

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+450,00 a pk 28+680,00  
GENERALE  
Relazione Geotecnica**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio Iricav Due ing. Paolo Carmona Data: Dicembre 2021			

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	7	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>Maria Conti</i>	Dicembre 2021	V. Pastore <i>V. Pastore</i>	Dicembre 2021	P. Ascari <i>Paolo Ascari</i>	Dicembre 2021	 P. Ascari Data: Dicembre 2021

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712EI2RBRI4700001A_02.DOCX
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

<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+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 2 di 117</p>

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.....	26
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 .....	29
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.....	32
5.2.3	Commento ai risultati .....	36
6	VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO FERROVIARIO .....	41
6.1	Criteri di verifica agli Stati Limite.....	41
6.1.1	Stati limite ultimi (SLU).....	41
6.1.2	Stati limite di esercizio (SLE) .....	43
6.1.3	Verifiche in condizioni sismiche e post-sismiche.....	43
6.2	Azioni di progetto .....	43

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 3 di 117</p>

6.2.1	Azioni permanenti .....	44
6.2.2	Azioni variabili .....	44
6.2.3	Azione sismica .....	44
6.3	Verifiche e risultati SLU .....	45
6.3.1	Premessa .....	45
6.3.2	Verifiche SLU in condizione statiche .....	45
6.3.3	Verifiche SLU in condizioni sismiche .....	46
6.4	Verifica e risultati SLE .....	48
6.4.1	Premessa e descrizione concettuale della soluzione .....	48
6.4.2	Metodologia di calcolo .....	49
6.4.3	Schematizzazione e risultati .....	51
7	CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI .....	57
	Allegati .....	58
	ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO .....	59
	ALLEGATO 2 – INDAGINI GEOGNOSTICHE .....	61
	ALLEGATO 3 – TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU STATICA .....	68
	ALLEGATO 4 – TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU SISMICA .....	76
	ALLEGATO 5 – TABULATI DI PLAXIS .....	84
	ALLEGATO 6 - VERSIONI DEI SOFTWARE UTILIZZATI .....	117

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 4 di 117</p>

## 1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la Relazione Geotecnica del rilevato RI47, 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+450,00 e il km 28+680,00.

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 4);
- valutazione della suscettibilità alla liquefazione e descrizione degli eventuali interventi di mitigazione (capitolo 5);
- verifiche geotecniche dei rilevati (capitolo 6);
- conclusioni e raccomandazioni (capitolo 7).

<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+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 5 di 117</p>

## 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
- [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

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 6 di 117

- [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.
- [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.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p><b>IRICAV2</b></p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 7 di 117</p>

- [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.

<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+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 8 di 117</p>

### 3 INQUADRAMENTO DELL'OPERA

#### 3.1 Premessa

Il rilevato ferroviario in esame si estende tra il km 28+450,00 e il km 28+680,00 per una lunghezza totale di 230 m. Il rilevato risulta in affiancamento alla linea storica per tutta la sua estensione. Per la tratta in esame non si evidenziano altre interferenze con opere principali adiacenti e/o attraversate.

#### 3.2 Geometria del rilevato

Come detto, il rilevato risulta in affiancamento sul lato nord ed 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 6.3 vengono presentate le verifiche di stabilità per la sezione, mentre il calcolo dei cedimenti viene presentato nel paragrafo 6.1.2. Per entrambe le verifiche si fa riferimento alla sezione di massima altezza del rilevato lungo la tratta (vedi Figura 1).

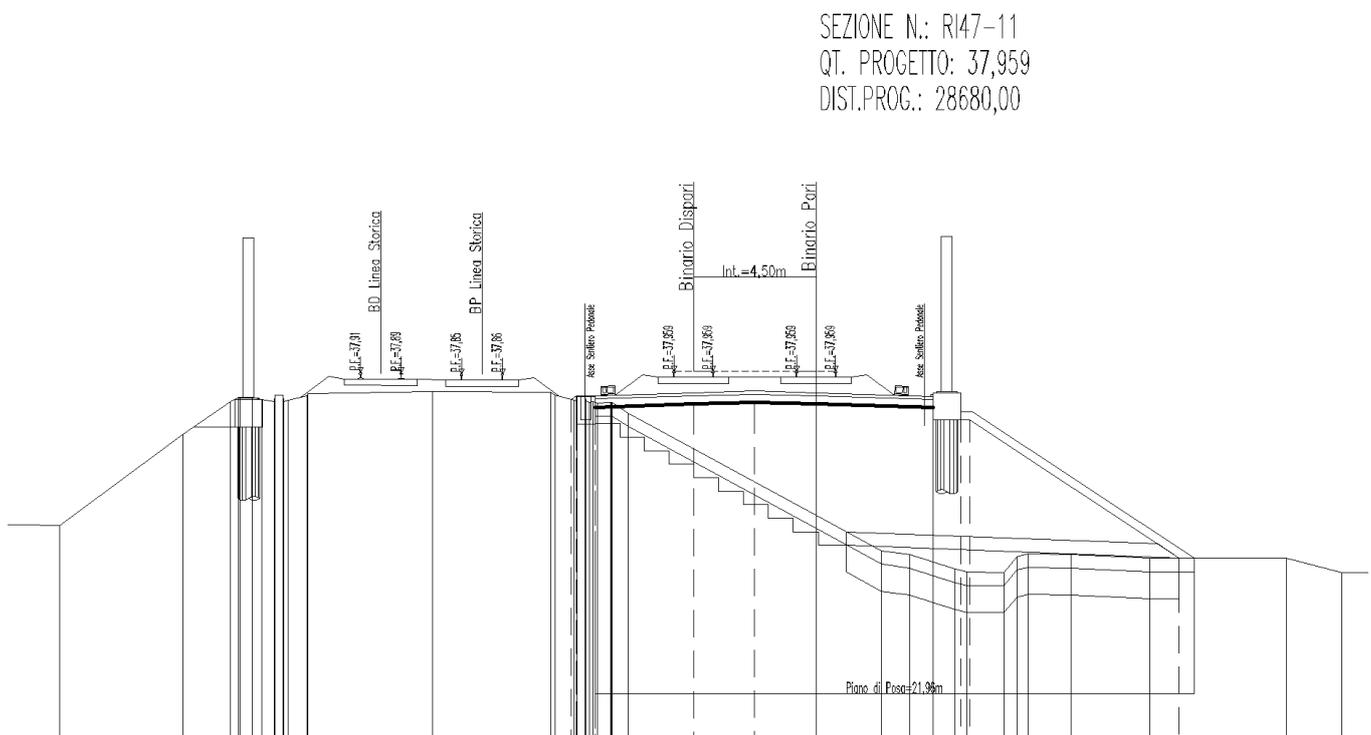


Figura 1 – Sezione di riferimento (pk 26+680,00 n. R147-11) estratta da sezioni PE (Doc Rif. [1])

<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+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 9 di 117</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 2.5m x 2.5m e spessi 0.6 m). La lunghezza delle inclusioni è tale da inserirsi 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. Queste inclusioni avranno lunghezza tale da non intaccare lo strato di ghiaie profondo posto a circa 28 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 RI47, 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 regolare a interasse 4.5 m.

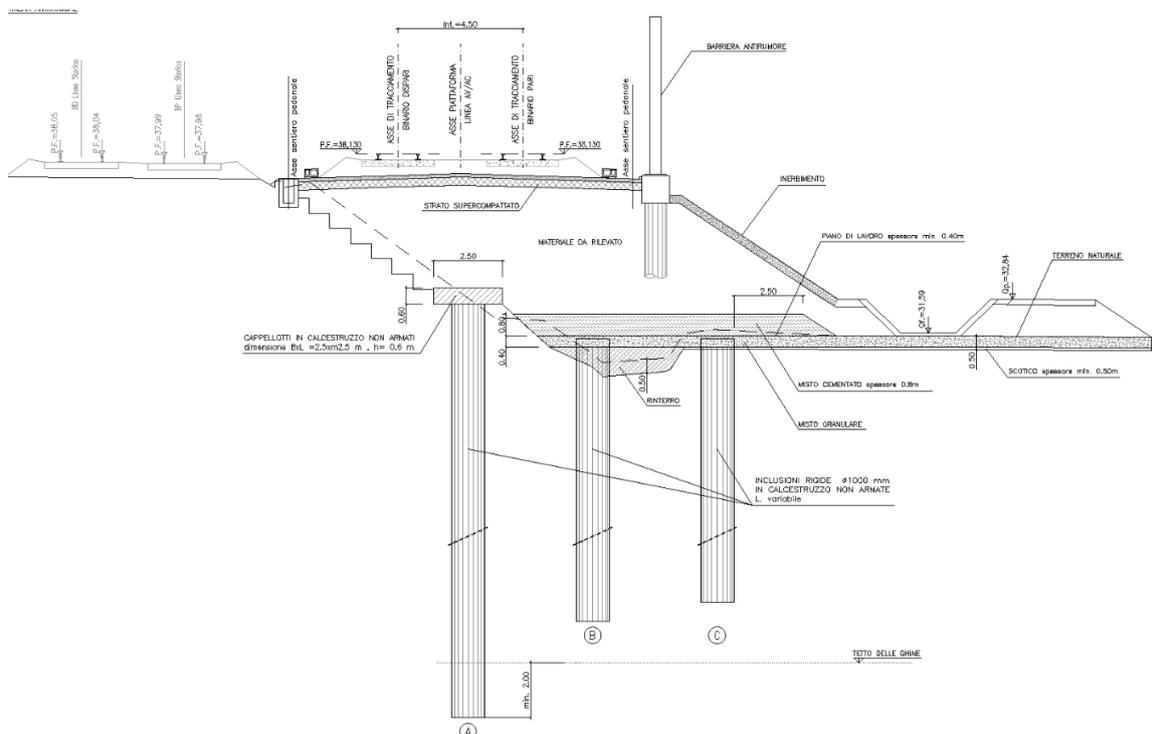


Figura 2 – Schema in sezione degli interventi con inclusioni rigide

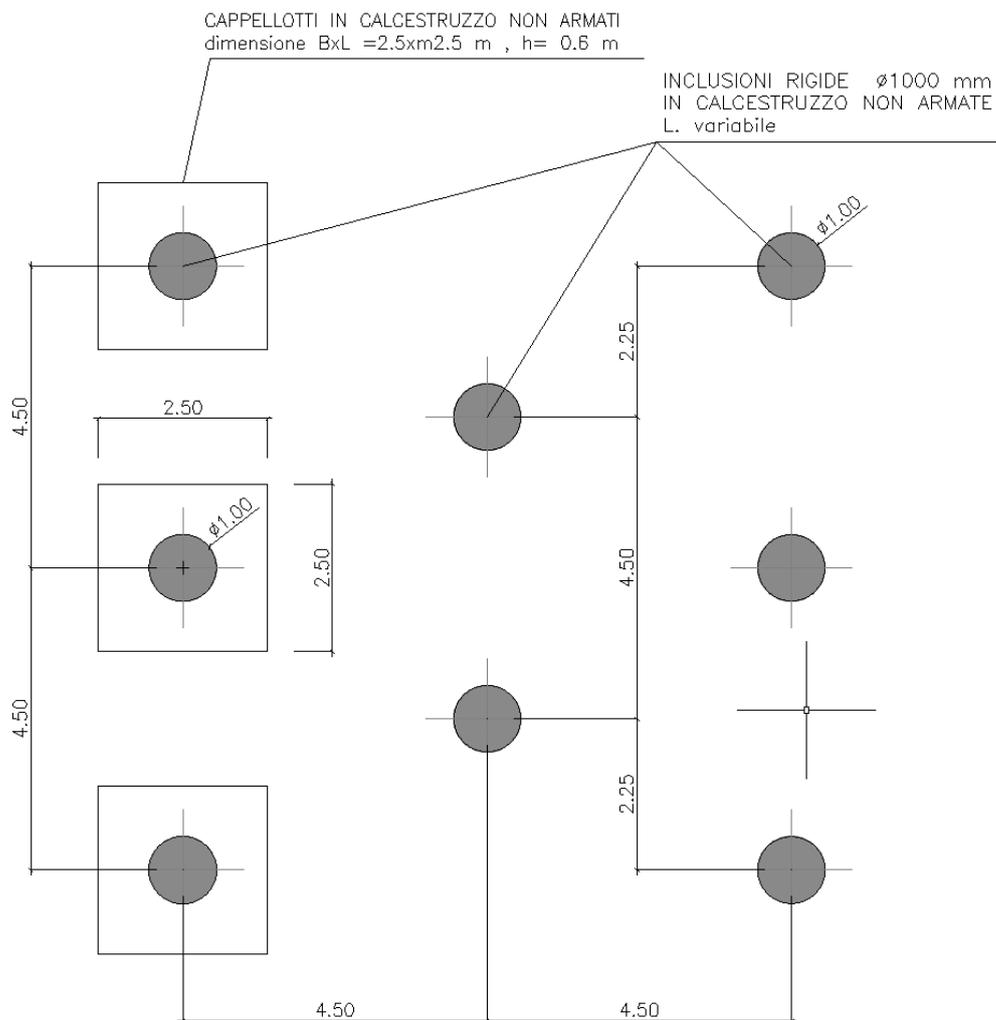


Figura 3 – Schema planimetrico degli interventi con inclusioni rigide

<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+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 11 di 117</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 (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 il km 28+450,00 e il km 28+680,00

Progressiva pk	ID indagini -	Campagna anno
28+470	BH-PE-57	2021
28+485	CPTU-PE-37/6	2021
28+600	SPC41	2014/2015
28+670	CPTU76	2014/2015
28+670	XA203O013	2002

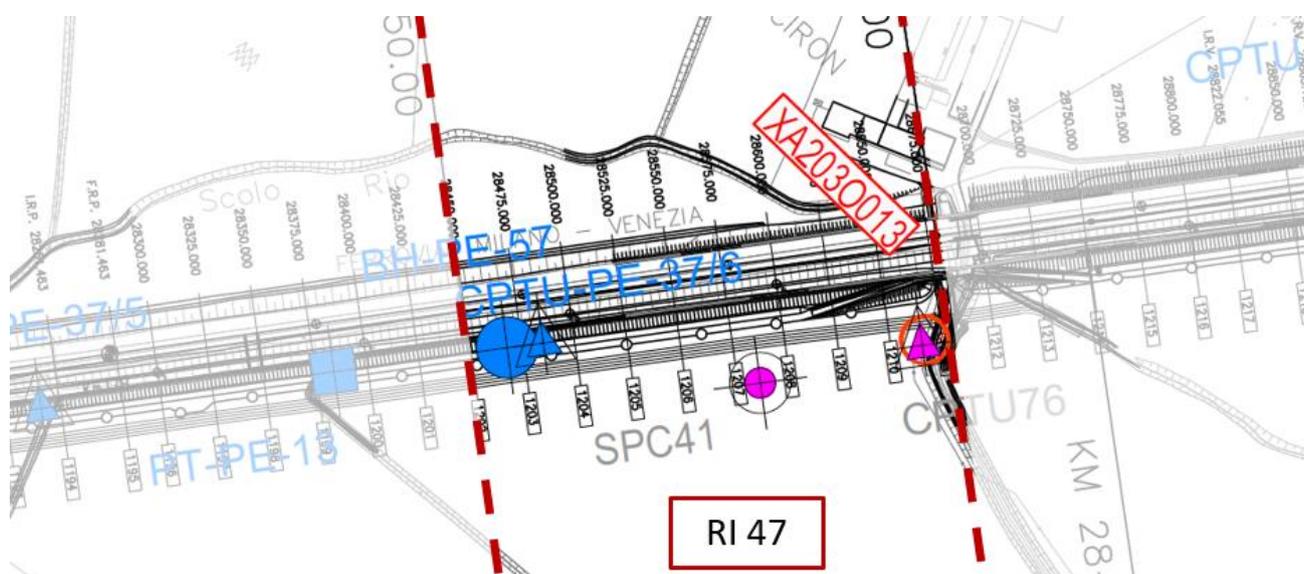


Figura 4 - Planimetria Rilevato RI47, estratto dalla Planimetria Generale (Doc. Rif. [3])

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 12 di 117</p>

## 4.2 Inquadramento stratigrafico

L'area in esame è caratterizzata dall'alternanza di limi argillosi-sabbiosi (Unità 3b/3a) alternati a lenti di sabbie (Unità 4). Al di sotto di tali alternanze, le indagini disponibili nell'area indicano la presenza di una unità di ghiaie (Unità 6) mediamente addensate che si estendono a partire da circa 28 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 RI47 estratto dalla Planimetria e Profilo Geotecnico Tav. 7 di 11 (Doc. Rif. [3]).

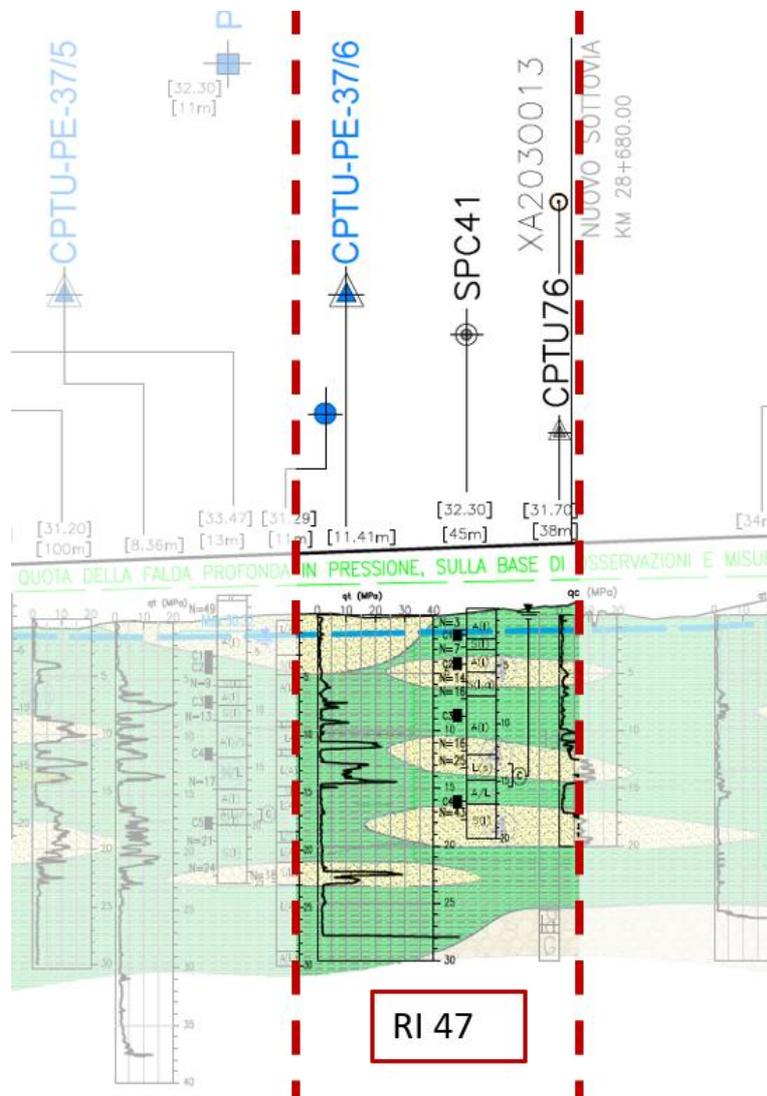


Figura 5 - Profilo Geotecnico Rilevato RI47, estratto dal Profilo Geotecnico Generale (Doc. Rif. [3])

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 13 di 117

### 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]). Questi 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 dei pali e delle inclusioni rigide che richiedono un immorsamento in tale strato.

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

### 4.4 Condizioni geotecniche del sito

Come precedentemente accennato, il tratto in oggetto è caratterizzato da una copertura superficiale di prevalenti limi argillosi-sabbiosi (Unità 3b/3a), fittamente intercalati da depositi sabbiosi (unità 4), di spessore da decimetrico a metrico, ma presenti con una certa continuità lungo tutte le verticali indagate, così come anche confermato dalle prove nelle WBS adiacenti. A circa 28 m di profondità le indagini mostrano la presenza di ghiaie (Unità 6).

Per la caratterizzazione dell'unità 3b e dell'unità 2 si è fatto riferimento principalmente all'interpretazione delle prove riportate in Figura 10. Nei primi metri di profondità si ritrova una resistenza al taglio non drenata  $c_u=50-60$  kPa circa (valutata cautelativamente), mentre per i materiali da 9/10 m di profondità in poi 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  $\varepsilon_v-\log\sigma'_v$ , si nota quanto segue:

- i valori di tensione di preconsolidazione  $\sigma'_p$  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.

Le intercalazioni di sabbia limosa (Unità 4) sono caratterizzate da valori di  $N_{SPT}$  20 colpi/30cm. La densità relativa delle sabbie risulta generalmente attorno al 50%, i depositi risultano perciò mediamente addensati.

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 14 di 117

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 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).

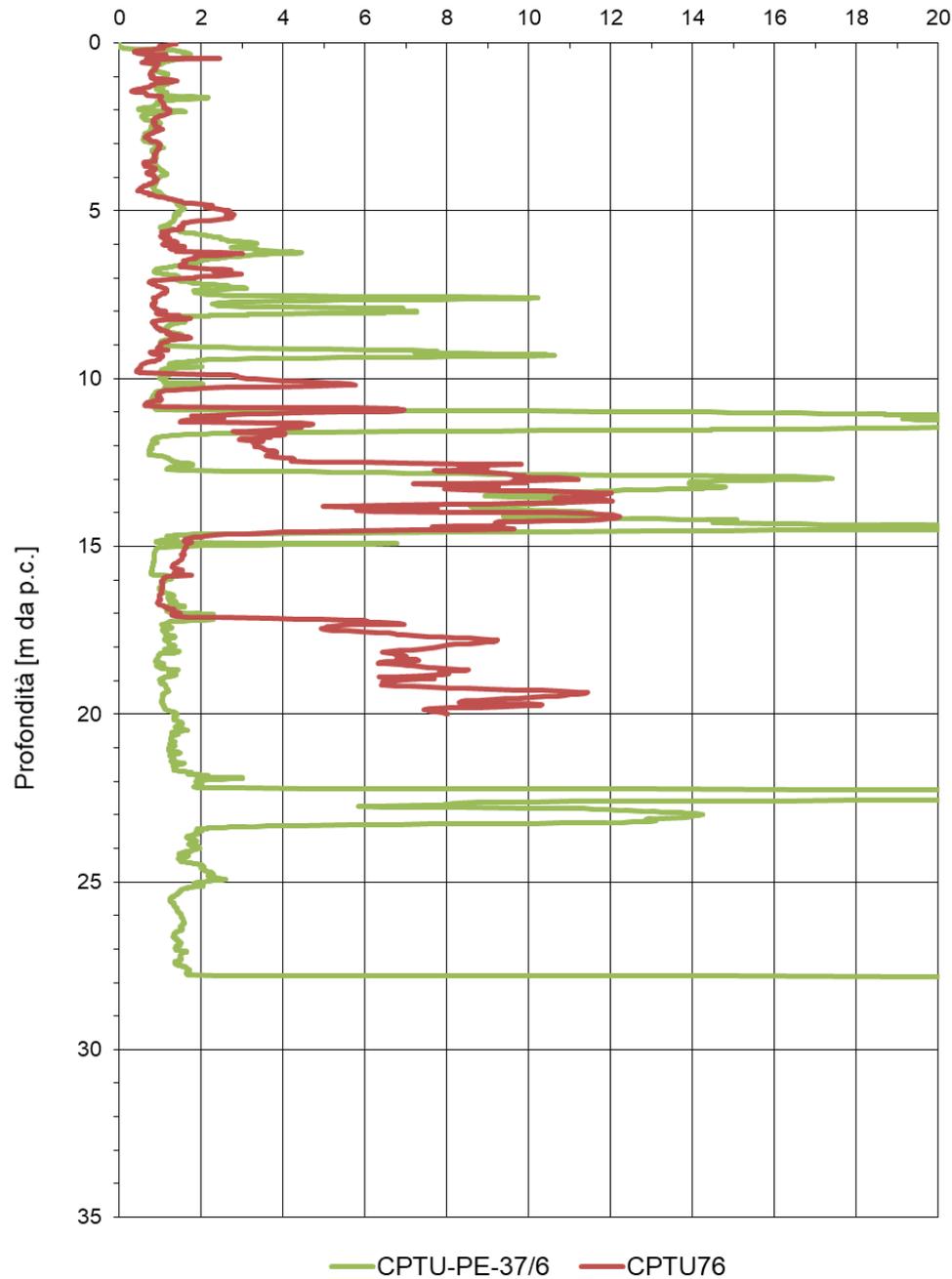
**AV/AC VERONA VICENZA****pk 28+450 - pk 28+680****qt (MPa)**

