

COMMITTENTE:



ALTA
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE
OBIETTIVO N. 443/01
LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA
Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza
PROGETTO ESECUTIVO
RILEVATI
Rilevato ferroviario da pk 29+150,00 a pk 29+400,00
GENERALE
Relazione Geotecnica**

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

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

I	N	1	7	1	2	E	I	2	R	B	R	I	5	0	0	0	0	0	1	A	-	-	-	P	-	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma Luca RANDOLFI	Data Dicembre 2021

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	G. Pepe 	Dicembre 2021	V. Pastore 	Dicembre 2021	P. Ascari 	Dicembre 2021	 P. Ascari Data: Dicembre 2021

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712EI2RBRI5000001A_03.DOCX
Progetto cofinanziato dalla Unione Europea		Cod. origine:



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 2 di 130

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
2.1	Documentazione di progetto.....	5
2.2	Normativa e standard di riferimento.....	5
2.3	Bibliografia	6
3	INQUADRAMENTO DELL'OPERA	8
3.1	Premessa.....	8
3.2	Geometria del rilevato.....	8
3.3	Descrizione degli interventi.....	10
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	11
4.1	Indagini disponibili.....	11
4.2	Inquadramento stratigrafico	12
4.3	Livello di falda	13
4.4	Condizioni geotecniche del sito	13
4.5	Sintesi del modello geotecnico di riferimento	25
4.6	Materiale da rilevato.....	25
5	CARATTERISTICHE SISMICHE E SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE.....	26
5.1	Sollecitazione sismica di progetto.....	26
5.1.1	Vita Nominale.....	26
5.1.2	Classe d'uso	26
5.1.3	Periodo di riferimento per l'azione sismica	27
5.1.4	Categorie di Sottosuolo.....	27
5.1.5	Condizioni topografiche	27
5.1.6	Accelerazione sismica di riferimento	27
5.2	Suscettibilità alla liquefazione.....	28
5.2.1	CRR da correlazione su prove CPT	29
5.2.2	CRR da correlazione su prove SPT.....	31
5.3	Commento ai risultati	34
6	VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO FERROVIARIO	37
6.1	Premessa.....	37
6.2	Criteri di verifica agli Stati Limite.....	37
6.2.1	Stati limite ultimi (SLU).....	38
6.2.2	Stati limite di esercizio (SLE)	39
6.2.3	Verifiche in condizioni sismiche	39
6.3	Azioni di progetto	40

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 3 di 130

6.3.1	Azioni permanenti	40
6.3.2	Azioni variabili	40
6.3.3	Azione sismica	40
6.4	Verifiche e risultati SLU	41
6.4.1	Premessa	41
6.4.2	Verifiche SLU in condizione statiche	41
6.4.3	Verifiche SLU in condizioni sismiche	42
6.5	Verifica e risultati SLE	44
6.5.1	Premessa e descrizione concettuale della soluzione	44
6.5.2	Metodologia di calcolo	44
6.5.3	Schematizzazione e risultati	47
7	RESISTENZA DEI PALI SOGGETTI A CARICHI ASSIALI	57
7.1	Analisi agli stati limite	57
7.2	Metodologia di calcolo	59
7.2.1	Portata laterale	59
7.2.2	Portata di base	60
7.3	Stratigrafia di calcolo	61
7.4	Risultati	62
8	CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI	67
	Allegati	68
	ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO	69
	ALLEGATO 2 – INDAGINI GEOGNOSTICHE	71
	ALLEGATO 3 – TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU STATICA	82
	ALLEGATO 4 – TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU SISMICA	92
	ALLEGATO 5 – TABULATI DI PLAXIS	102
	ALLEGATO 6 - VERSIONI DEI SOFTWARE UTILIZZATI	130

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 4 di 130

1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la Relazione Geotecnica del rilevato RI50, previsto nell'ambito del Progetto Esecutivo della sub tratta Verona – Vicenza della Linea AV/AC Verona – Padova. Tale rilevato si estende tra il km 29+150,00 e il km 29+400.

La relazione descrive il modello geotecnico definito per il rilevato, ricavato sulla base delle indagini geognostiche eseguite nelle vicinanze dell'opera e delle caratteristiche geotecniche attribuite ai materiali rinvenuti lungo la tratta. Vengono quindi presentate le verifiche di SLU e SLE, condotte in base al modello geotecnico sopra definito, ed eseguite ai sensi della Normativa di riferimento (NTC2008, v. capitolo seguente).

Il documento è così organizzato:

- documenti e normativa di riferimento (capitolo 2);
- inquadramento dell'opera e caratteristiche geometriche del rilevato (capitolo 3);
- definizione del modello geotecnico di riferimento (capitolo 4);
- valutazione della suscettibilità alla liquefazione e descrizione degli eventuali interventi di mitigazione (capitolo 5);
- verifiche geotecniche dei rilevati (capitolo 6);
- curve di resistenza dei pali (capitolo 7);
- conclusioni e raccomandazioni (capitolo 8).

E' utile segnalare che per quanto riguarda il tratto di rilevato compreso tra le progressive 29+150,00 e 29+198,00 la stratigrafia di riferimento e la tipologia costruttiva sono nella pratica e nella sostanza quelle del rilevato RI49. Pertanto, per questo tratto lo scrivente progettista rimanda alla corrispondente relazione di calcolo IN17EI2RBRI4900001A.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 5 di 130

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Documentazione di progetto

- [1] Sezioni trasversali di Progetto Esecutivo
- [2] IN1710EI2RBGE0000003C Relazione Geotecnica (da 21+990 a 33+500)
- [3] IN1710EI2LZGE0000018B Planimetria con ubicazione indagini e profilo geotecnico 7 di 11
- [4] IN1710EI2RHGE0000006B Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 2/2
- [5] IN1710EI2P5GE0000007C Planimetrie con classificazione sismica del territorio 7 di 11
- [6] IN1710EI2RHGE0000004C Relazione idrogeologica 2/2
- [7] IN1710EI2RHGE0000007C-8C Relazione di sintesi dei sondaggi e delle prove eseguite
- [8] IN1710EI2PRGE0000001B-2B, Risultati Indagini in sito di Progetto – SOCOTEC
- [9] IN1710EI2PRGE0000001B-4B, Risultati Indagini in sito di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING – GEOLAVORI
- [10] IN1710EI2PRGE0000005B-6B-7C-8B, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [11] IN1710EI2PRGE0000009B-12B, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING – GEOLAVORI
- [12] IN1710EI2IGGE0000001B-2B, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [13] IN1710EI2IGGE0000003B-4B, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING – GEOLAVORI

2.2 Normativa e standard di riferimento

- [14] Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n.30
- [15] Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 – Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008
- [16] UNI EN 1997-1 : Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- [17] UNI EN 1998-5 : Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- [18] RFI DTC SI PS MA IFS 001 B Manuale di progettazione delle opere civili, Parte II – Sezione 2, Ponti e strutture
- [19] RFI DTC SI CS MA IFS 001 B Manuale di progettazione delle opere civili, Parte II – Sezione 3, Corpo stradale
- [20] RFI DTC INC PO SP IFS 001 A Specifica per la progettazione e l’esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario
- [21] RFI DTC INC CS SP IFS 001 A Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie
- [22] RFI DTC SICS SP IFS 001 B Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 5 – “Opere in terra e scavi” – RFI
- [23] RFI TCAR ST AR 01 001 D Standard di qualità geometrica del binario con velocità fino a 300 km/h

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 6 di 130

[24] Specifiche Tecniche di interoperabilità 2015 (REGOLAMENTO (UE) N. 1299/2014 DELLA COMMISSIONE del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea)

2.3 Bibliografia

- [25] Rocscience (2017), Slide ver 7.0, 2017
- [26] Bentley (2017), PLAXIS 3D, 2017
- [27] Matlock, H., Reese, L.C. (1960) "Generalized Solutions for Laterally Loaded Piles". Journal of Soil Mechanics and Foundations Division. ASCE, Vol.86, No.SM5, pp.63-91
- [28] Reese L.C. and O'Neill M.W. (1999), "Drilled shafts. Construction procedures and design methods" Federal Highway administration. Report FHWA-IF-99-025
- [29] Fioravante, V., Ghionna, V.N., Jamiolkowski, M.B. and Pedroni, S. (1995). "Load carrying capacity of large diameter bored piles in sand and gravel". Proc. 10th ARCSMFE, 2, 3-15.
- [30] Meyerhof G.G. (1976), "Bearing capacity and settlement of pile foundations" JGED, ASCE, GT3, pp.197-228
- [31] Ghionna, V.N., Jamiolkowski, M.B., Pedroni, S. and Salgado, R. et al (1994). "Tip displacement of drilled shafts in sands". in Vertical and Horizontal Deformations of Foundations and Embankments. Ed. A.T. Yeung and G.Y. Felio, ASCE , GSP40, New York, 2, 1039-1057.
- [32] Hynes, M.E., and Olsen, R.S. (1999), "Influence of confining stress on liquefaction resistance", Proc., Int. Workshop on Phys. And Mech. Of Soil Liquefaction, Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 145-152.
- [33] Idriss, I.M. and Boulanger, R.W. (2004), "Semi-empirical procedures for evaluating liquefaction potential during earthquakes". In: Proceedings, 11th International Conference on Soil Dynamics and Earthquake engineering, and 3d International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering. D. Doolin et al., eds., Stallion press, Vol. 1, pp. 32-56.
- [34] Liao, S.C.C. and Whitman, R.V. (1986), "Overburden Correction Factors for SPT in sand", Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 112, No. 3, 373-377.
- [35] Robertson P.K. and Wride C.E. (1998). "Evaluating cyclic liquefaction potential using the cone penetration test". Canadian Geotechnical Journal, Ottawa, 35(3), pp. 442-459.
- [36] Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1971), "Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential", Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, 97(9), pp.1249-1273.
- [37] Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1982), "Ground motions and soil liquefaction during earthquakes", Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA, USA.
- [38] Seed, R.B., Tokimatsu, K., Harder, L.F., Chung, L.M. (1985), "The influence of SPT procedures in soil liquefaction resistance evaluations", Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 111(12), pp.1425-1445.
- [39] Youd, T.L., Idriss, I.M., Andrus, R.D., Castro, G., Christian, J.T., Dobry, R., Finn, L.W.D., Harder, L.F. Jr., Hynes, M.H., Ishihara, K., Koester, J.P., Liao, S.S.C., Marcuson, W.F. III, Martin, G.R., Mitchell, J.K., Moriwaki, Y., Power, M.S., Robertson, P.K., Seed, R.B. and Stokoe, K.H. II (2001), "Liquefaction Resistance

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 7 di 130

of Soil: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils”, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, vol. 127, n° 10, pp.817-833.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 8 di 130

3 INQUADRAMENTO DELL'OPERA

3.1 Premessa

Il rilevato ferroviario in esame si estende tra il km 29+150,00 e il km 29+400,00, per una lunghezza totale di circa 250 m. Per tutta la sua estensione, il rilevato dell'AV risulterà in affiancamento a quello della linea storica. Per la tratta in esame non si evidenziano altre interferenze con opere d'arte maggiori adiacenti e/o attraversate.

3.2 Geometria del rilevato

Il nuovo rilevato sarà costruito in affiancamento a quello della linea storica ed avrà un'ampiezza massima di poco superiore a 10m ed un'altezza massima di circa 6.7m.

Il rilevato comprende due sezioni caratteristiche differenti:

La prima, da inizio fino alla 29+200 (50 m di lunghezza), con una sezione come riportata in

- Figura 1, prosegue la sezione delle WBS precedenti
- La seconda (Figura 2, nella configurazione finale), fino alla fine della WBS (29+400), nella quale, per limitare l'area d'ingombro, il rilevato sarà provvisto di un muro di sostegno di linea, con fondazioni profonde costituite da 2 file di pali $\Phi 1000$ ad interasse di 3.0 m La costruzione del muro in condizioni di esercizio della linea storica sarà resa possibile dalla realizzazione di un'opera di sostegno provvisoria, costituita da una paratia di micropali tirantata posizionata lungo la scarpata del rilevato esistente.

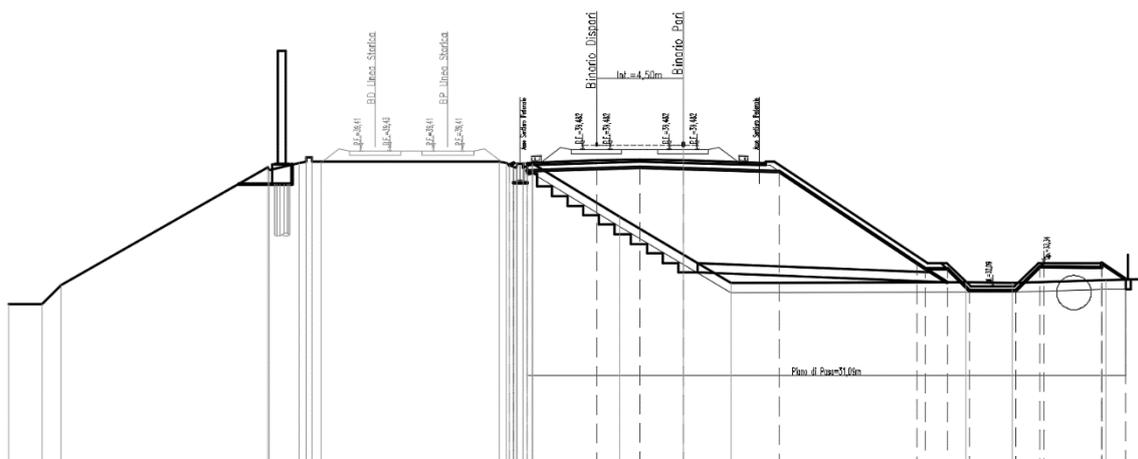


Figura 1 – Sezione trasversale R150 alla pk 29+198 (Doc. Rif. [1])

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 9 di 130

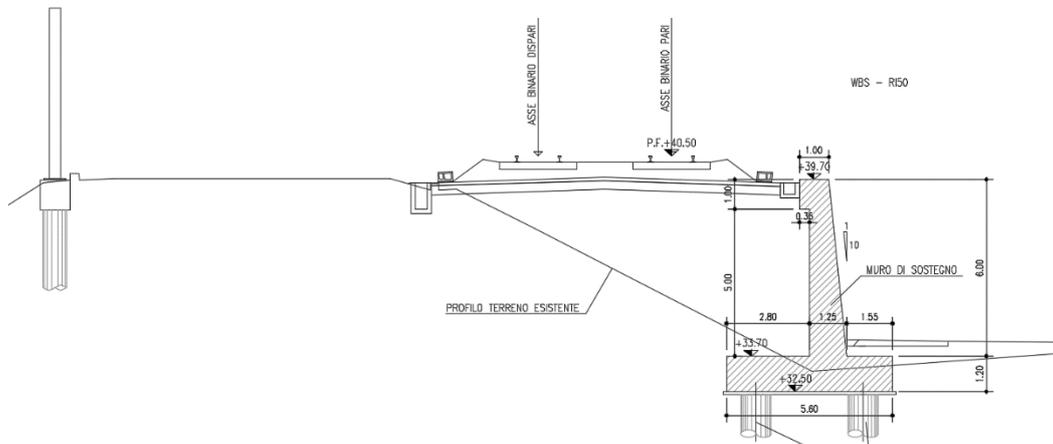


Figura 2 – Sezione trasversale RI50 alla pk 29+225 (Doc. Rif. [1])

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI500001A	Foglio 11 di 130

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

4.1 Indagini disponibili

L'ubicazione delle indagini disponibili relative all'opera esaminata è illustrata nella Figura 4, estratta dalla Planimetria geotecnica con ubicazione indagini e profilo geotecnico (Doc. Rif. [3]). Per ulteriori dettagli si rimanda alle relazioni di sintesi delle indagini (Doc.Rif. [7]-[13]). Le indagini disponibili lungo il tratto d'interesse sono riportate in Tabella 1. Nel seguente paragrafo si riporta l'esito della caratterizzazione geotecnica, ottenuta basandosi sui risultati delle indagini e sulla caratterizzazione generale dell'area in cui si inserisce il rilevato, presentata nella Relazione Geotecnica (Doc. Rif. [2]). Per una trattazione completa dei criteri utilizzati per la valutazione dei parametri geotecnici a partire dai dati di prove in sito e di laboratorio, si rimanda al capitolo 5 della Relazione Geotecnica Generale (Doc. Rif. [2]).

Tabella 1 - Indagini disponibili tra pk 29+150,00 e pk 29+400,00

Progressiva pk	ID indagini -	Campagna anno
29+197	BH-DH-PE-58	2020-2021
29+225	MASW-PE-14	2020-2021
29+230	CPTU-PE-37/7	2021
29+360	CPTU-PE-37/8	2021



Figura 4 - Planimetria Rilevato RI50, estratto dalla Planimetria Generale (Doc. Rif. [3])

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI500001A	Foglio 12 di 130

4.2 Inquadramento stratigrafico

L'area in esame è caratterizzata dalla presenza di uno spesso strato superficiale di limi argillosi (Unità 3b) da sovraconsolidati a debolmente sovraconsolidati, avente spessore di circa 27 m ed all'interno del quale è possibile individuare una lente di materiale sabbioso (Unità 4), tra 9m e 10m pc, ed una, più profonda e più spessa (circa 4 m), centrata attorno ai 20 m da p.c. Al di sotto dei depositi coesivi, le indagini disponibili nell'area indicano la presenza di una unità di ghiaie (Unità 6) e argille più compatte, sovraconsolidate (Unità 2)

Per una trattazione di dettaglio delle unità sopra citate si rimanda alla Relazione Geotecnica Generale del tratto in esame (Doc. Rif. [2]). Nella Figura 5 si riporta il profilo geotecnico specifico per il rilevato RI50 estratto dalla Planimetria e Profilo Geotecnico Tav. 7 di 11 (Doc. Rif. [3]).

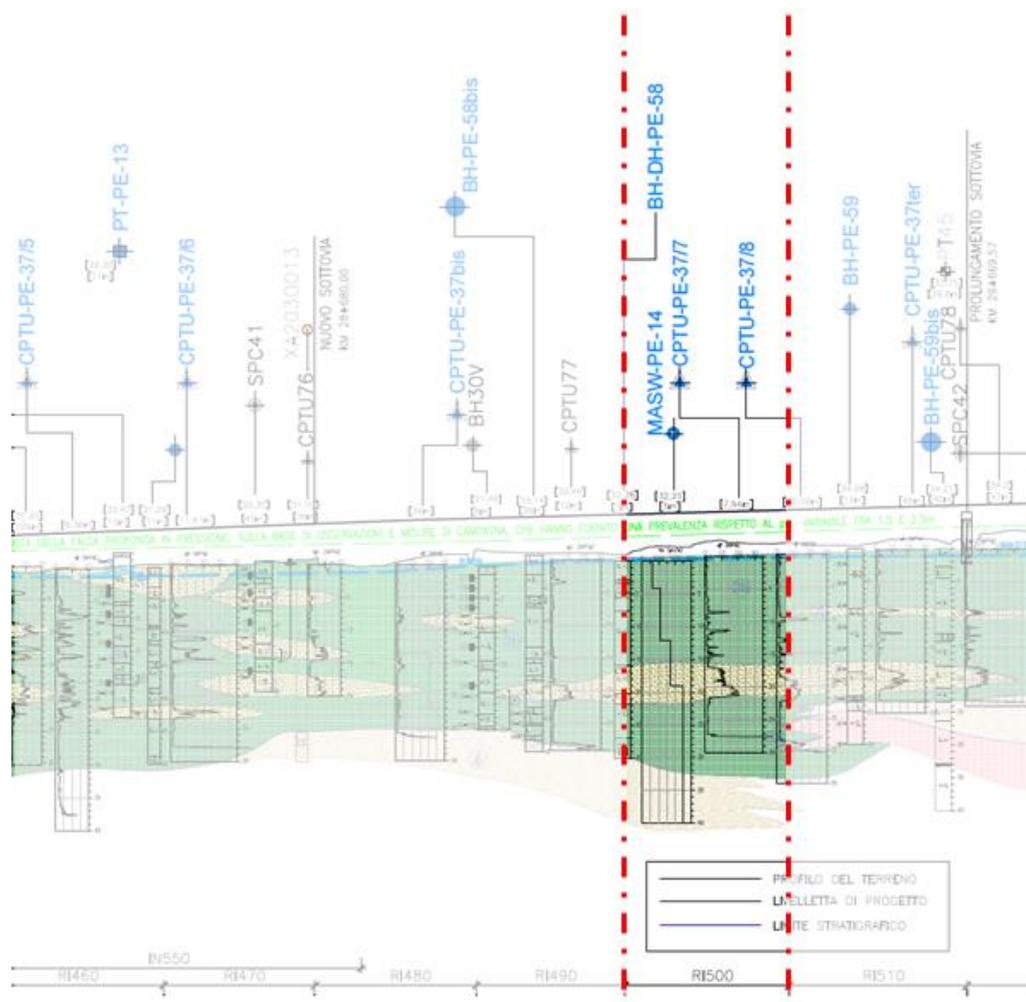


Figura 5 - Profilo Geotecnico Rilevato RI50, estratto dal Profilo Geotecnico Generale (Doc. Rif. [3])

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 13 di 130

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. Rif. [6]). Questi ultimi indicano una sostanziale stabilità nelle escursioni stagionali.

Ai fini delle verifiche dei rilevati si assume cautelativamente una falda di progetto coincidente con il p.c.

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

4.4 Condizioni geotecniche del sito

La Figura 6 riporta i risultati due prove CPT condotte nell'area in esame.

Come definito dalla sezione stratigrafica, il tratto in oggetto è caratterizzato da una spessa coltre di terreni prevalentemente limoso-argillosi (unità 3b), intercalati da depositi sabbiosi (unità 4). A circa 27 m di profondità le indagini mostrano la presenza di ghiaie (Unità 6), ove le CPTU vanno a rifiuto, I sondaggi in aree limitrofe indicano che, al disotto delle ghiaie, si trovano limi argillosi compatti (Unità 2).

Per la caratterizzazione dell'unità 3b, in termini di resistenza al taglio non drenata, si è fatto riferimento all'interpretazione delle prove CPTU 37/7- CPTU 37/8 e CPTU 37 PE ter, oltre che delle prove di laboratorio e delle prove pocket penetrometer.

I risultati sono riportati in Figura 10, ed evidenziano come nei primi 2 metri di profondità la resistenza al taglio non drenata sia stimabile attorno agli 80kPa e si assesti intorno a valori \geq di 50 kPa nell'intervallo di profondità compreso tra 2 e 9 m. Questa evidenza è sostenuta anche dai risultati di prove di laboratorio. Più in profondità, tra i 10 ed i 18 m dal p.c., la resistenza al taglio non drenata presenta valori dispersi e compresi tra 50 e 100 kPa, con un valore caratteristico cautelativo pari a 55kPa. I picchi di resistenza nel banco di sabbie sono determinati da locali intercalazioni sabbiose: questi picchi si riflettono nel grafico di Figura 10 come picchi di resistenza non drenata, ma proprio per le ragioni appena esposte non sono stati considerati nella caratterizzazione del materiale.

Per i terreni dell'unità 3b ancora più profondi è invece individuabile un valore caratteristico più elevato, pari a circa 70 kPa, in ragione dell'aumento dei valori minimi desumibili dalle prove pocket e dall'interpretazione delle CPTU.

Per l'unità 2, rilevata a circa 30 m da p.c., si desume invece un valore di c_u sempre superiore a 120 kPa.

Le intercalazioni di sabbia limosa (Unità 4) sono caratterizzate da valori di N_{SPT} sempre superiori a 50 colpi/30cm, correlabili a densità relative generalmente superiori al 70%. I depositi risultano perciò addensati e caratterizzati da angoli di resistenza al taglio di almeno 40°.

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

- resistenza alla punta qc nell'area di stretta pertinenza della WBS in questione. (Figura 6)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBRI5000001A	Foglio 14 di 130

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 15 di 130

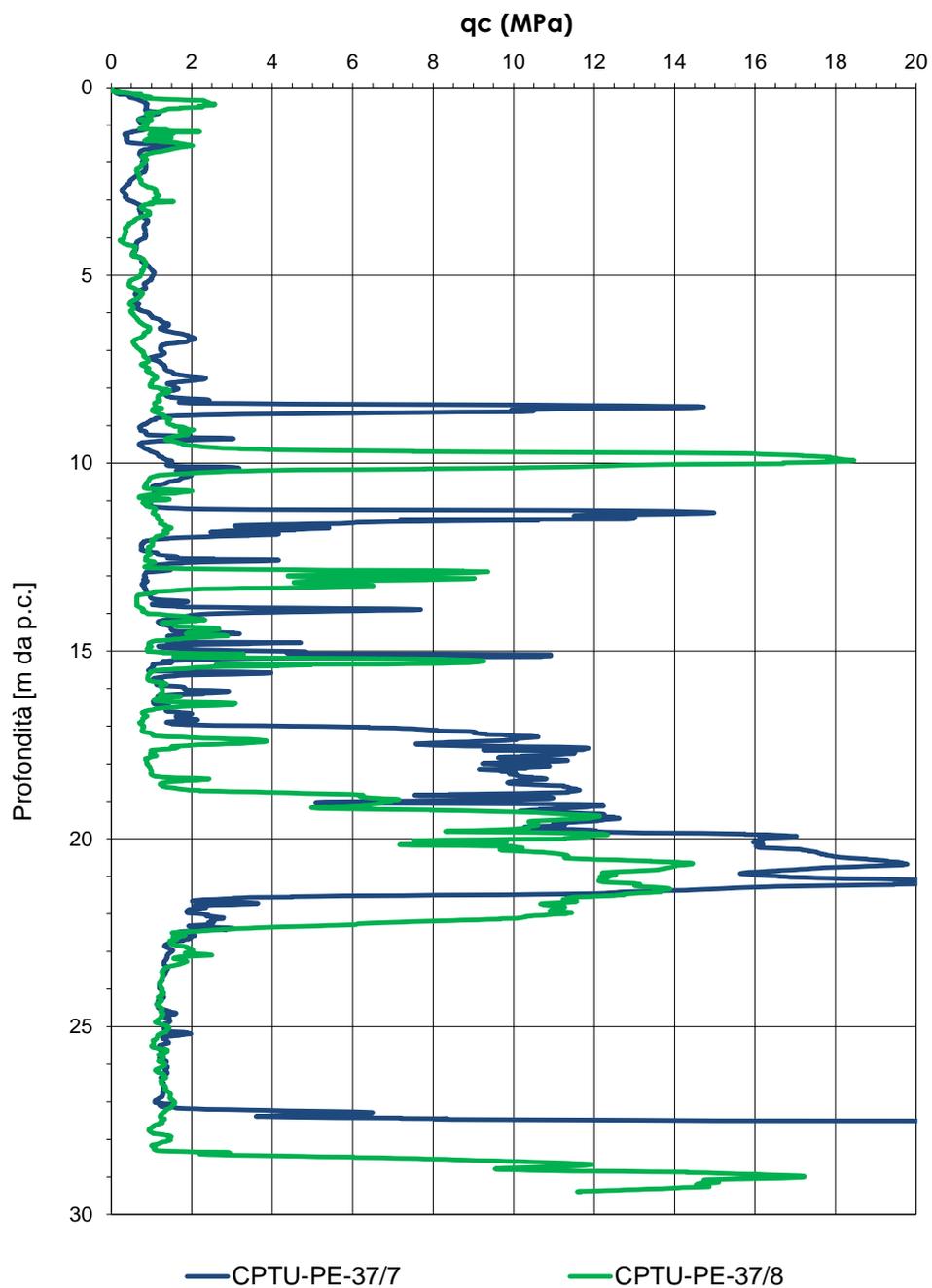


Figura 6 – Prove CPTU nell'area dell'RI50

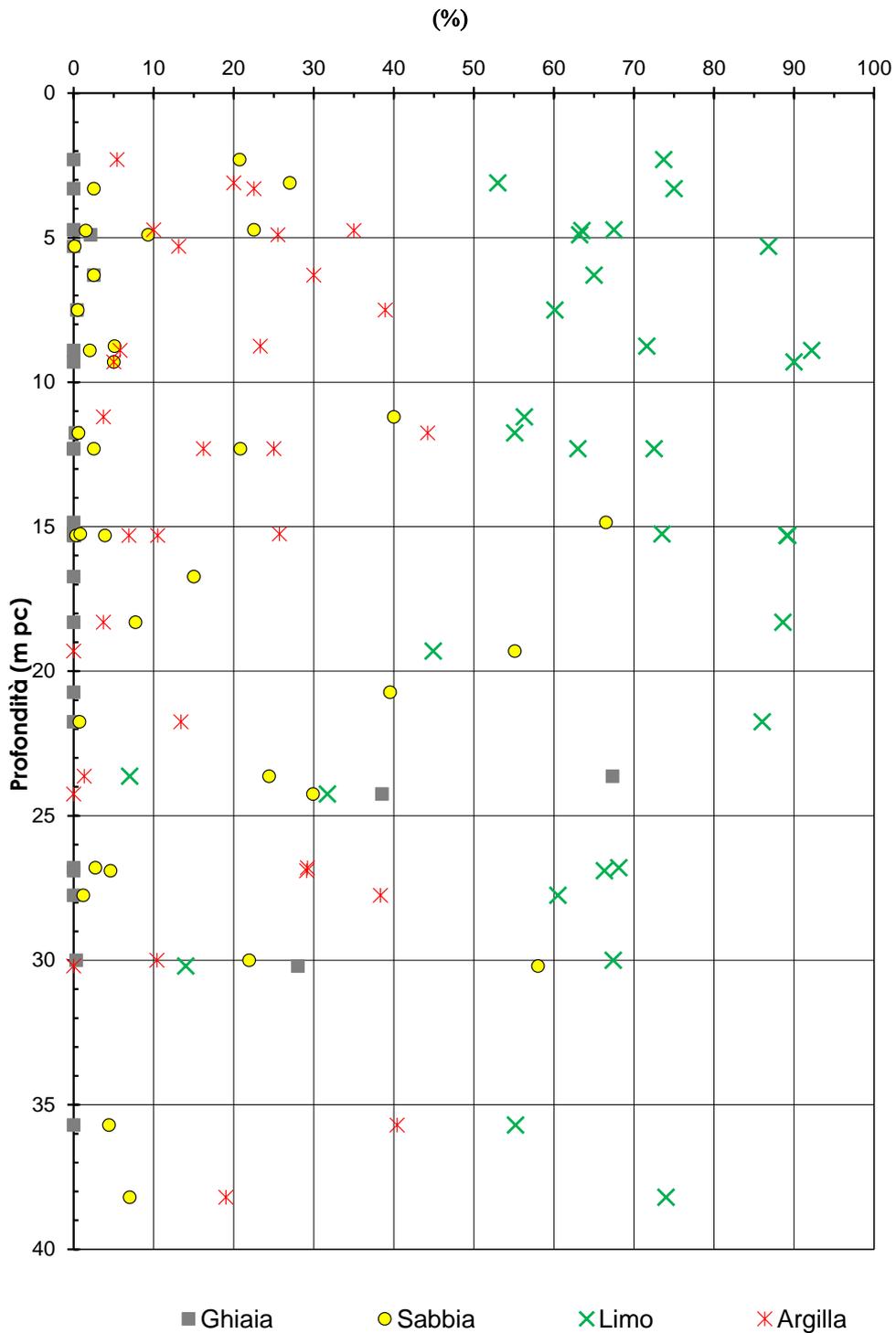


Figura 7 – Granulometrie dei materiali nell'area di interesse.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 17 di 130

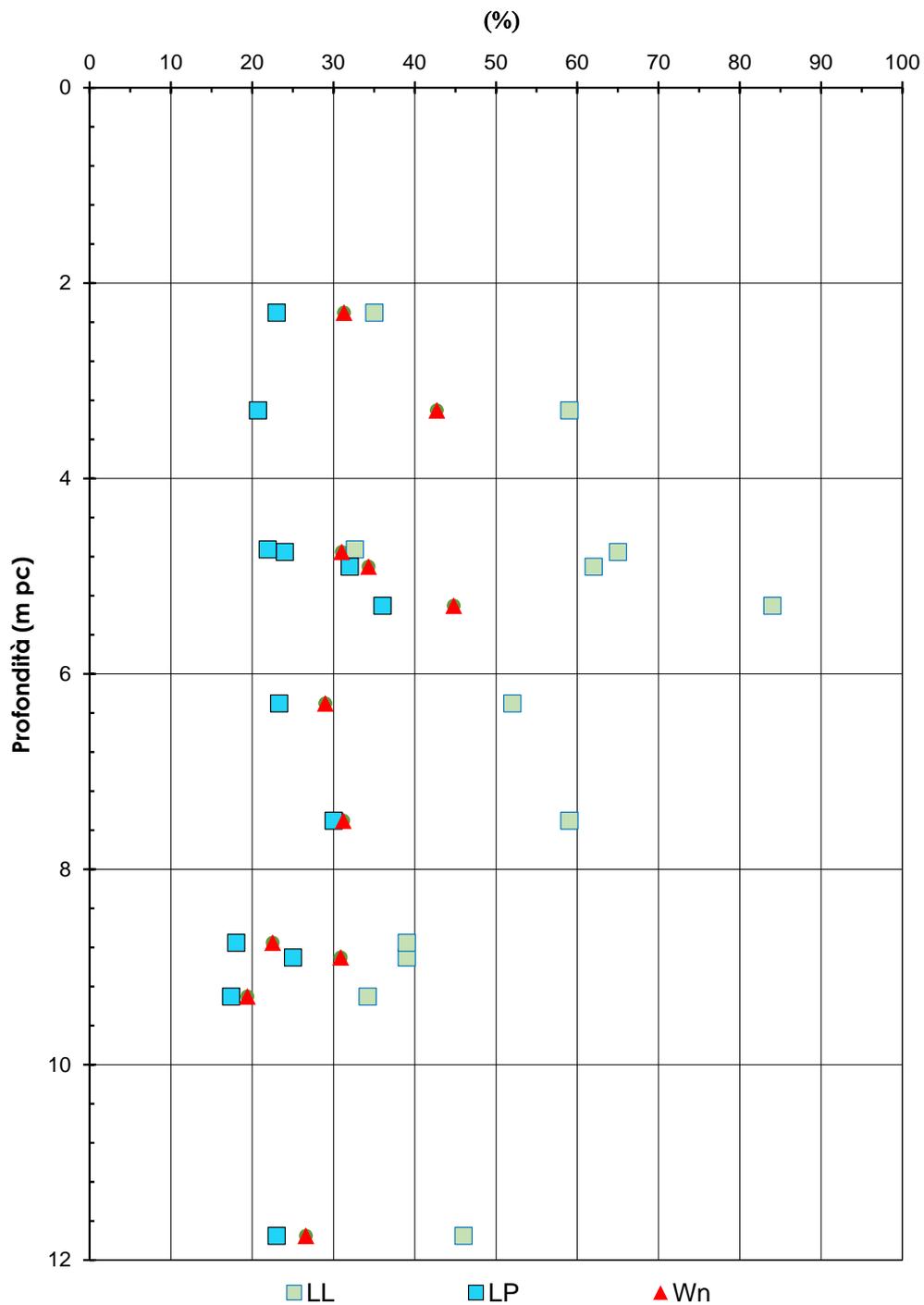


Figura 8 – Limiti di Atterberg e contenuto d'acqua naturale dei campioni a grana fine nell'area di interesse.

