

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 1+876,19 a pk 2+196,68

GENERALE

Relazione Geotecnica

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio Iricav Due ing. Giovanni MALAVENDA iscritto all'ordine degli ingegneri di Venezia n. 4289 Data:	ing. Luca Zaccaria iscritto all'ordine degli ingegneri di Ravenna n.A1206 Data:		-

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

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

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma Luca RANDOLFI 	Data

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	N. Valimberti	Marzo 2021	V. Pastore	Marzo 2021	P. Ascari	Marzo 2021	 P. Ascari Data: Aprile 2021
B	RECEPIMENTO ISTRUTTORIA VALIDATORE	N. Valimberti	Aprile 2021	V. Pastore	Aprile 2021	P. Ascari	Aprile 2021	

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1711E12RBRI07A0001B.DOCX
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI07A0001B	Foglio 2 di 107

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
2.1	Documentazione di progetto.....	5
2.2	Normativa e standard di riferimento.....	5
2.3	Bibliografia.	6
3	INQUADRAMENTO DELL'OPERA	7
3.1	Geometria del rilevato.....	7
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	9
4.1	Inquadramento geotecnico	9
4.1.1	Indagini disponibili.....	9
4.2	Condizioni geotecniche del sito	11
4.3	Sintesi del modello geotecnico di riferimento	19
4.3.1	Materiale da rilevato.....	19
4.3.2	Falda	19
5	CARATTERISTICHE SISMICHE E SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE.....	20
5.1	Sollecitazione sismica di progetto.....	20
5.1.1	Vita Nominale.....	20
5.1.2	Classe d'uso	20
5.1.3	Periodo di riferimento per l'azione sismica	21
5.1.4	Categorie di Sottosuolo.....	21
5.1.5	Condizioni topografiche	21
5.1.6	Accelerazione sismica di riferimento	22
5.2	Susceptibilità alla liquefazione.....	22
5.2.1	CRR DA CORRELAZIONE SU PROVE CPT.....	24
5.2.2	CRR DA CORRELAZIONE SU PROVE SPT	26
6	VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO	31
6.1	Criteri di verifica agli Stati Limite.....	31
6.1.1	Stati limite ultimi (SLU).....	31
6.1.2	Stati limite di esercizio (SLE)	33
6.1.3	Verifiche in condizioni sismiche e post-sismiche.....	33
6.2	Azioni di progetto	33
6.2.1	Azioni permanenti	34

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	11	EI2RBRI07A0001B	3 di 107

6.2.2	Azioni variabili	34
6.2.3	Azione sismica	34
6.3	Verifiche e risultati SLU	35
6.3.1	Premessa	35
6.3.2	Verifiche SLU in condizione statiche	35
6.3.3	Verifiche SLU in condizioni sismiche	36
6.4	Verifica e risultati SLE	40
7	CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI	45
	Allegati	46
	ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO	47
	ALLEGATO 2 - SONDAGGI	49
	ALLEGATO 3 - SEZ. N° 87 - TABULATI DI SLIDE	52
	ALLEGATO 4 - SEZ. N° 88 - TABULATI DI SLIDE	72
	ALLEGATO 5 - SEZ. N° 90 - TABULATI DI SLIDE	88
	ALLEGATO 6 - SEZ. N° 87 - TABULATI DI SETTLE 3D – ANALISI SLE	104

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 4 di 107</p>

1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la Relazione Geotecnica del rilevato RI07a, previsto nell'ambito del Progetto Esecutivo della sub tratta Verona – Vicenza della Linea AV/AC Verona – Padova. Tale rilevato si estende tra il km 1+876,19 ed il km 2+196,68 per una lunghezza complessiva di 320.49 m. Il tratto di linea in oggetto per l'intero sviluppo è in affiancamento alla linea ferroviaria storica Milano - Venezia, che è ubicata a Nord della linea AV/AC. Il tracciato della L.S. dal punto di vista altimetrico, risulta in rilevato rispetto al piano campagna; il tracciato altimetrico della linea AV/AC, inizialmente più basso rispetto a quello della Linea Storica di circa 1.5m, si porta progressivamente complanare alla L.S. lungo lo sviluppo del rilevato. Rispetto al PD, la variante della L.S. risulta traslata e non interferisce con il corpo del RI07A lungo il suo sviluppo (la WBS RI07B non è più prevista).

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

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

Il documento è così organizzato:

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI07A0001B	Foglio 5 di 107

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Documentazione di progetto

- [1] Sezioni di Progetto Esecutivo
- [2] IN1710EI2RBGE0000001A Relazione Geotecnica (da 0+000 a 10+050)
- [3] IN1710EI2LZGE0000012A Planimetria con ubicazione indagini e profilo geotecnico 1 di 11
- [4] IN1710EI2RHGE0000005A Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 1/2
- [5] IN1710EI2P5GE0000001A Planimetrie con classificazione sismica del territorio 1 di 11
- [6] IN1710EI2P5GE0000012A Planimetria con ubicazione indagini di Progetto Esecutivo 1 di 11
- [7] IN1710EI2RHGE0000003A Relazione idrogeologica 1/2
- [8] IN1710EI2RHGE0000007A-8A Relazione di sintesi dei sondaggi e delle prove eseguite
- [9] IN1710EI2PRGE0000001A-2A, Risultati Indagini in sito di Progetto – SOCOTEC
- [10] IN1710EI2PRGE0000003A-4A, Risultati Indagini in sito di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING – GEOLAVORI
- [11] IN1710EI2PRGE0000005A-8A, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [12] IN1710EI2PRGE0000009A-12A, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING - GEOLAVORI
- [13] IN1710EI2IGGE0000001A-2A, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [14] IN1710EI2IGGE0000003A-4A, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING - GEOLAVORI

2.2 Normativa e standard di riferimento

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 6 di 107</p>

- [22] RFI DTC INC CS SP IFS 001 A Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie
- [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 9.012, dic. 2020
- [31] Rocscience (2009), Settle 3D ver 2.011
- [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.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 9 di 107</p>

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

4.1 Inquadramento geotecnico

Dal punto di vista geotecnico la zona è generalmente interessata dalla presenza di ghiaie ben addensate (Unità 6) per una potenza di circa 17 m sovrastanti il substrato sabbioso (Unità 4) che si estende in profondità a partire da 20 m da p.c. Solo nel primo tratto del rilevato interessato si riscontra una intercalazione di circa 1 m di argilla limosa (Unità 2) all'interno dello strato prevalente di ghiaie ad una profondità di circa 14 m dal p.c.

Per una trattazione di dettaglio delle unità sopra citate si rimanda alla Relazione Geotecnica Generale del tratto in esame (Doc. Rif. [2]).

Nella Figura 4 si riporta il profilo geotecnico specifico per il rilevato RI07a, estratto dalla Planimetria e Profilo Geotecnico Tav. 1 di 11 (Doc. Rif. [3]), vedi ALLEGATO 1 - .

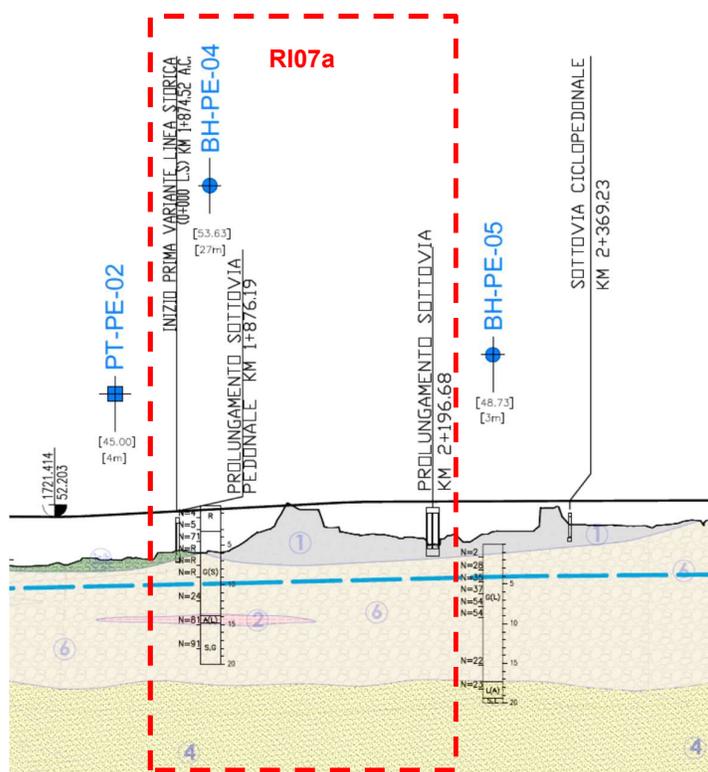


Figura 4 - Profilo Geotecnico Rilevato RI07a, estratto dal Profilo Geotecnico Generale (Doc. Rif. [3])

4.1.1 Indagini disponibili

L'ubicazione delle indagini disponibili relative all'opera esaminata è illustrata nella Figura 5, estratta dalla Planimetria geotecnica con ubicazione indagini e profilo geotecnico (Doc. Rif. [3]). Per ulteriori dettagli si rimanda alle relazioni

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 10 di 107</p>

di sintesi delle indagini (Doc. Rif. [8] - [14]).

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. 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 1+850 a pk 2+200

Progressiva pk	ID indagini -	Campagna Anno
1+916	BH-PE-04	2020-2021

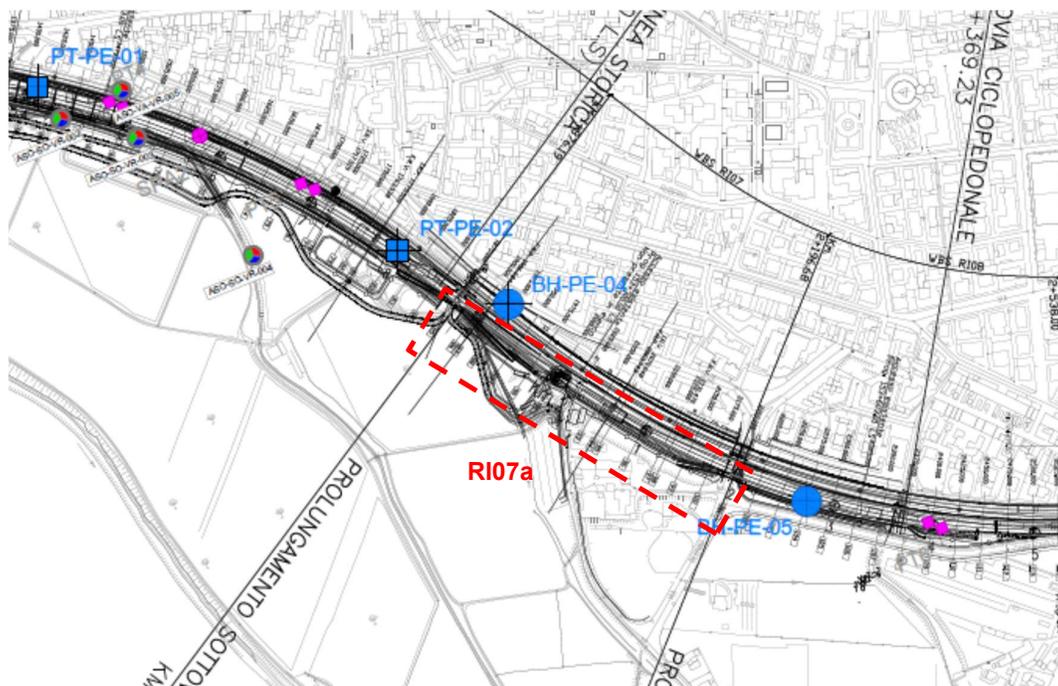


Figura 5 - Planimetria Rilevato RI07a, estratto dalla Planimetria Generale (Doc. Rif. [3])

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI07A0001B	Foglio 11 di 107

4.2 Condizioni geotecniche del sito

La Figura 7 mostra i risultati delle prove SPT eseguite nel tratto interessato dal rilevato in esame. La porzione più superficiale è costituita da un sottile strato di terreno di riporto (Unità 1), che sarà rimosso nell'ambito delle attività di scotico. Potranno essere eventualmente necessari, localmente, modesti approfondimenti, qualora si riscontrino materiali non adatti. Si segnala che, nell'area, i terreni di riporto sono usualmente costituiti da sabbie e ghiaie. Da un punto di vista meccanico, pertanto, se adeguatamente compattati, possono essere utilizzati come strati di appoggio del rilevato.

Procedendo con la profondità si incontra uno strato di ghiaie e ghiaie sabbiose ben addensate (Unità 6), che si estende da 1 m pc a circa 17 m pc. All'interno del deposito incoerente le percentuali di materiale a grana fine sono generalmente inferiori a 15% e si registrano valori di N_{SPT} mediamente pari a 50 colpi/30cm, con valori anche superiori a 60 colpi/30cm. La densità relativa delle ghiaie risulta generalmente variabile fra il 40 e il 60% e quindi il deposito risulta da mediamente addensato ad addensato.

L'Unità 6 è stata individuata fino a fine sondaggio di riferimento BH PE 04 (20 m), e come si evince dal profilo geotecnico dell'area (in cui sono stati interpolati sondaggi a profondità maggiori come BH PE 05) a seguire si individua la presenza di depositi di sabbia limosa mediamente addensati (Unità 4).

Si evidenzia comunque che il volume di terreno interessato dagli incrementi di carico attesi (dell'ordine dei 100 kPa, per una larghezza comunque limitata) si esaurisca all'interno dello strato di ghiaia, e che pertanto la caratterizzazione degli strati presenti in profondità non sia di interesse ai fini della definizione del modello geotecnico di progetto.

Per analizzare il profilo delle onde di taglio V_s è stato redatto un grafico di confronto tra i risultati delle correlazioni con le SPT del sondaggio di riferimento (BH PE 04) ed i risultati derivanti delle interpretazioni discusse nella Relazione Sismica (Doc. Rif. [4]), basata sui risultati delle prove MASW e SPT (vedi Figura 10) di tutta la tratta da pk 0+000 pk 4+000. In entrambe le valutazioni si conferma la presenza di materiali incoerenti da mediamente a molto addensati. In particolare, facendo riferimento ai risultati più generali basati sui risultati delle prove MASW e SPT si riscontra che fino a 15 m dal p.c., per le ghiaie superficiali, si stimano valori di V_s crescenti e compresi tra 250 m/s e 400 m/s. A profondità maggiori, nelle sabbie, le velocità sono da considerarsi pressoché costanti – variano tra 350 m/s e 450 m/s fino a 35 m pc. 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 ottengono valori crescenti compresi tra 120 MPa e 250 MPa, mentre per le sabbie profonde si ottengono valori pari a 250 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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI07A0001B	Foglio 12 di 107

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.

Sulla base di questi criteri, i parametri geotecnici sono stati determinati mediante l'interpretazione dei risultati delle prove di sito e di laboratorio:

- Distribuzione delle granulometrie da analisi di laboratorio (v. Figura 6);
- Valori N_{SPT} da prove SPT (v. Figura 7);
- Densità relativa stimata da prove SPT (v. Figura 8);
- Angolo di attrito stimato da prove SPT (v. Figura 9);
- Confronto della Velocità delle onde di taglio stimata da prove in sito (v. Figura 10);
- Confronto Modulo di taglio alle piccole deformazioni stimato da prove in sito (v. Figura 11)

AV/AC VERONA VICENZA

RI07a e RI07b da pk 1+876 a pk 2+197

Contributi granulometrici (%)

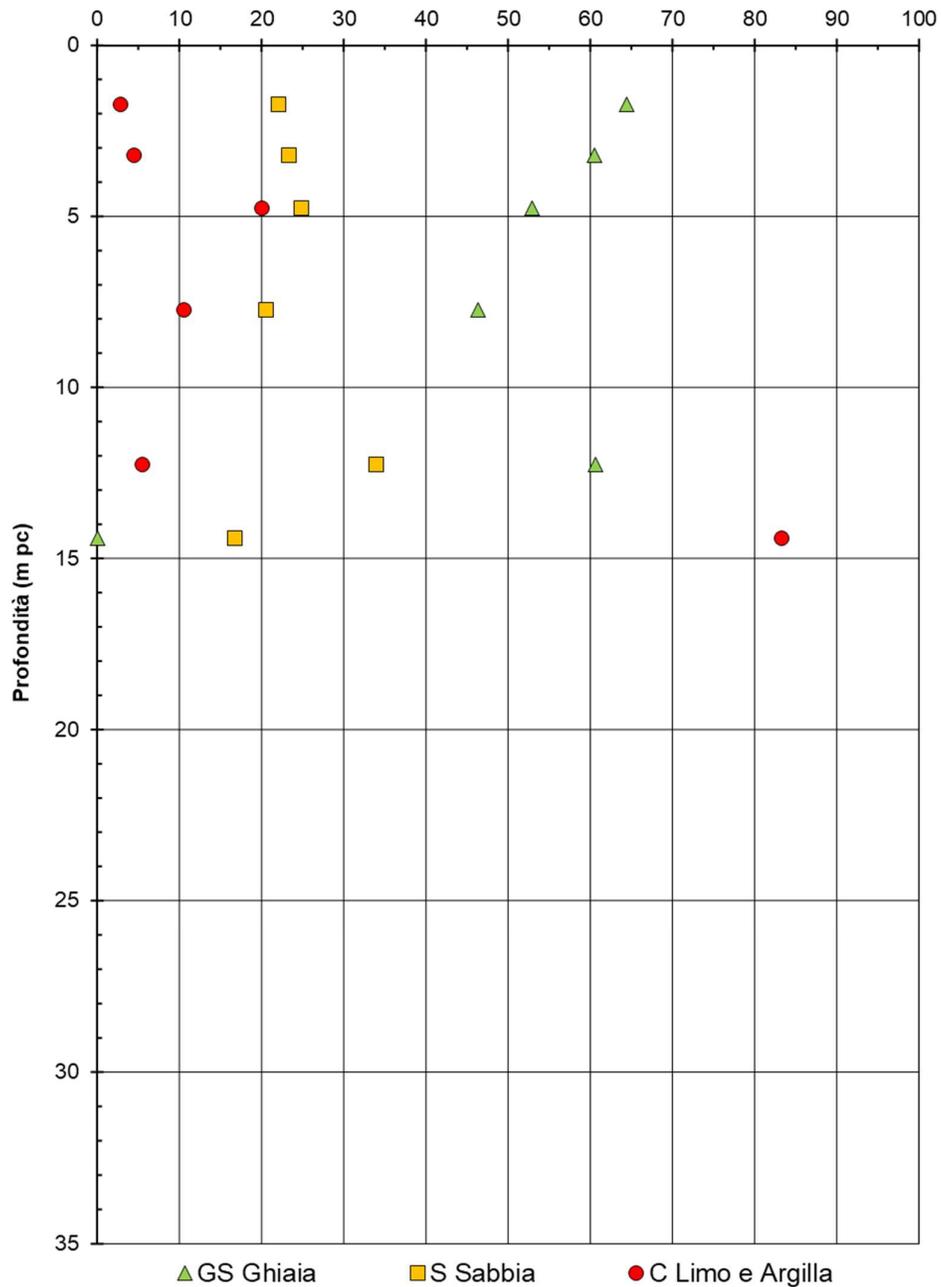


Figura 6 – Sintesi analisi granulometriche - RI07a (pk 1+876,19÷2+196,68)