Figura 6 – Resistenza alla punta qt da prove CPTU disponibili nell'area in esame

**AV/AC VERONA VICENZA**

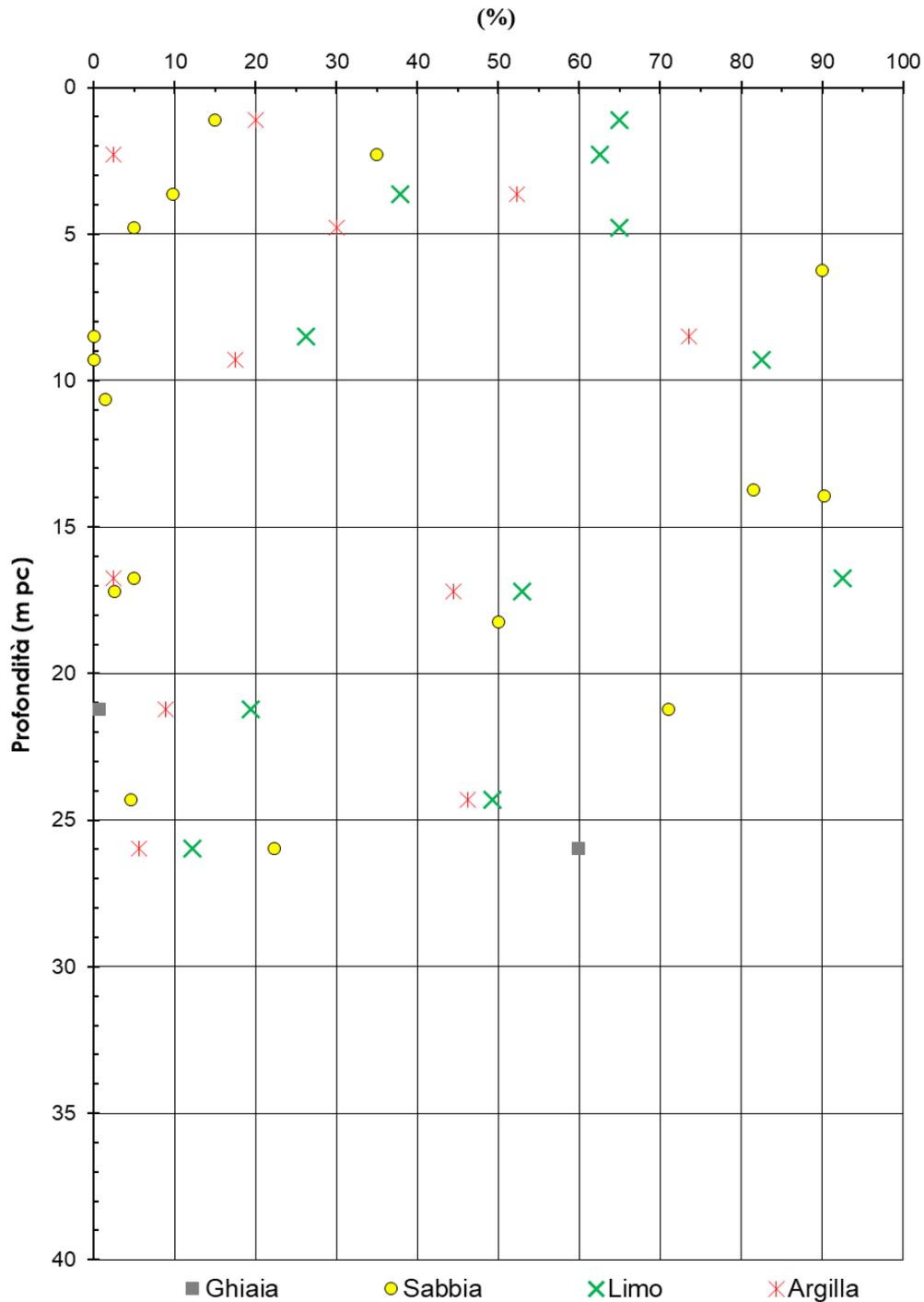


Figura 7 – Sintesi analisi granulometriche dei terreni nell'area in esame

## AV/AC VERONA VICENZA

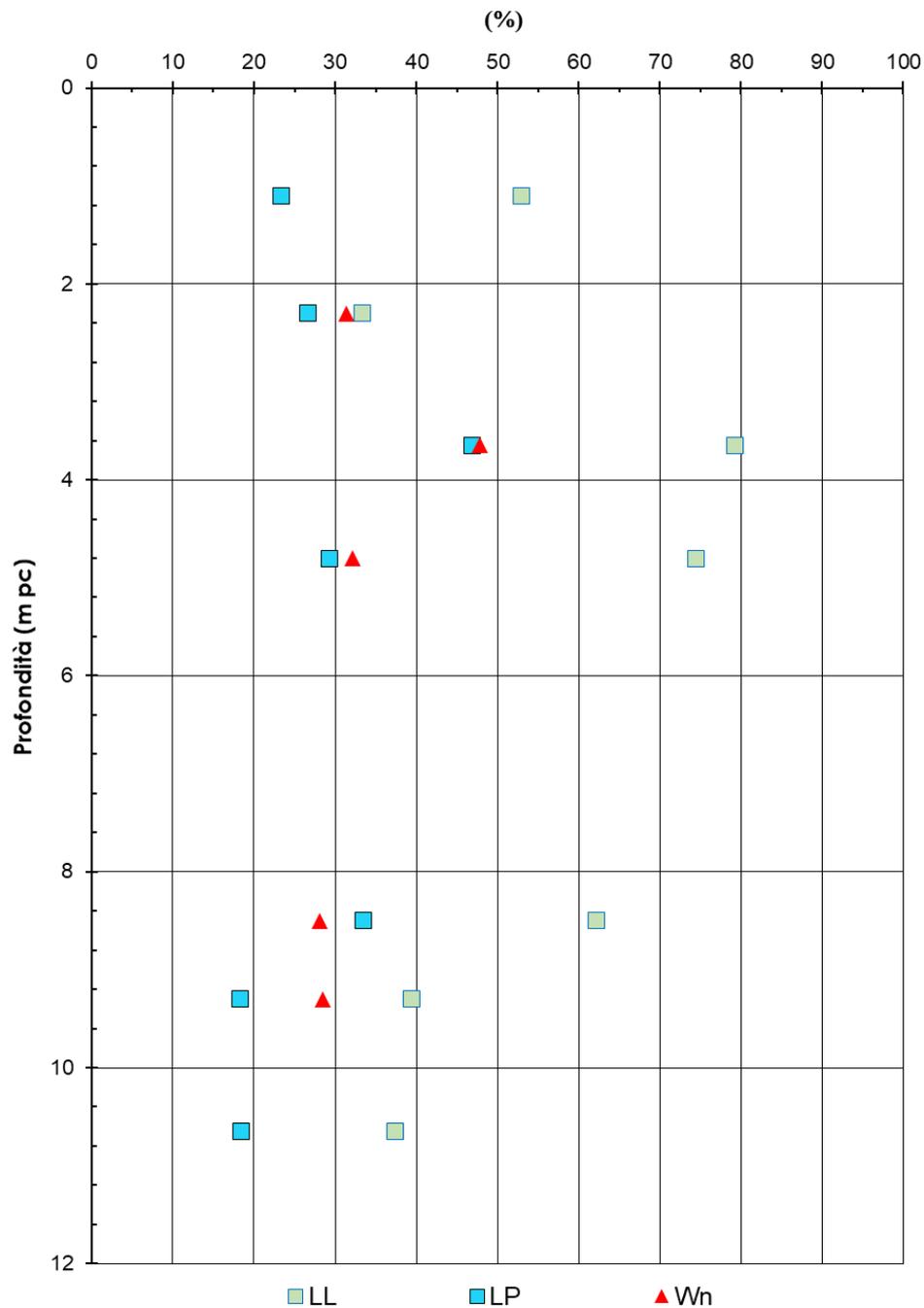


Figura 8 – Limiti di Atterberg e contenuto d'acqua naturale dei campioni a grana fine nell'area in esame



## AV/AC VERONA VICENZA

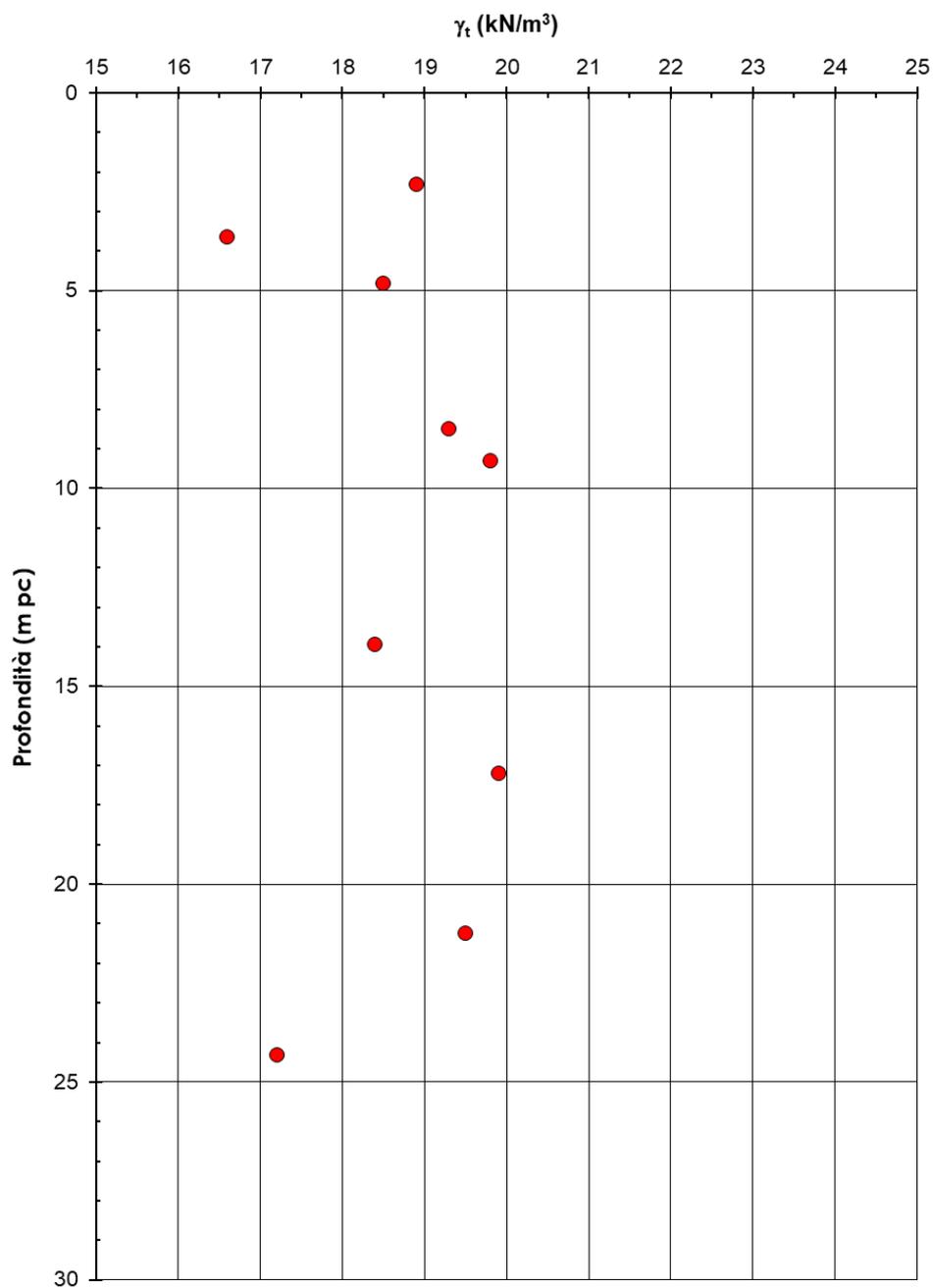


Figura 9 – Peso di volume dei campioni a grana fine nell'area in esame

**AV/AC VERONA VICENZA**

pk 28+450 - pk 28+680

Cu (kPa)

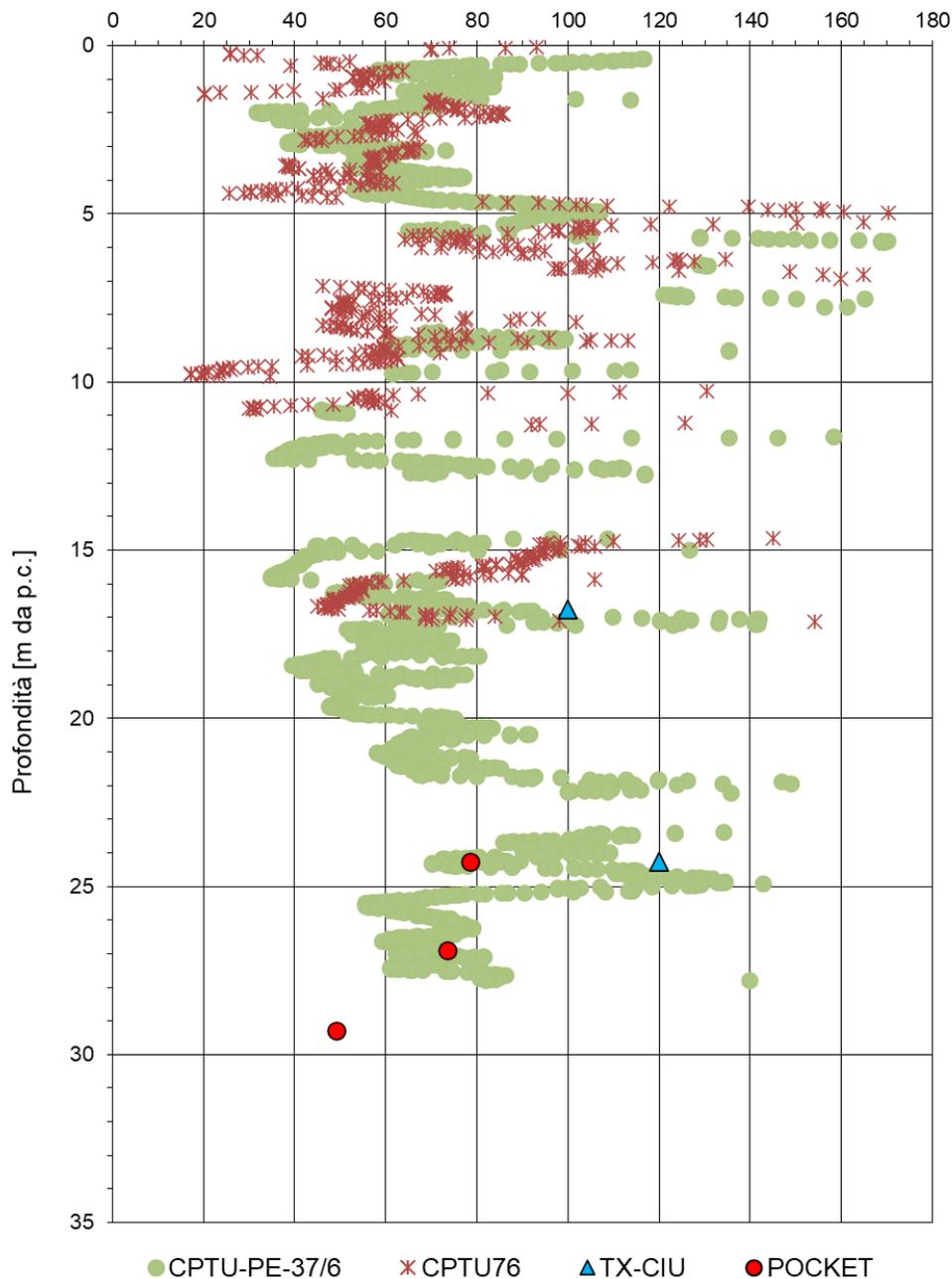


Figura 10 – Resistenza al taglio non drenata da prove in situ e di laboratorio nell'area in esame



**AV/AC VERONA VICENZA**

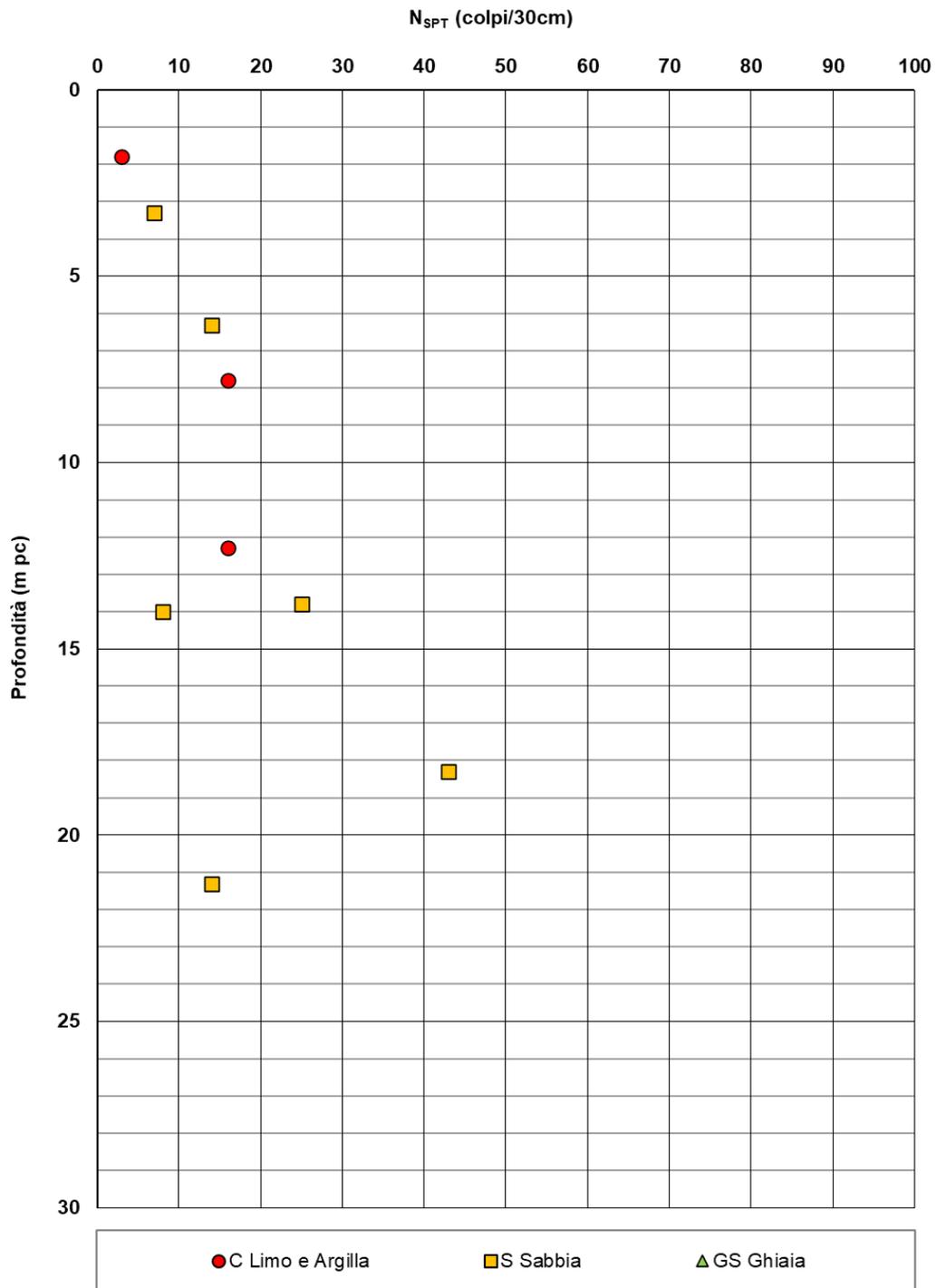


Figura 11 – Esito delle prove SPT nell'area in esame

## AV/AC VERONA VICENZA

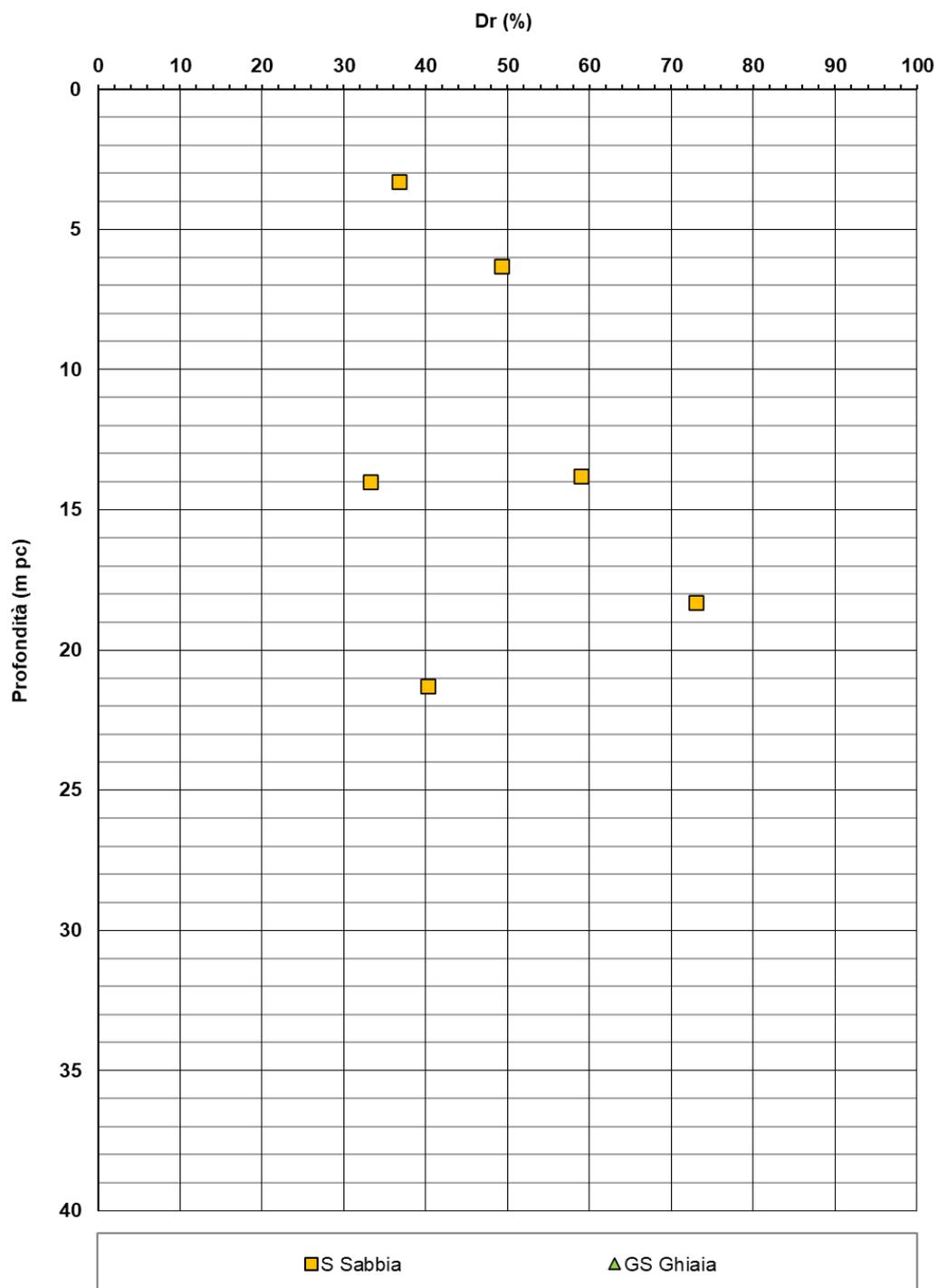


Figura 12 – Densità relativa da prove SPT nell'area in esame



**AV/AC VERONA VICENZA**

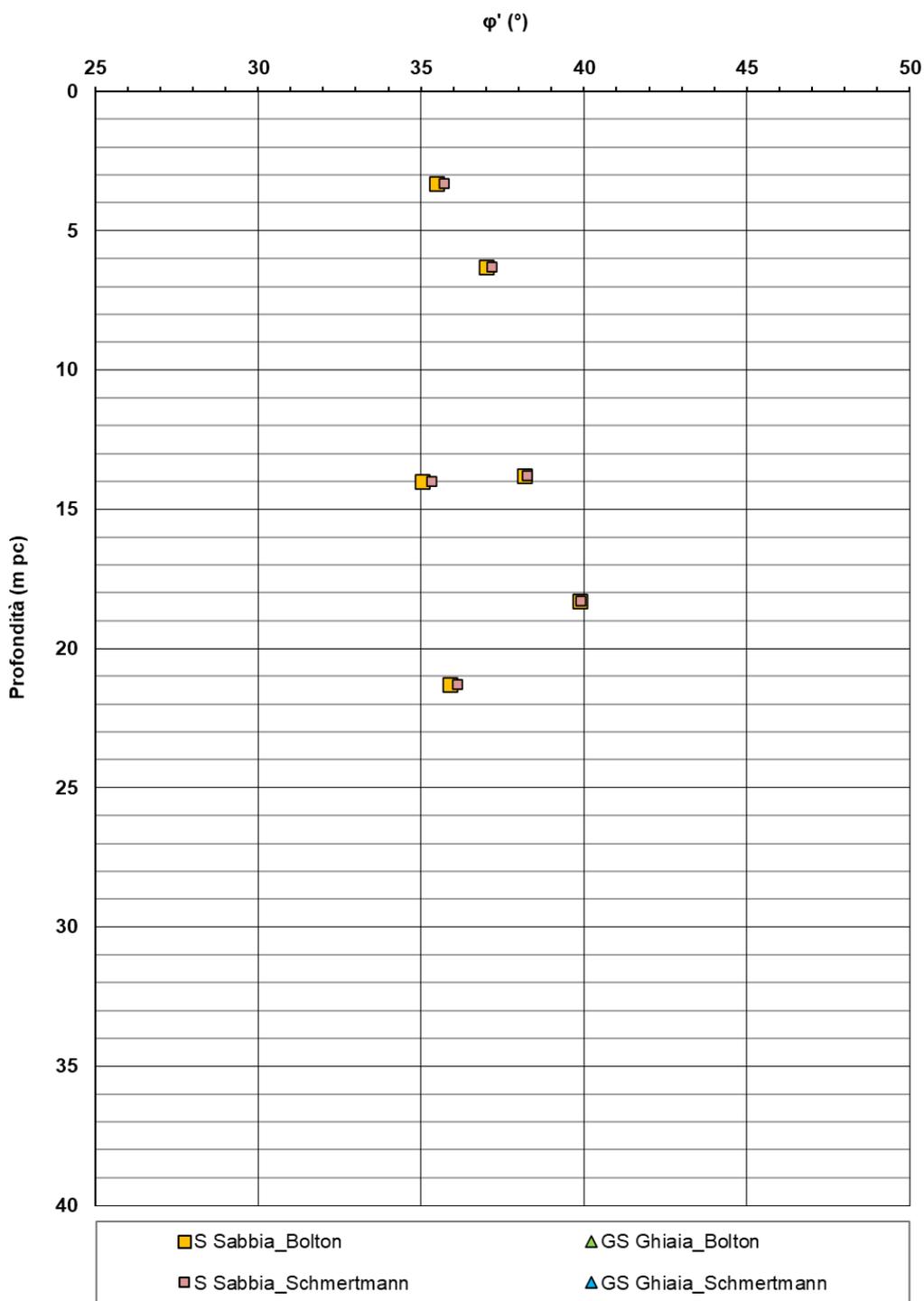


Figura 13 – Angolo di resistenza al taglio da prove SPT nell'area in esame

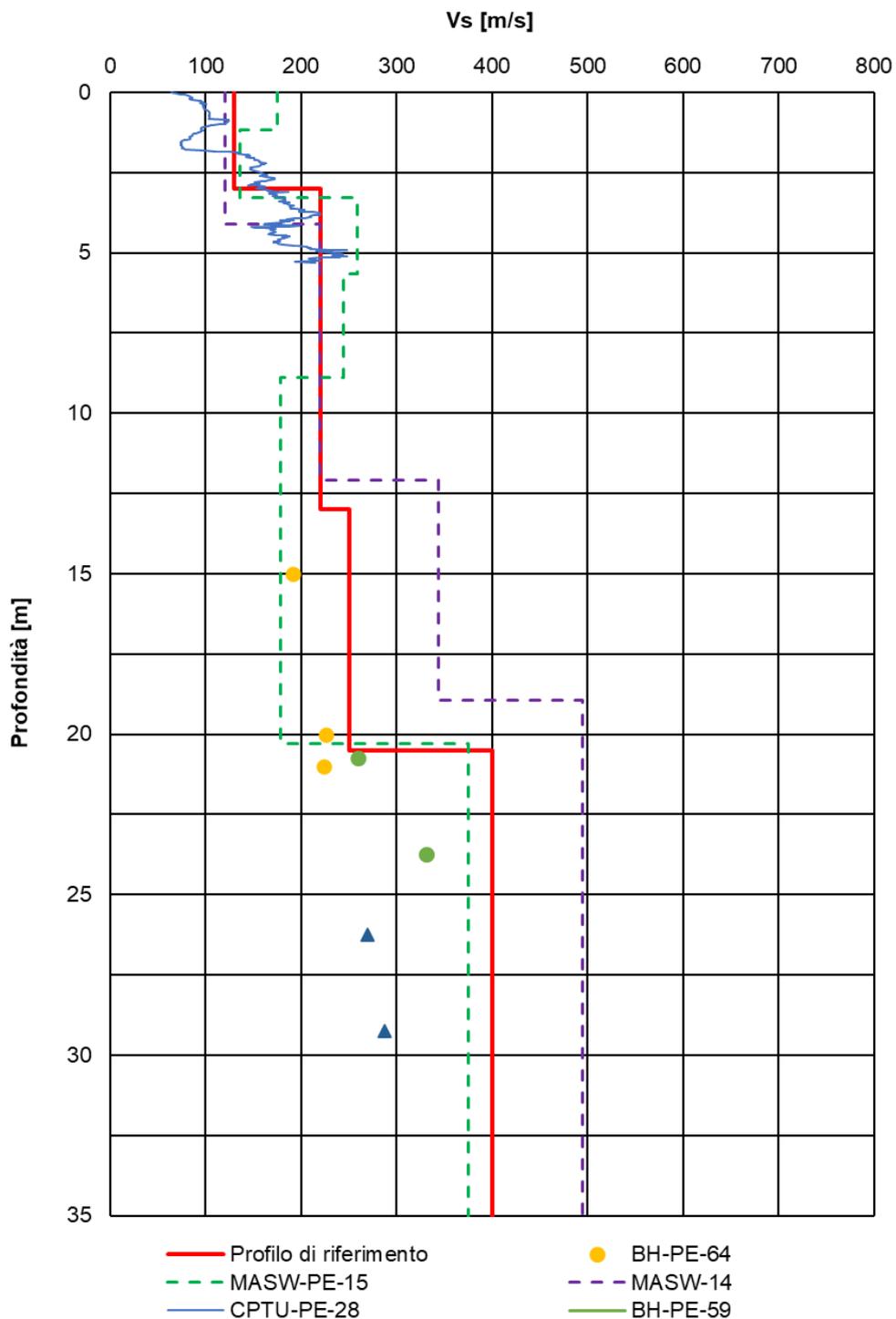


Figura 14 – Profilo di Vs di riferimento, a confronto con dati di correlazioni con SPT e prove geofisiche tipo MASW nell'area in esame

