

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 dal km 19+531 al km 20+220**

**GENERALE**

**Relazione Geotecnica**

GENERAL CONTRACTOR				DIRETTORE LAVORI				SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE		Consorzio Iricav Due						
Ing. Giovanni MALAVENDA Iscritto all'ordine degli ingegneri di Venezia n. 4289 Data: Gennaio 2022		Ing. Paolo Carmona Data: Gennaio 2022		Data:				

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	FOGLIO
I N 1 7	1 2	E	I 2	R B	R I 3 6 C 0	0 0 1	B	- - - P - - -

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Luca RANDOLFI	Agosto 2021

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	A. Mingoia	Agosto 2021	V. Pastore	Agosto 2021	P. Ascari	Agosto 2021	
B	REVISIONE	M. Conti	Gennaio 2022	V. Pastore	Gennaio 2022	P. Ascari	Gennaio 2022	

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712E12RBRI36C0001B.DOCX
		Cod. origine:





Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea



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

**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
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....	10
4.1	Indagini disponibili.....	10
4.2	Inquadramento stratigrafico .....	10
4.3	Livello di falda .....	12
4.4	Condizioni geotecniche del sito .....	13
4.5	Sintesi del modello geotecnico di riferimento .....	26
4.5.1	Materiale da rilevato.....	26
4.5.2	Misto cementato.....	26
5	CARATTERISTICHE SISMICHE E SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE.....	28
5.1	Sollecitazione sismica di progetto.....	28
5.1.1	Vita Nominale.....	28
5.1.2	Classe d'uso .....	28
5.1.3	Periodo di riferimento per l'azione sismica .....	29
5.1.4	Categorie di Sottosuolo.....	29
5.1.5	Condizioni topografiche .....	29
5.1.6	Accelerazione sismica di riferimento .....	30
5.2	Suscettibilità alla liquefazione.....	30
5.2.1	CRR da correlazione su prove CPT .....	32
5.2.2	CRR da correlazione su prove SPT.....	34
5.2.3	Analisi dei risultati .....	36
6	VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO FERROVIARIO .....	44
6.1	Criteri di verifica agli Stati Limite.....	44
6.1.1	Stati limite ultimi (SLU).....	45
6.1.2	Stati limite di esercizio (SLE) .....	46
6.1.3	Verifiche in condizioni sismiche .....	47
6.2	Azioni di progetto .....	47

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 3 di 212

6.2.1	Azioni permanenti .....	47
6.2.2	Azioni variabili .....	47
6.2.3	Azione sismica .....	48
6.3	Sezione A.....	48
6.3.1	Verifiche e risultati SLU in condizioni statiche .....	48
6.3.2	Verifiche e risultati SLU in condizioni sismiche .....	49
6.3.3	Verifica e risultati SLE.....	50
6.4	Sezione B.....	57
6.4.1	Verifiche e risultati SLU in condizioni statiche .....	57
6.4.2	Verifiche e risultati SLU in condizioni sismiche .....	58
6.4.3	Verifiche e risultati SLE.....	59
6.4.4	Verifiche strutturali .....	65
7	RESISTENZA DEI PALI SOGGETTI A CARICHI ASSIALI .....	71
7.1	Introduzione .....	71
7.2	Analisi agli stati limite.....	71
7.3	Metodologia di calcolo .....	74
7.3.1	Portata laterale.....	74
7.3.1.1	Depositi coesivi .....	74
7.3.1.2	Depositi incoerenti .....	75
7.3.2	Portata di base.....	75
7.3.2.1	Depositi coesivi .....	75
7.3.2.2	Depositi incoerenti .....	75
7.3.2.3	Terreni stratificati .....	76
7.4	Stratigrafia di calcolo e fattori parziali .....	76
7.5	Risultati .....	77
8	CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI .....	81
Allegati .....		82
ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO .....		83
ALLEGATO 2 - SONDAGGI.....		85
ALLEGATO 3 - TABULATI DI SLIDE– ANALISI SLU STATICA .....		94
ALLEGATO 4 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU SISMICA.....		115
ALLEGATO 5 - TABULATI DI SETTLE 3D – ANALISI SLE .....		136
ALLEGATO 6 - TABULATI DI PLAXIS .....		148
ALLEGATO 7 - CURVE DI CAPACITA' PORTANTE DEI PALI .....		198
ALLEGATO 8 - VERSIONE SOFTWARE DI CALCOLO UTILIZZATI .....		212

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 4 di 212

## 1 INTRODUZIONE



Il presente documento costituisce la Relazione Geotecnica del rilevato RI36C, previsto nell'ambito del Progetto Esecutivo della sub tratta Verona – Vicenza della Linea AV/AC Verona – Padova. Il rilevato si estende tra il km 19+531,00 ed il km 20+219,51.

La relazione descrive in dettaglio il modello geotecnico definito per il rilevato sulla base delle indagini geognostiche eseguite nelle vicinanze dell'opera e delle caratteristiche geotecniche attribuite ai materiali rinvenuti lungo la tratta. Le verifiche discusse sono state eseguite ai sensi della Normativa di riferimento per il progetto (v. capitolo seguente) e gli interventi proposti sono volti a garantire la stabilità dei rilevati ed il rispetto dei requisiti prestazionali previsti per le opere in oggetto.

Il documento è così organizzato:

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



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 5 di 212



## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 Documentazione di progetto

- [1] Sezioni di Progetto Esecutivo
- [2] IN1712EI2PARI36C3001A-2A Inclusioni rigide – Planimetria di progetto e tracciamento
- [3] IN1712EI2BZR36C3001A Inclusioni rigide – Carpenteria ed armatura
- [4] IN1712EI2BZRI36C3003A Inclusioni rigide – Sezioni trasversali tipo
- [5] IN1710EI2RBGE0000002A Relazione Geotecnica (da 10+050 a 21+990)
- [6] IN1710EI2RHGE0000005B Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 1/2 (da 0+000 a 21+990)
- [7] IN1710EI2LZGE0000016B Planimetria con ubicazione indagini e profilo geotecnico da pk 18+000 a pk 22+000
- [8] IN1710EI2P5GE0000005B Planimetrie con classificazione sismica del territorio 5 di 11
- [9] IN1710EI2RHGE0000003C Relazione idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)
- [10] IN1710EI2RHGE0000007A-8A Relazione di sintesi dei sondaggi e delle prove eseguite
- [11] IN1710EI2PRGE0000001A-2A, Risultati Indagini in sito di Progetto – SOCOTEC
- [12] IN1710EI2PRGE0000003A-4A, Risultati Indagini in sito di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING – GEOLAVORI
- [13] IN1710EI2PRGE0000005A-8A, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [14] IN1710EI2PRGE0000009A-12A, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING - GEOLAVORI
- [15] IN1710EI2IGGE0000001A-2A, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [16] IN1710EI2IGGE0000003A-4A, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING - GEOLAVORI

### 2.2 Normativa e standard di riferimento

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 6 di 212

- [22] RFI DTC SI CS MA IFS 001 B Manuale di progettazione delle opere civili, Parte II – Sezione 3, Corpo stradale
- [23] 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
- [24] RFI DTC INC CS SP IFS 001 A Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie
- [25] 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
- [26] RFI TCAR ST AR 01 001 D Standard di qualità geometrica del binario con velocità fino a 300 km/h
- [27] 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

- [28] 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.
- [29] 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.
- [30] 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.
- [31] 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.
- [32] Rocscience (2017), Slide ver 7.0, 2017
- [33] Rocscience (2009), Settle 3D ver 2.0, 2009
- [34] 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.
- [35] Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1982), “Ground motions and soil liquefaction during earthquakes”, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA, USA.
- [36] 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.
- [37] Youd, T.L., Idriss, I.M., Andrus, R.D., Castro, G., Christian, J.T., Dobry, R., Finn, L.W.D., Harder, L.F. Jr., Hynes, M.H., Ishihara, K., Koester, J.P., Liao, S.S.C., Marcuson, W.F. III, Martin, G.R., Mitchell, J.K., Moriwaki, Y., Power, M.S., Robertson, P.K., Seed, R.B. and Stokoe, K.H. II (2001), “Liquefaction Resistance of Soil: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B



Foglio

7 di 212

Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils”, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, vol. 127, n° 10, pp.817-833.

[38] Priebe H.J., “Vibroreplacement to prevent earthquake induced liquefaction”. Ground Engineering, September 1998.

[39] Idriss I.M. and Boulanger R.W. (2008), “Soil liquefaction during earthquakes”.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 8 di 212

### 3 INQUADRAMENTO DELL'OPERA

#### 3.1 Premessa

Il rilevato ferroviario in esame si estende tra il km 19+531,00 ed il km 20+219,51, per una lunghezza totale di circa 690 m e con altezze comprese tra 2.5m e 7.0m circa. Al fine di descrivere compiutamente le configurazioni geometriche del rilevato, si suddivide quest'ultimo in tre sotto-tratte:

- da pk 19+531 a pk 19+982 (450m circa), il rilevato aumenta progressivamente la propria altezza e non si evidenziano interferenze con altre opere.
- da pk 19+982 a pk 20+100 circa (120m circa), al fine di ridurre l'ingombro del rilevato e consentire la realizzazione della strada adiacente, si prevede l'impiego di un muro di sostegno su pali;
- da pk 20+100 circa a pk 20+219,51 (120m circa), si conferma la presenza del muro di sostegno del rilevato ferroviario e si individua un secondo muro di sostegno a servizio del vicino rilevato stradale (Strada Porcilana, WBS IN47, a più di 13m di distanza dal rilevato ferroviario).

La presente relazione affronta la verifica del rilevato ferroviario lungo tutto il suo sviluppo. Per maggiori informazioni circa i muri di sostegno ed il rilevato stradale, si rimanda agli elaborati di progetto dedicati.

#### 3.2 Geometria del rilevato

Il rilevato ferroviario ha un'ampiezza compresa tra 22m e 40m ed altezze variabili da 2.5m a 7.0m circa. A partire dalla pk 20+125, l'altezza supera i 6m e, pertanto, è necessario introdurre banche di 2m, coerentemente ai tipologici di riferimento. Come menzionato nel capitolo precedente, da pk 19+982 e fino al termine della WBS si prevede la costruzione di un muro di sostegno su pali.

Ai fini della verifica dell'opera si prevede lo studio di due configurazioni:

1. tra pk 19+531 e pk 19+872 (v. Figura 1): rilevato di altezza massima uguale a 4m, larghezza fino a 26m circa, assenza di opere interferenti, opere di sostegno e di consolidamenti;
2. tra pk 19+872 e pk 20+219,51 (v. Figura 2): rilevato di altezza compresa tra 4m e 7m e caratterizzato dalla presenza di un muro di sostegno e di consolidamenti volti a garantire i requisiti prestazionali dell'opera (soluzione in continuità con quanto previsto nell'ambito del Progetto Definitivo). Gli interventi migliorativi consisteranno in inclusioni rigide  $\Phi 600$  disposte in pianta con uno schema a maglia quadrata ed interasse pari a 2.6 m. Avranno una lunghezza di 13 m e saranno sormontate da uno strato di misto cementato dello spessore di 80 cm.

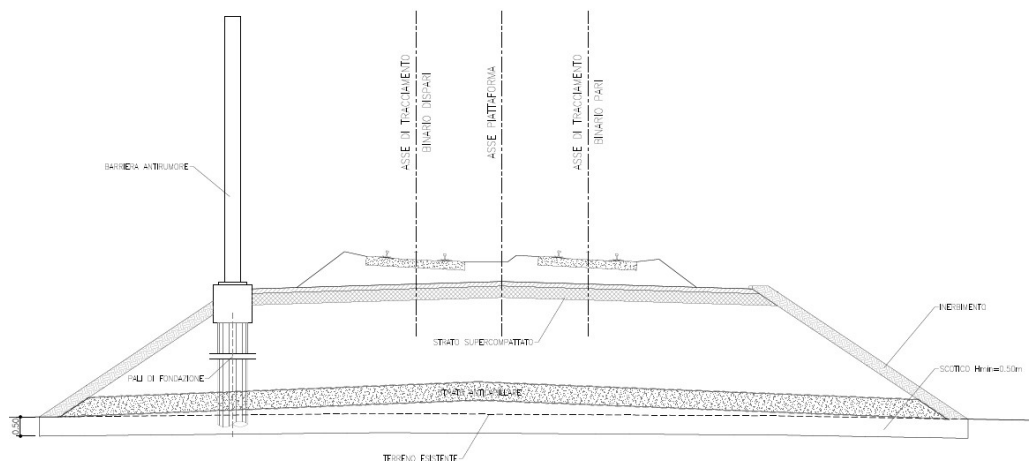


Figura 1 - Sezione di riferimento A (pk 19+872, n. 714) estratta da sezioni PE (Doc Rif. [1])

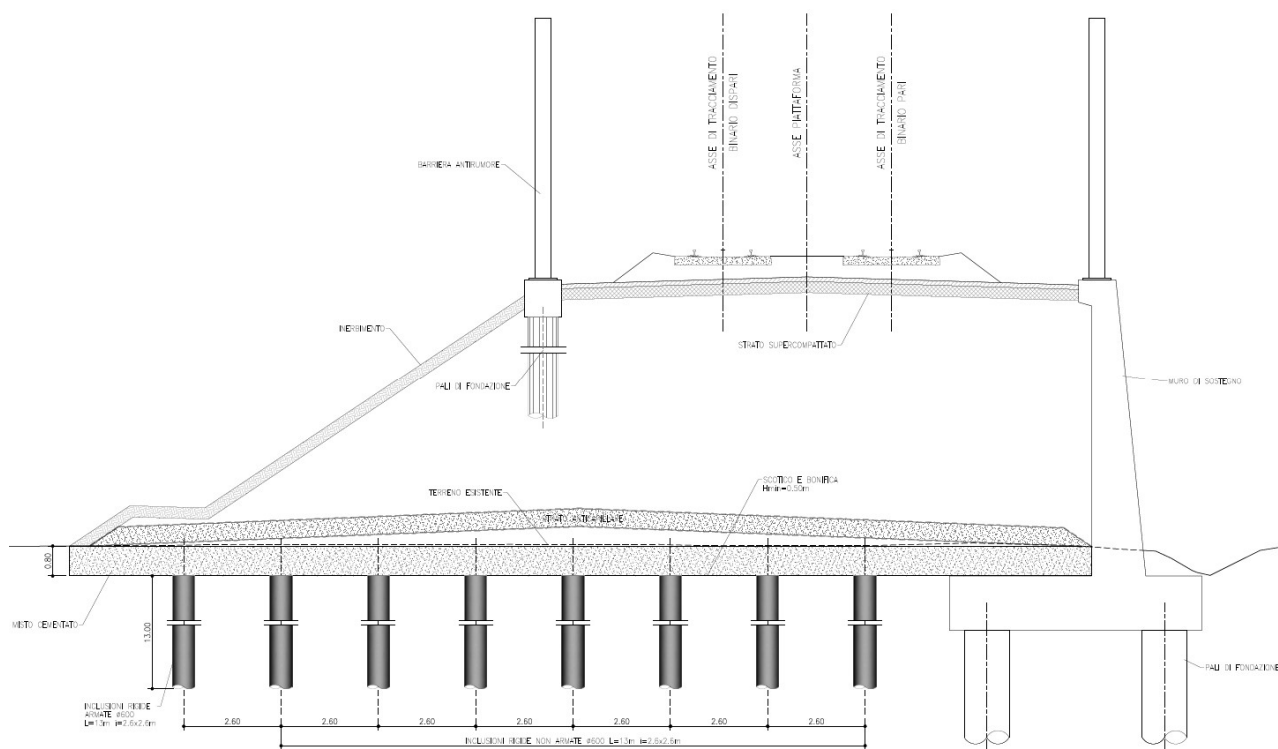




Figura 2 - Sezione di riferimento C (pk 20+200, n. 728) estratta da sezioni PE (Doc Rif. [1])

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 10 di 212

## 4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

### 4.1 Indagini disponibili

L'ubicazione delle indagini nella zona in esame è illustrata nella Figura 4, estratta dalla Planimetria geotecnica con ubicazione indagini e profilo geotecnico (Doc. Rif. [7]). Per ulteriori dettagli si rimanda alle relazioni di sintesi delle indagini (Doc. Rif. [10] - [16]). Il risultato delle indagini è riassunto in ALLEGATO 2.

Le indagini d'interesse per lo studio del rilevato sono elencate in Tabella 1. L'opera, in continuità con i rilevati adiacenti, è stata esaminata tenendo conto delle proprietà meccaniche dei terreni caratterizzanti il rilevato RI35C. Nel seguente paragrafo si descrive l'esito della caratterizzazione geotecnica, eseguita sulla base dei risultati delle indagini nell'area di interesse e delle evidenze riscontrate lungo tutta la linea e discusse in dettaglio nella Relazione Geotecnica Generale (Doc. Rif. [5]), cui si rimanda per una trattazione completa dei criteri utilizzati per la stima dei parametri geotecnici.

*Tabella 1 - Indagini dal km 18+812,65 al km 19+150,00*

Progressiva pk	ID indagini -	Campagna anno
19+060	CPTU10V e CPTU10Vbis	2015
19+060	CPTU-PE-21	2020-2021
19+070	CPTU11V	2015
19+360	BH7V	2015
19+510	CPTU12V	2015
19+820	BH8V	2015
19+820	CPTU13V e CPTU13Vbis	2015
20+005	CPTU-PE-22	2020-2021
20+008	BH-PE-39	2020-2021
20+020	CPTU14V e CPTU14Vbis	2015
20+150	BH9V	2015
20+275	CPTU15V e CPTU15Vbis	2015

### 4.2 Inquadramento stratigrafico

Dal punto di vista stratigrafico, l'area del rilevato è interessata dalla presenza di una coltre superficiale di spessore variabile tra 8 e 12 m di terreni recenti, olocenici, di natura prevalentemente argillosa-limosa (Unità 3b).

Al di sotto di questa unità di depositi recenti, si riscontra uno strato di ghiaie ben addensate (Unità 6) fino a una profondità di circa 18-20 m ed un substrato sabbioso (Unità 4) che si estende fino alla massima profondità indagata

(50 m da p.c.) . All'interno di quest'ultimo, a profondità di circa 25m dal p.c., le prove penetrometriche ed i sondaggi hanno evidenziato la presenza di uno strato di argille consistenti (Unità 2), di spessore compreso tra 2m e 3m.

Dall'inquadramento stratigrafico appena descritto, si evince che le eventuali problematiche di stabilità o legate al soddisfacimento dei requisiti prestazionali del rilevato dipendano in larga misura dalle caratteristiche della coltre superficiale, per la quale si è provveduto ad eseguire una caratterizzazione di dettaglio.

Nella Figura 3 si riporta il profilo geotecnico con l'individuazione del tratto di pertinenza di RI36C, estratto dalla Planimetria e Profilo Geotecnico Tav. 5 di 11 (Doc. Rif. [7]).

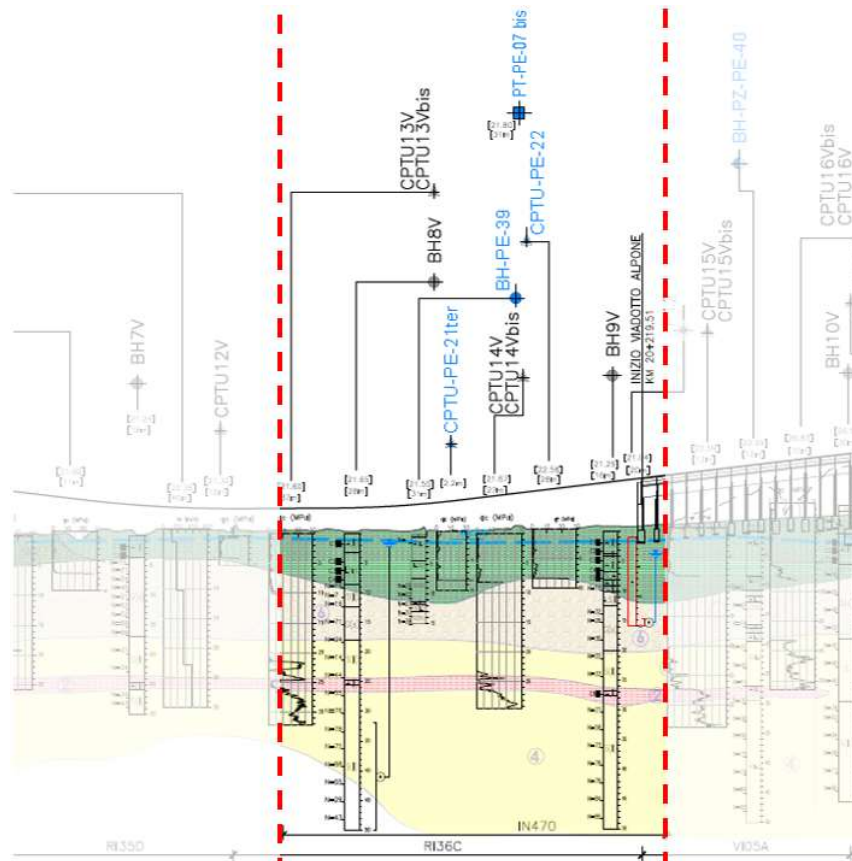


Figura 3 - Profilo Geotecnico Rilevato RI36C, estratto dal Profilo Geotecnico Generale (Doc. Rif. [7])

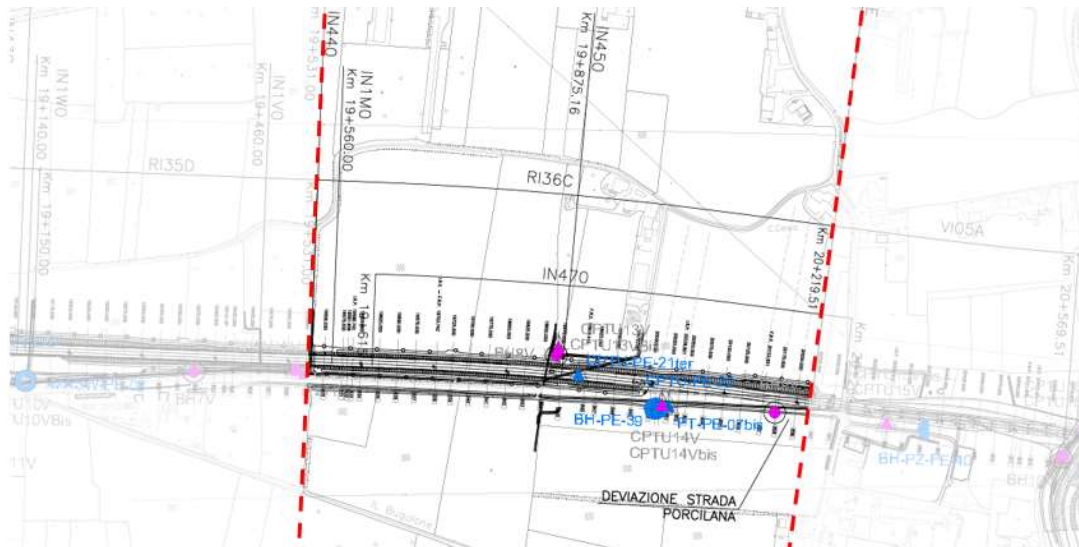




Figura 4 - Planimetria Rilevato RI36C, estratto dalla Planimetria Generale (Doc. Rif. [7])

### 4.3 Livello di falda

Per il livello di falda si è fatto riferimento ai valori di soggiacenza misurati nei piezometri lungo l'area in cui si inserisce l'opera in esame e riportati nella Relazione Idrogeologica (Doc. Ref. [9]). Quest'ultimi indicano una sostanziale stabilità nelle escursioni stagionali.

Ai fini progettuali si assume perciò una falda di progetto a piano campagna.



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 13 di 212

#### 4.4 Condizioni geotecniche del sito

Come definito dalla sezione stratigrafica, il tratto in oggetto è caratterizzato da una copertura superficiale di prevalenti limi argillosi (Unità 3b) per uno spessore di circa 8-12 m

Si tratta principalmente di limi argillosi, con tendenza a diventare debolmente sabbiosi e sabbiosi verso la base dello strato, al di sotto dei 6 m circa da p.c. (si veda al proposito anche le stratigrafie dei sondaggi, riportati in Appendice). Nei grafici riportati da Figura 5 a Figura 8 sono illustrati i risultati delle prove di laboratorio sui campioni della copertura superficiali, dalle quali si osserva che:

- Si tratta di limi con argilla/argillosi, da sabbiosi a debolmente sabbiosi,
- Sono costituiti da materiali a plasticità medio alta, con valori del LL nel campo 40-75, e valori di IP nel range 20-50. Si tratta pertanto di limi inorganici di plasticità da media ad alta.
- I valori dell'indice di consistenza I<sub>c</sub> sono nel campo 0.3-0.7, a testimonianza della consistenza medio-bassa del materiale.

Per quanto riguarda la resistenza al taglio non drenata e la tensione di preconsolidazione di questi materiali, Le Figure che seguono riportano i dati ricavati dall'interpretazione delle prove CPTU e dai dati di laboratorio.



Sulla base di tali dati si osserva quanto segue:

- Vi è una sottile crosta essiccata di 1-2 m di spessore, attribuibile ad oscillazioni del livello di falda, con valori di resistenza al taglio non drenata dell'ordine dei 50-80 kPa,
- I valori decrescono poi con la profondità, ed oscillano nel campo 35-45 kPa.
- I valori di tensione di preconsolidazione, sia da prove CPTU che EDO, presentano andamenti congruenti con la resistenza al taglio misurata.
- Al disotto dei 6 m circa da p.c. si assiste ad incremento dei valori di resistenza, associati ad un incremento della componente sabbiosa.

Sulla base dei dati edometrici disponibili nell'area, si sono considerati i seguenti parametri di compressibilità in condizioni edometriche:

$$RR = 0.025, CR = 0.18$$

Procedendo con la profondità si incontra uno strato di ghiaie e ghiaie sabbiose ben addensate (Unità 6), che si estende fino anche 20 m pc. All'interno del deposito incoerente le percentuali di materiale a grana fine sono generalmente inferiori a 20% e si registrano valori di N<sub>SPT</sub> mediamente pari a 40 colpi/30cm con valori anche di 60 colpi/30cm. La densità relativa delle ghiaie risulta pari al 40-50% e quindi il deposito risulta mediamente addensato. Sotto lo strato di ghiaie si incontra un deposito di sabbia limosa mediamente addensata (Unità 4), a partire dalla profondità di 20 m pc fino alla quota di fine sondaggi. In questo deposito le percentuali di materiale fino sono inferiori al 10%, i valori medi di N<sub>SPT</sub> sono pari a 20-30 colpi/30cm. La densità relativa delle sabbie risulta generalmente attorno a 60%.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 14 di 212

Tale deposito è interrotto, a circa 25 m da p.c, da una lente di materiale argilloso (Unità 2) caratterizzato da una resistenza al taglio non drenata  $c_u=120$  kPa.

Il profilo di Vs derivante delle interpretazioni discusse nella Relazione Sismica (Doc. Rif. Figura 14), basata sui risultati delle prove DH, MASW e infine SPT, conferma la presenza di materiali incoerenti da mediamente a molto addensati. Fino a 20 m pc, per le ghiaie superficiali si stimano valori di Vs pari a 320-350 m/s. A profondità maggiori, nelle sabbie, le velocità sono pari a 370 m/s. Sulla base dei valori di Vs si sono stimati i valori del modulo di taglio alle piccole deformazioni ( $G_0$ ). Per le ghiaie si considera un valore di 250 MPa, mentre per le sabbie profonde si ottengono valori pari a 320 MPa.

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

Le seguenti figure riportano i risultati delle principali prove di sito e dei parametri geotecnici dei terreni sottostanti la coltre superficiale, interpretati alla luce di quanto riferito in [5].

- Valori  $N_{SPT}$  da prove SPT (v. Figura 11);
- Densità relativa stimata da prove SPT (v. Figura 12);
- Angolo di attrito 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 Vs (v. Figura 15).



**AV/AC VERONA VICENZA**

Tra pk 19+000 e 20+275

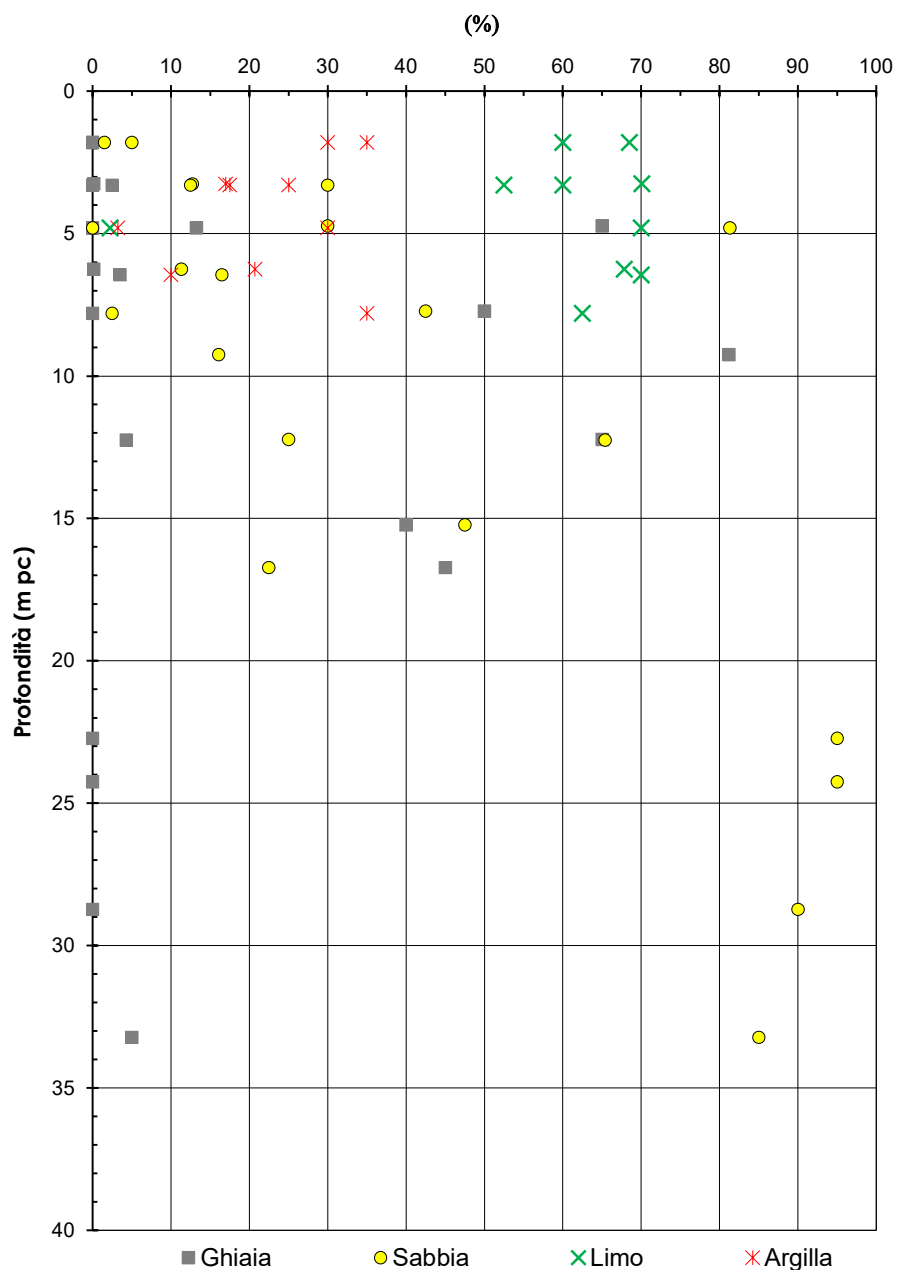


Figura 5 – Determinazioni granulometriche delle coperture superficiali, valida per le pk di interesse



**AV/AC VERONA VICENZA**

Tra pk 19+000 e 20+275

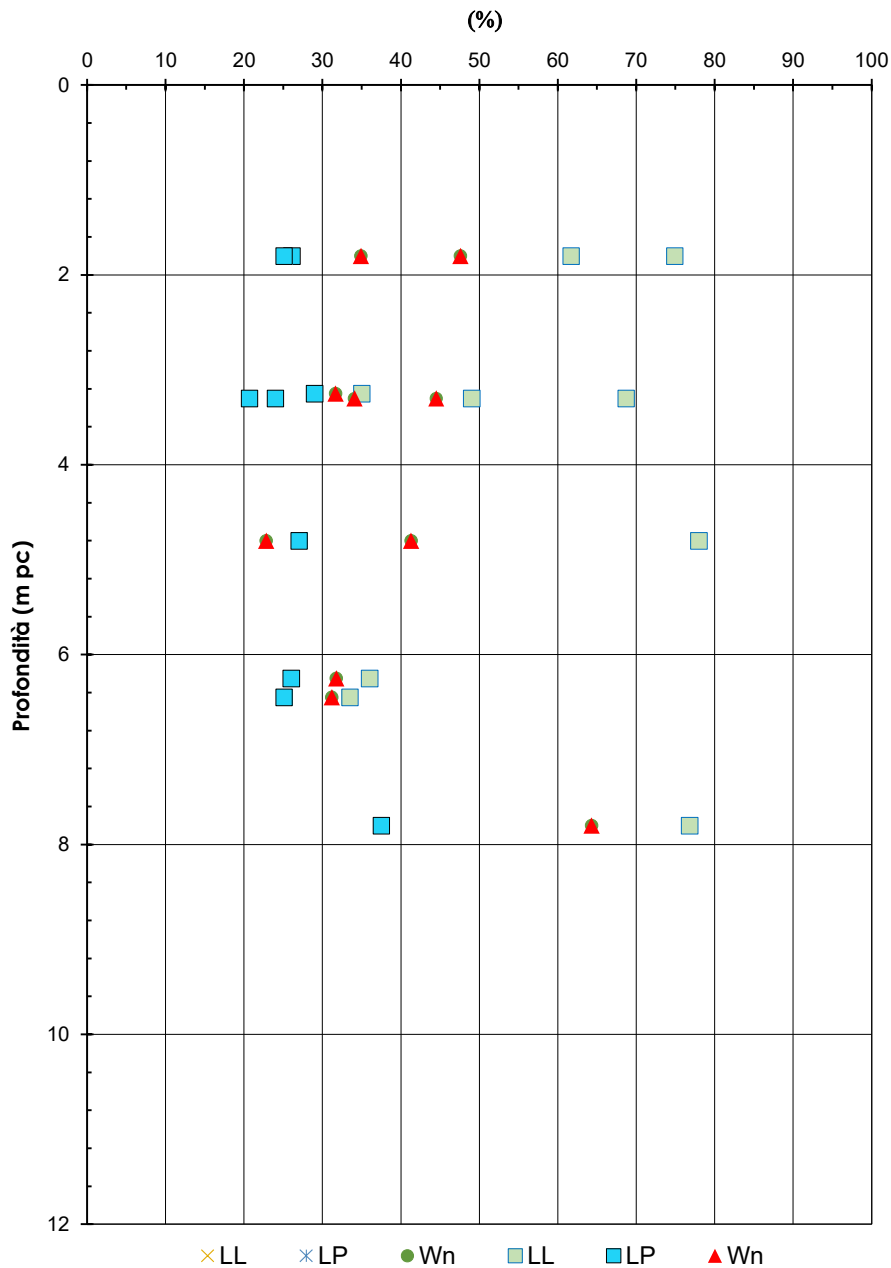


Figura 6 – LL, LP e contenuti d'acqua naturali delle coperture superficiali, valida per le pk di interesse



**AV/AC VERONA VICENZA**

**Tra pk 19+000 e 20+275**

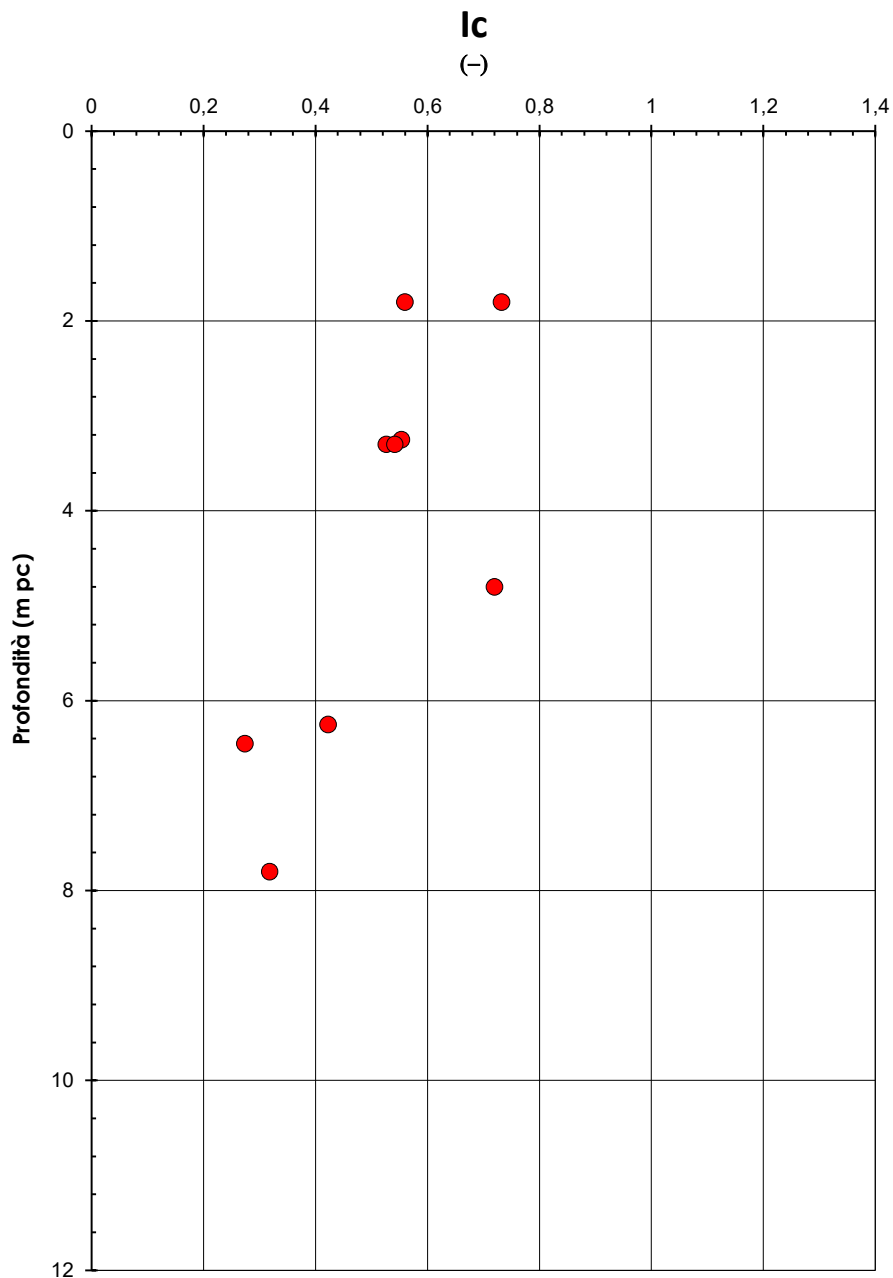


Figura 7 – Indice di consistenza Ic delle coperture superficiali, valida per le pk di interesse



**AV/AC VERONA VICENZA**

Tra pk 19+000 e 20+275

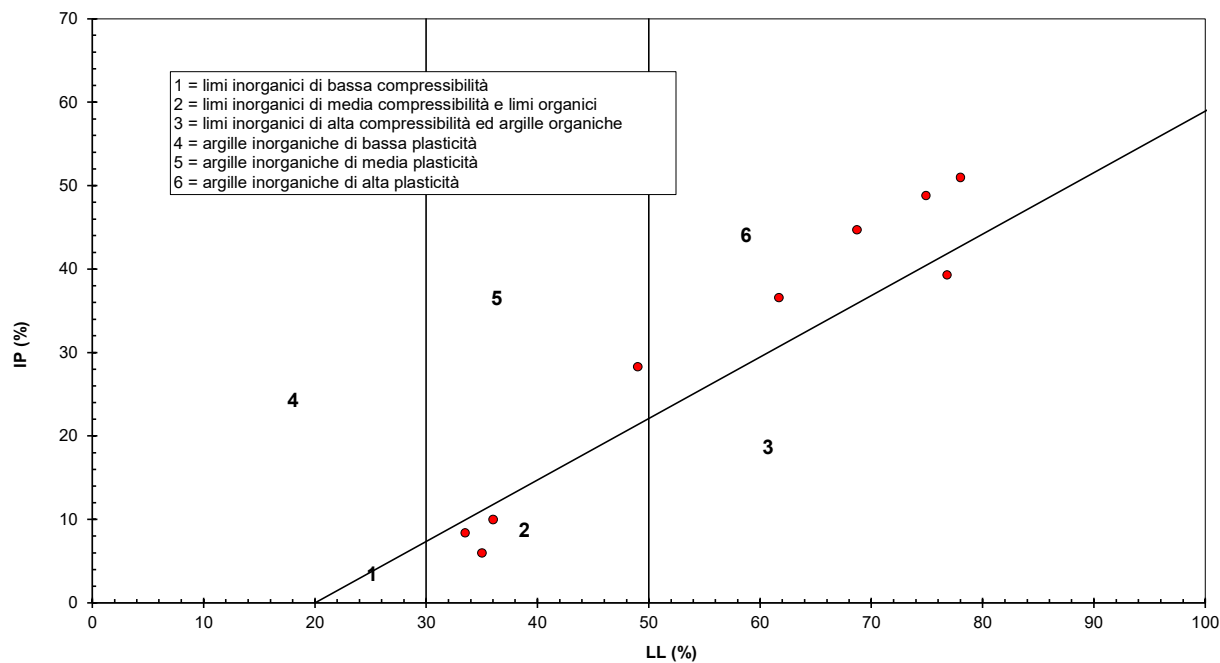


Figura 8 – Carta di plasticità di Casagrande delle coperture superficiali, valida per le pk di interesse



Resistenza al taglio non drenata  $c_u$  (kPa)

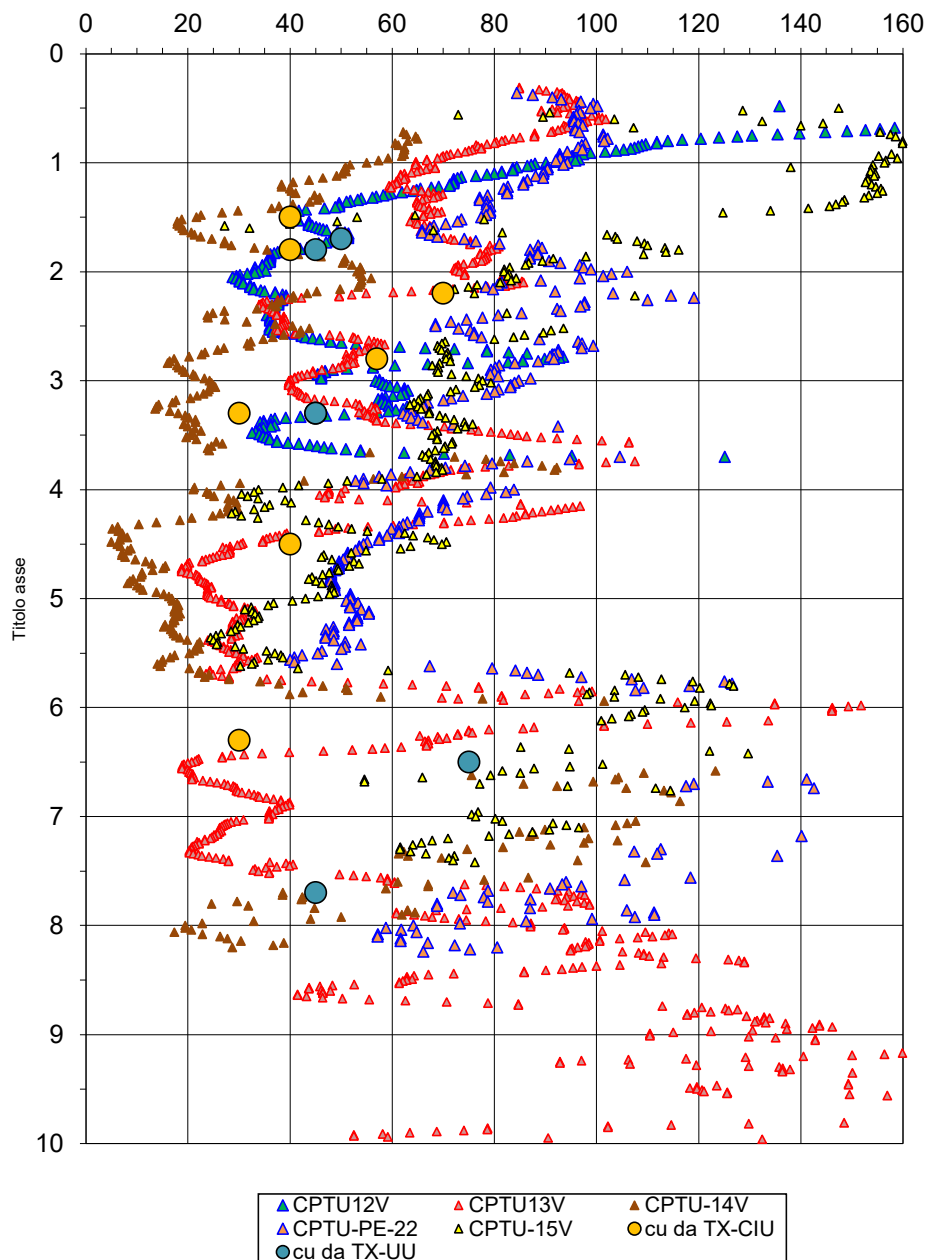


Figura 9 – Tensione di preconsolidazione da prove CPTU e da edometri, valida per le pk d'interesse