AV/AC VERONA VICENZA

RI07a e RI07b da pk 1+876 a pk 2+197

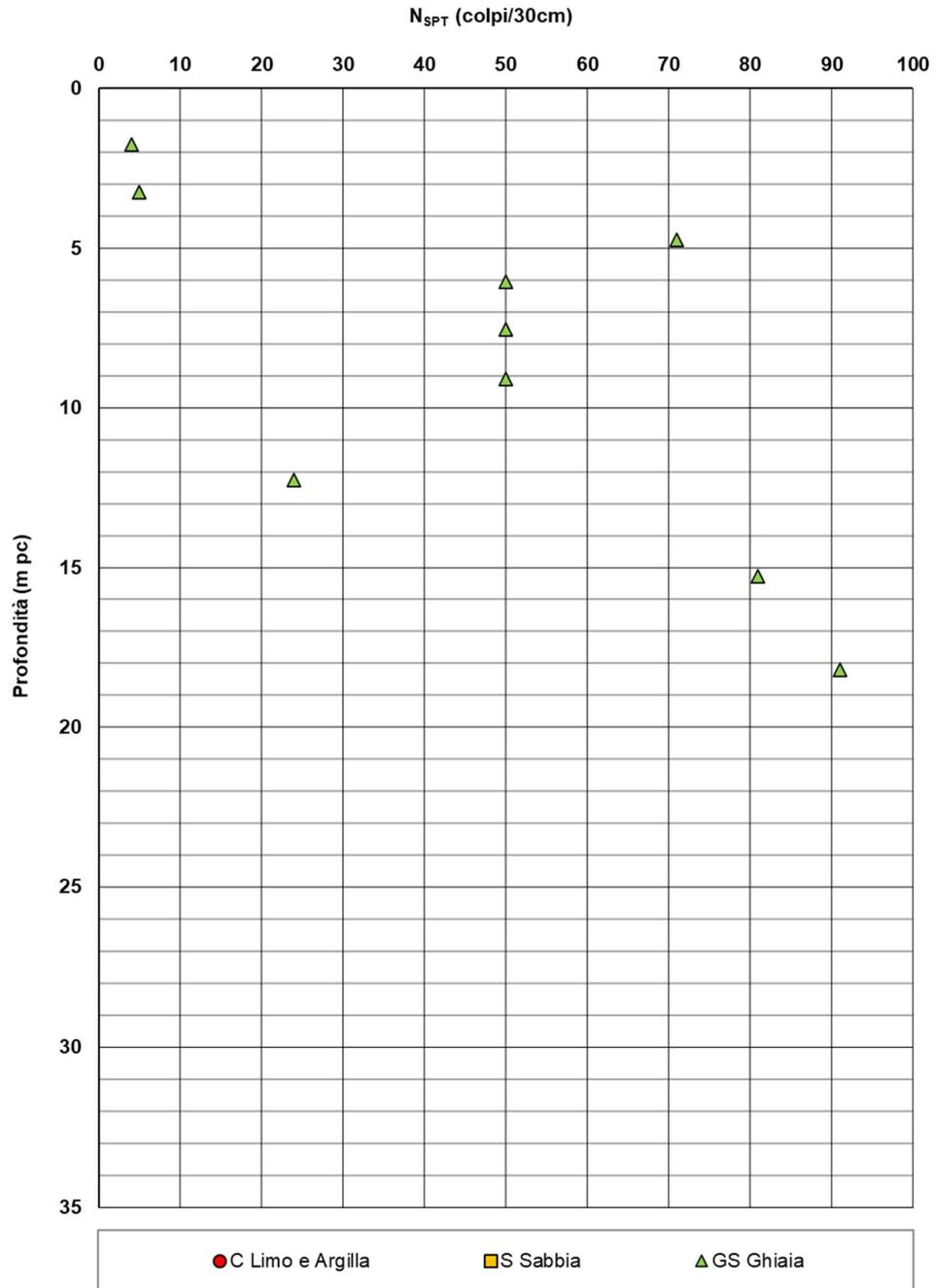


Figura 7 – Esito delle prove SPT - RI07a (pk 1+876,19÷2+196,68)

AV/AC VERONA VICENZA

RI07a e RI07b da pk 1+876 a pk 2+197

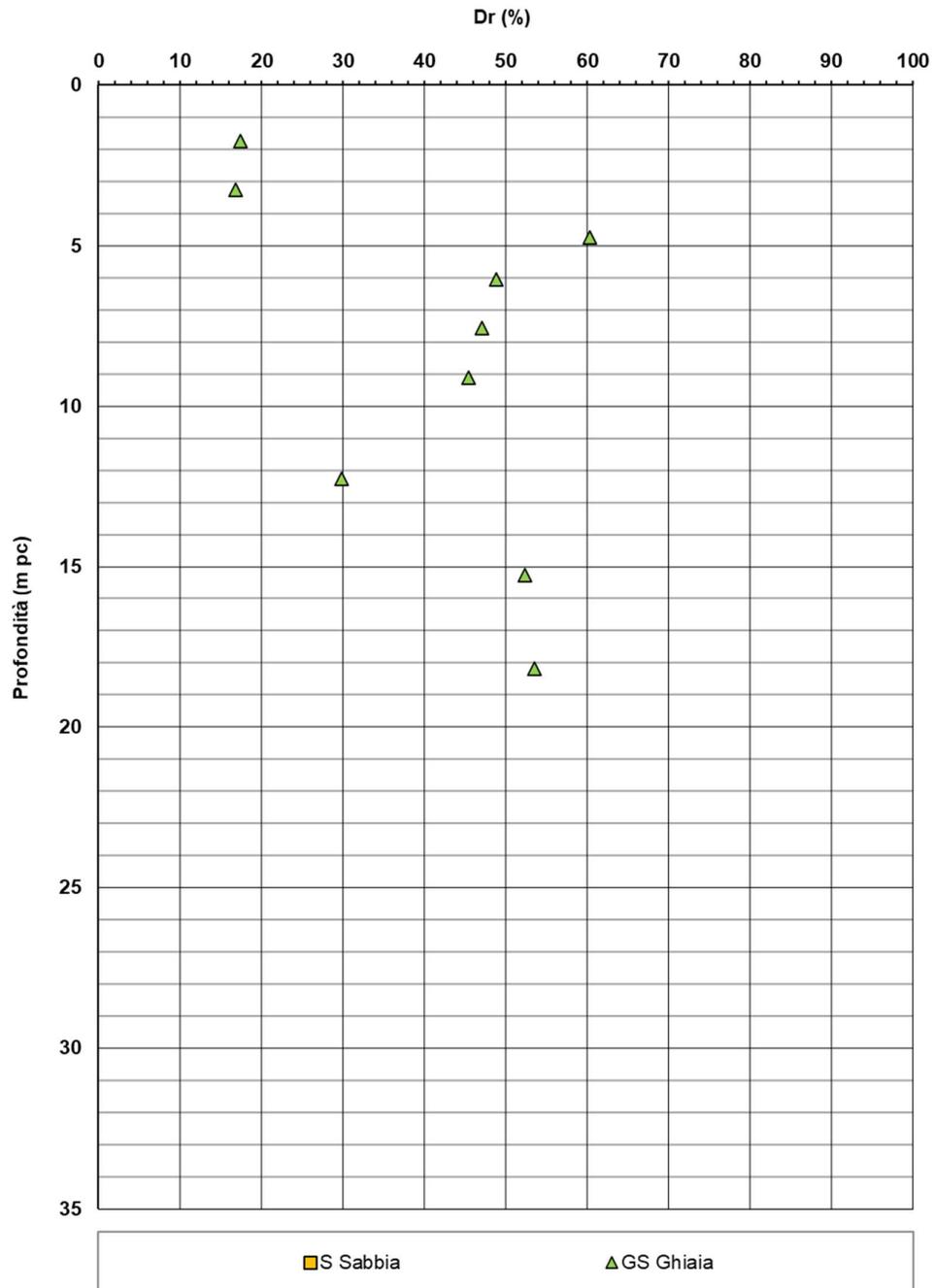


Figura 8 – Densità relativa da prove SPT - RI07a (pk 1+876,19÷2+196,68)

AV/AC VERONA VICENZA

RI07a e RI07b da pk 1+876 a pk 2+197

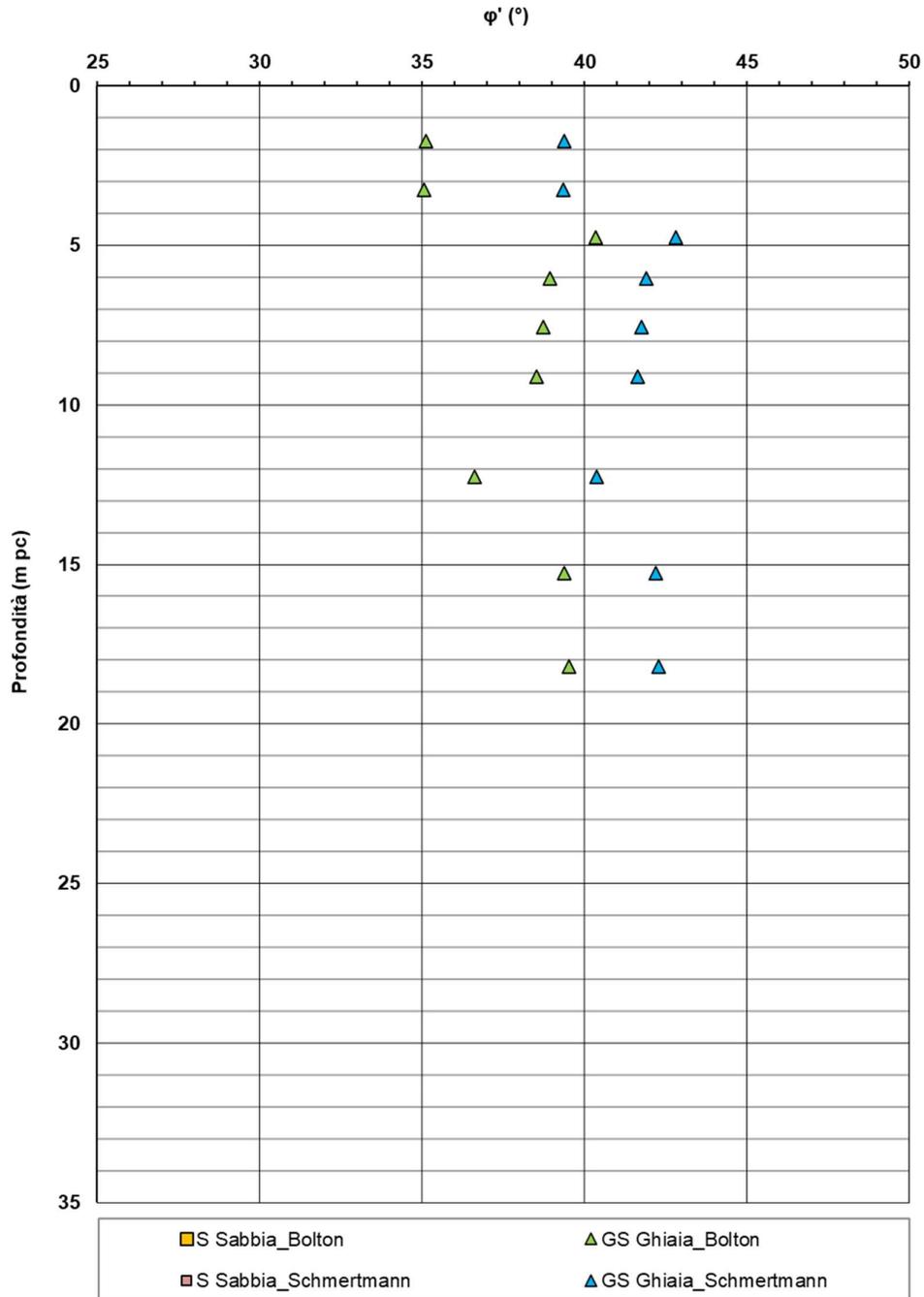


Figura 9 – Angoli di attrito da prove SPT - RI07a (pk 1+876,19÷2+196,68)

AV/AC VERONA VICENZA

RI07a e RI07b da pk 1+876 a pk 2+197

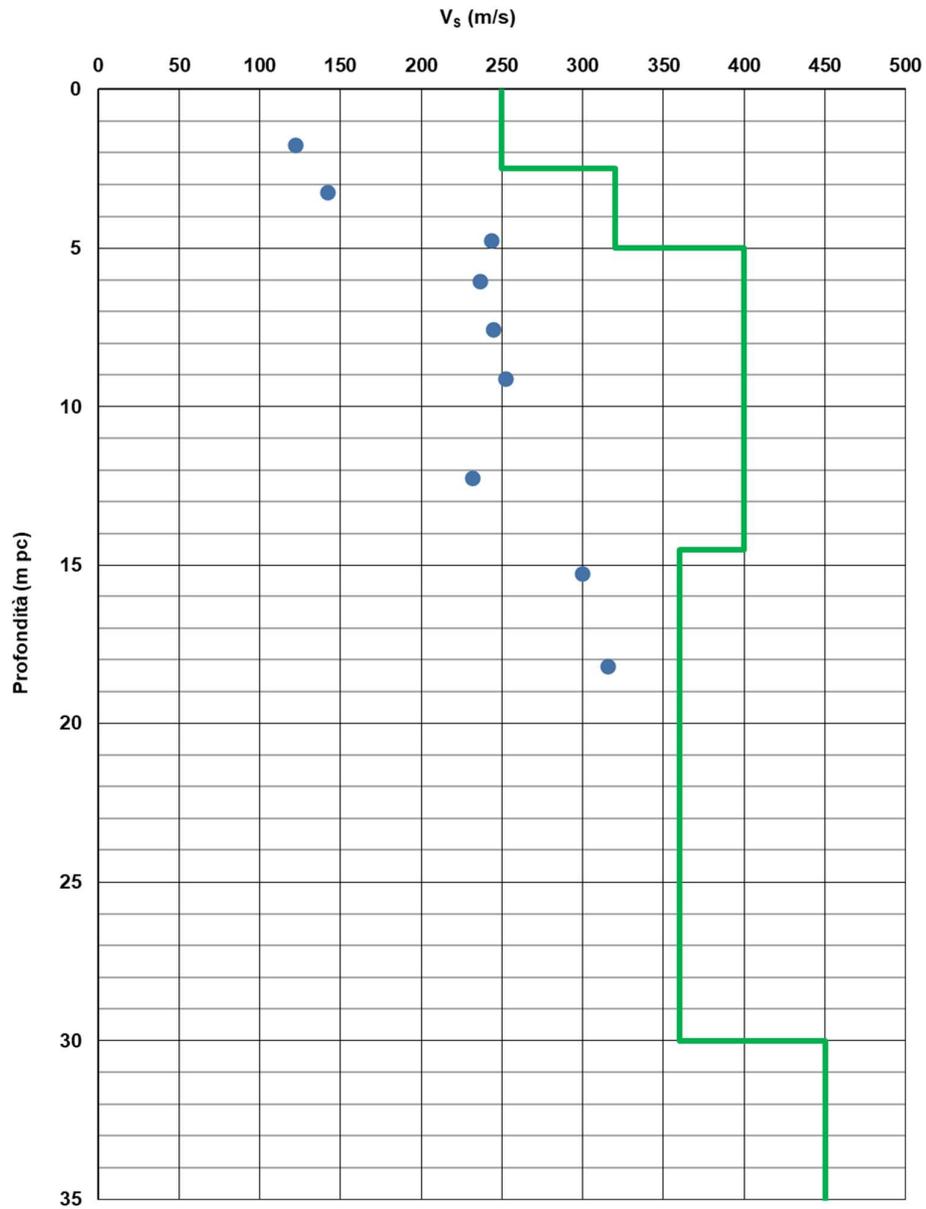


Figura 10 – Confronto V_s con dati di correlazioni con SPT di RI07a e Profilo generale tra pk 0+000 a pk 4+000 (Doc. Rif.[2])

AV/AC VERONA VICENZA

RI07a e RI07b da pk 1+876 a pk 2+197

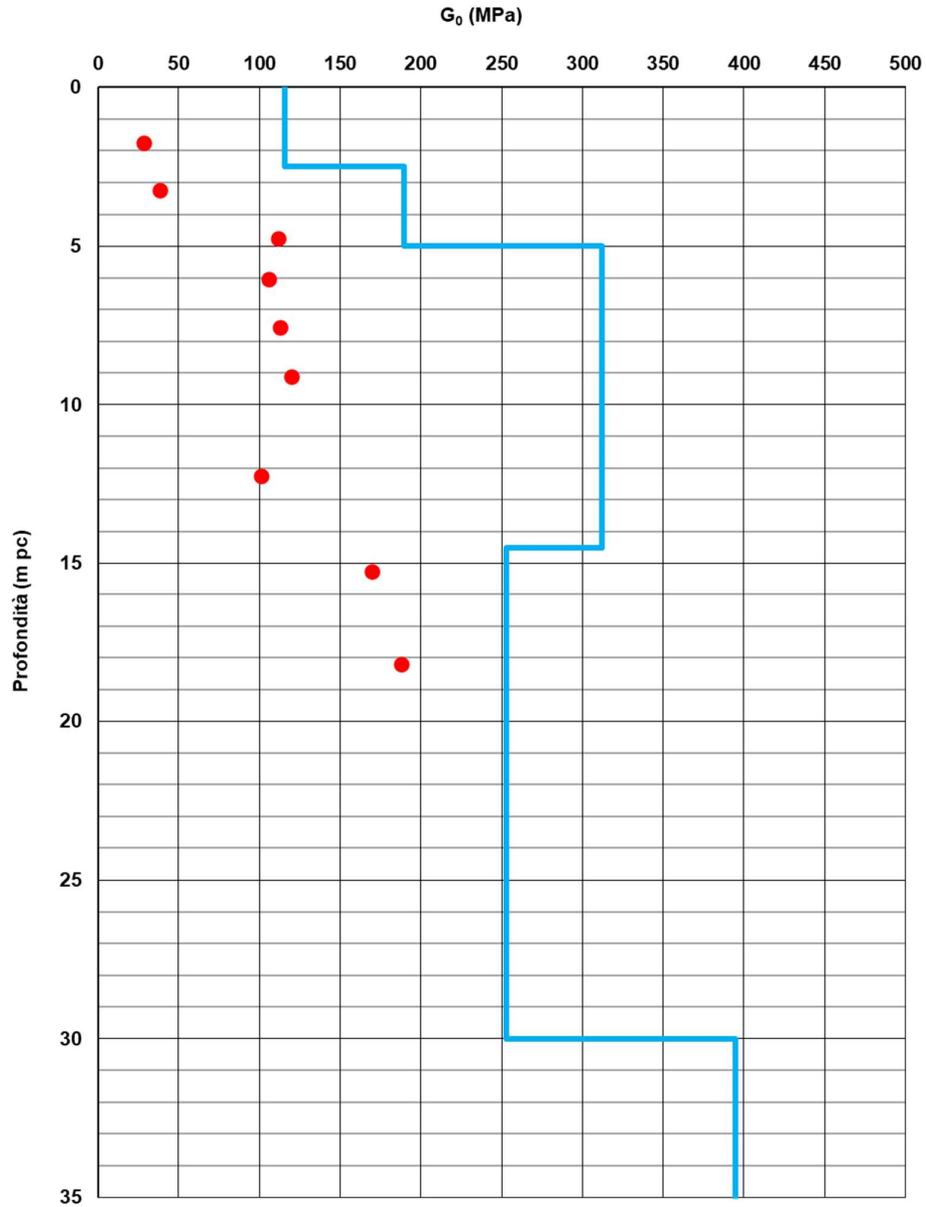


Figura 11 – Confronto G_0 con dati di correlazioni con SPT di RI07a e Profilo generale tra pk 0+000 a pk 4+000 (Doc. Rif.[2])

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI07A0001B	Foglio 19 di 107

4.3 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
6	0.5	17	19.5	39	0	-	120-250**	60-130**

* quota piano campagna = 53,63 m s.l.m.