## AV/AC VERONA VICENZA

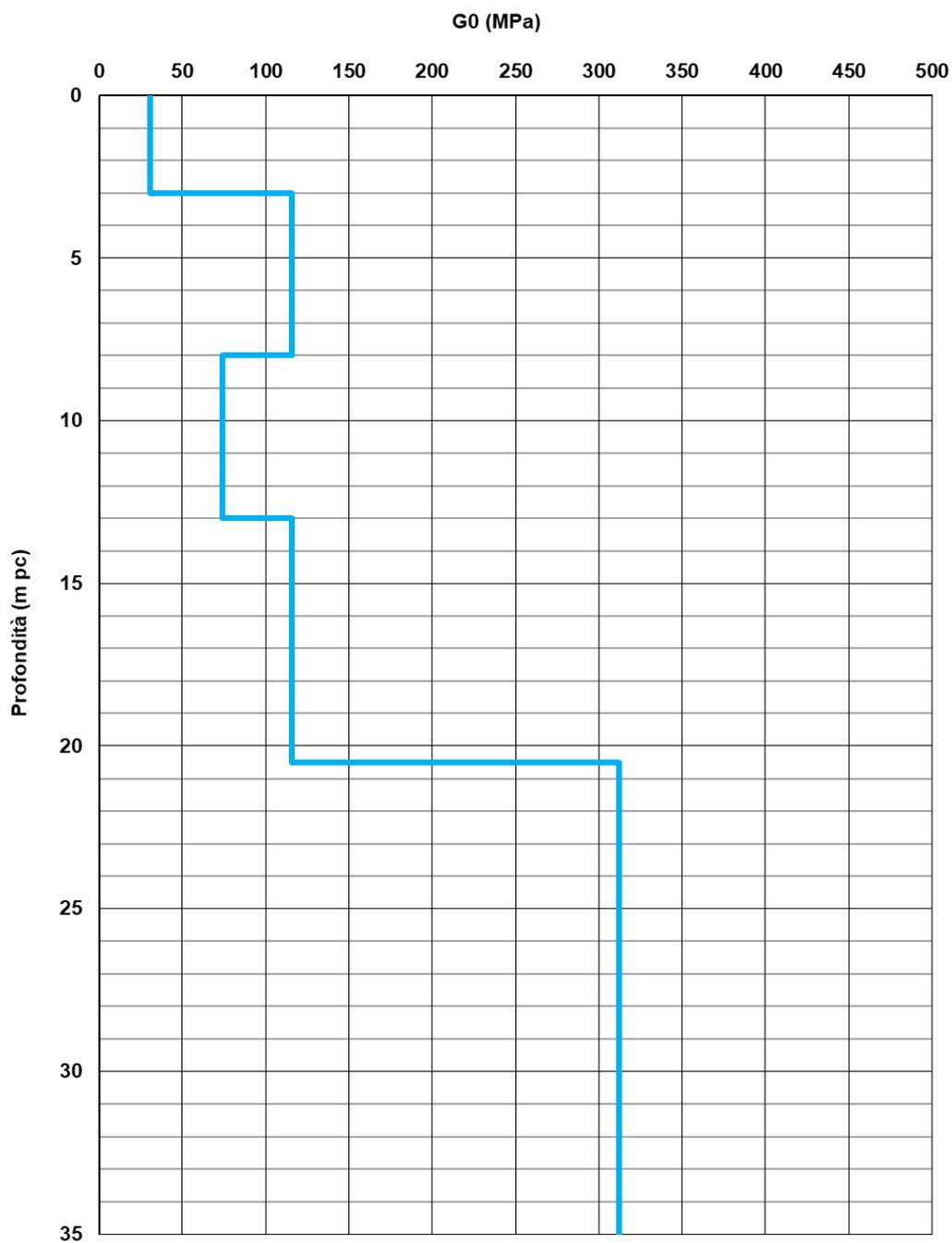


Figura 15 – Modulo di taglio  $G_0$  nell'area in esame

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 25 di 117

#### 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.

*Tabella 2 – Modello geotecnico di riferimento*

Unità	da m pc*	a m pc*	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	$\varphi_k$ °	$c_k'$ kPa	$c_{u,k}$ kPa	RR -	CR -	$e_0$	$\sigma'_p$ kPa	$E'_{op}$ MPa
3a/b	0	2	18.5	-	0	60	0.015	0.16	1	180	-
3a/b	2	5.5	18.5	-	0	50	0.015	0.16	1	150	-
4	5.5	9.5	19	36	0	-	-	-	-	-	15
3a/b	9.5	13	18.5	-	0	70	-	-	-	-	10
4	13	15	19	36	0	-	-	-	-	-	50
3a/b	15	22	18.5	-	0	70	0.015	0.16	1	220	-
4	22	23.5	19	36	0	-	-	-	-	-	80
3a/b	23.5	28	18.5	-	0	80	0.015	0.16	1	350	-
6	28	35	19	39	0	-	-	-	-	-	150

\* quota piano campagna = 31.0 m s.l.m.

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

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 26 di 117

## 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*

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

## 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  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 27 di 117

## 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.

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 28 di 117

Tabella 5 – Valori del coefficiente di uso  $C_u$

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

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

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

### 5.1.4 Categorie di Sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale. Per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento in accordo a quanto indicato nel § 3.2.2 delle NTC2018. Come discusso nella Relazione sulla modellazione sismica (Doc. rif. [4]) e nelle Planimetrie con classificazione sismica dei terreni (Doc. rif. [5]), i terreni di progetto possono essere caratterizzati come appartenenti a terreni di Categoria C:

- A *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.*
- B *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s*
- C *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*
- D *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.*
- E *Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.*

### 5.1.5 Condizioni topografiche

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

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

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 29 di 117

### 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

## 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. [14]). Le analisi di liquefazione sono descritte in dettaglio nelle Relazioni sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base (Doc. rif. [4]), alla quale si rimanda per maggiori dettagli.

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

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

- L'analisi di disaggregazione dei valori di pericolosità sismica (accelerazione su suolo rigido orizzontale) di cui alle NTC2008, fornita quale elaborazione aggiuntiva direttamente dal progetto INGV-DPC S1.
- Analisi dei dati di magnitudo da terremoti storici aventi epicentro entro una distanza di 30Km dal tracciato di progetto, sulla base delle informazioni fornite dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI11.
- Magnitudo attesa per un periodo di ritorno pari almeno a 975 anni valutata sulla base del modello delle zone sismogenetiche ZS9 (riportato in Figura 1), alla base delle mappe di pericolosità sismica del territorio italiano allegato alle NTC2008, e sulla distribuzione dei valori di magnitudo associati ai massimi terremoti storici.

Facendo sempre riferimento al Doc. rif. [4] per i dettagli dell'analisi sopra descritta, e in continuità con le considerazioni espresse in sede di Progetto Definitivo, è stato considerato ragionevole assumere per il tracciato di progetto un valore di magnitudo di riferimento da adottare nelle verifiche a liquefazione di cui ai paragrafi successivi pari a 6.0.

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 30 di 117

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

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

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

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

dove:

$a_{max}$                     accelerazione di picco al sito

$g$                             accelerazione di gravità

$\tau_c$                         valore rappresentativo dello sforzo di taglio ciclico

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

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

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

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

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 31 di 117

Idriss e Boulanger (2004) si è assunto per  $M = 6.0 - MSF = 2$ .

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

### 5.2.1 CRR da correlazione su prove CPT

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

Il procedimento utilizzato per la stima di CRR a partire dai risultati di prove CPT si basa sulla relazione riportata in Figura 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 ( $p_a = 100$  kPa) e corretta ( $q_{c1N}$ ) mediante la seguente relazione:

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

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

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

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

dove:

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

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

Tanto maggiore è il valore di  $I_c$ , tanto maggiore sarà il contenuto presunto di fini. Nell'analisi condotta il valore  $I_c = 2.6$  è stato considerato lo spartiacque tra terreni con contenuto di fine inferiore a 35% e comportamento assimilabile

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 32 di 117

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

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

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

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

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

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

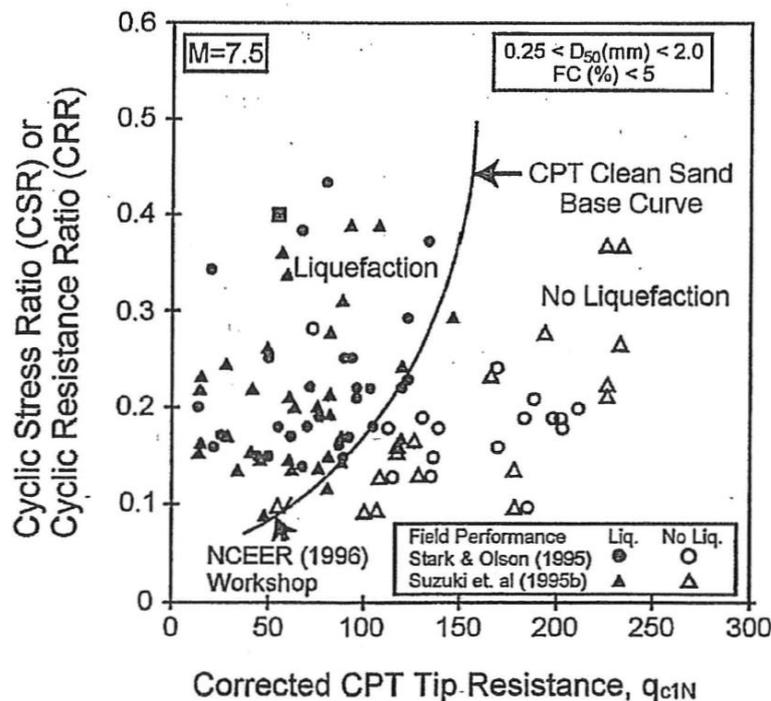


Figura 16 - Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e valori corretti di resistenza alla punta  $q_{c1N}$  – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Robertson & Wride, 1998)

### 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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 33 di 117

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  $\sigma'_{vo}$  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 campionatore, 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 campionatore) 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 simili avvenuti in passato, con Magnitudo pari  $M = 7.5$ . Le corrispondenti curve CRR sono state determinate all'interno del grafico in modo da separare chiaramente i dati corrispondenti all'avvenuta liquefazione da quelli per i quali non è stato osservato il fenomeno in esame.

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

Si può osservare dalla Figura 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)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 34 di 117

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

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:

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

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

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

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

$$\beta = [0.99 + (FC1.5/1000)] \text{ per } 5\% < FC < 35\%$$

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

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

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

dove:

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

$p_a$  = pressione atmosferica di riferimento

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

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

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

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

Quando possibile, il contenuto di fini è stato determinato sulla base dei risultati delle rispettive granulometrie ottenute

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 35 di 117</p>

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):

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

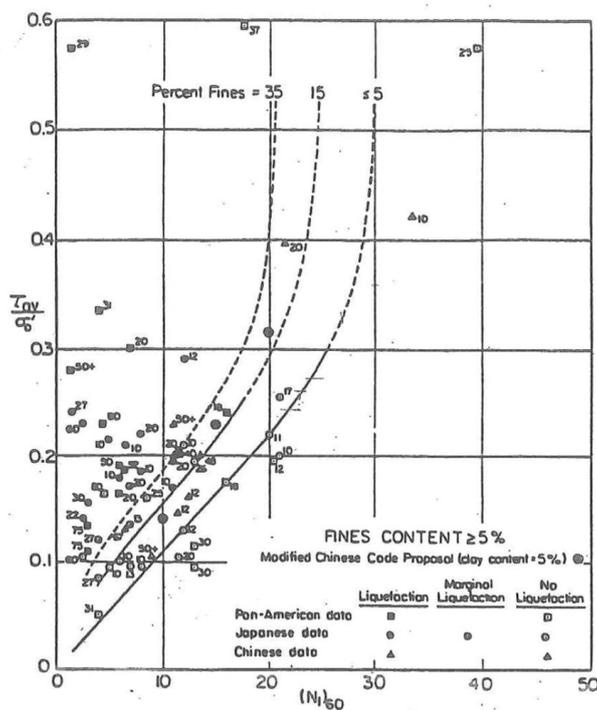


Figura 17 - Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e  $N_{1(60)}$  – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Seed et al., 1985).

<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+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 36 di 117</p>

### 5.2.3 Commento ai risultati

I risultati delle analisi di liquefazione sono riportati nelle figure seguenti (da Figura 18 a Figura 21). La CPTU-PE-37/6 mostra livelli centimetrici di materiale a rischio liquefazione. Gli spessori sono tali da non costituire un pericolo per la stabilità del rilevato. Dall'analisi condotta sulla prova CPTU 76, il calcolo mostra apparentemente dei livelli liquefacibili nei primi 8 m di profondità. In realtà, almeno in questo caso, la valutazione non è attendibile, 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. Quindi, di fatto, tali materiali non sono suscettibili a fenomeni di liquefazione (anche prescindendo dalla presenza delle inclusioni rigide). Inoltre, questi strati non assumono mai uno spessore continuo rilevante, e comunque tale da generare potenziali superfici di scorrimento, anche a prescindere dalla presenza dei pali di fondazione del muro e dalle inclusioni rigide.

In ogni caso, la presenza delle inclusioni rigide fornisce un ulteriore ed importante contributo alla stabilità del rilevato stesso nei confronti di questi eventuali fenomeni.

Pertanto, nel caso in esame, si può affermare che di fatto non si evidenziano rischi legati a potenziali fenomeni di mobilità ciclica dei terreni di fondazione nella porzione di tracciato interessata dal rilevato RI47.



Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI4700001A

Foglio  
37 di 117

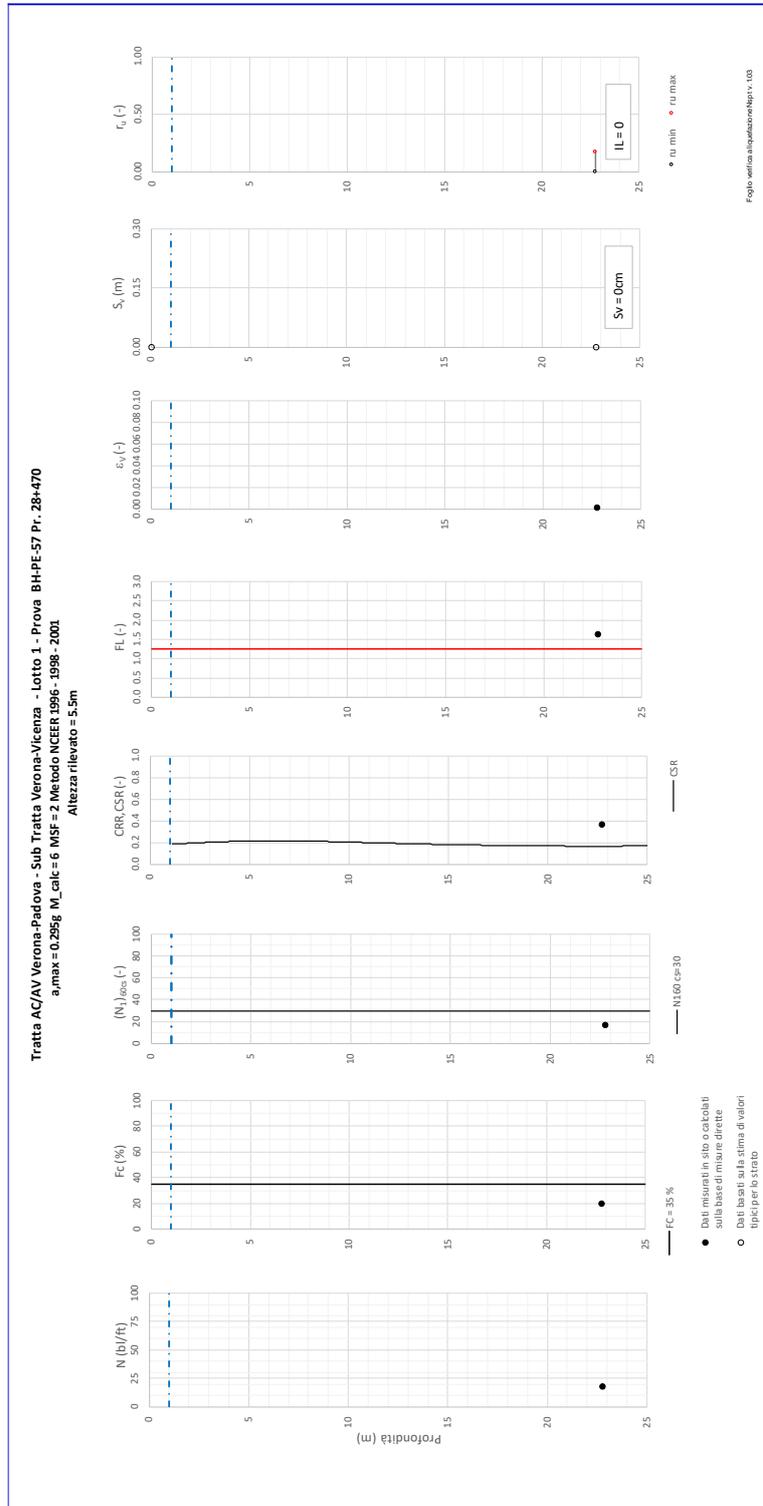


Figura 18 – Verifica Liquefazione da risultati SPT BH-PE-57



Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI4700001A

Foglio

38 di 117

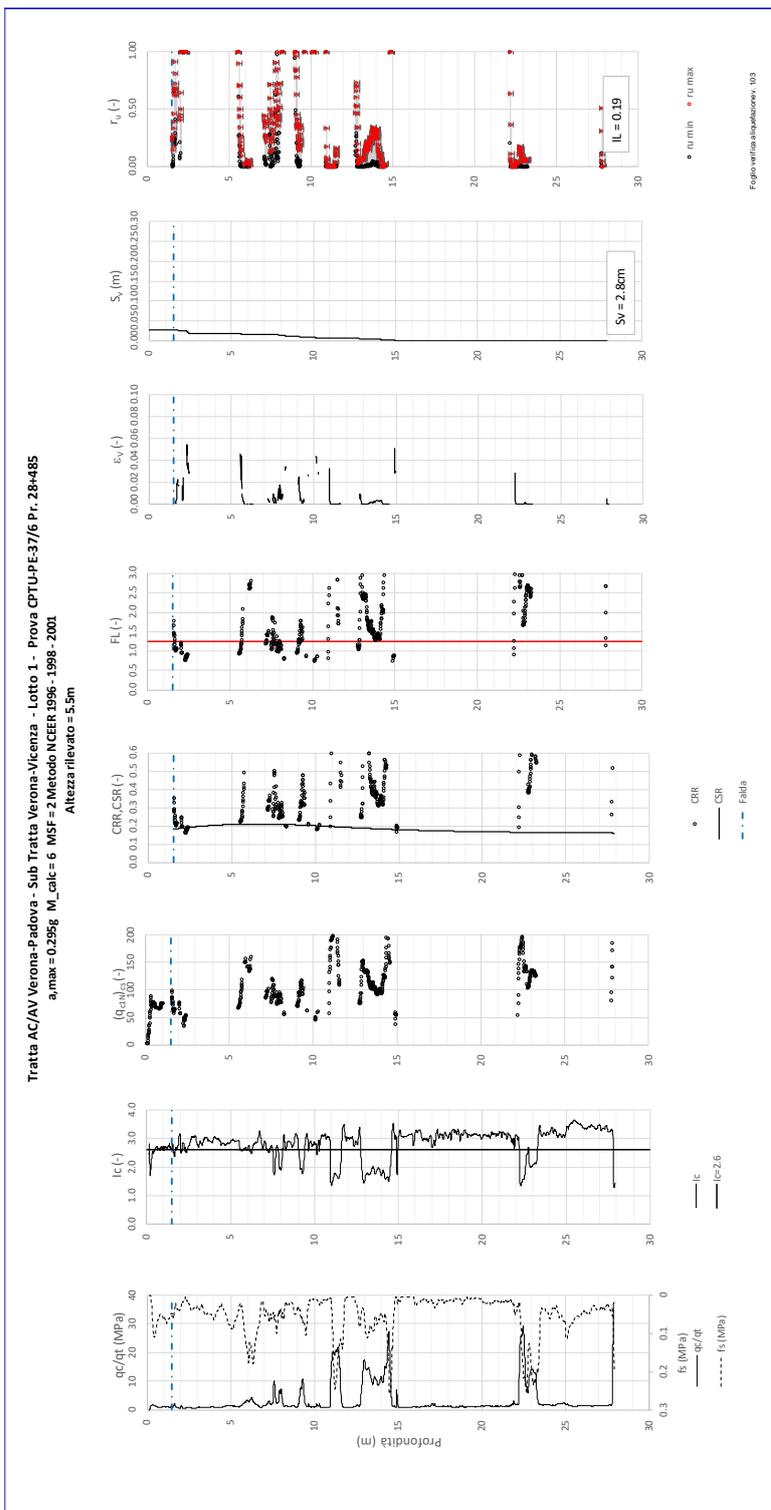


Figura 19 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU-PE-37/6

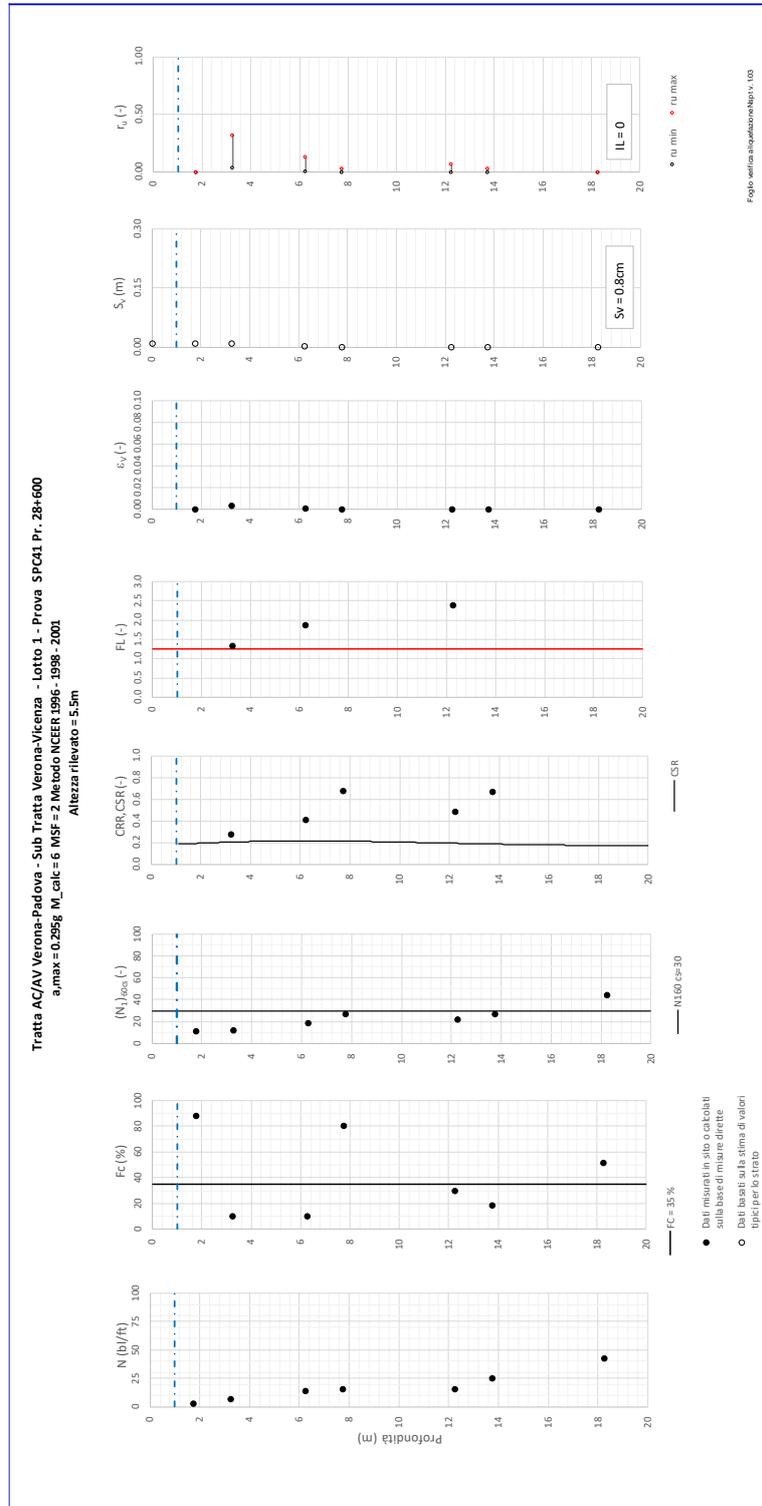


Figura 20 – Verifica Liquefazione da risultati da SPT SPC41

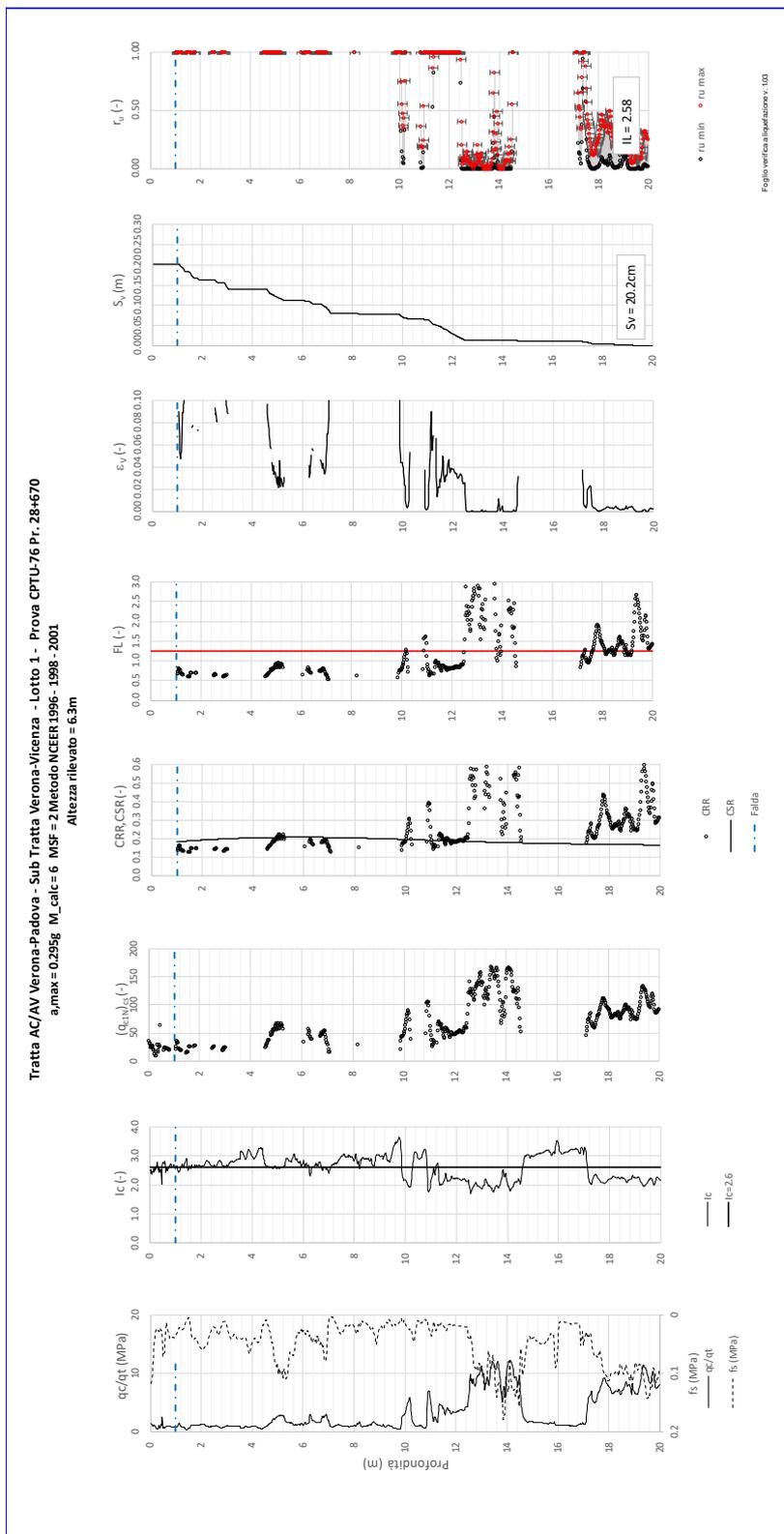


Figura 21 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU76

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 41 di 117

## 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.

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:

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 42 di 117

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

dove:

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

*Tabella 7 – Coefficienti parziali sui terreni (Tab. 6.2.II, Doc. Rif. [14])*

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

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

Coefficiente	R2
$\gamma_R$	1.1

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 43 di 117

### 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 LS.

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

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

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

La stabilità globale in condizioni sismiche e post-sismiche di opere in materiali sciolti, quali rilevati, è stata verificata secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2 (A2 + M2 + R2), tenendo conto dei coefficienti parziali richiamati in precedenza e ponendo i coefficienti parziali sulle azioni tutti pari ad uno. Il coefficiente di combinazione  $\psi$  per il carico variabile da traffico è stato posto pari a 0.2 (Doc. rif. [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  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 44 di 117

### 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/m<sup>3</sup>

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

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

### 6.2.2 Azioni variabili

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

### 6.2.3 Azione sismica

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

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

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

dove

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

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

$g$                     accelerazione di gravità.

Tabella 10 - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (Doc. rif.[14])

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

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 45 di 117

## 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. 6.2.2) è stato modellato come un carico distribuito applicato in corrispondenza delle impronte delle traversine ferroviarie. Tale sovraccarico è di tipo variabile/sfavorevole e, pertanto, il coefficiente parziale sulle azioni A2 è pari a 1.3.

Per quanto riguarda la falda, è 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.

Nelle analisi non sono state considerate le resistenze al taglio offerte dalle inclusioni rigide.

In Figura 22, sono riportate le superfici di rottura critiche. Il valore minimo di FS è pari a:

$$FS_{\text{MIN}} (DA1C2) = 1.579 > R2 = 1.1$$

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 46 di 117</p>

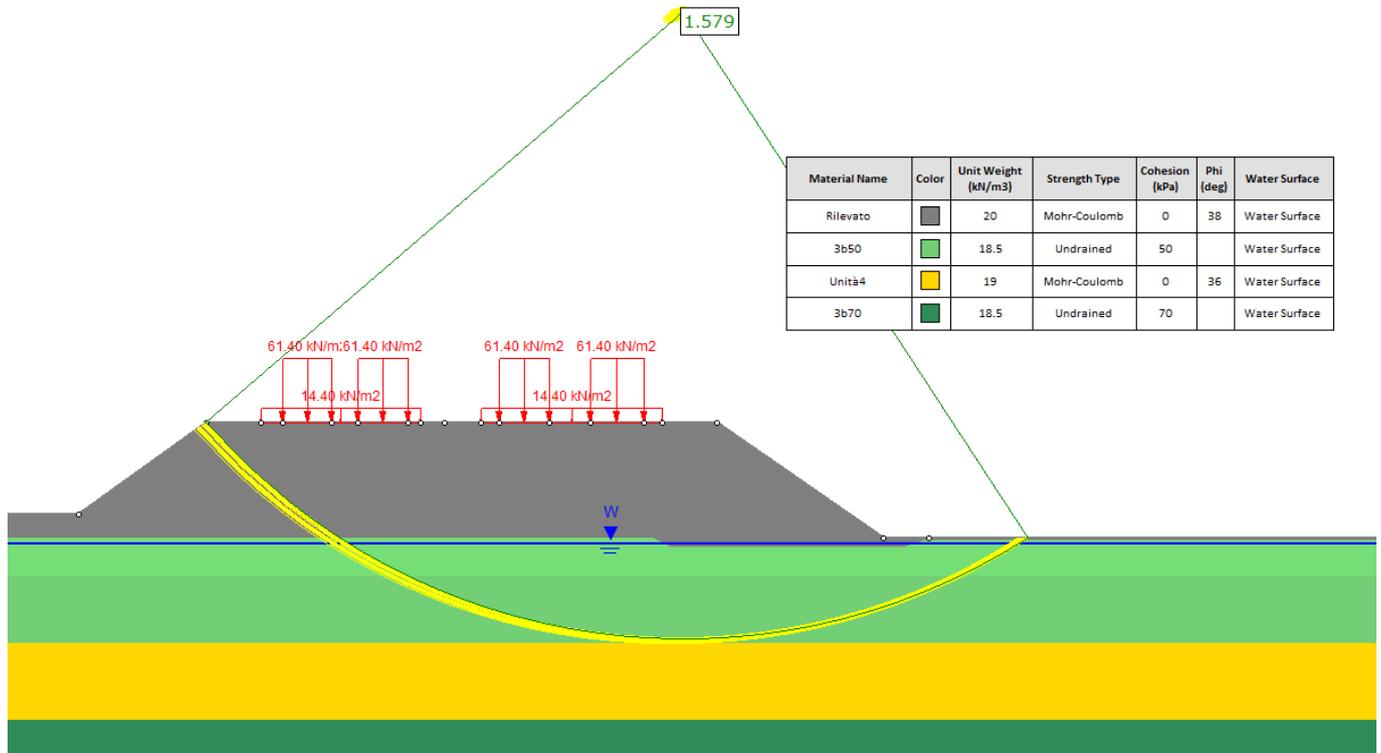


Figura 22 – Rilevato RI47 - Analisi SLU in campo statico DA1C2

### 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:

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

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

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

$$F_{S_{MIN}} = 1.415 > R_2 = 1.1$$

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



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 48 di 117

## 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 25 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 20/25 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,  $\Phi 1000$  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:

- a) 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;
- b) 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.
- c) 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 1000 mm 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.
- d) Per le inclusioni rigide posizionate lungo tale allineamento, si utilizzeranno cappellotti prefabbricati quadrati in calcestruzzo di lato 2.5 m
- e) 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 prevedere una armatura delle inclusioni rigide.

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 49 di 117

#### 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 4, 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 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:

- $\lambda$     indice di compressione in fase di primo carico;
- $\kappa$     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:

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

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 50 di 117

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;  
 $\varepsilon^{P_v}$  deformazioni volumetriche plastiche;  
 $\varepsilon^{P_1}$  deformazioni deviatoriche plastiche;  
 $m$  costante che esprime la dipendenza della rigidezza dallo stato tensionale;  
 $\alpha, \beta$  parametri di forma, rispettivamente funzione di  $K_0^{nc}$  e modulo edometrico.

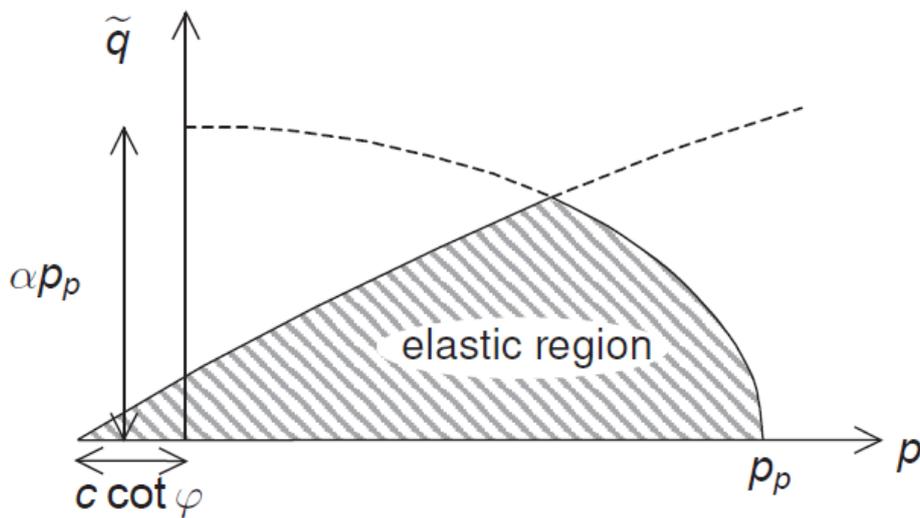


Figura 24 – Superficie di snervamento del modello Hardening Soil nel piano  $q$ - $p'$

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+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 51 di 117

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/a si è assunto un valore di permeabilità poco superiore ma comunque basso (considerata la presenza di intercalazioni sabbiose) e pari a  $10^{-7}$  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 1000mm 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 con le proprietà meccaniche del calcestruzzo.

#### 6.4.3 Schematizzazione e risultati

Il modello di calcolo è riportato in Figura 25. La geometria è quella anticipata al punto 3.3, per una descrizione dettagliata si faccia riferimento alle tavole di progetto.

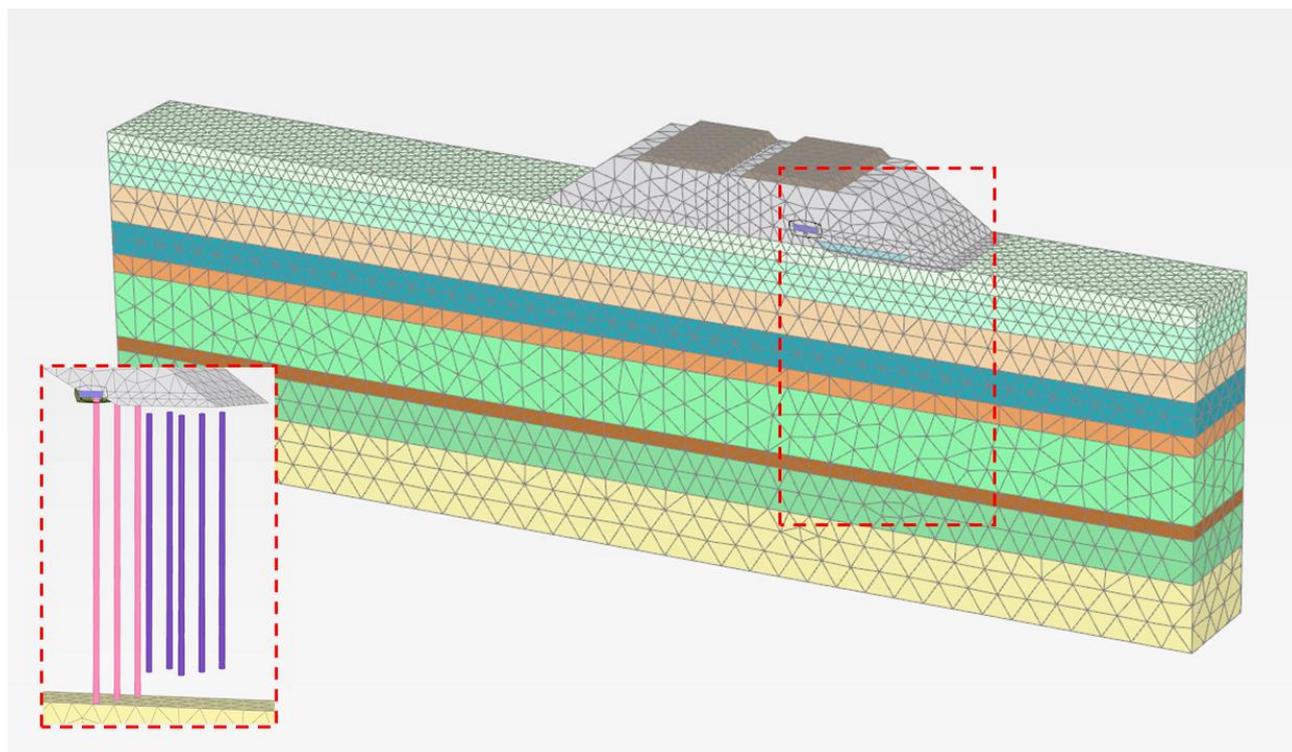


Figura 25 – RI47: modello agli elementi finiti

<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+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 52 di 117</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 forzi;
- 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 26, 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.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

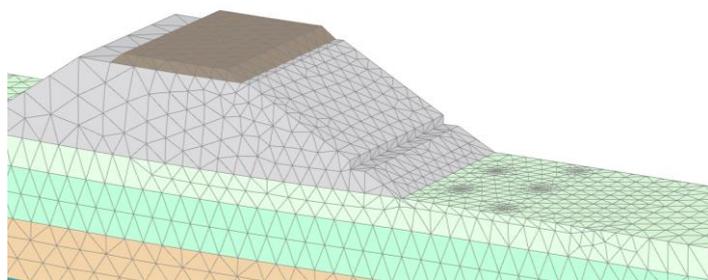
12

Codifica

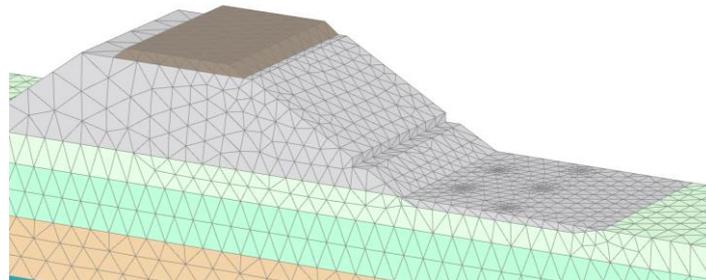
EI2RBRI4700001A

Foglio

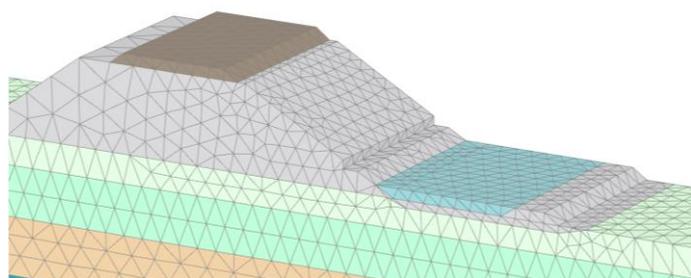
53 di 117



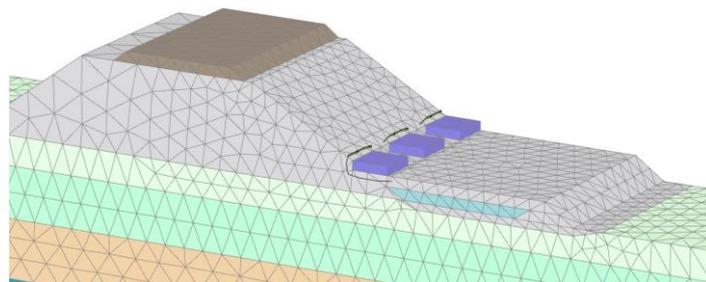
Fase 2



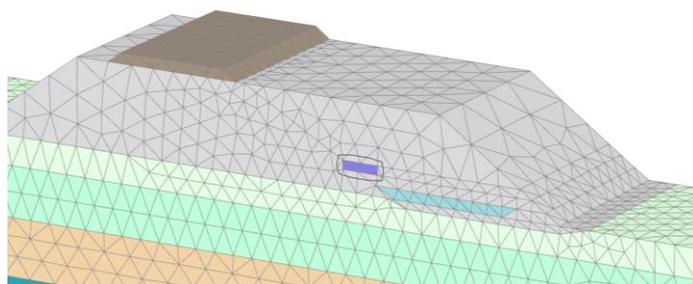
Fase 3



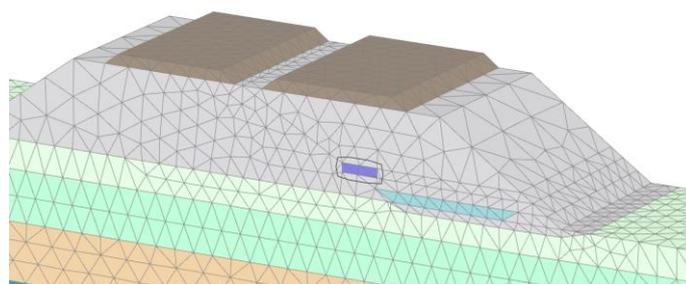
Fase 4



Fase 5



Fase 6 e Fase 7



Fase 8 e Fase 9

Figura 26 – RI47: fasi della modellazione a elementi finiti

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 54 di 117

I risultati dell'analisi sono riportati in Figura 27 e Figura 28 (a e b).

Si evidenzia quanto segue:

- Sotto il rilevato AV, i cedimenti assoluti, a fine consolidazione, risultano compresi tra 6 e 8.7 cm, come mostrato nella Figura 27.
- 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 28-a) il cedimento residuo è inferiore a 1cm
- In relazione ai binari della Linea Storica, la Figura 28-b) mostra, per il binario più vicino alla linea AV, un cedimento totale atteso di circa 5.5 cm ed un differenziale sulle rotaie di circa 4 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 immorsare 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.**

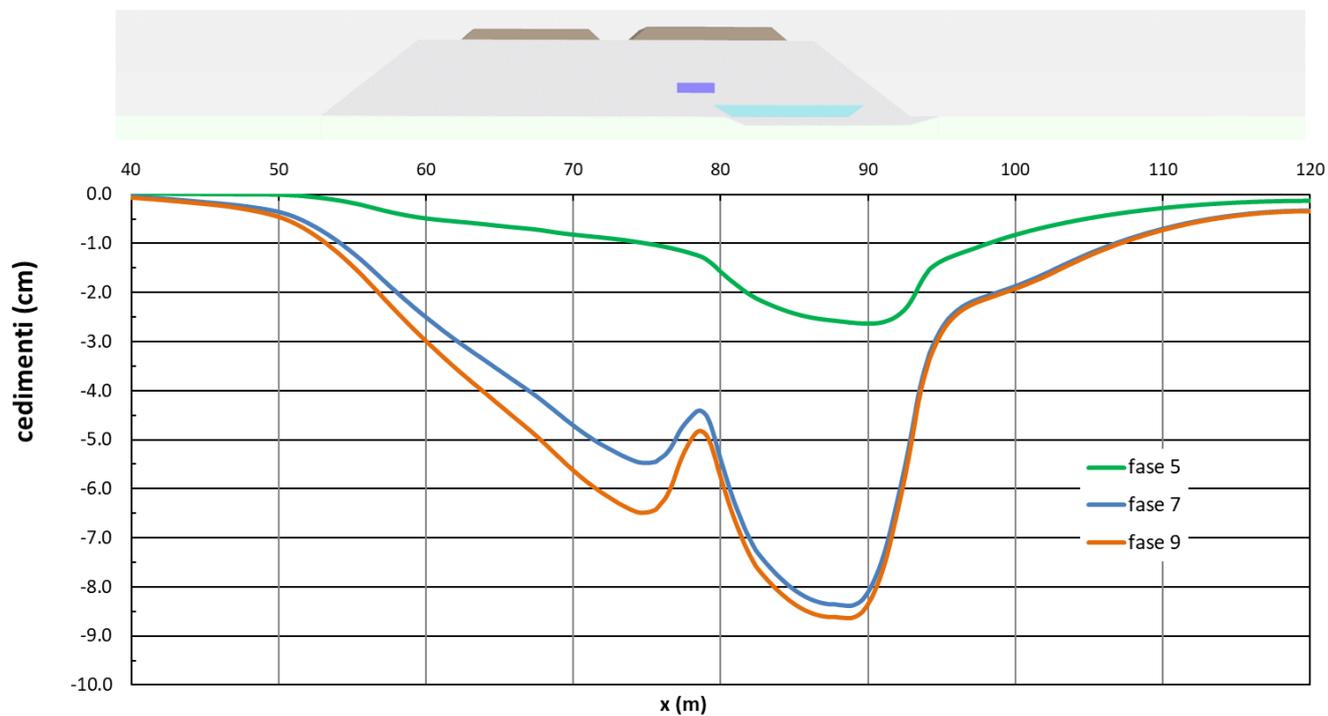
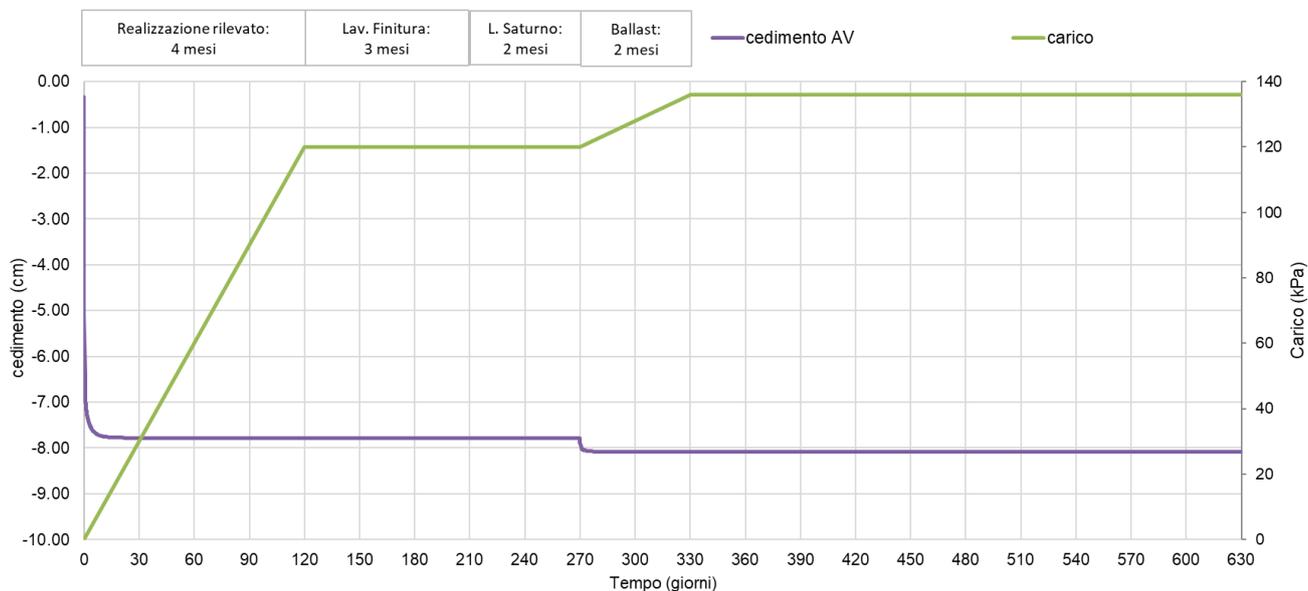
**Ri47: Cedimenti dopo costruzione linea AV (presi a base rilevato)**

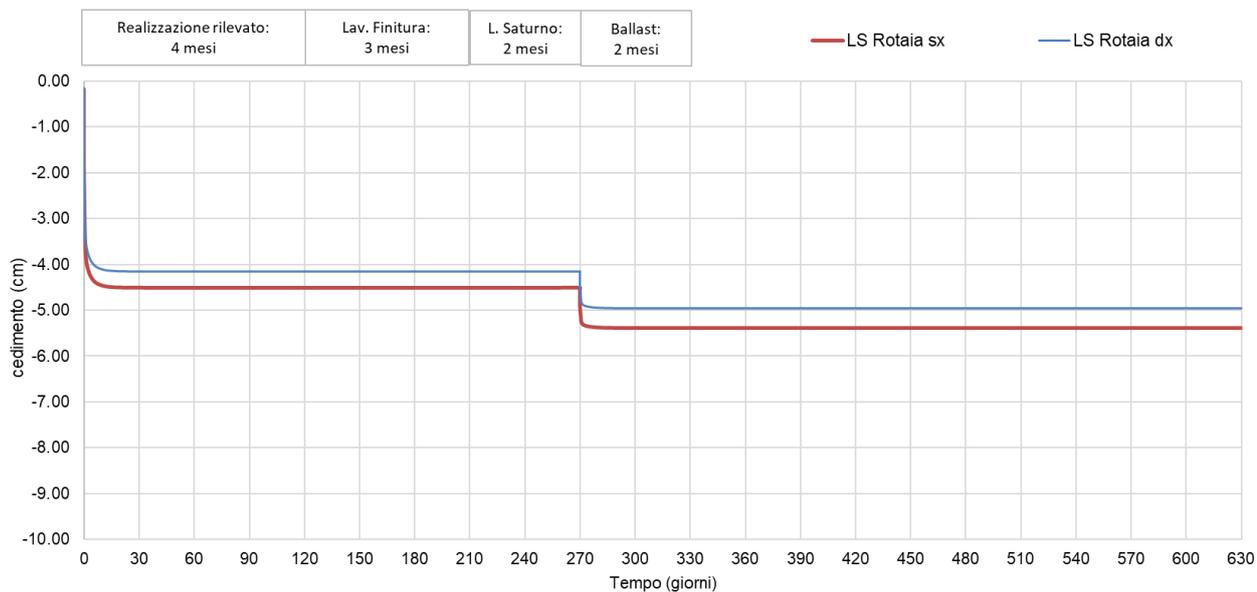
Figura 27 – Ri47: Cedimenti a p.c. durante e alla fine della costruzione del rilevato ferroviario AV

## Ri47: cedimenti su binario pari LS durante e dopo la costruzione nuovo rilevato AV



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

## Ri47: cedimenti su binario pari LS durante e dopo la costruzione nuovo rilevato AV



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

Figura 28 – Ri47: andamento dei cedimenti nel tempo dopo/durante la costruzione del rilevato AV.