## Tensione di preconsolidazione (kPa)

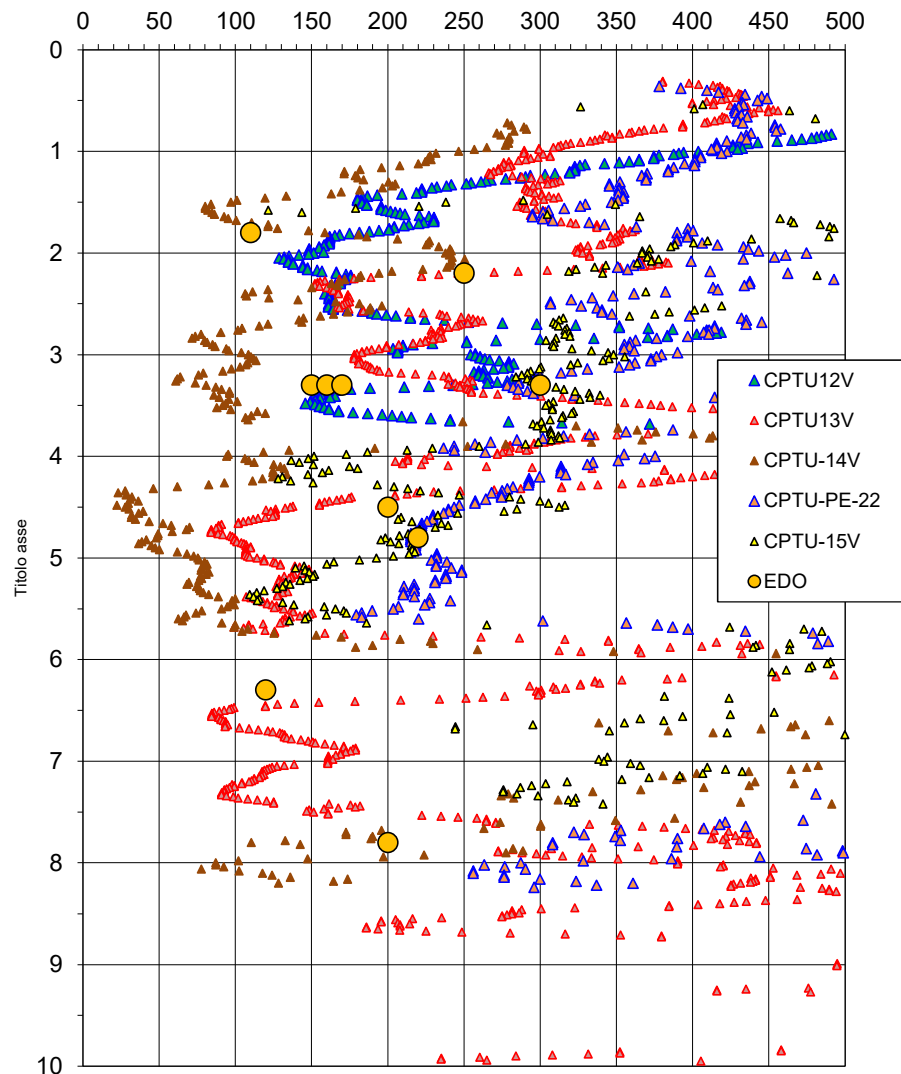


Figura 10 – Tensione di preconsolidazione da prove CPTU e da edometri, valida per le pk di interesse





**AV/AC VERONA VICENZA**

Tra pk 19+000 e 20+275

$N_{SPT}$  (colpi/30cm)

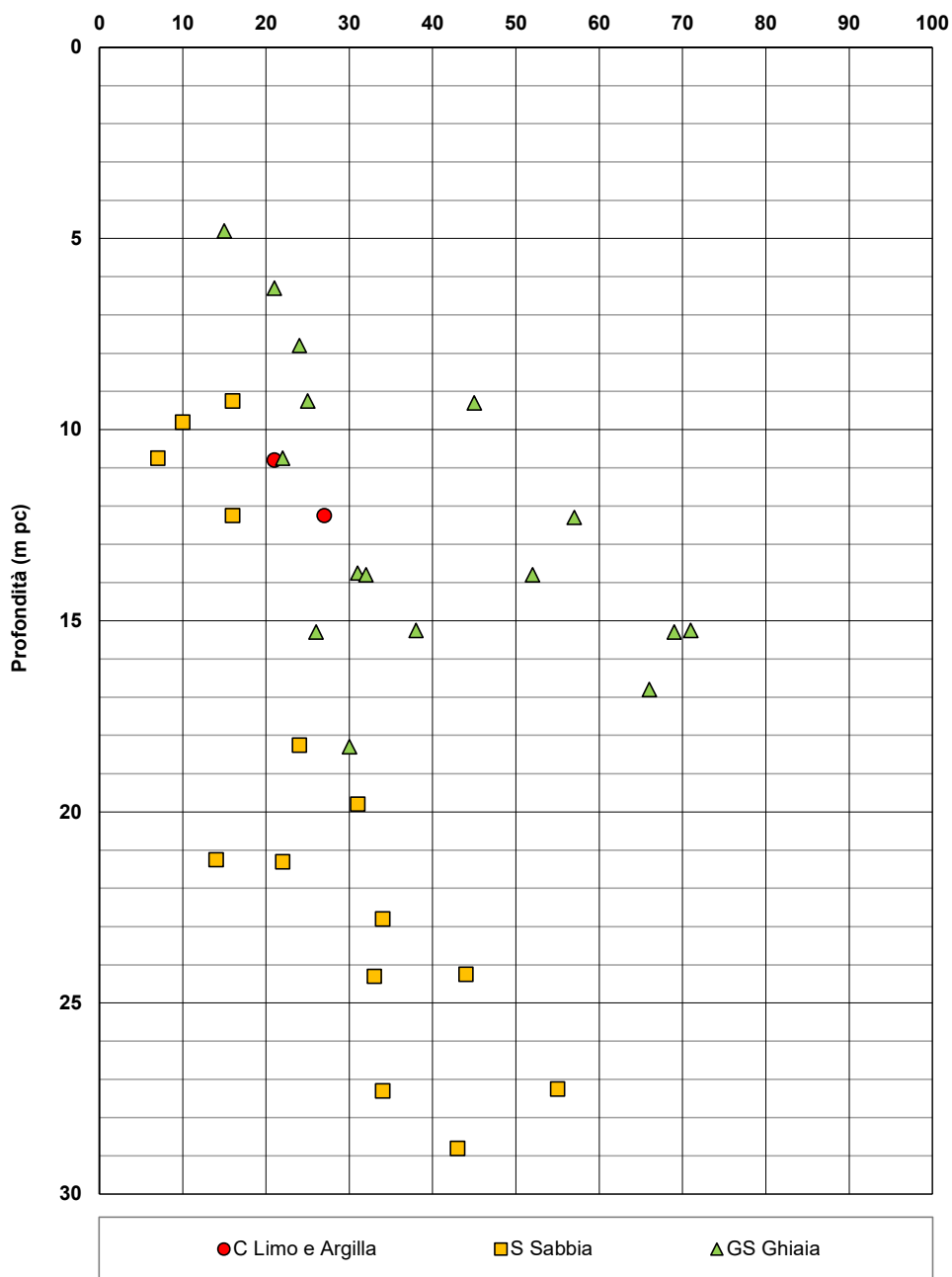


Figura 11 – Esiti delle prove SPT, validi per le pk di interesse



**AV/AC VERONA VICENZA**

Tra pk 19+000 e 20+275

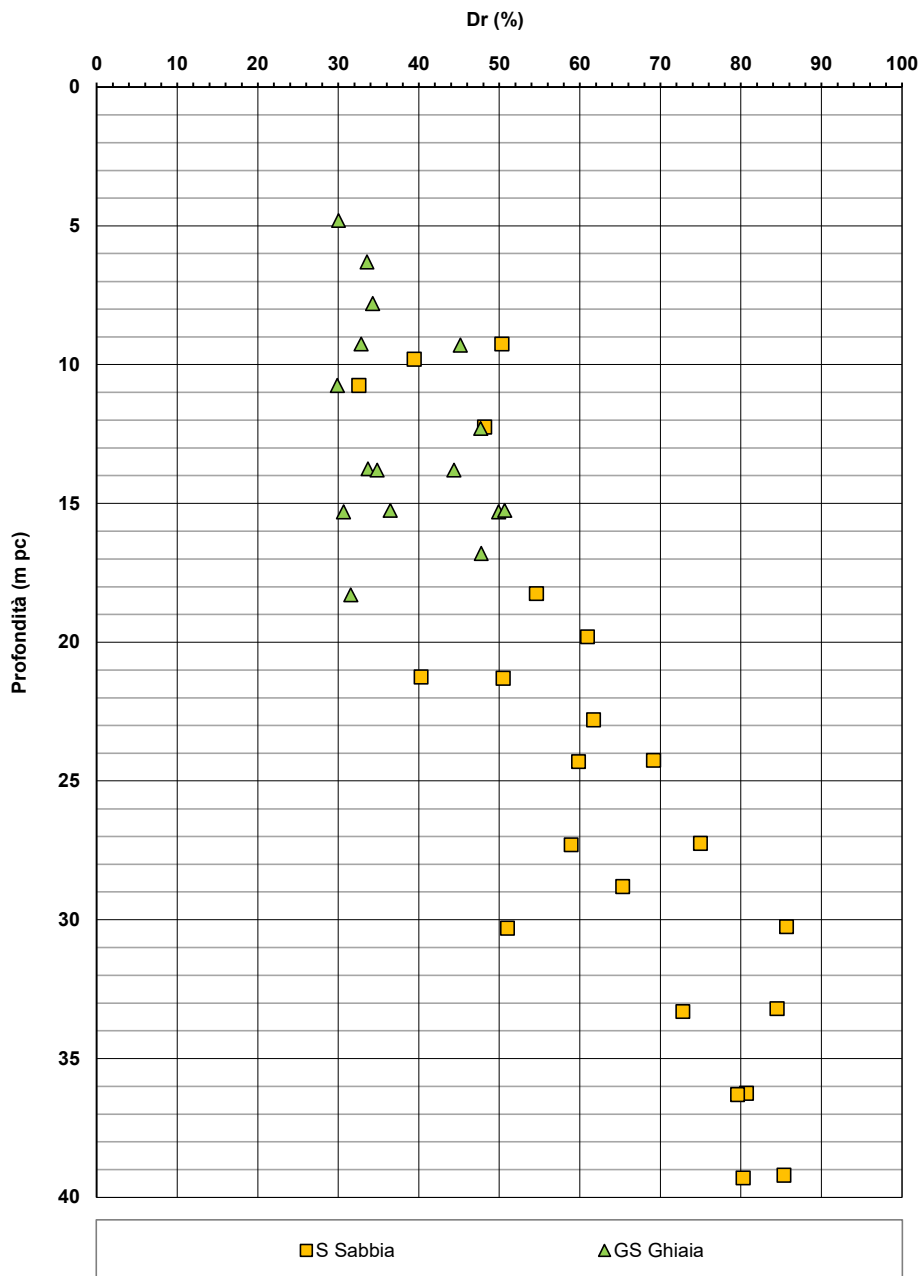


Figura 12 – Densità relativa da prove SPT, valida per le pk di interesse



**AV/AC VERONA VICENZA**

Tra pk 19+000 e 20+275

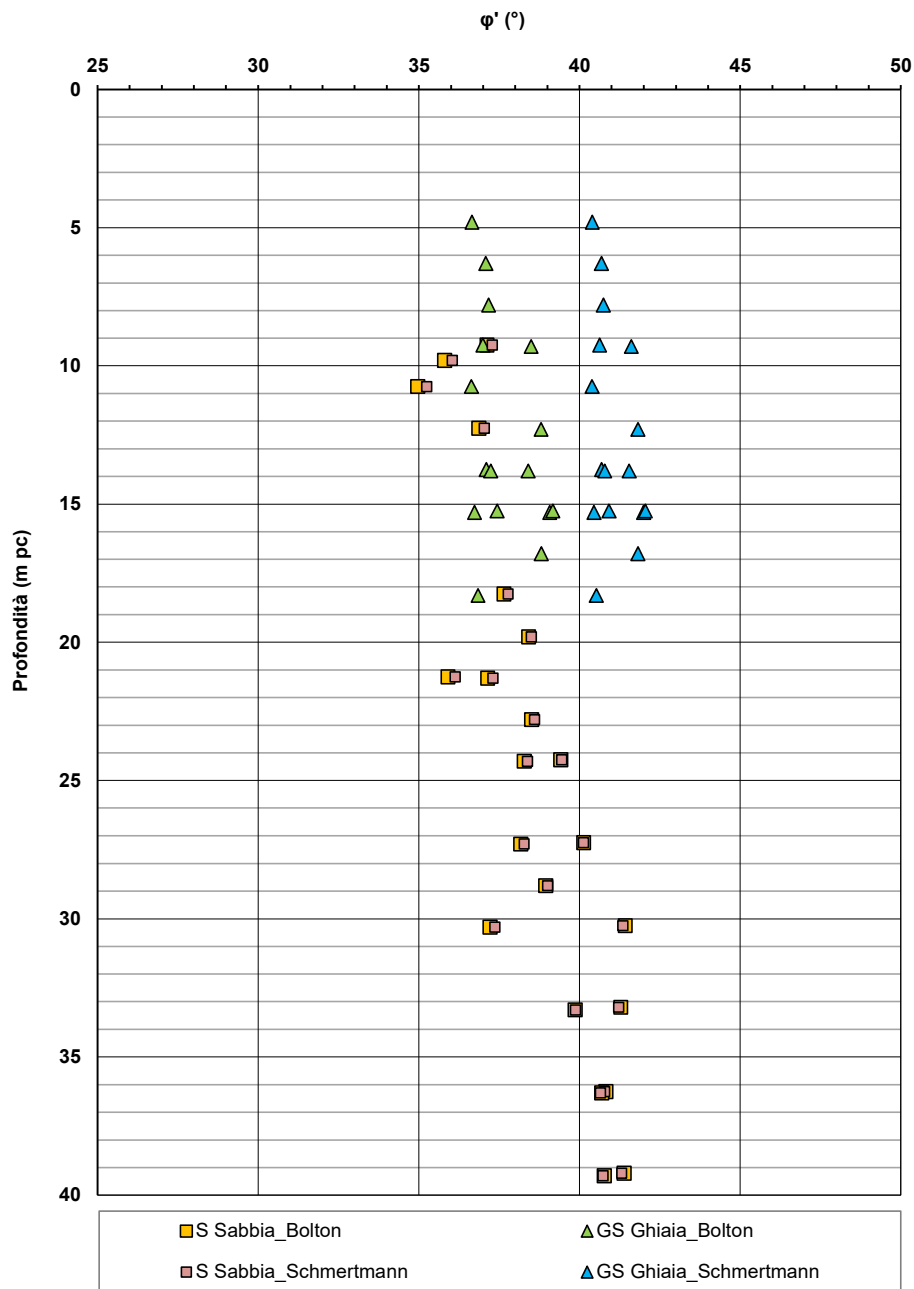


Figura 13 – Angoli di attrito da prove SPT, validi per le pk di interesse

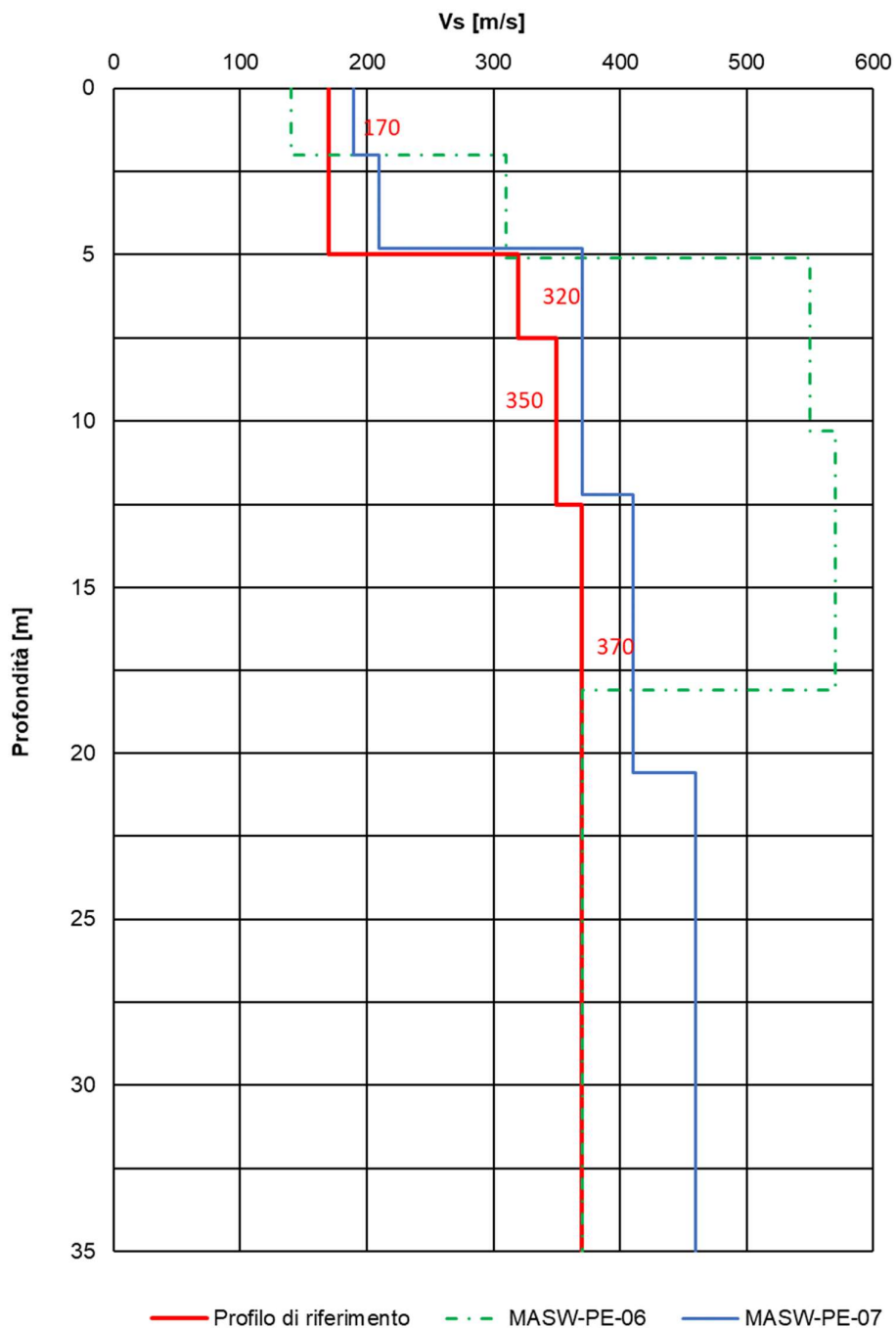


Figura 14 – Profilo di Vs di riferimento, a confronto con dati di correlazioni con SPT e prove geofisiche tipo MASW, valida per le pk di interesse



**AV/AC VERONA VICENZA**

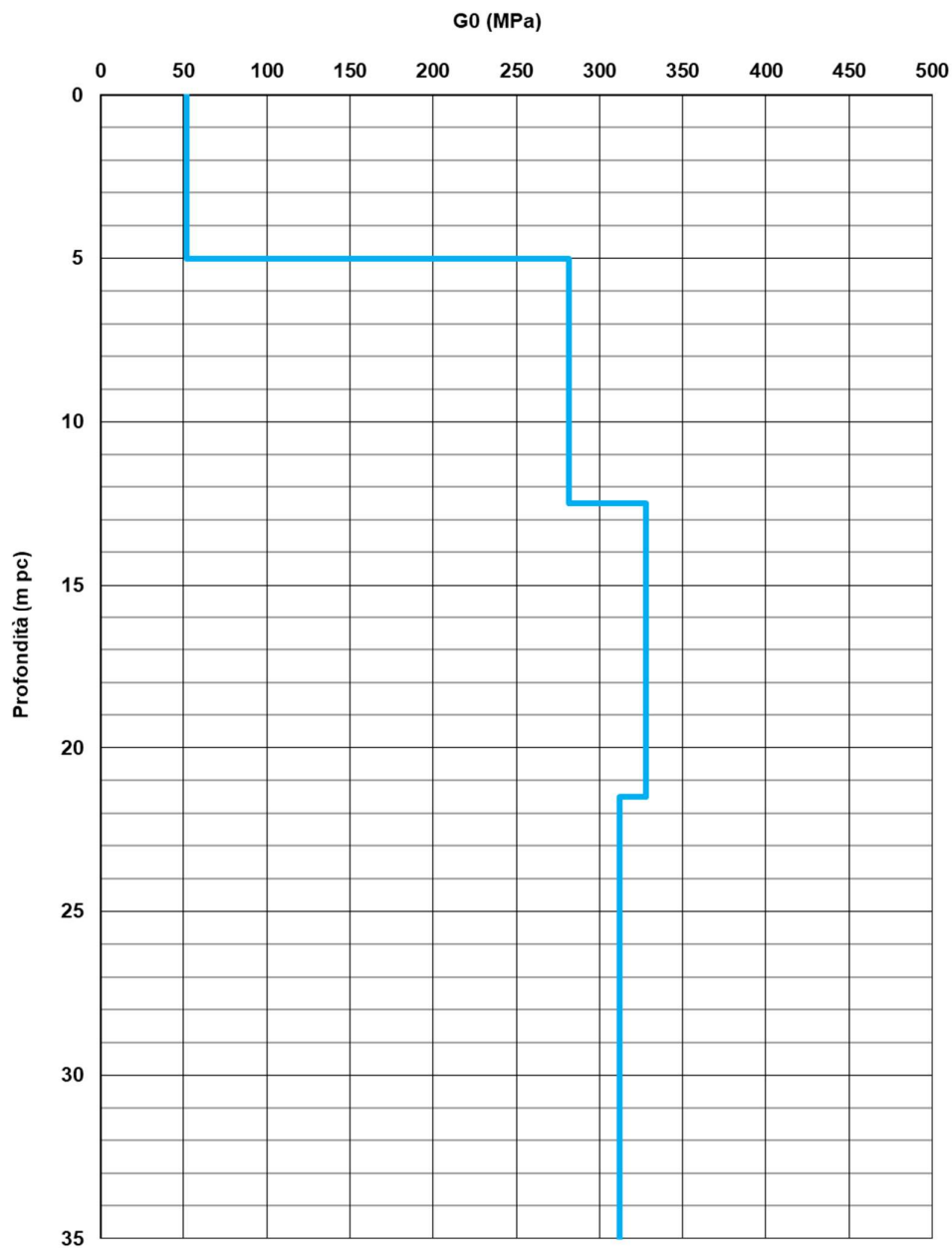




Figura 15 – Modulo di taglio  $G_0$ , valida per le pk di interesse

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 26 di 212

#### 4.5 Sintesi del modello geotecnico di riferimento

Sulla base di quanto esposto al punto precedente, si riportano di seguito i modelli geotecnici assunti per lo studio delle sezioni di calcolo Sezione A e Sezione B, descritte nei capitoli precedenti.

Tabella 2 – Modello geotecnico di riferimento

Unità	da m pc	a m pc	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	$\varphi_k$ °	$c_{u,k}$ kPa	$\sigma'_p$ kPa	RR -	CR -	$k_v$ (m/s)	$E'_{op}$ MPa
3b	0.5	2	18	-	55	250	0.025	0.18	$3 \times 10^{-9}$	-
3b	2	3	18	-	45	170	0.025	0.20	$3 \times 10^{-9}$	-
3b	3	6	18	-	35	150	0.025	0.20	$3 \times 10^{-9}$	-
3b	6	8	18	-	45	170	0.025	0.20	$1 \times 10^{-7}$	-
3b	8	12	18	-	60	250	0.025	0.20	$1 \times 10^{-7}$	-
6	12	20	19	38	-	-	-	-	-	100
4	20	26	19	38	-	-	-	-	-	100
2	26	28	18	-	120	-	-	-	$1 \times 10^{-9}$	80
4	28	-	19	38	-	-	-	-	-	100

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

##### 4.5.1 Materiale da rilevato

Le caratteristiche dei rilevati ferroviari sono desunte dal MdP (Doc. rif. [22]) e sono di seguito riassunte:

Tabella 3 - Caratteristiche materiale da rilevato

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

##### 4.5.2 Misto cementato

Secondo quanto previsto dal Capitolato RFI, il misto cementato sarà costituito da inerte calcareo di frantoio

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12



Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

27 di 212

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 28 di 212

## 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. [21] e [22]), l'opera in oggetto viene inserita nella tipologia di costruzione con  $V_N = 100$  anni.

Tabella 4 – Vita nominale delle infrastrutture ferroviarie

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

#### 5.1.2 Classe d'uso

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

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

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





GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 29 di 212

Tabella 5 – Valori del coefficiente di uso  $C_u$

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

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

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

### 5.1.4 Categorie di Sottosuolo



Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale. Per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento in accordo a quanto indicato nel § 3.2.2 delle NTC2018. Come discusso nella Relazione sulla modellazione sismica (Doc. rif. [6]) e nelle Planimetrie con classificazione sismica dei terreni (Doc. rif. [8]), 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 *Depositati 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 *Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.*
- E *Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.*

### 5.1.5 Condizioni topografiche

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

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 30 di 212

### 5.1.6 Accelerazione sismica di riferimento

Sulla base di quanto descritto nella Relazione Sismica (Doc. rif. [6]), per il tratto in esame si individuano due set di parametri spettrali: S5 (da pk 13+240 a pk 20+000) e S6 (da pk 20+000 a pk 24+000), di seguito si riportano i valori dei parametri spettrali dipendenti dal sito dell'opera in oggetto:

	S5	S6
$a_g$ (g) (SLV)	0.218	0.207
Coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_s$	1.382	1.397
Coefficiente di amplificazione topografica $S_t$	1.0	1.0
Accelerazione massima attesa al suolo		
$a_{max}$ (g) ( $a_{max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_t \cdot a_g$ )	0.301	0.289

Ai fini della verifica del rilevato, l'input sismico è stato cautelativamente definito con riferimento ai parametri spettrali del set S5.



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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 31 di 212

Facendo sempre riferimento al Doc. rif. [6] per i dettagli dell'analisi sopra descritta, e in continuità con le considerazioni esposte in sede di Progetto Definitivo, è stato considerato ragionevole assumere per il tracciato di progetto un valore di magnitudo di riferimento da adottare nelle verifiche a liquefazione di cui ai paragrafi successivi pari a 6.0.

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

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

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

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

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

dove:

$a_{max}$             accelerazione di picco al sito

$g$                 accelerazione di gravità


$\tau_c$              valore rappresentativo dello sforzo di taglio ciclico

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 32 di 212

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.

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:

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 33 di 212

dove:

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

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

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

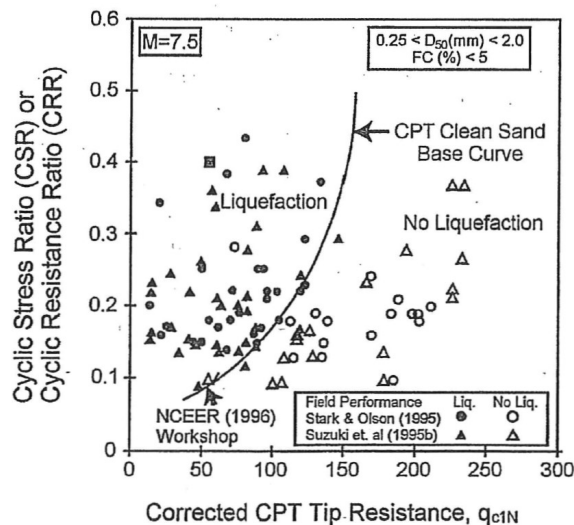
Il valore della resistenza penetrometrica normalizzata  $q_{c1N}$  è stato riportato ad un valore equivalente per le sabbie pulite attraverso la seguente relazione:



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

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

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

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



GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 34 di 212

*Figura 16 - Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e valori corretti di resistenza alla punta  $qc_{1N}$  – 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):

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

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



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

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

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

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

Sempre in Figura 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.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 35 di 212

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:

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

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

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

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

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

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

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

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

dove:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

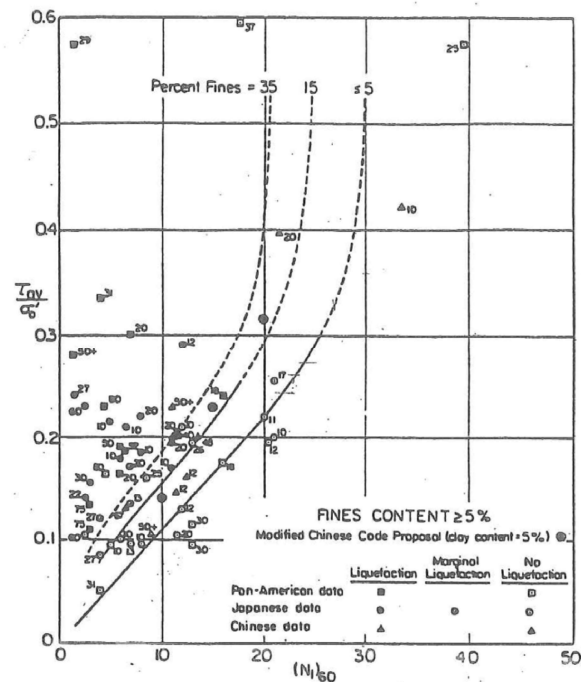


Figura 17 - Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e  $N_{1(60)}$  – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Seed et al., 1985).

### 5.2.3 Analisi dei risultati

I risultati (cfr. Figura 18-Figura 24) non indicano rischi apprezzabili di liquefazione nella porzione di tracciato interessata dal rilevato RI36C (le eventuali lenti locali mostrate dalle prove CPTU10V, CPTU11V e CPTU-PE-21





sono molto sottili e non significative ai fini del comportamento delle opere).

Tratta AC/AV Verona - Padova - Sub Tratta - Verona - Vicenza - Prova BH6V Pr. 18+940  
Amax\_calc / g = 0.301 M\_calc = 6 Approccio NCEER 1996 - 1998 - 2001 MSF = 2  
Riempiemento h = 6 m Sovraccarico = 0 kPa

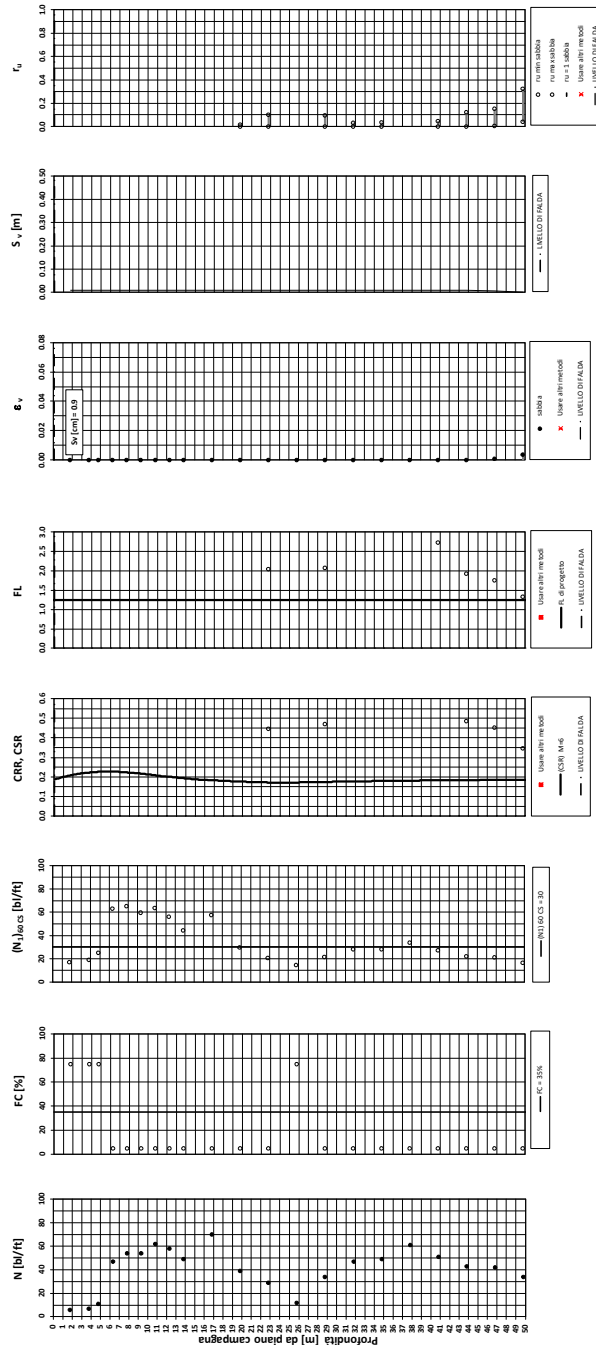


Figura 18 – Verifica Liquefazione da risultati BH6V



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI36C0001B

Foglio  
38 di 212

Tratta AC/AV Verona - Padova - Sub Tratta - Verona - Vicenza - Prova CPTU-10V Pr. 19+060  
Anax\_calc / g = 0.301 M\_calc = 6 Approccio NCEER 1996 - 1998 - 2001 MSF = 2  
Riempimento h = 6 m Sovraccarico = 0 kPa

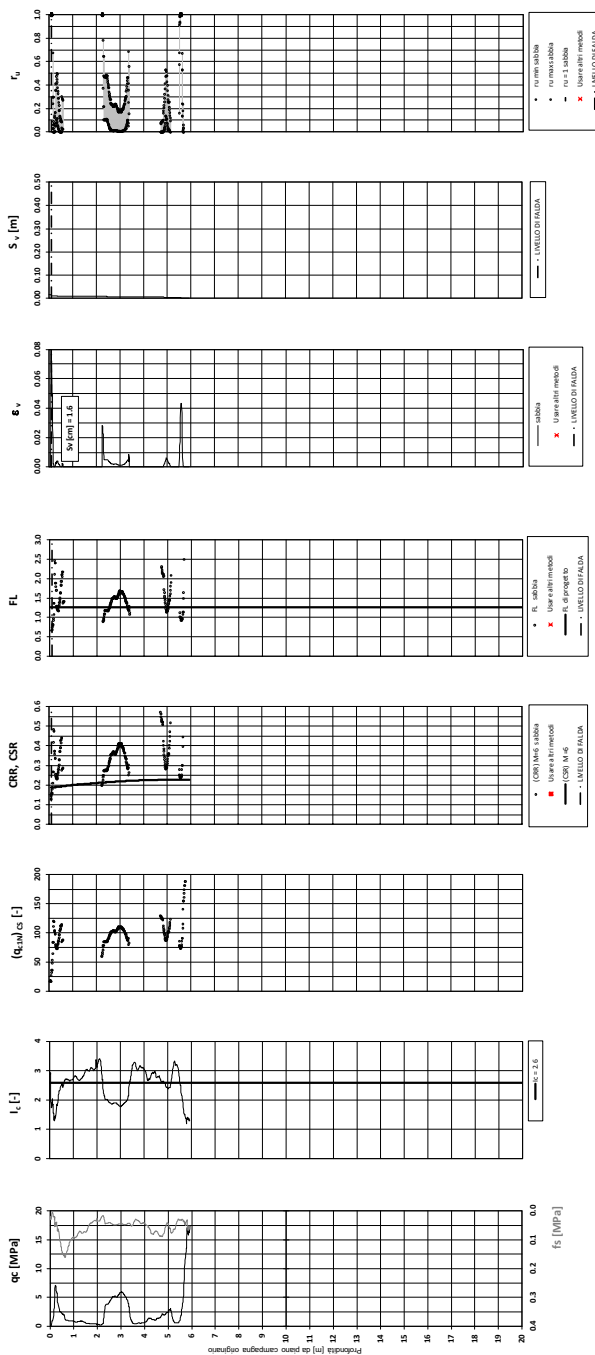


Figura 19 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU10V



Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub.Tratta Verona-Vicenza - Lotto 1 - Prova CPTU-PE-21 Pr. 19+060  
 $a_{max} = 0.30g$   $M_{cale} = 6$   $MSF = 2$  Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001  
 Altezza rilevato = 6m

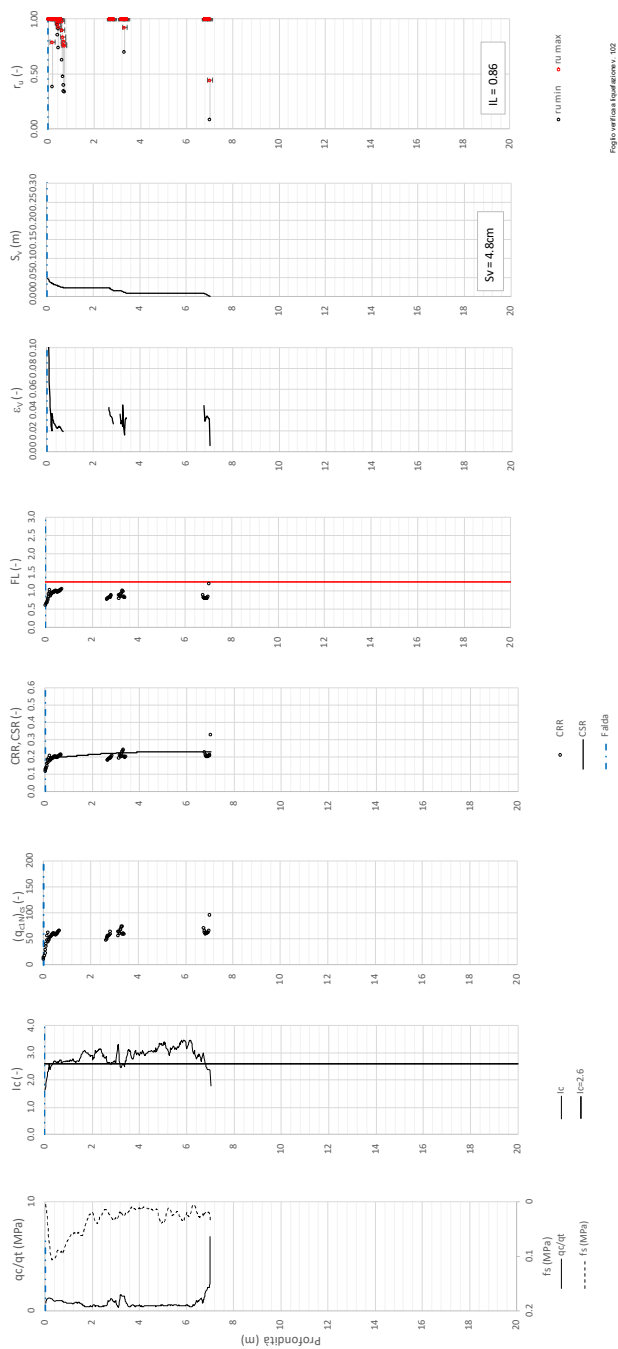


Figura 20 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU-PE-21



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI36C0001B

Foglio  
40 di 212

**Tratta AC/AV Verona - Padova - Sub Tratta - Verona - Vicenza - Prova CPTU-11V km19+060**

A<sub>max,calc</sub> / β = 0.301 M<sub>calc</sub> = 6 Approccio NCEER 1996 - 1998 - 2001 MSF = 2

