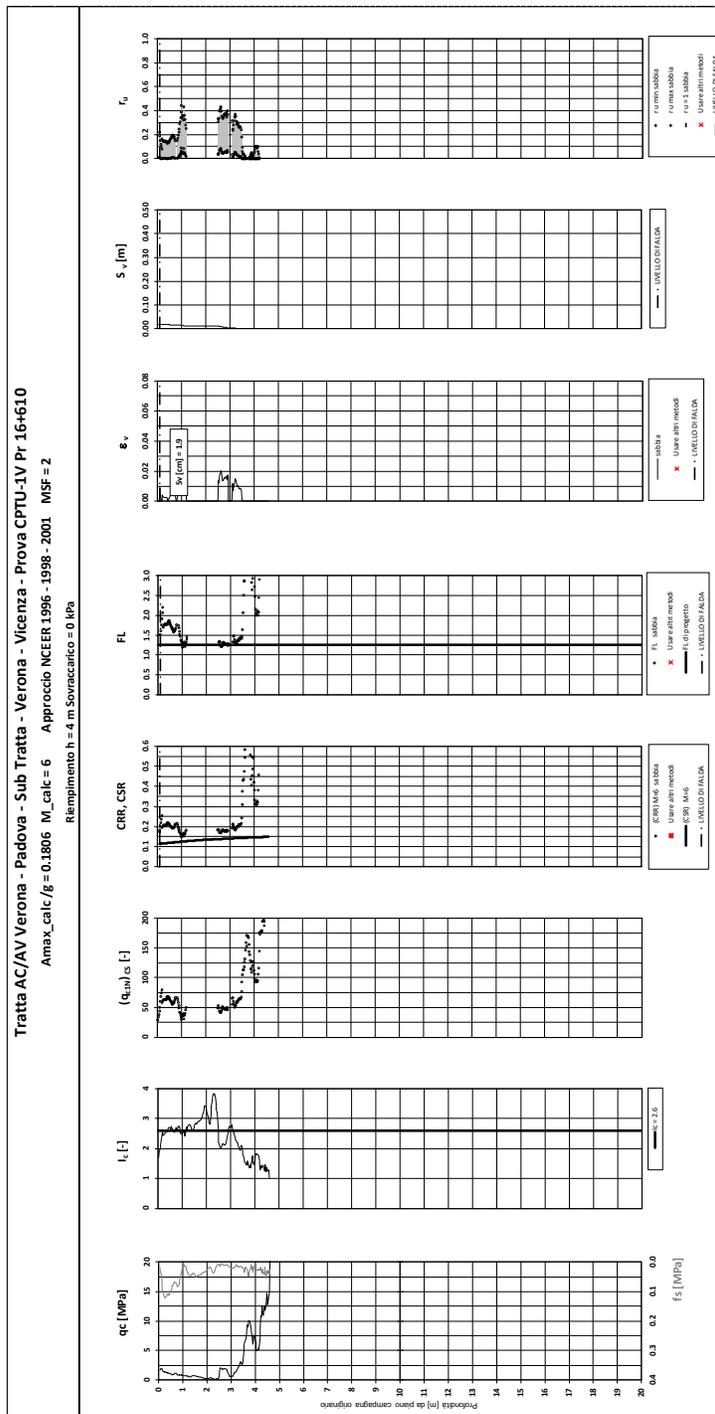


Figura 25 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU1V dopo soil improvement



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
 Relazione Geotecnica

Progetto
 IN17

Lotto
 12

Codifica
 EI2RBRI2900001B

Foglio
 46 di 111

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 2 - Prova CPTU-PE-35 Pr. 26+801
 $a_{p,max} = 0.1806g$, $M_{calc} = 6$, $MSF = 2$ Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001
 Altezza rilevato = 4m

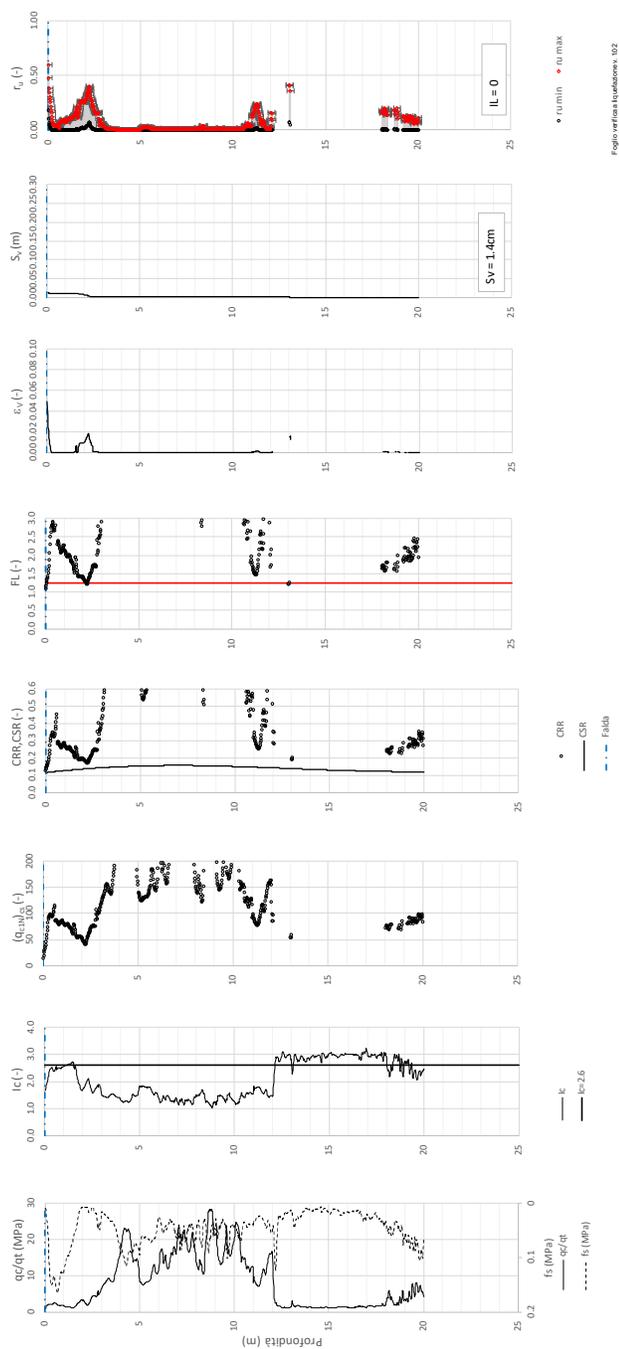


Figura 26 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU-PE-35 dopo soil improvement



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2900001B

Foglio
48 di 111

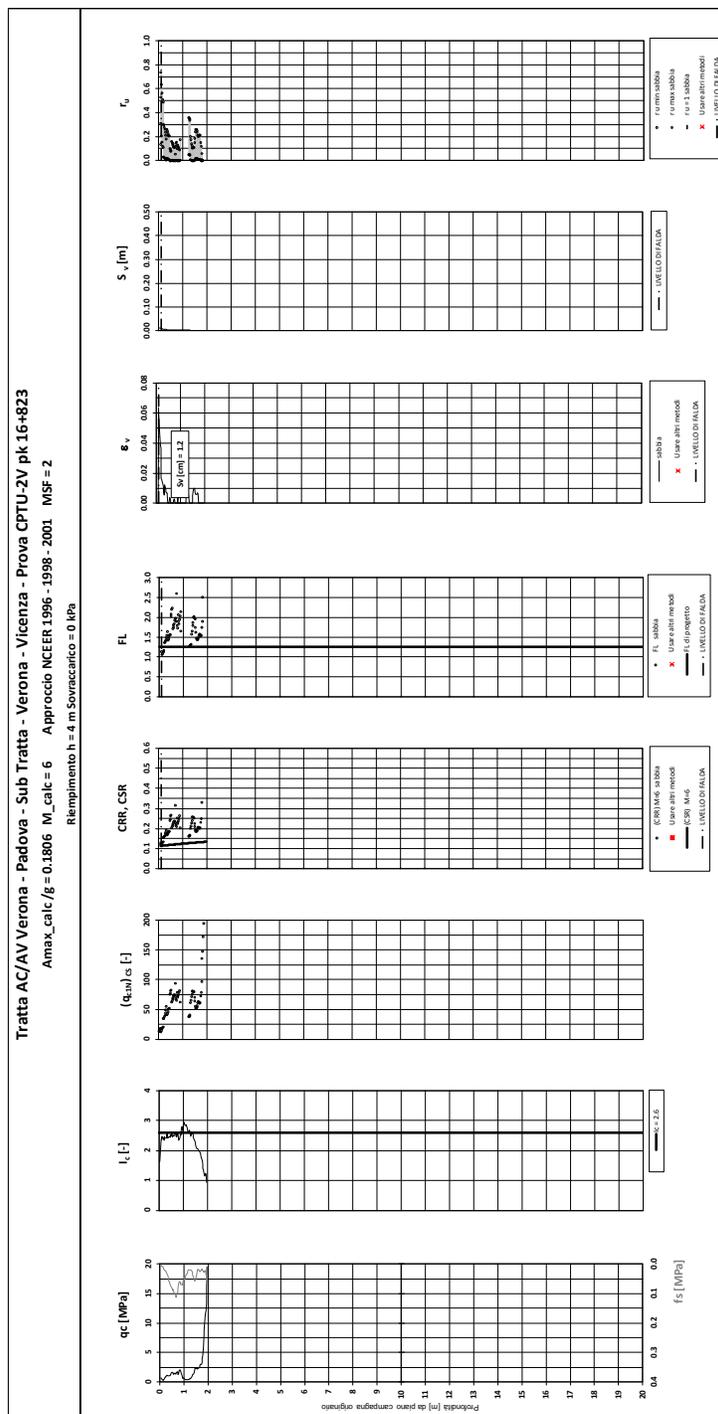


Figura 28 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU2V dopo soil improvement



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2900001B

Foglio
49 di 111

Tratta AC/AV Verona - Padova - Sub Tratta - Verona - Vicenza - Prova BH2V Pr. 16+576

Amax_calc/g = 0.1806 M_calc = 6 Approccio NCEER 1996 - 1998 - 2001 MSF = 2

Riempimento h = 4 m Sovraccarico = 0 kPa

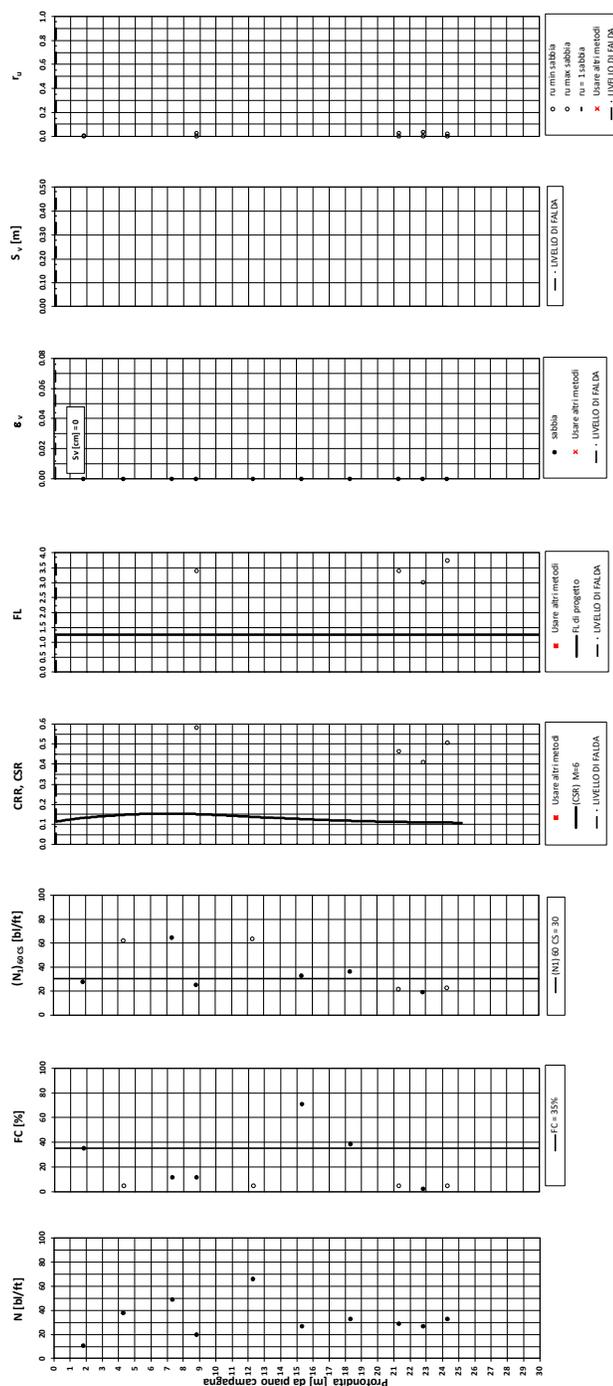


Figura 29 – Verifica Liquefazione da risultati SPT da BH2V dopo soil improvement



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2900001B

Foglio
50 di 111

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 1 - Prova CPTU-PE-15 Pr. 16+761
a_{max} = 0.1806 M_{v, calc} = 6 NSF = 2 Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001
Altezza rilevato = 2m

