

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 da pk 28+925,00 a pk 29+150,00
GENERALE
Relazione Geotecnica**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio			-
Ing. Giovanni MALAVENDA Iscritto all'ordine degli Ingegneri di Venezia n. 4289 Data: Dicembre 2021	Iricav Due ing. Paolo Carmona Data: Dicembre 2021		Data:	

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

I N 1 7 1 2 E I 2 R B R I 4 9 0 0 0 0 1 A - - - P - - -

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma Luca RANDOLFI	Data Dicembre 2021

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	M. Conti <i>Mario Conti</i>	Dicembre 2021	V. Pastore <i>V. Pastore</i>	Dicembre 2021	P. Ascari <i>P. Ascari</i>	Dicembre 2021	 Data: Dicembre 2021

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712EI2RBRI4900001A_03
Progetto cofinanziato dalla Unione Europea		Cod. origine:



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 2 di 108

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	8
3.1	Premessa	8
3.2	Geometria del rilevato	8
3.3	Descrizione degli interventi	9
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	11
4.1	Indagini disponibili	11
4.2	Inquadramento stratigrafico	12
4.3	Livello di falda	13
4.4	Condizioni geotecniche del sito	13
4.5	Sintesi del modello geotecnico di riferimento	25
4.6	Materiale da rilevato	25
4.7	Misto cementato	26
5	CARATTERISTICHE SISMICHE E SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE	27
5.1	Sollecitazione sismica di progetto	27
5.1.1	Vita Nominale	27
5.1.2	Classe d'uso	27
5.1.3	Periodo di riferimento per l'azione sismica	28
5.1.4	Categorie di Sottosuolo	28
5.1.5	Condizioni topografiche	28
5.1.6	Accelerazione sismica di riferimento	28
5.2	Suscettibilità alla liquefazione	29
5.2.1	CRR da correlazione su prove CPT	31
5.2.2	CRR da correlazione su prove SPT	33
5.2.3	Commento ai risultati	36
6	VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO FERROVIARIO	40
6.1	Criteri di verifica agli Stati Limite	40
6.1.1	Stati limite ultimi (SLU)	40
6.1.2	Stati limite di esercizio (SLE)	42
6.1.3	Verifiche in condizioni sismiche e post-sismiche	42
6.2	Azioni di progetto	42

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 3 di 108</p>

6.2.1	Azioni permanenti	43
6.2.2	Azioni variabili	43
6.2.3	Azione sismica	43
6.3	Verifiche e risultati SLU	44
6.3.1	Premessa	44
6.3.2	Verifiche SLU in condizione statiche	44
6.3.3	Verifiche SLU in condizioni sismiche	45
6.4	Verifica e risultati SLE	47
6.4.1	Premessa e descrizione concettuale della soluzione	47
6.4.2	Metodologia di calcolo	48
6.4.3	Schematizzazione e risultati	50
7	CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI	55
	Allegati	56
	ALLEGATO 1 – PROFILO STRATIGRAFICO	57
	ALLEGATO 2 – INDAGINI GEOGNOSTICHE	59
	ALLEGATO 3 – TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU STATICA	64
	ALLEGATO 4 – TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU SISMICA	72
	ALLEGATO 5 – TABULATI DI PLAXIS	80

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 4 di 108

1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la Relazione Geotecnica del rilevato RI49, previsto nell'ambito del Progetto Esecutivo della sub tratta Verona – Vicenza della Linea AV/AC Verona – Padova. Tale rilevato si estende tra il km 28+925,00 e il km 29+150,00.

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

Vengono quindi presentate le verifiche di SLU e SLE, condotte in base al modello geotecnico sopra definito, ed eseguite ai sensi della Normativa di riferimento (NTC2008, v. capitolo seguente).

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 -);
- valutazione della suscettibilità alla liquefazione e descrizione degli eventuali interventi di mitigazione (capitolo 5);
- verifiche geotecniche dei rilevati (capitolo 6);
- conclusioni e raccomandazioni (capitolo 7).

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 5 di 108

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Documentazione di progetto

- [1] Sezioni di Progetto Esecutivo
- [2] IN1710EI2RBGE0000003C Relazione Geotecnica (da 21+990 a 33+500)
- [3] IN1710EI2LZGE0000018B Planimetria con ubicazione indagini e profilo geotecnico 7 di 11
- [4] IN1710EI2RHGE0000006B Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 2/2
- [5] IN1710EI2P5GE0000007B Planimetrie con classificazione sismica del territorio 7 di 11
- [6] IN1710EI2RHGE0000004C Relazione idrogeologica 2/2
- [7] IN1710EI2RHGE0000007C-8C Relazione di sintesi dei sondaggi e delle prove eseguite
- [8] IN1710EI2PRGE0000001B-2B, Risultati Indagini in sito di Progetto – SOCOTEC
- [9] IN1710EI2PRGE0000001B-4B, Risultati Indagini in sito di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING – GEOLAVORI
- [10] IN1710EI2PRGE0000005B-6B-7C-8B, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [11] IN1710EI2PRGE0000009B-12B, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING – GEOLAVORI
- [12] IN1710EI2IGGE0000001B-2B, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [13] IN1710EI2IGGE0000003B-4B, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING – GEOLAVORI

2.2 Normativa e standard di riferimento

- [14] 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
- [15] 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
- [16] UNI EN 1997-1 : Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- [17] UNI EN 1998-5 : Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- [18] RFI DTC SI PS MA IFS 001 B Manuale di progettazione delle opere civili, Parte II – Sezione 2, Ponti e strutture
- [19] RFI DTC SI CS MA IFS 001 B Manuale di progettazione delle opere civili, Parte II – Sezione 3, Corpo stradale
- [20] 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
- [21] RFI DTC INC CS SP IFS 001 A Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 6 di 108

- [22] 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
- [23] RFI TCAR ST AR 01 001 D Standard di qualità geometrica del binario con velocità fino a 300 km/h
- [24] 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

- [25] Rocscience (2017), Slide ver 7.0, 2017
- [26] Bentley (2017), PLAXIS 3D, 2017
- [27] Matlock, H., Reese, L.C. (1960) "Generalized Solutions for Laterally Loaded Piles". Journal of Soil Mechanics and Foundations Division. ASCE, Vol.86, No.SM5, pp.63-91
- [28] Reese L.C. and O'Neill M.W. (1999), "Drilled shafts. Construction procedures and design methods" Federal Highway administration. Report FHWA-IF-99-025
- [29] Fioravante, V., Ghionna, V.N., Jamiolkowski, M.B. and Pedroni, S. (1995). "Load carrying capacity of large diameter bored piles in sand and gravel". Proc. 10th ARCSMFE, 2, 3-15.
- [30] Meyerhof G.G. (1976), "Bearing capacity and settlement of pile foundations" JGED, ASCE, GT3, pp.197-228
- [31] Ghionna, V.N., Jamiolkowski, M.B., Pedroni, S. and Salgado, R. et al (1994). "Tip displacement of drilled shafts in sands". in Vertical and Horizontal Deformations of Foundations and Embankments. Ed. A.T. Yeung and G.Y. Felio, ASCE , GSP40, New York, 2, 1039-1057.
- [32] 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.
- [33] 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.
- [34] 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.
- [35] 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.
- [36] 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.
- [37] Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1982), "Ground motions and soil liquefaction during earthquakes", Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA, USA.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 7 di 108

- [38] 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.
- [39] 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.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 8 di 108

3 INQUADRAMENTO DELL'OPERA

3.1 Premessa

Il rilevato ferroviario in esame si estende dalla pk 28+925,00 alla pk 29+150,00 per una lunghezza totale di 225 m. Il rilevato viene realizzato in un'area interessata dalla preesistenza del rilevato ferroviario della linea storica. In particolare, per tutta la sua estensione, il rilevato risulta in affiancamento alla linea storica. Per la tratta in esame non si evidenziano altre interferenze con opere principali adiacenti e/o attraversate.

3.2 Geometria del rilevato

Il rilevato risulta sempre in affiancamento alla linea storica, ubicata sul lato Nord. Ha una sezione pressoché uniforme per tutto il tracciato. Per limitare i cedimenti del nuovo rilevato e quelli indotti sul rilevato della Linea Storica, in accordo a quanto fatto nel PD, è stato necessario prevedere l'installazione di inclusioni rigide (vedi par. 3.3). Nel paragrafo 6 vengono presentate le verifiche a stabilità per la sezione ed il calcolo dei cedimenti. Per entrambe le verifiche si fa riferimento alla sezione di massima altezza del rilevato lungo la tratta (vedi Figura 1).

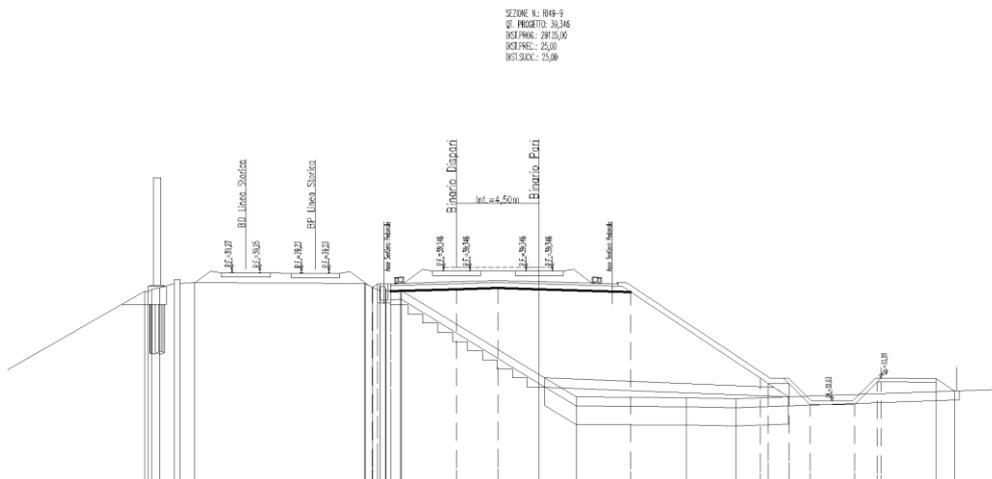


Figura 1 – Sezione di riferimento (pk 29+125,00 n. R149-9) estratta da sezioni PE (Doc Rif. [1])

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 9 di 108</p>

3.3 Descrizione degli interventi

Come anticipato, per il rilevato in esame sono previsti dei consolidamenti mediante inclusioni rigide volti a garantire i requisiti prestazionali dell'opera (soluzione in continuità con quanto previsto nell'ambito del Progetto Definitivo). Gli interventi migliorativi consisteranno in inclusioni rigide $\Phi 1000$ mm disposte in pianta con uno schema a quinconce ed interasse pari a 4.5 m.

In Figura 2 è riportato lo schema della disposizione in sezione, mentre la Figura 3 riporta lo schema planimetrico. Si osserva quanto segue:

- La fila A viene realizzata a ridosso del rilevato esistente e ha un ruolo fondamentale nella mitigazione dei cedimenti. Per tale motivo queste inclusioni sono sormontate da cappellotti in calcestruzzo (larghi 2.5mx2.5m e spessi 0.6 m). La lunghezza delle inclusioni è tale da immersarsi per almeno 2m nello strato ghiaioso in profondità. Per la geometria di dettaglio si faccia riferimento agli elaborati grafici di progetto.
- Le file B e C vengono invece realizzate a partire dal piano campagna, e sono sormontate da uno strato di misto cementato dello spessore di 80 cm, avente la funzione di strato ripartitore del carico. Le lunghezze di queste inclusioni sono tali da non intaccare lo strato di ghiaie profondo posto a circa 27.5 m di profondità, e sede di un acquifero in pressione, evitando fenomeni di venute d'acqua in superficie durante l'esecuzione delle inclusioni stesse. Nel caso di RI49, le inclusioni B sono lunghe 20m, quelle dell'allineamento C invece sono lunghe 18m.
- In relazione alle problematiche esecutive dei pali in questione, si rimanda a quanto riportato al punto 7 .
- La disposizione degli interventi è a quinconce, con una spaziatura su maglia quadrata a interasse 4.5 m.

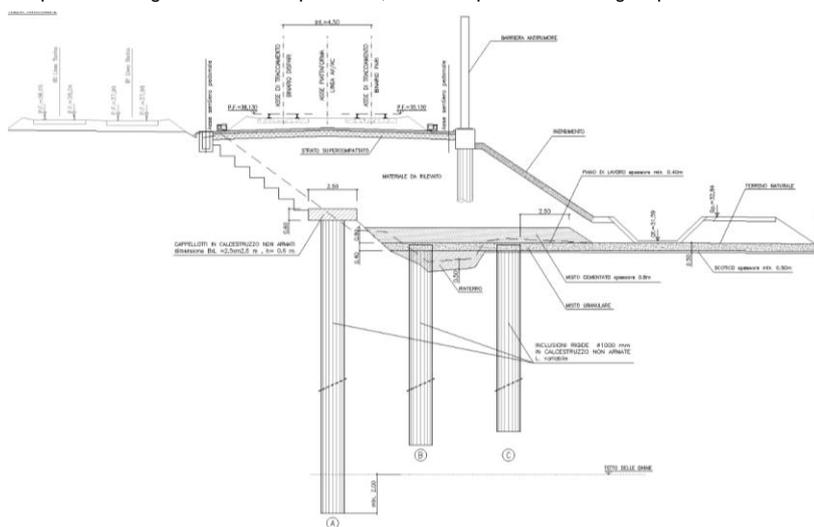


Figura 2 – Schema in sezione degli interventi con inclusioni rigide

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 10 di 108</p>

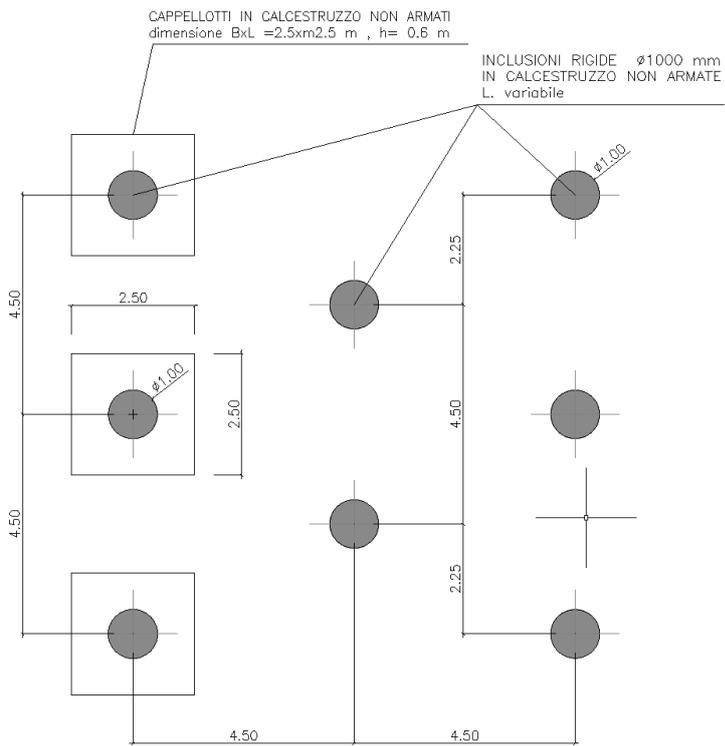


Figura 3 – Schema planimetrico degli interventi con inclusioni rigide

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 11 di 108</p>

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

4.1 Indagini disponibili

L'ubicazione delle indagini disponibili relative all'opera esaminata è illustrata nella Figura 4, estratta dalla Planimetria geotecnica con ubicazione indagini e profilo geotecnico (Doc. Rif. [3]). Per ulteriori dettagli si rimanda alle relazioni di sintesi delle indagini (Doc. Rif. [7] - [13]).

Le indagini disponibili lungo il tratto d'interesse sono riportate in Tabella 1. Per la caratterizzazione geotecnica, tenendo conto di una marcata omogeneità stratigrafica e di proprietà geotecniche dei terreni dell'area, si sono inoltre considerate anche altre indagini realizzate nelle WBS adiacenti. Nel seguente paragrafo si riporta la caratterizzazione geotecnica, ottenuta basandosi sui risultati delle indagini di Tabella 1 e sulla caratterizzazione generale dell'area in cui si inserisce il rilevato, presentata nella Relazione Geotecnica Generale (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 disponibili tra pk 28+925,00 e pk 29+150,00

Progressiva pk	ID indagini	Campagna anno
28+920	BH30V	2015
29+050	CPTU77	2014/2015
29+197	BH-DH-PE-58	2020-2021

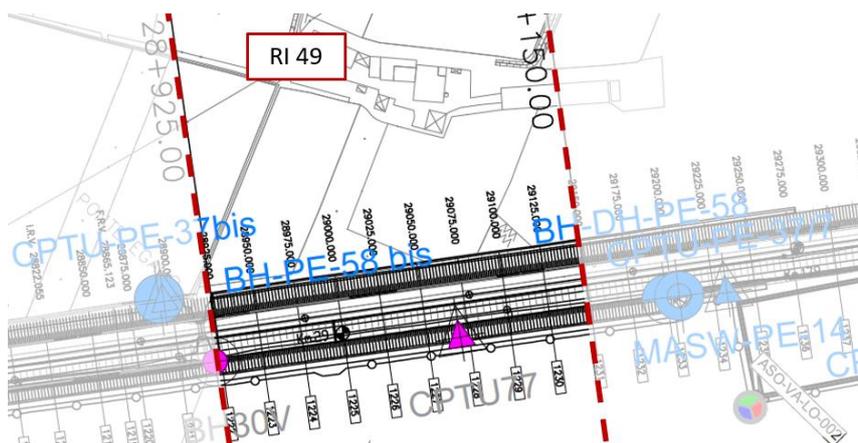


Figura 4 - Planimetria Rilevato RI49, estratto dalla Planimetria Generale (Doc. Rif. [3])

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 12 di 108</p>

4.2 Inquadramento stratigrafico

L'area in esame è caratterizzata dalla presenza di uno strato superficiale di limi argillosi (Unità 3b) da sovraconsolidati a debolmente sovra consolidati, avente spessore di circa 27 m, fittamente intervallata da livelli limoso-sabbiosi. . Tra 18 e 21 m di profondità è presente una lente di sabbie ben addensate (Unità 4). A circa 27 m pc, le indagini disponibili nell'area indicano la presenza di una unità di ghiaie (Unità 6) mediamente addensate che si estendono almeno fino a circa 30 m da 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 5 si riporta il profilo geotecnico specifico per il rilevato RI49 estratto dalla Planimetria e Profilo Geotecnico Tav. 7 di 11 (Doc. Rif. [3]).



Figura 5 - Profilo Geotecnico Rilevato RI49, estratto dal Profilo Geotecnico Generale (Doc. Rif. [3])

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 13 di 108

4.3 Livello di falda

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

Sulla base delle osservazioni di campagna, nelle ghiaie di base è presente una falda che può presentare una prevalenza dell'ordine di 1.5÷2.5 m rispetto al p.c. Di tale eventualità si dovrà tenere conto nella realizzazione delle inclusioni rigide che richiedono un immersione in tale strato.

Ai fini progettuali si assume una falda di progetto coincidente con p.c.

4.4 Condizioni geotecniche del sito

Come mostrato in precedenza, il tratto in oggetto è caratterizzato da una copertura superficiale di limi argillosi (Unità 3b) da sovraconsolidati a debolmente sovra consolidati, avente spessore di circa 27 m, fittamente intervallata da livelli limoso-sabbiosi.

Tra 18 e 21 m di profondità è presente una lente di sabbie ben addensate (Unità 4). A circa 27 m pc, le indagini disponibili nell'area indicano la presenza di una unità di ghiaie (Unità 6) mediamente addensate che si estendono almeno fino a 30 m da p.c.

Per la caratterizzazione dell'unità 3b si è fatto principalmente riferimento alle prove riportate in Figura 10. Come mostrato in Figura 10, per i materiali fino a 18 m si può assumere una resistenza al taglio non drenata media $c_u=55$ kPa circa, mentre per i materiali più profondi si può assumere un valore di $c_u =70$ kPa.

Per quanto concerne i valori di pressione di preconsolidazione e dei coefficienti di compressione edometrici RR e CR , nel campo $e_v-\log\sigma'_v$, si nota quanto segue:

- i valori di tensione di preconsolidazione σ'_p sono stati generalmente ricavati dalle prove edometriche, ed utilizzando la correlazione $c_u/\sigma'_p =0.22$
- i valori di RR e Cr sono stati desunti dalle prove edometriche.

