

COMMITTENTE:



ALTA  
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE  
OBIETTIVO N. 443/01**

**LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA**

**Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**RILEVATI**

**Rilevato ferroviario da pk 0+475,00 a pk 0+766,68**

**GENERALE**

**Relazione Geotecnica**

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

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



	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma Luca RANDOLFI	Data

Progettazione:								
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	M. Conti	Marzo 2021	V. Pastore	Marzo 2021	P. Ascari	Marzo 2021	
B	RECEPIMENTO ISTRUTTORIA VALIDATORE	M. Conti	Aprile 2021	V. Pastore	Aprile 2021	P. Ascari	Aprile 2021	
Data: Aprile 2021								

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E9100000009	File: IN1711EI2RBRI030001B.DOCX
		Cod. origine:





Progetto cofinanziato dalla Unione Europea



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 2 di 64</p>

## INDICE

1	INTRODUZIONE .....	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	5
2.1	Documentazione di progetto.....	5
2.2	Normativa e standard di riferimento.....	5
2.3	Bibliografia .....	6
3	INQUADRAMENTO DELL'OPERA .....	7
3.1	Geometria del rilevato.....	7
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....	9
4.1	Inquadramento geotecnico .....	9
4.1.1	Indagini disponibili.....	10
4.1.2	Livello di falda .....	12
4.2	Condizioni geotecniche del sito .....	13
4.3	Sintesi del modello geotecnico di riferimento .....	20
4.3.1	Materiale da rilevato.....	20
4.3.2	Falda .....	20
5	CARATTERISTICHE SISMICHE E SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE.....	21
5.1	Sollecitazione sismica di progetto.....	21
5.1.1	Vita Nominale.....	21
5.1.2	Classe d'uso .....	21
5.1.3	Periodo di riferimento per l'azione sismica .....	22
5.1.4	Categorie di Sottosuolo.....	22
5.1.5	Condizioni topografiche .....	22
5.1.6	Accelerazione sismica di riferimento .....	23
5.2	Suscettibilità alla liquefazione.....	23
5.2.1	CRR da correlazione su prove CPT .....	25
5.2.2	CRR da correlazione su prove SPT.....	27
6	VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO .....	32
6.1	Criteri di verifica agli Stati Limite.....	32
6.1.1	Stati limite ultimi (SLU).....	32
6.1.2	Verifiche in condizioni sismiche e post-sismiche .....	33
6.2	Azioni di progetto .....	34
6.2.1	Azioni permanenti .....	34
6.2.2	Azioni variabili .....	34
6.2.3	Azione sismica .....	34

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 3 di 64</p>

6.3	Verifiche e risultati SLU .....	35
6.3.1	Premessa .....	35
6.3.2	Verifiche SLU in condizione statiche .....	35
6.3.3	Verifiche SLU in condizioni sismiche .....	36
7	CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI .....	38
Allegati .....		39
ALLEGATO 1 - SEZIONE STRATIGRAFICA .....		40
ALLEGATO 2 - SONDAGGI.....		42
ALLEGATO 3 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI SLU.....		45

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 4 di 64</p>

## 1 INTRODUZIONE


Il presente documento costituisce la Relazione Geotecnica del rilevato RI03, previsto nell'ambito del Progetto Esecutivo della sub tratta Verona – Vicenza della Linea AV/AC Verona – Padova. Tale rilevato si estende tra il km 0+475,00 e il km 0+766,68

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

Le verifiche, condotte in base al modello geotecnico sopra definito, sono condotte ai sensi della Normativa di riferimento (v. capitolo seguente).

Il documento è così organizzato:

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 5 di 64</p>



## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 Documentazione di progetto

- [1] Sezioni di Progetto Esecutivo
- [2] IN1710EI2RBGE0000001A Relazione Geotecnica (da 0+000 a 10+050)
- [3] IN1710EI2LZGE0000012A Planimetria con ubicazione indagini e profilo geotecnico 1 di 11
- [4] IN1710EI2RHGE0000005A Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 1/2
- [5] IN1710EI2P5GE0000001A Planimetrie con classificazione sismica del territorio 1 di 11
- [6] IN1710EI2P5GE0000012A Planimetria con ubicazione indagini di Progetto Esecutivo 1 di 11
- [7] IN1710EI2RHGE0000003A Relazione idrogeologica 1/2
- [8] IN1710EI2RHGE0000007A-8A Relazione di sintesi dei sondaggi e delle prove eseguite
- [9] IN1710EI2PRGE0000001A-2A, Risultati Indagini in sito di Progetto – SOCOTEC
- [10] IN1710EI2PRGE0000003A-4A, Risultati Indagini in sito di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING – GEOLAVORI
- [11] IN1710EI2PRGE0000005A-8A, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [12] IN1710EI2PRGE0000009A-12A, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING - GEOLAVORI
- [13] IN1710EI2IGGE0000001A-2A, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [14] IN1710EI2IGGE0000003A-4A, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING - GEOLAVORI

### 2.2 Normativa e standard di riferimento



- [15] 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
- [16] 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
- [17] UNI EN 1997-1 : Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- [18] UNI EN 1998-5 : Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- [19] RFI DTC SI PS MA IFS 001 B Manuale di progettazione delle opere civili, Parte II – Sezione 2, Ponti e strutture
- [20] RFI DTC SI CS MA IFS 001 B Manuale di progettazione delle opere civili, Parte II – Sezione 3, Corpo stradale
- [21] 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
- [22] RFI DTC INC CS SP IFS 001 A Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 6 di 64</p>

- [23] 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
- [24] RFI TCAR ST AR 01 001 D Standard di qualità geometrica del binario con velocità fino a 300 km/h
- [25] 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

- [26] 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.
- [27] 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.
- [28] 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.
- [29] 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.
- [30] 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.
- [31] Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1982), “Ground motions and soil liquefaction during earthquakes”, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA, USA.
- [32] 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.
- [33] Youd, T.L., Idriss, I.M., Andrus, R.D., Castro, G., Christian, J.T., Dobry, R., Finn, L.W.D., Harder, L.F. Jr., Hynes, M.H., Ishihara, K., Koester, J.P., Liao, S.S.C., Marcuson, W.F. III, Martin, G.R., Mitchell, J.K., Moriwaki, Y., Power, M.S., Robertson, P.K., Seed, R.B. and Stokoe, K.H. II (2001), “Liquefaction Resistance of Soil: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils”, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, vol. 127, n° 10, pp.817-833.
- [34] Rocscience (2017), Slide ver 9.012, dic. 2020
- [35] Rocscience (2009), Settle 3D ver 2.011

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0300001B	Foglio 7 di 64

### 3 INQUADRAMENTO DELL'OPERA

Il rilevato ferroviario in esame si estende dalla pk 0+475,00 alla pk 0+766,68 per una lunghezza totale di 291.68 m, in affiancamento all'esistente rilevato ferroviario della linea storica. Per la tratta in esame non si evidenziano altre interferenze con opere principali adiacenti e/o attraversate.

#### 3.1 Geometria del rilevato

Il Tratto in esame della nuova Linea AV/AC Verona – Padova è in affiancamento sul suo lato nord alla linea storica esistente, mentre il lato sud, presenta per tutta l'estensione dell'intervento opere in c.a. di regimazione delle acque. Il rilevato ha una sezione uniforme per tutto il tracciato ed è realizzato a quota piano campagna, pertanto non si rendono necessarie analisi di stabilità o di calcolo di cedimenti. In Figura 2 si riporta la Sezione n° 2 (pk 0+500) rappresentativa per la tratta in esame:

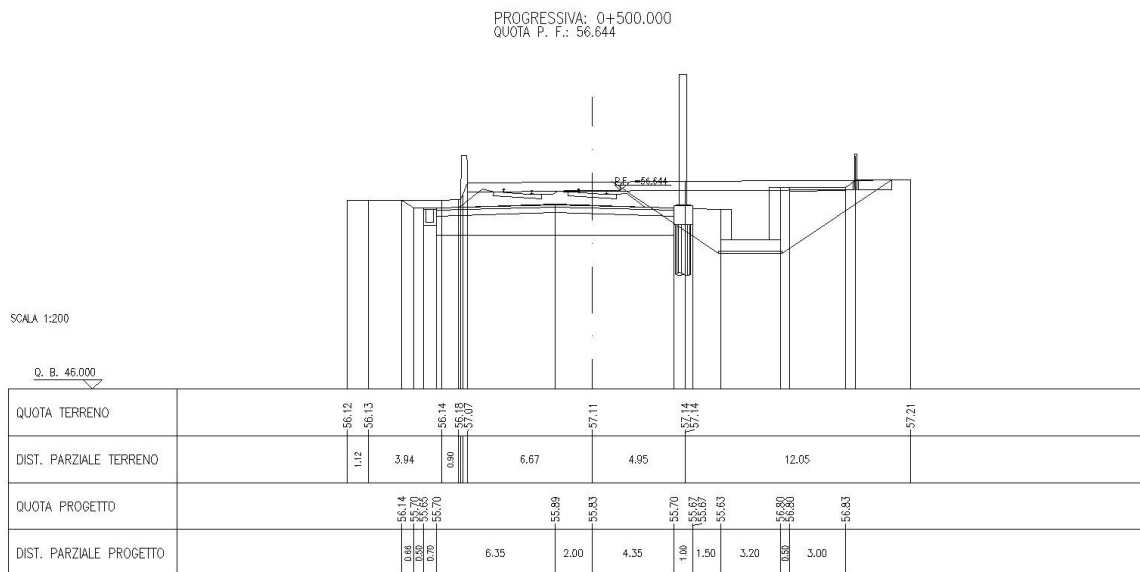




Figura 1 – Sezione di riferimento n° 2 (pk 0+500) estratta da sezioni PE (Doc Rif. [1])

Situazione differente invece si riscontra nel tratto terminale della WBS in oggetto, tra la pk 0+745,00 e la pk 0+766,68, in cui la nuova linea è realizzata a ridosso di una scarpata esistente con pendenza di circa 30° ed altezza del fronte di circa 7.50 m.