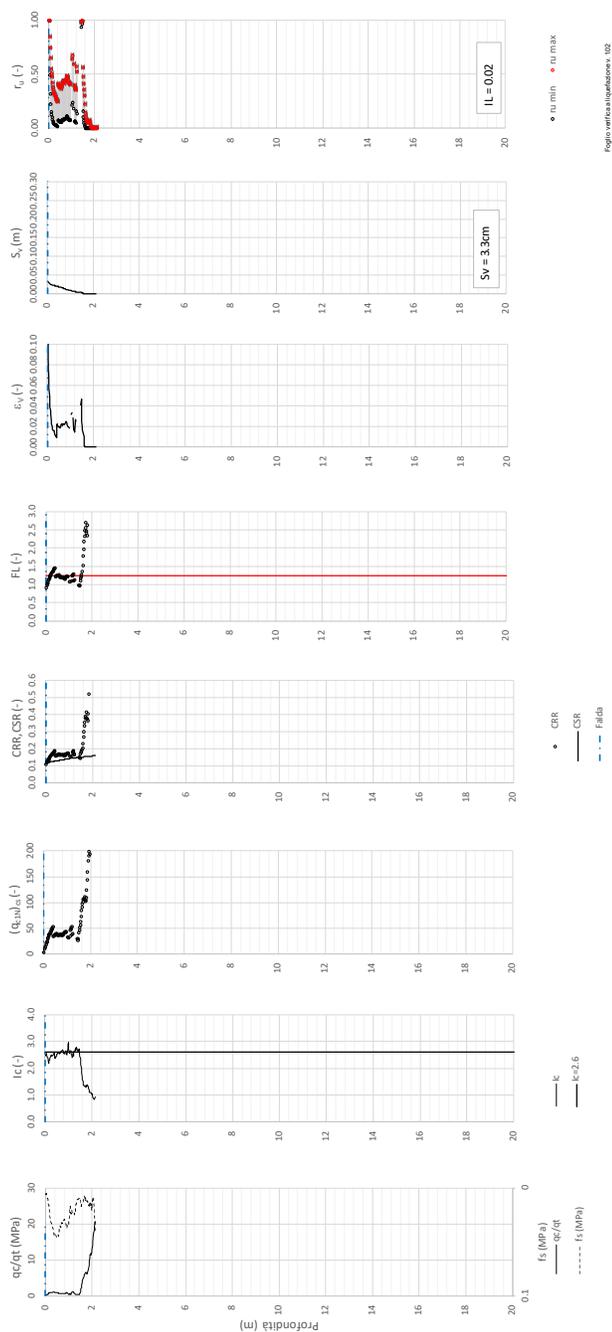


Figura 30 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU-PE-15 dopo soil improvement



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2900001B

Foglio
51 di 111

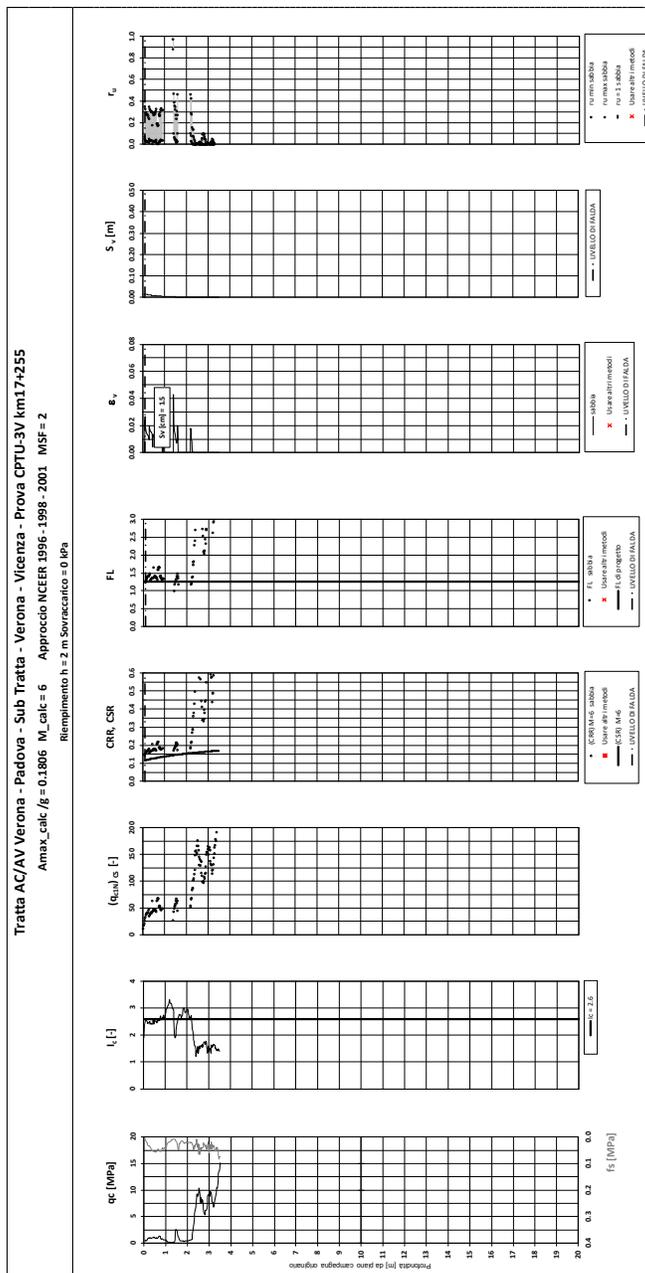


Figura 31 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU3V dopo soil improvement

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2900001B	Foglio 52 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  IFICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2900001B	Foglio 53 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 γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

dove:

γ_{G1} coefficiente parziale del peso proprio della struttura, del terreno e dell'acqua, quando pertinente;

γ_{G2} coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;

γ_Q coefficiente parziale delle azioni variabili da traffico;

γ_{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 γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0

Tabella 8 – Coefficienti parziali per verifiche di stabilità globale

Coefficiente	R2
γ_R	1.1

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

GENERAL CONTRACTOR  IFICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2900001B	Foglio 54 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 ΔH 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 ψ 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.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2900001B	Foglio 55 di 111

6.2.1 Azioni permanenti

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

Peso massicciata e armamento 18 kN/m³

Peso elementi in cls 25 kN/m³

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, valutati nel rispetto delle normative di riferimento e considerando il caso peggiore tra i tre modelli di carico previsti: LM71, SW/0 ed SW/2. Per ogni binario, tale azione risulta essere pari a 61.4 kPa (LM71) ed applicata su una superficie definita dalla larghezza della traversa e dalla larghezza di diffusione del carico nel ballast (2.8 m 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

β_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
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

GENERAL CONTRACTOR  IFICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2900001B	Foglio 56 di 111

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, secondo il 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, è stato modellato come un carico distribuito applicato in corrispondenza delle impronte delle traversine ferroviarie. Tale sovraccarico è di tipo variabile- sfavorevole, pertanto, in accordo al coefficiente parziale sulle azioni A2 riportato e 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 4.4. 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 32 sono riportate le superfici di rottura critica per la combinazione DA1C2. Il valore minimo di FS è pari a:

$$F_{S\text{MIN}} (DA1C2) = 1.229 > R2 = 1.1$$

la verifica di stabilità globale in campo statico risulta soddisfatta.

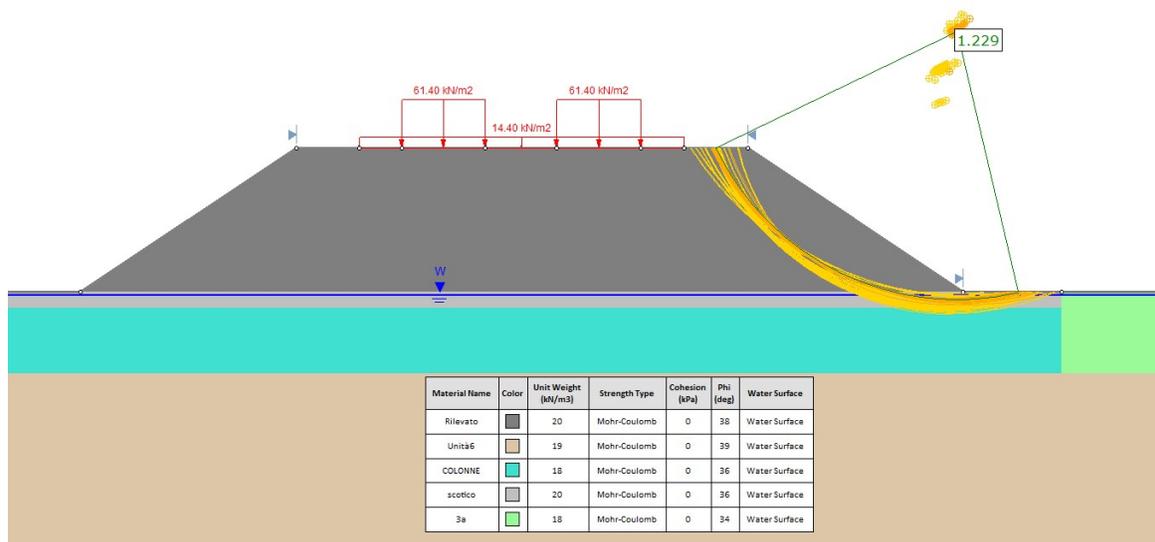


Figura 32 – Sezione A - Analisi SLU in campo statico DA1C2

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 4.4. 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.

Per i parametri di resistenza al taglio degli strati interessati dall'intervento con colonne, si veda quanto riportato al punto 4.6.

In Figura 33 sono riportate le superfici di rottura critiche. Il fattore di sicurezza FS è pari a:

$$FS_{MIN} = 1.121 > R_2 = 1.1$$

la verifica di stabilità globale in campo sismico risulta soddisfatta.

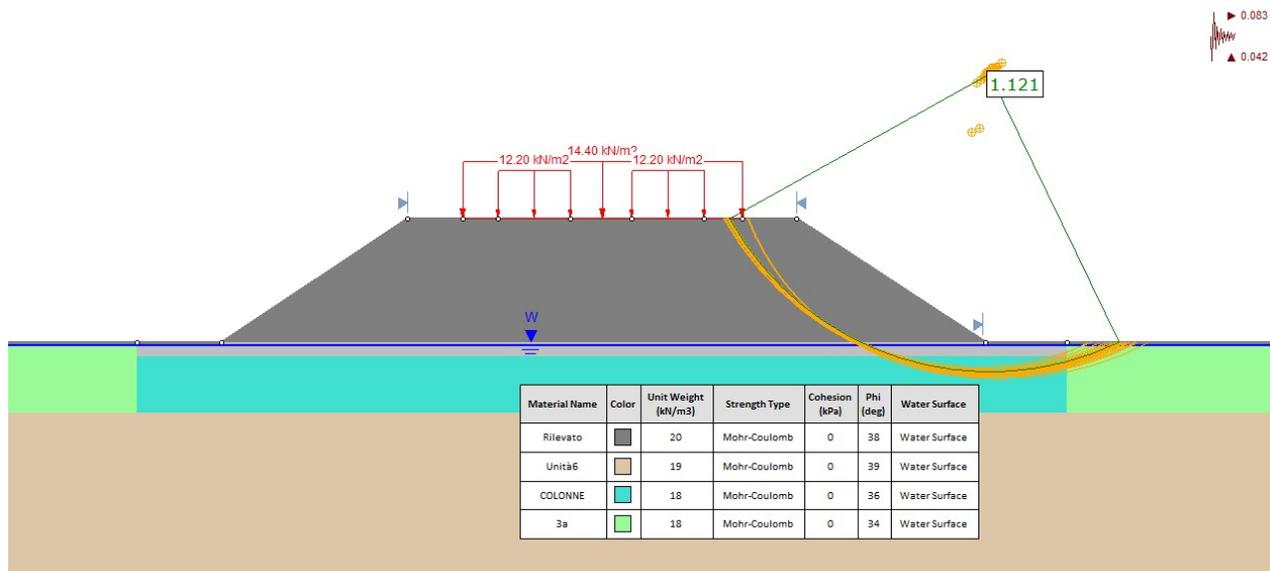


Figura 33 – Sezione A - Analisi SLU in campo sismico

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2900001B	Foglio 58 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.

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° ($\arctg. 0.1$).

Per quanto riguarda la falda è stato preso un livello coincidente a p.c., come riportato nel paragrafo 4.4. 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.

Per i parametri di resistenza al taglio degli strati interessati dall'intervento con colonne, si veda quanto riportato al punto 4.6.

In Figura 34 sono riportate le superfici di rottura critiche. Il fattore di sicurezza FS è pari a:

$$FS_{MIN}=1.300 > R2=1.1$$

la verifica di stabilità globale post liquefazione risulta soddisfatta.