Riempimento h = 6 m Sovraccarico = 0 kPa

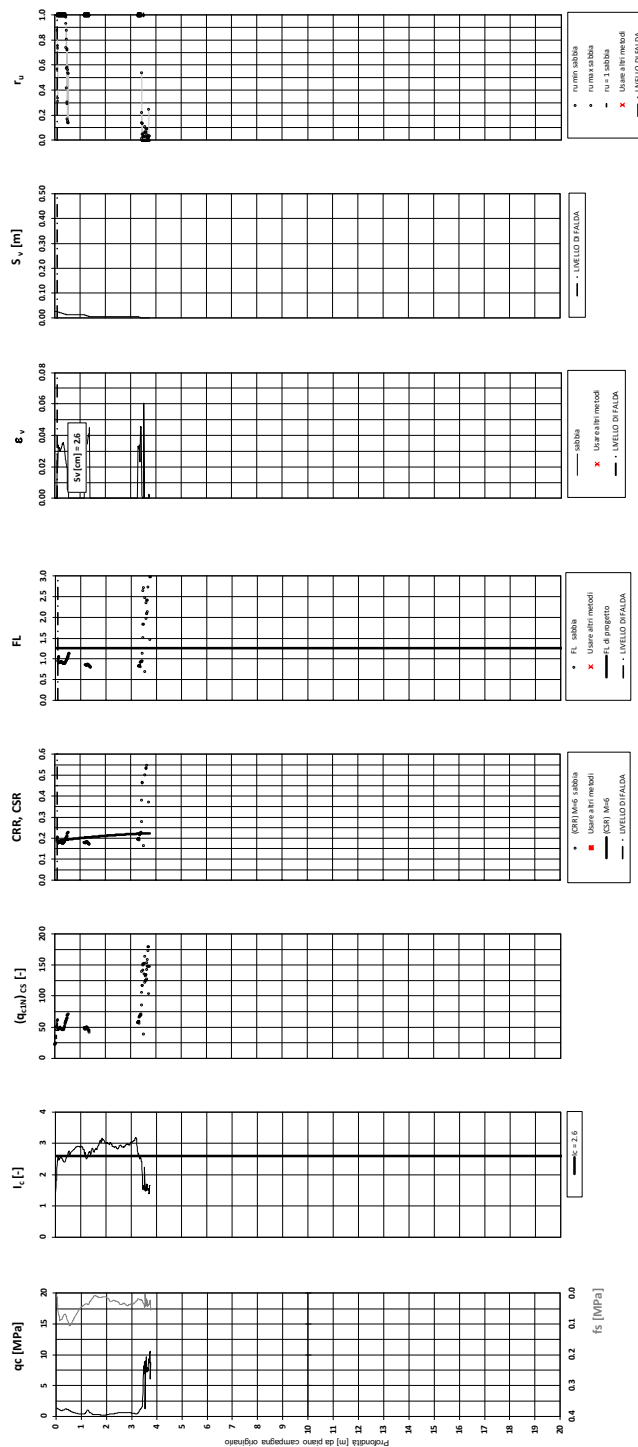


Figura 21 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU11V



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI36C0001B

Foglio  
41 di 212

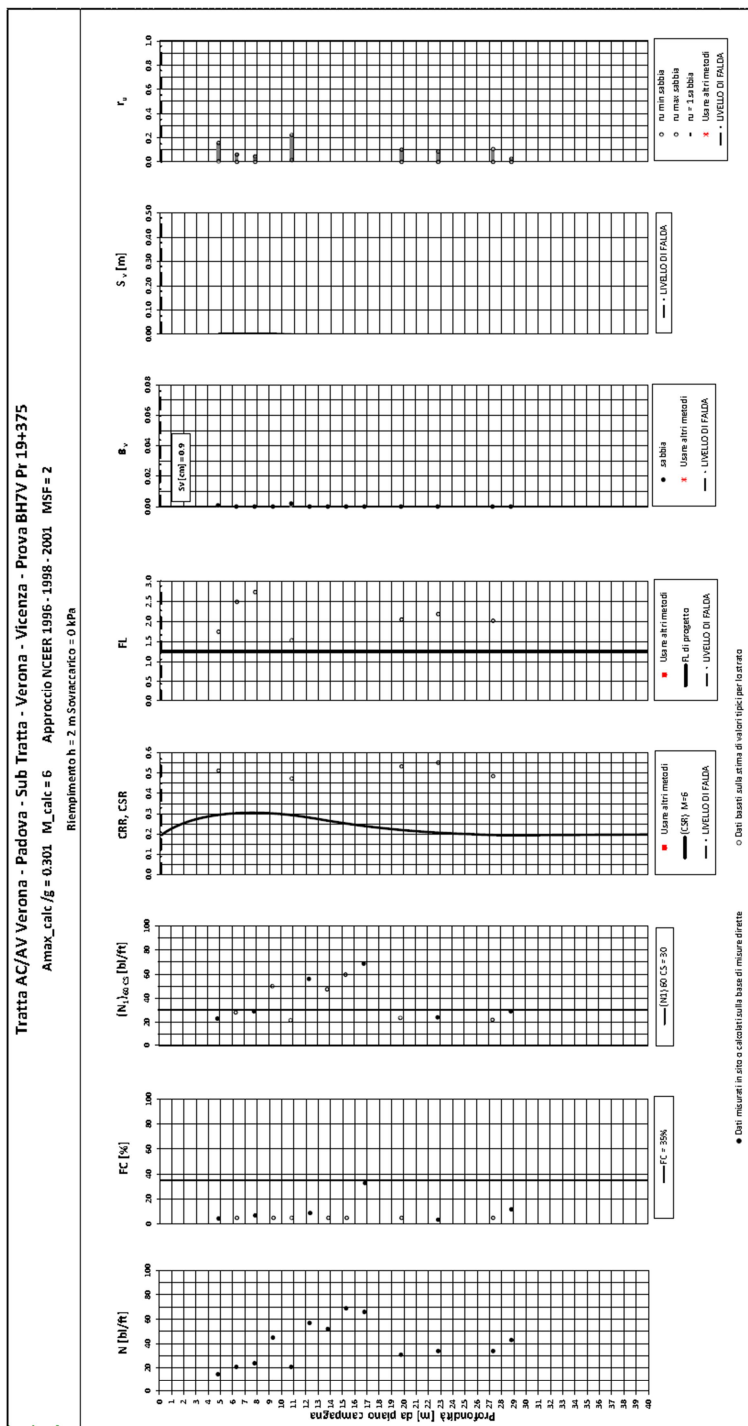


Figura 22 – Verifica Liquefazione da risultati BH7V

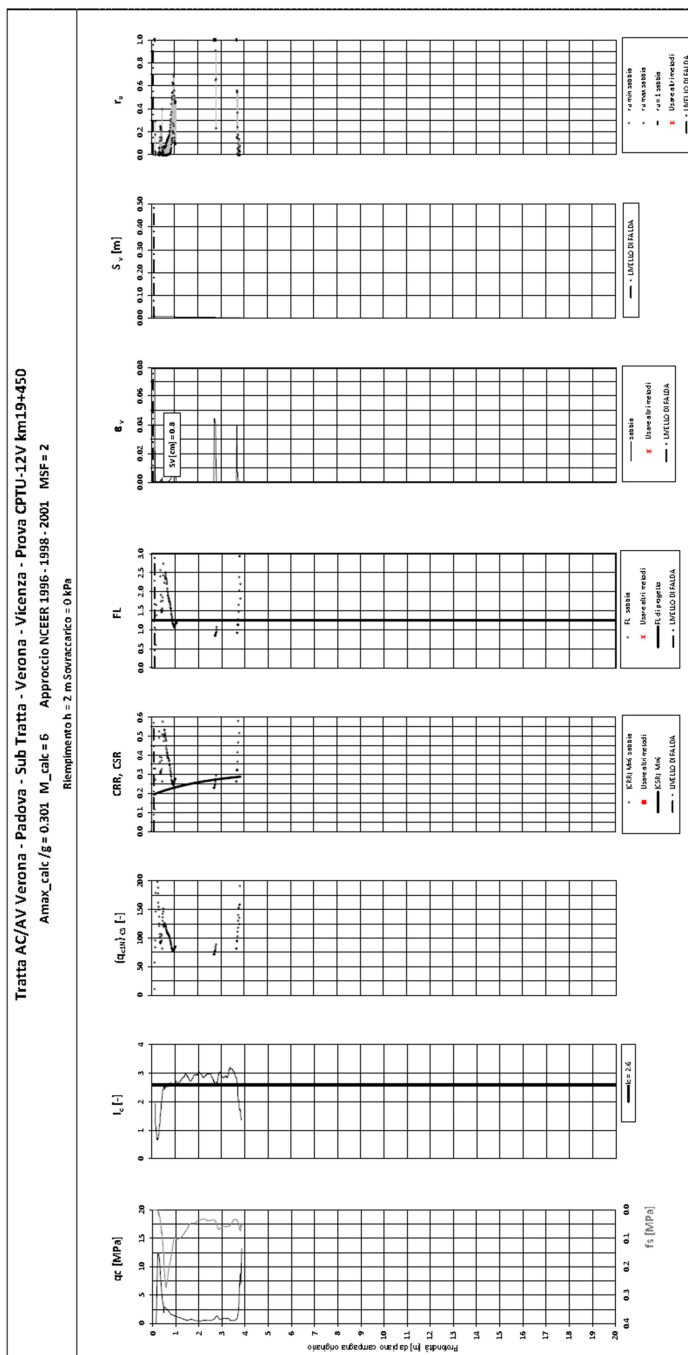


Figura 23 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU12V

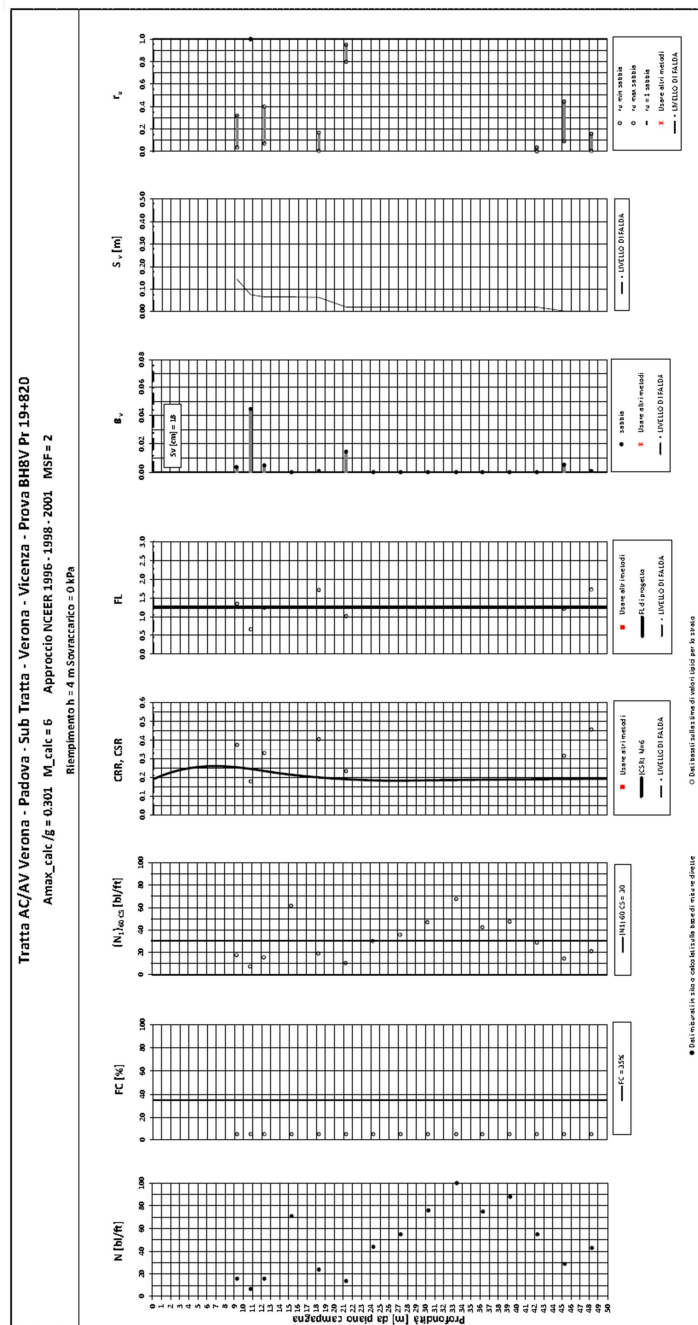




Figura 24 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU12V

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 44 di 212

## 6 VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO FERROVIARIO

Le verifiche discusse nella presente relazione riguardano la stabilità e le prestazioni del rilevato ferroviario. Per ciò che concerne i muri di sostegno ed il rilevato stradale (v. capitolo 3) si rimanda agli elaborati di progetto dedicati.

Sulla base di quanto descritto nel capitolo 3.2, le verifiche del rilevato sono state eseguite con riferimento a due differenti sezioni:

1. Sezione A - tra pk 19+531 e pk 19+872: rilevato di altezza massima uguale a 4m, larghezza fino a 26m circa, assenza di opere interferenti, opere di sostegno e di consolidamenti;
2. Sezione B tra pk 19+872 e pk 20+219,51: rilevato di altezza compresa tra 4m e 7m e caratterizzato dalla presenza di un muro di sostegno e di consolidamenti volti a garantire i requisiti prestazionali dell'opera.

### 6.1 Criteri di verifica agli Stati Limite

Per le opere in esame, la normativa vigente richiede l'esecuzione delle seguenti verifiche di sicurezza e delle prestazioni attese (par. 6.2.3. del Doc. Rif. [17]):

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

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

$$E_d \leq R_d \quad (\text{Eq. 6.2.1 del Doc. Rif. [17]})$$

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. [17]).

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

$$E_d \leq C_d \quad (\text{Eq. 6.2.7 del Doc. Rif. [17]})$$

dove:



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

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

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

In base a quanto indicato dalle NTC 2008 le verifiche di sicurezza che devono essere condotte per opere costituite



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 45 di 212

da materiali sciolti sono le seguenti.

### 6.1.1 Stati limite ultimi (SLU)

Le verifiche di stabilità in campo statico di opere in materiali sciolti, quali rilevati, devono essere eseguite secondo l'Approccio 1 Combinazione 2 (A2 + M2 + R2, Doc. Rif. [17]), 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. [18]), 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. [17]), per le verifiche agli stati limite ultimi si sono adottati i valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle che seguono.

Tabella 6 – Coefficienti parziali sulle azioni

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



dove:

$\gamma_{G1}$  coefficiente parziale del peso proprio della struttura, del terreno e dell'acqua, quando pertinente;

$\gamma_{G2}$  coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;

$\gamma_Q$  coefficiente parziale delle azioni variabili da traffico;

$\gamma_{Qi}$  coefficiente parziale delle azioni variabili.

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 46 di 212

**Tabella 7 – Coefficienti parziali sui terreni (Tab. 6.2.II, Doc. Rif. [17])**

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

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

Coefficiente	R2
$\gamma_R$	1.1



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

### 6.1.2 Stati limite di esercizio (SLE)

Deve essere verificato, mediante analisi effettuate impiegando i valori caratteristici delle azioni e dei parametri geotecnici dei materiali (Par. 6.5.3.2 del Doc. Rif. [17]), che gli spostamenti dell'opera in esame e del terreno circostante siano compatibili con la funzionalità della struttura e con la sicurezza e la funzionalità di manufatti adiacenti.

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

Nel caso di rilevato da realizzarsi in affiancamento ad un rilevato esistente e mantenendo quest'ultimo in esercizio durante i lavori, si richiede 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. [22] e [26]). Laddove si superino i limiti riferiti al primo livello di qualità (10 mm, Doc. rif. [26]), è richiesto il monitoraggio del binario durante la costruzione.

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 47 di 212

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

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

### 6.1.3 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  $\psi$  per il carico variabile da traffico è stato posto pari a 0.2 (Doc. rif. [22]).

## 6.2 Azioni di progetto

Le azioni di progetto considerate nella analisi sono state definite coerentemente a quanto prescritto nel MdP (Doc. rif. [21]) e nelle NTC (Doc. rif. [17]) e sono di seguito descritte.

### 6.2.1 Azioni permanenti



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

Peso massicciata e armamento	18 kN/m <sup>3</sup>
Peso elementi in cls	25 kN/m <sup>3</sup>

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

### 6.2.2 Azioni variabili

Le azioni variabili sono rappresentate dai carichi da traffico ferroviario, valutati nel rispetto delle normative di riferimento e considerando il caso peggiore tra i tre modelli di carico previsti: LM71, SW/0 ed SW/2. Per ogni binario, tale azione risulta essere pari a 61.4 kPa (LM71) ed applicata su una superficie definita dalla larghezza della traversa

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 48 di 212

e dalla larghezza di diffusione del carico nel ballast (2.8 m in totale).

Nella zona circostante il fabbricato, si assume un carico di esercizio di 10kPa, a rappresentare il transito di mezzi operativi.

### 6.2.3 Azione sismica

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

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

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

dove

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

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

$g$  accelerazione di gravità.

Tabella 10 - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (Doc. rif. [17])

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

## 6.3 Sezione A



Trattasi della sezione di riferimento per il tratto compreso tra pk 19+531 e pk 19+872. Non si evidenziano interferenze con opere adiacenti ed il rilevato è caratterizzato da larghezze fino a 26m circa, da un'altezza massima di 4m e da scarpate con pendenza 2V:3H.

In questa sezione non si prevede l'adozione di interventi in fondazione.

Si riassume di seguito l'esito delle analisi di stabilità agli SLU ed SLV e la stima dei cedimenti totali del rilevato.

### 6.3.1 Verifiche e risultati SLU in condizioni statiche

Le verifiche della stabilità globale del rilevato sono state condotte tramite il codice di calcolo SLIDE 7.0 (Doc. Rif.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 49 di 212

[32]). Le combinazioni di carico adottate nelle analisi fanno riferimento rispettivamente ai coefficienti parziali (A2+M2, v. Tabella 7).

Secondo le NTC 2008 (Doc. Rif. [17]), la verifica SLU di stabilità globale risulta essere soddisfatta se

$$FS \geq R2 = 1.1.$$

Il carico da traffico ferroviario (q), assunto pari a 61.4 kPa, è stato modellato come un carico distribuito applicato in corrispondenza delle impronte delle traversine ferroviarie. Tale sovraccarico è di tipo variabile- sfavorevole, pertanto, in accordo al coefficiente parziale sulle azioni A2 riportato e pari a 1.3. La quota di falda è stata assunta con riferimento alla condizione di lungo termine, con livello coincidente con il piano campagna, come riportato nel paragrafo 4.3.

In Figura 25 sono riportate le superfici di rottura critiche per la combinazione DA1C2. Il valore minimo di FS è pari a:

$$FS_{MIN} (DA1C2) = 1.111 > R2 = 1.1$$

le verifiche di stabilità globale risultano soddisfatte.

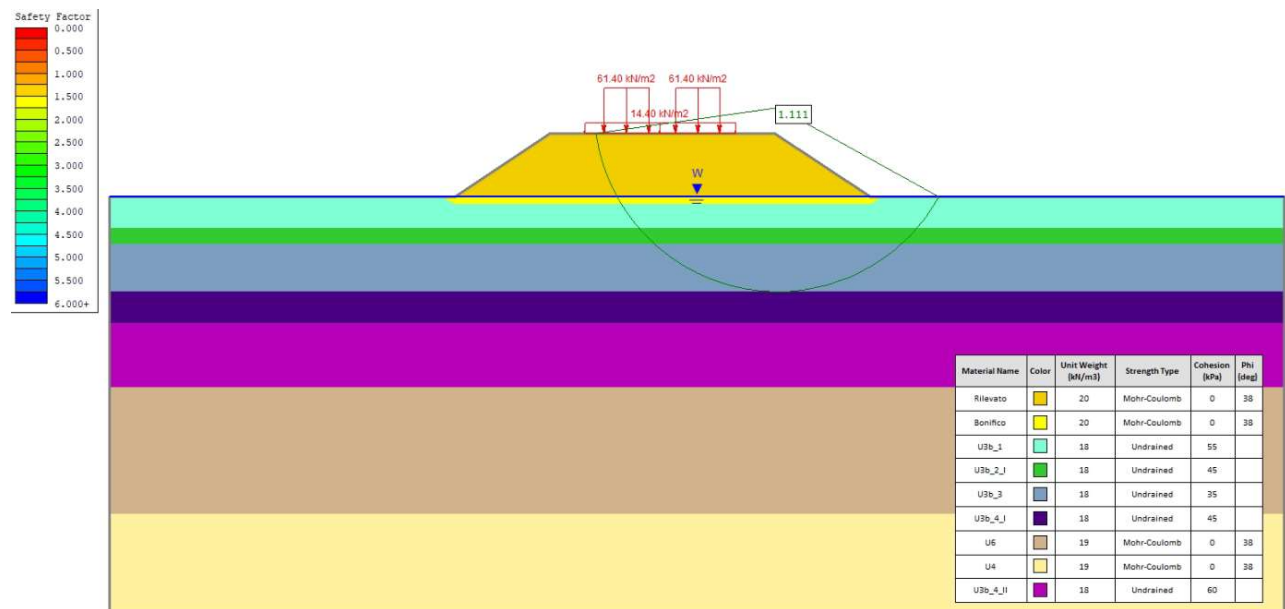




Figura 25 – Sezione A - Analisi SLU in campo statico DA1C2

### 6.3.2 Verifiche e risultati SLU in condizioni sismiche

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 50 di 212

$K_H = + 0.084$  (concorde alla direzione di scivolamento)  
 $K_V = \pm 0.042$  (verificando la più cautelativa tra negativo e positivo)

Le condizioni di falda sono le medesime assunte per l'analisi statica.

In Figura 26 sono riportate le superfici di rottura critiche. Si precisa che sono state escluse dall'analisi le superfici più periferiche e interamente contenute all'interno del corpo dell'opera. Il fattore di sicurezza FS è pari a:

$$FS_{MIN} = 1.21 > R2 = 1.1$$

la verifica di stabilità globale in campo sismico risulta soddisfatta.

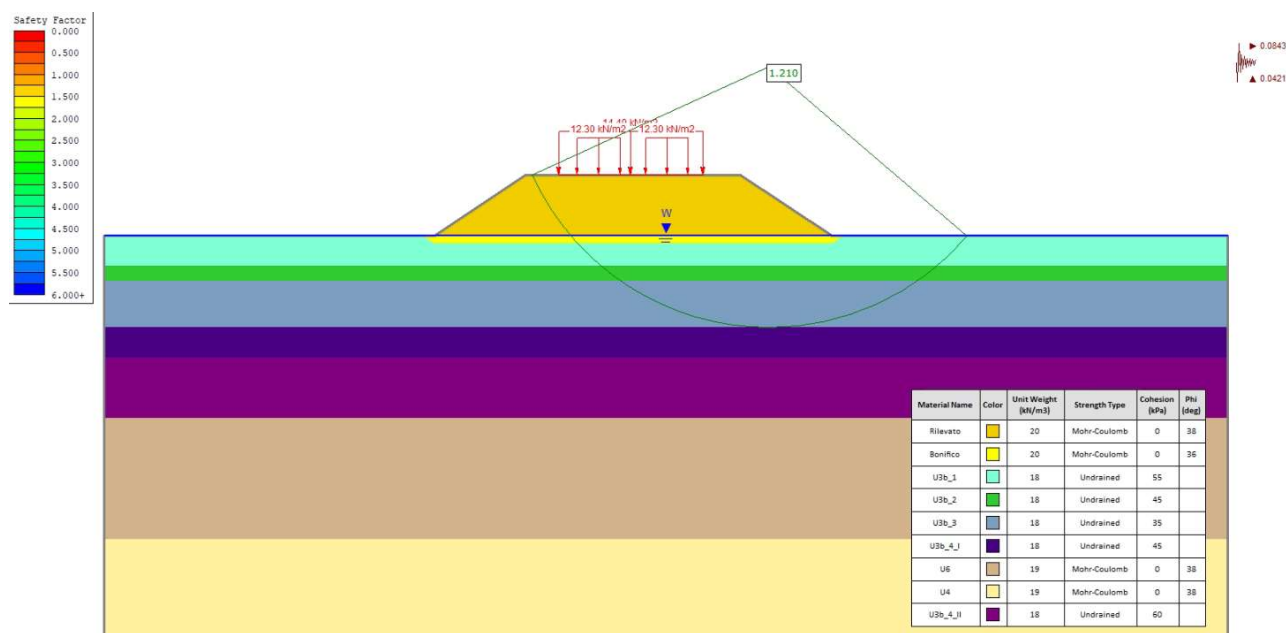


Figura 26 – Sezione A - Analisi SLU in campo sismico DA1C2

### 6.3.3 Verifica e risultati SLE

La determinazione del campo di spostamenti è stata svolta mediante l'utilizzo del codice di calcolo SETTLE 3D (Doc. Rif. [33]) che permette di valutare l'andamento dei cedimenti nel tempo sotto diverse ipotesi di carico. Il programma discretizza l'area analizzata in un numero finito di aree di carico e valuta gli incrementi di tensione indotti da ogni singola area di carico componendo poi gli effetti. A partire dagli incrementi tensionali vengono poi calcolati i cedimenti.

La valutazione dell'incremento dello stato tensionale indotto nel terreno dai carichi applicati viene condotta all'interno del codice di calcolo con riferimento a soluzioni basate sulle seguenti ipotesi semplificative:

- il terreno è schematizzato come un semispazio elastico lineare, omogeneo ed isotropo (modello di Boussinesq);
- l'area di carico è posta sulla superficie del semispazio ed è ipotizzata avere rigidezza nulla.

Per una generica condizione di carico viene quindi eseguita una discretizzazione in un numero finito di aree di carico sulle quali è applicata una pressione uniforme o variabile linearmente.

Per ogni direttrice di calcolo del cedimento vengono valutati gli incrementi di tensione indotti da ogni singola area di carico componendo poi gli effetti.

Il calcolo dell'incremento delle tensioni normali indotte da un'area di carico nastriforme, soggetta a un carico uniformemente distribuito (parte centrale del rilevato), viene eseguita sulla base delle formule di Jumikis (1971).

$$\Delta\sigma_z = \frac{q}{\pi} \cdot \left[ \tan^{-1}\left(\frac{x+B}{z}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{x-B}{z}\right) - \frac{z \cdot (x-B)}{(x-B)^2 + z^2} + \frac{z \cdot (x+B)}{(x+B)^2 + z^2} \right]$$

$$\Delta\sigma_x = \frac{q}{\pi} \cdot \left[ \tan^{-1}\left(\frac{x+B}{z}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{x-B}{z}\right) + \frac{z \cdot (x-B)}{(x-B)^2 + z^2} - \frac{z \cdot (x+B)}{(x+B)^2 + z^2} \right]$$

$$\Delta\sigma_y = \nu \cdot (\Delta\sigma_z + \Delta\sigma_x)$$

dove:

$\Delta\sigma_z$ ,  $\Delta\sigma_x$ ,  $\Delta\sigma_y$  = incremento delle tensioni normali verticali e orizzontali

$q$  = carico applicato

$\nu$  = coefficiente di Poisson

$B$  = semi-larghezza dell'area di carico in direzione  $x$

$x$ ,  $y$ ,  $z$  = coordinate geometriche di riferimento come indicato nella figura seguente.

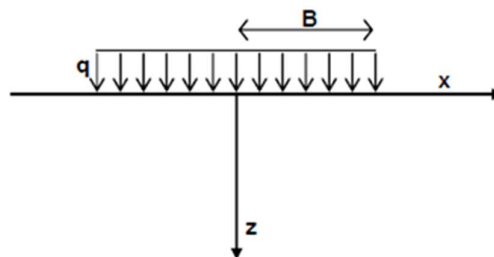




Figura 27 – Modello di calcolo Settle 3D – carico uniforme

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 52 di 212

Nel caso di un'area di carico nastriforme soggetta a un carico linearmente crescente (bordo del rilevato), le formule di Jumikis da applicare sono le seguenti:

$$\Delta\sigma_z = \frac{q}{\pi \cdot A} \cdot \left[ (x - A) \cdot \left( \tan^{-1}\left(\frac{x - A}{z}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{x}{z}\right) \right) + \frac{A \cdot z \cdot x}{x^2 + z^2} \right]$$

$$\Delta\sigma_x = \frac{q}{\pi \cdot A} \cdot \left[ (x - A) \cdot \left( \tan^{-1}\left(\frac{x - A}{z}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{x}{z}\right) \right) + z \cdot \ln\left(\frac{x^2 + z^2}{(x - A)^2 + z^2}\right) - \frac{A \cdot z \cdot x}{x^2 + z^2} \right]$$

$$\Delta\sigma_y = \nu \cdot (\Delta\sigma_z + \Delta\sigma_x)$$

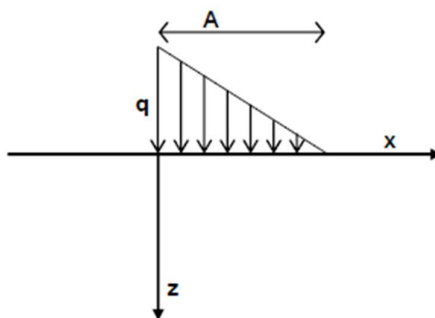


Figura 28 - Modello di calcolo Settle 3D – carico linearmente crescente

Il calcolo della deformazione verticale per ogni singolo sub-layer viene valutato sulla base dell'incremento di sforzo verticale, utilizzando la seguente espressione:

$$\varepsilon_z = \frac{\Delta\sigma_z}{E}$$

Il cedimento verticale totale viene quindi calcolato come sommatoria dei cedimenti dei diversi strati.

Il calcolo dei cedimenti indotti dalla realizzazione del rilevato ferroviario è stato svolto modellando la successione stratigrafica in sito tenendo conto delle diverse caratteristiche di deformabilità degli strati, in accordo alla stratigrafia di progetto riportata nei capitoli precedenti. Si sono assunti i valori caratteristici sia sulle azioni che sui materiali.

Si osserva come, in accordo con la stratigrafia e i parametri di progetto riportati nel Capitolo 4, i moduli elastici risultano di fatto indipendenti dallo stato tensionale ed il valore della quota della falda non ha alcuna influenza sull'esito del calcolo. Pertanto, nel calcolo la falda è stata rappresentata ad una quota convenzionale praticamente coincidente con il p.c.



Nell'ambito delle verifiche agli Stati Limite d'Esercizio, dev'essere verificata la seguente disequaglianza:

$$E_d \leq C_d \quad (\text{Eq. 6.2.7 del Doc. Rif. [17]})$$

dove

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



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 53 di 212

Sulla base di quanto riportato sopra, le verifiche geotecniche sono pertanto volte ad identificare un campo di spostamenti/cedimenti.

Il modello di calcolo è caratterizzato dalla presenza di un rilevato di altezza pari a 4 m, largo 26 m circa e con pendenza delle scarpate 2V:3H.

L'analisi è stata condotta nel dominio del tempo, assumendo le permeabilità dichiarate nel capitolo 4.5 e la seguente sequenza costruttiva:

1. Preparazione piano di posa e realizzazione del rilevato: 4 mesi;
2. Periodo di maturazione: massimo 3-4 mesi;
3. Lavorazioni di finitura rilevati (sub-ballast, canalette, ecc.): 3 mesi;
4. Realizzazione impianti: 2 mesi;
5. Posa in opera di ballast ed armamento ferroviario: 2 mesi.

Il carico dovuto al peso del rilevato è stato quindi applicato con una rampa di durata di 4 mesi, e quindi lasciato consolidare.

Successivamente, si è applicato il carico del ballast, e quindi lasciato consolidare a tempo infinito.

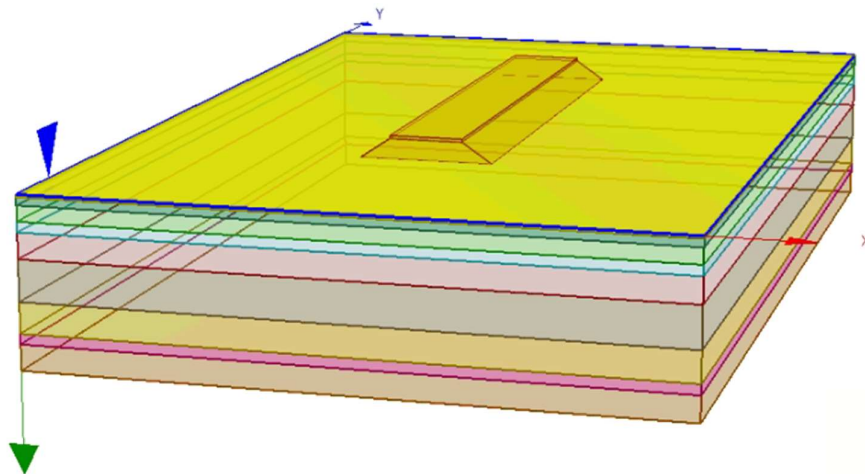




Figura 29 – Sezione A: modello di calcolo per la stima dei cedimenti

I risultati sono riportati in Figura 30. In particolare:

- la Figura 30a riporta il valore del cedimento prima della posa del ballast. Il valore massimo calcolato in corrispondenza del centro del rilevato è di circa 14.3 cm. Si segnala che tale valore del cedimento viene raggiunto circa 2 mesi dopo la fine del completamento del rilevato e, si mantiene quindi costante.

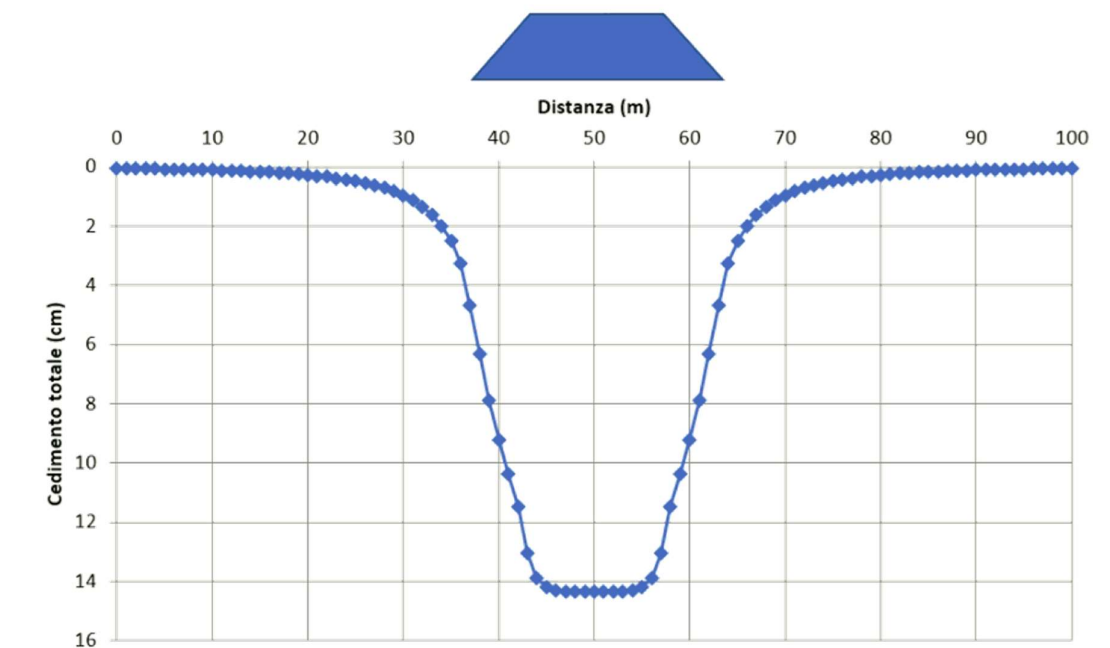
GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 54 di 212

- la Figura 30b illustra il cedimento stimato al termine della costruzione, dopo la posa dell'armamento ed al termine dei fenomeni di consolidazione. Il valore massimo calcolato in corrispondenza del centro del rilevato è di circa 15.1 cm.

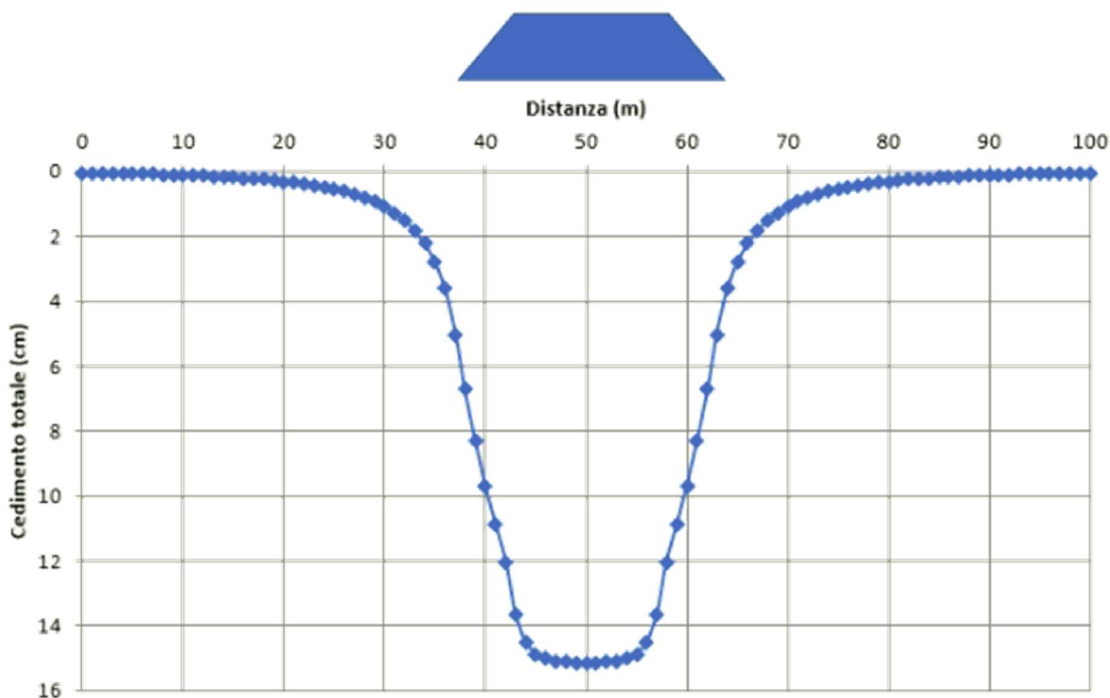
Se ne deduce che la maggior parte dei cedimenti si verificheranno nel corso della costruzione del rilevato. Questo è dovuto al fatto che i carichi applicati non sono tali da portare il terreno di fondazione nel campo della normalconsolidazione. I valori operativi dei coefficienti di consolidazione  $c_v$  rimangono quindi alti (a causa della poca compressibilità dei materiali), e con conseguenti sviluppo rapido dei cedimenti.

Anche tenendo conto di una quota parte di cedimento secondario, stimabile pari ad un 10% del totale, (quindi pari a meno di un centimetro nel periodo posteriore alla posa in opera del ballast), e tenendo in conto che il valore del cedimento dovuto alla posa in opera del ballast, anch'esso pressoché immediato, risulta essere dell'ordine del centimetro, si conclude che il cedimento dalla fine della posa in opera del ballast e fino alla fine della vite utile dell'opera (100 anni), risulta essere ampiamente inferiore al limite di 5 cm.

**La verifica SLE è quindi da considerarsi soddisfatta.**



a)



b)

Figura 30 - Sezione A: Analisi SLE – Cedimenti prima della posa del ballast (a) e totali al termine della consolidazione (b)

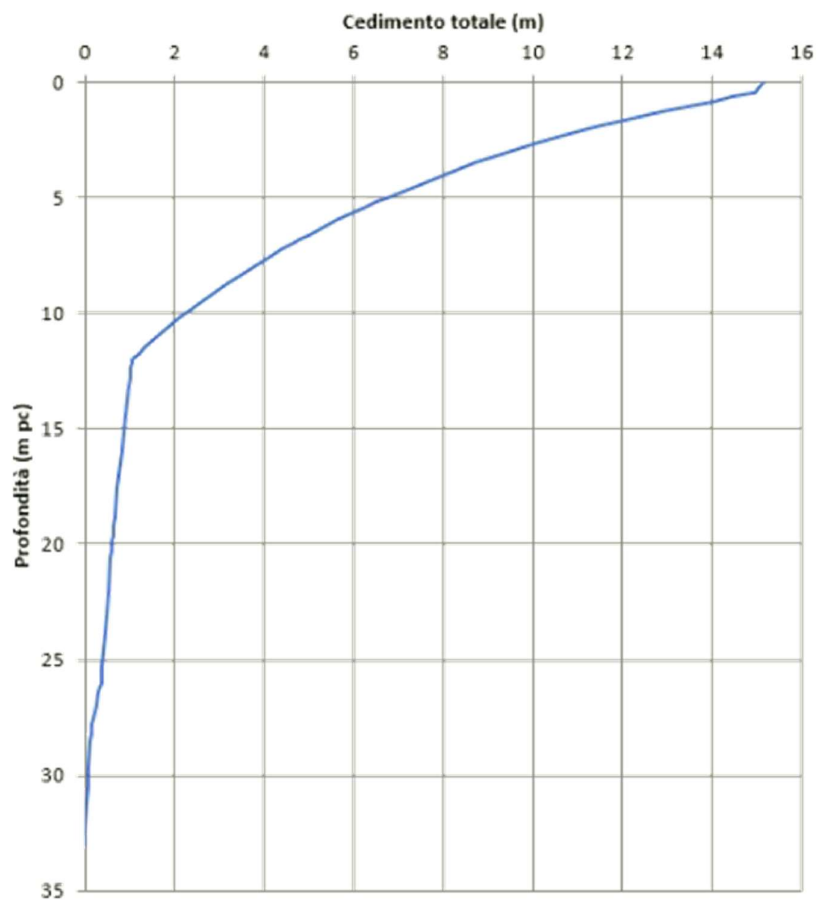




Figura 31 – Sezione A: Analisi SLE – Andamento dei cedimenti con la profondità, al centro del rilevato

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 57 di 212

## 6.4 Sezione B

La Sezione B è stata assunta come riferimento per la verifica del rilevato tra le pk 19+872 e pk 20+220 circa. Il rilevato è caratterizzato da un'altezza compresa tra 4 m e 7 m e, al fine di ridurre l'ingombro dello stesso e consentire la realizzazione della strada adiacente, in dx si prevede l'impiego di un muro di sostegno su pali. Per maggiori informazioni relativamente all'opera di sostegno, si rimanda agli elaborati grafici di riferimento ed alle relazioni di calcolo dedicate.

In linea con quanto già previsto nell'ambito del Progetto Definitivo, al fine di garantire la stabilità dell'opera, si rende necessario l'impiego di consolidamenti del terreno di fondazione per mezzo di inclusioni rigide in calcestruzzo. Le inclusioni avranno diametro di 600 mm e saranno disposte con maglia quadrata ed interasse pari a 2.6 m. Avranno una lunghezza di 13 m e si intersteranno nello strato ghiaioso, migliorando peraltro le prestazioni dell'opera favorendo il trasferimento dei carichi in profondità. In testa, si prevede la realizzazione di uno strato di misto cementato dello spessore di 80 cm.

Le verifiche del rilevato sono state eseguite con le medesime assunzioni fatte per lo studio della Sezione A, relativamente alle condizioni di falda ed ai carichi di progetto.

Si riassume di seguito l'esito delle analisi di stabilità agli SLU ed SLV e la stima dei cedimenti totali del rilevato.

### 6.4.1 Verifiche e risultati SLU in condizioni statiche

Ai fini delle analisi di stabilità, le inclusioni rigide sono state modellate con elementi strutturali bidimensionali equivalenti, aventi le caratteristiche geometriche richiamate nel capitolo precedente e dotate di resistenza al taglio pari a 107 kN. Quest'ultima è stata calcolata in considerazione dei materiali impiegati e facendo riferimento a quanto previsto nelle NTC per le strutture non armate. Per lo strato di misto cementato, sono state considerate le proprietà meccaniche indicate nel Capitolato RFI e sintetizzate nel capitolo 4.5.2, assumendo un valore cautelativo di  $c_u=400\text{kPa}$ .

I risultati dell'analisi sono rappresentati nella figura che segue:

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

pertanto, la verifica è soddisfatta ai sensi della normativa di riferimento.

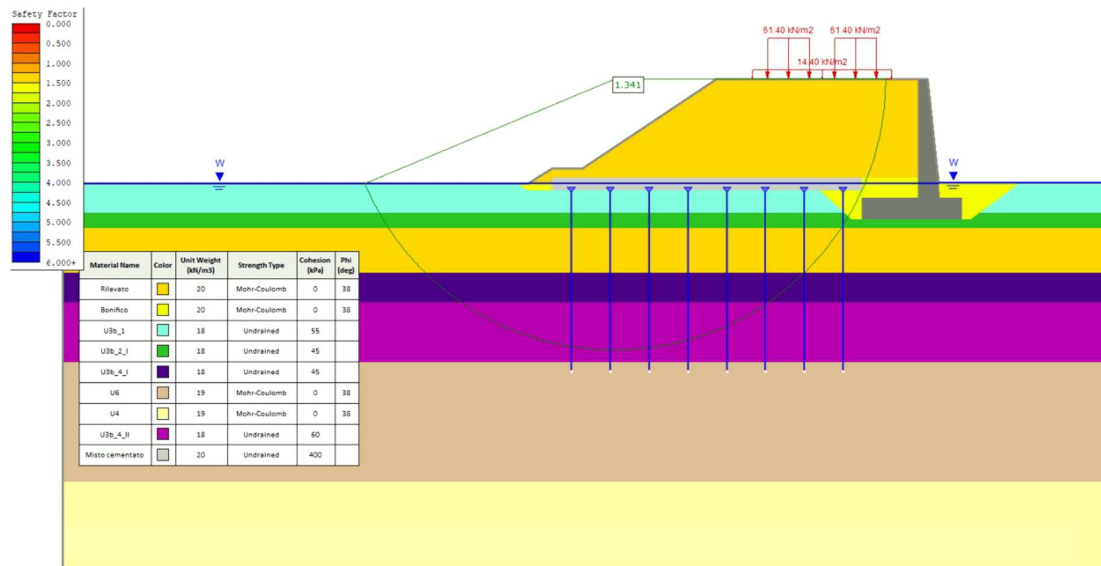


Figura 32 – Sezione B - Analisi SLU in campo statico DA1C2

### 6.4.2 Verifiche e risultati SLU in condizioni sismiche

I risultati dell'analisi sono rappresentati nella figura che segue:

$$FS_{MIN} (DA1C2) = 1.23 > R2 = 1.1$$

pertanto, la verifica è soddisfatta ai sensi della normativa di riferimento.

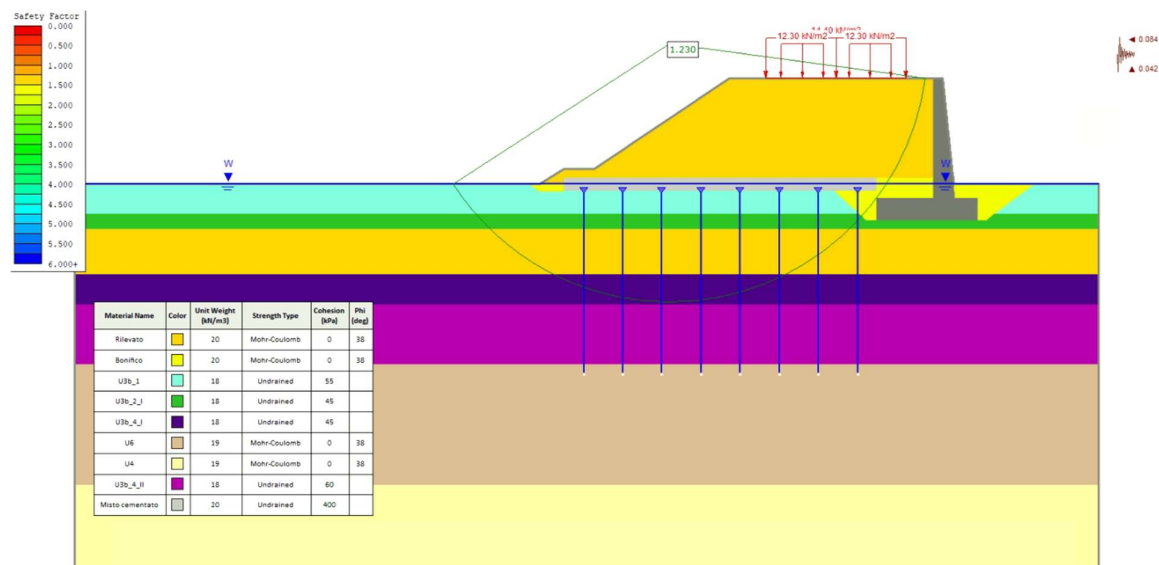




Figura 33 – Sezione B - Analisi SLU in campo sismico DA1C2

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 59 di 212

### 6.4.3 Verifiche e risultati SLE

Rispetto allo studio proposto per la Sezione A, considerata la maggior 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 con Plaxis (Doc. Rif. [33]). Il software ha permesso di valutare lo stato tensionale e deformativo del terreno durante ed in seguito alla costruzione del rilevato e di eseguire una modellazione di dettaglio delle inclusioni rigide e dell'interazione tra esse ed il terreno circostante.

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

Per i materiali a grana grossa (ghiaia e materiale da rilevato), in profondità e dotati di buone proprietà meccaniche e la cui risposta ai carichi previsti è descrivibile in condizioni drenate, si è fatto riferimento ad un modello costitutivo alla Mohr-Coulomb. Per maggiori informazioni circa i parametri deformativi e di resistenza impiegati si faccia riferimento alla Tabella 2.

Per i depositi coesivi si è esaminato il decorso dei cedimenti nel tempo, studiando il loro comportamento non drenato ed il grado di consolidazione in funzione del tempo nel corso della costruzione del rilevato. Inoltre, si è scelto di raggiungere un maggior grado di dettaglio nella definizione della rigidità dei depositi in funzione del loro stato tensionale, impiegando il modello costitutivo denominato Hardening Soil (HS) Model, appartenente alla famiglia dei modelli di tipo Cam-Clay. Il modello HS ha consentito di riprodurre la risposta esibita dai campioni indisturbati nel corso delle prove di laboratorio prese in esame per la caratterizzazione (v. capitolo 4). Ciò ha permesso di impiegare materiali aventi rigidità dipendenti dal livello tensionale, differenti in condizioni di compressione vergine e di scarico e ricarico e funzione della pressione di pre-consolidazione stimata. Si forniscono di seguito alcuni richiami teorici del modello costitutivo.