In Figura 2 si riporta la Sezione n° 14 (pk 0+759,75) come esempio del tratto in esame:

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 8 di 64</p>

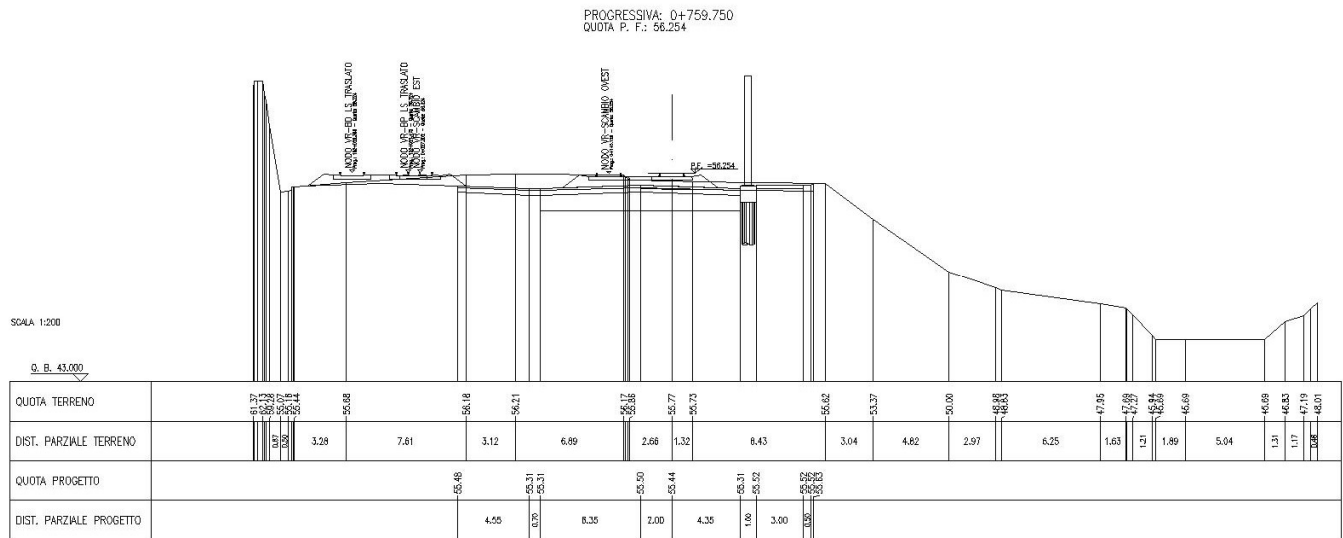




Figura 2 – Sezione di riferimento n° 14 (pk 0+759,75) estratta da sezioni PE (Doc Rif. [1])

Pertanto, tra la pk 0+745,00 e la pk 0+766,68, è necessario sviluppare una analisi di stabilità globale prendendo come rappresentativa la sezione n° 14.



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0300001B	Foglio 9 di 64

## 4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA



### 4.1 Inquadramento geotecnico

La tratta relativa al rilevato in esame si estende dalla pk 0+475,00 alla pk 0+766,68.

Dal punto di vista geotecnico la zona è generalmente interessata dalla presenza superficiale di materiale antropico, che appartiene alle opere realizzate per lo snodo ferroviario. Al di sotto di esso sono presenti ghiaie ben addensate (Unità 6) fino ad una profondità di circa 30 m.

Per una trattazione di dettaglio delle unità sopra citate si rimanda alla Relazione Geotecnica Generale del tratto in esame (Doc. Rif. [2]).

Nella Figura 3 si riporta il profilo geotecnico specifico per il rilevato RI04, estratto dalla Planimetria e Profilo Geotecnico Tav. 1 di 11 (Doc. Rif. [3]), vedi ALLEGATO 1 - .

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 10 di 64</p>

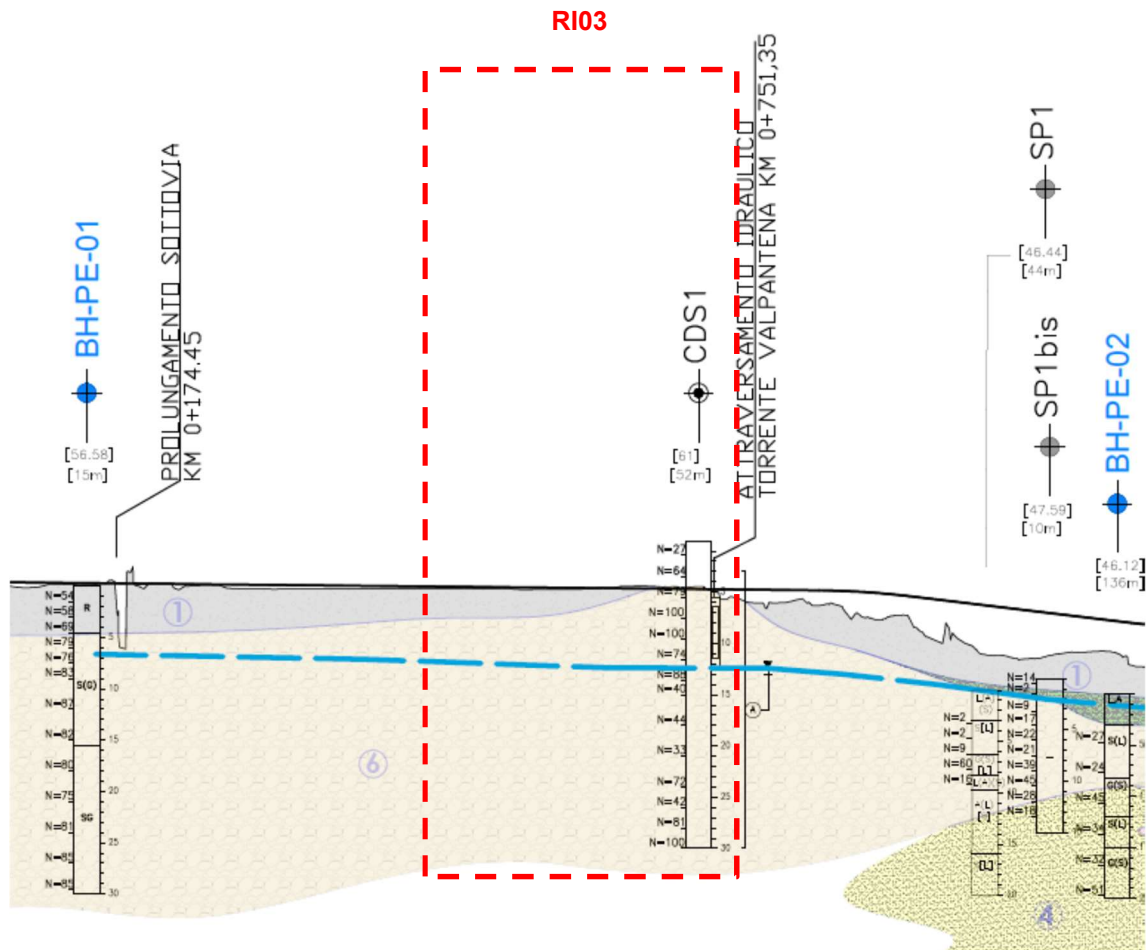


Figura 3 - Profilo Geotecnico Rilevato RI03, estratto dal Profilo Geotecnico Generale (Doc. Rif. [3])

#### 4.1.1 Indagini disponibili

L'ubicazione delle indagini disponibili relative all'opera esaminata è illustrata nella Figura 4, estratta dalla Planimetria geotecnica con ubicazione indagini e profilo geotecnico (Doc. Rif. [3]). Per ulteriori dettagli si rimanda alle relazioni di sintesi delle indagini (Doc. Rif. [8] - [14]). Il risultato delle indagini è riportato in ALLEGATO 2 - .

Le indagini disponibili lungo il tratto d'interesse sono riportate in Tabella 1. Nel seguente paragrafo si riporta la caratterizzazione geotecnica, ottenuta basandosi sui risultati delle indagini di Tabella 1 e sulla caratterizzazione generale dell'area in cui si inserisce il rilevato, presentata nella Relazione Geotecnica (Doc. Rif. [2]).

