

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 seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92**

**GENERALE**

**Relazione Geotecnica**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio Iricav Due			-
	ing. Paolo Carmona Data: Maggio 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	6	7	B	0	0	0	1	A	-	-	-	P	-	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Luca RANDOLFI	Maggio 2021

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	A. Mingoia	Maggio 2021	V. Pastore	Maggio 2021	P. Ascari	Maggio 2021	P. Ascari 

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712EI2RBRI67B0001A.DOCX
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 2 di 126</p>

## INDICE

1	INTRODUZIONE .....	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	5
2.1	Documentazione di progetto .....	5
2.2	Normativa e standard di riferimento .....	5
2.3	Bibliografia .....	6
3	INQUADRAMENTO DELL'OPERA .....	8
3.1	Geometria del rilevato .....	8
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....	9
4.1	Indagini disponibili .....	9
4.2	Inquadramento stratigrafico .....	10
4.3	Livello di falda .....	12
4.4	Condizioni geotecniche del sito .....	13
4.5	Sintesi del modello geotecnico di riferimento .....	32
4.5.1	Materiale da rilevato .....	32
5	CARATTERISTICHE SISMICHE E SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE .....	33
5.1	Sollecitazione sismica di progetto .....	33
5.1.1	Vita Nominale .....	33
5.1.2	Classe d'uso .....	33
5.1.3	Periodo di riferimento per l'azione sismica .....	34
5.1.4	Categorie di Sottosuolo .....	34
5.1.5	Condizioni topografiche .....	34
5.1.6	Accelerazione sismica di riferimento .....	35
5.2	Suscettibilità alla liquefazione .....	35
5.2.1	CRR da correlazione su prove CPT .....	37
5.2.2	CRR da correlazione su prove SPT .....	39
5.3	Risultati delle verifiche a liquefazione .....	42
6	VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO .....	48
6.1	Criteri di verifica agli Stati Limite .....	48
6.1.1	Stati limite ultimi (SLU) .....	48
6.1.2	Stati limite di esercizio (SLE) .....	50
6.1.3	Verifiche in condizioni sismiche e post-sismiche .....	51
6.2	Azioni di progetto .....	51
6.2.1	Azioni permanenti .....	51

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 3 di 126</p>

6.2.2	Azioni variabili .....	51
6.2.3	Azione sismica .....	51
6.3	Verifiche e risultati SLU .....	52
6.3.1	Premessa .....	52
6.3.2	Verifiche SLU in condizione statiche .....	52
6.3.3	Verifiche SLU in condizioni sismiche .....	53
6.4	Verifica e risultati SLE .....	54
6.4.1	Fasi costruttive .....	57
6.4.2	Risultati e verifiche .....	58
7	CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI .....	60
	Allegati .....	61
	ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO .....	62
	ALLEGATO 2 – INDAGINI DISPONIBILI .....	64
	ALLEGATO 3 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU STATICO .....	78
	ALLEGATO 4 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU SISMICO .....	90
	ALLEGATO 5 – TABULATI PLAXIS .....	99

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 4 di 126</p>

## 1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la Relazione Geotecnica del rilevato RI67B, previsto nell'ambito del Progetto Esecutivo della sub tratta Verona – Vicenza della Linea AV/AC Verona – Padova. Tale rilevato si estende tra il km 185+337,29 a km 185+735,92.

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

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

Il documento è così organizzato:

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 5 di 126</p>

## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 Documentazione di progetto

- [1] IN1712EI2P8RI67B0002A Planimetria di progetto
- [2] IN1712EI2F7RI67B0001A Profilo longitudinale
- [3] IN1712EI2W9RI67B0001A-4A Sezioni trasversali, tav. 1-4
- [4] IN1710EI2RBGE0000003A Relazione Geotecnica (da 21+990 a 33+500)
- [5] IN1710EI2LZGE0000020A Planimetria con ubicazione indagini e profilo geotecnico 9 di 11
- [6] IN1710EI2RHGE0000006A Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 2/2
- [7] IN1710EI2P5GE0000009A Planimetrie con classificazione sismica del territorio 9 di 11
- [8] IN1710EI2RHGE0000004A Relazione idrogeologica 2/2
- [9] IN1710EI2RHGE0000007A-8A Relazione di sintesi dei sondaggi e delle prove eseguite
- [10] IN1710EI2PRGE0000001A-2A, Risultati Indagini in sito di Progetto – SOCOTEC
- [11] IN1710EI2PRGE0000003A-4A, Risultati Indagini in sito di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING – GEOLAVORI
- [12] IN1710EI2PRGE0000005A-8A, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [13] IN1710EI2PRGE0000009A-12A, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING - GEOLAVORI
- [14] IN1710EI2IGGE0000001A-2A, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [15] IN1710EI2IGGE0000003A-4A, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING - GEOLAVORI

### 2.2 Normativa e standard di riferimento

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 6 di 126</p>

- [22] 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
- [23] RFI DTC INC CS SP IFS 001 A Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie
- [24] 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
- [25] RFI TCAR ST AR 01 001 D Standard di qualità geometrica del binario con velocità fino a 300 km/h
- [26] 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

- [27] Bentley - Plaxis ver 2017
- [28] Burland J.B., Broms B.B. & de Mello, V.F.B. (1977), “Behaviour of foundations and structures”, Proc. IX ICSMFE, Tokyo, Vol.2, pp.495-546
- [29] 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.
- [30] 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.
- [31] 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.
- [32] NAVFAC (1982), “Soil Mechanics. D.M. 7.1”, Naval Facilities Engineering Command. Alexandria
- [33] Parez and Fauriel (1988), “Le piezocone améliorations apportées à la reconnaissance de sols”. Revue Française de Géotechnique, Vol.44, pp-13-27
- [34] 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.
- [35] Rocscience - Slide ver 7.0, 2017
- [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] Jamiolkowski M., Leroueil S. and Lo Presti D.C.F. (1991), “Theme lecture: Design paramters from theory to practice”. Proc. Geo-Coast 1991, Yokohama, Japan, pp.1-41
- [38] Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1982), “Ground motions and soil liquefaction during earthquakes”, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA, USA.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 7 di 126</p>

- [39] 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.
- [40] Youd, T.L., Idriss, I.M., Andrus, R.D., Castro, G., Christian, J.T., Dobry, R., Finn, L.W.D., Harder, L.F. Jr., Hynes, M.H., Ishihara, K., Koester, J.P., Liao, S.S.C., Marcuson, W.F. III, Martin, G.R., Mitchell, J.K., Moriwaki, Y., Power, M.S., Robertson, P.K., Seed, R.B. and Stokoe, K.H. II (2001), "Liquefaction Resistance of Soil: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils", *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, vol. 127, n° 10, pp.817-833.



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI67B0001A	Foglio 9 di 126

## 4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

### 4.1 Indagini disponibili

La posizione planimetrica delle indagini disponibili relative all'opera esaminata è illustrata nella Figura 2, estratta dalla Planimetria geotecnica con ubicazione indagini e profilo geotecnico (Doc. Rif. [5]). Per ulteriori dettagli si rimanda alle relazioni di sintesi delle indagini (Doc. Rif. [9] - [15]).

Il risultato delle indagini è riportato in ALLEGATO 2.

Le indagini disponibili lungo il tratto d'interesse per il rilevato in oggetto sono elencate in Tabella 1. Nei paragrafi che seguono si riporta la caratterizzazione stratigrafica e geotecnica, ottenuta basandosi sui risultati delle indagini relative all'aera di interesse e sulla caratterizzazione generale dell'area in cui si inserisce il rilevato, presentata nella Relazione Geotecnica (Doc. Rif. [4]).

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. [4]).

Si precisa che le prove denominate con "bis" e "ter" sono state ripetute due volte (le seconde sono denominate con il suffisso "V"), in quanto nelle seconde si è assicurata la corretta saturazione della punta, al fine di eseguire le opportune prove di dissipazione.

Tabella 1 - Indagini da pk 34+800 a pk 36+000 (pk linea AV/AC)

Progressiva pk	ID indagini -	Campagna anno
34+800	CPTU-PE-41bis	2020-2021
34+800	CPTU-PE41Vbis	2020-2021
34+810	S56	2015
35+040	CPTU-PE-42	2020-2021
35+060	CPTU-PE-42bis	2020-2021
35+060	CPTU-PE-42vbis	2020-2021
35+130	S57	2015
35+230	CPTU-PE-43bis	2020-2021
35+230	CPTU-PE-43Vbis	2020-2021
35+298	BH-PE-75	2020-2021
35+365	CPTU-PE-43	2020-2021

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 10 di 126</p>

Progressiva pk	ID indagini -	Campagna anno
35+410	CPTU-PE-43ter	2020-2021
35+410	CPTU-PE-43Vter	2020-2021
35+460	S58	2015
35+597	CPTU-PE-44	2020-2021

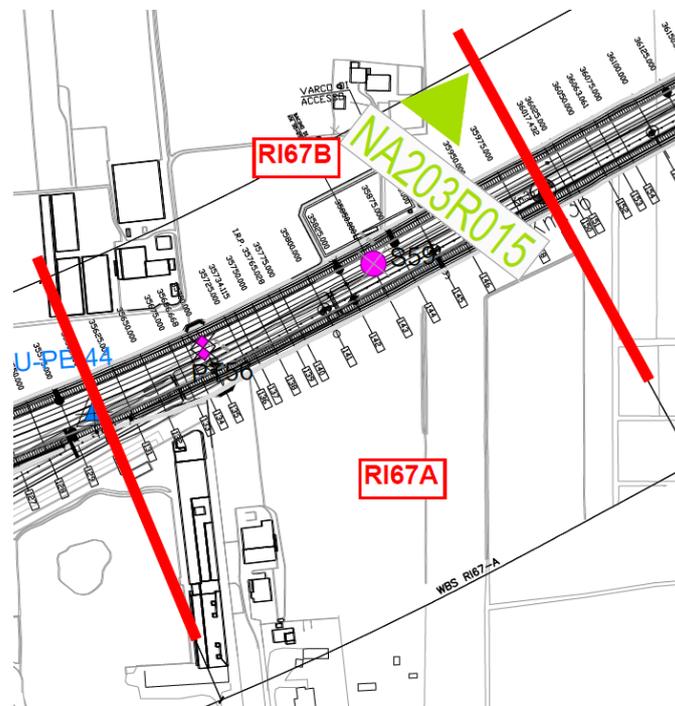


Figura 2 - Planimetria Rilevato RI67B, estratto dalla Planimetria Generale (Doc. Rif. [5])

## 4.2 Inquadramento stratigrafico

La tratta relativa al rilevato in esame si estende dalla progressiva pk 185+337,29 a pk 185+735,92.

Per l'inquadramento geotecnico del rilevato in questione, si è scelto di considerare l'insieme di indagini che comprende questo rilevato (RI67B), nonché le indagini disponibili nei rilevati precedenti (RI65 e RI66), tenendo conto della uniformità delle caratteristiche degli strati, ed in particolari dello strato superficiale di Unità 2, la cui caratterizzazione riveste il maggior impatto progettuale. Pertanto, le indagini qui considerate sono quelle eseguite fra la 34+800 e la 36+000 (pk linea AV/AC).

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 11 di 126</p>

L'area in esame è caratterizzata dalla presenza di uno strato superficiale di limi argillosi e sabbiosi, compatti, sovraconsolidati, avente spessore variabile fra 8.5 e 14 m circa.

I valori di resistenza alla punta misurati dal penetrometro statico sono generalmente dell'ordine dei 2-3 MPa nella parte più superficiale (primi 4-5 m da p.c.); scendendo a valori dell'ordine di 0.9-1.0 MPa sotto i 5/6 m e fino alla base dello strato. I dati sembrano quindi indicare la presenza di una crosta essiccata di 4/5 m di spessore, che ben si accorda con una quota di falda media, posta ben al disotto del p.c.

All'interno di tale strato, e talora anche in prossimità della superficie ((CPTU-PE-43bis, CPTU-PE42bis), le indagini svolte hanno permesso di identificare e verificare la presenza di lenti di materiali a grana grossa (principalmente ghiaie), posti a diverse quote (si veda al proposito lo stralcio del profilo geotecnico al 5000 riportato in ALLEGATO 1) che hanno talora causato il rifiuto alla prova penetrometrica. Nel caso di rifiuto a profondità modeste, la prova è stata ripetuta effettuando un preforo, attraversando lo strato di ghiaia e riprendendo la prova sino alle ghiaie di base ubicate a 12-14 m di profondità.

In relazione alla presenza dei materiali granulari addensati rinvenuti a diverse quote, si segnala quanto segue.

- La loro presenza impatta molto favorevolmente sulla stabilità, in quanto le potenziali superfici di scorrimento attraversano strati con elevate resistenze al taglio;
- La presenza di materiali ad elevata permeabilità diminuisce notevolmente i percorsi di filtrazione, favorendo un rapido sviluppo dei cedimenti.
- La zona che appare meno favorita è quella all'inizio del rilevato RI65, in prossimità della spalla, ove la prova CPTU-PE-41Vbis non sembra indicare la presenza di tali materiali.

Al di sotto di tale strato, tutte le indagini disponibili nell'area indicano la presenza di una unità di ghiaie mediamente addensate che si estendono almeno fino a circa 25 m da p.c.

Al di sotto delle ghiaie, si rinvengono localmente livelli ancora di materiale a grana fine compatto (Unità 9), avente uno spessore complessivo dell'ordine dei 5 metri circa. Al di sotto di tale unità, in tutte le indagini condotte nell'area in questione indicano nuovamente la presenza di materiali ghiaiosi dell'Unità 6.

In alcuni sondaggi (S58 in particolare), si è rinvenuto uno strato di riporto di circa 1.5 m di spessore, formato da limi ghiaiosi, con presenza di frammenti di laterizi.

Per una trattazione di dettaglio delle unità sopra citate si rimanda alla Relazione Geotecnica Generale del tratto in esame (Doc. Rif. [4]).

Nella Figura 3 si riporta il profilo geotecnico specifico per il rilevato RI62, estratto dalla Planimetria e Profilo Geotecnico Tav. 9 di 11 (Doc. Rif. [5]).

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 12 di 126</p>

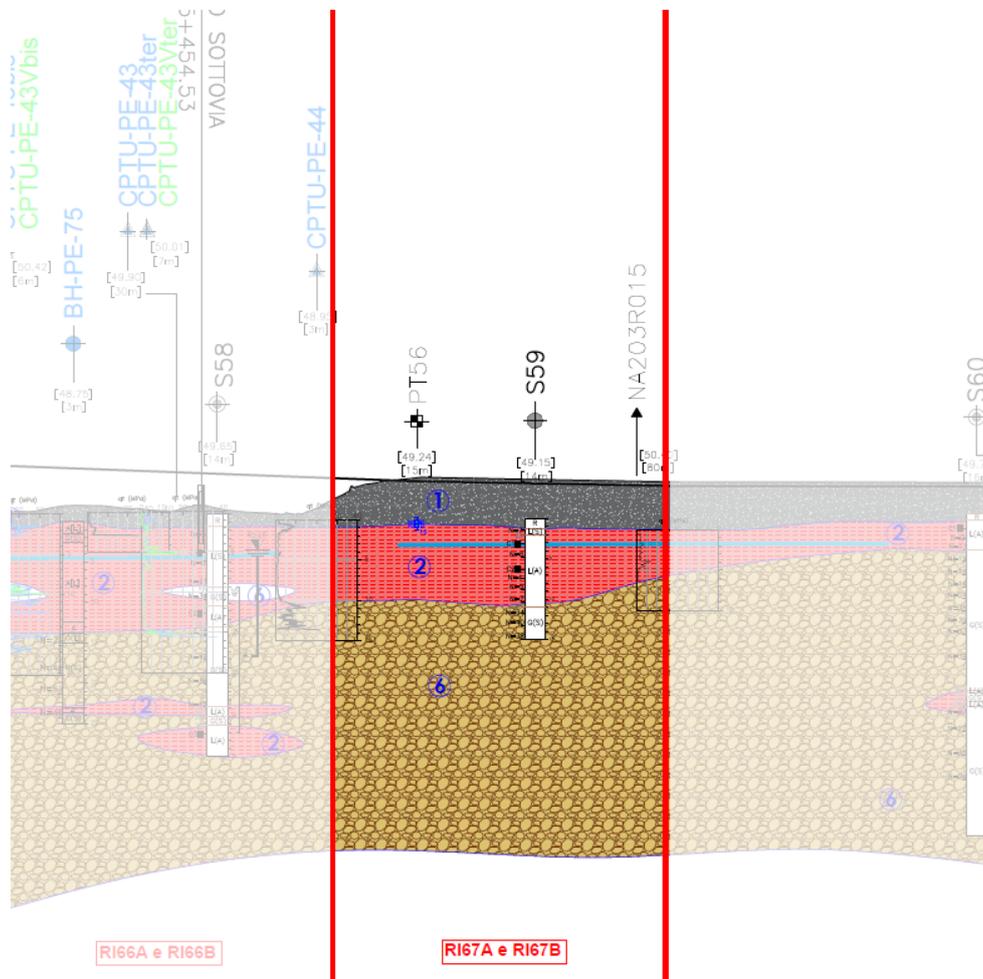


Figura 3 - Profilo Geotecnico Rilevato RI67B, estratto dal Profilo Geotecnico Generale (Doc. Rif. [5])

### 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. [8]). Quest'ultimi indicano una sostanziale stabilità nelle escursioni stagionali.

In relazione alle quote assunte per il progetto, si osserva quanto segue:

- Per quanto concerne le verifiche SLU, le condizioni dimensionanti fanno riferimento alla resistenza al taglio non drenata dello strato argilloso superficiale, e pertanto la quota di falda è ininfluenza sull'esito delle stesse.
- Per quanto invece concerne le verifiche SLE (analisi di cedimento), queste tengono conto dell'effetto

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 13 di 126</p>

dell'incremento dello stato tensionale efficace attuale ( $\sigma'_{v0}$ ) dovuto alla costruzione del rilevato ( $\Delta\sigma'$ ), e sul potenziale superamento della pressione di preconsolidazione  $\sigma'_p$ . Risulta quindi evidente che, in questo caso, più elevato è il livello di  $\sigma'_{v0}$  (e quindi più profonda è la falda rispetto al p.c.), maggiore è la possibilità che un dato incremento di carico  $\Delta\sigma'$  porti il materiale al superamento della preconsolidazione, nello stato NC. Si è quindi deciso di considerare, nelle analisi di cedimento, una falda corrispondente alla quota media, pari a 4 m da p.c.

#### 4.4 Condizioni geotecniche del sito

Le Figure di seguito riportano i risultati di principale interesse ai fini della determinazione dei parametri geotecnici di progetto per l'opera in esame.

In particolare:

- La Figura 4 riporta i risultati delle prove SPT eseguite nei sondaggi nell'area
- La Figura 5 riporta i risultati delle determinazioni granulometriche effettuate sullo strato a grana fine superficiale (Unità 2)
- La Figura 6 e la Figura 9 riportano i dati dei limiti di Atterberg e del contenuto d'acqua naturale dei materiali dell'unità 2 superficiale, mentre la Figura 8 illustra i dati dei pesi di volume del materiale. La Figura 7 riporta invece i valori degli indici dei vuoti in sito  $e_0$ .
- La Figura 10 e la Figura 11 illustrano l'interpretazione delle prove edometriche e delle prove CPTU in termini di pressione di preconsolidazione, per il materiale dell'Unità 2
- La Figura 12 e la Figura 13 riportano i valori di  $t_{50}$  (tempo necessario alla dissipazione del 50% della sovrappressione interstiziale misurata all'inizio della prova di dissipazione), e i valori del coefficiente di consolidazione orizzontale  $ch$  da questi stimati, sulla base dell'approccio di Teh e Houlsby (1991).
- La Figura 15 e la Figura 16 riportano i valori di resistenza al taglio non drenata da prove di laboratorio TX-UU e TX CIU, dalle determinazioni dei pocket, e dall'interpretazione delle prove penetrometriche CPTU, effettuata utilizzando un fattore  $N_k=14$
- La Figura 17 e la Figura 18 illustrano rispettivamente l'interpretazione delle prove SPT in termini di densità relativa e angolo di resistenza al taglio delle ghiaie dell'Unità 6
- La Figura 19 e la Figura 20 riportano infine i valori di velocità delle onde di taglio e di modulo di taglio iniziale, adottati come riferimento per la tratta in questione (Doc.Rif. 5).

Sulla base di tali dati si osserva quanto segue:

1. I materiali argillosi di superficie, di maggiore interesse progettuale, e che governano l'esito delle verifiche di stabilità e di cedimento, sono costituiti da limi argillosi e sabbiosi, da poco a mediamente plastici, con valori di LP nel campo 20-30 e LL generalmente compresi fra 40 e 60. I corrispondenti valori dell'indice plastico sono generalmente compresi fra 20 e 35.
2. I materiali si presenti compatti, con valori di pesi di volume dell'ordine dei  $19 \text{ kN/m}^3$ , e contenuti d'acqua nel

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 14 di 126</p>

campo 30-37%

3. I dati delle prove edometriche indicano che si tratta di materiali sovraconsolidati, con pressioni di preconsolidazione nel campo 200-340 kPa, con conseguenti valori di OCR nel range 3-6. I valori di compressibilità del materiale in condizioni edometriche (nel piano  $\varepsilon_v - \log \sigma'_v$ ) sono risultati variare nei seguenti intervalli

RR= 0.015-0.025 (rapporto di ricomprensione nel ramo di scarico-ricarico)

CR = 0.15-0.20 (rapporto di compressione vergine)

I valori di preconsolidazione ottenuti dalle prove edometriche sono confermati da quelli interpretati dalle prove penetrometriche mediante la correlazione  $\sigma'_{p=0.32} \cdot (q_t - \sigma_{v0})$  (si veda rif [4], Figura 10 e Figura 11). Come già commentato. I valori paiono confermare la presenza di una crosta essiccata con valori della pressione di preconsolidazione più elevati nei primi 4-5 m, e poi tendenzialmente costanti con la profondità fino alla base dello strato superficiale.

4. I valori di resistenza al taglio non drenata ottenuti dall'insieme dei dati (sia di laboratorio che dall'interpretazione delle prove penetrometriche, si veda la Figura 15 e la Figura 16) risultano sempre superiori agli 80 kPa, anche localmente influenzati dalla presenza di livelletti più sabbiosi. Al disotto dei 4-5 metri da p.c. i valori si assestano ed oscillano nel campo 40-60 kPa, con un tendenziale incremento verso la base dello strato a valori nel campo 50-70 kPa.
5. La Figura 12 illustra i dati delle prove di dissipazione in termini di  $t_{50}$ , pari al tempo necessario alla dissipazione del 50% della sovrappressione interstiziale  $\Delta u_{max}$  ( $u_{max} - u_0$ ) misurato a diverse quote durante l'esecuzione di prove di dissipazione. I valori calcolati oscillano fra le poche centinaia di secondi (evidentemente misurati in corrispondenza di possibili strati più permeabili), fino a valori nel campo 1000-1700 s, con un picco di isolato di 2500 s.
6. La Figura 13 riporta i conseguenti valori del coefficiente di consolidazione in direzione orizzontale  $c_h$  stimati sulla base del  $t_{50}$ , sulla base dell'approccio suggerito da Teh e Houlsby (1991, si veda rif. [4]).
7. Sempre sulla base dei dati delle prove, si possono stimare, sulla base delle indicazioni contenute nella Figura 14, i valori del coefficiente di permeabilità orizzontale, che risultano essere dell'ordine di  $1 \cdot 10^{-7}$  cm/s.
8. Tenendo conto che tali valori si applicano alla parte più "argillosa" dello strato in questione, al disotto dei 6/7 m da p.c. e fino alla base dello strato, si considera un rapporto fra  $k_h/k_v = 2-4$ , tipico di depositi argillosi da omogenei a mediamente omogenei, con un modesto impatto della struttura sedimentaria sulle caratteristiche di permeabilità e consolidazione.
9. Le ghiaie si presentano generalmente da poco a mediamente addensate ( $D_r = 30-40\%$ ), con valori di angoli di resistenza al tagli stimabili attorno ai  $41^\circ$  (in accordo a Schmertmann).

Nel presente documento si è data maggiore attenzione alla caratterizzazione dei limi superficiali dell'Unità 2, in quanto determinanti per la definizione dei problemi di stabilità e di cedimento.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI67B0001A	Foglio 15 di 126

I terreni posti a quote inferiori non vengono infatti interessati dalle potenziali superfici di scorrimento, e partecipano in modo marginale ai cedimenti. In aggiunta, i cedimenti di tali terreni si esauriranno praticamente all'atto dell'applicazione del carico.

Per quanto concerne in particolare i limi argillosi dell'Unità 2 presenti oltre i 20-25 m di profondità, anche considerando i valori minimi della pressione di preconsolidazione indicati nella Relazione geotecnica di tratta [4], e pari a 400 kPa, risulta evidente che gli incrementi indotti dal carico dei rilevati saranno tale da comprimere i terreni nel ramo di ricarico. In tali circostanze, i valori di  $c_v$  stimabili per materiali fini di plasticità medio bassa, nel campo di ricarico, sono molto elevati ( $\approx 5 \div 6 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ , si veda ad esempio Doc. Rif [29]). In aggiunta, tali strati sono di altezza continua modesta, con tempi di consolidazione quindi molto rapidi. Si considera infine i valori di  $\Delta u$  che insorgono in terreni OC sono inferiori a quelli di  $\Delta \sigma_v$ , (dell'ordine di 0.4-0.5, si veda ad esempio Burland et al. (1977), Doc.Rif. [28]), e pertanto una parte di cedimenti per consolidazione avviene in pratica all'atto dell'applicazione del carico. Se ne conclude che, per questi strati, i cedimenti differiti nel tempo saranno trascurabili.

**AV/AC VERONA VICENZA**

RI 65-66-67 da pk 34+800 a pk 36+000

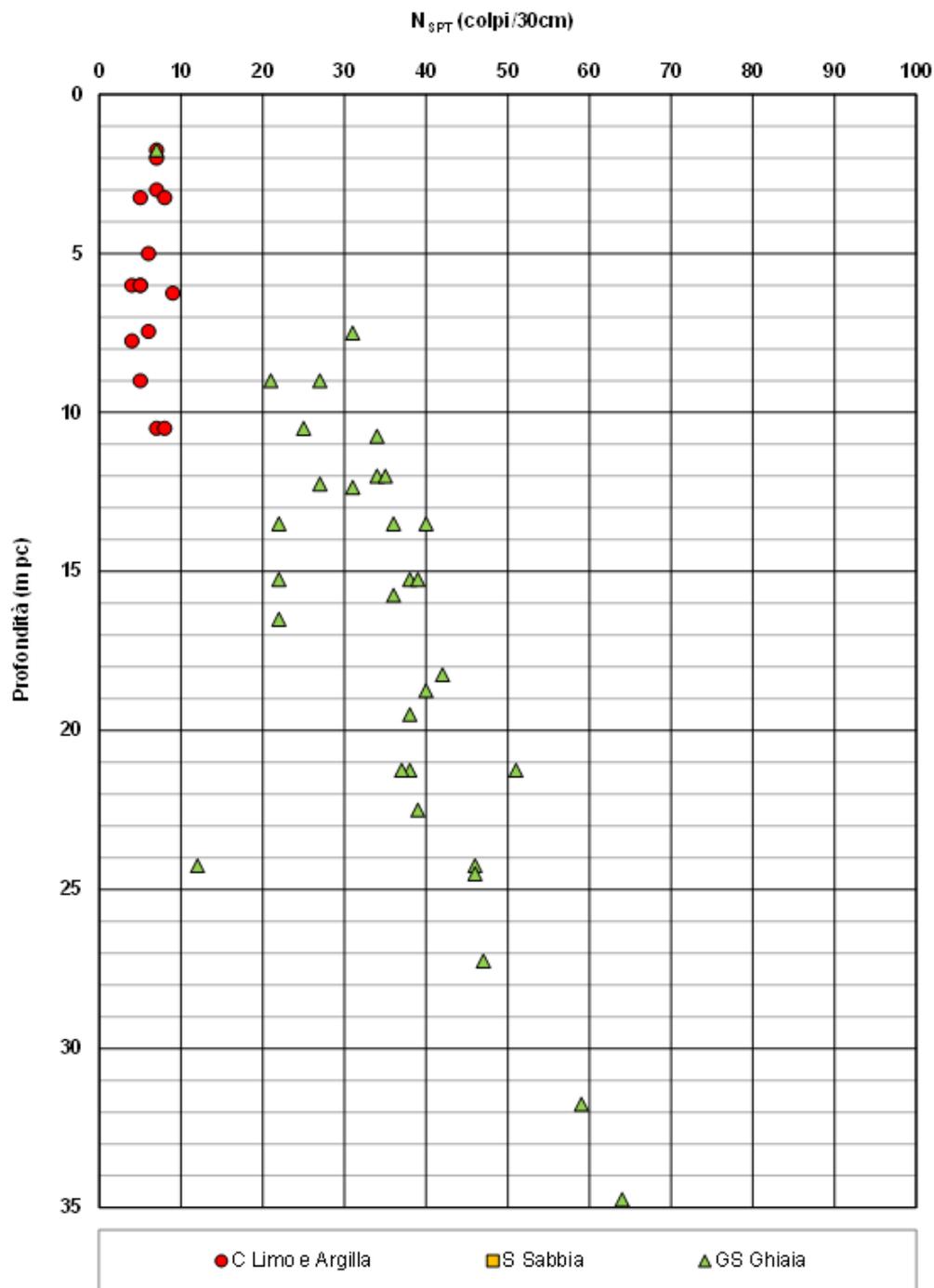


Figura 4 – Risultati delle prove SPT fra le progressive indicate

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 17 di 126</p>

**AV/AC VERONA VICENZA**

**RI 65-66-67 da pk 34+800 a pk 36+000**

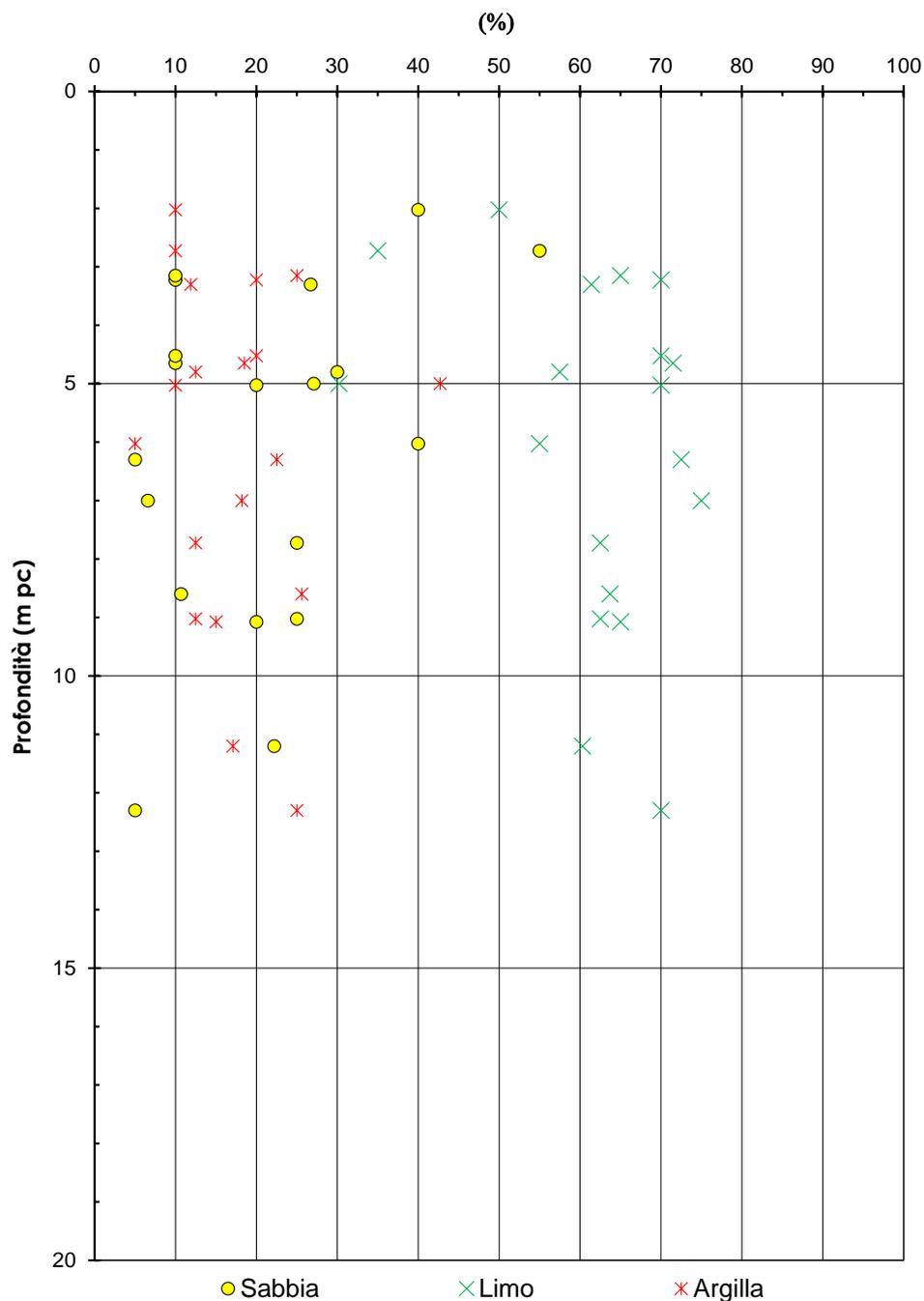


Figura 5 – Risultati delle prove granulometriche nei terreni argillosi (Unità 2) fra le progressive indicate