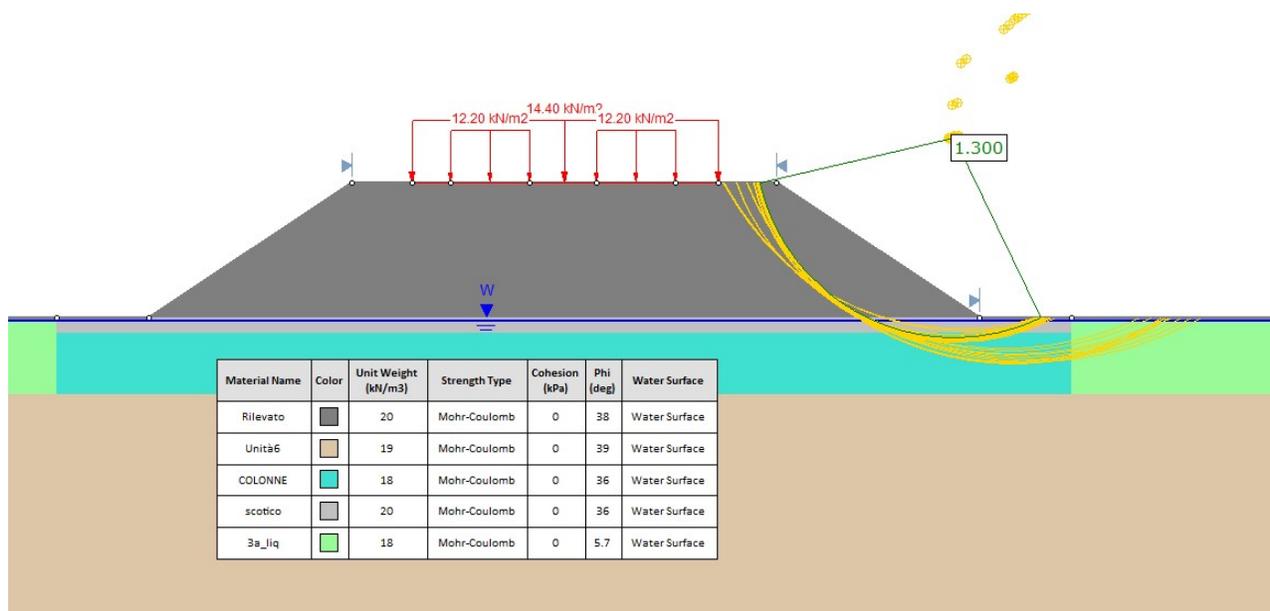


Figura 34 – Sezione A - Analisi SLU post sisma

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2900001B	Foglio 59 di 111

6.4 Verifica e risultati SLE

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.

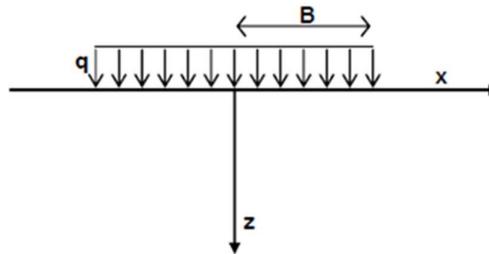


Figura 35 – Modello di calcolo Settle 3D – carico uniforme

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:

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

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

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

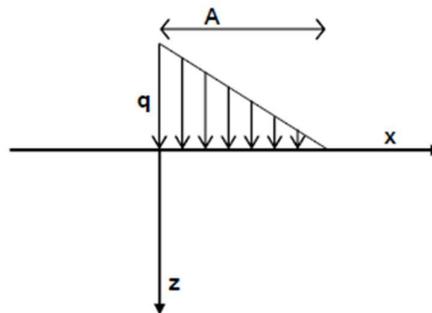


Figura 36 - Modello di calcolo Settle 3D – carico linearmente crescente

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  IFICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2900001B	Foglio 61 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.

La verifica è stata condotta con riferimento alla sezione riportata in Figura 2, considerando l'influenza della costruzione del piazzale A06. Il modello di calcolo implementato per il rilevato tipologico con altezza pari a 4.4 m, è riportato in Figura 37. La larghezza del rilevato è pari a 27 m, con pendenza delle scarpate è 2V:3H. Nel calcolo sono stati utilizzati i parametri geotecnici definiti in Tabella 2. Il piazzale A06 è alto 2.2 m da pc.

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 38.

Il cedimento calcolato in corrispondenza del centro del nuovo rilevato è di circa 5 cm.

Considerando la natura per lo più granulare dei terreni, nonché la presenza delle colone di ghiaia, se ne deduce che i massimi percorsi di drenaggio saranno inferiori al metro. In tali condizioni di drenaggio, i cedimenti si esauriranno praticamente all'atto dell'applicazione dei carichi, e quindi non risultano essere necessarie dettagliate analisi di consolidazione. Inoltre, considerata la natura dei terreni i cedimenti secondari sono trascurabili.

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.

Per quanto concerne la deformabilità del terreno trattato con colone di ghiaia, si può valutare un modulo equivalente dello strato trattato con colonne 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 m^2 (maglia 2x2), si ottiene un modulo equivalente pari a:

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

La verifica SLE è quindi da considerarsi soddisfatta.



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2900001B

Foglio

62 di 111

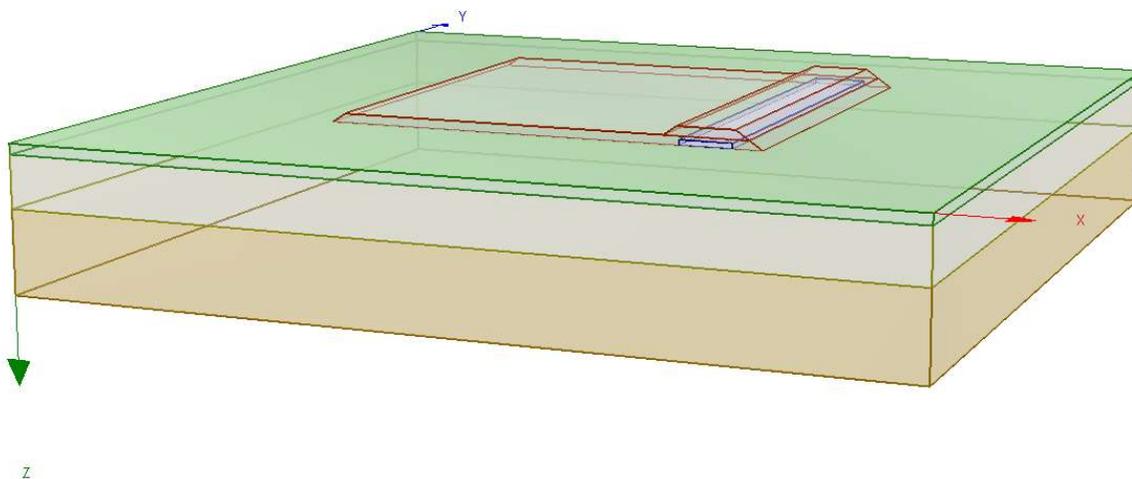


Figura 37 – Rilevato RI29 H=4.40 m - Analisi SLE – Modello di calcolo

Ri29 : Cedimento del rilevato ferroviario linea AV

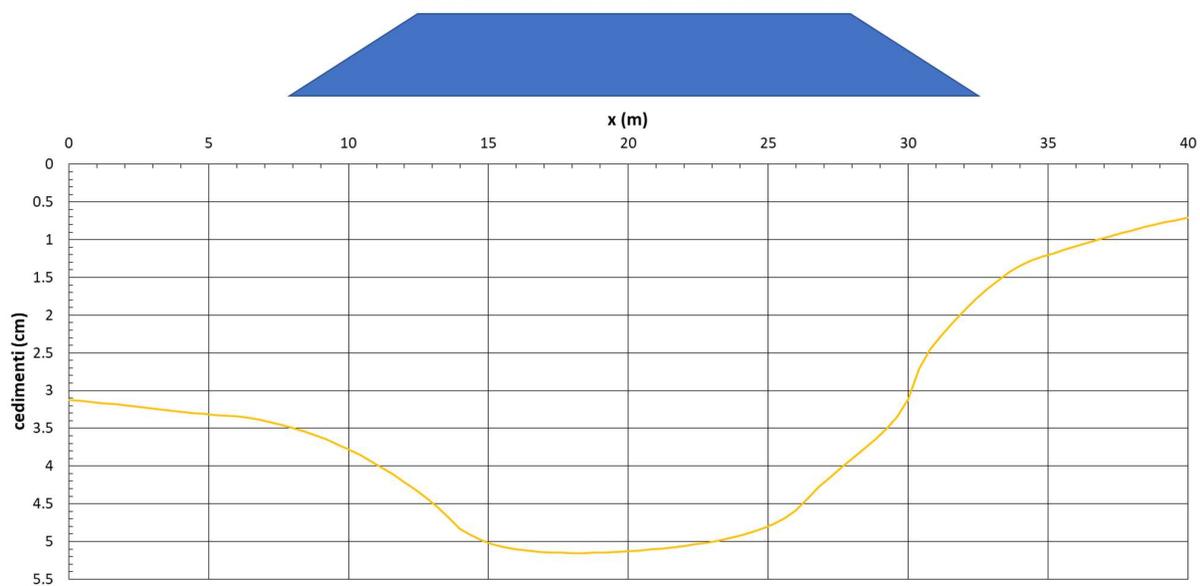


Figura 38 - Rilevato RI29 - Analisi SLE – Risultato Cedimenti



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2900001B

Foglio

63 di 111

Ri29: Cedimento al centro del rilevato ferroviario

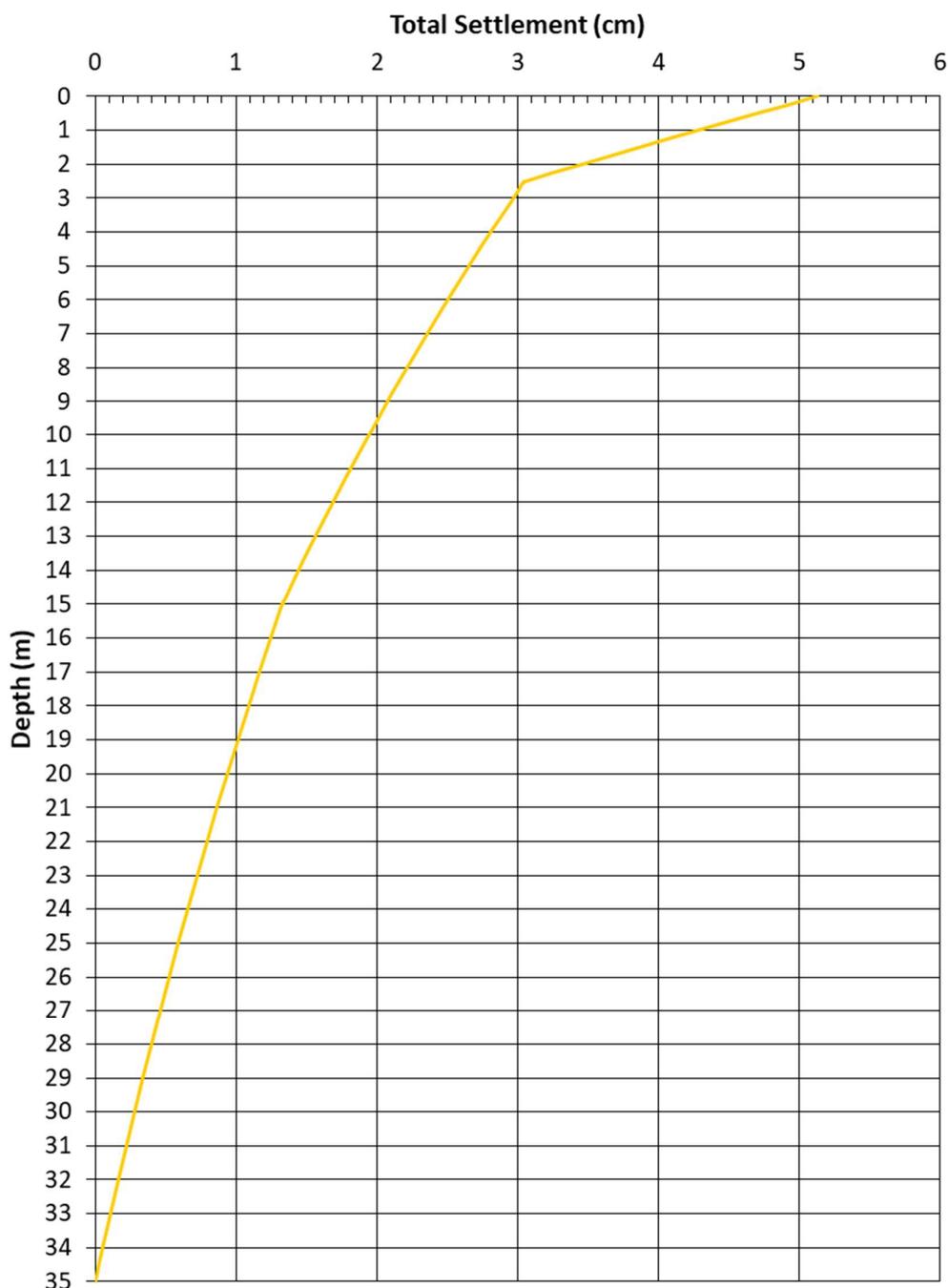


Figura 39 - Rilevato RI29 - Analisi SLE – Risultato cedimenti in profondità al centro del rilevato

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2900001B

Foglio

64 di 111

7 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

In conclusione, il rilevato oggetto di questa analisi risulta stabile e i cedimenti attesi sono limitati e non differiti nel tempo.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2900001B	Foglio 65 di 111
--	------------------	-------------	-----------------------------	---------------------

ALLEGATI

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI2900001B	66 di 111

ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2900001B	Foglio 68 di 111
--	------------------	-------------	-----------------------------	---------------------

ALLEGATO 2 – INDAGINI GEOGNOSTICHE



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2900001B

Foglio

70 di 111



Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 34
Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza	Data: 18/12/2020 - 21/12/2020
Coordinate:	Quota:
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: A65, prog. 16+490	