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

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

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

dove:

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 60 di 212

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;
- $\varepsilon_v^p$  deformazioni volumetriche plastiche;
- $\varepsilon_1^p$  deformazioni deviatoriche plastiche;
- $m$  costante che esprime la dipendenza della rigidezza dallo stato tensionale;
- $\alpha, \beta$  parametri di forma, rispettivamente funzione di  $K_0^{nc}$  e modulo edometrico.

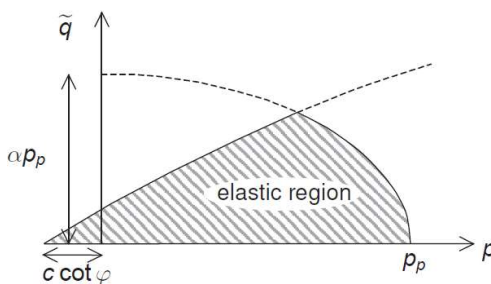




Figura 34 – Superficie di snervamento del modello Hardening Soil nel piano q-p'

La definizione del modello costitutivo richiede quindi la determinazione dei seguenti parametri geotecnici, per i quali si rimanda alla Tabella 2:  $e_0$ , CR, RR,  $\varphi$  e  $c'$  (o  $c_u$ ). Per maggiori dettagli si rimanda al Manuale di Plaxis.

Le inclusioni rigide sono state modellate per mezzo di elementi strutturali a comportamento elastico-lineare e di tipo



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 61 di 212

*embedded beam*: considerati *wished-in-place*, del diametro di 600mm ed aventi rigidezza pari a quella del calcestruzzo. Tali elementi sono dotati di componenti d'interfaccia integrate, che definiscono l'interazione tra terreno e struttura sulla base della resistenza dei materiali che li circonda. Le inclusioni, di lunghezza pari a 13 m, sono state modellate con un interasse pari a 2.6 m in direzione trasversale e longitudinalmente alla linea ferroviaria e collegate in testa con uno strato di misto cementato. Quest'ultimo è stato rappresentato con dei cluster il cui comportamento è stato descritto con un modello costitutivo elastico lineare (come fatto per il ballast) e modulo di rigidezza conservativamente posto pari a 2 GPa (v. capitolo 4.5.2).

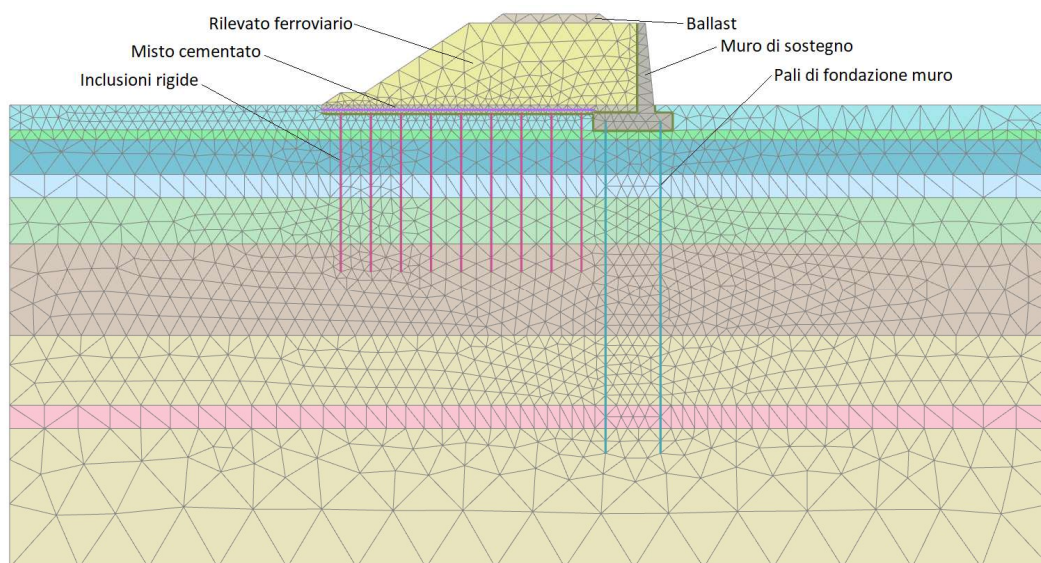




Figura 35 – Sezione B: modello agli elementi finiti

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

- Fase 1: scotico, preparazione del piano di lavoro e realizzazione inclusioni rigide: durata pari a 6 mesi;
- Fase 2: posa e costruzione del rilevato: durata pari a 4 mesi;
- Fase 3: lavorazioni di finitura dei rilevati (sub-ballast, canalette, ecc): durata pari a 3 mesi;
- Fase 4: installazione impianti: durata pari a 2 mesi;
- Fase 5: posa in opera del ballast e dell'armamento ferroviario: durata pari a 2 mesi;

In particolare, a favore di sicurezza si è trascurata la fase 3, riducendo il periodo di costruzione del rilevato al minimo possibile per la realizzazione dell'opera, considerando unicamente le fasi ritenute indispensabili. Successivamente alla Fase 5 è stato previsto un ultimo step di calcolo per il raggiungimento della totale dissipazione delle sovrappressioni interstiziali generate durante la costruzione, fino al termine della consolidazione.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 62 di 212

I risultati sono riportati in Figura 36 e Figura 37. In particolare:

- La Figura 37 - Sezione B: riporta il valore del cedimento sotto tutta l'area interessata dal carico. Il cedimento calcolato in corrispondenza del centro del nuovo rilevato e durante la costruzione dello stesso è di circa 3.4 cm (v. Figura 30);
- La Figura 37 riporta il valore del cedimento di consolidazione a partire dal termine della realizzazione del rilevato, che risulta inferiore a 3.7 cm.

Come precedentemente accennato, la presenza dei consolidamenti consente di minimizzare i cedimenti ed i tempi di consolidazione, trasferendo i carichi in profondità negli strati caratterizzati da maggiori rigidità e limitando lo stato tensionale dei depositi coesivi a valori inferiori agli sforzi di preconsolidazione. A valle di quest'ultima osservazione, si conclude che i cedimenti viscosi siano di entità trascurabile.

Gran parte dei cedimenti avverrà nella fase di costruzione del rilevato ed il cedimento residuo dopo la posa in opera del ballast è dell'ordine di pochi millimetri e quindi largamente inferiore al limite tollerabile dei 5 cm.

**La verifica SLE è quindi da considerarsi soddisfatta.**

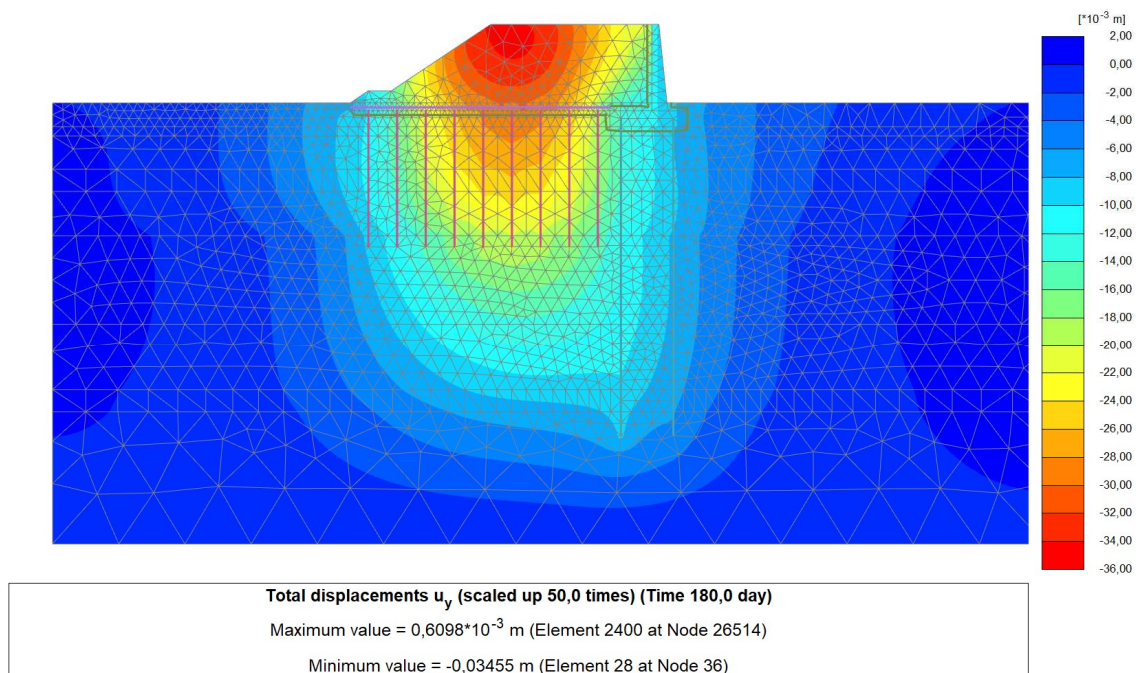
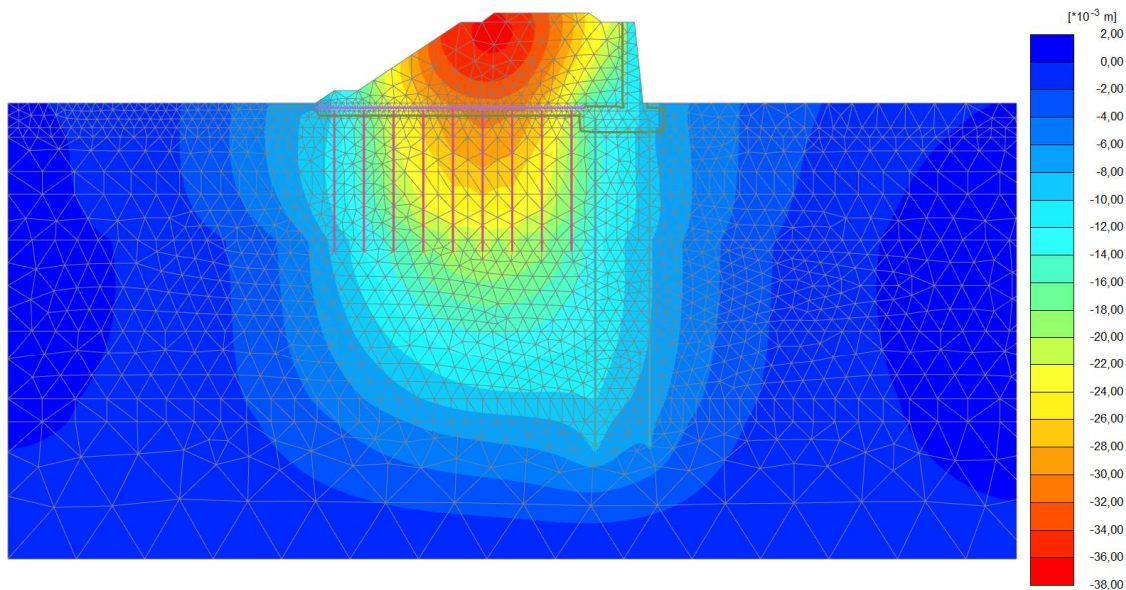
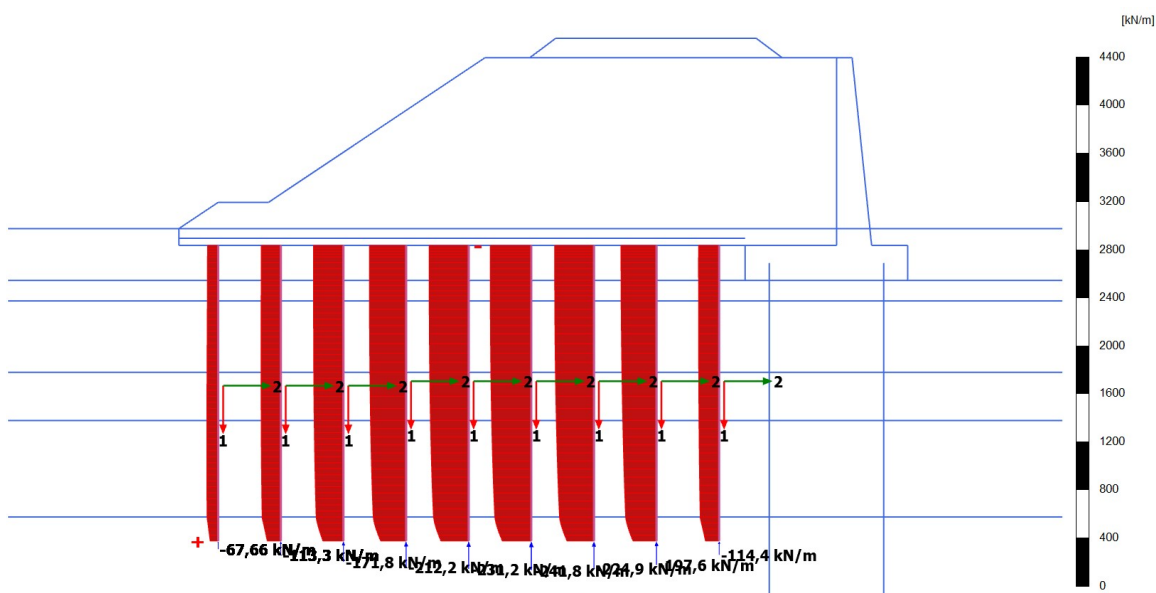


Figura 36 - Sezione B: Cedimenti prima della posa del ballast



**Total displacements  $u_y$  (scaled up 50,0 times) (Time 180,9 day)**  
 Maximum value =  $0,6429 \cdot 10^{-3}$  m (Element 2400 at Node 26514)  
 Minimum value = -0,03656 m (Element 23 at Node 29)

Figura 37 - Sezione B: Cedimenti in seguito alla posa del ballast ed al termine della consolidazione



**Axial forces N (scaled up  $5,00 \cdot 10^{-3}$  times) (Time 180,9 day)**  
 Maximum value = -67,49 kNm (Element 13 at Node 28731)  
 Minimum value = -341,3 kNm (Element 60 at Node 28920)

Figura 38 – Sezione B - Azioni assiali agenti lungo le inclusioni (compressione negativa)



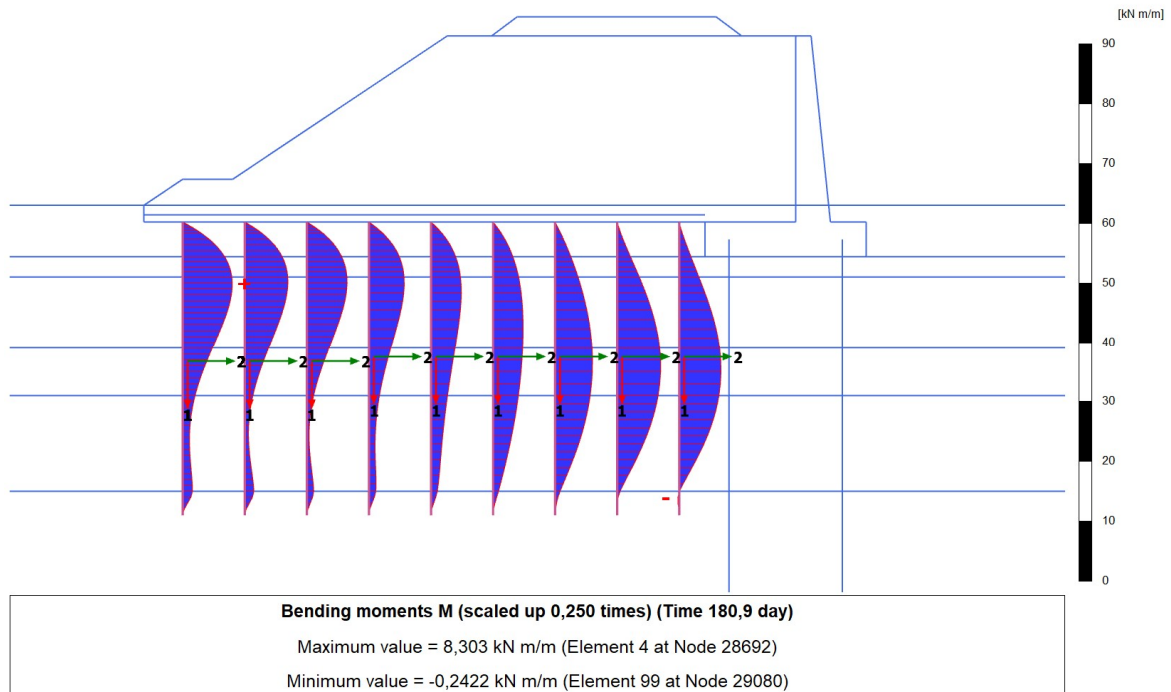


Figura 39 – Sezione A - Momenti flettenti agenti lungo le inclusioni rigide

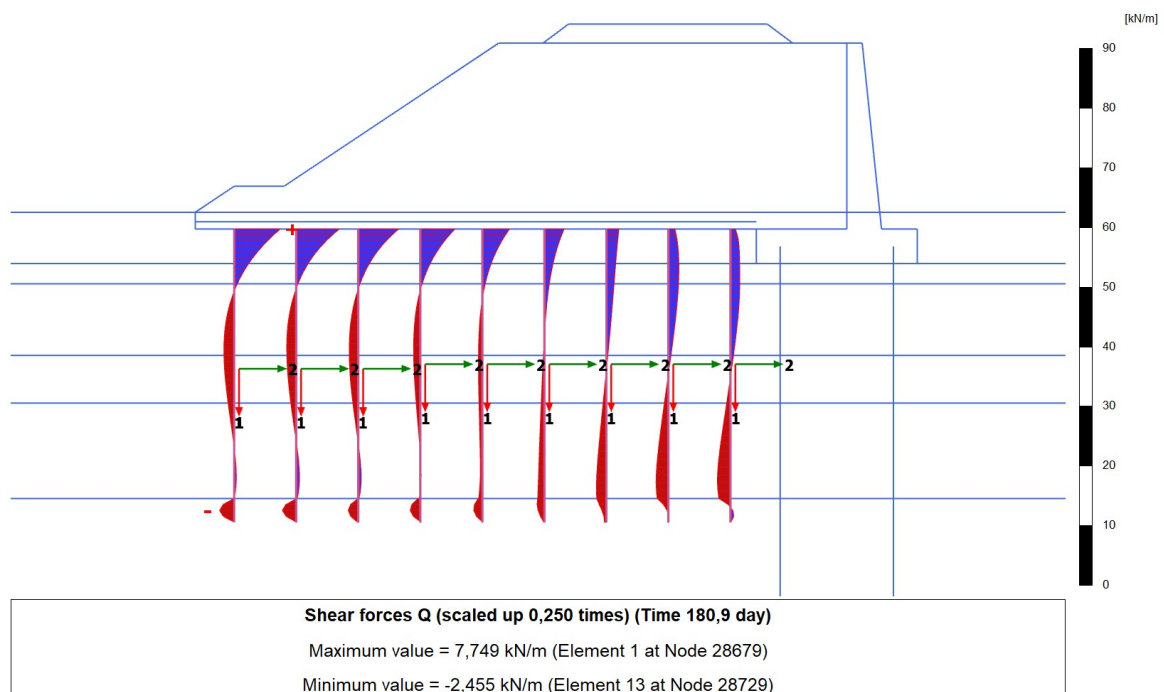




Figura 40 – Sezione A - Azioni di taglio agenti lungo le inclusioni rigide

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 65 di 212

#### 6.4.4 Verifiche strutturali

Le azioni agenti sulle inclusioni rigide sono state calcolate sulla base dei risultati agli Stati Limite di Esercizio discussi nel capitolo precedente e riportati in sintesi nei diagrammi di Figura 38, Figura 39e Figura 40. In particolare, per le verifiche di resistenza si è fatto riferimento alla combinazione A1+M1+R1 ritenuta d'interesse per le verifiche strutturali, moltiplicando le azioni stimate agli SLE per un fattore moltiplicativo pari ad 1.3 (fattore parziale A1), per ottenere le relative azioni di progetto agli Stati Limite Ultimo).

Le azioni agli SLU sono state impiegate in primo luogo per definire le sezioni parzializzate delle inclusioni rigide, per le quali è stato necessario predisporre un'armatura in grado di soddisfare le verifiche strutturali. Come indicato nella tabella che segue, per la fila di inclusioni più esterna, laddove le azioni di compressione risultano essere minime, risulta necessario l'impiego di barre longitudinali al fine di soddisfare la verifica a pressoflessione. Si prescrive pertanto l'impiego di 6 barre longitudinali  $\Phi 14$  e ferri d'irrigidimento  $\Phi 14/200$ . Le verifiche sono sintetizzate nei tabulati di calcolo di RC-SEC riportati nelle pagine seguenti.





<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001B</p>	<p>Foglio 66 di 212</p>

Tabella 11 – Sezione B - azioni agenti sulle inclusioni rigide

FILA 1 - ESTERNA				FILA 2				FILA 3				FILA 4				FILA 5				FILA 6				FILA 7				FILA 8				FILA PROSSIMA AL MURO															
Z	N	M	Parzializzato	Z	N	M	Parzializzato	Z	N	M	Parzializzato	Z	N	M	Parzializzato	Z	N	M	Parzializzato	Z	N	M	Parzializzato	Z	N	M	Parzializzato	Z	N	M	Parzializzato	Z	N	M	Parzializzato	Z	N	M	Parzializzato	Z	N	M	Parzializzato				
m.tp	t.N	t.Nm	-	m.tp	t.N	t.Nm	-	m.tp	t.N	t.Nm	-	m.tp	t.N	t.Nm	-	m.tp	t.N	t.Nm	-	m.tp	t.N	t.Nm	-	m.tp	t.N	t.Nm	-	m.tp	t.N	t.Nm	-	m.tp	t.N	t.Nm	-	m.tp	t.N	t.Nm	-	m.tp	t.N	t.Nm	-	m.tp	t.N	t.Nm	-
0,00	301,50	0,00	-	0,00	550,47	0,00	-	0,00	839,71	0,00	-	0,00	1029,91	0,00	-	0,00	1110,92	0,00	-	0,00	1153,49	0,00	-	0,00	1103,53	0,00	-	0,00	999,80	0,00	-	0,00	581,30	0,00	-	0,00	581,30	0,00	-								
0,70	301,50	0,00	-	0,70	550,47	0,00	-	0,70	839,71	0,00	-	0,70	1029,91	0,00	-	0,70	1110,92	0,00	-	0,70	1153,49	0,00	-	0,70	1103,53	0,00	-	0,70	999,80	0,00	-	0,70	581,30	0,00	-	0,70	581,30	0,00	-								
0,82	301,66	3,01	-	0,82	550,59	2,81	-	0,82	839,76	2,63	-	0,82	1029,90	2,26	-	0,82	1110,89	1,78	-	0,82	1153,44	1,30	-	0,82	1103,46	0,84	-	0,82	999,71	0,46	-	0,82	581,36	0,36	-	0,82	581,36	0,36	-								
0,94	301,84	5,80	-	0,94	550,72	5,39	-	0,94	839,83	5,04	-	0,94	1029,91	4,34	-	0,94	1110,87	3,42	-	0,94	1153,41	2,52	-	0,94	1103,39	1,65	-	0,94	999,62	0,96	-	0,94	581,41	0,78	-	0,94	581,41	0,78	-								
1,06	302,02	8,39	-	1,06	550,87	7,76	-	1,06	839,90	7,25	-	1,06	1029,92	6,25	-	1,06	1110,85	4,94	-	1,06	1153,38	3,66	-	1,06	1103,32	2,45	-	1,06	999,52	1,50	-	1,06	581,47	1,26	-	1,06	581,47	1,26	-								
1,18	302,22	10,77	-	1,18	551,03	9,92	-	1,18	839,99	9,26	-	1,18	1029,93	9,00	-	1,18	1110,84	6,34	-	1,18	1153,36	4,73	-	1,18	1103,26	3,22	-	1,18	999,42	2,08	-	1,18	581,52	1,78	-	1,18	581,52	1,78	-								
1,18	302,22	10,77	-	1,18	551,02	9,92	-	1,18	839,99	9,26	-	1,18	1029,93	9,00	-	1,18	1110,83	6,34	-	1,18	1153,35	4,73	-	1,18	1103,25	3,22	-	1,18	999,41	2,08	-	1,18	581,52	1,78	-	1,18	581,52	1,78	-								
1,42	302,65	15,04	X	1,42	551,37	13,73	-	1,42	840,17	12,82	-	1,42	1029,95	11,09	-	1,42	1110,81	8,84	-	1,42	1153,30	6,71	-	1,42	1103,11	4,75	-	1,42	999,17	3,33	-	1,42	581,60	2,92	-	1,42	581,60	2,92	-								
1,66	303,11	18,59	X	1,66	551,73	16,83	-	1,66	840,33	15,70	-	1,66	1029,93	13,62	-	1,66	1110,73	10,92	-	1,66	1153,22	8,44	-	1,66	1102,92	6,20	-	1,66	998,84	4,67	-	1,66	581,62	4,12	-	1,66	581,62	4,12	-								
1,91	303,60	21,48	X	1,91	552,11	19,30	-	1,91	840,48	17,99	-	1,91	1029,88	15,64	-	1,91	1110,61	12,62	-	1,91	1153,09	9,94	-	1,91	1102,66	7,58	-	1,91	998,42	6,07	-	1,91	581,59	5,37	-	1,91	581,59	5,37	-								
2,15	304,14	23,76	X	2,15	552,49	21,20	-	2,15	840,60	19,76	-	2,15	1029,78	17,21	-	2,15	1110,44	14,00	-	2,15	1152,91	11,23	-	2,15	1102,34	8,90	-	2,15	997,91	7,51	-	2,15	581,50	6,63	-	2,15	581,50	6,63	-								
2,15	304,14	23,76	X	2,15	552,49	21,20	-	2,15	840,59	19,76	-	2,15	1029,78	17,21	-	2,15	1110,44	14,00	-	2,15	1152,90	11,23	-	2,15	1102,34	8,90	-	2,15	997,90	7,51	-	2,15	581,51	6,63	-	2,15	581,51	6,63	-								
2,36	304,64	25,31	X	2,36	552,82	22,46	-	2,36	840,67	20,94	-	2,36	1029,64	18,27	-	2,36	1110,23	14,96	-	2,36	1152,68	12,22	-	2,36	1101,98	10,00	-	2,36	997,37	8,77	-	2,36	581,42	7,74	-	2,36	581,42	7,74	-								
2,58	305,17	26,48	X	2,58	553,15	23,38	-	2,58	840,71	21,80	-	2,58	1029,46	19,04	-	2,58	1109,97	15,71	-	2,58	1152,40	13,08	-	2,58	1101,55	11,04	-	2,58	996,74	10,03	-	2,58	581,32	8,86	-	2,58	581,32	8,86	-								
2,79	305,72	27,30	X	2,79	553,47	23,99	-	2,79	840,71	22,38	-	2,79	1029,21	19,58	-	2,79	1109,64	16,39	-	2,79	1152,05	13,82	-	2,79	1101,04	12,04	-	2,79	996,02	11,28	-	2,79	581,20	9,99	-	2,79	581,20	9,99	-								
3,00	306,31	27,82	X	3,00	553,78	24,33	-	3,00	840,68	22,70	-	3,00	1028,91	19,90	-	3,00	1109,25	16,71	-	3,00	1151,64	14,47	-	3,00	1100,46	12,99	-	3,00	995,21	12,51	-	3,00	581,06	11,12	-	3,00	581,06	11,12	-								
3,00	306,30	27,82	X	3,00	553,78	24,33	-	3,00	840,68	22,70	-	3,00	1028,91	19,90	-	3,00	1109,24	16,71	-	3,00	1151,64	14,47	-	3,00	1100,45	12,99	-	3,00	995,21	12,51	-	3,00	581,06	11,12	-	3,00	581,06	11,12	-								
3,25	307,02	28,06	X	3,25	554,12	24,42	-	3,25	840,58	22,80	-	3,24	1028,30	20,01	-	3,24	1108,48	17,09	-	3,24	1150,83	15,32	-	3,24	1099,33	14,41	-	3,24	993,72	14,42	-	3,24	580,81	12,91	-	3,24	580,81	12,91	-								
3,50	307,77	27,97	X	3,50	554,44	24,21	-	3,50	840,42	22,61	-	3,68	1027,51	19,72	-	3,68	1149,90	15,96	-	3,68	1149,90	15,96	-	3,68	1097,97	15,70	-	3,68	991,99	16,22	-	3,68	580,49	14,65	-	3,68	580,49	14,65	-								
3,75	308,55	27,58	X	3,75	554,74	23,75	-	3,75	840,19	22,19	-	4,02	1026,54	19,10	-	4,02	1106,36	17,02	-	4,02	1148,57	16,43	-	4,02	1096,37	16,87	-	4,02	990,03	17,99	-	4,02	580,10	16,30	-	4,02	580,10	16,30	-								
4,00	309,34	26,93	X	4,00	555,00	23,06	-	4,00	839,89	21,56	-	4,36	1025,39	18,23	-	4,36	1147,11	16,76	-	4,36	1147,11	16,76	-	4,36	1094,52	17,90	-	4,36	987,82	19,40	-	4,36	579,65	17,84	-	4,36	579,65	17,84	-								
4,00	309,35	26,93	X	4,00	554,99	23,06	-	4,00	839,88	21,56	-	4,36	1025,38	18,23	-	4,36	1147,10	16,76	-	4,36	1147,10	16,76	-	4,36	1094,53	17,90	-	4,36	987,82	19,40	-	4,36	579,64	17,84	-	4,36	579,64	17,84	-								
4,25	310,16	26,07	X	4,25	555,22	22,19	-	4,25	839,51	20,75	-	4,77	1023,75	16,95	-	4,77	1145,08	16,09	-	4,77	1145,05	16,98	-	4,77	1091,99	18,97	-	4,77	984,87	20,99	-	4,77	578,98	19,49	-	4,77	578,98	19,49	-								
4,50	310,99	25,03	X	4,50	555,41	21,16	-	4,50	839,06	19,80	-	5,18	1021,81	15,50	-	5,18	1140,81	15,35	-	5,18	1142,61	17,05	-	5,18	1089,06	19,83	-	5,18	981,58	22,21	-	5,18	578,19	20,90	-	5,18	578,19	20,90	-								
4,75	311,82	23,84	X	4,75	555,56	20,02	-	4,75	838,52	18,74	-	5,59	1019,55	13,96	-	5,59	1098,19	14,51	-	5,59	1139,79	16,98	-	5,59	1085,74	20,49	-	5,59	977,95	23,35	-	5,59	577,25	22,03	-	5,59	577,25	22,03	-								
5,00	312,64	22,54	X	5,00	555,66	18,78	-	5,00	837,90	17,58	-	6,00	1016,96	12,39	-	6,00	1095,18	13,62	-	6,00	1136,56	16,78	-	6,00	1082,00	20,93	-	6,00	973,98	24,08	-	6,00	576,16	22,88	-	6,00	576,16	22,88	-								
5,00	312,65	22,54	X	5,00	555,66	18,78	-	5,00	837,90	17,58	-	6,00	1016,98	12,39	-	6,00	1095,21	13,62	-	6,00	1136,58	16,78	-	6,00	1082,02	20,93	-	6,00	973,99	24,08	-	6,00	576,18	22,88	-	6,00	576,18	22,88	-								
5,25	313,46	21,16	X	5,25	555,72	17,49	-	5,25	837,20	16,36	-	6,50	1013,33	10,53	-	6,50	1091,01	12,51	-	6,50	1132,06	16,40	-	6,50	1076,88	21,17	-	6,50	968,69	24,57	-	6,50	574,64	23,50	-	6,50	574,64	23,50	-								
5,50	314,26	19,73	X	5,50	555,73	16,16	-	5,50	836,39	15,10	-	7,00	1009,11	8,79	-	7,00	1086,16	11,41	-	7,00	1126,96	15,96	-	7,00	1071,09	21,07	-	7,00	962,88	24,58	-	7,00	572,86	23,65	-	7,00	572,86	23,65	-								
5,75	315,04	18,27	X	5,75	555,69	14,81	-	5,75	835,49	13,82	-	7,50	1004,29	7,25	-	7,50	1080,64	10,36	-	7,50	1120,95	15,18	-	7,50	1064,63	20,64	-	7,50	956,55	24,12	-	7,50	570,80	23,31	-	7,50	570,80	23,31	-								
6,00	315,79	16,80	X	6,00	555,58	13,47	-	6,00	834,48	12,54	-	8,00	998,83	5,95	-	8,00	1074,43	9,37	-	8,00	1114,33	14,36	-	8,00	1057,49	19,86	-	8,00	949,70	23,19	-	8,00	568,47	22,48	-	8,00	568,47	22,48	-								
6,00	315,79	16,80	X	6,00	555,58	13,47	-	6,00	834,48	12,54	-	8,00	998,86	5,95	-	8,00	1074,40	9,37	-	8,00	111																										



GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 68 di 212

## DATI GENERALI SEZIONE CIRCOLARE DI PALO IN C.A.

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Forma della sezione:	Circolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia

## CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	14.16	MPa
	Resistenza compress. ridotta fcd':	7.08	MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.56	MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	15.0	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. a snervamento fyk:		450.0	MPa
Resist. caratt. a rottura ftk:		450.0	MPa
Resist. a snerv. di progetto fyd:		391.3	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.3	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef:		200000.0	MPa
Diagramma tensioni-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 * \beta_2$ :		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 * \beta_2$ :		0.50	

## CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Diametro sezione:	60.0	cm
Barre circonferenza:	6Ø14	(9.2 cm <sup>2</sup> )
Coprif.(dal baric. barre):	6.7	cm



## CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
VY	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale			
MT	Momento torcente [kN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	321.00	28.00	26.00	0.00

## COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx



<b>GENERAL CONTRACTOR</b>  <b>IRICAV2</b>	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b>  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 69 di 212

1                      245.00      22.00 (366.87)

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.0 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 21.9 cm  
 Interferro massimo barre longitudinali: 0.0 cm [deve essere < 0.0]  
 Copriferro netto minimo staffe: 5.2 cm

### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver                      S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N                        Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)  
 Mx                      Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico  
 N Ult                   Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)  
 Mx rd                  Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico  
 Mis.Sic.               Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)  
                              Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
 Yn                       Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X, Y, O sez.  
 As Tot.                 Area complessiva armature long. pilastro [cm<sup>2</sup>]. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tot.
1	S	321.00	28.00	321.13	152.52	5.447	16.2	---	---	9.2

### DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max                Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
 Yc max                Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)  
 es min                Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
 Ys min                Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.)  
 es max                Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)  
 Ys max                Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	30.0	0.00180	23.3	-0.01003	-23.3

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI



Ver                      S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 Sc max                Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa])  
 Yc max                Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X, Y, O)  
 Sc min                Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa])  
 Yc min                Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X, Y, O)  
 Ss min                Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]  
 Ys min                Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X, Y, O)  
 Dw Eff.                Spessore di calcestruzzo [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 Ac eff.                Area di congl. [cm<sup>2</sup>] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)  
 As eff.                Area Barre tese di acciaio [cm<sup>2</sup>] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	1.81	-30.0	0.00	30.0	0.8	23.3	0.0	0	0.0	----

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver                      Esito verifica  
 e1                      Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata  
 e2                      Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata  
 K2                      = 0.5 per flessione;  $= (e1 + e2) / (2 * e2)$  in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 71 di 212

## 7 RESISTENZA DEI PALI SOGGETTI A CARICHI ASSIALI

### 7.1 Introduzione

Il muro di sostegno presente lungo il rilevato sarà fondato su pali in ca. Il calcolo del muro e le relative verifiche sono contenuti nel documento di progetto del muro di sostegno.

Di seguito si riportano i calcoli di dimensionamento dei pali sotto carico assiale, condotti per il diametro  $D = 1200$  mm.

I calcoli sono stati svolti in accordo alle NTC 2008, seguendo i dettami validi per i pali trivellati.

Per quanto concerne il comportamento dei pali sotto carichi orizzontali, i calcoli di verifica e dimensionamento sono contenuti nel documento relativo al calcolo del muro.

Il calcolo è stato condotto in accordo all'approccio elastico di Matlock e Reese (1960) utilizzando i seguenti valori di molle orizzontali:

$E_h = k_h \cdot z$ , con  $z$  profondità da p.c.

In particolare, si forniscono di seguito alcune informazioni a completamento dei dati in Tabella 3.

z da	z a	E [kPa]
pc	2 m	$400 \cdot cu = 22000$
2 m	3 m	$400 \cdot cu = 18000$
3 m	6 m	$400 \cdot cu = 14000$
6 m	8 m	$400 \cdot cu = 18000$
8 m	12 m	$400 \cdot cu = 24000$
12 m	20 m	$15000 \text{ kN/m}^3 \times z$ (con $z$ da p.c.)
20 m	26 m	$15000 \text{ kN/m}^3 \times z$ (con $z$ da p.c.)
26 m	28 m	$400 \cdot cu = 48000$
28	-	$15000 \text{ kN/m}^3 \times z$ (con $z$ da p.c.)

### 7.2 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:

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 72 di 212

- $F_{cd}$  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;  
 $\gamma_R$  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. [17]) e riportati nelle seguenti

Tabella 7-1 e Tabella 7-2.

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 7-1.

La resistenza di progetto a compressione  $R_{c,d}$  è calcolata applicando al valore caratteristico della resistenza  $R_{c,k}$  i coefficienti parziali  $\gamma_R$  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  $\xi_3$  e  $\xi_4$  (Tabella 7-3) 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  $\xi_3$  e  $\xi_4$  da utilizzare nelle analisi sono funzione dal numero di sondaggi che sono stati considerati per valutare la resistenza del palo per ogni area omogenea o struttura/opera.



GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 73 di 212

Tabella 7-1 – Tab. 5.2.V, NTC 2008

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	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 <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	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 <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 <sup>(5)</sup>	0,20 <sup>(5)</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(6)</sup>	1,00 <sup>(7)</sup>	1,00	1,00	1,00

Tabella 7-2 – Tab. 6.4.II, NTC 2008

Tabella 6.4.II – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  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	$\gamma_b$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale <sup>(*)</sup>	$\gamma_t$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	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 7-3 – Tab. 6.4.IV NTC 2008 - Fattori di correlazione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali d'indagine

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
$\xi_4$	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 in condizioni sismiche i coefficienti delle azioni A1 sono assunti unitari, come da §7.11.5.3-NTC2008.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001B</p>	<p>Foglio 74 di 212</p>

### 7.3 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 ( $= \gamma_{st} \cdot \xi$ ).

#### 7.3.1 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,
- $\tau_i$  tensione di adesione laterale limite nello strato i-esimo,
- $h_i$  altezza dello strato i-esimo.



##### 7.3.1.1 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.
- $\alpha$  coefficiente empirico, determinato in accordo a quanto indicato nel manuale FHWA 2010:

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 75 di 212

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

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

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:

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

### 7.3.1.2 Depositi incoerenti

Per i terreni incoerenti la tensione di aderenza laterale limite è valutata mediante metodo  $\beta$  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:

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

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

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

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

### 7.3.2 Portata di base

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

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

dove:

$A_p$  area della base del palo,

$q_{bl}$  portata limite specifica di base.

#### 7.3.2.1 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  $c_{u,k}$  indica il valore caratteristico della resistenza a taglio non drenata.

#### 7.3.2.2 Depositi incoerenti

Il valore della portata di base allo stato critico ( $q_{bcr}$ ) 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 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

77 di 212

Tenuto conto delle indagini a disposizione, e del fatto che la stratigrafia è da considerarsi come ragionevolmente cautelativa rispetto alle condizioni medie del sito, si è considerato un valore di  $\xi_4 = 1.48$ .

## 7.5 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  $D = 1500$  mm.

I tabulati di calcolo sono riportati in ALLEGATO 7.