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
				
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A
				Foglio 18 di 130

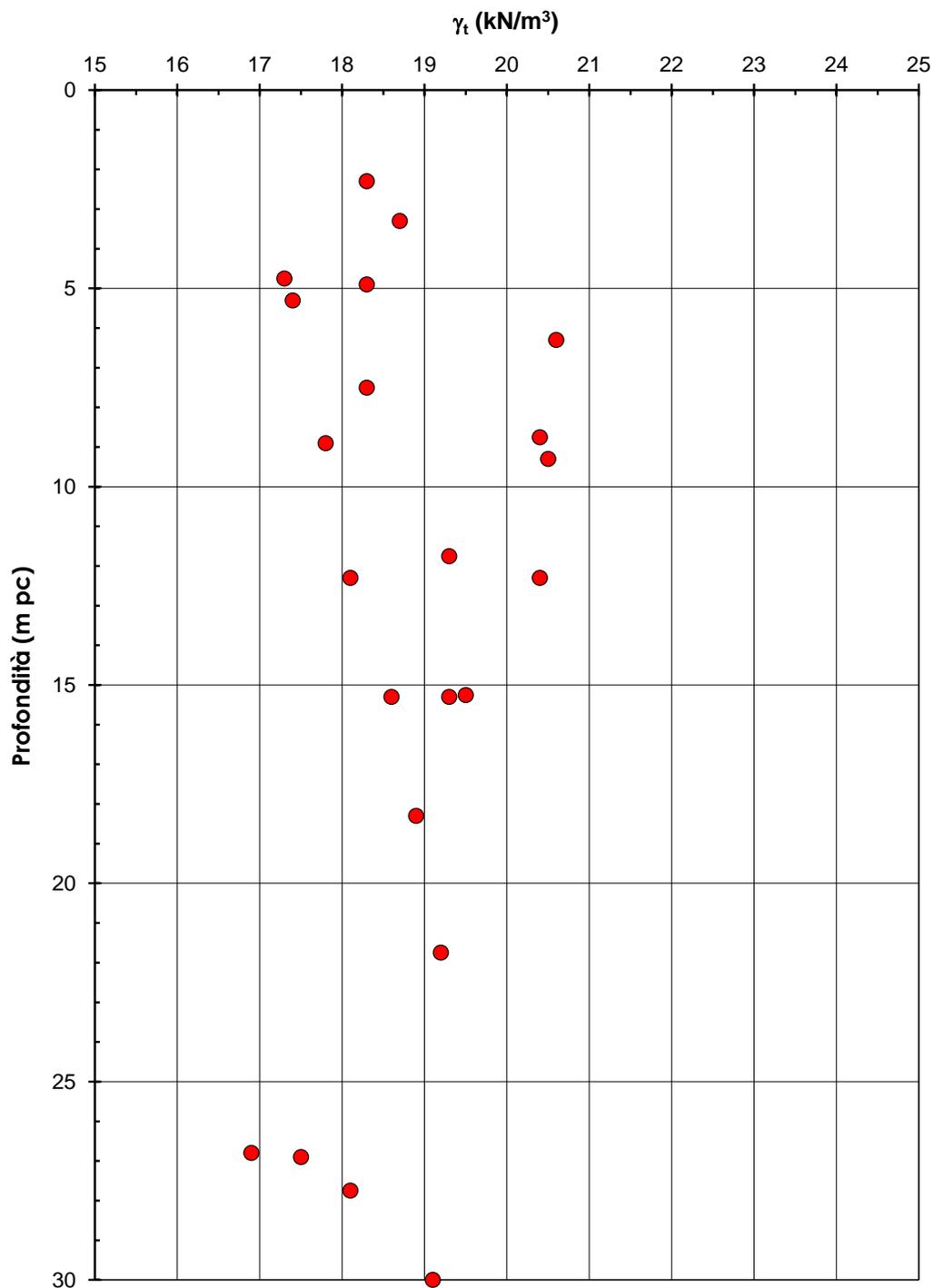


Figura 9 – Peso di volume dei campioni a grana fine nell'area di interesse.

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
				
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A
				Foglio 19 di 130

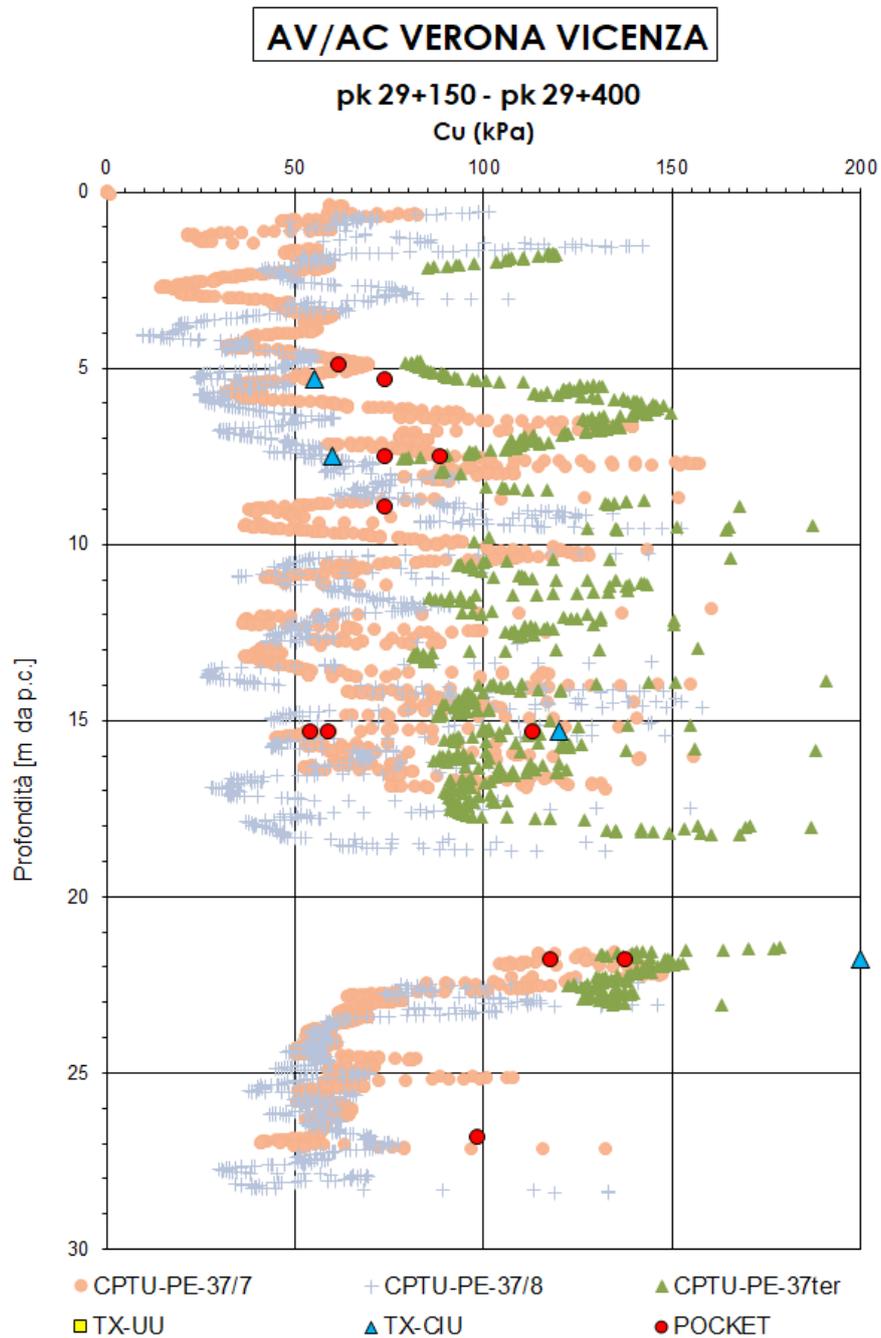


Figura 10 – Resistenza al taglio non drenata da prove CPTU disponibili da pk 29+150 a pk 29+400

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
				
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A
				Foglio 20 di 130

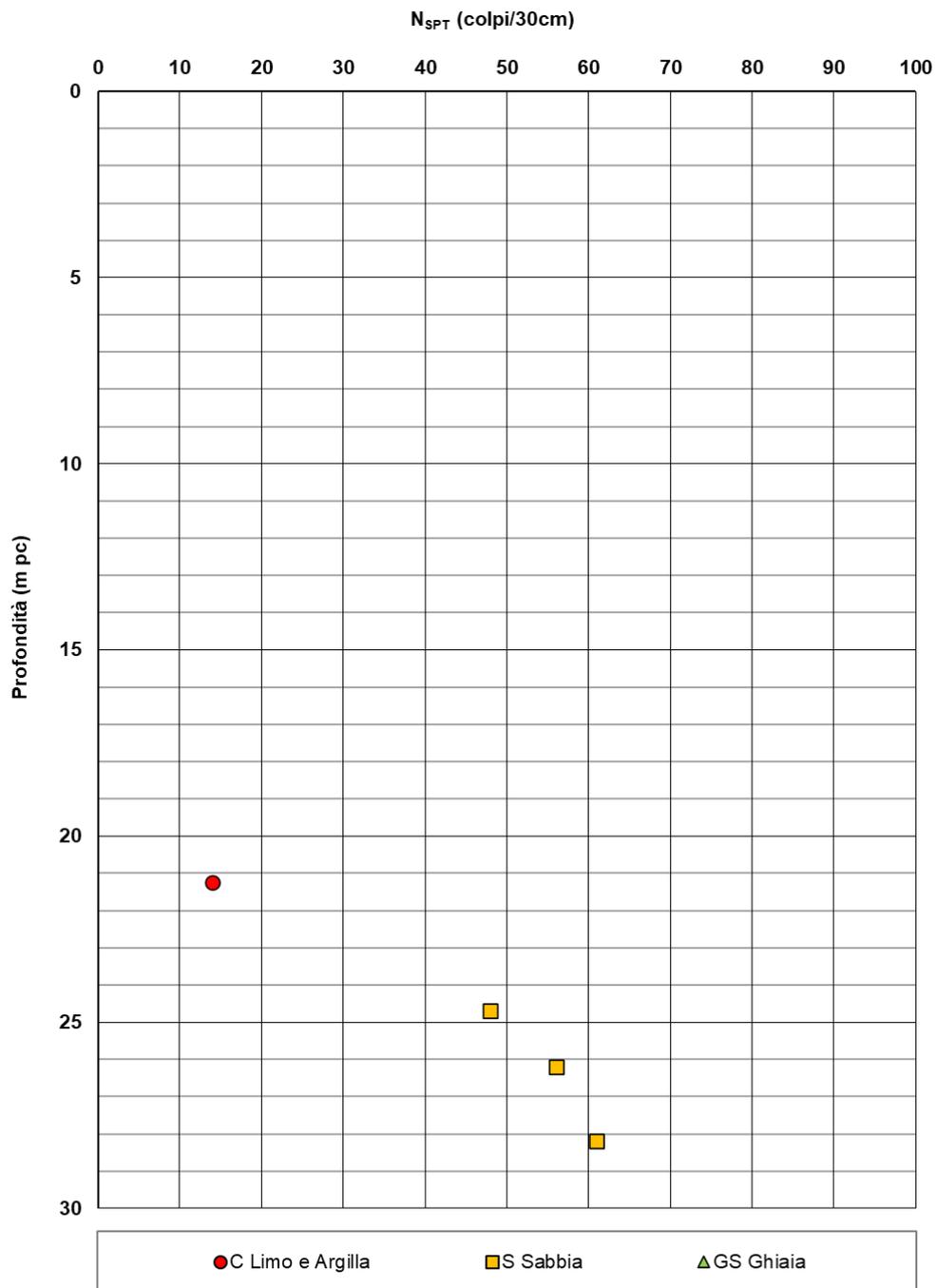


Figura 11 – Esito delle prove SPT da pk 29+150 a pk 29+400

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 21 di 130

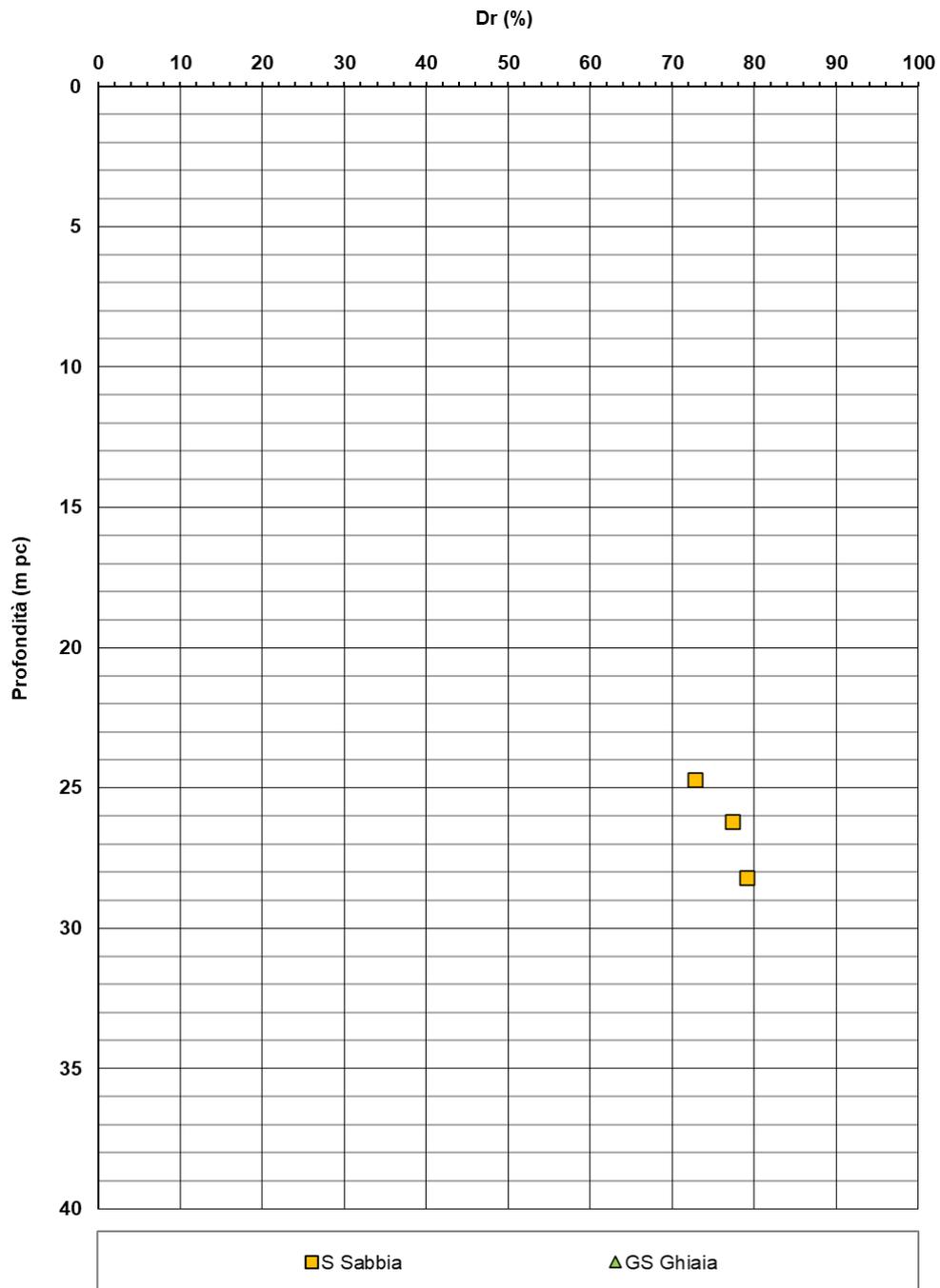


Figura 12 – Densità relativa da prove SPT da pk 29+150,00 a pk 29+400

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
				
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A
				Foglio 22 di 130

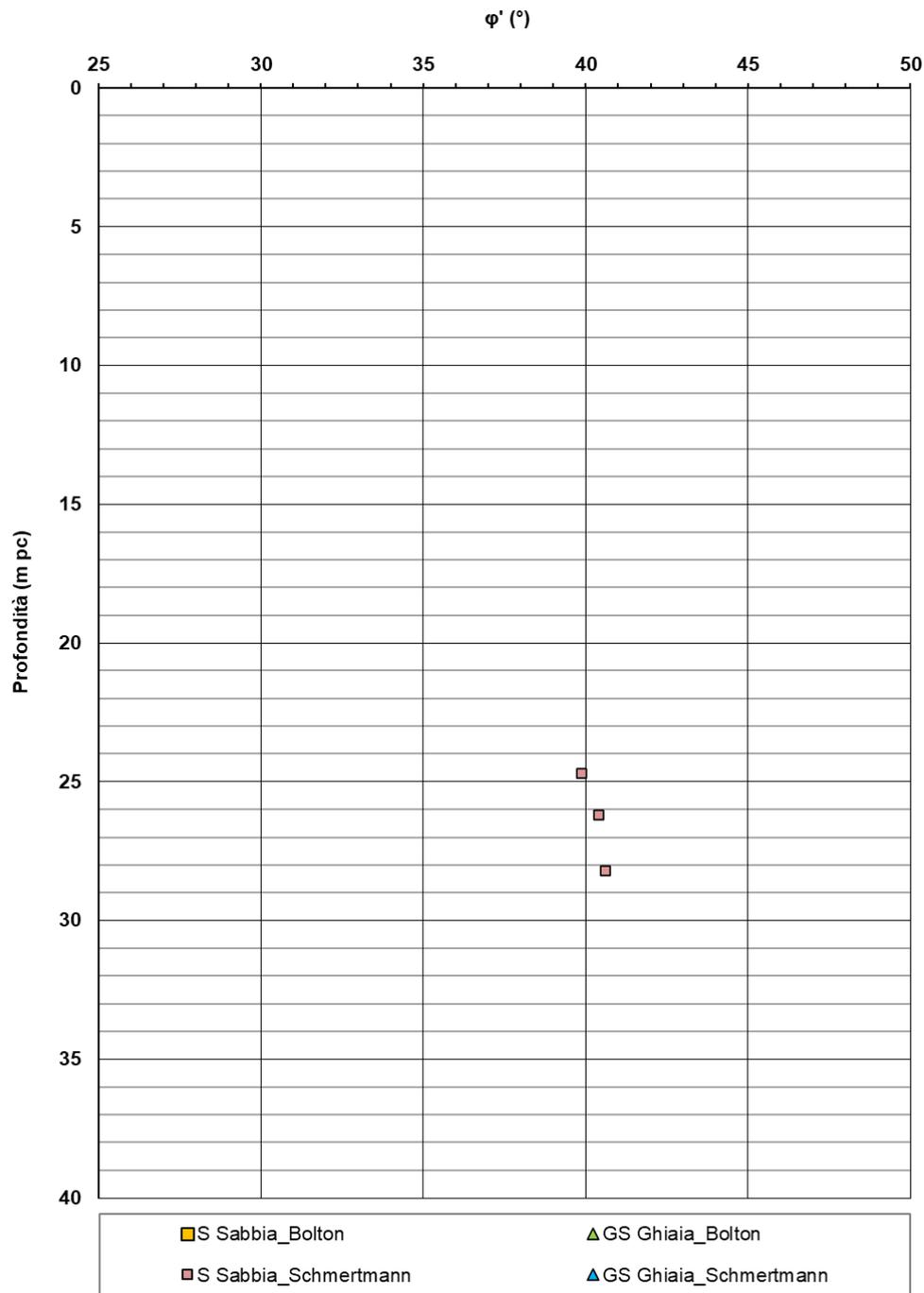


Figura 13 – Angoli di attrito da prove SPT da pk 29+150 a pk 29+400

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 23 di 130

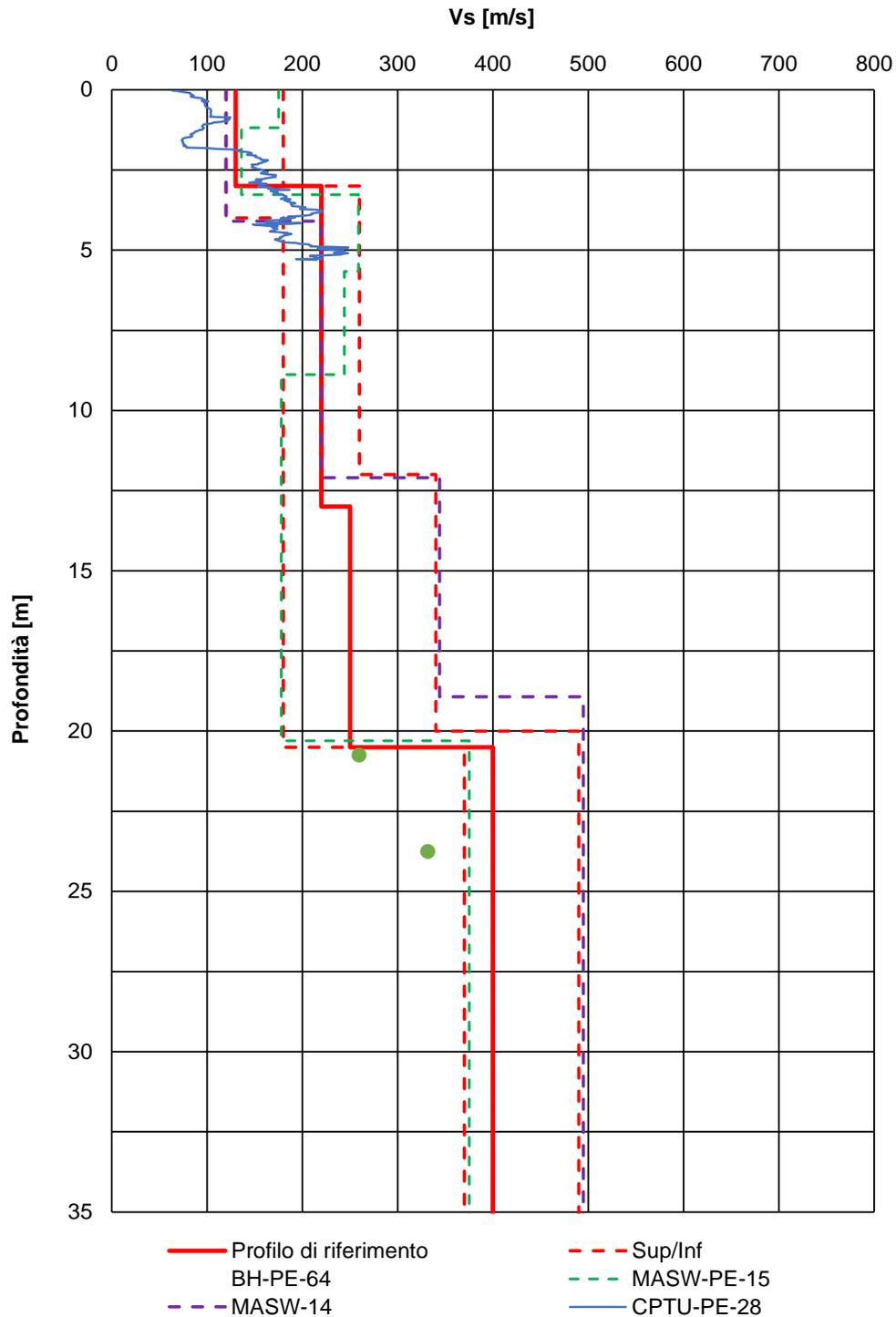


Figura 14 – Profilo di Vs di riferimento, a confronto con dati di correlazioni con SPT e prove geofisiche tipo MASW nell'intorno di interesse

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
				
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A
				Foglio 24 di 130

AV/AC VERONA VICENZA

pk 28+000 - pk 32+000

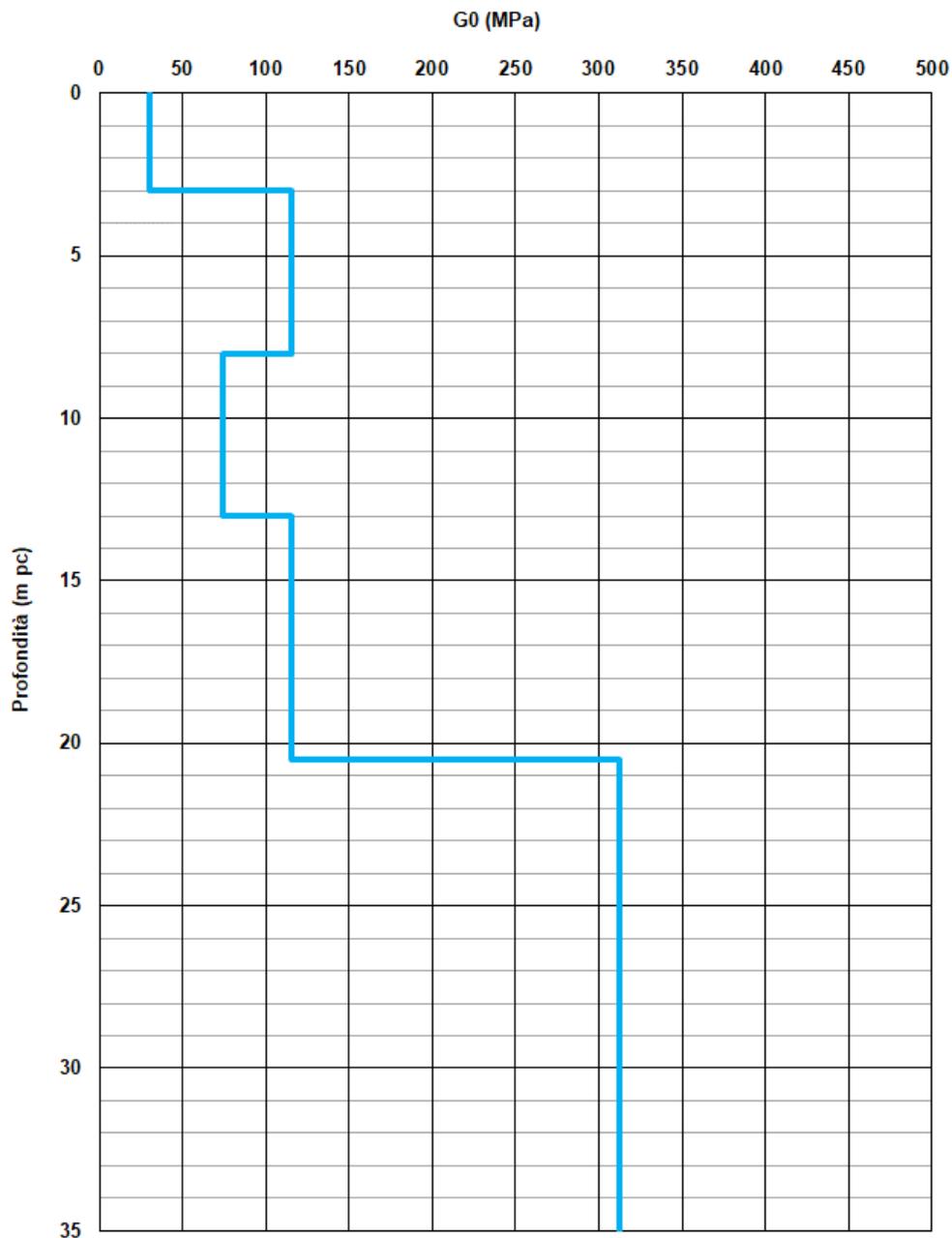


Figura 15 – Modulo di taglio G0 da pk 29+150 a pk 29+400

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 25 di 130

4.5 Sintesi del modello geotecnico di riferimento

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

Tabella 2 – Modello geotecnico di riferimento

Unità	da m pc*	a m pc*	γ kN/m ³	φ_k °	c_k' kPa	$c_{u,k}$ kPa	RR -	CR -	σ'_p kPa	E'_{op} MPa
0	2	3b	18.5			80	0,015	0,16	250	
2	9	3b	18.5			50	0,015	0,16	200	
9	10	4	18.5	36						35
10	18	3b	18.5			55	0,015	0,16	210	
18	22	4	19							60
22	27	3b	18,5			70	0,015	0,16	300	
27	30	6	19	39						100
>30		2	19			>120				150

* quota piano campagna = 32.5 m s.l.m.

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

4.6 Materiale da rilevato

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

Tabella 3 - Caratteristiche materiale da rilevato

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 26 di 130

5 CARATTERISTICHE SISMICHE E SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

5.1 Sollecitazione sismica di progetto

5.1.1 Vita Nominale

La vita nominale di un'opera V_N è intesa come il numero di anni nel quale la stessa, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

Coerentemente a quanto previsto dal MdP (Doc. rif. [18] e [19]), l'opera in oggetto viene inserita nella tipologia di costruzione con $V_N = 100$ anni.

Tabella 4 – Vita nominale delle infrastrutture ferroviarie

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

5.1.2 Classe d'uso

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

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

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

Tabella 5 – Valori del coefficiente di uso C_u

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 27 di 130

5.1.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica

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

5.1.4 Categorie di Sottosuolo

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

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

5.1.5 Condizioni topografiche

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

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

5.1.6 Accelerazione sismica di riferimento

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

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 28 di 130

5.2 Suscettibilità alla liquefazione

Lo studio della suscettibilità alla liquefazione dei terreni identificati nell'area di realizzazione del rilevato è stato eseguito nel rispetto della normativa vigente (Doc. rif. [14]). Le analisi di liquefazione sono descritte in dettaglio nelle Relazioni sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base (Doc. rif. [4]), alla quale si rimanda per maggiori dettagli.