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 57 di 117

## 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/m<sup>3</sup>. 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 immersionamento delle inclusioni rigide della fila A di almeno 2 m nelle ghiaie di base.

GENERAL CONTRACTOR



IRICAV2

ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 58 di 117
---	------------------	-------------	-----------------------------	---------------------

**ALLEGATI**

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione  
Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI4700001A

Foglio

59 di 117

## 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

EI2RBRI4700001A

Foglio

61 di 117

## ALLEGATO 2 – INDAGINI GEOGNOSTICHE



Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI4700001A

Foglio  
62 di 117

VICENZETTO S.r.l. - 35040 VILLA ESTENSE (PD) - VIA MUNICIPIO n. 18 - TEL. 0429/91798 - FAX 0429/91200 - info@vicenzetto.it

VICENZETTO		SCHEDA DI SONDAGGIO		COMMESSA	
SECCIO SONDAGGIO (1/17)		PAG. 1		DI 1	
Rev. 0	Data	Preparatore	Est. (es. /) (es. /)	Direttore	Est. (es. /) (es. /)
<b>COMMITTENTE</b> Consozio Iticav Due <b>PROGETTO</b> Linea AV/AC VR-PD Sub tratta VR-VI 1° Sub lotto Verona - Montebello V. PERFORMAZIONE N. SPC: DATA INIZIO : 01/06/11 ULTIMAZIONE : 22/10/2011 COORDINATE Nord : Est : RESPONSABILE : Dott. Pasquale Pavlo OPERATORE : Sig. Vanni ATTEZZATURA Atlas Copco A55					
Da m. 0,00	A m. 20,00	Profondità finale m. 20,00	Pag. 1	Di 1	
DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	PROFONDITA' m da p.c.	SIMBOLOGIA STRATIGRAFICA	TIPO	NUMERO	PROFONDITA' m da p.c.
Argilla limosa pastosa gradualmente a limo argilloso, nocciola.	2,60		A	1	1,50
Sabbia medio fine limosa/limo nocciola.	3,50		B	2	2,60
Argilla debolmente limosa grigia con punti nerastri e venature nocciola orta fino a -4,00 m.	5,10		C	3	4,00
Argilla limosa/limo grigio chiara.	6,90		D	4	4,50
Sabbia medio fine limosa grigia chiara nocciola.	6,70		E	5	5,10
Limo argilloso alternato da lenti di sabbia fine limosa, grigio chiaro. Livello di argilla limosa grigia a -7,30 m (col. 10 cm).	7,60		F	6	6,00
Argilla debolmente limosa grigia chiara-azzurrognola con punti di ossidazione corvaci.	9,60		G	7	7,50
Argilla limosa grigia alternata da lenti a livelli centimetrici di limo sabbioso.	11,60		H	8	8,00
Sabbia fine limosa grigia.	12,00		I	9	8,00
Limo argilloso grigio cupo.	12,70		J	10	8,00
Alternato livello torboso a -12,20 m (col. 20 cm).			K	11	8,45
Sabbia medio fine limosa/limo grigia.	14,90		L	12	18,00
Argilla limosa grigia. Lente sabbiosa a -15,75 m seguita da livello centimetrico di limo argilloso grigio cupo.	15,90		M	13	18,45
Limo argilloso grigio cupo.	17,00		N	14	19,00
Limo sabbioso grigio.	17,80		O	15	19,50
Sabbia medio fine debolmente limosa.			P	16	18,00
FINE SONDAGGIO	20,00		Q	17	18,45
			R	18	18,00
			S	19	18,30
			T	20	18,50
			U	21	18,45
			V	22	18,45
			W	23	18,45
			X	24	18,45

VICENZETTO		SCHEDA DI SONDAGGIO		COMMESSA	
SECCIO SONDAGGIO (1/17)		PAG. 1		DI 1	
<input type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO DA S.P.T. <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO DA VME TEST <input type="checkbox"/> SPEZZIONE DI CAROTA <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO PARETI SOTTILI <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO A PERONE <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO ROTATIVO					
<b>PROVA DI PERMEABILITA' LEPFRANC</b> T.G.R. % S.C.R. % R.Q.D. % DIMENSIONI: < 5 cm, < 10 cm, > 10 cm TIPO: CAROTIERE SEMPLICE Ø 101 mm METODO DI PERFORAZIONE: CAROTIERE SEMPLICE Ø 101 mm ALTEZZA DI PERFORAZIONE: TUBI Ø 127 mm RIVESTIMENTO: 21-22/10/2014					
MANOVRA DI CAROTAGGIO		PROVA DI PERMEABILITA' LEPFRANC		RILIEVO ACQUA IN FONDO DURANTE LA PERFORAZIONE	
T.G.R. % S.C.R. % R.Q.D. %		DIMENSIONI		PESO MAGGIO 63,5 kg	
				ALTEZZA CADUTA 76 cm	
				PESO ASTE 50 mm	
				PESO ASTE 7,2 kg/m	
				PUNTA CHIUSA	
				NOTE	
				ATTEZZATURA PER SPT PESO MAGGIO 63,5 kg ALTEZZA CADUTA 76 cm PUNTA CHIUSA	
				MATERIALE RIPOSTO IN N° 4 CASSETTE CATALOG. ROSA IN OPERA DI POZZETTO IN CALCESTRUZZO CON CHUSINO CARABILE IN GHISA DN. 30x30 CM.	

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI4700001A

Foglio  
63 di 117

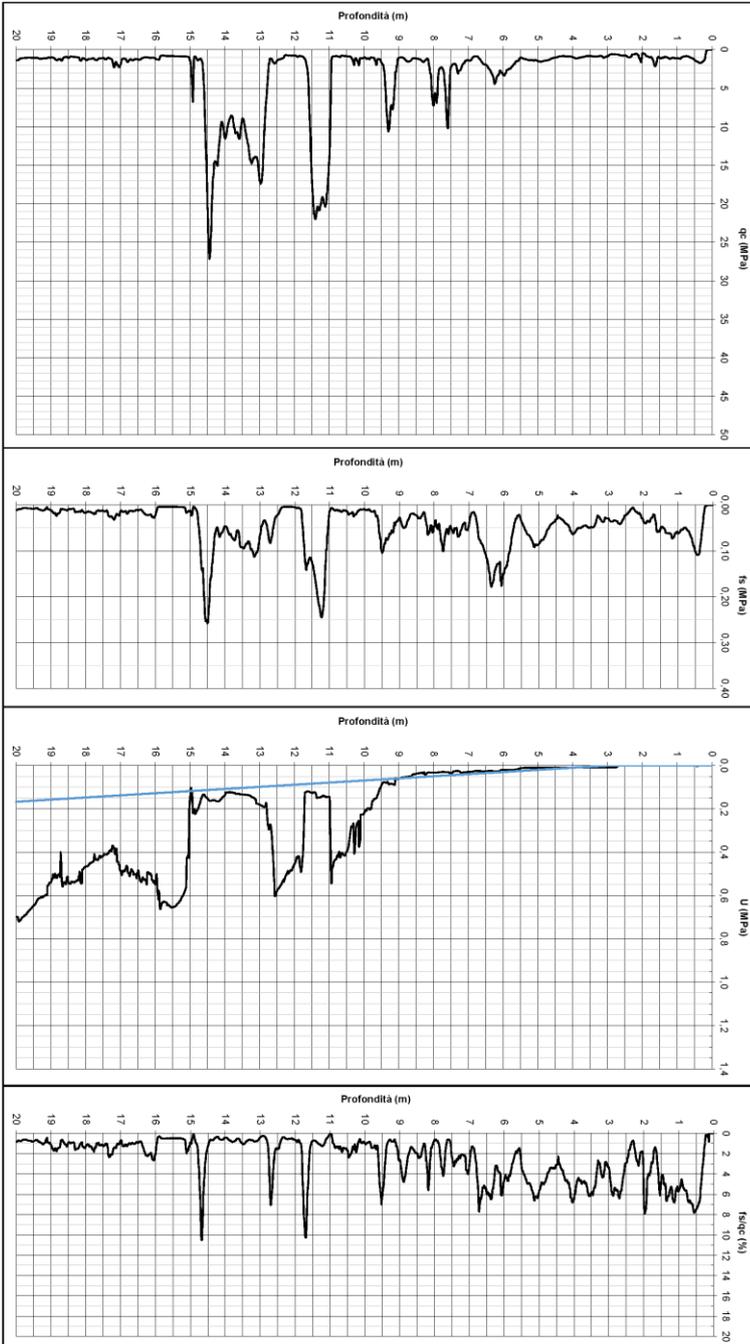
**vicenzetto**

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPTU

Pagina 1 di 2

COMMITTENTE Consorzio Iricav Due  
CANTIERE Linea A/VAC Verona - Padova 1 lotto Funzionale Verona - Bivio Vicenza  
PROVA CPTU#E37/6 DATA 26/05/2021 RESPONSABILE Dott. Geol. Paolo Greggio

Punta M/497 Quota inizio indagine m s.l.m.  
Profondità prova 27,93 m da p.c. Livello acqua 2,95 m da p.c.  
Coordinate WGS84 X 45°25,1634' N Y 11°21,1566' E



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI4700001A

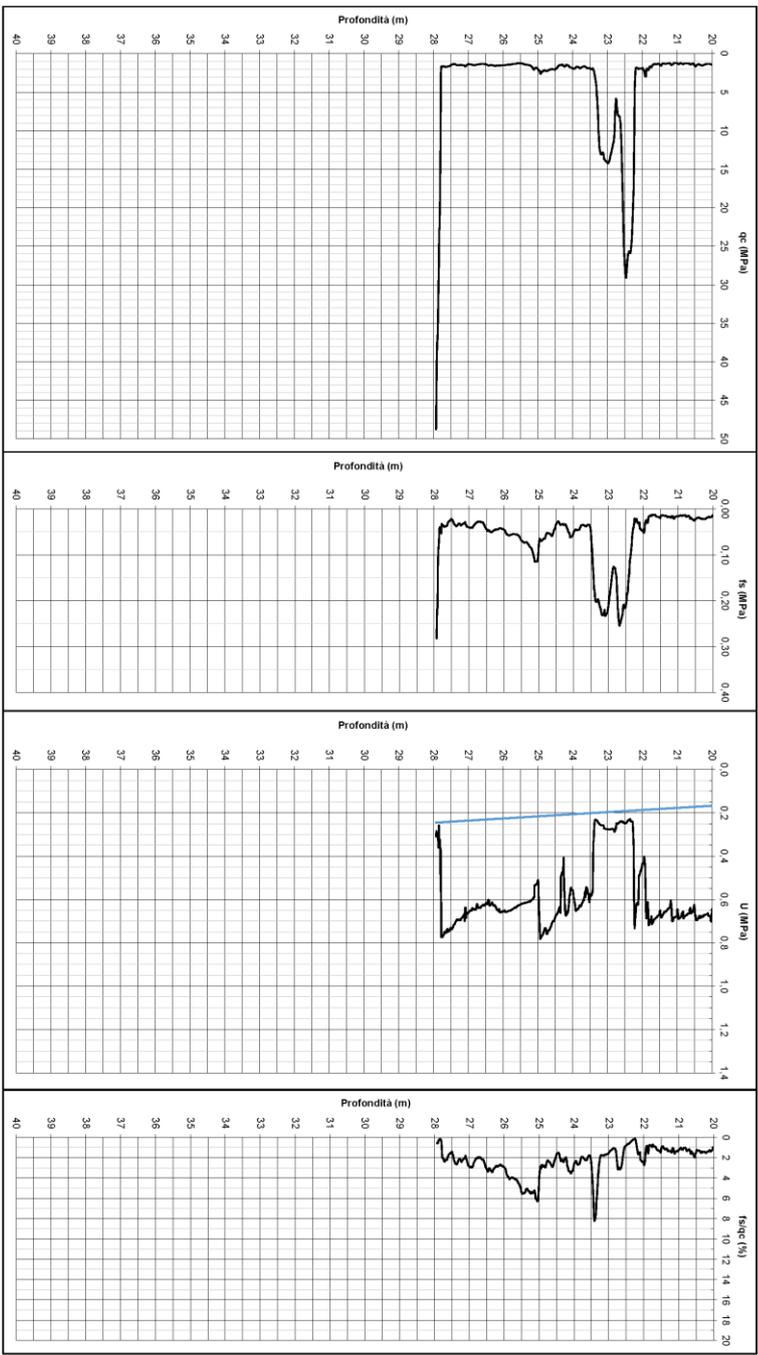
Foglio  
64 di 117



PROVA PENETROMETRICA STATICA CPTU

COMMITTENTE Consorzio Iricav Due  
 CANTIERE Linea AV/AC Verona - Padova 1 lotto Funzionale Verona - Bivio Vicenza  
 PROVA CPTU-PE-37/6 DATA 26/05/2021 RESPONSABILE Dott. Geol. Paolo Greggio

Punta M/497 Quota inizio indagine m s.l.m.  
 Profondità prova 27,93 m da p.c. Livello acqua 2,95 m da p.c.  
 Coordinate WGS84 X 45°25,1634' N Y 11°21,1566' E





Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

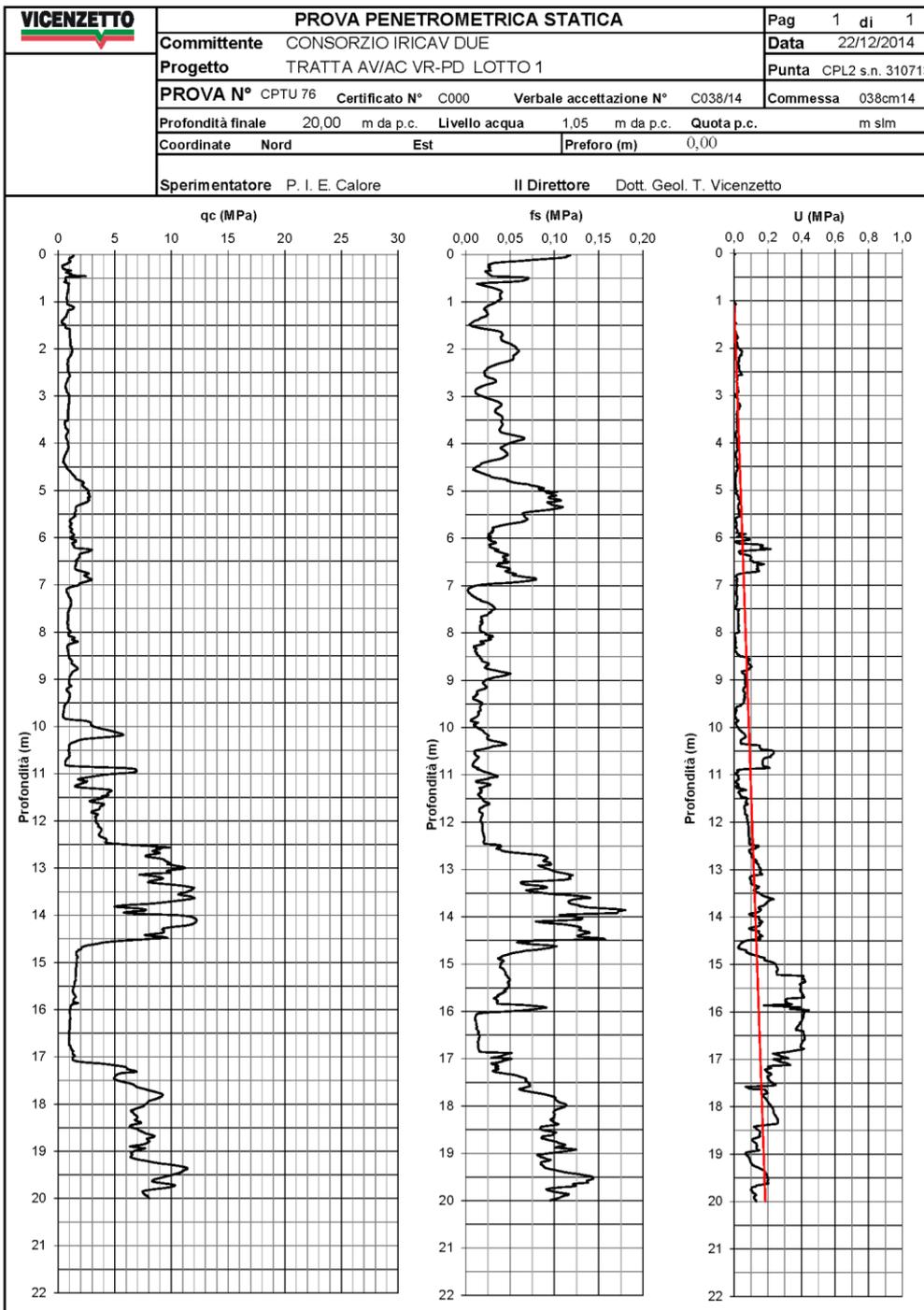
12

Codifica

EI2RBRI4700001A

Foglio

65 di 117





Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI4700001A

Foglio  
66 di 117

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality - Qualità Ambiente Sicurezza - UNI EN ISO 9001:2008 - 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 Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)  
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099  
[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

CANTIERE: **Lonigo (VI)**

PERFORAZIONE: BH-PE-57

RDP SITO N°: SF210116

PROFONDITA': 30,00 m

ESECUZIONE: 25-27/01/2021

OPERATORE: BIASIOLI-BAGATIN

RIVESTIMENTO: 30,00 m

COMMESSA: 22036AV-20

RESPONSABILE: FERRABOSCHI

QUOTA: 31,29 m



SPT  
PA: punta aperta  
PC: punta chiusa

METRI	METRI da P.C.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAMPIONI		P.P. kPa		T.V. kPa		PROVE			METODO E UTENSILE	FALDA	
				TIPO	NUM.	PROF.	TIPO	NUM.	PROF.	TIPO	NUM.	PROF.			
	0.20		Terreno vegetale												
1	1.50		Limo argilloso, marrone				250	125.00					0.70		
2	2.20		Alternanza tra limo argilloso e limo sabbioso (spessore centimetrico); marrone				250	125							
	2.60		Sabbia (a grana fine) con limo, grigio				50	25.00							
3	3.00		Limo con argilla, grigio				50	25							
	3.40		Sabbia (a grana medio-fine) limosa, marrone												
	3.60		Sabbia eterogenea (da fine a grossolana) limosa, marrone												
4	3.90		Sabbia (a grana medio-fine) limosa, marrone												
	4.70		Limo sabbioso (a grana fine) ghiaioso (medio-fine); grigio												
5	5.20		Argilla limosa, grigio				100	50							
	5.80		Limo argilloso, grigio				150	75							
	5.80		Presenza di sporadica ghiaia (fine)				200	100							
6				SH1		5.60									
	6.20		Argilla limosa, grigio-marrone				250	125							
7	7.40		Argilla con limo, grigio-marrone				150	75							
	7.70		Argilla con limo, grigio-marrone				150	75							
8	8.00		Limo argilloso debolmente sabbioso, grigio-marrone				150	80							
	8.80		Argilla limosa, grigio-marrone				75	35							
	8.80		Argilla limosa, grigio-marrone				75	35							
9	9.30		Limo sabbioso, grigio-marrone				75	35							
	9.30		Limo sabbioso, grigio-marrone				75	35							
10			Limo con argilla, grigio				25	12							
	11.20		Limo con argilla, grigio				25	12							
	11.20		Limo con argilla, grigio				25	12							
	11.60		Limo sabbioso, grigio				25	12							
	11.60		Limo sabbioso, grigio				25	12							
12			Sabbia (a grana medio-fine) debolmente limosa, grigio				12.00								
	12.00		Sabbia (a grana medio-fine) debolmente limosa, grigio				12.00								
	12.50		Limo argilloso, grigio / grigio scuro	SH2		12.50									
13			Limo argilloso, grigio / grigio scuro				25	12							
	13.40		Limo argilloso, grigio / grigio scuro				50	25							
14			Torba												
	13.70		Torba												
	14.40		Limo argilloso, grigio scuro				50	25							
15			Sabbia con limo, grigio												
	15.20		Sabbia con limo, grigio												
	15.40		Sabbia con limo, grigio												
16			Argilla limosa, grigio				20	10							
	16.80		Argilla limosa, grigio				20	10							
17			Limo argilloso, grigio				16.50								
	16.80		Limo argilloso, grigio	SH3		16.50									
	17.00		Limo argilloso, grigio				17.00								
18			Limo argilloso, grigio				25	12							
	18.40		Limo argilloso, grigio				25	12							
	18.40		Presenza di sporadici orizzonti sabbiosi con spessore centimetrico				25	12							
19			Limo sabbioso, grigio				50	25							
	19.30		Limo sabbioso, grigio				50	25							
20			Limo argilloso, grigio				100	25							

Il Direttore Tecnico SOA:  
ing. Massimo De Iasi

Il Responsabile Prove in Sito:  
dott. Massimo Romagnoli



Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI4700001A

Foglio

67 di 117

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality - Qualità Ambiente Sicurezza - UNI EN ISO 9001:2008 - 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 Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

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

[www.socotec.it](http://www.socotec.it)

SOCOTEC

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

CANTIERE: Lonigo (VI)

PERFORAZIONE: BH-PE-57

ESECUZIONE: 25-27/01/2021

COMMESSA: 22036AV-20

RDP SITO N°: SF210116

OPERATORE: BIASIOLI-BAGATIN

RESPONSABILE: FERRABOSCHI

PROFONDITA': 30,00 m

RIVESTIMENTO: 30,00 m

QUOTA: 31,29 m



SPT

PA: punta aperta

PC: punta chiusa

METRI	METRI da P.C.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAMPIONI			p.p. kPa	T.V. kPa	PROVE			METODO E UTENSIL	FALDA		
				TIPO	NUM.	PROF.			TIPO	NUM.	PROF.				
21	21.00		Limo argilloso, grigio				50	25							
	21.50		Limo con sabbia, grigio				50	25							
22			Sabbia (a grana medio-fine) limosa, grigio												
23	23.00														
24			Limo argilloso, grigio-marrone				75	35							
25	25.30			SH4		24.40	75	35							
26	26.10		Limo argilloso, marrone scuro di resti di materia organica (frustoli vegetali)			25.00	75	35							
			Presenza di resti di materia organica (frustoli vegetali)				150	75							
27			Limo argilloso, grigio-marrone	SH5		26.60	100	50							
28						27.20	50	25							
29	28.70						75	35							
			Argilla limosa, grigio-marrone	SH6		29.00	75	35							
	30.00					29.60	75	35							
FINE SONDAGGIO															
31			nota: approvvigionamento idrico												
32															
33															
34															
35															
36															
37															
38															
39															
40															

Il Direttore Tecnico SOA:  
ing. Massimo De Iasi

SF210116\_BH-PE-57 - pag 2 di 5

Il Responsabile Prove in Sito:  
dott. Massimo Romagnoli

GENERAL CONTRACTOR



IRICAV2

ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 68 di 117
---	------------------	-------------	-----------------------------	---------------------

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



## Slide Analysis Information

### SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

#### Project Summary

File Name: RI47\_01  
 Slide Modeler Version: 7.029  
 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  $\alpha < 0.2$ : Yes  
 Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos: Yes  
 Initial trial value of FS: 1  
 Steffensen Iteration: Yes

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione  
Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI4700001A

