

COMMITTENTE:



ALTA  
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE  
OBIETTIVO N. 443/01  
LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA      Tratta VERONA – PADOVA  
Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza  
PROGETTO ESECUTIVO  
RILEVATI  
Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
GENERALE  
Relazione Geotecnica**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA
IL PROGETTISTA INTEGRATORE Ing. Giovanni MALAVENDA ALBO INGEGNERI PROV. DI MESSINA n. 4503 Data Dicembre 2022	Consorzio Iricav Due ing. Paolo Carmona Data: Dicembre 2022			-

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	6	A	0	0	0	1	C	-	-	-	D	-	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma Alberto LEVORATO	Data Dicembre 2022

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	
B	REVISIONE	G. Pepe	Febbraio 2022	V. Pastore	Febbraio 2022	P. Ascari	Febbraio 2022	
C	REVISIONE	A. Arione	Dicembre 2022	V. Pastore	Dicembre 2022	P. Ascari	Dicembre 2022	

CIG: 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712EI2RBRI66A0001C.DOCX
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea



## 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
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
6	VERIFICA DELL'OPERA.....	47
6.1	Criteri di verifica agli Stati Limite.....	47
6.1.1	Stati limite ultimi (SLU).....	47
6.1.2	Stati limite di esercizio (SLE) .....	49
6.2	Azioni di progetto .....	50
6.2.1	Azioni permanenti .....	50
6.2.2	Azioni variabili .....	50
6.2.3	Azione sismica .....	50

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12



Codifica

EI2RBRI66A0001C

Foglio

3 di 126

6.3	Sezioni di calcolo .....	51
6.4	Risultati e verifiche .....	52
6.4.1	Verifiche geotecniche agli SLU .....	52
6.4.2	Verifiche geotecniche agli SLE .....	54
7	CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI .....	59
	Allegati .....	60
	ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO .....	61
	ALLEGATO 2 – INDAGINI DISPONIBILI .....	63
	ALLEGATO 3 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI IN CONDIZIONI STATICHE .....	77
	ALLEGATO 4 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI IN CONDIZIONI SISMICHE .....	87
	ALLEGATO 5 – TABULATI DI PLAXIS .....	97

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001C	Foglio 4 di 126

## 1 INTRODUZIONE



Il presente documento costituisce la Relazione Geotecnica del rilevato RI66A, previsto nell'ambito del Progetto Esecutivo della sub tratta Verona – Vicenza della Linea AV/AC Verona – Padova. Tale rilevato si estende tra il km 35+200,00 ed il km 35+600,00.

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

Le verifiche discusse sono state eseguite ai sensi della Normativa applicata (v. capitolo seguente), e gli interventi proposti sono volti a garantire la stabilità del rilevato ed il rispetto dei requisiti prestazionali previsti.

Il documento è così organizzato:

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001C	Foglio 5 di 126



## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 Documentazione di progetto

- [1] IN1712EI2W9RI66A0001A-3 Sezioni trasversali, tav 1-3
- [2] IN1712EI2F7RI66A0001 Profilo longitudinale
- [3] IN1712EI2P8RI66A0001 Planimetria stato di fatto
- [4] IN1712EI2P8RI66A0002 Planimetria stato di progetto
- [5] IN1712EI2RORI66A0001 Relazione tecnica generale
- [6] IN1710EI2RBGE0000004 Relazione Geotecnica (da 33+500 a 44+000)
- [7] IN1710EI2LZGE0000020 Planimetria con ubicazione indagini e profilo geotecnico 9 di 11
- [8] IN1710EI2RHGE0000006 Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 2/2
- [9] IN1710EI2P5GE0000009 Planimetrie con classificazione sismica del territorio 9 di 11
- [10] IN1710EI2RHGE0000004 Relazione idrogeologica 2/2
- [11] IN1710EI2RHGE0000007-8 Relazione di sintesi dei sondaggi e delle prove eseguite
- [12] IN1710EI2PRGE0000001-2, Risultati Indagini in sito di Progetto – SOCOTEC
- [13] IN1710EI2PRGE0000003-4, Risultati Indagini in sito di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING – GEOLAVORI
- [14] IN1710EI2PRGE0000005-8, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [15] IN1710EI2PRGE0000009-12, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING - GEOLAVORI
- [16] IN1710EI2IGGE0000001-2, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [17] IN1710EI2IGGE0000003-4, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING – GEOLAVORI

### 2.2 Normativa e standard di riferimento

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001C	Foglio 6 di 126

- [24] 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
- [25] RFI DTC INC CS SP IFS 001 A Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie
- [26] 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
- [27] RFI TCAR ST AR 01 001 D Standard di qualità geometrica del binario con velocità fino a 300 km/h
- [28] 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

- [29] Bentley - Plaxis 3D ver 2018
- [30] 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
- [31] GeoStru – RC-SEC ver 2015
- [32] Hynes, M.E., and Olsen, R.S. (1999), “Influence of confining stress on liquefaction resistance”, Proc., Int. Workshop on Phys. And Mech. Of Soil Liquefaction, Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 145-152.
- [33] 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
- [34] 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.
- [35] 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.
- [36] NAVFAC (1982), “Soil Mechanics. D.M. 7.1”, Naval Facilities Engineering Command. Alexandria
- [37] Parez and Fauriel (1988), “Le piezocone améliorations apportées à la reconnaissance de sols”. Revue Française de Géotechnique, Vol.44, pp-13-27
- [38] 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.
- [39] Rocscience - Slide ver 7.0, 2017
- [40] 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.
- [41] Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1982), “Ground motions and soil liquefaction during earthquakes”, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA, USA.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12


Codifica

EI2RBRI66A0001C

Foglio

7 di 126

- [42] 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.
- [43] 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  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001C	Foglio 8 di 126

### 3 INQUADRAMENTO DELL'OPERA

Il rilevato ferroviario in esame si estende dalla pk 35+200 alla pk 35+600, per una lunghezza totale di 400 m. L'opera accoglie nella sua sede sia la linea storica che il nuovo tracciato della linea AV/AC. Per la tratta in esame non si evidenziano altre interferenze con opere principali adiacenti e/o attraversate.

La geometria dell'opera è descritta in dettaglio negli elaborati grafici di progetto: Planimetria di progetto (Doc. rif. [4]), Profilo longitudinale (Doc. rif. [2]) e Sezioni trasversali (Doc. rif. [1]). Il rilevato ha un'altezza media variabile tra 4.35 m e 5 m.

In Figura 1 si illustra schematicamente una sezione trasversale tipo del rilevato. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici (Doc. rif. [1], [2] e [3]).

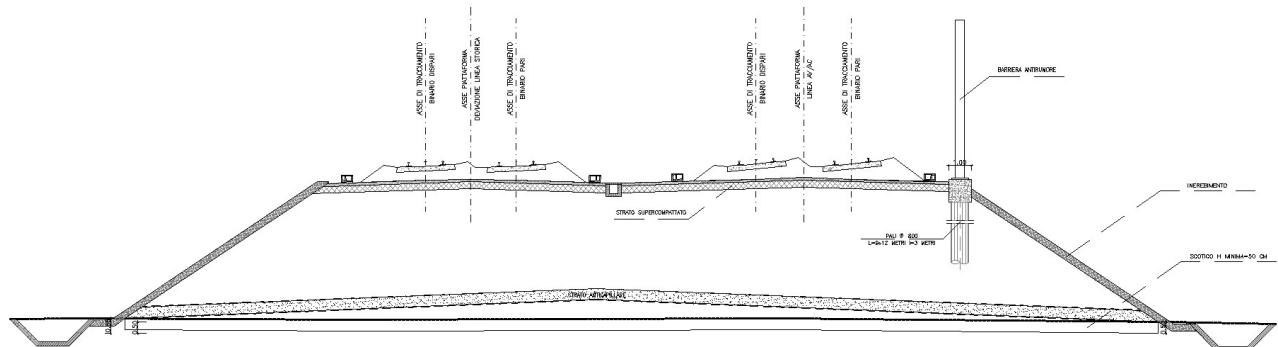




Figura 1 – Sezione tipo del rilevato RI66A



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001C	Foglio 9 di 126

## 4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

### 4.1 Indagini disponibili

L'ubicazione delle indagini disponibili relative all'opera esaminata è illustrata nella Figura 2, estratta dalla Planimetria geotecnica con ubicazione indagini e profilo geotecnico (Doc. Rif. [7]). Per ulteriori dettagli si rimanda alle relazioni di sintesi delle indagini (Doc. Rif. [11] - [17]).

Il risultato delle indagini è riportato in ALLEGATO 2.

Le indagini disponibili lungo il tratto d'interesse per il rilevato in oggetto sono elencate in Tabella 1. Nel seguente paragrafo si riporta la caratterizzazione geotecnica, ottenuta basandosi sui risultati delle indagini relative all'area di interesse e sulla caratterizzazione generale dell'area in cui si inserisce il rilevato, presentata nella Relazione Geotecnica (Doc. Rif. [6]).

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. [6]).

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*

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

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

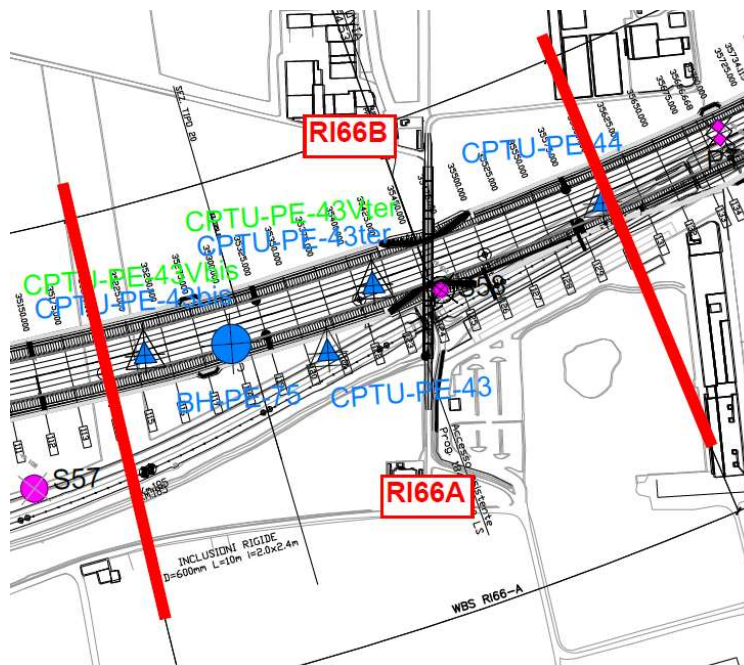




Figura 2 - Planimetria Rilevato RI66A, estratto dalla Planimetria Generale (Doc. Rif. [7])

## 4.2 Inquadramento stratigrafico

La tratta relativa al rilevato in esame si estende dalla progressiva pk 35+200,00 alla pk 35+600,00.

Per l'inquadramento geotecnico del rilevato in questione, si è scelto di considerare l'insieme di indagini che comprende questo rilevato (RI66A), nonché le indagini disponibili nei rilevati adiacenti (RI65 e RI67), 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.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001C	Foglio 11 di 126

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. [6]).

Nella Figura 3 si riporta il profilo geotecnico specifico per il rilevato RI65A, estratto dalla Planimetria e Profilo Geotecnico Tav. 9 di 11 (Doc. Rif. [7]).

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001C	Foglio 12 di 126

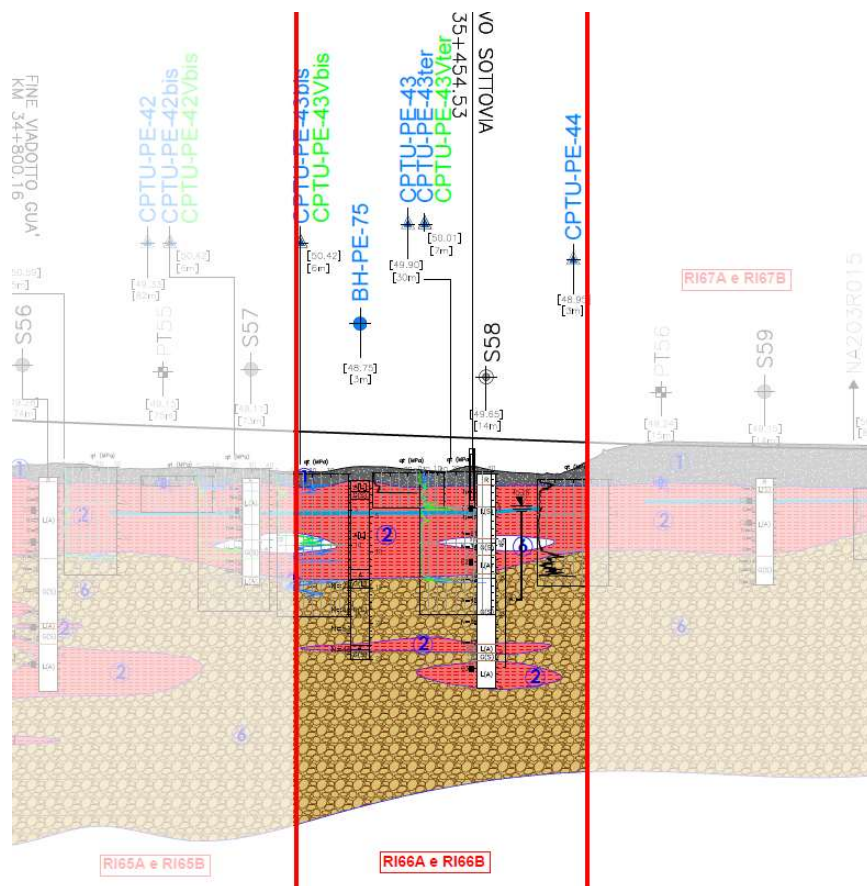




Figura 3 - Profilo Geotecnico Rilevato RI66A, estratto dal Profilo Geotecnico Generale (Doc. Rif. [7])

### 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. [10]). 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 influente sull'esito delle stesse.
- Per quanto invece concerne le verifiche SLE (analisi di cedimento), queste tengono conto dell'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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001C	Foglio 13 di 126

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. Come detto, avendo considerato la relativa uniformità delle caratteristiche dei materiali, con particolare riferimento ai limi superficiali, si sono esaminate indagini relative ad un'area più estesa di quella strettamente di pertinenza dell'RI66, estendendo l'analisi dei dati anche a quelli ricavati da indagini condotte sui vicini rilevati RI 65 e 67.

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001C	Foglio 14 di 126

sono generalmente compresi fra 20 e 35.

2. I materiali si presenti compatti, con valori di pesi di volume dell'ordine dei 19 kN/m<sup>3</sup>, e contenuti d'acqua nel 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 ricompressione 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 [6], 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 t50, 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 t50, sulla base dell'approccio suggerito da Teh e Houlsby (1991, si veda rif. [6]).
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° (in accordo a Schmertmann).

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI66A0001C

Foglio

15 di 126

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.

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 [6], 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 ( $\approx 5 \cdot 6 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ , si veda ad esempio Doc. Rif [36]). 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. [30]), 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

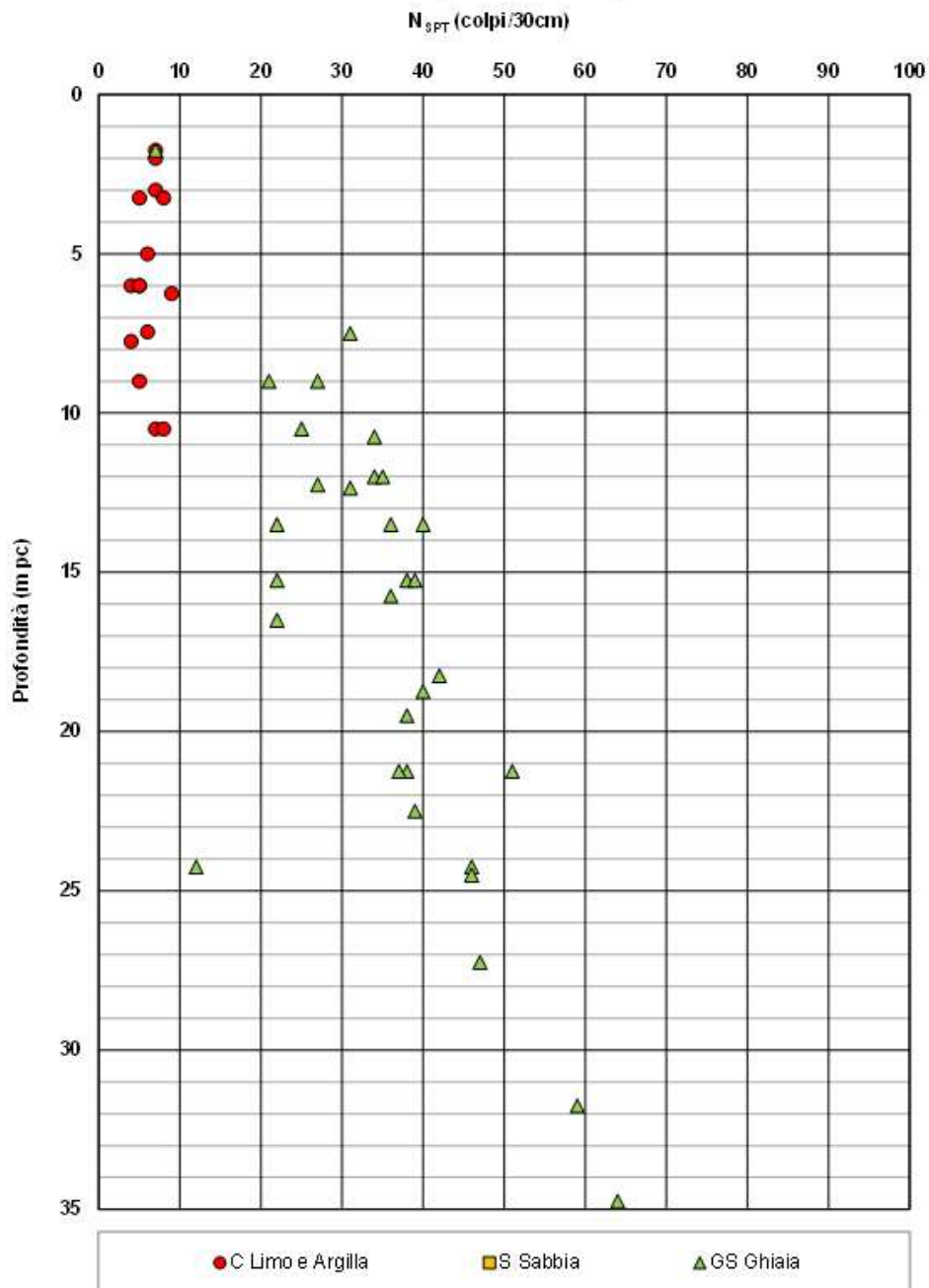


Figura 4 – Risultati delle prove SPT fra le progressive indicate





**AV/AC VERONA VICENZA**

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

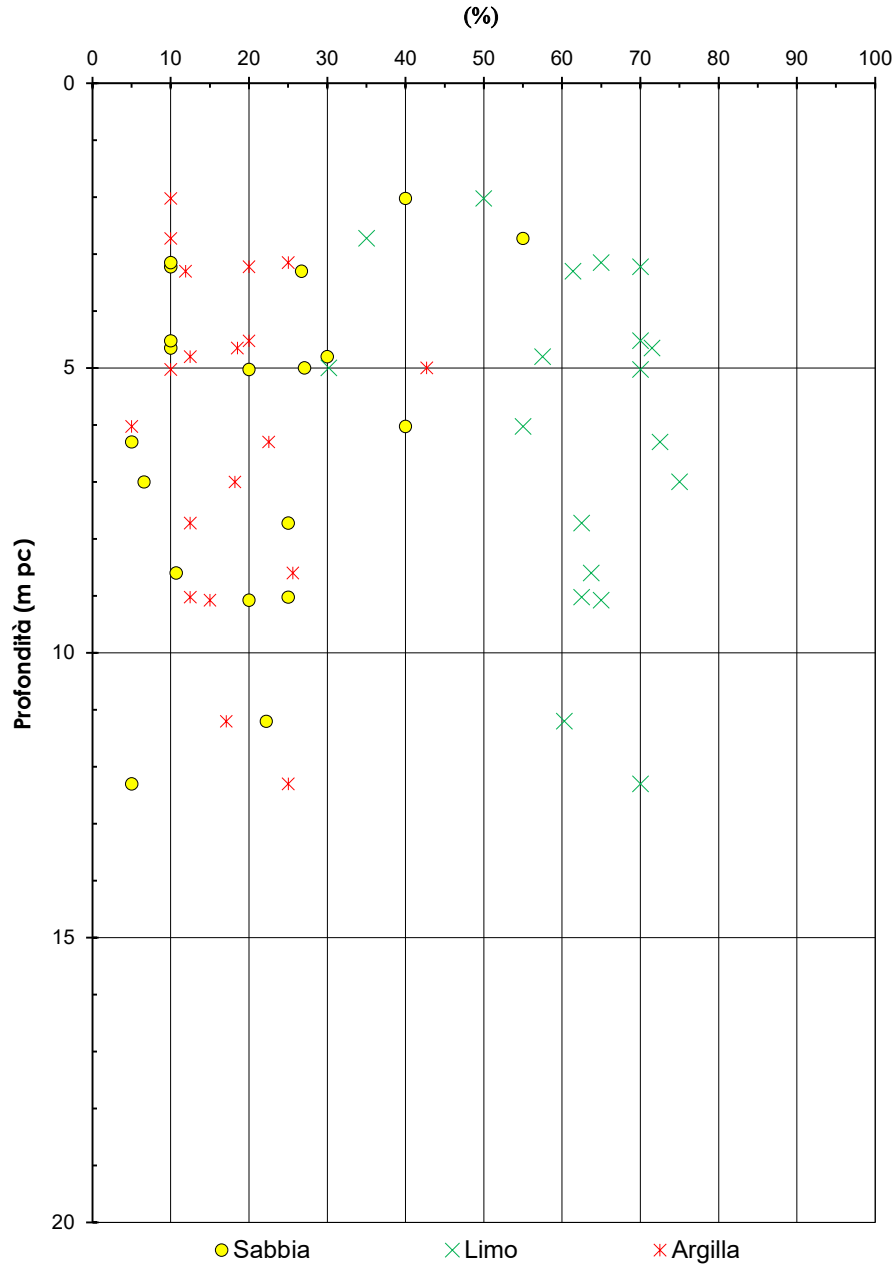


Figura 5 – Risultati delle prove granulometriche nei terreni argillosi (Unità 2) fra le progressive indicate





**AV/AC VERONA VICENZA**

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

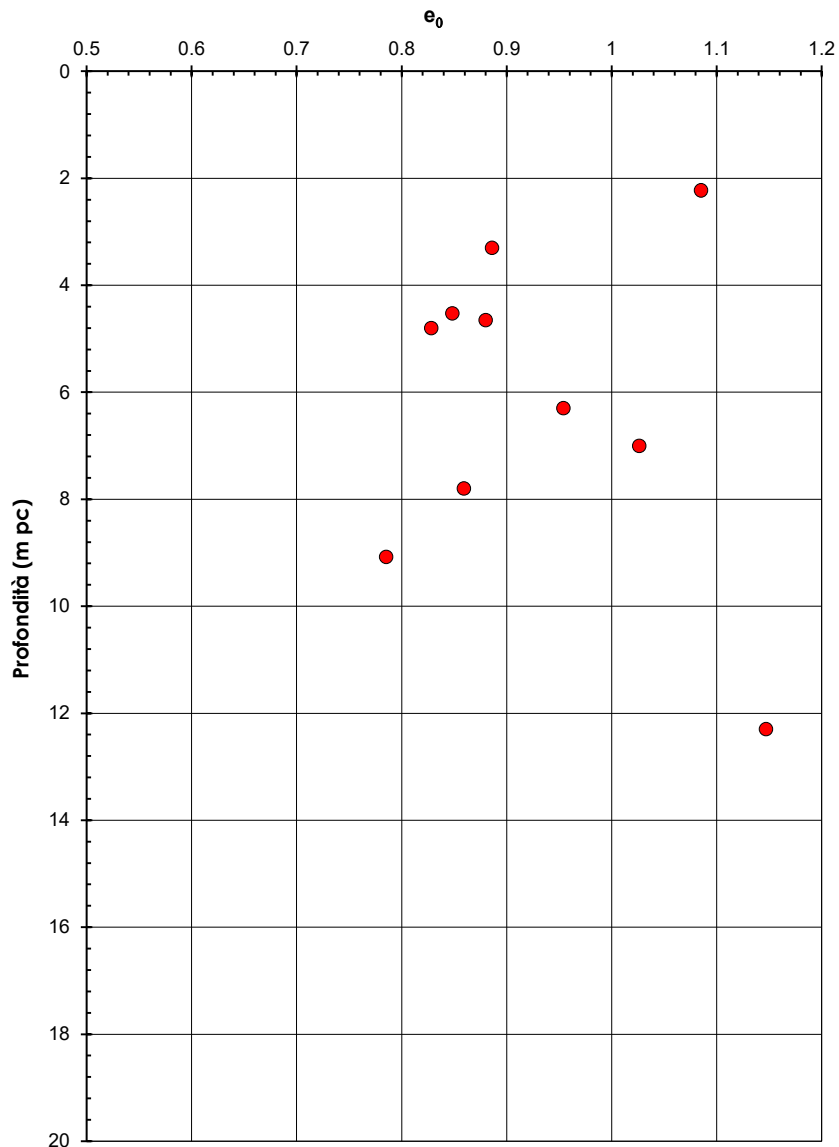


Figura 7 – Indice dei vuoti dei terreni argillosi (Unità 2) fra le progressive indicate



### AV/AC VERONA VICENZA

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

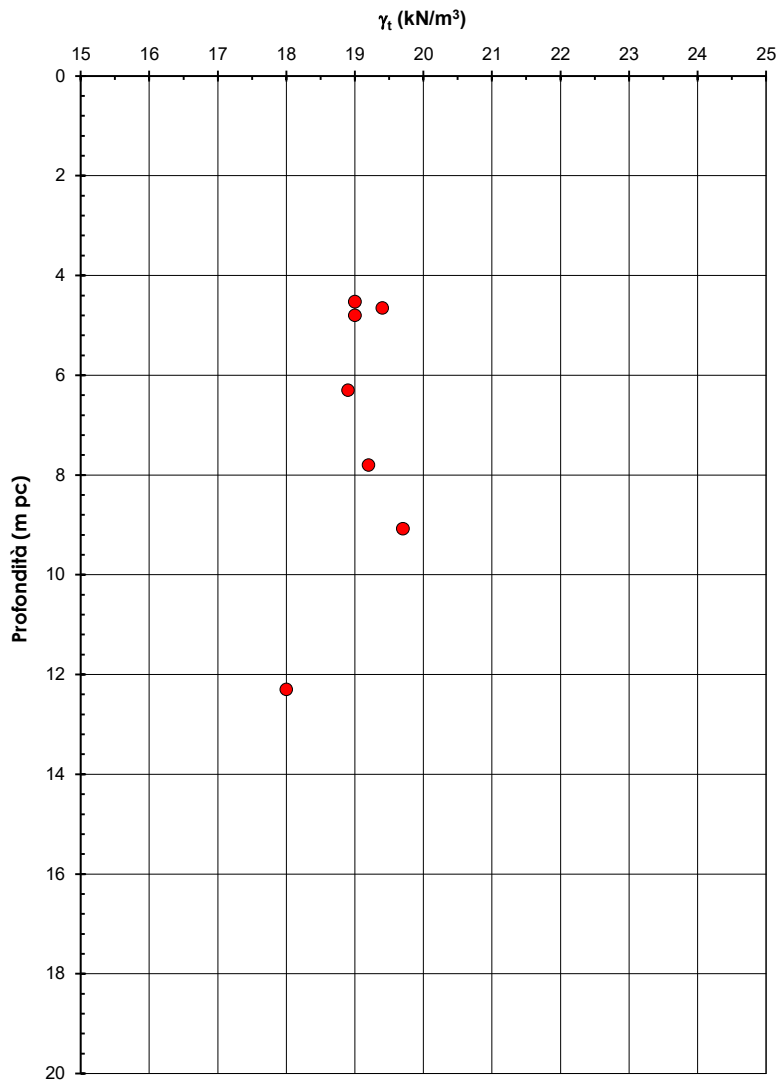


Figura 8 – Peso di volume dei terreni argillosi (Unità 2) fra le progressive indicate