** valori crescenti con la profondità

4.3.1 Materiale da rilevato

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

Tabella 3 - Caratteristiche materiale da rilevato

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

4.3.2 Falda

I valori di soggiacenza misurati nei piezometri lungo la tratta in esame, riportati nella Relazione Idrogeologica (Doc. Ref. [7]) indicano una sostanziale stabilità nelle escursioni stagionali.

L'area di sede del rilevato RI07 è stata assunta come esondabile. La quota di piena dell'Adige è stata definita in sede di relazione idrologica pari a +47.65 m per un tempo di ritorno di 300 anni.

Ai fini progettuali si assume:

- falda di progetto a medio termine: -4m da piano campagna;
- falda di progetto a lungo termine: coincidente con la quota di rapido svasso pari a +47.65 m sl.m. (+1.80m da piano campagna).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI07A0001B	Foglio 20 di 107

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

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

5.1.2 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.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 21 di 107</p>

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 *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*
- D *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.*
- E *Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.*

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 $i > 30^\circ$.*

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI07A0001B	Foglio 22 di 107

5.1.6 Accelerazione sismica di riferimento

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

a_g (g) (SLV)	0.233
Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s	1.360
Coefficiente di amplificazione topografica S_t	1.0
Accelerazione massima attesa al suolo a_{max} (g) ($a_{max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_t \cdot a_g$)	0.317

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 CPTI11.
- 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 espresse 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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI07A0001B	Foglio 23 di 107

normalizzato rispetto alla pressione verticale in sito (CSR) e la resistenza normalizzata del terreno al taglio ciclico (CRR) così definiti:

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

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

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

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

dove:

a_{max} accelerazione di picco al sito

g accelerazione di gravità

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:

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI07A0001B	Foglio 24 di 107

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

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

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

5.2.1 CRR da correlazione su prove CPT

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

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

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

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

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

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

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

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

$$Q = \left(\frac{q_c - \sigma_{v0}}{P_a} \right) \cdot \left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}} \right)^n$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI07A0001B	Foglio 25 di 107

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

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

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

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

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

$$\text{for } I_c \leq 1.64 \quad K_c = 1.0$$

$$\text{for } I_c > 1.64 \quad K_c = -0.403(I_c)^4 + 5.581(I_c)^3 - 21.63(I_c)^2 + 33.75(I_c) - 17.88$$

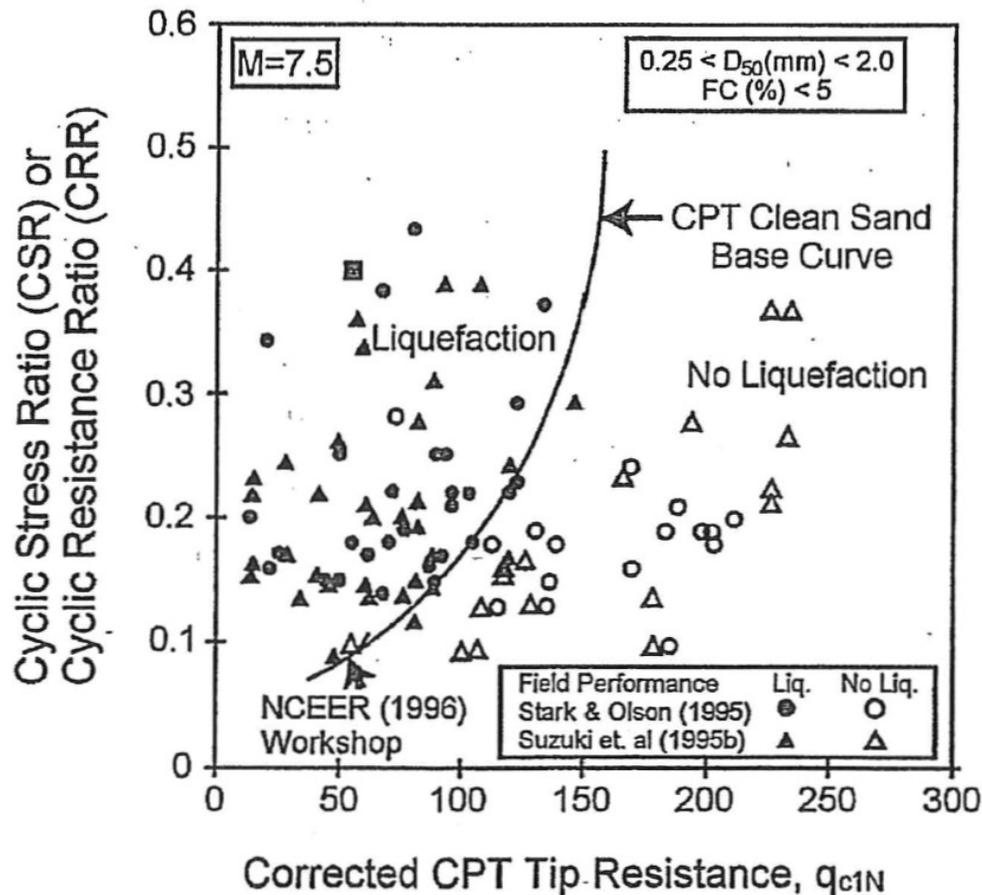


Figura 12: Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e valori corretti di resistenza alla punta q_{c1N} – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Robertson & Wride, 1998)

5.2.2 CRR da correlazione su prove SPT

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

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

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

dove:

C_N = coefficiente correttivo che tiene conto dell'influenza della pressione verticale efficace. In letteratura sono presenti diversi metodi per la valutazione del coefficiente correttivo C_N . Qui è stata applicata la seguente relazione

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI07A0001B	Foglio 27 di 107

proposta da Liao e Whitman (1986):

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

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

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

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

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

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

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

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

Si può osservare dalla

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

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

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

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

L'equazione che segue (Idriss e Seed, come riportato da Youd et al. 2001) viene utilizzata per la correzione di valori

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI07A0001B	Foglio 28 di 107

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:

σ'_{v0} = tensione verticale efficace

p_a = pressione atmosferica di riferimento

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

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

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

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

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

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

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

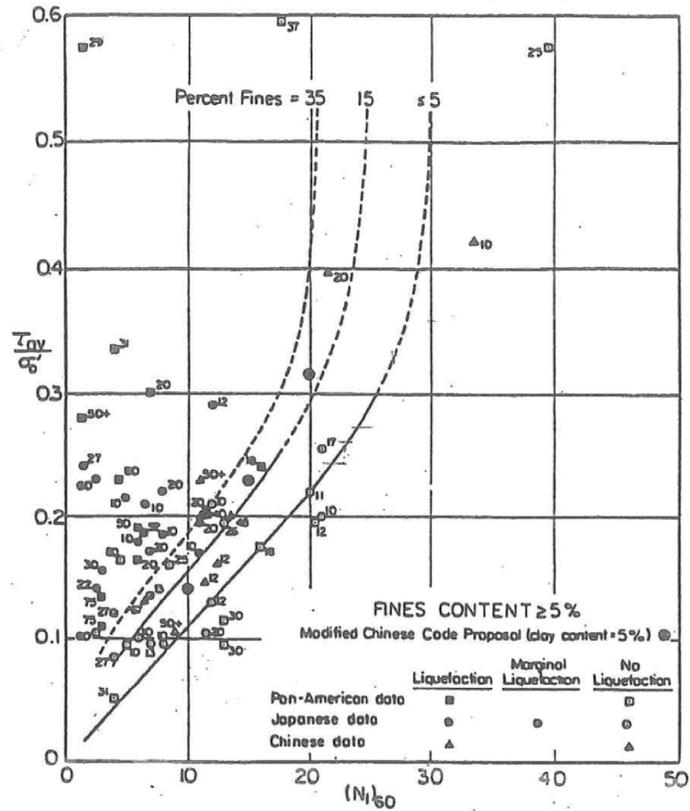


Figura 13: Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e $N_{1(60)}$ – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Seed et al., 1985).

I risultati (cfr. Figura 14) indicano come non si evidenzino rischi di potenziale liquefazione nella porzione di tracciato interessata dal rilevato RI07A, in linea con gli stati di addensamento e le granulometrie descritte in precedenza.

Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68
Relazione Geotecnica

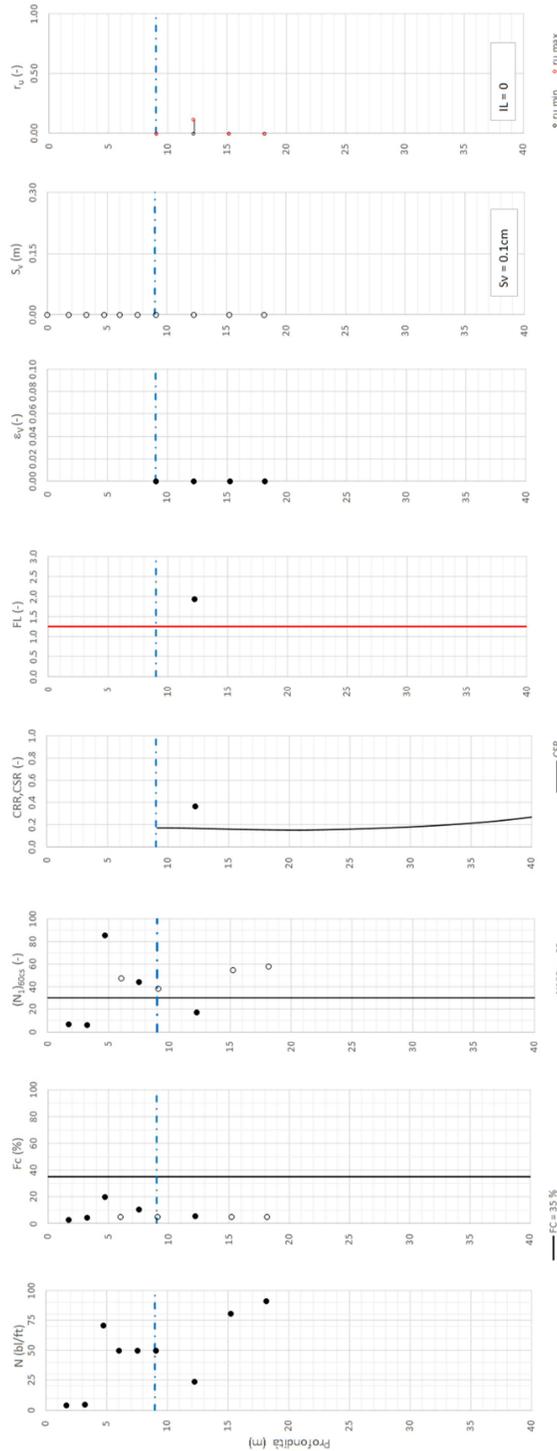
Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI07A0001B

Foglio
30 di 107

T tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 1 - Prova BH-PE-04 Pr. 1+875
a_{max} = 0.317g M_{calc} = 6 MSF = 2 Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001
Altezza rilevato = 4m



Foglio verifica sismica Nceer - 102

Figura 14 – Verifica Liquefazione da risultati SPT BH-PE-04

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI07A0001B	Foglio 31 di 107

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:

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

essendo R resistenza globale del sistema (vedasi Par. C.6.8.6.2 del Doc. Rif. [15]), calcolata sulla base delle azioni

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI07A0001B	Foglio 32 di 107

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

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 - SLU

Coefficiente	R2
γ_R	1.1

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI07A0001B	Foglio 33 di 107

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 piano di posa del ballast, i cedimenti residui non devono superare il 10% dei cedimenti teorici totali ed 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	$\Delta H \leq 10$ $SCARTXL \leq 6$	$\Delta H \leq 10$ $SCARTXL \leq 4$
2° livello di qualità	$10 < \Delta H \leq 15$ $6 < SCARTXL \leq 10$	$10 < \Delta H \leq 15$ $4 < SCARTXL \leq 8$
3° livello di qualità esecuzione a breve termine anche in relazione ai limiti di sghembo (2)	$15 < \Delta H \leq 20$ (1) $10 < SCARTXL \leq 14$	$15 < \Delta H \leq 20$ (1) $8 < SCARTXL \leq 12$
(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 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI07A0001B	Foglio 34 di 107

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 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI07A0001B	Foglio 35 di 107

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 9 (Doc. Rif. [26]). 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 è verificata, sia in condizioni statiche che sismiche, la relazione seguente:

$$FS \geq R2 = 1.1.$$

La verifica è stata condotta con riferimento alla già citate sezioni di riferimento. La verifica è stata condotta facendo ricorso al metodo di Bishop modificato. Nel calcolo sono stati utilizzati i parametri geotecnici caratteristici definiti in Tabella 2. Di seguito si riportano i parametri di progetto utilizzati:

- Rilevato: $\phi_d = 32^\circ$ e $c_d = 0$ kPa
- Ghiaie (unità 6): $\phi_d = 33^\circ$ e $c_d = 0$ kPa

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, ed è stato quindi amplificato per il coefficiente parziale sulle azioni A2, pari a 1.3.

Per quanto riguarda la falda, come riportato nel paragrafo 4.3.2., è stata considerata la condizione a lungo termine più gravosa ovvero quella di svaso rapido in cui si assume che la falda all'interno del corpo del rilevato rimanga alla quota della piena massima, e che contemporaneamente l'acqua a valle sia ritornata ai livelli di esercizio (piano campagna). 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 15, Figura 17 e Figura 19 sono riportate le superfici di rottura critiche per la combinazione DA1C2 delle 3 sezioni di calcolo. Il fattore di sicurezza FS per ciascuna sezione è pari a:

Sezione	$FS_{MIN,svaso}$ (DA1C2)
87	1.355
88	1.322
90	1.301

Essendo soddisfatta in tutti i casi la relazione:

$$FS_{MIN} \geq R2 = 1.1,$$

le verifiche di stabilità globale in campo statico risultano soddisfatte.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI07A0001B	Foglio 36 di 107

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:

$$K_H = + 0.089 \quad (\text{concorde alla direzione di scivolamento})$$

$$K_V = \pm 0.045 \quad (\text{positivo sisma verso il basso})$$

Il carico stradale (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 stato inserito nei calcoli col proprio valore caratteristico in accordo a quanto specificato dalle NTC 2008 (vedasi Par.7.11.1 del Doc. Rif. [15]) che indicano per le analisi in condizioni sismiche di adottare l'Approccio 1 Combinazione 2 ponendo i coefficienti parziali sulle azioni (A_2) tutti pari ad uno. Per quanto riguarda la falda è stata considerata la condizione a medio termine e quindi è stato preso un livello coincidente a -4 m p.c., come riportato nel paragrafo 4.3.2. 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 16, Figura 18 e Figura 20 sono riportate le superfici di rottura critiche delle 3 sezioni di calcolo facendo riferimento alla situazione più gravosa, ovvero quella con sisma verso l'alto (-kv); il fattore di sicurezza FS per ciascuna sezione esaminata è pari a:

Sezione	FS_{MIN} (sismica)
87	1.103
88	1.374
90	1.339

Essendo soddisfatta in tutti i casi la relazione:

$$FS_{MIN} \geq R_2 = 1.1,$$

le verifiche di stabilità globale in campo sismico risultano soddisfatte.

Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
11

Codifica
EI2RBRI07A0001B

Foglio
37 di 107

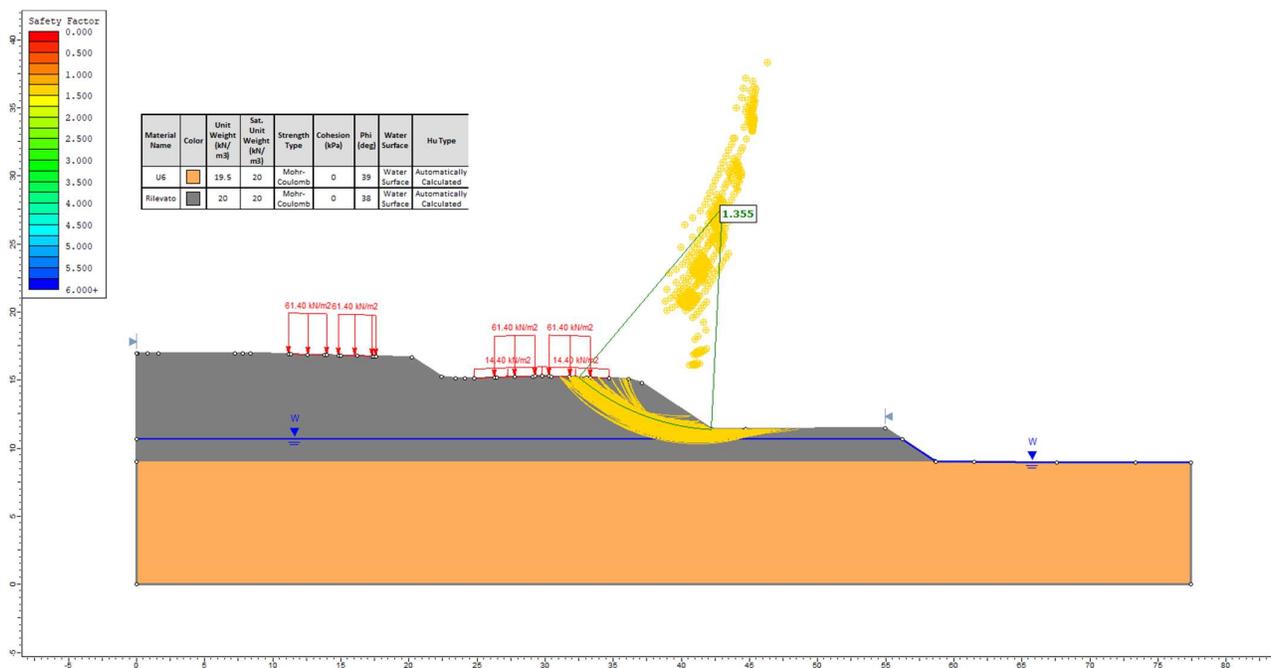


Figura 15 - Rilevato sezione n° 87 - Analisi SLU in campo statico DA1C2 (svaso rapido)

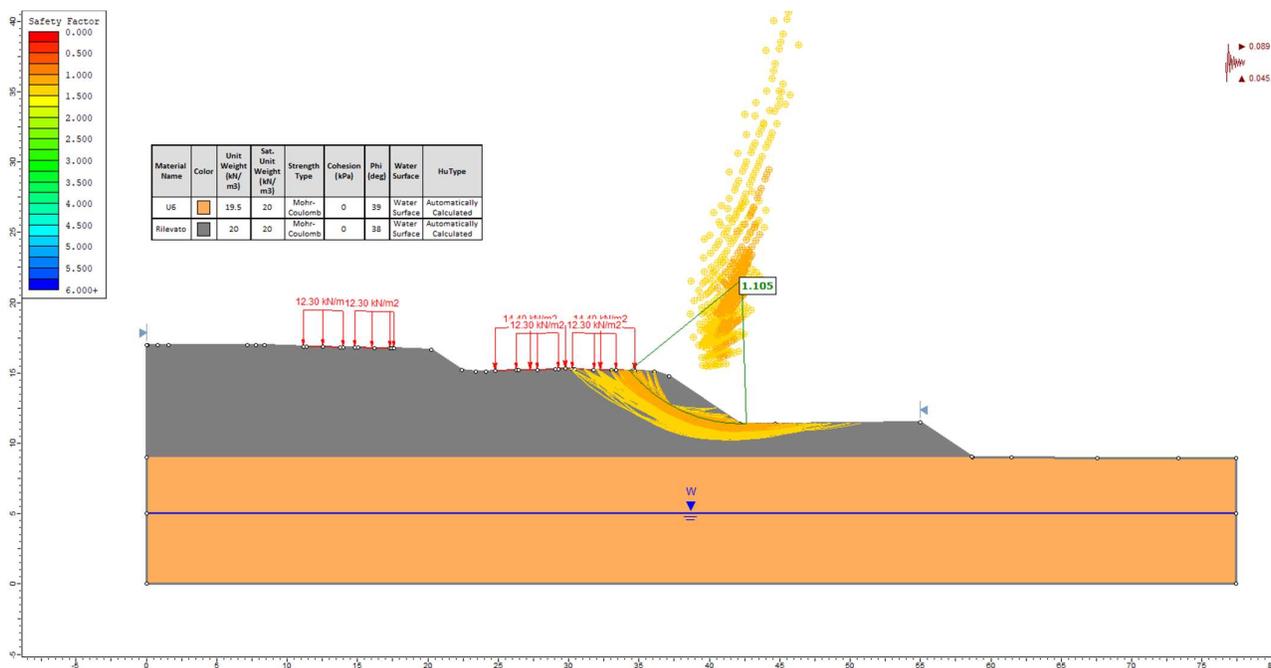


Figura 16 - Rilevato sezione n° 87 - Analisi SLU in campo sismico

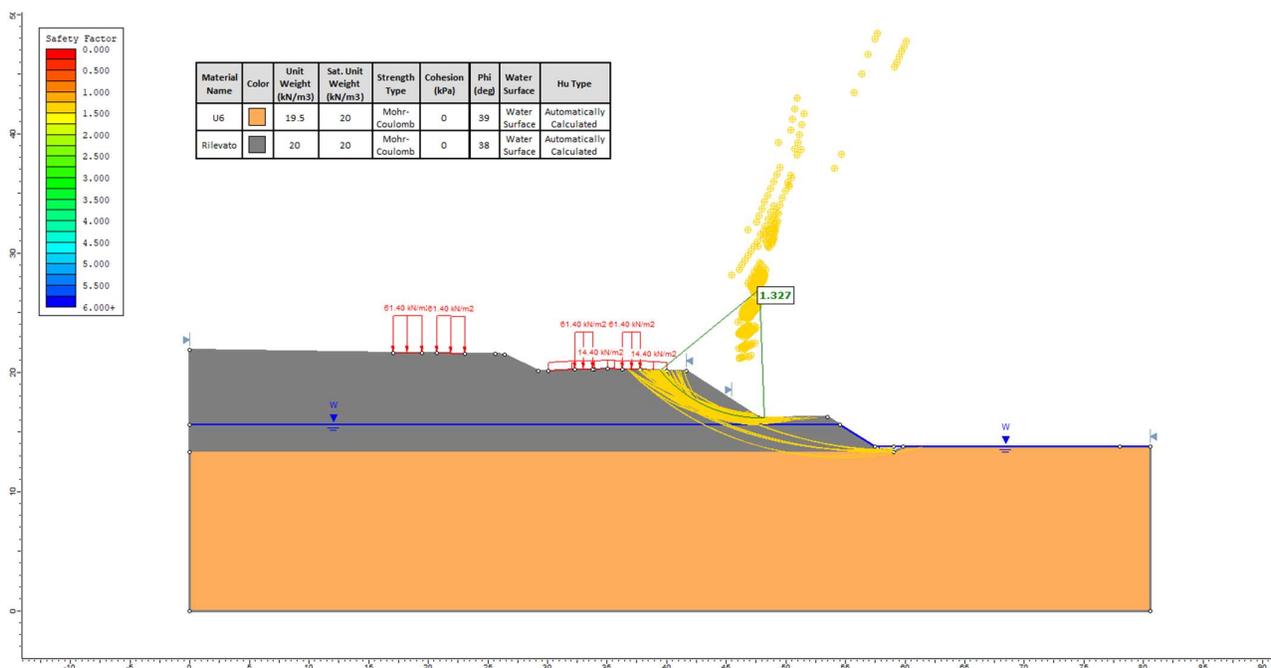


Figura 17 - Rilevato sezione n° 88 - Analisi SLU in campo statico DA1C2 (svaso rapido)

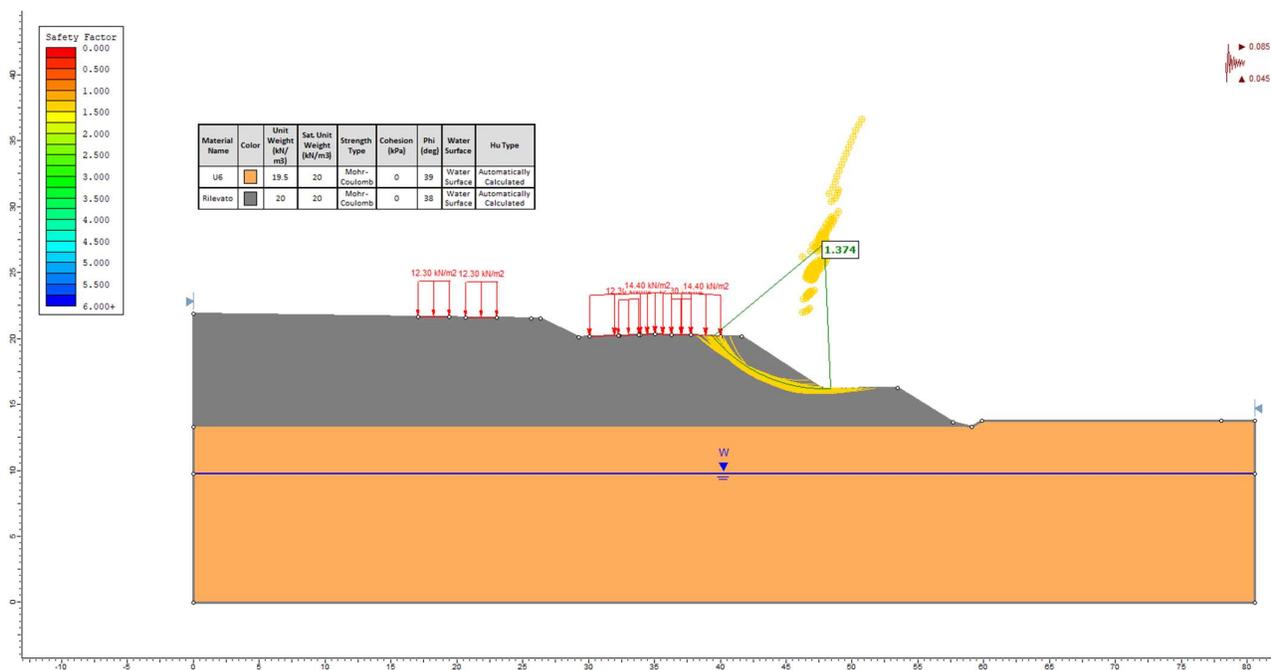


Figura 18 - Rilevato sezione n° 88 - Analisi SLU in sismico

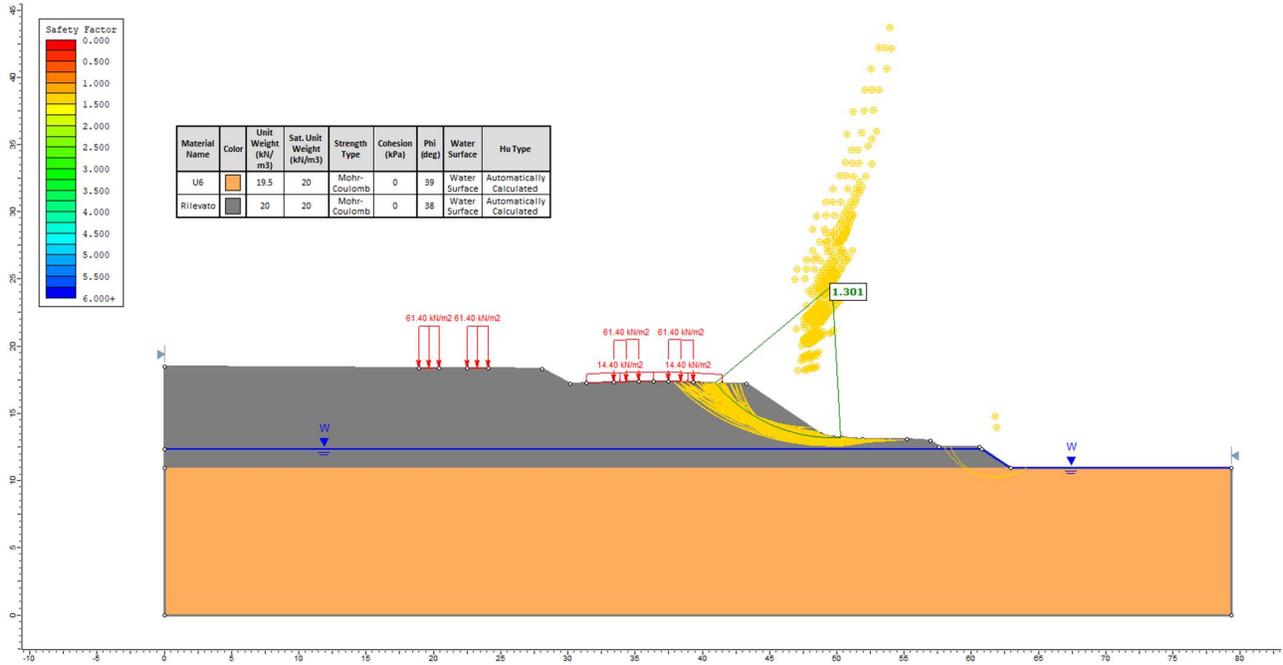


Figura 19 - Rilevato sezione n° 90 - Analisi SLU in campo statico DA1C2 (svaso rapido)

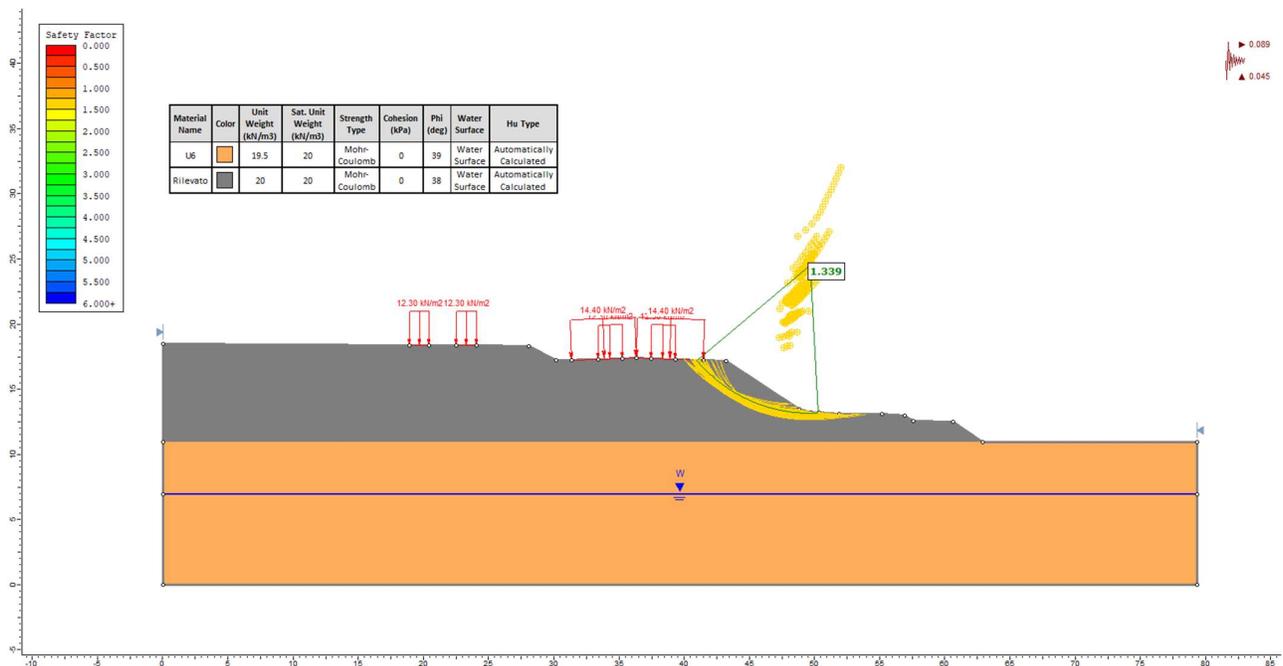


Figura 20 - Rilevato sezione n° 90 - Analisi SLU in sismico

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI07A0001B	Foglio 40 di 107

6.4 Verifica e risultati SLE

La determinazione del campo di spostamenti indotto dalla realizzazione del rilevato è stata condotta 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 rigidità 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.

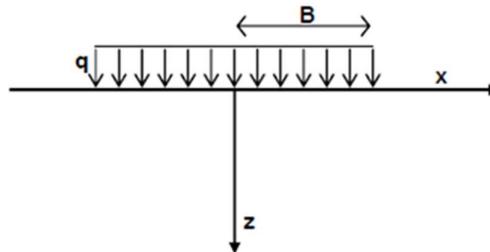


Figura 21 – Modello di calcolo Settle 3D – carico uniforme

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:

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

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

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

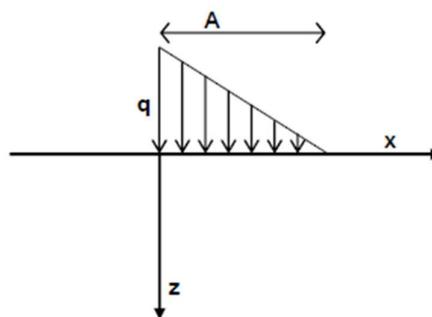


Figura 22 - Modello di calcolo Settle 3D – carico linearmente crescente

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.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 42 di 107</p>

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 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 diseuguaglianza:

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

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 già citata sezione di riferimento n° 87 riportata in Figura 1. Il modello di calcolo implementato per il rilevato tipologico con altezza pari a circa 8 m è riportato in Figura 25. La larghezza del rilevato esistente è pari a 34.6 m, quella del rilevato in affiancamento di (14+27) m con pendenza delle scarpate è 2V:3H. Nel calcolo sono stati utilizzati i parametri geotecnici definiti in Tabella 2.

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.

La storia di carico riprodotta nell'analisi è la seguente:

- Rilevato esistente (linea storica), Figura 23
- Affiancamento rilevato nuova linea, Figura 24
- Completamento rilevato nuova linea, Figura 25

I cedimenti sono stati calcolati al centro del nuovo rilevato, ed in corrispondenza dei due binari della linea storica adiacente, in modo da determinarne il cedimento differenziale dovuto alla costruzione del nuovo rilevato.

I valori calcolati sono riportati nella Figura 26, dove sono anche indicate le posizioni delle rotaie della linea storica e l'asse dei binari della linea AV.

Risulta quanto segue:

- Il cedimento calcolato in corrispondenza del centro del nuovo rilevato è pari a 20.21 mm e quindi abbondantemente entro il limite definito.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 43 di 107</p>

- Il cedimento massimo delle rotaie esistenti è di 2 mm con un differenziale per ciascuna delle rotaie esistenti pari a 0.48 mm (inferiore a 1 mm) e quindi inferiore del limite definito.

Considerata la natura granulare dei terreni, tale cedimento si esaurirà in pratica all'atto della applicazione dei carichi. I cedimenti di lungo termine sono da considerare nulli, e quindi sono risultano essere necessarie analisi di consolidazione.

Inoltre, considerata la natura dei terreni, i cedimenti secondari sono trascurabili.

Dato il valore limitato dei cedimenti attesi, **la verifica SLE è quindi da considerarsi soddisfatta.**

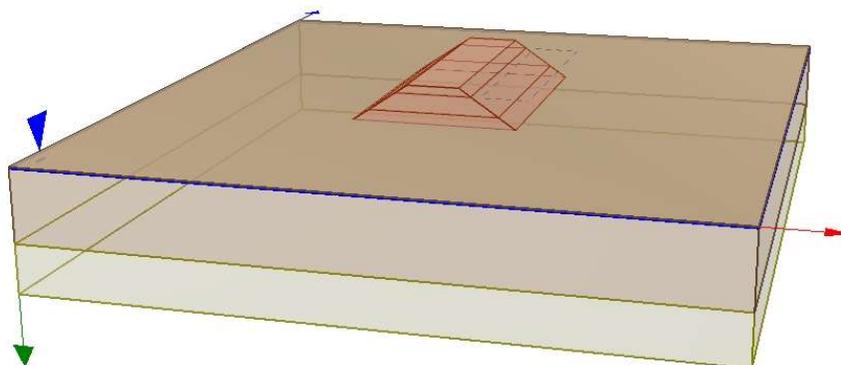


Figura 23 - Rilevato sezione n° 87 - Analisi SLE – Modello di calcolo. Costruzione LS.