Per una trattazione completa dei criteri utilizzati per la valutazione dei parametri geotecnici a partire dai dati di prove in sito e di laboratorio, si rimanda al capitolo 5 della Relazione Geotecnica Generale (Doc. Rif. [2])

Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68  
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

11

EI2RBRI0300001B

11 di 64

Tabella 1 - Indagini disponibili tra pk 0+475,00 e pk 0+766,68

Progressiva pk	ID indagini -	Campagna anno
0+700	CDS1	2017

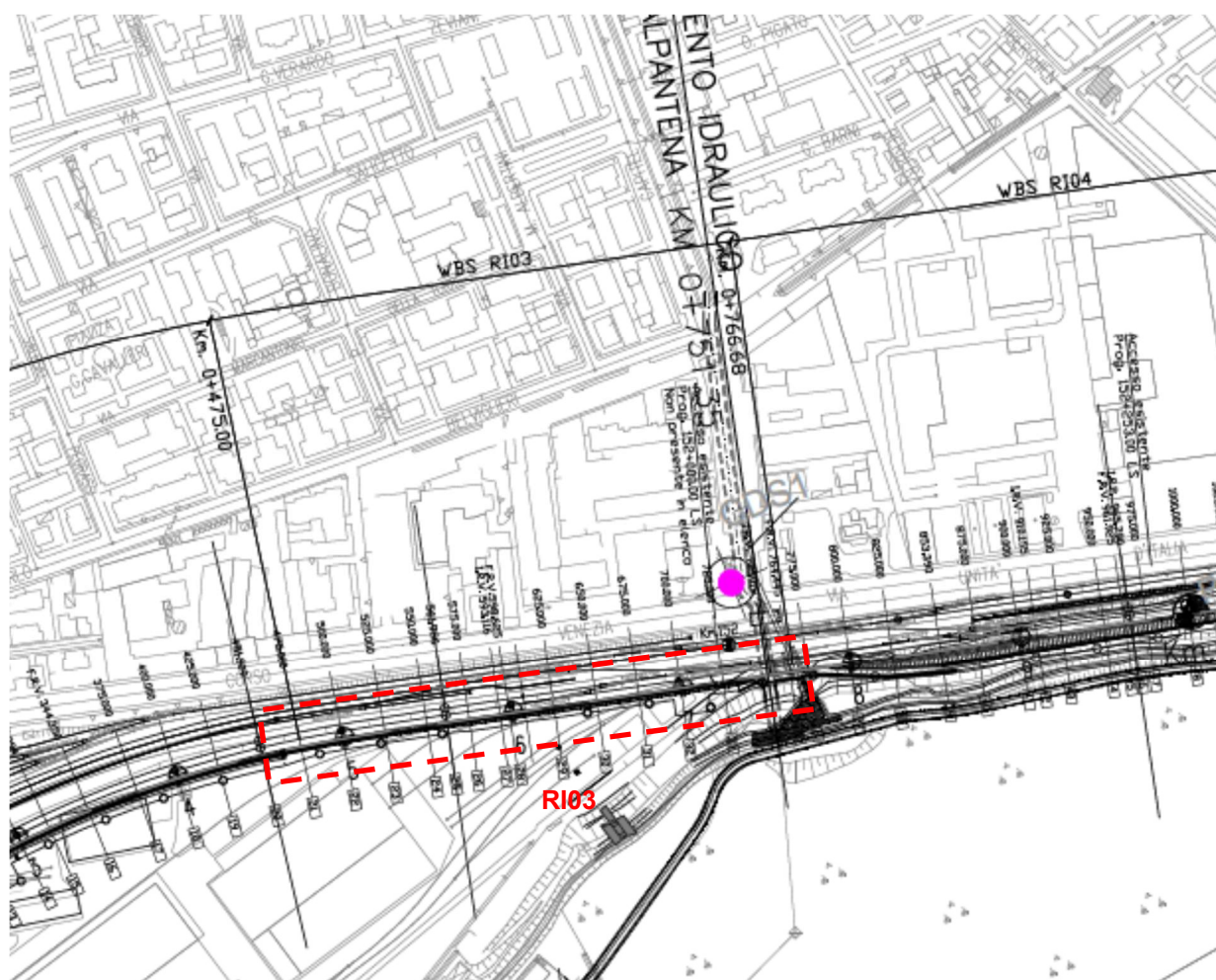




Figura 4 - Planimetria Rilevato R103, estratto dalla Planimetria Generale (Doc. Rif. [3])

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 12 di 64</p>


#### 4.1.2 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. [7]). Quest'ultimi indicano una sostanziale stabilità nelle escursioni stagionali.

*L'area di sede del rilevato RI03 è stata assunta come esondabile. La quota di piena dell'Adige è stata definita in sede di relazione idrologica pari a +47.65 m per un tempo di ritorno di 300 anni.*

Ai fini progettuali si assume:

- falda di progetto a medio termine: a quota +45.60 m s.l.m.
- falda di progetto a lungo termine: coincidente con la quota di rapido svasso pari a +47.65 m sl.m.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 13 di 64</p>

## 4.2 Condizioni geotecniche del sito

La Figura 6 mostra i risultati delle prove SPT eseguite nel tratto interessato dal rilevato in esame.

La parte sommitale del profilo è costituita da terreno di riporto (Unità 1), formato da ciottoli e sabbie con ghiaie (con alcuni frammenti di laterizi), per poi procedere con l'Unità 6, generalmente formata da ghiaie e ghiaie e sabbie, che raggiunge anche profondità fino a 30m dal p.c., come si evince dal sondaggio di riferimento CDS1.

La natura dei riporti, rilevata anche da altri sondaggi in zona, è generalmente quella di materiali a grana grossa, e quindi, una volta adeguatamente compattati, fruibili come piano di posa del rilevato.

All'interno dell'Unità 6 le percentuali di materiale a grana fine sono generalmente inferiori a 15% e si registrano valori di  $N_{SPT}$  mediamente superiori a 60 colpi/30cm. La densità relativa delle ghiaie risulta generalmente variabile fra il 60 e il 70%, con occasionali valori del 50%, e quindi il deposito risulta ben addensato.



Si evidenzia comunque che il volume di terreno interessato dai modesti incrementi di carico attesi (dell'ordine dei 60-70 kPa) si esaurisca all'interno dello strato di ghiaia, e che pertanto la caratterizzazione degli strati presenti in profondità non sia di interesse ai fini della definizione del modello geotecnico di progetto.

Il profilo di  $V_s$  derivante dalle interpretazioni discusse nella Relazione Sismica (Doc. Rif. [4]), basata sui risultati delle prove MASW e SPT, conferma la presenza di materiali incoerenti da mediamente a molto addensati. Fino a 15 m dal p.c., per le ghiaie superficiali, si stimano valori di  $V_s$  crescenti e compresi tra 250 m/s e 400 m/s. A profondità maggiori, nelle sabbie, le velocità sono da considerarsi pressoché costanti – variano tra 350 m/s e 450 m/s fino a 35 m pc. Sulla base dei valori di  $V_s$  si sono stimati i valori del modulo di taglio alle piccole deformazioni ( $G_0$ ). Per le ghiaie si ottengono valori crescenti compresi tra 120 MPa e 250 MPa, mentre per le sabbie profonde si ottengono valori pari a 250 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, interpretati alla luce di quanto riferito in [2] e [4].

- Distribuzione delle granulometrie da analisi di laboratorio (v. Figura 5);
- Valori  $N_{SPT}$  da prove SPT (v. Figura 6);
- Densità relativa stimata da prove SPT (v. Figura 7);
- Angolo di attrito stimato da prove SPT (v. Figura 8);
- Velocità delle onde di taglio stimata da prove in sito (v. Figura 9);
- Modulo di taglio alle piccole deformazioni valutati a partire dai valori stimati di  $V_s$  (v. Figura 10).