Per le sabbie dell'unità 4, i dati disponibili nella tratta in questione, sia con riferimento agli N_{SPT} che CPT ($q_c = 10-12$ MPa), forniscono valori di densità relativa fra il 50 e il 60%, corrispondenti a depositi da mediamente e ben addensati.

I depositi di ghiaia profondi (Unità 6) sono caratterizzate da valori medi di $N_{SPT}=50$ colpi/30cm. La densità relativa di questi depositi risulta generalmente attorno al 40%, questi materiali risultano quindi mediamente addensati.

Il profilo di V_s derivante dalle interpretazioni discusse nella Relazione Sismica (Doc. Rif. [4]), basata sui risultati delle prove disponibili, indica che nei materiali più superficiali le velocità di propagazione di onde sismiche di taglio

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 14 di 108

oscillano tra 130 e 220 m/s, mentre per le ghiaie più profonde i valori stimati arrivano fino a 400m/s.

Sulla base dei valori di V_s , ed osservando anche le interpretazioni delle prove CPT, si sono stimati i valori del modulo di taglio alle piccole deformazioni (G_0). Per i limi argillosi e le sabbie più superficiali si può considerare un valore compreso tra 30 MPa e 110 MPa; per le ghiaie invece G_0 raggiunge valori di 300 MPa.

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

Le seguenti figure riportano i risultati delle principali prove di sito e dei parametri geotecnici dei terreni, interpretati alla luce di quanto riferito in [2] e [4]:

- Resistenza alla punta q_c nell'area di stretta pertinenza della WBS in questione. (v. Figura 6);
- Distribuzione delle granulometrie dei campioni rimaneggiati da analisi di laboratorio (v. Figura 7);
- Limiti di Atterberg e contenuto d'acqua dei campioni indisturbati (v. Figura 8);
- Peso di volume dei campioni indisturbati (v. Figura 9);
- Resistenza al taglio non drenata nei depositi di unità 3b (v. Figura 10);
- Valori N_{SPT} da prove SPT (v. Figura 11);
- Densità relativa stimata da prove SPT (v. Figura 12);
- Angolo di resistenza al taglio stimato da prove SPT (v. Figura 13);
- Velocità delle onde di taglio stimata da prove in sito (v. Figura 14);
- Modulo di taglio alle piccole deformazioni valutati a partire dai valori stimati di V_s (v. Figura 15).

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 15 di 108</p>

AV/AC VERONA VICENZA

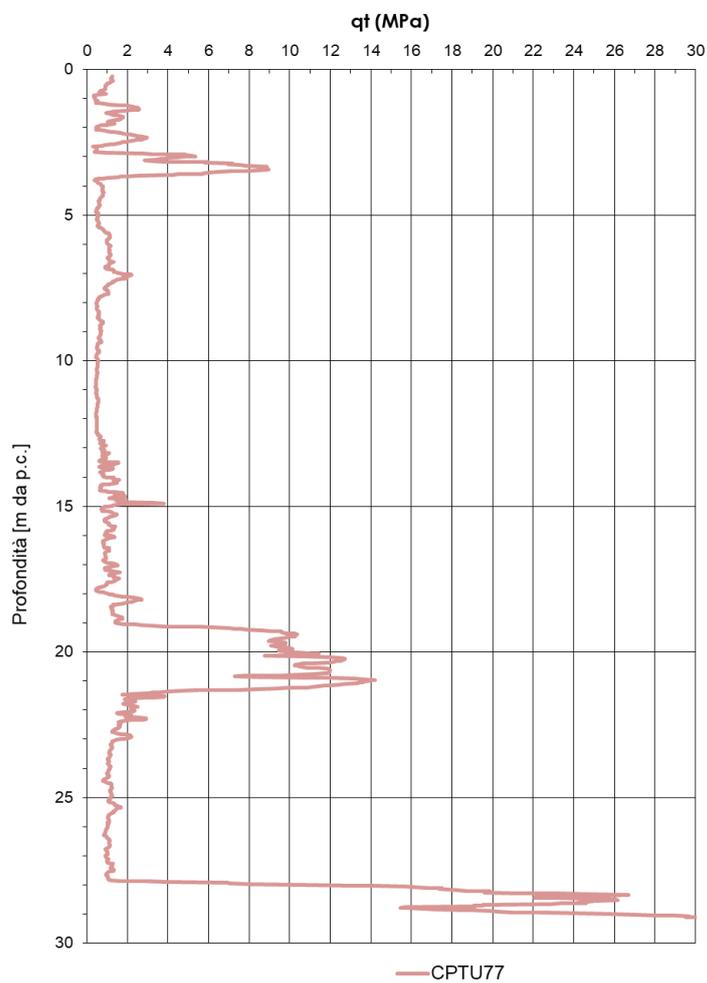


Figura 6 – Resistenza alla punta q_t da prove CPTU disponibili da pk 28+925,00 a pk 29+150,00

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 16 di 108</p>

AV/AC VERONA VICENZA

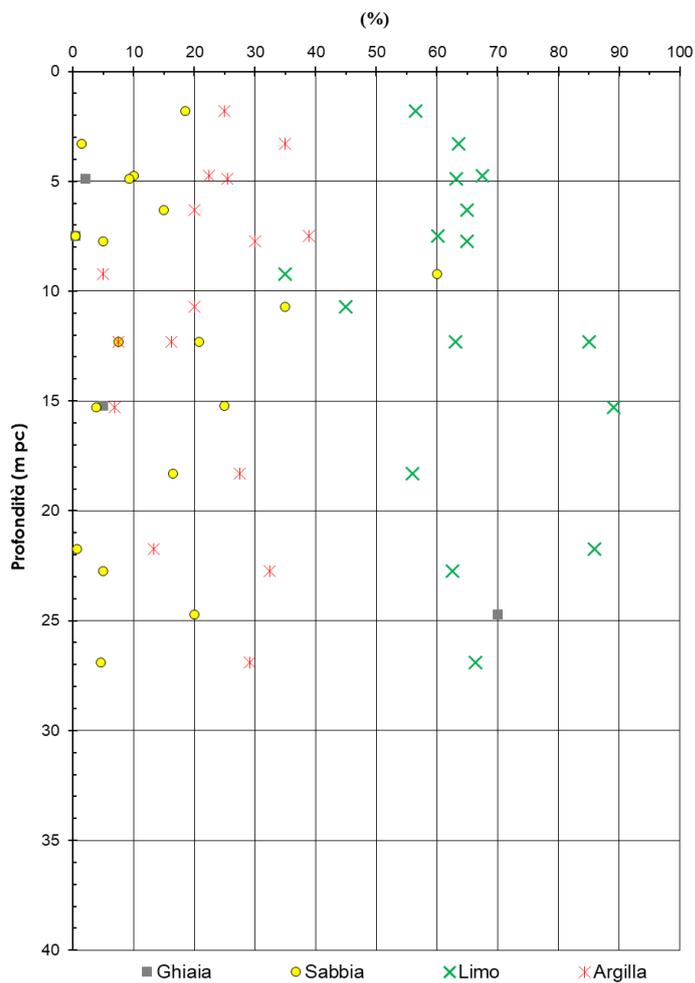


Figura 7 – Sintesi analisi granulometriche dei terreni da pk 28+925,00 a pk 29+150,00

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 17 di 108</p>

AV/AC VERONA VICENZA

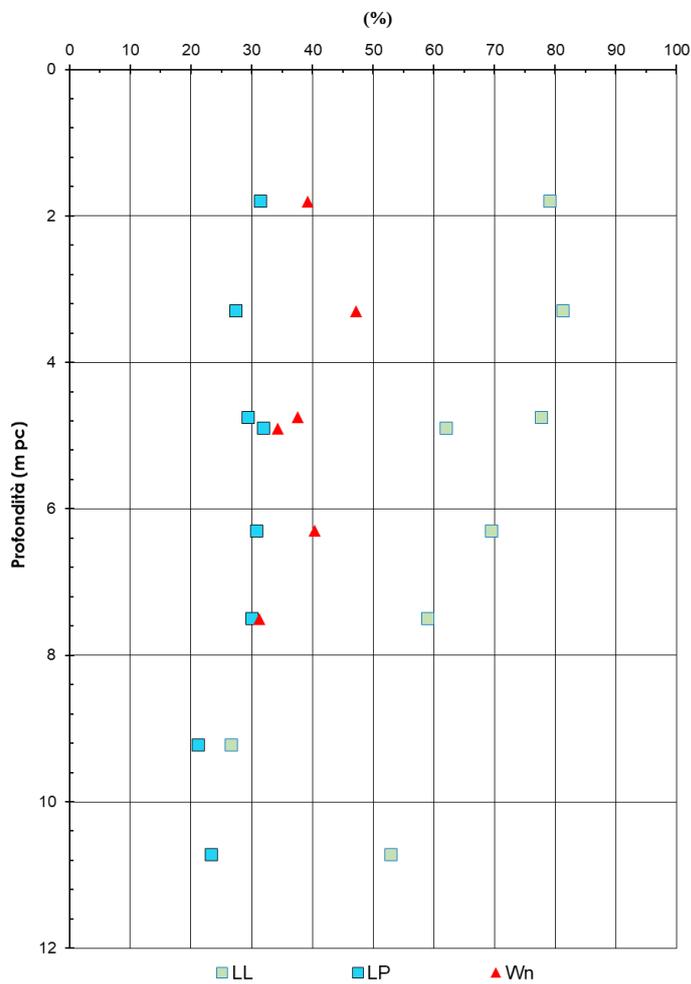


Figura 8 – Limiti di Atterberg e contenuto d'acqua naturale dei campioni a grana fine da pk 28+925,00 a pk 29+150,00

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 18 di 108</p>

AV/AC VERONA VICENZA

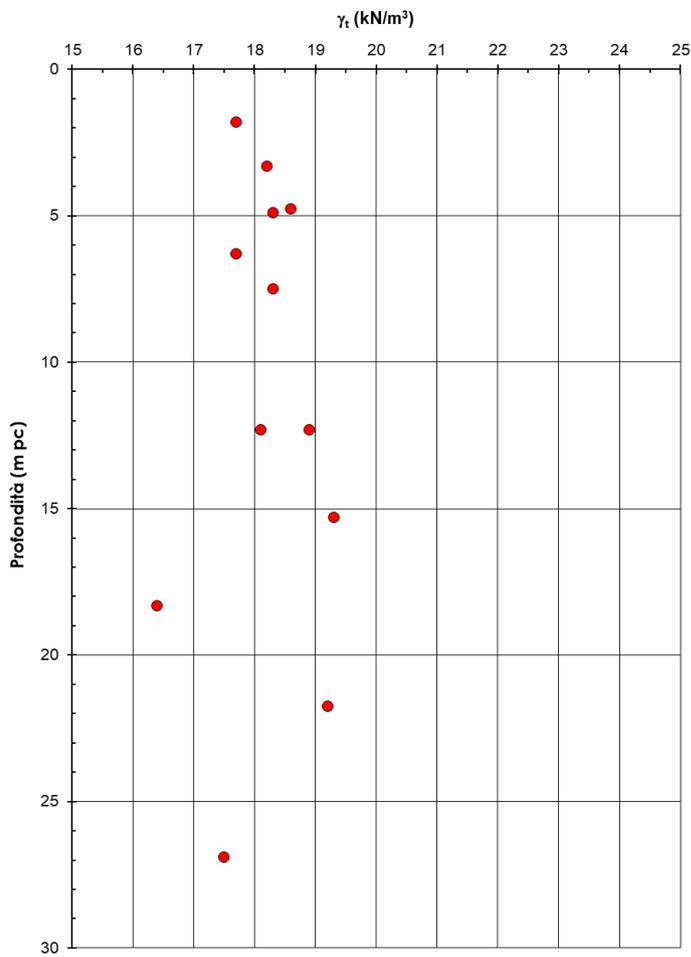


Figura 9 – Peso di volume dei campioni a grana fine da pk 28+925,00 a pk 29+150,00

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 19 di 108</p>

AV/AC VERONA VICENZA

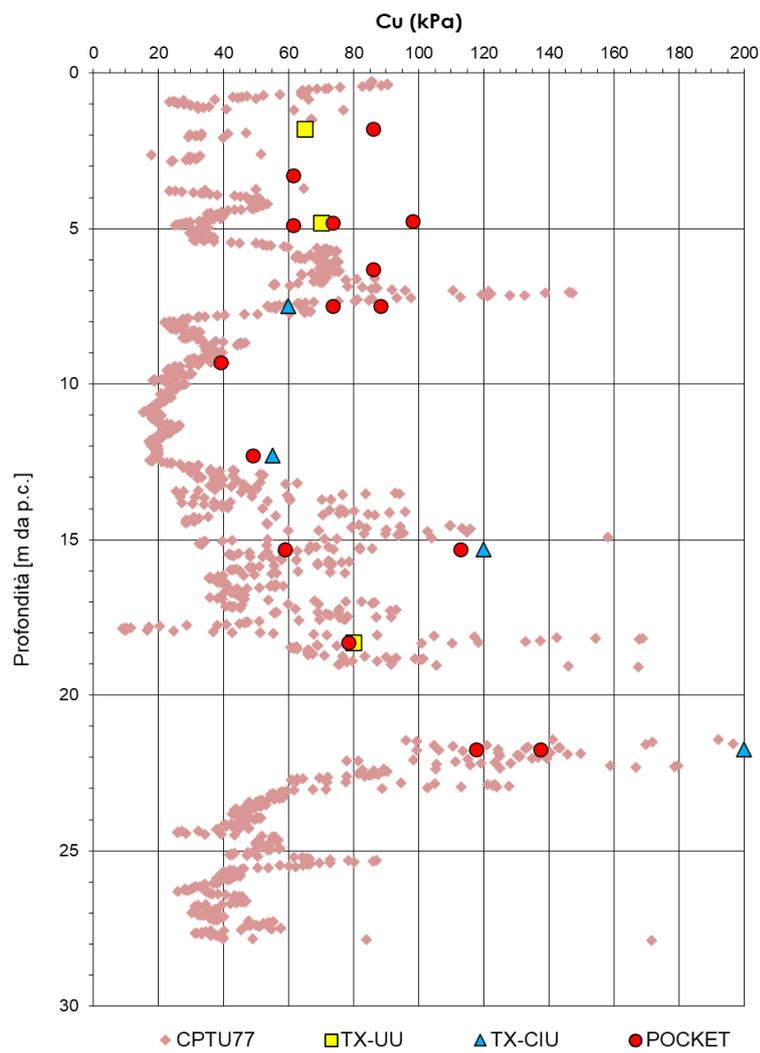


Figura 10 – Resistenza al taglio non drenata da prove in situ e di laboratorio da pk 28+925,00 a pk 29+150,00

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 20 di 108

AV/AC VERONA VICENZA

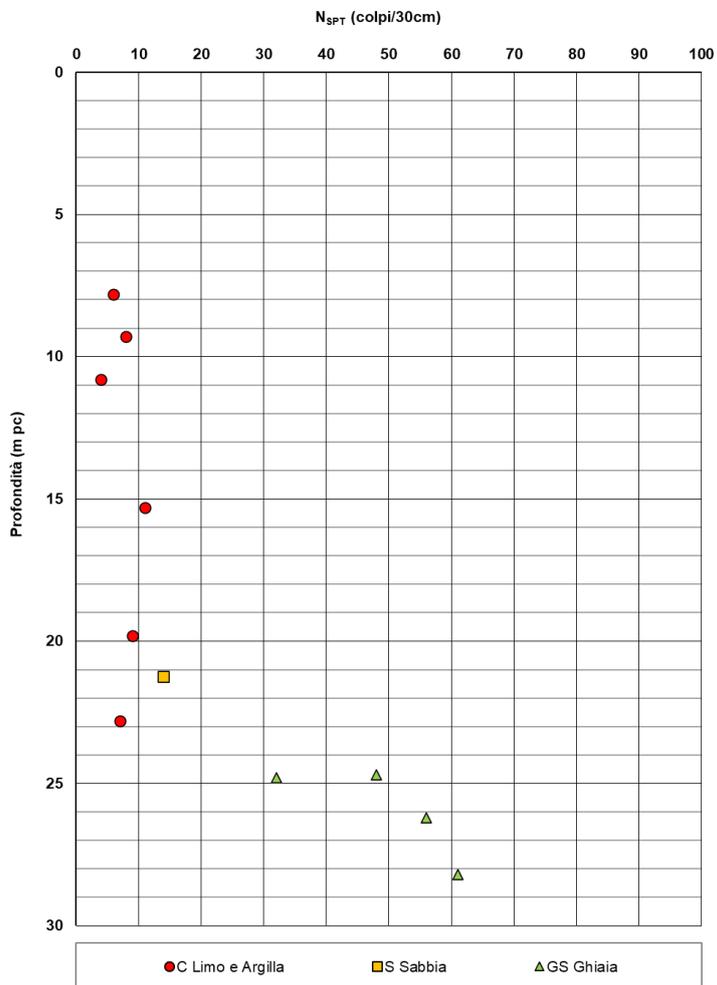


Figura 11 – Esito delle prove SPT da pk 28+925,00 a pk 29+150,00

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 21 di 108

AV/AC VERONA VICENZA

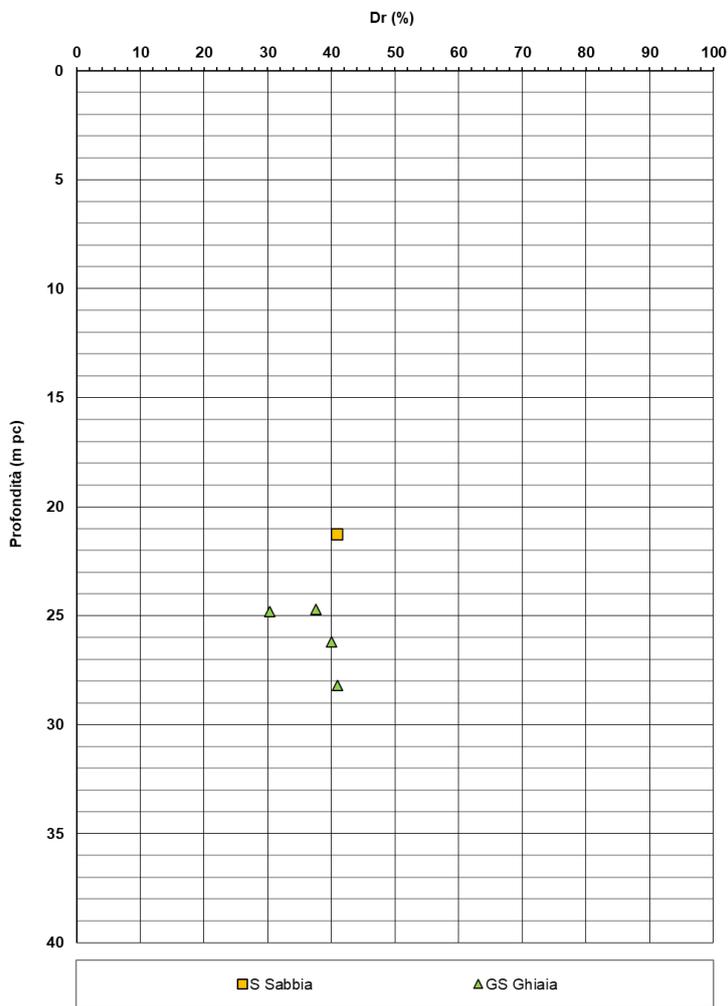


Figura 12 – Densità relativa da prove SPT da pk 28+925,00 a pk 29+150,00

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 22 di 108

AV/AC VERONA VICENZA

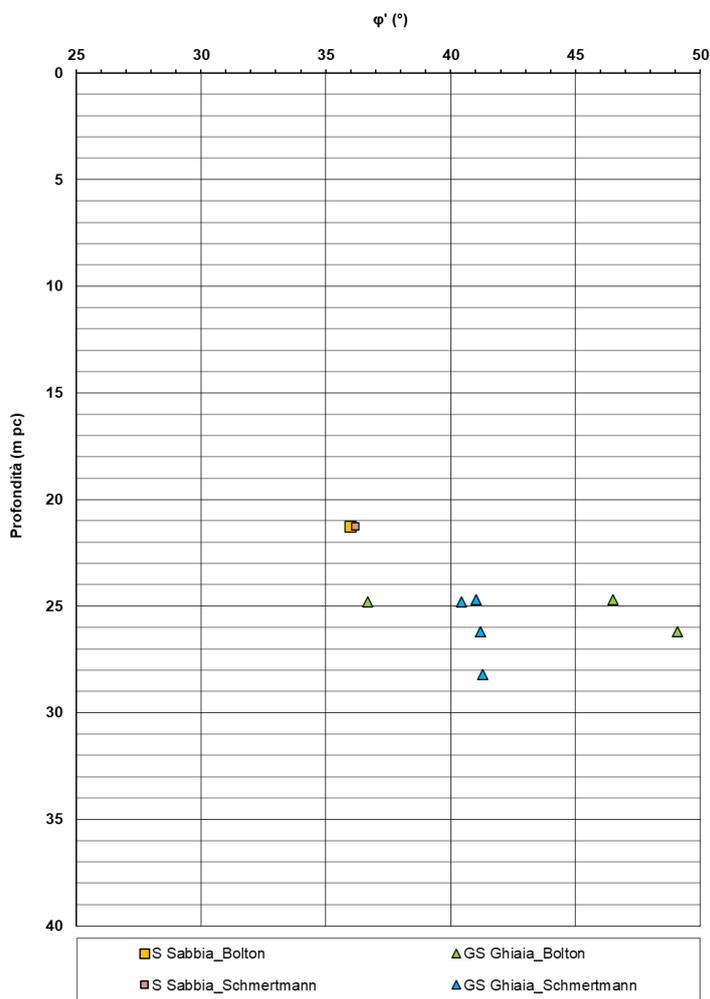


Figura 13 – Angoli di resistenza al taglio da prove SPT da pk 28+925,00 a pk 29+150,00