Pali trivellati  $\Phi$  1200  
Numero verticali indagate 3  
 $\xi_s$  1,48

Lpalo m	CARICO LIMITE ULTIMO							
	$Q_{u,lim}$ kN	$Q_{u,cr}$ kN	$Q_{u(0,5m)}$ kN	$Q_{u,d}$ kN	$Q_{u,d}$ kN	$Q_{u,d}$ kN	$Q_{u,d}$ kN	$Q_{u,d}$ kN
0,00	0	385	385	0	0	193	193	0
0,50	47	371	414	28	25	186	209	28
1,00	91	356	440	53	49	178	222	56
1,50	130	356	476	76	70	178	241	80
2,00	166	356	509	98	90	178	257	104
2,50	202	356	541	119	109	178	274	126
3,00	238	356	574	140	129	178	291	149
3,50	275	356	607	162	149	178	307	173
4,00	314	356	643	184	170	178	326	197
4,50	358	371	698	210	194	186	354	225
5,00	404	385	756	237	218	193	384	252
5,50	451	400	814	265	244	200	415	281
6,00	502	414	875	295	271	207	447	312
6,50	560	442	958	329	303	221	491	347
7,00	622	471	1045	365	336	236	536	384
7,50	684	499	1132	402	370	250	583	421
8,00	746	527	1219	438	403	264	629	457
8,50	809	555	1306	475	437	278	675	495
9,00	871	583	1392	512	471	292	721	532
9,50	933	611	1479	548	504	306	768	568
10,00	1027	611	1570	603	555	306	817	623
10,50	1187	927	2043	697	642	464	1066	713
11,00	1383	1244	2552	813	748	623	1334	823
11,50	1580	1561	3063	928	854	781	1604	932
12,00	1781	1877	3577	1046	963	939	1877	1044
12,50	1982	2194	4092	1165	1071	1098	2148	1156
13,00	2186	2511	4608	1284	1182	1257	2422	1270
13,50	2390	2827	5126	1404	1292	1415	2695	1384
14,00	2595	2827	5327	1525	1403	1415	2811	1498
14,50	2800	2827	5529	1645	1514	1415	2928	1612
15,00	3005	2827	5730	1766	1624	1415	3043	1726
15,50	3209	2827	5931	1885	1735	1415	3159	1840
16,00	3412	2827	6130	2005	1844	1415	3272	1953
16,50	3613	2827	6329	2123	1953	1415	3387	2066
17,00	3813	2827	6525	2240	2061	1415	3500	2176
17,50	4010	2827	6718	2356	2168	1415	3610	2287
18,00	4188	2827	6893	2461	2264	1415	3711	2386
18,50	4332	2908	7115	2545	2342	1455	3831	2468
19,00	4458	2989	7318	2619	2410	1496	3941	2539
19,50	4584	3070	7521	2693	2478	1537	4052	2610
20,00	4707	3151	7722	2766	2544	1577	4159	2680
20,50	4829	3231	7922	2837	2610	1617	4267	2749
21,00	4950	3231	8039	2908	2676	1617	4332	2819
21,50	5068	3231	8154	2978	2739	1617	4398	2885
22,00	5185	3231	8267	3046	2803	1617	4462	2952
22,50	5299	3231	8377	3113	2864	1617	4524	3017
23,00	5410	3231	8486	3179	2924	1617	4585	3080
23,50	5520	3231	8591	3243	2984	1617	4646	3143
24,00	5631	3231	8699	3308	3044	1617	4706	3207
24,50	5750	2729	8313	3378	3108	1366	4520	3274
25,00	5875	2226	7931	3452	3176	1114	4336	3346
25,50	5999	1724	7550	3525	3243	863	4154	3416
26,00	6120	1221	7165	3596	3308	611	3969	3484
26,50	6237	1693	7750	3665	3371	847	4269	3551
27,00	6352	2165	8334	3732	3434	1084	4569	3617
27,50	6469	2637	8920	3801	3497	1320	4868	3684
28,00	6589	3109	9508	3871	3562	1556	5171	3752
28,50	6711	3580	10098	3943	3628	1792	5474	3821
29,00	6835	4052	10690	4016	3695	2028	5778	3892

Figura 7-2 – Riassunto curve di carico limite ultimo e di resistenza di progetto SLU per pali D=1200 mm

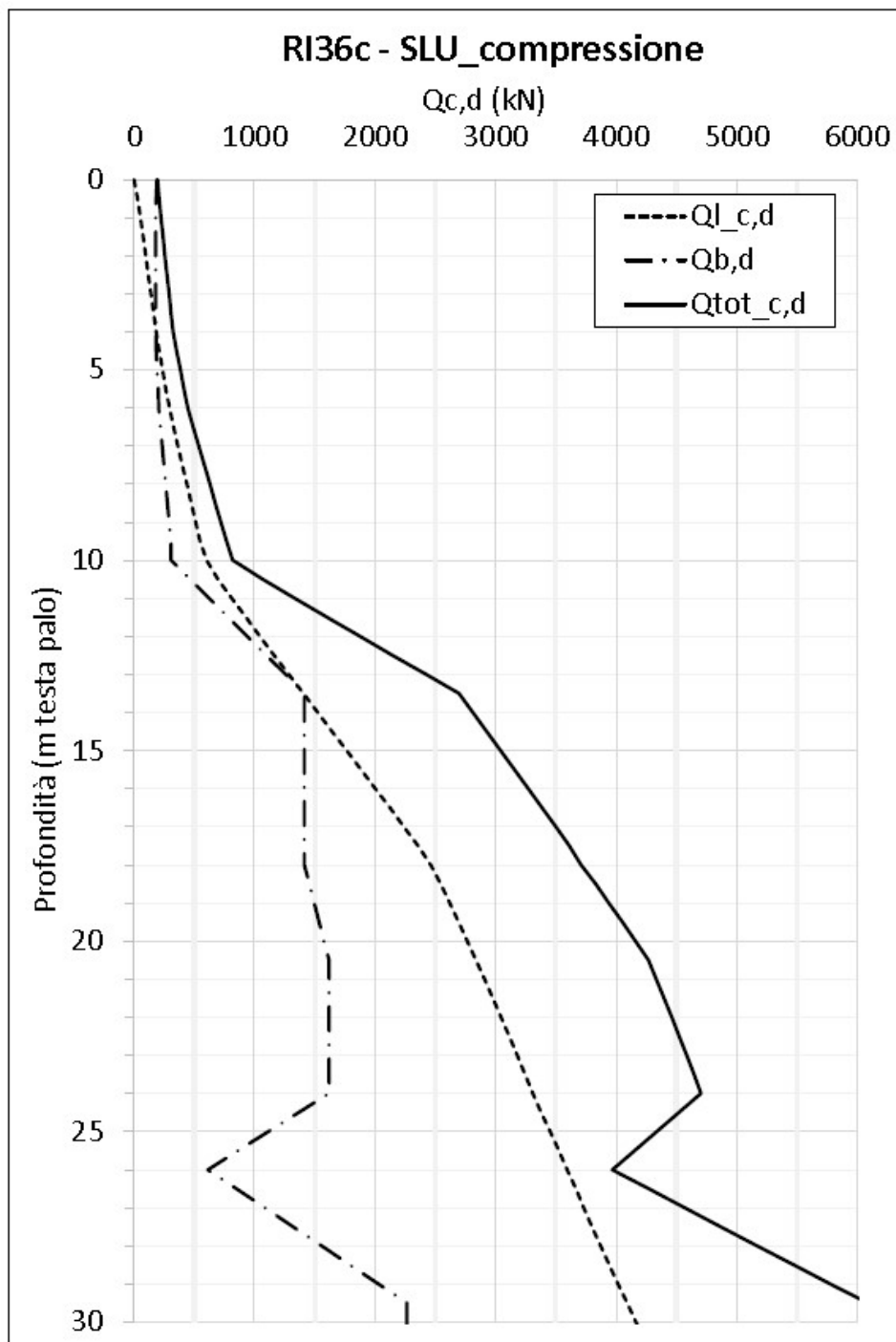


Figura 7-3 – Curve di resistenza di progetto SLU, compressione per pali  $D=1200$  mm

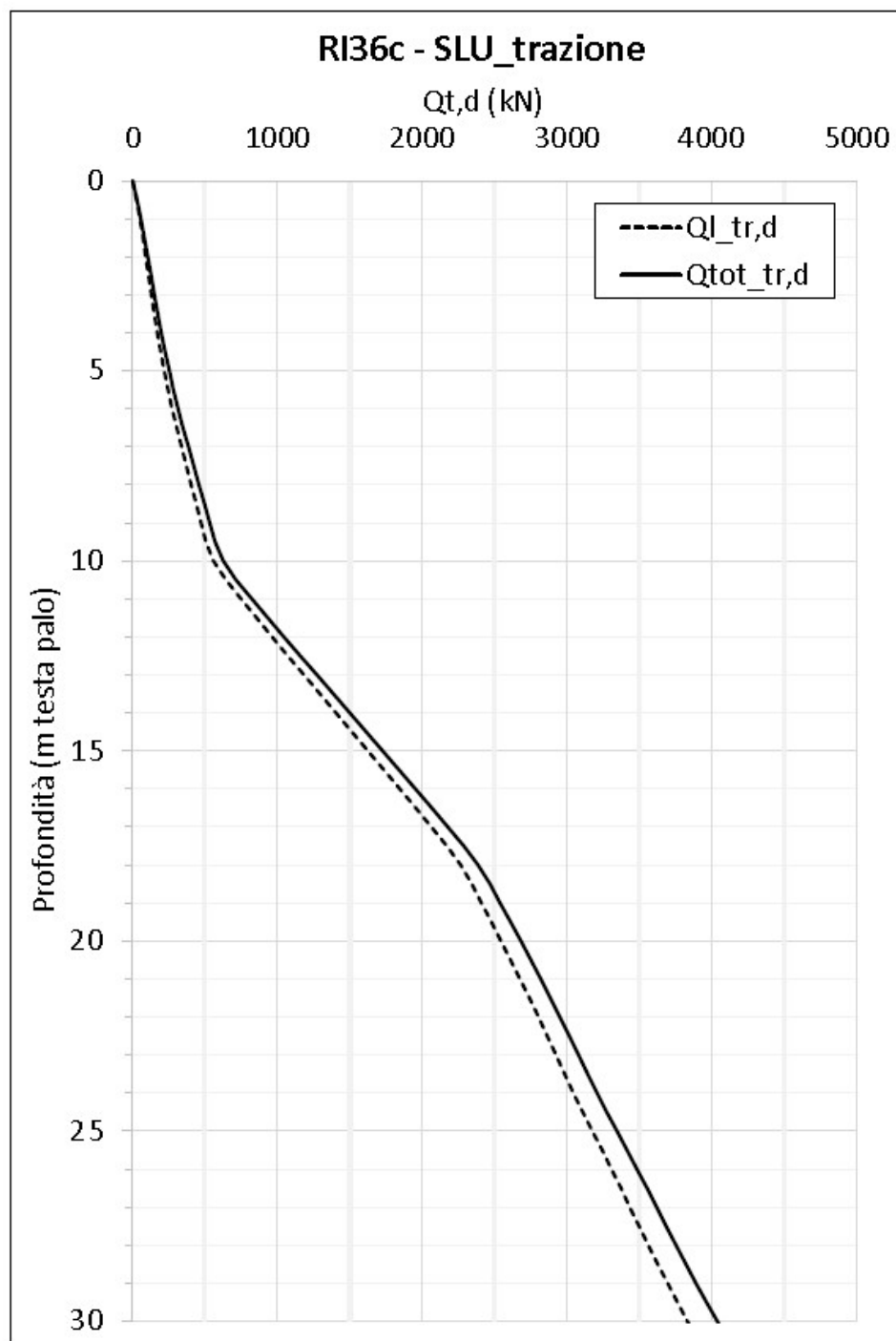




Figura 7-4 – Curve di resistenza di progetto SLU, trazione per pali  $D=1200$  mm

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 81 di 212

## 8 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

Nel tratto iniziale del rilevato, lo studio descritto nei capitoli precedenti ha confermato la necessità di interventi migliorativi emersa nell'ambito del Progetto Definitivo, del quale si conserva la soluzione tipologica.

In particolare, a partire dalla pk 19+872 e fino alla spalla del Viadotto Alpone, a seguito di uno scotico di 50 cm per il raggiungimento del piano d'imposta del rilevato, si realizzeranno inclusioni rigide collegate in testa da uno strato di misto cementato di 80 cm. Si elencano di seguito le principali caratteristiche degli elementi costituenti:

### *Inclusioni rigide – da pk 34+800 a spalla Viadotto Alpone*

Lunghezza 13 m;

Diametro 600 mm;

Schema a maglia quadrata;

Interasse in direzione longitudinale alla linea 2.6 m;

Interasse in direzione trasversale alla linea 2.6 m;

Armatura della sola fila più esterna: 6Φ14 longitudinali e ferri d'irrigidimento Φ14/200

Incidenza armatura = 33 kg/mc;

Lo schema d'intervento adottato ed illustrato negli elaborati grafici di riferimento è stato esaminato anche in relazione alle potenziali interferenze con le fondazioni delle barriere antirumore, presenti lungo il rilevato. Si osserva in primo luogo che, in relazione alla natura delle opere coinvolte ed al loro funzionamento, interferenze di piccole entità non sono da ritenersi problematiche. Ciononostante, le seguenti considerazioni hanno lo scopo di semplificare l'esecuzione delle opere di progetto.

Le barriere saranno posizionate sul ciglio del rilevato (Doc. rif. [1] e [4]) e dotate di fondazione profonde, costituite da un cordolo dello spessore di 100 cm e da una fila di pali Φ800 della lunghezza di 7 m, realizzati con un interasse di 3 m. Per i pali di fondazione e le inclusioni rigide, si sono assunti cautelativamente errori di verticalità pari a 1:100 e di posizionamento uguale a 10 cm. Pertanto, si ritiene che lo schema proposto garantisca la realizzazione dell'opera senza problemi di interferenza tra pali ed inclusioni rigide.

Per maggiori dettagli sulla geometria dell'intervento si rimanda agli elaborati di progetto (Doc. rif. [2], [3] e [4]).

Le soluzioni progettuali impiegate consentono di garantire la stabilità del rilevato ed i cedimenti attesi sono di piccola entità e soddisfano i requisiti prestazionali indicati nel MdP (Doc. rif. [22]).

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

82 di 212

**ALLEGATI**

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

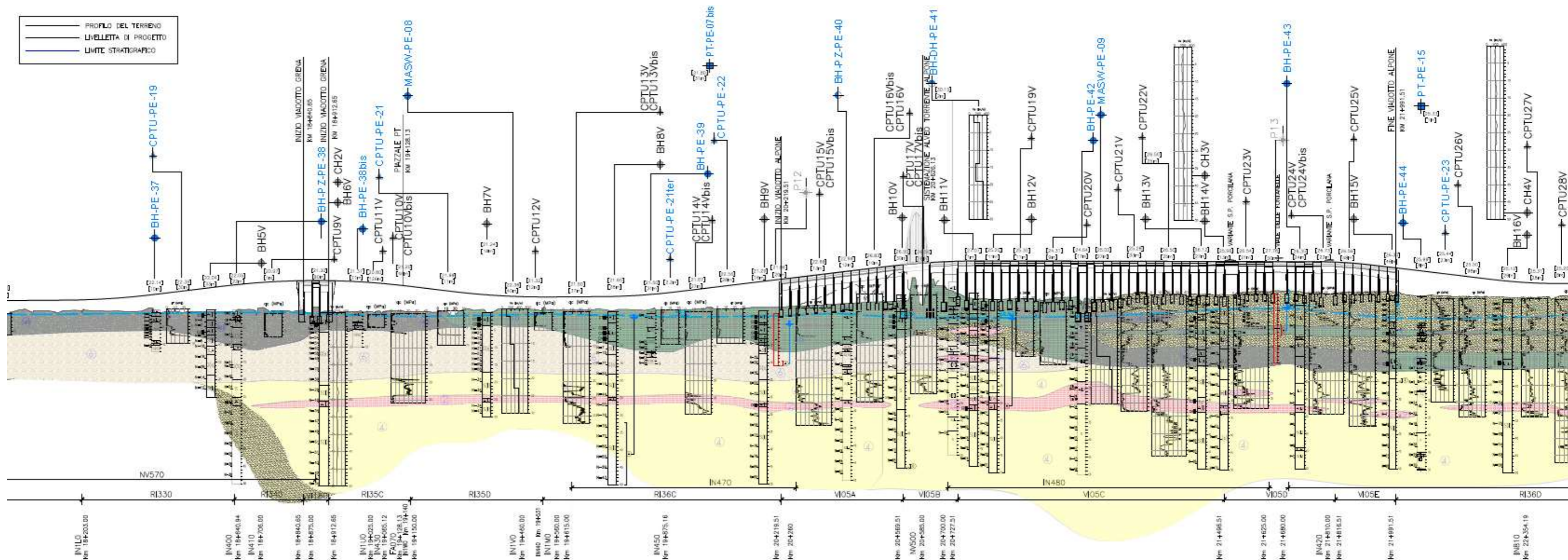
EI2RBRI36C0001B

Foglio

83 di 212

## ALLEGATO 1 - PROFILO STRATIGRAFICO





**Classi dei terreni**

- ① Riporto
- 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 comportamento drenato, da sciolti a mediamente addensati
- 3b Area con prevalenza di limi argillosi e argille limose, da tenere a mediamente compatte, generalmente NC o debolmente OC
- 3a/b Area di alternanze, sia in verticale che planimetriche, di materiali 3a e 3b
- ④ Sabbie generalmente da debolmente limose a limose, da mediamente addensati a molto addensati
- ⑥ Ghiaie, ghiaie con sabbie, con presenza locale di ciottoli, anche di grandi dimensioni (fino a 80/100mm)



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

85 di 212

## ALLEGATO 2 - SONDAGGI



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica  
EI2RBRI36C0001B

Foglio  
86 di 212

RILIEVO ACQUA IN FORO DURANTE LA PERFORAZIONE		NOTE	
PROF. FORO (PROF. MIN. / PROF. MAX.)	Da (m) / Data	Da (m) / Data	H (m)
<input type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGIATO <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGIATO DA S.P.T. <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGIATO DA VANE TEST <input type="checkbox"/> SPEZZIONE DI CAROTA <input type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTRUBATO PARETI SOTTILI <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTRUBATO A PRIGIONE <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTRUBATO ROTATIVO		ATTREZZATURA PER SPT MAGLIO "NEMZ" A SGANCIAMENTO AUTOMAT. PESO MAGLIO 63,5 Kg ALTEZZA CADUTA 76 cm DIAMETRO ASTE 50 mm PESO ASTE 7,2 kg/m PUNTA CONICA CHIUSA	
<input type="checkbox"/> PERMEAB. LEFRANC <input type="checkbox"/> PERMEAB. LUCEON <input type="checkbox"/> STRUMENTAZIONE		MATERIALE RIPOSTO IN N°10 CON OGGETTI E FOTOGRAFATO N° 5 GIORNI	
LACR. % SCA. % M.Q. % VANE TEST		CAROTTERE SEMPLICE Ø 101 mm CAROTAGGIO CONTINUO A SECCO	
PROVA CROSS HOLES TIPO PVC Ø 3" PER PROVA CROSS HOLES		DATA 05/03/2015	
MANOVRA DI CAROTAGGIO		20,00 20,00 20,00 20,00 20,00	
CEMENTAZIONE TIPO PVC Ø 3" PER S.T. SECCO		08/03/2015	

SCHEDE DI SONDAGGIO		COMM. cm01715	
SECONDO RACCOMANDAZIONI A.G.I. (1977)		PAG. 1	DI 3
CERTIFICATO cm01715 DIRETTORE Dott. Ing. Davide Splendore		DATA 31/12/2008 COMMITTENTE Iricav Due	
CANTIERE Linea AV/AC VR-FD Variante di San Bonifacio PERFORAZIONE N. BH-REV DATA INIZIO 05/03/2015 COORDINATE GB: Nord Est RESPONSABILE Dott. Carlucci OPERATORE Sig. Baldo		ULTIMAZIONE 11/03/2015 QUOTA s.l.m.m. ATTREZZATURA Come d.l.a.	
PROFONDITÀ (m)	PROFONDITÀ (m)	PROFONDITÀ (m)	PROFONDITÀ (m)
0,50	1,50	2,50	3,50
1,50	2,50	3,50	4,50
2,50	3,50	4,50	5,50
3,50	4,50	5,50	6,50
4,50	5,50	6,50	7,50
5,50	6,50	7,50	8,50
6,50	7,50	8,50	9,50
7,50	8,50	9,50	10,50
8,50	9,50	10,50	11,50
9,50	10,50	11,50	12,50
10,50	11,50	12,50	13,50
11,50	12,50	13,50	14,50
12,50	13,50	14,50	15,50
13,50	14,50	15,50	16,50
14,50	15,50	16,50	17,50
15,50	16,50	17,50	18,50
16,50	17,50	18,50	19,50
17,50	18,50	19,50	20,00
18,50	19,50	20,00	
19,50	20,00		
20,00			

Chala eterometrica sabbiosa, sub-rottondata, talora con dottili di varie illogie (porif. calcef. granif.).



















GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

94 di 212

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

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

95 di 212

## ***Slide Analysis Information***

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

#### ***Project Summary***

---

File Name: RI36c\_4m\_NP\_01\_stat.slim  
Last saved with Slide version: 7.029  
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
Date Created: 13/07/2021, 15:23:08

#### ***General Settings***

---

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

#### ***Design Standard***

---

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)  
Name: Stabilit lobale\_A2+M2+R2

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0



Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1
Shear strength	1
Compressive strength	1
Bond strength	1
Seismic Coefficient	1

## Analysis Options

Slices Type: Vertical

### Analysis Methods Used

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

## Groundwater Analysis

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

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

97 di 212

## Random Numbers

---

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

## Surface Options

---

Surface Type: Circular  
Search Method: Auto Refine Search  
Divisions along slope: 10  
Circles per division: 10  
Number of iterations: 10  
Divisions to use in next iteration: 50%  
Composite Surfaces: Disabled  
Minimum Elevation: Not Defined  
Minimum Depth [m]: 1.5  
Minimum Area: Not Defined  
Minimum Weight: Not Defined

## Seismic

---

Advanced seismic analysis: No  
Staged pseudostatic analysis: No

## Loading

---

- 3 Distributed Loads present

**Distributed Load 1**



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

**Distributed Load 2**

Distribution: Constant  
 Magnitude [kPa]: 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

**Material Properties**

Property	Rilevato	Bonifico	U3b_1	U3b_2_I	U3b_3	U3b_4_I	U6	U4
Color								
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Undrained	Undrained	Undrained	Undrained	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	20	20	18	18	18	18	19	19
Cohesion [kPa]	0	0					0	0
Friction Angle [deg]	38	38					38	38
Cohesion Type			55	45	35	45		
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	0	0	0	0	1	1

Property	U3b_4_II
Color	
Strength Type	Undrained

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

99 di 212

Unit Weight [kN/m3]	18
Cohesion Type	60
Water Surface	Water Table
Hu Value	0

## List Of Coordinates

---

### Water Table

X	Y
-34.8073	0
39.1727	0

### Distributed Load

X	Y
4.61446	4
3.63505	4
0.83505	4
-0.86495	4
-3.66495	4
-4.88667	4

### Distributed Load

X	Y
-0.86495	4
-3.66495	4

### Distributed Load

X	Y
3.63505	4
0.83505	4

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

100 di  
212

### External Boundary

X	Y
39.1727	-26.416
39.1727	-20
39.1727	-12
39.1727	-8
39.1727	-6
39.1727	-3
39.1727	-2
39.1727	0
13.8369	0
13.0869	0
7.08994	4
4.61446	4
3.63505	4
0.83505	4
-0.86495	4
-3.66495	4
-4.88667	4
-7.08994	4
-13.0869	0
-13.8369	0
-34.8073	0
-34.8073	-2
-34.8073	-3
-34.8073	-6
-34.8073	-8
-34.8073	-12
-34.8073	-20
-34.8073	-26.416

### Material Boundary

X	Y
-13.8369	0
-13.0869	-0.5
13.0869	-0.5
13.8369	0



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

101 di  
212

### Material Boundary

X	Y
-34.8073	-2
39.1727	-2

### Material Boundary

X	Y
-34.8073	-6
39.1727	-6

### Material Boundary

X	Y
-34.8073	-12
39.1727	-12

### Material Boundary

X	Y
-34.8073	-20
39.1727	-20

### Material Boundary

X	Y
-13.0869	0
13.0869	0

### Material Boundary

X	Y
-34.8073	-3
39.1727	-3

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

102 di  
212

## Material Boundary

X	Y
-34.8073	-8
39.1727	-8

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

103 di  
212

## Slide Analysis Information

### SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

#### Project Summary

---

File Name: RI36c\_7m\_MURO\_L14\_03\_stat\_sx.slim  
Last saved with Slide version: 7.029  
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
Date Created: 13/07/2021, 15:23:08

#### General Settings

---

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

#### Design Standard

---

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)  
Name: Stabilit lobale\_A2+M2+R2

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0



Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1
Shear strength	1
Compressive strength	1
Bond strength	1
Seismic Coefficient	1

## Analysis Options

Slices Type: Vertical

### Analysis Methods Used

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

## Groundwater Analysis

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

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

105 di  
212

## Random Numbers

---

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

## Surface Options

---

Surface Type: Circular  
Search Method: Auto Refine Search  
Divisions along slope: 10  
Circles per division: 10  
Number of iterations: 10  
Divisions to use in next iteration: 50%  
Composite Surfaces: Disabled  
Minimum Elevation: Not Defined  
Minimum Depth [m]: 1.5  
Minimum Area: Not Defined  
Minimum Weight: Not Defined

## Seismic

---

Advanced seismic analysis: No  
Staged pseudostatic analysis: No

## Loading

- 
- 3 Distributed Loads present

**Distributed Load 1**

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

106 di  
212

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

**Material Properties**

Property	Rilevato	Bonifico	U3b_1	U3b_2_I	U3b_4_I	U6	U4	U3b_4_II
Color								
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Undrained	Undrained	Undrained	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Undrained
Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	20	20	18	18	18	19	19	18
Cohesion [kPa]	0	0				0	0	
Friction Angle [deg]	38	38				38	38	
Cohesion Type			55	45	45			60
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	0	0	0	1	1	0

Property	Misto cementato	CA
Color		

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

107 di  
212

Strength Type	Undrained	Infinite strength
Unit Weight [kN/m3]	20	20
Cohesion Type	400	
Water Surface	Water Table	Water Table
Hu Value	0	0

## Support Properties

---

### Inclusioni

- Support Type: End Anchored
- Force Application: Passive
- Out-of-Plane Spacing: 2.6 m
- Anchor Capacity: 107 kN

## List Of Coordinates

---

### Water Table

X	Y
-45.363	-0.377266
-14.1776	-0.377266
13.3327	-0.3594
24.857	-0.3594

### Distributed Load

X	Y
10.1692	6.63809
9.16974	6.63809
6.36974	6.63809
4.66974	6.63809
1.86974	6.63809
0.870995	6.63809

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

108 di  
212

### Distributed Load

X	Y
4.66974	6.63809
1.86974	6.63809

### Distributed Load

X	Y
9.16974	6.63809
6.36974	6.63809

### Bolt

X	Y
-11.2508	-0.875937
-11.2508	-12.994

### Bolt

X	Y
-8.65082	-0.874758
-8.65082	-12.9928

### Bolt

X	Y
-6.05082	-0.873578
-6.05082	-12.9916

### Bolt

X	Y
-3.45082	-0.872398



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

109 di  
212

-3.45082 -12.9905

### Bolt

X	Y
-0.85082	-0.871218
-0.85082	-12.9893

### Bolt

X	Y
1.74918	-0.870038
1.74918	-12.9881

### Bolt

X	Y
4.34918	-0.868858
4.34918	-12.9869

### Bolt

X	Y
6.94918	-0.867678
6.94918	-12.9857

### External Boundary

X	Y
6.36974	6.63809
4.66974	6.63809
1.86974	6.63809
0.870995	6.63809
-1.57022	6.63809
-10.5654	0.638086
-12.5654	0.638086

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

110 di  
212

-13.5786	-1.11022e-016
-14.1776	-0.377266
-14.9276	-0.377266
-45.363	-0.377266
-45.363	-2.37727
-45.363	-3.37727
-45.363	-6.37727
-45.363	-8.37727
-45.363	-12.3773
-45.363	-20.3773
-45.363	-26.23
24.857	-26.23
24.857	-20.3773
24.857	-12.3773
24.857	-8.37727
24.857	-6.37727
24.857	-3.37727
24.857	-2.37727
24.857	-0.3594
18.737	-0.3594
13.3327	-0.3594
13.2956	1.19262e-018
13.2955	0.000466429
13.2737	0.21137
13.2297	0.638086
12.61	6.63809
11.985	6.63809
10.1692	6.63809
9.16974	6.63809

### Material Boundary

X	Y
-45.363	-2.37727
7.05606	-2.37727
8.185	-2.37727
14.935	-2.37727
16.0127	-2.37727
24.857	-2.37727

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

111 di  
212

### Material Boundary

X	Y
-45.363	-6.37727
24.857	-6.37727

### Material Boundary

X	Y
-45.363	-8.37727
24.857	-8.37727

### Material Boundary

X	Y
-45.363	-12.3773
24.857	-12.3773

### Material Boundary

X	Y
-45.363	-20.3773
24.857	-20.3773

### Material Boundary

X	Y
-14.9276	-0.377266
-14.1776	-0.877266
-12.5654	-0.876534
5.38937	-0.868386
8.18564	-0.867117
11.985	-0.865393
13.3849	-0.864757
11.985	-0.863331
11.985	-0.8594
13.3843	-0.8594

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

112 di  
212

18.044	-0.8594
18.737	-0.3594

### Material Boundary

X	Y
-45.363	-3.37727
24.857	-3.37727

### Material Boundary

X	Y
-14.1776	-0.377266
-12.5654	-0.376534
4.83736	-0.368636
8.18564	-0.367117
11.985	-0.365393
13.3332	-0.364781
11.985	-0.363387
11.985	-0.3594
13.3327	-0.3594

### Material Boundary

X	Y
-13.5786	-1.11022e-016
-12.5654	0
8.18564	0
11.985	0
13.2956	0
11.985	0.00017212
11.985	0.000520254
13.2955	0.000466429

### Material Boundary

X	Y
---	---

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

113 di  
212

-12.5654	-0.876534
-12.5654	-0.376534
-12.5654	0
-12.5654	0.638086

### Material Boundary

X	Y
11.985	0.000520254
11.985	0.158603
11.985	6.63809

### Material Boundary

X	Y
14.935	-2.8
15.447	-2.8
16.0127	-2.37727
18.044	-0.8594

### Material Boundary

X	Y
4.83736	-0.368636
5.38937	-0.868386
7.05606	-2.37727
7.523	-2.8
8.185	-2.8

### Material Boundary

X	Y
11.985	-0.3594
11.985	0
11.985	0.00017212

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

114 di  
212

### Material Boundary

X	Y
11.985	-0.8594
11.985	-0.365393
11.985	-0.363387

### Material Boundary

X	Y
11.985	-0.863331
11.985	-0.865393
11.985	-1.35
8.185	-1.35
8.185	-2.37727
8.185	-2.8
14.935	-2.8
14.935	-2.37727
14.935	-1.35
13.435	-1.35
13.3849	-0.864757
13.3843	-0.8594
13.3332	-0.364781
13.3327	-0.3594

### Material Boundary

X	Y
8.18564	-0.867117
8.18564	-0.367117
8.18564	0

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

115 di  
212

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

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

116 di  
212

## ***Slide Analysis Information***

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

#### ***Project Summary***

---

File Name: RI36c\_4m\_NP\_01\_sisma.slim  
Last saved with Slide version: 7.029  
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
Date Created: 13/07/2021, 15:23:08

#### ***General Settings***

---

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

#### ***Design Standard***

---

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)  
Name: Stabilit lobale\_SISMA+M2+R2

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1





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

## Analysis Options

Slices Type: Vertical

### Analysis Methods Used

Bishop simplified

Number of slices: 50

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 75

Check malpha < 0.2: Yes

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

Initial trial value of FS: 1

Steffensen Iteration: Yes

## Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces

Pore Fluid Unit Weight [kN/m<sup>3</sup>]: 9.81

Use negative pore pressure cutoff: Yes

Maximum negative pore pressure [kPa]: 0

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

118 di  
212

Advanced Groundwater Method: None

## Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

## Surface Options

Surface Type: Circular  
Search Method: Auto Refine Search  
Divisions along slope: 10  
Circles per division: 10  
Number of iterations: 10  
Divisions to use in next iteration: 50%  
Composite Surfaces: Disabled  
Minimum Elevation: Not Defined  
Minimum Depth [m]: 1.5  
Minimum Area: Not Defined  
Minimum Weight: Not Defined

## Seismic

Advanced seismic analysis: No

Staged pseudostatic analysis: No

## Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.0843

Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.0421



- 3 Distributed Loads present

**Distributed Load 1**

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

**Distributed Load 2**

Distribution: Constant  
 Magnitude [kPa]: 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

**Material Properties**

Property	Rilevato	Bonifico	U3b_1	U3b_2	U3b_3	U3b_4_I	U6	U4
Color								
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Undrained	Undrained	Undrained	Undrained	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20	20	18	18	18	18	19	19
Cohesion [kPa]	0	0					0	0
Friction Angle [deg]	38	36					38	38
Cohesion Type			55	45	35	45		
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	0	0	0	0	1	1

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

120 di  
212

Property	U3b_4_II
Color	
Strength Type	Undrained
Unit Weight [kN/m3]	18
Cohesion Type	60
Water Surface	Water Table
Hu Value	0

## List Of Coordinates

---

### Water Table

X	Y
-34.8073	0
39.1727	0

### Distributed Load

X	Y
4.61446	4
3.63505	4
0.83505	4
-0.86495	4
-3.66495	4
-4.88667	4

### Distributed Load

X	Y
-0.86495	4
-3.66495	4

### Distributed Load

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

121 di  
212

X	Y
3.63505	4
0.83505	4

### External Boundary

X	Y
39.1727	-26.391
39.1727	-22
39.1727	-20
39.1727	-12
39.1727	-8
39.1727	-6
39.1727	-3
39.1727	-2
39.1727	0
13.8369	0
13.0869	0
7.08994	4
4.61446	4
3.63505	4
0.83505	4
-0.86495	4
-3.66495	4
-4.88667	4
-7.08994	4
-13.0869	0
-13.8369	0
-34.8073	0
-34.8073	-2
-34.8073	-3
-34.8073	-6
-34.8073	-8
-34.8073	-12
-34.8073	-20
-34.8073	-26.391

### Material Boundary

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

122 di  
212

X	Y
-13.8369	0
-13.0869	-0.5
13.0869	-0.5
13.8369	0

### Material Boundary

X	Y
-34.8073	-2
39.1727	-2

### Material Boundary

X	Y
-34.8073	-6
39.1727	-6

### Material Boundary

X	Y
-34.8073	-8
39.1727	-8

### Material Boundary

X	Y
-34.8073	-12
39.1727	-12

### Material Boundary

X	Y
-34.8073	-20
39.1727	-20

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

123 di  
212

### Material Boundary

X	Y
-13.0869	0
13.0869	0

### Material Boundary

X	Y
-34.8073	-3
39.1727	-3

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

124 di  
212

## Slide Analysis Information

### SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

#### Project Summary

---

File Name: RI36c\_7m\_MURO\_L14\_03\_sisma\_sx.slim  
 Last saved with Slide version: 7.029  
 Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
 Date Created: 13/07/2021, 15:23:08

#### General Settings

---

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

#### Design Standard

---

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)  
 Name: Stabilit lobale\_SISMA+M2+R2

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1
Variable Actions: Favourable	0





Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1
Shear strength	1
Compressive strength	1
Bond strength	1
Seismic Coefficient	1

## Analysis Options

Slices Type: Vertical

### Analysis Methods Used

Bishop simplified

Number of slices: 50

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 75

Check malpha < 0.2: Yes

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

Initial trial value of FS: 1

Steffensen Iteration: Yes

## Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces

Pore Fluid Unit Weight [kN/m<sup>3</sup>]: 9.81

Use negative pore pressure cutoff: Yes

Maximum negative pore pressure [kPa]: 0

Advanced Groundwater Method: None

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

126 di  
212

## Random Numbers

---

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

## Surface Options

---

Surface Type: Circular  
Search Method: Auto Refine Search  
Divisions along slope: 10  
Circles per division: 10  
Number of iterations: 10  
Divisions to use in next iteration: 50%  
Composite Surfaces: Disabled  
Minimum Elevation: Not Defined  
Minimum Depth [m]: 1.5  
Minimum Area: Not Defined  
Minimum Weight: Not Defined

## Seismic

---

Advanced seismic analysis: No  
Staged pseudostatic analysis: No

## Loading

---

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.084  
Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.042

- 3 Distributed Loads present

**Distributed Load 1**

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

**Distributed Load 2**

Distribution: Constant  
 Magnitude [kPa]: 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

**Material Properties**

Property	Rilevato	Bonifico	U3b_1	U3b_2_I	U3b_4_I	U6	U4	U3b_4_II
Color								
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Undrained	Undrained	Undrained	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Undrained
Unit Weight [kN/m3]	20	20	18	18	18	19	19	18
Cohesion [kPa]	0	0				0	0	
Friction Angle [deg]	38	38				38	38	
Cohesion Type			55	45	45			60
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	0	0	0	1	1	0

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

128 di  
212

Color

Strength Type	Undrained	Infinite strength
Unit Weight [kN/m3]	20	20
Cohesion Type	400	
Water Surface	Water Table	Water Table
Hu Value	0	0

## Support Properties

---

### Inclusioni

- Support Type: End Anchored
- Force Application: Passive
- Out-of-Plane Spacing: 2.6 m
- Anchor Capacity: 107 kN

## List Of Coordinates

---

### Water Table

X	Y
-45.076	-0.377266
-14.1776	-0.377266
13.3327	-0.3594
22.985	-0.3594

### Distributed Load

X	Y
10.1692	6.63809
9.16974	6.63809
6.36974	6.63809
4.66974	6.63809
1.86974	6.63809

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

129 di  
212

0.870995 6.63809

### Distributed Load

X	Y
4.66974	6.63809
1.86974	6.63809

### Distributed Load

X	Y
9.16974	6.63809
6.36974	6.63809

### Bolt

X	Y
-11.2508	-0.875937
-11.2508	-13.021

### Bolt

X	Y
-8.65082	-0.874758
-8.65082	-13.0198

### Bolt

X	Y
-6.05082	-0.873578
-6.05082	-13.0186

### Bolt

X	Y
---	---

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

130 di  
212

-3.45082	-0.872398
-3.45082	-13.0175

### Bolt

X	Y
-0.85082	-0.871218
-0.85082	-13.0163

### Bolt

X	Y
1.74918	-0.870038
1.74918	-13.0151

### Bolt

X	Y
4.34918	-0.868858
4.34918	-13.0139

### Bolt

X	Y
6.94918	-0.867678
6.94918	-13.0127

### External Boundary

X	Y
6.36974	6.63809
4.66974	6.63809
1.86974	6.63809
0.870995	6.63809
-1.57022	6.63809
-10.5654	0.638086

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

131 di  
212

-12.5654	0.638086
-13.5786	-1.11022e-016
-14.1776	-0.377266
-14.9276	-0.377266
-45.076	-0.377266
-45.076	-2.37727
-45.076	-3.37727
-45.076	-6.37727
-45.076	-8.37727
-45.076	-12.3773
-45.076	-20.3773
-45.076	-26.23
22.985	-26.23
22.985	-20.3773
22.985	-12.3773
22.985	-8.37727
22.985	-6.37727
22.985	-3.37727
22.985	-2.37727
22.985	-0.3594
18.737	-0.3594
13.3327	-0.3594
13.2956	1.19262e-018
13.2955	0.000466429
13.2737	0.21137
13.2297	0.638086
12.61	6.63809
11.985	6.63809
10.1692	6.63809
9.16974	6.63809

### Material Boundary

X	Y
-45.076	-2.37727
7.05606	-2.37727
8.185	-2.37727
14.935	-2.37727
16.0127	-2.37727
22.985	-2.37727

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

132 di  
212

### Material Boundary

X	Y
-45.076	-6.37727
22.985	-6.37727

### Material Boundary

X	Y
-45.076	-8.37727
22.985	-8.37727

### Material Boundary

X	Y
-45.076	-12.3773
22.985	-12.3773

### Material Boundary

X	Y
-45.076	-20.3773
22.985	-20.3773

### Material Boundary

X	Y
-14.9276	-0.377266
-14.1776	-0.877266
-12.5654	-0.876534
5.38937	-0.868386
8.18564	-0.867117
11.985	-0.865393
13.3849	-0.864757
11.985	-0.863331



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

133 di  
212

11.985	-0.8594
13.3843	-0.8594
18.044	-0.8594
18.737	-0.3594

### Material Boundary

X	Y
-45.076	-3.37727
22.985	-3.37727

### Material Boundary

X	Y
-14.1776	-0.377266
-12.5654	-0.376534
4.83736	-0.368636
8.18564	-0.367117
11.985	-0.365393
13.3332	-0.364781
11.985	-0.363387
11.985	-0.3594
13.3327	-0.3594

### Material Boundary

X	Y
-13.5786	-1.11022e-016
-12.5654	0
8.18564	0
11.985	0
13.2956	0
11.985	0.00017212
11.985	0.000520254
13.2955	0.000466429

### Material Boundary

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

134 di  
212

X	Y
-12.5654	-0.876534
-12.5654	-0.376534
-12.5654	0
-12.5654	0.638086

### Material Boundary

X	Y
11.985	0.000520254
11.985	0.158603
11.985	6.63809

### Material Boundary

X	Y
14.935	-2.8
15.447	-2.8
16.0127	-2.37727
18.044	-0.8594

### Material Boundary

X	Y
4.83736	-0.368636
5.38937	-0.868386
7.05606	-2.37727
7.523	-2.8
8.185	-2.8

### Material Boundary

X	Y
11.985	-0.3594
11.985	0
11.985	0.00017212

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

135 di  
212

### Material Boundary

X	Y
11.985	-0.8594
11.985	-0.365393
11.985	-0.363387

### Material Boundary

X	Y
11.985	-0.863331
11.985	-0.865393
11.985	-1.35
8.185	-1.35
8.185	-2.37727
8.185	-2.8
14.935	-2.8
14.935	-2.37727
14.935	-1.35
13.435	-1.35
13.3849	-0.864757
13.3843	-0.8594
13.3332	-0.364781
13.3327	-0.3594

### Material Boundary

X	Y
8.18564	-0.867117
8.18564	-0.367117
8.18564	0

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

136 di  
212

## ALLEGATO 5- TABULATI DI SETTLE 3D – ANALISI SLE

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

137 di  
212

## Settle3D Analysis Information

RI36c

## Project Settings

Document Name: RI36c\_4m\_NP\_02\_cons.s3z

Project Title: RI36c

Date Created: 08/03/2021, 11:30:59

Stress Computation Method: Boussinesq

Time-dependent Consolidation Analysis

Time Units: days

Permeability Units: meters/second

Groundwater method: Water Table

Water Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>

Depth to water table: 0 [m]

## Stage Settings

Stage #Name Time [days]

1	t0	0
2	Rilevato	0
3	Stage 30.01	
4	Rilevato consolid	120
5	Impianti180	
6	Ballast 180	
7	Consolidazione 260	

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

138 di  
212

## Results

Time taken to compute: 2.61426 seconds

Stage:  $t_0 = 0$  d

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [cm]	0	0
Consolidation Settlement [cm]	0	0
Immediate Settlement [cm]	0	0
Secondary Settlement [cm]	0	0
Loading Stress [kPa]	0	0
Effective Stress [kPa]	-0	290.27
Total Stress [kPa]	0	614
Total Strain	-0	-0
Pore Water Pressure [kPa]	0	323.73
Excess Pore Water Pressure [kPa]	0	0
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [kPa]	0.25475	289.81
Over-consolidation Ratio	1	39.9117
Void Ratio	0	1
Permeability [m/s]	0	0.00864
Coefficient of Consolidation [m <sup>2</sup> /s]	0	7.98469

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

139 di  
212

Hydroconsolidation Settlement [cm] 0 0  
Average Degree of Consolidation [%] 0 100

Stage: Rilevato = 0 d

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [cm]	0	0.979523
Consolidation Settlement [cm]	0	0
Immediate Settlement [cm]	0	0.979523
Secondary Settlement [cm]	0	0
Loading Stress [kPa]	0	117.273
Effective Stress [kPa]	-0	290.27
Total Stress [kPa]	0	642.112
Total Strain	-0	0.00584649
Pore Water Pressure [kPa]	0	351.842
Excess Pore Water Pressure [kPa]	0	117.273
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [kPa]	0.25475	289.81
Over-consolidation Ratio	1	39.9117
Void Ratio	0	1
Permeability [m/s]	0	0.00864
Coefficient of Consolidation [m <sup>2</sup> /s]	0	7.98469
Hydroconsolidation Settlement [cm]	0	0
Average Degree of Consolidation [%]	0	100

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

140 di  
212

Stage: Stage 3 = 0.01 d

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [cm]	0	1.55178
Consolidation Settlement [cm]	0	0.58296
Immediate Settlement [cm]	0	0.979523
Secondary Settlement [cm]	0	0
Loading Stress [kPa]	0	117.273
Effective Stress [kPa]	-0	318.382
Total Stress [kPa]	0	642.112
Total Strain	-3.20724e-005	0.0153873
Pore Water Pressure [kPa]	0	323.73
Excess Pore Water Pressure [kPa]	0	104.373
Degree of Consolidation [%]	0	53.8037
Pre-consolidation Stress [kPa]	0.25475	317.965
Over-consolidation Ratio	1	39.9125
Void Ratio	0	1.00006
Permeability [m/s]	0	0.00864
Coefficient of Consolidation [m <sup>2</sup> /s]	0	7.98469
Hydroconsolidation Settlement [cm]	0	0
Average Degree of Consolidation [%]	0	100



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

141 di  
212

Stage: Rilevato consolid = 120 d

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [cm]	0	13.9202
Consolidation Settlement [cm]	0	12.9407
Immediate Settlement [cm]	0	0.979523
Secondary Settlement [cm]	0	0
Loading Stress [kPa]	0	117.273
Effective Stress [kPa]	-0	318.382
Total Stress [kPa]	0	642.112
Total Strain	-0.000245217	0.0310518
Pore Water Pressure [kPa]	0	323.73
Excess Pore Water Pressure [kPa]	-7.27298e-031	13.2879
Degree of Consolidation [%]	0	100
Pre-consolidation Stress [kPa]	0.25475	317.965
Over-consolidation Ratio	1	40.4671
Void Ratio	0	1.00049
Permeability [m/s]	0	0.00864
Coefficient of Consolidation [m <sup>2</sup> /s]	0	7.98469
Hydroconsolidation Settlement [cm]	0	0
Average Degree of Consolidation [%]	0	100

Stage: Impianti = 180 d

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

142 di  
212

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [cm]	0	14.2605
Consolidation Settlement [cm]	0	13.2809
Immediate Settlement [cm]	0	0.979523
Secondary Settlement [cm]	0	0
Loading Stress [kPa]	0	117.273
Effective Stress [kPa]	-0	318.382
Total Stress [kPa]	0	642.112
Total Strain	-8.33953e-005	0.031146
Pore Water Pressure [kPa]	0	323.73
Excess Pore Water Pressure [kPa]	-6.82992e-032	4.53865
Degree of Consolidation [%]	0	100
Pre-consolidation Stress [kPa]	0.25475	317.965
Over-consolidation Ratio	1	40.1
Void Ratio	0	1.00017
Permeability [m/s]	0	0.00864
Coefficient of Consolidation [m <sup>2</sup> /s]	0	7.98469
Hydroconsolidation Settlement [cm]	0	0
Average Degree of Consolidation [%]	0	100

Stage: Ballast = 180 d

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA


 Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
 Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

143 di  
212

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [cm]	0	14.3456
Consolidation Settlement [cm]	0	13.2809
Immediate Settlement [cm]	0	1.06466
Secondary Settlement [cm]	0	0
Loading Stress [kPa]	0.000855818	122.347
Effective Stress [kPa]	-0	318.382
Total Stress [kPa]	0.000855818	644.338
Total Strain	-8.33953e-005	0.031146
Pore Water Pressure [kPa]	0.000855818	325.956
Excess Pore Water Pressure [kPa]	0.000855818	12.559
Degree of Consolidation [%]	0	94.7083
Pre-consolidation Stress [kPa]	0.25475	317.965
Over-consolidation Ratio	1	40.1
Void Ratio	0	1.00017
Permeability [m/s]	0	0.00864
Coefficient of Consolidation [m <sup>2</sup> /s]	0	7.98469
Hydroconsolidation Settlement [cm]	0	0
Average Degree of Consolidation [%]	0	92.4125

Stage: Consolidazione = 260 d

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [cm]	0	15.0993

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

144 di  
212

Consolidation Settlement [cm]	0	14.0347
Immediate Settlement [cm]	0	1.06466
Secondary Settlement [cm]	0	0
Loading Stress [kPa]	0.000855818	122.347
Effective Stress [kPa]	0.000855818	320.608
Total Stress [kPa]	0.000855818	644.338
Total Strain	4.35951e-008	0.0317729
Pore Water Pressure [kPa]	0	323.73
Excess Pore Water Pressure [kPa]	0	3.65903
Degree of Consolidation [%]	0	100
Pre-consolidation Stress [kPa]	0.255622	320.194
Over-consolidation Ratio	1	39.9038
Void Ratio	0	0.999997
Permeability [m/s]	0	0.00864
Coefficient of Consolidation [m <sup>2</sup> /s]	0	7.98469
Hydroconsolidation Settlement [cm]	0	0
Average Degree of Consolidation [%]	0	100

## Embankments

### 1. Embankment: "Rilevato"

Label: Rilevato

Center Line: (0, -50) to (0, 50)

Number of Layers: 2

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

145 di  
212

Near End Angle: 90 degrees

Far End Angle: 90 degrees

Base Width: 26.17

Layer	Stage	Left Bench Width (m)	Left Angle (deg)	Height (m)	Unit Weight (kN/m3)	Right
		Right Bench Width (m)				Angle (deg)
1	Rilevato = 0 d 0	34	4	20	34	0
2	Ballast = 180 d 0	90	0.55	18	90	0