**AV/AC VERONA VICENZA**

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

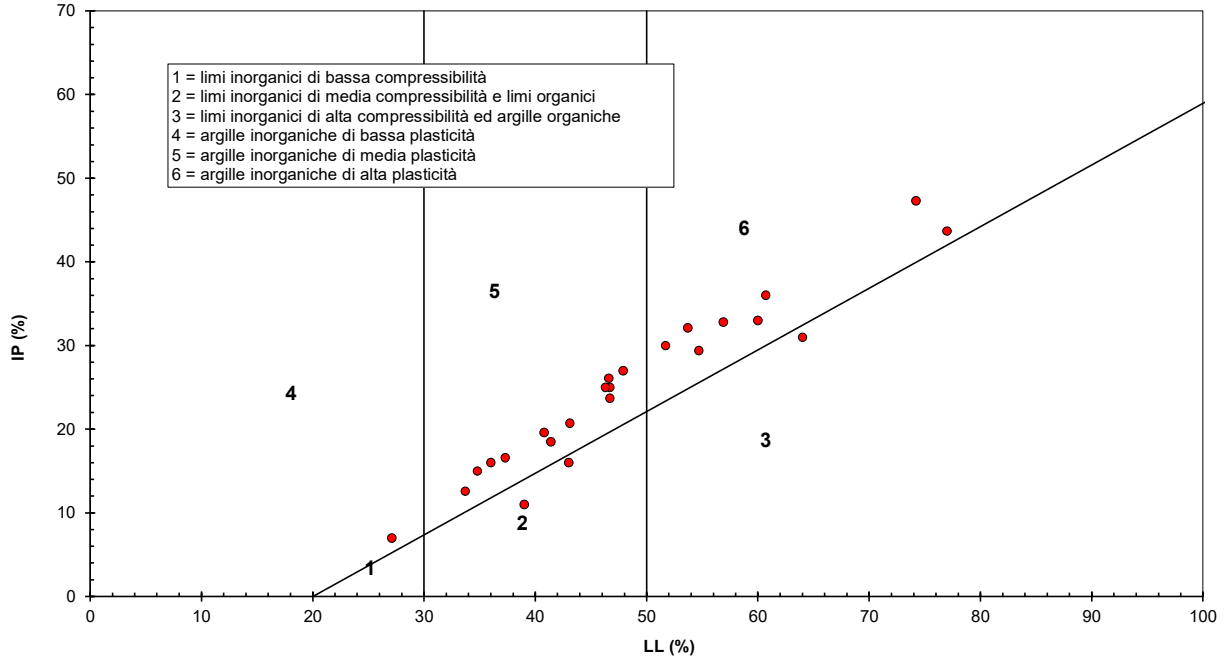


Figura 9 Carta di plasticità di Casagrande dei terreni argillosi (Unità 2) fra le progressive indicate

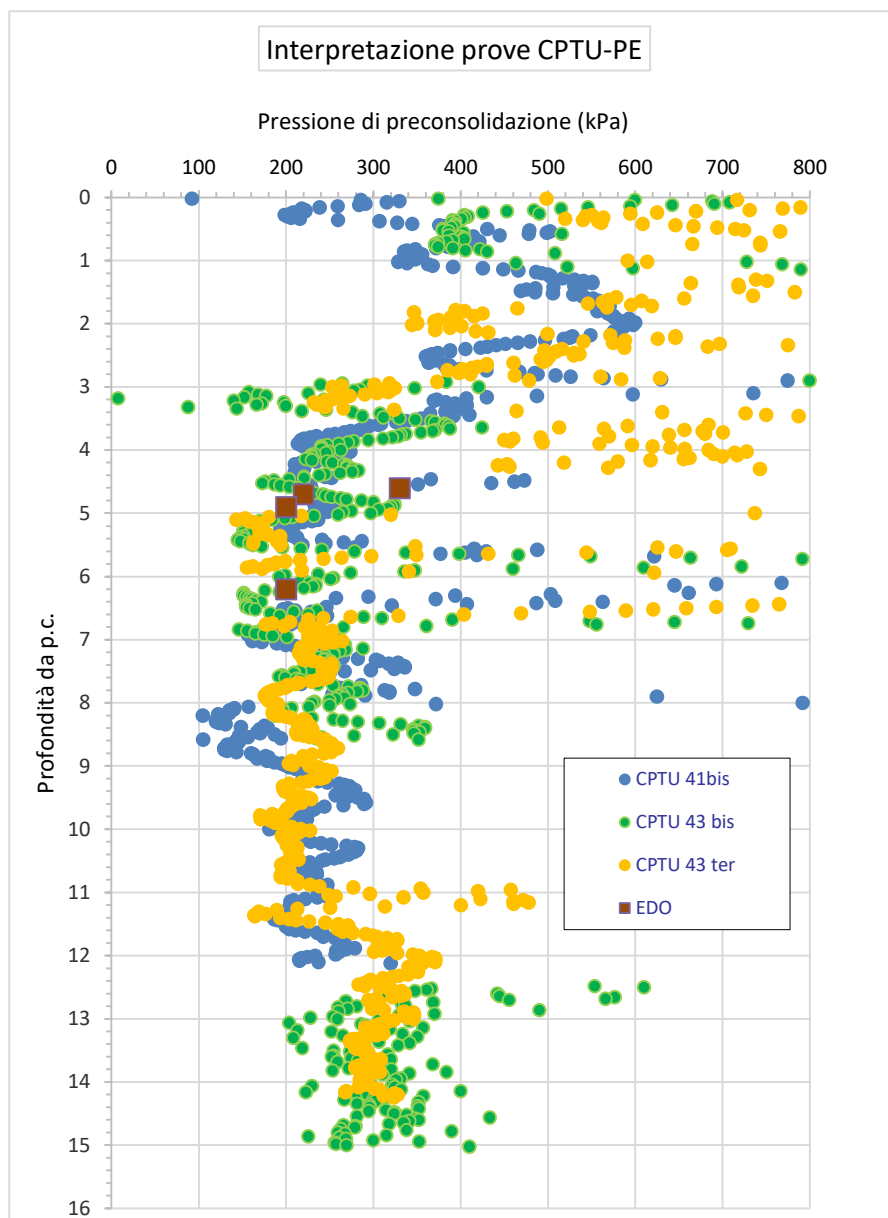


Figura 10 – Pressioni preconsolidazione da EDO (Unità 2) e interpretazione CPTU-PE

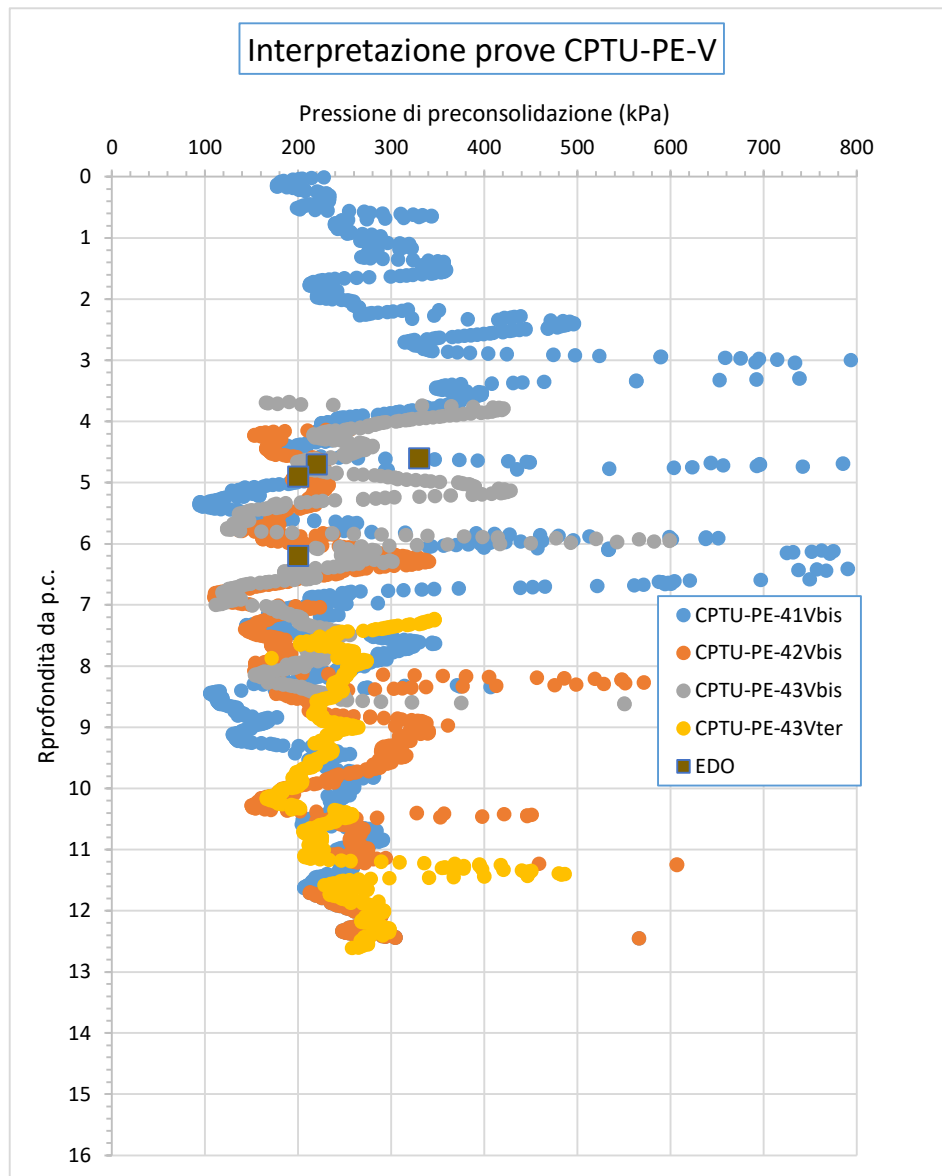
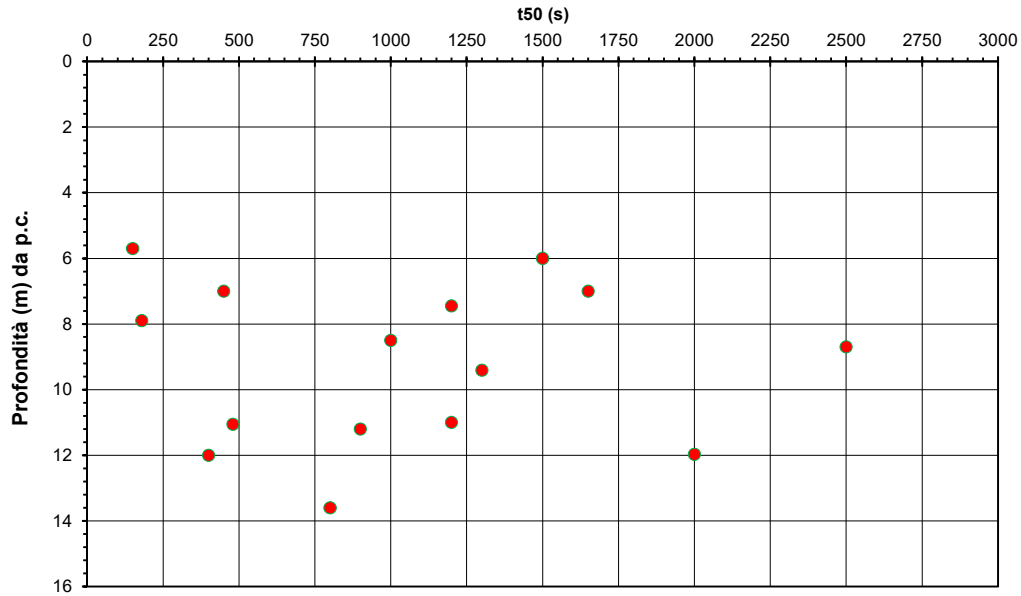
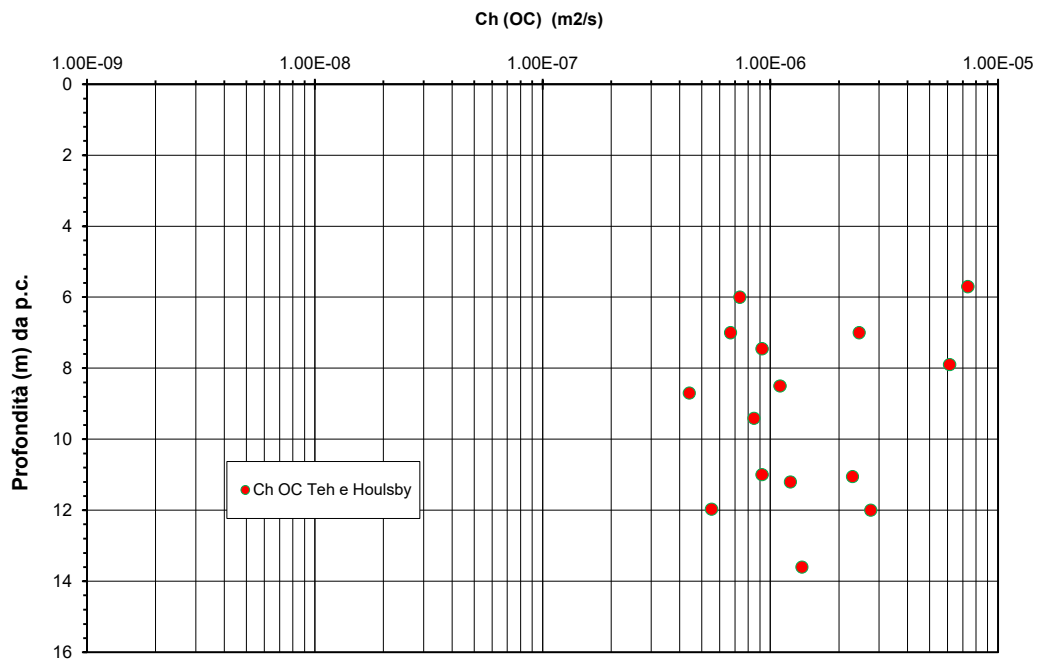


Figura 11 – Pressione di preconsolidazione da EDO e da interpretazione Prove CPTU-V

## Risultati dissipazioni CPTU-PE-V

Figura 12 – Valori del  $t_{50}$  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 Housby (1991), sulla base del  $t_{50}$  misurato nelle prove di dissipazione CPTU-PE-V 41bis, 42bis, 43bis e 43ter.



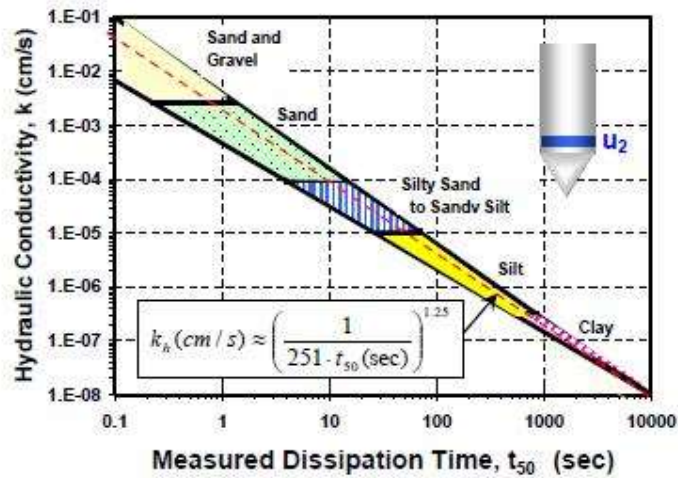


Figura 14. Valutazione della permeabilità da  $t_{50}$  misurato nelle prove di dissipazione (Parez e Fauriel, 1988, Jamiolkowski et al. 1991).

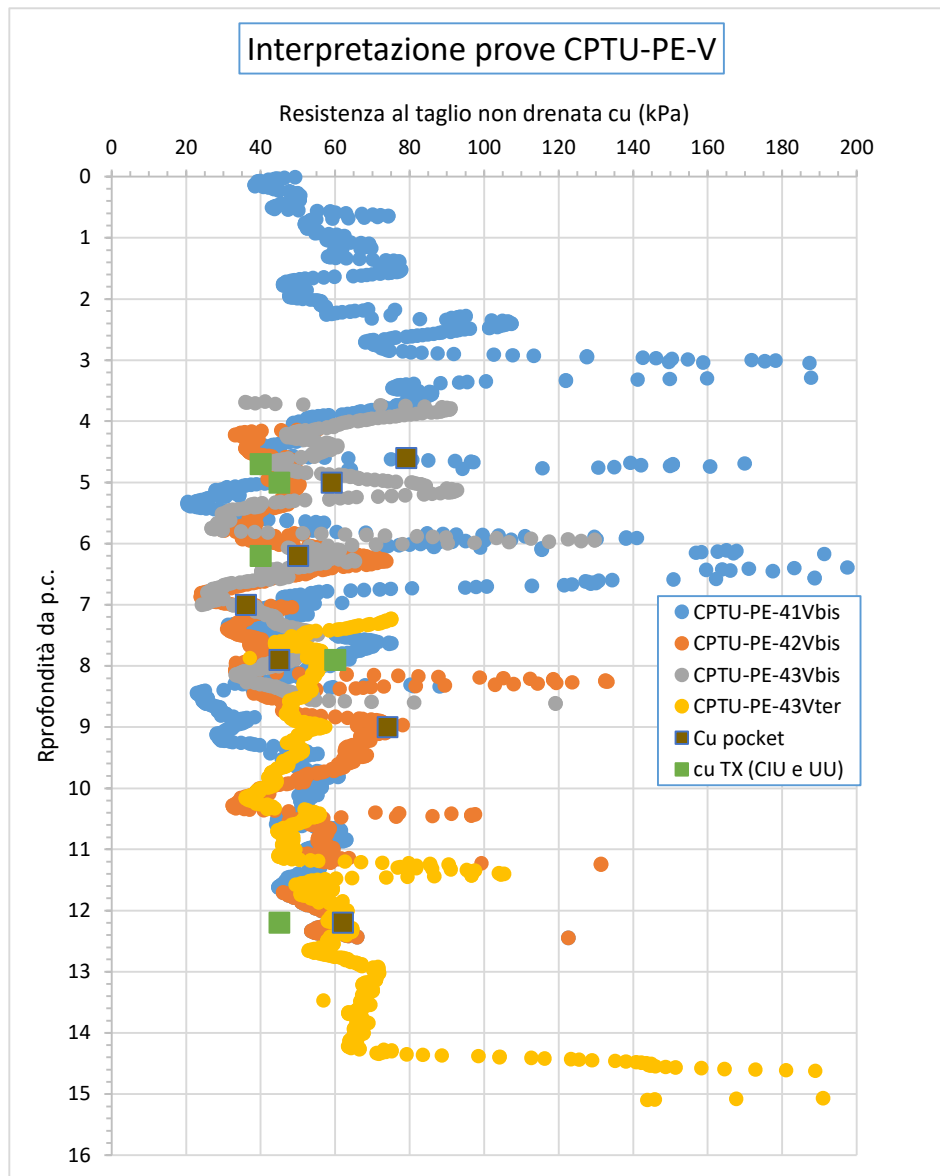


Figura 15 – Resistenza al taglio non drenata per l'unità 2 superficiale. Prove CPTU-V e prove di lab

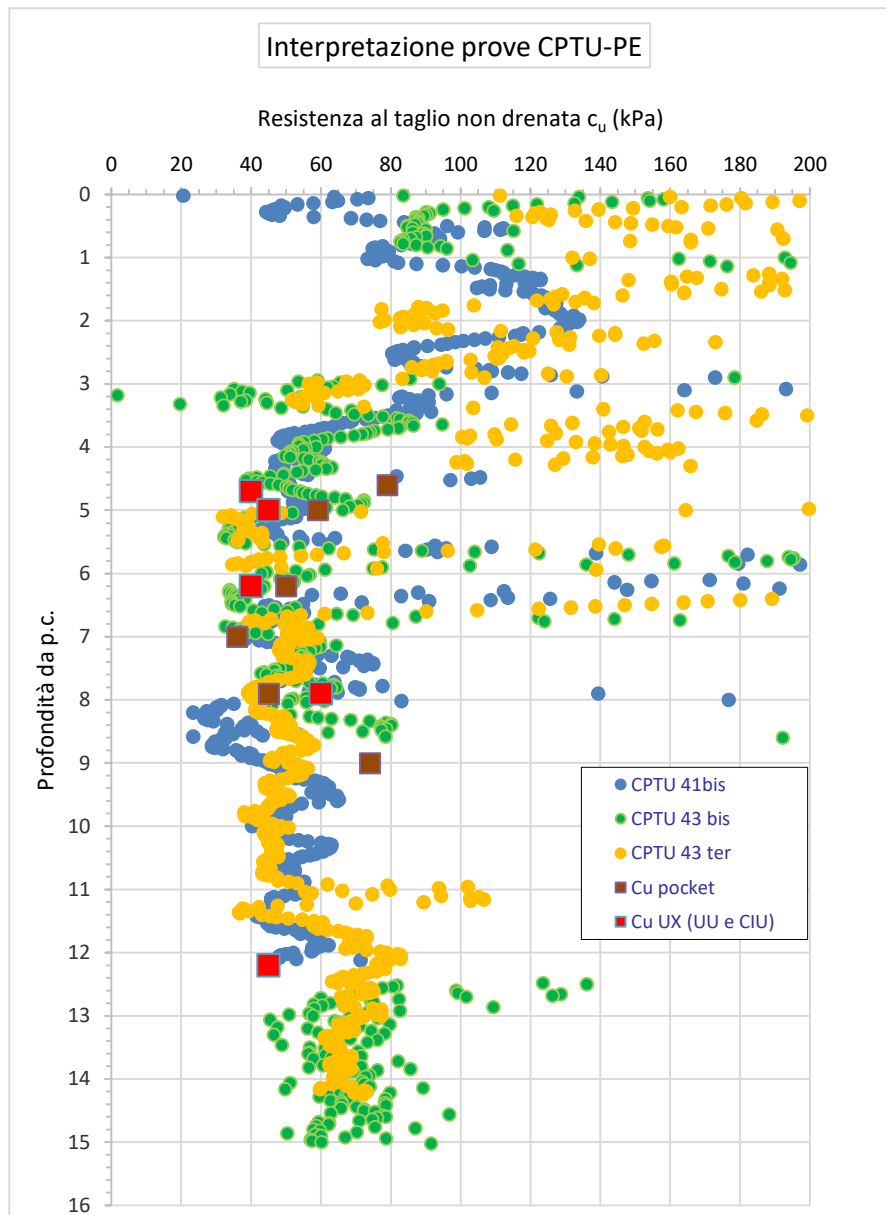


Figura 16 – Resistenza al taglio non drenata per l'unità 2 superficiale. Prove CPTU-PE-41bis, 42bis, 43bis, 43ter e prove di lab



**AV/AC VERONA VICENZA**

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

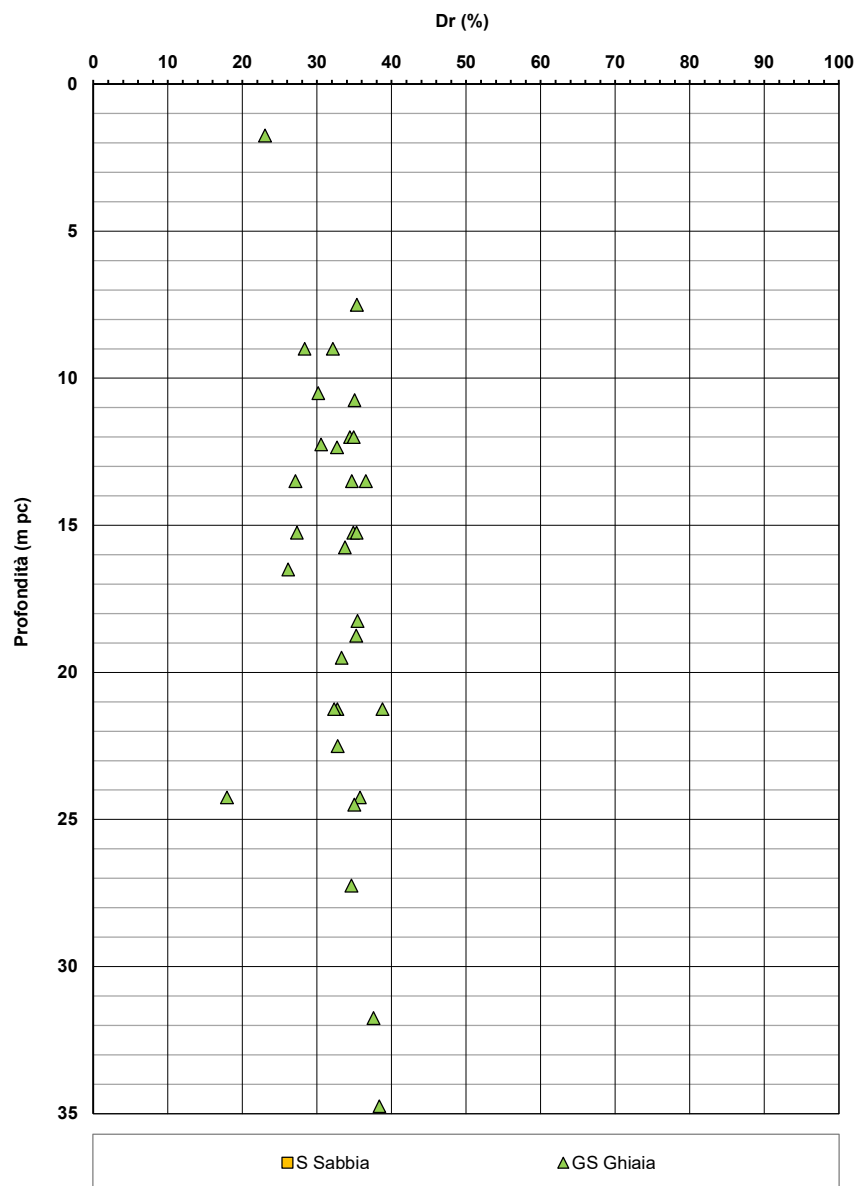


Figura 17 –Densità relativa da prove SPT l'Unità 6 fra le progressive di interesse