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 23 di 108</p>

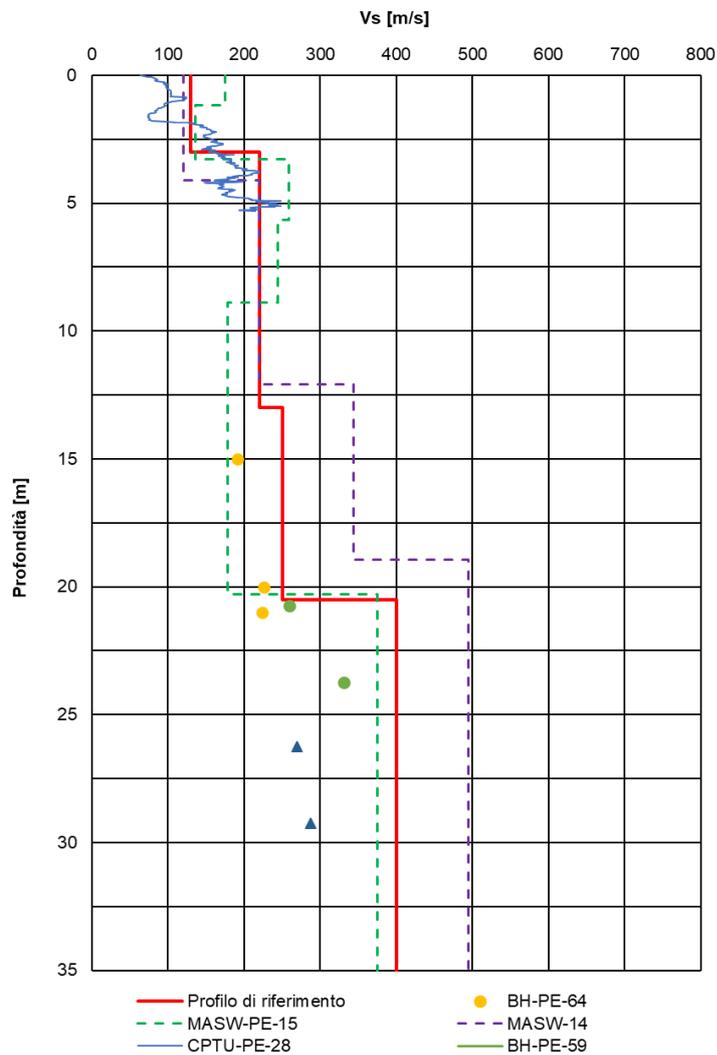


Figura 14 – Profilo di Vs di riferimento, a confronto con dati di correlazioni con SPT e prove geofisiche tipo MASW da pk 28+925,00 a pk 29+150,00

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 24 di 108</p>

AV/AC VERONA VICENZA

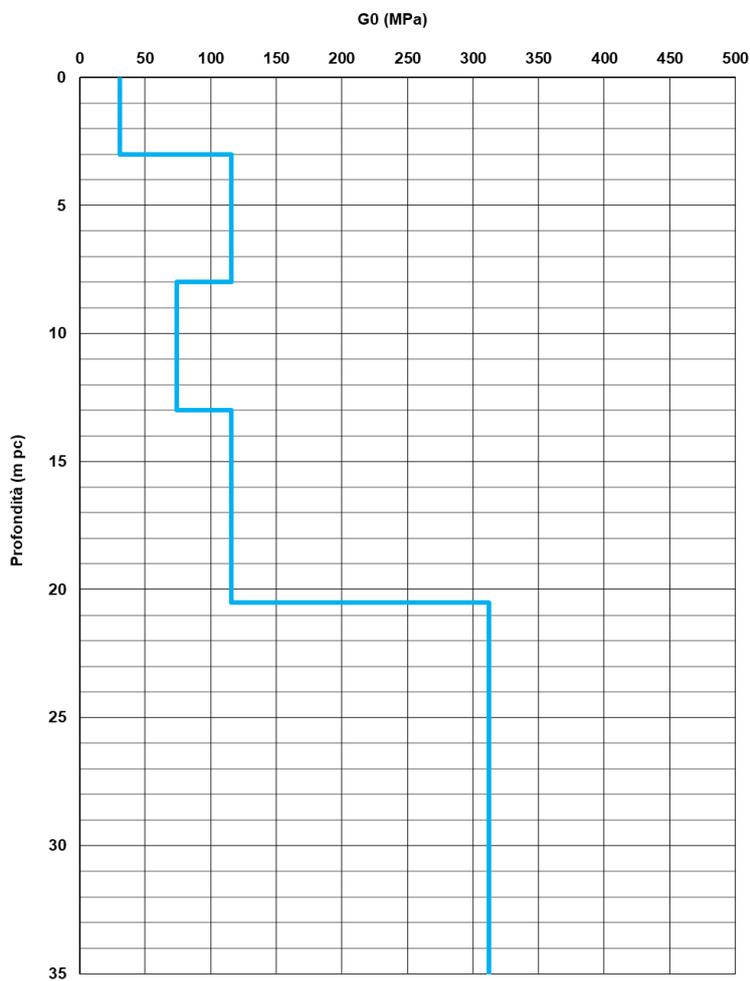


Figura 15 – Modulo di taglio G_0 da pk 28+925,00 a pk 29+150,00

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 25 di 108

4.5 Sintesi del modello geotecnico di riferimento

Sulla base di quanto riportato nella relazione geotecnica generale della tratta (Doc. Ref.[2]), il modello geotecnico considerato per le verifiche del rilevato in questione è riportato in Tabella 2.

Commentato [VP1]:

Tabella 2 – Modello geotecnico di riferimento

Unità	da m pc*	a m pc*	γ kN/m ³	ϕ_k °	c_k^2 kPa	$c_{u,k}$ kPa	RR -	CR -	e_0	σ'_p kPa	E'_{op} MPa
3b	0	2	18.5	-	0	55	0.015	0.16	1	157	-
3b	2	4	18.5	-	0	55	0.015	0.16	1	164	-
3b	4	6	18.5	-	0	55	0.015	0.16	1	181	-
3b	6	8	18.5	-	0	55	0.015	0.16	1	168	-
3b	8	10	18.5	-	0	55	0.015	0.16	1	185	-
3b	10	12	18.5	-	0	55	0.015	0.16	1	172	-
3b	12	14	18.5	-	0	55	0.015	0.16	1	189	-
3b	14	18	18.5	-	0	55	0.015	0.16	1	215	-
4	18	21	19	38	0	-	-	-	-	-	40
3b	21	27.5	18.5	-	0	70	0.015	0.16	1	266	-
6	27.5	35	19	39	0	-	-	-	-	-	120

* quota piano campagna = 32.0 m s.l.m.

Per la falda si fa riferimento a quanto riportato al punto 4.3.

4.6 Materiale da rilevato

Le caratteristiche dei rilevati ferroviari sono desunte dal MdP (Doc. rif. [19]) e sono di seguito riassunte:

Tabella 3 - Caratteristiche materiale da rilevato

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 26 di 108

4.7 Misto cementato

Secondo quanto previsto dal Capitolato RFI, il misto cementato sarà costituito da inerte calcareo di frantoio rispondente alle norme CNR BU N.29 con fuso di tipo A1 e cemento in ragione del 3% - 4% in massa dell'inerte secco. L'acqua di impasto sarà in ragione del 6% circa della massa secca dell'inerte. La resistenza a compressione con provini cilindrici compattati a 7 gg di stagionatura, come previsto dalla norma CNR citata dovrà essere compresa tra 3 e 7 MPa. Il modulo di rigidezza a 28gg sarà compreso tra 3 GPa e 8 GPa, in linea con le indicazioni della norma UNI EN 12697 – 26.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 27 di 108

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. [18] e [19]), l'opera in oggetto viene inserita nella tipologia di costruzione con $V_N = 100$ anni.

Tabella 4 – Vita nominale delle infrastrutture ferroviarie

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

5.1.2 Classe d'uso

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 28 di 108

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 $i > 30^\circ$.*

5.1.6 Accelerazione sismica di riferimento

Di seguito si riportano i valori dei parametri spettrali dipendenti dal sito dell'opera in oggetto (Doc. rif. [14]):

a_g (g) (SLV)	0.212
Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s	1.390
Coefficiente di amplificazione topografica S_t	1.0
Accelerazione massima attesa al suolo	
a_{max} (g) ($a_{max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_t \cdot a_g$)	0.295

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 29 di 108

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. [4]).

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 esposte in sede di Progetto Definitivo, è stato considerato ragionevole assumere per il tracciato di progetto un valore di magnitudo di riferimento da adottare nelle verifiche a liquefazione di cui ai paragrafi successivi pari a 6.0.

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

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

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

Lo sforzo di taglio indotto ad ogni profondità in un terreno a superficie piana durante l'evento sismico è dovuto essenzialmente alla propagazione delle onde di taglio polarizzate orizzontalmente. In accordo al metodo utilizzato, la tensione di taglio ciclico indotta dallo scuotimento sismico (sforzo di taglio ciclico normalizzato CSR) viene

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 30 di 108

approssimata da un valore efficace dell'accelerazione pari al 65% della accelerazione di picco a_{max} come segue:

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

dove:

a_{max} accelerazione di picco al sito

g accelerazione di gravità

τ_c valore rappresentativo dello sforzo di taglio ciclico

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

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

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

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

CSR può essere messo in relazione al numero di cicli significativi dell'azione sismica, funzione della magnitudo M .

Per $M \neq 7.5$ è necessario introdurre un fattore di scala della magnitudo MSF così definito:

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

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

Nel presente studio, in accordo sia alle prescrizioni dell'Eurocodice 8, sia a quanto suggerito da Youd et al., 2001 e 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.

 IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 31 di 108

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 16: 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 16, la resistenza alla punta q_c è normalizzata rispetto al valore di pressione atmosferica ($p_a = 100 \text{ kPa}$) e corretta (q_{c1N}) mediante la seguente relazione:

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

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

La natura dei materiali ed il relativo valore dell'esponente "n" sono determinati con procedura iterativa in relazione al valore del parametro I_c , indice del tipo di terreno, determinato come:

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

dove:

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

$$F = \frac{f_s}{q_c - \sigma'_{vo}} \cdot 100$$

Tanto maggiore è il valore di I_c , tanto 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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 32 di 108

istanza $n = 1$. Se l_c così calcolato è superiore a 2.6, il risultato è consolidato. In caso contrario, il calcolo viene ripetuto ipotizzando $n = 0.5$. Se in questo secondo calcolo l_c è ancora inferiore a 2.6, i nuovi valori di n e l_c sono confermati. In caso contrario si è in presenza di terreni intermedi e il calcolo finale viene svolto con $n = 0.75$.

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

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

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

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

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

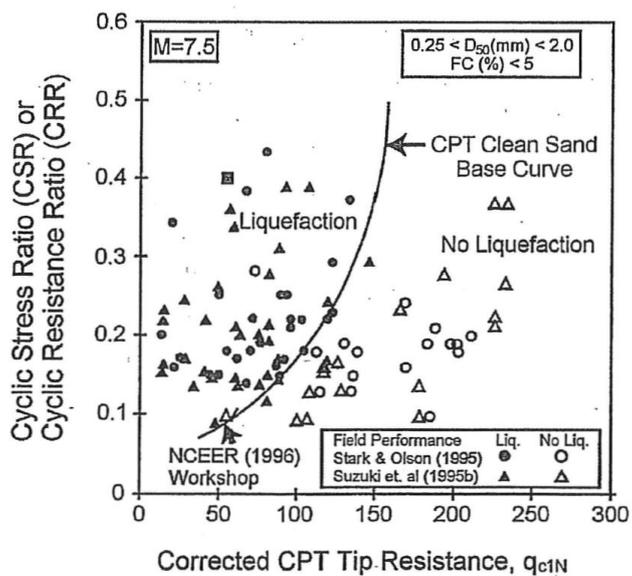


Figura 16 - Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e valori corretti di resistenza alla punta q_{c1N} – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Robertson & Wride, 1998)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 33 di 108

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

In Figura 17, i risultati delle prove SPT sono espressi in termini di numero di colpi corretti $N_{1(60)}$, ossia i valori sono normalizzati per una pressione verticale efficace pari a 100 kPa e corretti per un valore standard di energia trasmessa (60% del valore nominale) come segue:

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

dove:

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

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

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

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

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

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

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

Sempre in Figura 17, 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 simici 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 simici di Magnitudo pari a 7.5, per cui è necessario introdurre un fattore di scala (MSF) per adattare le curve di CRR alla magnitudo di riferimento per il caso in esame, come indicato in precedenza.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 34 di 108

Si può osservare dalla

Figura 17 - come curve diverse siano state sviluppate per terreni aventi diverso contenuto di fini, a partire dalla curva di riferimento corrispondente alla sabbia pulita (FC < 5%).

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

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

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

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

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

In cui:

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

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

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

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

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

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

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

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

dove:

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

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 35 di 108</p>

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. Nei casi in cui 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):

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

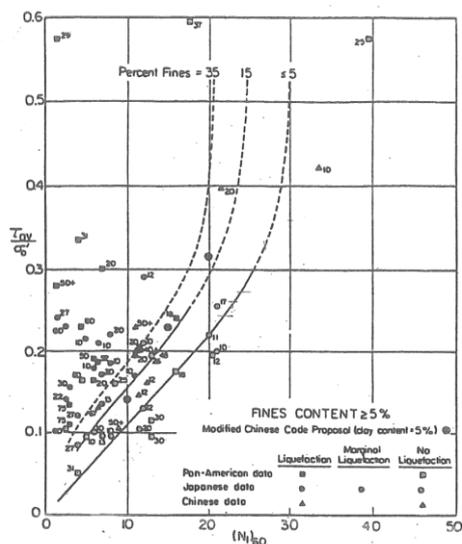


Figura 17 - Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e $N_{1(60)}$ – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Seed et al., 1985).

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 36 di 108

5.2.3 Commento ai risultati

I risultati (cfr. Figura 20) indicano come non si evidenzino rischi di potenziale liquefazione nella porzione di tracciato interessata dal rilevato RI49, in linea agli stati di addensamento e le granulometrie descritte in precedenza.

I risultati delle analisi di liquefazione sono riportati nelle figure seguenti (da Figura 18 a Figura 20). Si rileva, nel solo caso della analisi condotta sulla prova CPTU 77, come vengano apparentemente mostrati dal calcolo dei livelli liquefacibili nei primi 5 m di profondità. In realtà, almeno in questo caso, la valutazione non è attendibile, almeno per i primi 4 m, in quanto i livelli che dalla elaborazione verrebbero identificati come liquefacibili (con valori calcolati di I_c che sono borderline, di poco inferiori a 2.6), sono in realtà costituiti in generale da limi argillosi con sottili passaggi più limoso-sabbiosi, come ampiamente dimostrato dalle granulometrie disponibili.

Per quanto riguarda la presenza di un livello più sabbioso tra 4 e 5 m da piani campagna, si ritiene che, dato il limitato spessore e soprattutto la presenza determinante delle inclusioni rigide, l'eventuale fenomeno di mobilità ciclica di questo strato non costituisca un problema dal punto di vista della stabilità del rilevato.

Quindi, di fatto, i materiali del sito possono essere considerati come non suscettibili a fenomeni di liquefazione.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 37 di 108</p>

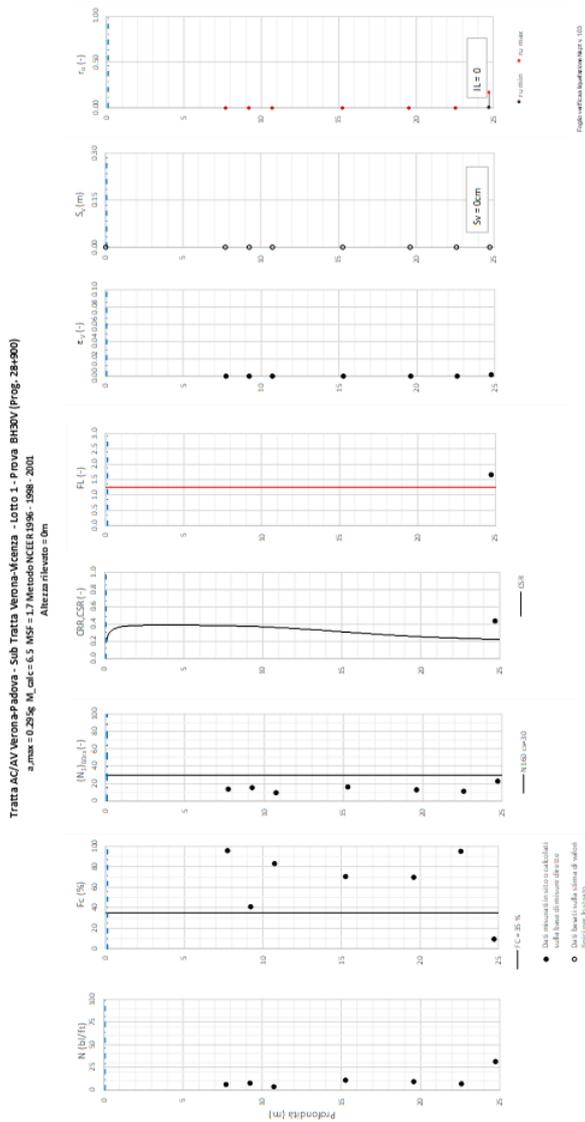


Figura 18 – Verifica Liquefazione da risultati SPT BH30V

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica E12RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 38 di 108</p>