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 18 di 126</p>

**AV/AC VERONA VICENZA**

**RI 65-66-67 da pk 34+800 a pk 36+000**

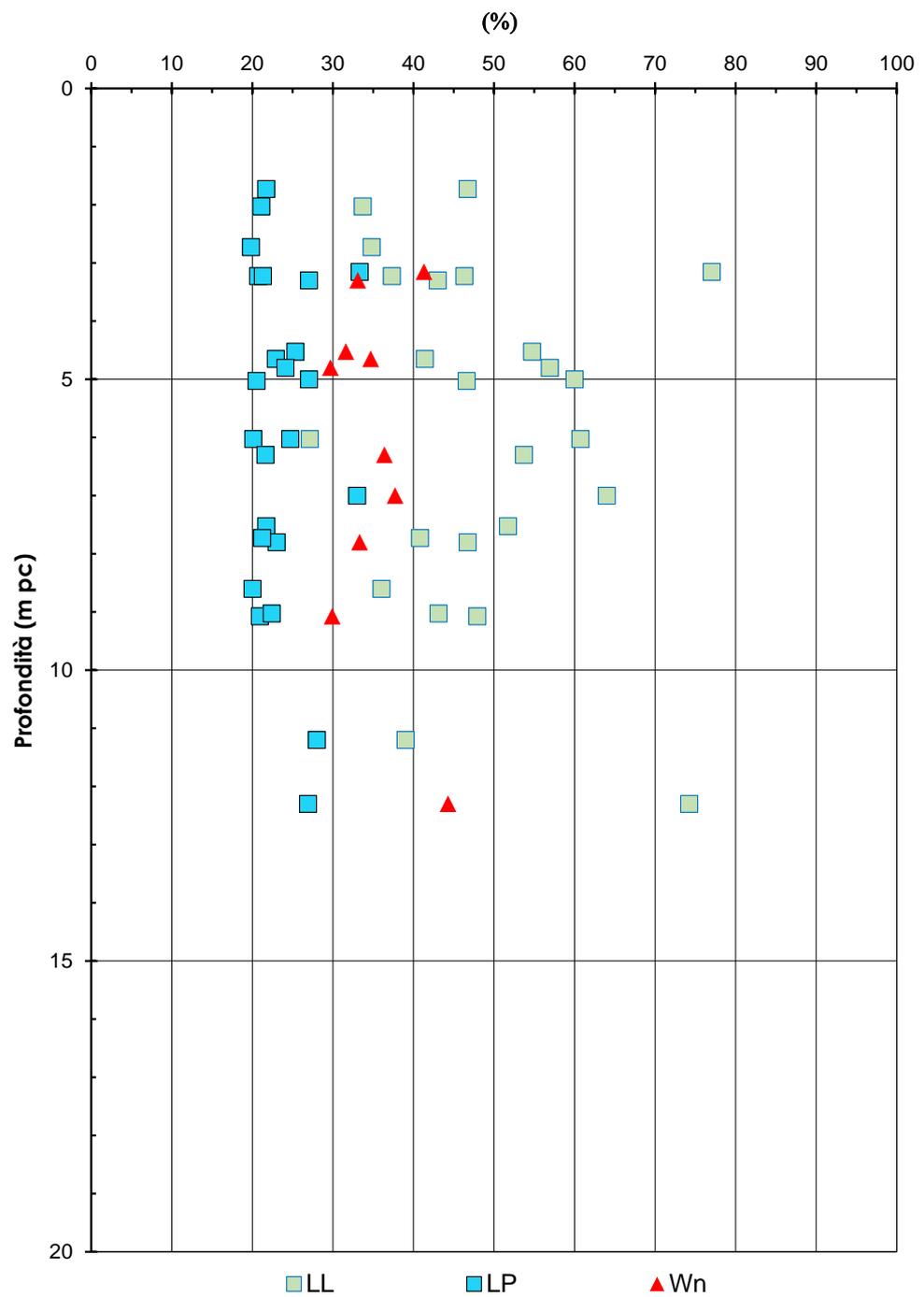


Figura 6 – Limiti di consistenza dei terreni argillosi (Unità 2) fra le progressive indicate

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 19 di 126</p>

**AV/AC VERONA VICENZA**

**RI 65-66-67 da pk 34+800 a pk 35+600**

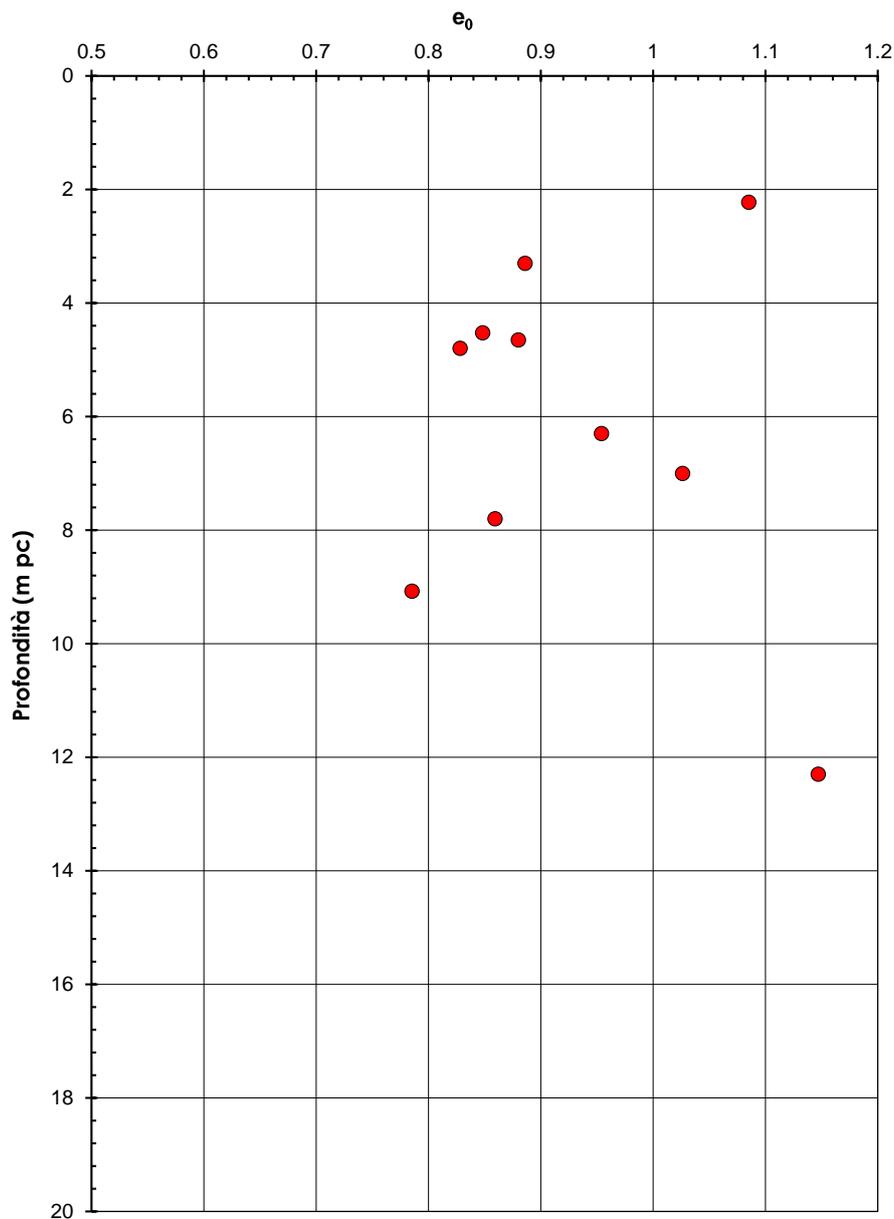


Figura 7 – Indice dei vuoti dei terreni argillosi (Unità 2) fra le progressive indicate

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 20 di 126</p>

**AV/AC VERONA VICENZA**

**RI 65-66-67 da pk 34+800 a pk 35+600**

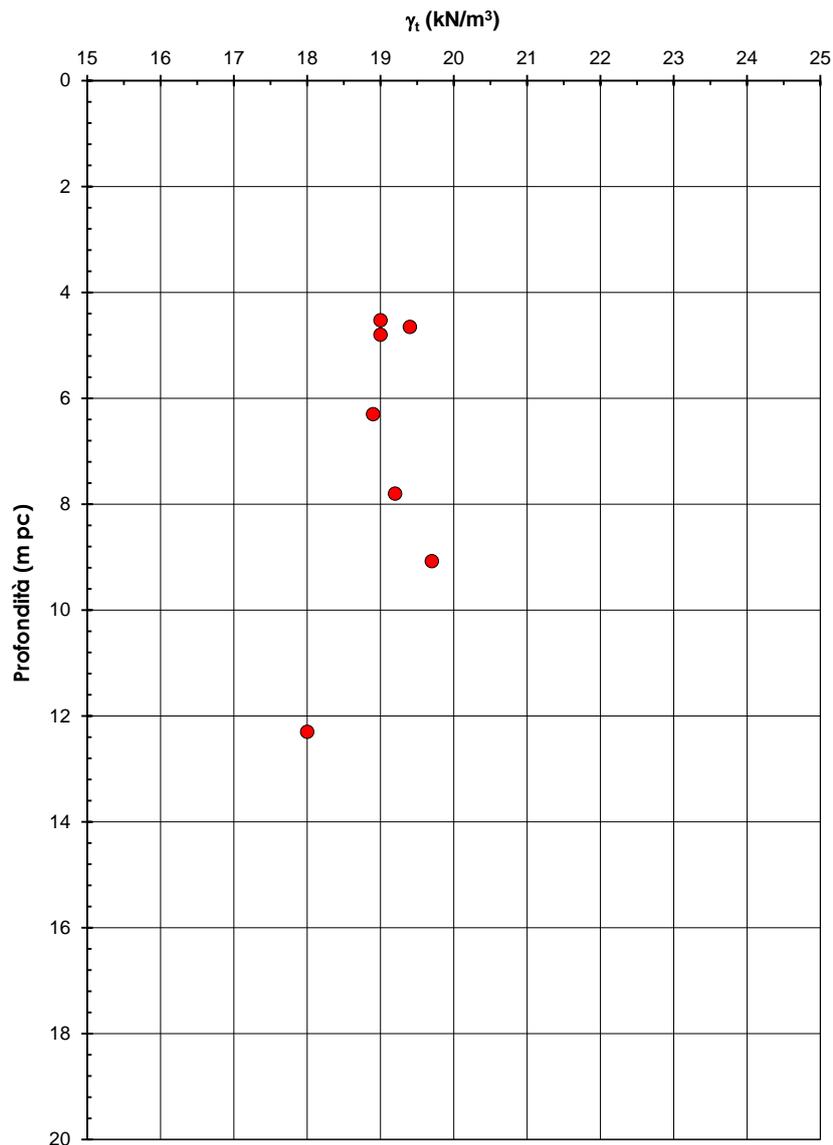


Figura 8 – Peso di volume dei terreni argillosi (Unità 2) fra le progressive indicate

**AV/AC VERONA VICENZA**

RI 65-66-67 da pk 34+800 a pk 36+000

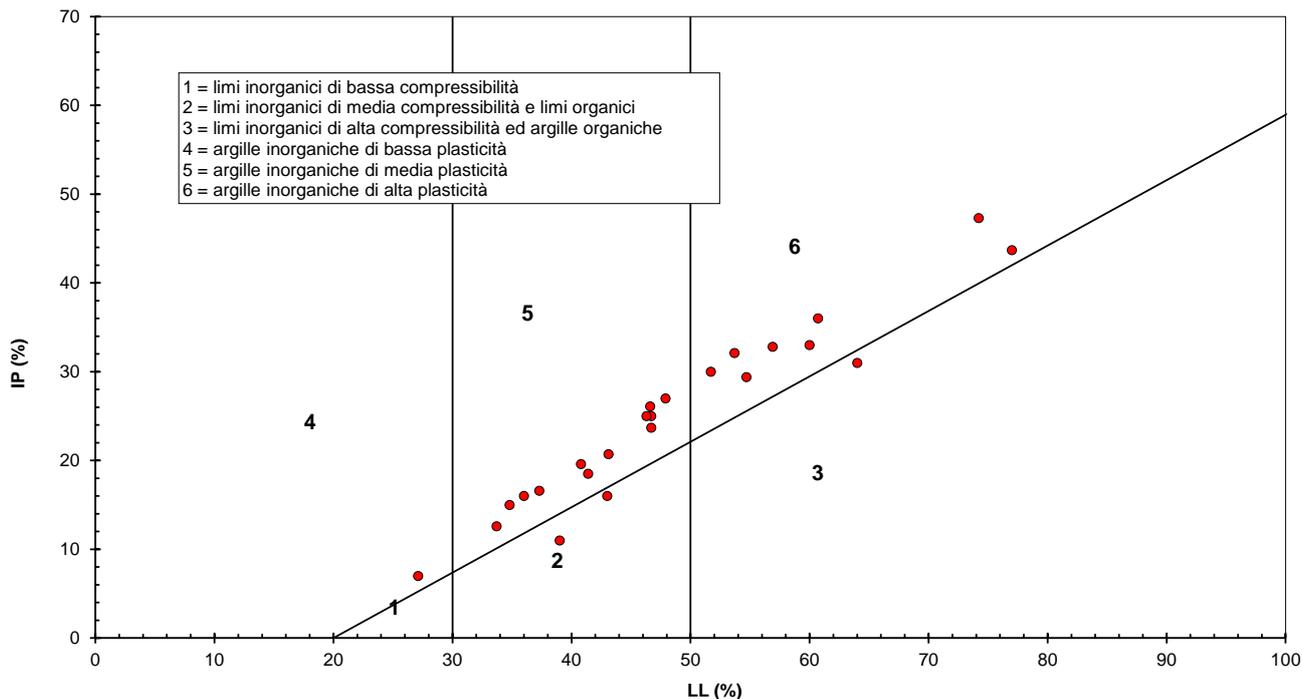


Figura 9 Carta di plasticità di Casagrande dei terreni argillosi (Unità 2) fra le progressive indicate

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 22 di 126</p>

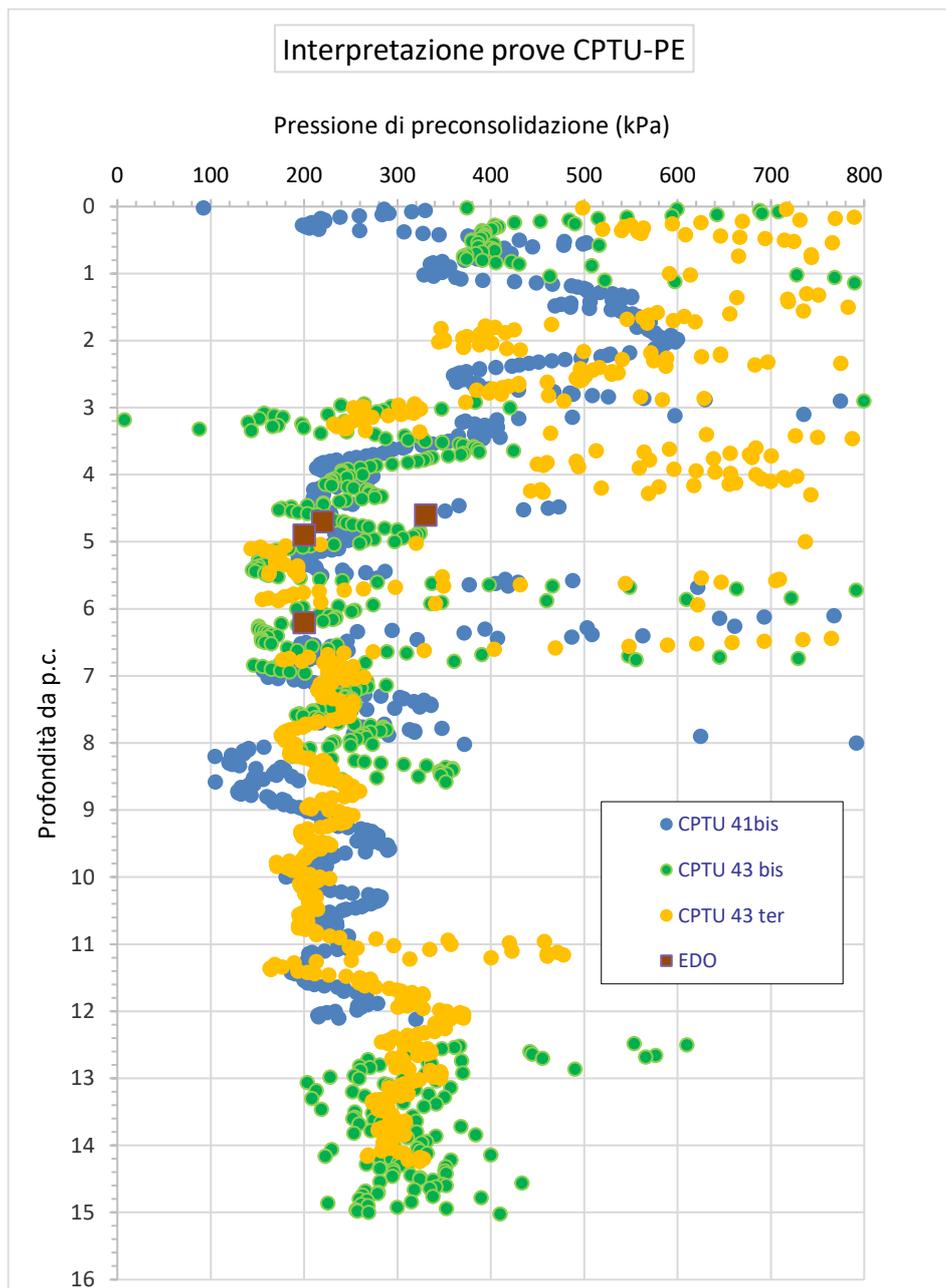


Figura 10 – Pressioni preconsolidazione da EDO (Unità 2) e interpretazione CPTU-PE

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 23 di 126</p>

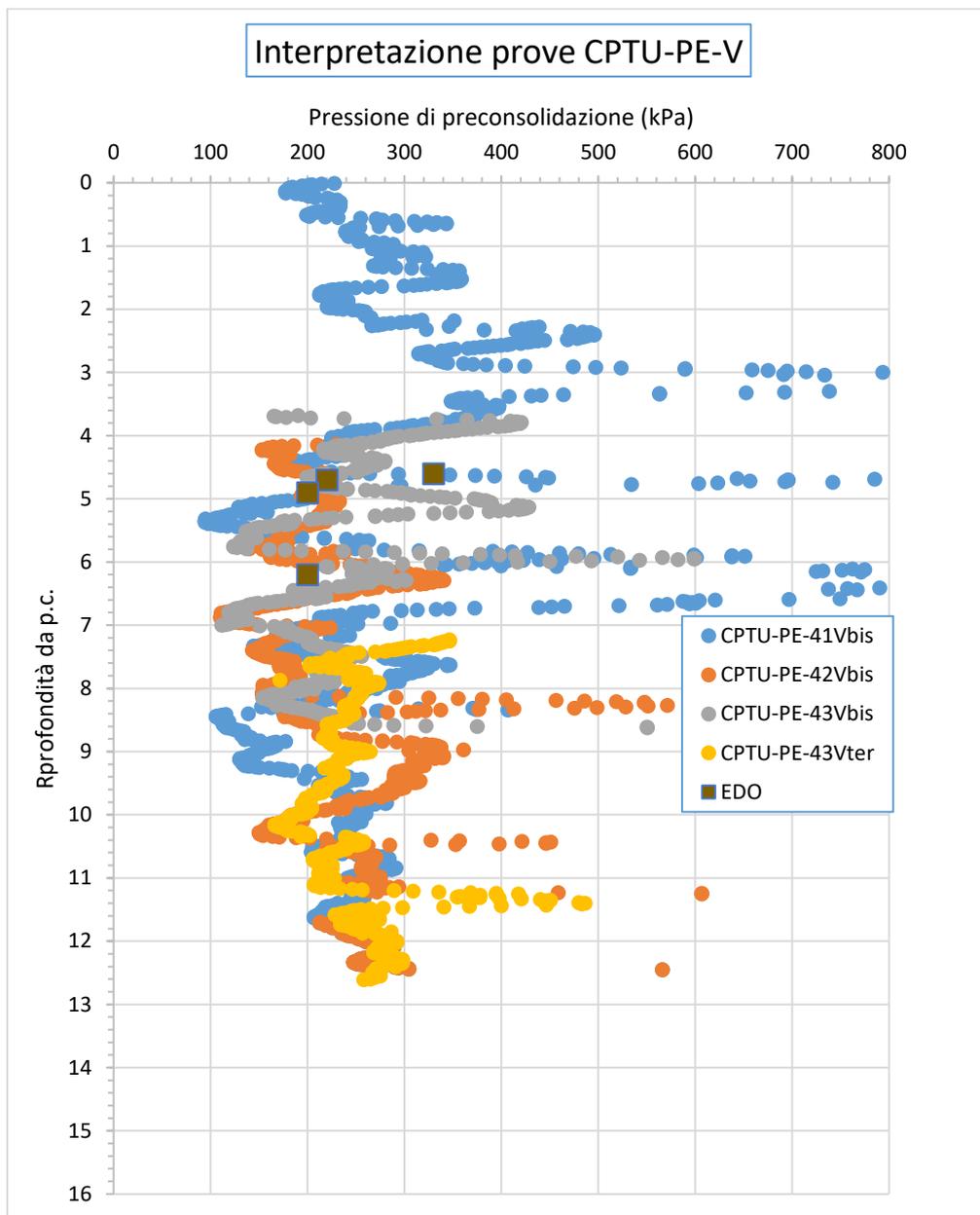


Figura 11 – Pressione di preconsolidazione da EDO e da interpretazione Prove CPTU-V

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 24 di 126</p>

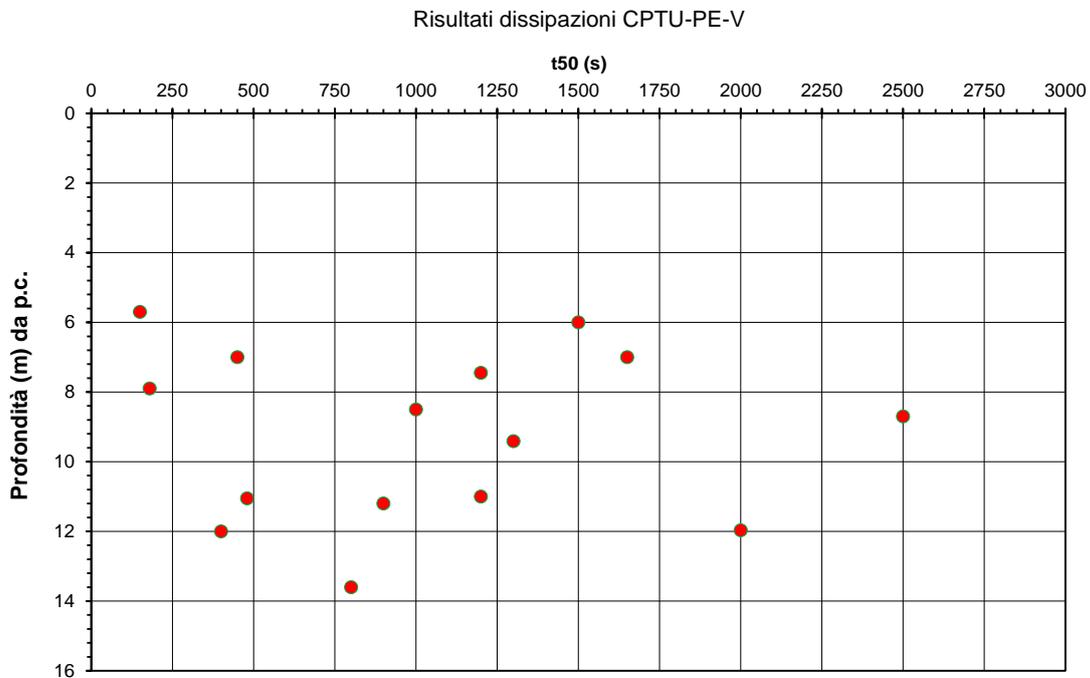


Figura 12 – Valori del t50 misurato nelle prove di dissipazione CPTU-PE-V 41bis, 42bis, 43bis e 43ter.

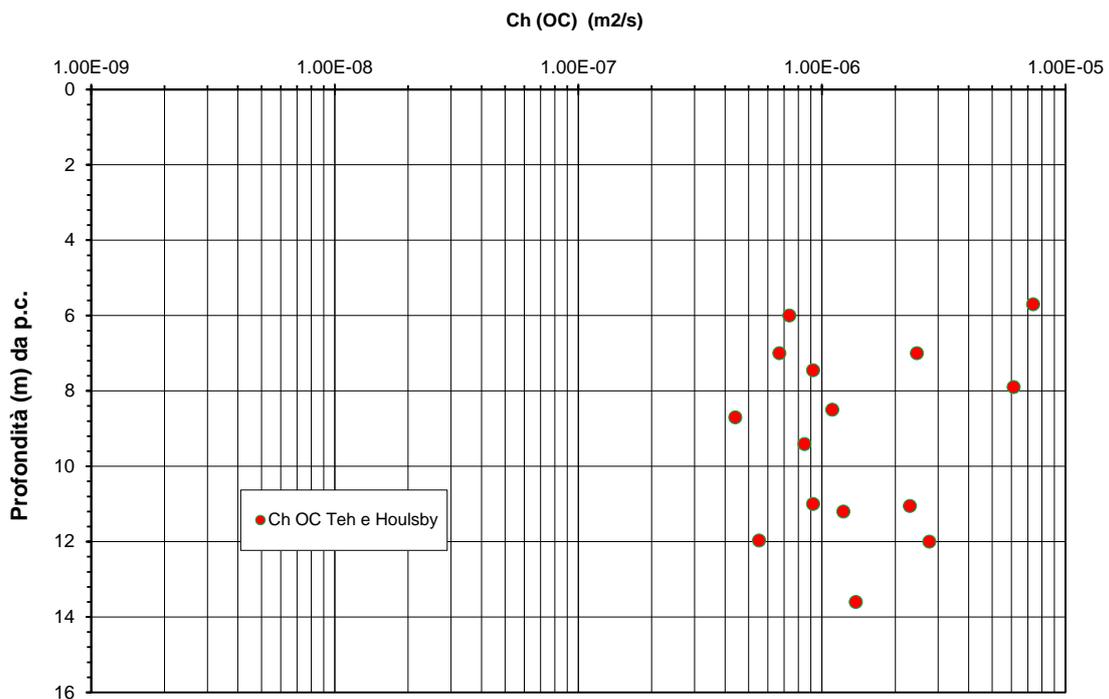


Figura 13 – Valori del coefficiente di consolidazione orizzontale nel tratto della sovraconsolidazione, stimato sulla base delle indicazioni di Teh e Hously (1991), sulla base del t50 misurato nelle prove di dissipazione CPTU-PE-V

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 25 di 126</p>

41bis, 42bis, 43bis e 43ter.

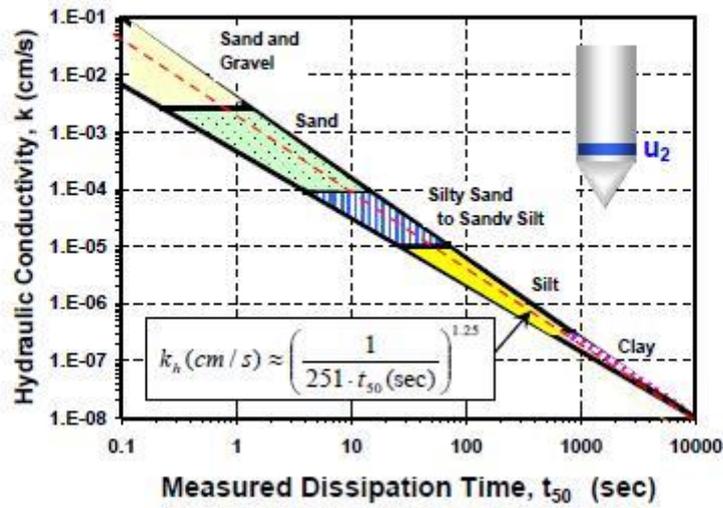


Figura 14. Valutazione della permeabilità da  $t_{50}$  misurato nelle prove di dissipazione (Parez e Fauriel, 1988, Jamiolkowski et al. 1991).