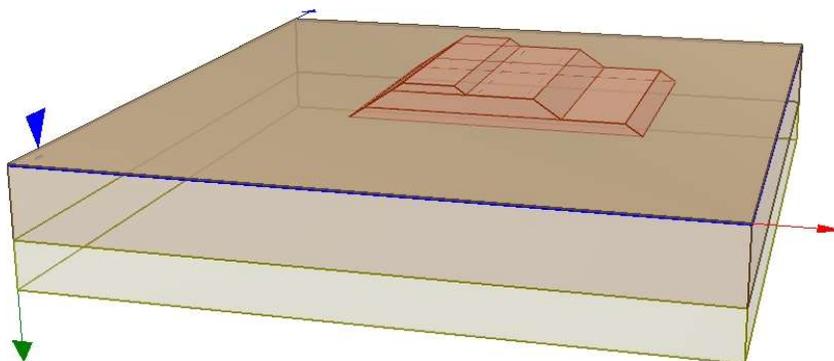


Figura 24 - Rilevato sezione n° 87 - Analisi SLE – Modello di calcolo. Ampliamento.

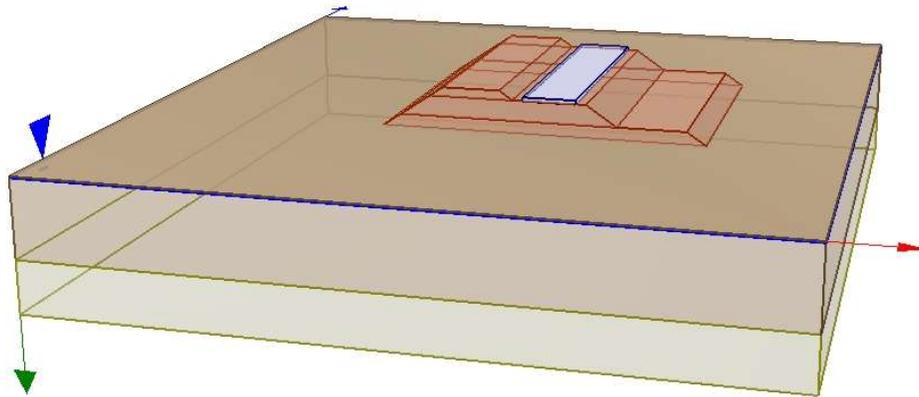


Figura 25 - Rilevato sezione n° 87 - Analisi SLE – Modello di calcolo. Ballast

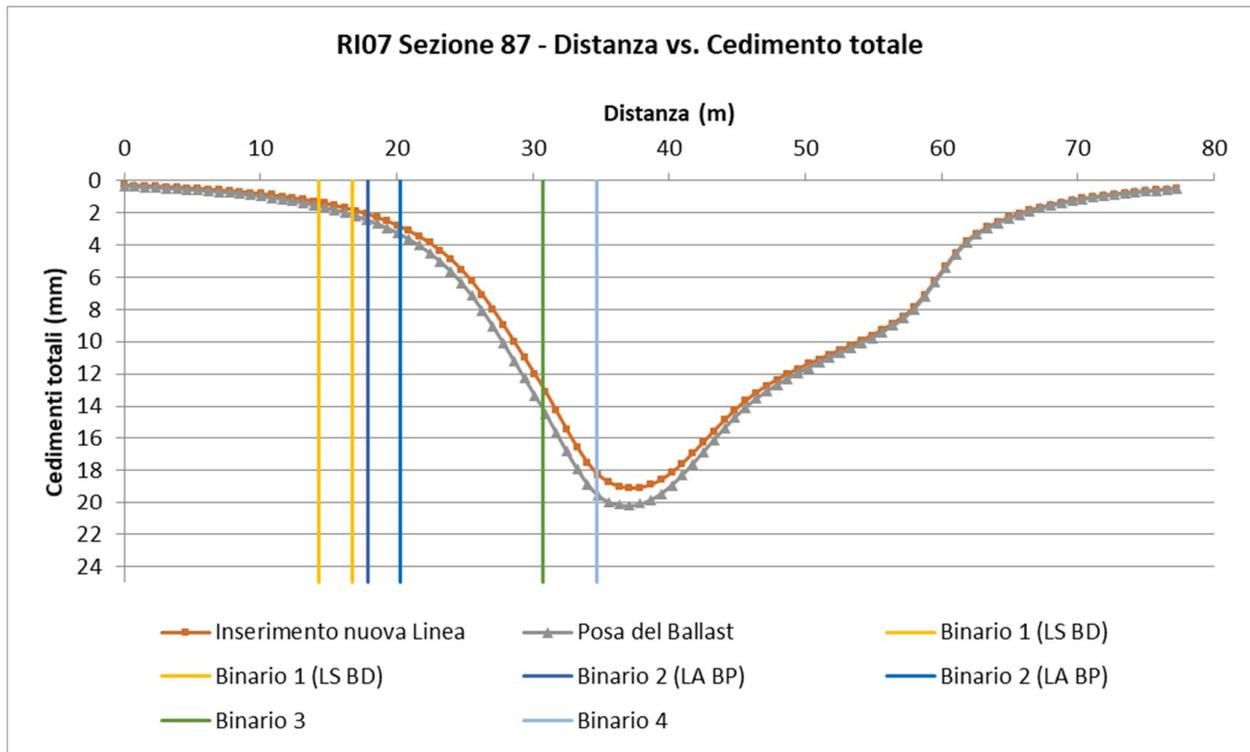


Figura 26 - Rilevato sezione n° 87 - Analisi SLE – Risultato Cedimenti

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 45 di 107</p>

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. Non si evidenziano criticità di tipo geotecnico e pertanto non è previsto un monitoraggio.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	11	EI2RBRI07A0001B	46 di 107

ALLEGATI

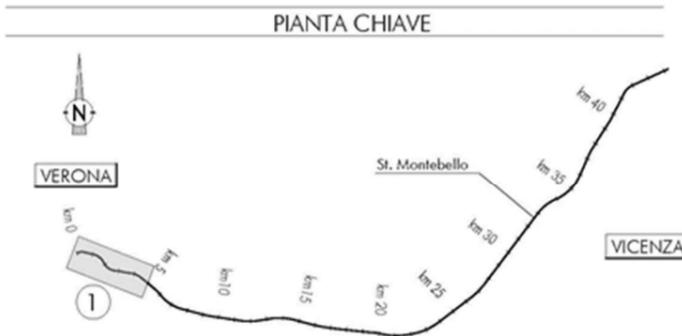
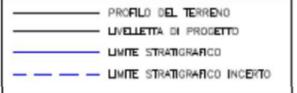
<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 47 di 107</p>

ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO

SCALA N. 1:200
SCALA D. 1:200

ITM 00 - 5000

NUMERO SEZIONE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000
ESTANZE PARZIALI																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
ESTANZE PROGRESSIVE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
QUOTE TERRENO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
QUOTE PROGETTO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
DIFFERENZA DI QUOTA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
ETICHETTE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								



- LEGENDA**
- Campagna indagini integrative PE**
- BH-PE-A Sondaggio a carotaggio continuo
 - BH-PZ-PE-A Sondaggio a carotaggio continuo con l'installazione di piezometro a tubo aperto a Casagrande
 - MASW-PE-A Indagini MASW
 - CPTU-PE-A Prova penetrometrica statica con piezocono
- Campagna indagini 2018 per CDS**
- Sondaggio geonostico
- Campagna indagini 2015**
- P1+P15, P20 Sondaggio a carotaggio continuo con installazione di Piezometro a Tubo Aperto (A)
 - P1+15Bis Foro a distribuzione di nucleo per installazione di Piezometro Casagrande (C)
- Campagna indagini 2014**
- SP Sondaggio a carotaggio continuo
 - SP1 Sondaggio a carotaggio continuo (SP) con installazione di Piezometro Casagrande (C) e/o Piezometro a Tubo Aperto (A)
 - SOC Foro a distribuzione di nucleo per installazione di Piezometro Casagrande (C) e/o Piezometro a Tubo Aperto (A)
 - SOD
 - SOA
 - CPTU Prova penetrometrica statica con piezocono (possibilità di avanzamento con trivellazione)
 - CPTU Prova penetrometrica statica con piezocono "tradizionale"
 - CH Foro a distribuzione di nucleo per esecuzione prove CROSS-HOLE
 - PT Pozzetto esplorativo a 1,5 m da p.c. con prove di carico su piastra
 - Profondità delle indagini
- Campagna indagini progressive**
- SG Sondaggio geonostico (campagna 1998)
 - SG2002 Sondaggio geonostico, numero di riferimento (campagna 2002)
 - SG2002 CPTU, numero di riferimento (campagna 2002)
 - SG2002 Pozzo con stratigrafia, numero di riferimento (Dati ex Aziende Industriali Municipalizzate (VI) per gentile concessione Centro Idrico Navoledo s.r.l.)

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>R110a Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2GER110A0001</p>	<p>A</p>

ALLEGATO 2 - SONDAGGI



Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

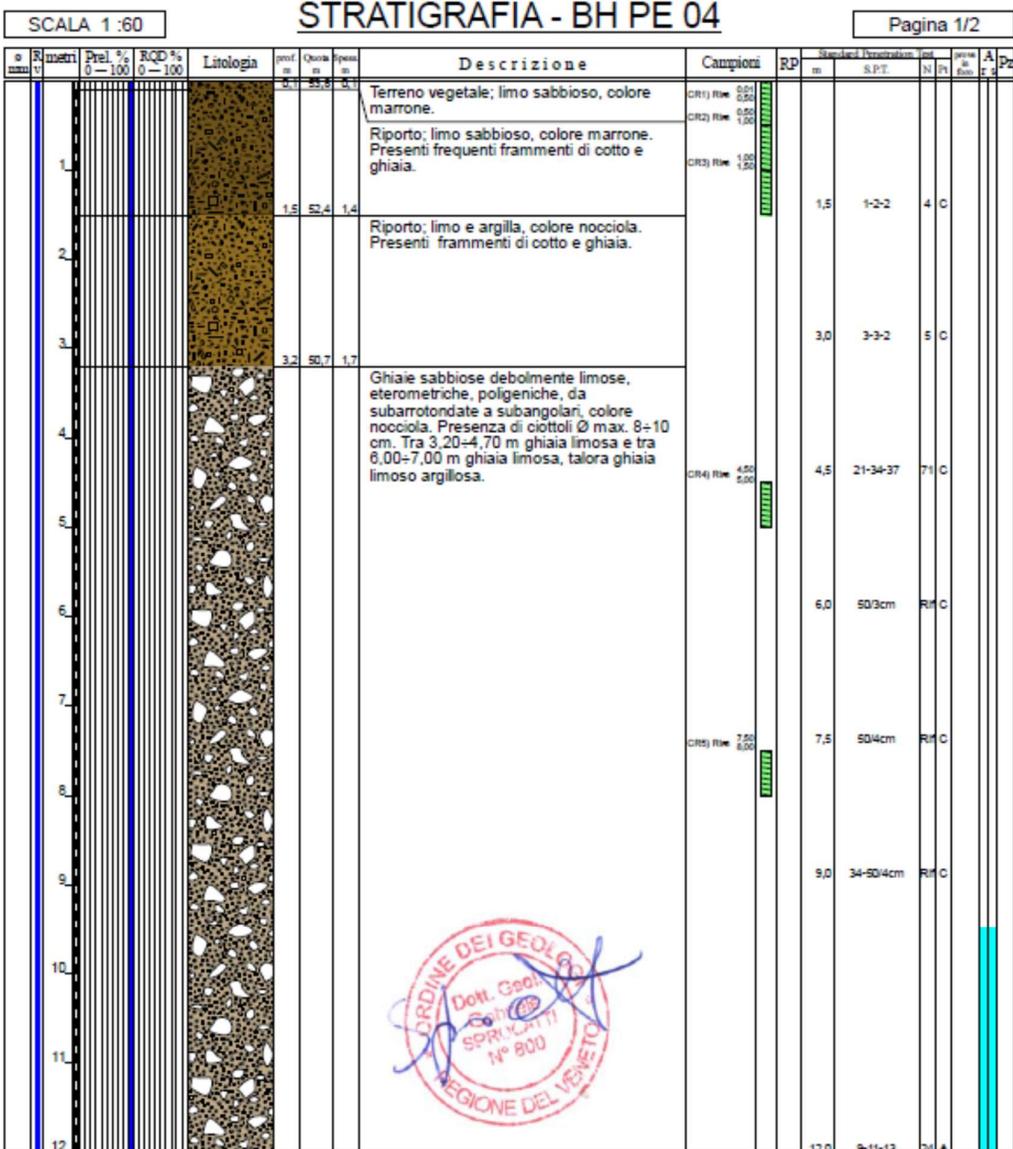
EI2RBRI07A0001B

Foglio

50 di 107



Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 04
Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza	Data: 03/11/2020 - 04/11/2020
Coordinate: 45° 25' 48.53" N - 11° 02' 43.45" E	Quota: 53,865 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: PUNTEL, prog. km 1+875	





Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68
Relazione Geotecnica

Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
IN17	11	EI2RBRI07A0001B	51 di 107



Committente: IricAV Due	Sondaggio: BH PE 04
Riferimento: Linea AV/AC Verona-Padova 1° Lotto Verona-Bivio Vicenza	Data: 03/11/2020 - 04/11/2020
Coordinate: 45° 25' 48.53" N - 11° 02' 43.45" E	Quota: 53,865 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo, sonda: PUNTEL, prog. km 1+875	

SCALA 1:60

STRATIGRAFIA - BH PE 04

Pagina 2/2

o m	R m	Preh. % 0-100	RQD % 0-100	Litologia	prof m	Quota m	Spes m	Descrizione	Campioni	RP m	Standard Penetration Test SPT	N	P	prova in situ	A Pa
13				Ghiaie sabbiose debolmente limose, eterometriche, poligeniche, da subarrotondate a subangolari, colore nocciola. Presenza di ciottoli Ø max. 8-10 cm. Tra 3,20-4,70 m ghiaia limosa e tra 6,00-7,00 m ghiaia limosa, talora ghiaia limoso argillosa.	13,9	49,0	10,7		CR7) RM 13,00 13,50						
14				Argilla limosa, da mediamente nconsistente a consistente, colore avana chiaro.	14,8	39,1	0,9		CR7) RM 14,30 14,50	1,5					
15				Sabbie con ghiaia. Ghiaia poligenica, subarrotondata, Ø max 3-4 cm, colore da marrone chiaro a nocciola. Presenti intervalli di ghiaie con sabbia, eterometriche, poligeniche, da subarrotondate a subangolari, colore da marrone chiaro a nocciola.						1,0	15,0	36-35-46	81	C	
16															
17															
18									CR8) RM 18,00 18,50	18,0		33-41-50	91	C	
19															
20					20,0	33,9	5,3								

Utilizzato carotiere semplice.
Prelevati n. 8 campioni rimaneggiati.
Eseguite n. 9 prove SPT.



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 52 di 107</p>

ALLEGATO 3 - SEZ. N° 87 - TABULATI DI SLIDE

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI07A0001B	Foglio 53 di 107

Slide Analysis Information

RI07_Seiz_87_stabilita

Project Summary

File Name:	RI07_Seiz_87_stabilita.slmd
Slide Modeler Version:	9.012
Project Title:	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created:	26/03/2021, 11:03:29

Currently Open Scenarios

Group Name	Scenario Name	Global Minimum	Compute Time
Analisi Statica A2+M2+R2 	Master Scenario	Bishop Simplified: 1.355330 Spencer: 1.354390 Gle/morgenstern-price: 1.351880	00h:00m:04.554s
Analisi sismica kv+ 	Master Scenario	Bishop Simplified: 1.123900 Spencer: 1.122340 Gle/morgenstern-price: 1.127350	00h:00m:04.225s
Analisi sismica kv- 	Master Scenario	Bishop Simplified: 1.104530 Spencer: 1.104630 Gle/morgenstern-price: 1.109510	00h:00m:04.706s

General Settings

Units of Measurement:	Metric Units
Time Units:	days
Permeability Units:	meters/second
Data Output:	Standard
Failure Direction:	Left to Right

Design Standard

 **Analisi Statica A2+M2+R2**

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 54 di 107</p>

RI07_Se3_87_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

Selected Type:	Eurocode 7 (User Defined)	
Name:	NTC2008 A2+M2+R2 Statica	
	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

◆ **Analisi sismica kv+**

Selected Type:	Eurocode 7 (User Defined)	
Name:	NTC2008 A2+M2+R2 Sismica	
	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

◆ **Analisi sismica kv-**

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 55 di 107</p>

RI07_Se3_87_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

Selected Type:	Eurocode 7 (User Defined)	
Name:	NTC2008 A2+M2+R2 Sismica	
	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

All Open Scenarios

Slices Type:	Vertical
	Analysis Methods Used
	Bishop simplified
	GLE/Morgenstern-Price with interslice force function (Half Sine)
	Spencer
Number of slices:	50
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	75
Check $\alpha < 0.2$:	Yes
Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos:	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes

Groundwater Analysis

All Open Scenarios

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 56 di 107</p>

RI07_Sez_87_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

Random Numbers

All Open Scenarios

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

Surface Options

All Open Scenarios

Surface Type: Circular
Search Method: Auto Refine Search
Divisions along slope: 20
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 Loading

◆ Analisi Statica A2+M2+R2

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

◆ Analisi sismica kv+

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No
Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.089
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.045

◆ Analisi sismica kv-

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No
Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.089
Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.045

Loading

◆ Analisi Statica A2+M2+R2

RI07_Se3_87_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

 	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	61.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Variable
 	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	61.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Variable
 	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	14.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Permanent
 	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	61.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Variable
 	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	61.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Variable

◆ **Analisi sismica kv+**

 	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Vertical
Load Action:	Variable
 	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Vertical
Load Action:	Variable
 	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	14.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Permanent
 	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Vertical
Load Action:	Variable
 	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Vertical
Load Action:	Variable

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 58 di 107</p>

RI07_Se3_87_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

◆ **Analisi sismica kv-**

Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Vertical
Load Action:	Variable
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Vertical
Load Action:	Variable
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	14.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Permanent
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Vertical
Load Action:	Variable
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Vertical
Load Action:	Variable

Materials

U6	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	19.5
Saturated Unit Weight [kN/m3]	20
Cohesion [kPa]	0
Friction Angle [deg]	39
Water Surface	Assigned per scenario
Hu Value	Automatically Calculated
Rilevato	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	20
Saturated Unit Weight [kN/m3]	20
Cohesion [kPa]	0
Friction Angle [deg]	38
Water Surface	Assigned per scenario
Hu Value	Automatically Calculated

Materials In Use

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI07A0001B	Foglio 59 di 107

RI07_Sez_87_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

Material		Analisi Statica A2+M2+R2	Analisi sismica kv+	Analisi sismica kv-
U6		✓	✓	✓
Rilevato		✓	✓	✓