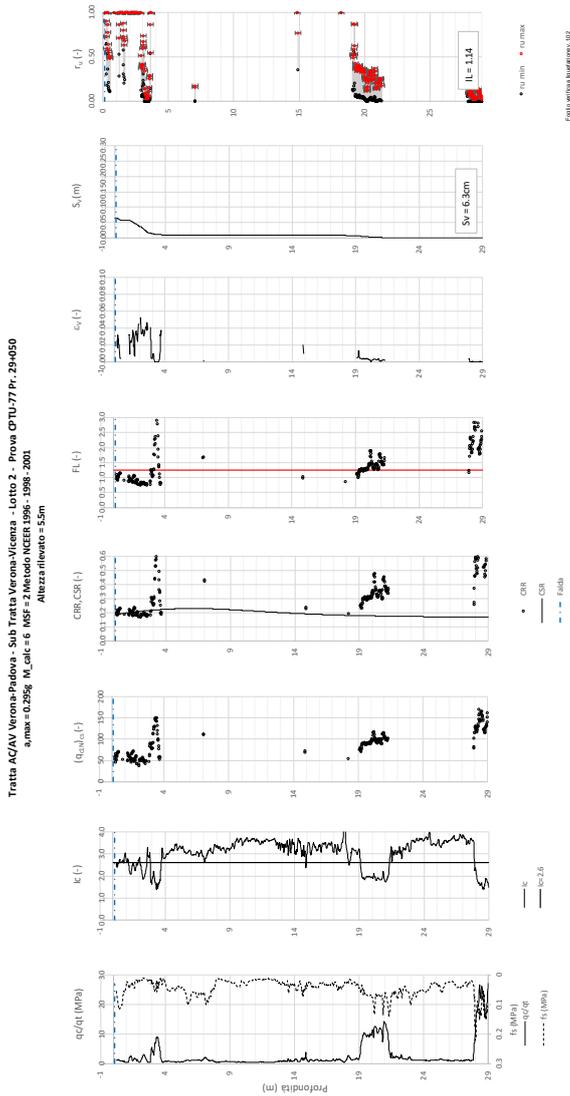


Figura 19 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU77

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI4900001A

Foglio
39 di 108

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub-Tratta Verona-Vicenza - Lotto 2 - Prova BH-PE59 Pr. 29-197
 $\sigma_{vm} = 0,25 \text{ kg}$ $M_L \text{ Calc} = 6$ $M_S F = 2$ Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001
 Altezza rilevato = 5m

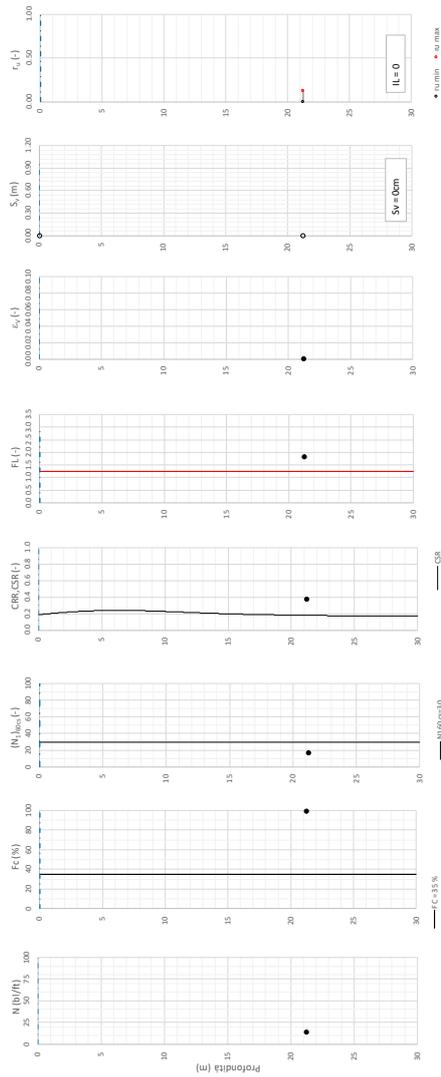


Figura 20 – Verifica Liquefazione da risultati SPT BH-PE-58

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 40 di 108

6 VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO FERROVIARIO

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. [14]):

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

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

$$E_d \leq R_d \quad (\text{Eq. 6.2.1 del Doc. Rif. [14]})$$

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, alle sollecitazioni prodotte dalle azioni caratteristiche (Par. 6.2.3.1 del Doc. Rif. [14]).

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

$$E_d \leq C_d \quad (\text{Eq. 6.2.7 del Doc. Rif. [14]})$$

dove:

E_d valore di progetto dell'effetto dell'azione;

C_d valore limite prescritto dell'effetto delle azioni (definito dal 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.

Le verifiche vengono condotte con analisi statiche o pseudostatiche e, in accordo al MdP (Doc. rif. [19]), il coefficiente di incremento dinamico delle azioni derivanti dal passaggio del treno è assunto pari all'unità.

In base a quanto indicato dalle NTC 2008 le verifiche di sicurezza che devono essere condotte per opere costituite da materiali sciolti sono indicate nei paragrafi 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. [14]), tenendo conto dei coefficienti parziali sotto definiti.

La verifica di stabilità globale si ritiene soddisfatta se:

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

 IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 41 di 108

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

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

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. [14]), 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_{Fi})	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. [14])

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_r	1,0	1,0

Tabella 8 – Coefficienti parziali per verifiche di stabilità globale

Coefficiente	R2
γ_{Rk}	1.1

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 42 di 108

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. [14]), 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 e fino alla durata della vita utile dell'opera, i cedimenti residui debbono essere inferiori a 5 cm.

Nel caso di rilevato da realizzarsi in affiancamento ad un rilevato esistente, come nel caso in esame, e mantenendo quest'ultimo in esercizio durante i lavori, si richiede 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. [19] e [23]). Laddove si superino i limiti riferiti al primo livello di qualità (10 mm, Doc. rif. [23]), è richiesto il monitoraggio del binario durante la costruzione.

La soluzione adottata tende comunque a minimizzare i cedimenti assoluti sul binario della Linea Storica.

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

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

6.1.3 Verifiche in condizioni sismiche e post-sismiche

La stabilità globale in condizioni sismiche e post-sismiche di opere in materiali sciolti, quali rilevati, è stata verificata secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2 (A2 + M2 + R2), tenendo conto dei coefficienti parziali richiamati in precedenza e ponendo i coefficienti parziali sulle azioni tutti pari ad uno. Il coefficiente di combinazione ψ per il carico variabile da traffico è stato posto pari a 0.2 (Doc. rif. [19]).

6.2 Azioni di progetto

Le azioni di progetto considerate nella analisi sono state definite coerentemente a quanto prescritto nel MdP (Doc. rif. [18]) e nelle NTC (Doc. rif. [14]) e sono di seguito descritte.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 43 di 108

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, qui determinati sulla base dello schema di carico più gravoso tra quelli previsti dalle NTC 2008, dalle Norme Europee e, conseguentemente, dal Manuale di Progettazione di RFI. In particolare, tale carico tiene conto della diffusione a partire dalla traversa e fino al piano di posa del ballast, secondo le prescrizioni di NTC e MdP. Nello specifico, è stato considerato il caso peggiore tra i tre modelli di carico previsti, ossia LM71, SW/0 ed SW/2. Per ogni binario, tale azione risulta essere pari a 61.4 kPa (LM71), da applicarsi su una superficie definita dalla larghezza della traversa e dalla larghezza di diffusione del carico nel ballast (2.8 m² 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.[14])

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

Le verifiche vengono condotte con analisi statiche o pseudo-statiche e, in accordo al MDP ITALFERR, il coefficiente di incremento dinamico delle azioni derivanti dal passaggio del treno è assunto pari all'unità.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 44 di 108

6.3 Verifiche e risultati SLU

6.3.1 Premessa

Le verifiche SLU della stabilità globale del rilevato (sia in condizioni statiche che sismiche) sono state condotte tramite il codice di calcolo SLIDE 7.0 (Doc. Rif. [25]). 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. [14]), la verifica SLU di stabilità globale è soddisfatta se la relazione:

$$FS \geq R2 = 1.1.$$

è verificata sia in condizioni statiche che sismiche.

La verifica è stata condotta con riferimento alla sezione A riportata in Figura 1, secondo il metodo di Bishop modificato. Nel calcolo sono stati utilizzati i parametri geotecnici caratteristici definiti in Tabella 2.

Si segnala che nella schematizzazione di calcolo è stata trascurata la resistenza al taglio offerta dalle inclusioni rigide. Pertanto, le verifiche sono da considerare come del tutto cautelative.

6.3.2 Verifiche SLU in condizione statiche

Il carico da traffico ferroviario (q) assunto pari a 61.4 kPa (cfr. par. 6.2.1) è stato modellato come un carico distribuito applicato in corrispondenza delle impronte delle traversine ferroviarie. Tale sovraccarico è di tipo variabile/sfavorevole e, pertanto, il coefficiente parziale sulle azioni A2 è pari a 1.3.

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

In Figura 21, sono riportate le superfici di rottura critiche. Il valore minimo di FS è pari a:

$$FS_{\text{MIN}} (DA1C2) = 1.196 > R2 = 1.1$$

la verifica di stabilità globale in campo statico risulta soddisfatta.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 45 di 108

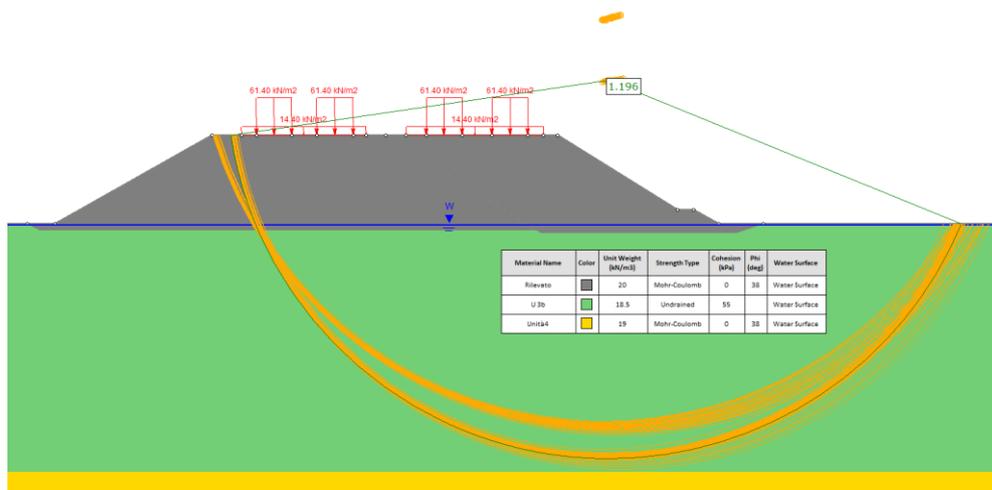


Figura 21 – Rilevato Ri49 - Analisi SLU in campo statico DA1C2

6.3.3 Verifiche SLU in condizioni sismiche

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

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

$$K_V = \pm 0.041 \quad (\text{verificando la piú cautelativa tra negativo e positivo})$$

Per quanto riguarda la falda, è stato preso un livello coincidente a p.c., come riportato nel paragrafo 4.3.

Si sottolinea che nella ricerca delle superfici di rottura critiche sono state escluse tutte quelle superfici di spessore ridotto e che interessano la sede ferroviaria.

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

$$FS_{\text{MIN}} = 1.117 > R2 = 1.1$$

la verifica di stabilità globale in campo sismico risulta soddisfatta.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 46 di 108</p>

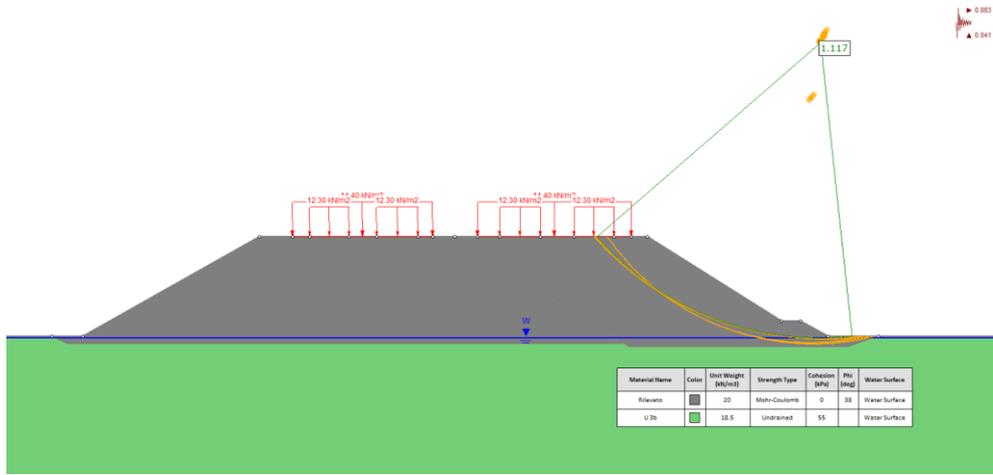


Figura 22 – Rilevato Ri49 - Analisi SLU in campo sismico

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 47 di 108

6.4 Verifica e risultati SLE

6.4.1 Premessa e descrizione concettuale della soluzione

Nonostante l'esito delle verifiche SLU, che indicano che non vi è necessità di trattamenti per soddisfare i criteri di sicurezza, tuttavia la presenza di terreni argillosi fino a circa 27 m da p.c., aventi caratteristiche di compressibilità medie, causerebbe lo sviluppo di cedimenti non accettabili, né per il costruendo rilevato della linea AV, né per i cedimenti indotti sulla LS. Calcoli qui non riportati indicano che i cedimenti attesi in assenza di trattamenti sono dell'ordine dei 30/35 cm sull'asse del rilevato della linea nuova, e che i cedimenti indotti sul rilevato della LS sono dell'ordine dei 10-15 cm, con cedimenti differenziali fra i binari non accettabili.

Pertanto, al fine di contenere i cedimenti entro i limiti di tolleranza previsti, si prevede l'installazione di inclusioni rigide in calcestruzzo gettato in opera (D=1000 mm) disposte secondo lo schema riportato nelle tavole allegate.

Relativamente alla disposizione planimetrica, alla lunghezza delle inclusioni e al dettaglio della soluzione, si segnala quanto segue:

- La ripartizione del carico del rilevato sui due allineamenti delle inclusioni con la quota di testa più bassa (quelle poste verso l'esterno del nuovo rilevato) viene assicurata dalla presenza di uno strato di misto cementato dello spessore di 80 cm;
- La terza fila di allineamenti, disposta verso il rilevato della LS, ha principalmente la funzione di limitare i cedimenti indotti sulla linea esistente. Sulla base di studi effettuati, la sua efficacia a tale scopo è tanto maggiore quanto più l'allineamento è spostato verso il rilevato della LS.
- Si è considerato tuttavia che la posizione di queste inclusioni non potesse essere troppo a ridosso della LS stessa, in quanto l'esecuzione di una trivellazione del diametro 1000mm può comunque indurre vibrazioni e spostamenti indesiderati nel terreno circostante. Si è quindi deciso di mantenere tale allineamento ad una distanza di 1.5 m dalla base del rilevato esistente, verso l'interno dello stesso.
- Per le inclusioni rigide posizionate lungo tale allineamento, si utilizzeranno cappellotti prefabbricati quadrati in calcestruzzo di lato 2.5 m
- Relativamente alla lunghezza delle inclusioni, si è tenuto conto della opportunità, laddove possibile, di evitare di immorsarsi nella formazione ghiaiosa di base, sede di una falda in pressione. Questo è stato possibile per le due file di interventi poste verso l'esterno della sezione, in quanto i cedimenti nell'area del nuovo rilevato sono comunque contenuti. Per l'allineamento di inclusioni verso la LS, si è invece considerato necessario immorsare i pali nella ghiaia, al fine di contenere i cedimenti assoluti e differenziali nei limiti prescritti.

La geometria è quella anticipata al punto 3.3, per una descrizione dettagliata riguardo i materiali e le lunghezze delle inclusioni si faccia riferimento alle tavole di progetto.

Considerata la preminente funzione delle colonne a sopportare carichi verticali (riduzione dei cedimenti), e il soddisfacimento delle verifiche SLU anche in assenza di trattamenti, non si ritiene necessario procedere ad una armatura delle inclusioni rigide.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 48 di 108

6.4.2 Metodologia di calcolo

Considerata la complessità della soluzione adottata, la determinazione del campo di spostamenti e delle azioni agenti sugli elementi costituenti l'opera è stata svolta mediante analisi agli elementi finiti utilizzando il codice di calcolo Plaxis (Doc. Rif. [26]). Il software ha permesso di valutare lo stato tensionale e deformativo del terreno durante ed in seguito alla costruzione del rilevato e di eseguire una modellazione di dettaglio delle inclusioni rigide e dell'interazione tra esse ed il terreno circostante.

Le unità geotecniche descritte nel capitolo -, sono state rappresentate per mezzo di cluster il cui comportamento è definito dai seguenti modelli costitutivi, scelti sulla base della natura dei terreni esaminati e delle informazioni a disposizione.

Per i materiali a grana grossa (ghiaia e materiale da rilevato), situati in profondità e dotati di buone proprietà meccaniche e la cui risposta ai carichi previsti è descrivibile in condizioni drenate, si è fatto riferimento ad un modello costitutivo alla Mohr-Coulomb. Per maggiori informazioni circa i parametri deformativi e di resistenza impiegati si faccia riferimento al punto 4.5.

Per i depositi coesivi è stato impiegato il modello costitutivo denominato Hardening Soil (HS) Model, appartenente alla famiglia dei modelli di tipo Cam-Clay. Il modello HS ha consentito di riprodurre la risposta esibita dai campioni indisturbati nel corso delle prove di laboratorio prese in esame per la caratterizzazione (v. capitolo 4). Ciò ha permesso di impiegare materiali aventi rigidità dipendenti dal livello tensionale, differenti in condizioni di compressione vergine e di scarico e ricarico e funzione della pressione di pre-consolidazione stimata. Si forniscono di seguito alcuni richiami teorici del modello costitutivo.

Il modello HS prevede una relazione tra gli indici di compressione o ricompressione ed il modulo edometrico:

$$E_{oed}^{ref} = \frac{p^{ref}}{\lambda^*} \quad \lambda^* = \frac{\lambda}{(1 + e_0)} \quad \text{compressione vergine,}$$

$$E_{ur}^{ref} \approx \frac{2p^{ref}}{\kappa^*} \quad \kappa^* = \frac{\kappa}{(1 + e_0)} \quad \text{scarico-ricarico,}$$

dove:

- λ indice di compressione in fase di primo carico;
- κ indice di rigonfiamento in fase di scarico-ricarico;
- e_0 indice dei vuoti iniziale;
- p^{ref} pressione di riferimento.

Il dominio di elasticità è individuato da due funzioni f e f_c : la prima, relativa alle deformazioni irreversibili generate dall'applicazione di uno sforzo deviatorico e la seconda, che riguarda le deformazioni plastiche dovute all'applicazione di carichi isotropi e edometrici:

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 49 di 108

$$f = \bar{f} - \gamma^p \quad \bar{f} = \frac{2}{E_i} \frac{q}{1 - q/q_a} - \frac{2q}{E_{ur}} \quad \gamma^p = -(2\varepsilon_1^p - \varepsilon_v^p) \approx -2\varepsilon_1^p$$

$$f^c = \frac{\tilde{q}^2}{\alpha^2} + p^2 - p_p^2 \quad \varepsilon_v^{pc} = \frac{\beta}{1 - m} \left(\frac{p_p}{p^{ref}} \right)^{1-m}$$

dove:

- E_i rigidezza iniziale, pari a $E_i = \frac{2E_{50}}{2 - R_f}$, con E_{50} rigidezza relativa al 50% dello sforzo deviatorico ultimo;
 E_{ur} rigidezza di scarico-ricarico;
 q sforzo deviatorico;
 q_a 90% dello sforzo deviatorico ultimo;
 \tilde{q} sforzo deviatorico misurato con una procedura speciali (si faccia riferimento al Manuale di Plaxis);
 p' sforzo medio;
 p_p sforzo di pre-consolidazione isotropa;
 p_{ref} sforzo di riferimento;
 ε_v^p deformazioni volumetriche plastiche;
 ε_1^p deformazioni deviatoriche plastiche;
 m costante che esprime la dipendenza della rigidezza dallo stato tensionale;
 α, β parametri di forma, rispettivamente funzione di K_0^{nc} e modulo edometrico.

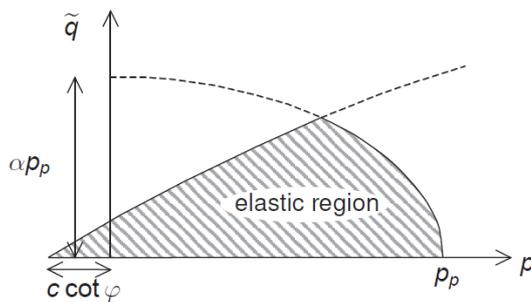


Figura 23 – Superficie di snervamento del modello Hardening Soil nel piano $q-p'$

La definizione del modello costitutivo richiede quindi la determinazione dei seguenti parametri geotecnici, per i quali si rimanda alla Tabella 2: e_0 , CR, RR, c_u . Per maggiori dettagli si rimanda al Manuale di Plaxis.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 50 di 108

Le analisi sono state condotte per mezzo di fasi di consolidazione per tenere conto dell'effettiva risposta del terreno nel corso della costruzione e con riferimento alle fasi descritte nel capitolo che segue.