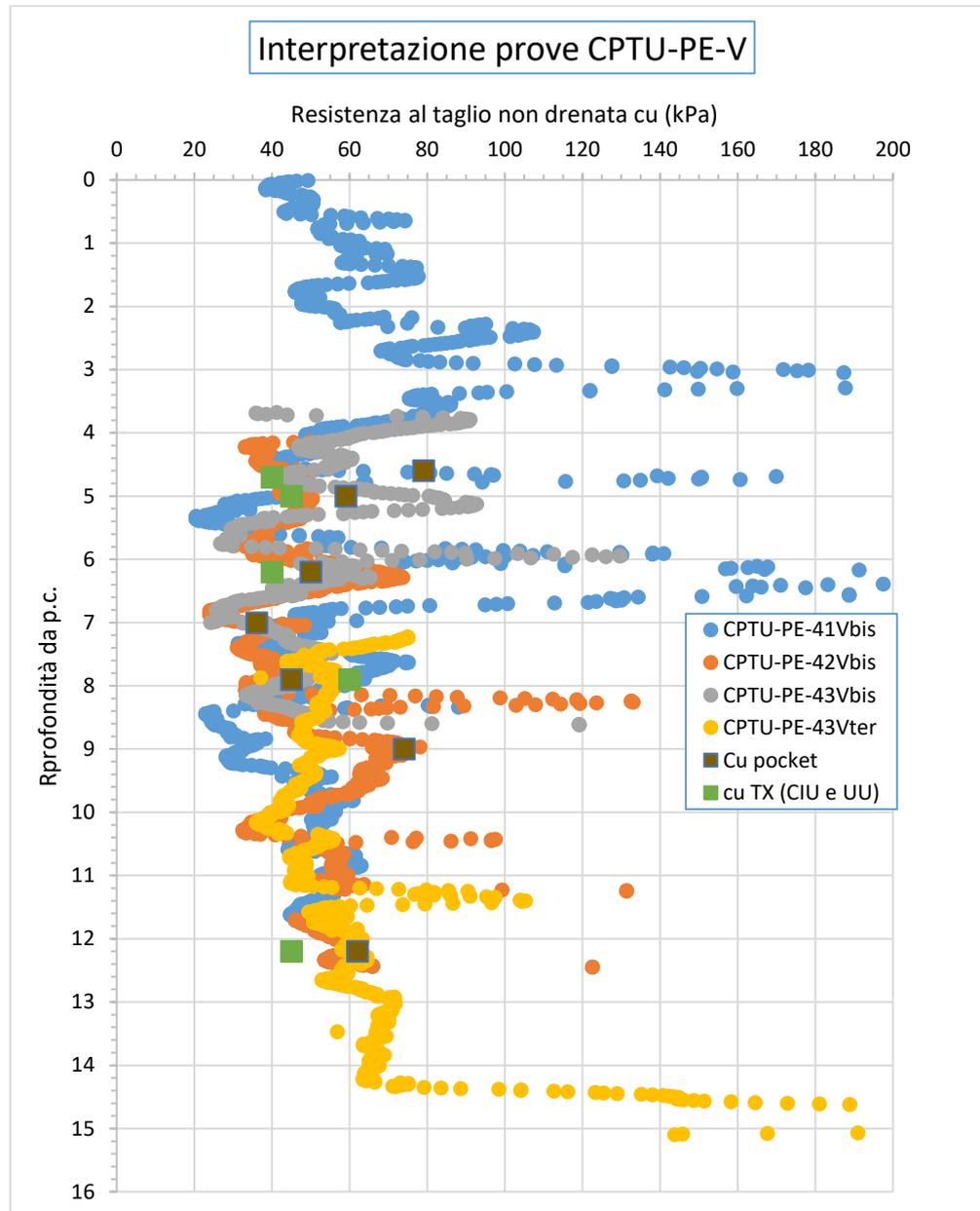


Figura 15 – Resistenza al taglio non drenata per l'unità 2 superficiale. Prove CPTU-V e prove di lab

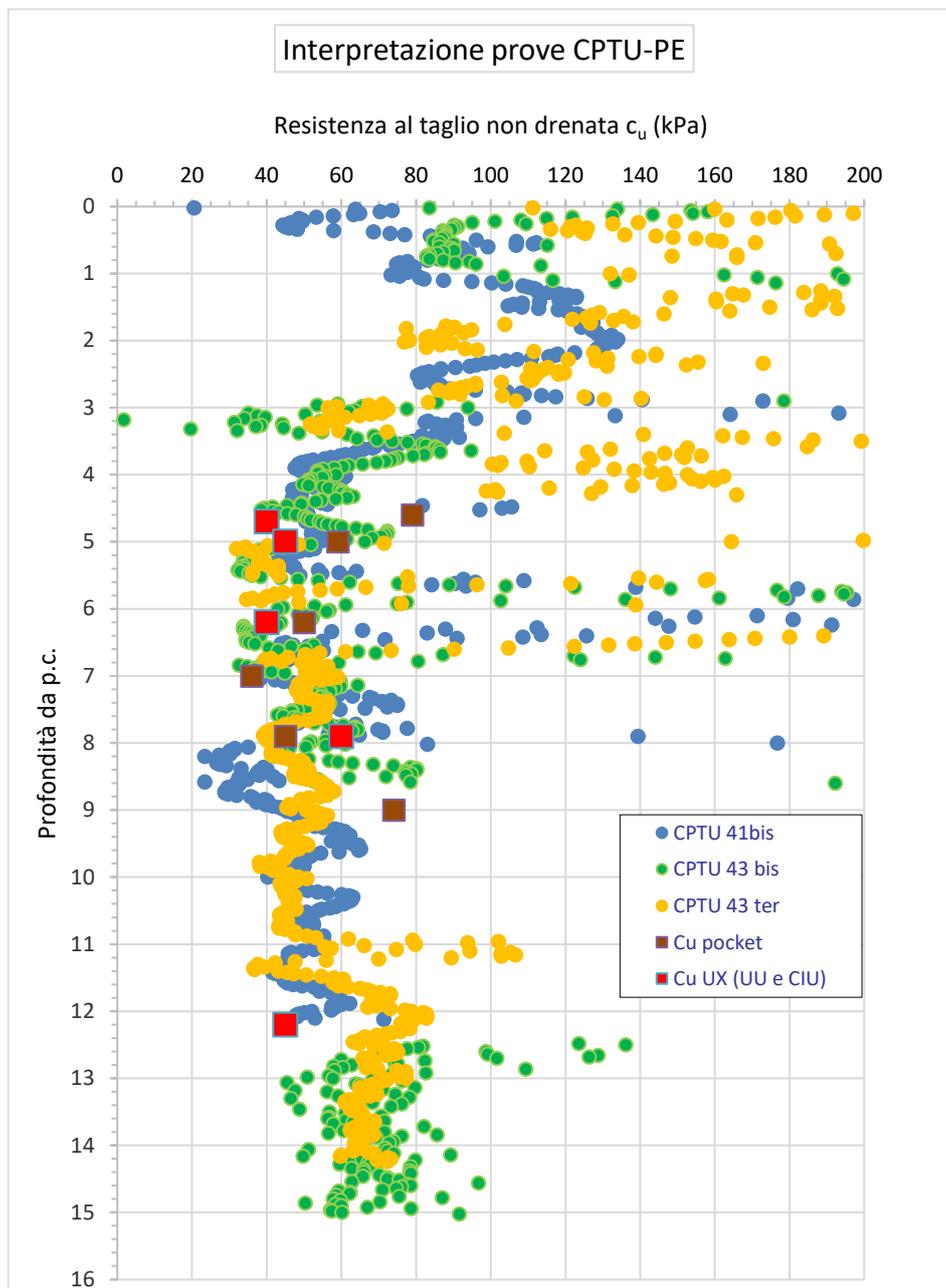


Figura 16 – Resistenza al taglio non drenata per l'unità 2 superficiale. Prove CPTU-PE-41bis, 42bis, 43bis, 43ter e prove di lab

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 28 di 126</p>

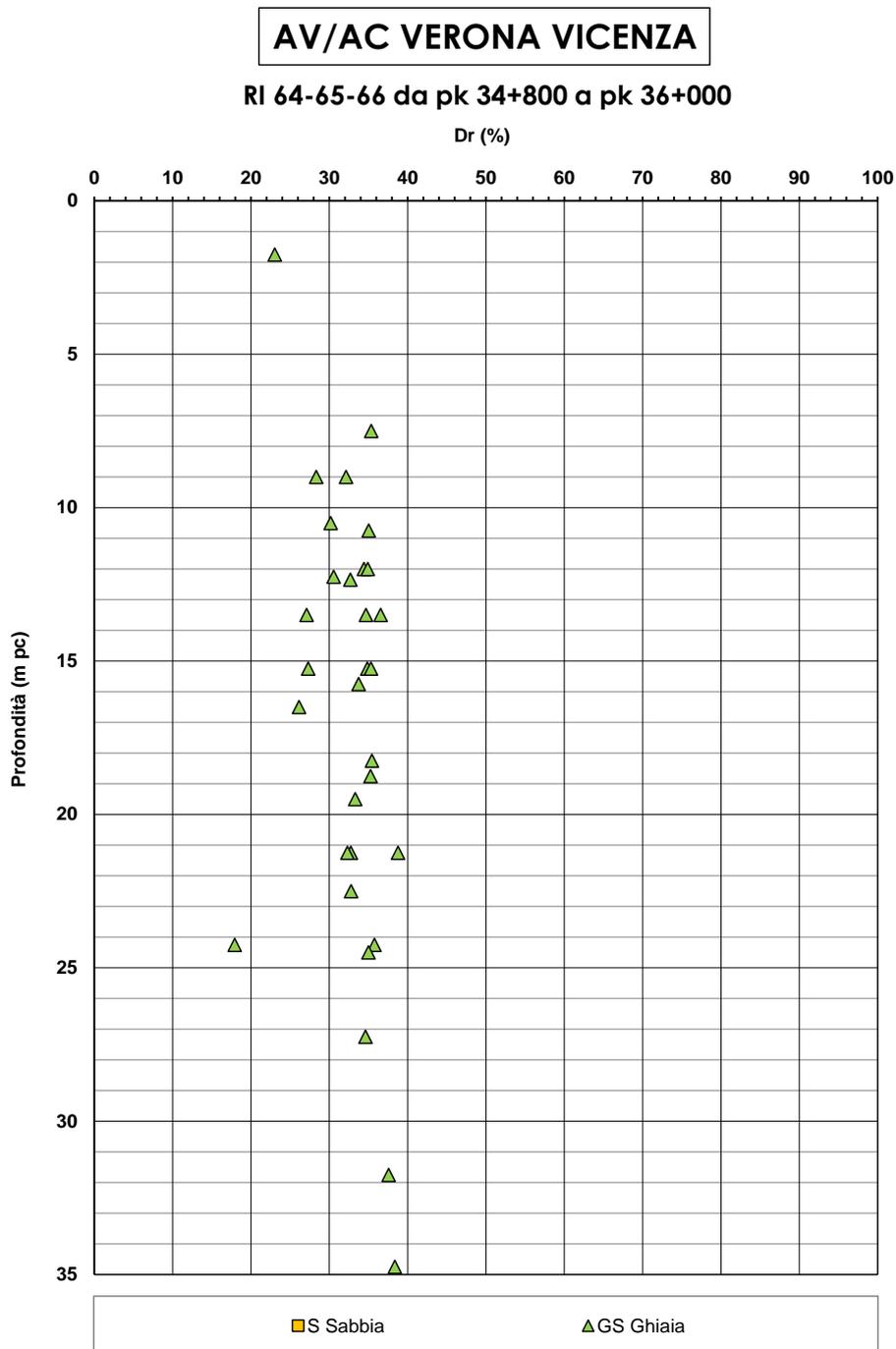


Figura 17 –Densità relativa da prove SPT l'Unità 6 fra le progressive di interesse

**AV/AC VERONA VICENZA**

**RI 64-65-66 da pk 34+800 a pk 36+000**

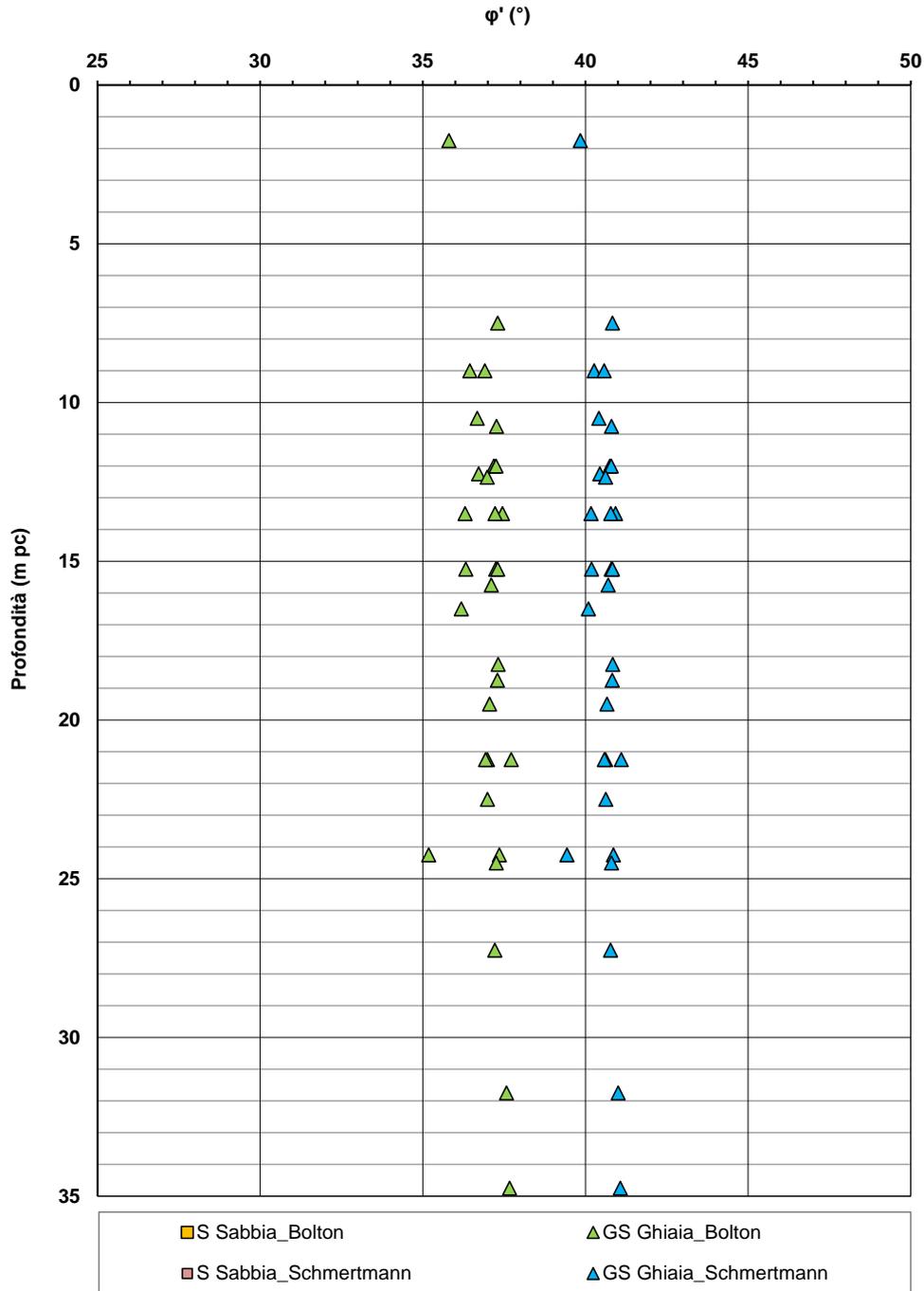


Figura 18 –Angolo di resistenza al taglio per l'Unità 6 fra le progressive di interesse

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 30 di 126</p>

## AV/AC VERONA VICENZA

**pk 34+800 - pk 36+000**

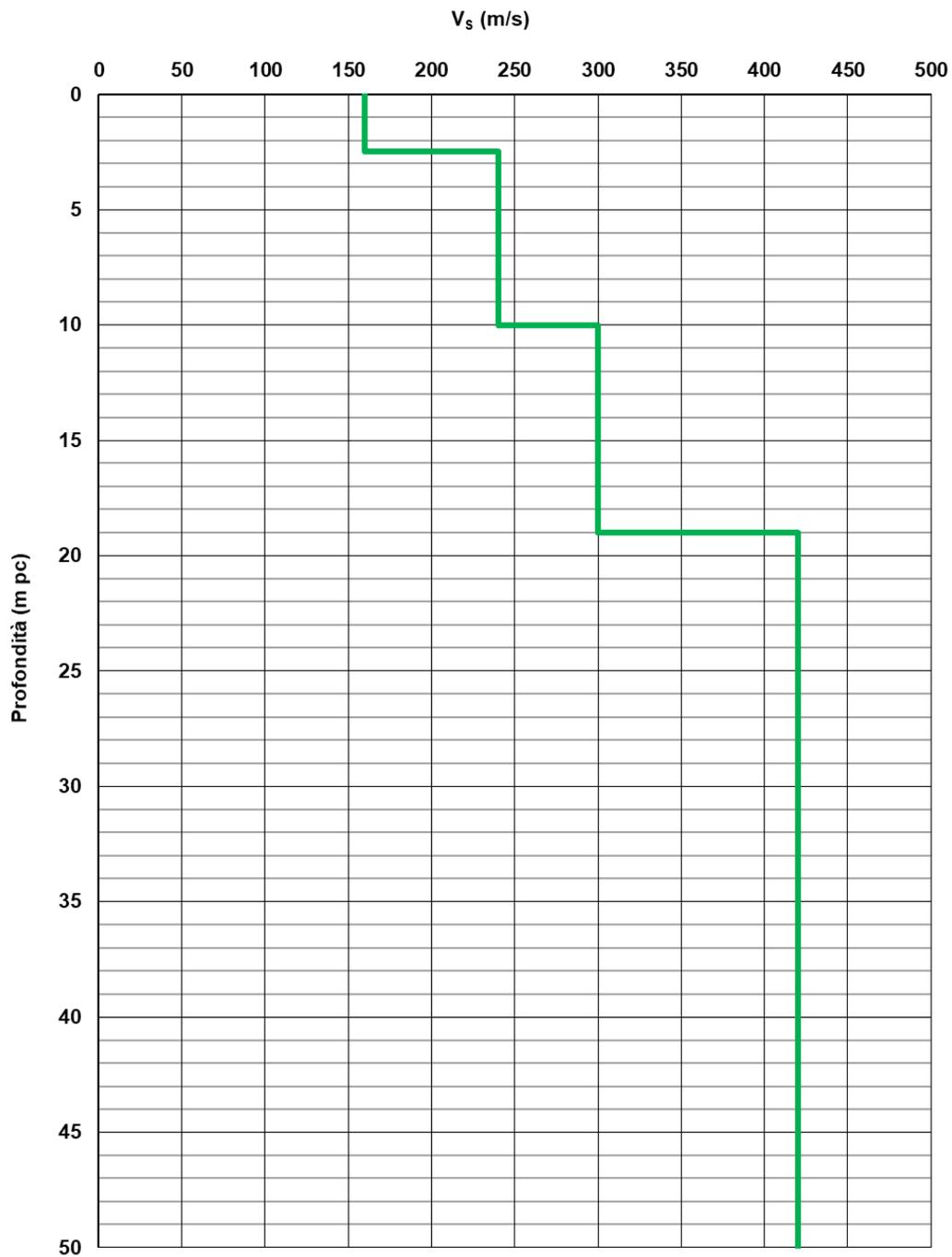


Figura 19 – Determinazione Profilo di velocità  $V_s$  nel tratto di interesse

Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92  
 Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI67B0001A

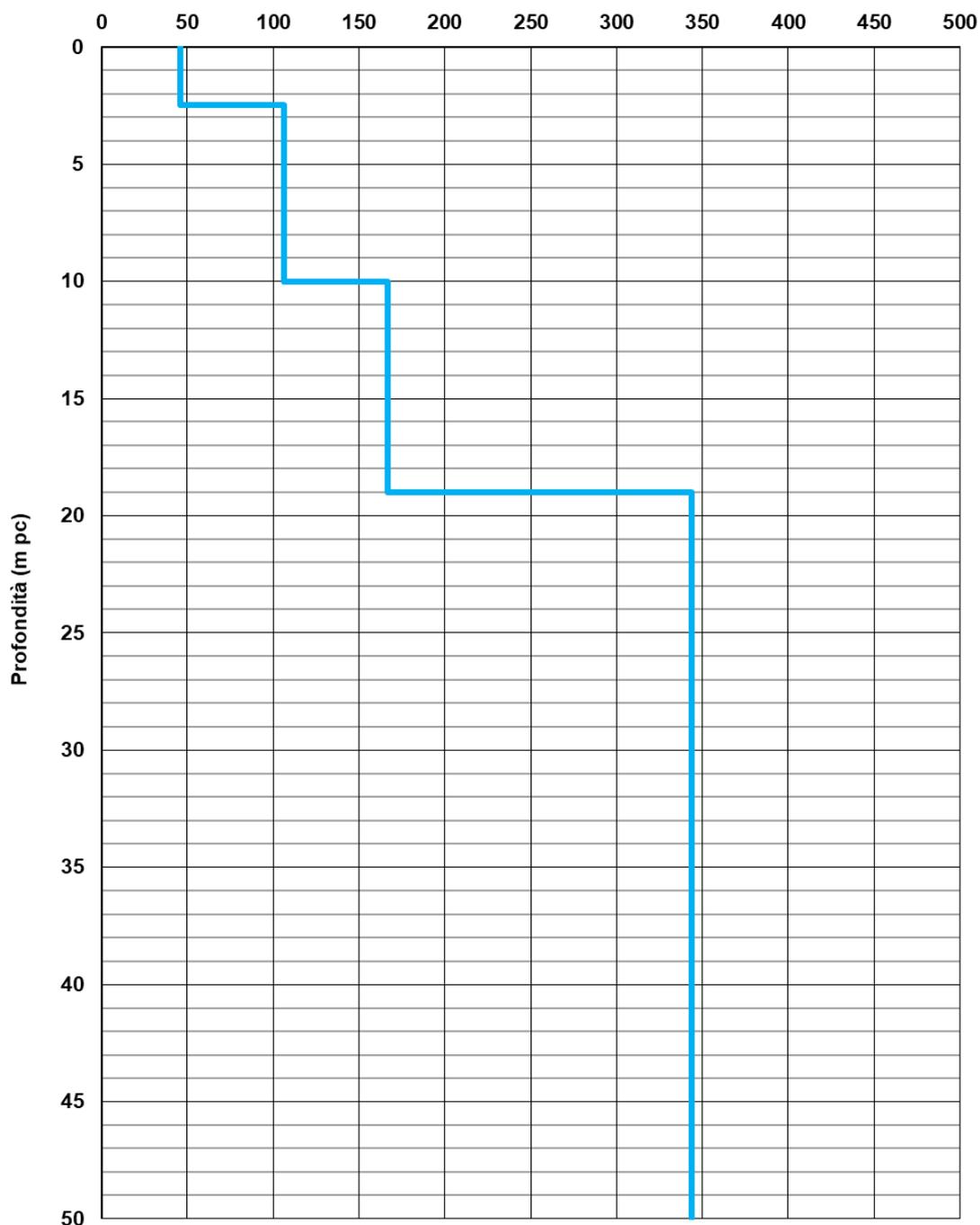
Foglio

31 di 126

## AV/AC VERONA VICENZA

**pk 34+800 - pk 36+000**

**G<sub>0</sub> (MPa)**



*Figura 20 – Modulo di taglio G<sub>0</sub> nel tratto di interesse*

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 32 di 126</p>

## 4.5 Sintesi del modello geotecnico di riferimento

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

Tabella 2 – Modello geotecnico di riferimento

Unità	da m pc	a m pc	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	$\phi_k$ °	$c'_k$ kPa	$c_{u,k}$ kPa	RR	CR	$e_0$	$\sigma'_p$ kPa	k m/s	$E'_{op}$ MPa
2	0	4.0	19	24	15	90	0.015	0.18	0.9	400	$2.5 \times 10^{-10}$	-
2	4.0	13.0	“ “	“ “	5	45	“ “	“ “	“ “	200	“ “	-
2	13.0	14.5	“ “	“ “	“ “	55	“ “	“ “	“ “	“ “	“ “	-
6	12.5	20	19	39	-	-	-	-	-	-	-	80
2	20	25	19	24	5	100	0.015	0.18	0.9	400	$2.5 \times 10^{-10}$	-
6	>25	-	19	39	-	-	-	-	-	-	-	120

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

### 4.5.1 Materiale da rilevato

Le caratteristiche dei rilevati ferroviari sono desunte dal MdP (Doc. rif. [21]) e sono di seguito riassunte:

Tabella 3 - Caratteristiche materiale da rilevato

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 33 di 126</p>

## 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. [20] e [21]), l'opera in oggetto viene inserita nella tipologia di costruzione con  $V_N = 100$  anni.

Tabella 4 – Vita nominale delle infrastrutture ferroviarie

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

#### 5.1.2 Classe d'uso

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

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

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 34 di 126</p>

Tabella 5 – Valori del coefficiente di uso  $C_u$

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

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

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

### 5.1.4 Categorie di Sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale. Per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento in accordo a quanto indicato nel § 3.2.2 delle NTC2018. Come discusso nella Relazione sulla modellazione sismica (Doc. rif. [6]) e nelle Planimetrie con classificazione sismica dei terreni (Doc. rif. [7]), i terreni di progetto possono essere caratterizzati come appartenenti a terreni di Categoria C:

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

### 5.1.5 Condizioni topografiche

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

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 35 di 126</p>

### 5.1.6 Accelerazione sismica di riferimento

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

$a_g$ (g) (SLV)	0.214
Coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_s$	1.388
Coefficiente di amplificazione topografica $S_t$	1.0
Accelerazione massima attesa al suolo	
$a_{max}$ (g) ( $a_{max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_t \cdot a_g$ )	0.297

## 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. [16]) e secondo la metodologia descritta nella relazione di progetto dedicata all'argomento (Doc. rif. [6]).

Le analisi di liquefazione sono descritte in dettaglio nelle Relazioni sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base (Doc. rif. [6]), alla quale si rimanda per maggiori dettagli.

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

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

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

Facendo sempre riferimento al Doc. rif. [6] per i dettagli dell'analisi sopra descritta, e in continuità con le considerazioni esposte in sede di Progetto Definitivo, è stato considerato ragionevole assumere per il tracciato di progetto un valore di magnitudo di riferimento da adottare nelle verifiche a liquefazione di cui ai paragrafi successivi pari a 6.5.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI67B0001A	Foglio 36 di 126

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

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

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

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

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

dove:

$a_{max}$                     accelerazione di picco al sito

$g$                             accelerazione di gravità

$\tau_c$                         valore rappresentativo dello sforzo di taglio ciclico

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

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

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

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

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:

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 37 di 126</p>

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

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

Nel presente studio, in accordo sia alle prescrizioni dell'Eurocodice 8, sia a quanto suggerito da Youd et al., 2001 e Idriss e Boulanger (2004) si è assunto per  $M = 6.5$  –  $MSF = 1.7$ .

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 21: 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 21, la resistenza alla punta  $q_c$  è normalizzata rispetto al valore di pressione atmosferica ( $p_a = 100$  kPa) e corretta ( $q_{c1N}$ ) mediante la seguente relazione:

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

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

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

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 38 di 126</p>

dove:

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

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

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

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

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

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

per  $I_c \leq 1.64$

$$K_c = 1.0$$

per  $I_c > 1.64$

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI67B0001A	Foglio 39 di 126

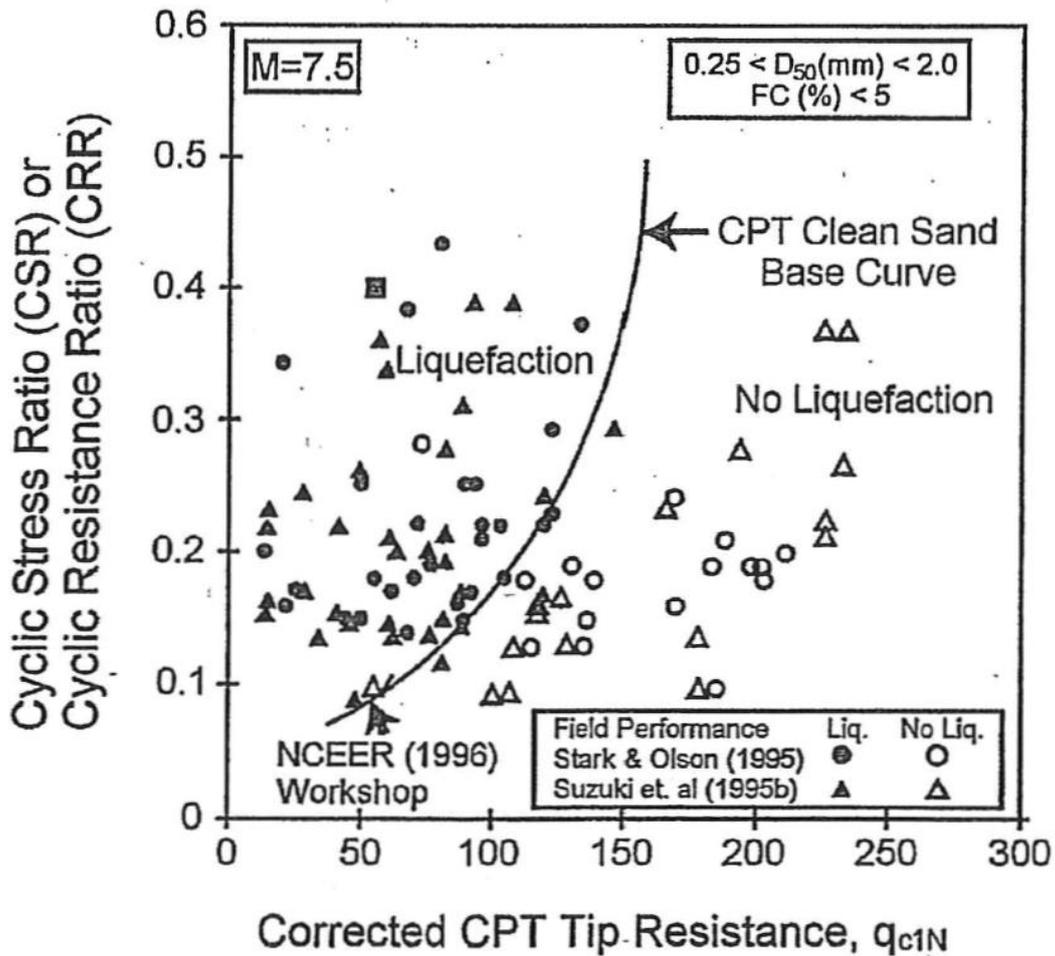


Figura 21: Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e valori corretti di resistenza alla punta  $q_{c1N}$  – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Robertson & Wride, 1998)

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

In Figura 22, i risultati delle prove SPT sono espressi in termini di numero di colpi corretti  $N_{1(60)}$ , ossia i valori sono normalizzati per una pressione verticale efficace pari a 100 kPa e corretti per un valore standard di energia trasmessa (60% del valore nominale) come segue:

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI67B0001A	Foglio 40 di 126

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 22, 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 sismici 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 sismici 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 22 come curve diverse siano state sviluppate per terreni aventi diverso contenuto di fini, a partire dalla curva di riferimento corrispondente alla sabbia pulita ( $FC < 5\%$ ).