Foglio

70 di 117



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

### Groundwater Analysis

---

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

### Random Numbers

---

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

### Surface Options

---

Surface Type: Circular  
Search Method: Auto Refine Search  
Divisions along slope: 10  
Circles per division: 10  
Number of iterations: 10  
Divisions to use in next iteration: 50%  
Composite Surfaces: Disabled  
Minimum Elevation: Not Defined  
Minimum Depth [m]: 2  
Minimum Area: Not Defined  
Minimum Weight: Not Defined

### Seismic

---

Advanced seismic analysis: No  
Staged pseudostatic analysis: No

### Loading

---

6 Distributed Loads present

**Distributed Load 1**

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

**Distributed Load 2**

Distribution: Constant  
 Magnitude [kPa]: 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	3b60	3b50	Unità4	3b70
Color					
Strength Type	Mohr-Coulomb	Undrained	Undrained	Mohr-Coulomb	Undrained
Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	20	18.5	18.5	19	18.5
Cohesion [kPa]	0			0	
Friction Angle [deg]	38			36	
Cohesion Type		60	50		70
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	0	0	1	0

**Global Minimums****Method: bishop simplified**

FS	1.578880
Center:	51.295, 27.469
Radius:	32.737
Left Slip Surface Endpoint:	26.582, 5.998
Right Slip Surface Endpoint:	69.104, -0.001
Resisting Moment:	60079.8 kN-m
Driving Moment:	38052.2 kN-m
Total Slice Area:	292.982 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	42.5213 m
Surface Average Height:	6.89023 m

## Valid / Invalid Surfaces

## Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 1943

Number of Invalid Surfaces: 0

## Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.57888

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	0.862928	8.32541	-47.8887	Rilevato	0	32.0066	2.65659	4.19443	6.71079	0	6.71079	9.64972	9.64972
2	0.862928	24.1894	-45.6816	Rilevato	0	32.0066	7.89731	12.4689	19.9494	0	19.9494	28.0369	28.0369
3	0.862928	38.896	-43.5585	Rilevato	0	32.0066	12.9658	20.4715	32.7529	0	32.7529	45.0822	45.0822
4	0.862928	52.5668	-41.508	Rilevato	0	32.0066	20.8984	32.996	52.7911	0	52.7911	71.2856	71.2856
5	0.862928	65.2996	-39.5206	Rilevato	0	32.0066	35.7456	56.438	90.2966	0	90.2966	119.785	119.785
6	0.862928	77.1747	-37.5886	Rilevato	0	32.0066	55.7304	87.9916	140.78	0	140.78	183.68	183.68
7	0.862928	88.2588	-35.7057	Rilevato	0	32.0066	60.5661	95.6266	152.995	0	152.995	196.526	196.526
8	0.862928	98.6081	-33.8662	Rilevato	0	32.0066	53.752	84.8679	135.782	0	135.782	171.856	171.856
9	0.47075	57.8239	-32.4685	3b60	42.8571	0	27.144	42.8571	119.973	0	119.973	137.244	137.244
10	0.770309	100.077	-31.1922	3b60	42.8571	0	27.144	42.8571	154.046	0	154.046	170.48	170.48
11	0.770309	106.522	-29.6286	3b60	42.8571	0	27.144	42.8571	217.077	0	217.077	232.515	232.515
12	0.770309	112.573	-28.089	3b60	42.8571	0	27.144	42.8571	225.882	0	225.882	240.369	240.369
13	0.770309	118.247	-26.5712	3b60	42.8571	0	27.144	42.8571	234.159	0	234.159	247.735	247.735
14	0.891077	143.38	-24.9574	3b50	35.7143	0	22.62	35.7143	161.036	0	161.036	171.563	171.563
15	0.891077	149.953	-23.2485	3b50	35.7143	0	22.62	35.7143	158.572	0	158.572	168.289	168.289
16	0.891077	156.011	-21.5613	3b50	35.7143	0	22.62	35.7143	166.149	0	166.149	175.087	175.087
17	0.891077	161.571	-19.8936	3b50	35.7143	0	22.62	35.7143	173.141	0	173.141	181.327	181.327
18	0.891077	166.65	-18.2432	3b50	35.7143	0	22.62	35.7143	190.55	0	190.55	198.006	198.006
19	0.891077	171.261	-16.6084	3b50	35.7143	0	22.62	35.7143	253.61	0	253.61	260.357	260.357
20	0.891077	175.418	-14.9874	3b50	35.7143	0	22.62	35.7143	285.029	0	285.029	291.085	291.085
21	0.891077	179.132	-13.3786	3b50	35.7143	0	22.62	35.7143	289.871	0	289.871	295.251	295.251
22	0.891077	182.41	-11.7805	3b50	35.7143	0	22.62	35.7143	233.039	0	233.039	237.757	237.757
23	0.891077	185.262	-10.1916	3b50	35.7143	0	22.62	35.7143	218.244	0	218.244	222.311	222.311
24	0.891077	187.695	-8.61066	3b50	35.7143	0	22.62	35.7143	256.335	0	256.335	259.76	259.76
25	0.891077	189.714	-7.03626	3b50	35.7143	0	22.62	35.7143	304.334	0	304.334	307.126	307.126
26	0.891077	191.323	-5.46719	3b50	35.7143	0	22.62	35.7143	306.767	0	306.767	308.932	308.932
27	0.891077	192.527	-3.90223	3b50	35.7143	0	22.62	35.7143	287.28	0	287.28	288.823	288.823
28	0.891077	193.503	-2.34018	3b50	35.7143	0	22.62	35.7143	227.455	0	227.455	228.379	228.379
29	0.891077	194.37	0.779866	3b50	35.7143	0	22.62	35.7143	217.822	0	217.822	218.13	218.13
30	0.891077	194.397	0.779866	3b50	35.7143	0	22.62	35.7143	218.467	0	218.467	218.159	218.159
31	0.891077	193.991	2.34018	3b50	35.7143	0	22.62	35.7143	218.628	0	218.628	217.703	217.703
32	0.891077	187.276	3.90223	3b50	35.7143	0	22.62	35.7143	211.711	0	211.711	210.168	210.168
33	0.891077	174.939	5.46719	3b50	35.7143	0	22.62	35.7143	198.486	0	198.486	196.321	196.321
34	0.891077	162.196	7.03626	3b50	35.7143	0	22.62	35.7143	184.813	0	184.813	182.021	182.021
35	0.891077	149.044	8.61066	3b50	35.7143	0	22.62	35.7143	170.687	0	170.687	167.261	167.261
36	0.891077	135.479	10.1916	3b50	35.7143	0	22.62	35.7143	156.103	0	156.103	152.037	152.037
37	0.891077	121.493	11.7805	3b50	35.7143	0	22.62	35.7143	141.059	0	141.059	136.341	136.341
38	0.891077	107.081	13.3786	3b50	35.7143	0	22.62	35.7143	125.547	0	125.547	120.167	120.167
39	0.891077	92.235	14.9874	3b50	35.7143	0	22.62	35.7143	109.562	0	109.562	103.506	103.506
40	0.891077	76.9447	16.6084	3b50	35.7143	0	22.62	35.7143	93.0929	0	93.0929	86.3459	86.3459
41	0.891077	62.189	18.2432	3b50	35.7143	0	22.62	35.7143	77.242	0	77.242	69.786	69.786
42	0.891077	55.2278	19.8936	3b50	35.7143	0	22.62	35.7143	70.1589	0	70.1589	61.9734	61.9734
43	0.891077	49.3354	21.5613	3b50	35.7143	0	22.62	35.7143	64.2987	0	64.2987	55.3604	55.3604
44	0.891077	42.9721	23.2485	3b50	35.7143	0	22.62	35.7143	57.9364	0	57.9364	48.2187	48.2187
45	0.891077	36.3881	24.9574	3b50	35.7143	0	22.62	35.7143	51.3567	0	51.3567	40.8293	40.8293
46	0.770309	25.7563	26.5712	3b60	42.8571	0	27.144	42.8571	47.0034	0	47.0034	33.4278	33.4278
47	0.770309	20.0819	28.089	3b60	42.8571	0	27.144	42.8571	40.5476	0	40.5476	26.0608	26.0608
48	0.770309	14.0309	29.6286	3b60	42.8571	0	27.144	42.8571	33.6428	0	33.6428	18.2049	18.2049
49	0.770309	7.58614	31.1922	3b60	42.8571	0	27.144	42.8571	26.2717	0	26.2717	9.83784	9.83784
50	0.47015	1.30096	32.4678	3b60	42.8571	0	27.144	42.8571	20.0274	0	20.0274	2.75614	2.75614



## Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.57888

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	26.5823	5.99758	0	0	0
2	27.4453	5.04294	4.1154	0	0
3	28.3082	4.15924	14.9343	0	0
4	29.1711	3.33867	30.6287	0	0
5	30.034	2.575	52.9213	0	0
6	30.897	1.86314	86.374	0	0
7	31.7599	1.19887	131.829	0	0
8	32.6228	0.578662	174.487	0	0
9	33.4858	-0.000463114	206.767	0	0
10	33.9565	-0.3	229.934	0	0
11	34.7268	-0.766372	280.88	0	0
12	35.4971	-1.20448	355.087	0	0
13	36.2674	-1.61559	427.055	0	0
14	37.0377	-2.00085	496.371	0	0
15	37.9288	-2.41556	543.01	0	0
16	38.8199	-2.79837	583.57	0	0
17	39.711	-3.15048	621.928	0	0
18	40.602	-3.47293	657.615	0	0
19	41.4931	-3.76665	693.439	0	0
20	42.3842	-4.03243	740.701	0	0
21	43.2753	-4.27099	788.553	0	0
22	44.1664	-4.48292	829.843	0	0
23	45.0574	-4.66876	853.007	0	0
24	45.9485	-4.82896	867.826	0	0
25	46.8396	-4.96389	882.27	0	0
26	47.7307	-5.07387	895.598	0	0
27	48.6217	-5.15916	901.618	0	0
28	49.5128	-5.21994	898.936	0	0
29	50.4039	-5.25635	887.075	0	0
30	51.295	-5.26848	869.574	0	0
31	52.1861	-5.25635	846.78	0	0
32	53.0771	-5.21994	818.676	0	0
33	53.9682	-5.15916	785.664	0	0
34	54.8593	-5.07387	748.592	0	0
35	55.7504	-4.96389	708.123	0	0
36	56.6414	-4.82896	664.948	0	0
37	57.5325	-4.66876	619.798	0	0
38	58.4236	-4.48292	573.44	0	0
39	59.3147	-4.27099	526.689	0	0
40	60.2058	-4.03243	480.409	0	0
41	61.0968	-3.76665	435.523	0	0
42	61.9879	-3.47293	392.692	0	0
43	62.879	-3.15048	349.926	0	0
44	63.7701	-2.79837	307.143	0	0
45	64.6611	-2.41556	264.82	0	0
46	65.5522	-2.00085	223.379	0	0
47	66.3225	-1.61559	184.374	0	0
48	67.0928	-1.20448	146.809	0	0
49	67.8631	-0.766372	111.173	0	0
50	68.6335	-0.3	78.025	0	0
51	69.1036	-0.00085211	0	0	0

## List Of Coordinates

## Water Table

X	Y
-1.065	-0.3
96.1587	-0.3



Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI4700001A

Foglio

74 di 117

**Distributed Load**

X	Y
37.6886	6.00268
29.4134	6.00268

**Distributed Load**

X	Y
50.2073	6.00268
40.8136	6.00268

**Distributed Load**

X	Y
33.0894	6.00268
30.5759	6.00268

**Distributed Load**

X	Y
37.0392	6.00268
34.4744	6.00268

**Distributed Load**

X	Y
44.3745	6.00268
41.7841	6.00268

**Distributed Load**

X	Y
49.2733	6.00268
46.452	6.00268

**External Boundary**

X	Y
61.6123	-0.00085211
53.0489	6.00268
38.9537	6.00268
26.5894	6.00268
20	1.23114
0	1.23114
0	0
0	-2.00085
0	-5.50085
0	-9.50085
0	-13.0009
0	-15.0009
0	-22.0009
0	-35.0009
94.587	-35.0009
94.587	-22.0009
94.587	-15.0009
94.587	-13.0009
94.587	-9.50085
94.587	-5.50085
94.587	-2.00085
94.587	-0.00085211
63.9645	-0.00085211

**Material Boundary**



Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione  
Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI4700001A

Foglio

75 di 117



X	Y
0	-2.00085
94.587	-2.00085

**Material Boundary**

X	Y
0	-5.50085
94.587	-5.50085

**Material Boundary**

X	Y
0	-9.50085
94.587	-9.50085

**Material Boundary**

X	Y
0	-13.0009
94.587	-13.0009

**Material Boundary**

X	Y
0	-15.0009
94.587	-15.0009

**Material Boundary**

X	Y
0	-22.0009
94.587	-22.0009

**Material Boundary**

X	Y
0	0
49.7571	-0.000688151
61.6123	-0.00085211

**Material Boundary**

X	Y
38.9537	6.00268
49.7571	-0.000688151
50.6572	-0.500852
62.6123	-0.500852

**Material Boundary**

X	Y
62.6123	-0.500852
63.9645	-0.00085211

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione  
Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI4700001A

Foglio

76 di 117

## ALLEGATO 4 – TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU SISMICA



## Slide Analysis Information

### SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

#### Project Summary

File Name: RI47\_sism  
 Slide Modeler Version: 7.029  
 Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
 Date Created: 17/03/2021, 17:14:01

#### General Settings

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

#### Design Standard

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

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

#### Analysis Options

Slices Type: Vertical

##### Analysis Methods Used

Bishop simplified

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

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI4700001A

Foglio

78 di 117



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

### Groundwater Analysis

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

### Random Numbers

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

### Surface Options

Surface Type: Circular  
Search Method: Auto Refine Search  
Divisions along slope: 10  
Circles per division: 10  
Number of iterations: 10  
Divisions to use in next iteration: 50%  
Composite Surfaces: Disabled  
Minimum Elevation: Not Defined  
Minimum Depth [m]: 2  
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

**Distributed Load 1**

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

**Distributed Load 2**

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

**Distributed Load 3**

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

**Distributed Load 4**

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

**Distributed Load 5**

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

**Distributed Load 6**

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

**Material Properties**

Property	Rilevato	3b60	3b50	Unità4	3b70
Color					
Strength Type	Mohr-Coulomb	Undrained	Undrained	Mohr-Coulomb	Undrained
Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	20	18.5	18.5	19	18.5
Cohesion [kPa]	0			0	
Friction Angle [deg]	38			36	
Cohesion Type		60	50		70
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	0	0	1	0

**Global Minimums****Method: bishop simplified**

FS	1.414510
Center:	51.395, 38.003
Radius:	43.509
Left Slip Surface Endpoint:	24.049, 4.163
Right Slip Surface Endpoint:	72.578, -0.001
Resisting Moment:	82788.4 kN-m
Driving Moment:	58527.8 kN-m
Total Slice Area:	342.88 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	48.5299 m
Surface Average Height:	7.06534 m

## Valid / Invalid Surfaces

## Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 1974

Number of Invalid Surfaces: 0

## Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.41451

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	1.02719	15.9086	-38.0829	Rilevato	0	32.0066	4.87501	6.89575	11.0327	0	11.0327	14.8529	14.8529
2	1.02719	47.2319	-36.3835	Rilevato	0	32.0066	14.6995	20.7926	33.2666	0	33.2666	44.0975	44.0975
3	1.02719	75.4812	-34.7205	Rilevato	0	32.0066	23.8398	33.7216	53.952	0	53.952	70.472	70.472
4	1.02719	91.382	-33.0903	Rilevato	0	32.0066	29.2708	41.4039	66.2431	0	66.2431	85.3175	85.3175
5	1.02719	104.721	-31.4898	Rilevato	0	32.0066	33.9994	48.0925	76.9445	0	76.9445	97.7711	97.7711
6	1.02719	117.255	-29.9163	Rilevato	0	32.0066	42.5098	60.1306	96.2045	0	96.2045	120.665	120.665
7	0.546619	67.1429	-28.7255	3b60	42.8571	0	30.2982	42.8571	119.697	0	119.697	136.302	136.302
8	0.882146	114.574	-27.6593	3b60	42.8571	0	30.2982	42.8571	135.378	0	135.378	151.257	151.257
9	0.882146	121.913	-26.3553	3b60	42.8571	0	30.2982	42.8571	144.224	0	144.224	159.235	159.235
10	0.882146	128.845	-25.0658	3b60	42.8571	0	30.2982	42.8571	148.206	0	148.206	162.376	162.376
11	0.882146	135.385	-23.7898	3b60	42.8571	0	30.2982	42.8571	148.225	0	148.225	161.582	161.582
12	1.02855	165.592	-22.4224	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	168.435	0	168.435	178.854	178.854
13	1.02855	173.379	-20.9645	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	178.682	0	178.682	188.356	188.356
14	1.02855	180.598	-19.5206	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	182.15	0	182.15	191.101	191.101
15	1.02855	187.264	-18.0896	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	170.78	0	170.78	179.027	179.027
16	1.02855	193.391	-16.6702	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	172.754	0	172.754	180.315	180.315
17	1.02855	198.991	-15.2612	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	178.647	0	178.647	185.536	185.536
18	1.02855	204.076	-13.8616	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	193.47	0	193.47	199.701	199.701
19	1.02855	208.655	-12.4704	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	212.106	0	212.106	217.69	217.69
20	1.02855	212.736	-11.0867	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	220.105	0	220.105	225.052	225.052
21	1.02855	216.328	-9.70946	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	221.714	0	221.714	226.034	226.034
22	1.02855	219.437	-8.33788	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	215.299	0	215.299	218.999	218.999
23	1.02855	222.068	-6.97109	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	220.487	0	220.487	223.574	223.574
24	1.02855	224.225	-5.60829	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	233.284	0	233.284	235.763	235.763
25	1.02855	225.913	-4.24866	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	235.461	0	235.461	237.337	237.337
26	1.02855	227.134	-2.89143	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	231.917	0	231.917	233.192	233.192
27	1.02855	228.293	-1.53581	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	219.07	0	219.07	219.747	219.747
28	1.30352	290.125	0	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	213.445	0	213.445	213.445	213.445
29	0.968047	215.232	1.49595	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	213.881	0	213.881	213.221	213.221
30	0.968047	208.465	2.77174	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	207.739	0	207.739	206.517	206.517
31	0.968047	194.3	4.0489	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	194.272	0	194.272	192.485	192.485
32	0.968047	179.739	5.32809	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	180.414	0	180.414	178.059	178.059
33	0.968047	164.786	6.60994	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	166.171	0	166.171	163.246	163.246
34	0.968047	149.44	7.89513	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	151.544	0	151.544	148.043	148.043
35	0.968047	133.697	9.18434	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	136.529	0	136.529	132.447	132.447
36	0.968047	117.552	10.4782	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	121.123	0	121.123	116.453	116.453
37	0.968047	101.002	11.7776	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	105.322	0	105.322	100.057	100.057
38	0.968047	84.134	13.0831	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	89.2148	0	89.2148	83.3471	83.3471
39	0.968047	74.7956	14.3956	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	80.5766	0	80.5766	74.096	74.096
40	0.968047	69.8288	15.7158	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	76.28	0	76.28	69.1755	69.1755
41	0.968047	64.3358	17.0447	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	71.4745	0	71.4745	63.7337	63.7337
42	0.968047	58.7725	18.3831	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	66.6132	0	66.6132	58.2224	58.2224
43	0.968047	52.7826	19.7319	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	61.3445	0	61.3445	52.2884	52.2884
44	0.968047	46.33	21.0923	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	55.6347	0	55.6347	45.896	45.896
45	0.968047	39.4021	22.4653	3b50	35.7143	0	25.2485	35.7143	49.4731	0	49.4731	39.0327	39.0327
46	0.882146	29.4661	23.7898	3b60	42.8571	0	30.2982	42.8571	45.3885	0	45.3885	32.0319	32.0319
47	0.882146	22.9263	25.0658	3b60	42.8571	0	30.2982	42.8571	39.0929	0	39.0929	24.9222	24.9222
48	0.882146	15.9934	26.3553	3b60	42.8571	0	30.2982	42.8571	32.3959	0	32.3959	17.3852	17.3852
49	0.882146	8.65461	27.6593	3b60	42.8571	0	30.2982	42.8571	25.2864	0	25.2864	9.40697	9.40697
50	0.54584	1.5104	28.725	3b60	42.8571	0	30.2982	42.8571	19.2568	0	19.2568	2.65188	2.65188



## Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.41451

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	24.0485	4.1628	0	0	0
2	25.0757	3.35787	5.19389	0	0
3	26.1029	2.60102	19.1945	0	0
4	27.1301	1.88921	39.3773	0	0
5	28.1573	1.21984	61.2396	0	0
6	29.1845	0.590632	83.4257	0	0
7	30.2117	-0.000417833	106.358	0	0
8	30.7583	-0.3	131.23	0	0
9	31.6405	-0.762338	176.606	0	0
10	32.5226	-1.19938	223.032	0	0
11	33.4047	-1.61197	268.149	0	0
12	34.2869	-2.00085	310.304	0	0
13	35.3154	-2.42526	369.567	0	0
14	36.344	-2.81935	428.408	0	0
15	37.3725	-3.184	483.851	0	0
16	38.4011	-3.51997	530.805	0	0
17	39.4296	-3.82797	574.098	0	0
18	40.4582	-4.1086	614.781	0	0
19	41.4867	-4.36241	654.858	0	0
20	42.5153	-4.58987	694.457	0	0
21	43.5438	-4.79142	730.508	0	0
22	44.5724	-4.96741	761.516	0	0
23	45.6009	-5.11815	786.217	0	0
24	46.6295	-5.24391	806.411	0	0
25	47.658	-5.34492	822.617	0	0
26	48.6866	-5.42133	833.393	0	0
27	49.7151	-5.47328	838.327	0	0
28	50.7437	-5.50085	837.35	0	0
29	52.0472	-5.50085	828.522	0	0
30	53.0152	-5.47557	816.54	0	0
31	53.9833	-5.4287	799.667	0	0
32	54.9513	-5.36018	778.043	0	0
33	55.9194	-5.2699	752.234	0	0
34	56.8874	-5.15772	722.831	0	0
35	57.8555	-5.02348	690.452	0	0
36	58.8235	-4.86696	655.74	0	0
37	59.7916	-4.68793	619.372	0	0
38	60.7596	-4.48608	582.058	0	0
39	61.7277	-4.26111	544.531	0	0
40	62.6957	-4.01264	506.279	0	0
41	63.6638	-3.74025	466.858	0	0
42	64.6318	-3.44346	426.546	0	0
43	65.5999	-3.12175	385.554	0	0
44	66.5679	-2.77453	344.196	0	0
45	67.5359	-2.40114	302.829	0	0
46	68.504	-2.00085	261.857	0	0
47	69.3861	-1.61197	219.927	0	0
48	70.2683	-1.19938	178.976	0	0
49	71.1504	-0.762338	139.42	0	0
50	72.0326	-0.3	101.723	0	0
51	72.5784	-0.00085211	0	0	0

## List Of Coordinates

## Water Table

X	Y
-1.065	-0.3
96.1587	-0.3



Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI4700001A

Foglio

82 di 117

**Distributed Load**

X	Y
37.6886	6.00268
29.4134	6.00268

**Distributed Load**

X	Y
50.2073	6.00268
40.8136	6.00268

**Distributed Load**

X	Y
33.0894	6.00268
30.5759	6.00268

**Distributed Load**

X	Y
37.0392	6.00268
34.4744	6.00268

**Distributed Load**

X	Y
44.3745	6.00268
41.7841	6.00268

**Distributed Load**

X	Y
49.2733	6.00268
46.452	6.00268

**External Boundary**

X	Y
61.6123	-0.00085211
53.0489	6.00268
38.9537	6.00268
26.5894	6.00268
20	1.23114
0	1.23114
0	0
0	-2.00085
0	-5.50085
0	-9.50085
0	-13.0009
0	-15.0009
0	-22.0009
0	-35.0009
94.587	-35.0009
94.587	-22.0009
94.587	-15.0009
94.587	-13.0009
94.587	-9.50085
94.587	-5.50085
94.587	-2.00085
94.587	-0.00085211
63.9645	-0.00085211

**Material Boundary**



Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione  
Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI4700001A

Foglio

83 di 117



X	Y
0	-2.00085
94.587	-2.00085

**Material Boundary**

X	Y
0	-5.50085
94.587	-5.50085

**Material Boundary**

X	Y
0	-9.50085
94.587	-9.50085

**Material Boundary**

X	Y
0	-13.0009
94.587	-13.0009

**Material Boundary**

X	Y
0	-15.0009
94.587	-15.0009

**Material Boundary**

X	Y
0	-22.0009
94.587	-22.0009

**Material Boundary**

X	Y
0	0
49.7571	-0.000688151
61.6123	-0.00085211

**Material Boundary**

X	Y
38.9537	6.00268
49.7571	-0.000688151
50.6572	-0.500852
62.6123	-0.500852

**Material Boundary**

X	Y
62.6123	-0.500852
63.9645	-0.00085211

GENERAL CONTRACTOR



IRICAV2

ALTA SORVEGLIANZA



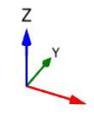
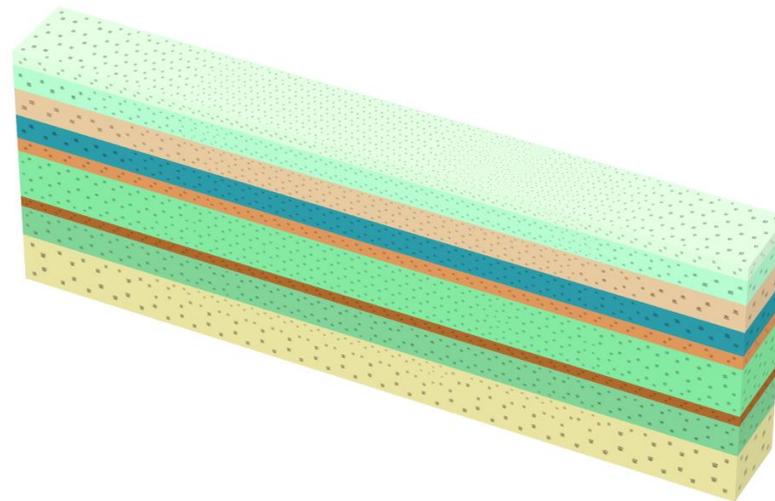
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 84 di 117
---	------------------	-------------	-----------------------------	---------------------

## 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+680,00 a pk 28+925,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 85 di 117</p>