## Soil Layers

Layer #	Type	Thickness [m]	Depth [m]	Drained at Bottom
1	Rinterro	0.5	0	No
2	U3b1	1.5	0.5	No
3	U3_b2	1	2	No
4	U3_b3	3	3	No
5	U3_b4	2	6	No
6	U3_b5	4	8	Yes
7	U6	8	12	Yes
8	U4_1	6	20	No
9	U2	2	26	Yes
10	U4_2	5	28	Yes

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

146 di  
212

Ground Surface Drained: Yes

Soil Properties

Property	Rinterro	U3b1	U3_b2	U3_b3	U3_b4	U6	U2	U4_1	U4_2	U3_b5	
Color	—										
Color	—										
Color	—										
Color	—										
Color	—										
Color	—										
Color	—										
Color	—										
Color	—										
Color	—										
Unit Weight [kN/m3]	20	18	18	18	18	19	18	19	19	18	
Saturated Unit Weight [kN/m3]	20	18	18	18	18	18	19	18	19	19	18
Immediate Settlement	Enabled		Disabled		Disabled		Disabled		Disabled	Enabled	
Disabled	Enabled		Enabled		Disabled						
Es [kPa]	20000				100000		100000	120000			
Esur [kPa]	20000				100000		100000	120000			
Primary Consolidation	Disabled		Enabled		Enabled		Enabled		Enabled	Disabled	
Enabled	Disabled		Disabled		Enabled						
Material Type	Non-Linear		Non-Linear		Non-Linear		Non-Linear			Linear	
Non-Linear											
mv [m2/kN]							2.97e-005				

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
IN17	12	EI2RBRI36C0001B	147 di 212

mvur [m <sup>2</sup> /kN]					2.97e-005	
Cc	0.36	0.4	0.4	0.4	0.4	
Cr	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	
e0	1	1	1	1	1	
Pc [kPa]		250	170	150	170	250
OCR	1				1	1 1
Cv [m <sup>2</sup> /s]						
K [m/s]	3e-009	3e-009	3e-009	1e-007	1e-009	1e-007
Kr	3e-009	3e-009	3e-009	1e-007	1e-007	
B-bar	1	1	1	1	1	1

Query Points

Point # (X,Y) Location Number of Divisions

1 0.273218, 0 Auto: 85

Query Lines

Line # Start Location End Location Horizontal Divisions Vertical Divisions

1 -50, 0 50, 0 100 Auto: 85

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001B



Foglio

148 di  
212

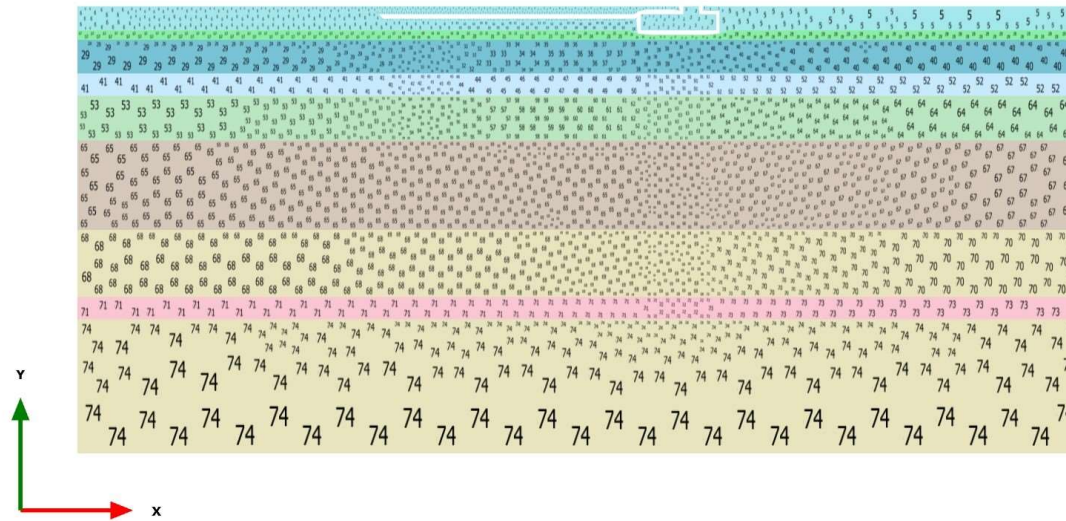
## ALLEGATO 6- TABULATI DI PLAXIS







<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001B</p>	<p>Foglio 150 di 212</p>

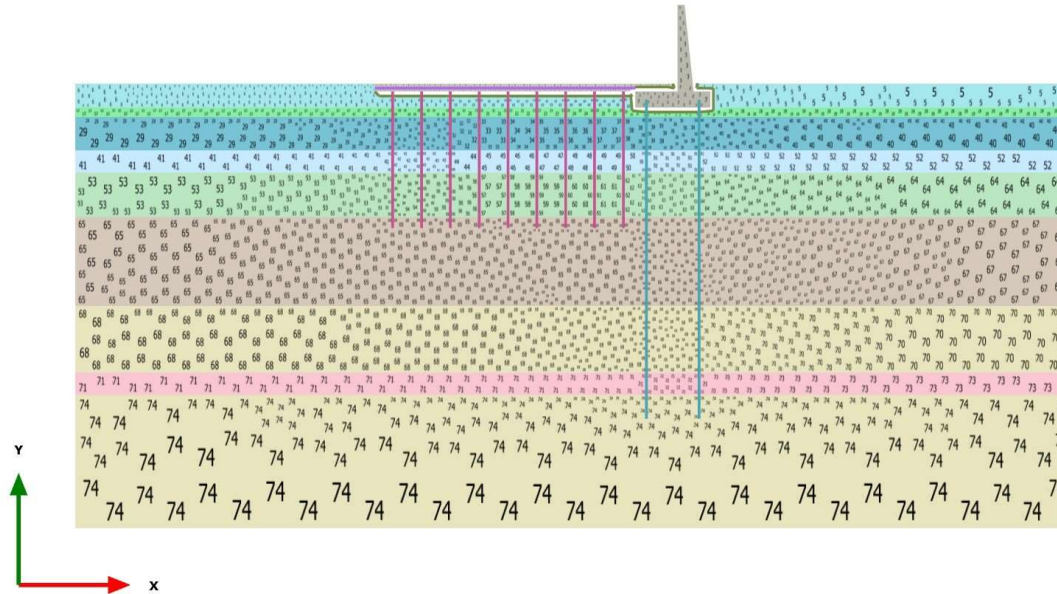
1.1.1.2 Calculation results, Nil [Phase\_2] (2/8), Connectivity plot



**Connectivity plot**

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001B</p>	<p>Foglio 151 di 212</p>

1.1.1.3 Calculation results, Muro e inclusioni [Phase\_4] (4/10), Connectivity plot



Connectivity plot

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

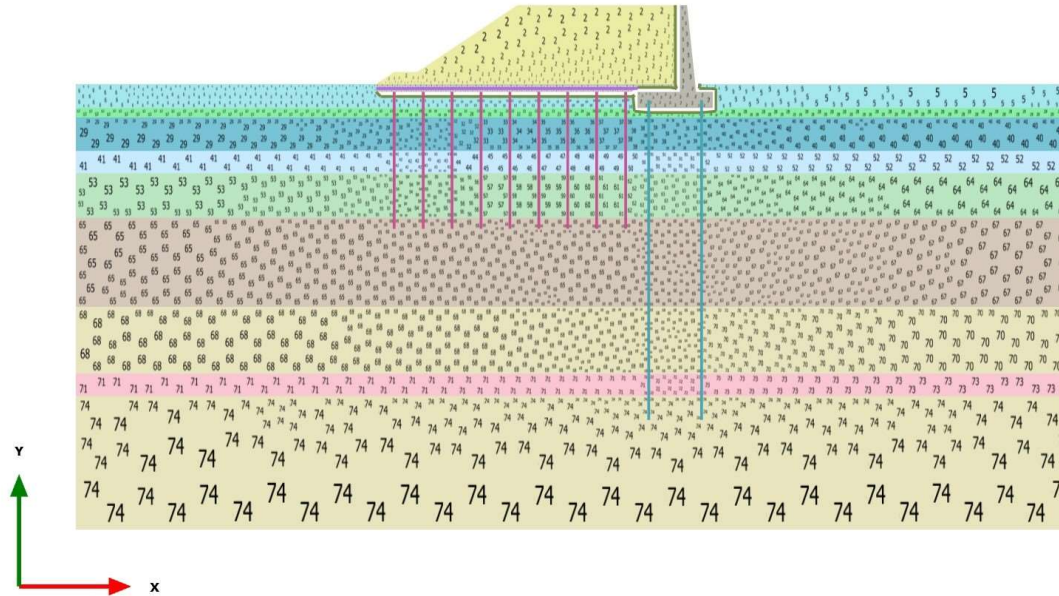
Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

152 di  
212

1.1.1.4 Calculation results, Rilevato\_UDR [Phase\_3] (3/38), Connectivity plot



Connectivity plot

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

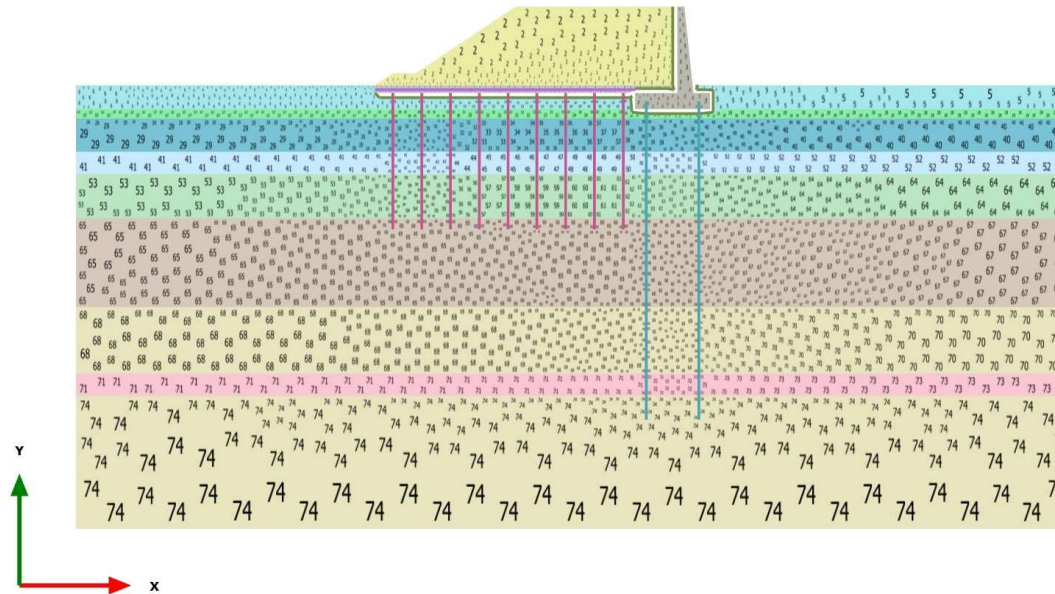
Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

153 di  
212

1.1.1.5 Calculation results, Consolidazione\_Ril+Imp [Phase\_1] (1/51), Connectivity plot



Connectivity plot



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

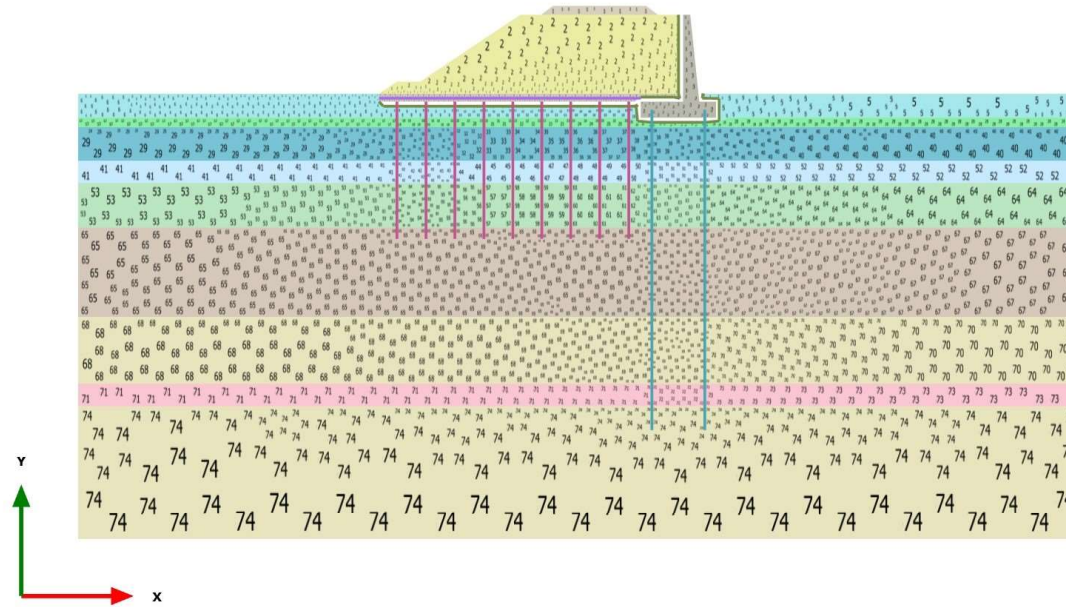
Codifica

EI2RBRI36C0001B

Foglio

154 di  
212

1.1.1.6 Calculation results, Ballast [Phase\_5] (5/54), Connectivity plot



Connectivity plot

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

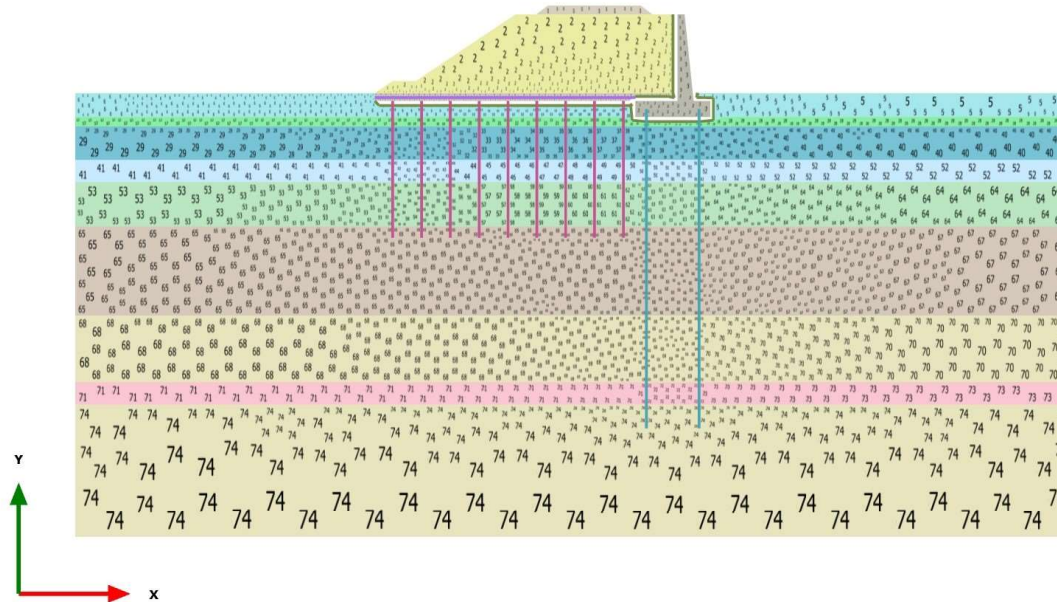
Codifica

EI2RBRI36C0001B



Foglio






155 di  
212

1.1.1.7 Calculation results, ConsolidazioneTOT [Phase\_6] (6/56), Connectivity plot





Connectivity plot



GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 156 di 212

		1.1.2.1.1.1 Materials - Soil and interfaces - Mohr-Coulomb (1/2)				
Identification		Rilevato	Rinterro	U2	U6	U4
Identification number		1	2	9	10	11
Drainage type		Drained	Drained	Undrained (B)	Drained	Drained
Colour						
Comments						
$\gamma_{unsat}$	kN/m <sup>3</sup>	20,00	20,00	18,00	20,00	20,00
$\gamma_{sat}$	kN/m <sup>3</sup>	20,00	20,00	18,00	20,00	20,00
Dilatancy cut-off		No	No	No	No	No
$e_{init}$		0,5000	0,5000	1,000	1,000	1,000
$e_{min}$		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$e_{max}$		999,0	999,0	999,0	999,0	999,0
Rayleigh $\alpha$		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Rayleigh $\beta$		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
E	kN/m <sup>2</sup>	60,00E3	20,00E3	80,00E3	100,0E3	100,0E3
$\nu$ ( $\nu$ )		0,3000	0,3000	0,2500	0,3000	0,3000
G	kN/m <sup>2</sup>	23,08E3	7692	32,00E3	38,46E3	38,46E3
$E_{oed}$	kN/m <sup>2</sup>	80,77E3	26,92E3	96,00E3	134,6E3	134,6E3
$c_{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	1,000	0,000	120,0	0,000	0,000
$\phi$ ( $\phi$ )	°	38,00	36,00	0,000	38,00	38,00
Identificati on		Rilevato	Rinterro	U2	U6	U4







GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 157 di 212

$\psi$ (psi)	°	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$V_s$	m/s	106,4	61,43	132,1	137,4	137,4
$V_p$	m/s	199,0	114,9	228,7	257,0	257,0
Set to default values		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
$E_{inc}$	kN/m <sup>2</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$y_{ref}$	m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$c_{inc}$	kN/m <sup>2</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$y_{ref}$	m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Tension cut-off		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Tensile strength	kN/m <sup>2</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Undrained behaviour		Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Skempton-B		0,9783	0,9783	0,9833	0,9783	0,9783
$V_u$		0,4950	0,4950	0,4950	0,4950	0,4950
$K_{w,ref} / n$	kN/m <sup>2</sup>	2,250E6	750,0E3	3,136E6	3,750E6	3,750E6
$C_{v,ref}$	m <sup>2</sup> /day	0,000	0,000	0,8256	0,000	0,000
Strength		Manual	Manual	Manual	Manual	Manual
$R_{inter}$		0,6670	0,6670	0,6670	0,6670	0,6670
Consider gap closure		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
$\delta_{inter}$		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cross permeability		Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 158 di 212

Drainage conductivity, dk	m <sup>3</sup> /day/ m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Identification</b>		<b>Rilevato</b>	<b>Rinterro</b>	<b>U2</b>	<b>U6</b>	<b>U4</b>
K <sub>0</sub> determination K <sub>0,x</sub> = K <sub>0,z</sub>		Automatic	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic
		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
K <sub>0,x</sub>		0,3843	0,4122	10,00E9	10,00E9	10,00E9
K <sub>0,z</sub>		0,3843	0,4122	10,00E9	10,00E9	10,00E9
OCR		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
POP	kN/m <sup>2</sup>	0,000	0,000	80,00	80,00	80,00
Data set		Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Type		Coarse	Coarse	Very fine	Coarse	Coarse
< 2 μm	%	10,00	10,00	74,00	10,00	10,00
2 μm - 50 μm	%	13,00	13,00	11,00	13,00	13,00
50 μm - 2 mm	%	77,00	77,00	15,00	77,00	77,00
Use defaults		From data set	None	None	From data set	From data set
k <sub>x</sub>	m/day	0,6000	0,000	0,08600E-3	0,6000	0,6000
k <sub>y</sub>	m/day	0,6000	0,000	0,08600E-3	0,6000	0,6000
-ψ <sub>unsat</sub>	m	10,00E3	10,00E3	10,00E3	10,00E3	10,00E3
e <sub>init</sub>		0,5000	0,5000	1,000	1,000	1,000
S <sub>s</sub>	1/m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
c <sub>k</sub>		1000E12	1000E12	1000E12	1000E12	1000E12

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p><b>IRICAV2</b></p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001B</p>	<p>Foglio 159 di 212</p>

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario AV da pk 19+531 a pk 20+220 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001B	Foglio 160 di 212

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

**Identification** **Ballast** Identification number 12

Drainage type Drained

Colour 

Comments  $\gamma_{unsat}$  kN/m<sup>3</sup> 18,00

$\gamma_{sat}$  kN/m<sup>3</sup> 18,00

Dilatancy cut-off No

$e_{init}$  0,5000  $e_{min}$  0,000  $e_{max}$  999,0

Rayleigh  $\alpha$  0,000

Rayleigh  $\beta$  0,000 E kN/m<sup>2</sup> 100,0E3  $\nu$  (nu) 0,3000

G kN/m<sup>2</sup> 38,46E3  $E_{oed}$  kN/m<sup>2</sup> 134,6E3  $c_{ref}$  kN/m<sup>2</sup> 0,000  $\phi$  (phi) ° 40,00 **Identification**

$\psi$  (psi) ° 0,000  $V_s$  m/s 144,8

$V_p$  m/s 270,9

Set to default values Yes

$E_{inc}$  kN/m<sup>2</sup>/m 0,000

$y_{ref}$  m 0,000

$c_{inc}$  kN/m<sup>2</sup>/m 0,000

$y_{ref}$  m 0,000

Tension cut-off Yes

Tensile strength kN/m<sup>2</sup> 0,000

Undrained behaviour Standard

Skempton-B 0,9783

$\nu_u$  0,4950

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

Strength Manual

$R_{inter}$  0,6670

Consider gap closure Yes



$\delta_{inter}$  0,000

Cross permeability Impermeable

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

$K_o$  determination Automatic

**Ballast**

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001A</p>	<p>Foglio 161 di 212</p>

**Ballast**

$K_{0,x} = K_{0,z}$  Yes  
 $K_{0,x}$  0,3572  
 $K_{0,z}$  0,3572  
 OCR 1,000  
 POP kN/m<sup>2</sup> 0,000  
 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 0,000  $k_y$  m/day 0,000  
 $-\psi_{unsat}$  m 10,00E3  
 $e_{init}$  0,5000  $S_s$  1/m 0,000  $c_k$  1000E12

1.1.2.1.2 Materials - Soil and interfaces - Linear elastic

**Identification**

Identification number

Drainage type

Colour

Comments

$\gamma_{unsat}$  kN/m<sup>3</sup> 24,00 25,00  $\gamma_{sat}$  kN/m<sup>3</sup> 24,00 25,00 Dilatancy cut-off No No  $e_{init}$  0,5000 0,5000  $e_{min}$  0,000 0,000  $e_{max}$  999,0 999,0

Rayleigh  $\alpha$  0,000 0,000

Rayleigh  $\beta$  0,000 0,000  $E$  kN/m<sup>2</sup> 2,000E6 33,00E6  $\nu$  (nu) 0,2000 0,2000

$G$  kN/m<sup>2</sup> 833,3E3 13,75E6

$E_{oed}$  kN/m<sup>2</sup> 2,222E6 36,67E6

$V_s$  m/s 583,6 2323

$V_p$  m/s 953,1 3793 MistoCementato CA

Set to default values Yes Yes

**MistoCementato**



3

Non-porous

**CA**

13






Non-porous



<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001A	Foglio 162 di 212

RI36C\_01



$E_{inc}$  kN/m<sup>2</sup>/m 0,000 0,000  
 $y_{ref}$  m 0,000 0,000  
**Strength** Manual Rigid  
 $R_{inter}$  0,6670 1,000  
**Consider gap closure** Yes Yes  
 $\delta_{inter}$  0,000 0,000  
**Cross permeability** Impermeable Impermeable  
**Drainage conductivity, dk** m<sup>3</sup>/day/m 0,000 0,000  
**K<sub>o</sub> determination** Automatic Automatic  
**K<sub>0,x</sub> = K<sub>0,z</sub>** Yes Yes  
 $K_{0,x}$  0,5000 0,5000  
 $K_{0,z}$  0,5000 0,5000  
**OCR** 1,000 1,000  
**POP** kN/m<sup>2</sup> 0,000 0,000  $k_x$  m/day 0,000 0,000  $k_y$  m/day 0,000 0,000  
 $-\psi_{unsat}$  m 10,00E3 10,00E3  
 $e_{init}$  0,5000 0,5000  $c_k$  1000E12 1000E12

1.1.2.1.3 Materials - Soil and interfaces - Hardening soil

<b>Identification</b>	<b>U3b_1</b>	<b>U3b_2</b>	<b>U3b_3</b>	<b>U3b_4</b>	<b>U3b_5</b>
Identification number	4	5	6	7	8
Drainage type	Undrained (B)	Undrained (B)	Undrained (B)	Undrained (B)	Undrained (B)
Colour					
<b>Comments</b>					
$\gamma_{unsat}$	kN/m <sup>3</sup> 18,00	kN/m <sup>3</sup> 18,00	kN/m <sup>3</sup> 18,00	kN/m <sup>3</sup> 18,00	kN/m <sup>3</sup> 18,00
$\gamma_{sat}$	kN/m <sup>3</sup> 18,00	kN/m <sup>3</sup> 18,00	kN/m <sup>3</sup> 18,00	kN/m <sup>3</sup> 18,00	kN/m <sup>3</sup> 18,00



<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001A	Foglio 163 di 212

		No	No	No	No	RI36C_01	No
Dilatancy cut-off		No	No	No	No		No
$e_{init}$		1,000	1,000	1,000	1,000		1,000
$e_{min}$		0,000	0,000	0,000	0,000		0,000
$e_{max}$		999,0	999,0	999,0	999,0		999,0
Rayleigh $\alpha$		0,000	0,000	0,000	0,000		0,000
Rayleigh $\beta$		0,000	0,000	0,000	0,000		0,000
$E_{50ref}$	kN/m <sup>2</sup>	1597	1438	1438	1438		1438
$E_{oedref}$	kN/m <sup>2</sup>	1278	1150	1150	1150		1150
$E_{urref}$	kN/m <sup>2</sup>	8280	8280	8280	8280		8280
power (m)		1,000	1,000	1,000	1,000		1,000
Use alternatives		No	No	No	No		No
$C_c$		0,3600	0,4000	0,4000	0,4000		0,4000
		<b>U3b_1</b>	<b>U3b_2</b>	<b>U3b_3</b>	<b>U3b_4</b>		<b>U3b_5</b>
$C_s$		0,05000	0,05000	0,05000	0,05000		0,05000
$e_{init}$		1,000	1,000	1,000	1,000		1,000



<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001A	Foglio 164 di 212

						RI36C_01
$c_{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	55,00	45,00	35,00	45,00	60,00
$\varphi$ (phi)	°	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$\psi$ (psi)	°	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Set to default values		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
$v_{ur}$		0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000
$p_{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
$K_{inc}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$c_{inc}$	kN/m <sup>2</sup> /m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$y_{ref}$	m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$R_f$		0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000
Tension cut-off		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Tensile strength	kN/m <sup>2</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Undrained behaviour		Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Skempton-B		0,9866	0,9866	0,9866	0,9866	0,9866
$v_u$		0,4950	0,4950	0,4950	0,4950	0,4950





 Consorzio IricAV Due	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001A	Foglio 165 di 212



$K_{w,ref} / n$	kN/m <sup>2</sup>	339,2E3	339,2E3	339,2E3	339,2E3	RI36C_01 339,2E3
Strength		Manual	Manual	Manual	Manual	Manual
$R_{inter}$		0,6670	0,6670	0,6670	0,6670	0,6670
Consider gap closure		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<b>Identification</b>		<b>U3b_1</b>	<b>U3b_2</b>	<b>U3b_3</b>	<b>U3b_4</b>	
$\delta_{inter}$		0,000	0,000	0,000	0,000	
Cross permeability		Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable	
Drainage conductivity, $dk$	m <sup>3</sup> /day/m	0,000	0,000	0,000	0,000	
$K_o$ determination		Automatic	Automatic	Automatic	Automatic	
OCR		1,000	1,000	1,000	1,000	
POP	kN/m <sup>2</sup>	241,4	149,4	114,0	114,0	
Data set		Standard	Standard	Standard	Standard	
Type		Coarse	Very fine	Very fine	Very fine	
< 2 $\mu$ m	%	10,00	74,00	74,00	74,00	

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001A	Foglio 166 di 212

					RI36C_01
2 µm - 50 µm	%	13,00	11,00	11,00	11,00
50 µm - 2 mm	%	77,00	15,00	15,00	15,00
Use defaults		None	None	None	None
$k_x$	m/day	0,2600E-3	0,2600E-3	0,2600E-3	8,600E-3
$k_y$	m/day	0,2600E-3	0,2600E-3	0,2600E-3	8,600E-3
$-\psi_{unsat}$	m	10,00E3	10,00E3	10,00E3	10,00E3
$e_{init}$		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

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001A	Foglio 167 di 212


### 1.1.2.2 Materials - Plates -


Identification		MistoCementato	MC_Dummy
Identification number		1	2
Comments			
Colour			
Material type		Elastic	Elastic
Isotropic		Yes	Yes
EA <sub>1</sub>	kN/m	1,600E6	1600
EA <sub>2</sub>	kN/m	1,600E6	1600 EI
d	m	0,7998	0,7998
w	kN/m/m	5,000	5,000
v (nu)		0,2000	0,2000
Rayleigh α		0,000	0,000
Rayleigh β		0,000	0,000
Prevent punching		No	No
Identification number		1	2



### 1.1.2.3 Materials - Embedded beam row -

Identification	
Identification number	
Comments	
Colour	
Material type	
E	kN/m <sup>2</sup> γ kN/m <sup>3</sup>
Beam type	
Predefined beam type	
Diameter	m
A	m <sup>2</sup>
I <sub>2</sub>	m <sup>4</sup>
I <sub>3</sub>	m <sup>4</sup>
Rayleigh α	
Rayleigh β	
Axial skin resistance	
Multi-linear axial resistance	
T <sub>max</sub>	kN/m
F <sub>max</sub>	kN



Inclusioni  
1




Elastic
33,00E6
5,000
Predefine
d
Massive
circular
beam
0,6000
0,2827
6,362E-3
6,362E-3
0,000
0,000

Multi-linear  
Axial skin  
resistance  
table  
1,000E12  
10,00E3  
Pali1200  
2  
  
Elastic  
33,00E6  
6,000  
Predefine  
d  
Massive  
circular  
beam  
1,200



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001A</p>	<p>Foglio 168 di 212</p>

1,131  
0,1018  
0,1018  
0,000  
0,000  
Layer dependent  
Axial skin resistance table  
1,000E12  
3100

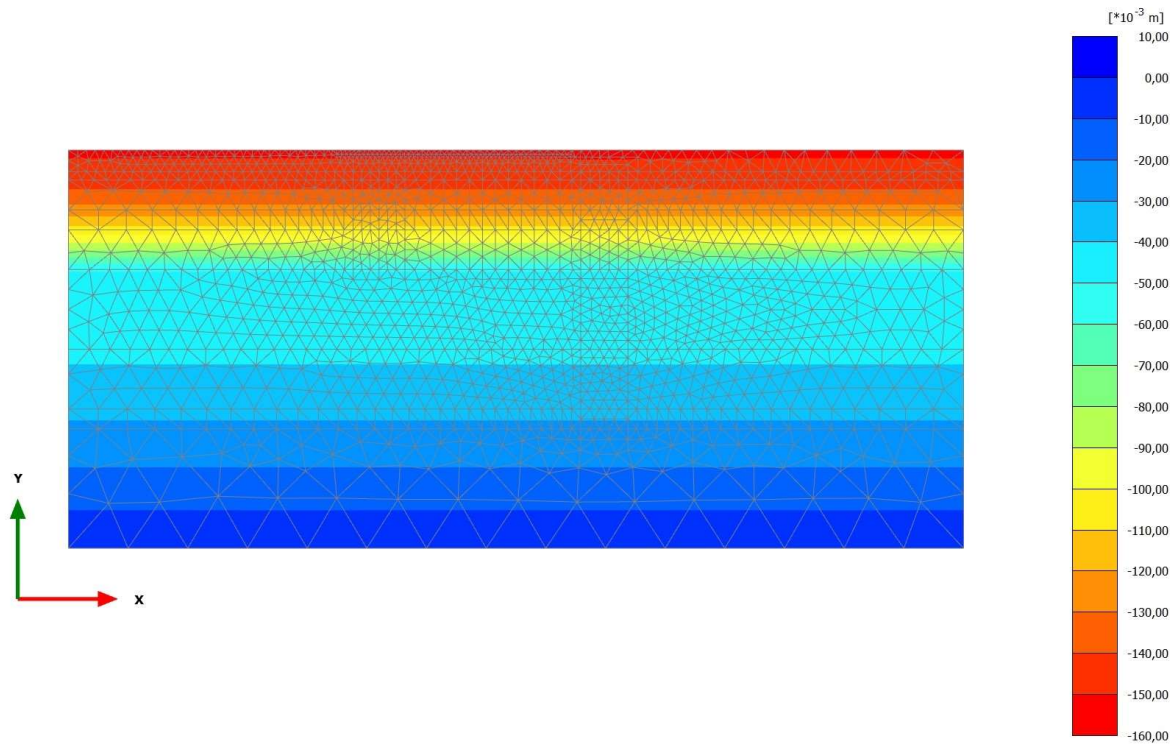
<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001A	Foglio 169 di 212

Identification	Inclusioni Pali1200		
Identification number	1	2	
Comments			
Colour			
Material type	Elastic	Elastic	
E kN/m <sup>2</sup>	33,00E6	33,00E6	γ kN/m <sup>3</sup> 5,000 6,000
Beam type	Predefined	Predefined	
Predefined beam type		Massive circular beam	Massive circular beam
Diameter	m	0,6000	1,200
A	m <sup>2</sup>	0,2827	1,131
I	m <sup>4</sup>	6,362E-3	0,1018
L <sub>spacing</sub>	m	2,600	3,600
Rayleigh α		0,000	0,000
Rayleigh β		0,000	0,000
Axial skin resistance		Multi-linear	Layer dependent
Multi-linear axial resistance		Axial skin resistance table	Axial skin resistance table
T <sub>max</sub>	kN/m	1,000E12	1,000E12
Lateral skin resistance		Unlimited	Unlimited
F <sub>max</sub>	kN	10,00E3	3100
Default values		Yes	Yes
Axial stiffness factor		0,8324	1,097

Identification	Inclusioni	Pali1200
Lateral stiffness factor	0,8324	1,097
Base stiffness factor	8,324	10,97
Identification number	1	2



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001A</p>	<p>Foglio 170 di 212</p>

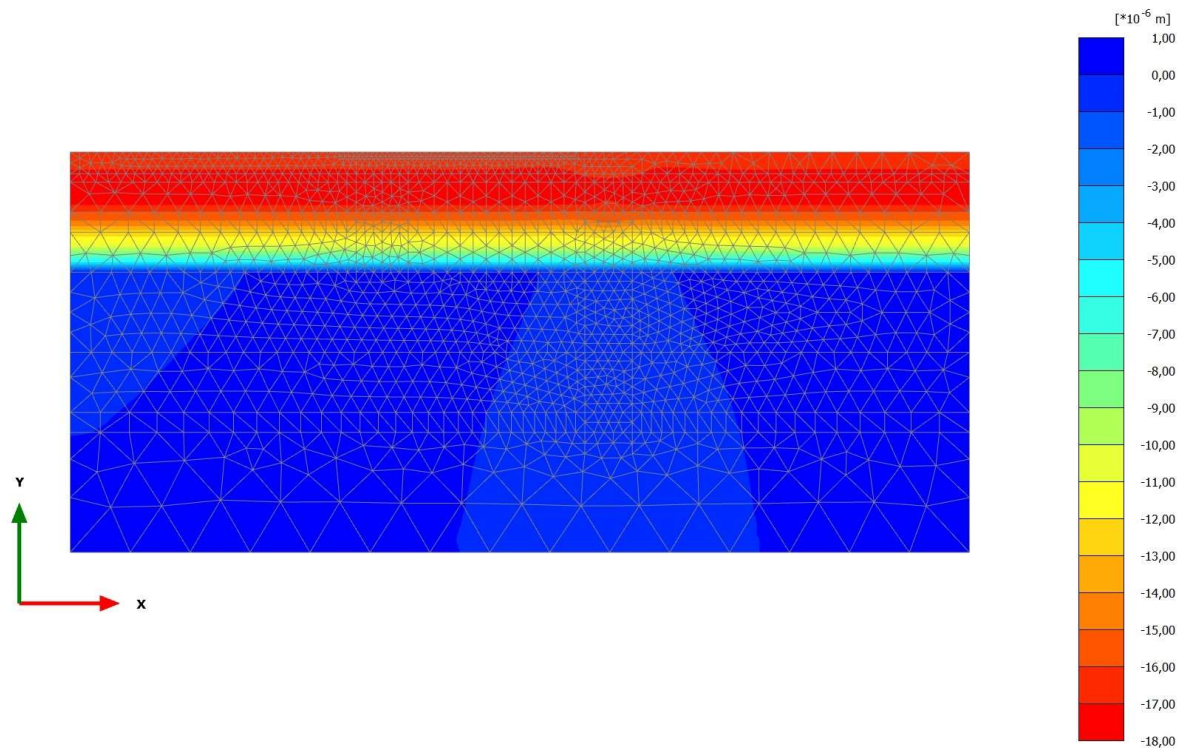
2.1.1.1.1 Calculation results, Initial phase [InitialPhase] (0/4), Total displacements  $u_y$



**Total displacements  $u_y$  (scaled up 20,0 times)**  
Maximum value = 0,000 m (Element 3285 at Node 21954)  
Minimum value = -0,1507 m (Element 246 at Node 6510)



2.1.1.1.2 Calculation results, Nil [Phase\_2] (2/8), Total displacements  $u_y$

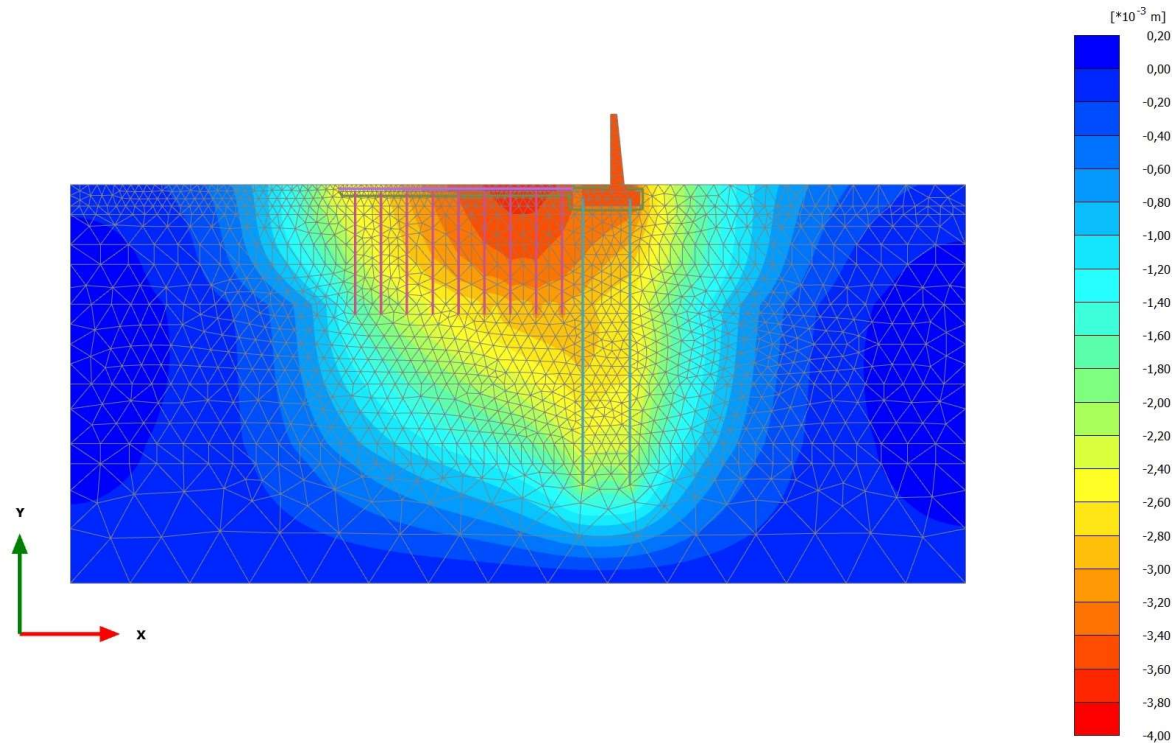
<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001A</p>	<p>Foglio 171 di 212</p>



**Total displacements  $u_y$  (scaled up  $200 \cdot 10^3$  times)**  
Maximum value =  $4,426 \cdot 10^{-9}$  m (Element 1691 at Node 12474)  
Minimum value =  $-0,01776 \cdot 10^{-3}$  m (Element 1336 at Node 13686)

2.1.1.1.3 Calculation results, Muro e inclusioni [Phase\_4] (4/10), Total displacements  $u_y$



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001A</p>	<p>Foglio 172 di 212</p>

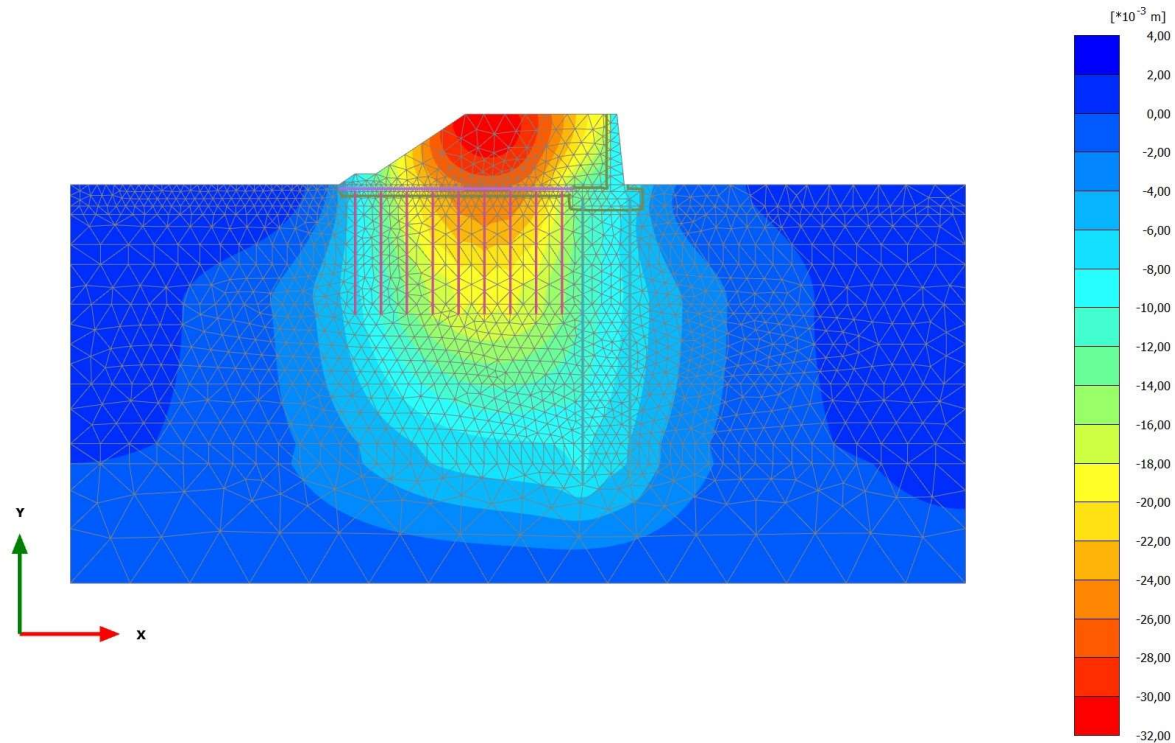


**Total displacements  $u_y$  (scaled up 500 times)**  
Maximum value =  $0,1164 \cdot 10^{-3}$  m (Element 2409 at Node 27481)  
Minimum value =  $-3,796 \cdot 10^{-3}$  m (Element 306 at Node 2270)