SCALA 1:60

STRATIGRAFIA - BH PE 34

Pagina 2/4

Ø mm	R mm	metri	Prel. % 0 --- 100	RQD % 0 --- 100	Litologia	prof. m	Quota m	Spess. m	Descrizione	Campioni	RP	Standard Penetration Test S.P.T.	Test N Pr	prova da foro	A r s	Pz
									Ghiaia sabbiosa, eterometrica, poligenica, sub-arrotondata, colore nocciola.							
		13,0				13,0	13,0	7,0	Ghiaia sabbiosa, eterometrica, poligenica, sub-arrotondata, colore grigio.	CR4) Rm 13,50 13,95	13,5	22-27-27	54	C		
		14,0														
		15,0				14,7	14,7	0,7	Argilla limoso-torbosa, colore grigio nerastra.							
		16,0							Ghiaia sabbiosa, eterometrica, poligenica, sub-arrotondata, colore nocciola.	CR5) Rm 16,50 16,95	16,5	21-24-28	52	C		
		17,0														
		18,0														
		19,0														
		20,0				20,0	20,0	5,3	Sabbia da limosa a debolmente limosa, medio-fine, da moderatamente addensata a molto addensata; presenti rari clasti ghiaiosi, colore da grigio a nocciola. Tra 43,00+45,00 m debolmente ghiaiosa.	CR6) Rm 19,50 19,95	19,5	17-21-18	39	C		
		21,0														
		22,0														
		23,0														
		24,0								SPT1) Sp 22,50 22,95	22,5	9-11-13	24	A		

Il Geologo di Cantiere
dott.geol. Gabriele Sproccati



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
IN17	12	EI2RBRI2900001B	71 di 111



Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 34
Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza	Data: 18/12/2020 - 21/12/2020
Coordinate:	Quota:
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: A65, prog. 16+490	

SCALA 1:60

STRATIGRAFIA - BH PE 34

Pagina 3/4

Ø mm	R mm	Prof. m	Precl. % 0-100	RQD % 0-100	Litologia	prof. m	Quota m	Spes. m	Descrizione	Campioni	RP	Standard m	Penetration S.P.T.	Test N	Pr	prova A r s	Pz
		25,5							Sabbia da limosa a debolmente limosa, medio-fine, da moderatamente addensata a molto addensata; presenti rari clasti ghiaiosi, colore da grigio a nocciola. Tra 43,00+45,00 m debolmente ghiaiosa.	SPT2) SP 25,50 25,95	25,5	11-15-20	35	A			
		26,0															
		27,0															
		28,0									SPT3) SP 28,50 28,95	28,5	12-19-25	44	A		
		29,0															
		30,0															
		31,0								SPT4) SP 31,50 31,95	31,5	11-19-23	42	A			
		32,0															
		33,0															
		34,0															
		35,0								SPT5) SP 34,50 34,95	34,5	14-21-27	48	A			
		36,0															

Il Geologo di Cantiere
dott.geol. Gabriele Sprocati



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2900001B

Foglio

72 di 111



Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 34
Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza	Data: 18/12/2020 - 21/12/2020
Coordinate:	Quota:
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: A65, prog. 16+490	

SCALA 1:60

STRATIGRAFIA - BH PE 34

Pagina 4/4

Ø mm	R mm	Prel. % 0-100	RQD % 0-100	Litologia	prof. m	Quota m	Spes. m	Descrizione	Campioni	RP	Standard Penetration Test		prova in foro	A r s	Pz
											S.P.T.	N			
								Sabbia da limosa a debolmente limosa, medio-fine, da moderatamente addensata a molto addensata; presenti rari clasti ghiaiosi, colore da grigio a nocciola. Tra 43,00+45,00 m debolmente ghiaiosa.							
									SPT6) 37,50 37,96	37,5	14-24-29	53	A		
									CR7) Rm 40,50 40,95	40,5	12-23-26	49	A		
									CR8) Rm 43,50 43,95	43,5	15-27-34	61	A		
101					45,0	45,0	25,0								

Utilizzato carotiere semplice.
Prelevato n. 1 campione indisturbato.
Prelevati n. 8 campioni rimaneggiati.
Prelevati n. 6 campioni rimaneggiati SPT.
Eseguite n. 14 prove SPT.



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2900001B

Foglio
74 di 111

RILEVIO ACQUA IN FORO DURANTE LA PISCORAZIONE		DATE		NOTE	
PROF. FORO (m)	PROF. PARETE (m)	Da	Al	Da	Al
100	100	10/04/2015	22,50	13/04/2015	30,00
CAROTERE SEMPLICE Ø 101 mm CAROTAGGIO CONTINUO A SECCO METODO DI PERFORAZIONE					
PIEZOMETRO Ø 2" TUBO APERTO 11 TUBI IN CANTIERE					
PRESSIOMETRO MENARD STRUMENTAZIONE					
BINSERIE SPERIMENTAZIONE < 5 cm 5-10 cm > 10 cm					
VANE TEST BINSERIE SPERIMENTAZIONE					
PERMEAB. LEFRANC PERMEAB. LUGERON					
CAMERONE RIMANEGGIATO CAMERONE RIMANEGGIATO DA S.P.T. CAMERONE RIMANEGGIATO DA VANE TEST SPEZZINE DI CAROTA CAMERONE INDISTURBATO PARETI SOTTILI CAMERONE INDISTURBATO A PISTONE CAMERONE INDISTURBATO ROTATIVO					
ATTREZZATURA PER SPT MAGLIO "NIENZI" A SGANCAMENTO AUTOMAT. PESO MAGLIO 63,5 Kg ALTEZZA CADUTA 76 cm DIAMETRO ASTE 50 mm PESO ASTE 7,2 kg/m PUNTA CONICA CHIUSA					

SCHEDE DI SONDAGGIO		COMIT. cm01715	
Rev. 0	Data	PAG. 2	DI 2
CERTIFICATO centec01/cm01715 SECONDO RACCOMANDAZIONI I.A.G.I. (1977) Dott. Ing. Davide Splendore			
COMMITENTE Iticav Due CANTIERE Linea AV/AC VR-FD Variante di San Bonifacio PERFORAZIONE N. BH1V DATA INIZIO 09/04/2015 COORDINATE GRS Nord RESPONSABILE Dott. Capurro OPERATORE Sig. Moretto ATTREZZATURA Puntel			
Data 31/12/2008 1 a s. 30,00 Provola Fin m. 30,00 PAG. 3 DI 4			
DISCORDAZIONE STRATIGRAFICA			
21,50	Sabbia medio fine ben gradata marrone chiaro.	11	22,50
23,50	Sabbia fine limosa marrone chiaro.	12	24,05
24,05	Argilla grigio scuro con numerose concrezioni carbonatiche, Ø < 5 mm.	13	24,70
24,80	Una sabbia sabbiosa con laterali di carbonatiche di sabbia fine.	14	25,50
25,25	Colori grigio argilloso-rosato. Abbonanti concrezioni carbonatiche.	15	26,50
25,25	Una argillosa nocciola.	16	26,95
25,25	Da sabbia fine a sabbia medio fine ben gradata nocciola.	17	26,65
26,00	Sabbia fine limosa nocciola.	18	26,95
26,40	Sabbia medio fine nocciola.	19	28,50
30,00	FINE SONDAGGIO	20	28,95





Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI2900001B

75 di 111



Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 36
Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza	Data: 25/11/2020 - 26/11/2020
Coordinate:	Quota:
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: A 66, prog. 16+760	

SCALA 1:60

STRATIGRAFIA - BH PE 36

Pagina 1/3

Prof. m	Litologia	Descrizione	Campioni	RP	Standard Penetration Test		A	Pz
					S.P.T.	N		
0,6 - 0,6		Limo sabbioso colore da marrone a nocciola.	CR1) Rim 0,01 0,60					
0,6 - 0,8		Alternanze di limo argilloso, limo sabbioso e argilla limosa, materiale consistente, colore grigio.	CR2) Rim 0,90 1,00	1,3				
1,4 - 1,4		Argilla limosa, mediamente consistente, colore da marrone a nocciola, passante a 1,90 m a limo sabbioso, colore da marrone a nocciola.	CR3) Rim 1,90 1,90	1,8				
2,0 - 2,0		Ghiaia sabbiosa, eterometrica, poligenica, sub-arrotolata, colore nocciola. Presenti rari ciottoli Ø max. 8-10 cm.	SPT1) SP 2,25 2,70	2,3	12-16-19	35	C	
			CR4) Rim 3,00 3,90	3,0	10-13-14	27	C	
				3,8	10-17-19	36	C	
			CR5) Rim 4,50 5,00	4,5	12-25-18	43	C	
				5,3	18-17-21	38	C	
			CR6) Rim 6,00 6,60	6,0	13-20-24	44	C	
				6,8	15-19-26	45	C	
				7,5	15-24-27	51	C	
				8,3	13-20-18	38	C	
			CR7) Rim 9,90 9,90	9,0	9-13-18	31	C	
11,7 - 11,7		Sabbia limosa, medio-fine, da moderatamente addensata ad addensata, colore da nocciola a nocciola-giallastra. Presenti rari piccoli clasti ghiaiosi. Tra 12,30+12,55 m livello di argilla limosa organica, colore nero.		12,0	10-11-17	28	A	

Il Geologo di Cantiere
dott.geol. Gabriele Sproccati



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2900001B

Foglio

77 di 111



Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 36
Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza	Data: 25/11/2020 - 26/11/2020
Coordinate:	Quota:
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: A 66, prog. 16+760	

SCALA 1:60

STRATIGRAFIA - BH PE 36

Pagina 3/3

Ø mm	R metri	Prel. % 0-100	RQD % 0-100	Litologia	prof. m	Quota m	Spes. m	Descrizione	Campioni	RP	Standard m	Penetration S.P.T.	Yes N	Pre Pt	prov. di foro	A r s	Pz
	25,0							Sabbia limosa, medio-fine, da moderatamente addensata ad addensata, colore da nocciola a nocciola-giallastra. Presenti rari piccoli ciasti ghiaiosi. Tra 12,30+12,55 m livello di argilla limosa organica, colore nero.	SPT6) SP 24,00 24,46								
	26,0																
	27,0								SPT7) SP 27,00 27,46		27,0	14-19-29	48	A			
	28,0																
	29,0																
101	30				30,0	30,0	18,3										

Utilizzato carotiere semplice.
Prelevati n. 7 campioni rimaneggiati.
Prelevati n. 7 campioni rimaneggiati SPT.
Eseguiti n. 16 prove SPT.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI2900001B

Foglio
79 di 111



PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PREZOCORNO

COMMITTENTE IRICAV DUE
Linea AV/AC - Variante San Bonifacio

CANTIERE 1V
PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00
PREFORO (m da p.c.) 0,00

NOTE:
Pezosono TECHOVENTA CKZIN s.n. 310713

indagini geognostiche
prove geotecniche in sito



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2900001B

Foglio

80 di 111



PROVA PENETROMETRIA STATICA CON PREZOCCHIO

COMITENTE IRICAV DUE

Linea AV / AC - Variante San Bonifacio

CANTIERE

DATA 2/03/2015

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

NOTE:

Prezocchio TECNOMETRA CPTIN s.n., 330713

QUOTA p.c. (m sl. m.m.)

TPO BUNTA

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00

PROF. FALLA (m da p.c.) 1,00

PRE (cm) (m da p.c.) 0,00



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2900001B

Foglio

81 di 111



PROVA VIBROPIERRELLA STATICA CON MEMBRANO

COMMITTENTE IRICAV DUE

CANTIERE Linea AV/JAC - Variante San Bonifacio

CPU N° 3V

DATA 23/03/2015

PROF. FALDA (m ds bc.) 2,20

PROF. FALDA (m ds bc.) 0,00

QUOTA P.C. (m s.l.m.)