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

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 41 di 126</p>

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

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

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

In cui:

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

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

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

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

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

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

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

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

dove:

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

$p_a$  pressione atmosferica di riferimento

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

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

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

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

Quando possibile, il contenuto di fini è stato determinato sulla base dei risultati delle rispettive granulometrie ottenute da laboratorio per ogni prova SPT. Nel caso quest'ultime non erano disponibili, facendo riferimento alla stratigrafia

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 42 di 126</p>

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):

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

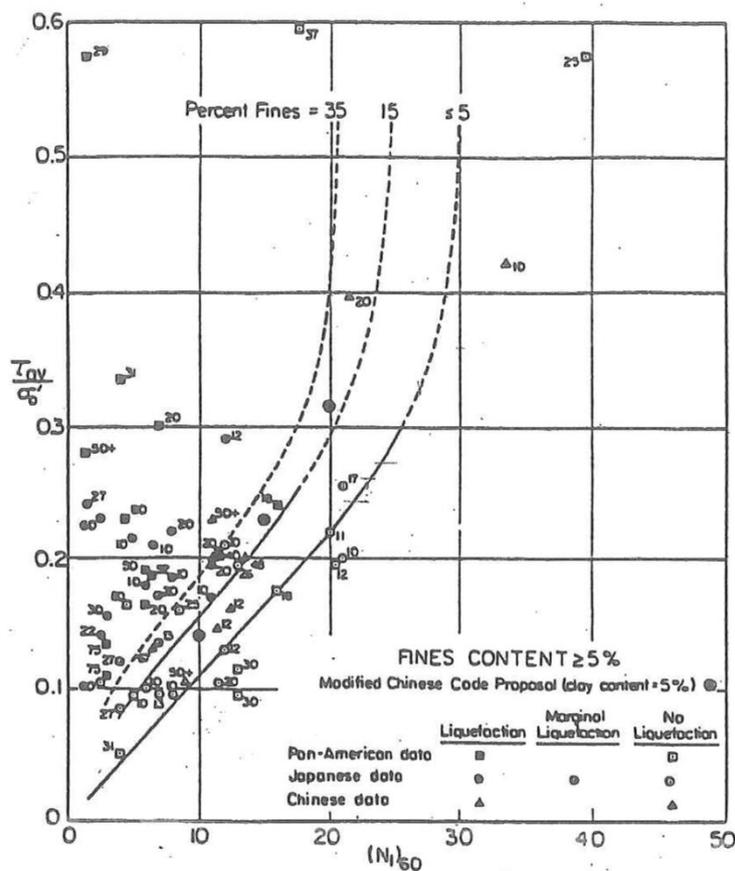


Figura 22: Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e  $N_{1(60)}$  – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Seed et al., 1985).

### 5.3 Risultati delle verifiche a liquefazione

I risultati (cfr. Figure da 23 a 26) indicano in generale come non si evidenzino rischi di potenziale liquefazione nella porzione di tracciato interessata dal rilevato RI67B, in linea con gli stati di addensamento e le granulometrie descritte in precedenza.

In relazione ai valori di coefficiente di sicurezza prossimi all'unità in prossimità del p.c, nell'area della CPTU-PE-44 , si segnala quanto segue:

- Le verifiche sono state condotte con una falda cautelativa, nelle condizioni di lungo termine, quando il valore

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 43 di 126</p>

medio della quota falda si pone invece al disotto dei livelli indicati

- Da un punto di vista della composizione granulometrica, i materiali si pongono probabilmente al confine fra materiali liquefacibili e non liquefacibili.
- Le operazioni di preparazione del fondo scavo e di preparazione del piano di posa saranno comunque mirati ad evitare la presenza di materiali granulari sciolti.

Se ne conclude che l'insieme dei dati non evidenzia rischi di potenziale liquefazione nella porzione di tracciato interessata dal rilevato RI67B.

Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

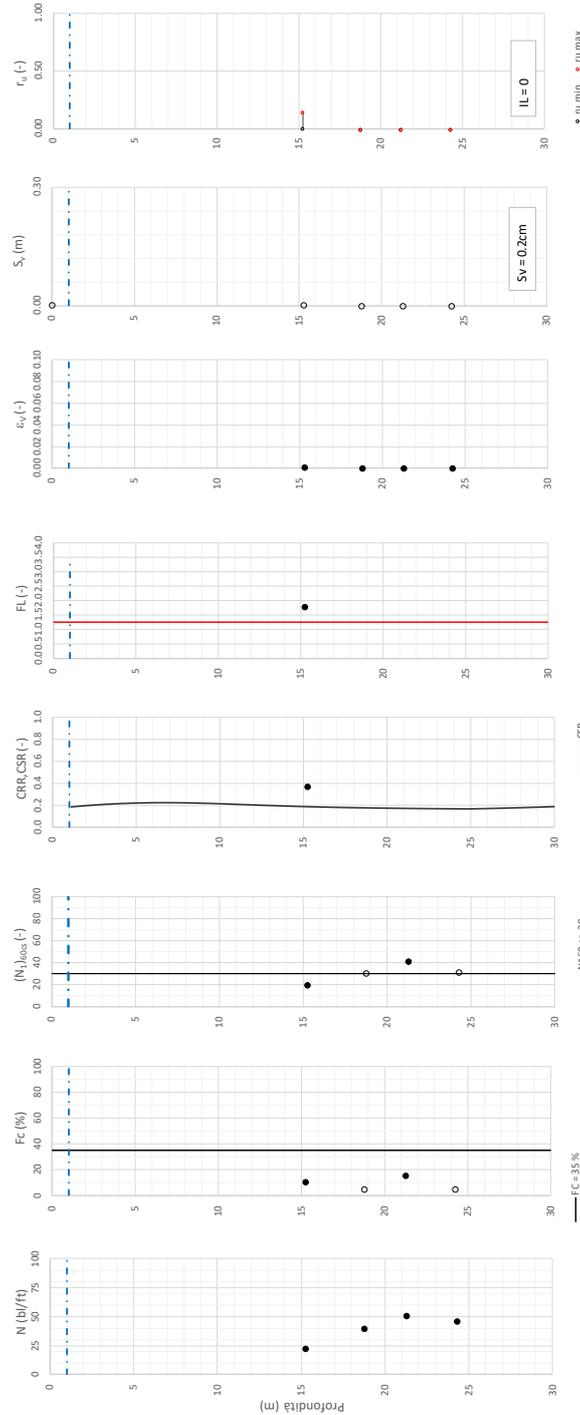
Codifica  
EI2RBRI67B0001A

Foglio  
44 di 126

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 2 - Prova BH-PE-75 Pr. 35+300

$a_{max} = 0.257g$   $M_{calc} = 6.5$   $MSF = 1.7$  Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001

Altezza rilevato = 5m



Foglio verifica spt/verifica/verif\_v.102

Figura 23 – Verifica Liquefazione da risultati SPT BH-PE-75

Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92  
Relazione Geotecnica

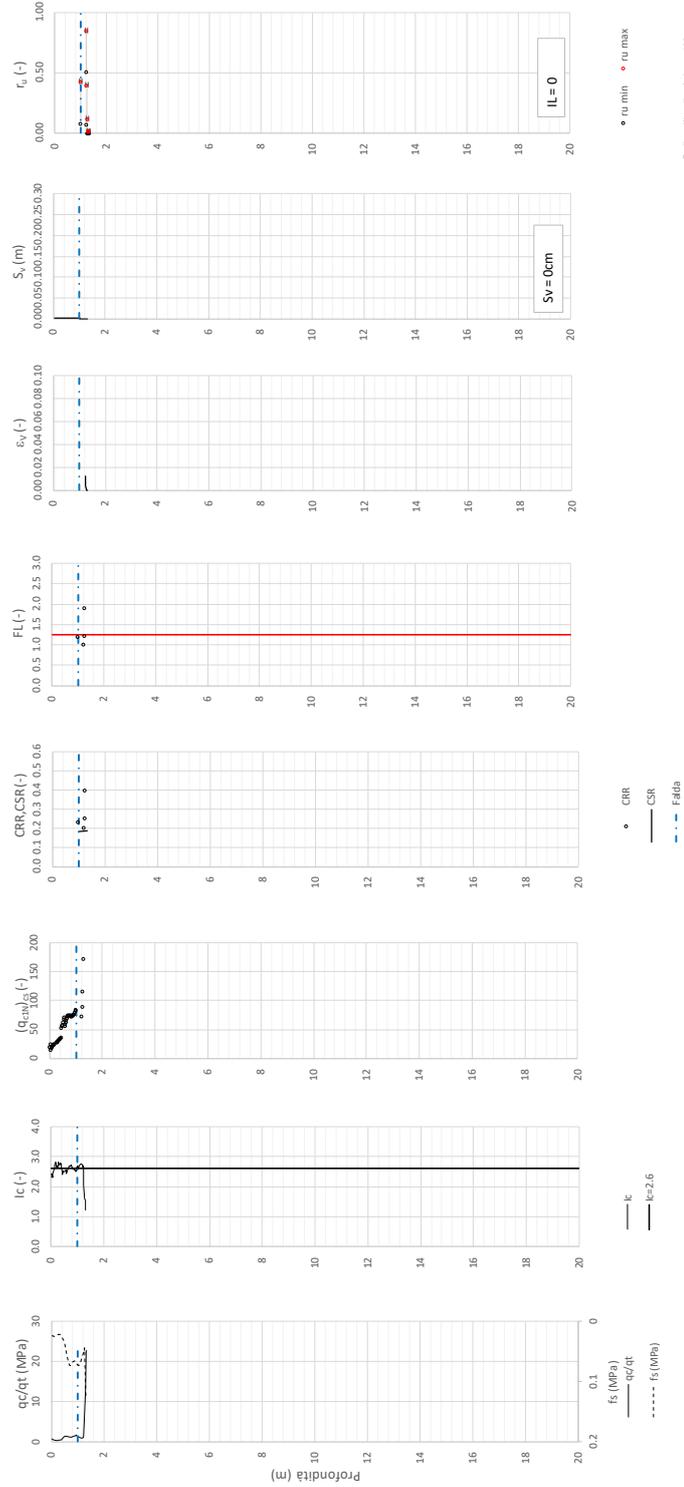
Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI67B0001A

Foglio  
45 di 126

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 2 - Prova CPTU-PE-42 Pr. 35-040  
a\_max = 0.297g M\_calic = 6.5 MSF = 1.7 Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001  
Altezza rilevato = 6m



Pagina verificata in data: 09/08/2021

Figura 24 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU-PE-42

Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92  
Relazione Geotecnica

Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
IN17	12	EI2RBRI67B0001A	46 di 126

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 2 - Prova CPTU-PE-43 Pr. 35-9365  
a<sub>max</sub> = 0.297g M<sub>calc</sub> = 6.5 MSF = 1.7 Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001  
Altezza rilevato = 5m

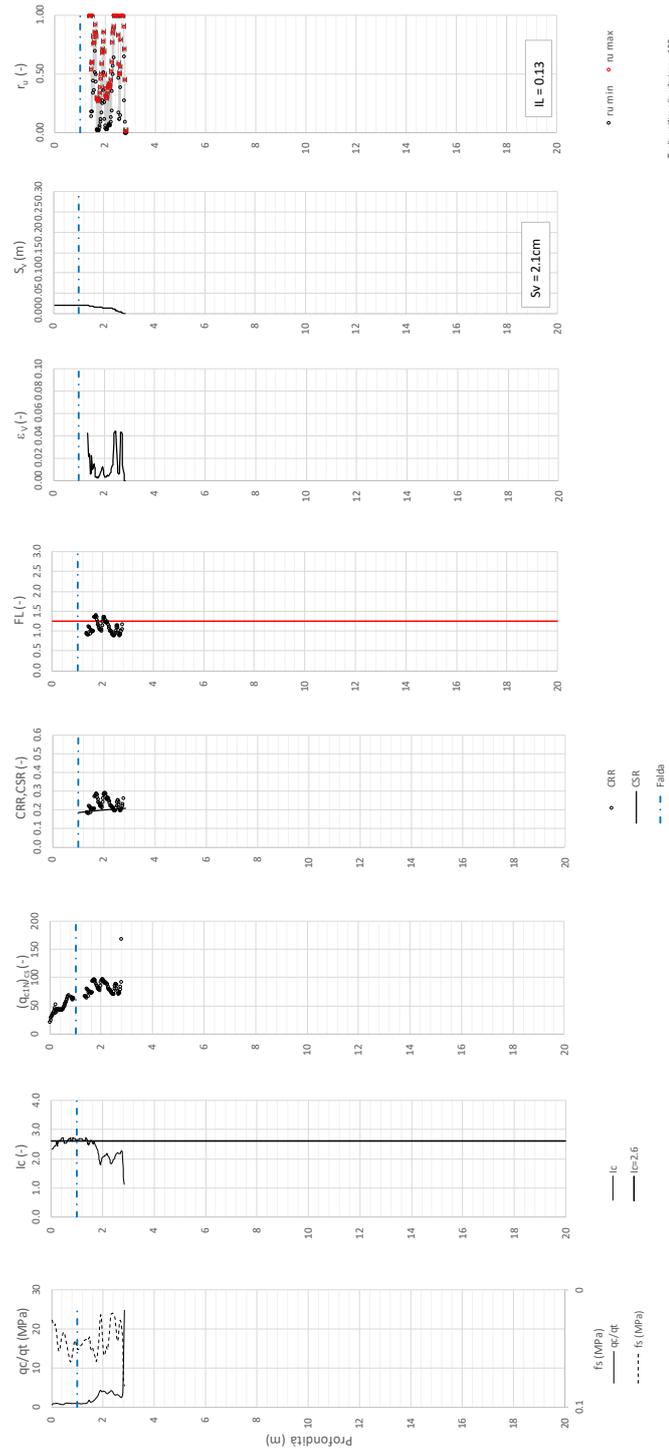


Figura 25 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU-PE-43

Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI67B0001A

Foglio  
47 di 126

T tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 2 - Prova CPTU-PE-44 Pr. 35+597  
a<sub>max</sub> = 0.297g M<sub>calc</sub> = 6.5 MSF = 1.7 Metodo NCEER1996 - 1998 - 2001  
Altezza rilevato = 3m

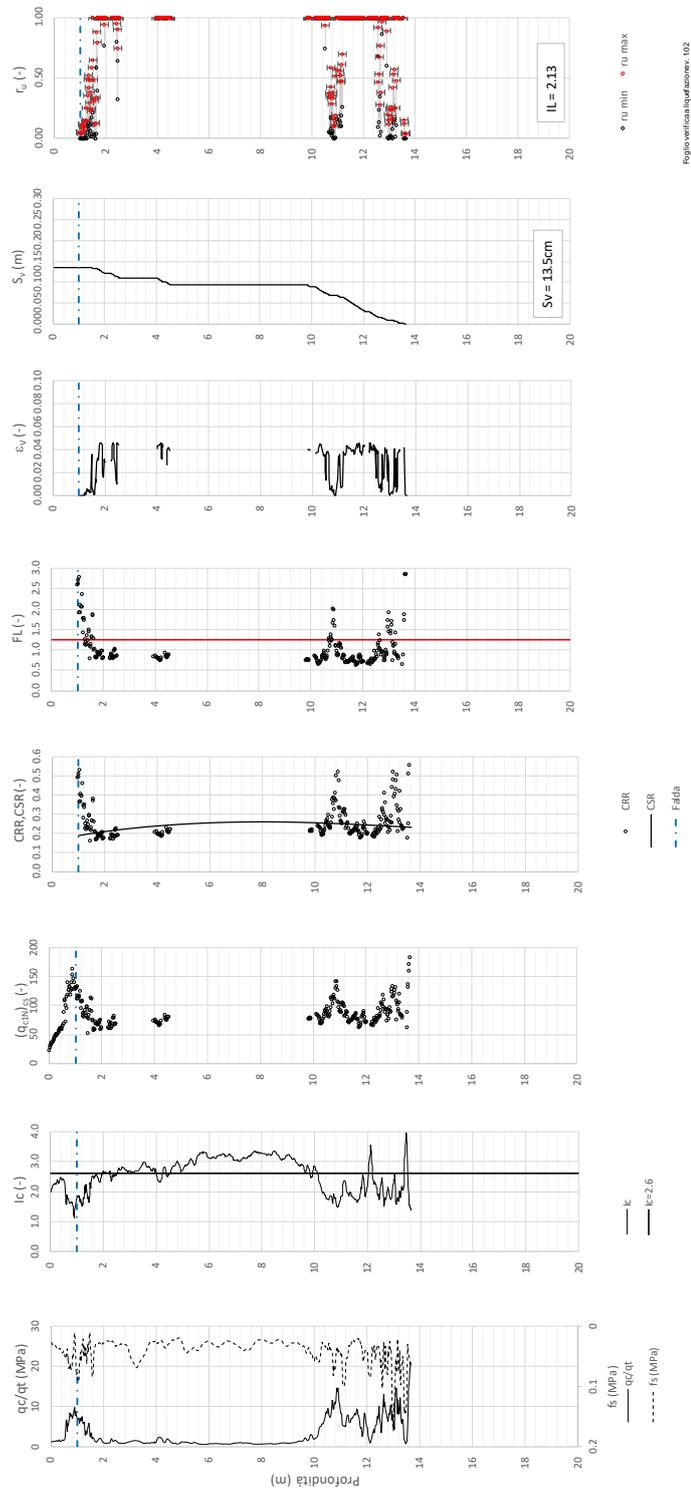


Figura 26 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU-PE-44

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 48 di 126</p>

## 6 VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO

### 6.1 Criteri di verifica agli Stati Limite

Per le opere in esame, la normativa vigente richiede l'esecuzione delle seguenti verifiche di sicurezza e delle prestazioni attese (par. 6.2.3. del Doc. Rif. [16]):

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

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

$$E_d \leq R_d \quad (\text{Eq. 6.2.1 del Doc. Rif. [16]})$$

dove:

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

$R_d$  valore di progetto della resistenza.

La verifica della condizione  $E_d \leq R_d$  deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I coefficienti da adottarsi nelle diverse combinazioni sono definiti in funzione del tipo di verifica da effettuare (si vedano i paragrafi seguenti). Si sottolinea che per quanto concerne le azioni di progetto  $E_d$  tali forze possono essere determinate applicando i coefficienti parziali di cui sopra alle azioni caratteristiche, oppure, a posteriori, sulle sollecitazioni prodotte dalle azioni caratteristiche (Par. 6.2.3.1 del Doc. Rif. [16]).

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

$$E_d \leq C_d \quad (\text{Eq. 6.2.7 del Doc. Rif. [16]})$$

dove:

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

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

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

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

#### 6.1.1 Stati limite ultimi (SLU)

Le verifiche di stabilità in campo statico di opere in materiali sciolti, quali rilevati, devono essere eseguite secondo l'Approccio 1 Combinazione 2 (A2 + M2 + R2, Doc. Rif. [16]), 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. [17]), calcolata sulla base delle azioni

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 49 di 126</p>

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

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

Facendo riferimento a quanto richiesto dalle NTC (Doc. rif. [16]), 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. [16])

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

Tabella 8 – Coefficienti parziali per verifiche di stabilità globale

Coefficiente	R2
$\gamma_R$	1.1

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 50 di 126</p>

In condizioni statiche, le verifiche sono state condotte considerando il comportamento drenato del terreno di fondazione.

In condizioni sismiche e post-sismiche, la verifica è stata eseguita 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. [21]). In ragione della natura del fenomeno esaminato, in condizioni sismiche è stata presa in esame la risposta non drenata dei materiali argillosi rinvenuti lungo il profilo e, per tale motivo, la quota di falda risulta essere ininfluenza sull'esito delle stesse.

### 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. [16]), che gli spostamenti dell'opera in esame e del terreno circostante siano compatibili con la funzionalità della struttura e con la sicurezza e la funzionalità di manufatti adiacenti.

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

Nel caso di rilevato da realizzarsi in affiancamento ad un rilevato esistente e mantenendo quest'ultimo in esercizio durante i lavori, si richiede che una stima del cedimento delle due rotaie in una stessa sezione verticale del rilevato, valutandone il decorso nel tempo. Inoltre, con riferimento alla tabella che segue, è necessario verificare che gli spostamenti indotti sui binari in esercizio durante la costruzione siano inferiori a 15 mm, ovvero inferiori ai valori limite dei difetti riferiti al secondo livello di qualità (Doc. rif. [21] e [25]). Laddove si superino i limiti riferiti al primo livello di qualità (10 mm, Doc. rif. [25]), è richiesto il monitoraggio del binario durante la costruzione.

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

	V ≤ 160 km/h	160 < V ≤ 300 km/h
1° livello di qualità	$\Delta H \leq 10$ SCARTXL ≤ 6	$\Delta H \leq 10$ SCARTXL ≤ 4
2° livello di qualità	$10 < \Delta H \leq 15$ $6 < \text{SCARTXL} \leq 10$	$10 < \Delta H \leq 15$ $4 < \text{SCARTXL} \leq 8$
3° livello di qualità esecuzione a breve termine anche in relazione ai limiti di sgembo (2)	$15 < \Delta H \leq 20$ (1) $10 < \text{SCARTXL} \leq 14$	$15 < \Delta H \leq 20$ (1) $8 < \text{SCARTXL} \leq 12$
(1) il valore di $\Delta H$ 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.		

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 51 di 126</p>

### 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. [21]).

## 6.2 Azioni di progetto

Le azioni di progetto considerate nella analisi sono state definite coerentemente a quanto prescritto nel MdP (Doc. rif. [20]) e nelle NTC (Doc. rif. [16]) e sono di seguito descritte.

### 6.2.1 Azioni permanenti

In funzione della configurazione esaminata e della presenza o meno di elementi strutturali, i carichi permanenti sono 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, valutati nel rispetto delle normative di riferimento e considerando il caso peggiore tra i tre modelli di carico previsti: LM71, SW/0 ed SW/2. Per ogni binario, tale azione risulta essere pari a 61.4 kPa (LM71) ed applicata su una superficie definita dalla larghezza della traversa e dalla larghezza di diffusione del carico nel ballast (2.8 m in totale).

### 6.2.3 Azione sismica

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

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

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

dove

$\beta_s$                       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.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 52 di 126</p>

Tabella 10 - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (Doc. rif.[16] )

	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

### 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. [35]). 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. [16]), la verifica SLU di stabilità globale è soddisfatta se la relazione:

$$FS \geq R2 = 1.1.$$

è verificata sia in condizioni statiche che sismiche.

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

#### 6.3.2 Verifiche SLU in condizione statiche

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

In Figura 27 sono riportate le superfici di rottura critica per la combinazione DA1C2. Il valore minimo di FS è pari a:

$$FS_{\text{MIN}} (\text{DA1C2}) = 1.34 > R2 = 1.1$$

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 53 di 126</p>

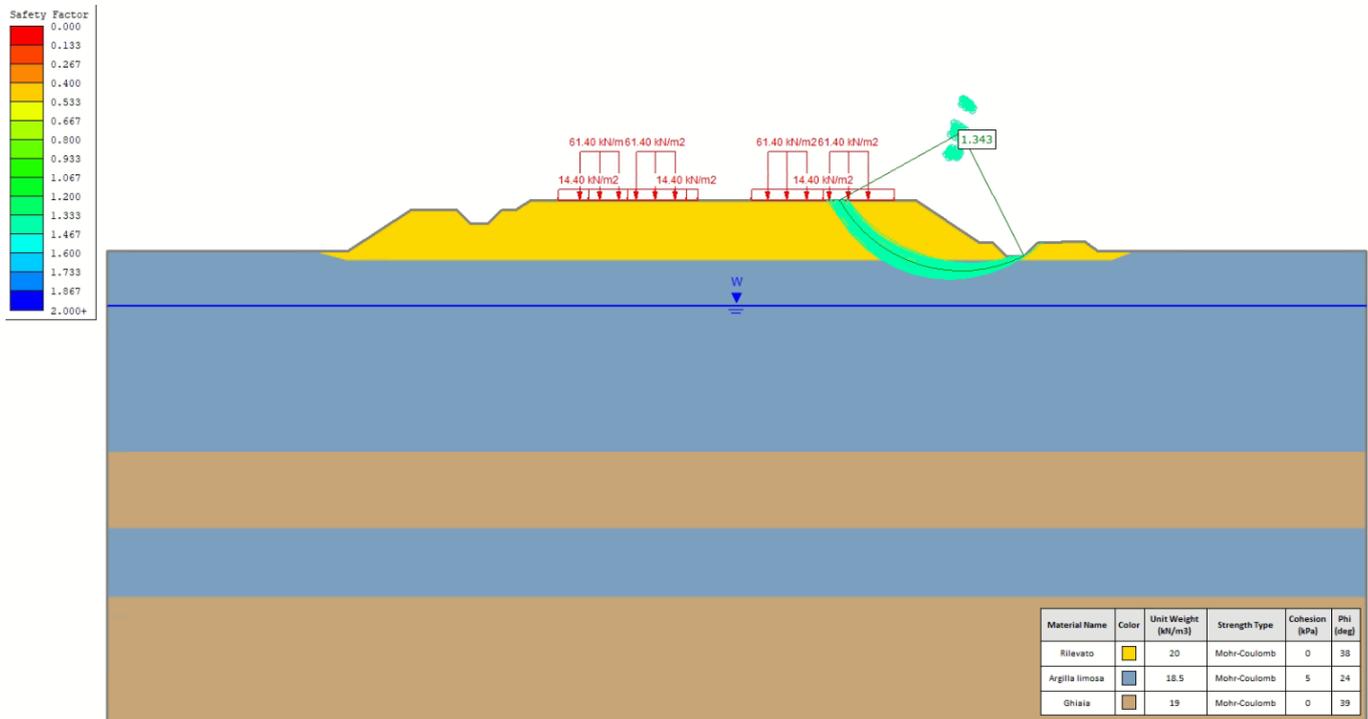


Figura 27 - Analisi SLU in campo statico DA1C2

### 6.3.3 Verifiche SLU in condizioni sismiche

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

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

$$K_V = \pm 0.042 \quad (\text{verificando la più cautelativa tra negativo e positivo})$$

Il carico stradale (q), assunto pari a 61.4 kPa, è stato modellato come un carico distribuito applicato in corrispondenza delle impronte delle traversine ferroviarie. Tale sovraccarico è stato inserito nei calcoli col proprio valore caratteristico moltiplicato per un coefficiente di combinazione  $\psi=0.2$  in accordo a quanto specificato dalle NTC 2008 (v. capitolo 6.1.3). In ragione della natura del fenomeno esaminato, in condizioni sismiche è stata presa in esame la risposta non drenata dei materiali argillosi rinvenuti lungo il profilo e, per tale motivo, la quota di falda risulta essere ininfluenza sull'esito delle stesse.

In Figura 28 è riportata la superficie di rottura critica. Il fattore di sicurezza FS è pari a:

$$FS_{MIN} = 1.14 > R2 = 1.1$$

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 54 di 126</p>

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

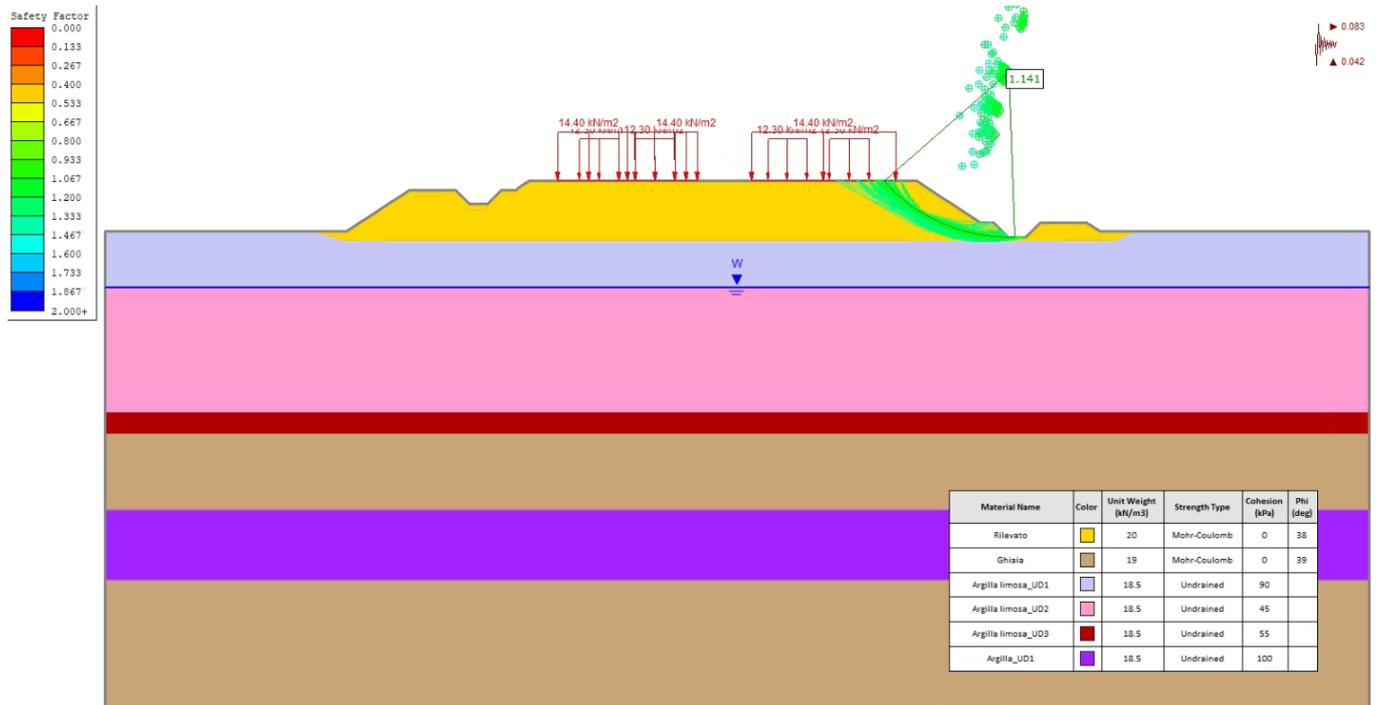


Figura 28 - Analisi SLU in campo sismico

**6.4 Verifica e risultati SLE**

In ragione della configurazione geometrica e delle condizioni geotecniche riscontrate nell'area, si ritiene che l'opera sia da considerarsi come parte di un unico manufatto, costituito da RI65, RI66 ed RI67. Pertanto, si è scelto di utilizzare i medesimi strumenti di calcolo adottati per i due rilevati che precedono RI67. La determinazione del campo di spostamenti e delle azioni agenti sugli elementi costituenti l'opera è stata svolta mediante analisi agli elementi finiti con Plaxis (Doc. rif. [27]). Il software ha permesso una valutazione di dettaglio dello stato tensionale e deformativo del terreno durante ed in seguito alla costruzione del rilevato.

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), 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-

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 55 di 126</p>

Coulomb. Per maggiori informazioni circa i parametri deformativi e di resistenza impiegati si faccia riferimento alla Tabella 2.

Per i depositi costituiti prevalentemente da argilla limosa si è esaminato il decorso dei cedimenti nel tempo, studiando il loro comportamento non drenato ed il grado di consolidazione in funzione del tempo nel corso della costruzione del rilevato. Inoltre, si è scelto di raggiungere un maggior grado di dettaglio nella definizione della rigidità dei depositi in funzione del loro stato tensionale, impiegando il modello costitutivo denominato Hardening Soil (HS) Model, appartiene 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 gli indici di compressione o ricomprensione 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:

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

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

dove:

- $E_i$  rigidità iniziale, pari a  $E_i = \frac{2E_{50}}{2 - R_f}$ , con  $E_{50}$  rigidità relativa al 50% dello sforzo deviatorico ultimo;

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 56 di 126</p>

- $E_{ur}$  rigidezza di scarico-ricarico;
- $q$  sforzo deviatorico;
- $q_a$  90% dello sforzo deviatorico ultimo;
- $\tilde{q}$  sforzo deviatorico misurato con una procedura speciali (Doc. rif. [27]);
- $p'$  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.

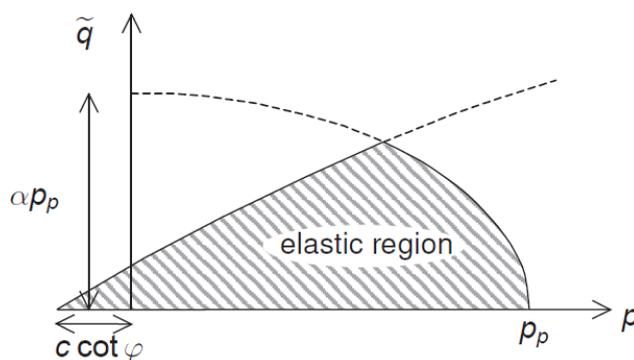


Figura 29 – Superficie di snervamento del modello Hardening Soil nel piano q-p'

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,  $\varphi$  e  $c'$  (o  $c_u$ ). Per maggiori dettagli si rimanda al Manuale di Plaxis (Doc. rif. [27]).