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

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

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

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

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

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

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

Lo sforzo di taglio indotto ad ogni profondità in un terreno a superficie piana durante l'evento sismico è dovuto essenzialmente alla propagazione delle onde di taglio polarizzate orizzontalmente. In accordo al metodo utilizzato,

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 29 di 130

la tensione di taglio ciclico indotta dallo scuotimento sismico (sforzo di taglio ciclico normalizzato CSR) viene approssimata da un valore efficace dell'accelerazione pari al 65% della accelerazione di picco a_{\max} come segue:

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

dove:

a_{\max} accelerazione di picco al sito

g accelerazione di gravità

τ_c valore rappresentativo dello sforzo di taglio ciclico

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5.2.1 CRR da correlazione su prove CPT

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

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
				
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A Foglio 30 di 130

Il procedimento utilizzato per la stima di CRR a partire dai risultati di prove CPT si basa sulla relazione riportata in Figura 16: la curva in figura si riferisce alla resistenza penetrometrica normalizzata q_{c1N} per le sabbie pulite che può essere espressa come segue (Robertson & Wride, 1998, come riportato da Youd et al., 2001):

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

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

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

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

dove σ'_{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:

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 31 di 130

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

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

per $l_c \leq 1.64$ $K_c = 1.0$

per $l_c > 1.64$ $K_c = -0.403(l_c)^4 + 5.581(l_c)^3 - 21.63(l_c)^2 + 33.75(l_c) - 17.88$

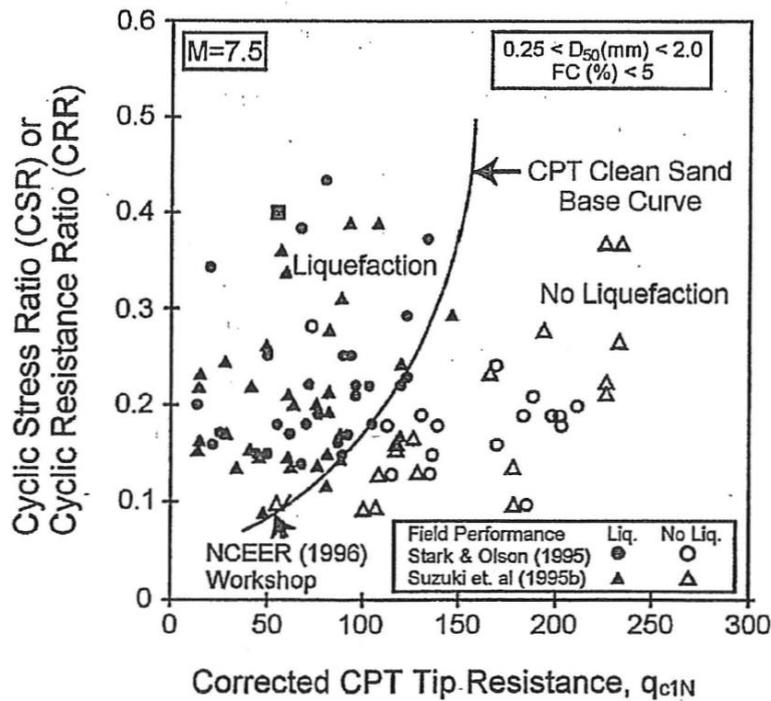


Figura 16 - Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e valori corretti di resistenza alla punta q_{c1N} – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Robertson & Wride, 1998)

5.2.2 CRR da correlazione su prove SPT

Il procedimento utilizzato per la stima di CRR a partire dai risultati di prove SPT si basa sulla relazione riportata in Figura 17, originariamente proposta da Seed e Idriss (1971,1982) e da Seed et al. (1985), e successivamente confermata da Youd et al. (2001).

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

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

dove:

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 32 di 130

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

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

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

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

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

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

Sempre in Figura 17, viene riportato il valore di CSR calcolato ed i corrispondenti valori di $N_{1(60)}$ da siti in cui sono stati osservati o meno gli effetti della liquefazione per eventi simili avvenuti in passato, con Magnitudo pari $M = 7.5$. Le corrispondenti curve CRR sono state determinate all'interno del grafico in modo da separare chiaramente i dati corrispondenti all'avvenuta liquefazione da quelli per i quali non è stato osservato il fenomeno in esame.

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

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

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

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

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

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

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

In cui:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 33 di 130

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

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

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

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

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

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

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

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

dove:

σ'_{v0} = tensione verticale efficace

p_a = pressione atmosferica di riferimento

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

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

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

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 34 di 130

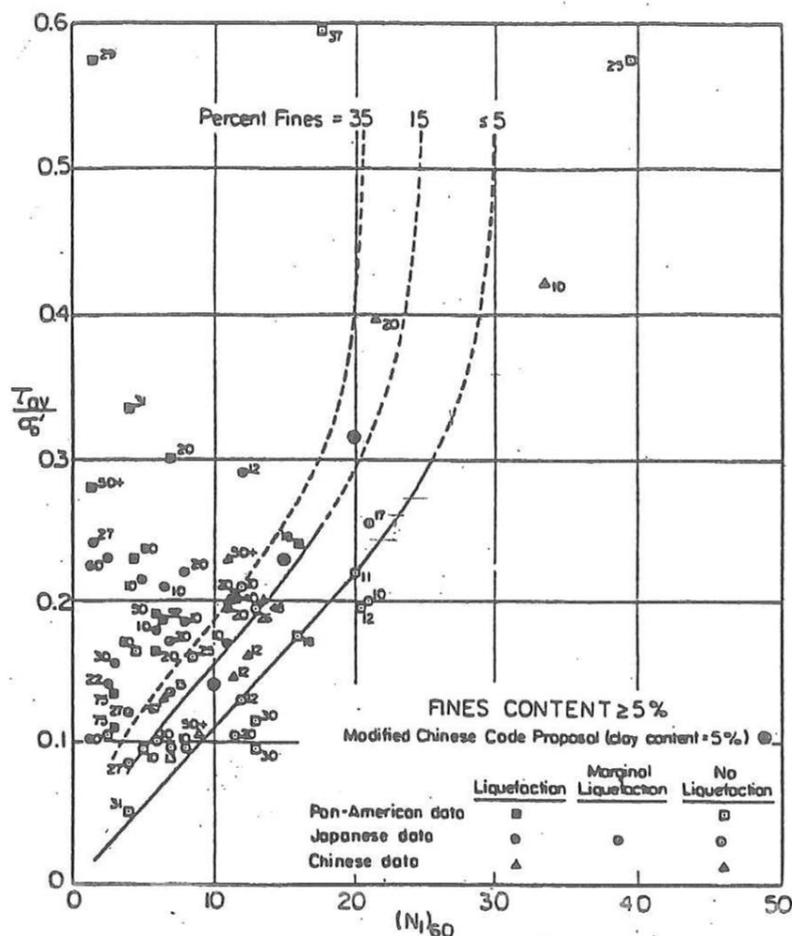


Figura 17 - Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e $N_{1(60)}$ – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Seed et al., 1985).

5.3 Commento ai risultati

I risultati (cfr. da Figura 18 a Figura 19) indicano come in generale non si evidenzino rischi di potenziale liquefazione nella porzione di tracciato interessata dal rilevato RI50, in linea con le granulometrie descritte in precedenza. Ciò ad esclusione di quanto ottenuto nei primi 2 m circa di profondità, ove entrambe le prove CPTU esaminate indicano valori di FL < 1.25 con una certa continuità. Va osservato come il coefficiente I_c in questo strato, sia collocato in corrispondenza del limite tra terreni granulari e coesivi, indicando una situazione nella quale una valutazione rigidamente basata sul criterio generale di interpretazione descritto in precedenza potrebbe risultare fuorviante. Nel complesso, anche sulla base della caratterizzazione stratigrafica, e dei risultati delle prove di laboratorio, che vede la prevalenza di materiali fini coesivi, si ritiene il tratto interessato dall'opera come stabile rispetto al fenomeno della liquefazione, in assenza di superfici continue e di spessore tale da poter dar luogo a situazione di possibile SLU. Si rileva inoltre che i primi due metri di terreno verranno asportati durante le operazioni di scavo per la posa in opera del muro. Si ritiene infine che la presenza delle inclusioni rigide e dei pali di fondazione del muro siano ad ulteriore garanzia della stabilità e della efficienza dell'opera.



Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI500001A

Foglio

35 di 130

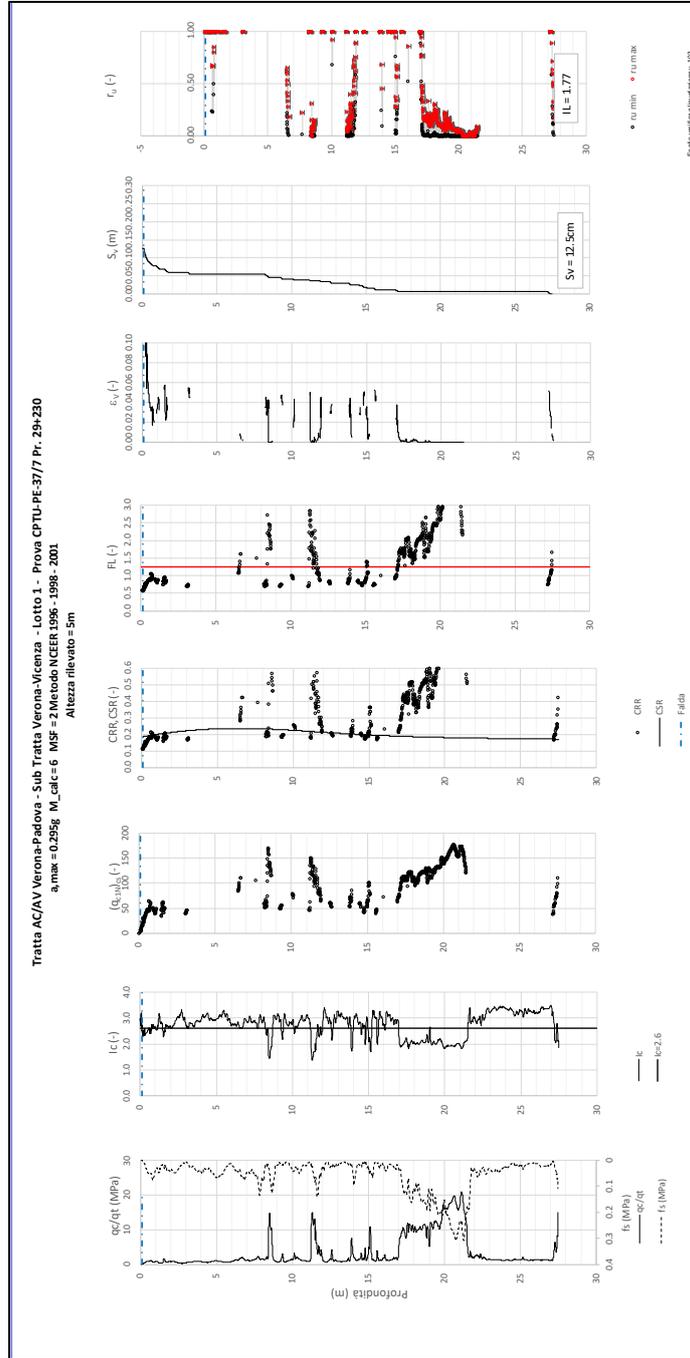


Figura 18 – Verifica Liquefazione da risultati CPTu-PE-37/7



Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI5000001A

Foglio
36 di 130

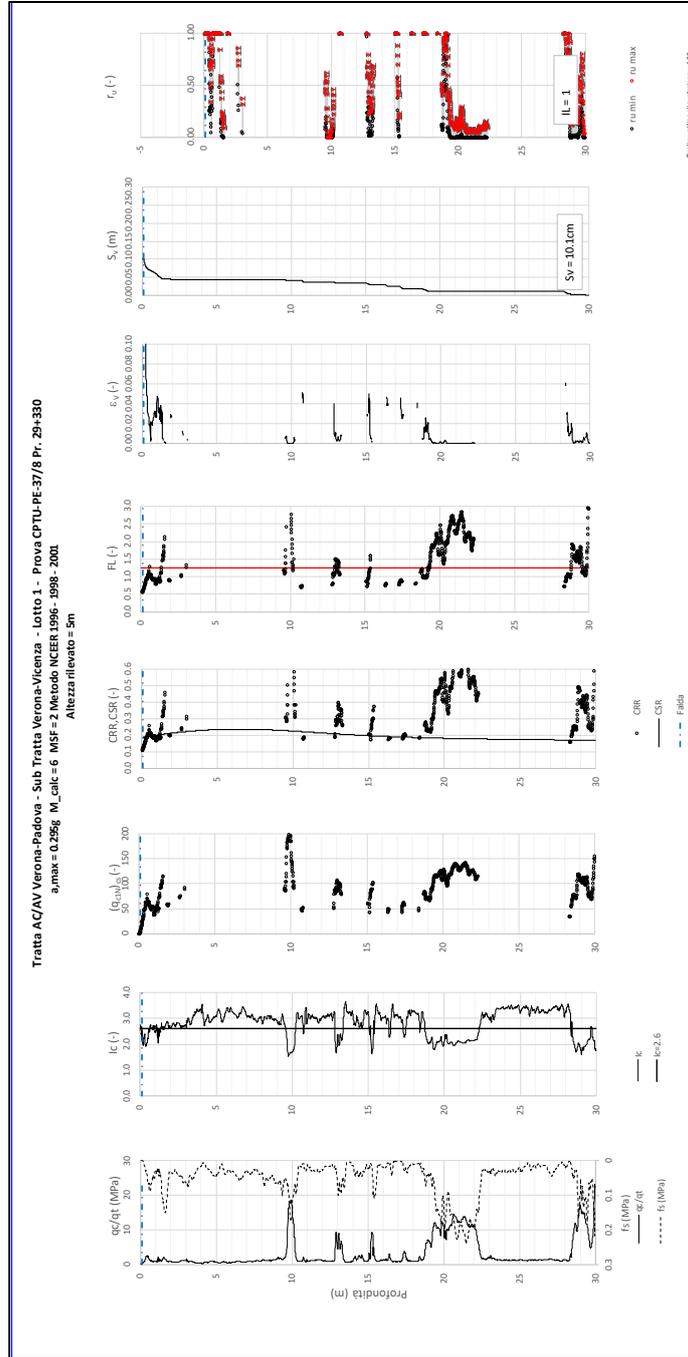


Figura 19 – Verifica Liquefazione da risultati CPTu-PE-37/8

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 37 di 130

6 VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO FERROVIARIO

6.1 Premessa

Quanto qui di seguito esposto riguarda la parte di rilevato che va dalla 20+200 fino alla fine della WBS. Per quanto concerne i primi 50 m di rilevato, si rimanda interamente alla relazione delle WBS attigua (RI49), per il dettaglio delle verifiche di Normativa.

6.2 Criteri di verifica agli Stati Limite

Per le opere in esame, la normativa vigente richiede l'esecuzione delle seguenti verifiche di sicurezza e delle prestazioni attese (par. 6.2.3. del Doc. Rif. [14]):

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

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

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

dove:

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

R_d valore di progetto della resistenza.

La verifica della condizione $E_d \leq R_d$ deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I coefficienti da adottarsi nelle diverse combinazioni sono definiti in funzione del tipo di verifica da effettuare (si vedano i paragrafi seguenti). Si sottolinea, che per quanto concerne le azioni di progetto E_d , tali forze possono essere determinate applicando i coefficienti parziali di cui sopra alle azioni caratteristiche, oppure, a posteriori, sulle sollecitazioni prodotte dalle azioni caratteristiche (Par. 6.2.3.1 del Doc. Rif. [14]).

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

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

dove:

E_d valore di progetto dell'effetto dell'azione;

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 38 di 130

6.2.1 Stati limite ultimi (SLU)

Le verifiche di stabilità in campo statico di opere in materiali sciolti, quali rilevati, devono essere eseguite secondo l'Approccio 1 Combinazione 2 (A2 + M2 + R2, Doc. Rif. [14]), tenendo conto dei coefficienti parziali sotto definiti.

La verifica di stabilità globale si ritiene soddisfatta se:

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

essendo R resistenza globale del sistema (vedasi Par. C.6.8.6.2 del Doc. Rif. [15]), calcolata sulla base delle azioni di progetto, dei parametri di progetto e della geometria di progetto $R = R \left[\gamma_F \cdot F_k; \frac{X_k}{\gamma_m}; a_d \right]$.

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

Facendo riferimento a quanto richiesto dalle NTC (Doc. rif. [14]), per le verifiche agli stati limite ultimi si sono adottati i valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle che seguono.

Tabella 6 – Coefficienti parziali sulle azioni

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

dove:

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBRI5000001A
				Foglio 39 di 130

Tabella 8 – Coefficienti parziali per verifiche di stabilità globale

Coefficiente	R2
γ_R	1.1

6.2.2 Stati limite di esercizio (SLE)

Deve essere verificato, mediante analisi effettuate impiegando i valori caratteristici delle azioni e dei parametri geotecnici dei materiali (Par. 6.5.3.2 del Doc. Rif. [14]), che gli spostamenti dell'opera in esame e del terreno circostante siano compatibili con la funzionalità della struttura e con la sicurezza e la funzionalità di manufatti adiacenti.

In particolare, successivamente al completamento del piano di posa del ballast e fino alla durata della vita utile dell'opera, i cedimenti residui debbono essere inferiori a 5 cm

Nel caso di rilevato da realizzarsi in affiancamento ad un rilevato esistente, come nel caso in esame, e mantenendo quest'ultimo in esercizio durante i lavori, si richiede una stima del cedimento delle due rotaie in una stessa sezione verticale del rilevato, valutandone il decorso nel tempo. Inoltre, con riferimento alla tabella che segue, è necessario verificare che gli spostamenti indotti sui binari in esercizio durante la costruzione siano inferiori a 15 mm, ovvero inferiori ai valori limite dei difetti riferiti al secondo livello di qualità (Doc. rif. [19] e [23]). Laddove si superino i limiti riferiti al primo livello di qualità (10 mm, Doc. rif. [23]), è richiesto il monitoraggio del binario durante la costruzione.

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

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

La soluzione individuata è inoltre mirata a contenere nella misura maggiore possibile il cedimento assoluto del rilevato della LS.

6.2.3 Verifiche in condizioni sismiche

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 40 di 130

6.3 Azioni di progetto

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

6.3.1 Azioni permanenti

In funzione della configurazione esaminata e della presenza o meno di elementi strutturali, i carichi permanenti sono stati calcolati assumendo:

Peso massicciata e armamento 18 kN/m³

Peso elementi in cls 24 kN/m³

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

6.3.2 Azioni variabili

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

6.3.3 Azione sismica

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

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

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

dove

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa (v.

Tabella 10)

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

g accelerazione di gravità.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 41 di 130

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

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	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

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

6.4 Verifiche e risultati SLU

6.4.1 Premessa

Le verifiche SLU della stabilità globale del rilevato (sia in condizioni statiche che sismiche) sono state condotte tramite il codice di calcolo SLIDE 7.0 (Doc. Rif. [25]). Le combinazioni di carico adottate nelle analisi fanno riferimento rispettivamente ai coefficienti parziali (A2+M2) per le analisi in campo statico e ai coefficienti parziali (M2) per le analisi sismiche. Tali coefficienti sono contenuti nella Tabella 7 della presente relazione.

Come da NTC 2008 (Doc. Rif. [14]), la verifica SLU di stabilità globale è soddisfatta se la relazione:

$$FS \geq R2 = 1.1.$$

è verificata sia in condizioni statiche che sismiche.

La verifica è stata condotta con riferimento alla sezione alla pk 29+225 riportata in Figura 2, secondo il metodo di Bishop modificato. Nel calcolo sono stati utilizzati i parametri geotecnici caratteristici definiti in Tabella 2.

6.4.2 Verifiche SLU in condizione statiche

Il carico da traffico ferroviario (q) assunto pari a 61.4 kPa (cfr. par. 6.3.2) è stato modellato come un carico distribuito applicato in corrispondenza delle impronte delle traversine ferroviarie. Tale sovraccarico è di tipo variabile/sfavorevole e, pertanto, il coefficiente parziale sulle azioni A2 è pari a 1.3.

Per quanto riguarda la falda, è stato preso un livello coincidente con il piano campagna, come riportato nel paragrafo 4.3. Si sottolinea che nella ricerca delle superfici di rottura critiche sono state escluse tutte quelle superfici di spessore ridotto e che non interessano la sede ferroviaria. La resistenza al taglio caratteristica delle inclusioni rigide e dei pali è stata posta pari a

$\tau = 0.21 \times f_{ctk}$, considerandole quindi non armate, e applicando alla resistenza caratteristica del calcestruzzo un fattore di riduzione di 1.5 .

Le resistenze al taglio delle inclusioni di progetto implementate nell'analisi valgono pertanto

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 42 di 130

Per le inclusioni

Td = 127 kN

Per i pali di fondazione dei muri

Td = 198 kN

In Figura 20, sono riportate le superfici di rottura critiche. Il valore minimo di FS è pari a:

$$FS_{\text{MIN}} (\text{DA1C2}) = 1.25 > R2 = 1.1$$

la verifica di stabilità globale in campo statico risulta soddisfatta.

6.4.3 Verifiche SLU in condizioni sismiche

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

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

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

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

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

In Figura 21 sono riportate le superfici di rottura critiche. Il fattore di sicurezza FS è pari a:

$$FS_{\text{MIN}} = 1.18 > R2 = 1.1$$

la verifica di stabilità globale in campo sismico risulta soddisfatta.

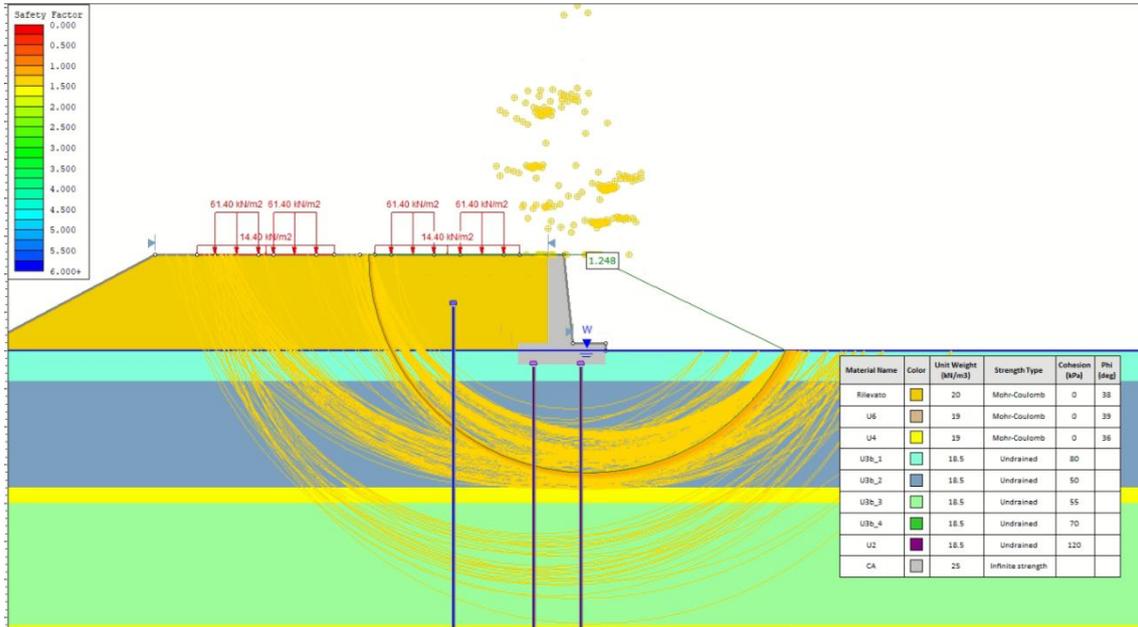


Figura 20 – Rilevato RI50 - Analisi SLU in campo statico DA1C2

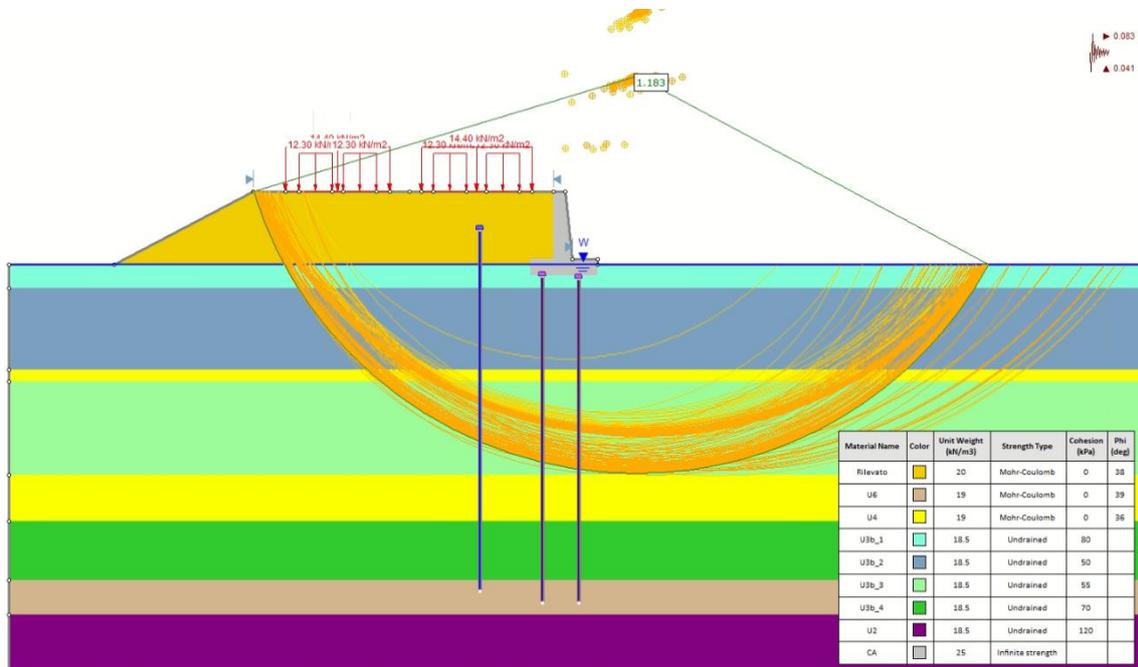


Figura 21 – Rilevato RI50 - Analisi SLU in campo sismico

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 44 di 130

6.5 Verifica e risultati SLE

6.5.1 Premessa e descrizione concettuale della soluzione

La quota parte di carico dovuto alla realizzazione del nuovo rilevato e non gravante sulla fondazione del muro di sostegno e la diffusa presenza di terreni a grana fine, mediamente compressibili entro l'intero volume significativo per i cedimenti dell'opera, causerebbero lo sviluppo di abbassamenti e rotazioni non accettabili, né per il costruendo rilevato della linea AV, né per la Linea Storica, come già discusso nell'ambito del PD.

Pertanto, al fine di contenere i cedimenti, in particolare quelli sulla LS, lungo la scarpata del rilevato esistente ed a tergo del muro di sostegno si prevede la realizzazione di una fila di inclusioni rigide in calcestruzzo gettato in opera, aventi diametro 800 mm, interasse di 2.5 m e lunghezza tale da immersarsi per 2 m nello strato ghiaioso.

6.5.2 Metodologia di calcolo

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

Le unità geotecniche descritte nel capitolo 4, sono state rappresentate per mezzo di cluster il cui comportamento è definito dai seguenti modelli costitutivi, scelti sulla base della natura dei terreni esaminati e delle informazioni a disposizione.

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

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

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

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

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

dove:

λ indice di compressione in fase di primo carico;

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
				
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 45 di 130

- k indice di rigonfiamento in fase di scarico-ricarico;
- e_0 indice dei vuoti iniziale;
- p^{ref} pressione di riferimento.

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

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

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

dove:

- E_i rigidezza iniziale, pari a $E_i = \frac{2E_{50}}{2 - R_f}$, con E_{50} rigidezza relativa al 50% dello sforzo deviatorico ultimo;
- E_{ur} rigidezza di scarico-ricarico;
- q sforzo deviatorico;
- q_a 90% dello sforzo deviatorico ultimo;
- \tilde{q} sforzo deviatorico misurato con una procedura speciali (si faccia riferimento al Manuale di Plaxis);
- p' sforzo medio;
- p_p sforzo di pre-consolidazione isotropa;
- p_{ref} sforzo di riferimento;
- ε_v^p deformazioni volumetriche plastiche;
- ε_{p1} deformazioni deviatoriche plastiche;
- m costante che esprime la dipendenza della rigidezza dallo stato tensionale;
- α, β parametri di forma, rispettivamente funzione di K_0^{nc} e modulo edometrico.

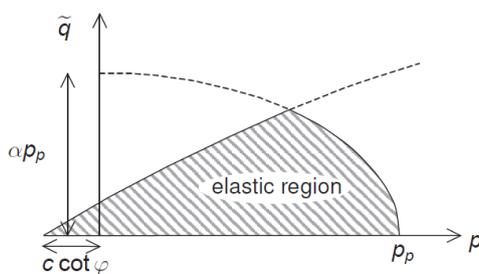


Figura 22 – Superficie di snervamento del modello Hardening Soil nel piano $q-p'$

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 46 di 130

Le analisi sono state condotte per mezzo di fasi di consolidazione per tenere conto dell'effettiva risposta del terreno nel corso della costruzione e con riferimento alle fasi descritte nel capitolo che segue. Considerata la natura dei terreni rinvenuti, a favore di sicurezza per i depositi coesivi più profondi (unità 2) si è assunto un valore di permeabilità relativamente basso e pari a 10^{-8} m/s, mentre per i terreni più superficiali (unità 3b) si è assunto un valore di permeabilità poco superiore ma comunque basso (considerata la presenza di intercalazioni sabbiose) e pari a 10^{-7} m/s.

Le inclusioni rigide ed i pali di fondazione del muro sono stati modellati per mezzo di elementi strutturali di tipo *embedded beam*, a comportamento elastico-lineare e con rigidità pari a quella del calcestruzzo; sono stati considerati *wished-in-place*. I pali di fondazione avranno un diametro di 1000mm, interasse pari a 3.0 m e la loro lunghezza consentirà un sufficiente approfondimento negli strati caratterizzati da resistenze alla punta maggiori (si rimanda alla relazione di calcolo dedicata per maggiori informazioni). Le inclusioni rigide avranno diametro di 800mm e interasse 2.5 m. In entrambi i casi, gli elementi sono dotati di componenti d'interfaccia integrate, che definiscono l'interazione tra terreno e struttura sulla base delle tensioni massime sviluppabili lungo il fusto ed alla base delle inclusioni, definite secondo la metodologia discussa nel capitolo 7.

Per l'analisi delle deformazioni durante le fasi di scavo e realizzazione del muro di sostegno, si faccia riferimento alla relazione di calcolo delle paratie provvisorie di RI50.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 47 di 130

6.5.3 Schematizzazione e risultati

Il modello di calcolo è riportato in Figura 23. La geometria è quella anticipata al punto 3.3, per una descrizione dettagliata si faccia riferimento alle tavole di progetto.

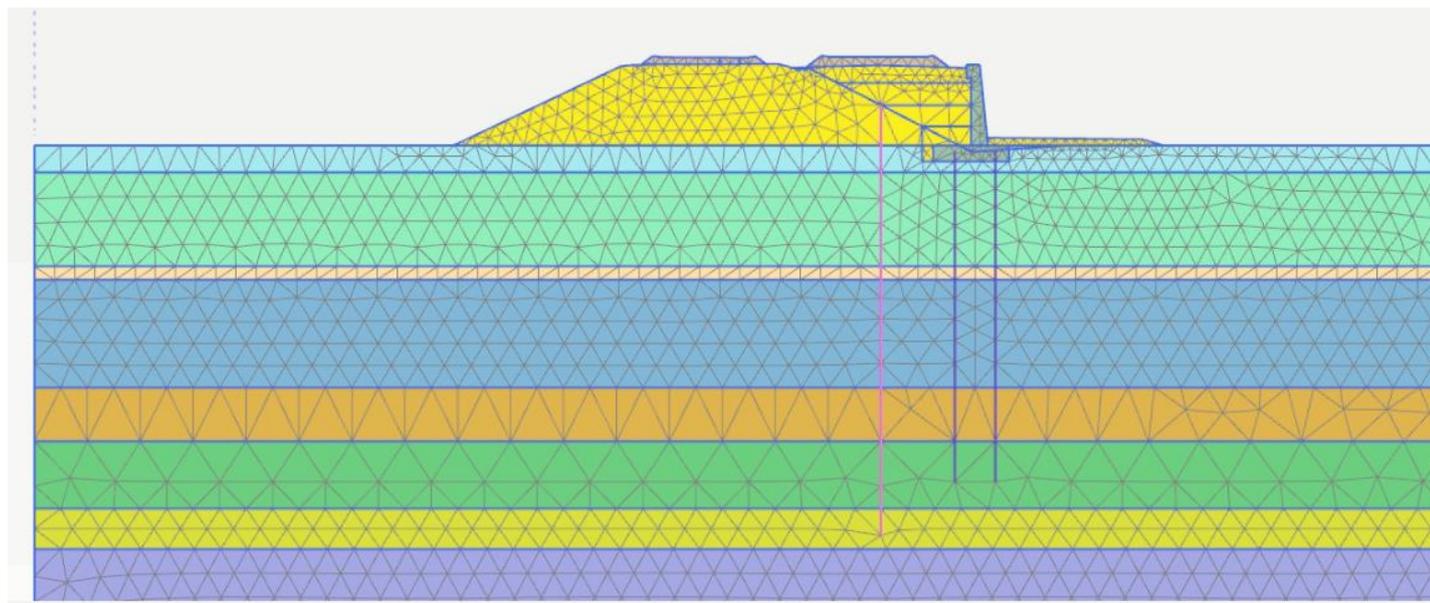


Figura 23 – RI50: modello agli elementi finiti

L'analisi numerica è stata condotta con riferimento alla sequenza costruttiva prevista per i rilevati ferroviari in presenza di consolidamenti. Le fasi sono illustrate in Figura 24, per tutti i dettagli si rimanda all' ALLEGATO 5.