TIPO PUNTA

NOTE:

Piccolo TECNOPIERRE C/PZIN s.l.a. 310713



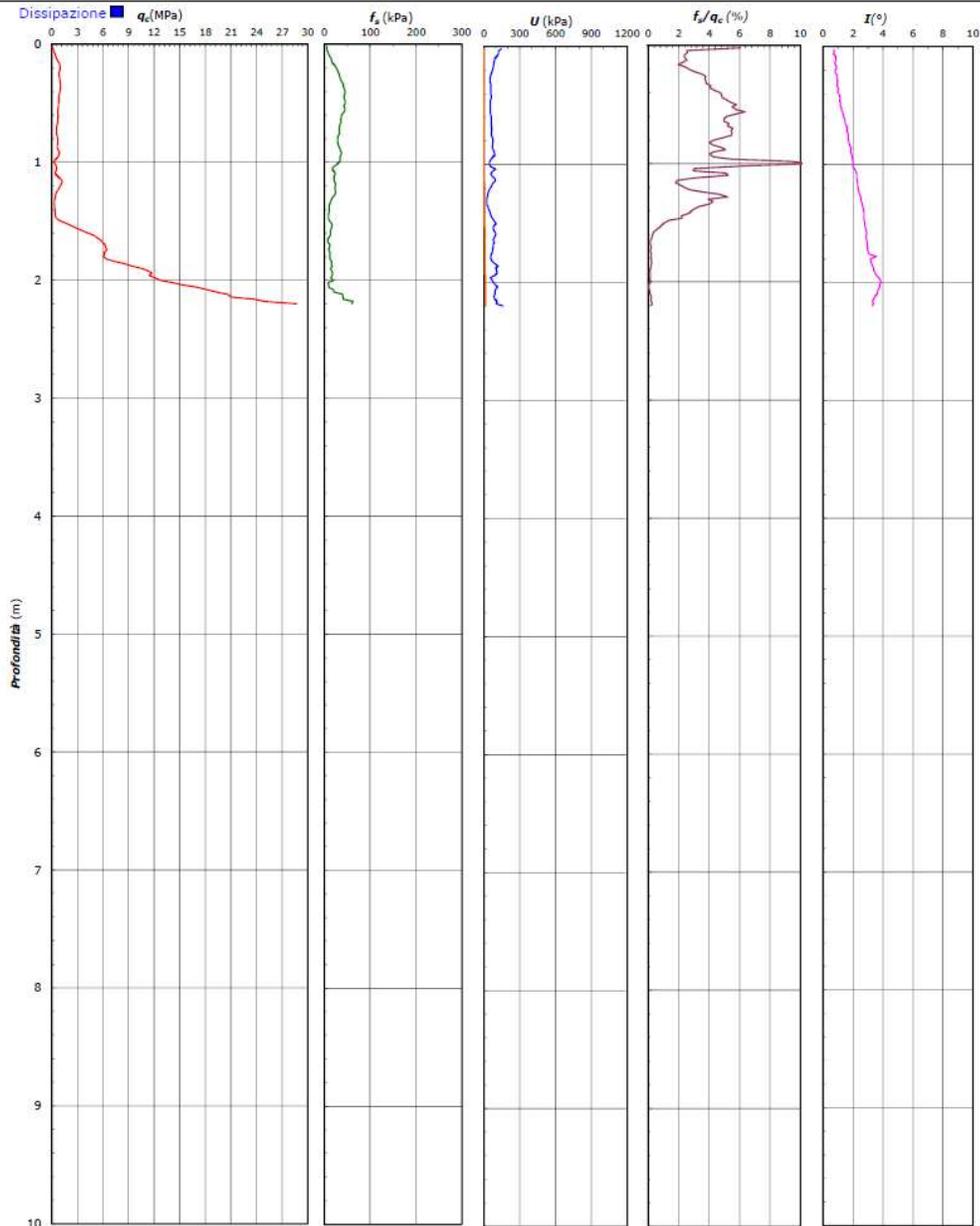


Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI2900001B	82 di 111

FERRARA DEPARTMENT
Via Annibale Zucchini, 69 - 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119
SOCOTEC ITALIA Srl - P.iva 01872430648
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it



COMMITTENTE: CONSORZIO IRICAV DUE - Via Francesco Tovaglieri 413-00155 Roma (RM)
CANTIERE: Linea Alta Velocità Verona-Vicenza
PROVA N°: CPTU 15 PROF. FALDA (m da p.c.): 0.80 PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 121114)[a = 0.66]
DATA: 13/11/20 PREFORO (m da p.c.): Lat.: 45.391972° Long.: 11.219667°
COMMESSA: 22036AV/20 C. SITO N°: SF210080 - 25/01/21 OPERATORE: L. Formisano QUOTA s.l.m.: 21.573



Il Direttore Tecnico SO:
ing. Massimo De lasi

Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2900001B

Foglio

83 di 111

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 - 44122 Ferrara (FE)
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl - P. Iva 01872430848
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it

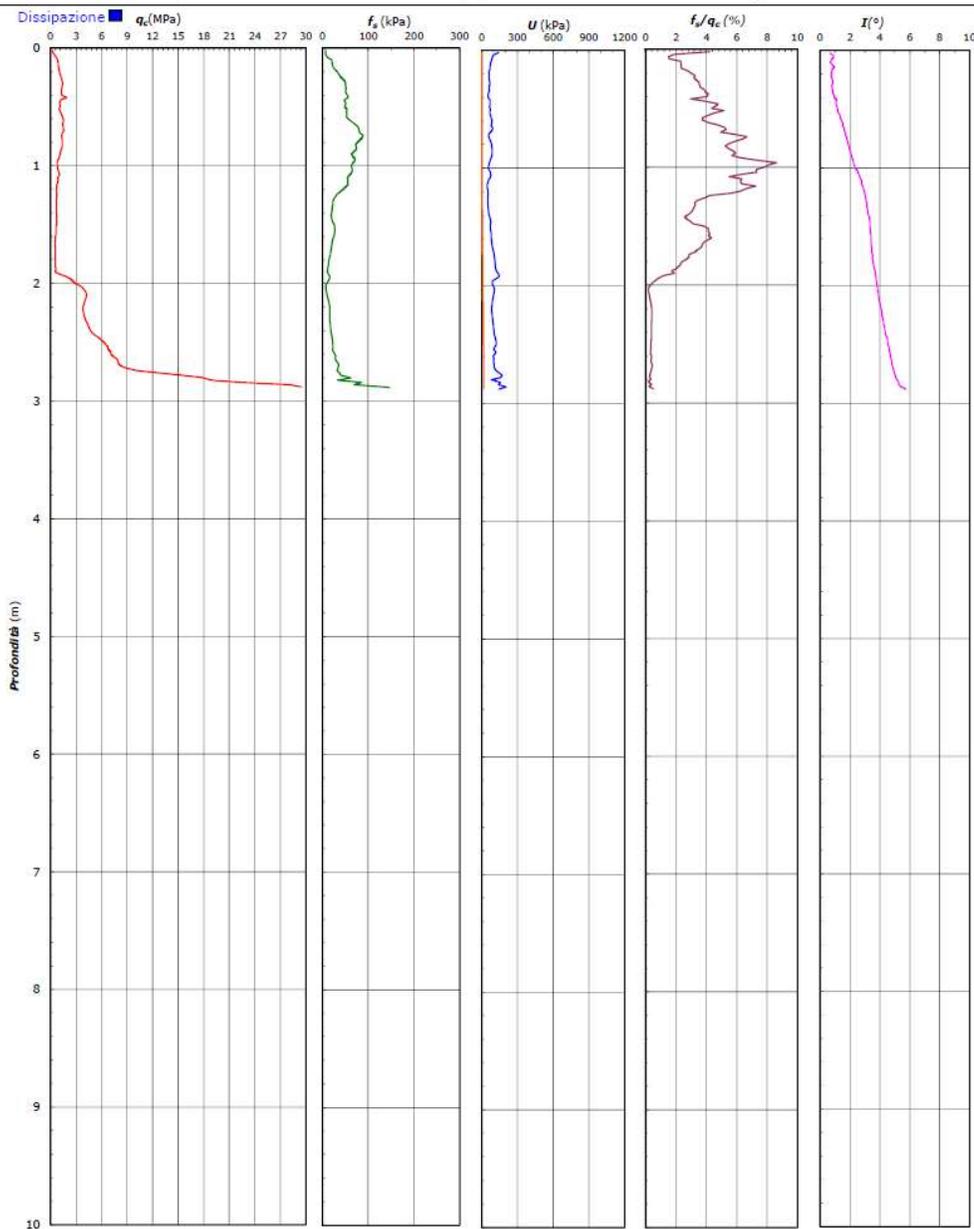
Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiqual - Qualità Ambiente Sicurezza - UNIEN ISO 9001:2008 - UNIEN ISO 14001:2004 - SIS OHSAS 18001:2011



COMMITTENTE: CONSORZIO IRICAV DUE - Via Francesco Tovaglieri 413-00155 Roma (RM)

CANTIERE: Linea Alta Velocità Verona-Vicenza

PROVA N°: CPTU 16 PROF. FALDA (m da p.c.): 1.00 PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 121114)[a = 0.66]
DATA: 13/11/20 PREFORO (m da p.c.): Lat.: 45° 23' 28.08" Long.: 11° 13' 30.68"
COMMESSA: 22036AV/20 C. SITO N°: SF210081 - 25/01/21 OPERATORE: L. Formisano QUOTA s.l.m.: 21.149



Il Direttore Tecnico SO:
ing. Massimo De Iasi

SF210081_CPTU-PE-16.xls - pag 2 di 3

Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2900001B	Foglio 84 di 111
--	------------------	-------------	-----------------------------	---------------------

ALLEGATO 3 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU STATICA



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2900001B

Foglio

85 di 111

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: RI29_stat.slm
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 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 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2900001B

Foglio

86 di 111

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 2 of 6

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]: 2
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

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



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2900001B

Foglio

87 di 111

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 3 of 6

Global Minimums

Method: bishop simplified

	FS	1.228640
Center:	46.798, 29.563	
Radius:	8.182	
Left Slip Surface Endpoint:	39.433, 26.000	
Right Slip Surface Endpoint:	48.676, 21.600	
Resisting Moment:	1021.05 kN-m	
Driving Moment:	831.04 kN-m	
Total Slice Area:	11.0169 m ²	
Surface Horizontal Width:	9.24315 m	
Surface Average Height:	1.1919 m	

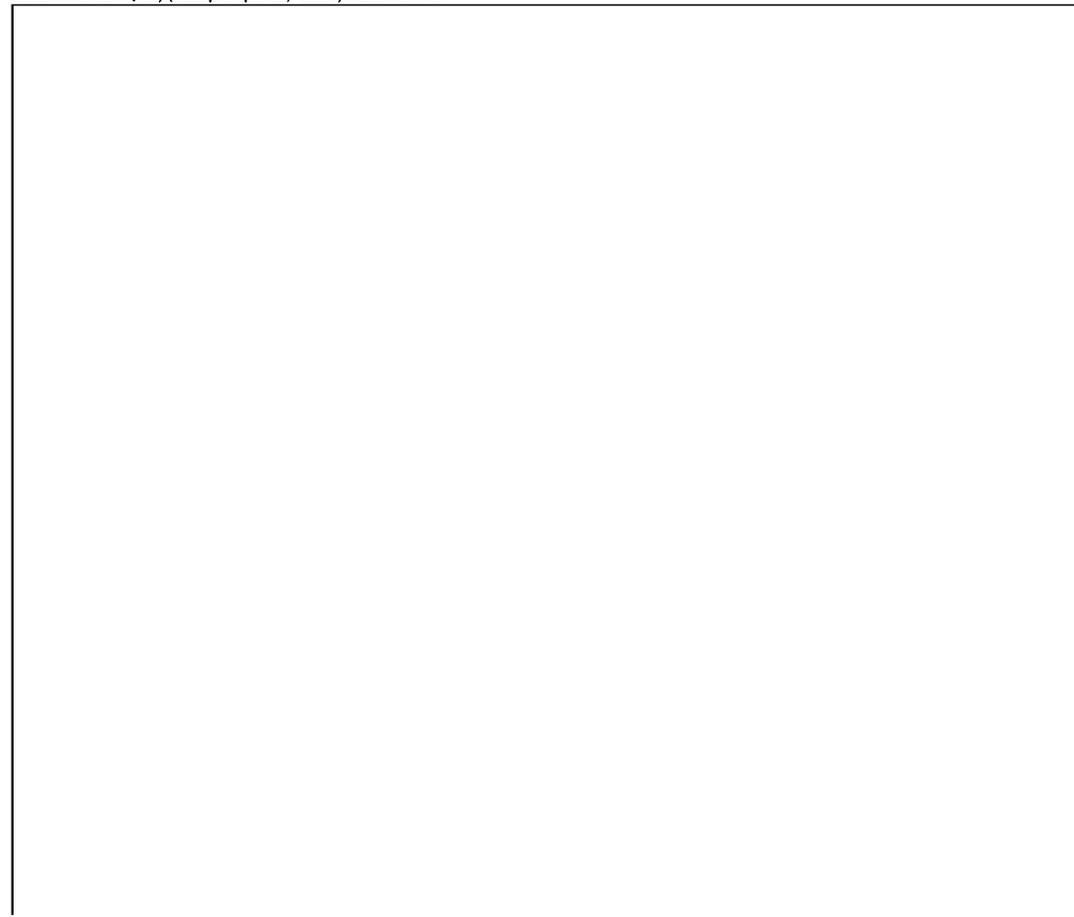
Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 1038
Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.22864





Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI2900001B

88 di 111

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 4 of 6

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	0.189203	0.694639	-62.736	Rilevato	0	32.0066	0.940723	1.15581	1.84922	0	1.84922	3.67465	3.67465
2	0.189203	2.00846	-59.9659	Rilevato	0	32.0066	2.87499	3.53233	5.65148	0	5.65148	10.6243	10.6243
3	0.189203	3.18766	-57.412	Rilevato	0	32.0066	4.77638	5.86845	9.38909	0	9.38909	16.8612	16.8612
4	0.189203	4.25941	-55.0261	Rilevato	0	32.0066	6.63551	8.15265	13.0437	0	13.0437	22.5293	22.5293
5	0.189203	5.24235	-52.775	Rilevato	0	32.0066	8.44837	10.38	16.6072	0	16.6072	27.7274	27.7274
6	0.189203	5.96953	-50.6353	Rilevato	0	32.0066	9.91389	12.1806	19.488	0	19.488	31.5725	31.5725
7	0.189203	6.33832	-48.5891	Rilevato	0	32.0066	10.815	13.2878	21.2595	0	21.2595	33.522	33.522
8	0.189203	6.64553	-46.6228	Rilevato	0	32.0066	11.622	14.2793	22.8459	0	22.8459	35.1457	35.1457
9	0.189203	6.9014	-44.7257	Rilevato	0	32.0066	12.3463	15.1691	24.2694	0	24.2694	36.498	36.498
10	0.189203	7.11095	-42.8889	Rilevato	0	32.0066	12.9914	15.9617	25.5376	0	25.5376	37.6052	37.6052
11	0.189203	7.27828	-41.1055	Rilevato	0	32.0066	13.5608	16.6614	26.6571	0	26.6571	38.4892	38.4892
12	0.189203	7.4068	-39.3692	Rilevato	0	32.0066	14.0577	17.2718	27.6335	0	27.6335	39.168	39.168
13	0.189203	7.49941	-37.6752	Rilevato	0	32.0066	14.4842	17.7959	28.4722	0	28.4722	39.6568	39.6568
14	0.189203	7.55857	-36.019	Rilevato	0	32.0066	14.8429	18.2366	29.1772	0	29.1772	39.9688	39.9688
15	0.189203	7.58638	-34.397	Rilevato	0	32.0066	15.1356	18.5962	29.7526	0	29.7526	40.115	40.115
16	0.189203	7.58468	-32.8059	Rilevato	0	32.0066	15.364	18.8768	30.2015	0	30.2015	40.1052	40.1052
17	0.189203	7.55505	-31.2428	Rilevato	0	32.0066	15.5295	19.0802	30.5269	0	30.5269	39.9478	39.9478
18	0.189203	7.4989	-29.7052	Rilevato	0	32.0066	15.6334	19.2078	30.7311	0	30.7311	39.6501	39.6501
19	0.189203	7.41746	-28.1908	Rilevato	0	32.0066	15.6767	19.261	30.8162	0	30.8162	39.2187	39.2187
20	0.189203	7.31182	-26.6975	Rilevato	0	32.0066	15.6602	19.2408	30.784	0	30.784	38.6594	38.6594
21	0.189203	7.18293	-25.2236	Rilevato	0	32.0066	15.5849	19.1482	30.6357	0	30.6357	37.9773	37.9773
22	0.189203	7.03166	-23.7674	Rilevato	0	32.0066	15.451	18.9837	30.3726	0	30.3726	37.1768	37.1768
23	0.189203	6.85878	-22.3273	Rilevato	0	32.0066	15.2591	18.748	29.9954	0	29.9954	36.2621	36.2621
24	0.189203	6.66497	-20.9019	Rilevato	0	32.0066	15.0094	18.4412	29.5046	0	29.5046	35.2367	35.2367
25	0.189203	6.45083	-19.49	Rilevato	0	32.0066	14.7022	18.0637	28.9006	0	28.9006	34.104	34.104
26	0.189203	6.21692	-18.0902	Rilevato	0	32.0066	14.3373	17.6154	28.1834	0	28.1834	32.8669	32.8669
27	0.189203	5.96373	-16.7016	Rilevato	0	32.0066	13.9147	17.0962	27.3527	0	27.3527	31.5277	31.5277
28	0.189203	5.69168	-15.323	Rilevato	0	32.0066	13.4342	16.5058	26.408	0	26.408	30.089	30.089
29	0.189203	5.40117	-13.9534	Rilevato	0	32.0066	12.8952	15.8436	25.3487	0	25.3487	28.5527	28.5527
30	0.163594	4.42229	-12.6836	scotico	0	30.1666	11.5595	14.2025	24.4352	0	24.4352	27.0367	27.0367
31	0.163594	4.18001	-11.5119	scotico	0	30.1666	11.0269	13.5481	23.3093	0	23.3093	25.5551	25.5551
32	0.163594	3.92636	-10.345	scotico	0	30.1666	10.4529	12.8429	22.0959	0	22.0959	24.004	24.004
33	0.18498	4.11963	-9.10669	scotico	0	30.1666	9.73027	11.955	20.7138	0.145439	20.5683	22.2735	22.128
34	0.18498	3.76487	-7.79695	scotico	0	30.1666	8.85915	10.8847	19.142	0.415116	18.7269	20.3551	19.94
35	0.18498	3.3942	-6.4913	scotico	0	30.1666	7.94929	9.76681	17.4462	0.642592	16.8036	18.3507	17.7081
36	0.18498	3.00774	-5.18903	scotico	0	30.1666	7.00007	8.60056	15.6253	0.828227	14.7971	16.261	15.4328
37	0.18498	2.60562	-3.88944	scotico	0	30.1666	6.01073	7.38502	13.678	0.972312	12.7057	14.0867	13.1144
38	0.18498	2.18791	-2.59185	scotico	0	30.1666	4.98038	6.11909	11.6028	1.07507	10.5277	11.8283	10.7532
39	0.18498	1.75468	-1.29559	scotico	0	30.1666	3.908	4.80153	9.39761	1.13666	8.26095	9.48599	8.34933
40	0.18498	1.30596	0	scotico	0	30.1666	2.79246	3.43093	7.06002	1.15718	5.90284	7.06002	5.90284
41	0.18498	0.879287	1.29559	scotico	0	30.1666	1.72946	2.12488	4.79247	1.13666	3.65581	4.75336	3.6167
42	0.18498	0.775395	2.59185	scotico	0	30.1666	1.50663	1.85111	4.25987	1.07507	3.1848	4.19166	3.11659
43	0.18498	0.736642	3.88944	scotico	0	30.1666	1.47116	1.80753	4.08213	0.972312	3.10982	3.98211	3.0098
44	0.18498	0.682304	5.18903	scotico	0	30.1666	1.41376	1.737	3.8167	0.828227	2.98847	3.68831	2.86008
45	0.18498	0.612296	6.4913	scotico	0	30.1666	1.33356	1.63847	3.46154	0.642592	2.81895	3.30981	2.66721
46	0.18498	0.52651	7.79695	scotico	0	30.1666	1.22964	1.51078	3.01439	0.415116	2.59927	2.84601	2.4309
47	0.18498	0.424808	9.10669	scotico	0	30.1666	1.10095	1.35267	2.47267	0.145439	2.32723	2.29619	2.15075
48	0.163594	0.278335	10.345	scotico	0	30.1666	0.880795	1.08218	1.86187	0	1.86187	1.70109	1.70109
49	0.163594	0.174973	11.5119	scotico	0	30.1666	0.559818	0.687815	1.18337	0	1.18337	1.06935	1.06935
50	0.163594	0.0602327	12.6836	scotico	0	30.1666	0.194889	0.239449	0.411967	0	0.411967	0.368106	0.368106

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.22864

--



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
IN17	12	EI2RBRI2900001B	89 di 111

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 5 of 6

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	39.4325	26	0	0	0
2	39.6217	25.6329	0.50125	0	0
3	39.8109	25.3056	1.80776	0	0
4	40.0001	25.0096	3.6847	0	0
5	40.1893	24.7391	5.95942	0	0
6	40.3785	24.4901	8.49968	0	0
7	40.5677	24.2595	11.1218	0	0
8	40.7569	24.0449	13.6399	0	0
9	40.9461	23.8447	16.0195	0	0
10	41.1353	23.6573	18.2358	0	0
11	41.3246	23.4816	20.2704	0	0
12	41.5138	23.3165	22.1099	0	0
13	41.703	23.1612	23.7448	0	0
14	41.8922	23.0151	25.1691	0	0
15	42.0814	22.8776	26.3794	0	0
16	42.2706	22.748	27.3748	0	0
17	42.4598	22.6261	28.1565	0	0
18	42.649	22.5113	28.7273	0	0
19	42.8382	22.4034	29.0919	0	0
20	43.0274	22.3019	29.2562	0	0
21	43.2166	22.2068	29.2276	0	0
22	43.4058	22.1177	29.0146	0	0
23	43.595	22.0343	28.6271	0	0
24	43.7842	21.9566	28.0759	0	0
25	43.9734	21.8844	27.373	0	0
26	44.1626	21.8174	26.5316	0	0
27	44.3518	21.7556	25.5656	0	0
28	44.541	21.6989	24.4904	0	0
29	44.7302	21.647	23.3222	0	0
30	44.9194	21.6	22.0784	0	0
31	45.083	21.5632	21.0903	0	0
32	45.2466	21.5299	20.0663	0	0
33	45.4102	21.5	19.0191	0	0
34	45.5952	21.4703	17.8366	0	0
35	45.7802	21.445	16.6856	0	0
36	45.9651	21.424	15.585	0	0
37	46.1501	21.4072	14.5549	0	0
38	46.3351	21.3946	13.6171	0	0
39	46.5201	21.3862	12.7946	0	0
40	46.705	21.382	12.1123	0	0
41	46.89	21.382	11.5967	0	0
42	47.075	21.3862	11.2573	0	0
43	47.26	21.3946	10.9434	0	0
44	47.445	21.4072	10.6204	0	0
45	47.6299	21.424	10.2953	0	0
46	47.8149	21.445	9.97615	0	0
47	47.9999	21.4703	9.67275	0	0
48	48.1849	21.5	9.39614	0	0
49	48.3485	21.5299	9.19671	0	0
50	48.5121	21.5632	9.06586	0	0
51	48.6757	21.6	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-1	21.5
63	21.5

Distributed Load

X	Y
38.4685	26
28.5403	26

Distributed Load



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2900001B

Foglio

90 di 111

SLIDEINTERPRET 7.038



X	Y
32.3826	26
29.8229	26

Distributed Load

X	Y
37.1387	26
34.5625	26

External Boundary

X	Y
61.9641	0
61.9641	6.6
61.9641	19.1
61.9641	21.6
50	21.6
47	21.6
40.4033	26
26.5967	26
20	21.6
17	21.6
0	21.6
0	19.1
0	6.6
0	0

Material Boundary

X	Y
20	21.6
47	21.6

Material Boundary

X	Y
17	19.1
17	21.1
50	21.1

Material Boundary

X	Y
17	21.1
17	21.6

Material Boundary

X	Y
0	19.1
17	19.1
50	19.1
61.9641	19.1

Material Boundary

X	Y
0	6.6
61.9641	6.6

Material Boundary

X	Y
50	19.1
50	21.1
50	21.6

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI2900001B	91 di 111

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



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2900001B

Foglio

92 di 111

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: RI29_sismica.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 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2900001B

Foglio

93 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]: 3
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 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2900001B

Foglio

94 di 111

SLIDEINTERPRET 7.038



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

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

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	1.120970
Center:	47.267, 31.109
Radius:	10.558
Left Slip Surface Endpoint:	38.028, 26.000
Right Slip Surface Endpoint:	51.855, 21.600
Resisting Moment:	2330.51 kN-m
Driving Moment:	2079.01 kN-m
Total Slice Area:	23.5513 m2
Surface Horizontal Width:	13.8274 m
Surface Average Height:	1.70323 m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 967
Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.12097





Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
IN17	12	EI2RBRI2900001B	95 di 111