2.1.1.1.4 Calculation results, Rilevato\_UDR [Phase\_3] (3/38), Total displacements  $u_y$





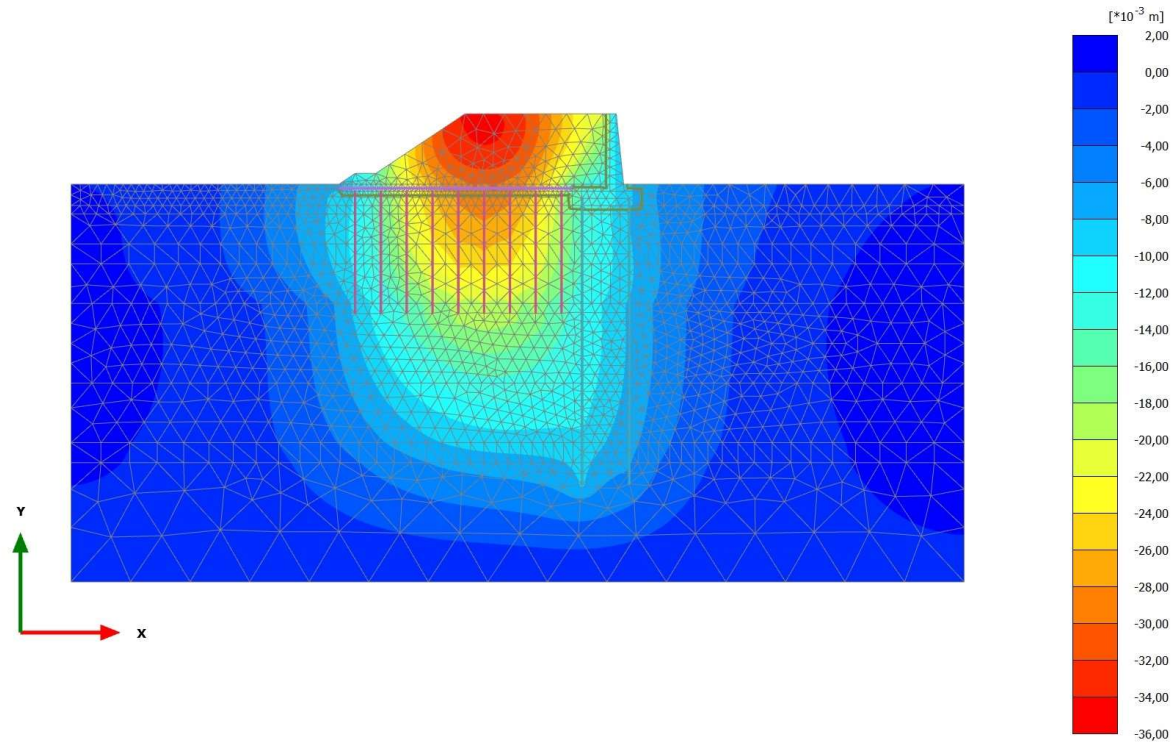
<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001A</p>	<p>Foglio 173 di 212</p>



**Total displacements  $u_y$  (scaled up 50,0 times)**  
Maximum value =  $1,983 \cdot 10^{-3}$  m (Element 520 at Node 8410)  
Minimum value =  $-0,03149$  m (Element 23 at Node 34)



2.1.1.1.5 Calculation results, Consolidazione\_Ril+Imp [Phase\_1] (1/51), Total displacements  $u_y$

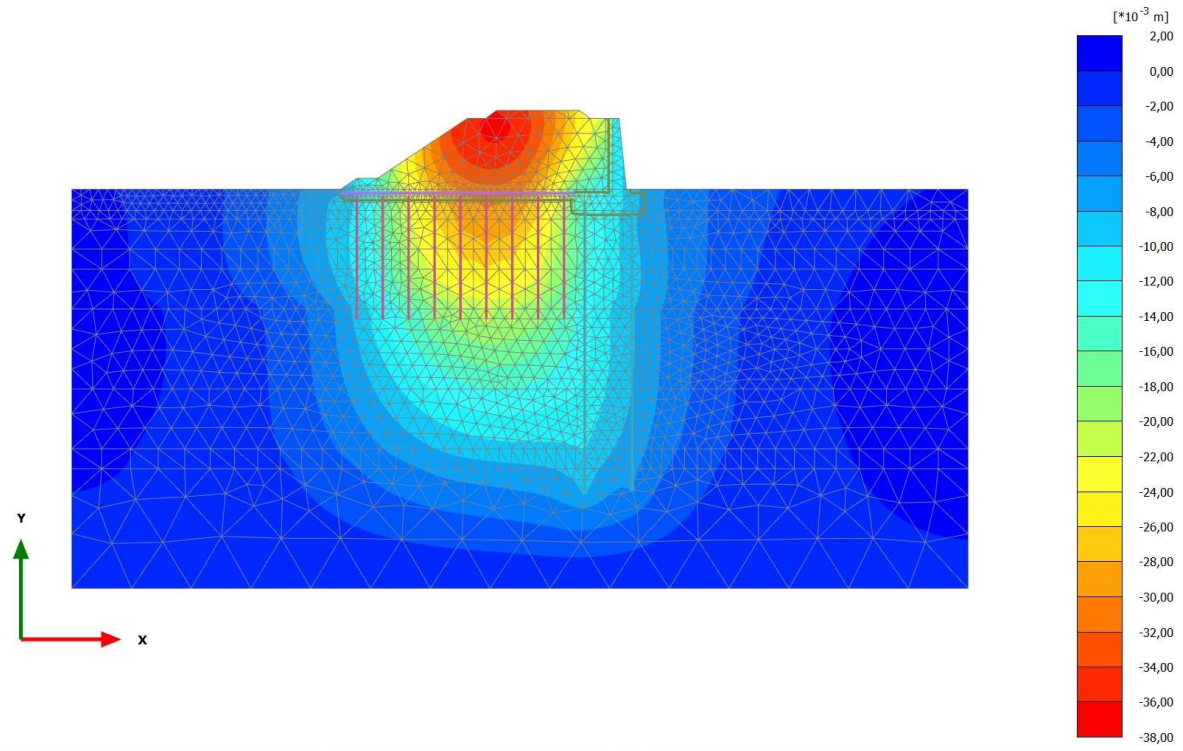
<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001A</p>	<p>Foglio 174 di 212</p>



**Total displacements  $u_y$  (scaled up 50,0 times) (Time 180,0 day)**  
Maximum value =  $0,6098 \cdot 10^{-3}$  m (Element 2400 at Node 26514)  
Minimum value =  $-0,03455$  m (Element 28 at Node 36)



2.1.1.1.6 Calculation results, Ballast [Phase\_5] (5/54), Total displacements  $u_y$

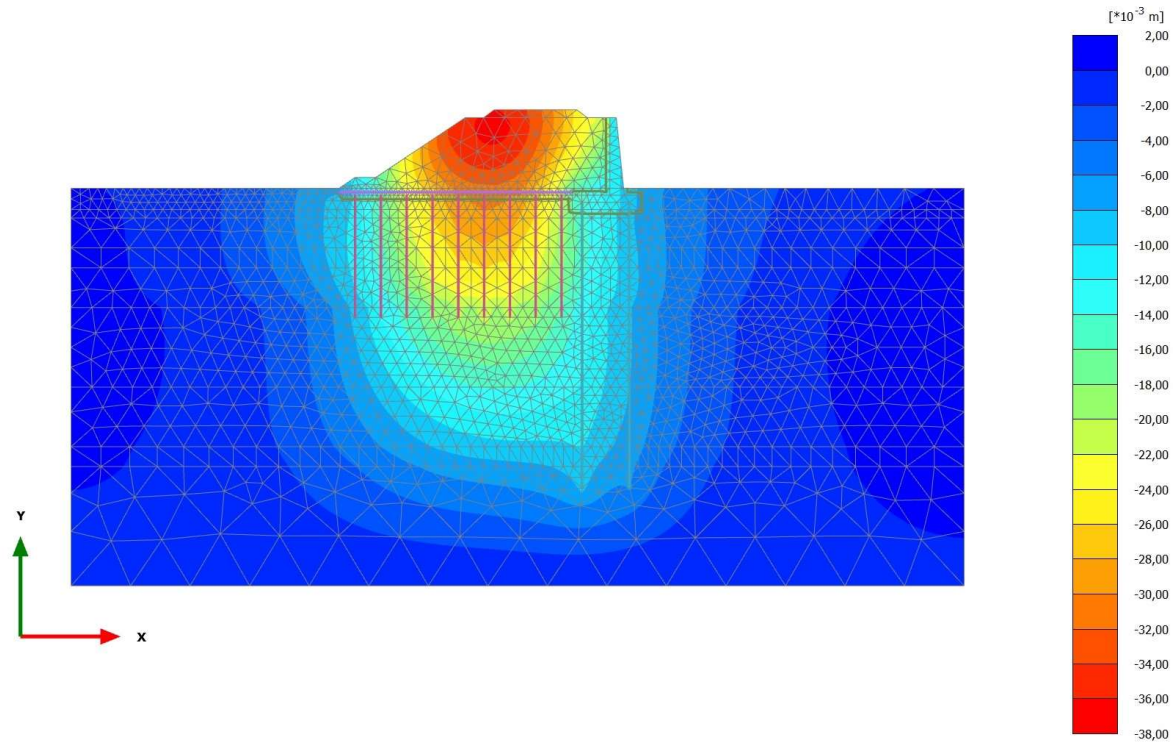
<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001A</p>	<p>Foglio 175 di 212</p>



**Total displacements  $u_y$  (scaled up 50,0 times)**  
Maximum value =  $0,6467 \cdot 10^{-3}$  m (Element 2400 at Node 26514)  
Minimum value =  $-0,03641$  m (Element 23 at Node 29)



2.1.1.1.7 Calculation results, ConsolidazioneTOT [Phase\_6] (6/56), Total displacements  $u_y$

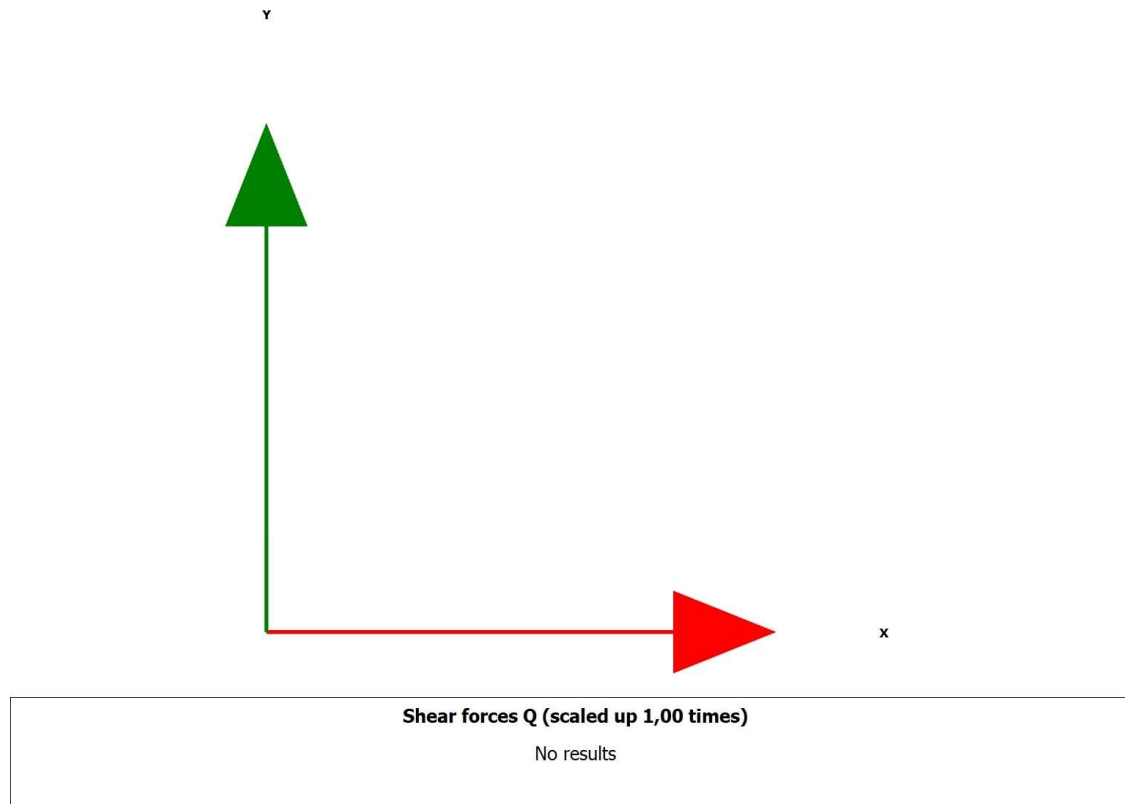
<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001A</p>	<p>Foglio 176 di 212</p>





**Total displacements  $u_y$  (scaled up 50,0 times) (Time 180,9 day)**  
Maximum value =  $0,6429 \cdot 10^{-3}$  m (Element 2400 at Node 26514)  
Minimum value =  $-0,03656$  m (Element 23 at Node 29)

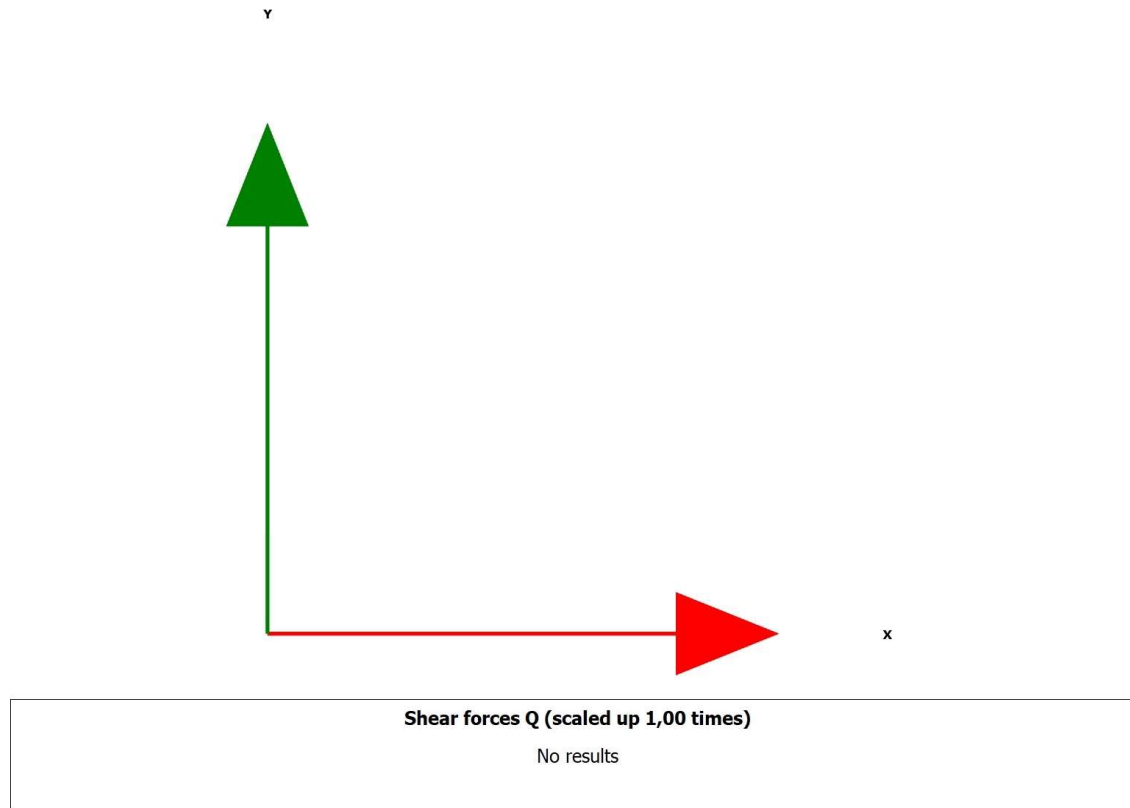
3.1.1.1.1 Calculation results, Embedded beam row, Initial phase [InitialPhase] (0/4), Shear forces Q

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001A</p>	<p>Foglio 177 di 212</p>





3.1.1.1.2 Calculation results, Embedded beam row, Nil [Phase\_2] (2/8), Shear forces Q

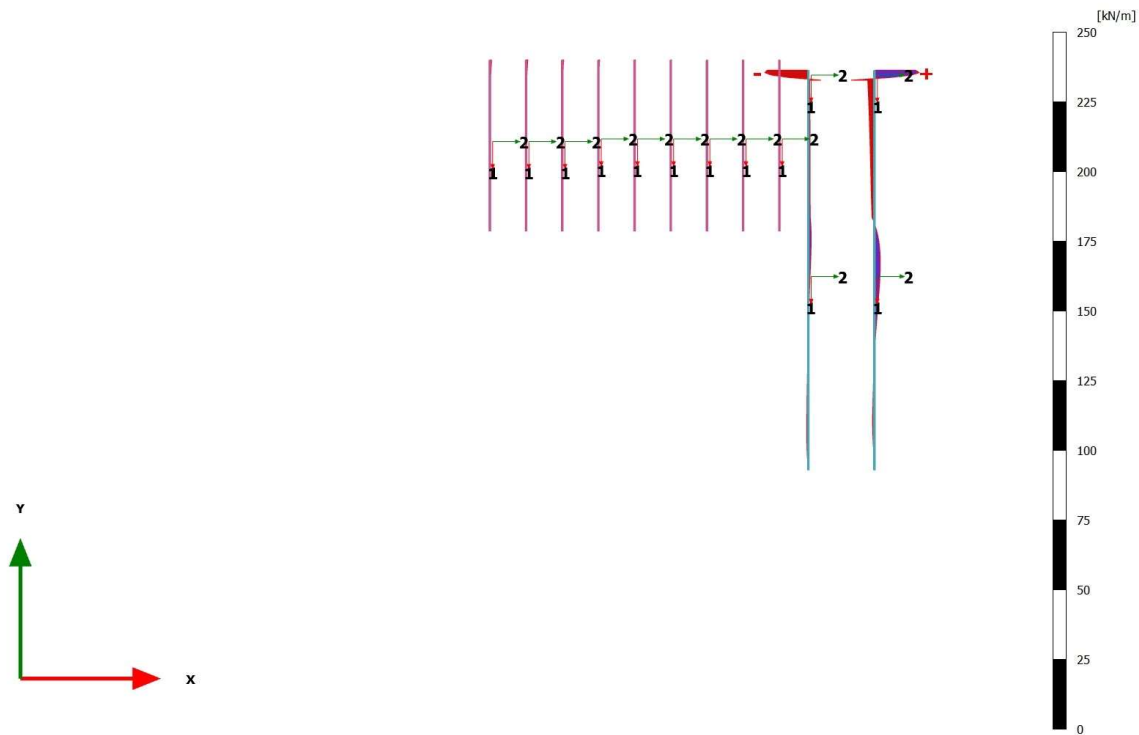
<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001A</p>	<p>Foglio 178 di 212</p>



3.1.1.1.3 Calculation results, Embedded beam row, Muro e inclusioni [Phase\_4] (4/10), Shear forces Q





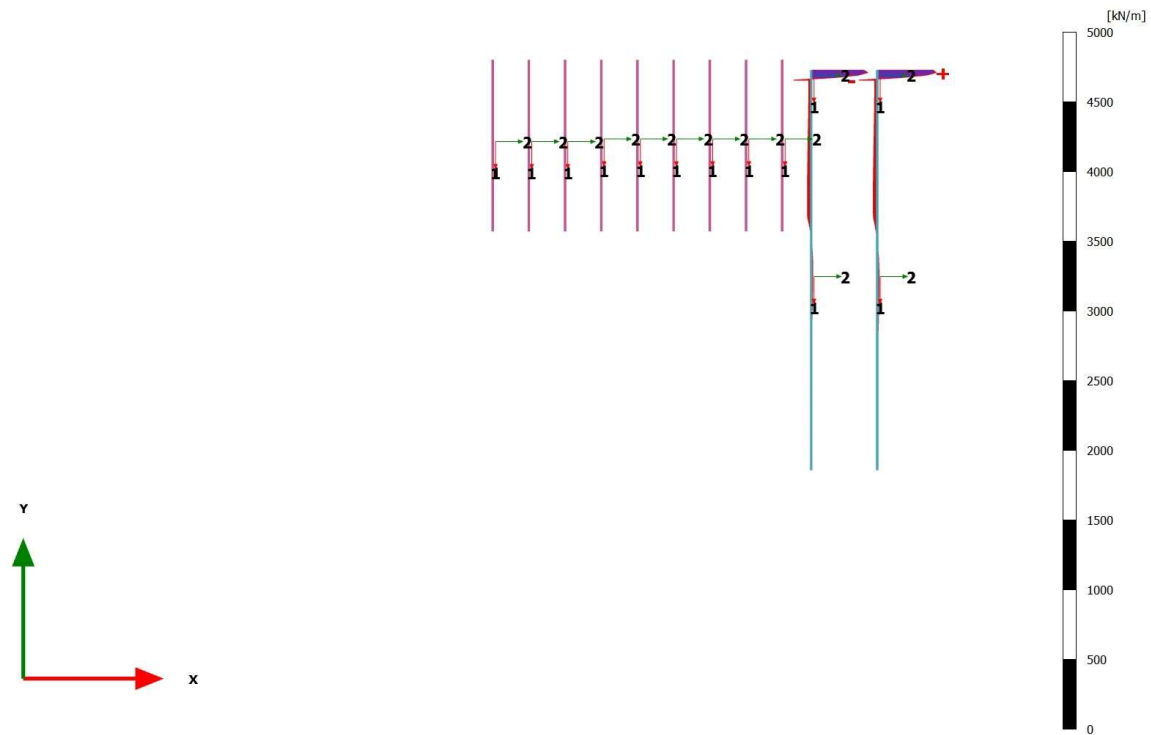
<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001A</p>	<p>Foglio 179 di 212</p>



**Shear forces Q (scaled up 0,200 times)**  
Maximum value = 16,11 kN/m (Element 131 at Node 29211)  
Minimum value = -15,65 kN/m (Element 100 at Node 29085)

3.1.1.1.4 Calculation results, Embedded beam row, Rilevato\_UDR [Phase\_3] (3/38), Shear forces Q



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001A</p>	<p>Foglio 180 di 212</p>

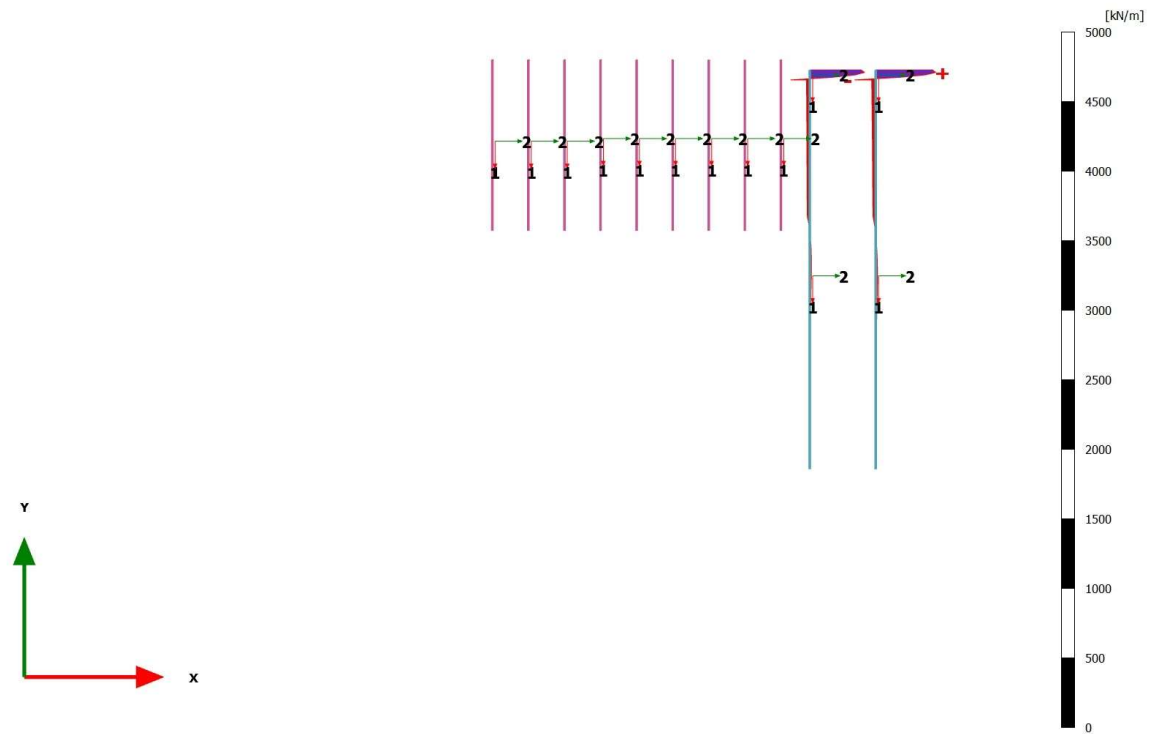


**Shear forces Q (scaled up 0,0100 times)**  
Maximum value = 424,8 kN/m (Element 131 at Node 29211)  
Minimum value = -132,1 kN/m (Element 131 at Node 29215)

3.1.1.1.5 Calculation results, Embedded beam row, Consolidazione\_Ril+Imp [Phase\_1] (1/51), Shear forces Q





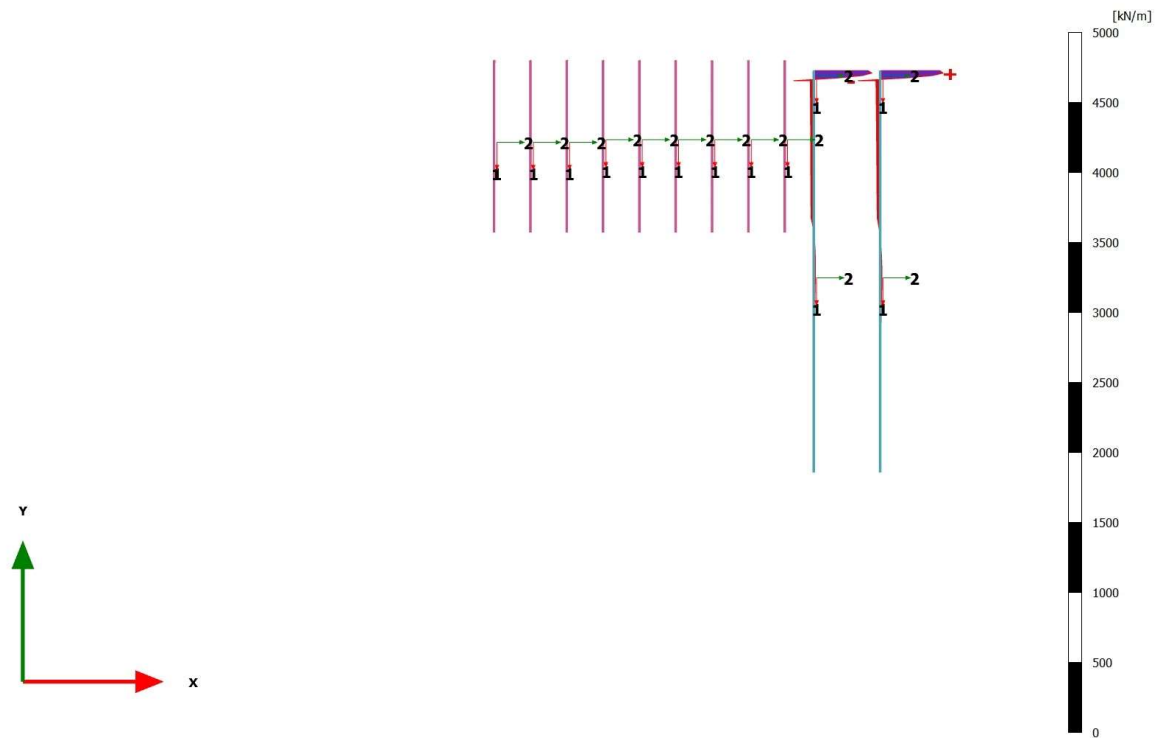
<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001A</p>	<p>Foglio 181 di 212</p>



**Shear forces Q (scaled up 0,0100 times) (Time 180,0 day)**  
Maximum value = 433,0 kN/m (Element 131 at Node 29211)  
Minimum value = -152,6 kN/m (Element 131 at Node 29215)



3.1.1.1.6 Calculation results, Embedded beam row, Ballast [Phase\_5] (5/54), Shear forces Q

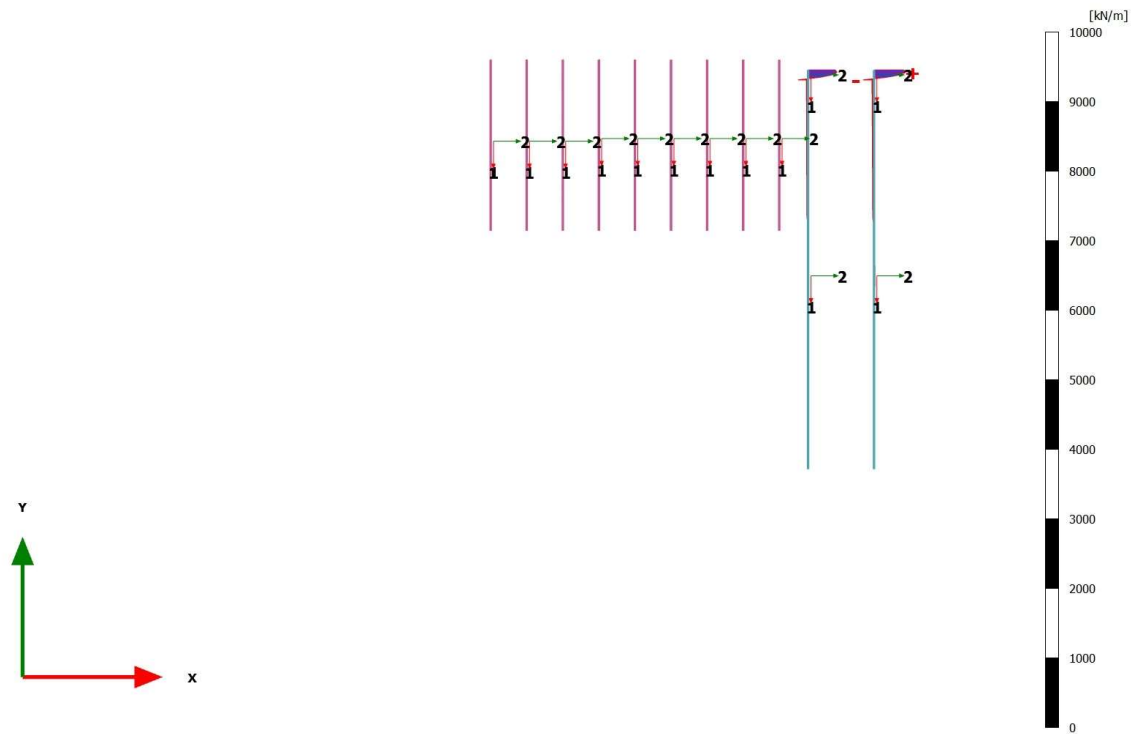
<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001A</p>	<p>Foglio 182 di 212</p>



**Shear forces Q (scaled up 0,0100 times)**  
Maximum value = 452,0 kN/m (Element 131 at Node 29211)  
Minimum value = -158,6 kN/m (Element 131 at Node 29215)



3.1.1.1.7 Calculation results, Embedded beam row, ConsolidazioneTOT [Phase\_6] (6/56), Shear forces Q

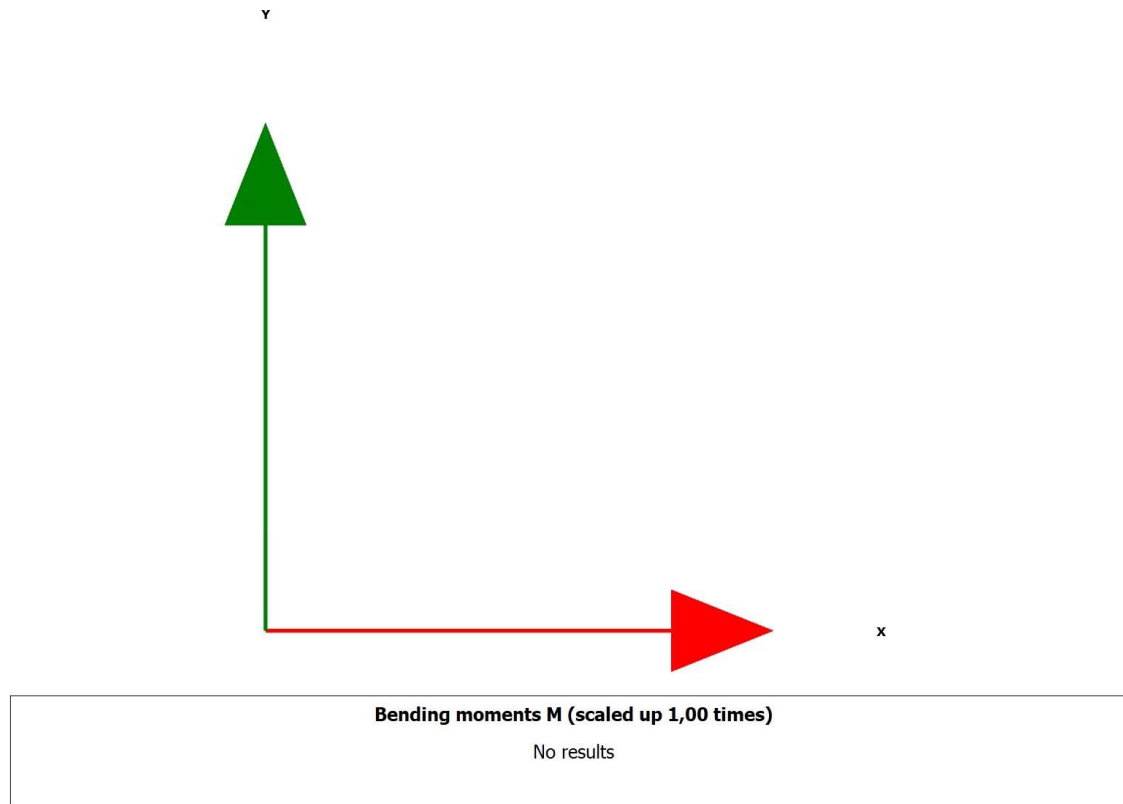
<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001A</p>	<p>Foglio 183 di 212</p>





**Shear forces Q (scaled up  $5,00 \cdot 10^{-3}$  times) (Time 180,9 day)**  
Maximum value = 452,7 kN/m (Element 131 at Node 29211)  
Minimum value = -159,4 kN/m (Element 131 at Node 29215)

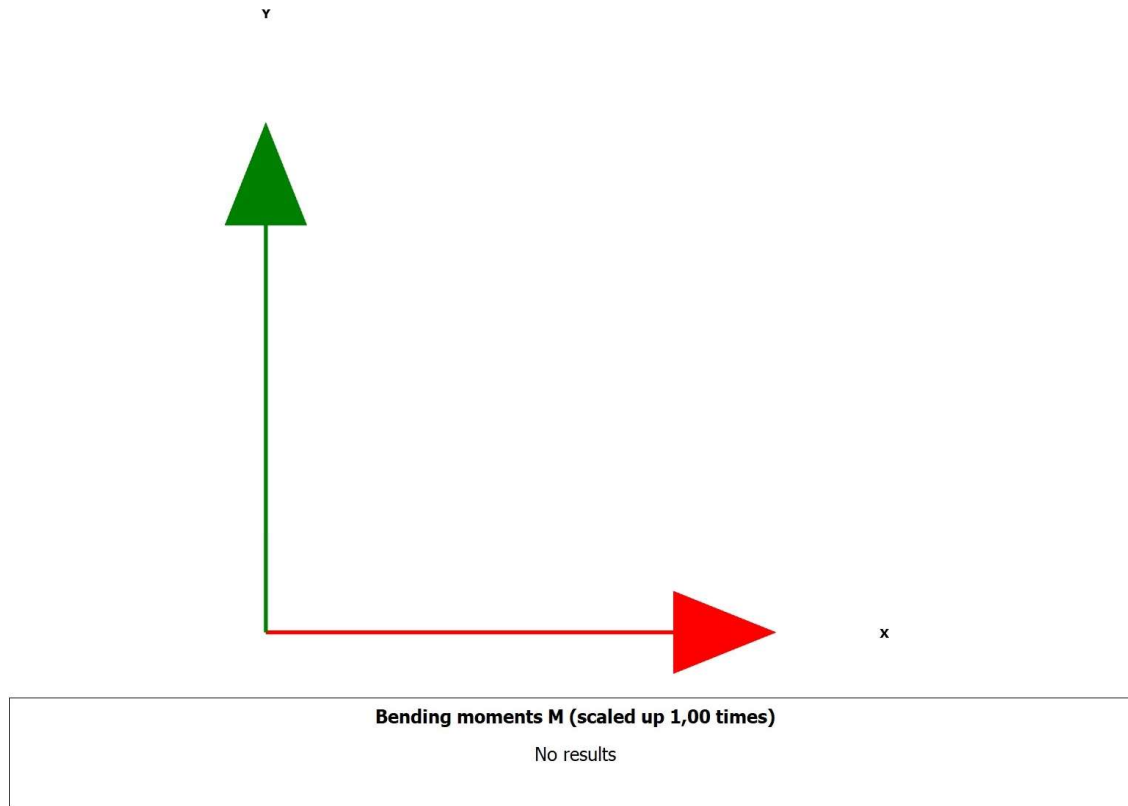
3.1.1.2.1 Calculation results, Embedded beam row, Initial phase [InitialPhase] (0/4), Bending moments M

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001A</p>	<p>Foglio 184 di 212</p>





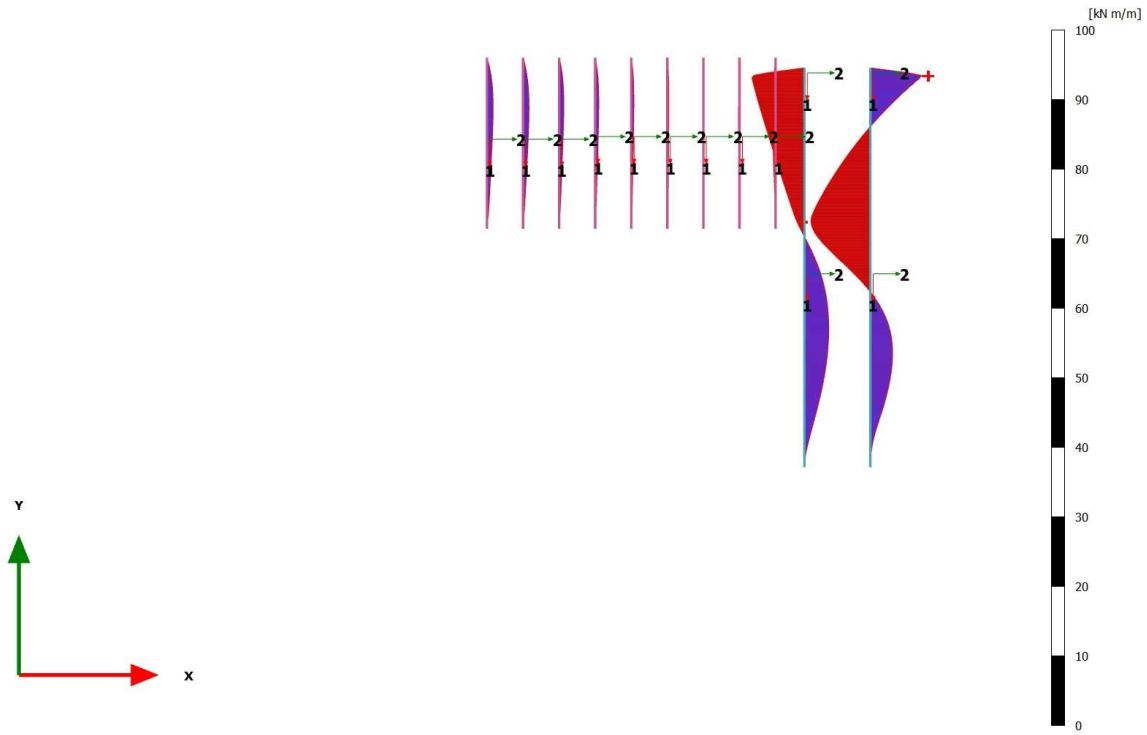
3.1.1.2.2 Calculation results, Embedded beam row, Nil [Phase\_2] (2/8), Bending moments M

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001A</p>	<p>Foglio 185 di 212</p>





3.1.1.2.3 Calculation results, Embedded beam row, Muro e inclusioni [Phase\_4] (4/10), Bending moments M

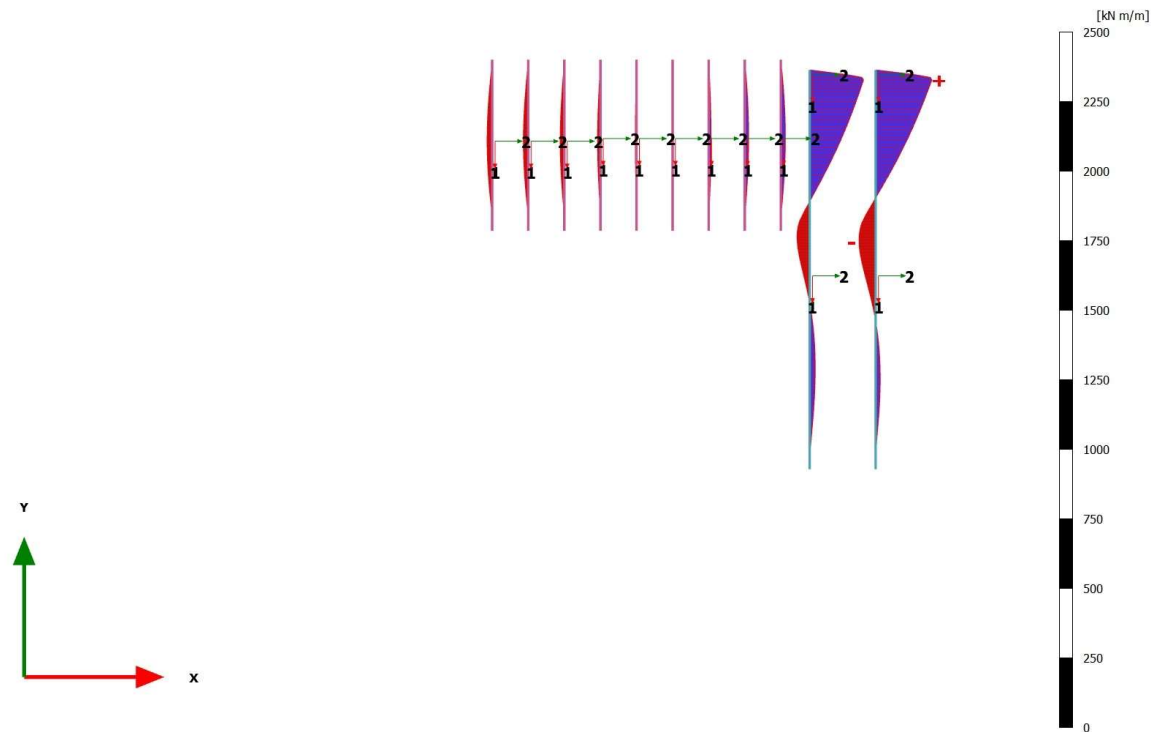
<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001A</p>	<p>Foglio 186 di 212</p>



**Bending moments M (scaled up 0,500 times)**  
Maximum value = 7,317 kN m/m (Element 131 at Node 29213)  
Minimum value = -8,564 kN m/m (Element 142 at Node 29257)



3.1.1.2.4 Calculation results, Embedded beam row, Rilevato\_UDR [Phase\_3] (3/38), Bending moments M

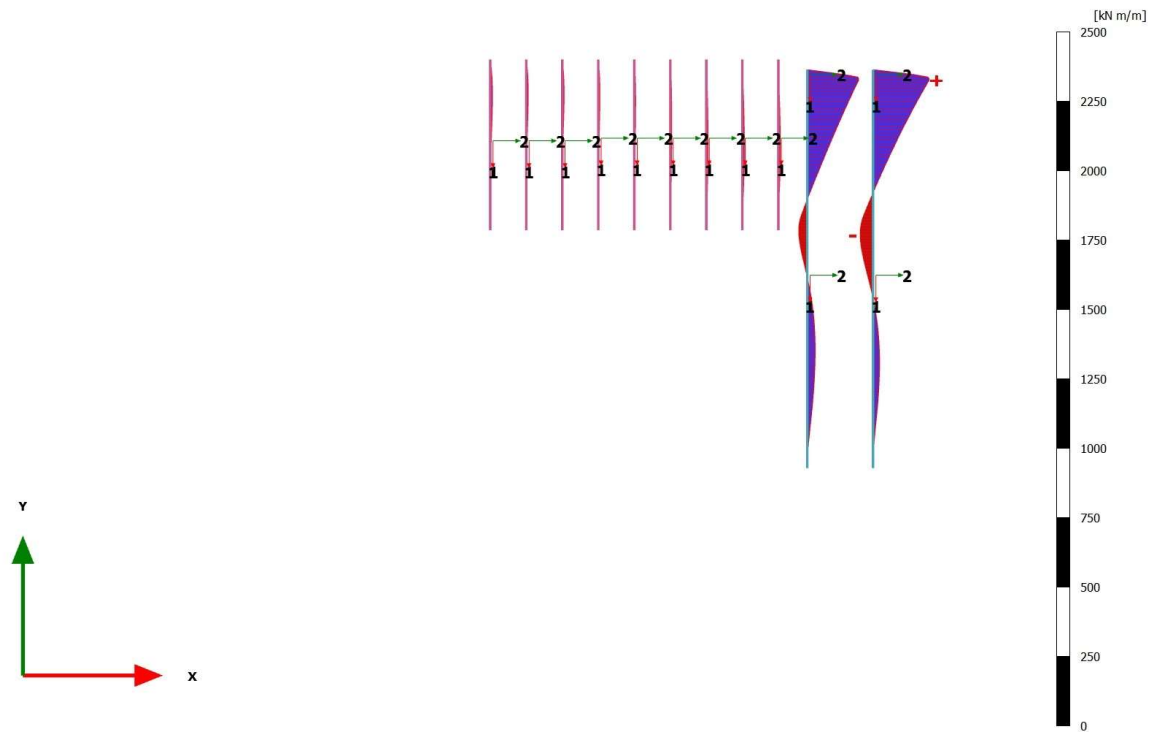
<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001A</p>	<p>Foglio 187 di 212</p>