Più in particolare:

- Fase 1: inizializzazione degli sforzi;
- Fase 2: posa in opera dei pali di fondazione e del muro di sostegno;
- Fase 3: primo step di posa del rilevato AV – durata pari a 40 gg;
- Fase 4: secondo step di posa del rilevato AV – durata pari a 20 gg;
- Fase 5: realizzazione inclusioni rigide – durata pari a 30 gg;
- Fase 6: terzo step di posa del rilevato AV – durata pari a 20 gg;
- Fase 7: quarto step di posa del rilevato AV – durata pari a 40 gg;
- Fase 8: installazione impianti (nessun carico applicato, solo consolidazione) – 60 gg;
- Fase 9: posa in opera del ballast e dell'armamento ferroviario – carico applicato istantaneamente.
- Fase 10: consolidazione

In sintesi, le fasi di posa del materiale da rilevato richiederanno complessivamente 5 mesi

Rispetto al programma lavori, per esigenze di calcolo, i tempi di costruzione del rilevato sono leggermente più compressi. Ciò è da intendersi a favore di sicurezza per quanto riguarda la stima dei cedimenti sul rilevato della linea

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBRI5000001A	Foglio 48 di 130

nuova, in quanto si dà maggior tempo ai cedimenti di svilupparsi nel tempo di esercizio della linea. .

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI5000001A</p>	<p>Foglio 49 di 130</p>

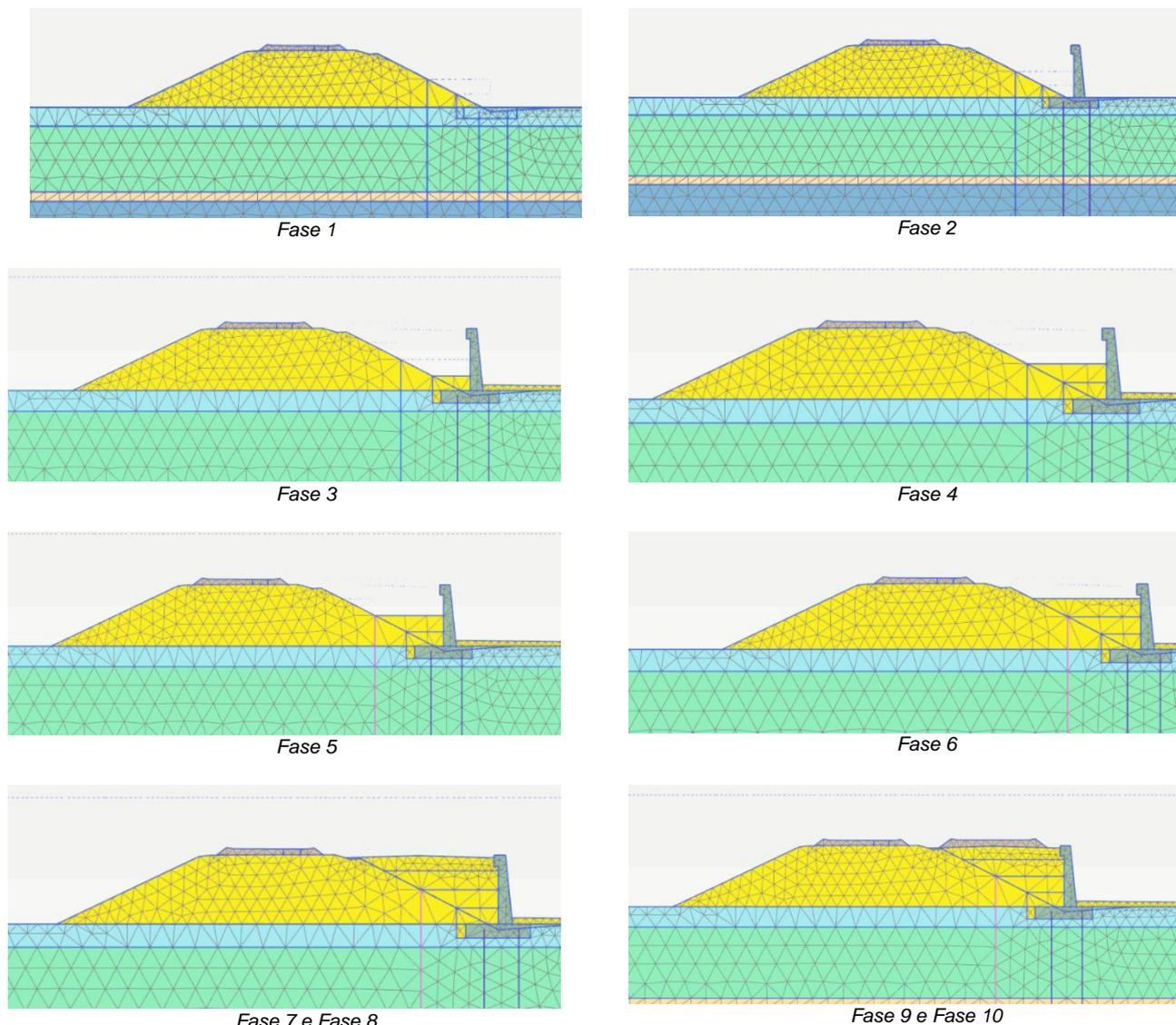


Figura 24 – RI50: fasi della modellazione a elementi finiti

I risultati dell'analisi sono riportati in Figura 25, Figura 26, Figura 27, Figura 28 e Figura 29. In particolare:

- In corrispondenza dei binari della Linea AV, i cedimenti assoluti in fondazione risultano compresi tra poco più di 3.5 cm e poco più di 6.0 cm.
- I cedimenti residui della linea AV, a far data dal completamento del piano di posa del ballast, sono inferiori a 5 cm. In particolare, come illustrato in Figura 26 e Figura 27, il cedimento residuo è di poco superiore a 1cm.
- In relazione alla Linea Storica, la Figura 28 e la Figura 29 mostrano un cedimento totale atteso di circa 5 cm ed un differenziale calcolato sulle rotaie di uno stesso binario (quello maggiormente interessato dalle attività in programma) di circa 2 mm.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 50 di 130

Come evidenziato dall'andamento dei cedimenti nel tempo, i processi di consolidazione si esauriscono in tempi molto rapidi..

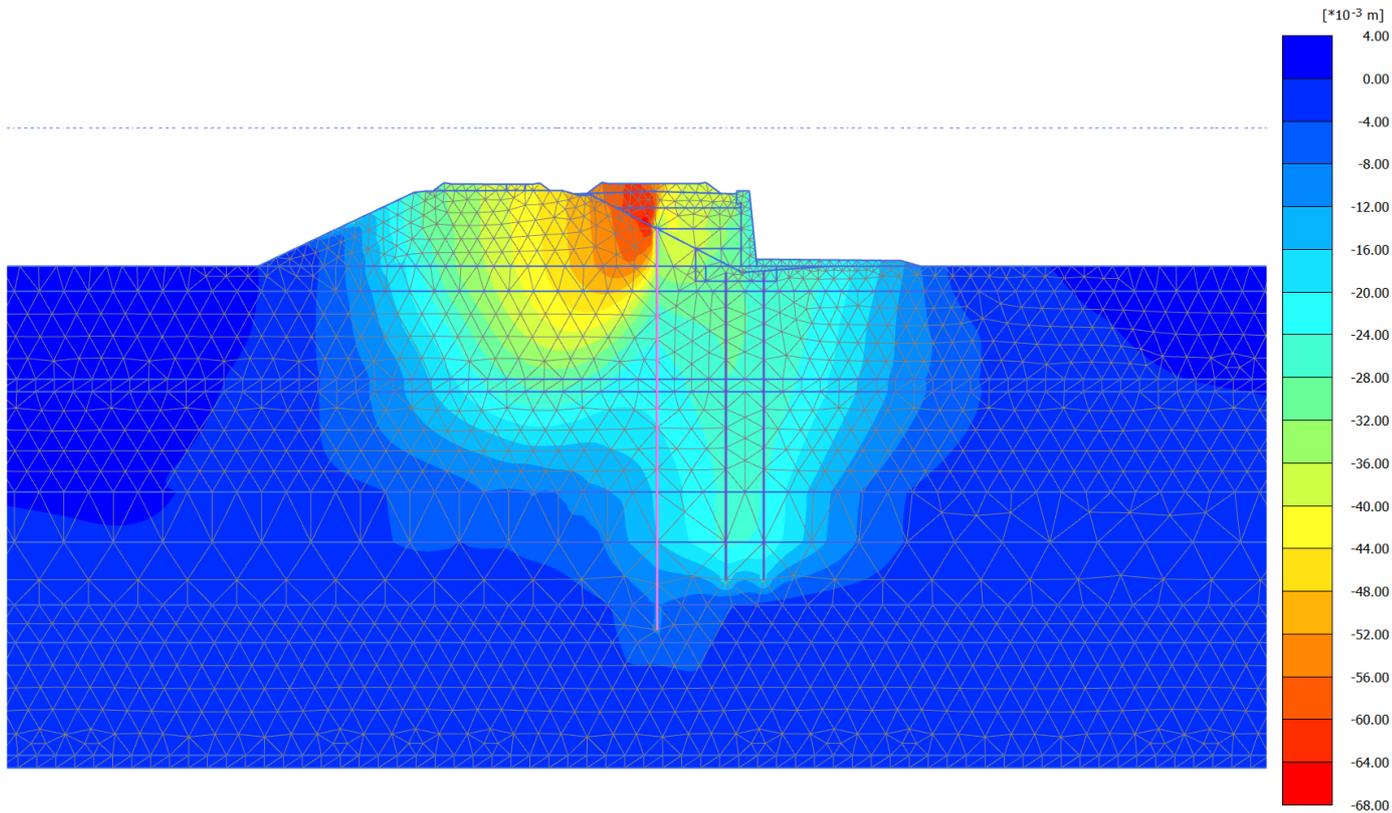
I valori di cedimento assoluto in fase di esercizio della linea AV in progetto, e di cedimento differenziale tra rotaie della linea storica sono compatibili con i limiti di tolleranza.

Il cedimento massimo a fine costruzione, indotto sui binari della LS è dell'ordine dei 5 cm, è da ritenersi praticamente contestuale all'applicazione del carico.

Ulteriori considerazioni sui cedimenti e sui criteri di accettabilità sono riportati nelle conclusioni.

La verifica SLE è quindi da considerarsi soddisfatta.

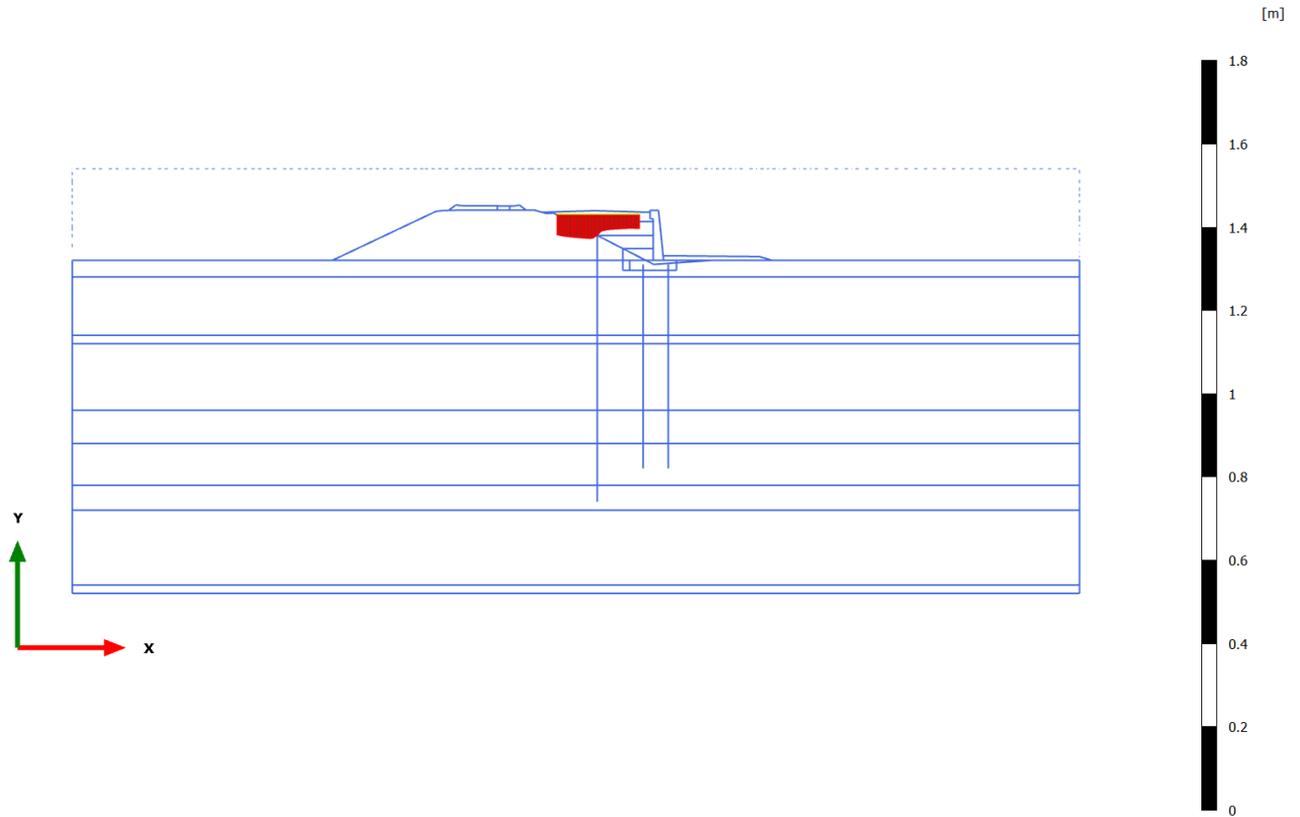
GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 51 di 130



Total displacements u_y (scaled up 50.0 times)
Maximum value = $2.208 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1077 at Node 13043)
Minimum value = -0.06520 m (Element 594 at Node 18351)

Figura 25 – RI50: Cedimenti totali al termine della costruzione del rilevato ferroviario AV

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 52 di 130



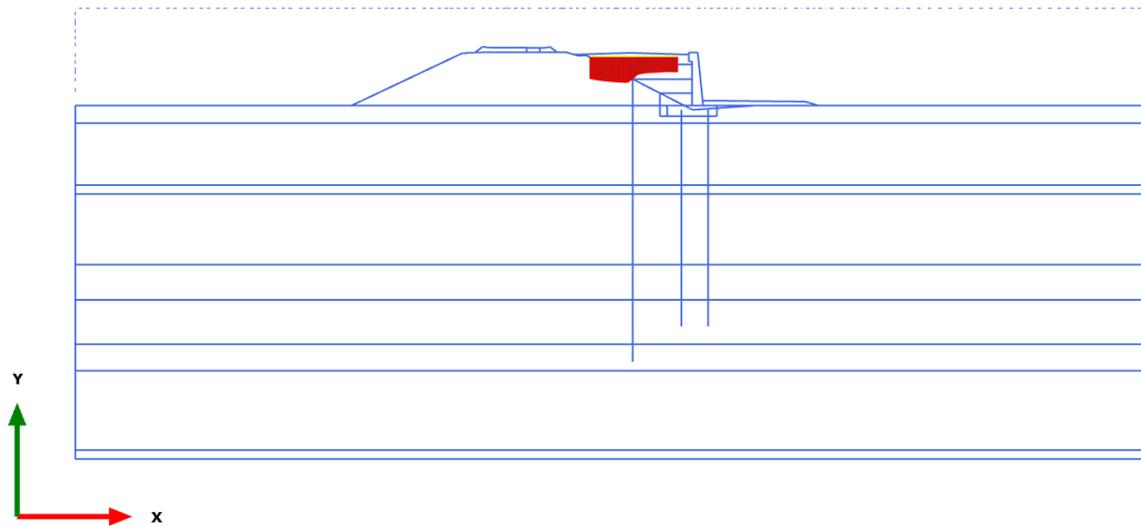
Total displacements u_y (scaled up 50.0 times) (Time 160.0 day)

Maximum value = -0.03459 m

Minimum value = -0.05904 m

Figura 26 – RI50: Cedimenti totali prima della posa del ballast

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 53 di 130



Total displacements u_y (scaled up 50.0 times) (Time 160.0 day)

Maximum value = -0.03459 m

Minimum value = -0.05904 m

Figura 27 – RI50: Cedimenti totali di lungo termine: al termine della consolidazione

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI5000001A</p>	<p>Foglio 54 di 130</p>

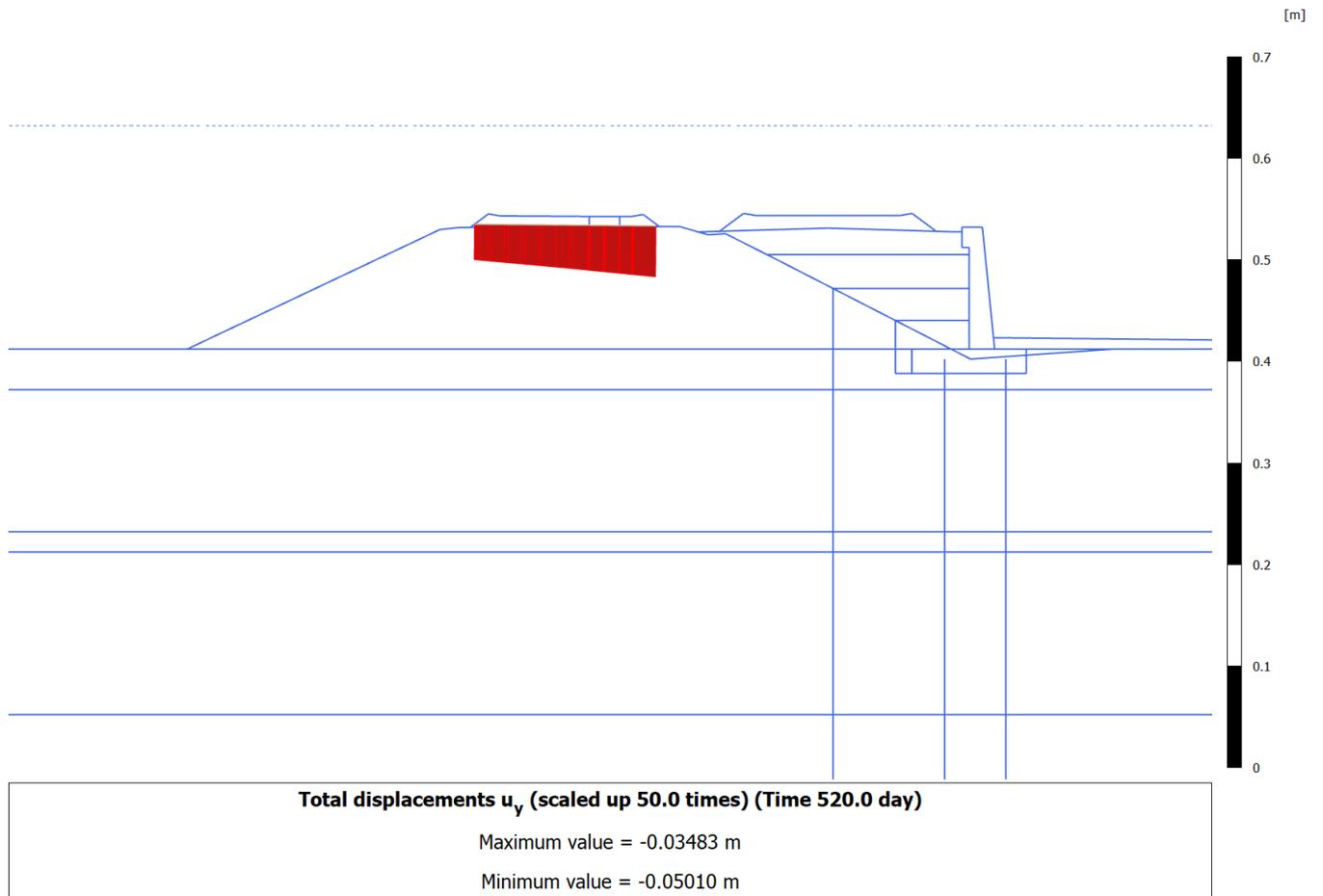


Figura 28 – RI50: Cedimenti totali sui binari della linea storica al termine della costruzione del rilevato AV

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
				
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBRI5000001A
				Foglio 55 di 130

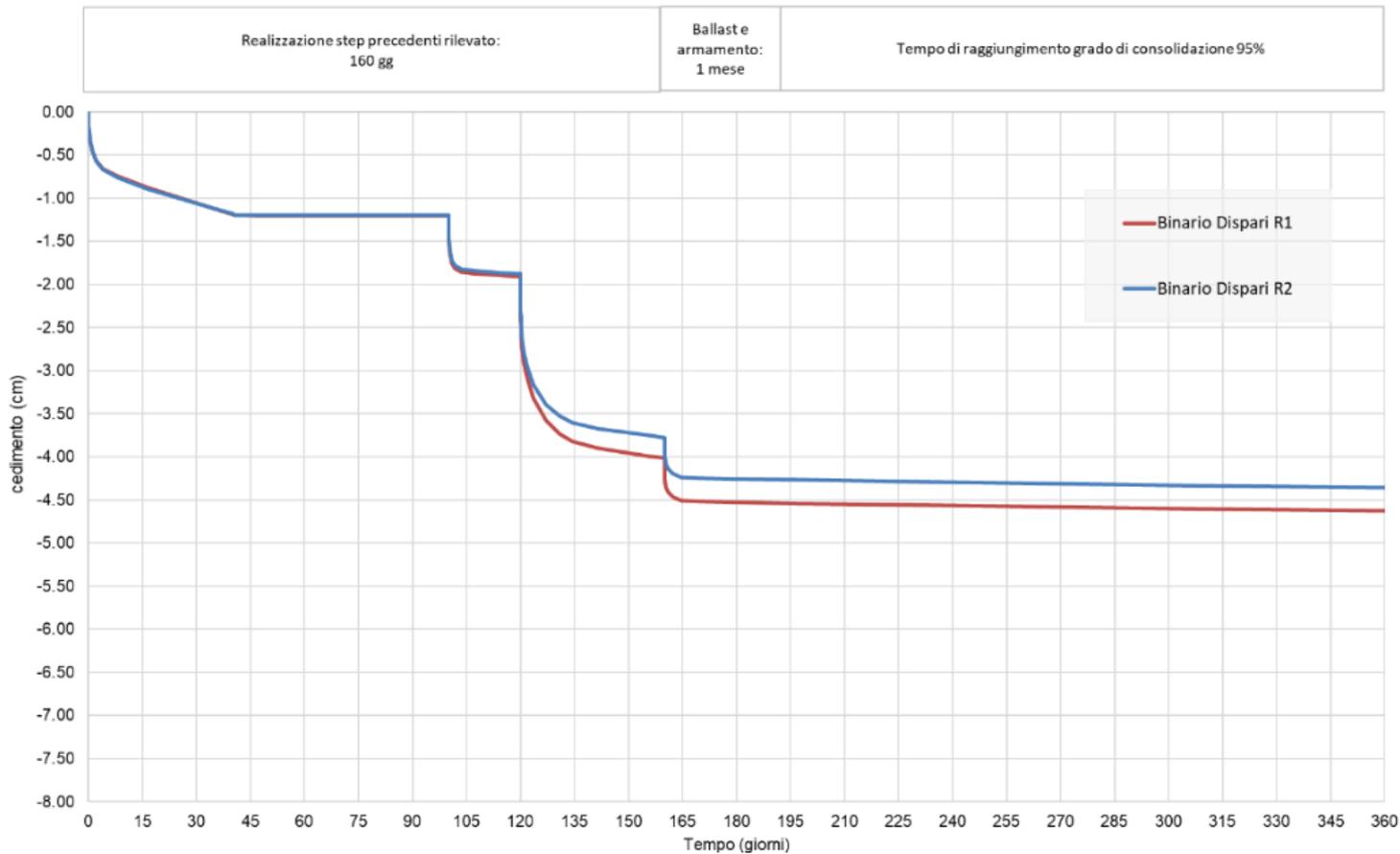


Figura 29 – RI50: Sviluppo nel tempo dei cedimenti totali sul Binario Dispari della Linea Storica
cedimento differenziale tra le rotaie $\Delta u_y = 2.0 \text{ mm}$

Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

E12RBRI5000001A

Foglio

56 di 130

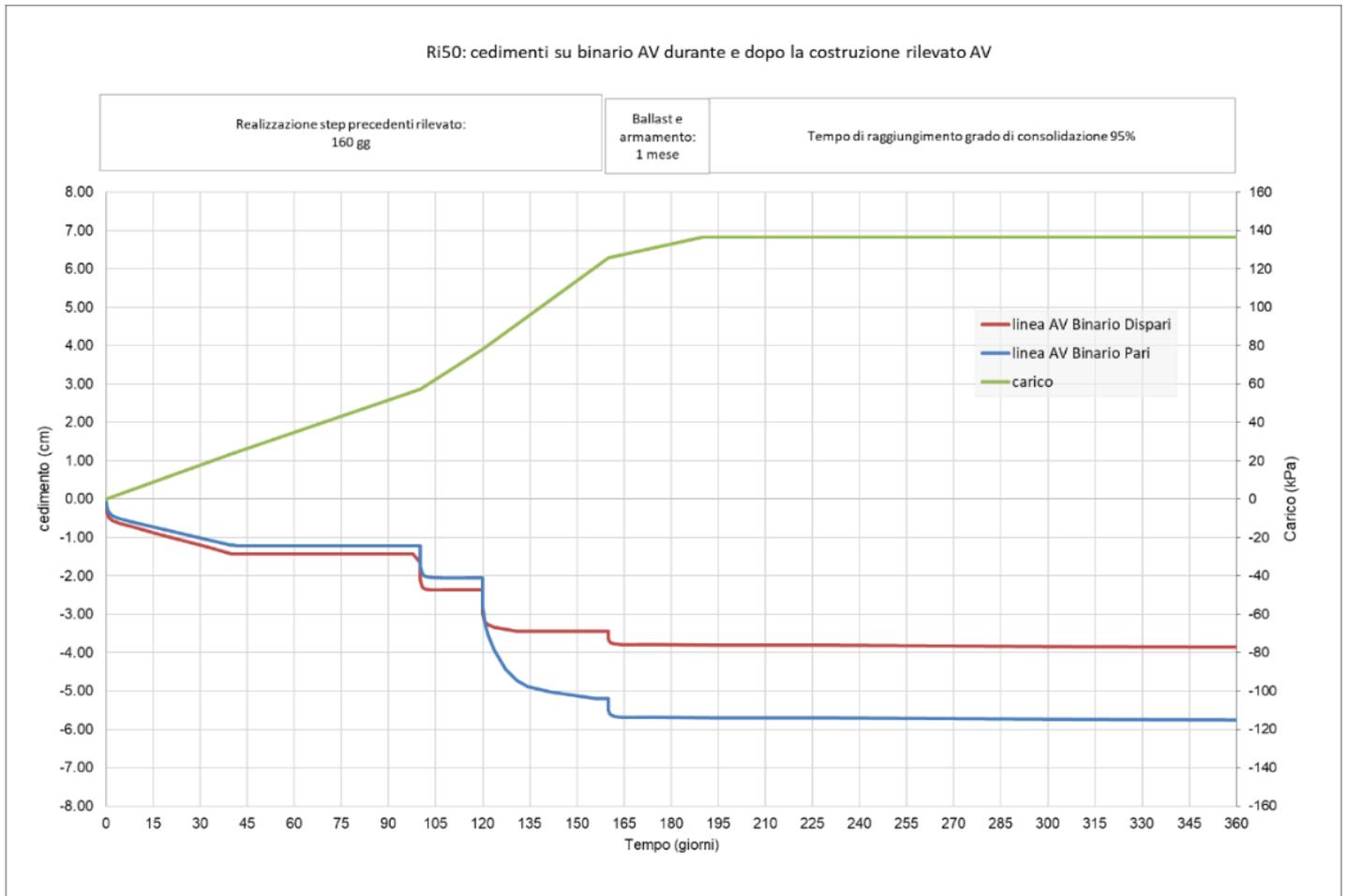


Figura 30 – RI50: Sviluppo nel tempo dei cedimenti totali alla base del rilevato di progetto (linee rossa e blu)
in funzione del carico alla base del rilevato (linea verde)

Cedimento a partire dalla realizzazione del ballast: $\Delta u_y = 7 \text{ mm}$

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 57 di 130

7 RESISTENZA DEI PALI SOGGETTI A CARICHI ASSIALI

7.1 Analisi agli stati limite

Le verifiche di capacità portante dei pali sono svolte secondo la metodologia degli stati limite ultimi, in accordo alla normativa vigente (DM 2008). La verifica della capacità portante dei pali è soddisfatta se:

$$F_{cd} < R_{cd}$$

essendo:

$$R_{cd} = R_k / \gamma_R$$

dove:

F_{cd} carico assiale di compressione di progetto;

R_{cd} capacità portante di progetto nei confronti dei carichi assiali;

R_k valore caratteristico della capacità portante limite del palo;

γ_R coefficiente di sicurezza sulle resistenze

In particolare, le verifiche di capacità portante dei pali agli stati limite ultimi (SLU) sono condotte con riferimento ad almeno uno dei due approcci:

Approccio 1:

Combinazione 1: A1 + M1 + R1

Combinazione 2: A2 + M1 + R2

Approccio 2:

Combinazione 1: A1 + M1 + R3,

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati in Tab. 5.2.V (ponti ferroviari), e Tab. 6.4.II delle NTC 2008 (Doc.Rif. [14]) e riportati nelle seguenti Tabella 11 e Tabella 12.

Il peso del palo, in accordo con quanto riportato al paragrafo 6.4.3 delle NTC2008, deve essere incluso tra le azioni permanenti di cui alla Tabella 11.

La resistenza di progetto a compressione $R_{c,d}$ è calcolata applicando al valore caratteristico della resistenza $R_{c,k}$ i coefficienti parziali γ_R riportati in tabella seguente, relativi alla condizione di pali trivellati.

Il valore caratteristico della resistenza $R_{c,k}$ a compressione ed a trazione $R_{t,k}$ è ottenuto applicando i fattori di correlazione ξ_3 e ξ_4 (Tabella 13) alle resistenze di calcolo R_{cal} ; tali fattori sono funzione del numero di verticali d'indagine rappresentative:

$$R_{c,k} = \min \left\{ \frac{(R_{c;cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{c;cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

$$R_{t,k} = \min \left\{ \frac{(R_{t;cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{t;cal})_{min}}{\xi_4} \right\}.$$

I valori di ξ_3 e ξ_4 da utilizzare nelle analisi sono funzione dal numero di sondaggi che sono stati considerati per

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 58 di 130

valutare la resistenza del palo per ogni area omogenea o struttura/opera.

Tabella 11 – Tab. 5.2.V, NTC 2008

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁵⁾	0,20 ⁽⁵⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00

Tabella 12 – Tab. 6.4.II, NTC 2008

Tabella 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche.

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	γ_b	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale ^(*)	γ_t	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

^(*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

Tabella 13 – Tab. 6.4.IV NTC 2008 - Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali d'indagine

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

In conclusione, sulla base di quanto prescritto dalle NTC al paragrafo 7.11.5.3, in condizioni sismiche le curve di capacità portante sono da calcolarsi con riferimento all'Approccio 2. Risultano, quindi, pressoché coincidenti con quelle calcolate agli SLU, utilizzando il medesimo approccio: le differenze si riducono ad un diverso fattore parziale applicato ad una frazione del peso del palo. Pertanto, nel caso in esame la stima è eseguita cautelativamente assumendo la combinazione A1+M1+R3, sia per le combinazioni statiche che per quelle sismiche. Per le verifiche

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 59 di 130

in condizioni sismiche i coefficienti delle azioni A1 sono assunti unitari, come da §7.11.5.3-NTC2008.