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 14 di 64</p>

## AV/AC VERONA VICENZA

**RI03 da pk 0+475 a pk 0+766.68**

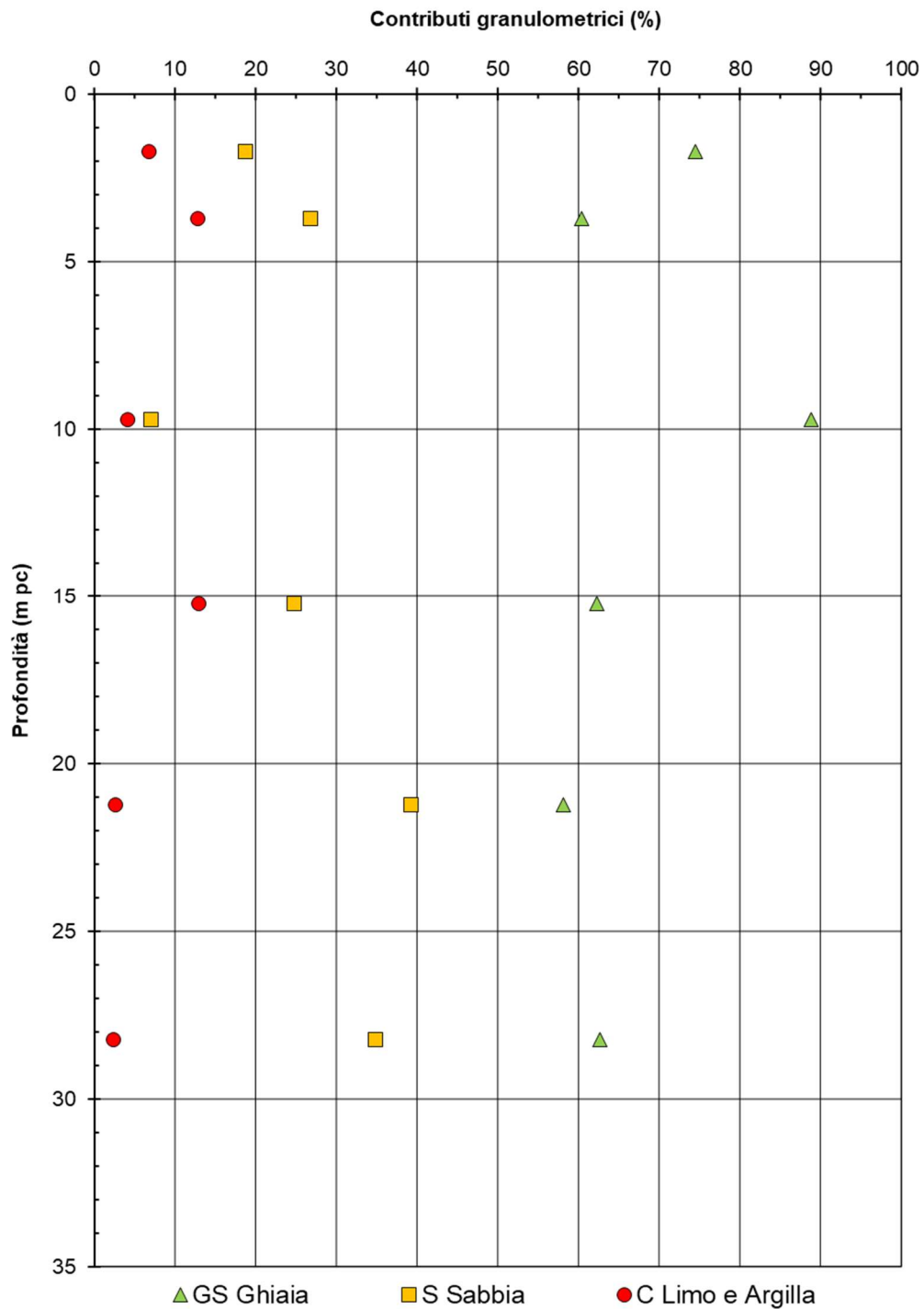


Figura 5 – Risultati delle analisi granulometriche tra pk 0+475,00 e pk 0+766,68

**AV/AC VERONA VICENZA**

**RI03 da pk 0+475 a pk 0+766.68**

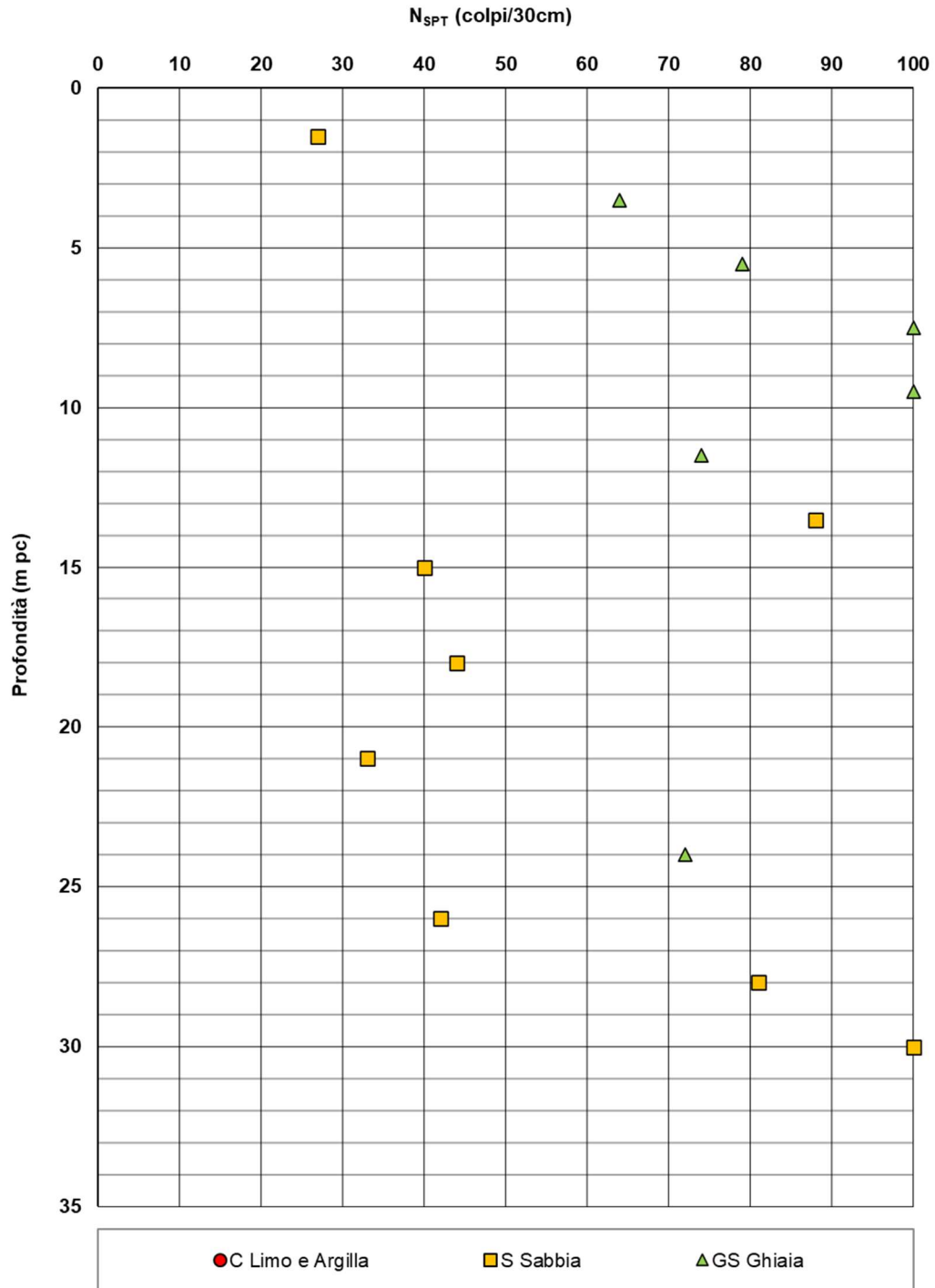



Figura 6 – Esito delle prove SPT tra pk 0+475,00 e pk 0+766,68

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 16 di 64</p>

**AV/AC VERONA VICENZA**

**RI03 da pk 0+475 a pk 0+766.68**

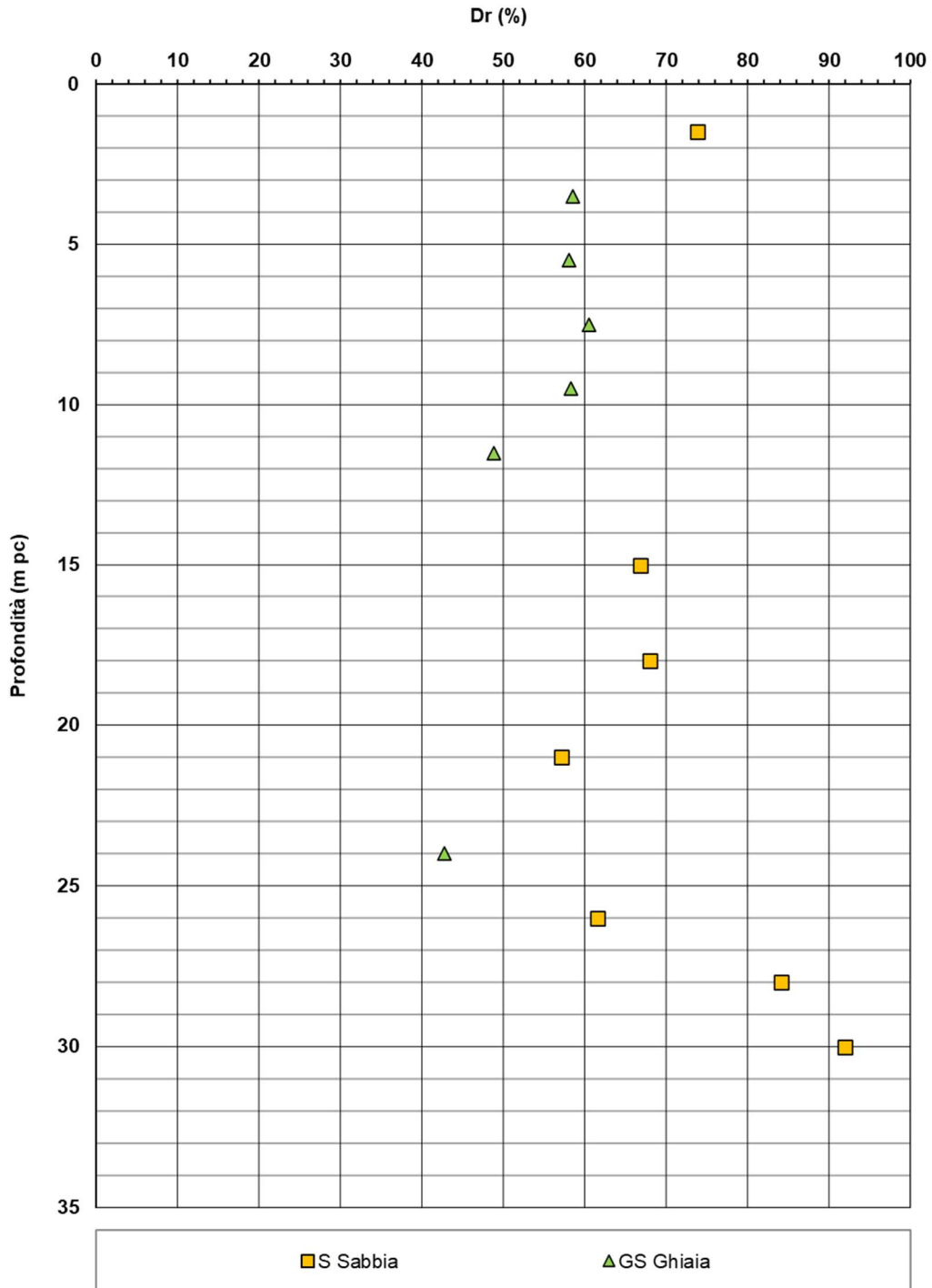