**AV/AC VERONA VICENZA**

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

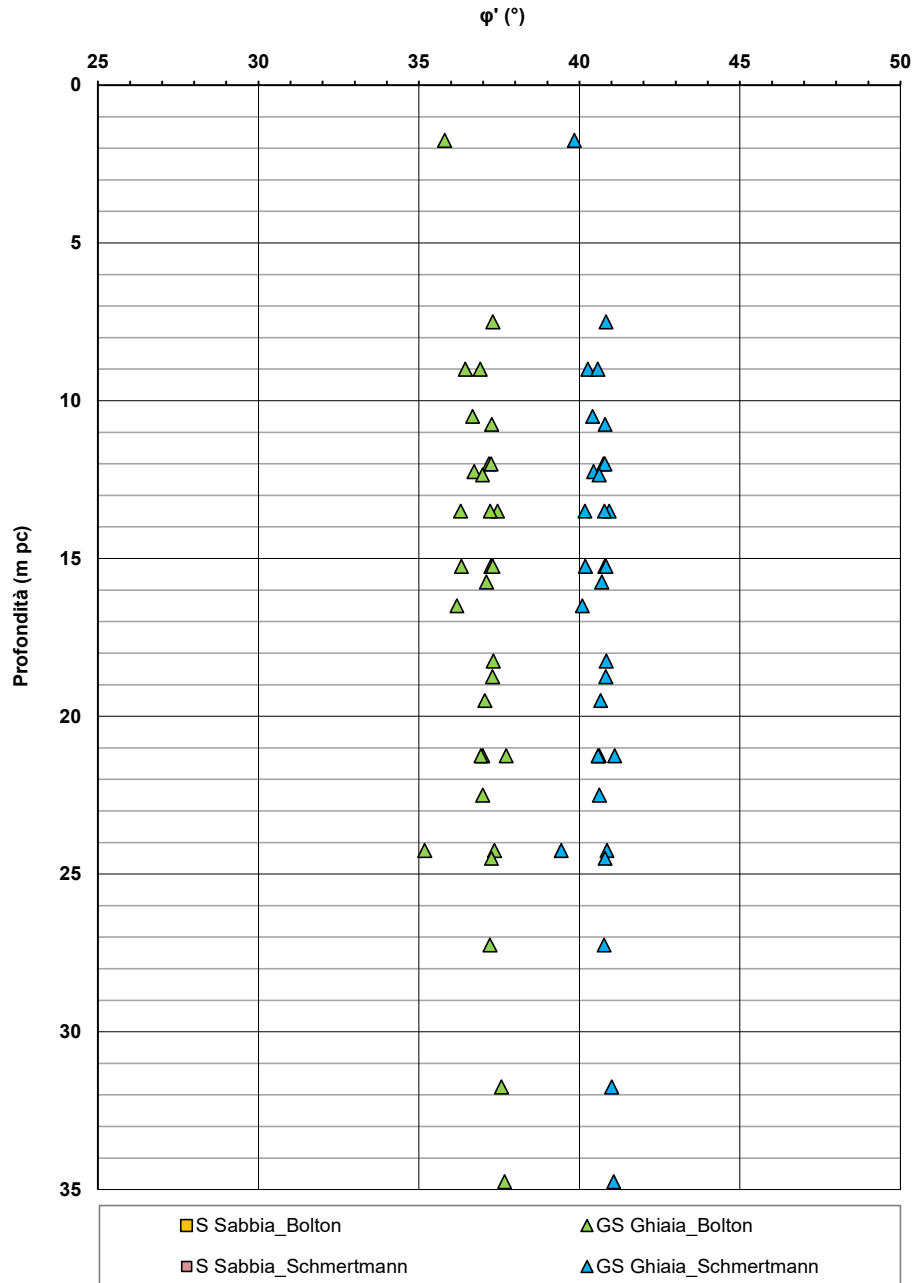


Figura 18 –Angolo di resistenza al taglio per l'Unità 6 fra le progressive di interesse



**AV/AC VERONA VICENZA**

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

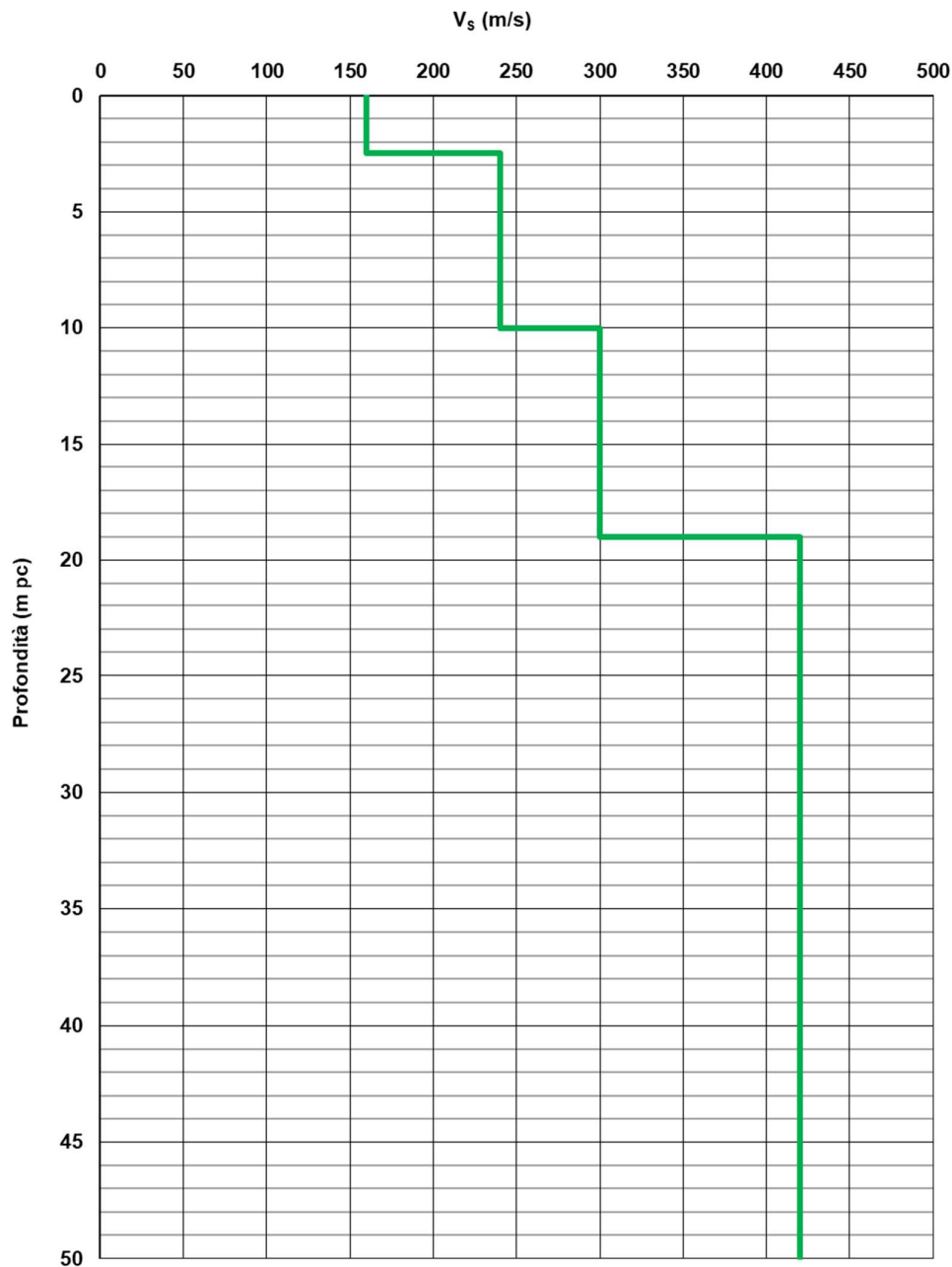


Figura 19 – Determinazione Profilo di velocità  $V_s$  nel tratto di interesse



**AV/AC VERONA VICENZA**

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

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

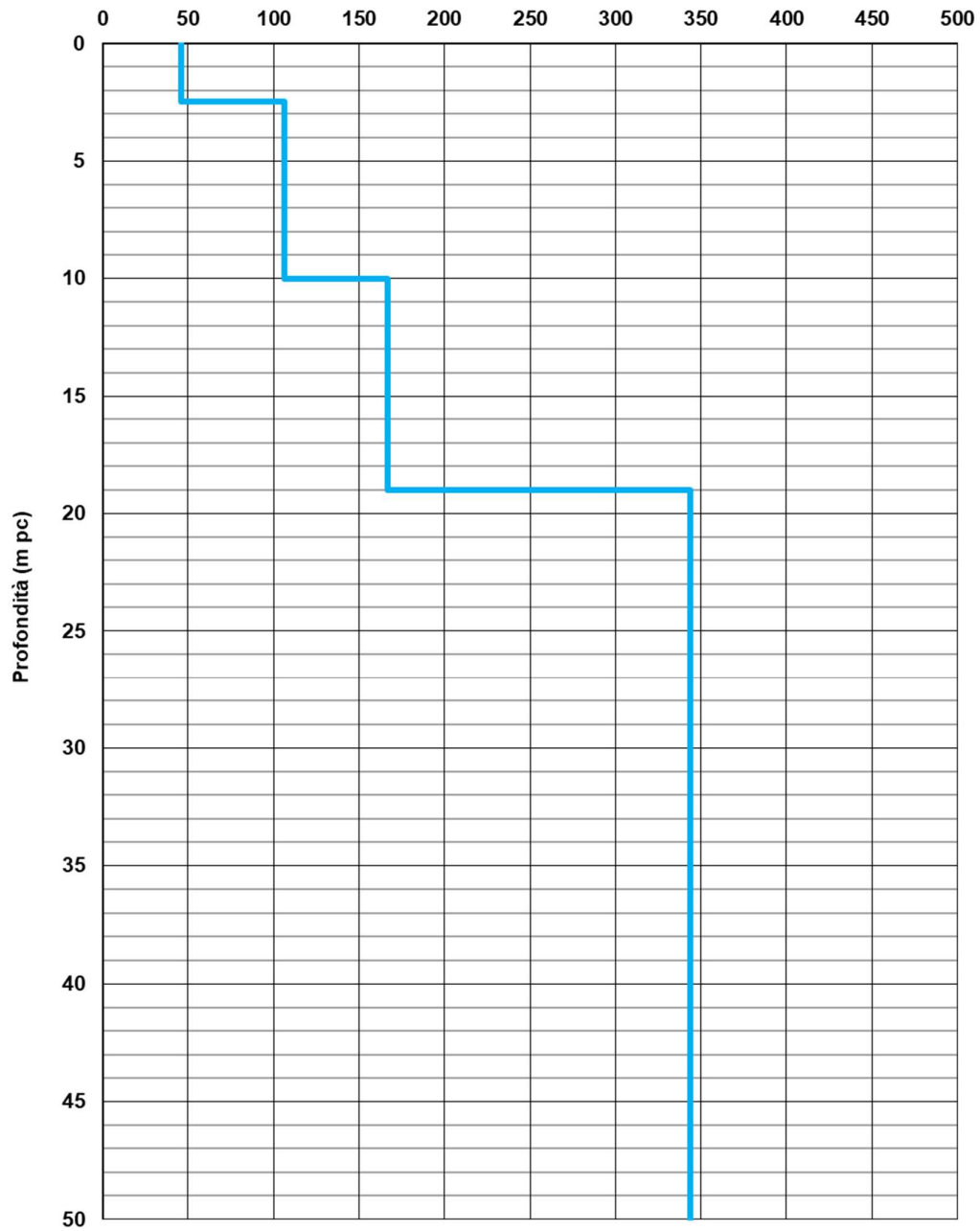




Figura 20 – Modulo di taglio G<sub>0</sub> nel tratto di interesse

GENERAL CONTRACTOR   <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA   <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001C	Foglio 32 di 126

## 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>	$\varphi_k$ °	$c'_{k}$ 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	11.0	“ “	“ “	5	45	“ “	“ “	“ “	200	“ “	-
2	11.0	12.5	“ “	“ “	“ “	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 i livelli di falda di progetto si faccia riferimento a quanto riportato al punto 4.3.



### 4.5.1 Materiale da rilevato

Le caratteristiche dei rilevati ferroviari sono desunte dal MdP (Doc. rif. [23]) e sono di seguito riassunte.

*Tabella 3 - Caratteristiche materiale da rilevato*

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



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001C	Foglio 33 di 126

## 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. [22] e [23]), 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.



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001C	Foglio 34 di 126

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  $V_R = V_N * C_U = 100 * 1.5 = 150$  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. [8]) e nelle Planimetrie con classificazione sismica dei terreni (Doc. rif. [9]), i terreni di progetto possono essere caratterizzati come appartenenti a terreni di Categoria C:

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

### 5.1.5 Condizioni topografiche

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

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001C	Foglio 35 di 126

### 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. [18]).



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

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001C	Foglio 36 di 126

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

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

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

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

dove:

$a_{max}$             accelerazione di picco al sito

$g$                 accelerazione di gravità

$\tau_c$               valore rappresentativo dello sforzo di taglio ciclico

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

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



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

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001C	Foglio 37 di 126

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

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

### 5.2.1 CRR da correlazione su prove CPT

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

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

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

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

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

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

dove:

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

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



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

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

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

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

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

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

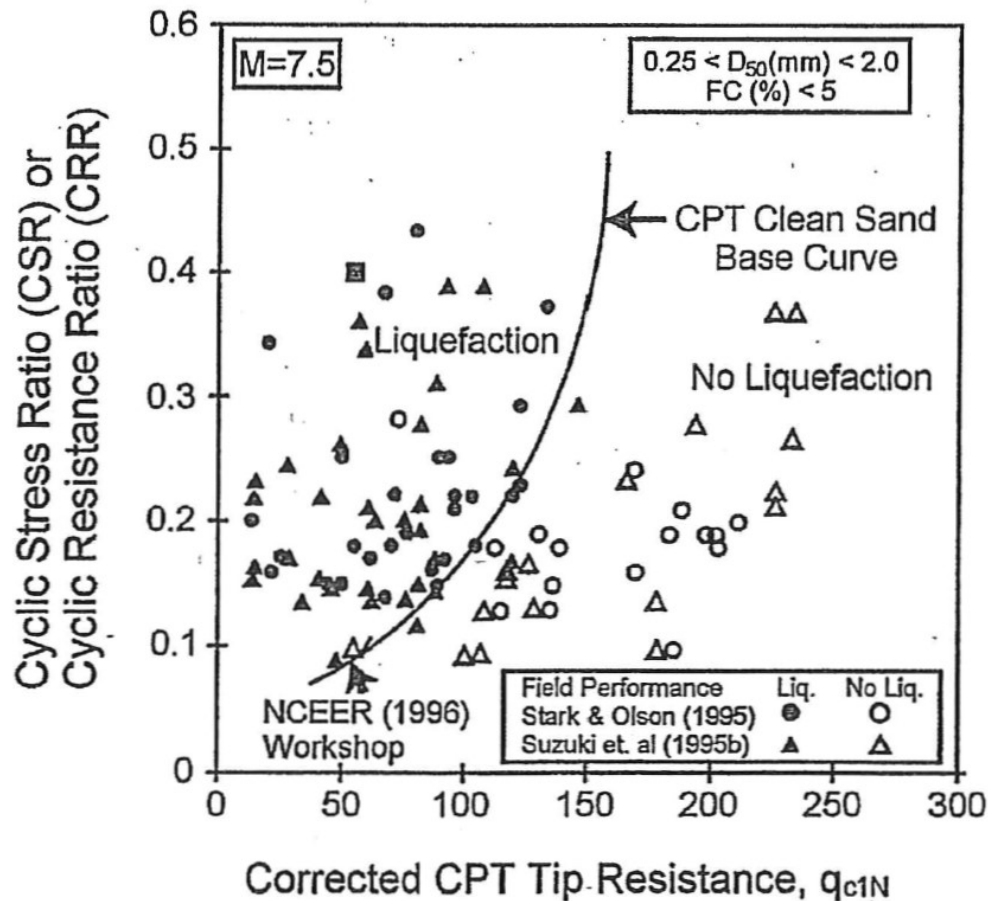


Figura 21: Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e valori corretti di resistenza alla punta  $q_{c1N}$  – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Robertson & Wride, 1998)

### 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:

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

dove:

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001C	Foglio 40 di 126

proposta da Liao e Whitman (1986):

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

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

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

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

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

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

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

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

Si può osservare dalla

Figura 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)

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

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

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



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001C	Foglio 41 di 126

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 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):

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

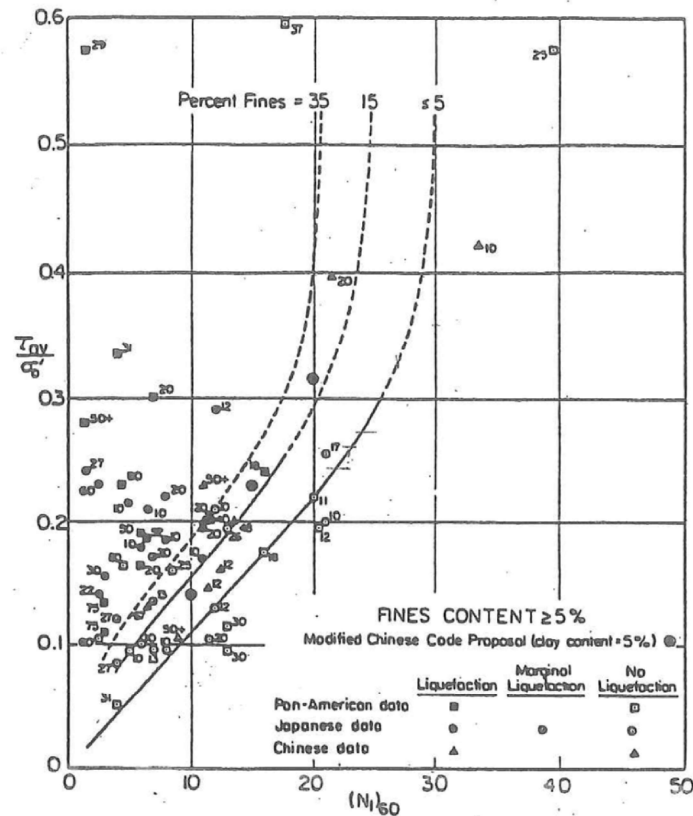


Figura 22: Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e  $N_{1(60)}$  – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Seed et al., 1985).

Nelle Figure dalla 23 alla 26 vengono mostrati i risultati delle analisi svolte.

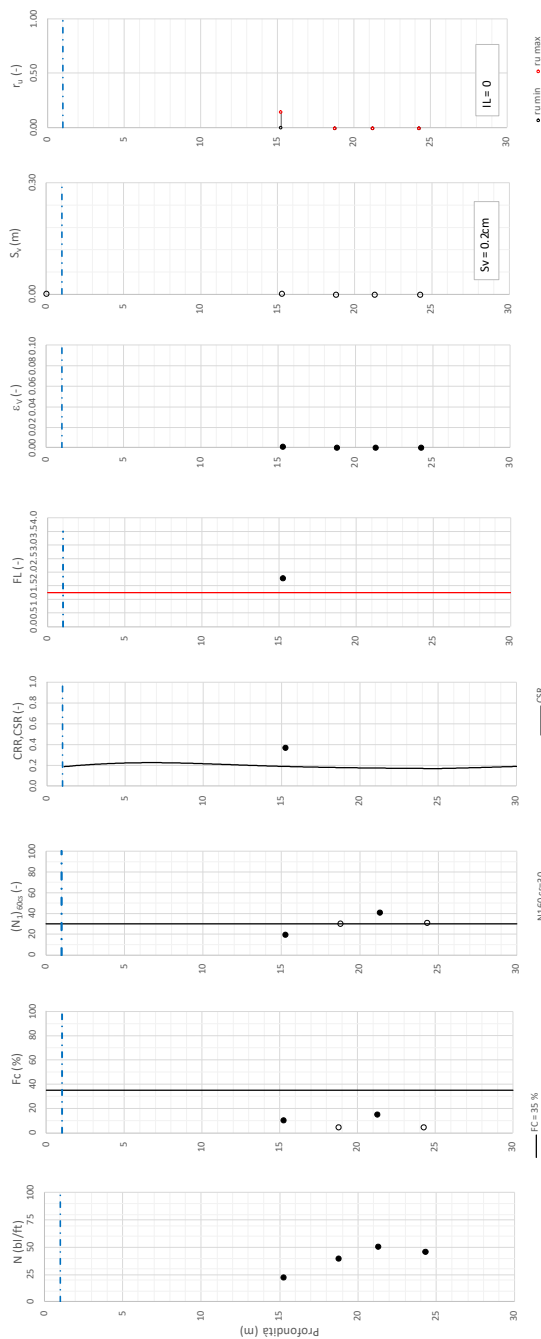
In relazione ai valori di coefficiente di sicurezza prossimi all'unità in prossimità del p.c, nell'area della CPTU-PE-44 , si segnala quanto segue:

- Le verifiche sono state condotte con una falda cautelativa, nelle condizioni di lungo termine, quando il valore medio della quota falda si pone 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 RI66A.



Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 2 - Prova BH-PE-75 Pr. 35-300  
a<sub>max</sub> = 0.297g; M<sub>calc</sub> = 6.5; MSF = 1.7 Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001  
Altezza rilevato = 5m



Foglio verifica liquefazione Ngei v. 102

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



Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 2 - Prova CPTU-PE-42 Pr. 35+040  
 $a_{v,max} = 0.297g$   $M_{calc} = 6.5$   $MSF = 1.7$  Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001  
 Altezza rilevato = 6m

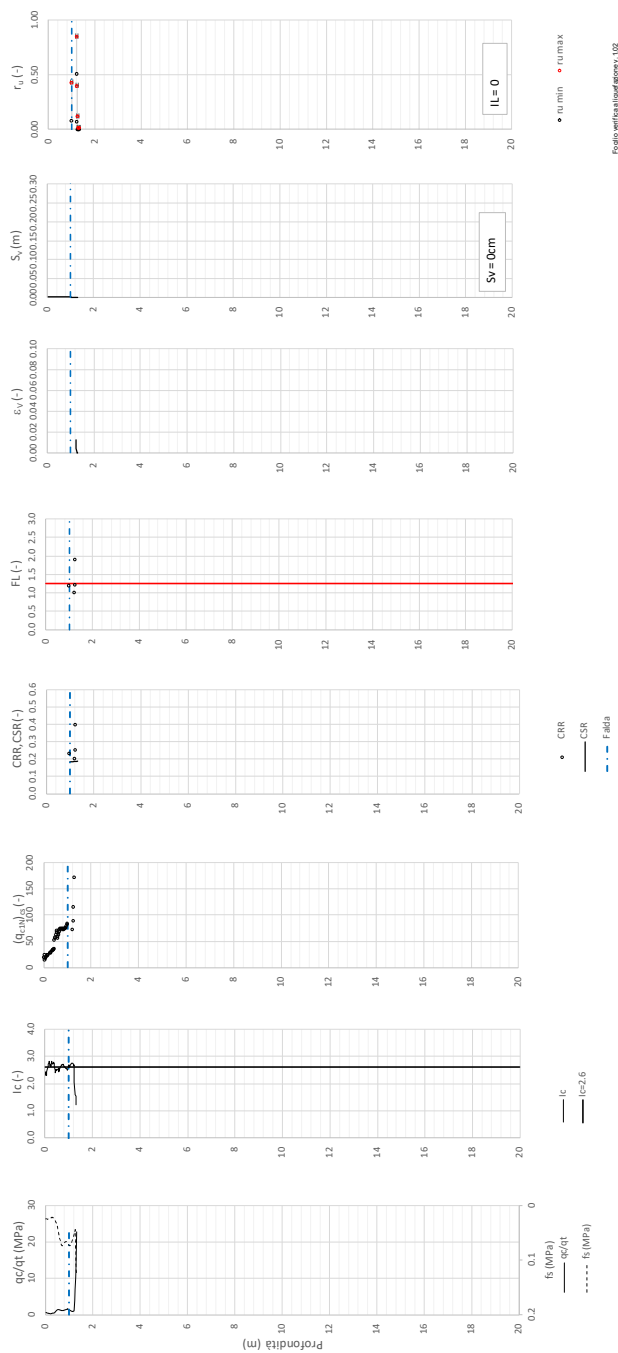


Figura 24 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU-PE-42



T tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 2 - Prova CPTU-PE-43 Pr. 35+365  
a\_max = 0.297g M\_calc = 6.5 MSF = 1.7 Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001  
Altezza rilevato = 5m

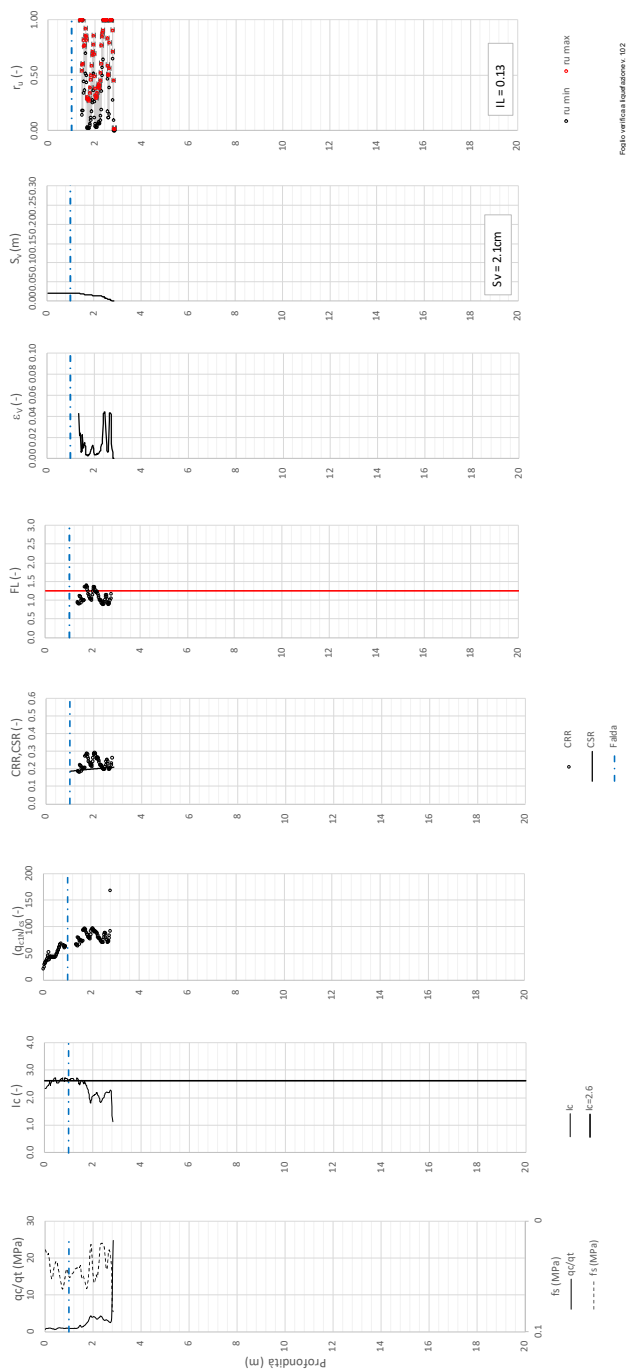


Figura 25 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU-PE-43



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 NCEER 1996 - 1998 - 2001  
Altezza rilevato = 3m

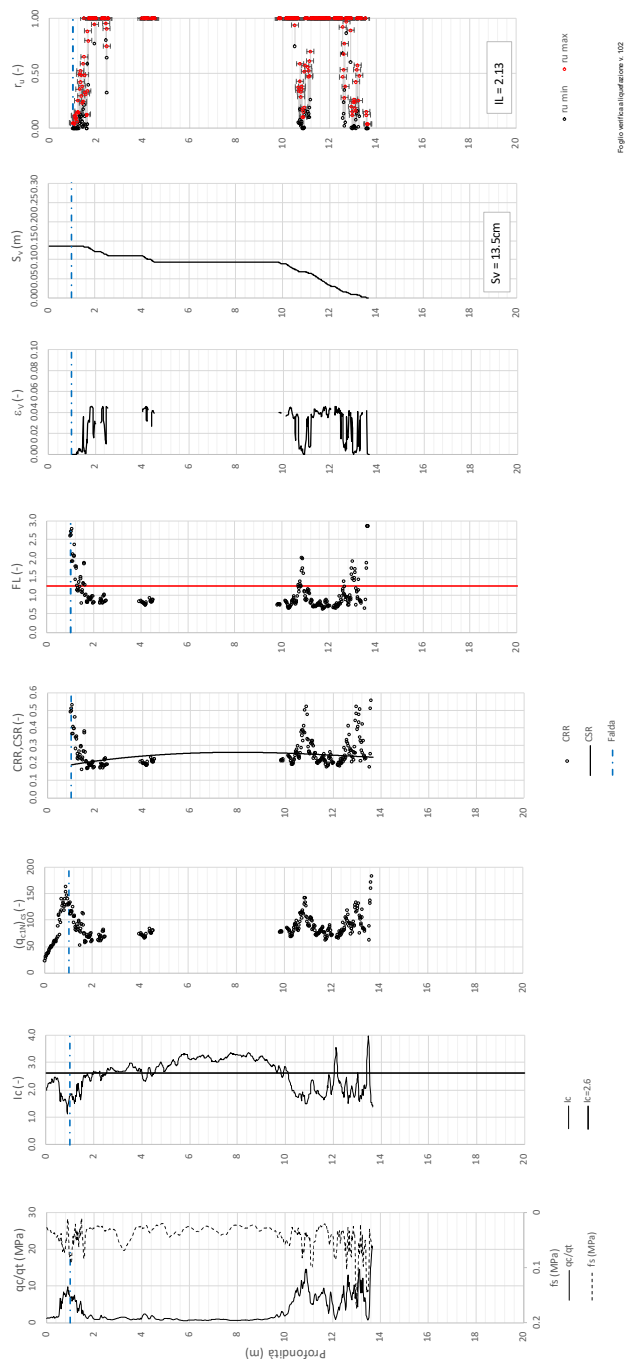




Figura 26 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU-PE-44

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001C	Foglio 47 di 126

## 6 VERIFICA DELL'OPERA

### 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. [18]):

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

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

$$E_d \leq R_d \quad (\text{Eq. 6.2.1 del Doc. Rif. [18]})$$

dove:

- Ed valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;
- Rd valore di progetto della resistenza.