SLIDEINTERPRET 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	0.290712	1.43509	-59.5059	Rilevato	0	32.0066	5.47983	6.14272	9.82789	0	9.82789	19.133	19.133
2	0.290712	4.14807	-56.5211	Rilevato	0	32.0066	6.84817	7.67659	12.282	0	12.282	22.6367	22.6367
3	0.290712	6.57884	-53.7565	Rilevato	0	32.0066	6.86703	7.69774	12.3158	0	12.3158	21.6835	21.6835
4	0.290712	8.78153	-51.1641	Rilevato	0	32.0066	9.53451	10.6879	17.0998	0	17.0998	28.9432	28.9432
5	0.290712	10.7937	-48.7106	Rilevato	0	32.0066	12.1325	13.6002	21.7594	0	21.7594	35.5747	35.5747
6	0.290712	12.6426	-46.3717	Rilevato	0	32.0066	14.6588	16.4321	26.2902	0	26.2902	41.6683	41.6683
7	0.290712	14.3491	-44.1293	Rilevato	0	32.0066	17.1129	19.1831	30.6915	0	30.6915	47.2921	47.2921
8	0.290712	15.929	-41.9692	Rilevato	0	32.0066	19.4953	21.8537	34.9643	0	34.9643	52.4989	52.4989
9	0.290712	17.0132	-39.8801	Rilevato	0	32.0066	21.3281	23.9082	38.2514	0	38.2514	56.0719	56.0719
10	0.290712	17.2817	-37.853	Rilevato	0	32.0066	22.1566	24.8369	39.7374	0	39.7374	56.9567	56.9567
11	0.290712	17.4393	-35.8803	Rilevato	0	32.0066	22.8365	25.599	40.9567	0	40.9567	57.4756	57.4756
12	0.290712	17.5091	-33.9556	Rilevato	0	32.0066	23.3923	26.2221	41.9534	0	41.9534	57.7054	57.7054
13	0.290712	17.4973	-32.0736	Rilevato	0	32.0066	23.8277	26.7101	42.7341	0	42.7341	57.6659	57.6659
14	0.290712	17.4088	-30.2296	Rilevato	0	32.0066	24.1455	27.0664	43.3042	0	43.3042	57.3739	57.3739
15	0.290712	17.248	-28.4196	Rilevato	0	32.0066	24.3483	27.2937	43.6678	0	43.6678	56.8437	56.8437
16	0.290712	17.0187	-26.6401	Rilevato	0	32.0066	24.438	27.3943	43.8287	0	43.8287	56.0877	56.0877
17	0.2133	12.3049	-25.1183	scotico	0	30.1666	23.0538	25.8426	44.4618	0	44.4618	55.27	55.27
18	0.253622	14.3893	-23.7273	scotico	0	30.1666	22.7223	25.471	44.3691	0.546791	43.8223	54.3564	53.8096
19	0.253622	14.0897	-22.2321	scotico	0	30.1666	22.0858	24.7575	44.1968	1.60207	42.5947	53.2243	51.6222
20	0.253622	13.751	-20.7526	scotico	0	30.1666	21.3922	23.98	43.8392	2.58193	41.2572	51.9451	49.3631
21	0.253622	13.3746	-19.2875	scotico	0	30.1666	20.642	23.1391	43.2991	3.48866	39.8104	50.5228	47.0341
22	0.276944	14.1061	-17.7692	COLONNE	0	30.1666	19.7587	22.1489	42.466	4.35933	38.1067	48.7981	44.4388
23	0.276944	13.52	-16.1975	COLONNE	0	30.1666	18.7379	21.0046	41.3271	5.18926	36.1378	46.7701	41.5808
24	0.276944	12.8929	-14.6383	COLONNE	0	30.1666	17.6555	19.7913	39.9891	5.93866	34.0504	44.6006	38.662
25	0.276944	12.2258	-13.09	COLONNE	0	30.1666	16.5116	18.509	38.4535	6.60933	31.8442	42.2929	35.6835
26	0.276944	11.5195	-11.5514	COLONNE	0	30.1666	15.3056	17.1571	36.7213	7.20284	29.5184	39.8495	32.6467
27	0.276944	10.7747	-10.0212	COLONNE	0	30.1666	14.037	15.735	34.7923	7.72052	27.0717	37.2727	29.5522
28	0.276944	9.99198	-8.49826	COLONNE	0	30.1666	12.705	14.2419	32.6664	8.16354	24.5029	34.5648	26.4013
29	0.276944	9.17177	-6.9813	COLONNE	0	30.1666	11.3086	12.6766	30.3426	8.53286	21.8097	31.7274	23.1945
30	0.276944	8.31452	-5.46926	COLONNE	0	30.1666	9.84638	11.0375	27.819	8.82926	18.9898	28.7618	19.9325
31	0.276944	7.42053	-3.96102	COLONNE	0	30.1666	8.31685	9.32294	25.0933	9.05339	16.0399	25.6692	16.6158
32	0.276944	6.49006	-2.45554	COLONNE	0	30.1666	6.71811	7.5308	22.1623	9.2057	12.9566	22.4504	13.2447
33	0.276944	5.63524	0.951746	COLONNE	0	30.1666	5.24713	5.88188	19.4062	9.28652	10.1196	19.4933	10.2068
34	0.276944	5.49926	0.551389	COLONNE	0	30.1666	5.06878	5.68195	19.0717	9.29602	9.77566	19.0229	9.72688
35	0.276944	5.46785	0.20549	COLONNE	0	30.1666	5.11432	5.733	19.0977	9.2342	9.86348	18.9142	9.67998
36	0.276944	5.40014	3.55984	COLONNE	0	30.1666	5.13234	5.7532	18.9992	9.10096	9.89826	18.6799	9.57897
37	0.276944	5.29599	5.06723	COLONNE	0	30.1666	5.1217	5.74127	18.7737	8.896	9.87773	18.3196	9.42358
38	0.276944	5.15518	6.57816	COLONNE	0	30.1666	5.08113	5.69579	18.4184	8.61889	9.79948	17.8324	9.21354
39	0.276944	4.97741	8.0937	COLONNE	0	30.1666	5.00919	5.61515	17.9298	8.26907	9.66074	17.2175	8.94839
40	0.276944	4.76231	9.61496	COLONNE	0	30.1666	4.90426	5.49753	17.3041	7.84577	9.45835	16.4733	8.62754
41	0.276944	4.5094	11.1431	COLONNE	0	30.1666	4.76451	5.34087	16.5369	7.34807	9.18886	15.5984	8.25037
42	0.276944	4.21814	12.6793	COLONNE	0	30.1666	4.58785	5.14284	15.623	6.77488	8.84815	14.5908	7.81597
43	0.276944	3.88785	14.2249	COLONNE	0	30.1666	4.3719	4.90077	14.5566	6.12491	8.43167	13.4483	7.32339
44	0.273689	3.20512	15.7719	3a	0	28.3516	3.24087	3.63292	12.1339	5.40139	6.73252	11.2186	5.81717
45	0.273689	2.80446	17.3215	3a	0	28.3516	2.95245	3.30961	10.7369	4.60354	6.13339	9.81612	5.21258
46	0.273689	2.3636	18.8844	3a	0	28.3516	2.62046	2.93746	9.16939	3.72565	5.44371	8.27297	4.54732
47	0.273689	1.88144	20.462	3a	0	28.3516	2.24132	2.51245	7.42159	2.76553	4.65606	6.58529	3.81976
48	0.273689	1.35675	22.056	3a	0	28.3516	1.8108	2.02985	5.48242	1.72072	3.7617	4.74875	3.02803
49	0.273689	0.788126	23.6682	3a	0	28.3516	1.32395	1.48411	3.33875	0.588404	2.75035	2.75845	2.17005
50	0.2133	0.19197	25.1183	3a	0	28.3516	0.535943	0.600776	1.11336	0	1.11336	0.862094	0.862094

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.12097

--



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI2900001B

96 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	38.028	26	0	0	0
2	38.3188	25.5064	3.37824	0	0
3	38.6095	25.0668	7.13129	0	0
4	38.9002	24.6702	10.566	0	0
5	39.1909	24.3091	14.6991	0	0
6	39.4816	23.9781	19.2725	0	0
7	39.7723	23.6731	24.0799	0	0
8	40.063	23.3911	28.9533	0	0
9	40.3537	23.1296	33.7525	0	0
10	40.6445	22.8867	38.2582	0	0
11	40.9352	22.6608	42.2319	0	0
12	41.2259	22.4505	45.6559	0	0
13	41.5166	22.2547	48.5244	0	0
14	41.8073	22.0725	50.8377	0	0
15	42.098	21.9031	52.6019	0	0
16	42.3887	21.7458	53.8277	0	0
17	42.6794	21.6	54.5305	0	0
18	42.8927	21.5	55.0826	0	0
19	43.1464	21.3885	55.4625	0	0
20	43.4	21.2849	55.6146	0	0
21	43.6536	21.1888	55.5456	0	0
22	43.9072	21.1	55.2656	0	0
23	44.1842	21.0112	54.7356	0	0
24	44.4611	20.9308	53.9952	0	0
25	44.7381	20.8585	53.0704	0	0
26	45.015	20.7941	51.9905	0	0
27	45.2919	20.7375	50.7882	0	0
28	45.5689	20.6885	49.4993	0	0
29	45.8458	20.6471	48.1633	0	0
30	46.1228	20.6132	46.823	0	0
31	46.3997	20.5867	45.525	0	0
32	46.6767	20.5675	44.3198	0	0
33	46.9536	20.5557	43.2619	0	0
34	47.2306	20.5511	42.3663	0	0
35	47.5075	20.5537	41.3688	0	0
36	47.7844	20.5637	40.217	0	0
37	48.0614	20.5809	38.9171	0	0
38	48.3383	20.6054	37.4778	0	0
39	48.6153	20.6374	35.9109	0	0
40	48.8922	20.6768	34.2312	0	0
41	49.1692	20.7237	32.4569	0	0
42	49.4461	20.7782	30.6102	0	0
43	49.7231	20.8405	28.7168	0	0
44	50	20.9107	26.8072	0	0
45	50.2737	20.9881	25.2487	0	0
46	50.5474	21.0734	23.7572	0	0
47	50.8211	21.167	22.3781	0	0
48	51.0948	21.2692	21.1632	0	0
49	51.3684	21.38	20.1724	0	0
50	51.6421	21.5	19.4751	0	0
51	51.8554	21.6	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-1	21.5
63	21.5

Distributed Load

X	Y
38.4997	26
28.5715	26



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2900001B

Foglio

97 di 111

SLIDEINTERPRET 7.038



Distributed Load

X	Y
32.3826	26
29.8229	26

Distributed Load

X	Y
37.1387	26
34.5625	26

External Boundary

X	Y
61.9641	0
61.9641	6.6
61.9641	19.1
61.9641	21.6
50	21.6
47.1	21.6
40.4033	26
26.5967	26
20	21.6
17	21.6
0	21.6
0	19.1
0	6.6
0	0

Material Boundary

X	Y
20	21.6
47.1	21.6

Material Boundary

X	Y
17	19.1
17	21.1
50	21.1

Material Boundary

X	Y
17	21.1
17	21.6

Material Boundary

X	Y
0	19.1
17	19.1
50	19.1
61.9641	19.1

Material Boundary

X	Y
0	6.6
61.9641	6.6

Material Boundary

X	Y
50	19.1
50	21.1
50	21.6

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI2900001B	98 di 111

SLIDEINTERPRET 7.038



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

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2900001B	Foglio 99 di 111
--	------------------	-------------	-----------------------------	---------------------

ALLEGATO 5 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU POST SISMA



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2900001B

Foglio

100 di
111

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: R129_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 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 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2900001B

Foglio

101 di
111

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]: 2.5
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: 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 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2900001B

Foglio

102 di
111



Property	Rilevato	Unità6	Unità4	COLONNE	scotico	3a_liq
Color						
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20	19	19	18	20	18
Cohesion [kPa]	0	0	0	0	0	0
Friction Angle [deg]	38	39	38	36	36	5.7
Water Surface	Water Table					
Hu Value	1	1	1	1	1	1

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	1.299500
Center:	46.174, 27.442
Radius:	6.482
Left Slip Surface Endpoint:	39.854, 26.000
Right Slip Surface Endpoint:	48.983, 21.600
Resisting Moment:	993.451 kN-m
Driving Moment:	764.489 kN-m
Total Slice Area:	14.0511 m2
Surface Horizontal Width:	9.12902 m
Surface Average Height:	1.53916 m

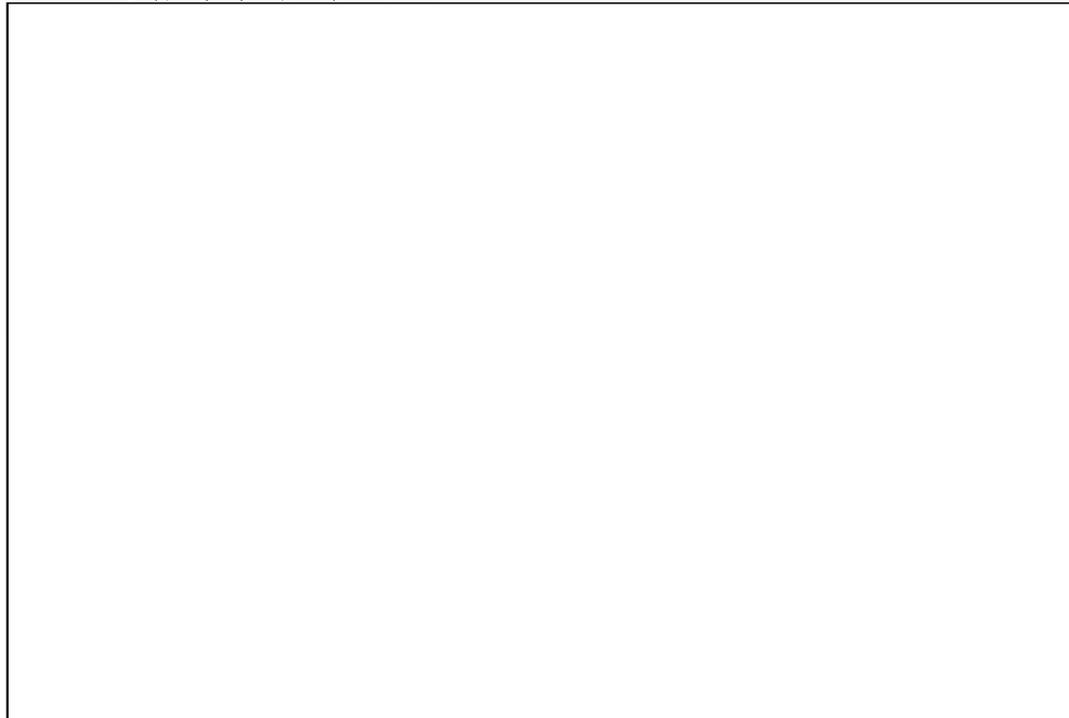
Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces:	719
Number of Invalid Surfaces:	0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.2995





Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
IN17	12	EI2RBRI2900001B	103 di 111