Considerata la natura dei terreni rinvenuti, per i terreni della formazione 3b si è assunto un valore di permeabilità cautelativamente basso (considerata la presenza di intercalazioni sabbiose) e pari a 10^{-8} m/s.

Le inclusioni rigide sono state modellate per mezzo di elementi strutturali a comportamento elastico-lineare e di tipo *embedded beam*: considerati *wished-in-place*, del diametro di 1200mm ed aventi rigidità pari a quella del calcestruzzo. Tali elementi sono dotati di componenti d'interfaccia integrate, che definiscono l'interazione tra terreno e struttura sulla base della resistenza dei materiali che li circonda. Le inclusioni sono state inserite nel modello con una disposizione a quinconce, le file più alte sono sormontate da un cappellotto in cemento e le file più basse collegate in testa con uno strato di misto cementato (v. par 3.3). Quest'ultimo è stato rappresentato con dei cluster il cui comportamento è stato descritto con un modello costitutivo elastico lineare (come fatto per il ballast) e modulo di rigidità conservativamente posto pari a 2 GPa (v. capitolo 4.7).). Anche i cappellotti sono stati rappresentati per mezzo di cluster di dimensioni 2.5x2.5x0.6 m a comportamento elastico lineare e le proprietà meccaniche del calcestruzzo.

6.4.3 Schematizzazione e risultati

Il modello di calcolo è riportato in Figura 24. La geometria è quella anticipata al punto 3.3, per una descrizione dettagliata si faccia riferimento alle tavole di progetto.

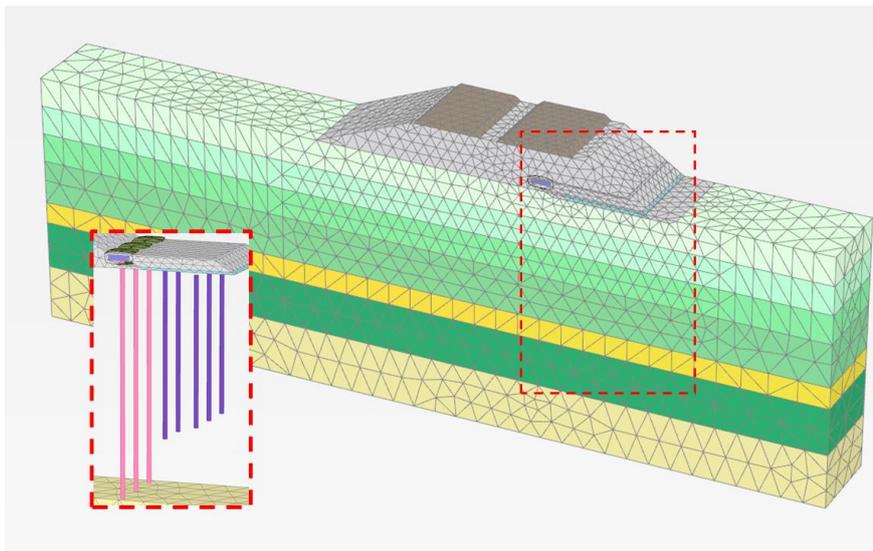


Figura 24 – Ri49: modello agli elementi finiti

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 51 di 108</p>

L'analisi numerica è stata condotta con riferimento alla sequenza costruttiva prevista per i rilevati ferroviari in presenza di consolidamenti:

- Fase 1: inizializzazione degli sforzi;
- Fase 2: posa e costruzione del rilevato linea storica: ricostruita la storia tensionale del sito;
- Fase 3: scotico e preparazione piano di lavoro;
- Fase 4: posa e costruzione dei pali, file B e C e del misto cementato;
- Fase 5: posa e costruzione della fila di pali A con i cappellotti di cemento. La realizzazione dei pali di questo allineamento potrebbe richiedere la costruzione di un rilevato provvisorio alto 1 m al di sopra del p.c. esistente e largo circa 4 m. Nell'analisi di cedimento tale eventualità è stata tenuta cautelativamente in conto.
- Fase 6: completamento del rilevato;
- Fase 7: lavorazioni e realizzazione impianti (nessun carico applicato, solo consolidazione);
- Fase 8: posa in opera del ballast e dell'armamento ferroviario;
- Fase 9: consolidazione finale.

Queste fasi sono illustrate in Figura 25, per tutti i dettagli si rimanda all' ALLEGATO 5.

L'analisi è stata condotta considerando anche lo sviluppo dei cedimenti durante le varie fasi di lavorazione, e svolgendo l'analisi in modo accoppiato, così da considerare l'effetto della consolidazione nel tempo.

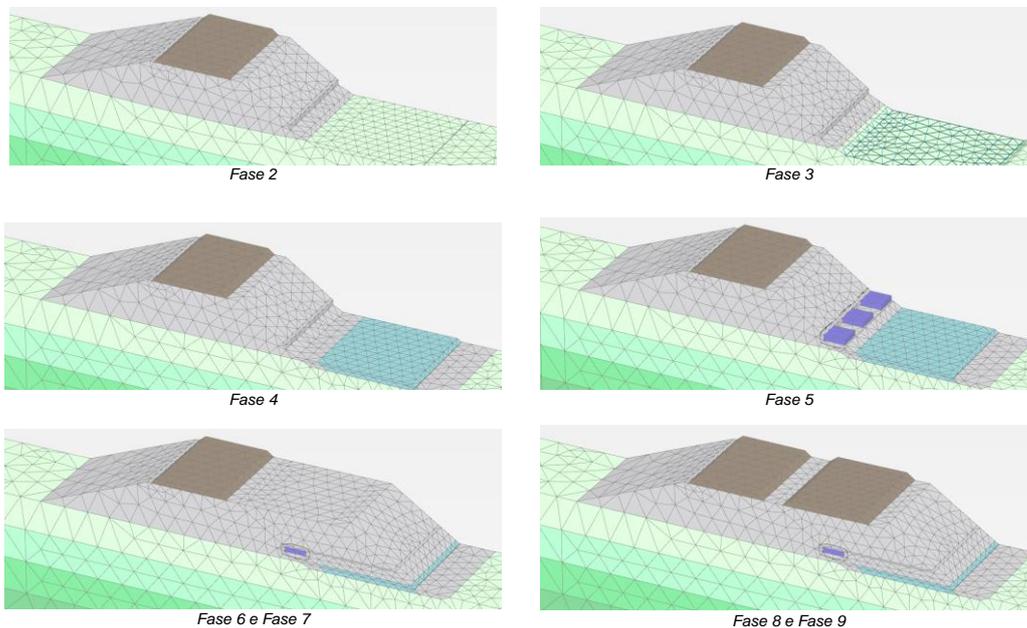


Figura 25 – Ri49: fasi della modellazione a elementi finiti

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 52 di 108

I risultati dell'analisi sono riportati in Figura 26 e Figura 27 (a e b).

Si evidenzia quanto segue:

- Sotto il rilevato AV, i cedimenti assoluti, a fine consolidazione, risultano circa 4.5 cm, come mostrato nella Figura 26.
- I cedimenti residui della linea AV, a far data dal completamento del piano di posa del ballast, sono inferiori a 5 cm. In particolare, come illustrato in Figura 27-a) il cedimento residuo è inferiore a 1 cm
- In relazione ai binari della Linea Storica, la Figura 27-b) mostra, per il binario più vicino alla linea AV, un cedimento totale atteso di circa 6 cm ed un differenziale sulle rotaie di circa 6 mm.

Si segnala che nei cedimenti calcolati per la linea LS è compreso un valore di circa 1 cm, al disotto del rilevato della LS (fase 5), per effetto della realizzazione del rilevato provvisorio necessario per la realizzazione dei pali da immersare in ghiaia. Tale effetto è sicuramente sovrastimato, in quanto, in presenza di incrementi di tensione così modesti, sono operativi dei moduli prossimi a quelli tangenti iniziali del terreno, molto più elevati di quelli qui considerati ai fini del calcolo dei cedimenti.

Tenendo conto che:

- I cedimenti totali sono estremamente contenuti. Tenendo conto dello spessore di stratto compressibile (circa 30 m), questo significa che il materiale si muove principalmente nel campo delle piccole deformazioni, con sviluppo quindi di sovrappressioni interstiziali di trascurabile entità
- Tenuto conto della geometria del problema (aree di carico di estensione inferiore allo spessore del materiale compressibile), eventuali gradienti di sovrappressione interstiziale saranno soprattutto in direzione orizzontale, ove la dissipazione di queste sovrappressioni trova agevoli percorsi di drenaggio dovute alla presenza di fitte intercalazioni sabbiose.

Se ne conclude che i cedimenti calcolati saranno praticamente contestuali all'applicazione del carico, come anche i risultati dell'analisi confermano.

Sulla base di quanto sopra, i cedimenti secondari sono da considerarsi dell'ordine di qualche millimetro, e quindi tali da non modificare l'accettabilità dei risultati ottenuti.

I valori di cedimento assoluto in fase di esercizio della linea AV in progetto, e di cedimento differenziale tra rotaie della linea storica sono inferiori ai limiti tollerabili.

La verifica SLE è quindi da considerarsi soddisfatta.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 53 di 108</p>

Ri49: Cedimenti durante e dopo costruzione linea AV (presi a base rilevato)

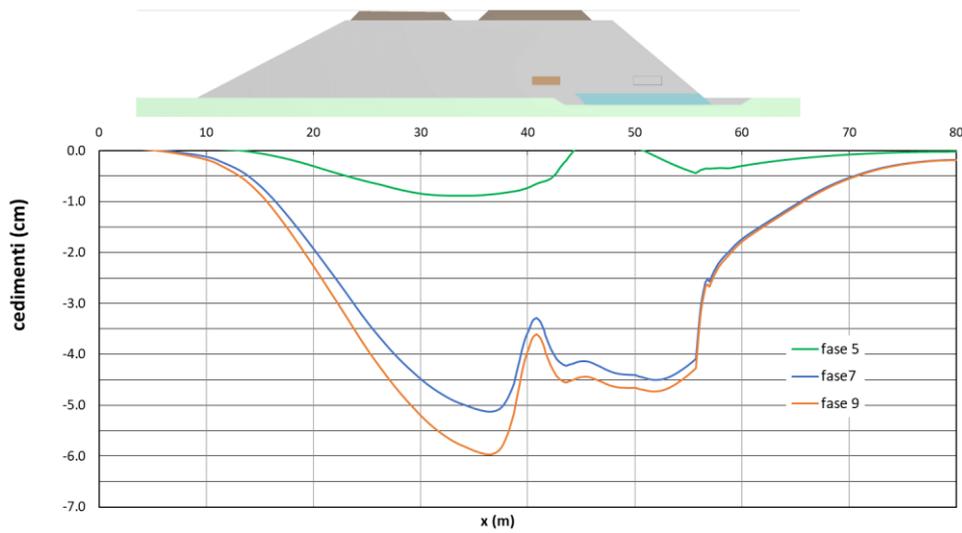
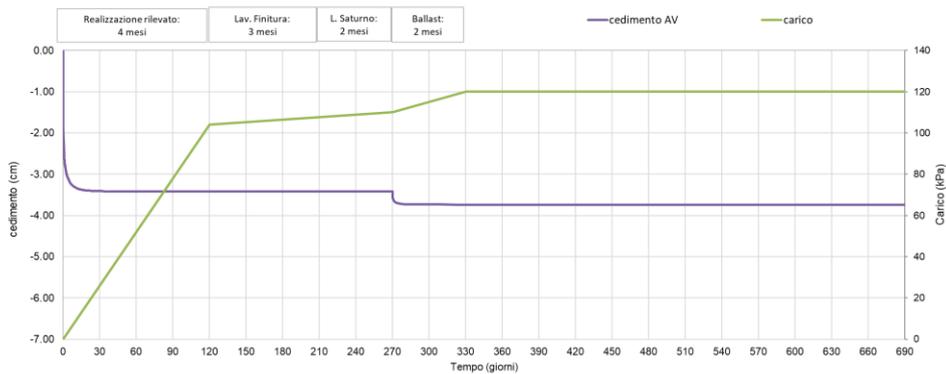


Figura 26 – Ri49: Cedimenti a p.c. durante e alla fine della costruzione del rilevato ferroviario AV

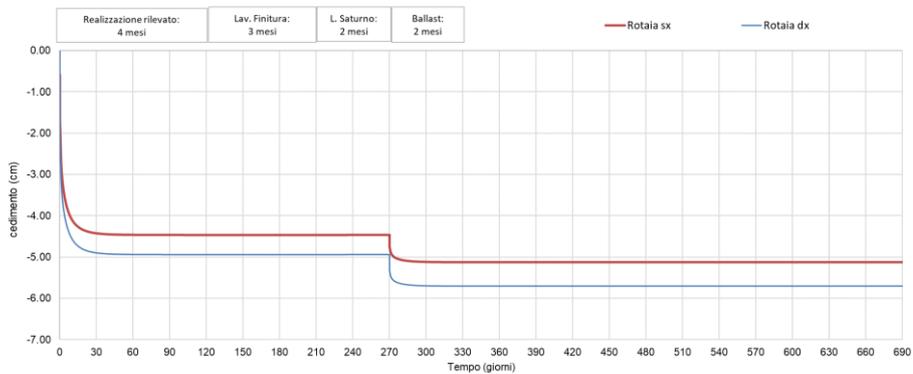
GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 54 di 108

Ri49: cedimenti alla base del rilevato AV durante e dopo la costruzione rilevato AV



a) cedimenti presi a piano campagna, al centro del rilevato AV

Ri49: cedimenti su binario pari LS durante e dopo la costruzione rilevato AV



b) cedimenti presi a quota ballast, considerando il binario LS più vicino al nuovo rilevato AV

Figura 27 – Ri49: andamento dei cedimenti nel tempo dopo/durante la costruzione del rilevato AV.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 55 di 108

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.

Vista la prossimità della linea esistente, e le condizioni geotecniche del sito, si prevede l'installazione di strumentazione di monitoraggio, sia durante la fase di costruzione che in esercizio, come definito nella relazione dedicata.

Lo scopo principale, tra gli altri, del sistema di monitoraggio in fase di costruzione è quello di misurare gli spostamenti indotti sui binari della LS, al fine di garantirne la sicurezza e la funzionalità dell'esercizio.

L'accettabilità dei cedimenti osservati sarà stabilita in relazione a valori soglia di attenzione e allarme, che saranno individuati tenendo conto dei "livelli di qualità geometrica correnti" definiti negli Standard di Qualità di RFI in funzione delle velocità massime consentite sulla linea, con riferimento alle misure di Scartamento, Allineamento, Livello longitudinale, Livello trasversale e Sghembo.

Si chiarisce che la definizione dei valori soglia da rispettare e delle contromisure da intraprendere in caso di superamento degli stessi esula dal contenuto del presente elaborato, e sarà oggetto di uno specifico elaborato di successiva emissione.

In relazione alla problematica della realizzazione delle inclusioni rigide, si segnala quanto segue:

1. Si raccomanda di eseguire prove tecnologiche preliminari di realizzazione delle inclusioni rigide nell'area di interesse, volte a valutare la effettiva problematica di prevalenza della falda nello strato inferiore di ghiaie e sabbie.
2. Si raccomanda altresì di additivare opportunamente i fanghi di perforazione in modo da pervenire a pesi dell'ordine di 1.1 t/m³. Anche in caso di prevalenze maggiori, o di rinvenimento di livelli sabbioso-ghiaiosi in pressione a quote più elevate di quanto previsto (vale a dire più prossime al p.c.), la presenza di fanghi pesanti può avviare a tale inconveniente.
3. Sarà cura della Direzione Lavori verificare che le lunghezze dei consolidamenti prescritte, definite sulla base delle indagini disponibili, siano tali da garantire ovunque un immersione delle inclusioni rigide della fila A di almeno 2 m nelle ghiaie di base.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 56 di 108

ALLEGATI

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 57 di 108</p>

ALLEGATO 1 – PROFILO STRATIGRAFICO

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+680,00 a pk 28+925,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 59 di 108

ALLEGATO 2 – INDAGINI GEOGNOSTICHE

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00
Relazione Geotecnica

Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
IN17	12	E12RBRI490001A	62 di 108

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

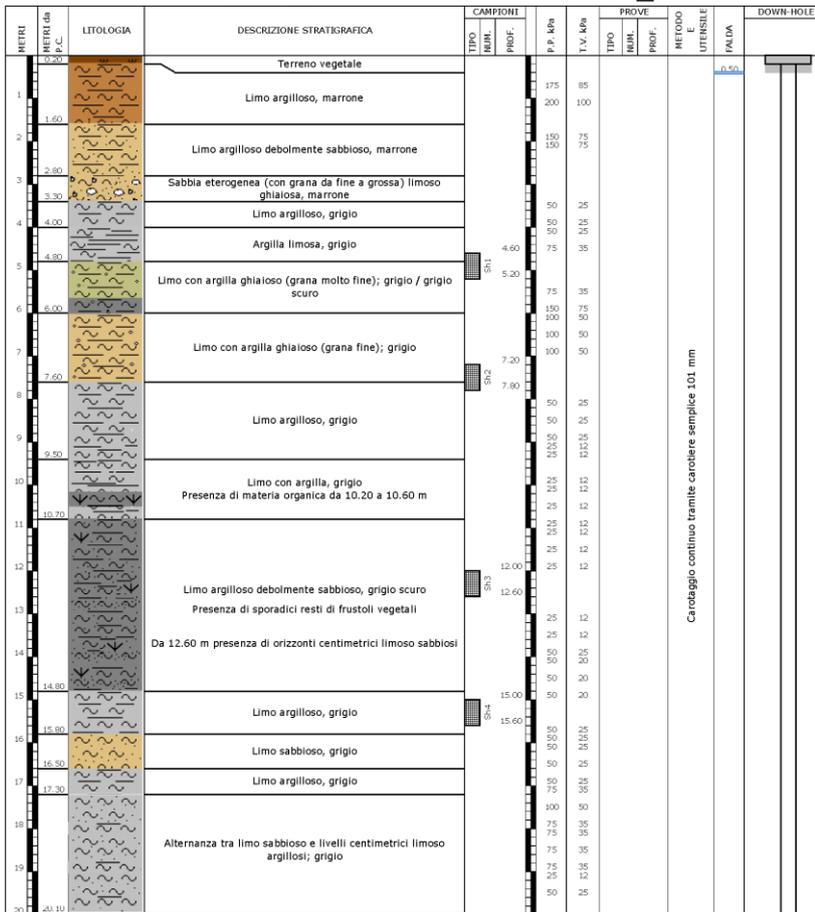


COMMITTENTE: CONSORZIO IRICAV DUE - Via Francesco Tovaglieri 413-00155 Roma (RM)
CANTIERE: Lonigo (VI)

PERFORAZIONE: BH-PE-58 RDP SITO N°: SF210132 PROFONDITA': 30,00 m
ESECUZIONE: 29/01-1/02 / 2021 OPERATORE: BIASIOLI-BAGATIN RIVESTIMENTO: 30,00 m
COMMESSA: 22036AV-20 RESPONSABILE: FERRABOSCHI QUOTA s.l.m.: 32,257 m



SPT
PA: punta aperta
PC: punta chiusa



Il Direttore Tecnico SOA:
ing. Massimo De lasi

SF210132_BH-PE-58 - pag 1 di 5

Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00
Relazione Geotecnica

Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
IN17	12	EI2RBRI4900001A	63 di 108

Asiema con Sistemi di Gestione certificati da Certquality - Qualità Ambiente Sicurezza - UNI EN ISO 9001:2009 - UNI EN ISO 14001:2004 - BS OHSAS 18001:2007

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 69 - 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 56771 - Fax: +39 0532 56119

SOCOTEC ITALIA Srl - P.iva 01872430648

Headquarters: Via Barolo, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099

www.socotec.it



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

CANTIERE: Lonigo (VI)