7.2 Metodologia di calcolo

La portata di progetto di un palo trivellato (eseguito con completa asportazione del terreno) “ $Q_{tot_c,d}$ ” in compressione è espressa dalla seguente relazione:

$$Q_{tot_c,d} = Q_{ll} / F_{SL,C} + Q_{bl} / F_{SB} - W'_{p-s} = Q_{l_c,d} + Q_{b,d} - W_{p-s,d}$$

dove:

- Q_{ll} valore di calcolo della portata laterale,
- Q_{bl} valore di calcolo della portata di base,
- $Q_{l_c,d}$ valore di progetto della portata laterale,
- $F_{SL,C}$ fattore di sicurezza per la portata laterale in compressione ($= \xi \cdot \gamma_s$),
- F_{SB} fattore di sicurezza per la portata di base ($= \xi \cdot \gamma_b$),
- $Q_{b,d}$ valore di progetto della portata di base,
- W_{p-s} valore di progetto del peso del palo, al netto del peso del terreno asportato.

Diversamente, la portata di progetto a trazione “ $Q_{tot_tr,d}$ ” è espressa dalla seguente relazione:

$$Q_{tot_tr,d} = Q_{LL,Tr} / F_{SL} + W'_P = Q_{l_tr,d} + W'_p$$

dove:

- Q_{LL} valore di calcolo della portata laterale,
- W'_P peso efficace del palo, alleggerito se sotto falda,
- $F_{SL,Tr}$ fattore di sicurezza per la portata laterale in trazione ($= \gamma_{st} \cdot \xi$).

7.2.1 Portata laterale

La portata laterale limite è valutata con la seguente relazione:

$$Q_{ll} = \pi \cdot D \cdot \sum_i (\tau_i \cdot h_i)$$

dove:

- D diametro palo,
- τ_i tensione di adesione laterale limite nello strato i-esimo,
- h_i altezza dello strato i-esimo.

7.2.1.1 Depositi coesivi

Per i terreni coesivi la tensione di adesione laterale limite è valutata con la seguente espressione:

$$\tau_{lim} \text{ (kPa)} = \alpha \cdot c_u \leq \tau_{us,max}$$

dove:

- c_u resistenza al taglio non drenata.
- α coefficiente empirico, determinato in accordo a quanto indicato nel manuale FHWA 2010:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 60 di 130

$$\alpha = 0.55 \quad \text{per } (c_u/p_a) \leq 1.5;$$

$$\alpha = 0.55 - 0.1 \cdot (c_u/p_a - 1.5) \quad \text{per } 1.5 \leq (c_u/p_a) \leq 2.5$$

Inoltre, per la resistenza laterale si impongono anche le seguenti condizioni:

$$\tau_{lim} \text{ (kPa)} \geq 0.23 \cdot \sigma'_{v0}$$

$$\tau_{us,max} = 100 \text{ kPa (resistenza laterale massima in terreno coesivo),}$$

dove:

$$\sigma'_{v0} \quad \text{tensione verticale efficace alla quota di riferimento.}$$

7.2.1.2 Depositi incoerenti

Per i terreni incoerenti la tensione di aderenza laterale limite è valutata mediante metodo β con la seguente espressione (Reese & O'Neill, 1999, recepito nel manuale FHWA del 2010):

$$\tau_{lim} \text{ (kPa)} = \beta \cdot \sigma'_{v0} \leq \tau_{us,max}$$

dove:

$$\beta = 1.5 - 0.245 \cdot z^{0.50} \quad (0.25 \leq \beta \leq 1.20) \quad \text{per sabbie;}$$

$$\beta = 2.0 - 0.147 \cdot z^{0.75} \quad (0.25 \leq \beta \leq 1.80) \quad \text{per sabbie ghiaiose;}$$

$$\sigma'_{v0} \quad \text{tensione verticale efficace alla quota di riferimento.}$$

$$\tau_{us,max} = 150 \text{ kPa (resistenza laterale massima in terreno incoerente)}$$

7.2.2 Portata di base

Per la valutazione della portata di base limite si utilizzano le seguenti relazioni:

$$Q_{bl} = A_p \cdot q_{bl}$$

dove:

$$A_p \quad \text{area della base del palo,}$$

$$q_{bl} \quad \text{portata limite specifica di base.}$$

7.2.2.1 Depositi coesivi

La portata di base limite nei terreni coesivi è valutata con la seguente relazione:

$$q_{b,ult} \text{ (kPa)} = 9 \cdot c_{u,k}$$

dove:

$$c_{u,k} \quad \text{valore caratteristico della resistenza a taglio non drenata.}$$

7.2.2.2 Depositi incoerenti

Il valore della portata di base allo stato critico (q_{bcf}) è stato valutato, considerando un rapporto fra il cedimento della base del palo ed il diametro del palo pari al 10%.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 61 di 130

Generalmente sono disponibili dati di prove SPT, da cui si possono utilizzare le indicazioni di Reese e O'Neill, 1988, Fioravante et al., 1995:

$$q_{bcr, 0.1} = 75 N_{SPT} < 4000 \text{ kPa.}$$

Quando sono disponibili dati penetrometrici, si può considerare la seguente espressione (Salgado 2006, Ghionna et al., 1994):

$$q_{bcr 0.1} \cong 0.10 \div 0.16 q_c,$$

dove l'estremo inferiore può essere assunto per sabbie molto addensate e l'estremo superiore per sabbie mediamente addensate.

7.2.2.3 Terreni stratificati

Nel caso di terreni stratificati, costituiti da alternanze di strati di limi e argille e di sabbie e ghiaie, i criteri di valutazione delle portate laterali limite sono analoghi a quelli descritti precedentemente. Tuttavia, in accordo a quanto discusso in Meyerhof (1976), la portata di base negli strati sabbioso-ghiaiosi si riduce rispetto a quella caratteristica dello strato supposto omogeneo (v. figura seguente). Pertanto, nel caso di terreno stratificato, la mobilitazione dell'intera resistenza di base disponibile è subordinata alla condizione che il palo penetri nello strato portante per almeno 3 diametri. Viceversa, con l'avvicinarsi della base del palo ad uno strato inferiore di minore resistenza, la portata si riduce linearmente fino all'interfaccia tra gli strati, laddove eguaglia il valore di rottura dell'unità più debole (vedasi Figura 31).

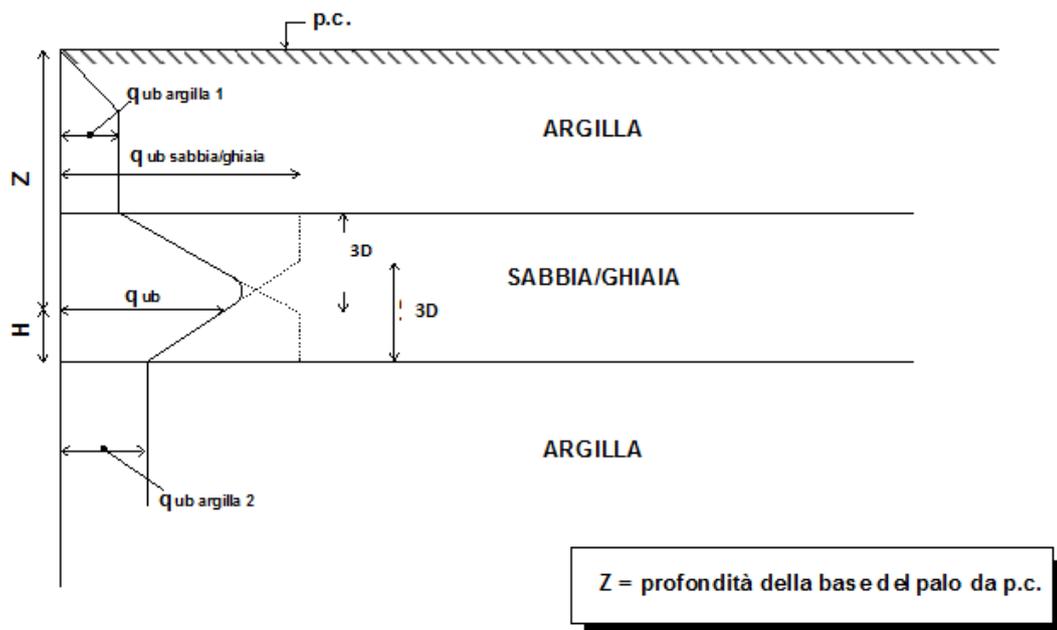


Figura 31 - Criterio di valutazione della pressione ultima di base (q_{ub}) in terreni stratificati

7.3 Stratigrafia di calcolo

Per la stratigrafia di calcolo si faccia riferimento al capitolo 4 che qui sotto si riporta per comodità di consultazione,

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 62 di 130

integrata con parametri per il calcolo della capacità portante dei pali e per la determinazione del comportamento del palo singolo sotto carico orizzontale.

Modello geotecnico di riferimento da pk 29+150,00 a pk 29+400,00

Unità	da m pc*	a m pc*	γ kN/m ³	φ_k °	c'_k kPa	$c_{u,k}$ kPa	E'_{op} MPa	$Q_{b,cr}$ (kPa)	E_h (kPa)	k_h (kN/m ³)
3b	0	2	18.5	-	-	80	-	-	32000	-
3b	2	9	18.5	-	-	50	-	-	20000	-
4	9	10	19	-	-	-	35	1500	$k_h \cdot z$	15000
3b	10	18	18.5	-	-	55	-	-	22000	-
4	18	22	19	-	-	-	60	2000	$k_h \cdot z$	15000
3b	22	27	18.5	-	-	70	-	-	28000	-
6	27	30	19	-	-	-	100	3500	$k_h \cdot z$	15000
2	30	35	18.5	-	-	120	30	-	48000	-

* quota piano campagna = 33.0 m s.l.m.

quota imposta muro = quota testa pali = 31.4 m s.l.m.

La quota testa pali si trova quindi a 1.6 metri al disotto del p.c.

Tenuto conto del notevole numero di indagini presente nell'area, e delle cautele insite nel calcolo, si è assunto un valore di $\xi_4=1.34$.

Inoltre, si tenga conto che, per quanto riguarda i pali, si è prescritto che la lunghezza effettiva sia confermata in cantiere sulla base dell'effettiva penetrazione del palo nelle ghiaie di base.

In tabella si forniscono anche i criteri per la valutazione del comportamento del singolo palo sotto carichi orizzontali.

In particolare:

E_h (modulo di reazione orizzontale) = $400 \cdot c_u$ per terreni coesivi (in kPa)

$E_h(z) = k_h \cdot z = 15000 z$, essendo z la profondità da p.c., e ponendo $k_h = 15000$ kN/m³, per terreni addensati (ghiaie dell'unità 6).

7.4 Risultati

Si riportano di seguito le curve di capacità portante del palo singolo, calcolate sulla base della metodologia di calcolo discussa nei capitoli precedenti, per pali $D=1000$ m. Coerentemente a quanto dichiarato in precedenza, per quanto riguarda le condizioni sismiche, si faccia riferimento alle curve agli SLU.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A
				Foglio 63 di 130

RI50 - Curve di capacità portante				
Pali trivellati Φ				1000
Numero verticali indagate				5
ξ_4				1.34

Lpalo m	CARICO LIMITE ULTIMO			CURVE SLU				
	$Q_{o,lim}$ kN	$Q_{o,cr}$ kN	$Q_{TOT,lim}$ kN	$Q_{o,c,d}$ kN	$Q_{o,tr,d}$ kN	$Q_{o,d}$ kN	$Q_{tot,c,d}$ kN	$Q_{tot,tr,d}$ kN
0.00	0	389	389	0	0	215	215	0
0.50	63	353	414	41	38	195	233	40
1.00	112	353	461	73	67	195	261	72
1.50	156	353	502	101	93	195	287	100
2.00	199	353	543	129	119	195	312	128
2.50	242	353	584	157	144	195	336	156
3.00	285	353	624	185	170	195	361	184
3.50	328	353	665	213	196	195	386	212
4.00	371	353	706	241	221	195	410	240
4.50	415	353	747	269	248	195	436	269
5.00	458	353	788	297	273	195	460	297
5.50	501	353	829	325	299	195	485	325
6.00	544	353	869	353	325	195	510	353
6.50	587	353	910	381	350	195	534	381
7.00	631	353	951	409	377	195	560	410
7.50	686	353	1004	445	410	195	593	445
8.00	767	491	1220	498	458	271	718	496
8.50	851	389	1200	552	508	215	713	548
9.00	911	389	1257	591	544	215	750	586
9.50	958	389	1302	622	572	215	776	617
10.00	1006	389	1348	653	601	215	804	648
10.50	1053	389	1393	683	629	215	832	678
11.00	1101	389	1438	714	657	215	859	709
11.50	1148	389	1483	745	685	215	887	739
12.00	1196	389	1528	776	714	215	914	771
12.50	1243	389	1573	807	742	215	942	801
13.00	1291	389	1618	838	771	215	970	832
13.50	1338	389	1664	868	799	215	997	863
14.00	1386	389	1709	899	827	215	1025	893
14.50	1435	389	1755	931	857	215	1054	925
15.00	1485	389	1803	964	887	215	1083	958
15.50	1536	389	1852	997	917	215	1113	990
16.00	1590	389	1903	1032	949	215	1146	1024
16.50	1658	389	1969	1076	990	215	1186	1068
17.00	1755	586	2261	1139	1048	324	1355	1128
17.50	1866	783	2566	1211	1114	433	1533	1196
18.00	1976	914	2805	1282	1180	505	1673	1265
18.50	2085	1045	3043	1353	1245	578	1813	1332
19.00	2193	1177	3281	1423	1309	651	1952	1399
19.50	2301	949	3158	1493	1374	525	1894	1466
20.00	2407	722	3035	1562	1437	399	1834	1531
20.50	2503	495	2902	1624	1494	274	1767	1591
21.00	2582	495	2977	1676	1541	274	1816	1640
21.50	2652	495	3046	1721	1583	274	1858	1684
22.00	2725	495	3116	1768	1627	274	1902	1731
22.50	2798	495	3187	1816	1670	274	1946	1776
23.00	2874	495	3260	1865	1716	274	1993	1824
23.50	2951	495	3335	1915	1762	274	2039	1873
24.00	3029	495	3411	1966	1808	274	2087	1921
24.50	3109	495	3489	2018	1856	274	2136	1971
25.00	3191	495	3568	2071	1905	274	2185	2023
25.50	3276	495	3651	2126	1956	274	2238	2076
26.00	3367	870	4115	2185	2010	481	2500	2133
26.50	3461	1246	4582	2246	2066	689	2766	2191
27.00	3557	1622	5051	2308	2124	897	3033	2251
27.50	3654	1364	4888	2371	2181	754	2950	2311
28.00	3753	1106	4727	2435	2241	611	2869	2373
28.50	3854	848	4568	2501	2301	469	2789	2435
29.00	3957	848	4669	2568	2362	469	2852	2499
29.50	4061	848	4770	2635	2424	469	2916	2563
30.00	4165	848	4872	2703	2487	469	2981	2628

Figura 32 – Riassunto curve di capacità portante per pali D=1000 mm

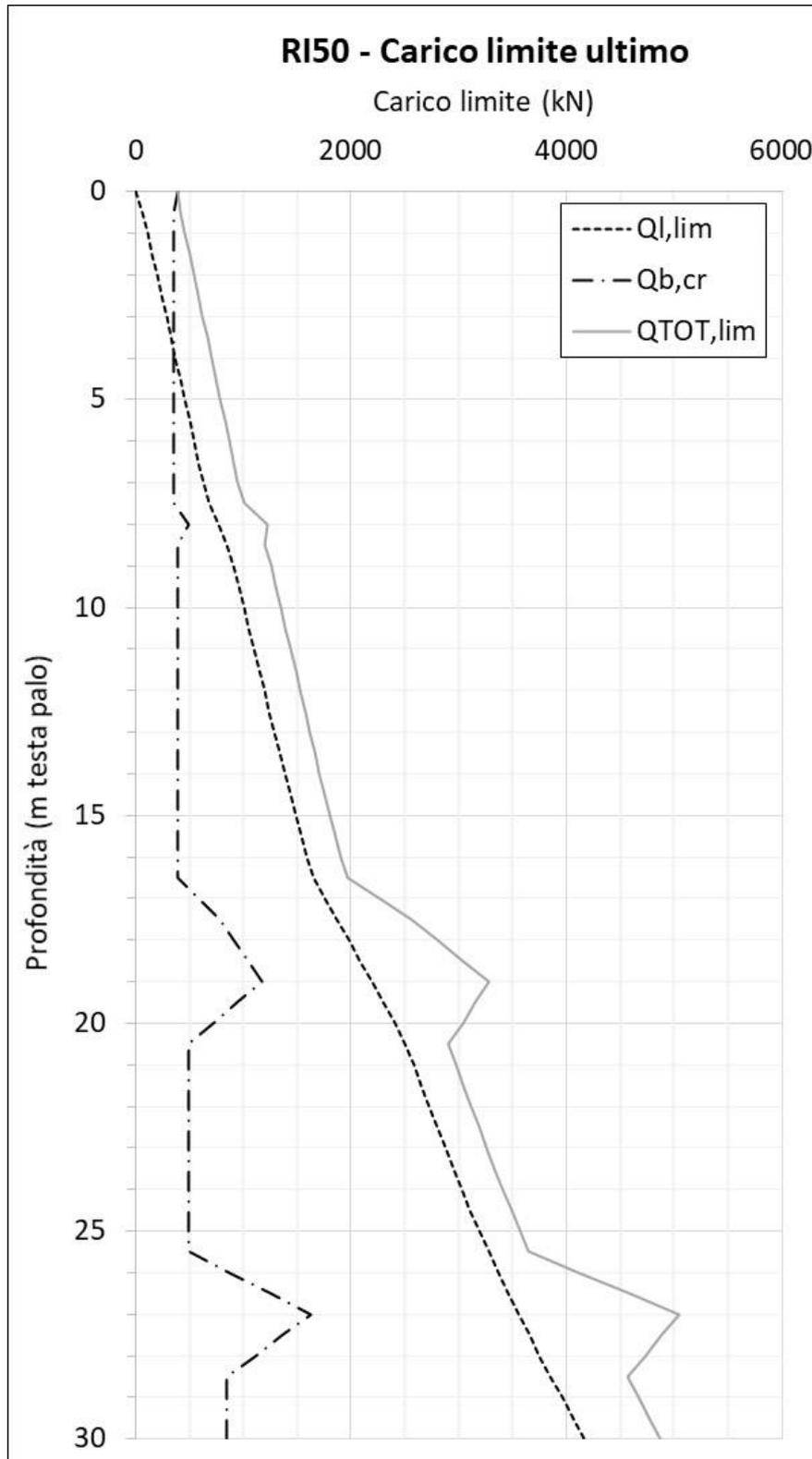


Figura 33 – Curve di carico limite ultimo per pali D=1000 mm

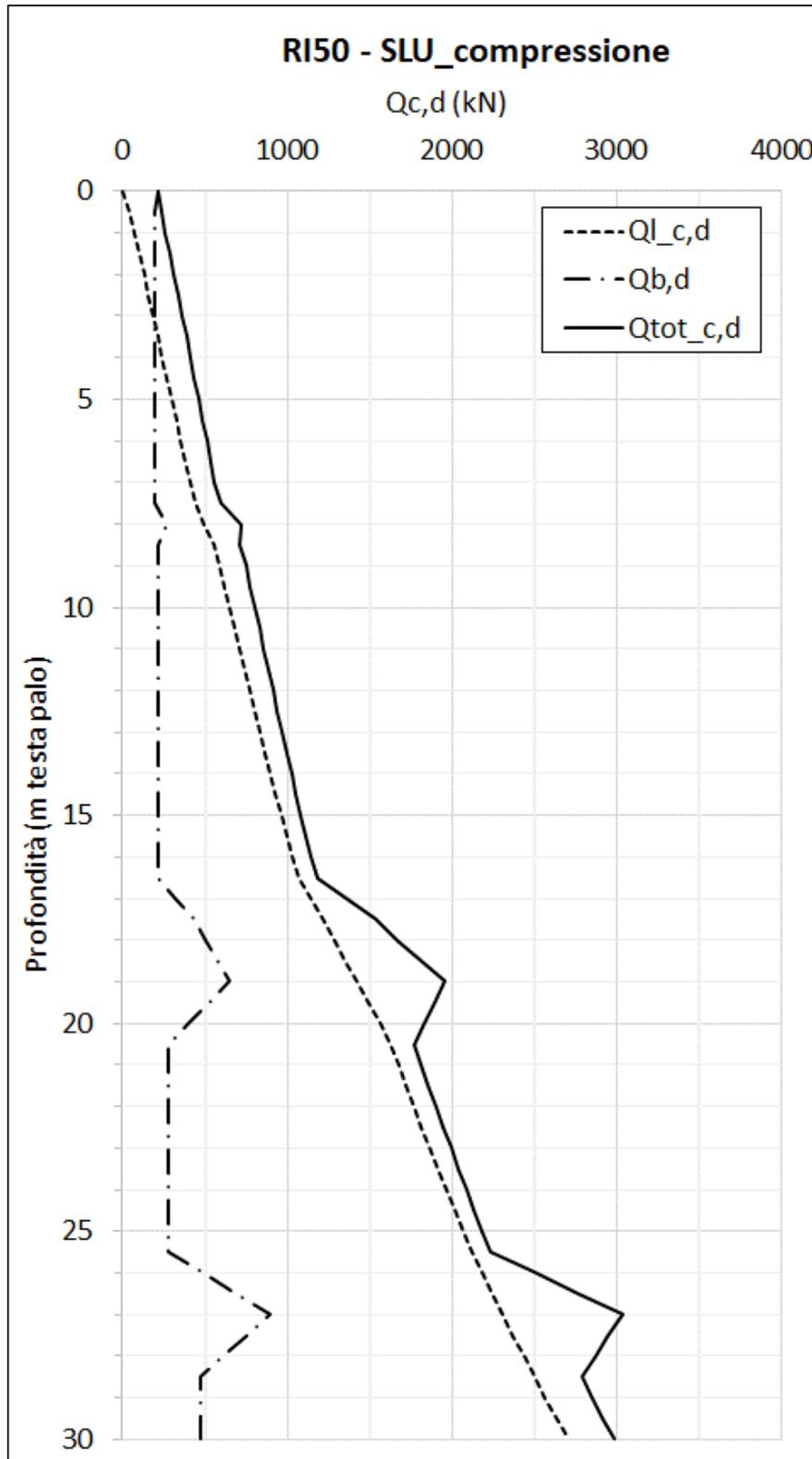


Figura 34 – Curve di capacità portante SLU, compressione per pali $D=1000$ mm

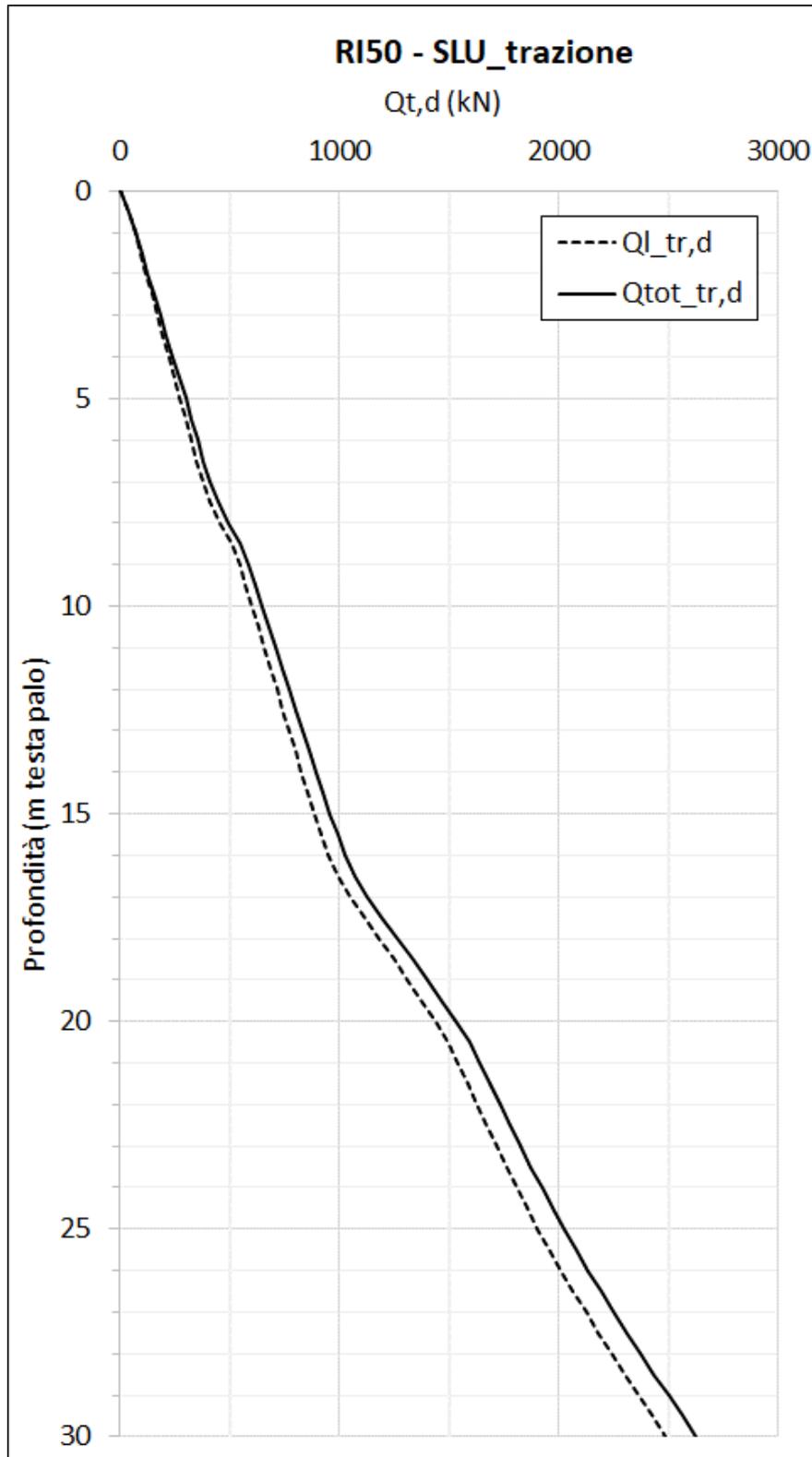


Figura 35 – Curve di capacità portante SLU, trazione per pali $D=1000$ mm

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 67 di 130

8 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

In conclusione, il rilevato oggetto di questa analisi risulta stabile e i cedimenti attesi sono accettabili secondo le norme tecniche di riferimento (v. capitolo 2.2).

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

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

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBRI5000001A	Foglio 68 di 130

ALLEGATI

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBRI5000001A	Foglio 69 di 130

ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO

GENERAL CONTRACTOR

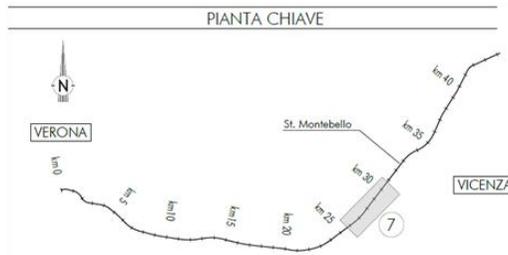
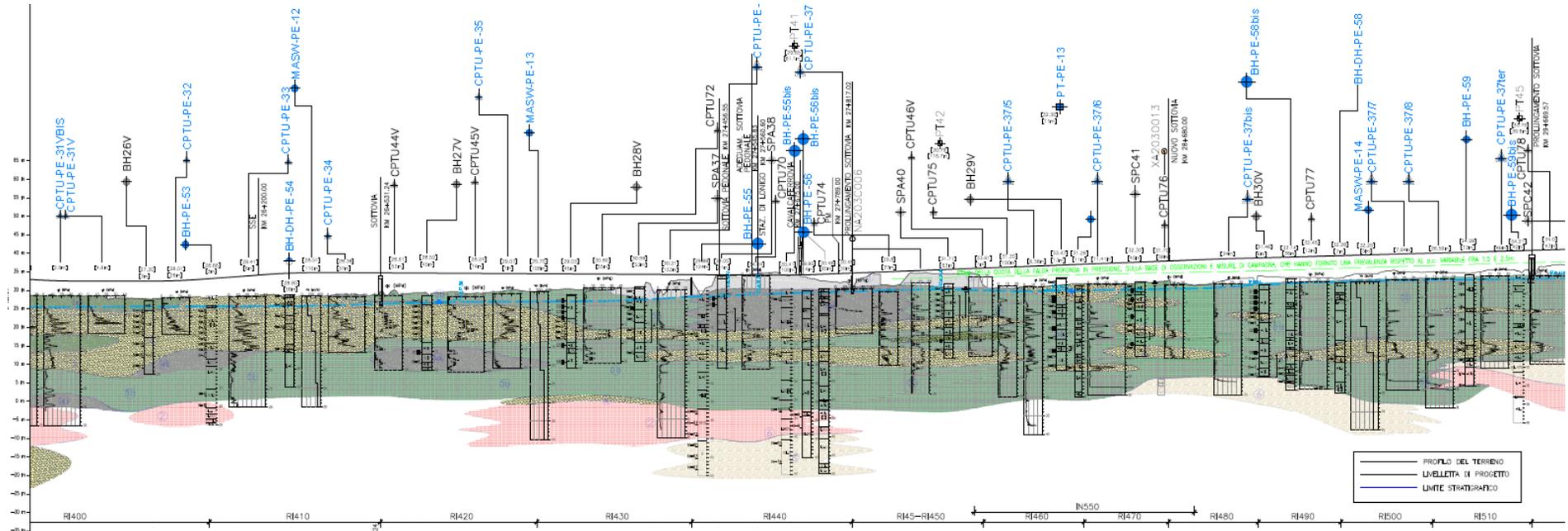


ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00
Relazione Geotecnica

Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
IN17	12	EI2RBRI5000001A	70 di 130



- LEGENDA**
- Campagna indagini integrative PE**
- BH-PE-31: Sondaggio a carotaggio continuo
 - BH-PE-32: Sondaggio a carotaggio continuo con l'installazione di piezometro a tubo aperto o Casagrande
 - MASW-PE-34: Indagine MSW
 - CPTU-PE-35: Prova penetrometrica statica con piezometro
 - PI-158bis: Sondaggio geognostico
 - PI-158bis: Sondaggio a carotaggio continuo con installazione di Piezometro a Tubo Aperto (A)
 - PI-158bis: Foro a distribuzione di nucleo per installazione di Piezometro Casagrande (C)
 - Campagna indagini 2014: Sondaggio a carotaggio continuo
 - SP: Sondaggio a carotaggio continuo (SP) con installazione di Piezometro Casagrande (C) e/o Piezometro a Tubo Aperto (A)
 - PI-158bis: Foro a distribuzione di nucleo per installazione di Piezometro Casagrande (C) e/o Piezometro a Tubo Aperto (A)
 - CPTU: Prova penetrometrica statica con piezometro "tradizionale"
 - CPTU: Prova penetrometrica statica con piezometro CROSS-HOLE
 - PI: Pozzetto esplorativo a 1,5 m da p.c. con prove di carico su piastra
 - Profondità delle indagini
- Campagna indagini pregresse**
- PI-PE-31: Pozzetto esplorativo
 - BH-PE-32: Sondaggio con esecuzione di prova cross hole
 - CPTU-PE-35: Sondaggio con esecuzione di prova cross hole
 - Indagini orientali
 - Nota per PE: in blu le indagini disponibili e con coordinate cart, in rosso le indagini non disponibili o con coordinate non note

- Campagna indagini pregresse**
- Sondaggio geognostico (campagna 1998)
 - Sondaggio geognostico, numero di riferimento (campagna 2002)
 - CPTU, numero di riferimento (campagna 2002)
 - Pozzo con stratigrafia, numero di riferimento (Dati ex Aziende Industriali Municipalizzate (vi) per gentile concessione Centro Idrico Novoledo s.r.l.)
- Asse di progetto**
- confine di Provincia
 - Confine Comunale
- Classi dei terreni**
- 1) Riparto
 - 2) Limi argillosi e limi da compatte a molto compatte, generalmente sovraconsolidati
 - 3a) Area con prevalenza di sabbie limose con limo e limi sabbiosi con sabbia a compartimento drenato da sooli a mediamente addensati
 - 3b) Area con prevalenza di limi argillosi e argille limose, da tenere a mediamente compatte, generalmente NC o debolmente CC
 - 3c) Area di alterazione, sia in verticale che planimetrica di materiali 3a e 3b
 - 4) Sabbie generalmente da debolmente limose a limose, da mediamente addensati a molto addensati
 - 4) Ghiaie, ghiaie con sabbie, con presenza locale di ciottoli, anche di grandi dimensioni (fino a 80/100mm)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 71 di 130