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	0.184778	1.20293	-74.1545	Rilevato	0	32.0066	1.16389	1.51247	2.41985	0	2.41985	6.52051	6.52051
2	0.184778	3.29043	-68.8941	Rilevato	0	32.0066	3.81862	4.9623	7.93932	0	7.93932	17.8325	17.8325
3	0.184778	4.89753	-64.7136	Rilevato	0	32.0066	6.32489	8.2192	13.1501	0	13.1501	26.5388	26.5388
4	0.184778	5.99814	-61.1109	Rilevato	0	32.0066	8.3516	10.8529	17.3638	0	17.3638	32.4996	32.4996
5	0.184778	6.7054	-57.8842	Rilevato	0	32.0066	9.89273	12.8556	20.5681	0	20.5681	36.3288	36.3288
6	0.184778	7.28016	-54.9267	Rilevato	0	32.0066	11.2577	14.6294	23.406	0	23.406	39.44	39.44
7	0.184778	7.75073	-52.1738	Rilevato	0	32.0066	12.4698	16.2045	25.926	0	25.926	41.9868	41.9868
8	0.184778	8.13595	-49.5825	Rilevato	0	32.0066	13.5463	17.6034	28.1641	0	28.1641	44.0711	44.0711
9	0.184778	8.44912	-47.1227	Rilevato	0	32.0066	14.5007	18.8436	30.1484	0	30.1484	45.7653	45.7653
10	0.184778	8.70009	-44.7721	Rilevato	0	32.0066	15.3434	19.9388	31.9007	0	31.9007	47.1225	47.1225
11	0.184778	8.89636	-42.5138	Rilevato	0	32.0066	16.0833	20.9002	33.4388	0	33.4388	48.1835	48.1835
12	0.184778	9.04382	-40.3346	Rilevato	0	32.0066	16.727	21.7368	34.7772	0	34.7772	48.9802	48.9802
13	0.184778	9.14717	-38.2238	Rilevato	0	32.0066	17.2805	22.456	35.928	0	35.928	49.538	49.538
14	0.184778	9.21024	-36.1726	Rilevato	0	32.0066	17.7484	23.0641	36.9009	0	36.9009	49.8777	49.8777
15	0.184778	9.23622	-34.1739	Rilevato	0	32.0066	18.1349	23.5663	37.7043	0	37.7043	50.0167	50.0167
16	0.184778	9.22775	-32.2215	Rilevato	0	32.0066	18.4431	23.9668	38.3452	0	38.3452	49.9691	49.9691
17	0.184778	9.18707	-30.3102	Rilevato	0	32.0066	18.676	24.2694	38.8293	0	38.8293	49.7472	49.7472
18	0.184778	9.11609	-28.4356	Rilevato	0	32.0066	18.8358	24.4771	39.1616	0	39.1616	49.3612	49.3612
19	0.184778	9.01643	-26.5937	Rilevato	0	32.0066	18.9245	24.5924	39.346	0	39.346	48.82	48.82
20	0.218223	10.4819	-24.6195	scotico	0	30.1666	17.8372	23.1795	39.8799	0	39.8799	48.0538	48.0538
21	0.178512	8.41393	-22.7034	scotico	0	30.1666	17.6275	22.907	39.7774	0.366332	39.411	47.1524	46.786
22	0.178512	8.2445	-21.0031	scotico	0	30.1666	17.2282	22.3881	39.587	1.06883	38.5181	46.2013	45.1325
23	0.178512	8.05348	-19.322	scotico	0	30.1666	16.7869	21.8146	39.2435	1.712	37.5315	45.1294	43.4174
24	0.178512	7.84155	-17.658	scotico	0	30.1666	16.3043	21.1875	38.7503	2.29774	36.4525	43.9405	41.6427
25	0.178512	7.60933	-16.0093	scotico	0	30.1666	15.7809	20.5073	38.11	2.8277	35.2823	42.6379	39.8102
26	0.178512	7.35733	-14.3741	scotico	0	30.1666	15.217	19.7745	37.3249	3.30333	34.0216	41.2247	37.9213
27	0.178512	7.08601	-12.7508	scotico	0	30.1666	14.6128	18.9893	36.3965	3.72586	32.6706	39.7032	35.9774
28	0.178842	6.80176	-11.1363	COLONNE	0	30.1666	13.9531	18.132	35.2924	4.09668	31.1957	38.0391	33.9424
29	0.178842	6.48008	-9.52928	COLONNE	0	30.1666	13.2393	17.2045	34.0166	4.41662	29.6	36.239	31.8224
30	0.178842	6.14182	-7.92979	COLONNE	0	30.1666	12.4883	16.2286	32.607	4.68607	27.9209	34.3465	29.6604
31	0.178842	5.78721	-6.3365	COLONNE	0	30.1666	11.6997	15.2037	31.0633	4.90567	26.1577	32.3625	27.4569
32	0.178842	5.41641	-4.74813	COLONNE	0	30.1666	10.8729	14.1293	29.3851	5.07594	24.3092	30.2882	25.2123
33	0.178842	5.02955	-3.1634	COLONNE	0	30.1666	10.0072	13.0044	27.5711	5.19729	22.3738	28.1242	22.9269
34	0.178842	4.62673	-1.5811	COLONNE	0	30.1666	9.10196	11.828	25.6198	5.26998	20.3499	25.8711	20.6011
35	0.178842	4.208	0	COLONNE	0	30.1666	8.15606	10.5988	23.5291	5.2942	18.2349	23.5291	18.2349
36	0.178842	3.77338	1.5811	COLONNE	0	30.1666	7.16816	9.31503	21.2963	5.26998	16.0263	21.0984	15.8284
37	0.178842	3.32285	3.1634	COLONNE	0	30.1666	6.13698	7.97501	18.9181	5.19729	13.7208	18.5789	13.3816
38	0.178842	2.85636	4.74813	COLONNE	0	30.1666	5.06079	6.5765	16.3907	5.07594	11.3147	15.9703	10.8944
39	0.178842	2.37381	6.3365	COLONNE	0	30.1666	3.93767	5.117	13.7093	4.90567	8.80366	13.2721	8.36639
40	0.178842	2.04142	7.92979	COLONNE	0	30.1666	3.20893	4.17	11.8604	4.68607	7.17438	11.4135	6.7274
41	0.178842	1.95008	9.52928	COLONNE	0	30.1666	3.1365	4.07588	11.4291	4.41662	7.01244	10.9025	6.48592
42	0.178842	1.84509	11.1363	COLONNE	0	30.1666	3.04999	3.96346	10.9157	4.09668	6.81905	10.3153	6.21866
43	0.178512	1.71301	12.7508	scotico	0	30.1666	2.92043	3.7951	10.2553	3.72586	6.52939	9.59438	5.86852
44	0.178512	1.55923	14.3741	scotico	0	30.1666	2.74289	3.56438	9.43578	3.30333	6.13245	8.73285	5.42952
45	0.178512	1.38613	16.0093	scotico	0	30.1666	2.53248	3.29096	8.48971	2.8277	5.66201	7.76309	4.93539
46	0.178512	1.19326	17.658	scotico	0	30.1666	2.28687	2.97179	7.41066	2.29774	5.11292	6.68267	4.38493
47	0.178512	0.980087	19.322	scotico	0	30.1666	2.00333	2.60333	6.19099	1.712	4.47899	5.48857	3.77657
48	0.178512	0.746012	21.0031	scotico	0	30.1666	1.67866	2.18142	4.82192	1.06883	3.75309	4.17744	3.10861
49	0.178512	0.490346	22.7034	scotico	0	30.1666	1.3091	1.70118	3.29317	0.366332	2.92684	2.74547	2.37914
50	0.218223	0.218223	24.6195	scotico	0	30.1666	0.562218	0.730602	1.25699	0	1.25699	0.999351	0.999351

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.2995

--



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2900001B

Foglio

104 di
111



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	39.8544	26	0	0	0
2	40.0392	25.349	1.36085	0	0
3	40.2239	24.8703	4.4577	0	0
4	40.4087	24.4791	8.4355	0	0
5	40.5935	24.1443	12.7109	0	0
6	40.7783	23.8499	16.9424	0	0
7	40.9631	23.5867	21.0273	0	0
8	41.1478	23.3487	24.8991	0	0
9	41.3326	23.1317	28.5134	0	0
10	41.5174	22.9327	31.8403	0	0
11	41.7022	22.7494	34.8602	0	0
12	41.8869	22.58	37.5604	0	0
13	42.0717	22.4231	39.9338	0	0
14	42.2565	22.2776	41.9773	0	0
15	42.4413	22.1425	43.6915	0	0
16	42.6261	22.017	45.0791	0	0
17	42.8108	21.9006	46.1454	0	0
18	42.9956	21.7926	46.8975	0	0
19	43.1804	21.6925	47.3442	0	0
20	43.3652	21.6	47.4959	0	0
21	43.5499	21.5	47.6012	0	0
22	43.7347	21.4253	47.4332	0	0
23	43.9195	21.3568	47.0787	0	0
24	44.1043	21.2942	46.5458	0	0
25	44.2891	21.2374	45.8447	0	0
26	44.4739	21.1861	44.9867	0	0
27	44.6587	21.1404	43.9847	0	0
28	44.8435	21.1	42.8529	0	0
29	45.0283	21.0648	41.6063	0	0
30	45.2131	21.0348	40.2658	0	0
31	45.3979	21.0099	38.8502	0	0
32	45.5827	20.99	37.38	0	0
33	45.7675	20.9751	35.8769	0	0
34	45.9523	20.9653	34.3642	0	0
35	46.1371	20.9603	32.867	0	0
36	46.3219	20.9603	31.412	0	0
37	46.5067	20.9653	30.0282	0	0
38	46.6915	20.9751	28.7464	0	0
39	46.8763	20.99	27.6001	0	0
40	47.0611	21.0099	26.6254	0	0
41	47.2459	21.0348	25.7575	0	0
42	47.4307	21.0648	24.8548	0	0
43	47.6155	21.1	23.9265	0	0
44	47.8003	21.1404	22.9922	0	0
45	47.9851	21.1861	22.0721	0	0
46	48.1699	21.2374	21.1863	0	0
47	48.3547	21.2942	20.358	0	0
48	48.5395	21.3568	19.6138	0	0
49	48.7243	21.4253	18.9844	0	0
50	48.9091	21.5	18.5054	0	0
51	49.0939	21.6	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-1	21.5
63	21.5

Distributed Load

X	Y
38.4997	26
28.5715	26



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2900001B

Foglio

105 di
111

SLIDEINTERPRET 7.038



Distributed Load

X	Y
32.3826	26
29.8229	26

Distributed Load

X	Y
37.1387	26
34.5625	26

External Boundary

X	Y
61.9641	0
61.9641	6.6
61.9641	19.1
61.9641	21.6
50	21.6
47	21.6
40.4033	26
26.5967	26
20	21.6
17	21.6
0	21.6
0	19.1
0	6.6
0	0

Material Boundary

X	Y
20	21.6
47	21.6

Material Boundary

X	Y
17	19.1
17	21.1
50	21.1

Material Boundary

X	Y
17	21.1
17	21.6

Material Boundary

X	Y
0	19.1
17	19.1
50	19.1
61.9641	19.1

Material Boundary

X	Y
0	6.6
61.9641	6.6

Material Boundary

X	Y
50	19.1
50	21.1
50	21.6

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI2900001B	106 di 111

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI2900001B	Foglio 107 di 111
--	------------------	-------------	-----------------------------	-------------------------

ALLEGATO 6 - TABULATI DI SETTLE 3D – ANALISI SLE



Settle3D Analysis Information

Rilevato

Project Settings

Document Name: Ri29.s3z
Project Title: Rilevato
Date Created: 08/06/2021, 14:59:10
Stress Computation Method: Boussinesq

Stage Settings

Stage #	Name
1	Stage 1
2	Stage 2

Results

Time taken to compute: 0 seconds

Stage: Stage 1

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [m]	0	0.0485184
Consolidation Settlement [m]	0	0
Immediate Settlement [m]	0	0.0485184
Loading Stress [kPa]	0	106.618
Total Stress [kPa]	0	693.671
Total Strain	-0	0.008822
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [kPa]	45.5388	693.309
Over-consolidation Ratio	1	59.9998
Void Ratio	0	0
Hydroconsolidation Settlement [m]	0	0

Stage: Stage 2

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [m]	0	0.0515203
Consolidation Settlement [m]	0	0
Immediate Settlement [m]	0	0.0515203
Loading Stress [kPa]	0.117284	106.608
Total Stress [kPa]	0.519772	708.151
Total Strain	1.15713e-005	0.00882122
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [kPa]	51.038	707.786



Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

E12RBRI2900001B

Foglio

109 di
111

Over-consolidation Ratio	1	52.5593
Void Ratio	0	0
Hydroconsolidation Settlement [m]	0	0

Loads

1. Rectangular Load

Length: 12.7 m
Width: 100 m
Rotation angle: 0 degrees
Load Type: Flexible
Area of Load: 1270 m²
Load: 11.9 kPa
Depth: 0 m
Installation Stage: Stage 1

Coordinates

X [m]	Y [m]
-6.34696	-50
6.35304	-50
6.35304	50
-6.34696	50

Embankments

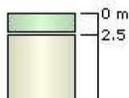
1. Embankment

Center Line: (0, -50) to (0, 50)
Number of Layers: 2
Near End Angle: 90 degrees
Far End Angle: 90 degrees
Base Width: 27

Layer	Stage	Left Bench Width (m)	Left Angle (deg)	Height (m)	Unit Weight (kN/m ³)	Right Angle (deg)	Right Bench Width (m)
1	Stage 1	0	34	2.2	20	34	0
2	Stage 1	0	34	2.2	20	34	0

Soil Layers

Layer #	Type	Thickness [m]	Depth [m]
1	COLONNE	2.5	0
2	u6	12.5	2.5
3	u4	20	15





Rilevato ferroviario AV da pk 16+516,86 a pk 16+800,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

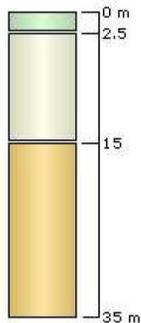
Lotto

12

Codifica

EI2RBRI2900001B

Foglio

110 di
111

Soil Properties

Property	COLONNE	u6	u4
Color			
Unit Weight [kN/m ³]	18	19	19
Immediate Settlement	Enabled	Enabled	Enabled
Es [kPa]	12000	60000	80000
Esur [kPa]	12000	60000	80000

Query Points

Point #	(X,Y) Location	Number of Divisions
1	0.00303833, 4.9738e-014	Auto: 43

Query Lines

Line #	Start Location	End Location	Horizontal Divisions	Vertical Divisions
1	-20, 0	20, 0	100	Auto: 43
2	-60, 0	20, 0	200	Auto: 43

<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 16+516,86 a pk 16+800,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI2900001B</p>	<p>Foglio 111 di 111</p>

ALLEGATO 7 – VERSIONE SOFTWARE DI CALCOLO UTILIZZATI

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