PERFORAZIONE: BH-PE-58

ESECUZIONE: 29/01-1/02 / 2021

COMMESSA: 22036AV-20

RDP SITO N°: SF210132

OPERATORE: BIASIOLI-BAGATIN

RESPONSABILE: FERRABOSCHI

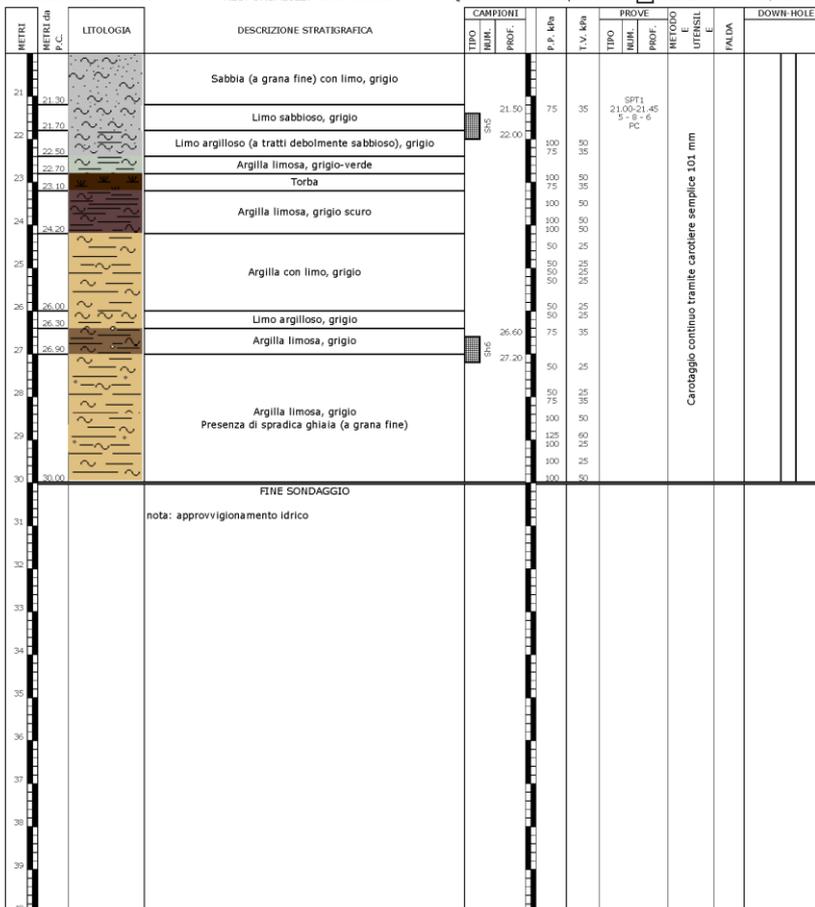
PROFONDITA': 30,00 m

RIVESTIMENTO: 30,00 m

QUOTA s.l.m.: 32,257 m

Indisturbato
 Rinnebbiaggio
 Ambientale

SPT
PA: punta aperta
PC: punta chiusa



Il Direttore Tecnico SOA:
Ing. Massimo De lasi

SF210132_BH-PE-58 - pag 2 di 5

Il Responsabile Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 64 di 108</p>

ALLEGATO 3 – TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU STATICA

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 65 di 108</p>

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: RI49_stat.slim
Slide Modeler Version: 7.038
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 17/03/2021, 17:14:01

General Settings

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

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)
Name: Stabilità Globale_A2+M2+R2

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

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

Bishop simplified

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

Groundwater Analysis

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 66 di 108</p>

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

Random Numbers

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

Surface Options

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

Seismic

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

Loading

6 Distributed Loads present

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 67 di 108

Distributed Load 1
 Distribution: Constant
 Magnitude [kPa]: 14.4
 Orientation: Normal to boundary
 Load Action: Permanent

Distributed Load 2
 Distribution: Constant
 Magnitude [kPa]: 14.4
 Orientation: Normal to boundary
 Load Action: Permanent

Distributed Load 3
 Distribution: Constant
 Magnitude [kPa]: 61.4
 Orientation: Normal to boundary
 Load Action: Variable

Distributed Load 4
 Distribution: Constant
 Magnitude [kPa]: 61.4
 Orientation: Normal to boundary
 Load Action: Variable

Distributed Load 5
 Distribution: Constant
 Magnitude [kPa]: 61.4
 Orientation: Normal to boundary
 Load Action: Variable

Distributed Load 6
 Distribution: Constant
 Magnitude [kPa]: 61.4
 Orientation: Normal to boundary
 Load Action: Variable

Material Properties

Property	Rilevato	Unità6	U 3b	Unità4	U 3b-2
Color					
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Undrained	Mohr-Coulomb	Undrained
Unit Weight [kN/m ³]	20	19	18.5	19	18.5
Cohesion [kPa]	0	0		0	
Friction Angle [deg]	38	39		38	
Cohesion Type			5.5		70
Water Surface	Water Table				
Hu Value	1	1	0	1	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	1.196150
Center:	59.850, 42.356
Radius:	27.447
Left Slip Surface Endpoint:	32.691, 38.433
Right Slip Surface Endpoint:	85.251, 32.000
Resisting Moment:	73193.5 kN-m
Driving Moment:	61191 kN-m
Total Slice Area:	806.359 m ²
Surface Horizontal Width:	52.5607 m
Surface Average Height:	15.3423 m

Valid / Invalid Surfaces

GENERAL CONTRACTOR



ALTA Sorveglianza



Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00
Relazione Geotecnica

Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
IN17	12	EI2RBRI490001A	68 di 108

SLIDEPREP 7.030



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

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 1775
Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.19615

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.899252	36.1571	-77.3933	Rilevato	0	32.0066	6.69276	8.00554	12.8083	0	12.8083	42.7334	42.7334
2	0.899252	94.9027	-70.3029	Rilevato	0	32.0066	25.4799	30.4778	48.7624	0	48.7624	119.936	119.936
3	0.169266	22.7924	-67.0636	Rilevato	0	32.0066	46.9319	56.1376	91.7779	1.962	89.8159	202.685	200.723
4	1.09895	175.272	-63.9934	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	186.392	0	186.392	253.711	253.711
5	1.09895	216.864	-59.1397	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	236.594	0	236.594	291.558	291.558
6	1.09895	251.459	-54.9073	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	212.217	0	212.217	258.962	258.962
7	1.09895	281.195	-51.0854	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	244.072	0	244.072	284.754	284.754
8	1.09895	307.249	-47.559	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	337.888	0	337.888	373.804	373.804
9	1.09895	330.351	-44.2572	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	362.823	0	362.823	394.826	394.826
10	1.09895	350.993	-41.1324	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	322.585	0	322.585	351.269	351.269
11	1.09895	369.524	-38.1505	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	311.214	0	311.214	337.014	337.014
12	1.09895	386.205	-35.2864	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	328.189	0	328.189	351.431	351.431
13	1.09895	401.233	-32.5205	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	348.781	0	348.781	369.721	369.721
14	1.09895	414.763	-29.8376	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	373.647	0	373.647	392.485	392.485
15	1.09895	426.918	-27.2251	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	465.8	0	465.8	482.698	482.698
16	1.09895	437.797	-24.6726	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	477.51	0	477.51	492.597	492.597
17	1.09895	447.481	-22.1715	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	435.344	0	435.344	448.728	448.728
18	1.09895	456.036	-19.7142	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	417.606	0	417.606	429.375	429.375
19	1.09895	463.517	-17.2942	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	480.584	0	480.584	490.81	490.81
20	1.09895	469.969	-14.9057	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	513.131	0	513.131	521.873	521.873
21	1.09895	475.428	-12.5434	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	491.72	0	491.72	499.027	499.027
22	1.09895	480.123	-10.2027	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	440.433	0	440.433	446.344	446.344
23	1.09895	482.603	-7.87908	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	434.604	0	434.604	439.149	439.149
24	1.09895	472.745	-5.56845	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	426.977	0	426.977	430.179	430.179
25	1.09895	459.213	-3.2669	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	415.99	0	415.99	417.865	417.865
26	1.09895	444.782	0.970615	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	404.177	0	404.177	404.733	404.733
27	1.09895	429.455	1.32411	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	391.545	0	391.545	390.786	390.786
28	1.09895	413.231	3.62096	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	378.101	0	378.101	376.023	376.023
29	1.09895	396.107	5.92366	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	363.848	0	363.848	360.441	360.441
30	1.09895	378.072	8.23602	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	348.784	0	348.784	344.03	344.03
31	1.09895	361.613	10.562	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	335.177	0	335.177	329.053	329.053
32	1.09895	354.026	12.9058	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	329.675	0	329.675	322.15	322.15
33	1.09895	336.81	15.2717	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	315.45	0	315.45	306.483	306.483
34	1.09895	321.544	17.6648	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	303.051	0	303.051	292.592	292.592
35	1.09895	313.556	20.0901	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	297.335	0	297.335	285.323	285.323
36	1.09895	304.216	22.5537	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	290.464	0	290.464	276.824	276.824
37	1.09895	293.993	25.0622	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	282.88	0	282.88	267.521	267.521
38	1.09895	282.922	27.6233	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	274.634	0	274.634	257.447	257.447
39	1.09895	270.562	30.246	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	265.351	0	265.351	246.2	246.2
40	1.09895	256.81	32.9408	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	254.967	0	254.967	233.687	233.687
41	1.09895	241.538	35.7207	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	243.408	0	243.408	219.79	219.79
42	1.09895	224.587	38.6016	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	230.584	0	230.584	204.364	204.364
43	1.09895	205.749	41.6037	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	216.386	0	216.386	187.223	187.223
44	1.09895	184.754	44.7533	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	200.68	0	200.68	168.118	168.118
45	1.09895	161.234	48.0861	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	183.303	0	183.303	146.716	146.716
46	1.09895	134.669	51.6526	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	164.059	0	164.059	122.543	122.543
47	1.09895	104.276	55.5287	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	142.725	0	142.725	94.8864	94.8864
48	1.09895	68.7802	59.8394	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	119.106	0	119.106	62.5864	62.5864
49	1.09895	25.7945	64.82	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	93.3302	0	93.3302	23.4711	23.4711
50	0.0411561	0.0380694	67.6298	U3b	39.2857	0	32.8435	39.2857	80.7262	0	80.7262	0.924069	0.924069

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.19615

 IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 69 di 108

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	32.6905	38.4327	0	0	0
2	33.5898	34.4119	45.4811	0	0
3	34.489	31.9	145.055	0	0
4	34.6583	31.5	173.822	0	0
5	35.7573	29.2475	557.58	0	0
6	36.8562	27.4084	956.609	0	0
7	37.9552	25.8443	1252.44	0	0
8	39.0541	24.4831	1548.59	0	0
9	40.1531	23.2813	1918.56	0	0
10	41.252	22.2105	2270.99	0	0
11	42.351	21.2507	2544.5	0	0
12	43.4499	20.3875	2777.06	0	0
13	44.5489	19.6097	2996.21	0	0
14	45.6478	18.9091	3204.49	0	0
15	46.7468	18.2787	3403.92	0	0
16	47.8457	17.7134	3631.19	0	0
17	48.9447	17.2085	3836.15	0	0
18	50.0436	16.7607	3995.02	0	0
19	51.1426	16.3669	4123.38	0	0
20	52.2415	16.0247	4251.72	0	0
21	53.3405	15.7322	4365.73	0	0
22	54.4394	15.4877	4449.87	0	0
23	55.5384	15.2899	4500.89	0	0
24	56.6373	15.1378	4530.89	0	0
25	57.7363	15.0307	4540.54	0	0
26	58.8352	14.968	4530.55	0	0
27	59.9342	14.9494	4501.98	0	0
28	61.0331	14.9748	4455.94	0	0
29	62.1321	15.0443	4393.55	0	0
30	63.231	15.1583	4315.97	0	0
31	64.33	15.3174	4224.4	0	0
32	65.4289	15.5223	4119.62	0	0
33	66.5279	15.7741	4000.52	0	0
34	67.6268	16.0742	3869.77	0	0
35	68.7258	16.4241	3727.62	0	0
36	69.8247	16.8261	3572.01	0	0
37	70.9237	17.2825	3403.35	0	0
38	72.0226	17.7964	3221.88	0	0
39	73.1216	18.3715	3027.85	0	0
40	74.2205	19.0123	2821.73	0	0
41	75.3195	19.7243	2604.08	0	0
42	76.4184	20.5146	2375.63	0	0
43	77.5174	21.3919	2137.24	0	0
44	78.6163	22.3677	1889.99	0	0
45	79.7153	23.4573	1635.25	0	0
46	80.8142	24.6815	1374.76	0	0
47	81.9132	26.0706	1110.77	0	0
48	83.0121	27.6713	846.212	0	0
49	84.1111	29.5625	584.868	0	0
50	85.21	31.9	330.615	0	0
51	85.2512	32	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-1	31.9
97.8069	31.9

Distributed Load

X	Y
42.4091	38.4327
33.4321	38.4327

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 70 di 108</p>

Distributed Load

X	Y
55.1608	38.4327
45.2956	38.4327

Distributed Load

X	Y
37.073	38.4327
34.5446	38.4327

Distributed Load

X	Y
41.4927	38.4327
38.8548	38.4327

Distributed Load

X	Y
49.3183	38.4327
46.7376	38.4327

Distributed Load

X	Y
54.0565	38.4327
51.4894	38.4327

External Boundary

X	Y
0	0
96.574	0
96.574	5
96.574	11
96.574	14
96.574	17
96.574	32
71	32
67.8	32
66	33
64.8	33
56.2	38.4327
43.832	38.4327
31.3	38.4327
20	32
18	32
0	32
0	17
0	14
0	11
0	5

Material Boundary

X	Y
43.832	38.4327
55.033	31.3
69	31.3

Material Boundary

X	Y
19	31.5
54.7185	31.5

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 71 di 108</p>

Material Boundary

X	Y
18	32
19	31.5

Material Boundary

X	Y
69	31.3
71	32

Material Boundary

X	Y
0	14
96.574	14

Material Boundary

X	Y
0	11
96.574	11

Material Boundary

X	Y
43.832	38.4327
54.7185	31.5

Material Boundary

X	Y
0	5
96.574	5

Material Boundary

X	Y
0	17
96.574	17

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 72 di 108</p>

ALLEGATO 4 – TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU SISMICA

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 73 di 108</p>

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: RI49_sism.slim
Slide Modeler Version: 7.038
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 17/03/2021, 17:14:01

General Settings

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

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)
Name: Stabilità Globale_A2+M2+R2

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

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

Bishop simplified

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

Groundwater Analysis

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 74 di 108</p>

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

Random Numbers

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

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Auto Refine Search
Divisions along slope: 10
Circles per division: 10
Number of iterations: 10
Divisions to use in next iteration: 50%
Composite Surfaces: Disabled
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth [m]: 3
Minimum Area: Not Defined
Minimum Weight: Not Defined

Seismic

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.083
Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.041

6 Distributed Loads present

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 75 di 108

Distributed Load 1
 Distribution: Constant
 Magnitude [kPa]: 14.4
 Orientation: Normal to boundary
 Load Action: Permanent

Distributed Load 2
 Distribution: Constant
 Magnitude [kPa]: 14.4
 Orientation: Normal to boundary
 Load Action: Permanent

Distributed Load 3
 Distribution: Constant
 Magnitude [kPa]: 12.3
 Orientation: Normal to boundary
 Load Action: Variable

Distributed Load 4
 Distribution: Constant
 Magnitude [kPa]: 12.3
 Orientation: Normal to boundary
 Load Action: Variable

Distributed Load 5
 Distribution: Constant
 Magnitude [kPa]: 12.3
 Orientation: Normal to boundary
 Load Action: Variable

Distributed Load 6
 Distribution: Constant
 Magnitude [kPa]: 12.3
 Orientation: Normal to boundary
 Load Action: Variable

Material Properties

Property	Rilevato	Unità6	U 3b	Unità4	U 3b-2
Color					
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Undrained	Mohr-Coulomb	Undrained
Unit Weight [kN/m ³]	20	19	18.5	19	18.5
Cohesion [kPa]	0	0		0	
Friction Angle [deg]	38	39		38	
Cohesion Type			55		70
Water Surface	Water Table				
Hu Value	1	1	0	1	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	1.116500
Center:	67.324, 50.999
Radius:	19.102
Left Slip Surface Endpoint:	52.936, 38.433
Right Slip Surface Endpoint:	69.313, 32.000
Resisting Moment:	6237.05 kN-m
Driving Moment:	5586.27 kN-m
Total Slice Area:	27.845 m ²
Surface Horizontal Width:	16.3769 m
Surface Average Height:	1.70026 m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

 IRICAV2	ALTA Sorveglianza  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBRI490001A	Foglio 76 di 108



Number of Valid Surfaces: 1372
Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.1165

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.325658	1.18343	-48.1349	Rilevato	0	32.0066	11.6742	13.0342	20.8539	0	20.8539	33.8809	33.8809
2	0.325658	3.49193	-46.6911	Rilevato	0	32.0066	14.2879	15.9524	25.5228	0	25.5228	40.68	40.68
3	0.325658	5.68812	-45.2849	Rilevato	0	32.0066	16.8608	18.8251	30.1188	0	30.1188	47.1481	47.1481
4	0.325658	7.78028	-43.9128	Rilevato	0	32.0066	16.1343	18.014	28.8211	0	28.8211	44.3545	44.3545
5	0.325658	9.77555	-42.5716	Rilevato	0	32.0066	15.9684	17.8287	28.5246	0	28.5246	43.1937	43.1937
6	0.325658	11.6801	-41.2587	Rilevato	0	32.0066	18.3224	20.457	32.7297	0	32.7297	48.8029	48.8029
7	0.325658	13.4995	-39.9717	Rilevato	0	32.0066	19.7085	22.0045	35.2056	0	35.2056	51.7264	51.7264
8	0.325658	15.2384	-38.7085	Rilevato	0	32.0066	17.3437	19.3642	30.9812	0	30.9812	44.8804	44.8804
9	0.325658	16.9011	-37.4673	Rilevato	0	32.0066	19.4996	21.7713	34.8325	0	34.8325	49.7774	49.7774
10	0.325658	18.4914	-36.2464	Rilevato	0	32.0066	21.6162	24.1345	38.6133	0	38.6133	54.4609	54.4609
11	0.325658	19.3721	-35.0442	Rilevato	0	32.0066	22.9348	25.6067	40.9688	0	40.9688	57.0544	57.0544
12	0.325658	19.4879	-33.8595	Rilevato	0	32.0066	23.3574	26.0785	41.7237	0	41.7237	57.3953	57.3953
13	0.325658	19.5402	-32.6911	Rilevato	0	32.0066	23.7013	26.4625	42.3381	0	42.3381	57.5489	57.5489
14	0.325658	19.5317	-31.5377	Rilevato	0	32.0066	23.968	26.7603	42.8144	0	42.8144	57.5238	57.5238
15	0.325658	19.4649	-30.3984	Rilevato	0	32.0066	24.1581	26.9725	43.1541	0	43.1541	57.3267	57.3267
16	0.325658	19.3416	-29.2723	Rilevato	0	32.0066	24.2722	27.0999	43.3578	0	43.3578	56.9633	56.9633
17	0.325658	19.1638	-28.1585	Rilevato	0	32.0066	24.3109	27.1431	43.4268	0	43.4268	56.4395	56.4395
18	0.325658	18.9332	-27.0561	Rilevato	0	32.0066	24.2744	27.1024	43.362	0	43.362	55.7604	55.7604
19	0.325658	18.6515	-25.9644	Rilevato	0	32.0066	24.1634	26.9784	43.1634	0	43.1634	54.9302	54.9302
20	0.325658	18.3199	-24.8828	Rilevato	0	32.0066	23.9779	26.7713	42.8322	0	42.8322	53.9536	53.9536
21	0.325658	17.9399	-23.8106	Rilevato	0	32.0066	23.718	26.4812	42.3679	0	42.3679	52.8341	52.8341
22	0.325658	17.5126	-22.7472	Rilevato	0	32.0066	23.384	26.1082	41.7711	0	41.7711	51.5755	51.5755
23	0.325658	17.0392	-21.692	Rilevato	0	32.0066	22.9756	25.6523	41.042	0	41.042	50.1814	50.1814
24	0.325658	16.5207	-20.6445	Rilevato	0	32.0066	22.4931	25.1135	40.1796	0	40.1796	48.6541	48.6541
25	0.325658	15.9581	-19.6041	Rilevato	0	32.0066	21.9358	24.4913	39.1843	0	39.1843	46.997	46.997
26	0.325658	15.3522	-18.5704	Rilevato	0	32.0066	21.3038	23.7857	38.0552	0	38.0552	45.2125	45.2125
27	0.325658	14.7039	-17.543	Rilevato	0	32.0066	20.5965	22.996	36.7918	0	36.7918	43.3029	43.3029
28	0.325658	14.0138	-16.5214	Rilevato	0	32.0066	19.8136	22.1219	35.3936	0	35.3936	41.2707	41.2707
29	0.325658	13.2827	-15.5051	Rilevato	0	32.0066	18.9546	21.1628	33.859	0	33.859	39.1174	39.1174
30	0.325658	12.5111	-14.4938	Rilevato	0	32.0066	18.0187	20.1179	32.1872	0	32.1872	36.8451	36.8451
31	0.325658	11.6997	-13.4871	Rilevato	0	32.0066	17.0052	18.9863	30.3768	0	30.3768	34.4553	34.4553
32	0.325658	10.849	-12.4846	Rilevato	0	32.0066	15.9134	17.7673	28.4264	0	28.4264	31.9498	31.9498
33	0.325658	9.95942	-11.486	Rilevato	0	32.0066	14.7422	16.4597	26.3343	0	26.3343	29.2299	29.2299
34	0.325658	9.0314	-10.491	Rilevato	0	32.0066	13.4907	15.0624	24.0987	0	24.0987	26.5968	26.5968
35	0.325658	8.06533	-9.49907	Rilevato	0	32.0066	12.1576	13.574	21.7174	0	21.7174	23.7517	23.7517
36	0.325658	7.06156	-8.51005	Rilevato	0	32.0066	10.7419	11.9933	19.1883	0	19.1883	20.7957	20.7957
37	0.325658	6.23796	-7.52358	Rilevato	0	32.0066	9.57582	10.6914	17.1055	0	17.1055	18.3702	18.3702
38	0.325658	6.37564	-6.53935	Rilevato	0	32.0066	9.87694	11.0276	17.6433	0	17.6433	18.7755	18.7755
39	0.325658	6.60039	-5.55706	Rilevato	0	32.0066	10.3192	11.5214	18.4333	0	18.4333	19.4373	19.4373
40	0.325658	6.78846	-4.5764	Rilevato	0	32.0066	10.7112	11.9591	19.1337	0	19.1337	19.9911	19.9911
41	0.325658	6.47855	-3.59708	Rilevato	0	32.0066	10.3172	11.5191	18.4298	0	18.4298	19.0784	19.0784
42	0.325658	5.42314	-2.61881	Rilevato	0	32.0066	8.71712	9.73267	15.5716	0	15.5716	15.9703	15.9703
43	0.325658	4.32367	-1.64131	Rilevato	0	32.0066	7.01524	7.83251	12.5314	0	12.5314	12.7324	12.7324
44	0.38429	3.63712	-0.576358	Rilevato	0	32.0066	5.04211	5.62952	9.02577	0.0189619	9.00681	9.07649	9.05753
45	0.38429	1.99625	0.576358	Rilevato	0	32.0066	2.79389	3.11938	5.00974	0.0189619	4.99078	4.98163	4.96267
46	0.321006	0.659523	1.63433	Rilevato	0	32.0066	1.1209	1.25148	2.00228	0	2.00228	1.9703	1.9703
47	0.321006	0.536456	2.59786	Rilevato	0	32.0066	0.920555	1.0278	1.6444	0	1.6444	1.60264	1.60264
48	0.321006	0.425556	3.56212	Rilevato	0	32.0066	0.737396	0.823303	1.31722	0	1.31722	1.27132	1.27132
49	0.321006	0.279816	4.52739	Rilevato	0	32.0066	0.489667	0.546713	0.874701	0	0.874701	0.835928	0.835928
50	0.321006	0.0991111	5.49396	Rilevato	0	32.0066	0.175184	0.195593	0.312936	0	0.312936	0.296087	0.296087