In conclusione, calcolo dei cedimenti si basa sull'effetto dell'incremento dello stato tensionale efficace attuale ( $\sigma'_{v0}$ ) dovuto alla costruzione del rilevato ( $\Delta\sigma'$ ), e sul potenziale superamento della pressione di preconsolidazione  $\sigma'_p$ . Risulta quindi evidente che, in questo caso, più elevato è il livello di  $\sigma'_{v0}$  (e quindi più profonda è la falda rispetto al p.c.), maggiore è la possibilità che un dato incremento di carico porti il materiale al superamento della preconsolidazione, nello stato NC. Si è quindi deciso di considerare, nelle analisi di cedimento, una falda corrispondente alla quota media, pari a 4 m da p.c.

Si illustra di seguito il modello numerico creato a partire dalla geometria della sezione di calcolo definita nel capitolo 3.1.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 57 di 126</p>

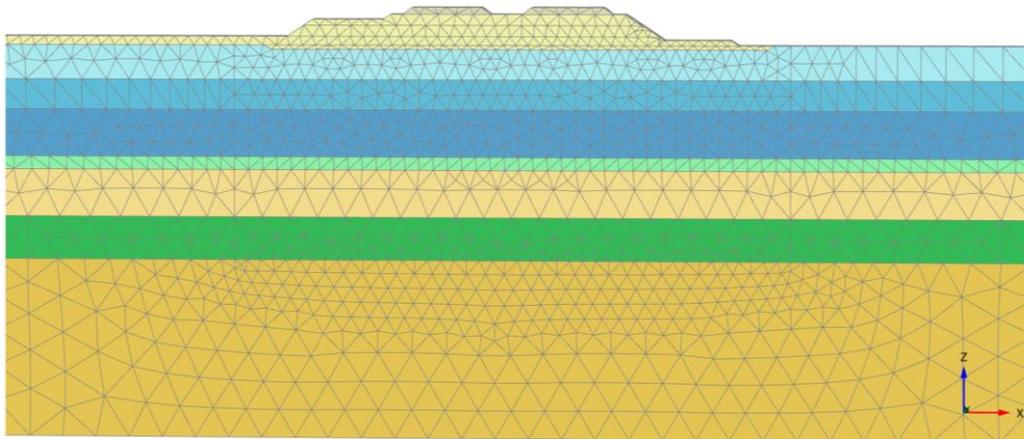


Figura 30 – Modello agli elementi finiti

#### 6.4.1 Fasi costruttive

Per il rilevato in oggetto si prevedono le seguenti fasi costruttive:

- Allestimento cantiere;
- Scotico;
- Realizzazione del rilevato: 4 mesi;
- Maturazione del rilevato: massimo 4 mesi\*;
- Lavorazioni di finitura, posa del sub-ballast e di opere di drenaggio: 3 mesi;
- Realizzazione impianti: 2 mesi;
- Posa in opera del ballast ed armamento ferroviario: 2 mesi.

\* fase trascurata nelle analisi numeriche, come precisato di seguito.

Avendo descritto il materiale a grana fine per mezzo di parametri geotecnici non drenati e studiato la risposta nel tempo in considerazione della durata delle singole fasi, quest'ultima risulta essere di particolare interesse per la definizione delle sovrappressioni interstiziali residue e del grado di consolidazione raggiunto dai terreni, nei diversi stadi di costruzione. Tale osservazione è da considerarsi rilevante solo per le fasi di carico, ovvero di costruzione del rilevato.

A favore di sicurezza, le analisi presentate in questo report non considerano la fase di maturazione, a garanzia del fatto che non si ritengono necessari interventi migliorativi del terreno di fondazione.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 58 di 126</p>

#### 6.4.2 Risultati e verifiche

Per le verifiche geotecniche agli Stati Limite d'Esercizio, dev'essere verificata la seguente disequaglianza:

$$E_d \leq C_d \quad (\text{Eq. 6.2.7 del Doc. Rif. [16]})$$

dove:

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

I risultati delle analisi Plaxis sono rappresentati di seguito, in termini di cedimenti calcolati nelle diverse fasi di costruzione. Si sottolinea che le analisi sono state svolte nel dominio del tempo, e quindi analizzando i diversi gradi di consolidazione raggiunti nelle diverse fasi.

In particolare:

- La Figura 31 riporta i valori del cedimento calcolato prima della posa in opera del ballast, e comprende pertanto tutti i cedimenti per consolidazione accumulati durante la costruzione e la fase di maturazione del rilevato. Il cedimento massimo risulta pari a 10.7 cm
- La Figura 32 riporta invece il cedimento totale complessivo al termine della consolidazione, e comprensivo della quota parte del ballast. Il cedimento massimo risulta essere di 13.3 cm circa.

Come riportato nel capitolo 6.1.2, le verifiche sono da ritenersi soddisfatte se i cedimenti residui a partire dal completamento del piano di posa del ballast e per la durata della vita utile dell'opera (100 anni) sono inferiori a 5 cm. Nel caso in esame, i cedimenti residui per consolidazione sono dell'ordine del centimetro e, pertanto, anche considerando una quota parte di secondario (frazione del cedimento per consolidazione) dell'ordine di qualche millimetro, **la verifica delle prestazioni dell'opera agli Stati Limite di Esercizio risulta essere ampiamente soddisfatta.**

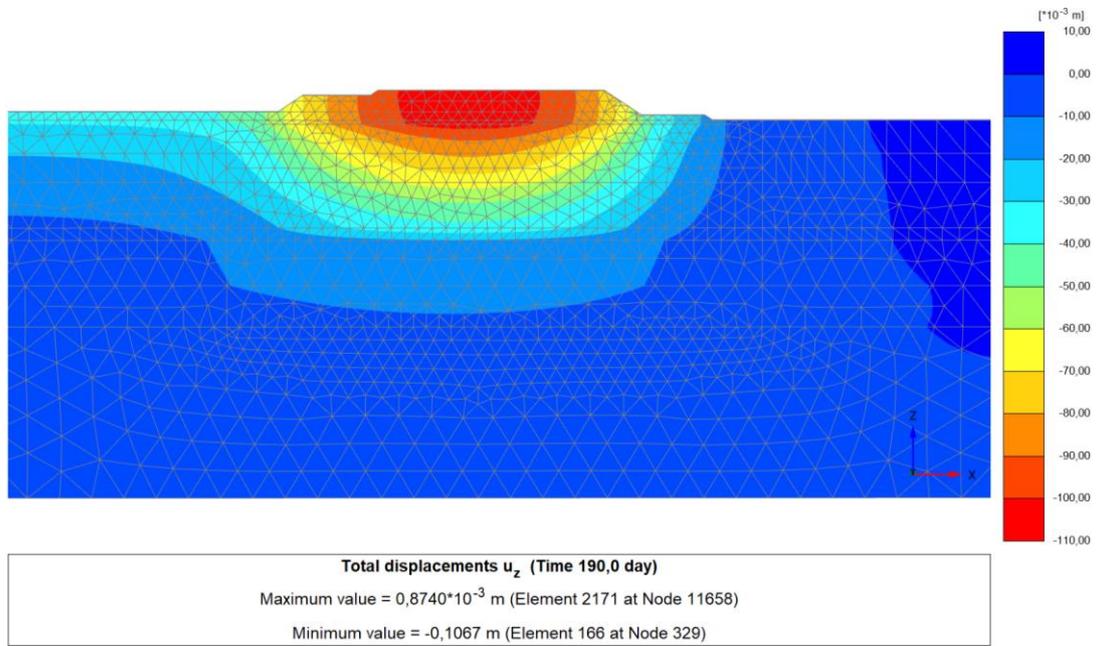


Figura 31 – Cedimenti prima della posa del ballast

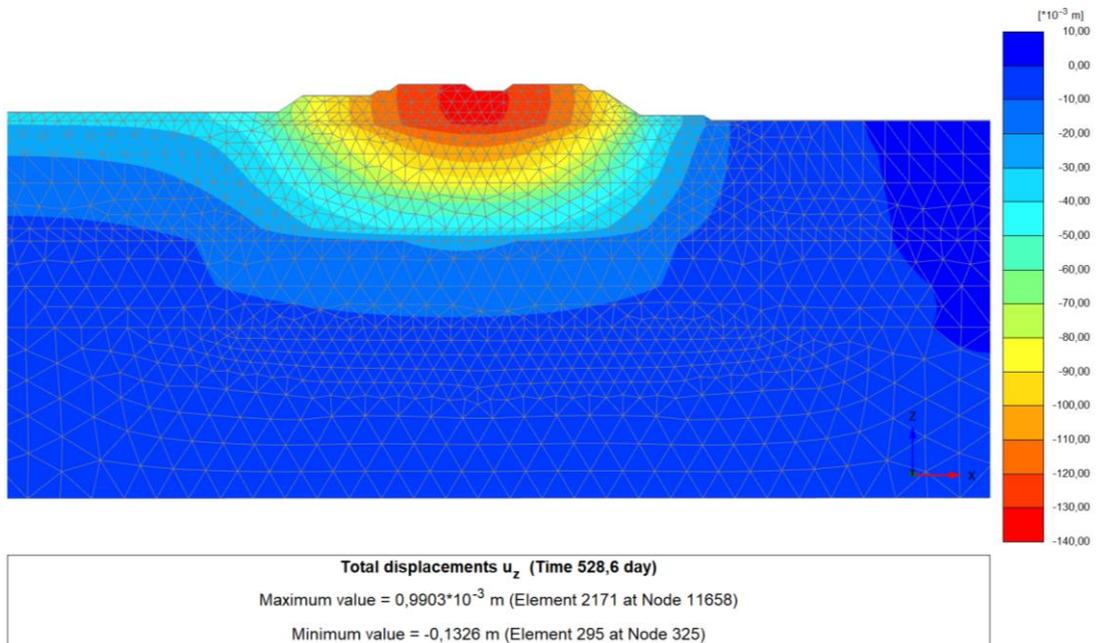


Figura 32 – Cedimenti in seguito alla posa del ballast ed al termine della consolidazione

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 60 di 126</p>

## 7 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 61 di 126</p>

**ALLEGATI**

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 62 di 126</p>

## ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 64 di 126</p>

**ALLEGATO 2 – INDAGINI DISPONIBILI**

Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI67B0001A

Foglio  
65 di 126

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality - 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 01872430848  
Headquarters: Via Bañola, 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: Montebello Vicentino

PERFORAZIONE: BH-PE-75  
ESECUZIONE: 24-25/11/2020  
COMMESSA: 22036AV-20

RDP SITO N°: SF201070  
OPERATORE: BARONE - EL AZHARI  
RESPONSABILE: FOGLI

PROFONDITA': 25,00 m  
RIVESTIMENTO: 22,00 m  
QUOTA: -

Indisturbato  
 Rimaneggiato  
 Ambientale

SPT  
PA: punta aperta  
PC: punta chiusa

METRI	METRI da P.C.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAMPIONI			P.P. kPa	T.V. kPa	PROVE			METODO LIT. UTENSILE	FALDA			
				TIPO	NUM.	PROF.			TIPO	NUM.	PROF.					
0.20			Terreno vegetale													
1	1.60		Argilla debolmente limosa debolmente ghiaiosa (fino a 0.30 m) sovraconsolidata, marrone													
2	2.50		Ghiaia eterogenea (da sub-arrotondata a sub-angolosa) in matrice sabbiosa, grigio-biancastro													
3	3.50		Limo argilloso debolmente sabbioso, marrone													
4			Alternanza tra argilla debolmente limosa (da marrone scuro a marrone chiaro) con abbondanti noduli di ossidi e argilla limosa/con limo. Presenti sottili orizzonti di ghiaia fine a 5.70 m e 8.70 m	SH1	3.00		50	25								
5					3.60		100	50								
6							125	65								
7							125	65								
8							50	25								
9							75	30								
10							125	60								
11							6.70									
12							7.30									
13	12.90			Argilla, grigio												
14	13.60		Limo argilloso, marrone													
15	13.90		Ghiaia eterogenea (da sub-arrotondata a sub-angolosa) in matrice limoso sabbiosa, marrone chiaro													
16	15.00		Ghiaia eterogenea (da sub-arrotondata a sub-angolosa) in matrice sabbioso limosa, marrone chiaro.													
17	17.50		Ghiaia eterogenea (da sub-arrotondata a sub-angolosa) in matrice limoso sabbiosa (a tratti debolmente argillosa) Livelli di argilla marrone scuro da 23.10 a 23.60 m													
18																
19																
20																

Il Direttore Tecnico SOA:  
ing. Massimo De Iasi

Il Responsabile Prove in Sito:  
dot. Massimo Romagnoli



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI67B0001A	66 di 126

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality - 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 Barola, 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: Montebello Vicentino

PERFORAZIONE: BH-PE-75

ESECUZIONE: 24-25/11/2020

COMMESSA: 22036AV-20

RDP SITO N°: SF201070

OPERATORE: BARONE - EL AZHARI

RESPONSABILE: FOGLI

PROFONDITA': 25,00 m

RIVESTIMENTO: 22,00 m

QUOTA: -

Indisturbato  
 Rimaneggiato  
 Ambientale

SPT  
PA: punta aperta  
PC: punta chiusa

METRI	METRI da P.C.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAMPIONI			PROVE						
				TIPO	NUM.	PROF.	T.P. kPa	T.V. kPa	TIPO	NUM.	PROF.	METODO E UTENSILI	FALDA
21			Ghiaia eterogenea (da sub-arrotondata a sub-angolosa) in matrice limoso sabbiosa (a tratti debolmente argillosa). Livelli di argilla marrone scuro da 23.10 a 23.60 m										
22													
23							125	55		SPT3 21.00-21.45 m 18 - 25 - 26 PC	Carotaggio continuo tramite carotiere semplice 101 mm	Foro non attrezzato	
24							100	55		SPT4 24.00-24.45 m 24 - 23 - 23 PC			
25	25.00		FINE SONDAGGIO										
26													
27													
28													
29													
30													
31													
32													
33													
34													
35													
36													
37													
38													
39													
40													

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI67B0001A	67 di 126

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)



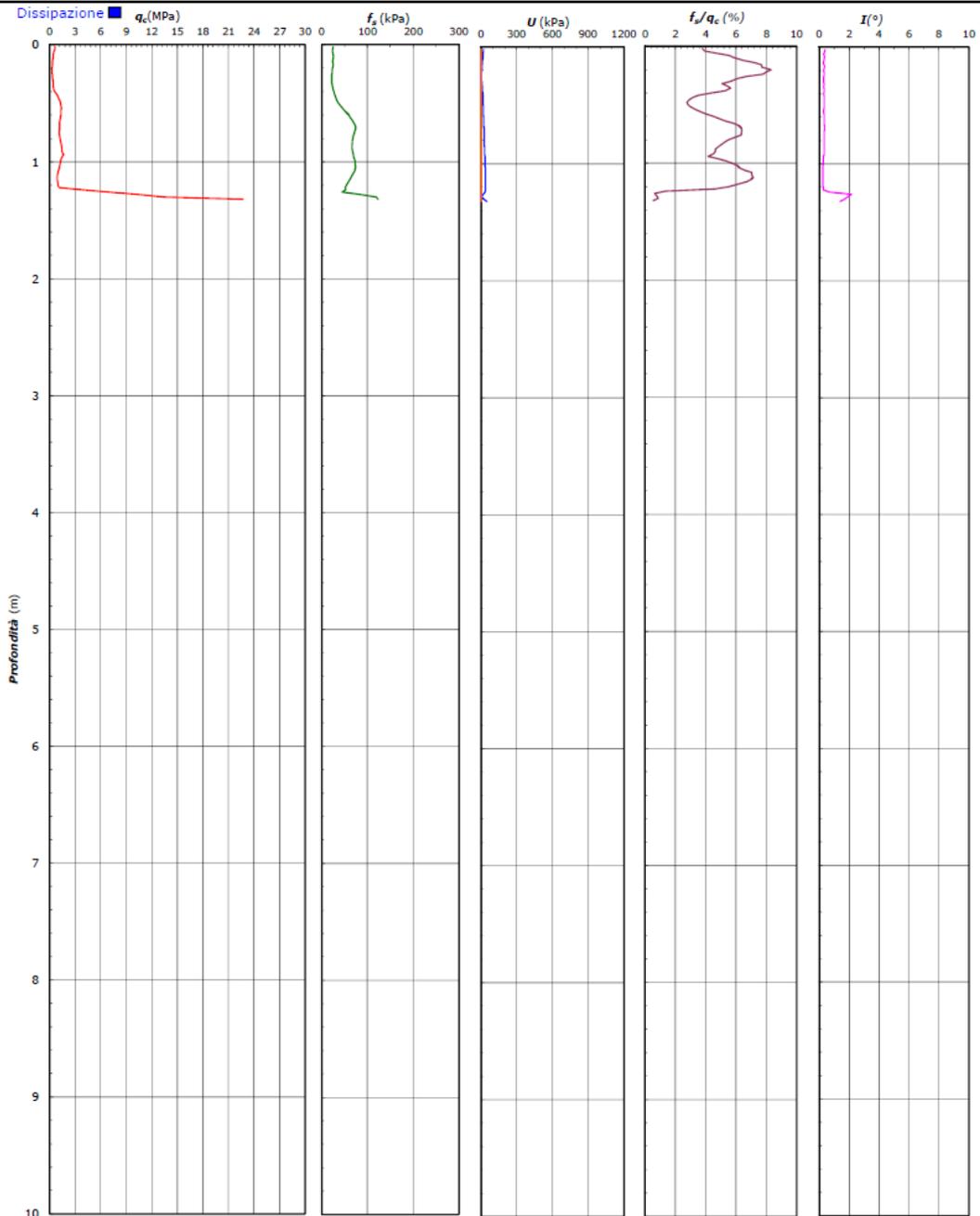
COMMITTENTE: **CONSORZIO IRICAV DUE - Via Francesco Tovaglieri 413-00155 Roma (RM)**

CANTIERE: **Linea Alta Velocità Verona-Vicenza**

PROVA N°: CPTU-PE-42 PROF. FALDA (m da p.c.): n.r PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 121114)[ $\alpha = 0.66$ ]

DATA: 10/11/20 PREFORO (m da p.c.): Lat.: 45°27'38.10"N Long.: 11°24'39.00"E

COMMESSA: 22036AV/20 C. SITO N°: SF210098 - 25/01/21 OPERATORE: L. Formisano QUOTA s.l.m.: 49.164



Il Direttore Tecnico SO:  
ing. Massimo De Iasi

Il Responsabile Prove in Sito:  
dott. Massimo Romagnoli



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI67B0001A	68 di 126

FERRARA DEPARTMENT

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

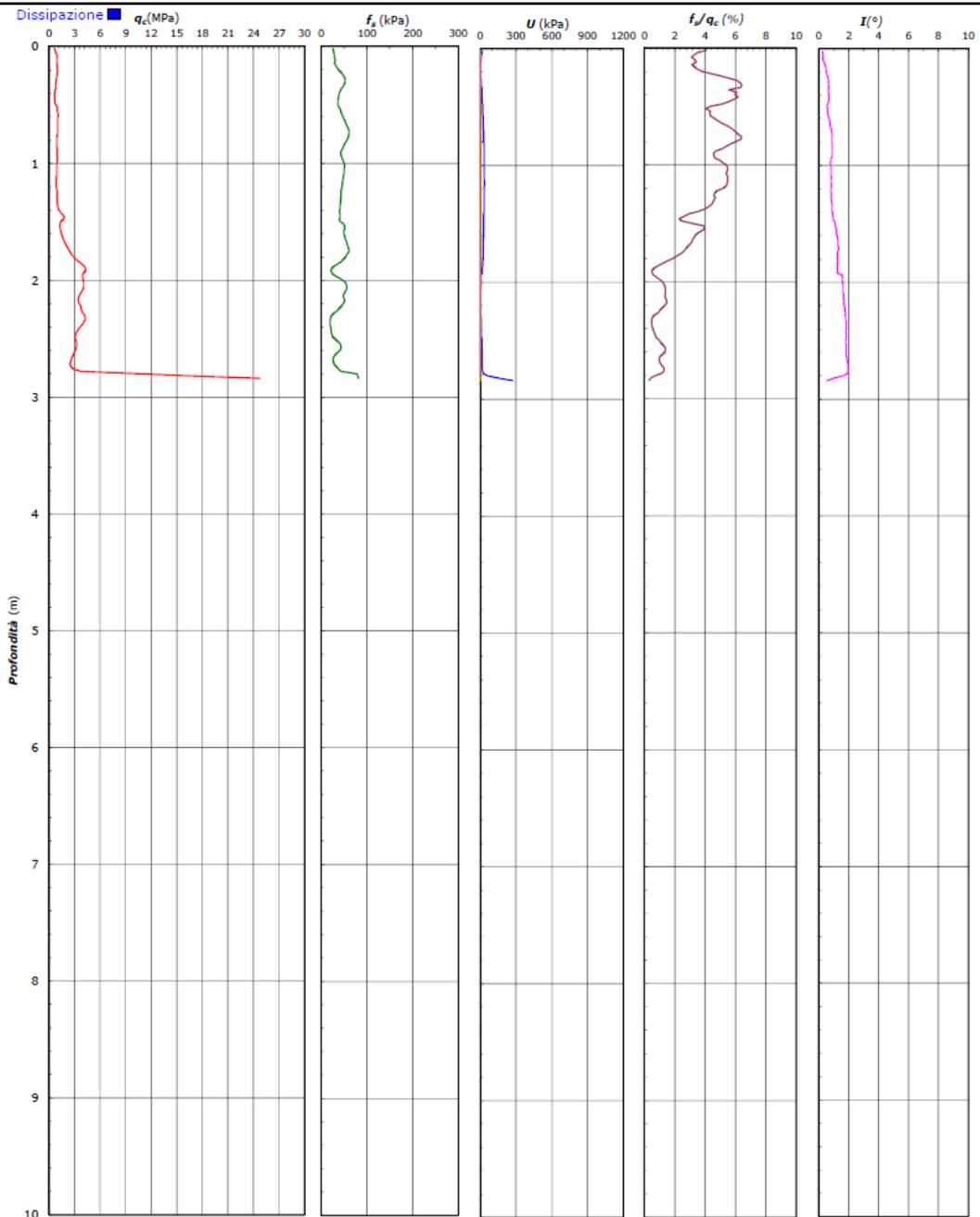
SOCOTEC ITALIA Srl - P.Iva 01872430648  
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)  
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099  
[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

CANTIERE: **Linea Alta Velocità Verona-Vicenza**

PROVA N°: CPTU-PE-43 PROF. FALDA (m da p.c.): n.r PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 121114)[a = 0.66]  
DATA: 10/11/20 PREFORO (m da p.c.): Lat.: 45°27'45.58"N Long.: 11°24'50.30"E  
COMMESSA: 22036AV/20 C. SITO N°: SF210099 - 25/01/21 OPERATORE: L. Formisano QUOTA s.l.m.: 49.89





Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI67B0001A	69 di 126

FERRARA DEPARTMENT

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

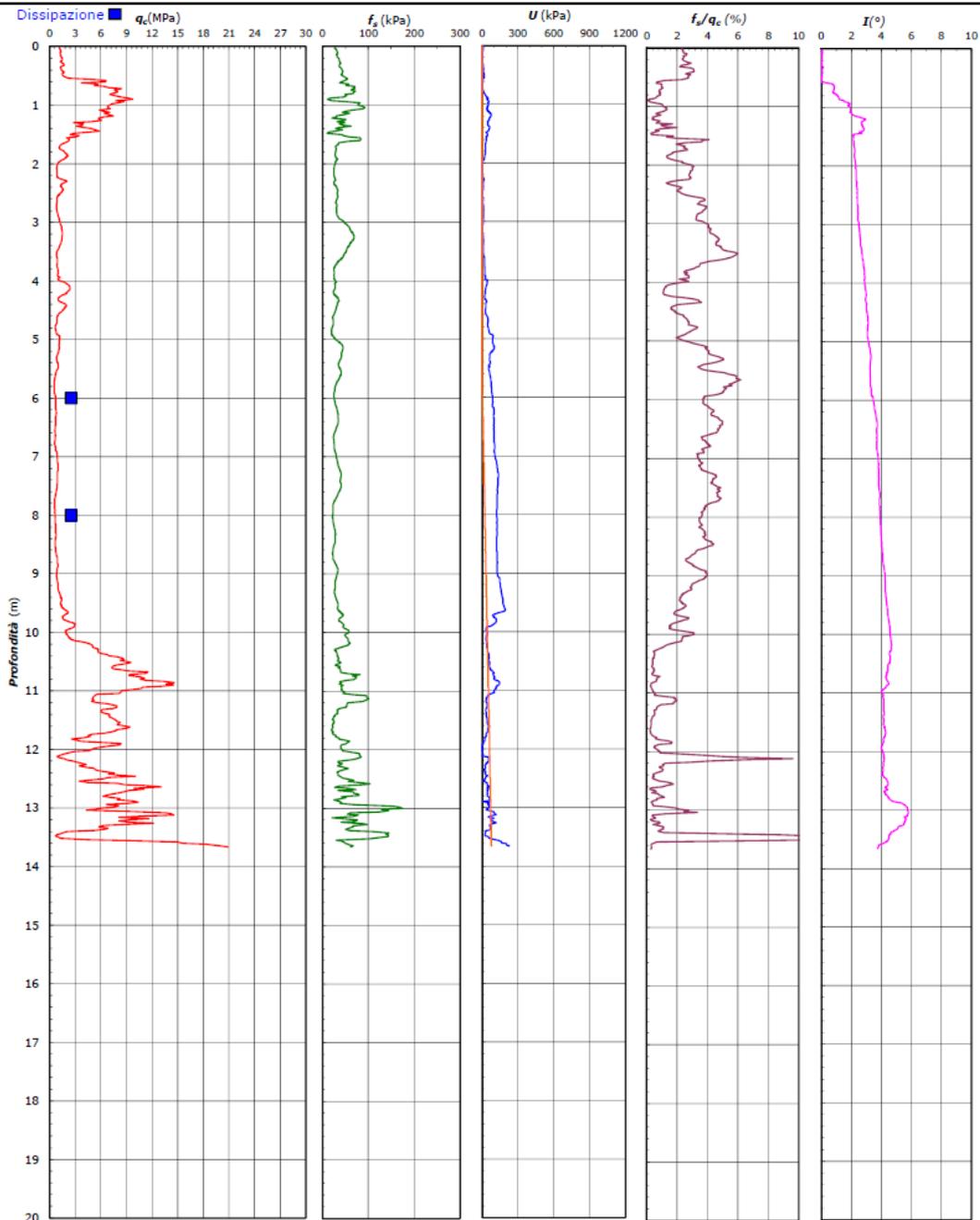
SOCOTEC ITALIA Srl - P.Iva 01872430648  
Headquarters: Via Bariola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)  
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099  
[www.socotec.it](http://www.socotec.it)



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

CANTIERE: **Linea Alta Velocità Verona-Vicenza**

PROVA N°: CPTU-PE-44 PROF. FALDA (m da p.c.): 5.60 PUNTA: Tecnopenta G1-CPL2IN (matr. 121114)[a = 0.66]  
DATA: 10/11/20 PREFORO (m da p.c.): Lat.: 45°27'52.49"N Long.: 11°24'55.12"E  
COMMESSA: 22036AV/20 C. SITO N°: SF210100 - 25/01/21 OPERATORE: L. Formisano QUOTA s.l.m.: 48.749

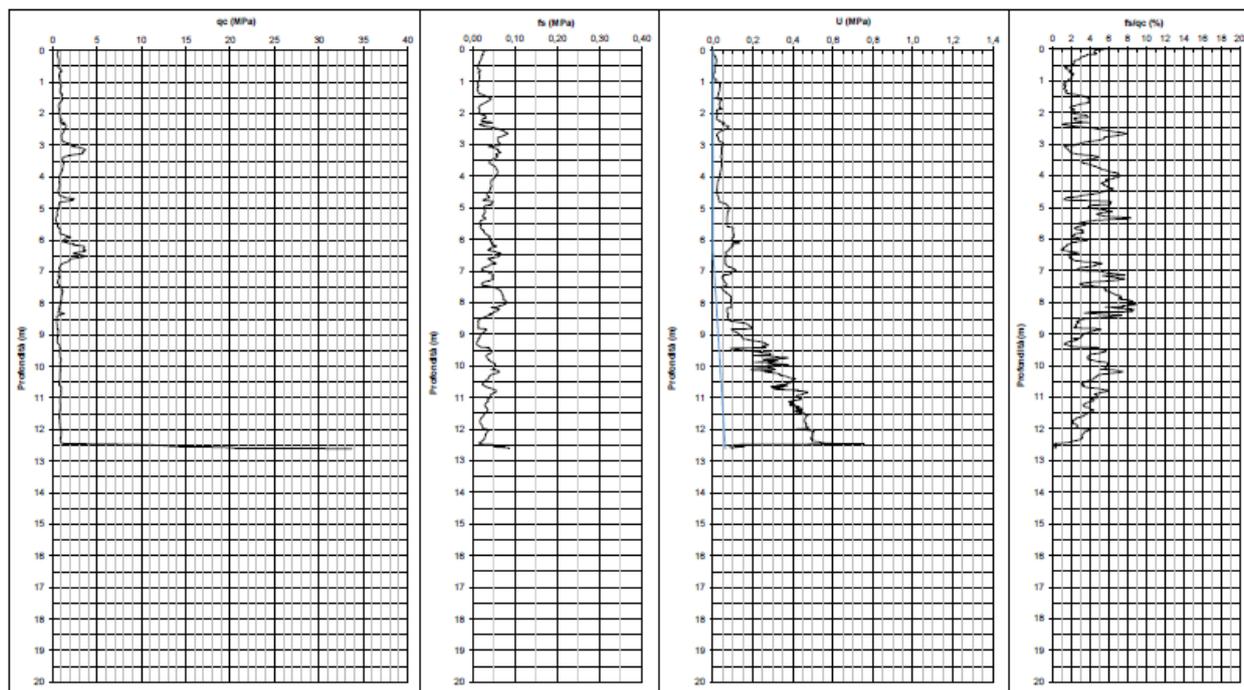


<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 70 di 126</p>



PROVA PENETROMETRICA STATICA CPTU

<p>COMMITTENTE Consorzio Iricav Due</p>	<p>Punta Mx497</p>
<p>CANTIERE Linea AV/AC Verona - Padova 1 lotto Funzionale Verona - Bivio Vicenza</p>	<p>Profondità prova 12,61 m da p.c. Livello acqua 6,30 m da p.c.</p>
<p>PROVA CPTU41 bis DATA 04/05/2021 RESPONSABILE Dott. Geol. Paolo Greggio</p>	<p>Coordinate WGS84 X 45.459236° Y 11.408969°</p>