Global Minimums

◆ Analisi Statica A2+M2+R2

Method: bishop simplified

FS	1.355330
Center:	43.002, 27.697
Radius:	16.325
Left Slip Surface Endpoint:	32.487, 15.209
Right Slip Surface Endpoint:	42.199, 11.392
Resisting Moment:	3443.23 kN-m
Driving Moment:	2540.51 kN-m
Total Slice Area:	13.2436 m2
Surface Horizontal Width:	9.71174 m
Surface Average Height:	1.36367 m

Method: spencer

FS	1.354390
Center:	42.969, 27.755
Radius:	16.385
Left Slip Surface Endpoint:	32.429, 15.211
Right Slip Surface Endpoint:	43.764, 11.390
Resisting Moment:	3542.03 kN-m
Driving Moment:	2615.23 kN-m
Resisting Horizontal Force:	193.515 kN
Driving Horizontal Force:	142.88 kN
Total Slice Area:	13.4577 m2
Surface Horizontal Width:	11.3358 m
Surface Average Height:	1.18719 m

Method: gle/morgenstern-price

FS	1.351880
Center:	42.475, 26.297
Radius:	14.908
Left Slip Surface Endpoint:	32.509, 15.209
Right Slip Surface Endpoint:	42.200, 11.391
Resisting Moment:	3220.56 kN-m
Driving Moment:	2382.29 kN-m
Resisting Horizontal Force:	192.758 kN
Driving Horizontal Force:	142.586 kN
Total Slice Area:	13.7814 m2
Surface Horizontal Width:	9.6908 m
Surface Average Height:	1.42211 m

◆ Analisi sismica kv+

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI07A0001B	Foglio 60 di 107

RI07_Se3_87_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

Method: bishop simplified

FS	1.123900
Center:	42.262, 21.580
Radius:	10.193
Left Slip Surface Endpoint:	34.355, 15.148
Right Slip Surface Endpoint:	42.494, 11.390
Resisting Moment:	1185.05 kN-m
Driving Moment:	1054.41 kN-m
Total Slice Area:	9.71505 m ²
Surface Horizontal Width:	8.13836 m
Surface Average Height:	1.19374 m

Method: spencer

FS	1.122340
Center:	42.271, 21.611
Radius:	10.224
Left Slip Surface Endpoint:	34.348, 15.148
Right Slip Surface Endpoint:	42.535, 11.390
Resisting Moment:	1188.8 kN-m
Driving Moment:	1059.21 kN-m
Resisting Horizontal Force:	104.05 kN
Driving Horizontal Force:	92.7075 kN
Total Slice Area:	9.72542 m ²
Surface Horizontal Width:	8.18741 m
Surface Average Height:	1.18785 m

Method: gle/morgenstern-price

FS	1.127350
Center:	42.262, 21.580
Radius:	10.193
Left Slip Surface Endpoint:	34.355, 15.148
Right Slip Surface Endpoint:	42.494, 11.390
Resisting Moment:	1188.69 kN-m
Driving Moment:	1054.41 kN-m
Resisting Horizontal Force:	104.046 kN
Driving Horizontal Force:	92.2918 kN
Total Slice Area:	9.71505 m ²
Surface Horizontal Width:	8.13836 m
Surface Average Height:	1.19374 m

◆ Analisi sismica kv-
Method: bishop simplified

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI07A0001B	Foglio 61 di 107

RI07_Se3_87_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

FS		1.104530
Center:	42.285, 21.662	
Radius:	10.277	
Left Slip Surface Endpoint:	34.336, 15.148	
Right Slip Surface Endpoint:	42.604, 11.390	
Resisting Moment:	1095.2 kN-m	
Driving Moment:	991.552 kN-m	
Total Slice Area:	9.74408 m2	
Surface Horizontal Width:	8.26835 m	
Surface Average Height:	1.17848 m	

Method: spencer

FS		1.104630
Center:	42.203, 21.430	
Radius:	10.040	
Left Slip Surface Endpoint:	34.371, 15.147	
Right Slip Surface Endpoint:	42.271, 11.390	
Resisting Moment:	1066.52 kN-m	
Driving Moment:	965.501 kN-m	
Resisting Horizontal Force:	95.056 kN	
Driving Horizontal Force:	86.0525 kN	
Total Slice Area:	9.74365 m2	
Surface Horizontal Width:	7.89983 m	
Surface Average Height:	1.2334 m	

Method: gle/morgenstern-price

FS		1.109510
Center:	42.285, 21.662	
Radius:	10.277	
Left Slip Surface Endpoint:	34.336, 15.148	
Right Slip Surface Endpoint:	42.604, 11.390	
Resisting Moment:	1100.14 kN-m	
Driving Moment:	991.552 kN-m	
Resisting Horizontal Force:	95.5111 kN	
Driving Horizontal Force:	86.0837 kN	
Total Slice Area:	9.74408 m2	
Surface Horizontal Width:	8.26835 m	
Surface Average Height:	1.17848 m	

Entity Information

◆ Analisi Statica A2+M2+R2

Shared Entities

Type	Coordinates (x,y)
------	-------------------

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	11	EI2RBRI07A0001B	62 di 107

RI07_Se3_87_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

External Boundary	22.4162, 15.2327 20.232, 16.6757 17.4161, 16.7458 17.2905, 16.7489 16.221, 16.7748 15.016, 16.8039 13.7786, 16.8338 12.5689, 16.8631 11.3655, 16.8922 8.38354, 16.9643 7.78698, 16.975 7.19691, 16.975 1.58139, 16.986 0.800207, 16.9862 0.0745451, 16.9862 0, 16.9862 0, 9.02964 0, 1.41354e-06 77.4166, 1.41354e-06 77.4166, 8.96636 73.3473, 8.94153 67.5524, 8.94904 61.4891, 9.01073 58.7189, 9.02964 58.6339, 9.05828 54.9881, 11.49 44.7021, 11.39 42.2021, 11.39 37.1162, 14.7823 36.1162, 15.0892 34.7147, 15.1356 33.0641, 15.1903 31.7641, 15.2334 30.4641, 15.2765 29.7662, 15.2997 29.0641, 15.2761 27.7707, 15.2327 26.4773, 15.1894 24.7919, 15.1328 24.1162, 15.1102 23.4162, 15.1102
-------------------	---

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 63 di 107</p>

RI07_Sez_87_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

<p>Material Boundary</p>	<p>22.4162, 15.2327 24.1162, 14.6902 27.06, 13.343 27.7359, 13.3579 27.9952, 13.3637 28.0006, 13.14 28.0151, 12.3719 28.2905, 12.3702 28.419, 12.3659 28.4553, 12.0727 28.5388, 11.3944 28.7753, 11.4126 28.8628, 11.4152 29.1684, 10.8446 29.2469, 10.6852 29.5648, 10.6852 29.7274, 10.6851 30.9992, 10.6851 31.7662, 10.6846 33.2471, 10.6837 33.92, 10.7607 34.5655, 10.816 35.0047, 10.2929 35.2945, 9.76951 36.986, 9.68345 37.8618, 9.62029 40.2668, 9.07814 40.9501, 9.40918 45.6392, 9.09742 46.429, 9.04491 53.0373, 9.06843 58.6339, 9.02964</p>
<p>Material Boundary</p>	<p>42.2021, 11.39 45.6392, 9.09742</p>
<p>Material Boundary</p>	<p>24.7919, 15.1328 24.7886, 14.7103 34.7209, 14.711 34.7147, 15.1356</p>
<p>Material Boundary</p>	<p>26.4773, 15.1894 26.4773, 14.8955 27.7707, 14.8955 29.0641, 14.8955 29.0641, 15.2761</p>
<p>Material Boundary</p>	<p>30.4641, 15.2765 30.4641, 14.9917 31.7641, 14.9917 33.0641, 14.9917 33.0641, 15.1903</p>
<p>Material Boundary</p>	<p>31.7641, 14.9917 31.7641, 15.2334</p>
<p>Material Boundary</p>	<p>27.7707, 14.8955 27.7707, 15.2327</p>
<p>Material Boundary</p>	<p>11.3655, 16.8922 11.3655, 16.5769 12.5689, 16.5769 13.7723, 16.5769 13.7786, 16.8338</p>

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI07A0001B	Foglio 64 di 107

RI07_Se3_87_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

Material Boundary	15.016, 16.8039 15.016, 16.5736 16.2161, 16.5736 17.4161, 16.5736 17.4161, 16.7458
Material Boundary	12.5689, 16.5769 12.5689, 16.8631
Material Boundary	16.2161, 16.5736 16.221, 16.7748
Material Boundary	0, 9.02964 58.6339, 9.02964 58.7189, 9.02964

Scenario-based Entities

Type	Coordinates (x,y)	Master Scenario
Water Table	0, 10.6696 56.2181, 10.6696 58.7189, 9.02964 61.4891, 9.01073 67.5524, 8.94904 73.3473, 8.94153 77.4166, 8.96636	Assigned to:  U6  Rilevato
Distributed Load	11.1714, 16.8969 11.3655, 16.8922 12.5689, 16.8631 13.7786, 16.8338 13.9715, 16.8291	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 61.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	14.8267, 16.8085 15.016, 16.8039 16.221, 16.7748 17.2905, 16.7489 17.4161, 16.7458 17.6051, 16.7411	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 61.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	24.7919, 15.1328 26.4773, 15.1894 27.7707, 15.2327 29.0641, 15.2761 29.7662, 15.2997 30.4641, 15.2765 31.7641, 15.2334 33.0641, 15.1903 34.7147, 15.1356	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 14.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	26.2693, 15.1824 26.4773, 15.1894 27.7707, 15.2327 29.0641, 15.2761 29.2869, 15.2836	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 61.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	30.2823, 15.2826 30.4641, 15.2765 31.7641, 15.2334 33.0641, 15.1903 33.3488, 15.1809	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 61.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No

◆ Analisi sismica kv+

Shared Entities

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 65 di 107</p>

RI07_Sez_87_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

Type	Coordinates (x,y)
External Boundary	22.4162, 15.2327
	20.232, 16.6757
	17.4161, 16.7458
	17.2905, 16.7489
	16.221, 16.7748
	15.016, 16.8039
	13.7786, 16.8338
	12.5689, 16.8631
	11.3655, 16.8922
	8.38354, 16.9643
	7.78698, 16.975
	7.19691, 16.975
	1.58139, 16.986
	0.800207, 16.9862
	0.0745451, 16.9862
	0, 16.9862
	0, 9.02964
	0, 1.41354e-06
	77.4166, 1.41354e-06
	77.4166, 8.96636
	73.3473, 8.94153
	67.5524, 8.94904
	61.4891, 9.01073
	58.7189, 9.02964
	58.6339, 9.05828
	54.9881, 11.49
	44.7021, 11.39
	42.2021, 11.39
	37.1162, 14.7823
	36.1162, 15.0892
34.7147, 15.1356	
33.0641, 15.1903	
31.7641, 15.2334	
30.4641, 15.2765	
29.7662, 15.2997	
29.0641, 15.2761	
27.7707, 15.2327	
26.4773, 15.1894	
24.7919, 15.1328	
24.1162, 15.1102	
23.4162, 15.1102	

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI07A0001B	Foglio 66 di 107

RI07_Se3_87_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

Material Boundary	22.4162, 15.2327 24.1162, 14.6902 27.06, 13.343 27.7359, 13.3579 27.9952, 13.3637 28.0006, 13.14 28.0151, 12.3719 28.2905, 12.3702 28.419, 12.3659 28.4553, 12.0727 28.5388, 11.3944 28.7753, 11.4126 28.8628, 11.4152 29.1684, 10.8446 29.2469, 10.6852 29.5648, 10.6852 29.7274, 10.6851 30.9992, 10.6851 31.7662, 10.6846 33.2471, 10.6837 33.92, 10.7607 34.5655, 10.816 35.0047, 10.2929 35.2945, 9.76951 36.986, 9.68345 37.8618, 9.62029 40.2668, 9.07814 40.9501, 9.40918 45.6392, 9.09742 46.429, 9.04491 53.0373, 9.06843 58.6339, 9.02964
Material Boundary	42.2021, 11.39 45.6392, 9.09742
Material Boundary	24.7919, 15.1328 24.7886, 14.7103 34.7209, 14.711 34.7147, 15.1356
Material Boundary	26.4773, 15.1894 26.4773, 14.8955 27.7707, 14.8955 29.0641, 14.8955 29.0641, 15.2761
Material Boundary	30.4641, 15.2765 30.4641, 14.9917 31.7641, 14.9917 33.0641, 14.9917 33.0641, 15.1903
Material Boundary	31.7641, 14.9917 31.7641, 15.2334
Material Boundary	27.7707, 14.8955 27.7707, 15.2327
Material Boundary	11.3655, 16.8922 11.3655, 16.5769 12.5689, 16.5769 13.7723, 16.5769 13.7786, 16.8338

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI07A0001B	Foglio 67 di 107

RI07_Se3_87_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

Material Boundary	15.016, 16.8039 15.016, 16.5736 16.2161, 16.5736 17.4161, 16.5736 17.4161, 16.7458
Material Boundary	12.5689, 16.5769 12.5689, 16.8631
Material Boundary	16.2161, 16.5736 16.221, 16.7748
Material Boundary	0, 9.02964 58.6339, 9.02964 58.7189, 9.02964

Scenario-based Entities

Type	Coordinates (x,y)	Master Scenario
Water Table	0, 5.02964 77.4166, 5.02964	Assigned to:  U6  Rilevato
Distributed Load	11.1714, 16.8969 11.3655, 16.8922 12.5689, 16.8631 13.7786, 16.8338 13.9715, 16.8291	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	14.8267, 16.8085 15.016, 16.8039 16.221, 16.7748 17.2905, 16.7489 17.4161, 16.7458 17.6051, 16.7411	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	24.7919, 15.1328 26.4773, 15.1894 27.7707, 15.2327 29.0641, 15.2761 29.7662, 15.2997 30.4641, 15.2765 31.7641, 15.2334 33.0641, 15.1903 34.7147, 15.1356	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 14.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	26.2693, 15.1824 26.4773, 15.1894 27.7707, 15.2327 29.0641, 15.2761 29.2869, 15.2836	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	30.2823, 15.2826 30.4641, 15.2765 31.7641, 15.2334 33.0641, 15.1903 33.3488, 15.1809	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No

◆ Analisi sismica kv-

Shared Entities

Type	Coordinates (x,y)
	22.4162, 15.2327 20.232, 16.6757

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI07A0001B

Foglio

68 di 107

RI07_Sez_87_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

External Boundary

17.6051, 16.7411
17.4161, 16.7458
17.2905, 16.7489
16.221, 16.7748
15.016, 16.8039
14.8267, 16.8085
13.9715, 16.8291
13.7786, 16.8338
12.5689, 16.8631
11.3655, 16.8922
11.1714, 16.8969
8.38354, 16.9643
7.78698, 16.975
7.19691, 16.975
1.58139, 16.986
0.800207, 16.9862
0.0745451, 16.9862
0, 16.9862
0, 9.02964
0, 5.02964
0, 1.41354e-06
11.1714, 1.41354e-06
11.3655, 1.41354e-06
12.5689, 1.41354e-06
13.7786, 1.41354e-06
13.9715, 1.41354e-06
14.8267, 1.41354e-06
15.016, 1.41354e-06
16.221, 1.41354e-06
17.2905, 1.41354e-06
17.4161, 1.41354e-06
17.6051, 1.41354e-06
24.7919, 1.41354e-06
26.2693, 1.41354e-06
26.4773, 1.41354e-06
27.7707, 1.41354e-06
29.0641, 1.41354e-06
29.2869, 1.41354e-06
29.7662, 1.41354e-06
30.2823, 1.41354e-06
30.4641, 1.41354e-06
31.7641, 1.41354e-06
33.0641, 1.41354e-06
33.3488, 1.41354e-06
34.7147, 1.41354e-06
77.4166, 1.41354e-06
77.4166, 5.02964
77.4166, 8.96636
73.3473, 8.94153
67.5524, 8.94904
61.4891, 9.01073
58.7189, 9.02964
58.6339, 9.05828
54.9881, 11.49
44.7021, 11.39
42.2021, 11.39
37.1162, 14.7823
36.1162, 15.0892
34.7147, 15.1356

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 69 di 107</p>

RI07_Se3_87_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

	<p>33.3488, 15.1809 33.0641, 15.1903 31.7641, 15.2334 30.4641, 15.2765 30.2823, 15.2826 29.7662, 15.2997 29.2869, 15.2836 29.0641, 15.2761 27.7707, 15.2327 26.4773, 15.1894 26.2693, 15.1824 24.7919, 15.1328 24.1162, 15.1102 23.4162, 15.1102</p>
<p>Material Boundary</p>	<p>22.4162, 15.2327 24.1162, 14.6902 27.06, 13.343 27.7359, 13.3579 27.9952, 13.3637 28.0006, 13.14 28.0151, 12.3719 28.2905, 12.3702 28.419, 12.3659 28.4553, 12.0727 28.5388, 11.3944 28.7753, 11.4126 28.8628, 11.4152 29.1684, 10.8446 29.2469, 10.6852 29.5648, 10.6852 29.7274, 10.6851 30.9992, 10.6851 31.7662, 10.6846 33.2471, 10.6837 33.92, 10.7607 34.5655, 10.816 35.0047, 10.2929 35.2945, 9.76951 36.986, 9.68345 37.8618, 9.62029 40.2668, 9.07814 40.9501, 9.40918 45.6392, 9.09742 46.429, 9.04491 53.0373, 9.06843 58.6339, 9.02964</p>
<p>Material Boundary</p>	<p>42.2021, 11.39 45.6392, 9.09742</p>
<p>Material Boundary</p>	<p>24.7919, 15.1328 24.7886, 14.7103 34.7209, 14.711 34.7147, 15.1356</p>
<p>Material Boundary</p>	<p>26.4773, 15.1894 26.4773, 14.8955 27.7707, 14.8955 29.0641, 14.8955 29.0641, 15.2761</p>

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 70 di 107</p>

RI07_Se3_87_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

Material Boundary	30.4641, 15.2765 30.4641, 14.9917 31.7641, 14.9917 33.0641, 14.9917 33.0641, 15.1903
Material Boundary	31.7641, 14.9917 31.7641, 15.2334
Material Boundary	27.7707, 14.8955 27.7707, 15.2327
Material Boundary	11.3655, 16.8922 11.3655, 16.5769 12.5689, 16.5769 13.7723, 16.5769 13.7786, 16.8338
Material Boundary	15.016, 16.8039 15.016, 16.5736 16.2161, 16.5736 17.4161, 16.5736 17.4161, 16.7458
Material Boundary	12.5689, 16.5769 12.5689, 16.8631
Material Boundary	16.2161, 16.5736 16.221, 16.7748
Material Boundary	0, 9.02964 58.6339, 9.02964 58.7189, 9.02964