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.1165

--

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI490001A

77 di 108

SLIDENET/PROT 7.030



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

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	52.9362	38.4327	0	0	0
2	53.2619	38.0693	3.87638	0	0
3	53.5875	37.7239	8.33275	0	0
4	53.9132	37.395	13.223	0	0
5	54.2389	37.0814	17.653	0	0
6	54.5645	36.7823	21.8	0	0
7	54.8902	36.4966	26.1556	0	0
8	55.2158	36.2236	30.4714	0	0
9	55.5415	35.9626	34.1761	0	0
10	55.8671	35.713	37.9255	0	0
11	56.1928	35.4743	41.643	0	0
12	56.5185	35.2459	45.1428	0	0
13	56.8441	35.0274	48.2738	0	0
14	57.1698	34.8184	51.0292	0	0
15	57.4954	34.6185	53.4053	0	0
16	57.8211	34.4275	55.4018	0	0
17	58.1468	34.2449	57.021	0	0
18	58.4724	34.0706	58.2681	0	0
19	58.7981	33.9043	59.1505	0	0
20	59.1237	33.7457	59.6781	0	0
21	59.4494	33.5947	59.8633	0	0
22	59.775	33.4509	59.7203	0	0
23	60.1007	33.3144	59.2656	0	0
24	60.4264	33.1849	58.5177	0	0
25	60.752	33.0622	57.4971	0	0
26	61.0777	32.9462	56.2262	0	0
27	61.4033	32.8368	54.7295	0	0
28	61.729	32.7338	53.0332	0	0
29	62.0547	32.6372	51.1657	0	0
30	62.3803	32.5469	49.1572	0	0
31	62.706	32.4627	47.0399	0	0
32	63.0316	32.3846	44.8483	0	0
33	63.3573	32.3125	42.6184	0	0
34	63.6829	32.2463	40.3889	0	0
35	64.0086	32.186	38.2004	0	0
36	64.3343	32.1315	36.0958	0	0
37	64.6599	32.0828	34.1204	0	0
38	64.9856	32.0398	32.2568	0	0
39	65.3112	32.0025	30.2296	0	0
40	65.6369	31.9708	28.0025	0	0
41	65.9626	31.9447	25.578	0	0
42	66.2882	31.9242	23.1347	0	0
43	66.6139	31.9093	20.9793	0	0
44	66.9395	31.9	19.1715	0	0
45	67.2652	31.8961	17.5715	0	0
46	67.5908	31.9	16.6447	0	0
47	67.9165	31.9092	16.3214	0	0
48	68.2422	31.9237	16.0466	0	0
49	68.5679	31.9437	15.819	0	0
50	68.8935	31.9691	15.6629	0	0
51	69.2192	32	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-1	31.9
97.8069	31.9

Distributed Load

X	Y
42.4091	38.4327
33.4321	38.4327

Distributed Load

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 78 di 108</p>

X	Y
55.1608	38.4327
45.2956	38.4327

Distributed Load

X	Y
37.073	38.4327
34.5446	38.4327

Distributed Load

X	Y
41.4927	38.4327
38.8548	38.4327

Distributed Load

X	Y
49.3183	38.4327
46.7376	38.4327

Distributed Load

X	Y
54.0565	38.4327
51.4894	38.4327

External Boundary

X	Y
0	0
96.574	0
96.574	5
96.574	11
96.574	14
96.574	17
96.574	32
71	32
67.8	32
66	33
64.8	33
56.2	38.4327
43.832	38.4327
31.3	38.4327
20	32
18	32
0	32
0	17
0	14
0	11
0	5

Material Boundary

X	Y
43.832	38.4327
55.033	31.3
69	31.3

Material Boundary

X	Y
19	31.5
54.7185	31.5

Material Boundary

X	Y

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 79 di 108</p>

X	Y
18	32
19	31.5

Material Boundary

X	Y
69	31.3
71	32

Material Boundary

X	Y
0	14
96.574	14

Material Boundary

X	Y
0	11
96.574	11

Material Boundary

X	Y
43.832	38.4327
54.7185	31.5

Material Boundary

X	Y
0	5
96.574	5

Material Boundary

X	Y
0	17
96.574	17

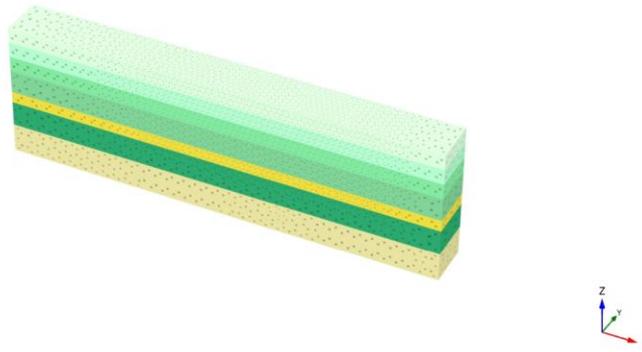
<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 80 di 108</p>

ALLEGATO 5 – TABULATI DI PLAXIS

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 81 di 108</p>

Ri49_1000

**1.1.1.1 Calculation results, Initial phase [InitialPhase] (0/0),
Connectivity plot**

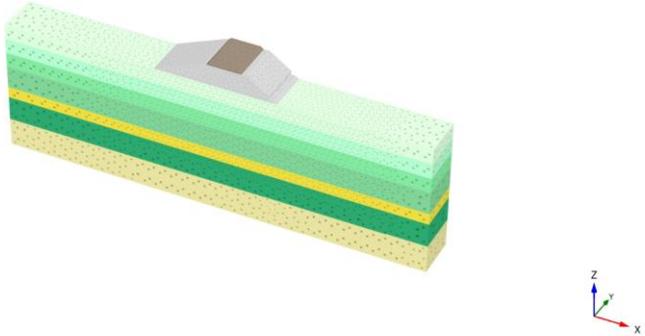


Connectivity plot

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 82 di 108</p>

Ri49_1000

1.1.1.2 Calculation results, LS [Phase_1] (1/9), Connectivity plot

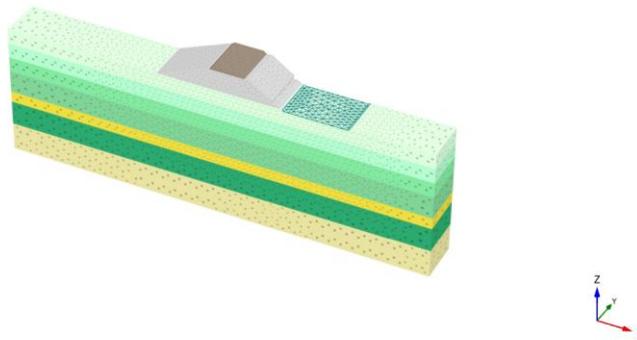


Connectivity plot

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 83 di 108</p>

Ri49_1000

1.1.1.3 Calculation results, scotico [Phase_5] (5/13), Connectivity plot

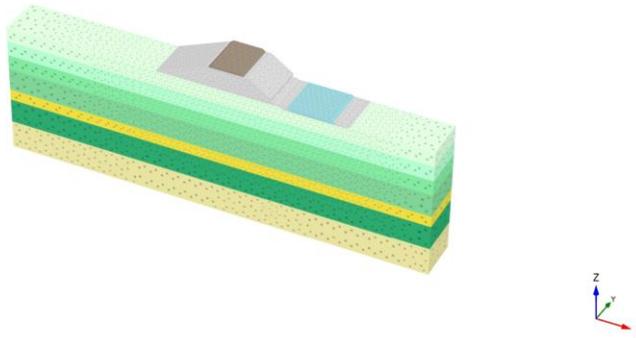


Connectivity plot

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 84 di 108</p>

Ri49_1000

**1.1.1.4 Calculation results, pali B C + mixcem [Phase_2] (2/16),
Connectivity plot**

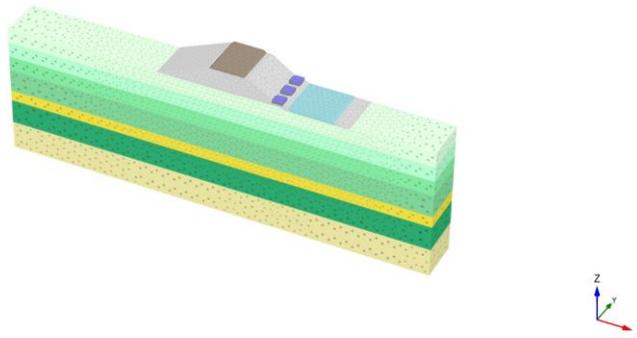


Connectivity plot

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 85 di 108</p>

Ri49_1000

1.1.1.5 Calculation results, pali A [Phase_3] (3/19), Connectivity plot

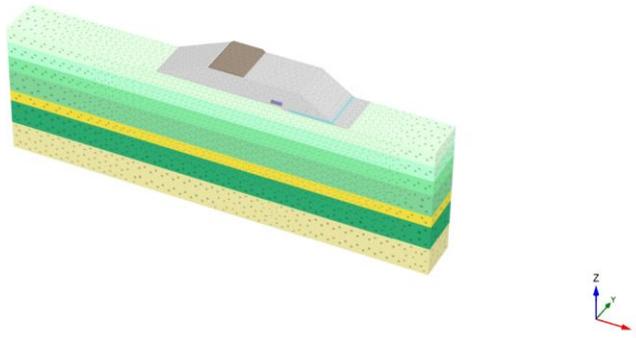


Connectivity plot

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 86 di 108</p>

Ri49_1000

**1.1.1.6 Calculation results, Completamento rilevato [Phase_4] (4/39),
Connectivity plot**

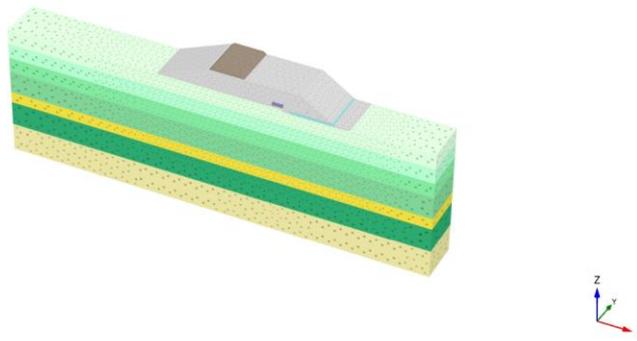


Connectivity plot

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 87 di 108</p>

Ri49_1000

**1.1.1.7 Calculation results, cons.rilevato [Phase_7] (7/122),
Connectivity plot**

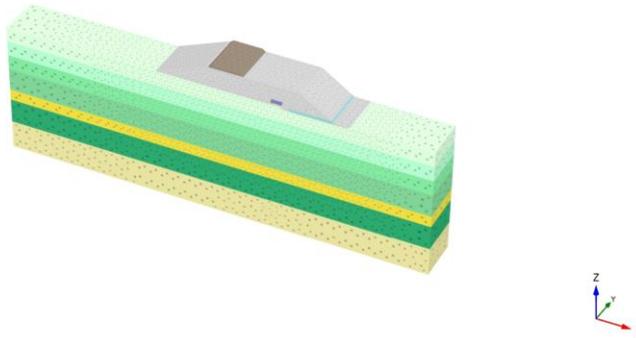


Connectivity plot

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 88 di 108</p>

Ri49_1000

**1.1.1.8 Calculation results, finitura+impianti [Phase_8] (8/128),
Connectivity plot**

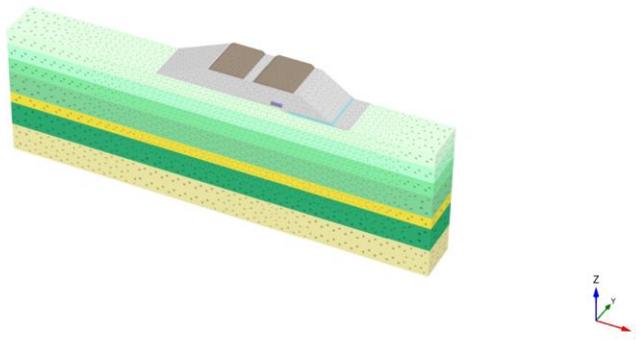


Connectivity plot

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 89 di 108</p>

Ri49_1000

1.1.1.9 Calculation results, Ballast [Phase_6] (6/134), Connectivity plot

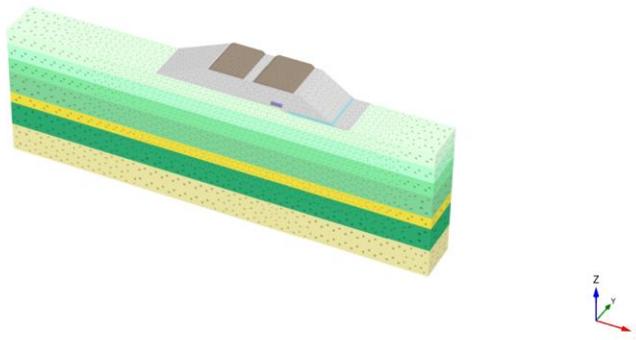


Connectivity plot

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 90 di 108</p>

Ri49_1000

1.1.1.10 Calculation results, Finale [Phase_9] (9/167), Connectivity plot



Connectivity plot

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 91 di 108

Ri49_1000

1.1.2.1.1 Materials - Soil and interfaces - Linear elastic

Identification		Ballast	CLS	MistoCementato
Identification number		1	9	10
Drainage type		Drained	Non-porous	Drained
Colour				
Comments				
γ_{unsat}	kN/m ³	18.00	25.00	20.00
γ_{sat}	kN/m ³	18.00	25.00	20.00
Dilatancy cut-off		No	No	No
e_{irst}		0.5000	0.5000	0.5000
e_{min}		0.000	0.000	0.000
e_{max}		999.0	999.0	999.0
Rayleigh α		0.000	0.000	0.000
Rayleigh β		0.000	0.000	0.000
E	kN/m ²	100.0E3	33.00E6	2.000E6
ν (nu)		0.3000	0.2000	0.2000
G	kN/m ²	38.46E3	13.75E6	833.3E3
E_{oed}	kN/m ²	134.6E3	36.67E6	2.222E6
V_s	m/s	144.8	2323	639.3
V_p	m/s	270.9	3793	1044
Set to default values		Yes	Yes	Yes
E_{inc}	kN/m ² /m	0.000	0.000	0.000
Z_{ref}	m	0.000	0.000	0.000
Undrained behaviour		Standard	Standard	Standard
Skempton-B		0.9783	0.9866	0.9866
ν_u		0.4950	0.4950	0.4950
$K_{w,ref} / n$	kN/m ²	3.750E6	1.352E9	81.94E6
Strength		Rigid	Rigid	Rigid
R_{inter}		1.000	1.000	1.000
Consider gap closure		Yes	Yes	Yes
δ_{inter}		0.000	0.000	0.000
Cross permeability		Impermeable	Impermeable	Impermeable
Drainage conductivity λ, dk	m ³ /day/m	0.000	0.000	0.000

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 92 di 108

Ri49_1000

Identification	Ballast	CLS	MistoCementato
Drainage conductivity $z_f dk$	m ³ /day/m	0.000	0.000
K_o determination	Manual	Automatic	Automatic
$K_{0,x} = K_{0,y}$	Yes	Yes	Yes
$K_{0,x}$	0.5000	1.000	1.000
$K_{0,y}$	0.5000	1.000	1.000
k_x	m/day	0.000	0.000
k_y	m/day	0.000	0.000
k_z	m/day	0.000	0.000
e_{int}	0.5000	0.5000	0.5000
S_s	1/m	0.000	0.000
c_k	1000E12	1000E12	1000E12

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 93 di 108

Ri49_1000

1.1.2.1.2 Materials - Soil and interfaces - Mohr-Coulomb

Identification		rilevato	Unità6	Unità 4
Identification number		2	8	11
Drainage type		Drained	Drained	Drained
Colour				
Comments				
γ_{ursat}	kN/m ³	20.00	19.00	19.00
γ_{sat}	kN/m ³	20.00	19.00	19.00
Dilatancy cut-off		No	No	No
e_{int}		0.5000	0.5000	0.5000
e_{min}		0.000	0.000	0.000
e_{max}		999.0	999.0	999.0
Rayleigh α		0.000	0.000	0.000
Rayleigh β		0.000	0.000	0.000
E	kN/m ²	60.00E3	120.0E3	40.00E3
ν (nu)		0.3000	0.3000	0.3000
G	kN/m ²	23.08E3	46.15E3	15.38E3
E_{oed}	kN/m ²	80.77E3	161.5E3	53.85E3
c_{ref}	kN/m ²	0.000	0.000	0.000
ϕ (phi)	°	38.00	39.00	38.00
ψ (psi)	°	0.000	0.000	0.000
V_s	m/s	106.4	154.4	89.13
V_p	m/s	199.0	288.8	166.7
Set to default values		Yes	No	No
E_{inc}	kN/m ² /m	0.000	0.000	0.000
Z_{ref}	m	0.000	0.000	0.000
c_{inc}	kN/m ² /m	0.000	0.000	0.000
Z_{ref}	m	0.000	0.000	0.000
Tension cut-off		Yes	No	No
Tensile strength	kN/m ²	0.000	10.00E6	10.00E6
Undrained behaviour		Standard	Standard	Standard
Skempton-B		0.9783	0.9783	0.9783
ν_u		0.4950	0.4950	0.4950