La verifica della condizione  $E_d \leq R_d$  deve essere effettuata impiegando specifiche combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri di resistenza dei materiali (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. [18]).

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

$$E_d \leq C_d \quad (\text{Eq. 6.2.7 del Doc. Rif. [18]})$$



dove:

- Ed valore di progetto dell'effetto dell'azione;
- Cd 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 di resistenza dei materiali.

#### 6.1.1 Stati limite ultimi (SLU)

Dal punto di vista geotecnico, 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. [18]), tenendo conto dei coefficienti parziali sotto definiti.

GENERAL CONTRACTOR   <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA   <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001C	Foglio 48 di 126

La verifica di stabilità globale si ritiene soddisfatta se:

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

essendo R resistenza globale del sistema (vedasi Par. C.6.8.6.2 del Doc. Rif. [19]), calcolata sulla base delle azioni

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

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. [18]), 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. [18])*

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



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001C	Foglio 49 di 126

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

Coefficiente	<b>R2</b>
$\gamma_R$	1.1

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. [23]). 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)**

I livelli prestazionali dell'opera previsti agli Stati Limite di Esercizio devono essere verificati impiegando i valori caratteristici delle azioni e dei parametri di resistenza dei materiali (Par. 6.5.3.2 del Doc. Rif. [18]). Agli SLE si verifica che gli spostamenti ed i livelli tensionali del manufatto siano compatibili con la funzionalità della struttura e con la sicurezza e l'esercizio di opere adiacenti.

Per quanto riguarda gli spostamenti il MdP richiede che i cedimenti residui a partire dal completamento del piano di posa del ballast non superino il 10% dei cedimenti teorici totali e siano 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 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. [23] e [27]). Laddove si superino i limiti riferiti al primo livello di qualità (10 mm, Doc. rif. [27]), è richiesto il monitoraggio del binario durante la costruzione.



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001C	Foglio 50 di 126

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

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

## 6.2 Azioni di progetto

Le azioni di progetto considerate nella analisi sono state definite coerentemente a quanto prescritto nel MdP (Doc. rif. [22]) e nelle NTC (Doc. rif. [18]) 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.

Tabella 10 - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (Doc. rif.[18])

	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

Sulla base dell'accelerazione sismica di riferimento definita nel capitolo 5, i coefficienti sismici assumono i seguenti valori:

$K_h = + 0.083$  (concorde alla direzione di scivolamento)

$K_v = \pm 0.042$  (verificando la più cautelativa tra negativo e positivo).

### 6.3 Sezioni di calcolo

La sezione di calcolo assunta per le verifiche è quella caratterizzata dall'altezza massima del rilevato ed è collocata alla pk 35+225 (RI66A-2): il rilevato ha un'altezza media di circa 5 m ed una larghezza di 40 m circa.



Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI66A0001C

Foglio  
52 di 126

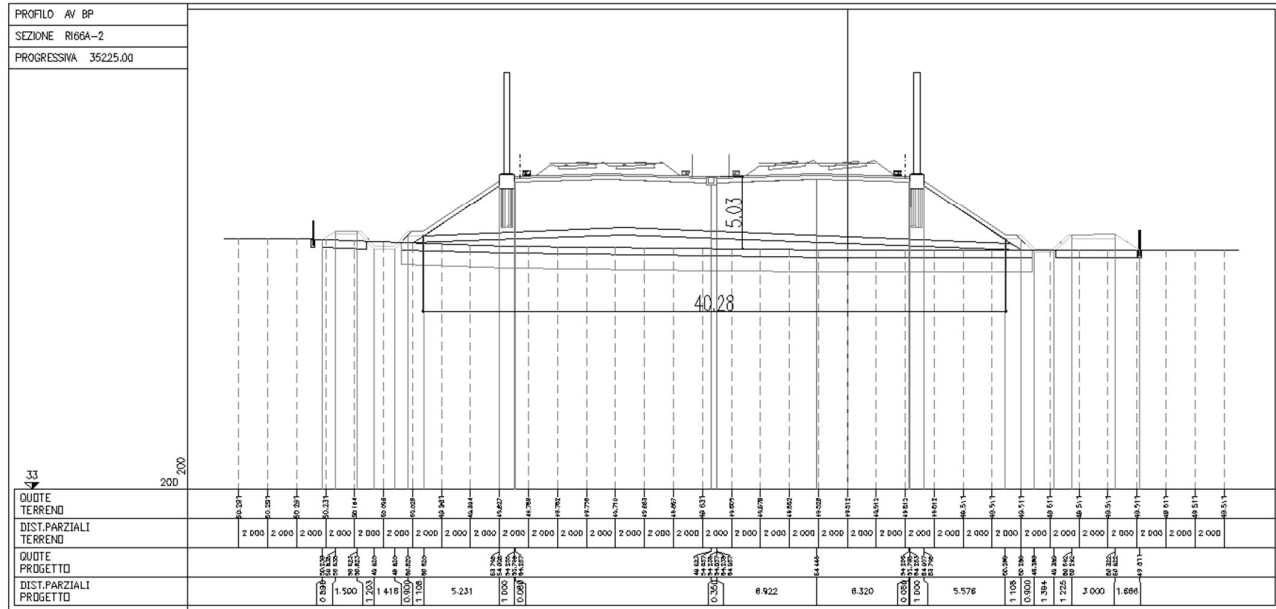


Figura 27 – Geometria della sezione di calcolo

## 6.4 Risultati e verifiche

### 6.4.1 Verifiche geotecniche agli SLU

Le verifiche di stabilità globale del rilevato (sia in condizioni statiche che sismiche) sono state condotte tramite il codice di calcolo SLIDE 7.0 (Doc. Rif. [29]) e facendo ricorso al metodo dell'equilibrio limite di Bishop modificato. I dettagli circa il modello geotecnico e la geometria del rilevato in corrispondenza della Sezione B sono discussi nei capitoli 4 e 6.3, mentre per le azioni di progetto si faccia riferimento al capitolo 6.2.

I risultati delle verifiche eseguite secondo la metodologia descritta nel capitolo 6.1.1 sono illustrati in Figura 28 e Figura 29, rispettivamente per le condizioni statiche e sismiche. I fattori di sicurezza FS minimi calcolati si riferiscono ai meccanismi individuati dalle superfici di scivolamento illustrate ed i minimi assoluti sono pari a:

$$FS_{MIN,STAT\_B} (DA1C2) = 1.64,$$

$$FS_{MIN,SISMA\_B} (DA1C2) = 1.36.$$

Essendo

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

**le verifiche di stabilità globale risultano essere soddisfatte.**

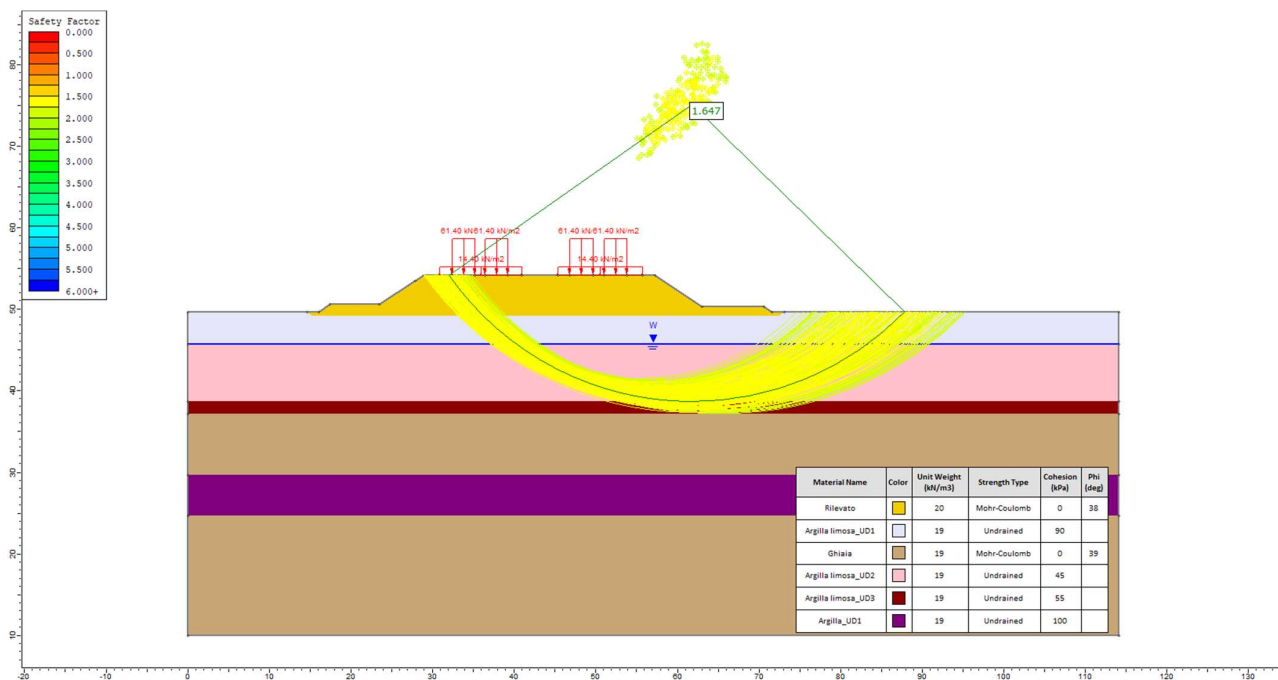


Figura 28 – Analisi di stabilità globale: in condizioni statiche (FS > 1.1)

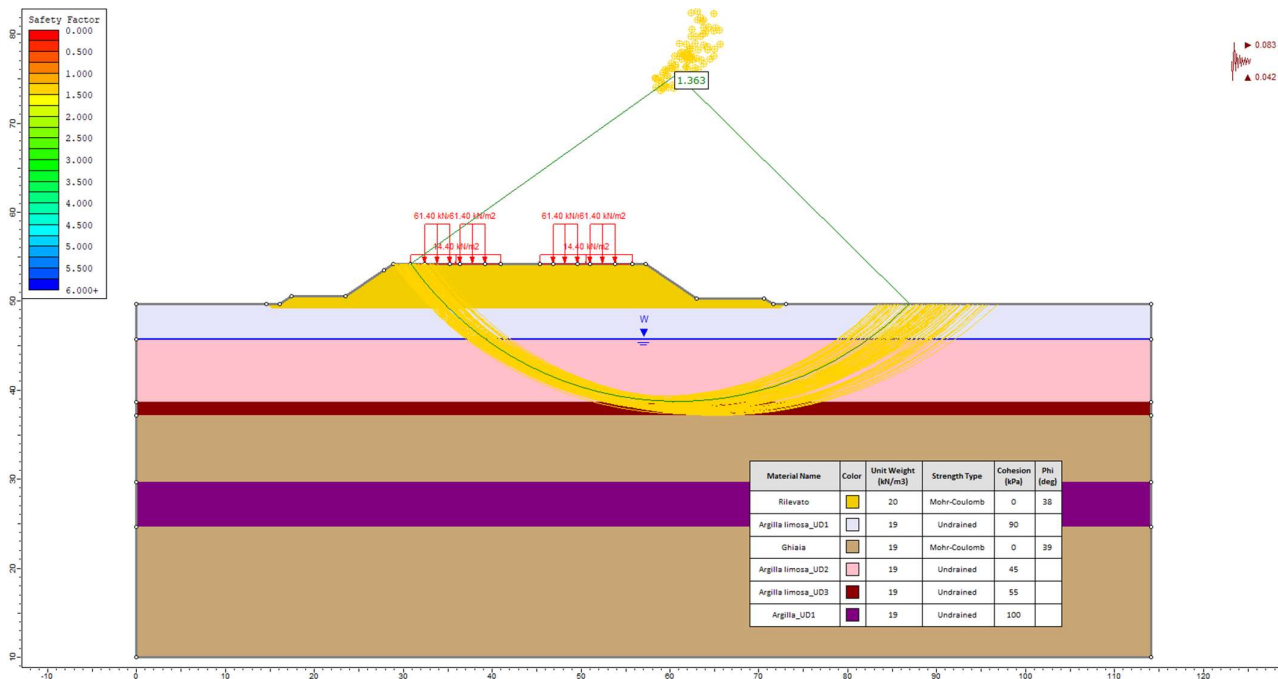


Figura 29 – Analisi di stabilità globale: in condizioni sismiche (FS > 1.1)



## 6.4.2 Verifiche geotecniche agli SLE

### 6.4.2.1 Modellazione numerica

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. [29]). Il software ha permesso di valutare lo 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-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.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001C	Foglio 55 di 126

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:

- $E_i$  rigidezza iniziale, pari a  $E_i = \frac{2E_{50}}{2 - R_f}$ , con  $E_{50}$  rigidezza relativa al 50% dello sforzo deviatorico ultimo;
- $E_{ur}$  rigidezza di scarico-ricarico;
- $q$  sforzo deviatorico;
- $q_a$  90% dello sforzo deviatorico ultimo;
- $\tilde{q}$  sforzo deviatorico misurato con una procedura speciali (Doc. rif. [29]);
- $p'$  sforzo medio;
- $p_p$  sforzo di pre-consolidazione isotropa;
- $p_{ref}$  sforzo di riferimento;
- $\varepsilon_v^p$  deformazioni volumetriche plastiche;
- $\varepsilon_1^p$  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.

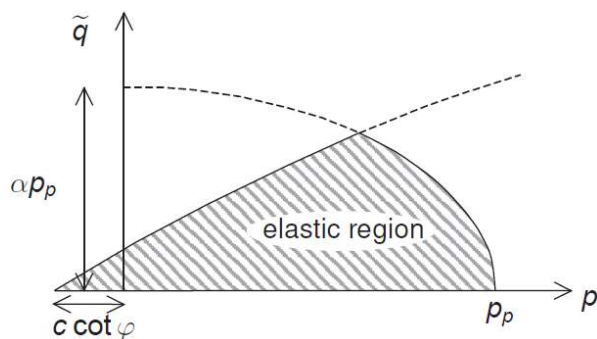




Figura 30 – Superficie di snervamento del modello Hardening Soil nel piano q-p'

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. [29]).

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001C	Foglio 56 di 126

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 6.3.

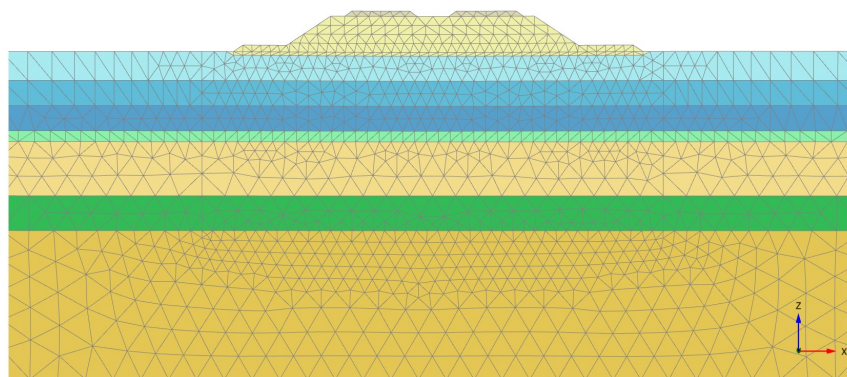


Figura 31 – Modello agli elementi finiti

#### 6.4.2.2 Fasi costruttive

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

Allestimento cantiere

Scotico

Realizzazione del rilevato: 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.

Al fine di ridurre i disequilibri nel dominio di calcolo e facilitare la convergenza della soluzione, la fase di realizzazione del rilevato è stata suddivisa in quattro stadi, della durata di un mese ciascuno. Nell'ambito delle analisi numeriche è stata, inoltre, considerata una fase di consolidazione finale fino ad esaurimento dei fenomeni di consolidazione.



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001C	Foglio 57 di 126

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.

#### 6.4.2.3 Risultati

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 condotte nel dominio del tempo, e quindi tenendo in conto i processi di consolidazione nelle diverse fasi.

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

$$E_d \leq C_d \quad (\text{Eq. 6.2.7 del Doc. Rif. [18]})$$

dove:

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

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 i 100 anni di vita utile dell'opera, inferiori a 5 cm.

I risultati dell'analisi sono riportati nella Figura 32 e nella Figura 33 In particolare:

- La Figura 32 mostra i cedimenti alla fine della costruzione del rilevato. Il cedimento massimo risulta essere pari a 13.7 cm
- e la Figura 33 mostra i cedimenti alla fine della consolidazione, incluso il peso del ballast. Il cedimento massimo risulta essere pari a 16.5 cm.

Pertanto, nel caso in esame, i cedimenti residui nell'intervallo di tempo indicato sono dell'ordine del centimetro. Anche considerando un'aliquota di cedimenti secondari, che può esser stimata nell'ordine dei millimetri (e comunque una frazione del cedimento per consolidazione), si può concludere che il cedimento nell'arco di tempo di interesse sarà al disotto dei 5 cm richiesti. e, pertanto, **la verifica delle prestazioni dell'opera agli Stati Limite di Esercizio è soddisfatta.**

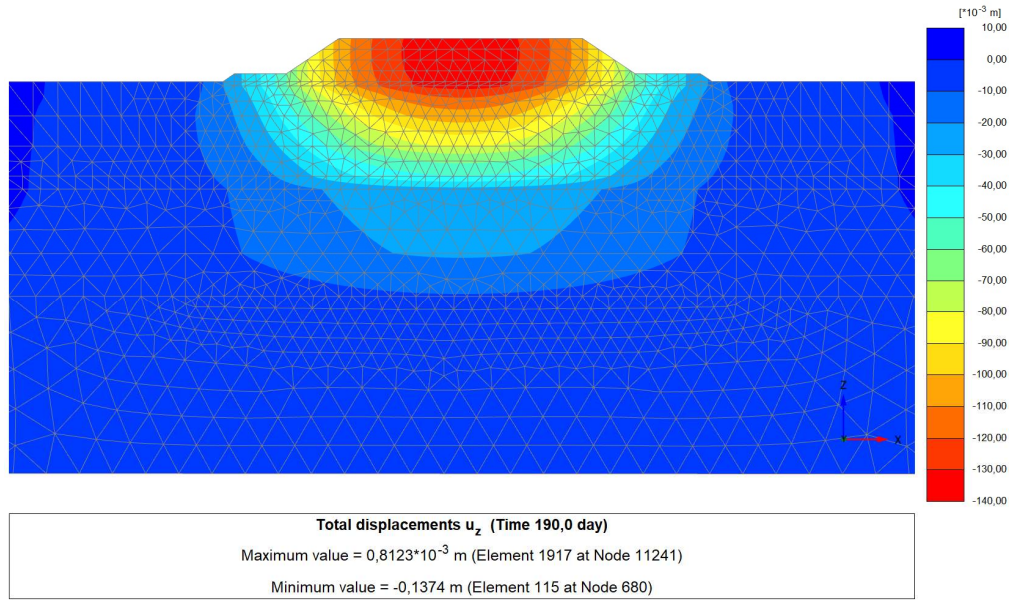


Figura 32 – Cedimenti prima della posa del ballast

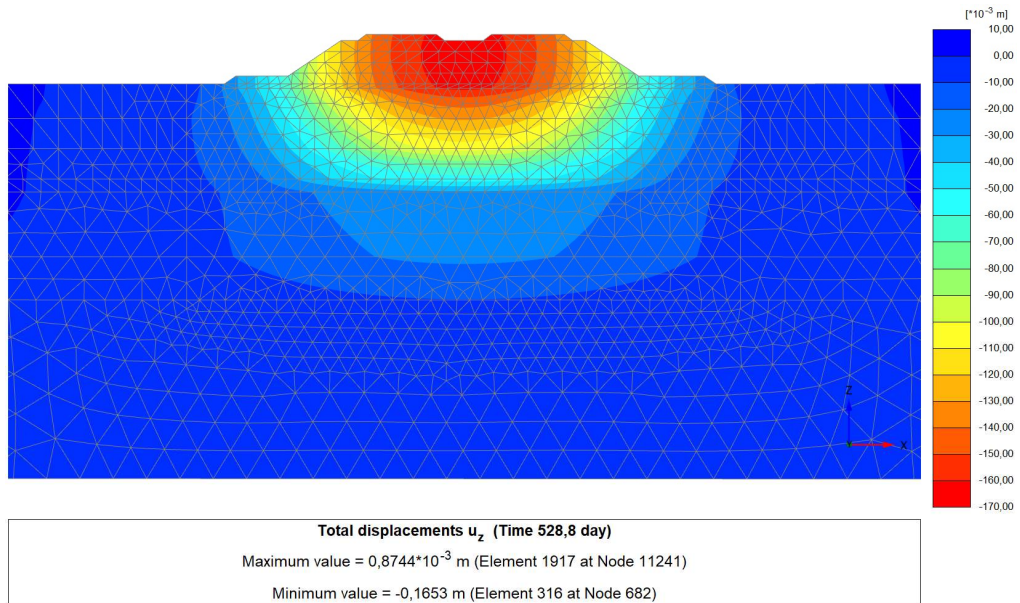




Figura 33 – Cedimenti in seguito alla posa del ballast ed al termine della consolidazione

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001C	Foglio 59 di 126

## 7 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

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

Come opera di presidio nei confronti di possibili cedimenti inattesi in corrispondenza della zona in cui il nuovo rilevato esteso converge sul rilevato di linea esistente da dismettere, si prevede di realizzare un trattamento di irrigidimento del terreno a protezione della linea in esercizio. Si prevede in particolare di realizzare un allineamento longitudinale costituito da inclusioni rigide  $D=800$ , poste ad interasse  $i = 2,5$  m, e lunghezza  $L=13$  m, tali da intestarsi nello strato di ghiaia alla base dei sedimenti argillosi a circa 10-13 m da p.c.

L'intervento verrà realizzato installando le inclusioni rigide al piede del nuovo rilevato lungo tutta l'estensione della WBS, in modo tale da schermare gli effetti della costruzione del nuovo rilevato sul rilevato esistente.

Si rimanda agli elaborati grafici per i dettagli.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI66A0001C

Foglio

60 di 126

**ALLEGATI**

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

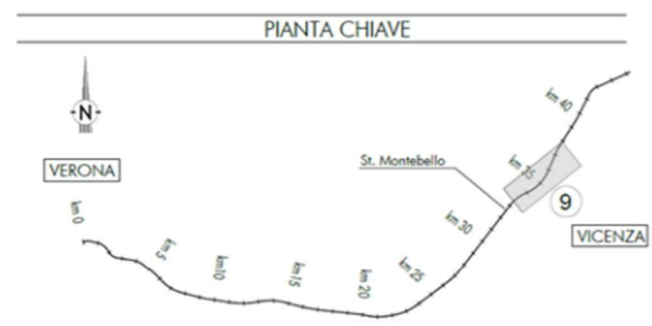
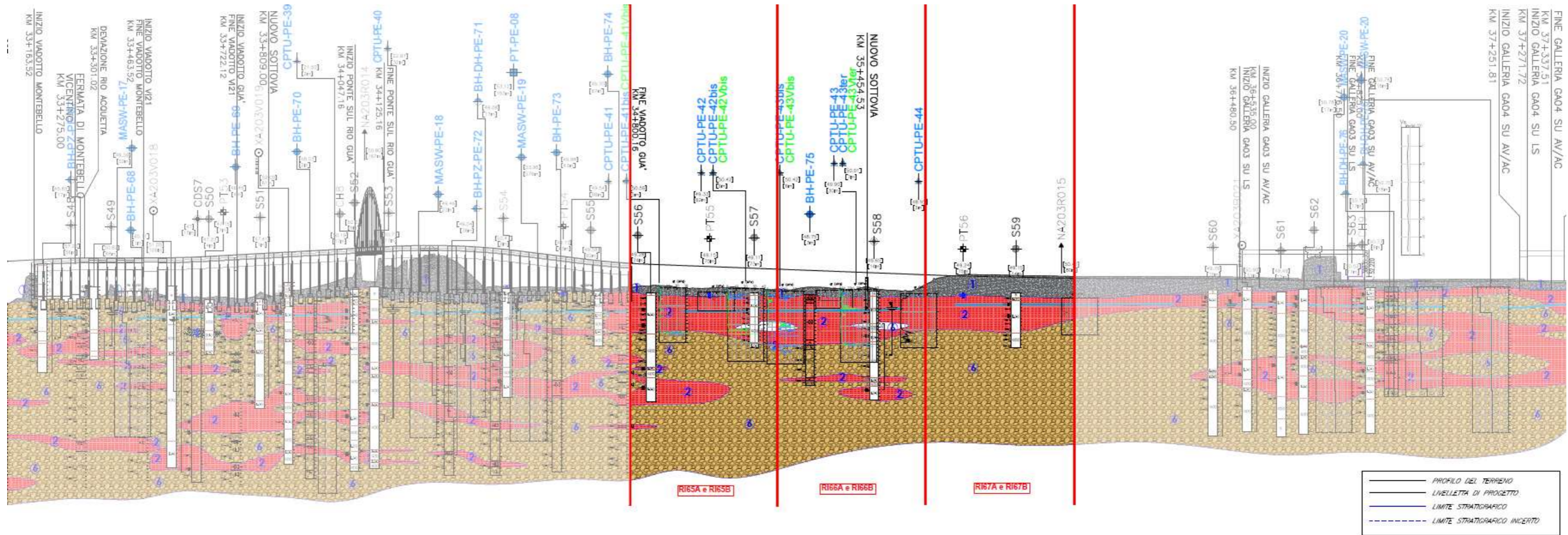
Codifica

EI2RBRI66A0001C

Foglio

61 di 126

## ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO



**LEGENDA**

**Campagna indagini integrative PE**

- BH-PE-42: Sondaggio a carotaggio continuo
- BH-PE-70: Sondaggio a carotaggio continuo con installazione di piezometro a tubo aperto o Casagrande
- MASW-PE-18: Indagini MASW
- CPTU-PE-40: Prova penetrometrica statica con piezometro

**Campagna indagini 2018 per CDS**

- CDS7, S50, PT53: Sondaggio geostatico

**Campagna indagini 2015**

- P1-P15, P20: Sondaggio a carotaggio continuo con installazione di Piezometro a Tubo Aperto (A) e/o Piezometro a Tubo Aperto (C)

**Campagna indagini 2014**

- SP: Sondaggio a carotaggio continuo
- SP1, SP2, SP3: Sondaggio a carotaggio continuo (SP) con installazione di Piezometro Casagrande (C) e/o Piezometro a Tubo Aperto (A)
- SP4: Foro a distribuzione di nucleo per installazione di Piezometro Casagrande (C) e/o Piezometro a Tubo Aperto (A)
- SP5: Prova penetrometrica statica con piezometro (possibilità di avanzamento con trivellazione)
- SP6: Prova penetrometrica statica con piezometro "tradizionale"
- SP7: Foro a distribuzione di nucleo per esecuzione prove CROSS-HOLE
- PT: Piazzetta esplorativa a 1,5 m da p.c. con prove di carico su piastra
- Profondità delle indagini

**Campagna indagini pregresse**

- 1998: Sondaggio geostatico (campagna 1998)
- 2002: Sondaggio geostatico, numero di riferimento (campagna 2002)
- 2002: CPTU, numero di riferimento (campagna 2002)
- 2002: Pozzo con stratigrafia, numero di riferimento (Dati ex Aziende Industriali Municipalizzate (vi) per gentile concessione Centro Idrico Navaleto s.r.l.)