Ri47

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

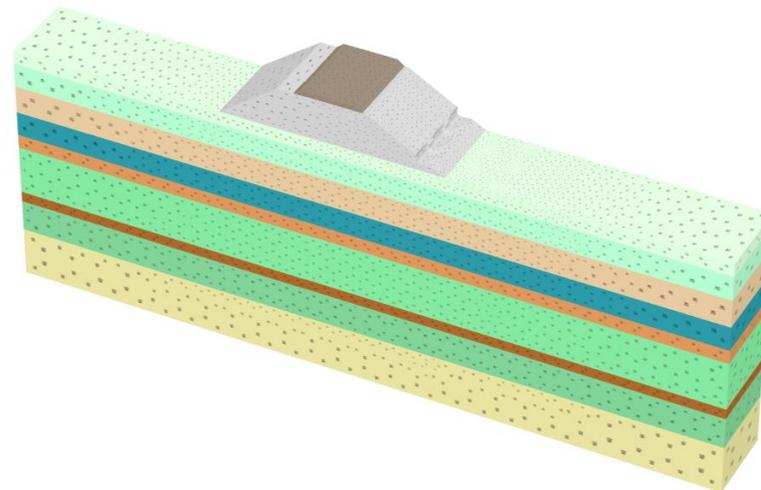


**Connectivity plot**

<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+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 86 di 117</p>

Ri47

### 1.1.1.2 Calculation results, LS [Phase\_1] (1/12), Connectivity plot

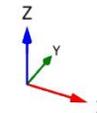
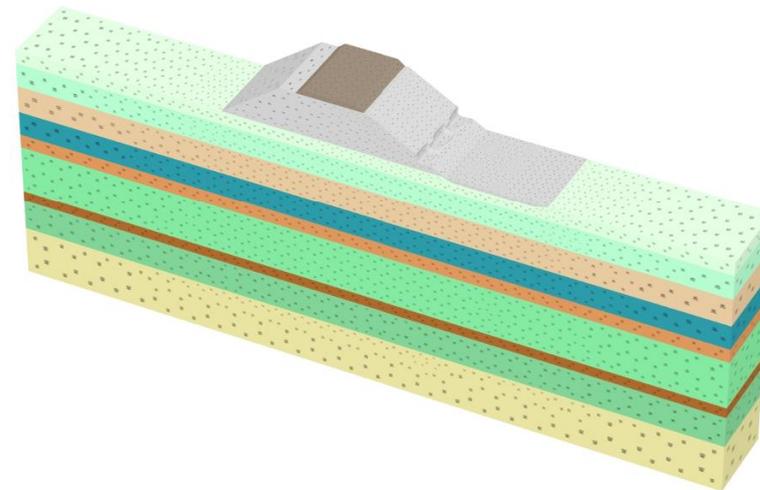


Connectivity plot

<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+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 87 di 117</p>

Ri47

### 1.1.1.3 Calculation results, scotico [Phase\_5] (5/15), Connectivity plot

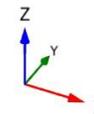
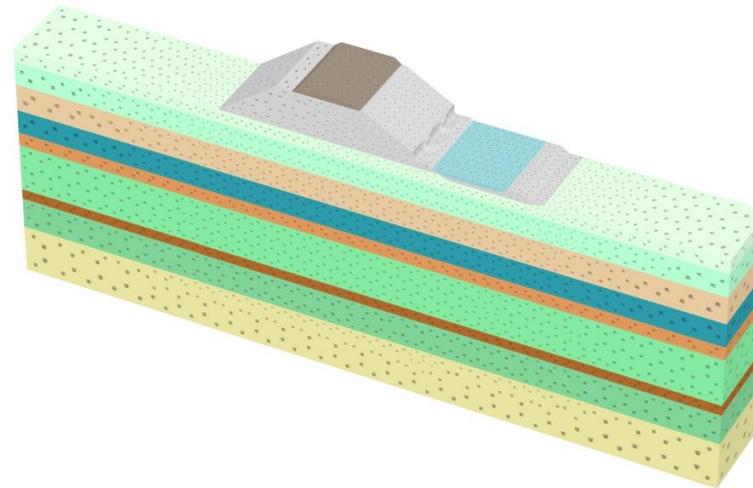


**Connectivity plot**

<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+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 88 di 117</p>

Ri47

### 1.1.1.4 Calculation results, pali B C + mixcem [Phase\_2] (2/22), Connectivity plot

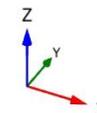
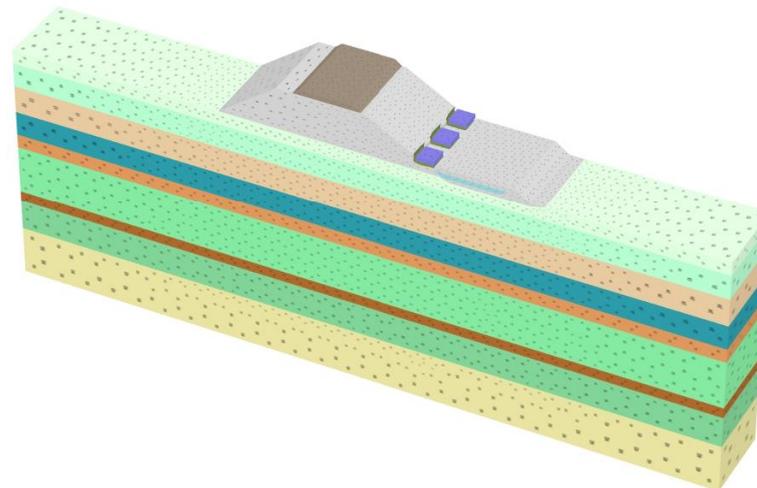


Connectivity plot

<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+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 89 di 117</p>

Ri47

### 1.1.1.5 Calculation results, pali A [Phase\_3] (3/32), Connectivity plot

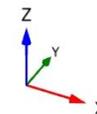
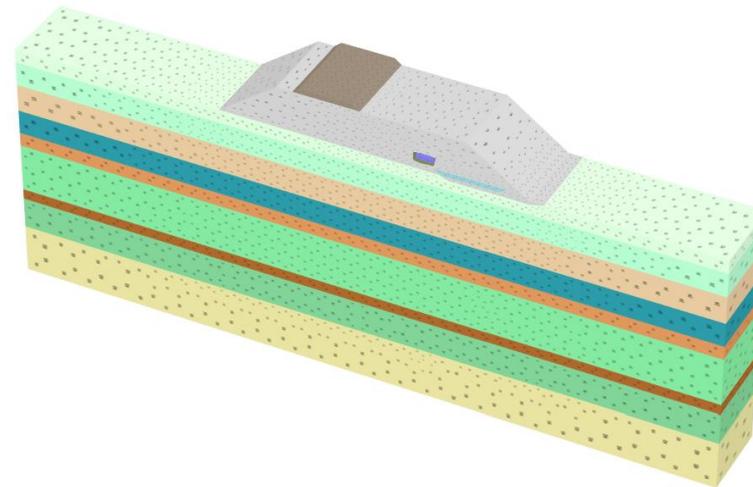


**Connectivity plot**

<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+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 90 di 117</p>

Ri47

### 1.1.1.6 Calculation results, Completamento rilevato [Phase\_4] (4/68), Connectivity plot

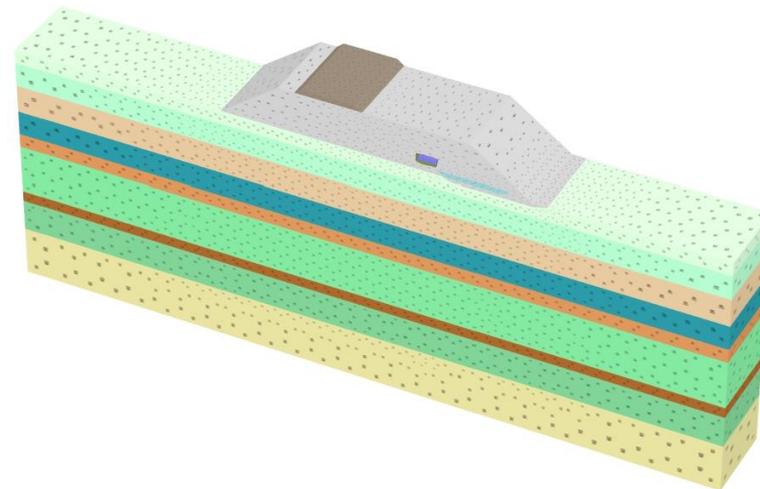


**Connectivity plot**

<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+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 91 di 117</p>

Ri47

### 1.1.1.7 Calculation results, fin+saturno [Phase\_7] (7/75), Connectivity plot

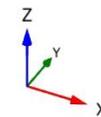
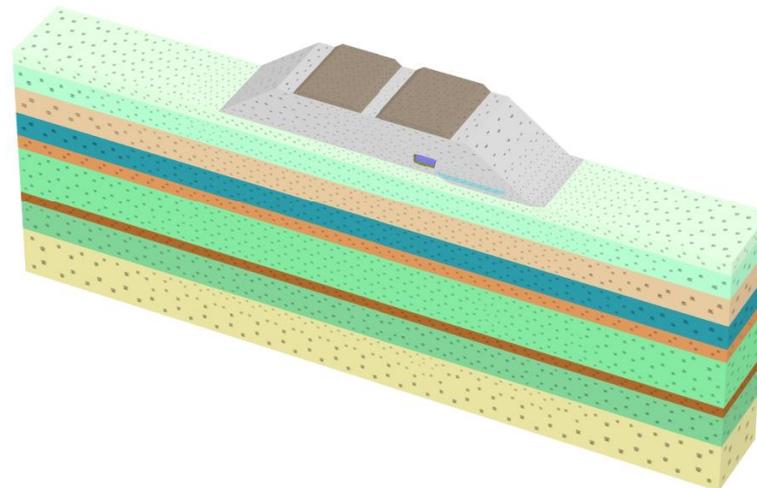


Connectivity plot

<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+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 92 di 117</p>

Ri47

### 1.1.1.8 Calculation results, Ballast [Phase\_6] (6/84), Connectivity plot

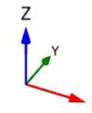
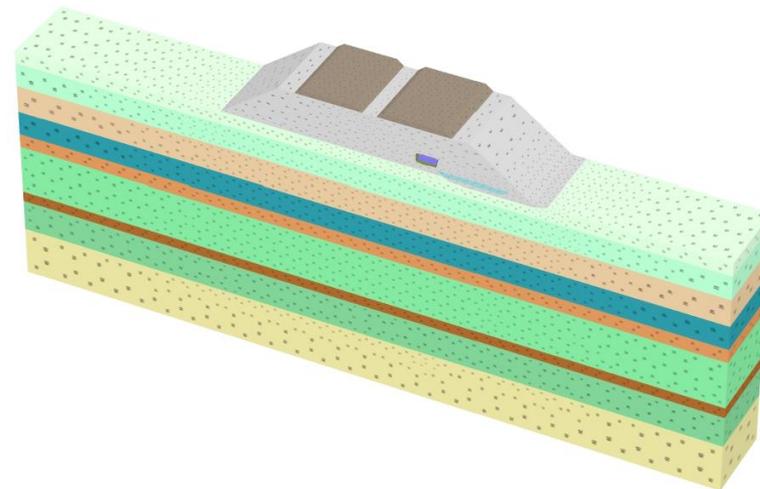


Connectivity plot

<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+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 93 di 117</p>

Ri47

### 1.1.1.9 Calculation results, Cons finale [Phase\_8] (8/138), Connectivity plot

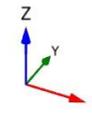
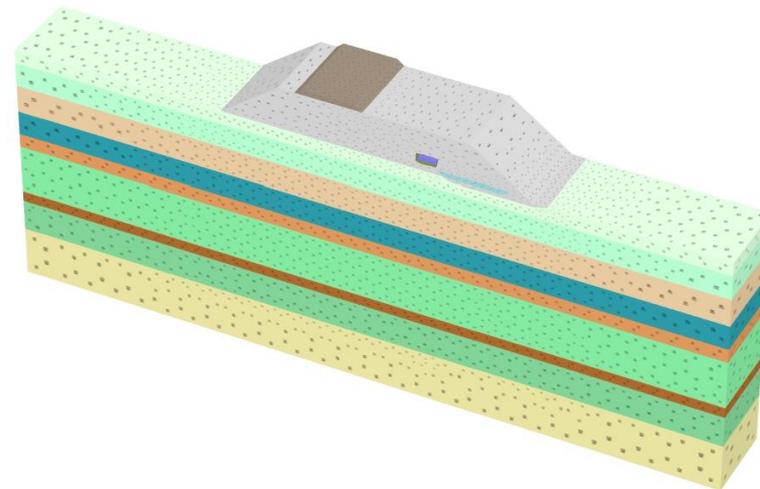


**Connectivity plot**

<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+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 94 di 117</p>

Ri47

### 1.1.1.10 Calculation results, cons ril [Phase\_9] (9/329), Connectivity plot



**Connectivity plot**

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 95 di 117

Ri47

### 1.1.2.1.1 Materials - Soil and interfaces - Linear elastic

Identification		Ballast	CLS	MistoCementato
Identification number		1	3	4
Drainage type		Drained	Non-porous	Drained
Colour				
Comments				
$\gamma_{unsat}$	kN/m <sup>3</sup>	18.00	25.00	20.00
$\gamma_{sat}$	kN/m <sup>3</sup>	18.00	25.00	20.00
Dilatancy cut-off		No	No	No
$e_{init}$		0.5000	0.5000	0.5000
$e_{min}$		0.000	0.000	0.000
$e_{max}$		999.0	999.0	999.0
Rayleigh $\alpha$		0.000	0.000	0.000
Rayleigh $\beta$		0.000	0.000	0.000
E	kN/m <sup>2</sup>	100.0E3	33.00E6	2.000E6
$\nu$ (nu)		0.3000	0.2000	0.2000
G	kN/m <sup>2</sup>	38.46E3	13.75E6	833.3E3
$E_{oed}$	kN/m <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup> /m	0.000	0.000	0.000
$z_{ref}$	m	0.000	0.000	0.000

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 96 di 117

Ri47

<b>Identification</b>		<b>Ballast</b>	<b>CLS</b>	<b>MistoCementato</b>
Undrained behaviour		Standard	Standard	Standard
Skempton-B		0.9783	0.9866	0.9866
$v_u$		0.4950	0.4950	0.4950
$K_{w,ref} / n$	kN/m <sup>2</sup>	3.750E6	1.352E9	81.94E6
Strength		Rigid	Rigid	Rigid
$R_{inter}$		1.000	1.000	1.000
Consider gap closure		Yes	Yes	Yes
$\delta_{inter}$		0.000	0.000	0.000
Cross permeability		Impermeable	Impermeable	Impermeable
Drainage conductivity $_1, dk$		m <sup>3</sup> /day/m	0.000	0.000
Drainage conductivity $_2, dk$		m <sup>3</sup> /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	864.0	0.000	0.8640E-3
$k_y$	m/day	864.0	0.000	0.8640E-3
$k_z$	m/day	864.0	0.000	0.8640E-3
$e_{init}$		0.5000	0.5000	0.5000
$S_s$	1/m	0.000	0.000	0.000
$c_k$		1000E12	1000E12	1000E12

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 97 di 117

Ri47

### 1.1.2.1.2.1 Materials - Soil and interfaces - Mohr-Coulomb (1/2)

Identification		rilevato	3a/b	Unità4_1	Unità4_2	Unità4_3
Identification number		2	5	10	11	12
Drainage type		Drained	Undrained (B)	Drained	Drained	Drained
Colour						
Comments						
$\gamma_{unsat}$	kN/m <sup>3</sup>	20.00	18.50	19.00	19.00	19.00
$\gamma_{sat}$	kN/m <sup>3</sup>	20.00	18.50	19.00	19.00	19.00
Dilatancy cut-off		No	No	No	No	No
$e_{init}$		0.5000	1.000	0.5000	0.5000	0.5000
$e_{min}$		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
$e_{max}$		999.0	999.0	999.0	999.0	999.0
Rayleigh $\alpha$		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Rayleigh $\beta$		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
E	kN/m <sup>2</sup>	60.00E3	10.00E3	15.00E3	50.00E3	80.00E3
$\nu$ (nu)		0.3000	0.000	0.3000	0.3000	0.3000
G	kN/m <sup>2</sup>	23.08E3	5000	5769	19.23E3	30.77E3
$E_{oed}$	kN/m <sup>2</sup>	80.77E3	10.00E3	20.19E3	67.31E3	107.7E3
$c_{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	0.000	70.00	0.000	0.000	0.000
$\phi$ (phi)	°	38.00	0.000	36.00	36.00	36.00
$\psi$ (psi)	°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
$V_s$	m/s	106.4	51.49	54.58	99.65	126.0
$V_p$	m/s	199.0	72.82	102.1	186.4	235.8

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 98 di 117

RI47

<b>Identification</b>		<b>rilevato</b>	<b>3a/b</b>	<b>Unità4_1</b>	<b>Unità4_2</b>	<b>Unità4_3</b>
Set to default values		Yes	Yes	No	No	No
$E_{inc}$	kN/m <sup>2</sup> /m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
$Z_{ref}$	m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
$c_{inc}$	kN/m <sup>2</sup> /m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
$Z_{ref}$	m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Tension cut-off		Yes	Yes	No	No	No
Tensile strength	kN/m <sup>2</sup>	0.000	0.000	10.00E6	10.00E6	10.00E6
Undrained behaviour		Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Skempton-B		0.9783	0.9933	0.9783	0.9783	0.9783
$v_u$		0.4950	0.4950	0.4950	0.4950	0.4950
$K_{w,ref} / n$	kN/m <sup>2</sup>	2.250E6	495.0E3	562.5E3	1.875E6	3.000E6
$C_{v,ref}$	m <sup>2</sup> /day	0.000	0.08600	0.000	0.000	0.000
Strength		Manual	Manual	Rigid	Rigid	Rigid
$R_{inter}$		0.6700	0.8000	1.000	1.000	1.000
Consider gap closure		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
$\bar{\delta}_{inter}$		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cross permeability		Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable
Drainage conductivity $_{1,dk}$	m <sup>3</sup> /day/m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Drainage conductivity $_{2,dk}$	m <sup>3</sup> /day/m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
$K_0$ determination		Automatic	Manual	Automatic	Automatic	Automatic
$K_{0,x} = K_{0,y}$		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
$K_{0,x}$		0.3843	0.5000	0.4122	0.4122	0.4122
$K_{0,y}$		0.3843	0.5000	0.4122	0.4122	0.4122
$k_x$	m/day	8640	0.08600E-3	0.8640	0.8640	0.8640

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 99 di 117

Ri47

Identification		rilevato	3a/b	Unità4_1	Unità4_2	Unità4_3
$k_y$	m/day	8640	0.08600E-3	0.8640	0.8640	0.8640
$k_z$	m/day	8640	0.08600E-3	0.8640	0.8640	0.8640
$e_{int}$		0.5000	1.000	0.5000	0.5000	0.5000
$S_s$	1/m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
$c_k$		1000E12	1000E12	1000E12	1000E12	1000E12

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 100 di 117

Ri47

### 1.1.2.1.2.2 Materials - Soil and interfaces - Mohr-Coulomb (2/2)

Identification		Unità
Identification number		13
Drainage type		Drained
Colour		
Comments		
$Y_{unsat}$	kN/m <sup>3</sup>	19.00
$Y_{sat}$	kN/m <sup>3</sup>	19.00
Dilatancy cut-off		No
$e_{init}$		0.5000
$e_{min}$		0.000
$e_{max}$		999.0
Rayleigh $\alpha$		0.000
Rayleigh $\beta$		0.000
E	kN/m <sup>2</sup>	150.0E3
$\nu$ (nu)		0.3000
G	kN/m <sup>2</sup>	57.69E3
$E_{oed}$	kN/m <sup>2</sup>	201.9E3
$c_{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	0.000
$\phi$ (phi)	°	39.00
$\psi$ (psi)	°	0.000
$V_s$	m/s	172.6
$V_p$	m/s	322.9

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 101 di 117

Ri47

<b>Identification</b>		<b>Unità</b>	<b>6</b>
Set to default values			No
$E_{inc}$	kN/m <sup>2</sup> /m		0.000
$Z_{ref}$	m		0.000
$C_{inc}$	kN/m <sup>2</sup> /m		0.000
$Z_{ref}$	m		0.000
Tension cut-off			No
Tensile strength		kN/m <sup>2</sup>	10.00E6
Undrained behaviour			Standard
Skempton-B			0.9783
$v_u$			0.4950
$K_{w,ref} / n$		kN/m <sup>2</sup>	5.625E6
Strength			Rigid
$R_{inter}$			1.000
Consider gap closure			Yes
$\delta_{inter}$			0.000
Cross permeability			Impermeable
Drainage conductivity $_{1, dk}$		m <sup>3</sup> /day/m	0.000
Drainage conductivity $_{2, dk}$		m <sup>3</sup> /day/m	0.000
$K_0$ determination			Automatic
$K_{0,x} = K_{0,y}$			Yes
$K_{0,x}$			0.3707
$K_{0,y}$			0.3707
$k_x$		m/day	8.640
$k_y$		m/day	8.640

<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+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 102 di 117</p>

Ri47

Identification	Unità
$k_z$ m/day	8.640
$e_{int}$	0.5000
$S_s$ 1/m	0.000
$c_k$	1000E12

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 103 di 117

Ri47

### 1.1.2.1.3 Materials - Soil and interfaces - Hardening soil

Identification		3ab_1	3ab_2	3ab_3	3ab_4
Identification number		6	7	8	9
Drainage type		Undrained (B)	Undrained (B)	Undrained (B)	Undrained (B)
Colour		■	■	■	■
Comments					
$\gamma_{unsat}$	kN/m <sup>3</sup>	18.50	18.50	18.50	18.50
$\gamma_{sat}$	kN/m <sup>3</sup>	18.50	18.50	18.50	18.50
Dilatancy cut-off		No	No	No	No
$e_{init}$		1.000	1.000	1.000	1.000
$e_{min}$		0.000	0.000	0.000	0.000
$e_{max}$		999.0	999.0	999.0	999.0
Rayleigh $\alpha$		0.000	0.000	0.000	0.000
Rayleigh $\beta$		0.000	0.000	0.000	0.000
$E_{50}^{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	1797	1797	1797	1797
$E_{oed}^{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	1438	1438	1438	1438
$E_{ur}^{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	13.80E3	13.80E3	13.80E3	13.80E3
power (m)		1.000	1.000	1.000	1.000
Use alternatives		No	No	No	No
$C_c$		0.3200	0.3200	0.3200	0.3200
$C_s$		0.03000	0.03000	0.03000	0.03000
$e_{init}$		1.000	1.000	1.000	1.000
$c_{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	60.00	50.00	70.00	80.00

<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+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 104 di 117</p>

Ri47

Identification		3ab_1	3ab_2	3ab_3	3ab_4
$\varphi$ (phi)	°	0.000	0.000	0.000	0.000
$\psi$ (psi)	°	0.000	0.000	0.000	0.000
Set to default values		Yes	Yes	Yes	Yes
$v_{ur}$		0.2000	0.2000	0.2000	0.2000
$p_{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	100.0	100.0	100.0	100.0
$K_0^{inc}$		1.000	1.000	1.000	1.000
$c_{inc}$	kN/m <sup>2</sup> /m	0.000	0.000	0.000	0.000
$z_{ref}$	m	0.000	0.000	0.000	0.000
$R_f$		0.9000	0.9000	0.9000	0.9000
Tension cut-off		Yes	Yes	Yes	Yes
Tensile strength	kN/m <sup>2</sup>	0.000	0.000	0.000	0.000
Undrained behaviour		Standard	Standard	Standard	Standard
Skempton-B		0.9866	0.9866	0.9866	0.9866
$v_u$		0.4950	0.4950	0.4950	0.4950
$K_{w,ref} / n$	kN/m <sup>2</sup>	565.4E3	565.4E3	565.4E3	565.4E3
Strength		Manual	Manual	Manual	Manual
$R_{inter}$		0.8000	0.8000	0.8000	0.8000
Consider gap closure		Yes	Yes	Yes	Yes
$\delta_{inter}$		0.000	0.000	0.000	0.000
Cross permeability		Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable
Drainage conductivity $_{1, dk}$	m <sup>3</sup> /day/m	0.000	0.000	0.000	0.000
Drainage conductivity $_{2, dk}$	m <sup>3</sup> /day/m	0.000	0.000	0.000	0.000
$K_0$ determination		Manual	Manual	Manual	Manual
$K_{0,x} = K_{0,y}$		Yes	Yes	Yes	Yes

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 105 di 117

Ri47

Identification		3ab_1	3ab_2	3ab_3	3ab_4
$K_{0,x}$		0.5000	0.5000	0.5000	0.5000
$K_{0,y}$		0.5000	0.5000	0.5000	0.5000
OCR		1.000	1.000	1.000	1.000
POP	kN/m <sup>2</sup>	172.0	130.0	70.00	140.0
$k_x$	m/day	0.8640E-3	0.8640E-3	0.8640E-3	0.8640E-3
$k_y$	m/day	0.8640E-3	0.8640E-3	0.8640E-3	0.8640E-3
$k_z$	m/day	0.8640E-3	0.8640E-3	0.8640E-3	0.8640E-3
$e_{int}$		1.000	1.000	1.000	1.000
$S_s$	1/m	0.000	0.000	0.000	0.000
$c_k$		1000E12	1000E12	1000E12	1000E12

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4700001A	Foglio 106 di 117

Ri47

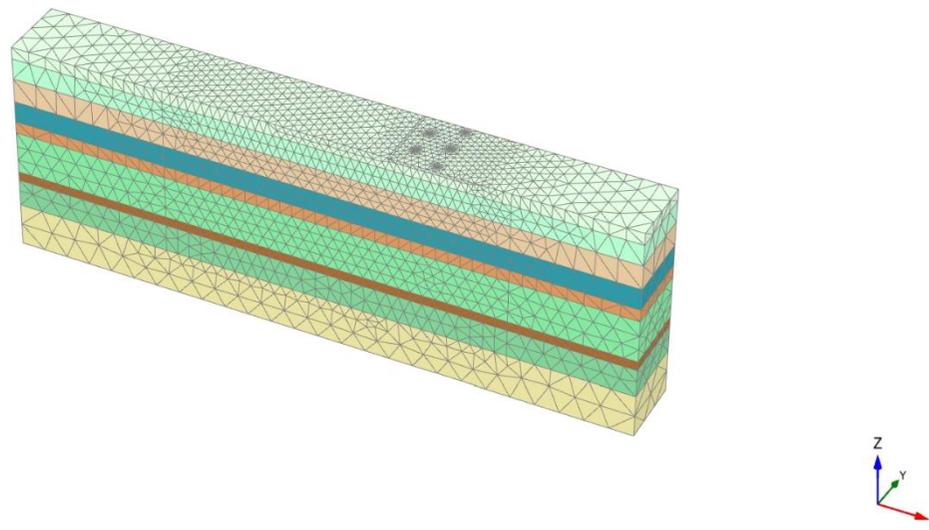
### 1.1.2.2 Materials - Embedded beams -