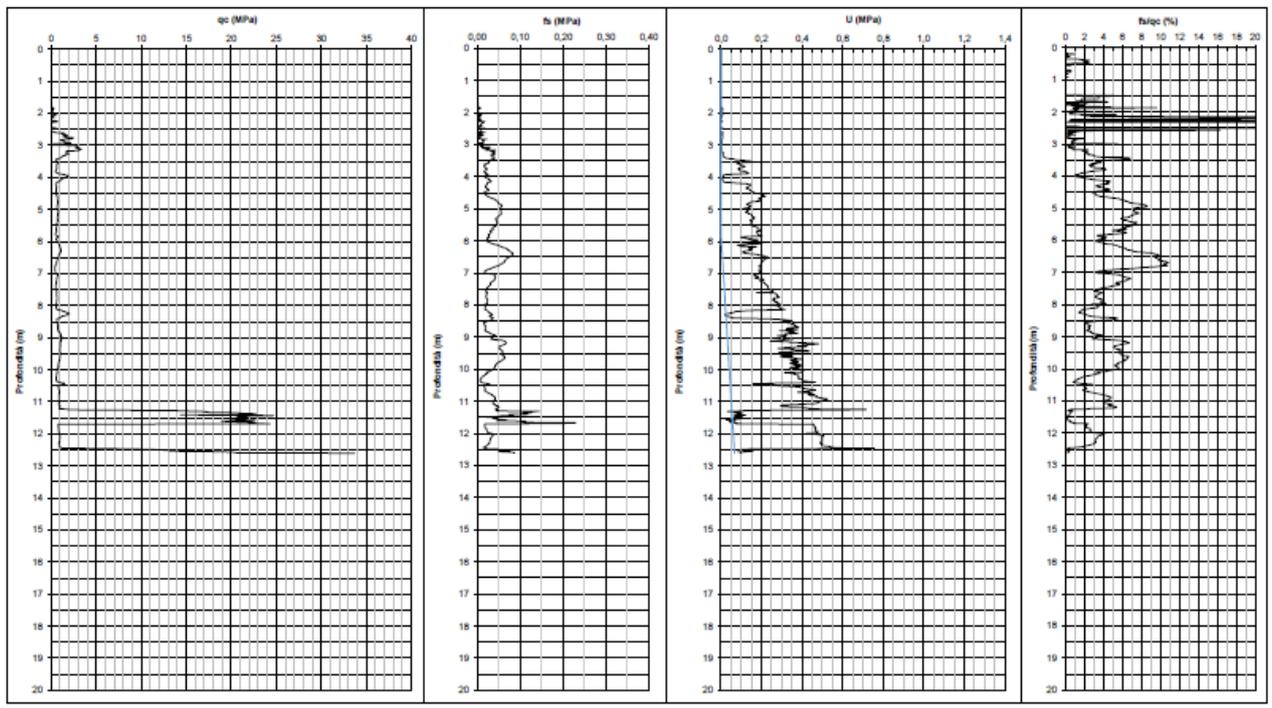
PROVA PENETROMETRICA CPTU-PE-41VBIS

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 71 di 126</p>



PROVA PENETROMETRICA STATICA CPTU

<p>COMMITTENTE Consorzio Iricav Due</p>	<p>Punta Mtk497</p>
<p>CANTIERE Linea AV/AC Verona - Padova 1 lotto Funzionale Verona - Bivio Vicenza</p>	<p>Profondità prova 12,61 m da p.c. Livello acqua 5,80 m da p.c.</p>
<p>PROVA CPTU42 bis DATA 04/05/2021 RESPONSABILE Dott. Geol. Paolo Greggio</p>	<p>Coordinate WGS84 X 45.460719° Y 11.411153°</p>



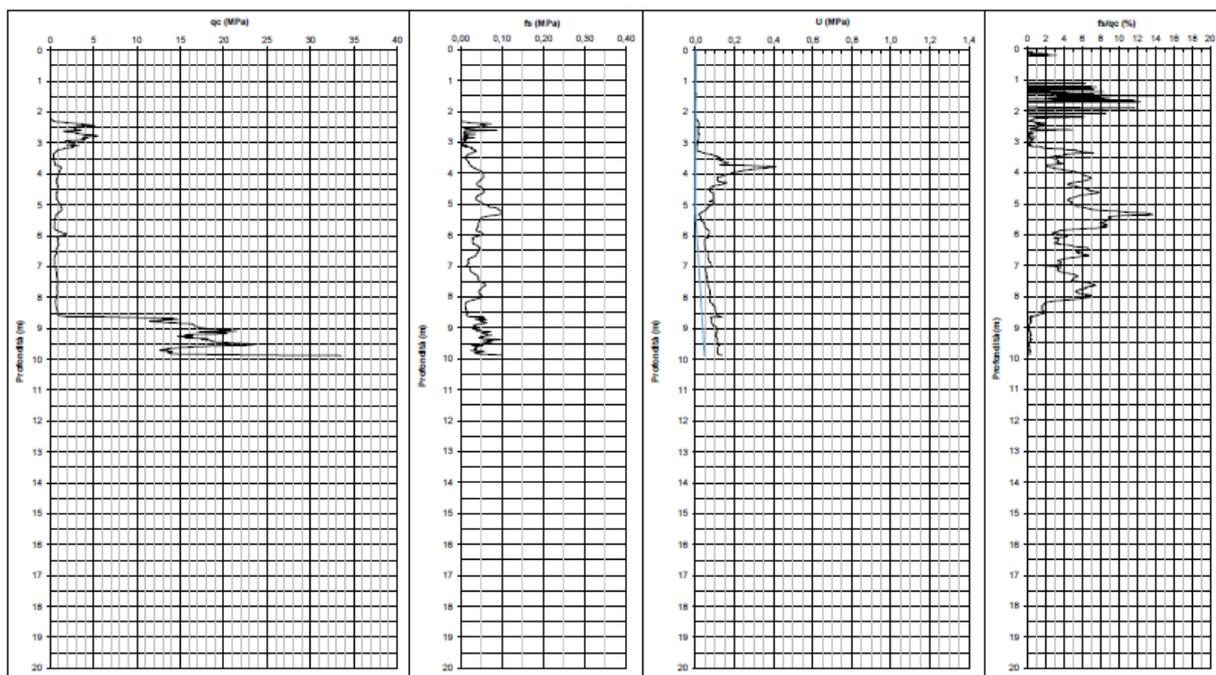
PROVA PENETROMETRICA CPTU-PE-42VBIS

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 72 di 126</p>



PROVA PENETROMETRICA STATICA CPTU

<p>COMMITTENTE Consorzio Iricav Due</p>	<p>Punta MK497</p>
<p>CANTIERE Linea AVIAC Verona - Padova 1 lotto Funzionale Verona - Bivio Vicenza</p>	<p>Profondità prova 9,88 m da p.c. Livello acqua 5,20 m da p.c.</p>
<p>PROVA CPTU43 bis DATA 03/05/2021 RESPONSABILE Dott. Geol. Paolo Greggio</p>	<p>Coordinate WGS84 X 45.461911° Y 11.412653°</p>



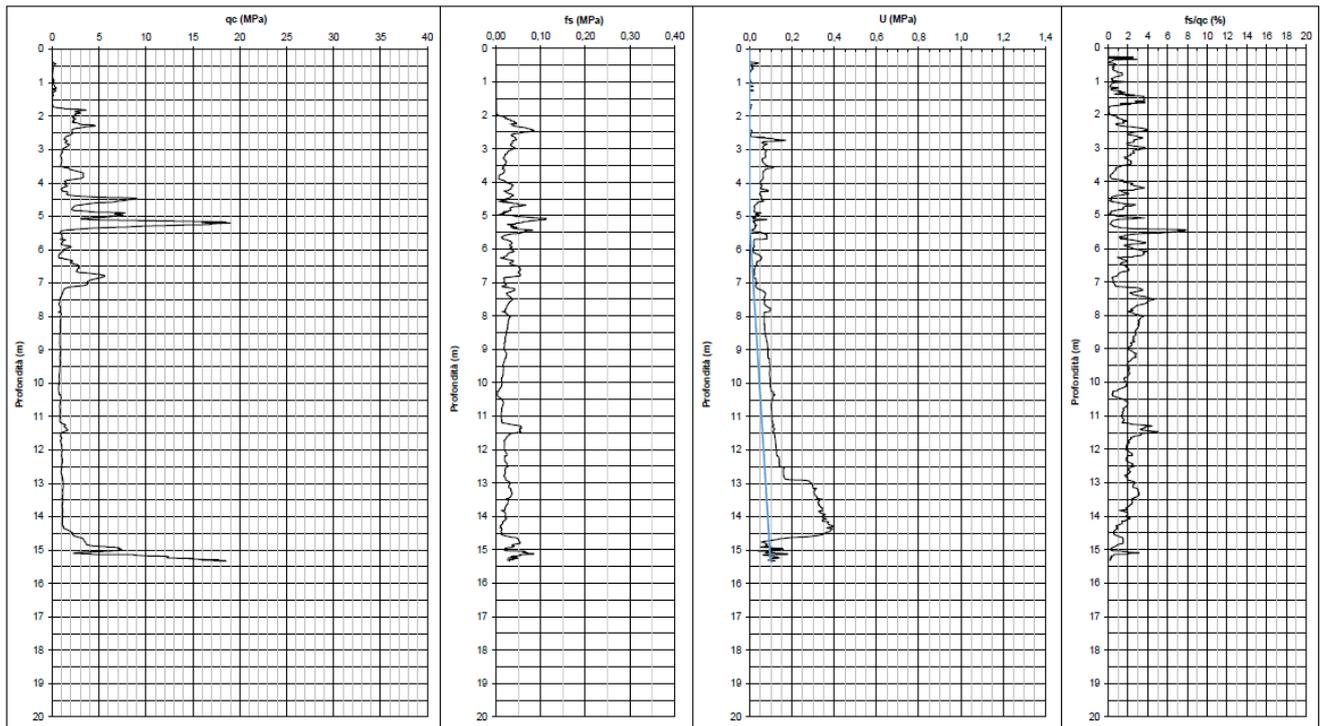
PROVA PENETROMETRICA CPTU-PE-43VBIS

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 73 di 126</p>

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPTU



<p>COMMITTENTE Consorzio Iricav Due</p>	<p>Punta Mkj497</p>
<p>CANTIERE Linea AV/AC Verona - Padova 1 lotto Funzionale Verona - Bivio Vicenza</p>	<p>Profondità prova 15,33 m da p.c. Livello acqua 5,30 m da p.c.</p>
<p>PROVA CPTU43 ter DATA 03/05/2021 RESPONSABILE Dott. Geol. Paolo Greggio</p>	<p>Coordinate WGS84 X 45.463110° Y 11.414166°</p>



PROVA PENETROMETRICA CPTU-PE-43VTER

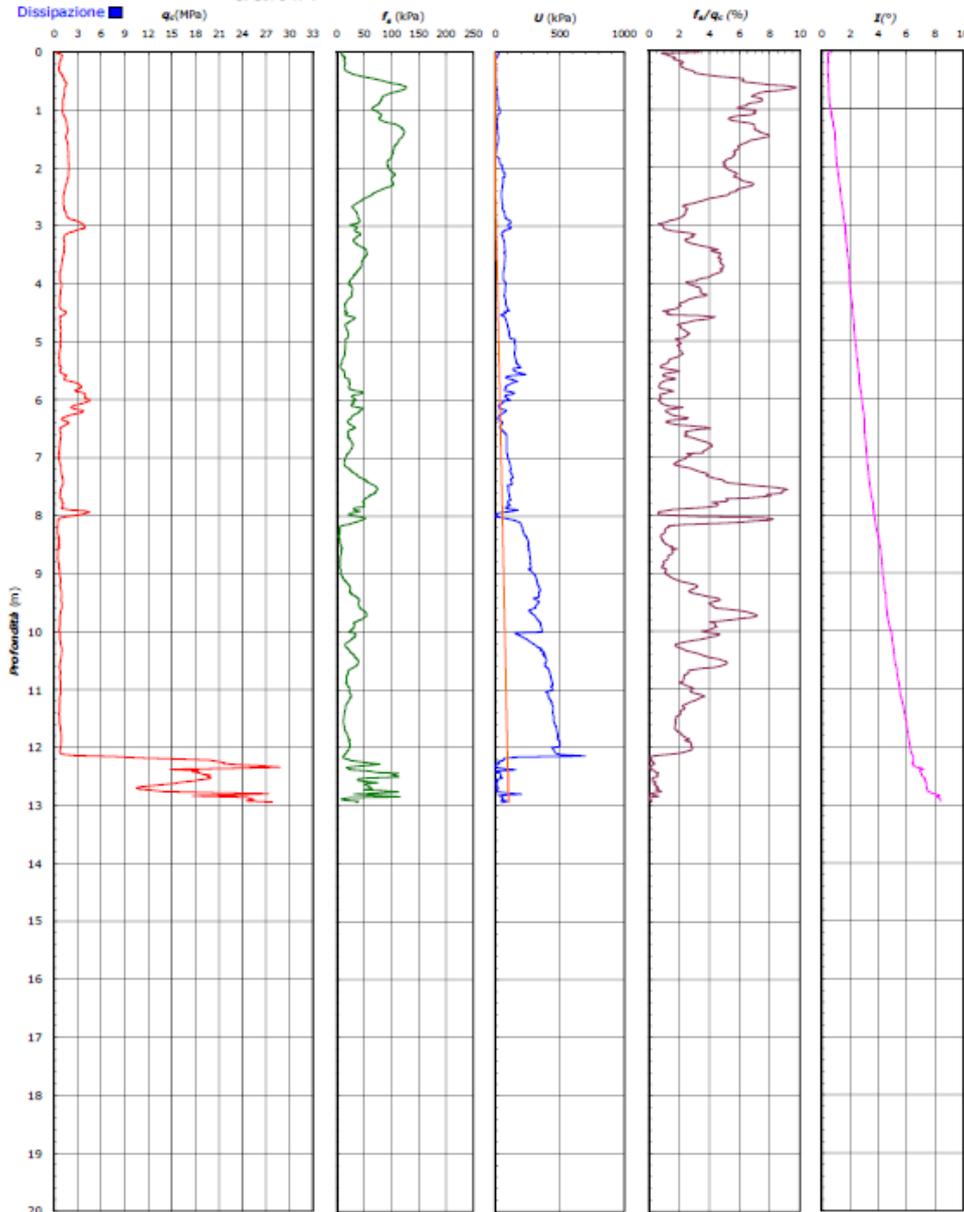


Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI67B0001A	74 di 126

FERRARA DEPARTMENT  
Via Aristide Zucchini, 69 - 44122 Ferrara (FE)  
Tel.: +39 0532 96771 - Fax: +39 0532 56119  
SOCOTEC ITALIA Srl - P.Iva 01872430648  
Headquarters: Via Barfola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)  
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099



COMMITTENTE: **CONSORZIO IRICAV DUE - Via Francesco Tovaglieri 413-00155 Roma (RM)**  
CANTIERE: **Linea Alta Velocita Verona-Vicenza**  
PROVA N°: CPTU\_PE\_41Bis PROF. FALDA (m da p.c.): 2,40 LIPU PUNTA: Iechopenta G1-CPLZIN (matr. 121114)(a = U.bb)  
DATA: 26/04/21 PREFORO (m da p.c.): OPERATORE: L. Formisano QUOTA s.l.m.: 50,589  
C. SITO N°: SF210446 - Z//U4/Z1



Il Direttore Tecnico SOA:  
Ing. Massimo De Iasi

SF210446\_CPTU-PE-41Bis - pag 3 di 4

Il Responsabile Prove In Sito:  
dott. Massimo Romagnoli

PROVA PENETROMETRICA CPTU-PE-41BIS

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI67B0001A	75 di 126

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 88 - 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 68771 - Fax: +39 0532 68118

SOCOTEC ITALIA Srl - P.iva 01872430548

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

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

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

Atende con Sistemi di Gestione certificati da CertQuality - Qualità Ambiente Sicurezza - UNI EN ISO 9001:2008 - UNI EN ISO 14001:2004 - ISO 45001:2011



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

CANTIERE: **Linea Alta Velocita Verona-Vicenza**

PROVA N°: **CPTU\_PE\_42B** PROF. FALDA (m da p.c.): **2,60**

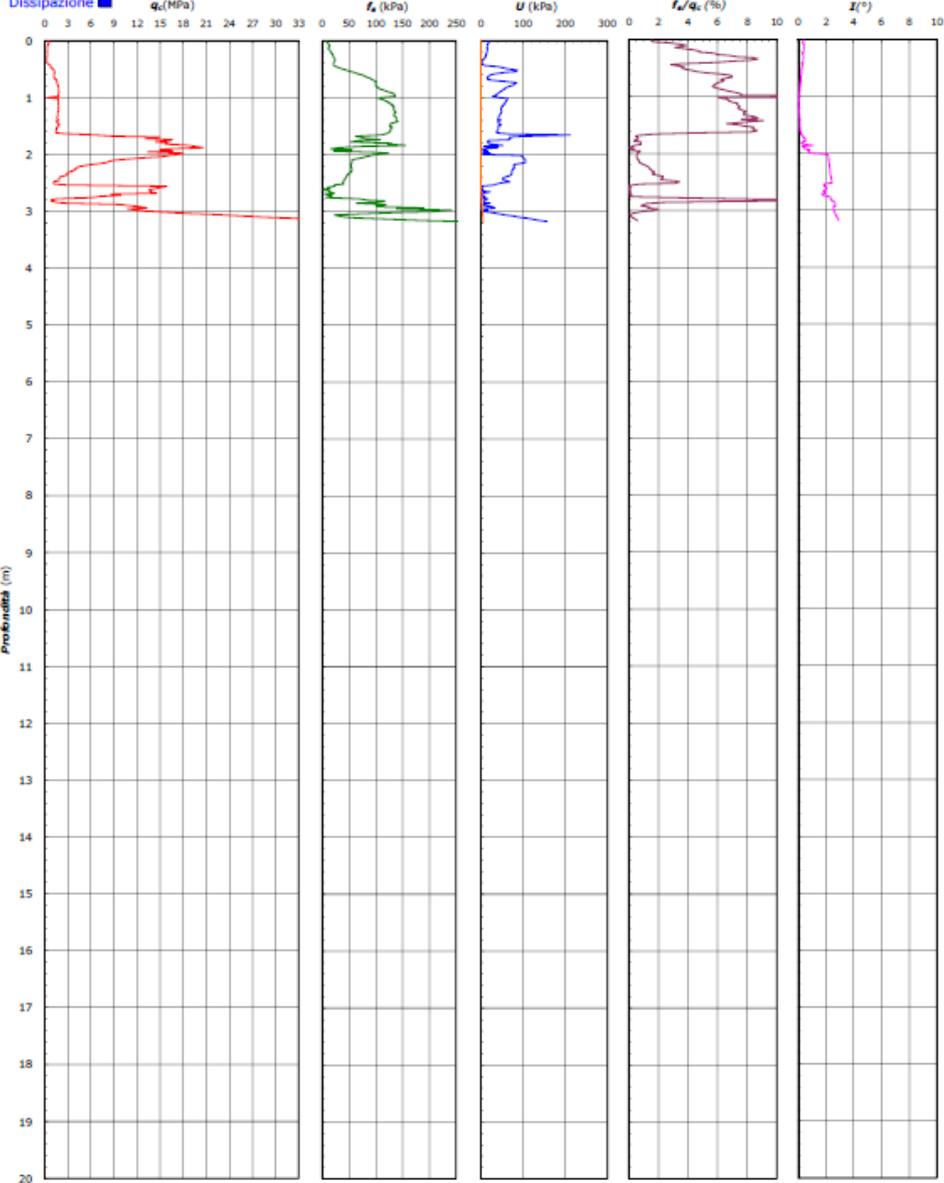
IPPU PUNIA: **tecnopenta G1-CPLZIN (matr. 121114) (a = 0,66)**

DATA: **26/04/21** PREFORO (m da p.c.): **0,10**

Lat.: **45° 27' 58,59" N** Long.: **11° 29' 40,15" E**

COMMESSA: **22036AV/20** C. SITO N°: **SF210447 - 27/04/21**

OPERATORE: **L. Formisano** QUOTA s.l.m.: **50,42**



Il Direttore Tecnico SOA:  
Ing. Massimo De Iasi

SF210447\_CPTU-PE-42Bis - pag 2 di 3

Il Responsabile Prove In Sito:  
dott. Massimo Romagnoli

PROVA PENETROMETRICA CPTU-PE-42BIS

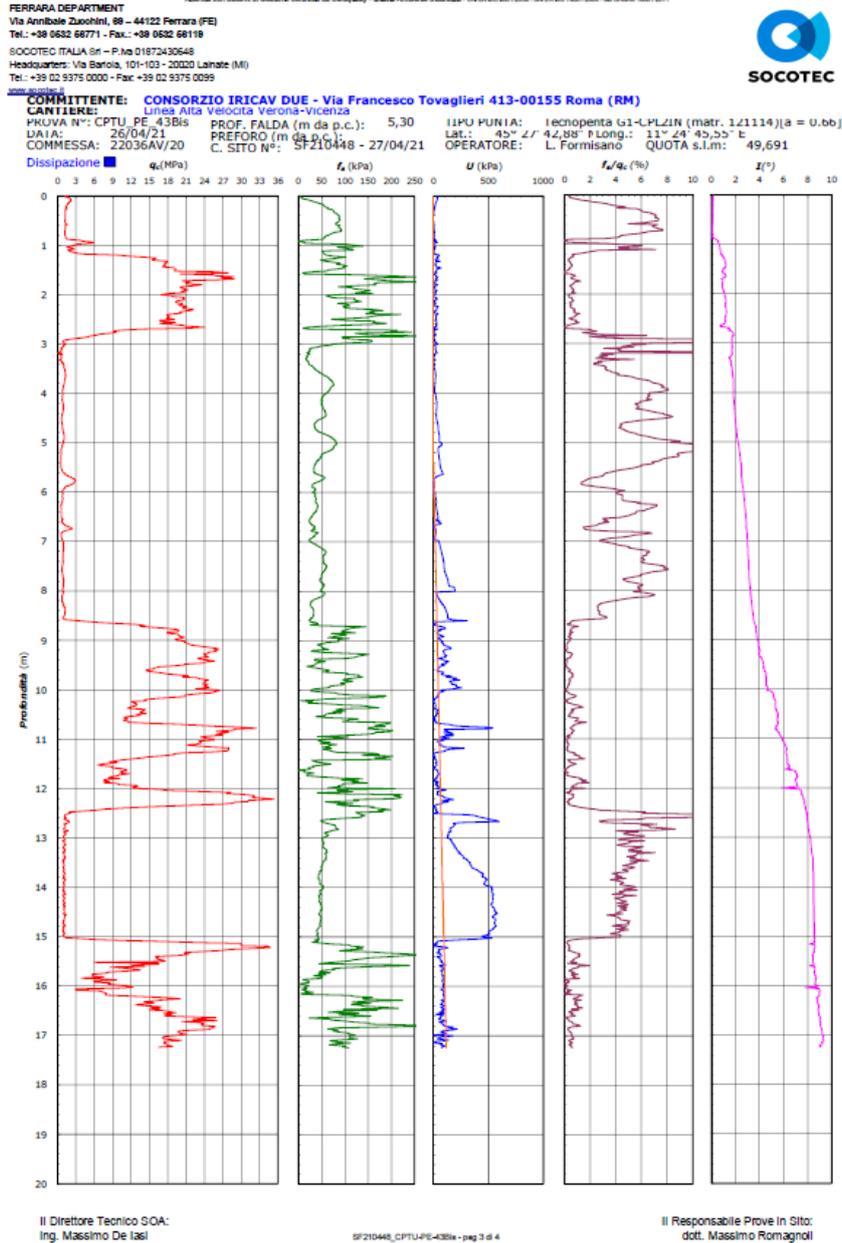
GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI67B0001A	76 di 126



PROVA PENETROMETRICA CPTU-PE-43BIS

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA

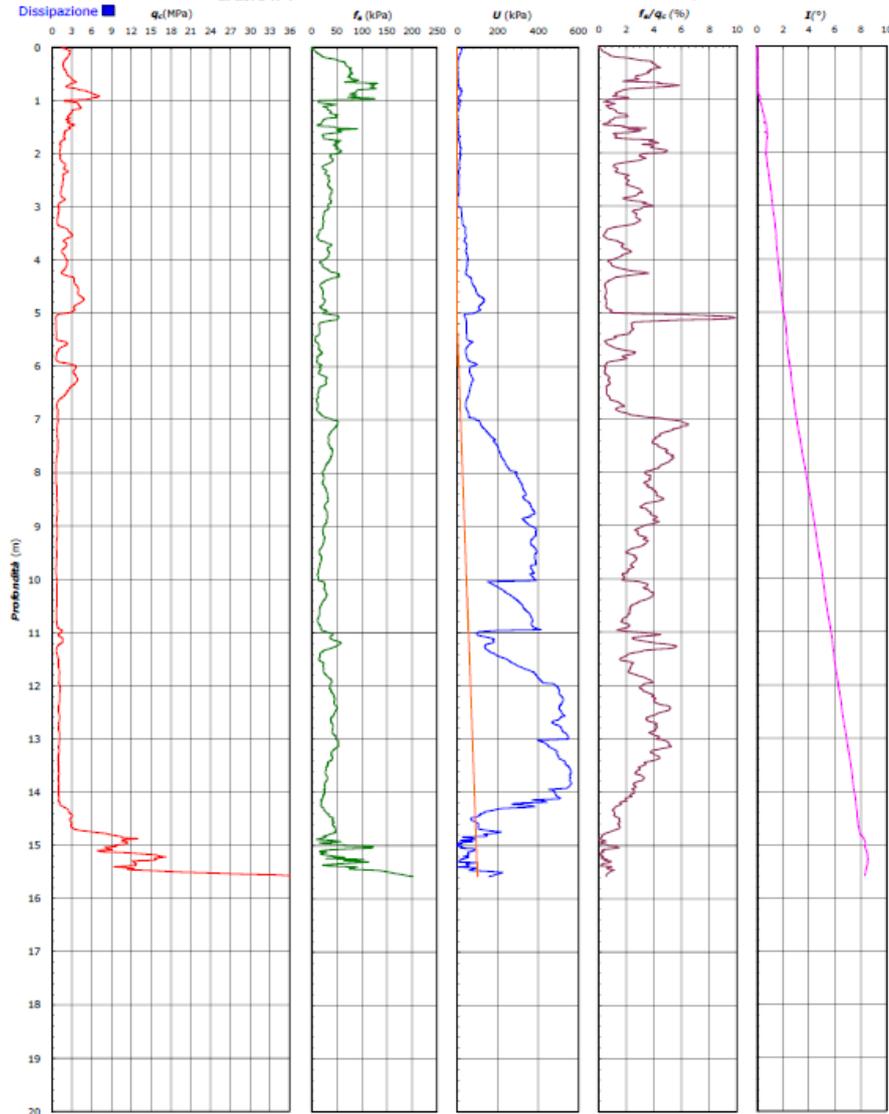


Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI67B0001A	77 di 126

FERRARA DEPARTMENT  
Via Annibale Zucchini, 89 - 44122 Ferrara (FE)  
Tel.: +39 0532 68771 - Fax.: +39 0532 68118  
SOCOTEC ITALIA Srl - P. No 01872430648  
Headquarters: Via Barfola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)  
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099



**COMMITTENTE: CONSORZIO IRICAV DUE - Via Francesco Tovaglieri 413-00155 Roma (RM)**  
CANTIERE: Linea Alta Velocita Verona-Vicenza  
PKVA N°: CPTU\_PE\_43Ter PROF. FALDA (m da p.c.): 5,30 IPU PUNIA: Iecnopenta G1-PLZIN (matr. 121114)[a = U.bb]  
DATA: 26/04/21 PREFORO (m da p.c.): OPERATORE: Lat.: 45° 27' 47,52" N Long.: 11° 24' 30,53" E  
COMMESSA: 22036AV/20 C. SITO N°: SF210449 - 27/04/21 OPERATORE: L. Formisano QUOTA s.l.m.: 50,011



Il Direttore Tecnico SOA:  
Ing. Massimo De Iasi

SF210449\_CPTU-PE-43Ter - pag 3 di 4

Il Responsabile Prove In Sito:  
dott. Massimo Romagnoli

PROVA PENETROMETRICA CPTU-PE-43TER

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 78 di 126</p>

**ALLEGATO 3 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU STATICO**

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 79 di 126</p>

## **Slide Analysis Information**

### **SLIDE - An Interactive Slope Stability Program**

#### **Project Summary**

---

File Name:	RI67Br2_01_stat.slim
Slide Modeler Version:	7.038
Project Title:	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created:	19/03/2021, 16:22:11

#### **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:	Stabilit@lobale_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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 80 di 126</p>

Tensile and plate strength	1
Shear strength	1
Compressive strength	1
Bond strength	1
Seismic Coefficient	1

### Analysis Options

---

Slices Type: Vertical

#### Analysis Methods Used

Bishop simplified

Number of slices: 50

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 75

Check malpha < 0.2: Yes

Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos: Yes

Initial trial value of FS: 1

Steffensen Iteration: Yes

### Groundwater Analysis

---

Groundwater Method: Water Surfaces

Pore Fluid Unit Weight [kN/m3]: 9.81

Use negative pore pressure cutoff: Yes

Maximum negative pore pressure [kPa]: 0

Advanced Groundwater Method: None

### Random Numbers

---

Pseudo-random Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

### Surface Options

---

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 81 di 126</p>

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]:	61.4
Orientation:	Normal to boundary
Load Action:	Variable

#### Distributed Load 2

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

#### Distributed Load 3

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 82 di 126</p>

#### Distributed Load 4

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

#### Distributed Load 5

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

#### Distributed Load 6

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

### Material Properties

Property	Rilevato	Argilla limosa	Ghiaia
Color			
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	20	18.5	19
Cohesion [kPa]	0	5	0
Friction Angle [deg]	38	24	39
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	1

### Global Minimums

#### Method: bishop simplified

FS	1.342510
Center:	51.041, 57.669
Radius:	9.992
Left Slip Surface Endpoint:	42.323, 52.788
Right Slip Surface Endpoint:	55.571, 48.763

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 83 di 126</p>

Resisting Moment: 4765.35 kN-m  
Driving Moment: 3549.59 kN-m  
Total Slice Area: 34.7616 m<sup>2</sup>  
Surface Horizontal Width: 13.2487 m  
Surface Average Height: 2.62378 m

### Valid / Invalid Surfaces

### Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 1895  
Number of Invalid Surfaces: 0