Scenario-based Entities

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI07A0001B

Foglio

71 di 107

RI07_Se3_87_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

Type	Coordinates (x,y)	Master Scenario
Water Table	0, 5.02964 77.4166, 5.02964	Assigned to:  U6  Rilevato
Distributed Load	11.1714, 16.8969 11.3655, 16.8922 12.5689, 16.8631 13.7786, 16.8338 13.9715, 16.8291	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	14.8267, 16.8085 15.016, 16.8039 16.221, 16.7748 17.2905, 16.7489 17.4161, 16.7458 17.6051, 16.7411	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	24.7919, 15.1328 26.4773, 15.1894 27.7707, 15.2327 29.0641, 15.2761 29.7662, 15.2997 30.4641, 15.2765 31.7641, 15.2334 33.0641, 15.1903 34.7147, 15.1356	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 14.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	26.2693, 15.1824 26.4773, 15.1894 27.7707, 15.2327 29.0641, 15.2761 29.2869, 15.2836	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	30.2823, 15.2826 30.4641, 15.2765 31.7641, 15.2334 33.0641, 15.1903 33.3488, 15.1809	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 72 di 107</p>

ALLEGATO 4 - SEZ. N° 88 - TABULATI DI SLIDE

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 73 di 107</p>

Slide Analysis Information

RI07_Sez_88_stabilita

Project Summary

File Name:	RI07_Sez_88_stabilita.slmd
Slide Modeler Version:	9.012
Project Title:	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created:	27/03/2021, 23:41:03

Currently Open Scenarios

Group Name	Scenario Name	Global Minimum	Compute Time
Analisi Statica A2+M2+R2	Master Scenario	Bishop Simplified: 1.326520 Spencer: 1.326110 Gle/morgenstern-price: 1.326240	00h:00m:03.474s
Analisi Sismica kv+	Master Scenario	Bishop Simplified: 1.387220 Spencer: 1.392040 Gle/morgenstern-price: 1.391500	00h:00m:04.882s
Analisi Sismica kv-	Master Scenario	Bishop Simplified: 1.373860 Spencer: 1.379030 Gle/morgenstern-price: 1.378330	00h:00m:05.115s

General Settings

Units of Measurement:	Metric Units
Time Units:	days
Permeability Units:	meters/second
Data Output:	Standard
Failure Direction:	Left to Right

Design Standard

◆ **Analisi Statica A2+M2+R2**

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 74 di 107</p>

RI07_Se3_88_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

Selected Type:	Eurocode 7 (User Defined)	
Name:	NTC2008 A2+M2+R2 Statica	
	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

◆ **Analisi Sismica kv+**

Selected Type:	Eurocode 7 (User Defined)	
Name:	NTC2008 A2+M2+R2 Sismica	
	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

◆ **Analisi Sismica kv-**

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 75 di 107</p>

RI07_Se3_88_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

Selected Type:	Eurocode 7 (User Defined)	
Name:	NTC2008 A2+M2+R2 Sismica	
	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

All Open Scenarios

Slices Type:	Vertical
	Analysis Methods Used
	Bishop simplified
	GLE/Morgenstern-Price with interslice force function (Half Sine)
	Spencer
Number of slices:	50
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	75
Check $\alpha < 0.2$:	Yes
Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos:	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes

Groundwater Analysis

All Open Scenarios

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI07A0001B	Foglio 76 di 107

RI07_Sez_88_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

Random Numbers

All Open Scenarios

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

Surface Options

All Open Scenarios

Surface Type: Circular
Search Method: Auto Refine Search
Divisions along slope: 20
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 Loading

◆ Analisi Statica A2+M2+R2

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

◆ Analisi Sismica kv+

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No
Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.089
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.045

◆ Analisi Sismica kv-

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No
Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.085
Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.045

Loading

◆ Analisi Statica A2+M2+R2

RI07_Se3_88_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

 	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	61.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Variable
 	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	61.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Variable
 	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	61.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Variable
 	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	61.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Variable
 	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	14.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Permanent

◆ **Analisi Sismica kv±**

 	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	14.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Dead
 	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Vertical
Load Action:	Live
 	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Vertical
Load Action:	Live
 	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Vertical
Load Action:	Live
 	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Vertical
Load Action:	Live

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 78 di 107</p>

RI07_Se3_88_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

◆ **Analisi Sismica kv-**

Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Normal to boundary
Load Action:	Live
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Normal to boundary
Load Action:	Live
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Vertical
Load Action:	Live
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Vertical
Load Action:	Live
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	14.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Dead

Materials

U6	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	19.5
Saturated Unit Weight [kN/m3]	20
Cohesion [kPa]	0
Friction Angle [deg]	39
Water Surface	Assigned per scenario
Hu Value	Automatically Calculated
Rilevato	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	20
Saturated Unit Weight [kN/m3]	20
Cohesion [kPa]	0
Friction Angle [deg]	38
Water Surface	Assigned per scenario
Hu Value	Automatically Calculated

Materials In Use

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI07A0001B	Foglio 79 di 107

RI07_Sez_88_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

Material		Analisi Statica A2+M2+R2	Analisi Sismica kv+	Analisi Sismica kv-
U6		✓	✓	✓
Rilevato		✓	✓	✓

Global Minimums

◆ Analisi Statica A2+M2+R2

Method: bishop simplified

FS	1.326520
Center:	47.818, 27.029
Radius:	10.811
Left Slip Surface Endpoint:	39.461, 20.170
Right Slip Surface Endpoint:	48.173, 16.224
Resisting Moment:	1364.17 kN-m
Driving Moment:	1028.38 kN-m
Total Slice Area:	10.5024 m2
Surface Horizontal Width:	8.71154 m
Surface Average Height:	1.20558 m

Method: spencer

FS	1.326110
Center:	47.818, 27.029
Radius:	10.811
Left Slip Surface Endpoint:	39.461, 20.170
Right Slip Surface Endpoint:	48.173, 16.224
Resisting Moment:	1363.76 kN-m
Driving Moment:	1028.38 kN-m
Resisting Horizontal Force:	111.697 kN
Driving Horizontal Force:	84.2289 kN
Total Slice Area:	10.5024 m2
Surface Horizontal Width:	8.71154 m
Surface Average Height:	1.20558 m

Method: gle/morgenstern-price

FS	1.326240
Center:	47.832, 27.073
Radius:	10.856
Left Slip Surface Endpoint:	39.453, 20.171
Right Slip Surface Endpoint:	48.233, 16.224
Resisting Moment:	1371.05 kN-m
Driving Moment:	1033.79 kN-m
Resisting Horizontal Force:	111.808 kN
Driving Horizontal Force:	84.3041 kN
Total Slice Area:	10.5104 m2
Surface Horizontal Width:	8.7799 m
Surface Average Height:	1.1971 m

◆ Analisi Sismica kv+

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 80 di 107</p>

RI07_Se3_88_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

Method: bishop simplified

FS		1.387220
Center:	47.879, 27.200	
Radius:	10.988	
Left Slip Surface Endpoint:	39.433, 20.172	
Right Slip Surface Endpoint:	48.413, 16.225	
Resisting Moment:	1748.88 kN-m	
Driving Moment:	1260.71 kN-m	
Total Slice Area:	10.524 m2	
Surface Horizontal Width:	8.98018 m	
Surface Average Height:	1.17191 m	

Method: spencer

FS		1.392040
Center:	47.879, 27.200	
Radius:	10.988	
Left Slip Surface Endpoint:	39.433, 20.172	
Right Slip Surface Endpoint:	48.413, 16.225	
Resisting Moment:	1754.96 kN-m	
Driving Moment:	1260.71 kN-m	
Resisting Horizontal Force:	142.058 kN	
Driving Horizontal Force:	102.051 kN	
Total Slice Area:	10.524 m2	
Surface Horizontal Width:	8.98018 m	
Surface Average Height:	1.17191 m	

Method: gle/morgenstern-price

FS		1.391500
Center:	47.879, 27.200	
Radius:	10.988	
Left Slip Surface Endpoint:	39.433, 20.172	
Right Slip Surface Endpoint:	48.413, 16.225	
Resisting Moment:	1754.28 kN-m	
Driving Moment:	1260.71 kN-m	
Resisting Horizontal Force:	142.082 kN	
Driving Horizontal Force:	102.107 kN	
Total Slice Area:	10.524 m2	
Surface Horizontal Width:	8.98018 m	
Surface Average Height:	1.17191 m	

◆ **Analisi Sismica kv-**

Method: bishop simplified

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 81 di 107</p>

RI07_Se3_88_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

FS		1.373860
Center:	47.877, 27.194	
Radius:	10.982	
Left Slip Surface Endpoint:	39.434, 20.172	
Right Slip Surface Endpoint:	48.405, 16.225	
Resisting Moment:	1599.63 kN-m	
Driving Moment:	1164.34 kN-m	
Total Slice Area:	10.5225 m2	
Surface Horizontal Width:	8.9711 m	
Surface Average Height:	1.17294 m	

Method: spencer

FS		1.379030
Center:	47.877, 27.194	
Radius:	10.982	
Left Slip Surface Endpoint:	39.434, 20.172	
Right Slip Surface Endpoint:	48.405, 16.225	
Resisting Moment:	1605.65 kN-m	
Driving Moment:	1164.34 kN-m	
Resisting Horizontal Force:	129.963 kN	
Driving Horizontal Force:	94.2427 kN	
Total Slice Area:	10.5225 m2	
Surface Horizontal Width:	8.9711 m	
Surface Average Height:	1.17294 m	

Method: gle/morgenstern-price

FS		1.378330
Center:	47.877, 27.194	
Radius:	10.982	
Left Slip Surface Endpoint:	39.434, 20.172	
Right Slip Surface Endpoint:	48.405, 16.225	
Resisting Moment:	1604.85 kN-m	
Driving Moment:	1164.34 kN-m	
Resisting Horizontal Force:	129.98 kN	
Driving Horizontal Force:	94.3024 kN	
Total Slice Area:	10.5225 m2	
Surface Horizontal Width:	8.9711 m	
Surface Average Height:	1.17294 m	

Entity Information

◆ Analisi Statica A2+M2+R2

Shared Entities

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 82 di 107</p>

RI07_Sez_88_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

Type	Coordinates (x,y)
External Boundary	-0.00764364, -0.017701 80.5768, -0.017701 80.5768, 13.7925 78.0306, 13.7925 59.8527, 13.7643 59.0779, 13.3161 57.6695, 13.6313 53.4962, 16.2513 47.739, 16.2216 41.6499, 20.1427 40.0406, 20.1427 37.8082, 20.2492 37.793, 20.2495 36.2818, 20.2755 36.2711, 20.2758 35.0306, 20.313 33.9125, 20.2937 33.7941, 20.2891 32.3228, 20.2318 32.2722, 20.2298 30.0909, 20.1448 29.2302, 20.1235 26.3746, 21.5272 25.6399, 21.5376 23.0612, 21.5742 20.6849, 21.6078 19.4437, 21.6254 17.0515, 21.6594 -0.00764364, 21.9012 -0.00764364, 13.3161
Material Boundary	17.0515, 21.6594 17.0515, 21.2408 19.4437, 21.2408 19.4437, 21.6254
Material Boundary	20.6849, 21.6078 20.6849, 21.2181 23.0612, 21.2181 23.0612, 21.5742
Material Boundary	-0.00764364, 13.3161 59.0779, 13.3161 42.4397, 14.1171 39.9699, 15.6312 35.5029, 15.6274 29.7586, 18.9973 25.6399, 21.5376
Material Boundary	30.0909, 20.1448 30.0973, 19.9311 40.0543, 19.9311 40.0406, 20.1427
Material Boundary	36.2711, 20.2758 36.2711, 20.0504 37.793, 20.0504 37.793, 20.2495
Material Boundary	32.2722, 20.2298 32.2722, 20.0504 33.7941, 20.0504 33.7941, 20.2891

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI07A0001B	Foglio 83 di 107

RI07_Se3_88_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

Scenario-based Entities

Type	Coordinates (x,y)	Master Scenario
Water Table	-0.00764364, 15.6012 54.5318, 15.6012 57.4577, 13.7643 59.05, 13.7643 59.8527, 13.7643 78.0306, 13.7925 80.5768, 13.7925	Assigned to:  U6  Rilevato
Distributed Load	19.4437, 21.6254 17.0515, 21.6594	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 61.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	23.0612, 21.5742 20.6849, 21.6078	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 61.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	33.7941, 20.2891 32.3228, 20.2318 32.2722, 20.2298	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 61.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	37.793, 20.2495 36.2818, 20.2755 36.2711, 20.2758	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 61.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	40.0406, 20.1427 37.8082, 20.2492 37.793, 20.2495 36.2818, 20.2755 36.2711, 20.2758 35.0306, 20.313 33.9125, 20.2937 33.7941, 20.2891 32.3228, 20.2318 32.2722, 20.2298 30.0909, 20.1448	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 14.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No

◆ Analisi Sismica kv+

Shared Entities

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI07A0001B	Foglio 84 di 107

RI07_Sez_88_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

Type	Coordinates (x,y)
External Boundary	-0.00764364, -0.017701 80.5768, -0.017701 80.5768, 13.7925 78.0306, 13.7925 59.8527, 13.7643 59.0779, 13.3161 57.6695, 13.6313 53.4962, 16.2513 47.739, 16.2216 41.6499, 20.1427 40.0406, 20.1427 37.8082, 20.2492 37.793, 20.2495 36.2818, 20.2755 36.2711, 20.2758 35.0306, 20.313 33.9125, 20.2937 33.7941, 20.2891 32.3228, 20.2318 32.2722, 20.2298 30.0909, 20.1448 29.2302, 20.1235 26.3746, 21.5272 25.6399, 21.5376 23.0612, 21.5742 20.6849, 21.6078 19.4437, 21.6254 17.0515, 21.6594 -0.00764364, 21.9012 -0.00764364, 13.3161
Material Boundary	17.0515, 21.6594 17.0515, 21.2408 19.4437, 21.2408 19.4437, 21.6254
Material Boundary	20.6849, 21.6078 20.6849, 21.2181 23.0612, 21.2181 23.0612, 21.5742
Material Boundary	-0.00764364, 13.3161 59.0779, 13.3161 42.4397, 14.1171 39.9699, 15.6312 35.5029, 15.6274 29.7586, 18.9973 25.6399, 21.5376
Material Boundary	30.0909, 20.1448 30.0973, 19.9311 40.0543, 19.9311 40.0406, 20.1427
Material Boundary	36.2711, 20.2758 36.2711, 20.0504 37.793, 20.0504 37.793, 20.2495
Material Boundary	32.2722, 20.2298 32.2722, 20.0504 33.7941, 20.0504 33.7941, 20.2891

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI07A0001B

Foglio

85 di 107

RI07_Se3_88_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

Scenario-based Entities

Type	Coordinates (x,y)	Master Scenario
Water Table	-0.00764364, 9.767 80.5768, 9.767	Assigned to:  U6  Rilevato
Distributed Load	40.0406, 20.1427 37.8082, 20.2492 37.793, 20.2495 36.2818, 20.2755 36.2711, 20.2758 35.0306, 20.313 33.9125, 20.2937 33.7941, 20.2891 32.3228, 20.2318 32.2722, 20.2298 30.0909, 20.1448	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 14.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	19.4437, 21.6254 17.0515, 21.6594	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	23.0612, 21.5742 20.6849, 21.6078	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	33.7941, 20.2891 32.3228, 20.2318 32.2722, 20.2298	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	37.793, 20.2495 36.2818, 20.2755 36.2711, 20.2758	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No

◆ **Analisi Sismica kv-**

Shared Entities

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI07A0001B	Foglio 86 di 107

RI07_Sez_88_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

Type	Coordinates (x,y)
External Boundary	-0.00764364, -0.017701 80.5768, -0.017701 80.5768, 13.7925 78.0306, 13.7925 59.8527, 13.7643 59.0779, 13.3161 57.6695, 13.6313 53.4962, 16.2513 47.739, 16.2216 41.6499, 20.1427 40.0406, 20.1427 37.8082, 20.2492 37.793, 20.2495 36.2818, 20.2755 36.2711, 20.2758 35.0306, 20.313 33.9125, 20.2937 33.7941, 20.2891 32.3228, 20.2318 32.2722, 20.2298 30.0909, 20.1448 29.2302, 20.1235 26.3746, 21.5272 25.6399, 21.5376 23.0612, 21.5742 20.6849, 21.6078 19.4437, 21.6254 17.0515, 21.6594 -0.00764364, 21.9012 -0.00764364, 13.3161
Material Boundary	17.0515, 21.6594 17.0515, 21.2408 19.4437, 21.2408 19.4437, 21.6254
Material Boundary	20.6849, 21.6078 20.6849, 21.2181 23.0612, 21.2181 23.0612, 21.5742
Material Boundary	-0.00764364, 13.3161 59.0779, 13.3161 42.4397, 14.1171 39.9699, 15.6312 35.5029, 15.6274 29.7586, 18.9973 25.6399, 21.5376
Material Boundary	30.0909, 20.1448 30.0973, 19.9311 40.0543, 19.9311 40.0406, 20.1427
Material Boundary	36.2711, 20.2758 36.2711, 20.0504 37.793, 20.0504 37.793, 20.2495
Material Boundary	32.2722, 20.2298 32.2722, 20.0504 33.7941, 20.0504 33.7941, 20.2891

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI07A0001B

Foglio

87 di 107

RI07_Se3_88_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

Scenario-based Entities

Type	Coordinates (x,y)	Master Scenario
Water Table	-0.00764364, 9.764 80.5768, 9.764	Assigned to:  U6  Rilevato
Distributed Load	19.4437, 21.6254 17.0515, 21.6594	Constant DistributionOrientation: Normal to boundaryMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	23.0612, 21.5742 20.6849, 21.6078	Constant DistributionOrientation: Normal to boundaryMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	33.7941, 20.2891 32.3228, 20.2318 32.2722, 20.2298	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	37.793, 20.2495 36.2818, 20.2755 36.2711, 20.2758	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	40.0406, 20.1427 37.8082, 20.2492 37.793, 20.2495 36.2818, 20.2755 36.2711, 20.2758 35.0306, 20.313 33.9125, 20.2937 33.7941, 20.2891 32.3228, 20.2318 32.2722, 20.2298 30.0909, 20.1448	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 14.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 88 di 107</p>

ALLEGATO 5 - SEZ. N° 90 - TABULATI DI SLIDE

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 89 di 107</p>

Slide Analysis Information

RI07_Sez_90_stabilita

Project Summary

File Name:	RI07_Sez_90_stabilita.slmd
Slide Modeler Version:	9.012
Project Title:	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created:	28/03/2021, 00:14:09

Currently Open Scenarios

Group Name	Scenario Name	Global Minimum	Compute Time
Analisi statica A2+M2+R2	Master Scenario	Bishop Simplified: 1.300690 Spencer: 1.299960 Gle/morgenstern-price: 1.299200	00h:00m:03.601s
Analisi sismica kv+	Master Scenario	Bishop Simplified: 1.360420 Spencer: 1.365450 Gle/morgenstern-price: 1.364750	00h:00m:03.989s
Analisi sismica kv-	Master Scenario	Bishop Simplified: 1.338940 Spencer: 1.344730 Gle/morgenstern-price: 1.343580	00h:00m:04.91s