ALLEGATO 2– INDAGINI GEOGNOSTICHE



Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

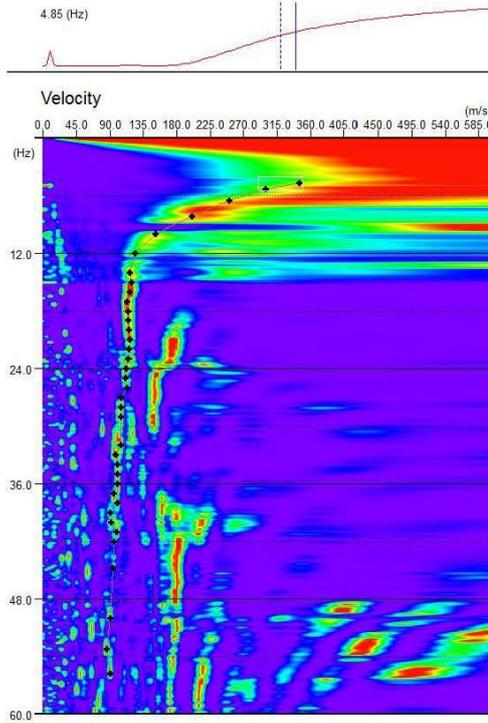
Codifica

EI2RBRI5000001A

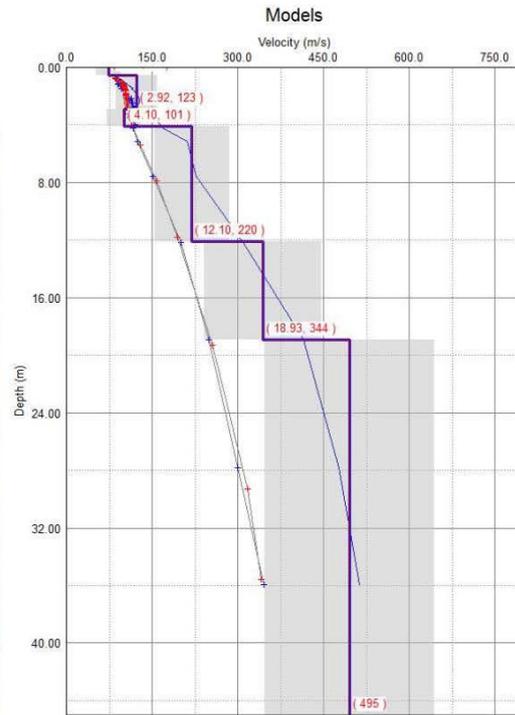
Foglio

72 di 130

MASW 14

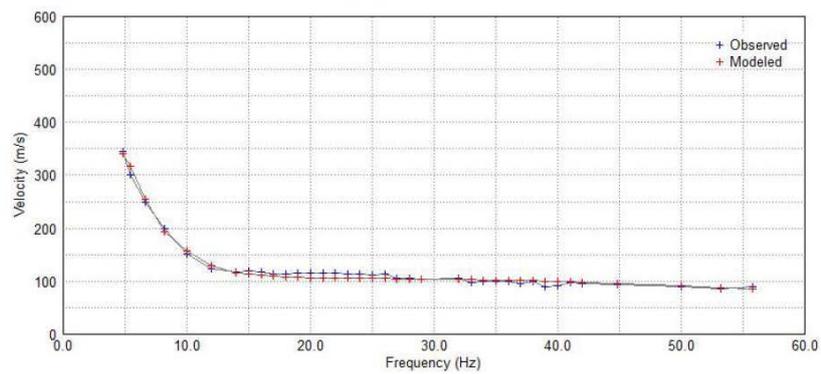


CURVA DI DISPERSIONE CUMULATIVA
METODO ATTIVO E PASSIVO



MODELLO RISULTANTE
DALL'INVERSIONE DEI DATI

Dispersion Curves



CURVA DI DISPERSIONE MISURATA (BLU) E CALCOLATA (ROSSO)

$V_{s30} = 256\text{m/s}$



Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI500001A

Foglio
73 di 130

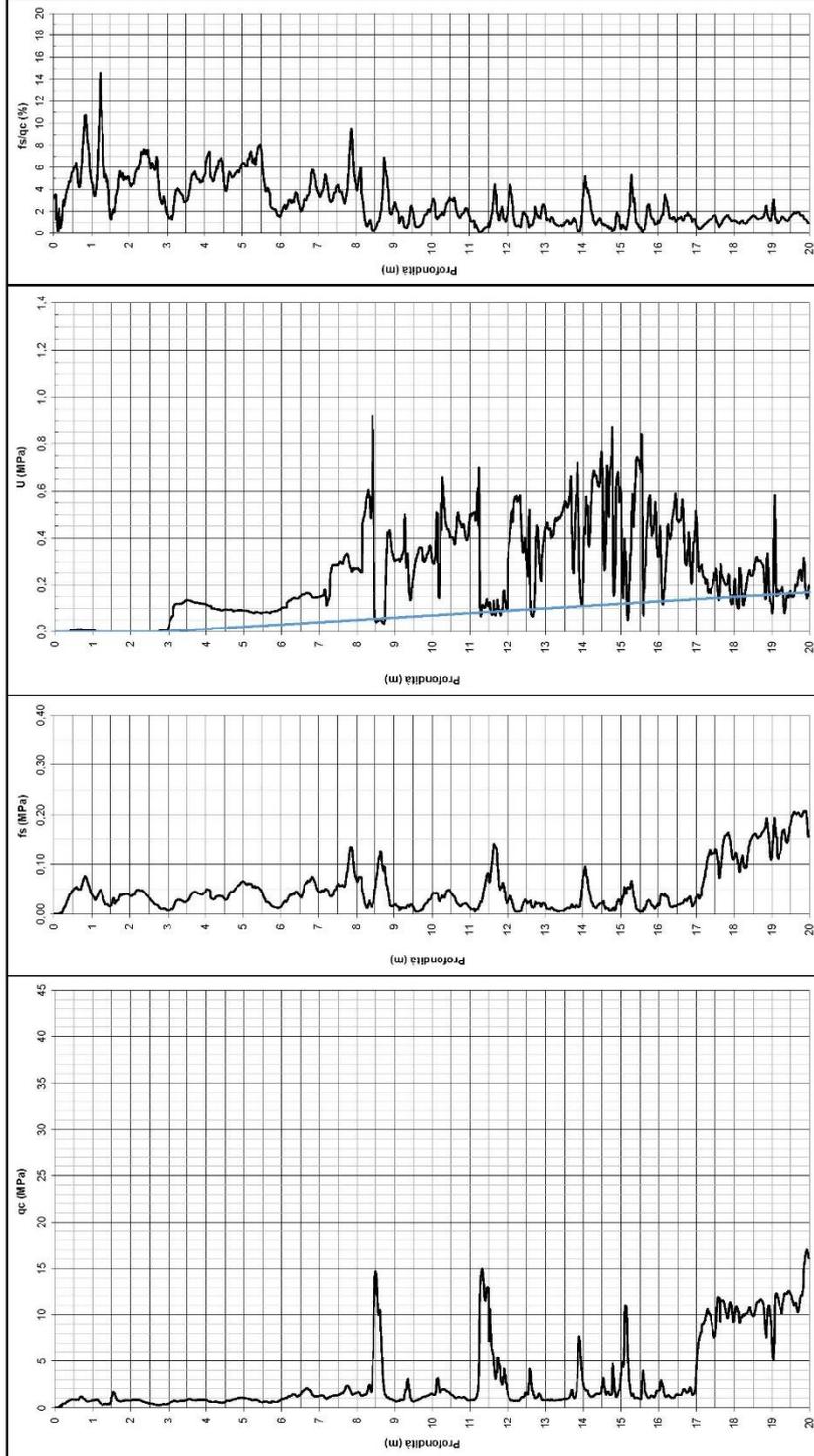
PROVA PENETROMETRICA STATICA CPTU



Pagina 1 di 2

Punta Mkj497 Quota inizio indagine m s.l.m. Preforo m da p.c.
Profondità prova 27,53 m da p.c. Livello acqua 2,75 m da p.c.
Coordinate WGS84 X 45°25.4772' N Y 11°21.5170' E

COMMITTENTE Consorzio Iricav Due
CANTIERE Linea AV/AC Verona - Padova 1 lotto Funzionale Verona - Bivio Vicenza
PROVA CPTU-PE-37/7 DATA 26/05/2021 RESPONSABILE Dott. Geol. Paolo Greggio





Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI5000001A

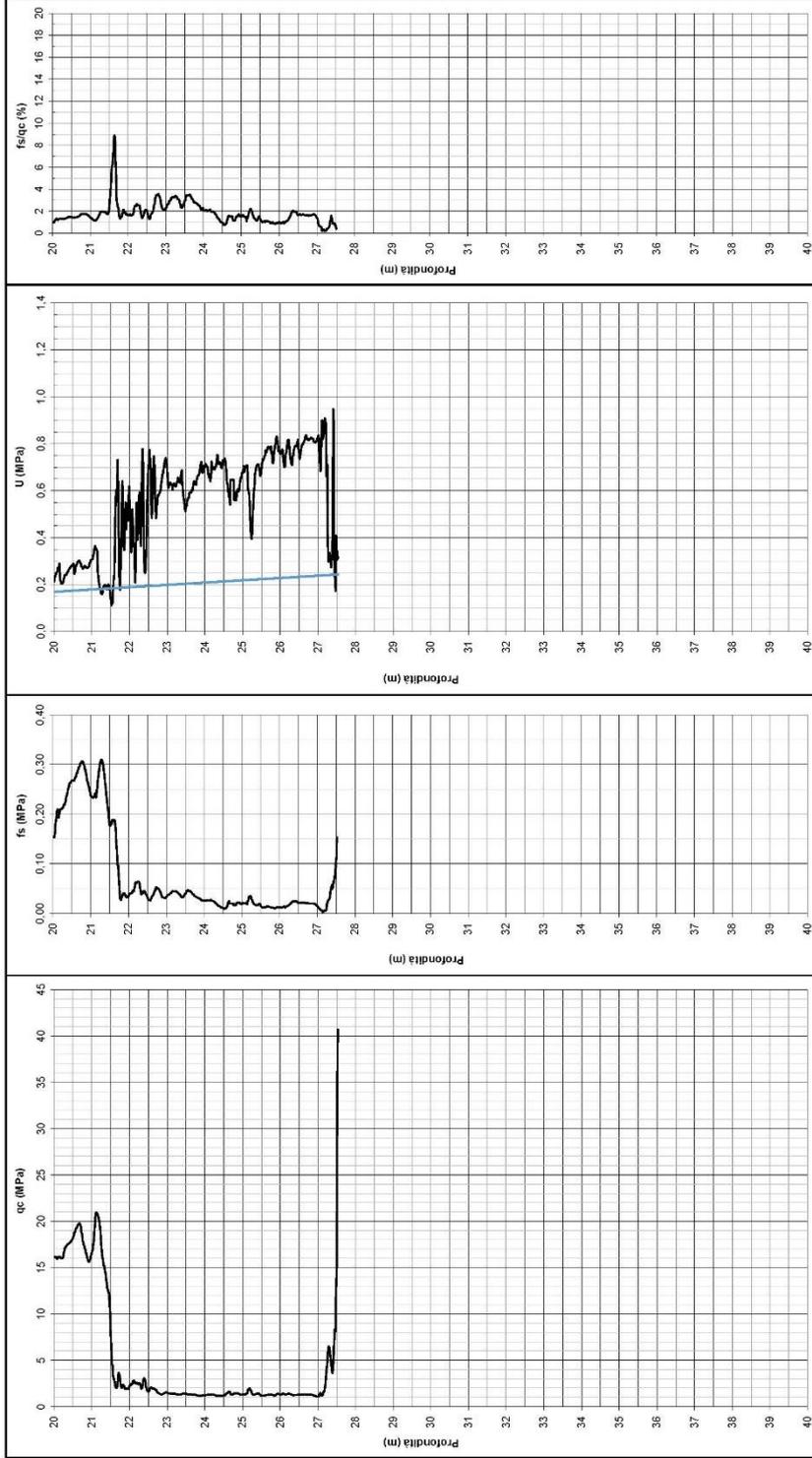
74 di 130

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPTU

Pagina 2 di 2

Punta Mkj497 Quota inizio indagine m s.l.m. Preforo m da p.c.
 Profondità prova 27,53 m da p.c. Livello acqua 2,75 m da p.c.
 Coordinate WGS84 X 45°25.4772' N Y 11°21.5170' E

COMMITTENTE Consorzio Iricav Due
 CANTIERE Linea AV/AC Verona - Padova 1 lotto Funzionale Verona - Bivio Vicenza
 PROVA OPTU-PE-37/7 DATA 26/05/2021 RESPONSABILE Dott. Geol. Paolo Greggio





Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI500001A

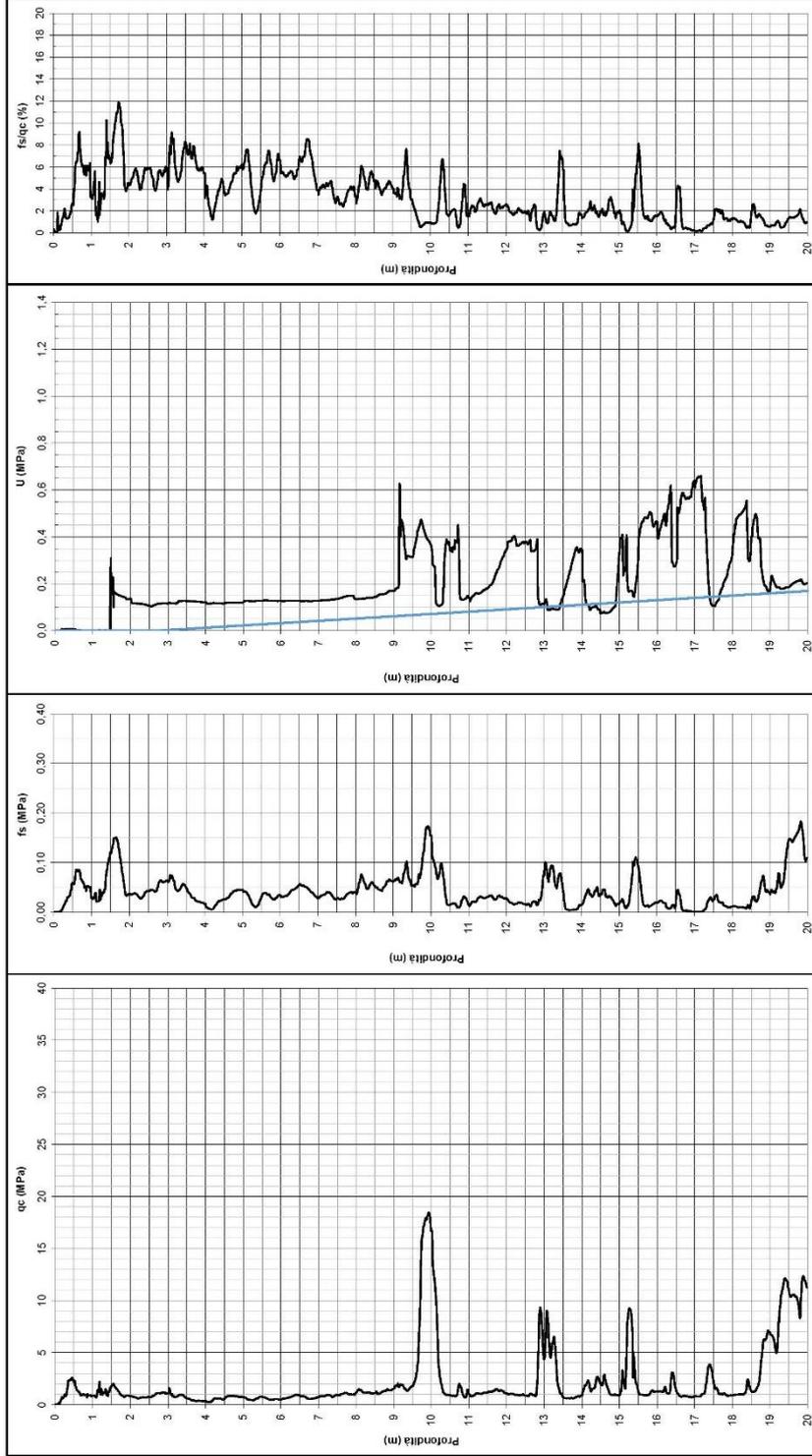
75 di 130

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPTU

Pagina 1 di 2

Punta Mkj497 Quota inizio indagine m s.l.m. Preforo m da p.c.
 Profondità prova 30,21 m da p.c. Livello acqua 2,75 m da p.c.
 Coordinate WGS84 X 45°25.5130' N Y 11°21.5770' E

COMMITTENTE Consorzio Iricav Due
 CANTIERE Linea AV/AC Verona - Padova 1 lotto Funzionale Verona - Bivio Vicenza
 PROVA CPTU-PE-37/8 DATA 26/05/2021 RESPONSABILE Dott. Geol. Paolo Greggio





Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI500001A

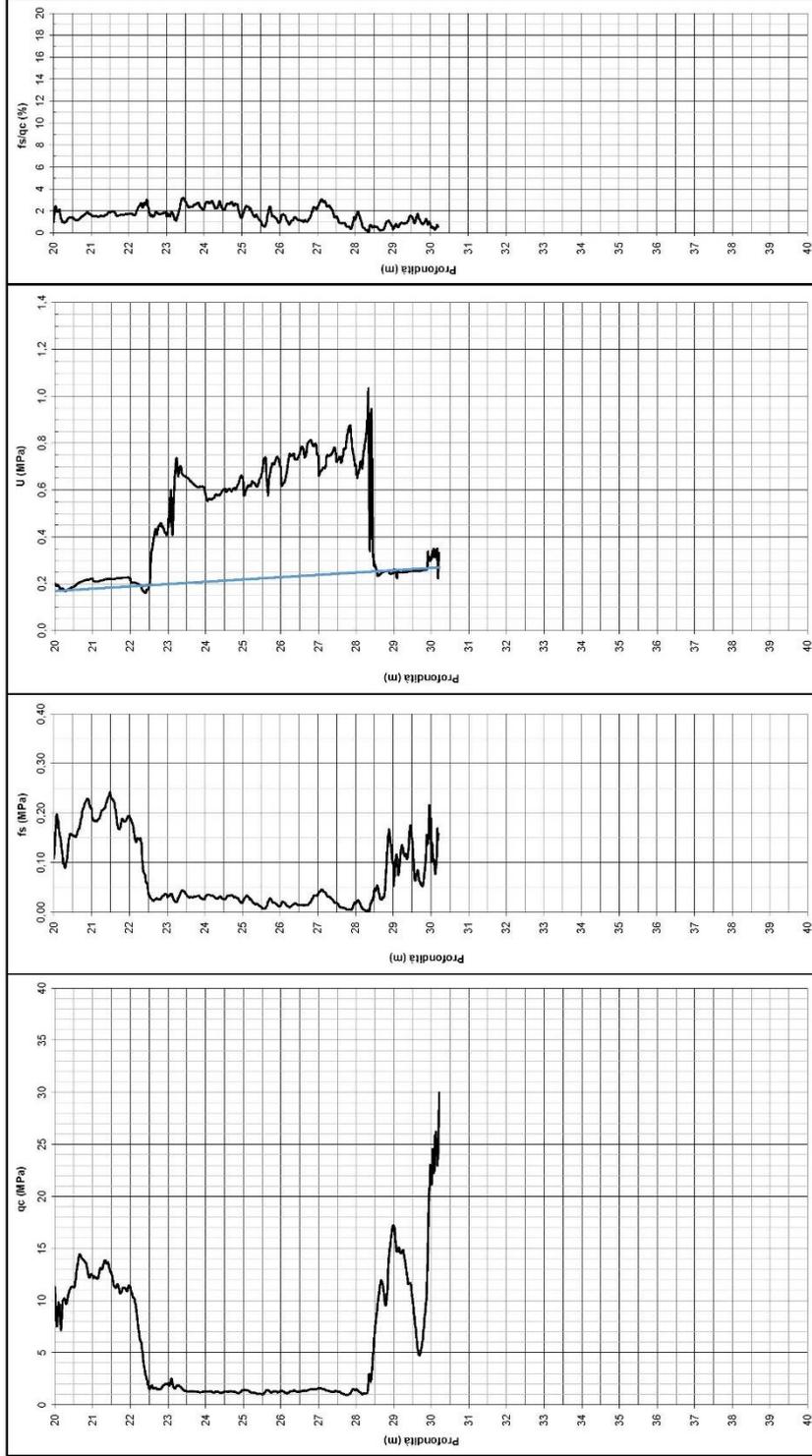
Foglio
76 di 130

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPTU

Pagina 2 di 2

Punta Mkj497 Quota inizio indagine m s.l.m. Preforo m da p.c.
Profondità prova 30,21 m da p.c. Livello acqua 2,75 m da p.c.
Coordinate WGS84 X 45°25'5130" N Y 11°21'5770" E

COMMITTENTE Consorzio Iricav Due
CANTIERE Linea AV/AC Verona - Padova 1 lotto Funzionale Verona - Bivio Vicenza
PROVA OPTU-PE-37/8 DATA 26/05/2021 RESPONSABILE Dott. Geol. Paolo Greggio





Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI5000001A

Foglio
77 di 130

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 Bartola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it



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

CANTIERE: **Lonigo (VI)**

PERFORAZIONE: BH-PE-58
ESECUZIONE: 28/01-1/02 / 2021
COMMESSA: 22036AV-20

RDP SITO N°: SF210132
OPERATORE: BIASIOLI-BAGATIN
RESPONSABILE: FERRABOSCHI

PROFONDITA': 30,00 m
RIVESTIMENTO: 30,00 m
QUOTA s.l.m.: 32,257 m

Indisturbato
 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			FALDA	DOWN-HOLE
				TIPO	NUM. PROF.			TIPO	NUM.	PROF.		
0	0		Terreno vegetale									
1	0.20		Limo argilloso, marrone			175	85					
2	1.60		Limo argilloso debolmente sabbioso, marrone			200	100					
3	2.80		Sabbia eterogenea (con grana da fine a grossa) limoso gialosa, marrone			150	75					
4	3.30		Limo argilloso, grigio			50	25					
5	4.00		Argilla limosa, grigio			50	25					
6	4.80		Limo con argilla ghiaioso (grana molto fine); grigio / grigio scuro	SH1	4.60	75	35					
7	6.00		Limo con argilla ghiaioso (grana fine); grigio			150	75					
8	7.60		Limo argilloso, grigio	SH2	7.20	100	50					
9	9.50		Limo con argilla, grigio			50	25					
10	10.70		Limo con argilla, grigio Presenza di materia organica da 10.20 a 10.60 m			25	12					
11	12.00		Limo argilloso debolmente sabbioso, grigio scuro Presenza di sporadici resti di frustoli vegetali	SH3	12.00	25	12					
12	12.60		Da 12.60 m presenza di orizzonti centimetrici limoso sabbiosi			25	12					
13	14.80		Limo argilloso, grigio	SH4	15.00	50	20					
14	15.80		Limo sabbioso, grigio			50	20					
15	16.50		Limo argilloso, grigio			50	25					
16	17.30		Alternanza tra limo sabbioso e livelli centimetrici limoso argillosi; grigio			50	25					
17	18.00					100	50					
18	19.00					75	35					
19	20.00					75	35					
20	20.10					50	25					

Il Direttore Tecnico SOA:
ing. Massimo De lasi

SF210132_BH-PE-58 - pag 1 di 5

Il Responsabile Prove in Sito:
dtt. Massimo Romagnoli



Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI5000001A

78 di 130

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 Bartola, 101-103 - 20020 Lainate (MI)
Tel.: +39 02 9375 0000 - Fax: +39 02 9375 0099
www.socotec.it



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

CANTIERE: Lonigo (VI)

PERFORAZIONE: BH-PE-58
ESECUZIONE: 28/01-1/02 / 2021
COMMESSA: 22036AV-20

RDP SITO N°: SF210132
OPERATORE: BIASIOLI-BAGATIN
RESPONSABILE: FERRABOSCHI

PROFONDITA': 30,00 m
RIVESTIMENTO: 30,00 m
QUOTA s.l.m.: 32,257 m

Indisturbato
 Rimaneggiato
 Ambientale

SPT
PA: punta aperta
PC: punta chiusa

METRI	METRI da P.C.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAMPIONI		P.P. kPa	T.V. kPa	PROVE			METODO E UTENSIL	FALDA	DOWN-HOLE
				TIPO	NUM. PROF.			TIPO	NUM.	PROF.			
21	21,30	Sabbia (a grana fine) con limo, grigio		SND	21,50	75	35	SPT1	21,00-21,45	5 - 8 - 6	PC	Carotaggio continuo tramite carotiere semplice 101 mm	
	21,70												
22	22,50	Limo sabbioso, grigio			22,00	100	75						
	22,70	Limo argilloso (a tratti debolmente sabbioso), grigio				100	75						
23	23,10	Argilla limosa, grigio-verde				100	75						
	23,10	Torba				100	75						
24	24,20	Argilla limosa, grigio scuro				100	100						
25	25,00	Argilla con limo, grigio				50	50						
	25,00					50	50						
26	26,00	Limo argilloso, grigio				50	50						
	26,30	Argilla limosa, grigio				50	50						
27	26,90	Argilla limosa, grigio				26,60	75						
	26,90					27,20	50						
28	28,00	Argilla limosa, grigio				50	75						
	28,00	Presenza di spradica ghiaia (a grana fine)				100	50						
29	29,00					125	100						
	29,00					100	100						
30	30,00					100	25						
	30,00					100	50						
FINE SONDAGGIO													
31			nota: approvvigionamento idrico										
32													
33													
34													
35													
36													
37													
38													
39													
40													

Il Direttore Tecnico SOA:
ing. Massimo De Iasi

Il Responsabile Prove in Sito:
dtt. Massimo Romagnoli

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI5000001A

Foglio

79 di 130

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



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

CANTIERE: Lonigo (VI)

PERFORAZIONE: BH-PE-58
ESECUZIONE: 28/01-1/02 / 2021
COMMESSA: 22036AV-20

RDP SITO N°: SF210132
OPERATORE: BIASIOLI-BAGATIN
RESPONSABILE: FERRABOSCHI

PROFONDITA': 30,00 m
RIVESTIMENTO: 30,00 m
QUOTA s.l.m.: 32,257 m

Indisturbato
 Rimaneggiato
 Ambientale

SPT
PA: punta aperta
PC: punta chiusa

UBICAZIONE

LOCALITA': Lonigo (VI)

PERFORAZIONE: BH-PE-58
UBICAZIONE: Lat.: 45.4232716° N
Long. 11.3571043° E



Ubicazione sondaggio



Cassetta 1: 0.00 - 5.00 m da p.c.

Il Direttore Tecnico SOA:
ing. Massimo De Iasi

SF210132_BH-PE-58 - pag 3 di 5

Il Responsabile Prove in Sito:
dtt. Massimo Romagnoli

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 80 di 130

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



COMMITTENTE: CONSORZIO IRICAV DUE - Via Francesco Tovaglieri 413-00155 Roma (RM)
CANTIERE: Lonigo (VI)
PERFORAZIONE: BH-PE-58
ESECUZIONE: 28/01-1/02 / 2021
COMMESSA: 22036AV-20

RDP SITO N°: SF210132
OPERATORE: BIASIOLI-BAGATIN
RESPONSABILE: FERRABOSCHI

PROFONDITA': 30,00 m
RIVESTIMENTO: 30,00 m
QUOTA s.l.m.: 32,257 m

Indisturbato
 Rimanecciato
 Ambientale

SPT
PA: punta aperta
PC: punta chiusa



Cassetta 2: 5.00 - 10.00 m da p.c.



Cassetta 3: 10.00 - 15.00 m da p.c.



Cassetta 4: 15.00 - 20.00 m da p.c.

Il Direttore Tecnico SOA:
ing. Massimo De Iasi

SF210132_BH-PE-58 - pag 4 di 5

Il Responsabile Prove in Sito:
dtt. Massimo Romagnoli

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
				
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A
				Foglio 81 di 130

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



COMMITTENTE: **CONSORZIO IRICAV DUE - Via Francesco Tovaglieri 413-00155 Roma (RM)**
CANTIERE: Lonigo (VI)
 PERFORAZIONE: BH-PE-58
 ESECUZIONE: 28/01-1/02 / 2021
 COMMESSA: 22036AV-20

RDP SITO N°: SF210132
 OPERATORE: BIASIOLI-BAGATIN
 RESPONSABILE: FERRABOSCHI

PROFONDITA': 30,00 m
 RIVESTIMENTO: 30,00 m
 QUOTA s.l.m.: 32,257 m

Indisturbato
 Rimaneggiato
 Ambientale

SPT
 PA: punta aperta
 PC: punta chiusa



Cassetta 5: 20.00 - 25.00 m da p.c.