### Slice Data

#### • Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.34251

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	0.271603	1.23932	-59.2376	Rilevato	0	32.0066	25.8344	34.6829	55.4901	0	55.4901	98.8925	98.8925
2	0.271603	3.58521	-56.311	Rilevato	0	32.0066	29.4771	39.5733	63.3143	0	63.3143	107.532	107.532
3	0.271603	5.69215	-53.5948	Rilevato	0	32.0066	32.9023	44.1716	70.6712	0	70.6712	115.29	115.29
4	0.271603	7.60491	-51.0439	Rilevato	0	32.0066	36.1424	48.5215	77.6309	0	77.6309	122.333	122.333
5	0.271603	9.35483	-48.627	Rilevato	0	32.0066	39.2217	52.6555	84.245	0	84.245	128.776	128.776
6	0.271603	10.9649	-46.3212	Rilevato	0	32.0066	42.1586	56.5984	90.5533	0	90.5533	134.702	134.702
7	0.271603	12.4525	-44.1089	Rilevato	0	32.0066	44.9679	60.3699	96.5875	0	96.5875	140.178	140.178
8	0.271603	13.8312	-41.9768	Rilevato	0	32.0066	38.4516	51.6217	82.5911	0	82.5911	117.185	117.185
9	0.271603	15.1119	-39.914	Rilevato	0	32.0066	23.4847	31.5285	50.4433	0	50.4433	70.0893	70.0893
10	0.271603	16.3034	-37.9116	Rilevato	0	32.0066	25.4472	34.1631	54.6584	0	54.6584	74.4768	74.4768
11	0.271603	17.4131	-35.9624	Rilevato	0	32.0066	27.3407	36.7051	58.7255	0	58.7255	78.5622	78.5622
12	0.271603	18.4469	-34.0603	Rilevato	0	32.0066	29.1678	39.158	62.65	0	62.65	82.3686	82.3686
13	0.271603	19.4101	-32.2	Rilevato	0	32.0066	30.9304	41.5244	66.4361	0	66.4361	85.914	85.914
14	0.271603	20.3069	-30.377	Rilevato	0	32.0066	32.6308	43.8072	70.0883	0	70.0883	89.2151	89.2151
15	0.271603	21.1412	-28.5875	Rilevato	0	32.0066	32.2191	43.2544	69.2039	0	69.2039	86.7612	86.7612
16	0.271603	21.9162	-26.828	Rilevato	0	32.0066	30.4223	40.8423	65.3447	0	65.3447	80.7308	80.7308
17	0.271603	22.6347	-25.0954	Rilevato	0	32.0066	31.8681	42.7832	68.45	0	68.45	83.375	83.375
18	0.271603	23.2991	-23.3871	Rilevato	0	32.0066	33.2585	44.6499	71.4367	0	71.4367	85.82	85.82
19	0.264137	23.2259	-21.7234	Argilla limosa	4	19.605	23.7993	31.9508	78.4731	0	78.4731	87.9552	87.9552
20	0.264137	23.7191	-20.1017	Argilla limosa	4	19.605	24.4372	32.8072	80.8776	0	80.8776	89.8212	89.8212
21	0.264137	23.8608	-18.4967	Argilla limosa	4	19.605	24.7548	33.2336	82.0746	0	82.0746	90.3558	90.3558
22	0.264137	23.3576	-16.9066	Argilla limosa	4	19.605	24.4724	32.8545	81.0104	0	81.0104	88.4487	88.4487
23	0.264137	22.7997	-15.3297	Argilla limosa	4	19.605	24.1301	32.3949	79.7199	0	79.7199	86.3346	86.3346

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 84 di 126</p>

24	0.264137	22.2039	-13.7648	Argilla limosa	4	19.605	23.7428	31.875	78.2605	0	78.2605	84.0768	84.0768
25	0.264137	21.5707	-12.2102	Argilla limosa	4	19.605	23.3112	31.2955	76.6334	0	76.6334	81.6778	81.6778
26	0.264137	20.901	-10.6647	Argilla limosa	4	19.605	22.8354	30.6568	74.8402	0	74.8402	79.1404	79.1404
27	0.264137	20.1953	-9.12701	Argilla limosa	4	19.605	22.3158	29.9592	72.8817	0	72.8817	76.4669	76.4669
28	0.264137	19.4542	-7.59595	Argilla limosa	4	19.605	21.7525	29.2029	70.7586	0	70.7586	73.6594	73.6594
29	0.264137	18.678	-6.07032	Argilla limosa	4	19.605	21.1454	28.3879	68.4703	0	68.4703	70.719	70.719
30	0.264137	17.8671	-4.549	Argilla limosa	4	19.605	20.4945	27.5141	66.0169	0	66.0169	67.6475	67.6475
31	0.264137	17.0217	-3.0309	Argilla limosa	4	19.605	19.7994	26.5809	63.3969	0	63.3969	64.4452	64.4452
32	0.264137	16.142	-1.51492	Argilla limosa	4	19.605	19.0599	25.5881	60.6095	0	60.6095	61.1136	61.1136
33	0.264137	15.2282	0	Argilla limosa	4	19.605	18.2754	24.5349	57.6527	0	57.6527	57.6527	57.6527
34	0.264137	14.2803	1.51492	Argilla limosa	4	19.605	17.4454	23.4206	54.5243	0	54.5243	54.0629	54.0629
35	0.264137	13.2981	3.0309	Argilla limosa	4	19.605	16.569	22.244	51.2206	0	51.2206	50.3433	50.3433
36	0.264137	12.2817	4.549	Argilla limosa	4	19.605	15.6452	21.0039	47.7391	0	47.7391	46.4943	46.4943
37	0.264137	11.2309	6.07032	Argilla limosa	4	19.605	14.6733	19.699	44.0755	0	44.0755	42.515	42.515
38	0.264137	10.3411	7.59595	Argilla limosa	4	19.605	13.8555	18.6012	40.9937	0	40.9937	39.146	39.146
39	0.264137	10.0939	9.12701	Argilla limosa	4	19.605	13.7008	18.3934	40.4102	0	40.4102	38.2091	38.2091
40	0.264137	9.86866	10.6647	Argilla limosa	4	19.605	13.5682	18.2155	39.9104	0	39.9104	37.3553	37.3553
41	0.264137	9.60747	12.2102	Argilla limosa	4	19.605	13.3968	17.9854	39.2647	0	39.2647	36.3657	36.3657
42	0.264137	8.79051	13.7648	Argilla limosa	4	19.605	12.6278	16.9529	36.3657	0	36.3657	33.2723	33.2723
43	0.264137	7.07329	15.3297	Argilla limosa	4	19.605	10.873	14.5971	29.752	0	29.752	26.7714	26.7714
44	0.264137	5.30486	16.9066	Argilla limosa	4	19.605	9.03467	12.1291	22.8229	0	22.8229	20.0768	20.0768
45	0.264137	3.50156	18.4967	Argilla limosa	4	19.605	7.12764	9.56893	15.635	0	15.635	13.2506	13.2506
46	0.264137	2.4548	20.1017	Argilla limosa	4	19.605	6.02915	8.0942	11.4947	0	11.4947	9.2881	9.2881
47	0.264137	1.96149	21.7234	Argilla limosa	4	19.605	5.53311	7.42825	9.62496	0	9.62496	7.42045	7.42045
48	0.233292	1.27132	23.2667	Rilevato	0	32.0066	3.17009	4.25588	6.8091	0	6.8091	5.44602	5.44602
49	0.233292	0.786613	24.7313	Rilevato	0	32.0066	1.99695	2.68092	4.2893	0	4.2893	3.36949	3.36949
50	0.233292	0.267962	26.2133	Rilevato	0	32.0066	0.693266	0.930716	1.48908	0	1.48908	1.14775	1.14775

### Interslice Data

- Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.34251

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 85 di 126</p>

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	42.3226	52.7882	0	0	0
2	42.5942	52.3319	18.3211	0	0
3	42.8658	51.9245	36.1309	0	0
4	43.1374	51.5562	53.2469	0	0
5	43.409	51.2202	69.5337	0	0
6	43.6806	50.9119	84.8861	0	0
7	43.9522	50.6274	99.2204	0	0
8	44.2238	50.3642	112.468	0	0
9	44.4954	50.1198	122.232	0	0
10	44.767	49.8926	127.331	0	0
11	45.0386	49.6811	131.998	0	0
12	45.3102	49.484	136.163	0	0
13	45.5818	49.3004	139.765	0	0
14	45.8534	49.1294	142.748	0	0
15	46.1251	48.9702	145.066	0	0
16	46.3967	48.8222	146.58	0	0
17	46.6683	48.6848	147.314	0	0
18	46.9399	48.5576	147.387	0	0
19	47.2115	48.4401	146.768	0	0
20	47.4756	48.3349	148.756	0	0
21	47.7397	48.2382	150.136	0	0
22	48.0039	48.1499	150.866	0	0
23	48.268	48.0696	150.922	0	0
24	48.5321	47.9972	150.337	0	0
25	48.7963	47.9325	149.145	0	0
26	49.0604	47.8753	147.384	0	0
27	49.3246	47.8256	145.09	0	0
28	49.5887	47.7831	142.303	0	0
29	49.8528	47.7479	139.064	0	0
30	50.117	47.7198	135.416	0	0
31	50.3811	47.6988	131.404	0	0
32	50.6452	47.6848	127.074	0	0
33	50.9094	47.6778	122.476	0	0
34	51.1735	47.6778	117.661	0	0
35	51.4377	47.6848	112.684	0	0
36	51.7018	47.6988	107.602	0	0
37	51.9659	47.7198	102.477	0	0
38	52.2301	47.7479	97.3725	0	0
39	52.4942	47.7831	92.278	0	0
40	52.7583	47.8256	86.9534	0	0
41	53.0225	47.8753	81.3934	0	0
42	53.2866	47.9325	75.6195	0	0
43	53.5507	47.9972	69.9394	0	0
44	53.8149	48.0696	64.9204	0	0
45	54.079	48.1499	60.7077	0	0

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 86 di 126</p>

46	54.3432	48.2382	57.4483	0	0
47	54.6073	48.3349	54.7486	0	0
48	54.8714	48.4401	52.2779	0	0
49	55.1047	48.5404	50.8571	0	0
50	55.338	48.6479	49.9315	0	0
51	55.5713	48.7628	0	0	0

### List Of Coordinates

---

#### Water Table

X	Y
-10	45.14
80	45.14

#### Distributed Load

X	Y
26.6	52.7882
23.8	52.7882

#### Distributed Load

X	Y
30.6	52.7882
27.8	52.7882

#### Distributed Load

X	Y
40	52.7882
37.2	52.7882

#### Distributed Load

X	Y
44.4	52.7882
41.6	52.7882

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 87 di 126</p>

### Distributed Load

X	Y
32.2209	52.7882
30.6	52.7882
27.8	52.7882
26.6	52.7882
23.8	52.7882
22.2642	52.7882

### Distributed Load

X	Y
46.2925	52.7882
44.4	52.7882
41.6	52.7882
40	52.7882
37.2	52.7882
36.0586	52.7882

### External Boundary

X	Y
19.232	52.1128
18.232	52.1128
17.232	51.1128
15.982	51.1128
14.982	52.1128
11.6963	52.1128
7.1881	49.1401
4.70711	49.14
-10	49.14
-10	45.14
-10	36.14
-10	34.64
-10	29.14
-10	24.14
-10	15
80	15
80	24.14
80	29.14
80	34.64
80	36.14
80	45.14
80	49.14

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 88 di 126</p>

63.4788	49.14
60.8418	49.1401
59.8586	49.7956
56.5729	49.7628
55.5729	48.7628
54.3229	48.7628
53.3229	49.7628
52.3229	49.7628
47.7882	52.788
44.4	52.7882
41.6	52.7882
40	52.7882
37.2	52.7882
30.6	52.7882
27.8	52.7882
26.6	52.7882
23.8	52.7882
20.2452	52.788

**Material Boundary**

X	Y
-10	36.14
80	36.14

**Material Boundary**

X	Y
-10	29.14
80	29.14

**Material Boundary**

X	Y
7.1881	48.4401
61.7748	48.4401

**Material Boundary**

X	Y
4.70711	49.14
7.1881	48.4401

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 89 di 126</p>

**Material Boundary**

X	Y
61.7748	48.4401
63.4788	49.14

**Material Boundary**

X	Y
-10	24.14
80	24.14

**Material Boundary**

X	Y
-10	45.14
80	45.14

**Material Boundary**

X	Y
-10	34.64
80	34.64

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 90 di 126</p>

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 91 di 126</p>

## Slide Analysis Information

### SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

#### Project Summary

---

File Name:	RI67Br2_01_sism.slim
Last saved with Slide version:	7.038
Project Title:	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created:	19/03/2021, 16:22:11

#### 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:	Stabilit@lobale_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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 92 di 126</p>

Tensile and plate strength	1
Shear strength	1
Compressive strength	1
Bond strength	1
Seismic Coefficient	1

### Analysis Options

---

Slices Type: Vertical

#### Analysis Methods Used

Bishop simplified

Number of slices: 50

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 75

Check malpha < 0.2: Yes

Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos: Yes

Initial trial value of FS: 1

Steffensen Iteration: Yes

### Groundwater Analysis

---

Groundwater Method: Water Surfaces

Pore Fluid Unit Weight [kN/m3]: 9.81

Use negative pore pressure cutoff: Yes

Maximum negative pore pressure [kPa]: 0

Advanced Groundwater Method: None

### Random Numbers

---

Pseudo-random Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

### Surface Options

---

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 93 di 126</p>

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):	-0.042

- 6 Distributed Loads present

#### Distributed Load 1

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

#### Distributed Load 2

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

#### Distributed Load 3

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 94 di 126</p>

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]: 14.4  
 Orientation: Normal to boundary  
 Load Action: Dead

**Distributed Load 6**

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

**Material Properties**

Property	Rilevato	Ghiaia	Argilla limosa_UD1	Argilla limosa_UD2	Argilla limosa_UD3	Argilla_UD1
Color						
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Undrained	Undrained	Undrained	Undrained
Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	20	19	18.5	18.5	18.5	18.5
Cohesion [kPa]	0	0				
Friction Angle [deg]	38	39				
Cohesion Type			90	45	55	100
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	0	0	0	0

**List Of Coordinates**

**Water Table**

X	Y
-10	45.14
80	45.14

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 95 di 126</p>

**Distributed Load**

X	Y
26.6	52.7882
23.8	52.7882

**Distributed Load**

X	Y
30.6	52.7882
27.8	52.7882

**Distributed Load**

X	Y
40	52.7882
37.2	52.7882

**Distributed Load**

X	Y
44.4	52.7882
41.6	52.7882

**Distributed Load**

X	Y
32.2209	52.7882
30.6	52.7882
27.8	52.7882
26.6	52.7882
23.8	52.7882
22.2642	52.7882

**Distributed Load**

X	Y
46.2925	52.7882
44.4	52.7882
41.6	52.7882
40	52.7882

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 96 di 126</p>

37.2	52.7882
36.0586	52.7882

### External Boundary

X	Y
19.7595	52.4644
19.232	52.1128
18.232	52.1128
17.232	51.1128
15.982	51.1128
14.982	52.1128
11.6963	52.1128
7.1881	49.1401
4.70711	49.14
-10	49.14
-10	45.14
-10	36.14
-10	34.64
-10	29.14
-10	24.14
-10	15
80	15
80	24.14
80	29.14
80	34.64
80	36.14
80	45.14
80	49.14
63.4788	49.14
60.8418	49.1401
59.8586	49.7956
56.8586	49.7656
56.5729	49.7628
55.5729	48.7628
54.3229	48.7628
53.3229	49.7628
52.3229	49.7628
47.7882	52.7882
44.4	52.7882
41.6	52.7882
40	52.7882
37.2	52.7882
30.6	52.7882
27.8	52.7882
26.6	52.7882
23.8	52.7882

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 97 di 126</p>

20.2452	52.7882
---------	---------

**Material Boundary**

X	Y
-10	36.14
80	36.14

**Material Boundary**

X	Y
-10	29.14
80	29.14

**Material Boundary**

X	Y
7.1881	48.4401
61.7748	48.4401

**Material Boundary**

X	Y
4.70711	49.14
7.1881	48.4401

**Material Boundary**

X	Y
61.7748	48.4401
63.4788	49.14

**Material Boundary**

X	Y
-10	24.14
80	24.14

**Material Boundary**

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 98 di 126</p>

X	Y
-10	45.14
80	45.14

**Material Boundary**

X	Y
-10	34.64
80	34.64

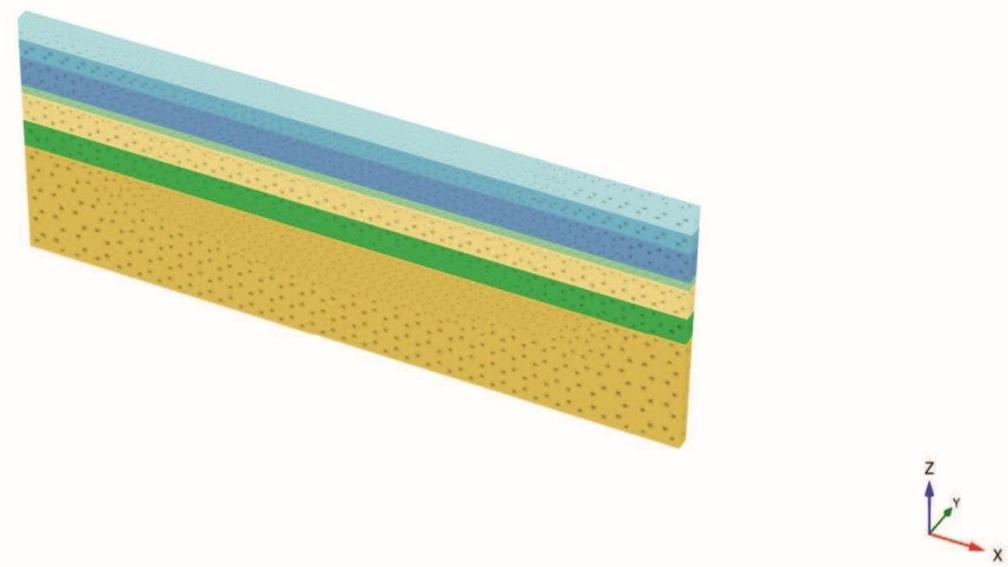
<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario seconda variante L.S. da pk 185+337,29 a pk 185+735,92 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 99 di 126</p>

**ALLEGATO 5 – TABULATI PLAXIS**

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+600,00 a pk 36+000,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 100 di 126</p>

RI67r2\_N

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

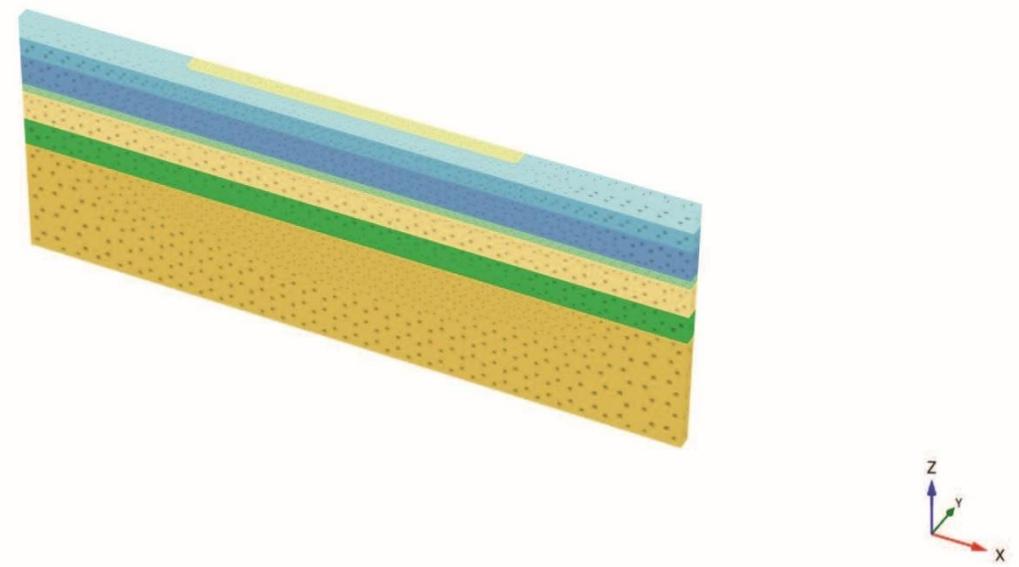


**Connectivity plot**

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+600,00 a pk 36+000,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 101 di 126</p>

RI67r2\_N

**1.1.1.2 Calculation results, Bonifica [Phase\_7] (7/6), Connectivity plot**

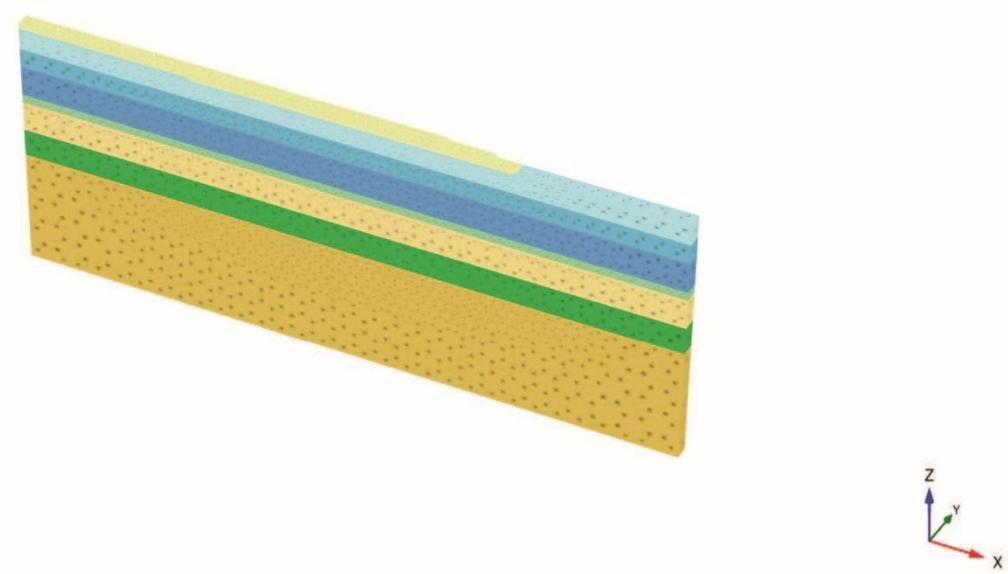


**Connectivity plot**

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+600,00 a pk 36+000,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 102 di 126</p>

RI67r2\_N

**1.1.1.3 Calculation results, Rilevato1\_DR [Phase\_2] (2/8), Connectivity plot**

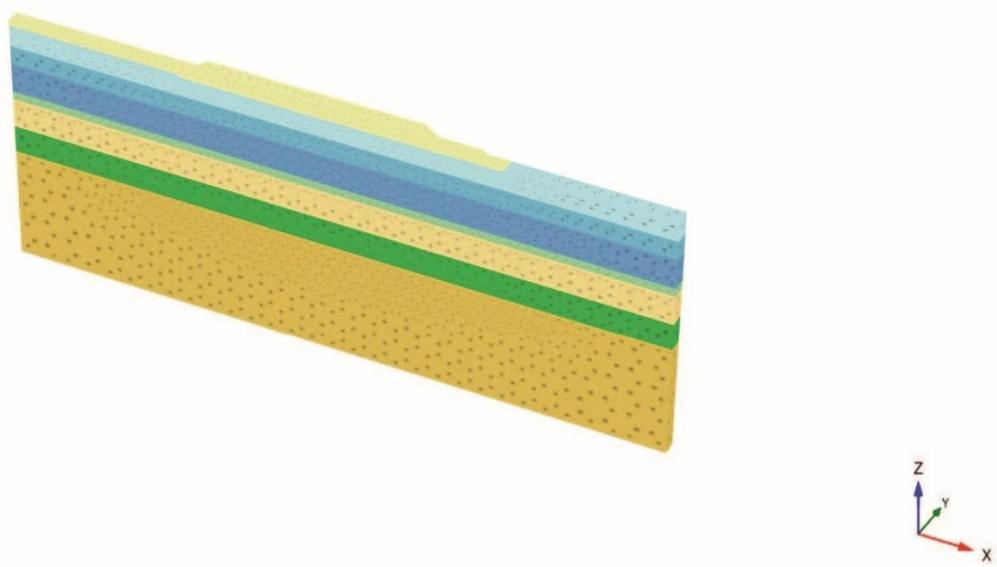


**Connectivity plot**

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+600,00 a pk 36+000,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 103 di 126</p>

RI67r2\_N

**1.1.1.4 Calculation results, Rilevato2\_DR [Phase\_3] (3/11), Connectivity plot**

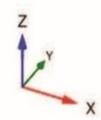
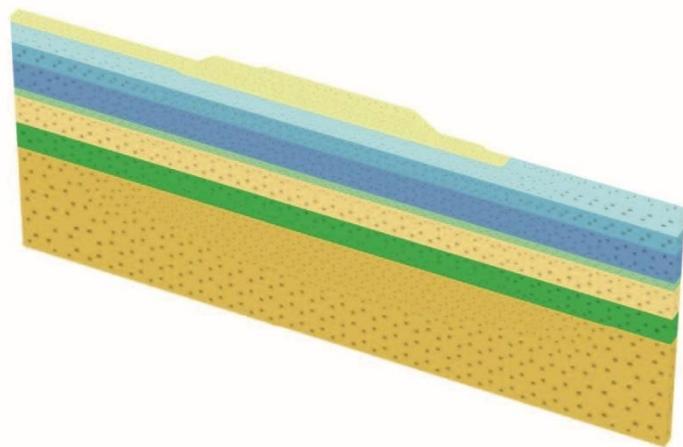


**Connectivity plot**

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+600,00 a pk 36+000,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 104 di 126</p>

RI67r2\_N

**1.1.1.5 Calculation results, Rilevato3\_DR [Phase\_4] (4/13), Connectivity plot**

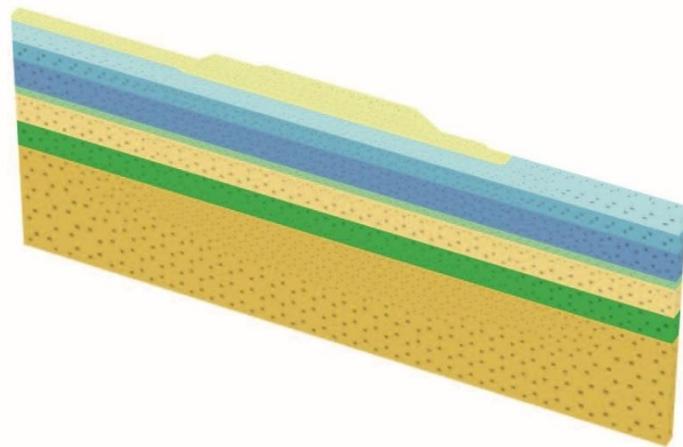


**Connectivity plot**

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+600,00 a pk 36+000,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 105 di 126</p>

RI67r2\_N

**1.1.1.6 Calculation results, Impianti [Phase\_8] (8/15), Connectivity plot**

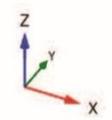
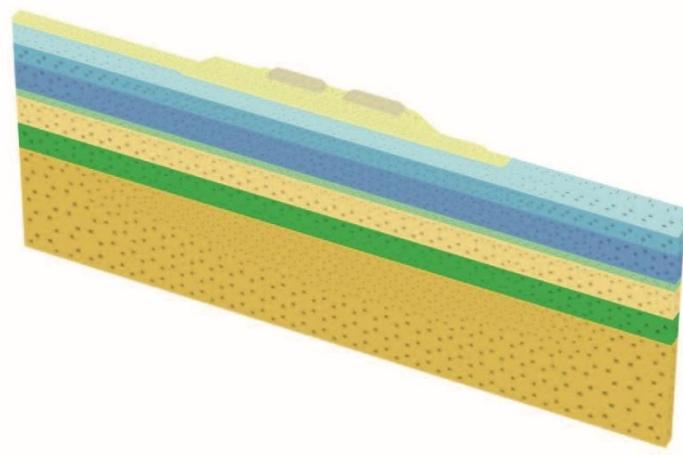


**Connectivity plot**

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+600,00 a pk 36+000,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 106 di 126</p>

RI67r2\_N

**1.1.1.7 Calculation results, Ballast [Phase\_6] (6/17), Connectivity plot**

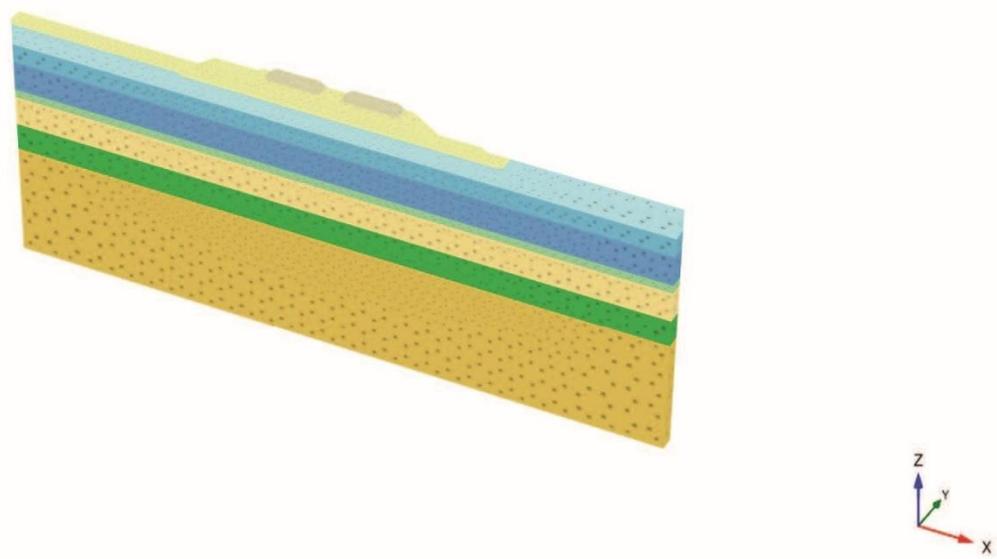


**Connectivity plot**

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+600,00 a pk 36+000,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 107 di 126</p>

RI67r2\_N

**1.1.1.8 Calculation results, Consolidazione [Phase\_1] (1/20), Connectivity plot**



**Connectivity plot**

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+600,00 a pk 36+000,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI67B0001A	Foglio 108 di 126

### 1.1.2.1.1 Materials - Soil and interfaces - Mohr-Coulomb

Identification		Rilevato	U6_1	U6_2	Inerbimento	U6_0
Identification number		1	3	4	7	9
Drainage type		Drained	Drained	Drained	Drained	Drained
Colour						
Comments						
$\gamma_{unsat}$	kN/m <sup>3</sup>	20,00	19,00	19,00	20,00	19,00
$\gamma_{sat}$	kN/m <sup>3</sup>	20,00	19,00	19,00	20,00	19,00
Dilatancy cut-off		No	No	No	No	No
$e_{init}$		0,5000	0,5000	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	80,00E3	120,0E3	60,00E3	30,00E3
$\nu$ (nu)		0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000
G	kN/m <sup>2</sup>	23,08E3	30,77E3	46,15E3	23,08E3	11,54E3
$E_{oed}$	kN/m <sup>2</sup>	80,77E3	107,7E3	161,5E3	80,77E3	40,38E3
$c_{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	0,000	0,000	0,000	10,00	0,000
$\phi$ (phi)	°	38,00	39,00	39,00	38,00	39,00

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+600,00 a pk 36+000,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI67B0001A	Foglio 109 di 126

<b>Identification</b>		<b>Rilevato</b>	<b>U6_1</b>	<b>U6_2</b>	<b>Inerbimento</b>	<b>U6_0</b>
$\psi$ (psi)	°	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$V_s$	m/s	106,4	126,0	154,4	106,4	77,18
$V_p$	m/s	199,0	235,8	288,8	199,0	144,4
Set to default values		Yes	No	No	Yes	No
$E_{inc}$	kN/m <sup>2</sup> /m	0,000	5333	8000	0,000	5000
$Z_{ref}$	m	0,000	37,76	0,000	0,000	38,26
$c_{inc}$	kN/m <sup>2</sup> /m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$Z_{ref}$	m	0,000	37,76	0,000	0,000	38,26
Tension cut-off		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Tensile strength	kN/m <sup>2</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Undrained behaviour		Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Skempton-B		0,9783	0,9783	0,9783	0,9783	0,9783
$v_u$		0,4950	0,4950	0,4950	0,4950	0,4950
$K_{wref} / n$	kN/m <sup>2</sup>	2,250E6	3,000E6	4,500E6	2,250E6	1,125E6
Strength		Manual	Manual	Manual	Manual	Manual
$R_{inter}$		0,6670	0,6670	0,6670	0,6670	0,6670
Consider gap closure		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
$\delta_{inter}$		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

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+600,00 a pk 36+000,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI67B0001A	Foglio 110 di 126