Figura 7 – Densità relativa da prove SPT tra pk 0+475,00 e pk 0+766,68



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 17 di 64</p>

## AV/AC VERONA VICENZA

RI03 da pk 0+475 a pk 0+766.68

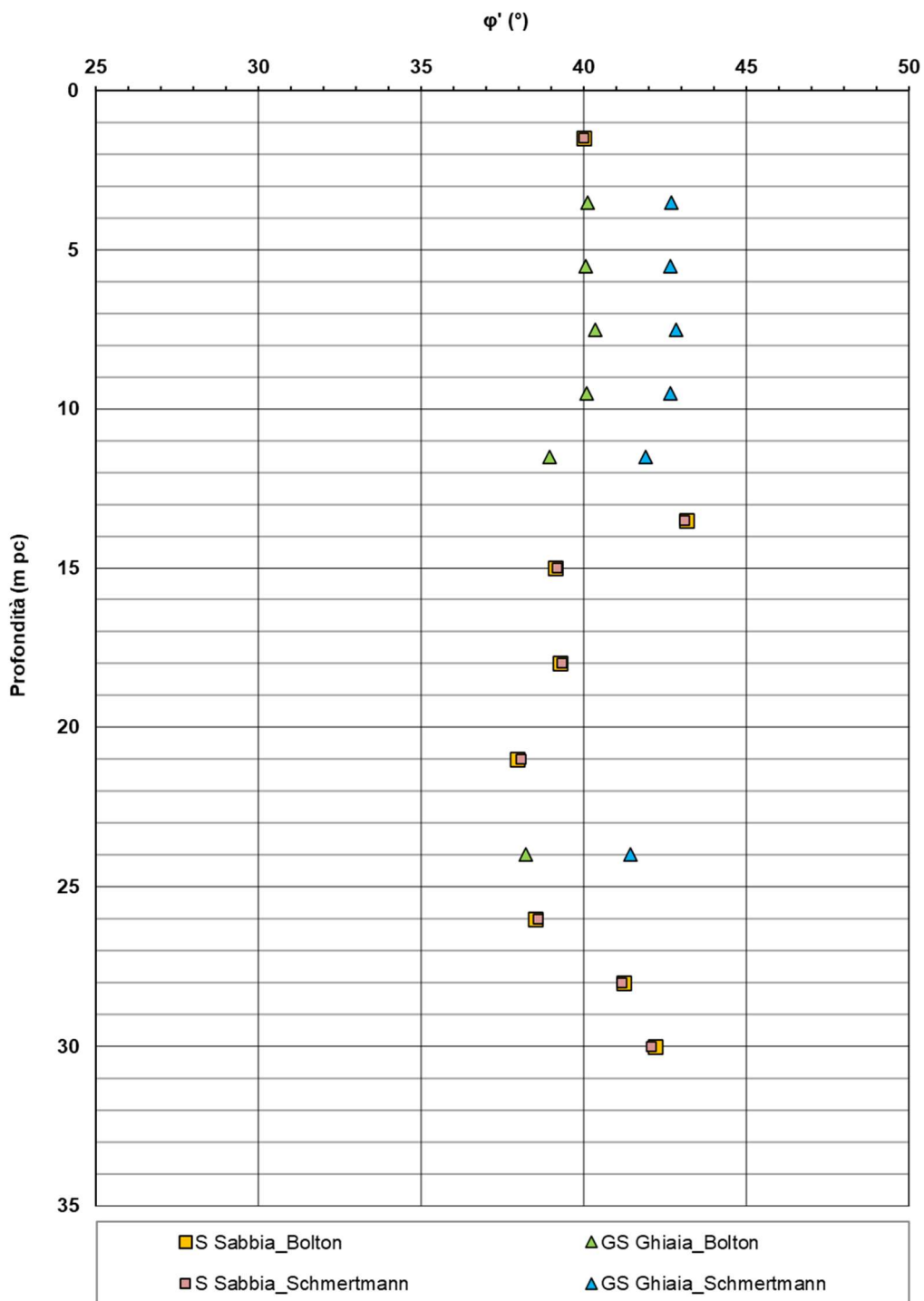


Figura 8 – Angoli di attrito da prove SPT tra pk 0+475,00 e pk 0+766,68

**AV/AC VERONA VICENZA**

**RI03 da pk 0+475 a pk 0+766.68**

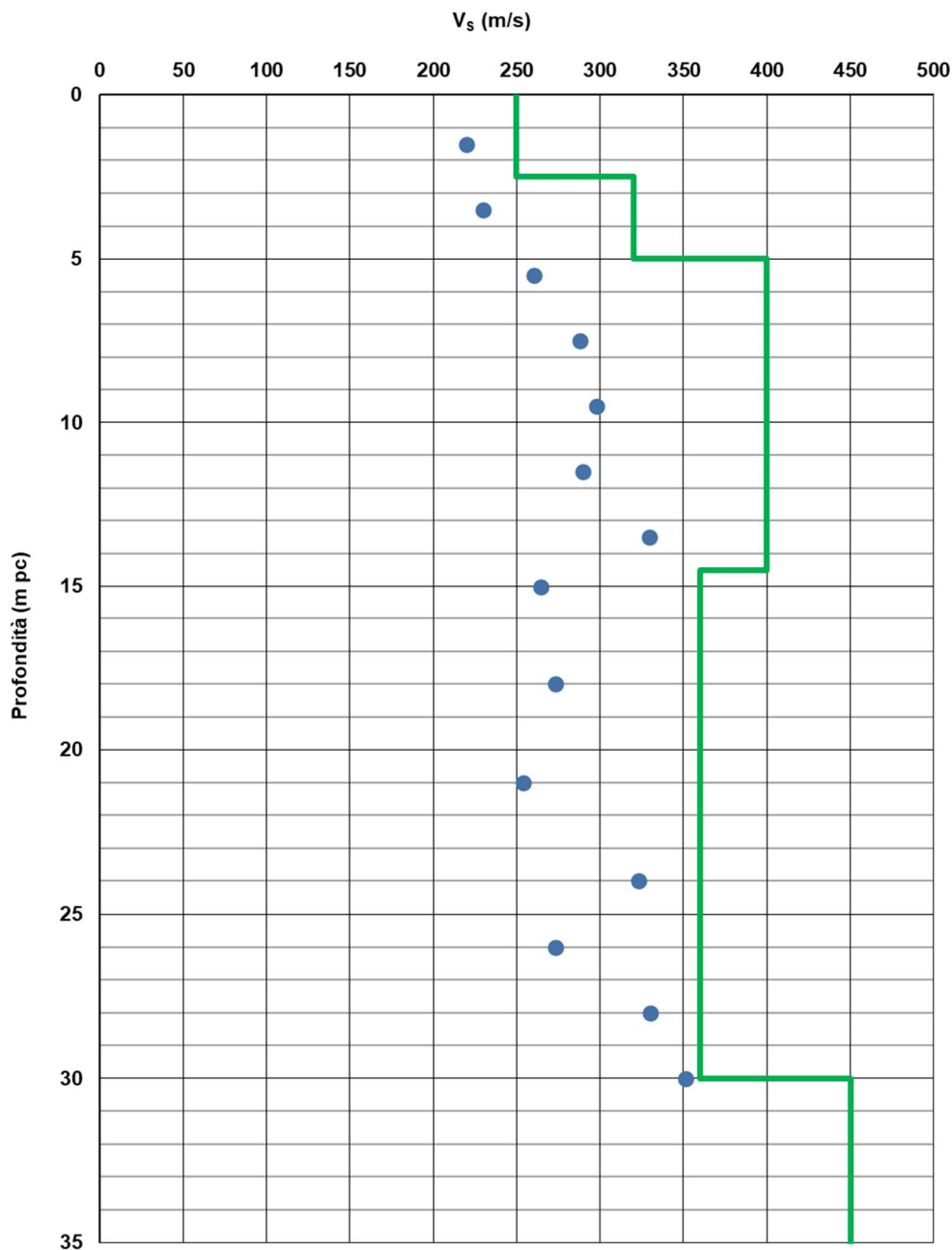




Figura 9 – Confronto  $V_s$  con dati di correlazioni con SPT di RI03 e Profilo generale tra pk 0+000 a pk 4+000 (Doc. Rif.[2])