**Classi dei terreni**

- 1) Riporto
- 2) Limi argillosi e limi da compatte a molto compatte, generalmente sovraconsolidati
- 3a) Area con prevalenza di sabbie limose/limo e limi sabbiosi/limo, a compartimento drenato, da sciolli a mediamente addensati
- 3b) Area con prevalenza di limi argillosi e argille limose, da tenere a mediamente compatte, generalmente NC o debolmente OC
- 3c) Area di alterazione, sia in verticale che parametrica, di materiali 3a e 3b
- 4) Sabbie generalmente da debolmente limose a limose, da mediamente addensati a molto addensati
- 4a) Ghiaie, ghiaie con sabbie, con presenza locale di ciottoli, anche di grandi dimensioni (fino a 80/100mm)

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI66A0001A

Foglio

63 di 126

## ALLEGATO 2 – INDAGINI DISPONIBILI



Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
IN17	12	EI2RBRI66A0001A	64 di 126

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da Certquality - Qualità Ambiente Sicurezza - UNI EN ISO 9001:2008 - UNI EN ISO 14001:2004 - BS OHSAS 18001:2007

**FERRARA DEPARTMENT**

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

SOCOTEC ITALIA Srl - P. Iva 01872430648  
Headquarters: Via 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

RDP SITO N°: SF201070

PROFONDITA': 25,00 m

ESECUZIONE: 24-25/11/2020

OPERATORE: BARONE - EL AZHARI

RIVESTIMENTO: 22,00 m

COMMESSA: 22036AV-20

RESPONSABILE: FOGLI

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			RETO DO E UTENSILE	FALDA
				TIPO	NUM. PROF.			TIPO	NUM.	PROF.		
0	0,30		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			50	25					
3	3,50		Limo argilloso debolmente sabbioso, marrone									
4				SH1	3,00	100	50					
5					3,60	125	65					
6						125	65					
7						125	65					
8						50	25					
9						75	30					
10						125	60					
11			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	SH2	6,70	75	30					
12						50	25					
13						100	45					
14						100	50					
15	12,50		Argilla, grigio			25	10					
16	13,60		Limo argilloso, marrone			50	20					
17	13,90		Ghiaia eterogenea (da sub-arrotondata a sub-angolosa) in matrice limoso sabbiosa, marrone chiaro			75	30					
18	15,00		Ghiaia eterogenea (da sub-arrotondata a sub-angolosa) in matrice sabbioso limosa, marrone chiaro.			100	50					
19	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			125	60					
20						100	45					

Il Direttore Tecnico SOA:  
ing. Massimo De Iasi

Il Responsabile Prove in Sito:  
dott. Massimo Romagnoli



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
IN17	12	EI2RBRI66A0001A	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 01872430648  
Headquarters: Via Bartola, 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			METODO E UTENSILI	FALDA		
				TIPO	NUM.	PROF.	TIPO	NUM.	PROF.				
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									Carotaggio continuo tramite carotiere semplice 101 mm	Foro non attrezzato
22													
23													
24													
25	25,00												
26			FINE SONDAGGIO										
27													
28													
29													
30													
31													
32													
33													
34													
35													
36													
37													
38													
39													
40													

Il Direttore Tecnico SOA:  
ing. Massimo De Iasi

SF201070\_BH-PE-75 - pag 2 di 4

Il Responsabile Prove in Sito:  
dott. Massimo Romagnoli

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI66A0001A

Foglio

66 di 126

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da CertQuality - Qualità Ambiente Sicurezza - UNI EN ISO 9001:2008 - UNI EN ISO 14001:2004 - ISO OHSAS 18001:2011

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)



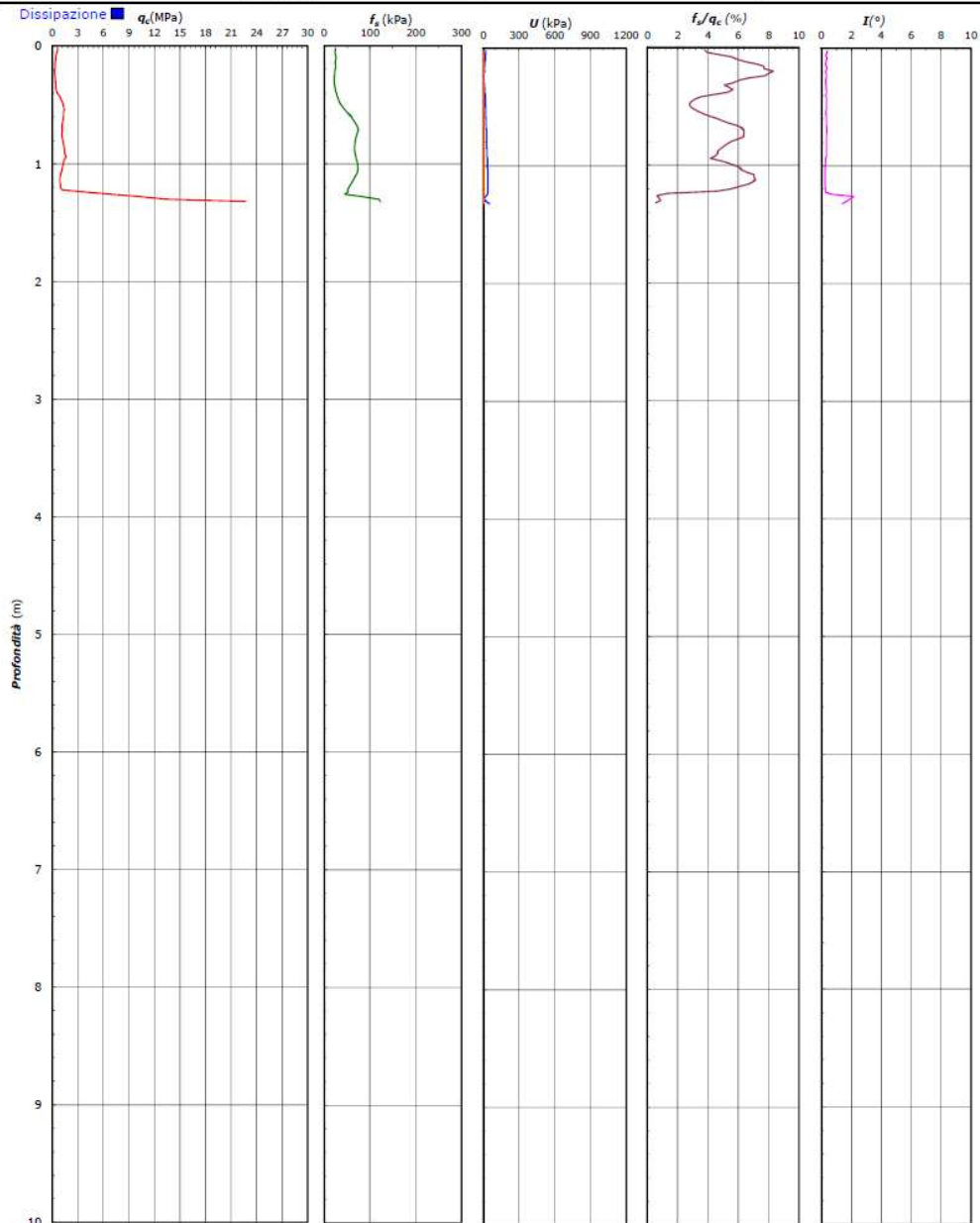
**COMMITTENTE:** CONSORZIO IRICAV DUE - Via Francesco Tovaglieri 413-00155 Roma (RM)

**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)[a = 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

SF210098\_CPTU-PE-42.xls - pag 2 di 3

Il Responsabile Prove in Sito:  
dott. Massimo Romagnoli

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI66A0001A

Foglio

67 di 126

Attestato con Sistemi di Gestione certificati da Certiquality - Qualità Ambiente Sicurezza - UNI EN ISO 9001:2008 - UNI EN ISO 14001:2004 - BS OHSAS 18001:2011

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 9376 0000 - Fax: +39 02 9376 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



Il Direttore Tecnico SO:  
ing. Massimo De Iasi

GF210099\_CPTU-PE-43.xls - pag 2 di 3

Il Responsabile Prove in Sito:  
dott. Massimo Romagnoli

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI66A0001A

Foglio

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)

Azienda con Sistemi di Gestione certificati da CertQuality - Qualità Ambiente Sicurezza - UNI EN ISO 9001:2008 - UNI EN ISO 14001:2004 - BS OHSAS 18001:2011



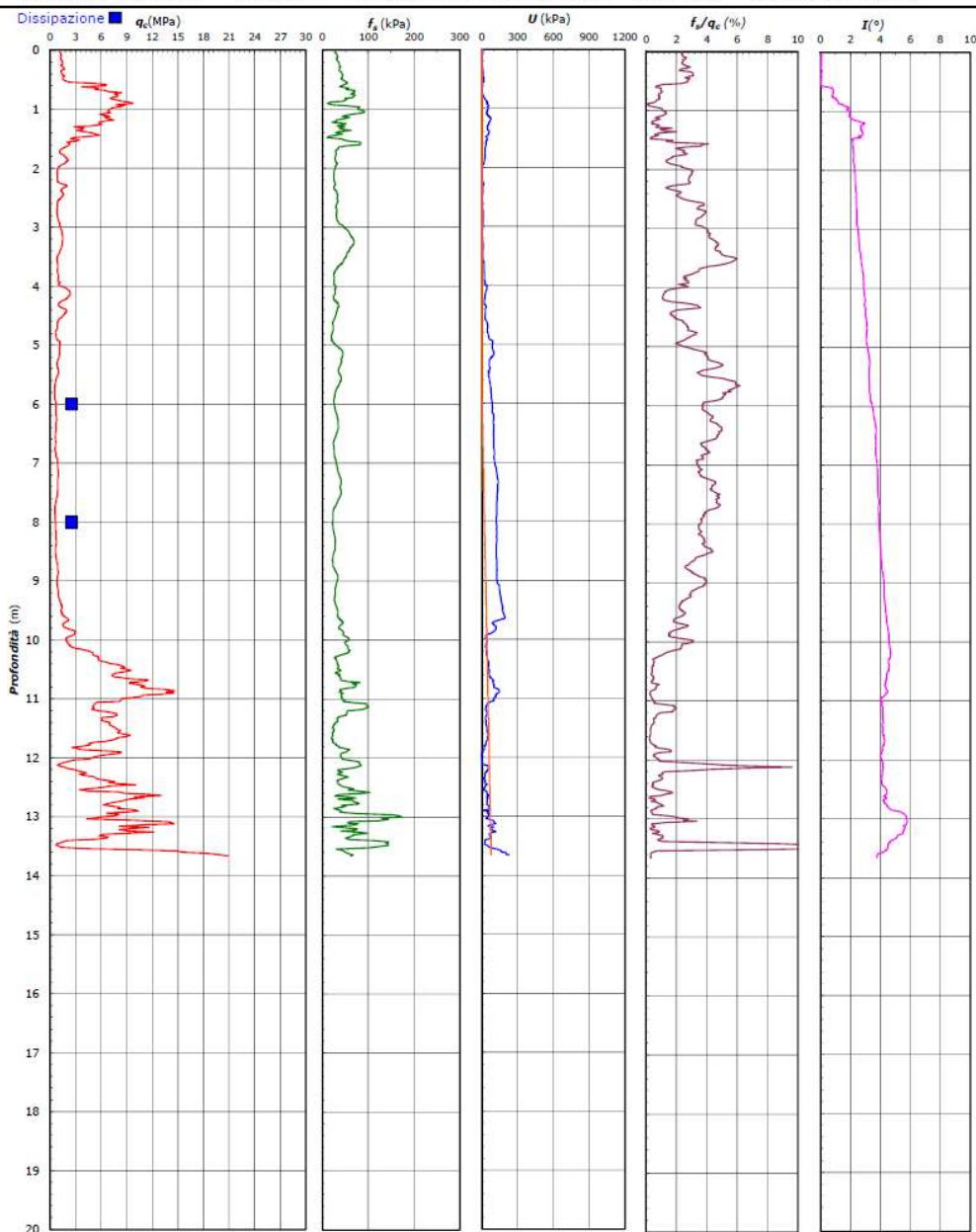
**COMMITTENTE:** CONSORZIO IRICAV DUE - Via Francesco Tovaglieri 413-00155 Roma (RM)

**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



Il Direttore Tecnico SO:  
ing. Massimo De Iasi

SF210100\_CPTU-PE-44.xls - pag 3 di 4

Il Responsabile Prove in Sito:  
dott. Massimo Romagnoli

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI66A0001A

Foglio

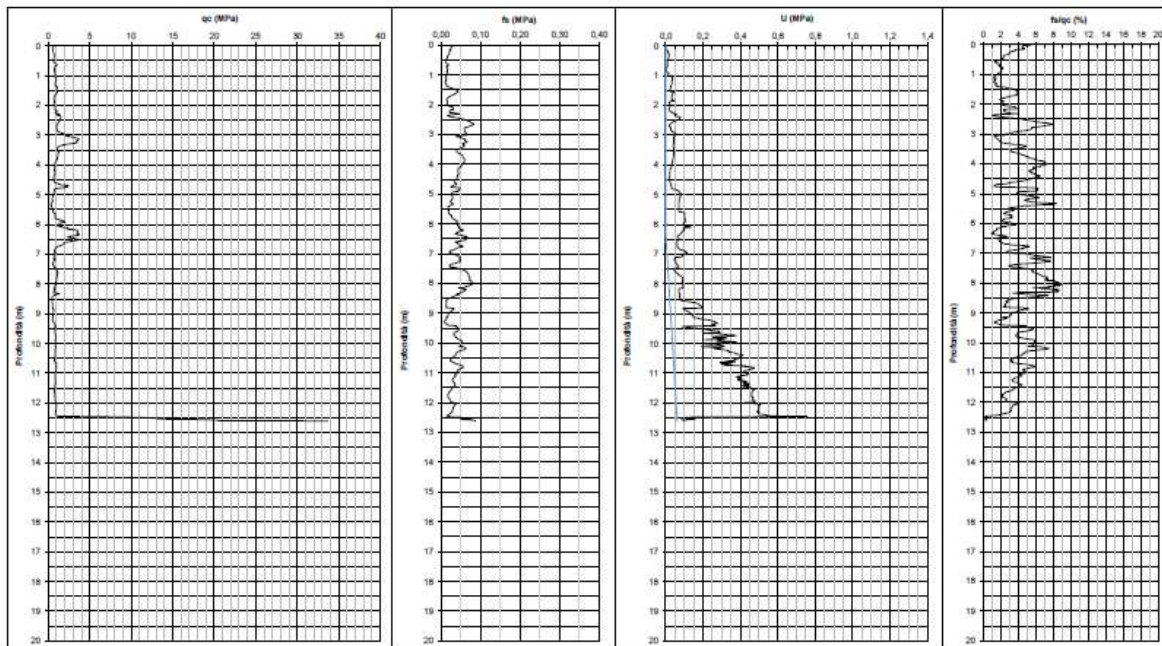
69 di 126

**vicenzetto**

SOILS WATER AND CLIFF

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPTU

<b>COMMITTENTE</b> Consorzio Iricav Due	<b>Punta</b> Mk497
<b>CANTIERE</b> Linea AV/AC Verona - Padova 1 lotto Funzionale Verona - Bivio Vicenza	<b>Profondità prova</b> 12,61 m da p.c. <b>Livello acqua</b> 6,30 m da p.c.
<b>PROVA</b> CPTU41 bis <b>DATA</b> 04/05/2021 <b>RESPONSABILE</b> Dott. Geol. Paolo Greggio	<b>Coordinate WGS84</b> X 45.459236° Y 11.408969°



PROVA PENETROMETRICA CPTU-PE-41VBIS

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI66A0001A

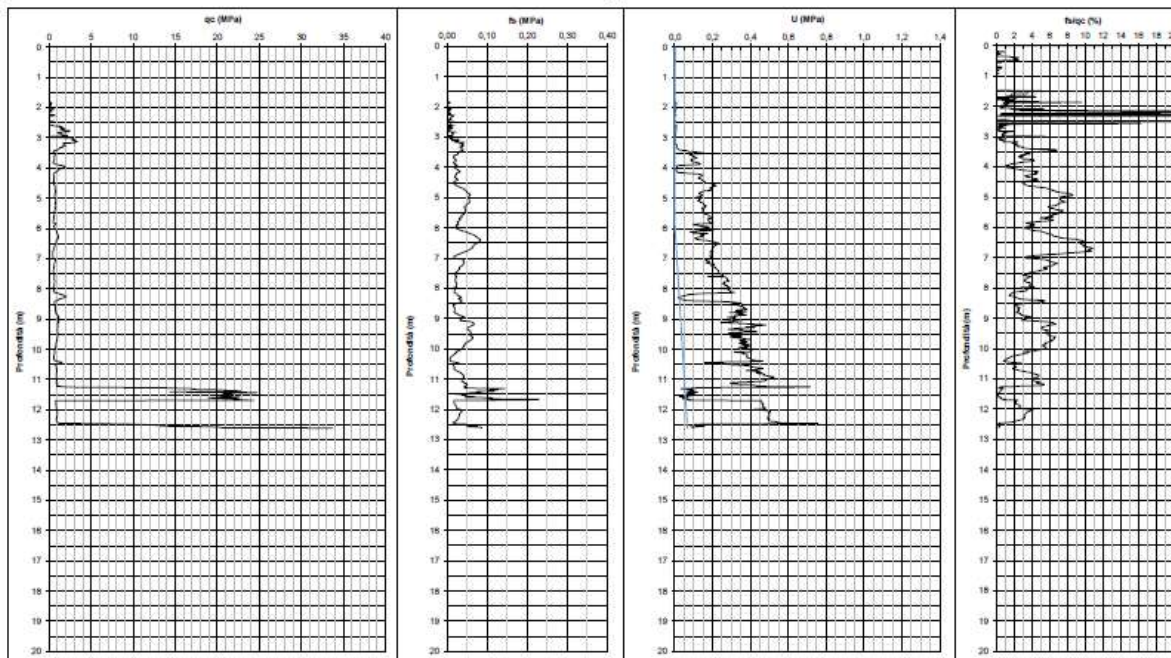
Foglio

70 di 126

**vicenzetto**  
EARTH WATER AND CLIFF

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPTU

<b>COMMITTENTE</b> Consorzio Iricav Due	<b>Punta</b> MK497
<b>CANTIERE</b> Linea AV/AC Verona - Padova 1 lotto Funzionale Verona - Bivio Vicenza	<b>Profondità prova</b> 12,61 m da p.c. <b>Livello acqua</b> 5,80 m da p.c.
<b>PROVA</b> CPTU42 bis <b>DATA</b> 04/05/2021 <b>RESPONSABILE</b> Dott. Geol. Paolo Greggio	<b>Coordinate WGS84</b> X 45.460719° Y 11.411153°



PROVA PENETROMETRICA CPTU-PE-42VBIS

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI66A0001A

Foglio

71 di 126

**vicenzetto**

EARTH WATER AND CLIFF

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPTU

COMMITTENTE Consorzio Iricav Due

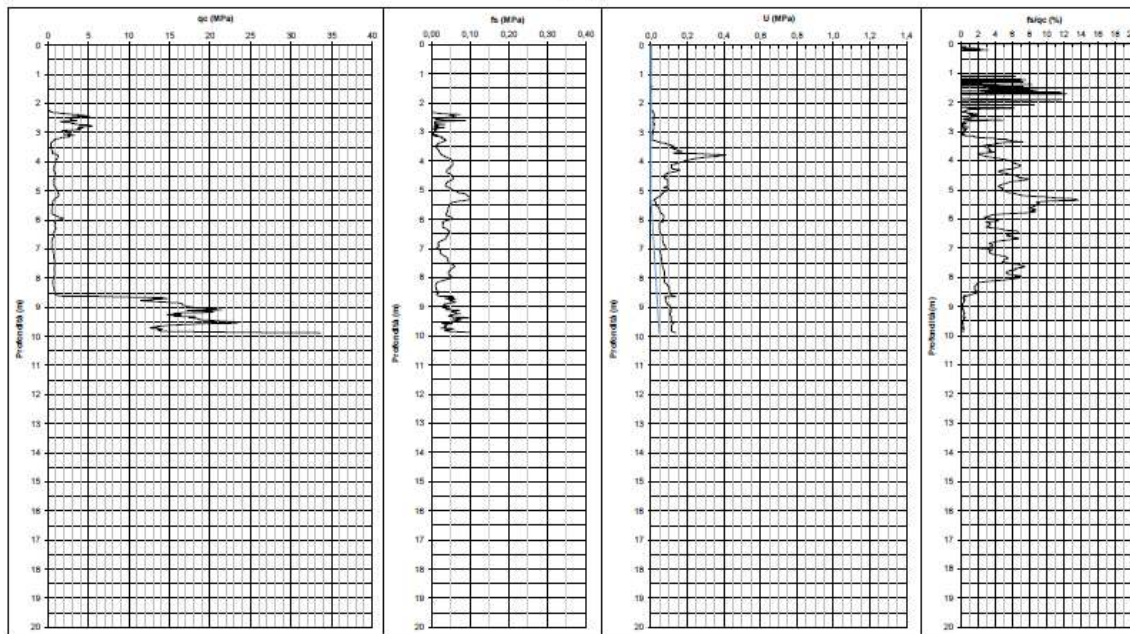
CANTIERE Linea AV/AC Verona - Padova 1 lotto Funzionale Verona - Bivio Vicenza

PROVA CPTU43 bis DATA 03/05/2021 RESPONSABILE Dott. Geol. Paolo Greggio

Punta Mk497

Profondità prova 9,88 m da p.c. Livello acqua 5,20 m da p.c.