<b>Identification</b>		<b>Rilevato</b>	<b>U6_1</b>	<b>U6_2</b>	<b>Inerbimento</b>	<b>U6_0</b>
$K_0$ determination		Automatic	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic
$K_{0,x} = K_{0,y}$		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
$K_{0,x}$		0,3843	0,3707	0,3707	0,3843	0,3707
$K_{0,y}$		0,3843	0,3707	0,3707	0,3843	0,3707
$k_x$	m/day	0,6000	0,6000	0,6000	0,6000	0,6000
$k_y$	m/day	0,6000	0,6000	0,6000	0,6000	0,6000
$k_z$	m/day	0,6000	0,6000	0,6000	0,6000	0,6000
$e_{int}$		0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
$S_s$		1/m	0,000	0,000	0,000	0,000
$c_k$		1000E12	1000E12	1000E12	1000E12	1000E12

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+600,00 a pk 36+000,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI67B0001A	Foglio 111 di 126

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

Identification		U2_sup	U2_prof	U2_med1	U2_med2	U2_fondo
Identification number		2	5	8	10	11
Drainage type		Undrained (A)	Undrained (A)	Undrained (A)	Undrained (A)	Undrained (A)
Colour						
Comments						
$\gamma_{unSAT}$	kN/m <sup>3</sup>	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00
$\gamma_{sat}$	kN/m <sup>3</sup>	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00
Dilatancy cut-off		No	No	No	No	No
$e_{init}$		0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000
$e_{min}$		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
$E_{50}^{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	1597	1597	1597	1597	1597
$E_{oed}^{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	1278	1278	1278	1278	1278
$E_{ur}^{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	13,56E3	13,56E3	13,56E3	13,56E3	13,56E3
power (m)		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Use alternatives		No	No	No	No	No
$C_c$		0,3420	0,3420	0,3420	0,3420	0,3420

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+600,00 a pk 36+000,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI67B0001A	Foglio 112 di 126

Identification		U2_sup	U2_prof	U2_med1	U2_med2	U2_fondo
C <sub>s</sub>		0,02900	0,02900	0,02900	0,02900	0,02900
e <sub>int</sub>		0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000
c <sub>ref</sub>	kN/m <sup>2</sup>	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
φ (phi)	°	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00
ψ (psi)	°	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Set to default values		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
V <sub>ur</sub>		0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000
p <sub>ref</sub>	kN/m <sup>2</sup>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
K <sub>0</sub> <sup>nc</sup>		0,5933	0,5933	0,5933	0,5933	0,5933
c <sub>inc</sub>	kN/m <sup>2</sup> /m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Z <sub>ref</sub>	m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
R <sub>r</sub>		0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000
Tension cut-off		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Tensile strength	kN/m <sup>2</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Undrained behaviour		Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Skempton-B		0,9866	0,9866	0,9866	0,9866	0,9866
V <sub>u</sub>		0,4950	0,4950	0,4950	0,4950	0,4950
K <sub>wref</sub> / n	kN/m <sup>2</sup>	555,7E3	555,7E3	555,7E3	555,7E3	555,7E3
Strength		Manual	Manual	Manual	Manual	Manual
R <sub>inter</sub>		0,6670	0,6670	0,6670	0,6670	0,6670
Consider gap closure		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+600,00 a pk 36+000,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI67B0001A	Foglio 113 di 126

<b>Identification</b>		<b>U2_sup</b>	<b>U2_prof</b>	<b>U2_med1</b>	<b>U2_med2</b>	<b>U2_fondo</b>
$\bar{\sigma}_{inter}$		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cross permeability		Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable
Drainage conductivity $_1, dk$	$m^3/day/m$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Drainage conductivity $_2, dk$	$m^3/day/m$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$K_0$ determination		Automatic	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic
$K_{0,x} = K_{0,y}$		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
$K_{0,x}$		10,00E9	0,6688	10,00E9	0,7683	0,9365
$K_{0,y}$		10,00E9	0,6688	10,00E9	0,7683	0,9365
OCR		1,000	1,220	1,000	1,510	2,000
POP	$kN/m^2$	400,0	0,000	108,0	0,000	0,000
$k_x$	$m/day$	0,02160E-3	0,02160E-3	0,02160E-3	0,02160E-3	0,02160E-3
$k_y$	$m/day$	0,02160E-3	0,02160E-3	0,02160E-3	0,02160E-3	0,02160E-3
$k_z$	$m/day$	0,02160E-3	0,02160E-3	0,02160E-3	0,02160E-3	0,02160E-3
$e_{int}$		0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000
$S_s$	$1/m$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$c_k$		1000E12	1000E12	1000E12	1000E12	1000E12

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+600,00 a pk 36+000,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 114 di 126</p>

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

#### Identification

Identification number

6

Drainage type

Drained

Colour



Comments

$\gamma_{unsat}$  kN/m<sup>3</sup>

18,00

$\gamma_{sat}$  kN/m<sup>3</sup>

18,00

Dilatancy cut-off

No

$e_{int}$  0,5000

$e_{min}$  0,000

$e_{max}$  999,0

Rayleigh  $\alpha$  0,000

Rayleigh  $\beta$  0,000

E kN/m<sup>2</sup> 100,0E3

$\nu$  (nu) 0,3000

G kN/m<sup>2</sup> 38,46E3

$E_{oed}$  kN/m<sup>2</sup> 134,6E3

$V_s$  m/s 144,8

$V_p$  m/s 270,9

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+600,00 a pk 36+000,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 115 di 126</p>

**Identification**

Set to default values

$E_{inc}$  kN/m<sup>2</sup>/m

$z_{ref}$  m

Undrained behaviour

Skempton-B

$v_u$  0,4950

$K_{wref} / n$  kN/m<sup>2</sup> 3,750E6

Strength

$R_{inter}$  1,000

Consider gap closure Yes

$\delta_{inter}$  0,000

Cross permeability Impermeable

Drainage conductivity <sub>1</sub>, dk m<sup>3</sup>/day/m 0,000

Drainage conductivity <sub>2</sub>, dk m<sup>3</sup>/day/m 0,000

$K_0$  determination Automatic

$K_{0,x} = K_{0,y}$  Yes

$K_{0,x}$  0,3843

$K_{0,y}$  0,3843

$k_x$  m/day 0,6000

$k_y$  m/day 0,6000

$k_z$  m/day 0,6000

**Ballast**

Yes

0,000

0,000

Standard

0,9783

0,4950

3,750E6

Rigid

1,000

Yes

0,000

Impermeable

0,000

0,000

Automatic

Yes

0,3843

0,3843

0,6000

0,6000

0,6000

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+600,00 a pk 36+000,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 116 di 126</p>

**Identification**

$e_{int}$

$S_s$

$c_k$

1/m

**Ballast**

0,5000

0,000

1000E12

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+600,00 a pk 36+000,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 117 di 126</p>

### 1.1.2.2 Materials - Plates -

#### Identification

Identification number

Comments

Colour

Material type

d m

Y kN/m<sup>3</sup>

Isotropic

E<sub>1</sub> kN/m<sup>2</sup>

E<sub>2</sub> kN/m<sup>2</sup>

V<sub>12</sub>

G<sub>12</sub> kN/m<sup>2</sup>

G<sub>13</sub> kN/m<sup>2</sup>

G<sub>23</sub> kN/m<sup>2</sup>

Rayleigh α

Rayleigh β

Prevent punching

Identification number

#### Dado

1



Elastic

0,5000

6,000

Yes

33,00E6

33,00E6

0,2000

13,75E6

13,75E6

13,75E6

0,000

0,000

No

1

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+600,00 a pk 36+000,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 118 di 126</p>

### 1.1.2.3 Materials - Embedded beams -

#### Identification

Identification number

Comments

Colour

Material type

E kN/m<sup>2</sup>

Y kN/m<sup>3</sup>

Beam type

Predefined beam type

Diameter m

A m<sup>2</sup>

I<sub>2</sub> m<sup>4</sup>

I<sub>3</sub> m<sup>4</sup>

Rayleigh  $\alpha$

Rayleigh  $\beta$

Axial skin resistance

Multi-linear axial resistance

F<sub>max</sub> kN

Identification number

#### Inclusione

1

L=12m



Elastic

33,00E6

6,000

Predefined

Massive circular beam

0,6000

0,2827

6,362E-3

6,362E-3

0,000

0,000

Multi-linear

Axial skin resistance table

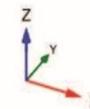
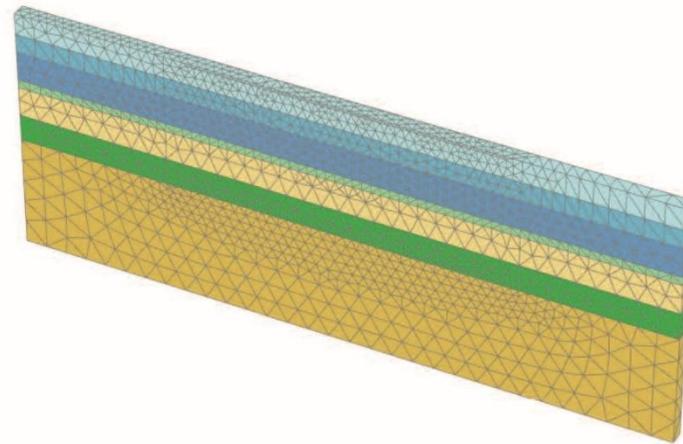
9000

1

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+600,00 a pk 36+000,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 119 di 126</p>

RI67r2\_1

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

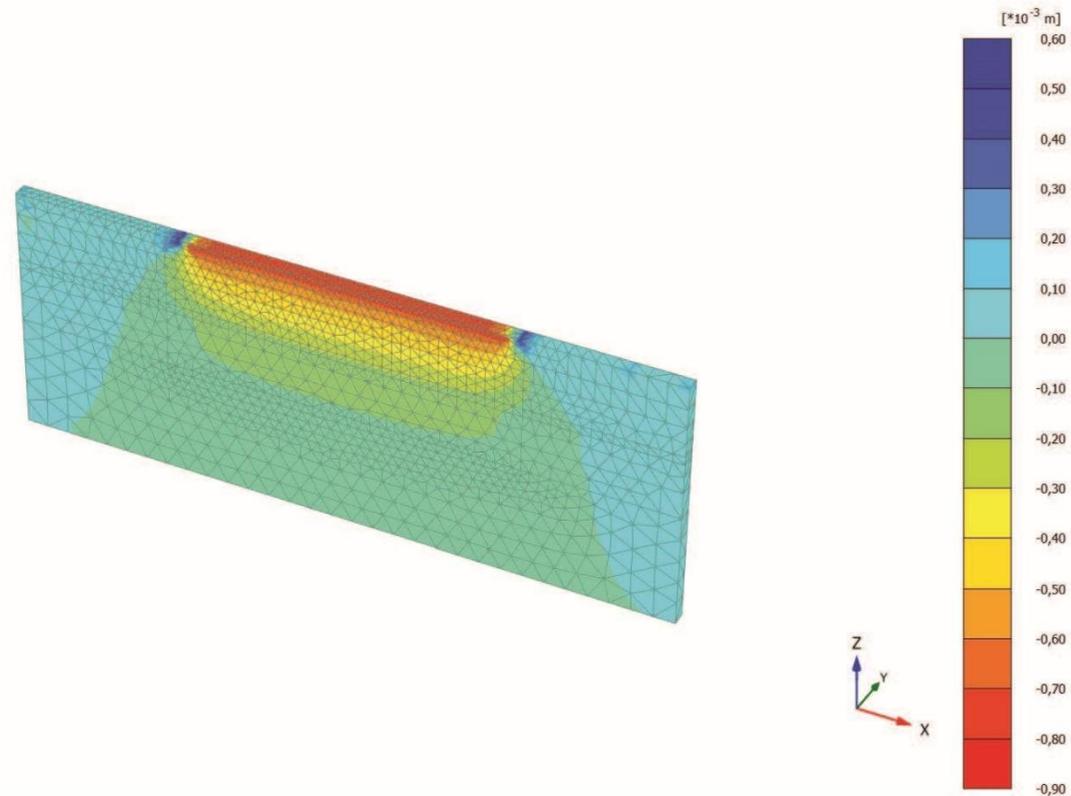


**Total displacements  $u_z$**   
Uniform value of 0,000 m

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+600,00 a pk 36+000,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 120 di 126</p>

RI67r2\_1

### 2.1.1.1.2 Calculation results, Bonifica [Phase\_7] (7/6), Total displacements $u_z$

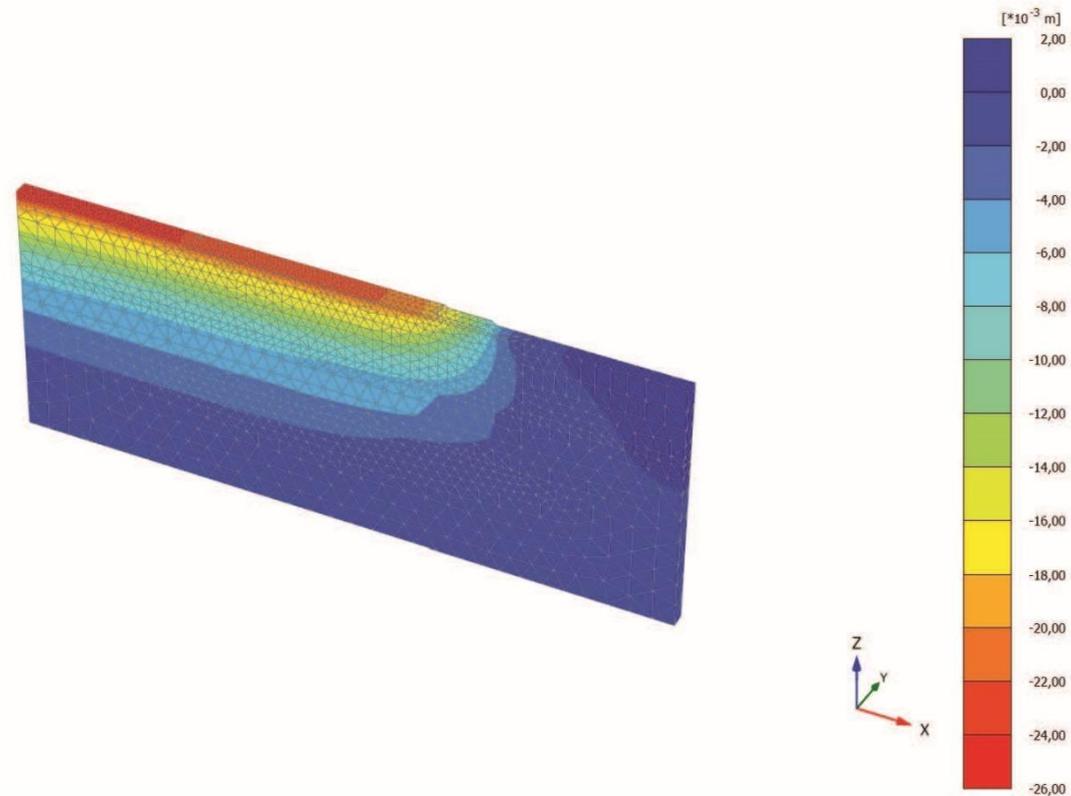


**Total displacements  $u_z$  (Time 10,00 day)**  
Maximum value =  $0,5376 \cdot 10^{-3}$  m (Element 2252 at Node 6002)  
Minimum value =  $-0,8424 \cdot 10^{-3}$  m (Element 1346 at Node 5138)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+600,00 a pk 36+000,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 121 di 126</p>

RI67r2\_

### 2.1.1.1.3 Calculation results, Rilevato1\_DR [Phase\_2] (2/8), Total displacements $u_z$

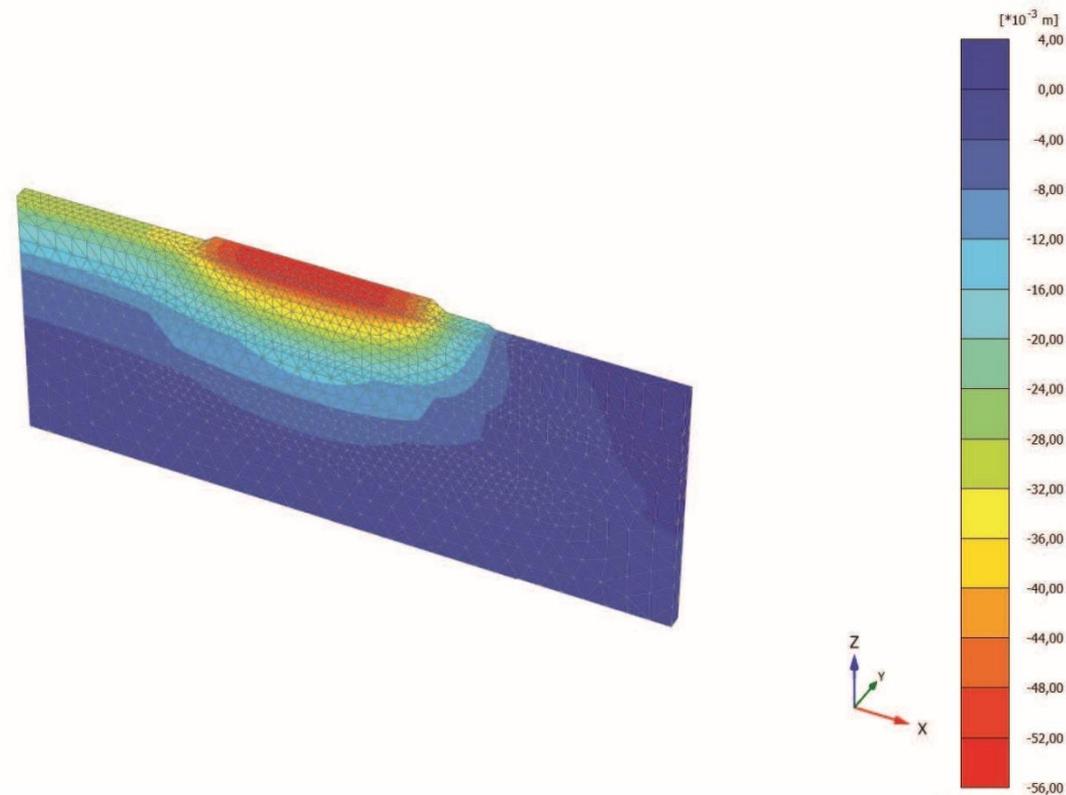


**Total displacements  $u_z$  (Time 50,00 day)**  
Maximum value =  $0,6428 \cdot 10^{-3}$  m (Element 2171 at Node 11658)  
Minimum value =  $-0,02557$  m (Element 628 at Node 14609)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+600,00 a pk 36+000,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 122 di 126</p>

RI67r2\_1

### 2.1.1.1.4 Calculation results, Rilevato2\_DR [Phase\_3] (3/11), Total displacements $u_z$

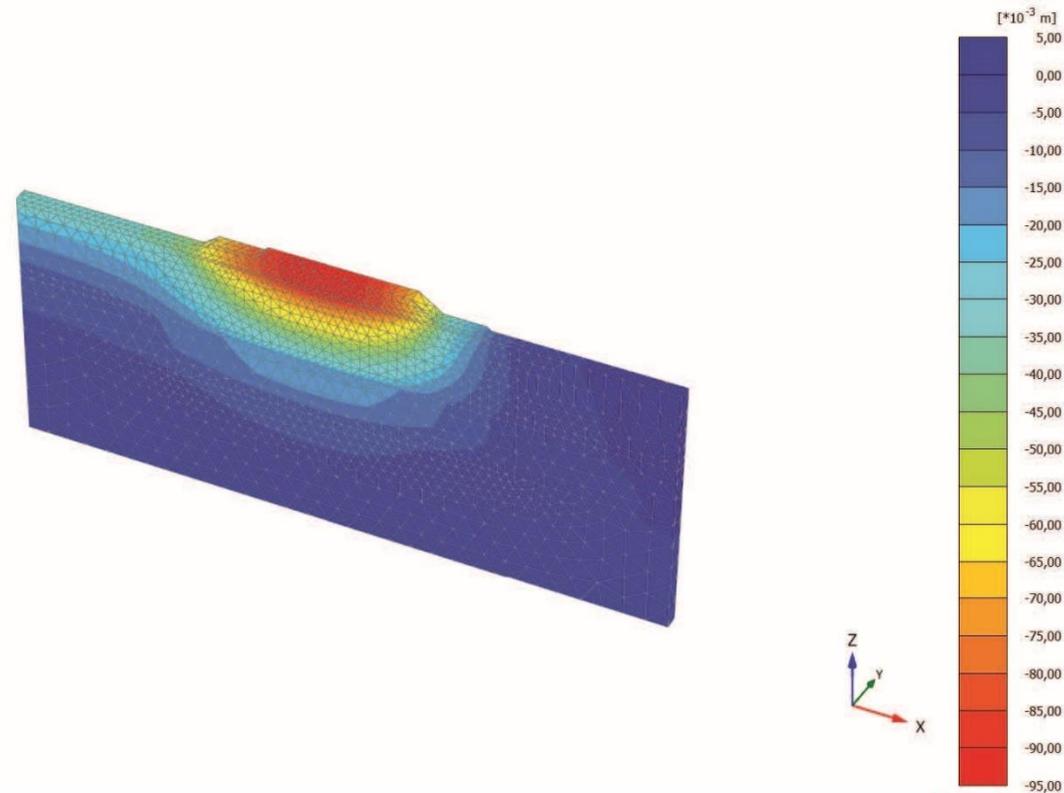


**Total displacements  $u_z$  (Time 90,00 day)**  
Maximum value =  $0,7630 \cdot 10^{-3}$  m (Element 2171 at Node 11658)  
Minimum value =  $-0,05588$  m (Element 379 at Node 623)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+600,00 a pk 36+000,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 123 di 126</p>

RI67r2\_1

**2.1.1.1.5 Calculation results, Rilevato3\_DR [Phase\_4] (4/13), Total displacements  $u_z$**

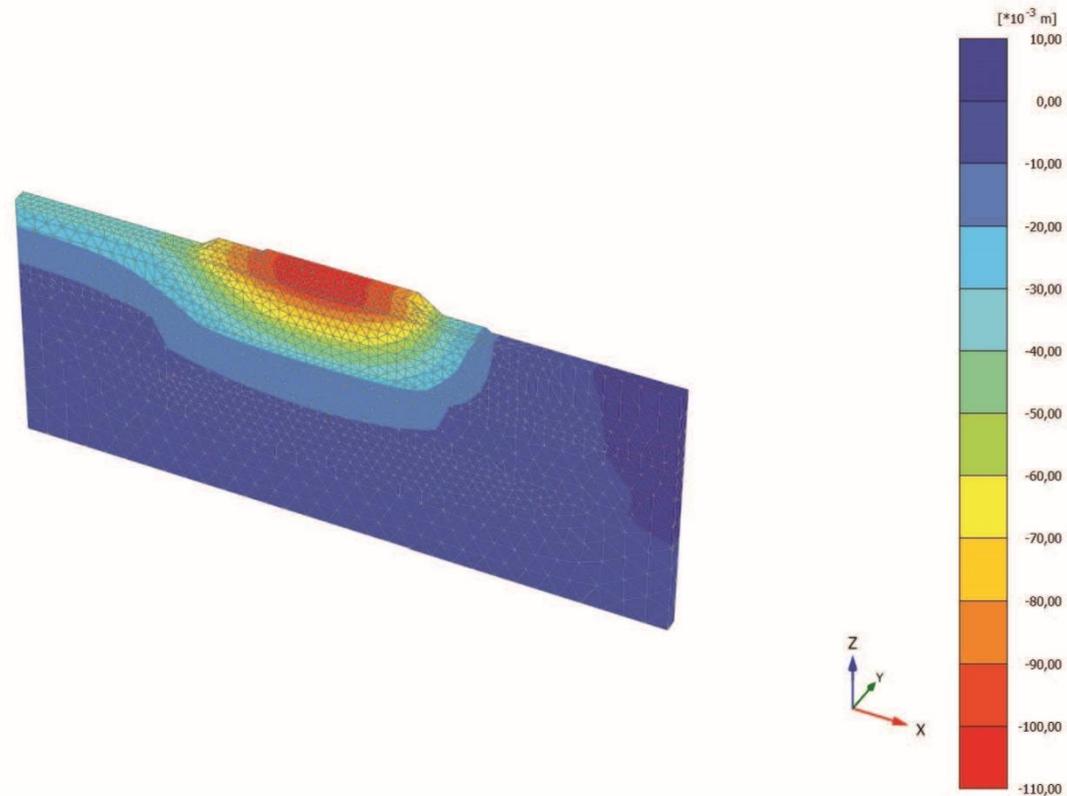


**Total displacements  $u_z$  (Time 130,0 day)**  
Maximum value =  $1,016 \cdot 10^{-3}$  m (Element 2171 at Node 11658)  
Minimum value =  $-0,09470$  m (Element 166 at Node 329)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+600,00 a pk 36+000,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 124 di 126</p>

RI67r2\_1

### 2.1.1.1.6 Calculation results, Impianti [Phase\_8] (8/15), Total displacements $u_z$

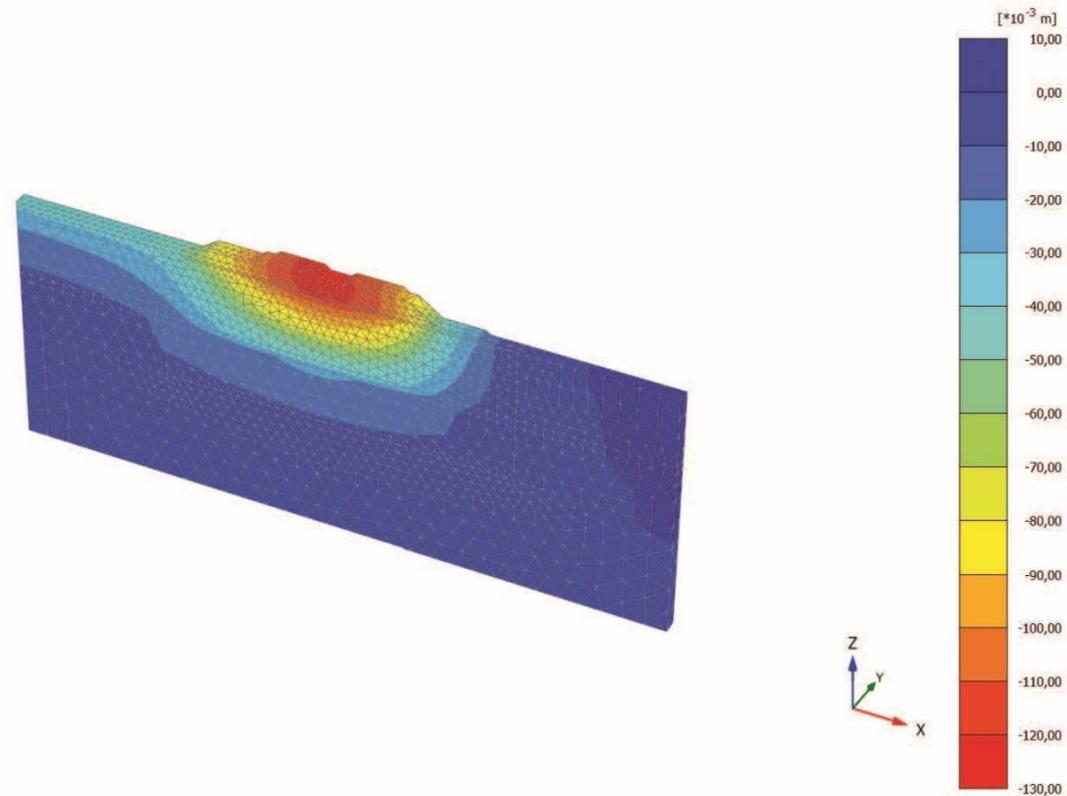


**Total displacements  $u_z$  (Time 190,0 day)**  
Maximum value =  $0,8740 \cdot 10^{-3}$  m (Element 2171 at Node 11658)  
Minimum value =  $-0,1067$  m (Element 166 at Node 329)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+600,00 a pk 36+000,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 125 di 126</p>

RI67r2\_1

**2.1.1.1.7 Calculation results, Ballast [Phase\_6] (6/17), Total displacements  $u_z$**

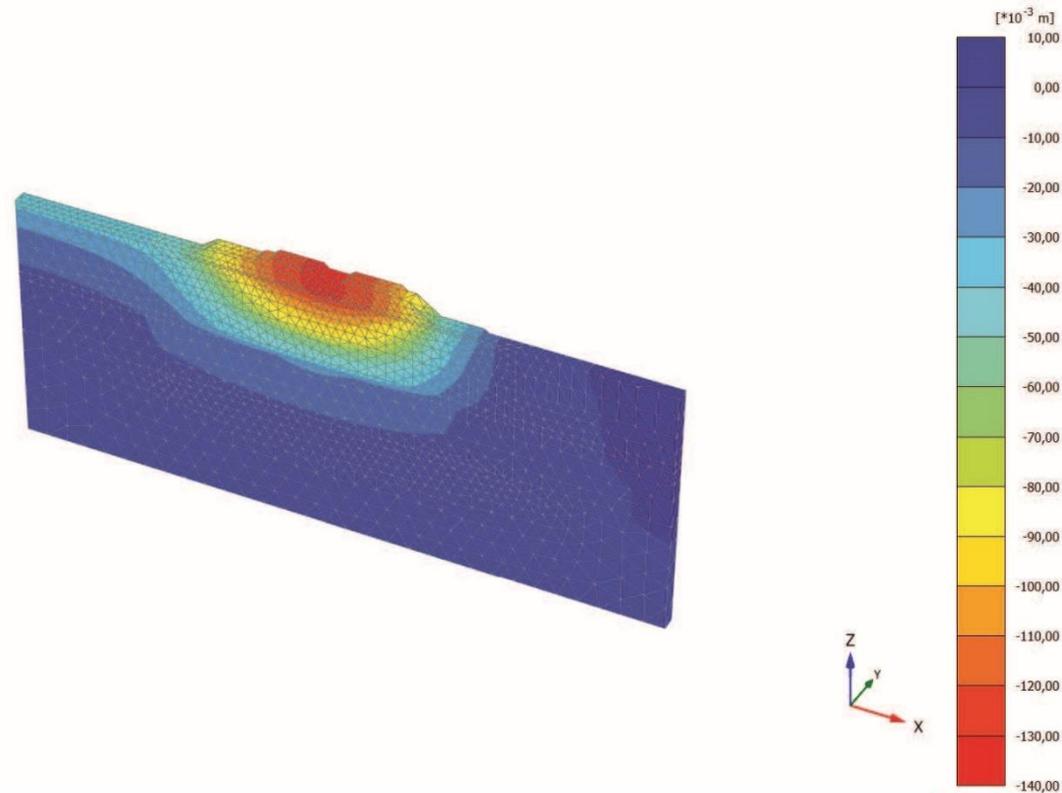


**Total displacements  $u_z$  (Time 250,0 day)**  
Maximum value =  $1,029 \cdot 10^{-3}$  m (Element 2171 at Node 11658)  
Minimum value =  $-0,1238$  m (Element 166 at Node 329)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+600,00 a pk 36+000,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI67B0001A</p>	<p>Foglio 126 di 126</p>

RI67r2\_1

### 2.1.1.1.8 Calculation results, Consolidazione [Phase\_1] (1/20), Total displacements $u_z$



**Total displacements  $u_z$  (Time 528,6 day)**  
Maximum value =  $0,9903 \cdot 10^{-3}$  m (Element 2171 at Node 11658)  
Minimum value =  $-0,1326$  m (Element 295 at Node 325)