**Bending moments M (scaled up 0,0200 times)**  
Maximum value = 202,9 kN m/m (Element 132 at Node 29214)  
Minimum value = -59,83 kN m/m (Element 144 at Node 29263)

3.1.1.2.5 Calculation results, Embedded beam row, Consolidazione\_Ril+Imp [Phase\_1] (1/51), Bending moments M



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001A</p>	<p>Foglio 188 di 212</p>

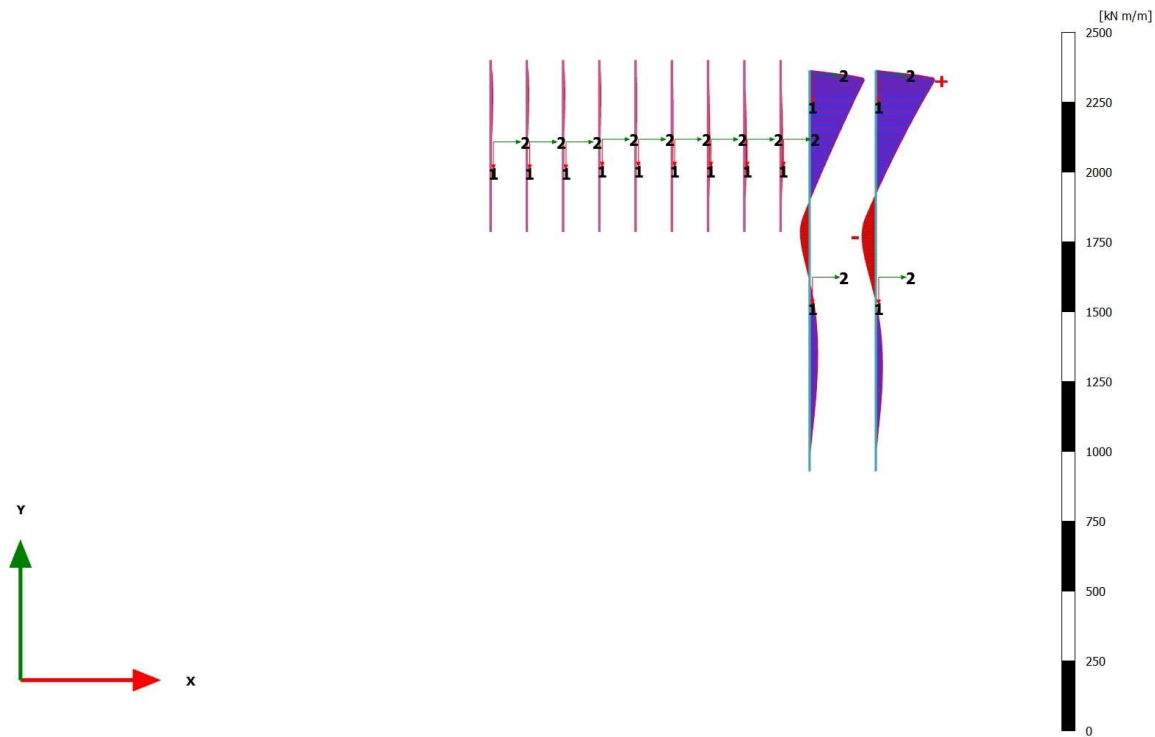


**Bending moments M (scaled up 0,0200 times) (Time 180,0 day)**  
Maximum value = 203,2 kN m/m (Element 131 at Node 29215)  
Minimum value = -46,53 kN m/m (Element 143 at Node 29261)

3.1.1.2.6 Calculation results, Embedded beam row, Ballast [Phase\_5] (5/54), Bending moments M





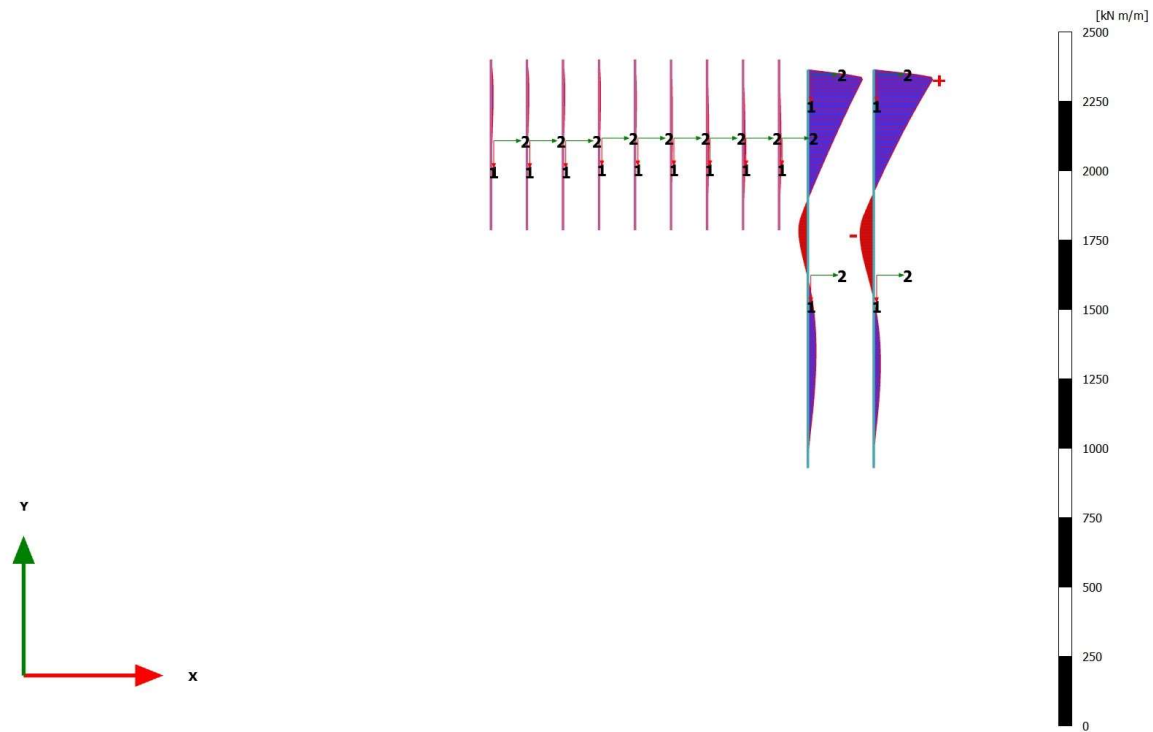
<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001A</p>	<p>Foglio 189 di 212</p>



**Bending moments M (scaled up 0,0200 times)**  
Maximum value = 212,2 kN m/m (Element 132 at Node 29214)  
Minimum value = -49,57 kN m/m (Element 143 at Node 29261)



3.1.1.2.7 Calculation results, Embedded beam row, ConsolidazioneTOT [Phase\_6] (6/56), Bending moments M

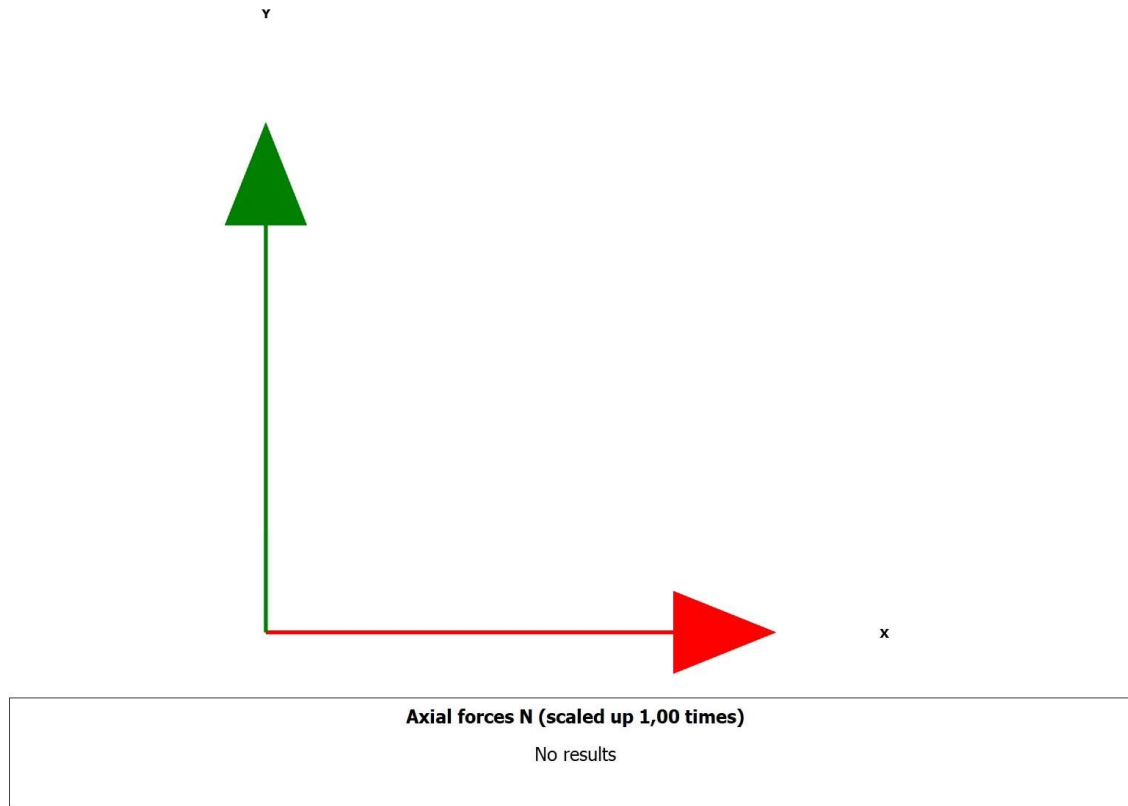
<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001A</p>	<p>Foglio 190 di 212</p>





**Bending moments M (scaled up 0,0200 times) (Time 180,9 day)**  
Maximum value = 212,5 kN m/m (Element 131 at Node 29215)  
Minimum value = -49,49 kN m/m (Element 143 at Node 29261)

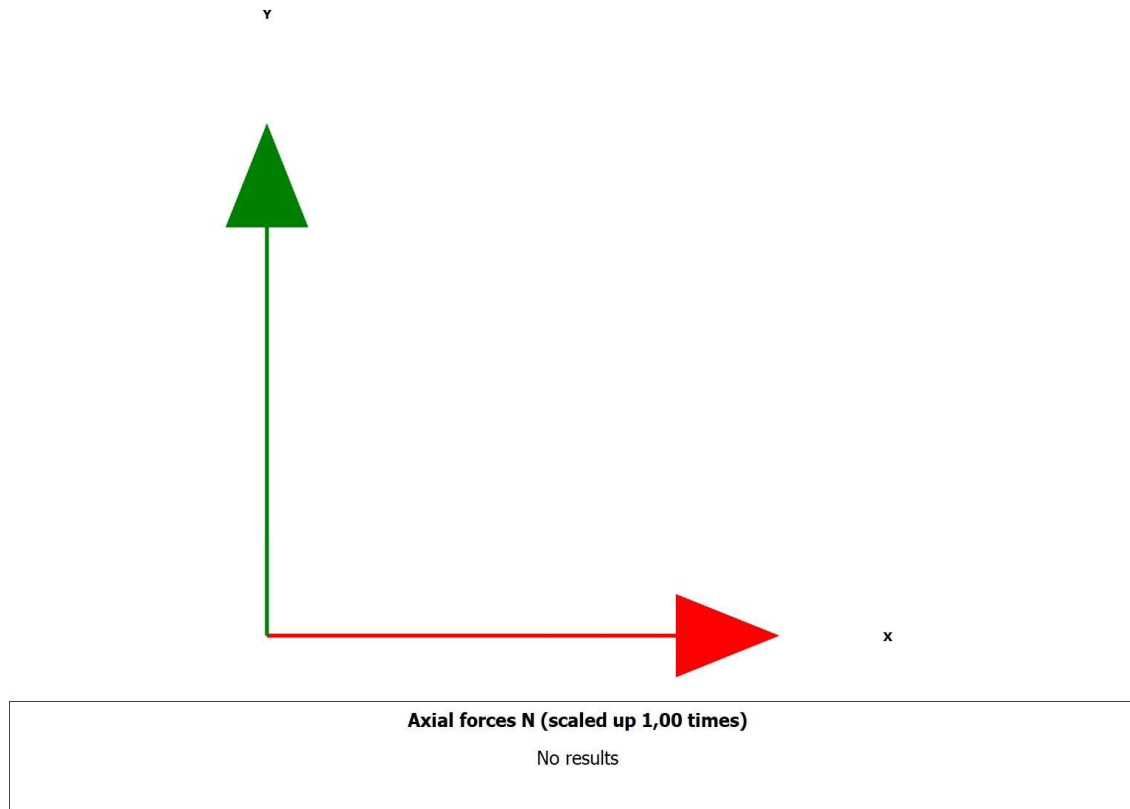
3.1.1.3.1 Calculation results, Embedded beam row, Initial phase [InitialPhase] (0/4), Axial forces N

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001A</p>	<p>Foglio 191 di 212</p>





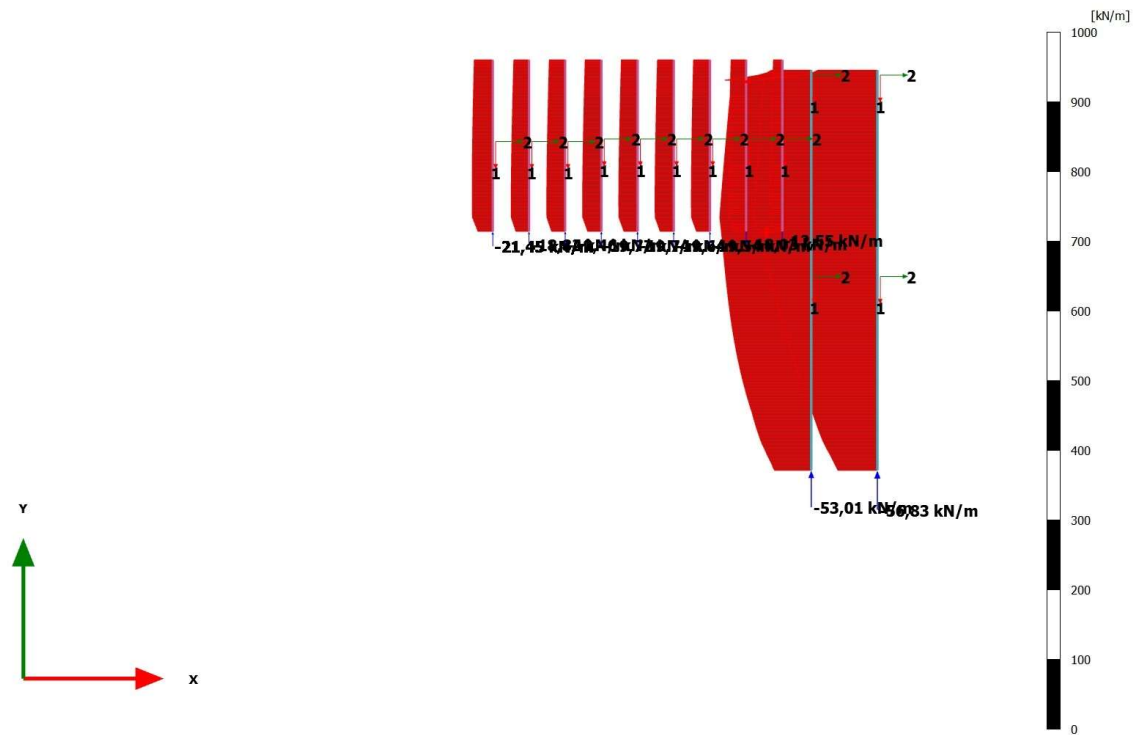
3.1.1.3.2 Calculation results, Embedded beam row, Nil [Phase\_2] (2/8), Axial forces N

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001A</p>	<p>Foglio 192 di 212</p>





3.1.1.3.3 Calculation results, Embedded beam row, Muro e inclusioni [Phase\_4] (4/10), Axial forces N

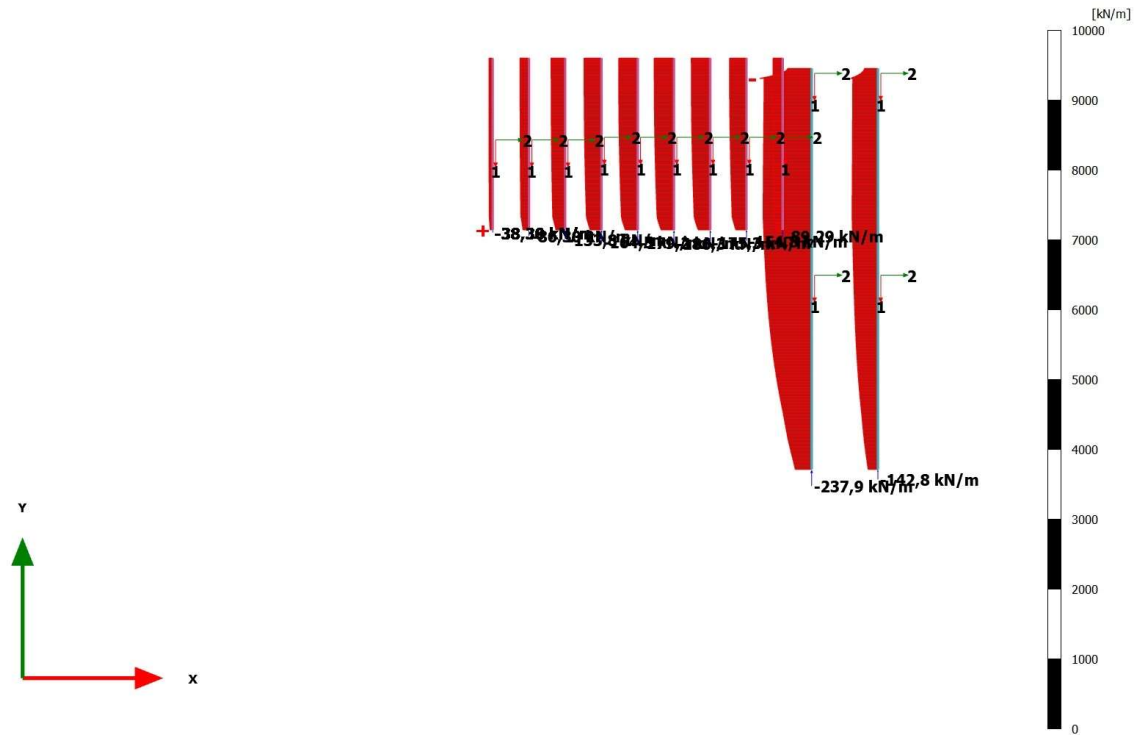
<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001A</p>	<p>Foglio 193 di 212</p>



**Axial forces N (scaled up 0,0500 times)**  
Maximum value = -12,51 kN/m (Element 99 at Node 29083)  
Minimum value = -177,1 kN/m (Element 131 at Node 29215)



3.1.1.3.4 Calculation results, Embedded beam row, Rilevato\_UDR [Phase\_3] (3/38), Axial forces N

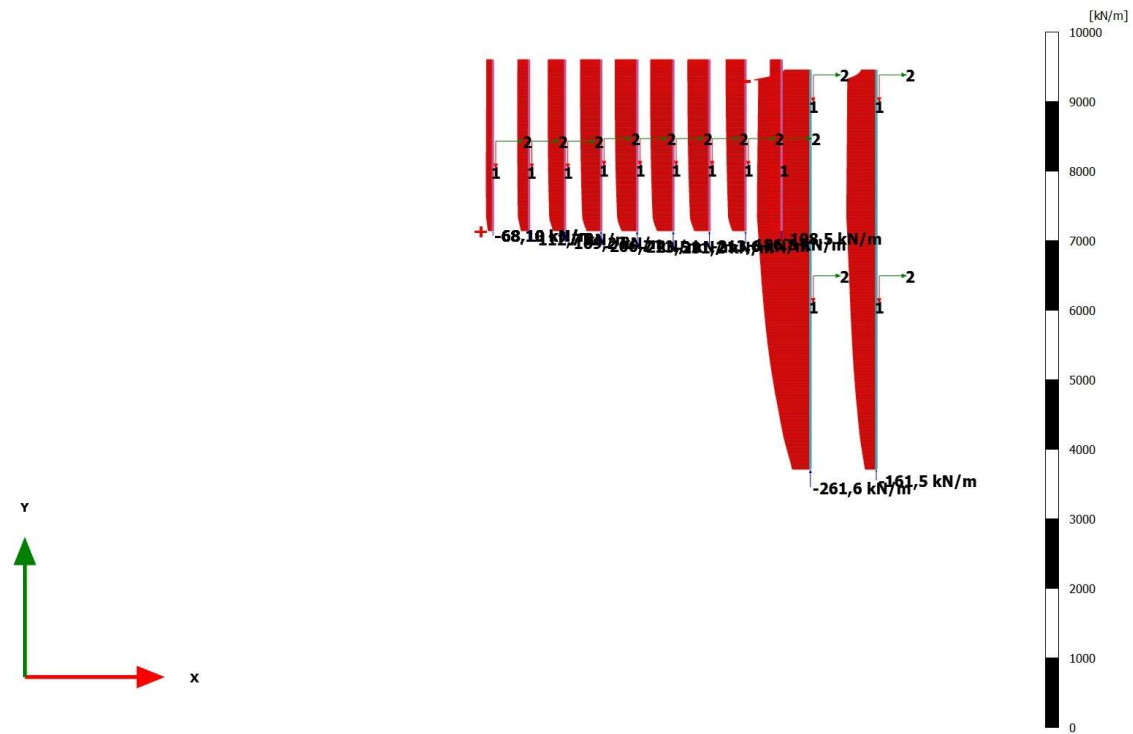
<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001A</p>	<p>Foglio 194 di 212</p>



**Axial forces N (scaled up  $5,00 \cdot 10^{-3}$  times)**  
Maximum value = -38,20 kN/m (Element 13 at Node 28731)  
Minimum value = -746,5 kN/m (Element 100 at Node 29089)



3.1.1.3.5 Calculation results, Embedded beam row, Consolidazione\_Ril+Imp [Phase\_1] (1/51), Axial forces N

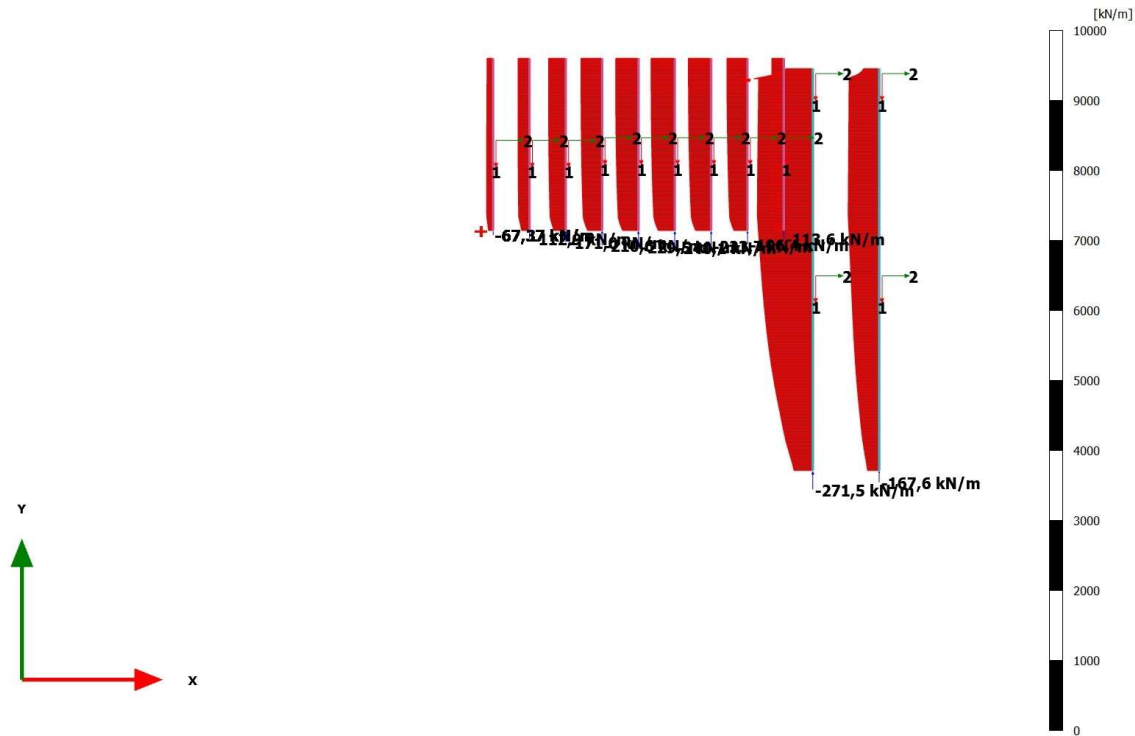
<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001A</p>	<p>Foglio 195 di 212</p>



**Axial forces N (scaled up  $5,00 \cdot 10^{-3}$  times) (Time 180,0 day)**  
Maximum value = -67,93 kN/m (Element 13 at Node 28731)  
Minimum value = -814,6 kN/m (Element 100 at Node 29089)

3.1.1.3.6 Calculation results, Embedded beam row, Ballast [Phase\_5] (5/54), Axial forces N

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001A</p>	<p>Foglio 196 di 212</p>



**Axial forces N (scaled up  $5,00 \cdot 10^{-3}$  times)**

Maximum value = -67,21 kN/m (Element 13 at Node 28731)

Minimum value = -847,0 kN/m (Element 100 at Node 29089)

3.1.1.3.7 Calculation results, Embedded beam row, ConsolidazioneTOT [Phase\_6] (6/56), Axial forces N



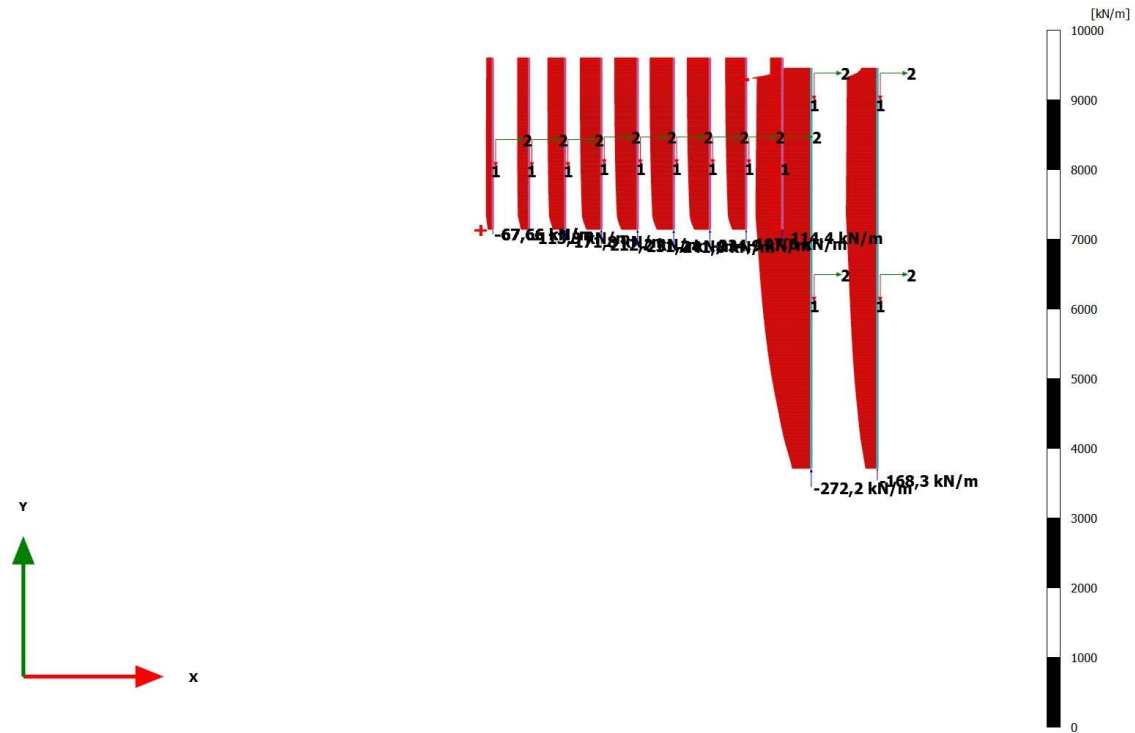
GENERAL CONTRACTOR




ALTA SORVEGLIANZA





Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	12	EI2RBRI36C0001A	197 di 212



**Axial forces N (scaled up  $5,00 \cdot 10^{-3}$  times) (Time 180,9 day)**  
Maximum value = -67,49 kN/m (Element 13 at Node 28731)  
Minimum value = -847,9 kN/m (Element 100 at Node 29089)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI36C0001A</p>	<p>Foglio 198 di 212</p>

**ALLEGATO 7- CURVE DI CAPACITA' PORTANTE DEI PALI**

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001A	Foglio 199 di 212

\*\*\* P A L \*\*\*

Programma per l'analisi della capacita' portante  
assiale di un palo di fondazione

MURO RI36c - CURVE CAPACITA' PORTANTE

Palo D=1200mm SLE

Quota testa palo da p.c. = 2.15 m

Quota falda da p.c. = .00 m

Peso di volume del palo = 6.00 kN/m<sup>3</sup>

Fattore di sicurezza portata laterale = 1.00 (FS,l)



Fattore di sicurezza portata di base = 1.00 (FS,b)

Elemento cilindrico, Diametro fusto = 1200. mm

Criterio per la determinazione della portata di base in uno strato "i"  
quando la  $Q_{b,i}$  ad esso attribuibile e' superiore a quella degli  
strati adiacenti:

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * 1.200 = 3.60$  m  
entro lo strato se quello sovrastante e' piu' debole

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * 1.200 = 3.60$  m

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001A	Foglio 200 di 212

sopra lo strato sottostante se esso e' piu' debole

La variazione di Qb viene assunta lineare dal passaggio di strato

MURO RI36c - CURVE CAPACITA' PORTANTE

Palo D=1200mm SLE

#### DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 1 "LA " (Coesivo) da .00 a 3.00 m

$$G_n = 18.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 8.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\tau = \alpha \cdot C_u < 100.0 \text{ kPa}$$

                    Criterio  $\alpha(C_u)$  nel seguito

$$\tau > .23 \cdot S'_v$$

$$Q_b = 9.0 \cdot C_u$$

$$C_u \text{ variabile lin. da } 45.0 \text{ a } 45.0 \text{ kPa}$$

Strato 2 "LA " (Coesivo) da 3.00 a 6.00 m

$$G_n = 18.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 8.0 \text{ kN/m}^3$$



$$\tau = \alpha \cdot C_u < 100.0 \text{ kPa}$$

                    Criterio  $\alpha(C_u)$  nel seguito

$$\tau > .23 \cdot S'_v$$

$$Q_b = 9.0 \cdot C_u$$



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI36C0001A	Foglio 202 di 212

Strato 5 "G " (Incoerente) da 12.00 a 20.00 m

$$G_n = 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 9.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\tau = \beta \cdot S'v < 150.0 \text{ kPa}$$

$$\beta = 2.00 - .147 Z^{.75}$$

Z = profondita da piano campagna

$$\tau > .25 \cdot S'v$$

$$\tau < 1.80 \cdot S'v$$

Q<sub>b</sub> variabile lin. da 2500. a 2500. kPa

Strato 6 "S " (Incoerente) da 20.00 a 26.00 m

$$G_n = 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 9.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\tau = \beta \cdot S'v < 150.0 \text{ kPa}$$

$$\beta = 1.50 - .245 Z^{.50}$$

Z = profondita da piano campagna

$$\tau > .25 \cdot S'v$$

$$\tau < 1.20 \cdot S'v$$

MURO RI36c - CURVE CAPACITA' PORTANTE

Palo D=1200mm SLE

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001A

Foglio

203 di 212

Strato 7 "LA " (Coesivo) da 26.00 a 28.00 m

$$G_n = 18.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 8.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\tau = \alpha \cdot C_u < 100.0 \text{ kPa}$$

    Criterio  $\alpha(C_u)$  nel seguito

$$\tau > .23 \cdot S'v$$

$$Q_b = 9.0 \cdot C_u$$

$C_u$  variabile lin. da 120.0 a 120.0 kPa

Strato 8 "S " (Incoerente) da 28.00 a 42.00 m

$$G_n = 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 9.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\tau = \beta \cdot S'v < 150.0 \text{ kPa}$$

$$\beta = 1.50 - .245 Z^{.50}$$

$Z$  = profondita da piano campagna

$$\tau > .25 \cdot S'v$$

$$\tau < 1.20 \cdot S'v$$

MURO RI36c - CURVE CAPACITA' PORTANTE

Palo D=1200mm SLE

MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo

strato	Molt. Tau	Molt. Qb	Molt. Cu
1 "LA "	1.00	1.00	1.00
2 "LA "	1.00	1.00	1.00

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001A

Foglio

204 di 212

3 "LA "	1.00	1.00	1.00
4 "LA "	1.00	1.00	1.00
5 "G "	1.00	1.00	-
6 "S "	1.00	1.00	-
7 "LA "	1.00	1.00	1.00
8 "S "	1.00	1.00	-

NOTA: i moltiplicatori non influenzano le limitazioni superiori o inferiori dei parametri

Per terreni coesivi: Criterio  $\tau = \alpha * C_u$

-----  
Cu    alfa  
kPa    -  
-----

.0	.55
150.0	.55
250.0	.45
400.0	.45

MURO RI36c - CURVE CAPACITA' PORTANTE

Palo D=1200mm SLE

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

-----  
zz    S'v    Sv    Cu    Tau/S'v    Tau    qb  
m    kPa    kPa    kPa    -    kPa    kPa  
-----



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51  
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

E12RBR136C0001A

205 di 212

2.00	16.0	36.0	45.0	1.55	24.8	341.
2.50	20.0	45.0	45.0	1.24	24.8	328.
3.00	24.0	54.0	45.0	.92	22.0	315.
3.50	28.0	63.0	35.0	.69	19.3	315.
4.00	32.0	72.0	35.0	.60	19.3	315.
4.50	36.0	81.0	35.0	.53	19.3	315.
5.00	40.0	90.0	35.0	.48	19.3	315.
5.50	44.0	99.0	35.0	.44	19.3	315.
6.00	48.0	108.0	35.0	.46	22.0	315.
6.50	52.0	117.0	45.0	.48	24.8	328.
7.00	56.0	126.0	45.0	.44	24.8	341.
7.50	60.0	135.0	45.0	.41	24.8	354.
8.00	64.0	144.0	45.0	.45	28.9	366.
8.50	68.0	153.0	60.0	.49	33.0	391.
9.00	72.0	162.0	60.0	.46	33.0	416.
9.50	76.0	171.0	60.0	.43	33.0	441.
10.00	80.0	180.0	60.0	.41	33.0	466.
10.50	84.0	189.0	60.0	.39	33.0	490.
11.00	88.0	198.0	60.0	.38	33.0	515.
11.50	92.0	207.0	60.0	.36	33.0	540.
12.00	96.0	216.0	60.0	.70	67.0	540.
12.50	100.5	225.5	--	1.02	102.8	820.
13.00	105.0	235.0	--	.99	104.3	1100.
13.50	109.5	244.5	--	.96	105.6	1380.
14.00	114.0	254.0	--	.94	106.7	1660.
14.50	118.5	263.5	--	.91	107.6	1940.
15.00	123.0	273.0	--	.88	108.2	2220.
15.50	127.5	282.5	--	.85	108.6	2500.
16.00	132.0	292.0	--	.82	108.8	2500.
16.50	136.5	301.5	--	.80	108.7	2500.

-----

MURO RI36c - CURVE CAPACITA' PORTANTE

Palo D=1200mm SLE

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51  
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

E12RBRI36C0001A

206 di 212

zz	S'v	Sv	Cu	Tau/S'v	Tau	qb
m	kPa	kPa	kPa	-	kPa	kPa
17.00	141.0	311.0	--	.77	108.5	2500.
17.50	145.5	320.5	--	.74	108.0	2500.
18.00	150.0	330.0	--	.72	107.3	2500.
18.50	154.5	339.5	--	.69	106.4	2500.
19.00	159.0	349.0	--	.66	105.3	2500.
19.50	163.5	358.5	--	.64	104.0	2500.
20.00	168.0	368.0	--	.51	85.2	2500.
20.50	172.5	377.5	--	.39	67.4	2571.
21.00	177.0	387.0	--	.38	66.8	2643.
21.50	181.5	396.5	--	.36	66.1	2714.
22.00	186.0	406.0	--	.35	65.3	2786.
22.50	190.5	415.5	--	.34	64.4	2857.
23.00	195.0	425.0	--	.33	63.4	2857.
23.50	199.5	434.5	--	.31	62.3	2857.
24.00	204.0	444.0	--	.30	61.1	2857.
24.50	208.5	453.5	--	.29	59.9	2857.
25.00	213.0	463.0	--	.27	58.6	2857.
25.50	217.5	472.5	--	.26	57.2	2857.
26.00	222.0	482.0	--	.27	60.8	2857.
26.50	226.0	491.0	120.0	.29	66.0	2413.
27.00	230.0	500.0	120.0	.29	66.0	1969.
27.50	234.0	509.0	120.0	.28	66.0	1524.
28.00	238.0	518.0	120.0	.26	62.8	1080.
28.50	242.5	527.5	--	.25	60.6	1497.
29.00	247.0	537.0	--	.25	61.8	1914.
29.50	251.5	546.5	--	.25	62.9	2331.
30.00	256.0	556.0	--	.25	64.0	2749.
30.50	260.5	565.5	--	.25	65.1	3166.
31.00	265.0	575.0	--	.25	66.3	3583.
31.50	269.5	584.5	--	.25	67.4	4000.

pag. 8

## MURO RI36c - CURVE CAPACITA' PORTANTE

Palo D=1200mm SLE

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz	S'v	Sv	Cu	Tau/S'v	Tau	qb
m	kPa	kPa	kPa	-	kPa	kPa
32.00	274.0	594.0	--	.25	68.5	4000.
32.50	278.5	603.5	--	.25	69.6	4000.
33.00	283.0	613.0	--	.25	70.8	4000.
33.50	287.5	622.5	--	.25	71.9	4000.
34.00	292.0	632.0	--	.25	73.0	4000.
34.50	296.5	641.5	--	.25	74.1	4000.
35.00	301.0	651.0	--	.25	75.3	4000.
35.50	305.5	660.5	--	.25	76.4	4000.
36.00	310.0	670.0	--	.25	77.5	4000.
36.50	314.5	679.5	--	.25	78.6	4000.
37.00	319.0	689.0	--	.25	79.8	4000.
37.50	323.5	698.5	--	.25	80.9	4000.
38.00	328.0	708.0	--	.25	82.0	4000.
38.50	332.5	717.5	--	.25	83.1	4000.
39.00	337.0	727.0	--	.25	84.3	4000.
39.50	341.5	736.5	--	.25	85.4	4000.
40.00	346.0	746.0	--	.25	86.5	4000.
40.50	350.5	755.5	--	.25	87.6	4000.
41.00	355.0	765.0	--	.25	88.8	4000.
41.50	359.5	774.5	--	.25	89.9	4000.
42.00	364.0	784.0	--	.25	91.0	4000.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI36C0001A

Foglio

208 di 212

zz = Profondita' da piano campagna

S'v = Tensione verticale efficace

Sv = Tensione verticale totale

Cu = Coesione non drenata

Tau = Tensione di adesione laterale limite

MURO RI36c - CURVE CAPACITA' PORTANTE

Palo D=1200mm SLE

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp	Qll	Qbl	Wp	Qu	Qd
m	kN	kN	kN	kN	kN
.00	0.	385.	0.	385.	385.
.50	47.	371.	3.	414.	414.
1.00	91.	356.	7.	440.	440.
1.50	130.	356.	10.	476.	476.
2.00	166.	356.	14.	509.	509.
2.50	202.	356.	17.	541.	541.
3.00	238.	356.	20.	574.	574.
3.50	275.	356.	24.	607.	607.
4.00	314.	356.	27.	643.	643.
4.50	358.	371.	31.	698.	698.
5.00	404.	385.	34.	756.	756.
5.50	451.	400.	37.	814.	814.
6.00	502.	414.	41.	875.	875.
6.50	560.	442.	44.	958.	958.
7.00	622.	471.	48.	1045.	1045.
7.50	684.	499.	51.	1132.	1132.
8.00	746.	527.	54.	1219.	1219.
8.50	809.	555.	58.	1306.	1306.
9.00	871.	583.	61.	1392.	1392.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

E12RBRI36C0001A

Foglio

209 di 212

9.50	933.	611.	64.	1479.	1479.
10.00	1027.	611.	68.	1570.	1570.
10.50	1187.	927.	71.	2043.	2043.
11.00	1383.	1244.	75.	2552.	2552.
11.50	1580.	1561.	78.	3063.	3063.
12.00	1781.	1877.	81.	3577.	3577.
12.50	1982.	2194.	85.	4092.	4092.
13.00	2186.	2511.	88.	4608.	4608.
13.50	2390.	2827.	92.	5126.	5126.
14.00	2595.	2827.	95.	5327.	5327.
14.50	2800.	2827.	98.	5529.	5529.

## MURO RI36c - CURVE CAPACITA' PORTANTE

Palo D=1200mm SLE

## STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp	Qll	Qbl	Wp	Qu	Qd
m	kN	kN	kN	kN	kN
15.00	3005.	2827.	102.	5730.	5730.
15.50	3209.	2827.	105.	5931.	5931.
16.00	3412.	2827.	109.	6130.	6130.
16.50	3613.	2827.	112.	6329.	6329.
17.00	3813.	2827.	115.	6525.	6525.
17.50	4010.	2827.	119.	6718.	6718.
18.00	4188.	2827.	122.	6893.	6893.
18.50	4332.	2908.	126.	7115.	7115.
19.00	4458.	2989.	129.	7318.	7318.
19.50	4584.	3070.	132.	7521.	7521.
20.00	4707.	3151.	136.	7722.	7722.
20.50	4829.	3231.	139.	7922.	7922.
21.00	4950.	3231.	143.	8039.	8039.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

E12RBRI36C0001A

Foglio

210 di 212

21.50	5068.	3231.	146.	8154.	8154.
22.00	5185.	3231.	149.	8267.	8267.
22.50	5299.	3231.	153.	8377.	8377.
23.00	5410.	3231.	156.	8486.	8486.
23.50	5520.	3231.	159.	8591.	8591.
24.00	5631.	3231.	163.	8699.	8699.
24.50	5750.	2729.	166.	8313.	8313.
25.00	5875.	2226.	170.	7931.	7931.
25.50	5999.	1724.	173.	7550.	7550.
26.00	6120.	1221.	176.	7165.	7165.
26.50	6237.	1693.	180.	7750.	7750.
27.00	6352.	2165.	183.	8334.	8334.
27.50	6469.	2637.	187.	8920.	8920.
28.00	6589.	3109.	190.	9508.	9508.
28.50	6711.	3580.	193.	10098.	10098.
29.00	6835.	4052.	197.	10690.	10690.
29.50	6961.	4524.	200.	11284.	11284.

MURO RI36c - CURVE CAPACITA' PORTANTE

Palo D=1200mm SLE

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp	Qll	Qbl	Wp	Qu	Qd
m	kN	kN	kN	kN	kN
30.00	7089.	4524.	204.	11409.	11409.
30.50	7219.	4524.	207.	11536.	11536.
31.00	7351.	4524.	210.	11665.	11665.
31.50	7485.	4524.	214.	11796.	11796.
32.00	7622.	4524.	217.	11929.	11929.
32.50	7761.	4524.	221.	12064.	12064.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51  
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI36C0001A

211 di 212

33.00	7901.	4524.	224.	12201.	12201.
33.50	8044.	4524.	227.	12341.	12341.
34.00	8189.	4524.	231.	12483.	12483.
34.50	8337.	4524.	234.	12626.	12626.
35.00	8486.	4524.	238.	12772.	12772.
35.50	8637.	4524.	241.	12920.	12920.
36.00	8791.	4524.	244.	13070.	13070.
36.50	8946.	4524.	248.	13223.	13223.
37.00	9104.	4524.	251.	13377.	13377.
37.50	9264.	4524.	254.	13533.	13533.
38.00	9426.	4524.	258.	13692.	13692.
38.50	9590.	4524.	261.	13853.	13853.
39.00	9756.	4524.	265.	14015.	14015.
39.50	9925.	4524.	268.	14180.	14180.
40.00	10095.	4524.	271.	14348.	14348.

-----

Lp = Lunghezza utile del palo

QII = Portata laterale limite

Qbl = Portata di base limite

Wp = Peso efficace del palo

Qu = Portata totale limite

Qd = Portata di progetto =  $QII/FS,l + Qbl/FS,b - Wp$

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 19+531,00 al km 20+219,51 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica E12RBRI36C0001A</p>	<p>Foglio 212 di 212</p>

### ALLEGATO 8- VERSIONE SOFTWARE DI CALCOLO UTILIZZATI

- 1) SLIDE ver 7.0
- 2) Settle 3D ver 2.003
- 3) Plaxis 2D ver. 2021