Coordinate WGS84 X 45.451911\* Y 11.412653\*



PROVA PENETROMETRICA CPTU-PE-43VBIS

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI66A0001A

Foglio

72 di 126

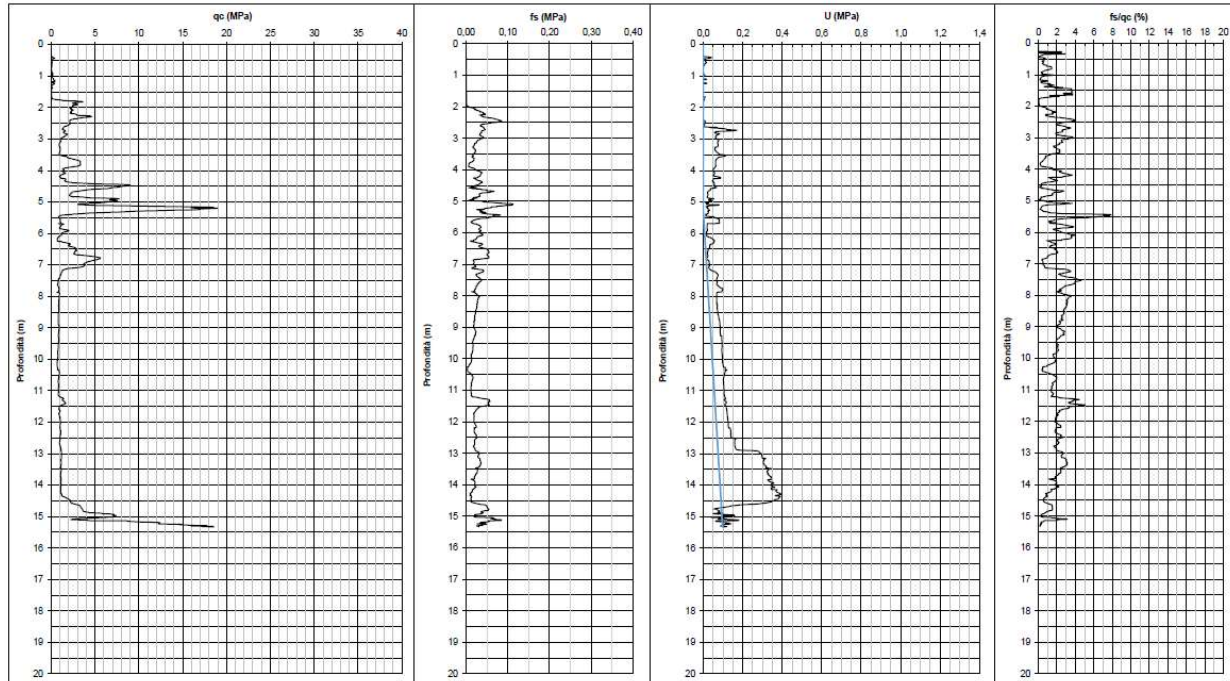
**vicenzetto**

EARTH WATER AND CLIFF

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPTU

COMMITTENTE Consorzio Iricav Due  
CANTIERE Linea AV/AC Verona - Padova 1 lotto Funzionale Verona - Bivio Vicenza  
PROVA CPTU43 ter DATA 03/05/2021 RESPONSABILE Dott. Geol. Paolo Greggio

Punta Mkj497  
Profondità prova 15,33 m da p.c. Livello acqua 5,30 m da p.c.  
Coordinate WGS84 X 45.463110° Y 11.414166°



PROVA PENETROMETRICA CPTU-PE-43VTER



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI66A0001A

Foglio

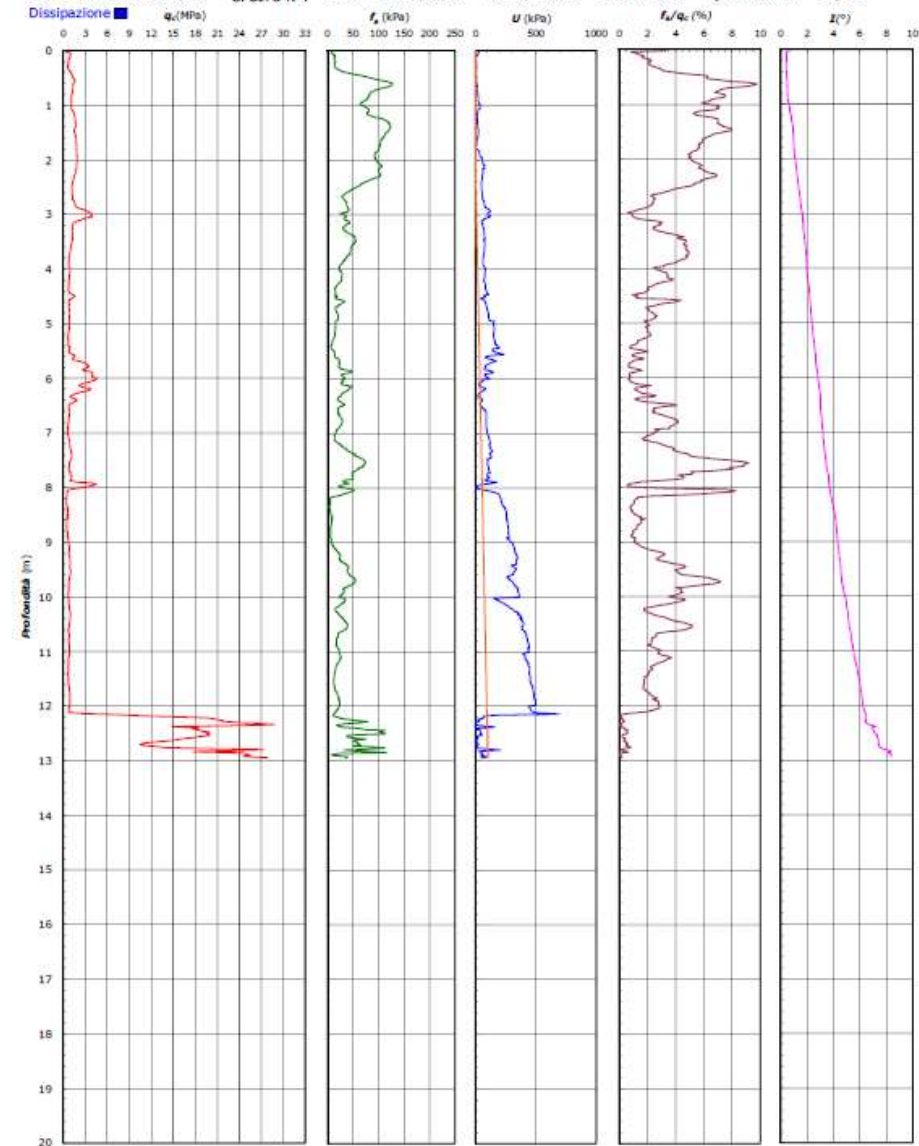
73 di 126

FERRARA DEPARTMENT  
Via Aristide Zucchini, 69 - 44122 Ferrara (FE)  
Tel.: +39 0532 56771 - Fax.: +39 0532 56119  
SOCOTEC ITALIA Srl - P. Via 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: **Linea Alta Velocità Verona-Vicenza**  
PK/VA N°: CPTU PE-41Bis PROF. FALDA (m da p.c.): 2,40 IMU PUNIA: tecnopenta G1-CPLZIN (matr. 121114) [a = 0,66]  
DATA: 26/04/21 PREFORG (m da p.c.): Lat.: 45° 27' 33,25" N Long.: 11° 24' 32,29" E  
LUMESSA: 22U5bAV/2U C. SITO N°: ST-21044b - Z//U4/Z1 OPERAIORE: L. Formisano QUOTA s.l.m.: 50,589



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 AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI66A0001A

Foglio  
74 di 126

FERRARA DEPARTMENT Attestato con Sistemi di Gestione Certificati da CertQuality - Qualità Antisismica Sicurezza - UNI EN ISO 9001:2008 - UNI EN ISO 14001:2004 - ISO 45001:2018

Via Annibale Zucchini, 88 - 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 68771 - Fax.: +39 0532 68119

SOCOTEC ITALIA Srl - P.iva 01872430648

Headquarters: Via Barolo, 101-103 - 20120 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-42B PROF. FALDA (m da p.c.): 2,60

DATA: 26/04/21 PREFORO (m da p.c.):

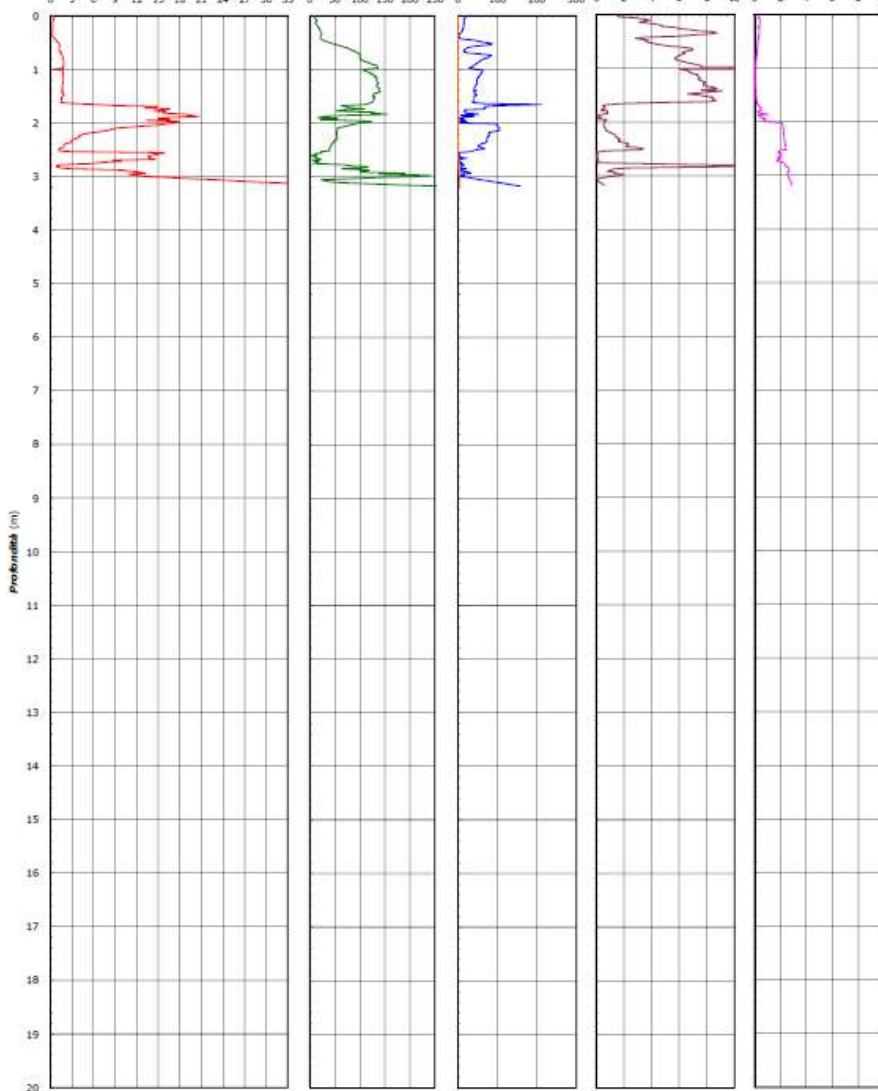
COMMESSA: 22036AV/20 C. SITO N°: SF210447 - 27/04/21

TIPO FUNIA: Tecnopenta (31-L-PL2IN (matr. 1.21114)) [a = 0,66]

Lat.: 45° 27' 38,59" N Long.: 13° 24' 40,15" E

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

Dissipazione  $q_c$  (MPa)  $f_s$  (kPa)  $u$  (kPa)  $f_s/q_c$  (%)  $I_r$  (%)



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 AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

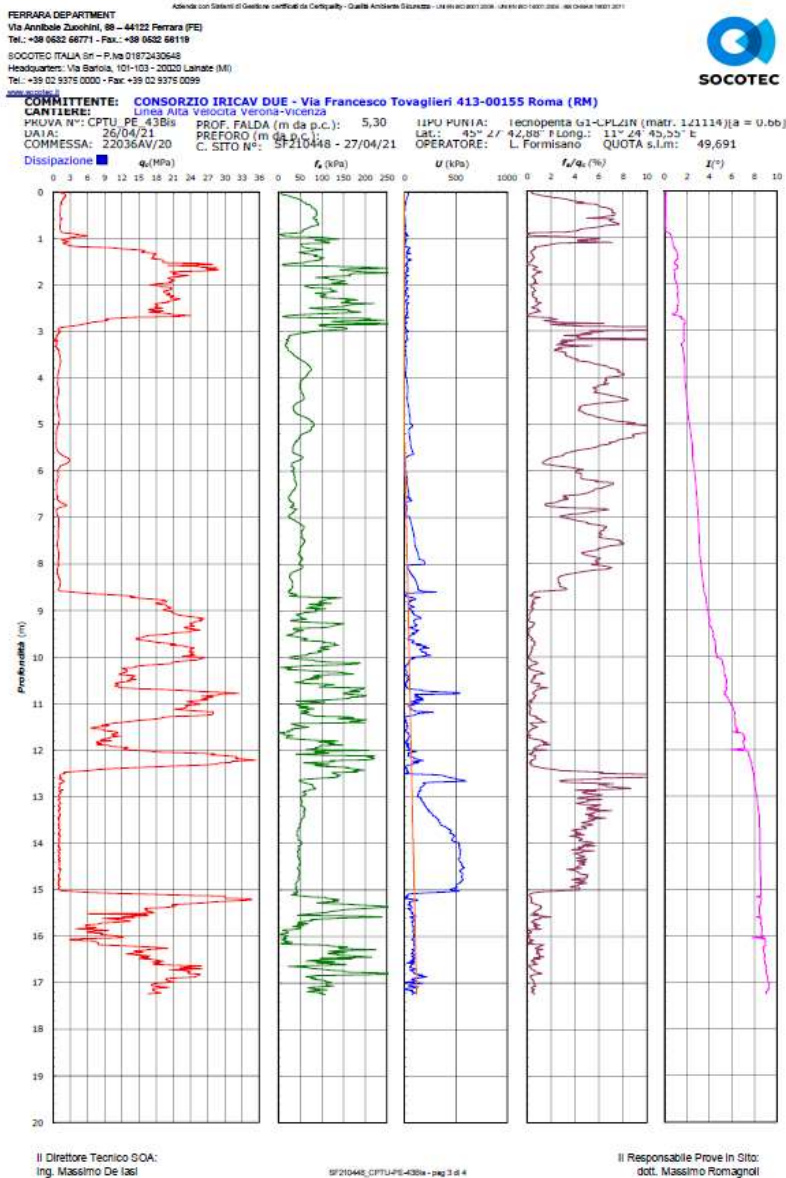
Foglio

IN17

12

EI2RBRI66A0001A

75 di 126



PROVA PENETROMETRICA CPTU-PE-43BIS

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI66A0001A

Foglio  
76 di 126

FERRARA DEPARTMENT

Via Annibale Zucchini, 66 - 44122 Ferrara (FE)

Tel.: +39 0532 66771 - Fax.: +39 0532 66119

SOCOTEC ITALIA SpA - P. IVA 01672430648

Headquarter: Via Sanola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)

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

www.socotec.it

Attesta con Sistemi di Gestione certificati da Certipaq - Qualità Ambiente Sicurezza - UNI EN ISO 9001:2008 - UNI EN ISO 14001:2004 - UNI EN ISO 45001:2018



SOCOTEC

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

CANTIERE: **LIVINE AREA VESCOVA Verona-Vicenza**

PROVA N°: **CPTU-PE-43Ter**

DATA: **26/04/21**

COMMESSA: **22036AV/20**

PROF. FALDA (m da p.c.): **5,30**

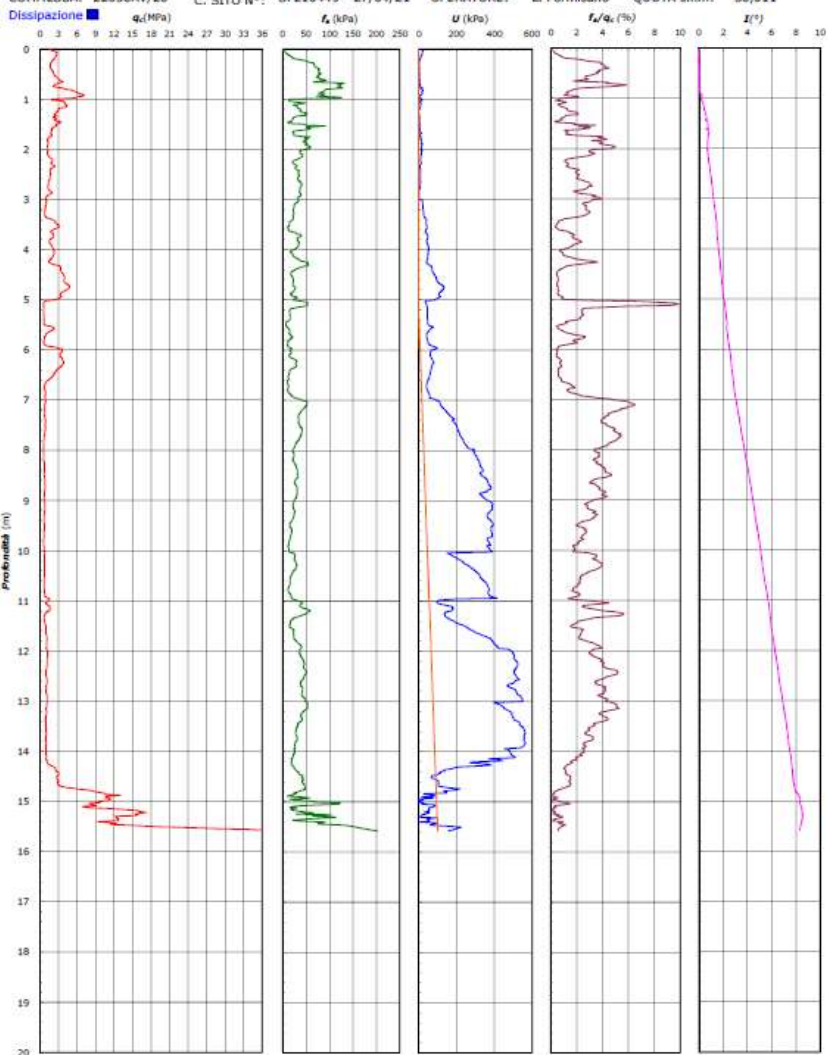
PREFORO (m da p.c.): **0,50**

C. SITO N°: **SF210449 - 27/04/21**

TIPO PUNTA: **tecnopenta G1-PLZIN (matr. 121114) (a = 0,66)**

Lat.: **45° 47' 47,52" N** Long.: **11° 24' 50,53" E**

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 AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI66A0001A</p>	<p>Foglio 77 di 126</p>

**ALLEGATO 3 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI IN CONDIZIONI STATICHE**

## Slide Analysis Information

### SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

#### Project Summary

File Name: RI66a\_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: Stabilità Globale\_A2+M2+R2

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

#### Analysis Options

Slices Type: Vertical

##### Analysis Methods Used

Bishop simplified

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

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI66A0001A

Foglio

79 di 126

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 2 of 9

### Groundwater Analysis

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

### Random Numbers

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

### Surface Options

Surface Type: Circular  
Search Method: Slope Search  
Number of Surfaces: 10000  
Upper Angle: Not Defined  
Lower Angle: Not Defined  
Composite Surfaces: Disabled  
Reverse Curvature: Invalid Surfaces  
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



Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI66A0001A

Foglio

80 di 126



**Distributed Load 1**

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

**Distributed Load 2**

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

**Distributed Load 3**

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

**Distributed Load 4**

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

**Distributed Load 5**

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

**Distributed Load 6**

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

**Material Properties**

Property	Rilevato	Argilla limosa_UD1	Ghiaia	Argilla limosa_UD2	Argilla limosa_UD3	Argilla_UD1
Color						
Strength Type	Mohr-Coulomb	Undrained	Mohr-Coulomb	Undrained	Undrained	Undrained
Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	20	19	19	19	19	19
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	0	1	0	0	0

**Global Minimums**

Method: bishop simplified

FS	1.647080
Center:	61.811, 75.048
Radius:	36.357
Left Slip Surface Endpoint:	32.041, 54.178
Right Slip Surface Endpoint:	87.858, 49.682
Resisting Moment:	92787.9 kN-m
Driving Moment:	56334.9 kN-m
Total Slice Area:	520.435 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	55.8165 m
Surface Average Height:	9.32402 m

**Valid / Invalid Surfaces**





Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI66A0001A

Foglio  
81 di 126



**Method: bishop simplified**

Number of Valid Surfaces: 9609  
Number of Invalid Surfaces: 391

**Error Codes:**

Error Code -113 reported for 358 surfaces  
Error Code -115 reported for 33 surfaces

**Error Codes**

The following errors were encountered during the computation:

- 113 = Surface intersects outside slope limits.
- 115 = Surface too shallow, below the minimum depth.

**Slice Data**

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.64708

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	1.05479	15.0732	-53.5681	Rilevato	0	32.0066	20.0101	32.9583	52.7309	0	52.7309	79.8403	79.8403
2	1.05479	43.8133	-50.8518	Rilevato	0	32.0066	35.1414	57.8807	92.605	0	92.605	135.772	135.772
3	1.05479	69.9615	-48.2861	Rilevato	0	32.0066	42.7368	70.391	112.62	0	112.62	160.564	160.564
4	1.05479	93.9013	-45.8437	Rilevato	0	32.0066	28.5227	46.9792	75.1636	0	75.1636	104.539	104.539
5	1.02891	112.33	-43.5322	Argilla limosa_UD1	64.2857	0	39.0301	64.2857	153.929	0	153.929	191.009	191.009
6	1.02891	130.731	-41.334	Argilla limosa_UD1	64.2857	0	39.0301	64.2857	186.959	0	186.959	221.288	221.288
7	1.02891	147.782	-39.2078	Argilla limosa_UD1	64.2857	0	39.0301	64.2857	196.17	0	196.17	228.011	228.011
8	1.02891	163.605	-37.1443	Argilla limosa_UD1	64.2857	0	39.0301	64.2857	143.852	0	143.852	173.417	173.417
9	1.12818	196.221	-35.0413	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	167.753	0	167.753	181.438	181.438
10	1.12818	212.522	-32.8967	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	175.758	0	175.758	188.381	188.381
11	1.12818	227.552	-30.8029	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	190.069	0	190.069	201.703	201.703
12	1.12818	241.396	-28.7539	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	203.266	0	203.266	213.974	213.974
13	1.12818	254.123	-26.7443	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	223.961	0	223.961	233.795	233.795
14	1.12818	265.796	-24.7698	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	263.086	0	263.086	272.091	272.091
15	1.12818	276.464	-22.8261	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	331.063	0	331.063	339.277	339.277
16	1.12818	286.173	-20.9099	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	340.427	0	340.427	347.883	347.883
17	1.12818	294.961	-19.0179	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	285.499	0	285.499	292.225	292.225
18	1.12818	302.859	-17.1473	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	321.044	0	321.044	327.066	327.066
19	1.12818	309.896	-15.2953	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	363.572	0	363.572	368.909	368.909
20	1.12818	316.097	-13.4595	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	363.985	0	363.985	368.655	368.655
21	1.12818	321.481	-11.6378	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	295.339	0	295.339	299.358	299.358
22	1.12818	326.066	-9.82788	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	294.403	0	294.403	297.783	297.783
23	1.12818	329.86	-8.02785	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	289.632	0	289.632	292.385	292.385
24	1.12818	323.943	-6.23577	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	285.007	0	285.007	287.139	287.139
25	1.12818	309.235	-4.4498	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	272.583	0	272.583	274.102	274.102
26	1.12818	293.769	-2.66816	Argilla	32.1429	0	19.5151	32.1429	259.484	0	259.484	260.393	260.393



Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI66A0001A

Foglio

82 di 126

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 5 of 9

				limosa_UD2									
27	1.12818	277.549	0.889101	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	245.713	0	245.713	246.016	246.016
28	1.12818	260.579	0.889101	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	231.276	0	231.276	230.974	230.974
29	1.12818	250.309	2.66816	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	222.779	0	222.779	221.87	221.87
30	1.12818	248.771	4.4498	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	222.025	0	222.025	220.507	220.507
31	1.12818	246.509	6.23577	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	220.633	0	220.633	218.501	218.501
32	1.12818	243.482	8.02785	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	218.57	0	218.57	215.818	215.818
33	1.12818	239.682	9.82788	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	215.83	0	215.83	212.45	212.45
34	1.12818	235.097	11.6378	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	212.405	0	212.405	208.386	208.386
35	1.12818	229.325	13.4595	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	207.939	0	207.939	203.268	203.268
36	1.12818	212.306	15.2953	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	193.52	0	193.52	188.183	188.183
37	1.12818	201.222	17.1473	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	184.38	0	184.38	178.358	178.358
38	1.12818	192.965	19.0179	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	177.765	0	177.765	171.039	171.039
39	1.12818	184.177	20.9099	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	170.706	0	170.706	163.25	163.25
40	1.12818	174.468	22.8261	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	162.857	0	162.857	154.643	154.643
41	1.12818	163.8	24.7698	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	154.192	0	154.192	145.187	145.187
42	1.12818	152.128	26.7443	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	144.674	0	144.674	134.84	134.84
43	1.12818	139.4	28.7539	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	134.266	0	134.266	123.558	123.558
44	1.12818	125.556	30.8029	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	122.923	0	122.923	111.288	111.288
45	1.12818	110.526	32.8967	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	110.588	0	110.588	97.9648	97.9648
46	1.12818	94.2255	35.0413	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	19.5151	32.1429	97.2012	0	97.2012	83.5156	83.5156
47	1.15275	78.0078	37.2686	Argilla limosa_UD1	64.2857	0	39.0301	64.2857	97.3598	0	97.3598	67.6606	67.6606
48	1.15275	57.9626	39.5888	Argilla limosa_UD1	64.2857	0	39.0301	64.2857	82.5469	0	82.5469	50.2712	50.2712
49	1.15275	36.1607	41.9898	Argilla limosa_UD1	64.2857	0	39.0301	64.2857	66.4872	0	66.4872	31.357	31.357
50	1.15275	12.3991	44.4852	Argilla limosa_UD1	64.2857	0	39.0301	64.2857	49.0779	0	49.0779	10.743	10.743

### Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.64708





Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI66A0001A

83 di 126

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 6 of 9

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	32.0412	54.1777	0	0	0
2	33.096	52.7486	54.2541	0	0
3	34.1508	51.4529	137.188	0	0
4	35.2056	50.2696	225.388	0	0
5	36.2604	49.1833	276.964	0	0
6	37.2893	48.2058	387.286	0	0
7	38.3182	47.3008	516.34	0	0
8	39.3472	46.4614	640.86	0	0
9	40.3761	45.682	712.835	0	0
10	41.5042	44.8908	823.547	0	0
11	42.6324	44.1611	929.799	0	0
12	43.7606	43.4885	1035.63	0	0
13	44.8888	42.8694	1139.45	0	0
14	46.0169	42.3009	1244.77	0	0
15	47.1451	41.7803	1359.71	0	0
16	48.2733	41.3055	1494.91	0	0
17	49.4015	40.8745	1619.63	0	0
18	50.5297	40.4856	1708.64	0	0
19	51.6578	40.1375	1798.39	0	0
20	52.786	39.829	1888.55	0	0
21	53.9142	39.559	1964.82	0	0
22	55.0424	39.3266	2011.44	0	0
23	56.1705	39.1312	2046.97	0	0
24	57.2987	38.9721	2071.04	0	0
25	58.4269	38.8488	2084.17	0	0
26	59.5551	38.761	2086.09	0	0
27	60.6832	38.7084	2077.72	0	0
28	61.8114	38.6909	2060.01	0	0
29	62.9396	38.7084	2033.96	0	0
30	64.0678	38.761	2000.24	0	0
31	65.1959	38.8488	1958.73	0	0
32	66.3241	38.9721	1909.53	0	0
33	67.4523	39.1312	1852.74	0	0
34	68.5805	39.3266	1788.55	0	0
35	69.7087	39.559	1717.19	0	0
36	70.8368	39.829	1639.03	0	0
37	71.965	40.1375	1557.32	0	0
38	73.0932	40.4856	1471.13	0	0
39	74.2214	40.8745	1379.99	0	0
40	75.3495	41.3055	1284.4	0	0
41	76.4777	41.7803	1185.06	0	0
42	77.6059	42.3009	1082.79	0	0
43	78.7341	42.8694	978.53	0	0
44	79.8622	43.4885	873.405	0	0
45	80.9904	44.1611	768.718	0	0
46	82.1186	44.8908	666.007	0	0
47	83.2468	45.682	567.095	0	0
48	84.3995	46.5592	436.718	0	0
49	85.5523	47.5124	313.053	0	0
50	86.705	48.55	199.091	0	0
51	87.8578	49.6822	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
0	45.682
114.127	45.682

Distributed Load



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI66A0001A

Foglio

84 di 126

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 7 of 9

X	Y
40.9641	54.1777
39.2202	54.1777
36.4202	54.1777
35.2202	54.1777
32.4202	54.1777
30.8663	54.1777

**Distributed Load**

X	Y
55.7288	54.1777
53.8329	54.1777
51.0329	54.1777
49.6329	54.1777
46.8329	54.1777
45.3479	54.1777

**Distributed Load**

X	Y
35.2202	54.1777
32.4202	54.1777

**Distributed Load**

X	Y
39.2202	54.1777
36.4202	54.1777

**Distributed Load**

X	Y
49.6329	54.1777
46.8329	54.1777

**Distributed Load**

X	Y
53.8329	54.1777
51.0329	54.1777

**External Boundary**



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI66A0001A

Foglio

85 di 126

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 8 of 9

X	Y
53.8329	54.1777
51.0329	54.1777
49.6329	54.1777
46.8329	54.1777
45.3479	54.1777
40.9641	54.1777
39.2202	54.1777
36.4202	54.1777
35.2202	54.1777
32.4202	54.1777
30.8663	54.1777
28.8922	54.1777
27.8371	53.4742
23.4964	50.5804
17.4339	50.5804
16.0865	49.6822
14.5922	49.6822
0	49.6822
0	45.682
0	38.682
0	37.182
0	29.682
0	24.682
0	10
114.127	10
114.127	24.682
114.127	29.682
114.127	37.182
114.127	38.682
114.127	45.682
114.127	49.6822
73.0587	49.6822
71.596	49.6822
70.5955	50.3492
63.0106	50.3492
57.2678	54.1777
55.7288	54.1777

**Material Boundary**

X	Y
0	45.682
114.127	45.682

**Material Boundary**

X	Y
0	24.682
114.127	24.682

**Material Boundary**

X	Y
14.5922	49.6822
15.3405	49.1833
72.3104	49.1833
73.0587	49.6822

**Material Boundary**

X	Y
0	38.682
114.127	38.682

**Material Boundary**

X	Y

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI66A0001A

Foglio

86 di 126

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 9 of 9

X	Y
0	37.182
114.127	37.182

**Material Boundary**

X	Y
0	29.682
114.127	29.682

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI66A0001A

Foglio

87 di 126

**ALLEGATO 4 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI IN CONDIZIONI SISMICHE**

## Slide Analysis Information

### SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

#### Project Summary

File Name: RI66a\_sis.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: Stabilità Globale\_SISMA+M2+R2

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	0.2
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1
Shear strength	1
Compressive strength	1
Bond strength	1
Seismic Coefficient	1

#### Analysis Options

Slices Type: Vertical

##### Analysis Methods Used

Bishop simplified

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



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI66A0001A

Foglio

89 di 126

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 2 of 9

### 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

Surface Type: Circular  
Search Method: Slope Search  
Number of Surfaces: 10000  
Upper Angle: Not Defined  
Lower Angle: Not Defined  
Composite Surfaces: Disabled  
Reverse Curvature: Invalid Surfaces  
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



Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI66A0001A

Foglio

90 di 126

SLIDEINTERPRET 7.038



**Distributed Load 1**

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

**Distributed Load 2**

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

**Distributed Load 3**

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

**Distributed Load 4**

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

**Distributed Load 5**

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

**Distributed Load 6**

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

**Material Properties**

Property	Rilevato	Argilla limosa_UD1	Ghiaia	Argilla limosa_UD2	Argilla limosa_UD3	Argilla_UD1
Color						
Strength Type	Mohr-Coulomb	Undrained	Mohr-Coulomb	Undrained	Undrained	Undrained
Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	20	19	19	19	19	19
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	0	1	0	0	0

**Global Minimums**

Method: bishop simplified

FS	1.362700
Center:	60.796, 75.522
Radius:	36.792
Left Slip Surface Endpoint:	30.827, 54.178
Right Slip Surface Endpoint:	86.987, 49.682
Resisting Moment:	88889.8 kN-m
Driving Moment:	65230.7 kN-m
Total Slice Area:	526.357 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	56.16 m
Surface Average Height:	9.37245 m

**Valid / Invalid Surfaces**

**Method: bishop simplified**

Number of Valid Surfaces: 9609

Number of Invalid Surfaces: 391

**Error Codes:**

Error Code -113 reported for 358 surfaces

Error Code -115 reported for 33 surfaces

**Error Codes**

The following errors were encountered during the computation:

-113 = Surface intersects outside slope limits.