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 19 di 64</p>

**AV/AC VERONA VICENZA**

**RI03 da pk 0+475 a pk 0+766.68**

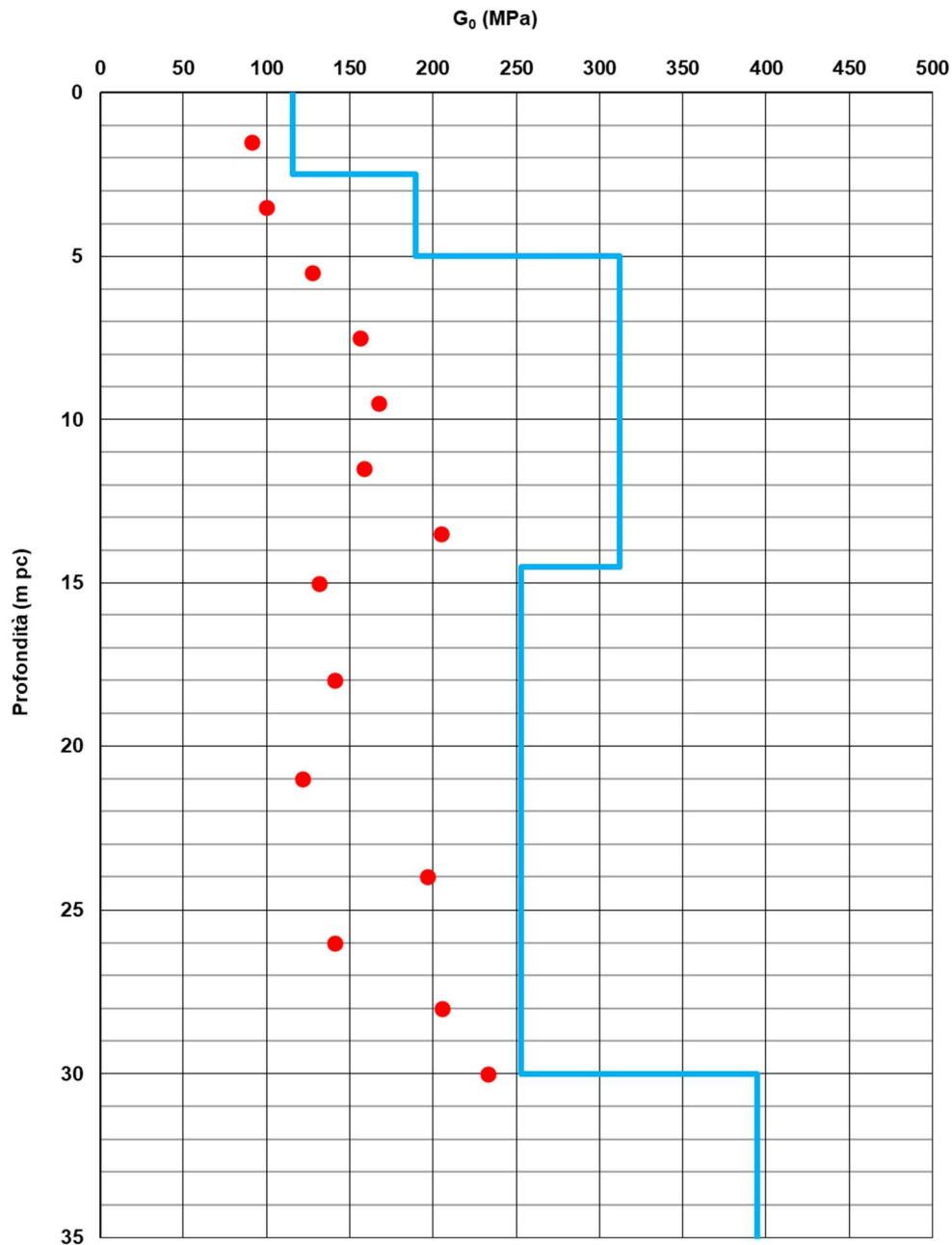




Figura 10 – Confronto  $G_0$  con dati di correlazioni con SPT di RI03 e Profilo generale tra pk 0+000 a pk 4+000 (Doc. Rif.[2])

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 20 di 64</p>

### 4.3 Sintesi del modello geotecnico di riferimento

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

*Tabella 2 – Modello geotecnico di riferimento*

Unità	da m bof*	a m bof*	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	$\varphi_k$ °	$c_k'$ kPa	$c_{u,k}$ kPa	$G_0$ MPa	$E'_{op}$ MPa
6	2	30	19.5	39	-	-	120-250**	30-130**

\* quota piano campagna = 61 m s.l.m.

\*\* valori crescenti con la profondità

#### 4.3.1 Materiale da rilevato

Le caratteristiche dei rilevati ferroviari sono desunte dal MdP (Doc. rif. [20]) 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

#### 4.3.2 Falda

I valori di soggiacenza misurati nei piezometri lungo la tratta in esame, riportati nella Relazione Idrogeologica (Doc. Ref. [7]) indicano una sostanziale stabilità nelle escursioni stagionali.

Ai fini progettuali si assume:

- falda di progetto a medio termine: a quota +45.60 m s.l.m.
- falda di progetto a lungo termine: coincidente con la quota di rapido svasso pari a +47.65 m s.l.m.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0300001B	Foglio 21 di 64

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

Tabella 4 – Vita nominale delle infrastrutture ferroviarie

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

#### 5.1.2 Classe d'uso

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

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

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



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 22 di 64</p>

Tabella 5 – Valori del coefficiente di uso  $C_u$

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

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

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

### 5.1.4 Categorie di Sottosuolo



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

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

### 5.1.5 Condizioni topografiche

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

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 23 di 64</p>

### 5.1.6 Accelerazione sismica di riferimento

Di seguito si riportano i valori dei parametri spettrali dipendenti dal sito dell'opera in oggetto (Doc. rif. [15]):

$a_g$ (g) (SLV)	0.233
Coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_s$	1.360
Coefficiente di amplificazione topografica $S_t$	1.0
Accelerazione massima attesa al suolo	
$a_{max}$ (g) ( $a_{max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_t \cdot a_g$ )	0.317

## 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. [4]).



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

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

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

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

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 24 di 64</p>

(CRR) così definiti:

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

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

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

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

dove:

$a_{max}$  accelerazione di picco al sito

$g$  accelerazione di gravità

$\tau_c$  valore rappresentativo dello sforzo di taglio ciclico

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

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

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


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

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

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

dove  $CSR_M$  e  $N_M$  rappresentano i valori di CSR e numero di cicli equivalenti per il valore di magnitudo di progetto,



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 25 di 64</p>

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 11: 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 11, 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:

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

dove:

$$Q = \left( \frac{q_c - \sigma_{v0}}{P_a} \right) \cdot \left( \frac{P_a}{\sigma'_{v0}} \right)^n$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0300001B	Foglio 26 di 64

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

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



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

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0300001B	Foglio 27 di 64

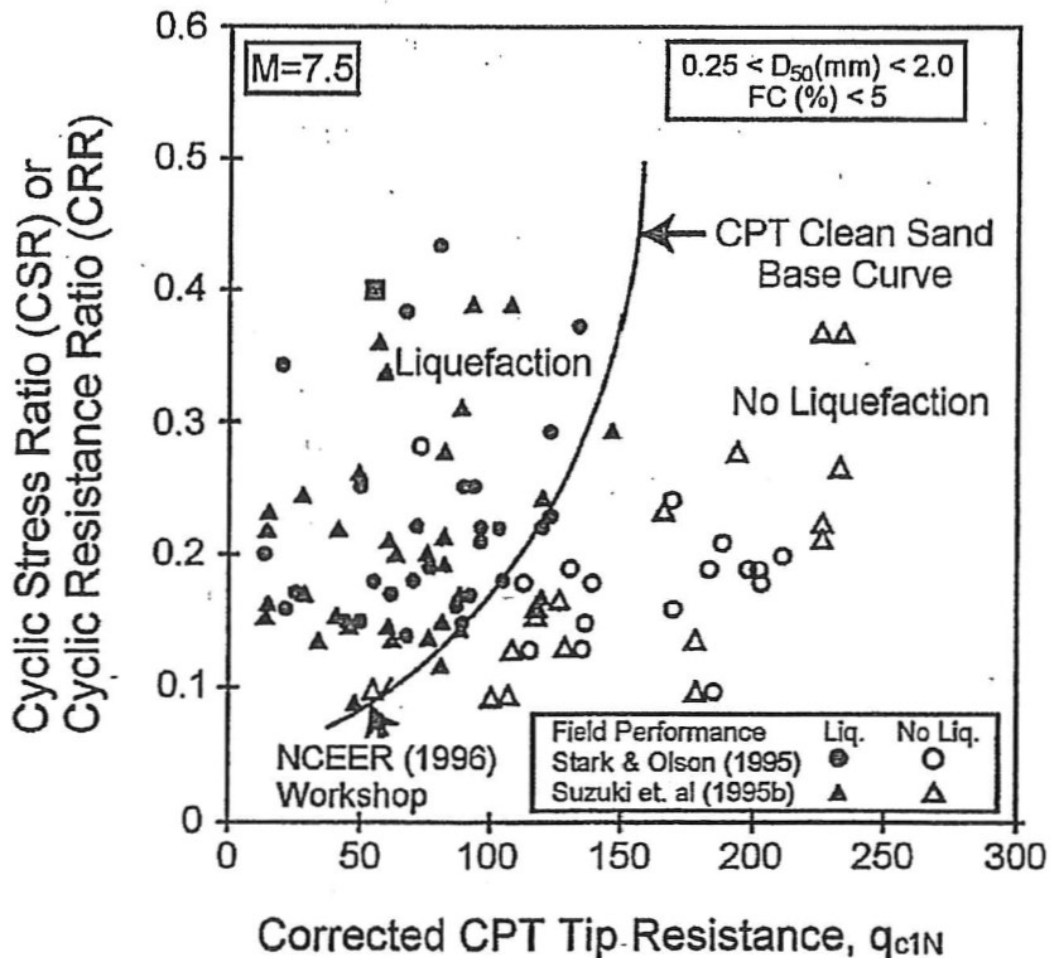


Figura 11: Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e valori corretti di resistenza alla punta  $q_{c1N}$  – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Robertson & Wride, 1998)

### 5.2.2 CRR da correlazione su prove SPT



Il procedimento utilizzato per la stima di CRR a partire dai risultati di prove SPT si basa sulla relazione riportata in Figura 12, originariamente proposta da Seed e Idriss (1971,1982) e da Seed et al. (1985), e successivamente confermata da Youd et al. (2001).

In Figura 12, 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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 28 di 64</p>

proposta da Liao e Whitman (1986):

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

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

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

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

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

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

Sempre in Figura 12, viene riportato il valore di CSR calcolato ed i corrispondenti valori di  $N_{1(60)}$  da siti in cui sono stati osservati o meno gli effetti della liquefazione per eventi simili avvenuti in passato, con Magnitudo pari  $M = 7.5$ . Le corrispondenti curve CRR sono state determinate all'interno del grafico in modo da separare chiaramente i dati corrispondenti all'avvenuta liquefazione da quelli per i quali non è stato osservato il fenomeno in esame.

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

Si può osservare dalla



Figura 12 come curve diverse siano state sviluppate per terreni aventi diverso contenuto di fini, a partire dalla curva di riferimento corrispondente alla sabbia pulita ( $FC < 5\%$ ).