Cassetta 6: 25.00 - 30.00 m da p.c.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI5000001A</p>	<p>Foglio 82 di 130</p>

ALLEGATO 3 – TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU STATICA



Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI5000001A

Foglio

83 di 130

SLIDEINTERPRET 7.038



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 1 of 9

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: RI50_01_stat.slim
Slide Modeler Version: 7.038
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 01/09/2021, 15:16:31

General Settings

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

Design Standard

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

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

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

Bishop simplified

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

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
				
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	12	EI2RBRI5000001A
				Foglio
				84 di 130

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

Seismic

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

Loading

6 Distributed Loads present



Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI5000001A

Foglio

85 di 130

SLIDENETFERRET 7.028



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 3 of 9

Distributed Load 1

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

Distributed Load 2

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

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

Material Properties

Property	Rilevato	U6	U4	U3b_1	U3b_2	U3b_3	U3b_4	U2
Color								
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Undrained	Undrained	Undrained	Undrained	Undrained
Unit Weight [kN/m ³]	20	19	19	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5
Cohesion [kPa]	0	0	0					
Friction Angle [deg]	38	39	36					
Cohesion Type				80	50	55	70	120
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	1	0	0	0	0	0

Property	CA
Color	
Strength Type	Infinite strength
Unit Weight [kN/m ³]	25
Water Surface	Water Table
Hu Value	0

Support Properties**Inclusioni**

Support Type: Micro-Pile
Force Application: Passive
Out-of-Plane Spacing: 2.5 m
Pile Shear Strength: 127 kN
Force Direction: Perpendicular to Pile



Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI5000001A

86 di 130

SLIDEINTERPRET 7.028



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 4 of 9

Pali

Support Type: Micro-Pile
Force Application: Passive
Out-of-Plane Spacing: 3 m
Pile Shear Strength: 198 kN
Force Direction: Perpendicular to Pile

Global Minimums**Method: bishop simplified**

	FS	1.247610
Center:	14.889, 6.293	
Radius:	14.300	
Left Slip Surface Endpoint:	0.589, 6.293	
Right Slip Surface Endpoint:	27.731, 0.000	
Resisting Moment:	21647.8 kN-m	
Driving Moment:	17351.4 kN-m	
Passive Support Moment:	2428.44 kN-m	
Total Slice Area:	226.563 m2	
Surface Horizontal Width:	27.1418 m	
Surface Average Height:	8.34739 m	

Valid / Invalid Surfaces**Method: bishop simplified**

Number of Valid Surfaces: 1263
Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.24761





Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI5000001A

87 di 130

SLIDETERRFRET 7.028

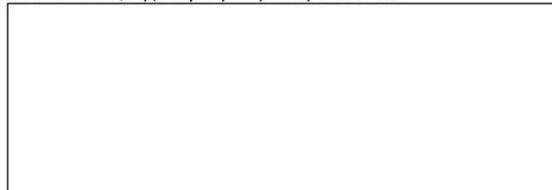


SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 5 of 9

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.486309	17.9818	-82.5075	Rilevato	0	32.0066	4.1317	5.15475	8.24722	0	8.24722	39.6622	39.6622
2	0.486309	43.191	-71.8808	Rilevato	0	32.0066	20.4303	25.489	40.7805	0	40.7805	103.216	103.216
3	0.486309	55.8111	-66.3202	Rilevato	0	32.0066	30.5172	38.0736	60.915	0	60.915	130.502	130.502
4	0.59552	80.9654	-61.4007	U3b_1	57.1429	0	45.8019	57.1429	146.171	0	146.171	230.18	230.18
5	0.59552	91.9825	-56.7323	U3b_1	57.1429	0	45.8019	57.1429	178.867	0	178.867	248.679	248.679
6	0.541879	91.8204	-52.7627	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	226.007	0	226.007	263.67	263.67
7	0.541879	98.5521	-49.3034	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	242.807	0	242.807	276.092	276.092
8	0.541879	104.53	-46.0734	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	253.751	0	253.751	283.47	283.47
9	0.541879	109.885	-43.0234	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	190.469	0	190.469	217.185	217.185
10	0.541879	114.708	-40.1187	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	201.966	0	201.966	226.087	226.087
11	0.541879	119.069	-37.3336	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	212.3	0	212.3	234.134	234.134
12	0.541879	123.017	-34.6485	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	294.158	0	294.158	313.941	313.941
13	0.541879	126.595	-32.048	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	309.922	0	309.922	327.843	327.843
14	0.541879	129.833	-29.5196	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	317.609	0	317.609	333.818	333.818
15	0.541879	132.758	-27.053	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	324.598	0	324.598	339.217	339.217
16	0.541879	135.391	-24.6396	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	330.945	0	330.945	344.075	344.075
17	0.541879	137.749	-22.2721	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	277.53	0	277.53	289.254	289.254
18	0.541879	139.847	-19.9441	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	262.092	0	262.092	272.479	272.479
19	0.541879	146.261	-17.65	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	263.772	0	263.772	272.88	272.88
20	0.541879	148.016	-15.3848	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	265.278	0	265.278	273.155	273.155
21	0.541879	149.398	-13.144	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	269.02	0	269.02	275.705	275.705
22	0.541879	156.68	-10.9235	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	283.617	0	283.617	289.142	289.142
23	0.541879	167.215	-8.71957	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	304.193	0	304.193	308.583	308.583
24	0.541879	158.498	-6.52857	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	289.222	0	289.222	292.498	292.498
25	0.541879	101.519	-4.34713	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	185.17	0	185.17	187.346	187.346
26	0.541879	90.1805	-2.172	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	165.336	0	165.336	166.422	166.422
27	0.541879	90.2835	0	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	166.612	0	166.612	166.612	166.612
28	0.541879	90.1805	2.172	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	167.508	0	167.508	166.422	166.422
29	0.541879	85.165	4.34713	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	159.342	0	159.342	157.166	157.166
30	0.541879	79.3194	6.52857	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	149.654	0	149.654	146.378	146.378
31	0.541879	78.592	8.71957	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	149.426	0	149.426	145.036	145.036
32	0.541879	77.6512	10.9235	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	148.825	0	148.825	143.3	143.3
33	0.541879	76.4928	13.144	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	147.847	0	147.847	141.162	141.162
34	0.541879	75.1112	15.3848	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	146.489	0	146.489	138.612	138.612
35	0.541879	73.4996	17.65	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	144.746	0	144.746	135.638	135.638
36	0.541879	71.6498	19.9441	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	142.612	0	142.612	132.225	132.225
37	0.541879	69.5518	22.2721	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	140.077	0	140.077	128.353	128.353
38	0.541879	67.1936	24.6396	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	137.131	0	137.131	124.001	124.001
39	0.541879	64.5607	27.053	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	133.761	0	133.761	119.142	119.142
40	0.541879	61.6357	29.5196	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	129.953	0	129.953	113.744	113.744
41	0.541879	58.3974	32.048	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	125.689	0	125.689	107.768	107.768
42	0.541879	54.8199	34.6485	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	120.95	0	120.95	101.166	101.166
43	0.541879	50.8712	37.3336	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	115.712	0	115.712	93.8785	93.8785
44	0.541879	46.5109	40.1187	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	109.953	0	109.953	85.8319	85.8319
45	0.541879	41.6873	43.0234	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	103.646	0	103.646	76.9302	76.9302
46	0.541879	36.3326	46.0734	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	96.7677	0	96.7677	67.0483	67.0483
47	0.541879	30.3546	49.3034	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	89.3014	0	89.3014	56.0163	56.0163
48	0.541879	23.623	52.7627	U3b_2	35.7143	0	28.6262	35.7143	81.256	0	81.256	43.5934	43.5934
49	0.59552	17.0341	56.7323	U3b_1	57.1429	0	45.8019	57.1429	98.4136	0	98.4136	28.6012	28.6012
50	0.59552	6.01696	61.4007	U3b_1	57.1429	0	45.8019	57.1429	94.1101	0	94.1101	10.1011	10.1011

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.24761





Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI5000001A

88 di 130

SLIDEINTERPRET 7.026



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	0.589055	6.29269	0	0	0
2	1.07536	2.59508	28.4858	0	0
3	1.56167	1.1089	79.1577	0	0
4	2.04798	-8.88178e-016	131.866	0	0
5	2.6435	-1.09229	264.253	0	0
6	3.23902	-2	399.337	0	0
7	3.7809	-2.71293	544.954	0	0
8	4.32278	-3.343	682.428	0	0
9	4.86466	-3.90557	809.669	0	0
10	5.40654	-4.4113	890.483	0	0
11	5.94842	-4.86791	967.19	0	0
12	6.49029	-5.28121	998.705	0	0
13	7.03217	-5.6557	1093.35	0	0
14	7.57405	-5.99494	1182.98	0	0
15	8.11593	-6.30176	1264.92	0	0
16	8.65781	-6.5785	1339.23	0	0
17	9.19969	-6.82704	1405.98	0	0
18	9.74157	-7.04897	1452.06	0	0
19	10.2834	-7.2456	1488.08	0	0
20	10.8253	-7.41802	1518.05	0	0
21	11.3672	-7.56712	1489.19	0	0
22	11.9091	-7.69366	1507.72	0	0
23	12.451	-7.79824	1521.87	0	0
24	12.9928	-7.88135	1531.64	0	0
25	13.5347	-7.94336	1534.06	0	0
26	14.0766	-7.98455	1526.18	0	0
27	14.6185	-8.0051	1461.16	0	0
28	15.1604	-8.0051	1445.65	0	0
29	15.7022	-7.98455	1426.7	0	0
30	16.2441	-7.94336	1404.62	0	0
31	16.786	-7.88135	1379.83	0	0
32	17.3279	-7.79824	1351.9	0	0
33	17.8697	-7.69366	1320.83	0	0
34	18.4116	-7.56712	1286.61	0	0
35	18.9535	-7.41802	1249.25	0	0
36	19.4954	-7.2456	1208.79	0	0
37	20.0373	-7.04897	1165.23	0	0
38	20.5791	-6.82704	1118.63	0	0
39	21.121	-6.5785	1069.04	0	0
40	21.6629	-6.30176	1016.51	0	0
41	22.2048	-5.99494	961.128	0	0
42	22.7467	-5.6557	902.979	0	0
43	23.2885	-5.28121	842.172	0	0
44	23.8304	-4.86791	778.836	0	0
45	24.3723	-4.4113	713.12	0	0
46	24.9142	-3.90557	645.192	0	0
47	25.456	-3.343	575.242	0	0
48	25.9979	-2.71293	503.464	0	0
49	26.5398	-2	430.023	0	0
50	27.1353	-1.09229	313.417	0	0
51	27.7308	0	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-34.104	0
63.654	0

Distributed Load





Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI5000001A

89 di 130

SLIDENETTERPRET 7.028



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

X	Y
-1.66654	6.29269
-2.82951	6.29269
-5.62951	6.29269
-6.6023	6.29269
-9.4023	6.29269
-10.5811	6.29269

Distributed Load

X	Y
-6.6023	6.29269
-9.4023	6.29269

Distributed Load

X	Y
-2.82951	6.29269
-5.62951	6.29269

Distributed Load

X	Y
4.83985	6.29269
2.03985	6.29269

Distributed Load

X	Y
9.33985	6.29269
6.53985	6.29269

Distributed Load

X	Y
10.395	6.29269
9.33985	6.29269
6.53985	6.29269
4.83985	6.29269
2.03985	6.29269
0.984685	6.29269

External Boundary



GENERAL CONTRACTOR



Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00
Relazione Geotecnica

ALTA SORVEGLIANZA



Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane

Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
IN17	12	EI2RBRI5000001A	90 di 130



X	Y
-34.104	-9
-34.104	-10
-34.104	-18
-34.104	-22
-34.104	-27
-34.104	-30
-34.104	-35
63.654	-35
63.654	-30
63.654	-27
63.654	-22
63.654	-18
63.654	-10
63.654	-9
63.654	-2
63.654	0
15.99	0
15.99	0.491492
13.84	0.491492
13.2599	6.29269
12.2399	6.29269
10.395	6.29269
9.33985	6.29269
6.53985	6.29269
4.83985	6.29269
2.03985	6.29269
0.984685	6.29269
-0.0296932	6.29269
-1.66654	6.29269
-2.82951	6.29269
-5.62951	6.29269
-6.6023	6.29269
-9.4023	6.29269
-10.5811	6.29269
-13.338	6.29269
-25.1693	0
-34.104	0
-34.104	-2

Material Boundary

X	Y
12.2399	6.29269
12.2399	0.491492
10.8095	0.491492
10.3	0.491492
10.3	1.11022e-016
10.3	-0.958508
15.99	-0.958508
15.99	0

Material Boundary

X	Y
-25.1693	0
10.3	1.11022e-016

Material Boundary

X	Y
-34.104	-2
63.654	-2

Material Boundary

X	Y
-34.104	-2
63.654	-2



X	Y
-34.104	-9
63.654	-9

Material Boundary

X	Y
-34.104	-10
63.654	-10

Material Boundary

X	Y
-34.104	-18
63.654	-18

Material Boundary

X	Y
-34.104	-22
63.654	-22

Material Boundary

X	Y
-34.104	-27
63.654	-27

Material Boundary

X	Y
-34.104	-30
63.654	-30

Material Boundary

X	Y
-0.0296932	6.29269
10.8095	0.491492

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI5000001A</p>	<p>Foglio 92 di 130</p>

ALLEGATO 4 – TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU SISMICA

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 93 di 130

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: R150_01_sism.slim
Slide Modeler Version: 7.038
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 01/09/2021, 15:16:31

General Settings

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

Design Standard

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

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

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used	
	Bishop simplified

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



Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI5000001A

94 di 130



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

Seismic

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

Loading

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

6 Distributed Loads present



Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI5000001A

Foglio

95 di 130

SLIDEINTERPRET 7.000



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 3 of 9

Distributed Load 1

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

Distributed Load 2

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

Distributed Load 3

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

Distributed Load 4

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

Distributed Load 5

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

Distributed Load 6

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

Material Properties

Property	Rilevato	U6	U4	U3b_1	U3b_2	U3b_3	U3b_4	U2
Color								
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Undrained	Undrained	Undrained	Undrained	Undrained
Unit Weight [kN/m ³]	20	19	19	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5
Cohesion [kPa]	0	0	0					
Friction Angle [deg]	38	39	36					
Cohesion Type				80	50	55	70	120
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	1	0	0	0	0	0

Property	CA
Color	
Strength Type	Infinite strength
Unit Weight [kN/m ³]	25
Water Surface	Water Table
Hu Value	0

Support Properties**Inclusioni**

Support Type: Micro-Pile
Force Application: Active
Out-of-Plane Spacing: 2 m
Pile Shear Strength: 127 kN
Force Direction: Perpendicular to Pile

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
				
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	12	EI2RBRI5000001A
				Foglio 96 di 130

Pali

Support Type: Micro-Pile
Force Application: Active
Out-of-Plane Spacing: 3 m
Pile Shear Strength: 197 kN
Force Direction: Parallel to Surface

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	1.183280
Center:	19.277, 16.170
Radius:	34.071
Left Slip Surface Endpoint:	-13.331, 6.293
Right Slip Surface Endpoint:	49.267, 0.000
Resisting Moment:	107340 kN-m
Driving Moment:	90713.8 kN-m
Active Support Moment:	-6466.11 kN-m
Total Slice Area:	926.702 m2
Surface Horizontal Width:	62.5975 m
Surface Average Height:	14.8041 m

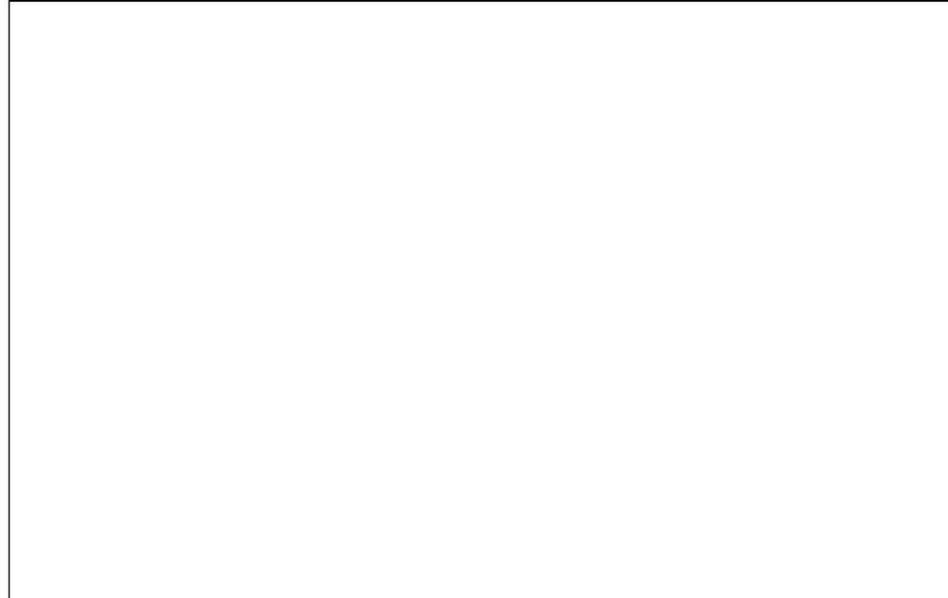
Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 1462
Number of Invalid Surfaces: 0

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.18328





Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI5000001A

97 di 130

SLIDEINTERPRET 7.030



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

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	1.3092	46.9327	-69.9375	Rilevato	0	32.0066	7.42414	8.78484	14.0551	0	14.0551	34.3837	34.3837
2	1.3092	129.317	-64.197	Rilevato	0	32.0066	23.9148	28.2979	45.2745	0	45.2745	94.738	94.738
3	1.16779	168.575	-59.7195	U3b_1	57.1429	0	48.292	57.1429	68.534	0	68.534	151.24	151.24
4	1.17168	209.646	-56.0093	U3b_2	35.7143	0	30.1825	35.7143	152.049	0	152.049	196.812	196.812
5	1.17168	245.102	-52.6237	U3b_2	35.7143	0	30.1825	35.7143	187.811	0	187.811	227.322	227.322
6	1.17168	276.586	-49.4839	U3b_2	35.7143	0	30.1825	35.7143	211.755	0	211.755	247.074	247.074
7	1.17168	304.844	-46.535	U3b_2	35.7143	0	30.1825	35.7143	240.176	0	240.176	272.02	272.02
8	1.17168	330.393	-43.739	U3b_2	35.7143	0	30.1825	35.7143	268.246	0	268.246	297.129	297.129
9	1.14648	346.07	-41.096	U4	0	30.1666	75.6138	89.4723	247.13	93.195	153.935	313.083	219.888
10	1.28335	411.666	-38.439	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	291.074	0	291.074	317.426	317.426
11	1.28335	434.718	-35.7318	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	300.97	0	300.97	324.856	324.856
12	1.28335	455.614	-33.1139	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	322.472	0	322.472	344.127	344.127
13	1.28335	474.55	-30.5721	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	354.717	0	354.717	374.33	374.33
14	1.28335	491.683	-28.0954	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	376.398	0	376.398	394.122	394.122
15	1.28335	507.139	-25.6748	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	386.637	0	386.637	402.598	402.598
16	1.28335	521.025	-23.3024	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	389.448	0	389.448	403.748	403.748
17	1.28335	533.426	-20.9717	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	411.67	0	411.67	424.395	424.395
18	1.28335	544.415	-18.6769	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	422.302	0	422.302	433.525	433.525
19	1.28335	554.052	-16.4127	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	421.802	0	421.802	431.582	431.582
20	1.28335	573.485	-14.1747	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	408.766	0	408.766	417.151	417.151
21	1.28335	598.619	-11.9586	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	440.298	0	440.298	447.329	447.329
22	1.28335	537.519	-9.76057	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	395.96	0	395.96	401.671	401.671
23	1.28335	442.207	-7.57693	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	319.284	0	319.284	323.7	323.7
24	1.28335	432.328	-5.40434	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	319.924	0	319.924	323.065	323.065
25	1.28335	424.214	-3.23952	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	315.121	0	315.121	317.001	317.001
26	1.28335	425.363	-1.07933	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	317.234	0	317.234	317.859	317.859
27	1.28335	425.363	1.07933	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	318.484	0	318.484	317.859	317.859
28	1.28335	424.214	3.23952	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	318.879	0	318.879	317	317
29	1.28335	421.91	5.40434	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	318.419	0	318.419	315.278	315.278
30	1.28335	418.443	7.57693	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	317.103	0	317.103	312.686	312.686
31	1.28335	413.795	9.76057	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	314.925	0	314.925	309.214	309.214
32	1.28335	407.948	11.9586	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	311.875	0	311.875	304.843	304.843
33	1.28335	400.874	14.1747	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	307.943	0	307.943	299.557	299.557
34	1.28335	392.538	16.4127	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	303.108	0	303.108	293.328	293.328
35	1.28335	382.901	18.6769	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	297.349	0	297.349	286.126	286.126
36	1.28335	371.912	20.9717	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	290.64	0	290.64	277.914	277.914
37	1.28335	359.511	23.3024	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	282.947	0	282.947	268.647	268.647
38	1.28335	345.626	25.6748	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	274.231	0	274.231	258.27	258.27
39	1.28335	330.169	28.0954	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	264.443	0	264.443	246.719	246.719
40	1.28335	313.036	30.5721	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	253.529	0	253.529	233.916	233.916
41	1.28335	294.1	33.1139	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	241.42	0	241.42	219.765	219.765
42	1.28335	273.204	35.7318	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	228.035	0	228.035	204.15	204.15
43	1.28335	250.152	38.439	U3b_3	39.2857	0	33.2007	39.2857	213.275	0	213.275	186.924	186.924
44	1.14648	201.781	41.096	U4	0	30.1666	64.9504	76.8545	225.421	93.195	132.226	168.769	75.5741
45	1.17168	182.933	43.739	U3b_2	35.7143	0	30.1825	35.7143	178.603	0	178.603	149.72	149.72
46	1.17168	157.383	46.535	U3b_2	35.7143	0	30.1825	35.7143	160.652	0	160.652	128.807	128.807
47	1.17168	129.125	49.4839	U3b_2	35.7143	0	30.1825	35.7143	140.997	0	140.997	105.678	105.678
48	1.17168	97.6421	52.6237	U3b_2	35.7143	0	30.1825	35.7143	119.419	0	119.419	79.9081	79.9081
49	1.17168	62.1854	56.0093	U3b_2	35.7143	0	30.1825	35.7143	95.6489	0	95.6489	50.8859	50.8859
50	1.16779	21.6042	59.7195	U3b_1	57.1429	0	48.292	57.1429	100.426	0	100.426	17.72	17.72

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.18328

--



Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI5000001A

98 di 130

SLIDEINTERPRET 7.030



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	-13.3306	6.29269	0	0	0
2	-12.0213	2.70786	44.5634	0	0
3	-10.7121	7.10543e-015	146.592	0	0
4	-9.54435	-2	241.272	0	0
5	-8.37267	-3.7377	487.532	0	0
6	-7.20099	-5.2715	760.587	0	0
7	-6.02931	-6.64259	1038.52	0	0
8	-4.85763	-7.87879	1325.38	0	0
9	-3.68595	-9	1618.2	0	0
10	-2.53947	-10	1807.39	0	0
11	-1.25612	-11.0186	2095.45	0	0
12	0.027223	-11.9418	2366.8	0	0
13	1.31057	-12.7789	2631.95	0	0
14	2.59391	-13.537	2897.66	0	0
15	3.87726	-14.2221	3153.75	0	0
16	5.16061	-14.8391	3391.77	0	0
17	6.44395	-15.3918	3544.19	0	0
18	7.7273	-15.8837	3748.37	0	0
19	9.01064	-16.3175	3934.16	0	0
20	10.294	-16.6956	4097	0	0
21	11.5773	-17.0197	4170.83	0	0
22	12.8607	-17.2915	4297.59	0	0
23	14.144	-17.5123	4387.02	0	0
24	15.4274	-17.683	4370.54	0	0
25	16.7107	-17.8044	4402.67	0	0
26	17.9941	-17.877	4418.17	0	0
27	19.2774	-17.9012	4418.55	0	0
28	20.5608	-17.877	4403.56	0	0
29	21.8441	-17.8044	4373.01	0	0
30	23.1274	-17.683	4326.77	0	0
31	24.4108	-17.5123	4264.77	0	0
32	25.6941	-17.2915	4187	0	0
33	26.9775	-17.0197	4093.49	0	0
34	28.2608	-16.6956	3984.35	0	0
35	29.5442	-16.3175	3859.75	0	0
36	30.8275	-15.8837	3719.94	0	0
37	32.1109	-15.3918	3565.25	0	0
38	33.3942	-14.8391	3396.09	0	0
39	34.6776	-14.2221	3213	0	0
40	35.9609	-13.537	3016.63	0	0
41	37.2442	-12.7789	2807.81	0	0
42	38.5276	-11.9418	2587.54	0	0
43	39.8109	-11.0186	2357.08	0	0
44	41.0943	-10	2118.01	0	0
45	42.2408	-9	1834.89	0	0
46	43.4124	-7.87879	1614.47	0	0
47	44.5841	-6.64259	1393.58	0	0
48	45.7558	-5.2715	1175.62	0	0
49	46.9275	-3.7377	965.205	0	0
50	48.0992	-2	768.803	0	0
51	49.267	0	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-34.104	0
63.654	0

Distributed Load

--



X	Y
-1.66654	6.29269
-2.82951	6.29269
-5.62951	6.29269
-6.6023	6.29269
-9.4023	6.29269
-10.5811	6.29269

Distributed Load

X	Y
-6.6023	6.29269
-9.4023	6.29269

Distributed Load

X	Y
-2.82951	6.29269
-5.62951	6.29269

Distributed Load

X	Y
4.83985	6.29269
2.03985	6.29269

Distributed Load

X	Y
9.33985	6.29269
6.53985	6.29269

Distributed Load

X	Y
10.395	6.29269
9.33985	6.29269
6.53985	6.29269
4.83985	6.29269
2.03985	6.29269
0.984685	6.29269

External Boundary





X	Y
-34.104	-9
-34.104	-10
-34.104	-18
-34.104	-22
-34.104	-27
-34.104	-30
-34.104	-35
63.654	-35
63.654	-30
63.654	-27
63.654	-22
63.654	-18
63.654	-10
63.654	-9
63.654	-2
63.654	0
15.99	0
15.99	0.491492
13.84	0.491492
13.2599	6.29269
12.2399	6.29269
10.395	6.29269
9.33985	6.29269
6.53985	6.29269
4.83985	6.29269
2.03985	6.29269
0.984685	6.29269
-0.0296932	6.29269
-1.66654	6.29269
-2.82951	6.29269
-5.62951	6.29269
-6.6023	6.29269
-9.4023	6.29269
-10.5811	6.29269
-13.338	6.29269
-25.1693	0
-34.104	0
-34.104	-2

Material Boundary

X	Y
12.2399	6.29269
12.2399	0.491492
10.8095	0.491492
10.3	0.491492
10.3	1.11022e-016
10.3	-0.958508
15.99	-0.958508
15.99	0

Material Boundary

X	Y
-25.1693	0
10.3	1.11022e-016

Material Boundary

X	Y
-34.104	-2
63.654	-2

Material Boundary

X	Y
-34.104	-2
63.654	-2

Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI5000001A

Foglio
101 di 130



X	Y
-34.104	-9
63.654	-9

Material Boundary

X	Y
-34.104	-10
63.654	-10

Material Boundary

X	Y
-34.104	-18
63.654	-18

Material Boundary

X	Y
-34.104	-22
63.654	-22

Material Boundary

X	Y
-34.104	-27
63.654	-27

Material Boundary

X	Y
-34.104	-30
63.654	-30

Material Boundary

X	Y
-0.0296932	6.29269
10.8095	0.491492

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 102 di 130

ALLEGATO 5 – TABULATI DI PLAXIS

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 103 di 130

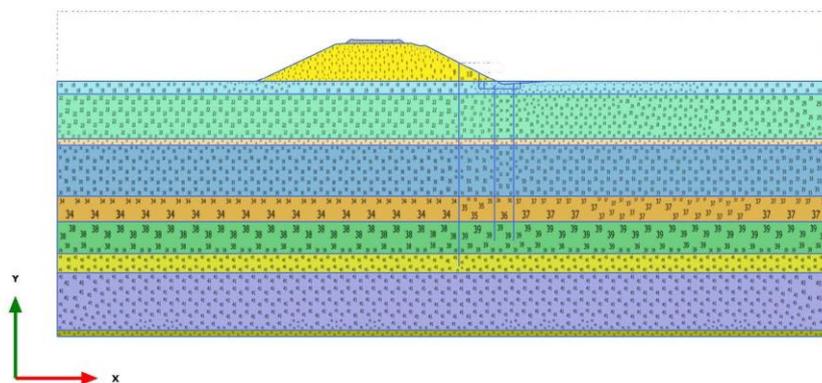
R151_NT_01

PLAXIS Report

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 104 di 130

RIS1_NT_01

**1.1.1.1 Calculation results, Initial phase [InitialPhase] (0/10),
Connectivity plot**

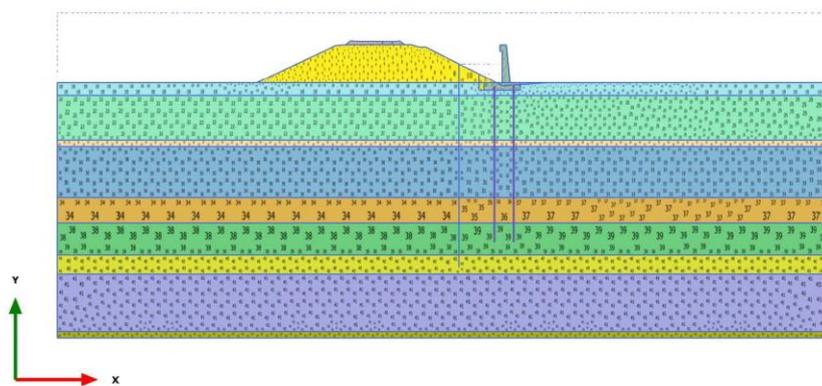


Connectivity plot

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI5000001A</p>	<p>Foglio 105 di 130</p>

RI51_NT_01

1.1.1.2 Calculation results, Muro [Phase_6] (6/17), Connectivity plot

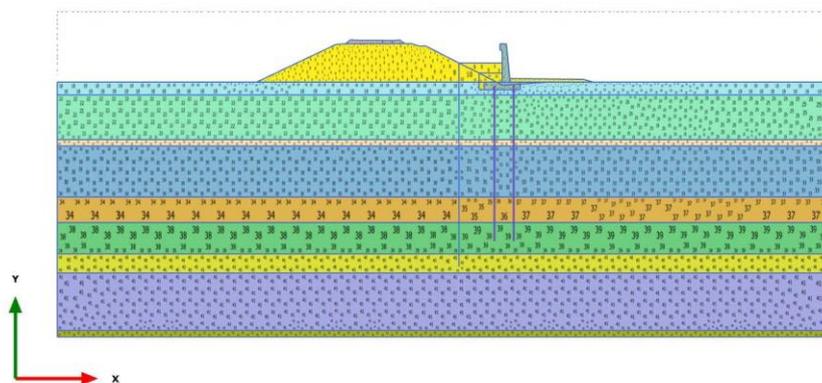


Connectivity plot

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 106 di 130

RI51_NT_01

**1.1.1.3 Calculation results, cons rilevato 1 [Phase_1] (1/30),
Connectivity plot**

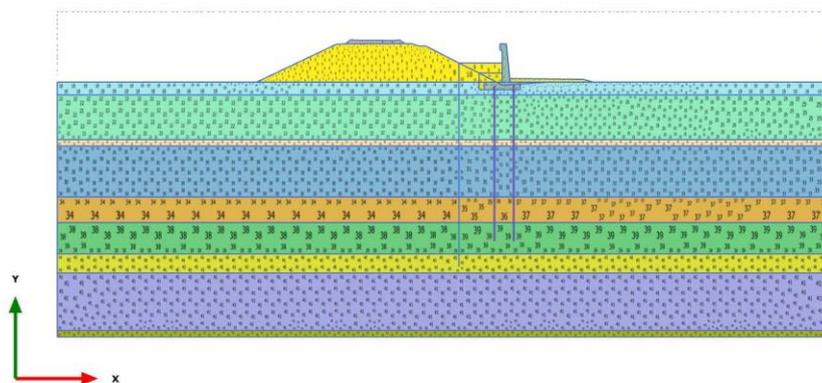


Connectivity plot

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 107 di 130

RI51_NT_01

**1.1.1.4 Calculation results, cons rilevato 2 [Phase_3] (4/45),
Connectivity plot**

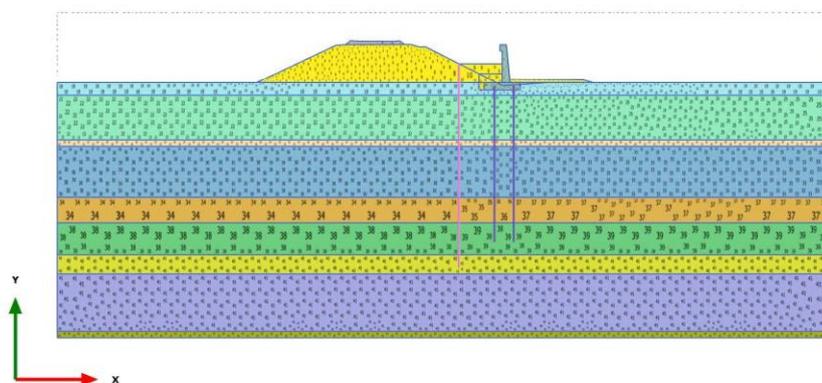


Connectivity plot

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 108 di 130

RI51_NT_01

1.1.1.5 Calculation results, inclusioni [Phase_4] (5/48), Connectivity plot

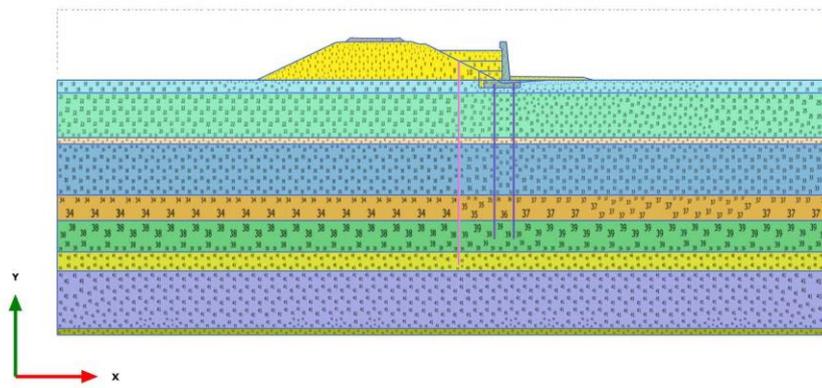


Connectivity plot

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 109 di 130

RI51_NT_01

**1.1.1.6 Calculation results, cons rilevato 3 [Phase_8] (8/61),
Connectivity plot**



Connectivity plot

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 112 di 130

RIS1_NT_01

1.1.2.1.1 Materials - Soil and interfaces - Linear elastic

Identification		Ballast	CA
Identification number		1	10
Drainage type		Drained	Non-porous
Colour			
Comments			
γ_{unsat}	kN/m ³	18.00	25.00
γ_{sat}	kN/m ³	18.00	25.00
Dilatancy cut-off		No	No
e_{irat}		0.5000	0.5000
e_{min}		0.000	0.000
e_{max}		999.0	999.0
E	kN/m ²	100.0E3	33.00E6
ν (nu)		0.3000	0.2000
G	kN/m ²	38.46E3	13.75E6
E_{oed}	kN/m ²	134.6E3	36.67E6
Set to default values		Yes	Yes
E_{inc}	kN/m ² /m	0.000	0.000
γ_{ref}	m	0.000	0.000
Undrained behaviour		Standard	Standard
Skempton-B		0.9783	0.9866
ν_u		0.4950	0.4950
$K_{w,ref} / n$	kN/m ²	3.750E6	1.352E9
Stiffness		Standard	Standard
Strength		Rigid	Rigid
R_{inter}		1.000	1.000
Consider gap closure		Yes	Yes
δ_{inter}		0.000	0.000
Cross permeability		Impermeable	Impermeable
Drainage conductivity, dk		0.000	0.000
R	m ² K/kW	0.000	0.000
K_o determination		Automatic	Automatic
$K_{0,x} = K_{0,z}$		Yes	Yes
$K_{0,x}$		0.5000	0.5000



Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI500001A

113 di 130

RIS1_NT_01

Identification		Ballast	CA
$K_{0,z}$		0.5000	0.5000
Data set		Standard	Standard
Type		Medium	Coarse
< 2 μm	%	19.00	10.00
2 μm - 50 μm	%	41.00	13.00
50 μm - 2 mm	%	40.00	77.00
Use defaults		None	None
k_x	m/day	86.40	0.000
k_y	m/day	86.40	0.000
$-\psi_{\text{unsat}}$	m	10.00E3	10.00E3
e_{int}		0.5000	0.5000
S_s	1/m	0.000	0.000
c_k		1000E12	1000E12
c_s	kJ/t/K	0.000	0.000
λ_s	kW/m/K	0.000	0.000
ρ_s	t/m ³	0.000	0.000
Solid thermal expansion		Volumetric	Volumetric
α_s	1/K	0.000	0.000
D_v	m ² /day	0.000	0.000
f_{TV}		0.000	0.000
Unfrozen water content		None	None



Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI5000001A

114 di 130

RI51_NT_01

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

Identification		Rilevato	U6_1	U4_1	U2_1	U4_2
Identification number		2	4	8	9	11
Drainage type		Drained	Drained	Drained	Undrained (B)	Drained
Colour						
Comments						
γ_{sat}	KN/m ³	20.00	19.00	19.00	18.50	19.00
γ_w	KN/m ³	20.00	19.00	19.00	18.50	19.00
Dilatancy cut-off		No	No	No	No	No
e_{max}		0.5000	0.5000	0.5000	1.000	0.5000
e_{min}		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
e_{ref}		999.0	999.0	999.0	999.0	999.0
E	KN/m ²	60.00E3	100.0E3	35.00E3	150.0E3	60.00E3
ν (nu)		0.3000	0.3000	0.3000	0.2500	0.3000
G	KN/m ²	23.08E3	38.46E3	13.46E3	60.00E3	23.08E3
E_{sw}	KN/m ²	80.77E3	134.6E3	47.12E3	180.0E3	80.77E3
c_w	KN/m ²	0.000	0.000	0.000	120.0	0.000
ϕ (phi)	°	39.00	39.00	36.00	0.000	36.00
ψ (psi)	°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Set to default values		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
E_{sc}	KN/m ² /m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
γ_w	m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
c_{sc}	KN/m ² /m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
γ_w	m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Tension cut-off		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Tensile strength	KN/m ²	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Undrained behaviour		Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Skempton-B		0.9783	0.9783	0.9783	0.9833	0.9783
ν_{sc}		0.4950	0.4950	0.4950	0.4950	0.4950
K_{sw} / n	KN/m ²	2.250E6	3.750E6	1.313E6	5.880E6	2.250E6
C_{sw}	m ² /day	0.000	0.000	0.000	15.55	0.000
Stiffness		Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Strength		Manual	Manual	Manual	Manual	Manual
R_{sw}		0.6670	0.6670	0.6670	0.6670	0.6670
Consider gap closure		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
δ_{sw}		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cross permeability		Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable
Drainage conductivity, dk	m ³ /day/m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
R	m ² K/kW	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K_v determination		Automatic	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic
$K_{sw} = K_{sw}$		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
K_{sw}		0.3843	0.3707	0.4122	0.5000	0.4122
K_{sw}		0.3843	0.3707	0.4122	0.5000	0.4122
Data set		Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Type		Coarse	Coarse	Coarse	Coarse	Coarse



Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI5000001A

115 di 130

RIS1_NT_01

Identification	Rilevato	U6_1	U4_1	U2_1	U4_2	
< 2 μm	%	10.00	10.00	10.00	10.00	
2 μm - 50 μm	%	13.00	13.00	13.00	13.00	
50 μm - 2 mm	%	77.00	77.00	77.00	77.00	
Use defaults	None	None	None	None	None	
k_v	m/day	864.0	86.40	8.640	0.8640E-3	8.640
k_h	m/day	864.0	86.40	8.640	0.8640E-3	8.640
$-\Psi_{\text{max}}$	m	10.00E3	10.00E3	10.00E3	10.00E3	10.00E3
e_{sw}		0.5000	0.5000	0.5000	1.000	0.5000
S_v	1/m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
c_v		1000E12	1000E12	1000E12	1000E12	1000E12
c_p	kJ/t/K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
λ_v	kW/m/K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ρ_v	t/m ³	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Solid thermal expansion	Volumetric	Volumetric	Volumetric	Volumetric	Volumetric	Volumetric
α_s	1/K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D_v	m ² /day	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
f_v		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Unfrozen water content	None	None	None	None	None	None

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 116 di 130

RIS1_NT_01

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

Identification		U6_2
Identification number		12
Drainage type		Drained
Colour		
Comments		
γ_{unsat}	kN/m ³	19.00
γ_{sat}	kN/m ³	19.00
Dilatancy cut-off		No
e_{irt}		0.5000
e_{min}		0.000
e_{max}		999.0
E	kN/m ²	150.0E3
ν (nu)		0.3000
G	kN/m ²	57.69E3
E_{oed}	kN/m ²	201.9E3
c_{ref}	kN/m ²	0.000
ϕ (phi)	°	39.00
ψ (psi)	°	0.000
Set to default values		Yes
E_{inc}	kN/m ² /m	0.000
γ_{ref}	m	0.000
c_{inc}	kN/m ² /m	0.000
γ_{ref}	m	0.000
Tension cut-off		Yes
Tensile strength		kN/m ² 0.000
Undrained behaviour		Standard
Skempton-B		0.9783
ν_u		0.4950
$K_{w,ref} / n$	kN/m ²	5.625E6
Stiffness		Standard
Strength		Manual
R_{inter}		0.6670
Consider gap closure		Yes

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 117 di 130

RIS1_NT_01

Identification		U6_2
δ_{inter}		0.000
Cross permeability		Impermeable
Drainage conductivity, dk	m ³ /day/m	0.000
R	m ² K/kW	0.000
K_o determination		Automatic
K _{0,x} = K _{0,z}		Yes
K _{0,x}		0.3707
K _{0,z}		0.3707
Data set		Standard
Type		Coarse
< 2 μm	%	10.00
2 μm - 50 μm	%	13.00
50 μm - 2 mm	%	77.00
Use defaults		None
k _x	m/day	86.40
k _y	m/day	86.40
-ψ _{unsat}	m	10.00E3
e _{int}		0.5000
S _s	1/m	0.000
c _k		1000E12
c _s	kJ/t/K	0.000
λ _s	kW/m/K	0.000
ρ _s	t/m ³	0.000
Solid thermal expansion		Volumetric
α _s	1/K	0.000
D _v	m ² /day	0.000
f _{TV}		0.000
Unfrozen water content		None

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 118 di 130

RIS1_NT_01

1.1.2.1.3 Materials - Soil and interfaces - Hardening soil

Identification		U3b_1	U3b_2	U3b_3	U3b_4
Identification number		3	5	6	7
Drainage type		Undrained (B)	Undrained (B)	Undrained (B)	Undrained (B)
Colour					
Comments					
γ_{unsat}	kN/m ³	18.50	18.50	18.50	18.50
γ_{sat}	kN/m ³	18.50	18.50	18.50	18.50
Dilatancy cut-off		No	No	No	No
e_{int}		1.000	1.000	1.000	1.000
e_{min}		0.000	0.000	0.000	0.000
e_{max}		999.0	999.0	999.0	999.0
E_{50}^{ref}	kN/m ²	1797	1797	1797	1797
$E_{\text{ed}}^{\text{ref}}$	kN/m ²	1438	1438	1438	1438
$E_{\text{ur}}^{\text{ref}}$	kN/m ²	13.80E3	13.80E3	13.80E3	13.80E3
power (m)		1.000	1.000	1.000	1.000
Use alternatives		No	No	No	No
C_c		0.3200	0.3200	0.3200	0.3200
C_s		0.03000	0.03000	0.03000	0.03000
e_{int}		1.000	1.000	1.000	1.000
c_{ref}	kN/m ²	80.00	50.00	55.00	70.00
φ (phi)	°	0.000	0.000	0.000	0.000
ψ (psi)	°	0.000	0.000	0.000	0.000
Set to default values		No	Yes	Yes	Yes
V_{ur}		0.2000	0.2000	0.2000	0.2000
p_{ref}	kN/m ²	100.0	100.0	100.0	100.0
K_0^{TC}		1.000	1.000	1.000	1.000
c_{ec}	kN/m ² /m	0.000	0.000	0.000	0.000
γ_{ref}	m	0.000	0.000	0.000	0.000
R_r		0.9000	0.9000	0.9000	0.9000
Tension cut-off		Yes	Yes	Yes	Yes
Tensile strength	kN/m ²	5.000	0.000	0.000	0.000
Undrained behaviour		Standard	Standard	Standard	Standard
Skempton-B		0.9866	0.9866	0.9866	0.9866
v_u		0.4950	0.4950	0.4950	0.4950
$K_{\text{ur,ref}} / n$	kN/m ²	565.4E3	565.4E3	565.4E3	565.4E3
Stiffness		Standard	Standard	Standard	Standard
Strength		Manual	Manual	Manual	Manual
R_{inter}		0.6670	0.6670	0.6670	0.6670



Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI5000001A

119 di 130

RIS1_NT_01

Identification		U3b_1	U3b_2	U3b_3	U3b_4
Consider gap closure		Yes	Yes	Yes	Yes
$\bar{\delta}_{inter}$		0.000	0.000	0.000	0.000
Cross permeability		Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable
Drainage conductivity, dk	m ³ /day/m	0.000	0.000	0.000	0.000
R	m ² K/kW	0.000	0.000	0.000	0.000
K ₀ determination		Automatic	Automatic	Automatic	Automatic
OCR		1.000	1.000	1.000	1.000
POP	kN/m ²	242.0	153.0	91.00	106.0
Data set		Standard	Standard	Standard	Standard
Type		Coarse	Coarse	Coarse	Coarse
< 2 μm	%	10.00	10.00	10.00	10.00
2 μm - 50 μm	%	13.00	13.00	13.00	13.00
50 μm - 2 mm	%	77.00	77.00	77.00	77.00
Use defaults		None	None	None	None
k _x	m/day	8.640E-3	8.640E-3	8.640E-3	8.640E-3
k _y	m/day	8.640E-3	8.640E-3	8.640E-3	8.640E-3
-ψ _{unsat}	m	10.00E3	10.00E3	10.00E3	10.00E3
e _{int}		1.000	1.000	1.000	1.000
S _s	1/m	0.000	0.000	0.000	0.000
c _k		1000E12	1000E12	1000E12	1000E12
c _s	kJ/t/K	0.000	0.000	0.000	0.000
λ _s	kW/m/K	0.000	0.000	0.000	0.000
p _s	t/m ³	0.000	0.000	0.000	0.000
Solid thermal expansion		Volumetric	Volumetric	Volumetric	Volumetric
a _s	1/K	0.000	0.000	0.000	0.000
D _v	m ² /day	0.000	0.000	0.000	0.000
f _{iv}		0.000	0.000	0.000	0.000
Unfrozen water content		None	None	None	None

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 120 di 130

RIS1_NT_01

1.1.2.2 Materials - Embedded beam row -

Identification		PaliMuro	Consolidamenti
Identification number		1	2
Comments			
Colour			
Material type		Elastic	Elastic
E	kN/m ²	33.00E6	33.00E6
γ	kN/m ³	6.500	5.000
Beam type		Predefined	Predefined
Predefined beam type		Massive circular beam	Massive circular beam
Diameter	m	1.000	0.8000
A	m ²	0.7854	0.5027
I ₂	m ⁴	0.04909	0.02011
I ₃	m ⁴	0.04909	0.02011
Rayleigh α		0.000	0.000
Rayleigh β		0.000	0.000
Axial skin resistance		Multi-linear	Multi-linear
Multi-linear axial resistance		Axial skin resistance table	Axial skin resistance table
F _{max}	kN	495.0	543.0
Identification number		1	2
Comments			
Colour			
Material type		Elastic	Elastic
E	kN/m ²	33.00E6	33.00E6
γ	kN/m ³	6.500	5.000
Beam type		Predefined	Predefined
Predefined beam type		Massive circular beam	Massive circular beam
Diameter	m	1.000	0.8000
A	m ²	0.7854	0.5027
I	m ⁴	0.04909	0.02011
L _{spacing}	m	4.500	2.500
Rayleigh α		0.000	0.000
Rayleigh β		0.000	0.000
Axial skin resistance		Multi-linear	Multi-linear
Multi-linear axial resistance		Axial skin resistance table	Axial skin resistance table

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 121 di 130

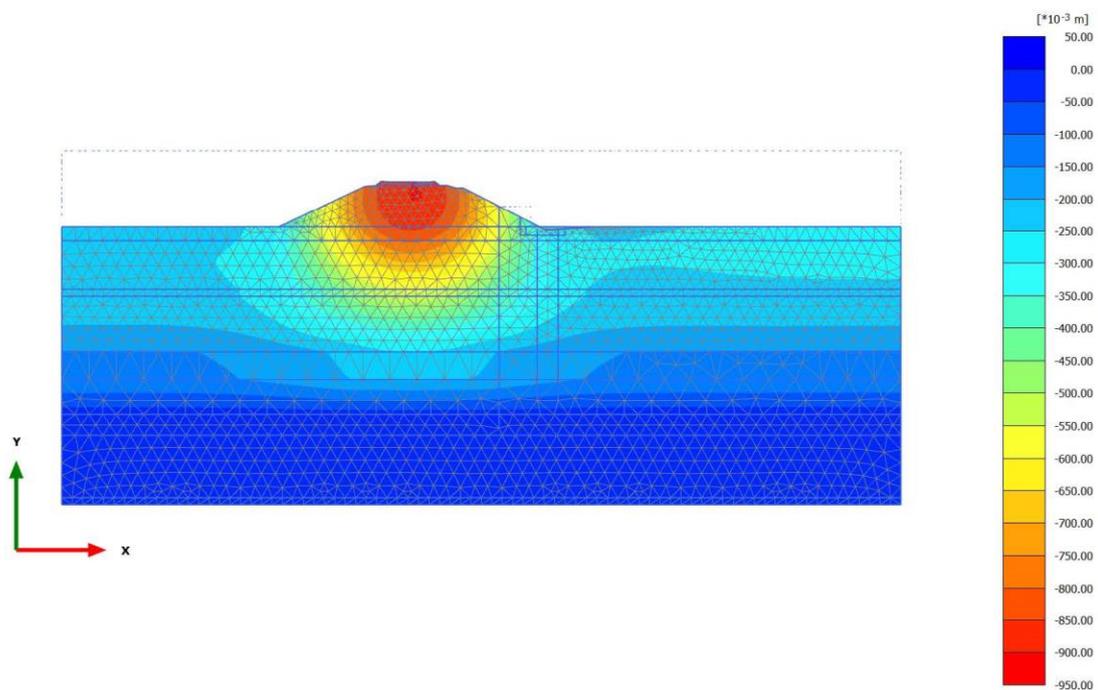
RI51_NT_01

Identification	PaliMuro	Consolidamenti
Lateral resistance	Unlimited	Unlimited
F_{max} kN	495.0	543.0
Default values	Yes	Yes
Axial stiffness factor	0.8092	1.064
Lateral stiffness factor	0.8092	1.064
Base stiffness factor	8.092	10.64
Identification number	1	2

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 122 di 130

RI51_NT_01

2.1.1.1.1 Calculation results, Initial phase [InitialPhase] (0/10), Total displacements u_y

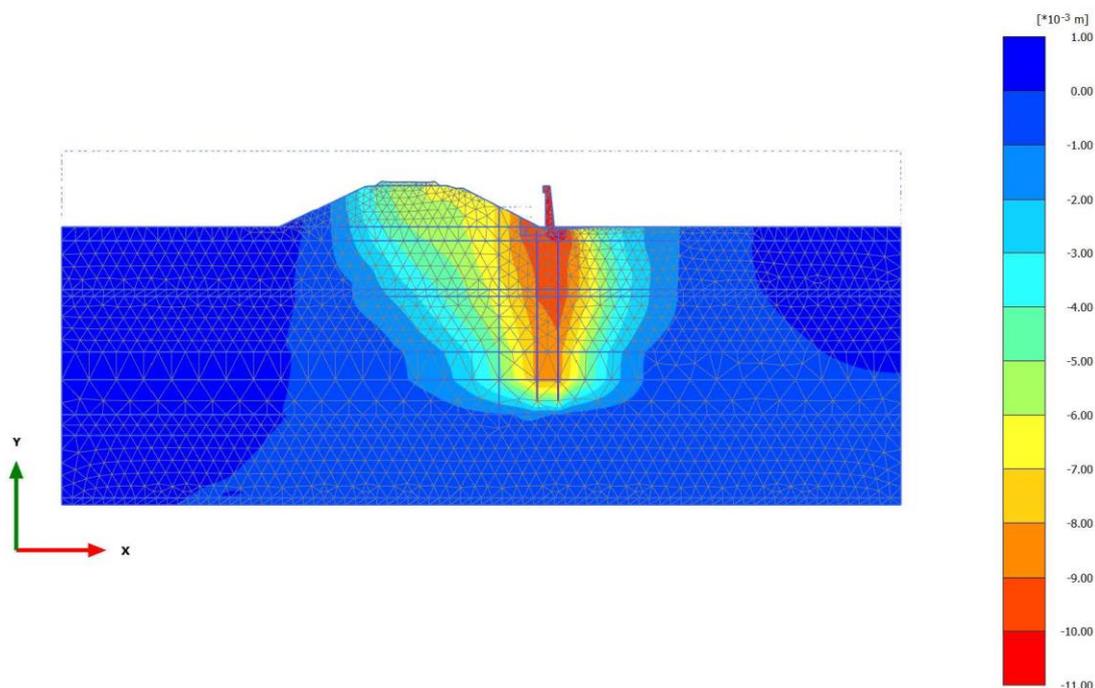


Total displacements u_y (scaled up 5.00 times)
 Maximum value = 0.000 m (Element 3859 at Node 32)
 Minimum value = -0.9011 m (Element 826 at Node 17497)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 123 di 130

RI51_NT_01

2.1.1.1.2 Calculation results, Muro [Phase_6] (6/17), Total displacements u_y

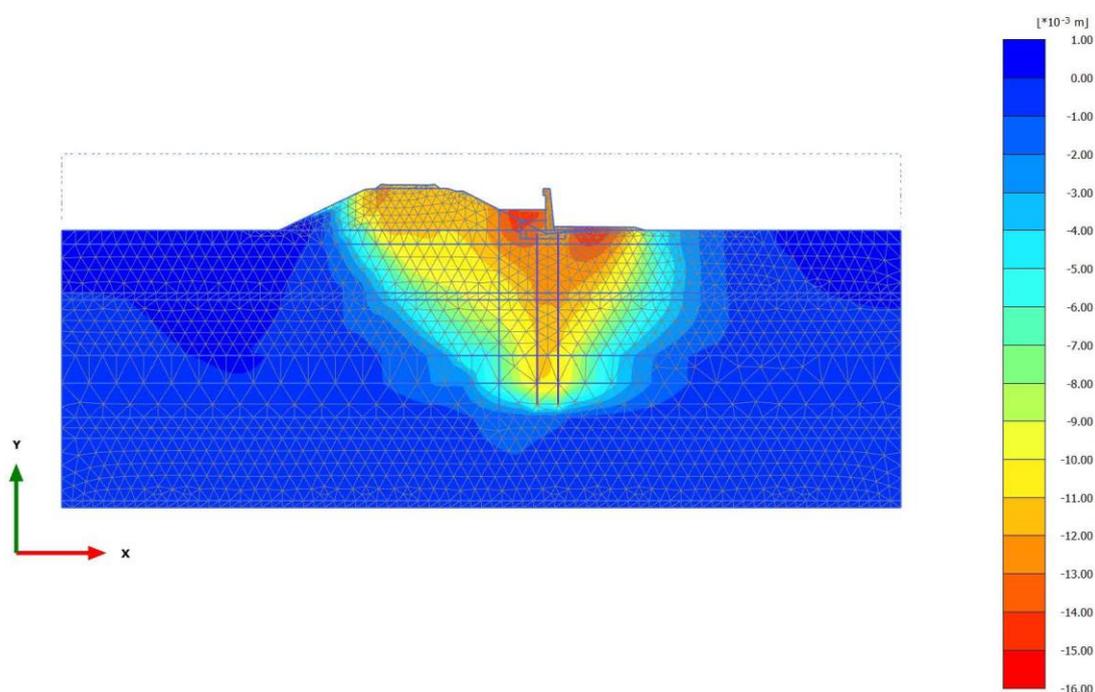


Total displacements u_y (scaled up 500 times)
Maximum value = $0.3442 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1032 at Node 10585)
Minimum value = -0.01037 m (Element 1009 at Node 19367)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 124 di 130

RI51_NT_01

2.1.1.1.3 Calculation results, cons rilevato 1 [Phase_1] (1/30), Total displacements u_y

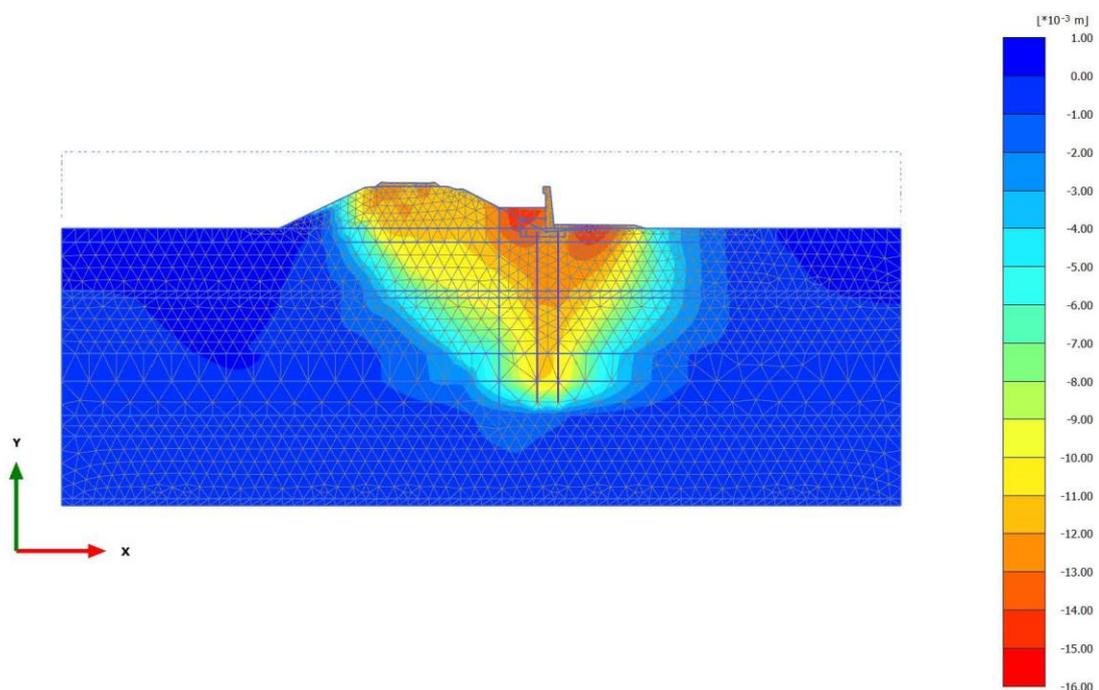


Total displacements u_y (scaled up 200 times) (Time 40.00 day)
Maximum value = $0.7313 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1082 at Node 13096)
Minimum value = -0.01529 m (Element 938 at Node 24020)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 125 di 130

RI51_NT_01

2.1.1.1.4 Calculation results, cons rilevato 2 [Phase_3] (4/45), Total displacements u_y

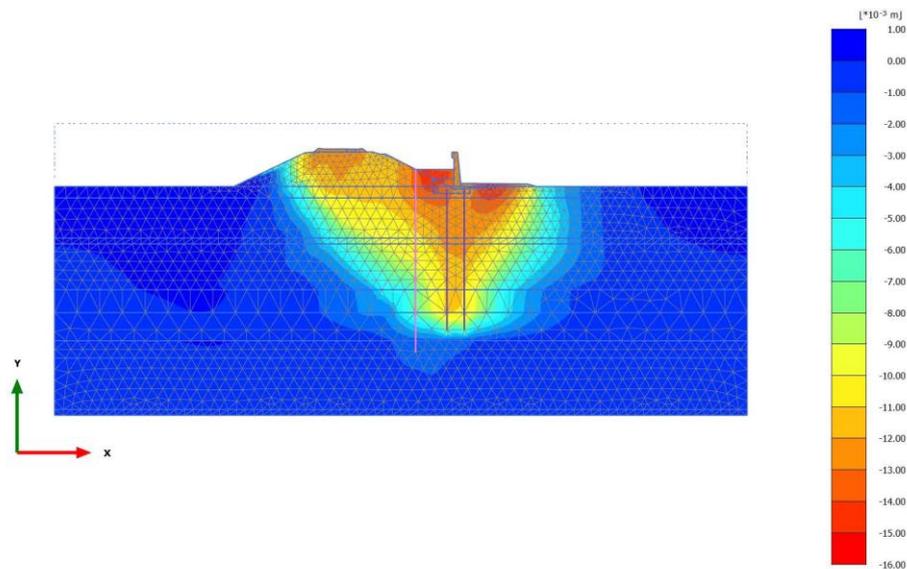


Total displacements u_y (scaled up 200 times) (Time 100.0 day)
Maximum value = $0.7245 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1080 at Node 13093)
Minimum value = -0.01534 m (Element 938 at Node 24020)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 126 di 130

RI51_NT_01

2.1.1.1.5 Calculation results, inclusioni [Phase_4] (5/48), Total displacements u_y

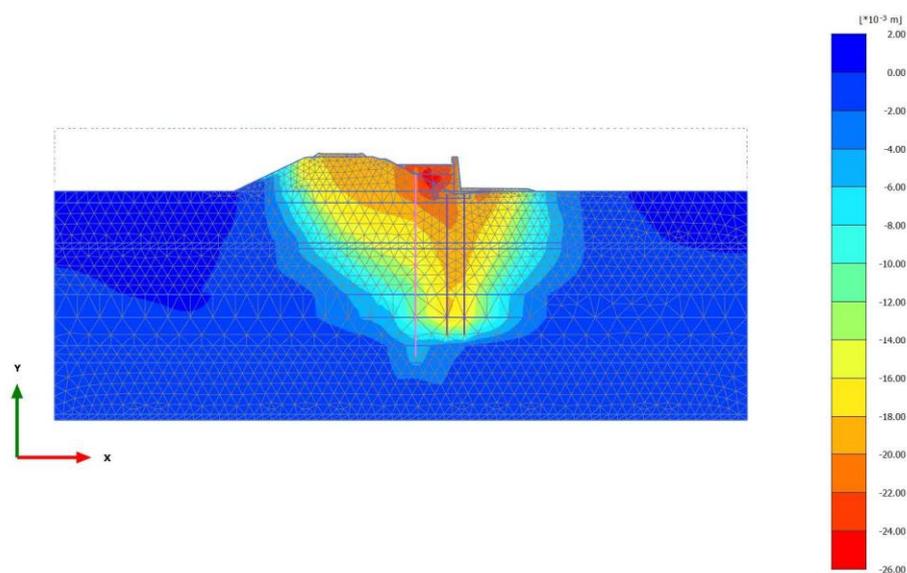


Total displacements u_y (scaled up 200 times)
Maximum value = $0.7656 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1082 at Node 13096)
Minimum value = -0.01534 m (Element 938 at Node 24019)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 127 di 130

RI51_NT_01

2.1.1.1.6 Calculation results, cons rilevato 3 [Phase_8] (8/61), Total displacements u_y



Total displacements u_y (scaled up 200 times) (Time 120.0 day)

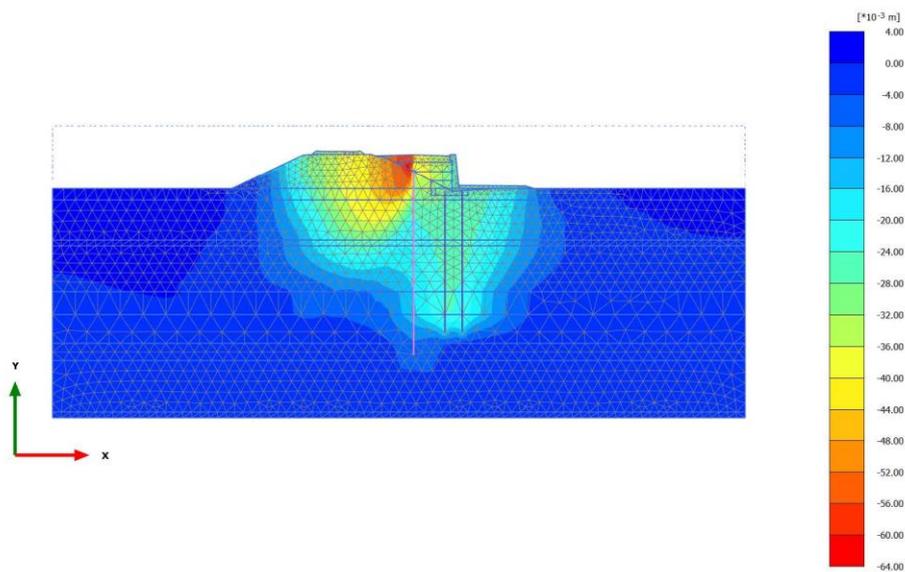
Maximum value = $0.9324 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1080 at Node 13077)

Minimum value = -0.02474 m (Element 881 at Node 20301)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 128 di 130

RI51_NT_01

**2.1.1.1.7 Calculation results, cons rilevato 4 [Phase_10] (10/78),
Total displacements u_y**

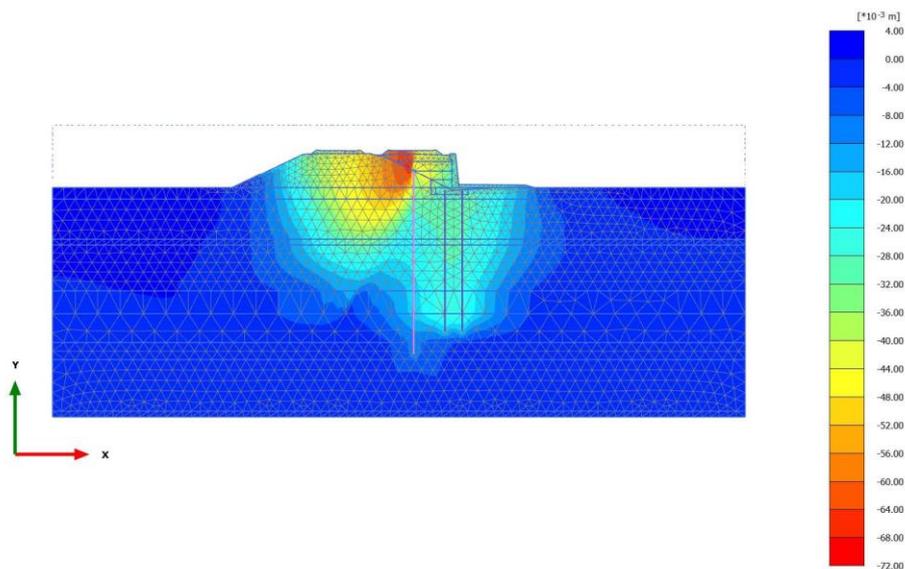


Total displacements u_y (scaled up 50.0 times) (Time 160.0 day)
Maximum value = $1.752 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1077 at Node 13043)
Minimum value = -0.06229 m (Element 594 at Node 18351)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 129 di 130

RI51_NT_01

2.1.1.1.8 Calculation results, Phase_12 [Phase_12] (12/94), Total displacements u_y



Total displacements u_y (scaled up 50.0 times) (Time 520.0 day)
Maximum value = $1.988 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1075 at Node 13035)
Minimum value = -0.06894 m (Element 594 at Node 18351)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 29+150,00 a pk 29+400,00 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI5000001A	Foglio 130 di 130

ALLEGATO 6- VERSIONI DEI SOFTWARE UTILIZZATI

- 1) SLIDE ver 7.0
- 2) PLAXIS 2D ver 2021