Identification		PaliA	PaliBeC
Identification number		1	2
Comments			
Colour		<span style="color: #e91e63;">■</span>	<span style="color: #673ab7;">■</span>
Material type		Elastic	Elastic
E	kN/m <sup>2</sup>	33.00E6	33.00E6
γ	kN/m <sup>3</sup>	5.500	5.500
Beam type		Predefined	Predefined
Predefined beam type		Massive circular beam	Massive circular beam
Diameter	m	1.200	1.200
A	m <sup>2</sup>	1.131	1.131
I <sub>2</sub>	m <sup>4</sup>	0.1018	0.1018
I <sub>3</sub>	m <sup>4</sup>	0.1018	0.1018
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 <sub>max</sub>	kN	4200	450.0
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+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 107 di 117</p>

Ri47

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

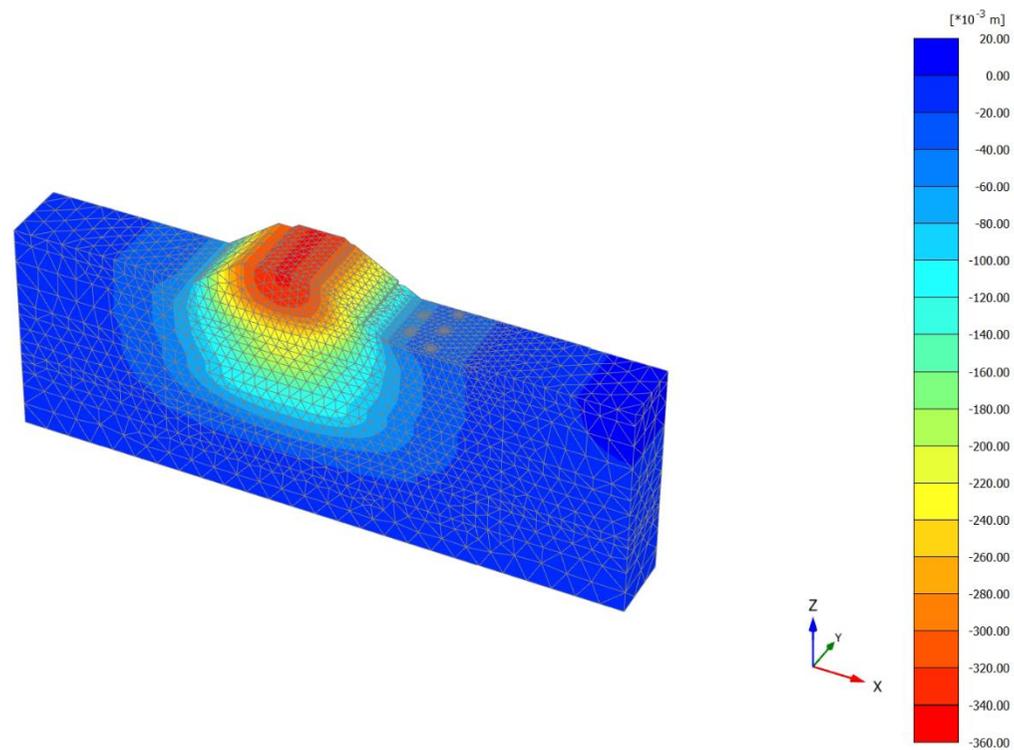


**Total displacements  $u_z$**   
Uniform value of 0.000 m

<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+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 108 di 117</p>

Ri47

### 2.1.1.1.2 Calculation results, LS [Phase\_1] (1/12), Total displacements $u_z$



**Total displacements  $u_z$**

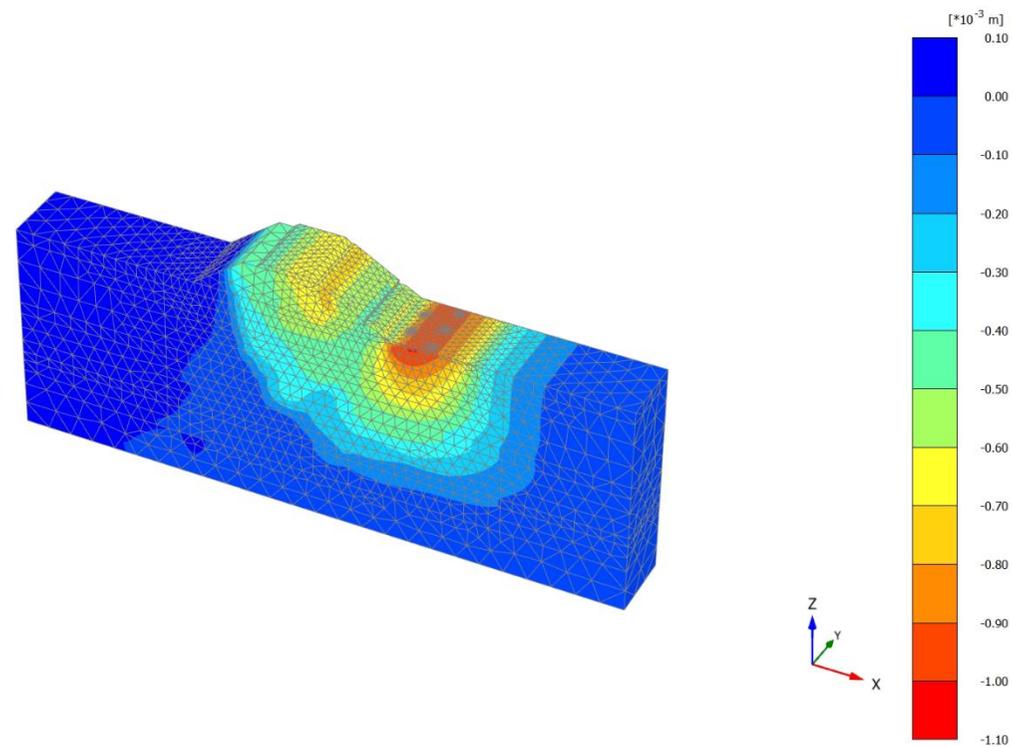
Maximum value =  $1.616 \cdot 10^{-3}$  m (Element 10809 at Node 37156)

Minimum value = -0.3423 m (Element 2212 at Node 14530)

<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+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 109 di 117</p>

Ri47

### 2.1.1.1.3 Calculation results, scotico [Phase\_5] (5/15), Total displacements $u_z$



**Total displacements  $u_z$**

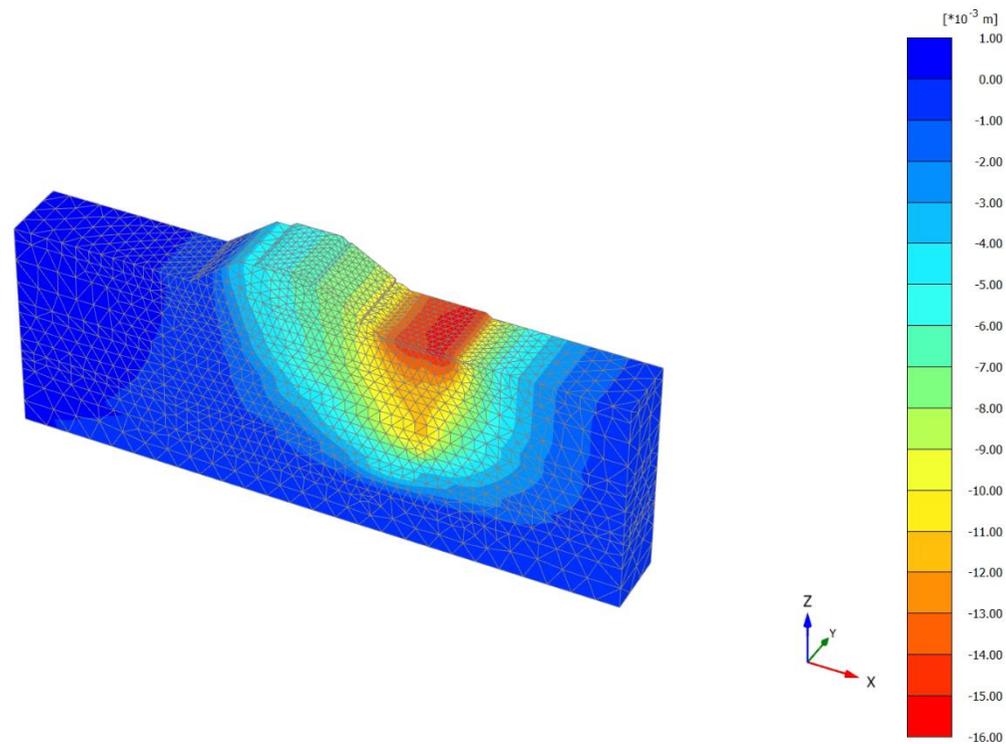
Maximum value =  $0.08942 \cdot 10^{-3}$  m (Element 1876 at Node 26809)

Minimum value =  $-1.016 \cdot 10^{-3}$  m (Element 8785 at Node 13094)

<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+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 110 di 117</p>

Ri47

### 2.1.1.1.4 Calculation results, pali B C + mixcem [Phase\_2] (2/22), Total displacements $u_z$



**Total displacements  $u_z$**

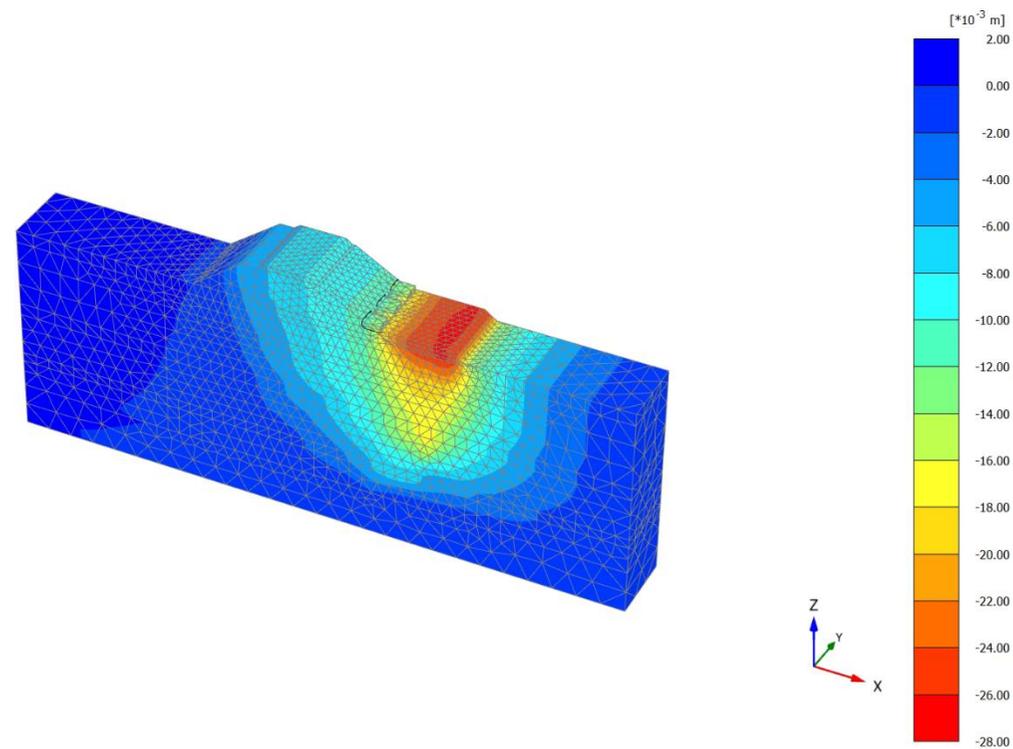
Maximum value =  $0.1757 \cdot 10^{-3}$  m (Element 19271 at Node 46097)

Minimum value = -0.01541 m (Element 8107 at Node 5940)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 111 di 117</p>

Ri47

### 2.1.1.1.5 Calculation results, pali A [Phase\_3] (3/32), Total displacements $u_z$

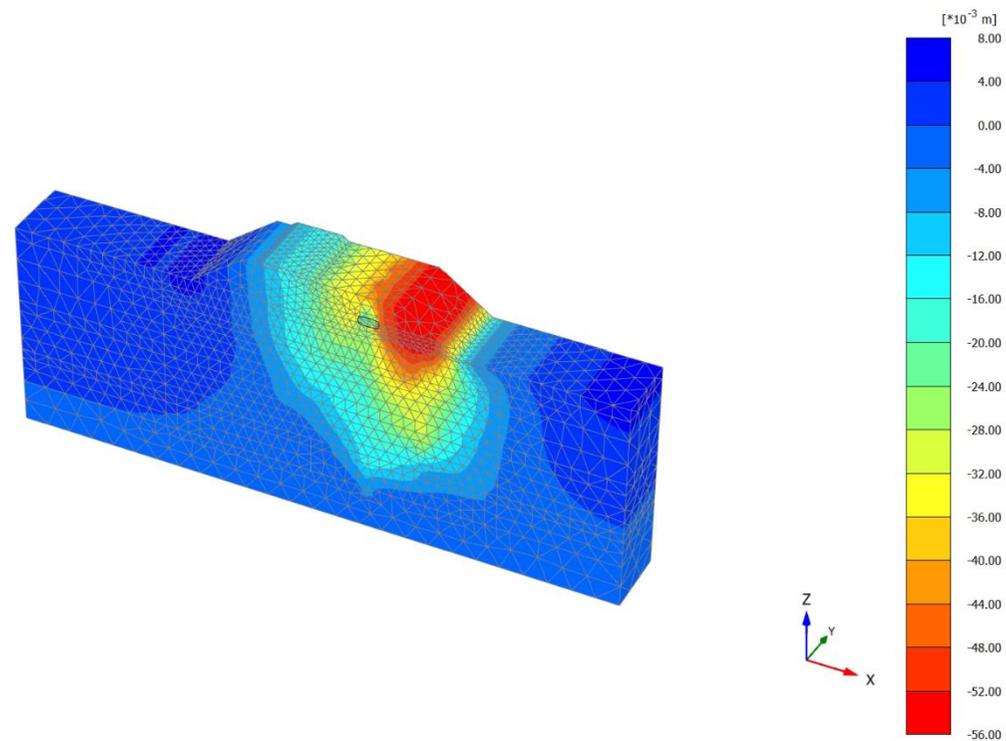


**Total displacements  $u_z$**   
Maximum value =  $0.2489 \cdot 10^{-3}$  m (Element 19285 at Node 44089)  
Minimum value =  $-0.02657$  m (Element 8107 at Node 5940)

<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+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 112 di 117</p>

Ri47

### 2.1.1.1.6 Calculation results, Completamento rilevato [Phase\_4] (4/68), Total displacements $u_z$



**Total displacements  $u_z$**

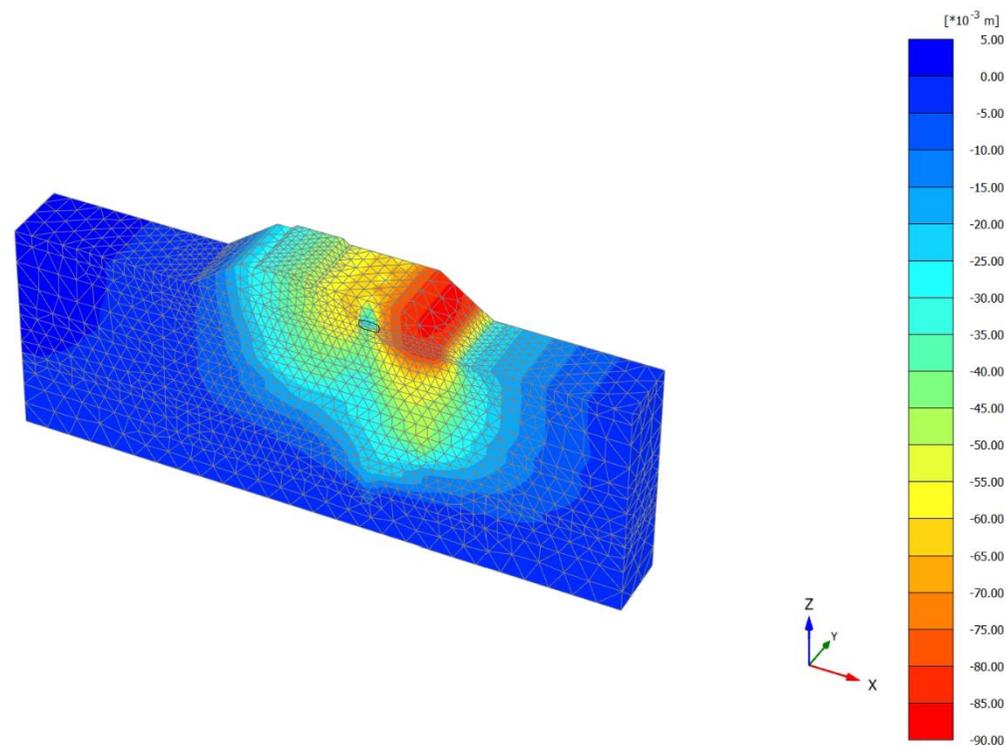
Maximum value =  $5.051 \cdot 10^{-3}$  m (Element 10832 at Node 36103)

Minimum value = -0.05581 m (Element 962 at Node 84)

<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+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 113 di 117</p>

Ri47

### 2.1.1.1.7 Calculation results, fin+saturno [Phase\_7] (7/75), Total displacements $u_z$



**Total displacements  $u_z$  (Time 270.0 day)**

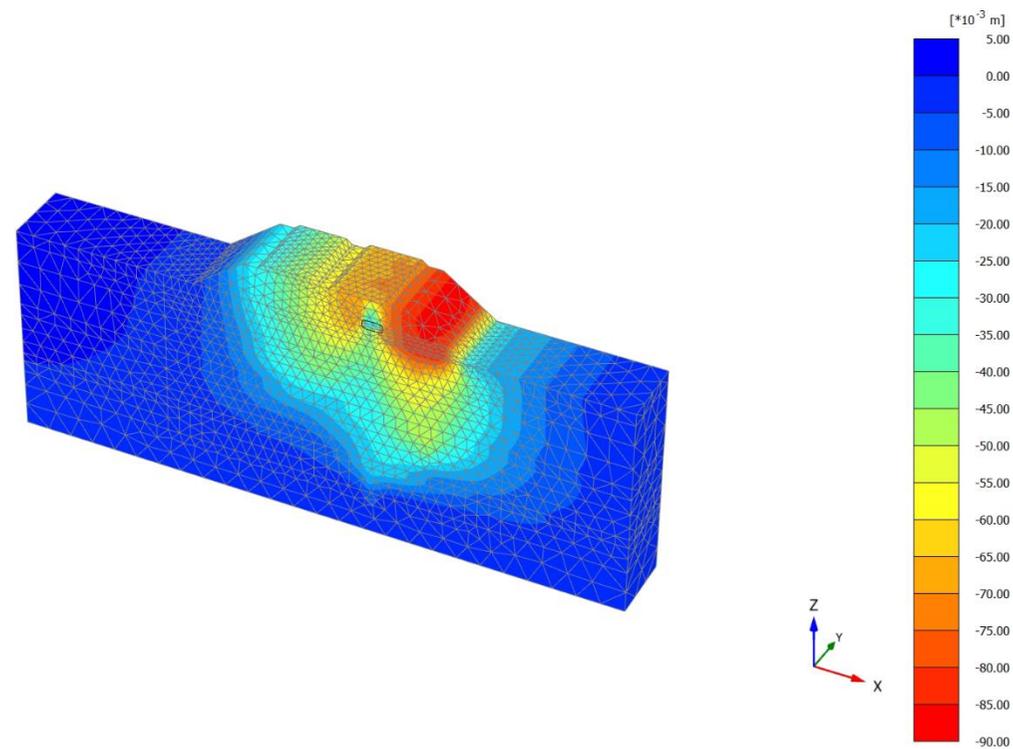
Maximum value =  $0.7850 \cdot 10^{-3}$  m (Element 10321 at Node 51260)

Minimum value =  $-0.08596$  m (Element 990 at Node 115)

<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+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 114 di 117</p>

Ri47

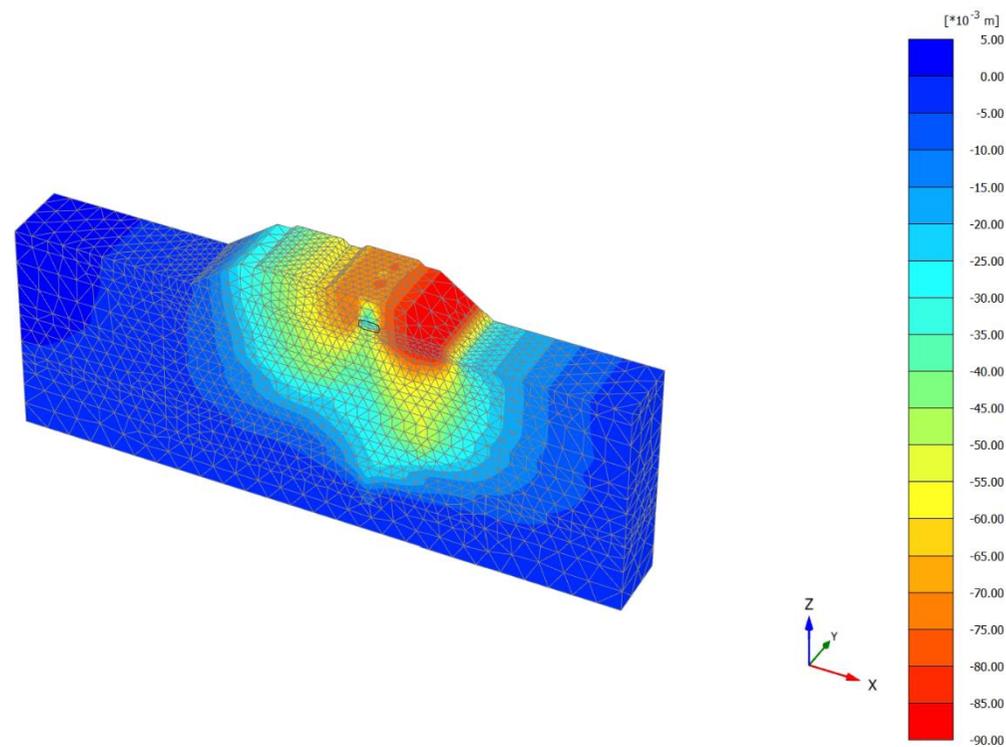
### 2.1.1.1.8 Calculation results, Ballast [Phase\_6] (6/84), Total displacements $u_z$



<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+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 115 di 117</p>

Ri47

### 2.1.1.1.9 Calculation results, Cons finale [Phase\_8] (8/138), Total displacements $u_z$



**Total displacements  $u_z$  (Time 630.0 day)**

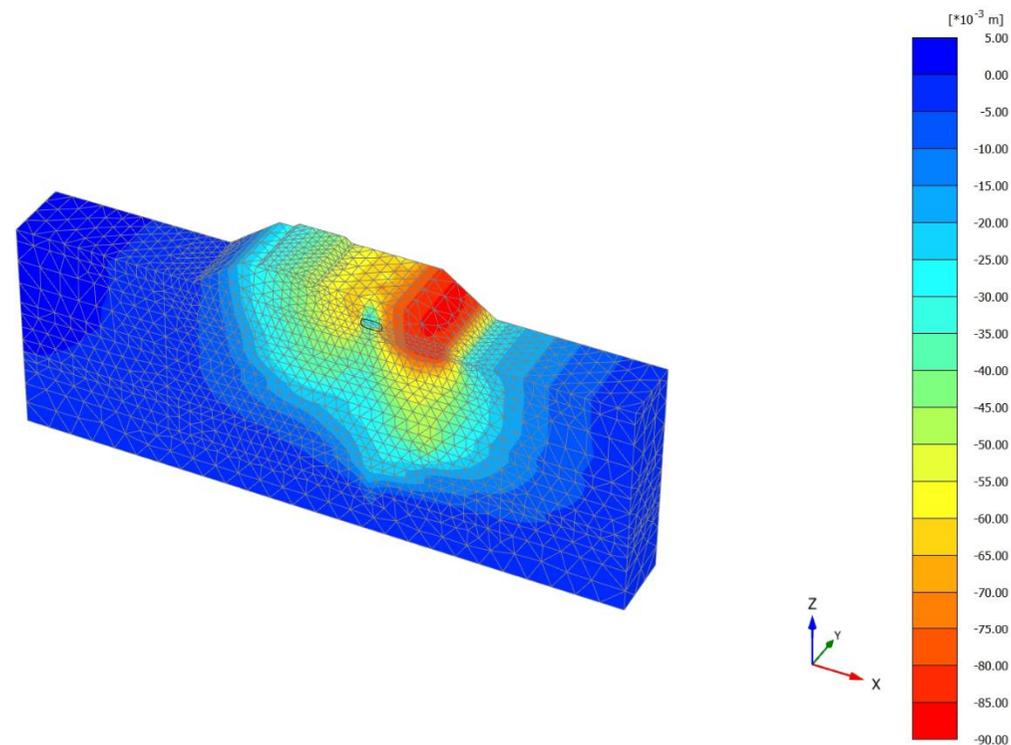
Maximum value =  $0.8657 \cdot 10^{-3}$  m (Element 10321 at Node 51260)

Minimum value = -0.08856 m (Element 990 at Node 115)

<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+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 116 di 117</p>

Ri47

### 2.1.1.1.10 Calculation results, cons ril [Phase\_9] (9/329), Total displacements $u_z$



**Total displacements  $u_z$  (Time 120.0 day)**  
Maximum value =  $0.7850 \cdot 10^{-3}$  m (Element 10321 at Node 51260)  
Minimum value = -0.08596 m (Element 990 at Node 115)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p><b>IRICAV2</b></p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 28+450,00 a pk 28+680,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4700001A</p>	<p>Foglio 117 di 117</p>

### ALLEGATO 6- VERSIONI DEI SOFTWARE UTILIZZATI

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