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0300001B	Foglio 29 di 64

di  $N_{1(60)}$  ai valori corrispondenti per sabbia pulita  $N_{1(60)cs}$ :

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

In cui:

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

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

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

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

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

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

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

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

dove:

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

$p_a$  = pressione atmosferica di riferimento

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

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



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

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

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

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 30 di 64</p>

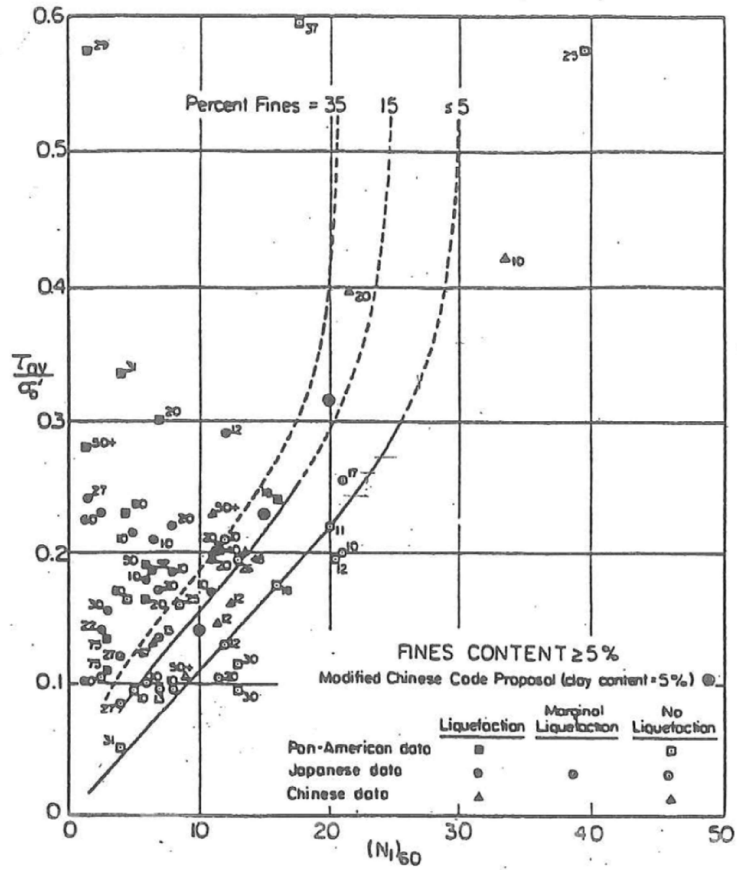


Figura 12: Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e  $N_{1(60)}$  – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Seed et al., 1985).

I risultati (cfr Figura 13) indicano come non si evidenzino rischi di potenziale liquefazione nella porzione di tracciato interessata dal rilevato RI03, in linea con gli stati di addensamento e le granulometrie descritte in precedenza.

Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68  
Relazione Geotecnica

Progetto  
IN17

Lotto  
11

Codifica  
EI2RBRI0300001B

Foglio  
31 di 64

**Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 1 - Prova CDS1 Pr. 0+700**  
a,max = 0.317g M\_calc = 6 MSF = 2 Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001  
Altezza rilevato = 0m

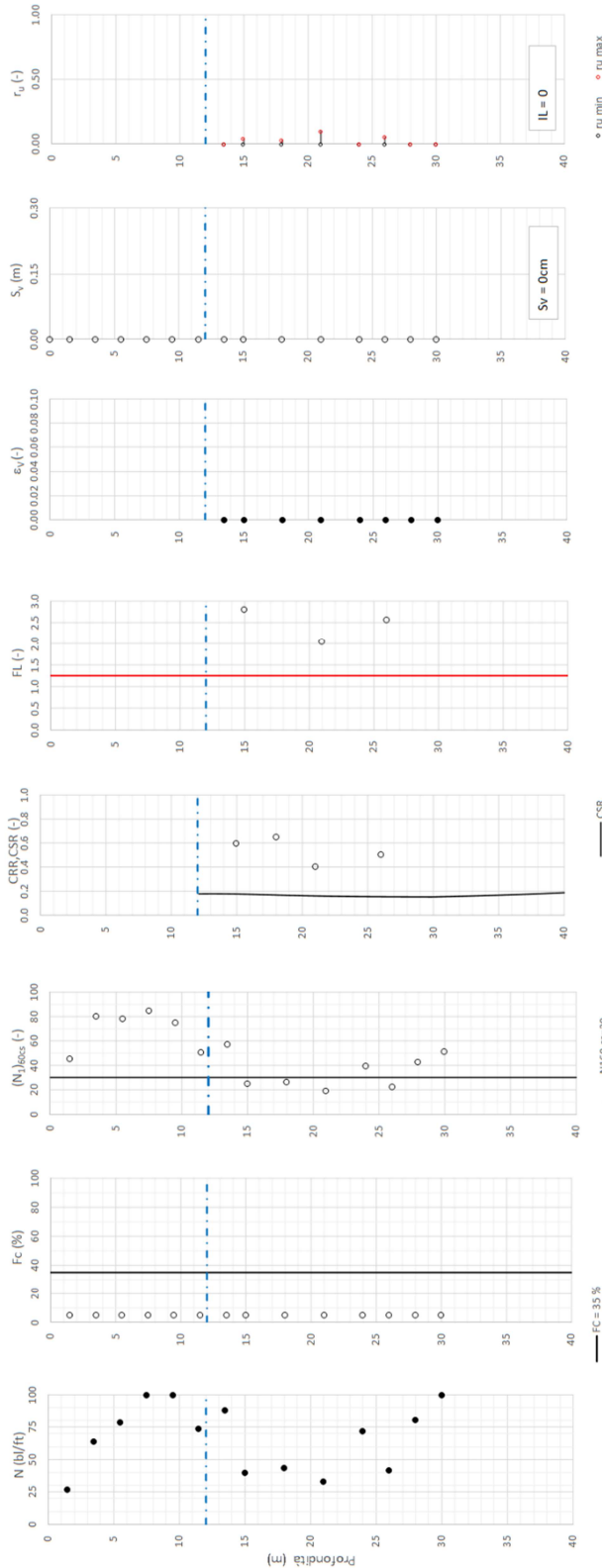




Figura 13 – Verifica a liquefazione da risultati SPT CDS1

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0300001B	Foglio 32 di 64

## 6 VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO

### 6.1 Criteri di verifica agli Stati Limite

Per le opere in esame, la normativa vigente richiede l'esecuzione delle Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU).

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

$$E_d \leq R_d \quad (\text{Eq. 6.2.1 del Doc. Rif. [15]})$$

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. [15]).

Dato che in conseguenza della realizzazione della linea in progetto, nel tratto considerato, non variano i carichi agenti per effetto della realizzazione di nuove strutture di rilevato, non è necessario condurre verifiche SLE che, pertanto, vengono omesse.

#### 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. [15]), tenendo conto dei coefficienti parziali sotto definiti.

La verifica di stabilità globale si ritiene soddisfatta se:

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



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

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

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

Facendo riferimento a quanto richiesto dalle NTC (Doc. Rif. [15]) per le verifiche agli stati limite ultimi si sono adottati i valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle che seguono.



<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica		Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0300001B	Foglio 33 di 64

*Tabella 6 – Coefficienti parziali sulle azioni*

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

dove:

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

*Tabella 7 – Coefficienti parziali sui terreni (Tab. 6.2.II, Doc. Rif. [15])*



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

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

Coefficiente	R2
$\gamma_R$	1.1

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

La stabilità globale in condizioni sismiche e post-sismiche di opere in materiali sciolti, quali rilevati, è stata verificata secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2 (A2 + M2 + R2), tenendo conto dei coefficienti parziali richiamati in precedenza e ponendo i coefficienti parziali sulle azioni tutti pari ad uno. Il coefficiente di combinazione  $\psi$  per il carico variabile da traffico è stato posto pari a 0.2 (Doc. rif. [20]).

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 34 di 64</p>

## 6.2 Azioni di progetto

Le azioni di progetto considerate nella analisi sono state definite coerentemente a quanto prescritto nel MdP (Doc. rif. [19]) e nelle NTC (Doc. rif. [15]) e sono di seguito descritte.

### 6.2.1 Azioni permanenti

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

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

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

### 6.2.2 Azioni variabili

Le azioni variabili sono rappresentate dai carichi da traffico ferroviario, valutati nel rispetto delle normative di riferimento e considerando il caso peggiore tra i tre modelli di carico previsti: LM71, SW/0 ed SW/2. Per ogni binario, tale azione risulta essere pari a 61.4 kPa (LM71) ed applicata su una superficie definita dalla larghezza della traversa e dalla larghezza di diffusione del carico nel ballast (2.8 m in totale).

### 6.2.3 Azione sismica

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

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

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

dove

$\beta_s$  coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa (v. Tabella 9)

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

$g$  accelerazione di gravità.



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 35 di 64</p>

Tabella 9 - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (Doc. rif.[15]).

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

## 6.3 Verifiche e risultati SLU

### 6.3.1 Premessa

Le verifiche SLU della stabilità globale del rilevato (sia in condizioni statiche che sismiche) sono state condotte tramite il codice di calcolo SLIDE 7.0 (Doc. Rif. [34]). Le combinazioni di carico adottate nelle analisi fanno riferimento rispettivamente ai coefficienti parziali (A2+M2) per le analisi in campo statico e ai coefficienti parziali (M2) per le analisi sismiche. Tali coefficienti sono contenuti nella Tabella 7 della presente relazione.