-115 = Surface too shallow, below the minimum depth.

**Slice Data****Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.3627**

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	1.06965	15.2677	-53.1521	Rilevato	0	32.0066	7.83841	10.6814	17.0894	0	17.0894	27.549	27.549
2	1.06965	44.3928	-50.4549	Rilevato	0	32.0066	17.8195	24.2826	38.8503	0	38.8503	60.4325	60.4325
3	1.06965	70.9148	-47.9041	Rilevato	0	32.0066	27.4388	37.3908	59.8226	0	59.8226	90.1941	90.1941
4	1.06965	95.2117	-45.4738	Rilevato	0	32.0066	35.0199	47.7216	76.3512	0	76.3512	111.955	111.955
5	1.04152	113.703	-43.1739	Argilla limosa_UD1	64.2857	0	47.1752	64.2857	76.0751	0	76.0751	120.335	120.335
6	1.04152	132.326	-40.9874	Argilla limosa_UD1	64.2857	0	47.1752	64.2857	104.189	0	104.189	145.18	145.18
7	1.04152	149.587	-38.8713	Argilla limosa_UD1	64.2857	0	47.1752	64.2857	126.246	0	126.246	164.273	164.273
8	1.04152	165.608	-36.8166	Argilla limosa_UD1	64.2857	0	47.1752	64.2857	143.086	0	143.086	178.398	178.398
9	1.13283	196.967	-34.7302	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	23.5877	32.1429	164.619	0	164.619	180.97	180.97
10	1.13283	213.218	-32.6096	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	23.5877	32.1429	172.332	0	172.332	187.423	187.423
11	1.13283	228.209	-30.5383	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	23.5877	32.1429	179.075	0	179.075	192.991	192.991
12	1.13283	242.024	-28.5103	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	23.5877	32.1429	191.861	0	191.861	204.674	204.674
13	1.13283	254.73	-26.5206	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	23.5877	32.1429	203.648	0	203.648	215.419	215.419
14	1.13283	266.386	-24.5648	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	23.5877	32.1429	223.66	0	223.66	234.442	234.442
15	1.13283	277.043	-22.6392	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	23.5877	32.1429	242.85	0	242.85	252.687	252.687
16	1.13283	286.744	-20.7402	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	23.5877	32.1429	260.24	0	260.24	269.172	269.172
17	1.13283	295.527	-18.8648	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	23.5877	32.1429	268.539	0	268.539	276.599	276.599
18	1.13283	303.422	-17.0102	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	23.5877	32.1429	265.573	0	265.573	272.789	272.789
19	1.13283	310.458	-15.1738	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	23.5877	32.1429	278.139	0	278.139	284.536	284.536
20	1.13283	316.658	-13.3532	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	23.5877	32.1429	288.87	0	288.87	294.469	294.469
21	1.13283	322.042	-11.5462	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	23.5877	32.1429	292.406	0	292.406	297.225	297.225
22	1.13283	326.628	-9.7509	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	23.5877	32.1429	286.567	0	286.567	290.62	290.62
23	1.13283	330.429	-7.96517	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	23.5877	32.1429	283.726	0	283.726	287.026	287.026
24	1.13283	333.345	-6.18721	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	23.5877	32.1429	279.344	0	279.344	281.901	281.901
25	1.13283	325.21	-4.41522	Argilla limosa_UD2	32.1429	0	23.5877	32.1429	273.2	0	273.2	275.021	275.021
26	1.13283	309.604	-2.64745	Argilla	32.1429	0	23.5877	32.1429	260.733	0	260.733	261.824	261.824



Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI66A0001A

Foglio

92 di 126

SLIDEINTERPRET 7.038

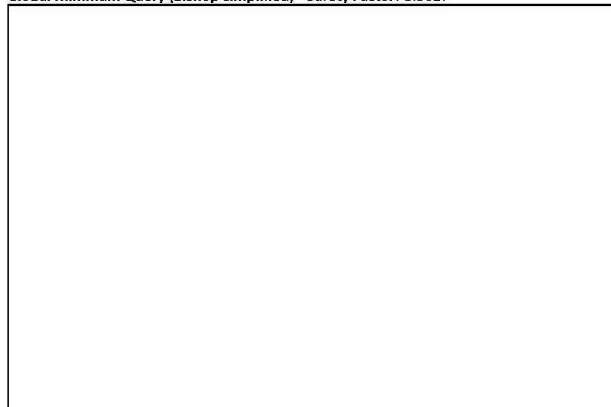


SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 5 of 9

				limosa_UD2									
27	1.13283	293.245	0.882204	Argilla	32.1429	0	23.5877	32.1429	247.626	0	247.626	247.99	247.99
				limosa_UD2									
28	1.13283	276.135	0.882204	Argilla	32.1429	0	23.5877	32.1429	233.883	0	233.883	233.519	233.519
				limosa_UD2									
29	1.13283	258.29	2.64745	Argilla	32.1429	0	23.5877	32.1429	219.519	0	219.519	218.429	218.429
				limosa_UD2									
30	1.13283	248.979	4.41522	Argilla	32.1429	0	23.5877	32.1429	212.376	0	212.376	210.554	210.554
				limosa_UD2									
31	1.13283	246.716	6.18721	Argilla	32.1429	0	23.5877	32.1429	211.197	0	211.197	208.64	208.64
				limosa_UD2									
32	1.13283	243.689	7.96517	Argilla	32.1429	0	23.5877	32.1429	209.381	0	209.381	206.081	206.081
				limosa_UD2									
33	1.13283	239.888	9.7509	Argilla	32.1429	0	23.5877	32.1429	206.92	0	206.92	202.866	202.866
				limosa_UD2									
34	1.13283	235.302	11.5462	Argilla	32.1429	0	23.5877	32.1429	203.807	0	203.807	198.988	198.988
				limosa_UD2									
35	1.13283	229.918	13.3532	Argilla	32.1429	0	23.5877	32.1429	200.034	0	200.034	194.435	194.435
				limosa_UD2									
36	1.13283	222.674	15.1738	Argilla	32.1429	0	23.5877	32.1429	194.706	0	194.706	188.309	188.309
				limosa_UD2									
37	1.13283	204.01	17.0102	Argilla	32.1429	0	23.5877	32.1429	179.741	0	179.741	172.525	172.525
				limosa_UD2									
38	1.13283	193.39	18.8648	Argilla	32.1429	0	23.5877	32.1429	171.603	0	171.603	163.544	163.544
				limosa_UD2									
39	1.13283	184.328	20.7402	Argilla	32.1429	0	23.5877	32.1429	164.813	0	164.813	155.881	155.881
				limosa_UD2									
40	1.13283	174.627	22.6392	Argilla	32.1429	0	23.5877	32.1429	157.514	0	157.514	147.676	147.676
				limosa_UD2									
41	1.13283	163.97	24.5648	Argilla	32.1429	0	23.5877	32.1429	149.446	0	149.446	138.664	138.664
				limosa_UD2									
42	1.13283	152.314	26.5206	Argilla	32.1429	0	23.5877	32.1429	140.578	0	140.578	128.807	128.807
				limosa_UD2									
43	1.13283	139.608	28.5103	Argilla	32.1429	0	23.5877	32.1429	130.874	0	130.874	118.062	118.062
				limosa_UD2									
44	1.13283	125.793	30.5383	Argilla	32.1429	0	23.5877	32.1429	120.294	0	120.294	106.379	106.379
				limosa_UD2									
45	1.13283	110.801	32.6096	Argilla	32.1429	0	23.5877	32.1429	108.791	0	108.791	93.7008	93.7008
				limosa_UD2									
46	1.13283	94.5506	34.7302	Argilla	32.1429	0	23.5877	32.1429	96.309	0	96.309	79.9578	79.9578
				limosa_UD2									
47	1.16696	78.9659	36.9404	Argilla	64.2857	0	47.1752	64.2857	100.297	0	100.297	64.8244	64.8244
				limosa_UD1									
48	1.16696	58.6679	39.2508	Argilla	64.2857	0	47.1752	64.2857	86.7055	0	86.7055	48.1605	48.1605
				limosa_UD1									
49	1.16696	36.5953	41.6402	Argilla	64.2857	0	47.1752	64.2857	71.984	0	71.984	30.0406	30.0406
				limosa_UD1									
50	1.16696	12.5465	44.122	Argilla	64.2857	0	47.1752	64.2857	56.0487	0	56.0487	10.2975	10.2975
				limosa_UD1									

**Interslice Data**

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.3627





Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI66A0001A

93 di 126

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 6 of 9

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	30.8273	54.1777	0	0	0
2	31.8969	52.7503	17.2758	0	0
3	32.9666	51.4548	52.2319	0	0
4	34.0362	50.2708	99.5981	0	0
5	35.1059	49.1833	153.075	0	0
6	36.1474	48.2062	187.718	0	0
7	37.1889	47.3012	243.859	0	0
8	38.2304	46.4616	313.132	0	0
9	39.272	45.682	389.3	0	0
10	40.4048	44.8967	508.202	0	0
11	41.5376	44.172	624.076	0	0
12	42.6705	43.5037	735.976	0	0
13	43.8033	42.8883	847.403	0	0
14	44.9361	42.323	956.952	0	0
15	46.0689	41.8052	1068.16	0	0
16	47.2018	41.3327	1179.17	0	0
17	48.3346	40.9038	1287.88	0	0
18	49.4674	40.5167	1389.64	0	0
19	50.6002	40.1701	1480.14	0	0
20	51.7331	39.8629	1564.64	0	0
21	52.8659	39.594	1641.88	0	0
22	53.9987	39.3626	1709.56	0	0
23	55.1316	39.1679	1765.74	0	0
24	56.2644	39.0094	1811.42	0	0
25	57.3972	38.8866	1846.67	0	0
26	58.53	38.7991	1870.84	0	0
27	59.6629	38.7467	1883.48	0	0
28	60.7957	38.7293	1885.42	0	0
29	61.9285	38.7467	1877.54	0	0
30	63.0613	38.7991	1860.76	0	0
31	64.1942	38.8866	1836.13	0	0
32	65.327	39.0094	1803.95	0	0
33	66.4598	39.1679	1764.26	0	0
34	67.5926	39.3626	1717.17	0	0
35	68.7255	39.594	1662.82	0	0
36	69.8583	39.8629	1601.39	0	0
37	70.9911	40.1701	1533.34	0	0
38	72.124	40.5167	1461.26	0	0
39	73.2568	40.9038	1384.17	0	0
40	74.3896	41.3327	1302.05	0	0
41	75.5224	41.8052	1215.4	0	0
42	76.6553	42.323	1124.91	0	0
43	77.7881	42.8883	1031.36	0	0
44	78.9209	43.5037	935.698	0	0
45	80.0537	44.172	839.026	0	0
46	81.1866	44.8967	742.658	0	0
47	82.3194	45.682	648.156	0	0
48	83.4864	46.5595	511.654	0	0
49	84.6533	47.5129	378.803	0	0
50	85.8203	48.5505	252.106	0	0
51	86.9872	49.6822	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
0	45.682
114.127	45.682

Distributed Load

--

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI66A0001A

Foglio

94 di 126

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 7 of 9

X	Y
40.9641	54.1777
39.2202	54.1777
36.4202	54.1777
35.2202	54.1777
32.4202	54.1777
30.8663	54.1777

**Distributed Load**

X	Y
55.7288	54.1777
53.8329	54.1777
51.0329	54.1777
49.6329	54.1777
46.8329	54.1777
45.3479	54.1777

**Distributed Load**

X	Y
35.2202	54.1777
32.4202	54.1777

**Distributed Load**

X	Y
39.2202	54.1777
36.4202	54.1777

**Distributed Load**

X	Y
49.6329	54.1777
46.8329	54.1777

**Distributed Load**

X	Y
53.8329	54.1777
51.0329	54.1777

**External Boundary**



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

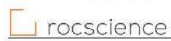
Codifica

EI2RBRI66A0001A

Foglio

95 di 126

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 8 of 9

X	Y
53.8329	54.1777
51.0329	54.1777
49.6329	54.1777
46.8329	54.1777
45.3479	54.1777
40.9641	54.1777
39.2202	54.1777
36.4202	54.1777
35.2202	54.1777
32.4202	54.1777
30.8663	54.1777
28.8922	54.1777
27.8371	53.4742
23.4964	50.5804
17.4339	50.5804
16.0865	49.6822
14.5922	49.6822
0	49.6822
0	45.682
0	38.682
0	37.182
0	29.682
0	24.682
0	10
114.127	10
114.127	24.682
114.127	29.682
114.127	37.182
114.127	38.682
114.127	45.682
114.127	49.6822
73.0587	49.6822
71.596	49.6822
70.5955	50.3492
63.0106	50.3492
57.2678	54.1777
55.7288	54.1777

**Material Boundary**

X	Y
0	45.682
114.127	45.682

**Material Boundary**

X	Y
0	24.682
114.127	24.682

**Material Boundary**

X	Y
14.5922	49.6822
15.3405	49.1833
72.3104	49.1833
73.0587	49.6822

**Material Boundary**

X	Y
0	38.682
114.127	38.682

**Material Boundary**

X	Y

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI66A0001A

Foglio

96 di 126

SLIDEINTERPRET 7.038





SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 9 of 9

X	Y
0	37.182
114.127	37.182



**Material Boundary**

X	Y
0	29.682
114.127	29.682



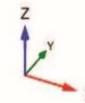
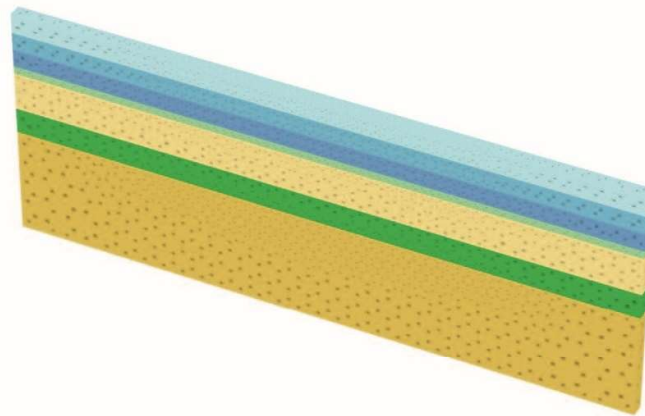
<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI66A0001A</p>	<p>Foglio 97 di 126</p>

**ALLEGATO 5 – TABULATI DI PLAXIS**



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI66A0001A</p>	<p>Foglio 98 di 126</p>

R166

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

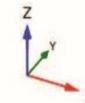
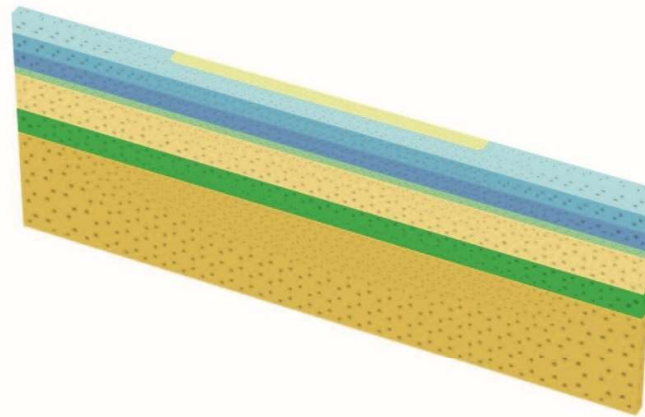


**Connectivity plot**



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI66A0001A</p>	<p>Foglio 99 di 126</p>

R166

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

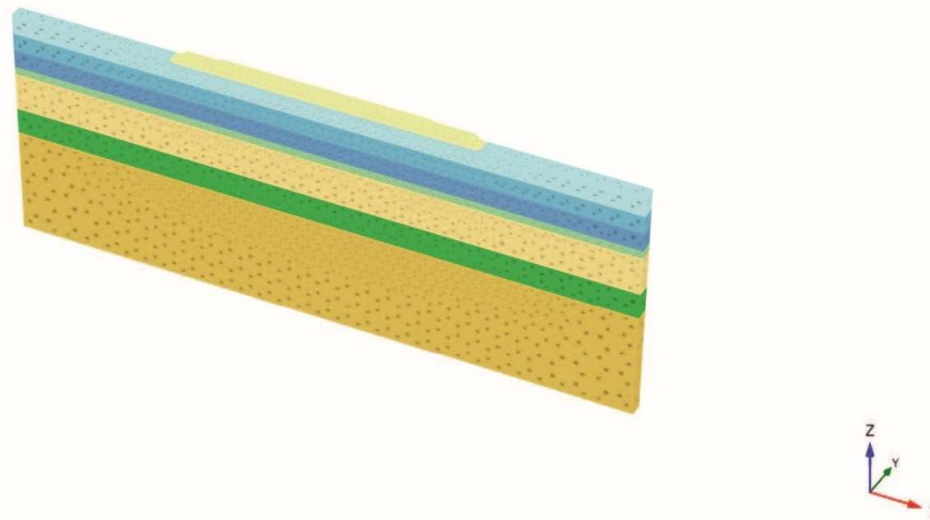


**Connectivity plot**



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI66A0001A</p>	<p>Foglio 100 di 126</p>

R166

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

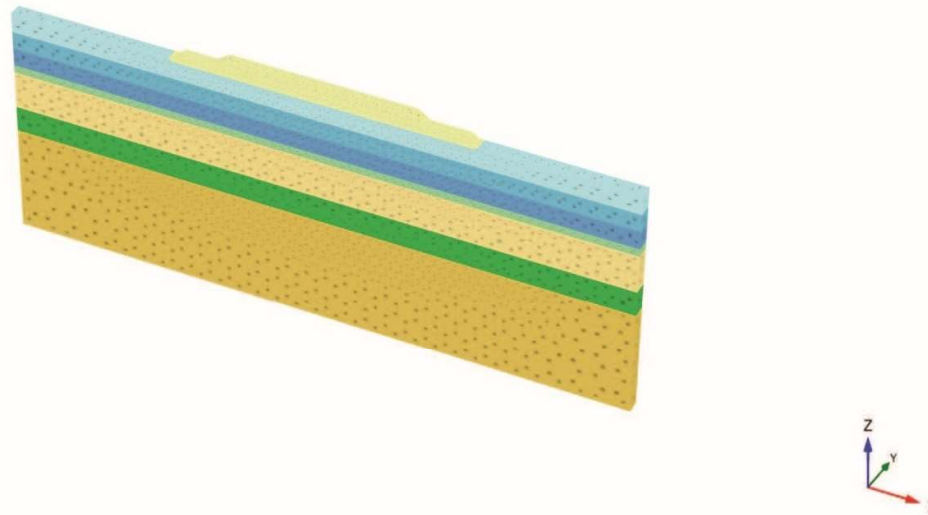


**Connectivity plot**



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI66A0001A</p>	<p>Foglio 101 di 126</p>

R166

### 1.1.1.4 Calculation results, Rilevato2\_DR [Phase\_3] (3/10), Connectivity plot

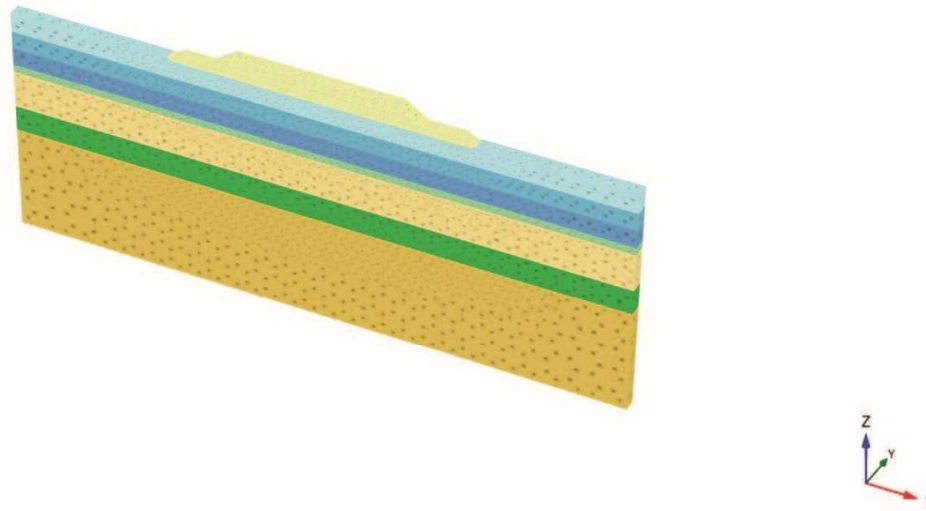


**Connectivity plot**



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI66A0001A</p>	<p>Foglio 102 di 126</p>

R166

### 1.1.1.5 Calculation results, Rilevato3\_DR [Phase\_4] (4/12), Connectivity plot

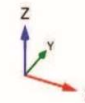
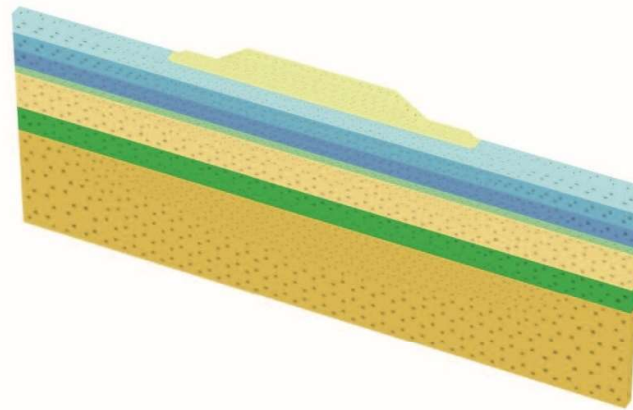


**Connectivity plot**



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI66A0001A</p>	<p>Foglio 103 di 126</p>

R166

### 1.1.1.6 Calculation results, Rilevato4\_DR [Phase\_5] (5/14), Connectivity plot

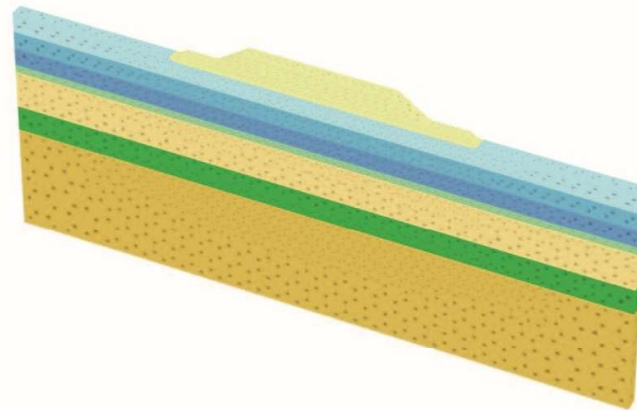


**Connectivity plot**

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI66A0001A</p>	<p>Foglio 104 di 126</p>



R166

### 1.1.1.7 Calculation results, Nil [Phase\_8] (8/16), Connectivity plot



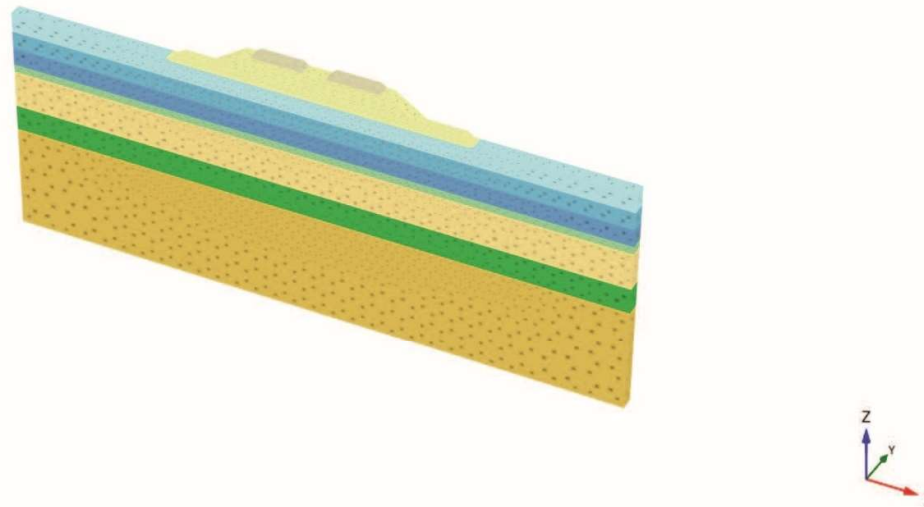
**Connectivity plot**





<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI66A0001A</p>	<p>Foglio 105 di 126</p>

R166

### 1.1.1.8 Calculation results, Ballast [Phase\_6] (6/18), Connectivity plot

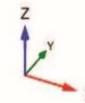
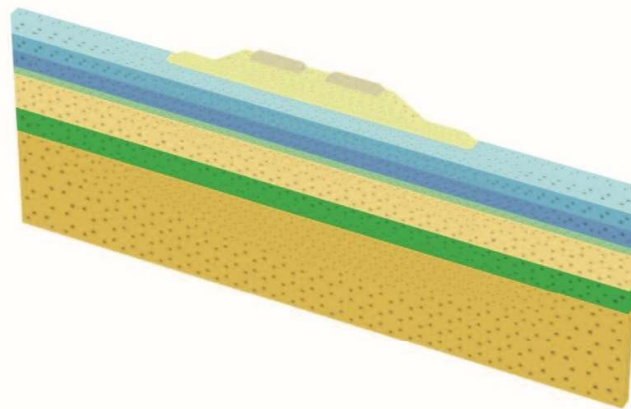


**Connectivity plot**



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI66A0001A</p>	<p>Foglio 106 di 126</p>

R166






### 1.1.1.9 Calculation results, Consolidazione [Phase\_1] (1/21), Connectivity plot





**Connectivity plot**



<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001A	Foglio 107 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
$E_{ced}$	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+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001A	Foglio 108 di 126