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 94 di 108

Ri49_1000

Identification		rilevato	Unità6	Unità 4
$K_{w,ref} / n$	kN/m ²	2.250E6	4.500E6	1.500E6
Strength		Manual	Rigid	Rigid
R_{inter}		0.6700	1.000	1.000
Consider gap closure		Yes	Yes	Yes
δ_{inter}		0.000	0.000	0.000
Cross permeability		Impermeable	Impermeable	Impermeable
Drainage conductivity $_{1, dk}$	m ³ /day/m	0.000	0.000	0.000
Drainage conductivity $_{2, dk}$	m ³ /day/m	0.000	0.000	0.000
K_0 determination		Automatic	Automatic	Automatic
$K_{0,x} = K_{0,y}$		Yes	Yes	Yes
$K_{0,x}$		0.3843	0.3707	0.3843
$K_{0,y}$		0.3843	0.3707	0.3843
k_x	m/day	0.000	1.000E-3	1.000E-3
k_y	m/day	0.000	1.000E-3	1.000E-3
k_z	m/day	0.000	1.000E-3	1.000E-3
e_{int}		0.5000	0.5000	0.5000
S_s	1/m	0.000	0.000	0.000
c_k		1000E12	1000E12	1000E12

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 95 di 108

Ri49_1000

1.1.2.1.3 Materials - Soil and interfaces - Hardening soil

Identification		Unità3b_1	Unità3b_2	Unità3b_3	Unità3b_4	Unità3b_5
Identification number		3	4	5	6	7
Drainage type		Undrained (B)				
Colour						
Comments						
γ_{sat}	kN/m ³	18.50	18.50	18.50	18.50	18.50
γ_{un}	kN/m ³	18.50	18.50	18.50	18.50	18.50
Dilatancy cut-off		No	No	No	No	No
e_{cr}		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
e_{cs}		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
e_{cu}		999.0	999.0	999.0	999.0	999.0
Rayleigh α		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Rayleigh β		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
E_{s0}	kN/m ²	1797	1797	1797	1797	1797
E_{s0}	kN/m ²	1438	1438	1438	1438	1438
E_{s0}	kN/m ²	13.80E3	13.80E3	13.80E3	13.80E3	13.80E3
power (m)		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Use alternatives		No	No	No	No	No
C_v		0.3200	0.3200	0.3200	0.3200	0.3200
C_v		0.03000	0.03000	0.03000	0.03000	0.03000
e_{cr}		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
c_v	kN/m ²	55.00	55.00	55.00	55.00	70.00
ϕ (phi)	°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ψ (psi)	°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Set to default values		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
v_{cr}		0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000
p_{cr}	kN/m ²	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
K_{s0}		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
c_{cr}	kN/m ² /m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
z_{cr}	m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
R_v		0.9000	0.9000	0.9000	0.9000	0.9000
Tension cut-off		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Tensile strength	kN/m ²	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Undrained behaviour		Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Skempton-B		0.9866	0.9866	0.9866	0.9866	0.9866
v_{cr}		0.4950	0.4950	0.4950	0.4950	0.4950
K_{s0} / n	kN/m ²	565.4E3	565.4E3	565.4E3	565.4E3	565.4E3
Strength		Manual	Manual	Manual	Manual	Manual
R_{cr}		0.8000	0.8000	0.8000	0.8000	0.8000
Consider gap closure		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
δ_{cr}		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cross permeability		Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI4900001A

Foglio
96 di 108

Ri49_1000

Identification		Unità3b_1	Unità3b_2	Unità3B_3	Unità3B_4	Unità3B_5
Drainage conductivity $\gamma_{1,dk}$	m ³ /day/m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Drainage conductivity $\gamma_{2,dk}$	m ³ /day/m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K_{1s} determination		Manual	Manual	Manual	Manual	Manual
$K_{1s} = K_{1e}$		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
K_{1e}		0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000
K_{1s}		0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000
OCR		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
POP	kN/m ²	140.0	130.0	100.0	70.00	70.00
k_{1s}	m/day	0.08600E-3	0.08600E-3	0.08600E-3	0.08600E-3	0.08600E-3
k_{1e}	m/day	0.08600E-3	0.08600E-3	0.08600E-3	0.08600E-3	0.08600E-3
k_{1s}	m/day	0.08600E-3	0.08600E-3	0.08600E-3	0.08600E-3	0.08600E-3
e_{1s}		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
S_{1s}	1/m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
c_{1s}		1000E12	1000E12	1000E12	1000E12	1000E12

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 97 di 108

Ri49_1000

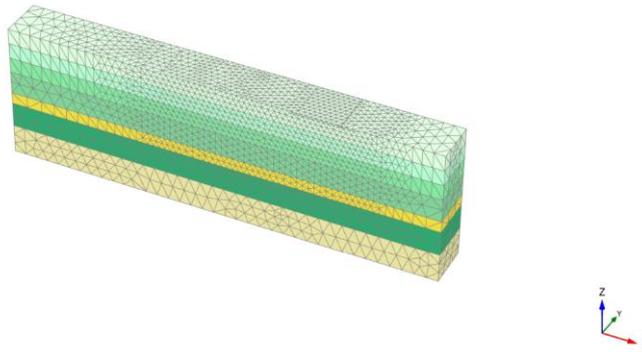
1.1.2.2 Materials - Embedded beams -

Identification		PaliA	PaliBeC
Identification number		1	2
Comments			
Colour		■	■
Material type		Elastic	Elastic
E	kN/m ²	33.00E6	33.00E6
γ	kN/m ³	5.500	5.500
Beam type		Predefined	Predefined
Predefined beam type		Massive circular beam	Massive circular beam
Diameter	m	1.000	1.000
A	m ²	0.7854	0.7854
I ₂	m ⁴	0.04909	0.04909
I ₃	m ⁴	0.04909	0.04909
Rayleigh α		0.000	0.000
Rayleigh β		0.000	0.000
Axial skin resistance		Multi-linear	Multi-linear
Multi-linear axial resistance		Axial skin resistance table	Axial skin resistance table
F _{max}	kN	4500	400.0
Identification number		1	2

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 98 di 108</p>

Ri49_1000

2.1.1.1.1 Calculation results, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Total displacements u_z

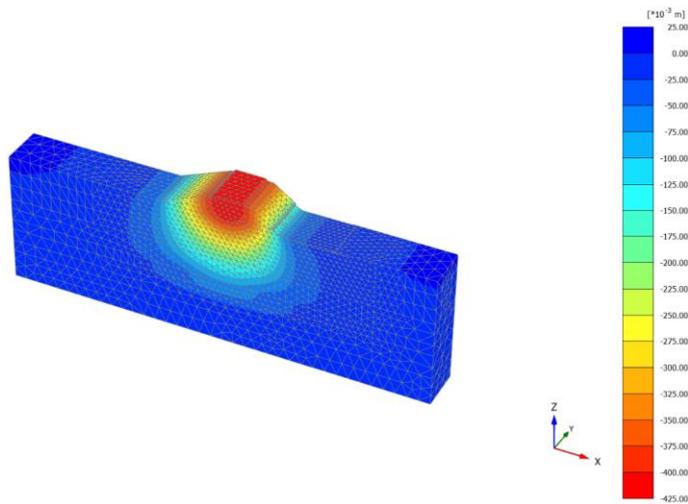


Total displacements u_z
Uniform value of 0.000 m

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 99 di 108</p>

Ri49_1000

2.1.1.1.2 Calculation results, LS [Phase_1] (1/9), Total displacements u_z



Total displacements u_z

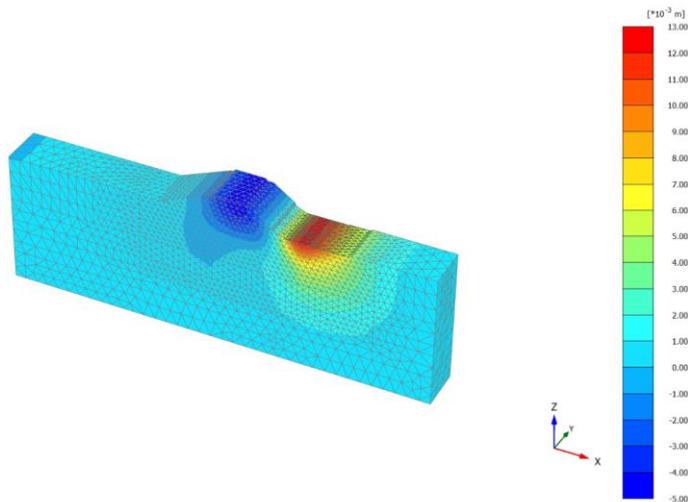
Maximum value = $1.769 \cdot 10^{-3}$ m (Element 9471 at Node 79617)

Minimum value = -0.4222 m (Element 2612 at Node 17197)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 100 di 108</p>

Ri49_1000

2.1.1.1.3 Calculation results, scotico [Phase_5] (5/13), Total displacements u_z



Total displacements u_z

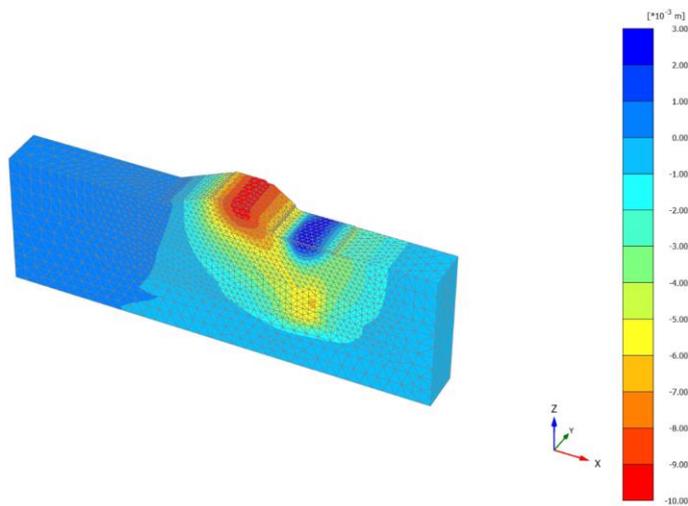
Maximum value = 0.01224 m (Element 12463 at Node 8460)

Minimum value = $-4.396 \cdot 10^{-3}$ m (Element 3215 at Node 12760)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 101 di 108</p>

Ri49_1000

**2.1.1.1.4 Calculation results, pali B C + mixcem [Phase_2] (2/16),
Total displacements u_z**



Total displacements u_z

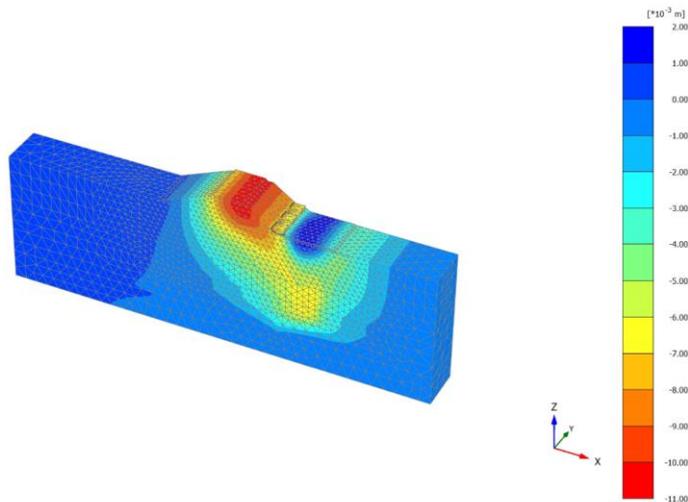
Maximum value = $2.860 \cdot 10^{-3}$ m (Element 8914 at Node 8352)

Minimum value = $-9.489 \cdot 10^{-3}$ m (Element 3067 at Node 12836)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 102 di 108</p>

Ri49_1000

2.1.1.1.5 Calculation results, pali A [Phase_3] (3/19), Total displacements u_z



Total displacements u_z

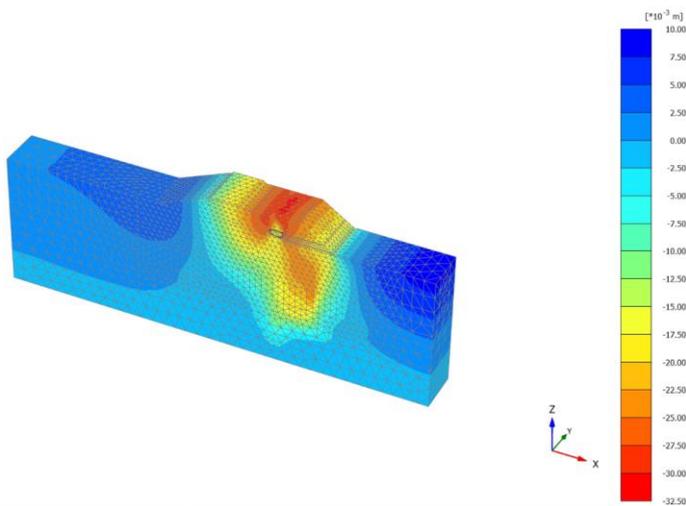
Maximum value = $1.834 \cdot 10^{-3}$ m (Element 8937 at Node 7328)

Minimum value = -0.01056 m (Element 466 at Node 14694)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 103 di 108</p>

Ri49_1000

2.1.1.1.6 Calculation results, Completamento rilevato [Phase_4] (4/39), Total displacements u_z



Total displacements u_z

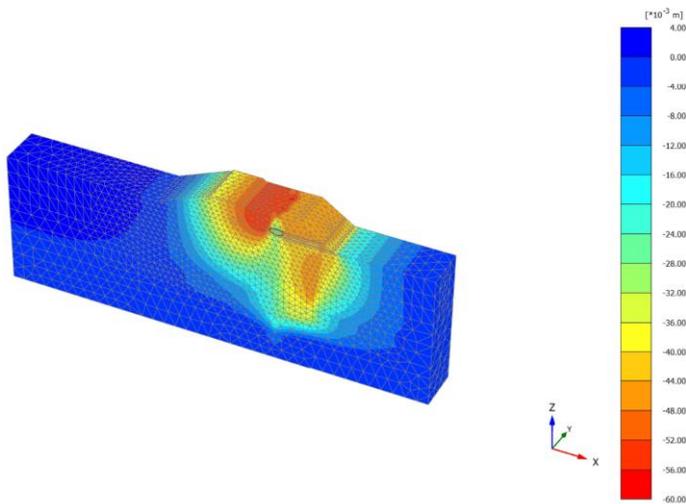
Maximum value = $8.333 \cdot 10^{-3}$ m (Element 10993 at Node 48201)

Minimum value = -0.03217 m (Element 1012 at Node 5424)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 104 di 108

Ri49_1000

2.1.1.1.7 Calculation results, cons.rilevato [Phase_7] (7/122), Total displacements u_z



Total displacements u_z (Time 120.0 day)

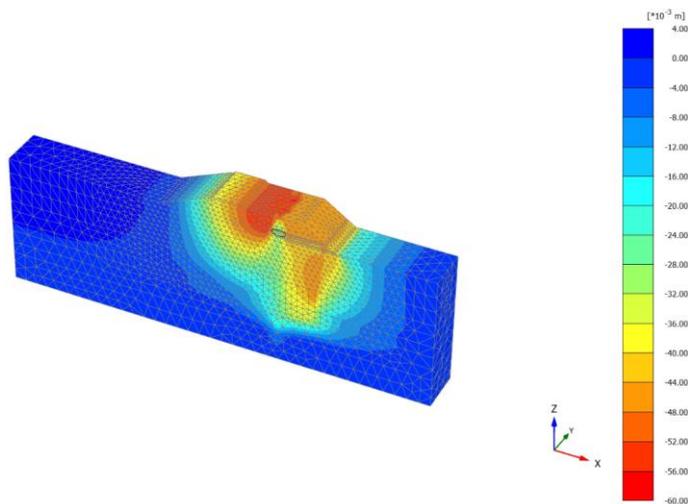
Maximum value = $0.7748 \cdot 10^{-3}$ m (Element 9631 at Node 73533)

Minimum value = -0.05691 m (Element 887 at Node 4279)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 105 di 108</p>

Ri49_1000

2.1.1.1.8 Calculation results, finitura+impianti [Phase_8] (8/128), Total displacements u_z



Total displacements u_z (Time 270.0 day)

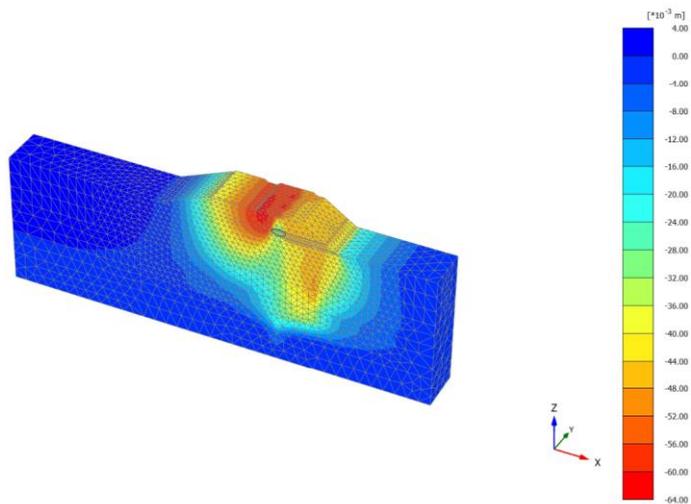
Maximum value = $0.7747 \cdot 10^{-3}$ m (Element 9631 at Node 73533)

Minimum value = -0.05691 m (Element 887 at Node 4279)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 106 di 108</p>

Ri49_1000

2.1.1.1.9 Calculation results, Ballast [Phase_6] (6/134), Total displacements u_z



Total displacements u_z

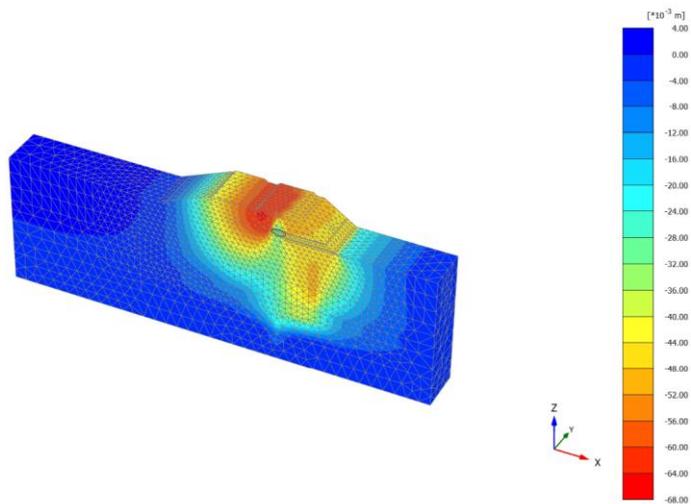
Maximum value = $1.503 \cdot 10^{-3}$ m (Element 9617 at Node 66220)

Minimum value = -0.06141 m (Element 95 at Node 5330)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4900001A</p>	<p>Foglio 107 di 108</p>

Ri49_1000

2.1.1.1.10 Calculation results, Finale [Phase_9] (9/167), Total displacements u_z



Total displacements u_z (Time 770.0 day)

Maximum value = $0.8371 \cdot 10^{-3}$ m (Element 9631 at Node 73533)

Minimum value = -0.06446 m (Element 636 at Node 7861)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+925,00 a pk 29+150,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4900001A	Foglio 108 di 108

ALLEGATO 6- VERSIONI DEI SOFTWARE UTILIZZATI

- 1) SLIDE ver 7.0
- 2) PLAXIS 3D ver 2017