General Settings

Units of Measurement:	Metric Units
Time Units:	days
Permeability Units:	meters/second
Data Output:	Standard
Failure Direction:	Left to Right

Design Standard

◆ **Analisi statica A2+M2+R2**

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 90 di 107</p>

RI07_Se3_90_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

Selected Type:	Eurocode 7 (User Defined)	
Name:	NTC2008 A2+M2+R2 Statica	
	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

◆ **Analisi sismica kv+**

Selected Type:	Eurocode 7 (User Defined)	
Name:	NTC2008 A2+M2+R2 Sismica	
	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

◆ **Analisi sismica kv-**

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 91 di 107</p>

RI07_Se3_90_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

Selected Type:	Eurocode 7 (User Defined)	
Name:	NTC2008 A2+M2+R2 Sismica	
	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

All Open Scenarios

Slices Type:	Vertical
	Analysis Methods Used
	Bishop simplified
	GLE/Morgenstern-Price with interslice force function (Half Sine)
	Spencer
Number of slices:	50
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	75
Check $\alpha < 0.2$:	Yes
Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos:	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes

Groundwater Analysis

All Open Scenarios

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 92 di 107</p>

RI07_Sez_90_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

Random Numbers

All Open Scenarios

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

Surface Options

All Open Scenarios

Surface Type: Circular
Search Method: Auto Refine Search
Divisions along slope: 20
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 Loading

◆ Analisi statica A2+M2+R2

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

◆ Analisi sismica kv+

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No
Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.089
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.045

◆ Analisi sismica kv-

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No
Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.089
Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.045

Loading

◆ Analisi statica A2+M2+R2

RI07_Se3_90_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

 	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	61.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Variable
 	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	61.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Variable
 	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	61.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Variable
 	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	61.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Variable
 	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	14.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Permanent

◆ **Analisi sismica kv+**

 	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Vertical
Load Action:	Live
 	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Vertical
Load Action:	Live
 	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Vertical
Load Action:	Live
 	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Vertical
Load Action:	Live
 	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	14.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Dead

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 94 di 107</p>

RI07_Se3_90_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

◆ **Analisi sismica kv-**

Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Vertical
Load Action:	Live
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Vertical
Load Action:	Live
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Vertical
Load Action:	Live
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Vertical
Load Action:	Live
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	14.4
Orientation:	Normal to boundary
Load Action:	Dead

Materials

U6	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	19.5
Saturated Unit Weight [kN/m3]	20
Cohesion [kPa]	0
Friction Angle [deg]	39
Water Surface	Assigned per scenario
Hu Value	Automatically Calculated
Rilevato	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	20
Saturated Unit Weight [kN/m3]	20
Cohesion [kPa]	0
Friction Angle [deg]	38
Water Surface	Assigned per scenario
Hu Value	Automatically Calculated

Materials In Use

RI07_Sez_90_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

Material		Analisi statica A2+M2+R2	Analisi sismica kv+	Analisi sismica kv-
U6		✓	✓	✓
Rilevato		✓	✓	✓

Global Minimums

◆ Analisi statica A2+M2+R2

Method: bishop simplified

FS	1.300690
Center:	49.676, 24.506
Radius:	11.327
Left Slip Surface Endpoint:	40.983, 17.244
Right Slip Surface Endpoint:	50.278, 13.195
Resisting Moment:	1408.33 kN-m
Driving Moment:	1082.75 kN-m
Total Slice Area:	10.4486 m2
Surface Horizontal Width:	9.29488 m
Surface Average Height:	1.12413 m

Method: spencer

FS	1.299960
Center:	49.688, 24.533
Radius:	11.356
Left Slip Surface Endpoint:	40.980, 17.244
Right Slip Surface Endpoint:	50.317, 13.195
Resisting Moment:	1411.91 kN-m
Driving Moment:	1086.11 kN-m
Resisting Horizontal Force:	109.881 kN
Driving Horizontal Force:	84.5266 kN
Total Slice Area:	10.4534 m2
Surface Horizontal Width:	9.33727 m
Surface Average Height:	1.11954 m

Method: gle/morgenstern-price

FS	1.299200
Center:	49.676, 24.506
Radius:	11.327
Left Slip Surface Endpoint:	40.983, 17.244
Right Slip Surface Endpoint:	50.278, 13.195
Resisting Moment:	1406.7 kN-m
Driving Moment:	1082.75 kN-m
Resisting Horizontal Force:	109.748 kN
Driving Horizontal Force:	84.4736 kN
Total Slice Area:	10.4486 m2
Surface Horizontal Width:	9.29488 m
Surface Average Height:	1.12413 m

◆ Analisi sismica kv+

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI07A0001B	Foglio 96 di 107

RI07_Se3_90_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

Method: bishop simplified

FS	1.360420
Center:	49.678, 24.512
Radius:	11.334
Left Slip Surface Endpoint:	40.982, 17.244
Right Slip Surface Endpoint:	50.286, 13.195
Resisting Moment:	1770.74 kN-m
Driving Moment:	1301.61 kN-m
Total Slice Area:	10.4512 m ²
Surface Horizontal Width:	9.3043 m
Surface Average Height:	1.12326 m

Method: spencer

FS	1.365450
Center:	49.678, 24.512
Radius:	11.334
Left Slip Surface Endpoint:	40.982, 17.244
Right Slip Surface Endpoint:	50.286, 13.195
Resisting Moment:	1777.29 kN-m
Driving Moment:	1301.61 kN-m
Resisting Horizontal Force:	139.075 kN
Driving Horizontal Force:	101.853 kN
Total Slice Area:	10.4512 m ²
Surface Horizontal Width:	9.3043 m
Surface Average Height:	1.12326 m

Method: gle/morgenstern-price

FS	1.364750
Center:	49.678, 24.512
Radius:	11.334
Left Slip Surface Endpoint:	40.982, 17.244
Right Slip Surface Endpoint:	50.286, 13.195
Resisting Moment:	1776.38 kN-m
Driving Moment:	1301.61 kN-m
Resisting Horizontal Force:	139.094 kN
Driving Horizontal Force:	101.919 kN
Total Slice Area:	10.4512 m ²
Surface Horizontal Width:	9.3043 m
Surface Average Height:	1.12326 m

◆ **Analisi sismica kv-**

Method: bishop simplified

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 97 di 107</p>

RI07_Se3_90_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

FS		1.338940
Center:	49.678, 24.512	
Radius:	11.334	
Left Slip Surface Endpoint:	40.982, 17.244	
Right Slip Surface Endpoint:	50.286, 13.195	
Resisting Moment:	1617.53 kN-m	
Driving Moment:	1208.06 kN-m	
Total Slice Area:	10.4512 m2	
Surface Horizontal Width:	9.3043 m	
Surface Average Height:	1.12326 m	

Method: spencer

FS		1.344730
Center:	49.678, 24.512	
Radius:	11.334	
Left Slip Surface Endpoint:	40.982, 17.244	
Right Slip Surface Endpoint:	50.286, 13.195	
Resisting Moment:	1624.52 kN-m	
Driving Moment:	1208.06 kN-m	
Resisting Horizontal Force:	127.045 kN	
Driving Horizontal Force:	94.476 kN	
Total Slice Area:	10.4512 m2	
Surface Horizontal Width:	9.3043 m	
Surface Average Height:	1.12326 m	

Method: gle/morgenstern-price

FS		1.343580
Center:	49.678, 24.512	
Radius:	11.334	
Left Slip Surface Endpoint:	40.982, 17.244	
Right Slip Surface Endpoint:	50.286, 13.195	
Resisting Moment:	1623.13 kN-m	
Driving Moment:	1208.06 kN-m	
Resisting Horizontal Force:	127.049 kN	
Driving Horizontal Force:	94.5598 kN	
Total Slice Area:	10.4512 m2	
Surface Horizontal Width:	9.3043 m	
Surface Average Height:	1.12326 m	

Entity Information

◆ Analisi statica A2+M2+R2

Shared Entities

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 98 di 107</p>

RI07_Se3_90_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

Type	Coordinates (x,y)
External Boundary	0.00396439, -0.0099222 79.3541, -0.0099222 79.3541, 10.9554 62.9042, 10.9554 60.6076, 12.4871 57.5795, 12.5284 56.9394, 12.9554 55.2106, 13.0654 51.9277, 13.0654 50.3239, 13.1945 49.7627, 13.199 48.8598, 13.4442 43.2496, 17.1767 41.4921, 17.2286 39.3112, 17.293 37.482, 17.347 36.3541, 17.3804 35.2609, 17.3503 33.3905, 17.299 30.1781, 17.2109 28.0769, 18.3189 24.0662, 18.3412 22.5255, 18.3497 20.4548, 18.3612 18.9285, 18.3696 0.00396439, 18.4745 0.00396439, 10.9554
Material Boundary	18.9285, 18.3696 18.9285, 17.8494 20.4605, 17.8494 20.4548, 18.3612
Material Boundary	22.5255, 18.3497 22.5161, 17.8275 24.0751, 17.8275 24.0662, 18.3412
Material Boundary	0.00396439, 10.9554 62.9042, 10.9554
Material Boundary	31.4541, 17.2334 31.4541, 16.9139 41.5148, 16.9139 41.4921, 17.2286
Material Boundary	37.482, 17.347 37.482, 17.0712 39.3112, 17.0712 39.3112, 17.293
Material Boundary	33.3905, 17.299 33.4012, 17.0463 35.2609, 17.0463 35.2609, 17.3503

Scenario-based Entities

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI07A0001B

Foglio

99 di 107

RI07_Se3_90_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

Type	Coordinates (x,y)	Master Scenario
Water Table	0.00396439, 12.3545 60.8064, 12.3545 62.9042, 10.9554 79.3541, 10.9554	Assigned to:  U6  Rilevato
Distributed Load	20.4548, 18.3612 18.9285, 18.3696	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 61.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	24.0662, 18.3412 22.5255, 18.3497	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 61.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	35.2609, 17.3503 33.3905, 17.299	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 61.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	39.3112, 17.293 37.482, 17.347	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 61.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	41.4921, 17.2286 39.3112, 17.293 37.482, 17.347 36.3541, 17.3804 35.2609, 17.3503 33.3905, 17.299 31.4036, 17.2445	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 14.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No

◆ Analisi sismica kv+

Shared Entities

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 100 di 107</p>

RI07_Se3_90_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

Type	Coordinates (x,y)
External Boundary	0.00396439, -0.0099222 79.3541, -0.0099222 79.3541, 10.9554 62.9042, 10.9554 60.6076, 12.4871 57.5795, 12.5284 56.9394, 12.9554 55.2106, 13.0654 51.9277, 13.0654 50.3239, 13.1945 49.7627, 13.199 48.8598, 13.4442 43.2496, 17.1767 41.4921, 17.2286 39.3112, 17.293 37.482, 17.347 36.3541, 17.3804 35.2609, 17.3503 33.3905, 17.299 30.1781, 17.2109 28.0769, 18.3189 24.0662, 18.3412 22.5255, 18.3497 20.4548, 18.3612 18.9285, 18.3696 0.00396439, 18.4745 0.00396439, 10.9554
Material Boundary	18.9285, 18.3696 18.9285, 17.8494 20.4605, 17.8494 20.4548, 18.3612
Material Boundary	22.5255, 18.3497 22.5161, 17.8275 24.0751, 17.8275 24.0662, 18.3412
Material Boundary	0.00396439, 10.9554 62.9042, 10.9554
Material Boundary	31.4541, 17.2334 31.4541, 16.9139 41.5148, 16.9139 41.4921, 17.2286
Material Boundary	37.482, 17.347 37.482, 17.0712 39.3112, 17.0712 39.3112, 17.293
Material Boundary	33.3905, 17.299 33.4012, 17.0463 35.2609, 17.0463 35.2609, 17.3503

Scenario-based Entities

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA

Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI07A0001B

Foglio

101 di
107

RI07_Se3_90_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

Type	Coordinates (x,y)	Master Scenario
Water Table	0.00396439, 6.95536 79.3541, 6.95536	Assigned to:  U6  Rilevato
Distributed Load	20.4548, 18.3612 18.9285, 18.3696	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	24.0662, 18.3412 22.5255, 18.3497	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	35.2609, 17.3503 33.3905, 17.299	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	39.3112, 17.293 37.482, 17.347	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	41.4921, 17.2286 39.3112, 17.293 37.482, 17.347 36.3541, 17.3804 35.2609, 17.3503 33.3905, 17.299 31.4036, 17.2445	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 14.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No

◆ **Analisi sismica kv-**

Shared Entities

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 102 di 107</p>

RI07_Sez_90_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

Type	Coordinates (x,y)
External Boundary	0.00396439, -0.0099222 79.3541, -0.0099222 79.3541, 10.9554 62.9042, 10.9554 60.6076, 12.4871 57.5795, 12.5284 56.9394, 12.9554 55.2106, 13.0654 51.9277, 13.0654 50.3239, 13.1945 49.7627, 13.199 48.8598, 13.4442 43.2496, 17.1767 41.4921, 17.2286 39.3112, 17.293 37.482, 17.347 36.3541, 17.3804 35.2609, 17.3503 33.3905, 17.299 30.1781, 17.2109 28.0769, 18.3189 24.0662, 18.3412 22.5255, 18.3497 20.4548, 18.3612 18.9285, 18.3696 0.00396439, 18.4745 0.00396439, 10.9554
Material Boundary	18.9285, 18.3696 18.9285, 17.8494 20.4605, 17.8494 20.4548, 18.3612
Material Boundary	22.5255, 18.3497 22.5161, 17.8275 24.0751, 17.8275 24.0662, 18.3412
Material Boundary	0.00396439, 10.9554 62.9042, 10.9554
Material Boundary	31.4541, 17.2334 31.4541, 16.9139 41.5148, 16.9139 41.4921, 17.2286
Material Boundary	37.482, 17.347 37.482, 17.0712 39.3112, 17.0712 39.3112, 17.293
Material Boundary	33.3905, 17.299 33.4012, 17.0463 35.2609, 17.0463 35.2609, 17.3503

Scenario-based Entities

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI07A0001B

Foglio

103 di
107

RI07_Se3_90_stabilita

lunedì 29 marzo 2021

Type	Coordinates (x,y)	Master Scenario
Water Table	0.00396439, 6.95536 79.3541, 6.95536	Assigned to:  U6  Rilevato
Distributed Load	20.4548, 18.3612 18.9285, 18.3696	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	24.0662, 18.3412 22.5255, 18.3497	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	35.2609, 17.3503 33.3905, 17.299	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	39.3112, 17.293 37.482, 17.347	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	41.4921, 17.2286 39.3112, 17.293 37.482, 17.347 36.3541, 17.3804 35.2609, 17.3503 33.3905, 17.299 31.4036, 17.2445	Constant DistributionOrientation: Normal to boundaryMagnitude: 14.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI07A0001B</p>	<p>Foglio 104 di 107</p>

ALLEGATO 6 - SEZ. N° 87 - TABULATI DI SETTLE 3D – ANALISI SLE

Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI07A0001B

Foglio

105 di
107

Settle3D Analysis Information

Project Settings

Document Name: Sezione87
Date Created: 26/03/2021, 13:28:31
Stress Computation Method: Boussinesq
Use average properties to calculate layered stresses
Groundwater method: Water Table
Water Unit Weight: 9.81 kN/m³
Depth to water table: 0.2 [m]

Stage Settings

Stage #	Name
1	Linea esistente
2	Nuova linea
3	Ballast

Results (relative to Stage: Linea esistente)

Time taken to compute: 23.4202 seconds

Stage: Linea esistente

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [mm]	0	0
Consolidation Settlement [mm]	0	0
Immediate Settlement [mm]	0	0
Loading Stress [kPa]	0	0
Effective Stress [kPa]	0	0
Total Stress [kPa]	0	0
Total Strain	0	0
Pore Water Pressure [kPa]	0	0
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [kPa]	0	0
Over-consolidation Ratio	0	0
Void Ratio	0	0
Hydroconsolidation Settlement [mm]	0	0

Stage: Nuova linea

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [mm]	0	17.4119
Consolidation Settlement [mm]	0	0
Immediate Settlement [mm]	0	17.4119
Loading Stress [kPa]	2.04557e-005	111.819
Effective Stress [kPa]	2.04557e-005	111.819
Total Stress [kPa]	2.04557e-005	111.819
Total Strain	3.44954e-010	0.00186187
Pore Water Pressure [kPa]	0	0
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [kPa]	2.07133e-005	111.799
Over-consolidation Ratio	0	0
Void Ratio	0	0

Hydroconsolidation Settlement [mm]	0	0
------------------------------------	---	---

Stage: Ballast

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [mm]	0	18.7467
Consolidation Settlement [mm]	0	0
Immediate Settlement [mm]	0	18.7467
Loading Stress [kPa]	2.04557e-005	122.059
Effective Stress [kPa]	2.04557e-005	122.059
Total Stress [kPa]	2.04557e-005	122.059
Total Strain	7.83498e-010	0.00203228
Pore Water Pressure [kPa]	0	0
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [kPa]	4.70465e-005	122.031
Over-consolidation Ratio	0	0
Void Ratio	0	0
Hydroconsolidation Settlement [mm]	0	0

Loads**1. Rectangular Load**

Length: 50 m
Width: 10 m
Rotation angle: 90 degrees
Load Type: Flexible
Area of Load: 500 m²
Load: 14.4 kPa
Depth: -6.2 m
Installation Stage: Ballast

Coordinates

X [m]	Y [m]
20	-3.55271e-015
20	50
10	50
10	-3.55271e-015

Embankments**1. Embankment**

Center Line: (0, 0) to (0, 50)
Number of Layers: 3
Near End Angle: 90 degrees
Far End Angle: 90 degrees
Base Width: 34.6

Layer	Stage	Left Bench Width (m)	Left Angle (deg)	Height (m)	Unit Weight (kN/m ³)	Right Angle (deg)	Right Bench Width (m)
1	Linea esistente	0	34	2.4	19.5	34	0
2	Linea esistente	0	34	3.9	19.5	34	0
3	Linea esistente	0	34	1.7	19.5	34	0

Soil Layers

Rilevato ferroviario AV da pk 1+876,19 a pk 2+196,68
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

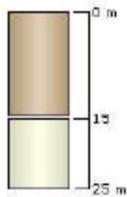
Codifica

EI2RBRI07A0001B

Foglio

107 di
107

Layer #	Type	Thickness [m]	Depth [m]
1	Ghiala (U)6	15	0
2	Sabbia (U4)	10	15



Soil Properties

Property	Ghiala (U)6	Sabbia (U4)
Color		
Unit Weight [kN/m ³]	19.5	18
Saturated Unit Weight [kN/m ³]	20	19
Immediate Settlement	Enabled	Enabled
Es [kPa]	60000	130000
Es bottom [kPa]	130000	
Esur [kPa]	60000	130000
Esur bottom [kPa]	130000	

Field Point Grid

Number of points: 399
Expansion Factor: 3

Grid Coordinates

X [m]	Y [m]
70	100
70	-50
-67.3	-50
-67.3	100