Identification		Rilevato	U6_1	U6_2	Inerbimento	U6_0
$\psi$ (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
$K_{wgrt} / n$	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 $\lambda_1, dk$	m <sup>3</sup> /day/m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Drainage conductivity $\lambda_2, dk$	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+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001A	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>
$K_{0,x}$ 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	0,000
$c_k$		1000E12	1000E12	1000E12	1000E12	1000E12

<b>GENERAL CONTRACTOR</b>  	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b>  			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001A	Foglio 110 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
$E_{ed}^{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	1597	1597	1597	1597	1597
$E_{od}^{ref}$	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

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12



Codifica

EI2RBRI66A0001A

Foglio



111 di 126

Identification		U2_sup	U2_prof	U2_med1	U2_med2	U2_fondo
$C_c$		0,02900	0,02900	0,02900	0,02900	0,02900
$e_{int}$		0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000
$c_{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
$\varphi$ (phi)	°	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00
$\psi$ (psi)	°	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Set to default values		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
$V_{ur}$		0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000
$p_{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
$K_0^{nc}$		0,5933	0,5933	0,5933	0,5933	0,5933
$c_{inc}$	kN/m <sup>2</sup> /m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$Z_{ref}$	m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$R_t$		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
$V_u$		0,4950	0,4950	0,4950	0,4950	0,4950
$K_{wysf} / n$	kN/m <sup>2</sup>	555,7E3	555,7E3	555,7E3	555,7E3	555,7E3
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

<b>GENERAL CONTRACTOR</b>  	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b>  			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001A	Foglio 112 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 <sup>3</sup> /day/m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Drainage conductivity $_2, dk$	m <sup>3</sup> /day/m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$K_0$ determination		Automatic	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic
$K_{0,x} = K_{0,y}$		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
$K_{0,x}$		10,00E9	0,7203	10,00E9	0,8061	0,9365
$K_{0,y}$		10,00E9	0,7203	10,00E9	0,8061	0,9365
OCR		1,000	1,370	1,000	1,620	2,000
POP	kN/m <sup>2</sup>	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
$S_e$	1/m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$c_k$		1000E12	1000E12	1000E12	1000E12	1000E12



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001A	Foglio 113 di 126

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

#### Identification

Identification number

Drainage type

Colour

Comments

$\gamma_{unsat}$

$\gamma_{sat}$

Dilatancy cut-off

$e_{nit}$

$e_{min}$

$e_{max}$

Rayleigh  $\alpha$

Rayleigh  $\beta$

E

$\nu$  (nu)

G

$E_{oed}$

$V_s$

$V_p$

#### Ballast

6

Drained



18,00

18,00

No

0,5000

0,000

999,0

0,000

0,000

100,0E3

0,3000

38,46E3

134,6E3

144,8

270,9

kN/m<sup>3</sup>

kN/m<sup>3</sup>



kN/m<sup>2</sup>

kN/m<sup>2</sup>

kN/m<sup>2</sup>

m/s

m/s

<b>GENERAL CONTRACTOR</b>  	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b>  			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001A	Foglio 114 di 126

**Identification**

Set to default values

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

 $z_{ref}$  m

Undrained behaviour

Skempton-B

 $V_u$  0,4950

 $K_{wysf} / n$  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+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI66A0001A</p>	<p>Foglio 115 di 126</p>

**Identification**

$e_{init}$

$S_e$

$c_K$



1/m

**Ballast**

0,5000



0,000

1000E12

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001A	Foglio 116 di 126

### 1.1.2.2 Materials - Plates -

<b>Identification</b>		<b>Dado</b>
Identification number		1
Comments		
Colour		
Material type		Elastic
d	m	0,5000
Y	kN/m <sup>3</sup>	6,000
Isotropic		Yes
E <sub>1</sub>	kN/m <sup>2</sup>	33,00E6
E <sub>2</sub>	kN/m <sup>2</sup>	33,00E6
ν <sub>12</sub>		0,2000
G <sub>12</sub>	kN/m <sup>2</sup>	13,75E6
G <sub>13</sub>	kN/m <sup>2</sup>	13,75E6
G <sub>23</sub>	kN/m <sup>2</sup>	13,75E6
Rayleigh α		0,000
Rayleigh β		0,000
Prevent punching		No
Identification number		1

<b>GENERAL CONTRACTOR</b>  	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b>  			
Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI66A0001A	Foglio 117 di 126

### 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 α

Rayleigh β

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

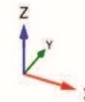
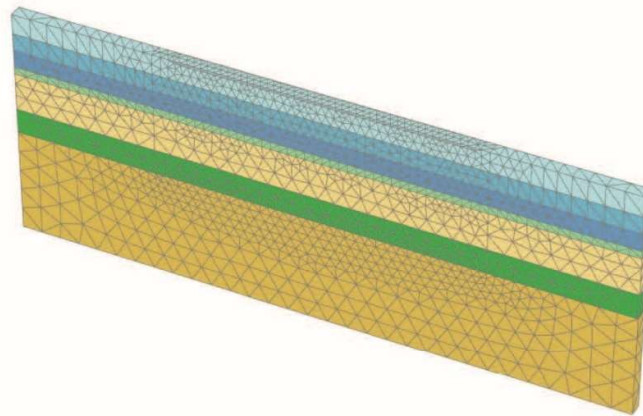
9000

1



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI66A0001A</p>	<p>Foglio 118 di 126</p>

RI6I

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

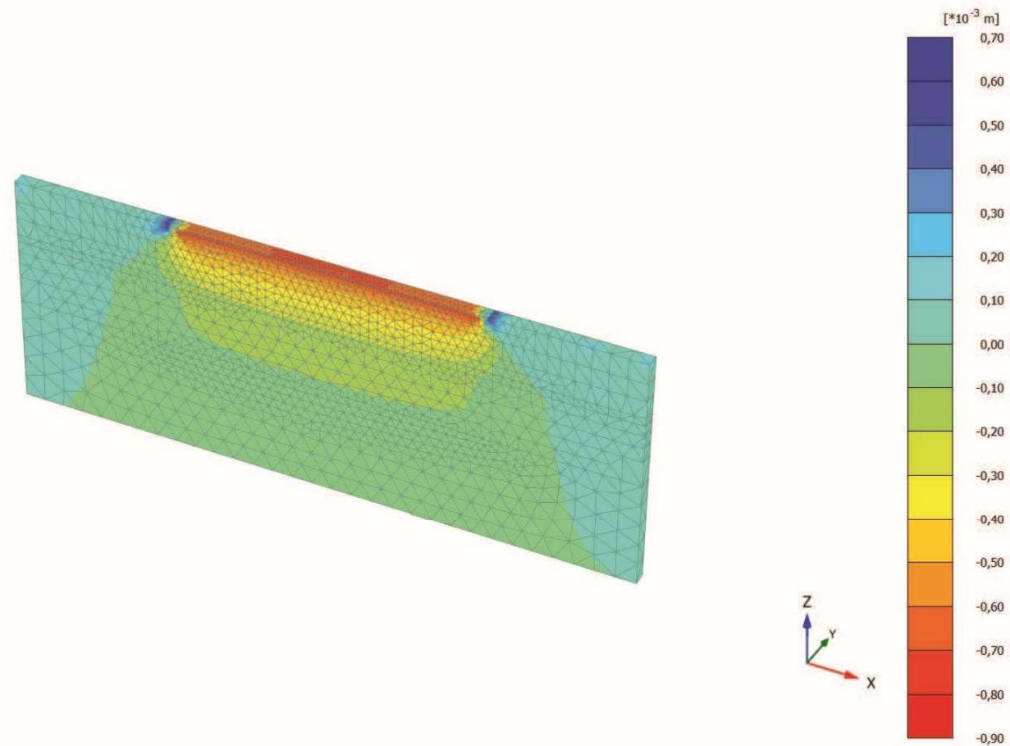


<p><b>Total displacements <math>u_z</math></b> Uniform value of 0,000 m</p>
---------------------------------------------------------------------------------



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI66A0001A</p>	<p>Foglio 119 di 126</p>

RI6I

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

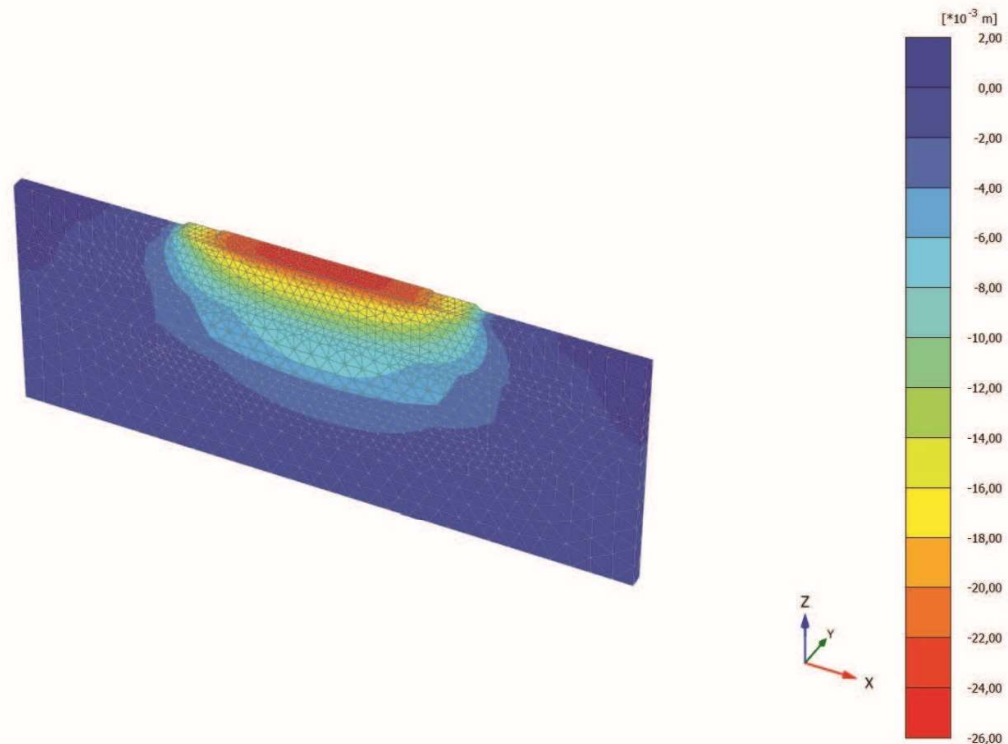


**Total displacements  $u_z$  (Time 10,00 day)**  
Maximum value =  $0,6049 \cdot 10^{-3}$  m (Element 2086 at Node 4914)  
Minimum value =  $-0,8216 \cdot 10^{-3}$  m (Element 1696 at Node 4604)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI66A0001A</p>	<p>Foglio 120 di 126</p>

RI6I

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





**Total displacements  $u_z$  (Time 40,00 day)**

Maximum value =  $0,4768 \cdot 10^{-3}$  m (Element 1919 at Node 12028)

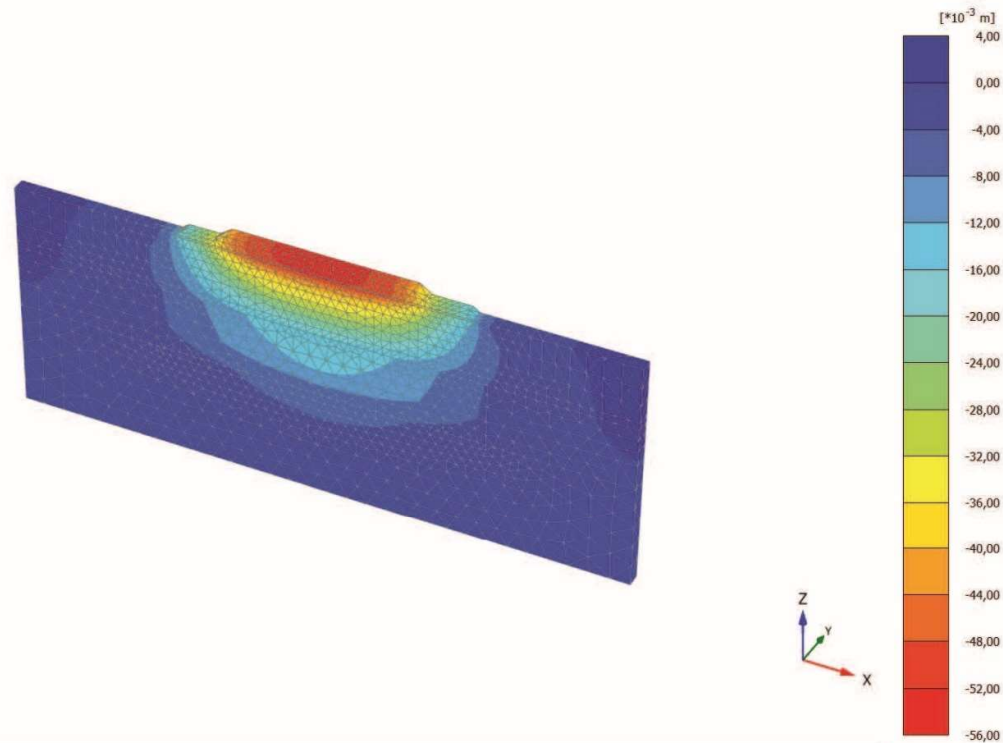
Minimum value =  $-0,02461$  m (Element 870 at Node 1633)





<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI66A0001A</p>	<p>Foglio 121 di 126</p>

RI6I

**2.1.1.1.4 Calculation results, Rilevato2\_DR [Phase\_3] (3/10), Total displacements  $u_z$**

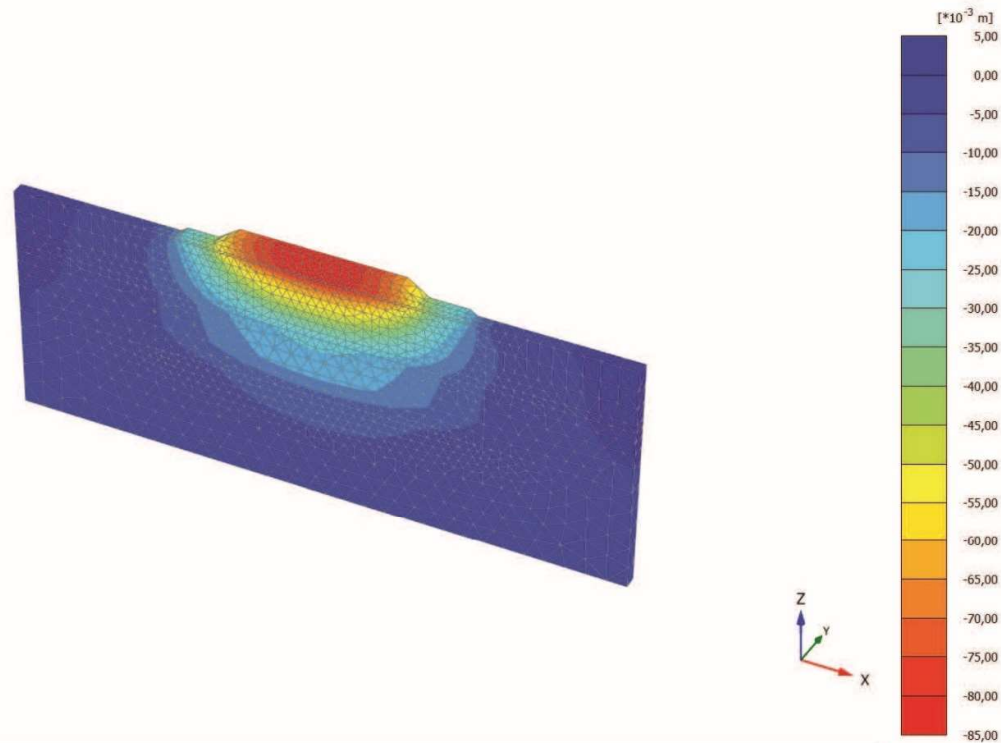


**Total displacements  $u_z$  (Time 70,00 day)**  
Maximum value =  $0,5534 \cdot 10^{-3}$  m (Element 1919 at Node 12028)  
Minimum value =  $-0,05342$  m (Element 539 at Node 855)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI66A0001A</p>	<p>Foglio 122 di 126</p>

RI6I



**2.1.1.1.5 Calculation results, Rilevato3\_DR [Phase\_4] (4/12), Total displacements  $u_z$**



**Total displacements  $u_z$  (Time 100,0 day)**

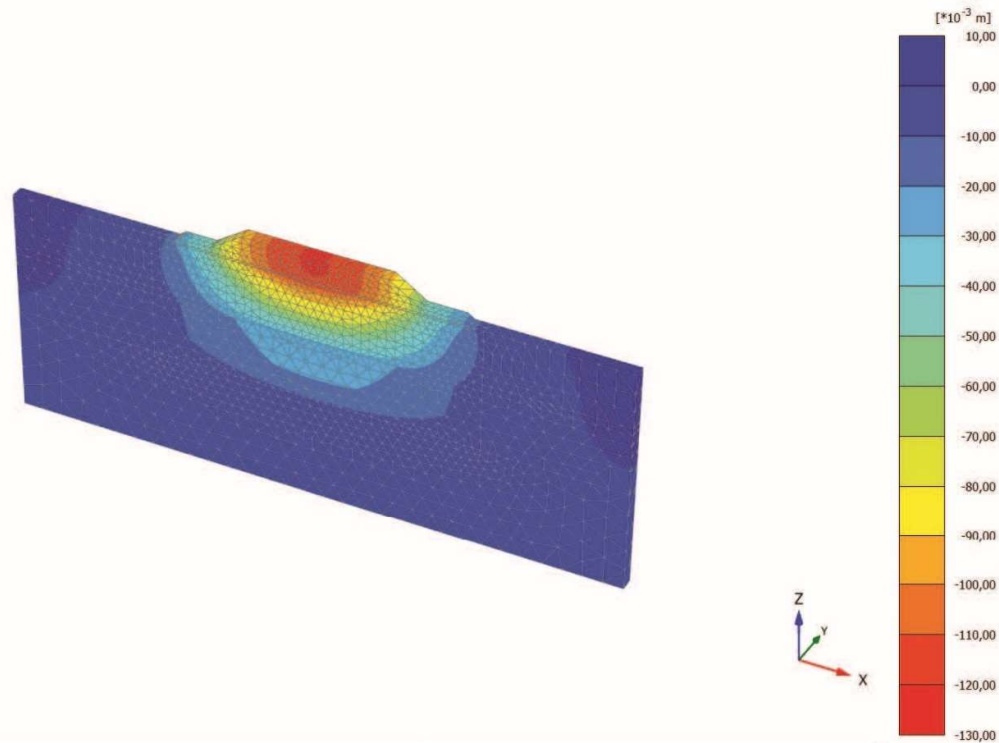
Maximum value =  $0,7241 \cdot 10^{-3}$  m (Element 1919 at Node 12028)

Minimum value =  $-0,08420$  m (Element 316 at Node 682)



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI66A0001A</p>	<p>Foglio 123 di 126</p>

RI6I

**2.1.1.1.6 Calculation results, Rilevato4\_DR [Phase\_5] (5/14), Total displacements  $u_z$**

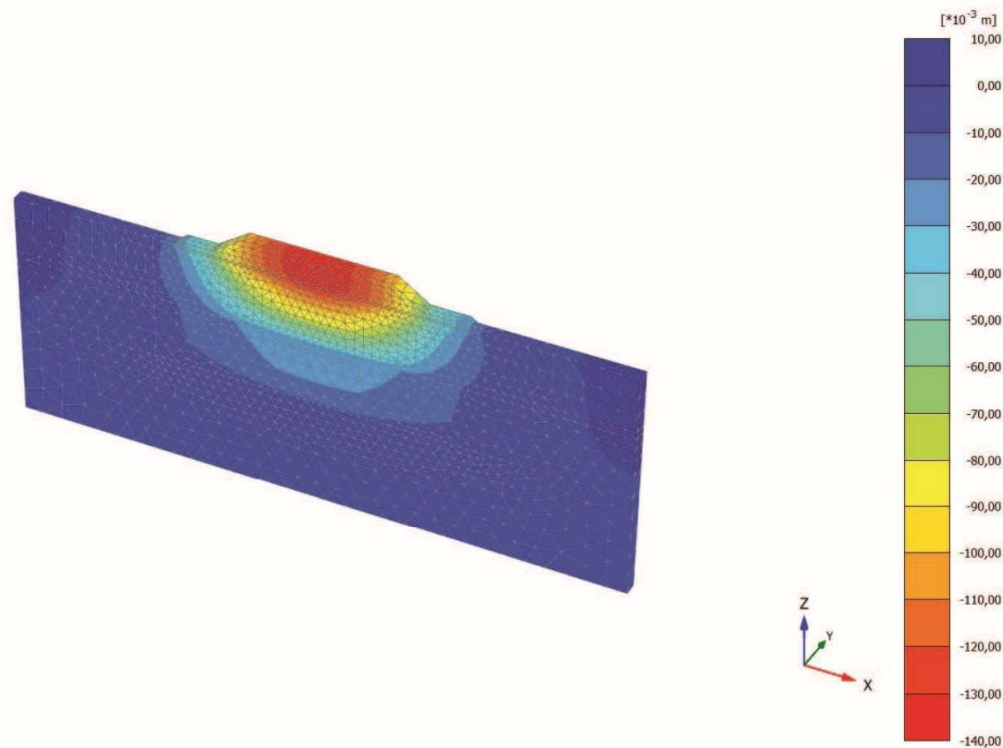


**Total displacements  $u_z$  (Time 130,0 day)**  
Maximum value =  $0,9658 \cdot 10^{-3}$  m (Element 1917 at Node 11241)  
Minimum value =  $-0,1210$  m (Element 114 at Node 499)



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI66A0001A</p>	<p>Foglio 124 di 126</p>

R166

### 2.1.1.1.7 Calculation results, Nil [Phase\_8] (8/16), Total displacements $u_z$

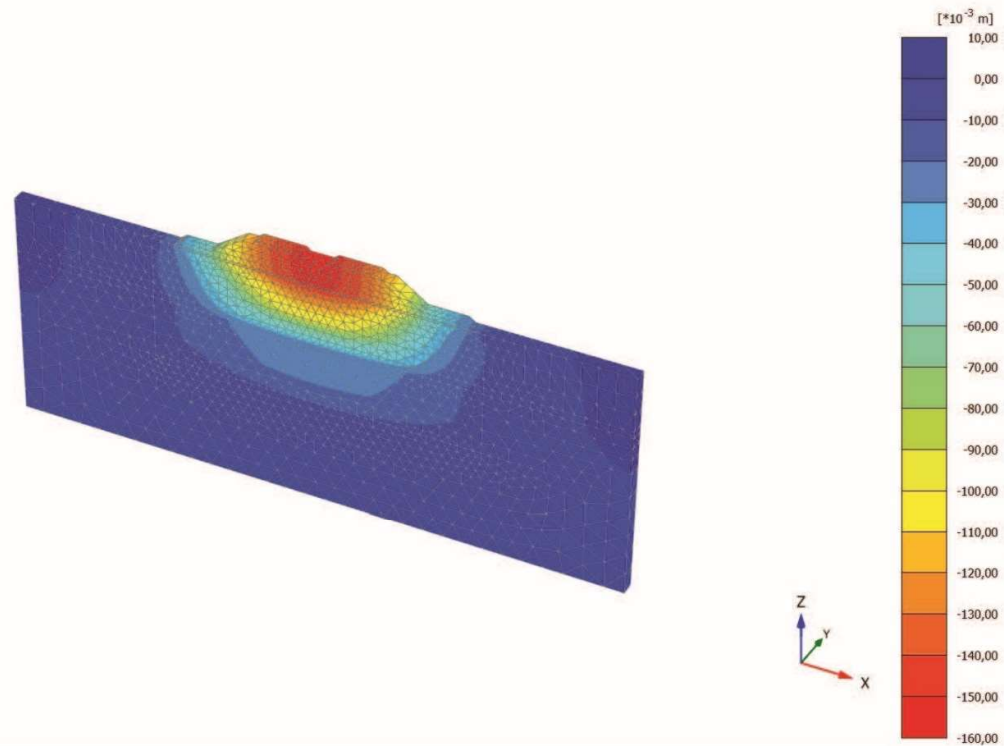


**Total displacements  $u_z$  (Time 190,0 day)**  
Maximum value =  $0,8123 \cdot 10^{-3}$  m (Element 1917 at Node 11241)  
Minimum value =  $-0,1374$  m (Element 115 at Node 680)



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI66A0001A</p>	<p>Foglio 125 di 126</p>

RI6I

### 2.1.1.1.8 Calculation results, Ballast [Phase\_6] (6/18), Total displacements $u_z$

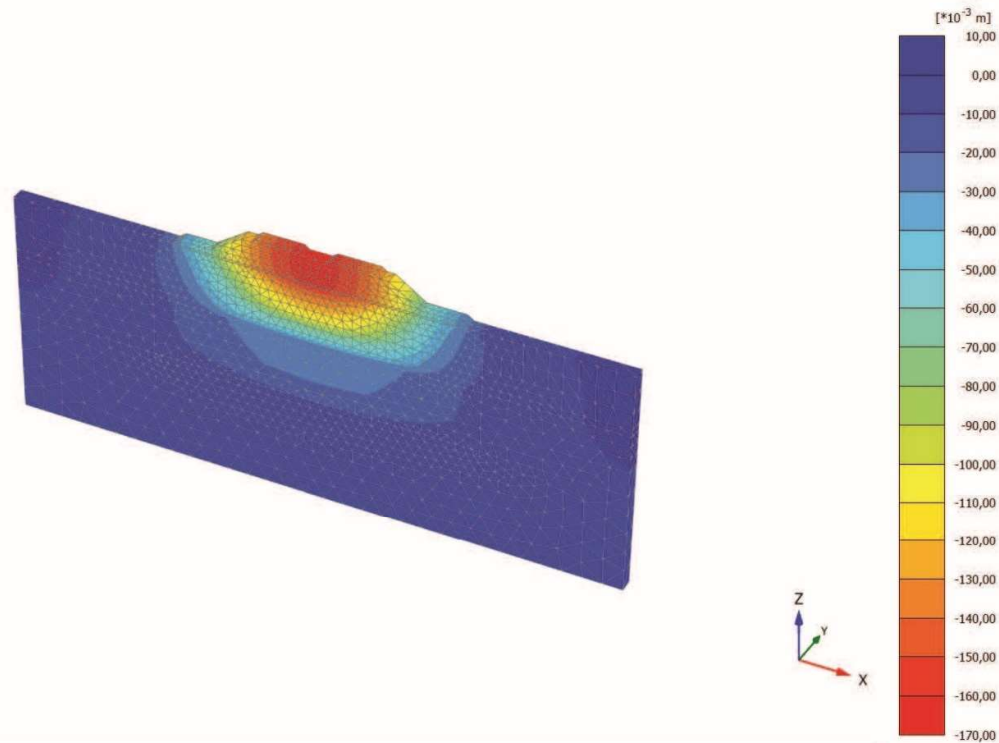


**Total displacements  $u_z$  (Time 250,0 day)**  
Maximum value =  $0,9162 \cdot 10^{-3}$  m (Element 1917 at Node 11241)  
Minimum value =  $-0,1547$  m (Element 316 at Node 682)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 35+200,00 a pk 35+600,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI66A0001A</p>	<p>Foglio 126 di 126</p>

RI6I

### 2.1.1.1.9 Calculation results, Consolidazione [Phase\_1] (1/21), Total displacements $u_z$



**Total displacements  $u_z$  (Time 528,8 day)**

Maximum value =  $0,8744 \cdot 10^{-3}$  m (Element 1917 at Node 11241)

Minimum value =  $-0,1653$  m (Element 316 at Node 682)