Come da NTC 2008 (Doc. Rif. [15]), la verifica SLU di stabilità globale è soddisfatta se è verificata, sia in condizioni statiche che sismiche, la relazione seguente:

$$FS \geq R2 = 1.1.$$

La verifica è stata condotta con riferimento alla già citate sezioni di riferimento. La verifica è stata condotta facendo ricorso al metodo di Bishop modificato. Nel calcolo sono stati utilizzati i parametri geotecnici caratteristici definiti in Tabella 2. Di seguito si riportano i parametri di progetto utilizzati:

- Ghiaie (unità 6):  $\phi_d = 33^\circ$  e  $c_d = 0$  kPa



### 6.3.2 Verifiche SLU in condizione statiche

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

Per quanto riguarda la falda, come riportato nel paragrafo 4.1.2, è stata considerata la condizione più gravosa a seguito dell'esonazione dell'Adige, ovvero quella di svaso rapido. In questa configurazione si assume che la falda, all'interno del corpo del rilevato, rimanga alla quota della piena massima, e che contemporaneamente l'acqua a valle sia ritornata ai livelli di esercizio (piano campagna).

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

In Figura 14 è riportata le superfici di rottura critica per la combinazione DA1C2. Il fattore di sicurezza FS è pari a:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0300001B	Foglio 36 di 64

$$FS_{MIN} (DA1C2) = 1.497 \text{ (rapido svaso)}$$

Essendo soddisfatta la relazione:

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

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

### 6.3.3 Verifiche SLU in condizioni sismiche

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

$$K_H = + 0.089 \quad (\text{concorde alla direzione di scivolamento})$$

$$K_V = \pm 0.045 \quad (\text{positivo sisma verso il basso})$$

Come da NTC 2018 (Doc. Rif. [15]), la verifica SLU di stabilità globale è soddisfatta se è soddisfatta la relazione:

$$FS \geq R = 1.2.$$

Seguendo le prescrizioni desunte dal MdP (Doc. rif. [20]), in condizioni sismiche si applica il coefficiente di combinazione  $\psi$  per il carico variabile da traffico ferroviario pari a 0.2. Quindi il sovraccarico da carico ferroviario è stato considerato pari a 12.3 kPa.

Per quanto riguarda la falda è stata considerata la condizione a medio termine con un livello di falda a quota piano campagna, come riportato nel paragrafo 4.1.2. Si sottolinea che nella ricerca delle superfici di rottura critiche sono state escluse tutte quelle superfici di spessore ridotto e che non interessano la sede ferroviaria.

In Figura 15 è riportata la superficie di rottura critica facendo riferimento alla situazione più gravosa, ovvero quella con sisma verso l'alto (-kv); il fattore di sicurezza FS relativo a tale meccanismo, e quindi il minore tra tutti i fattori di sicurezza FS calcolati, è pari a:

$$FS_{MIN} = 1.196$$

Essendo soddisfatta la relazione:

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

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

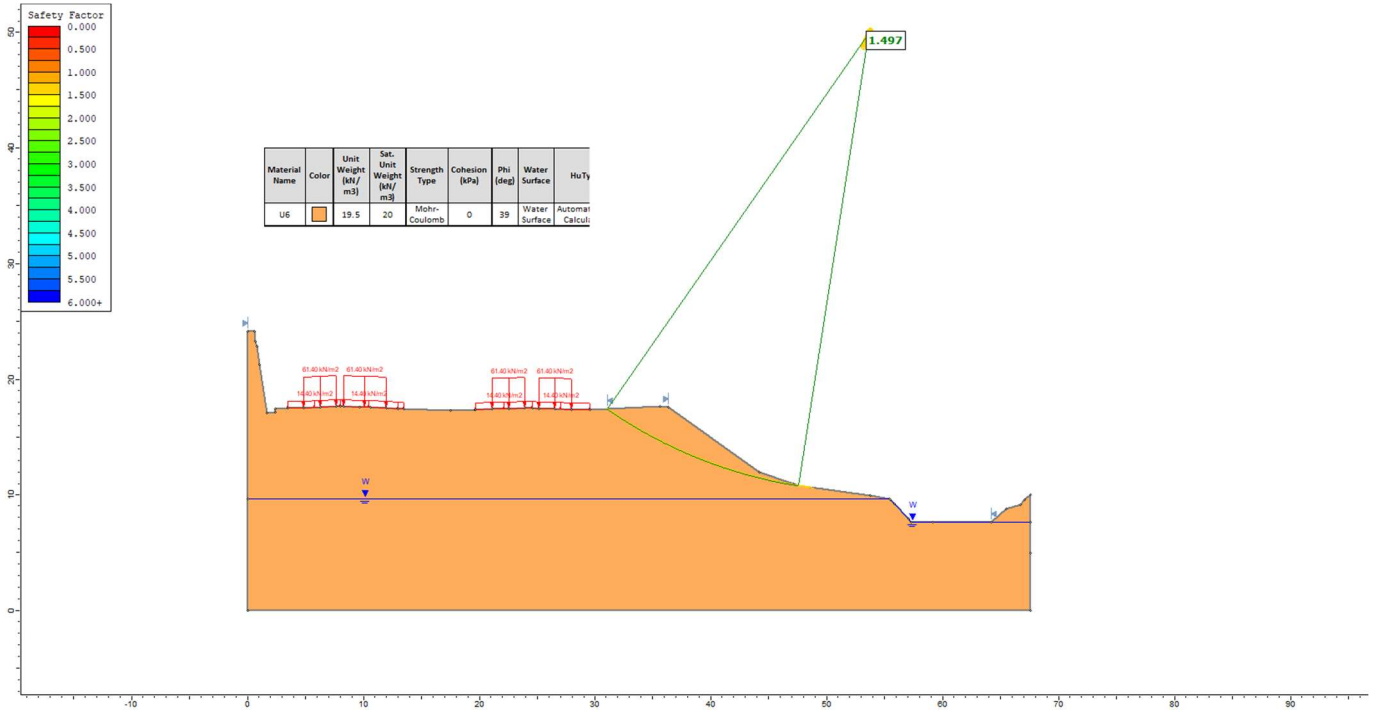


Figura 14 – Scarpata esistente sez. n° 14 - Analisi SLU in campo statico DA1C2 (svaso rapido)

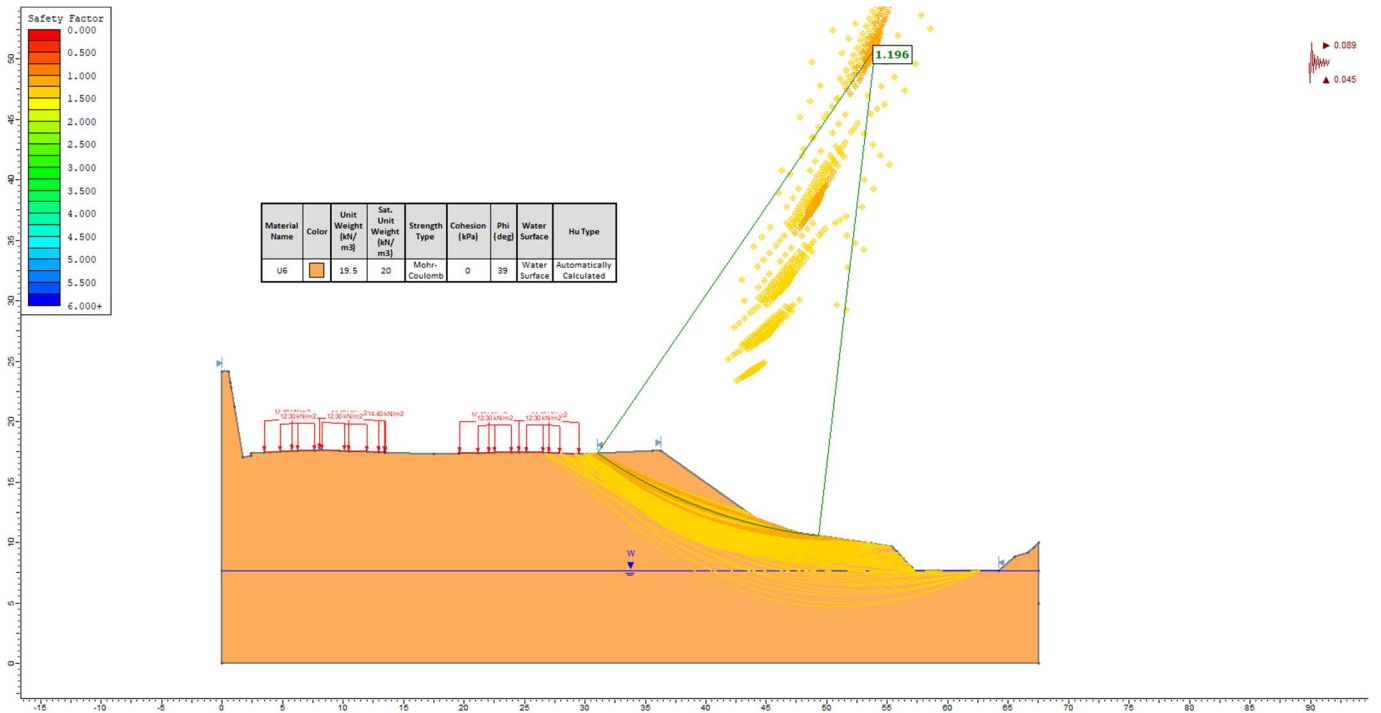






Figura 15 - Scarpata esistente sez. n° 14 - Analisi SLU in campo sismico



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 38 di 64</p>

## 7 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

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

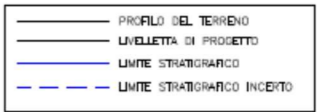
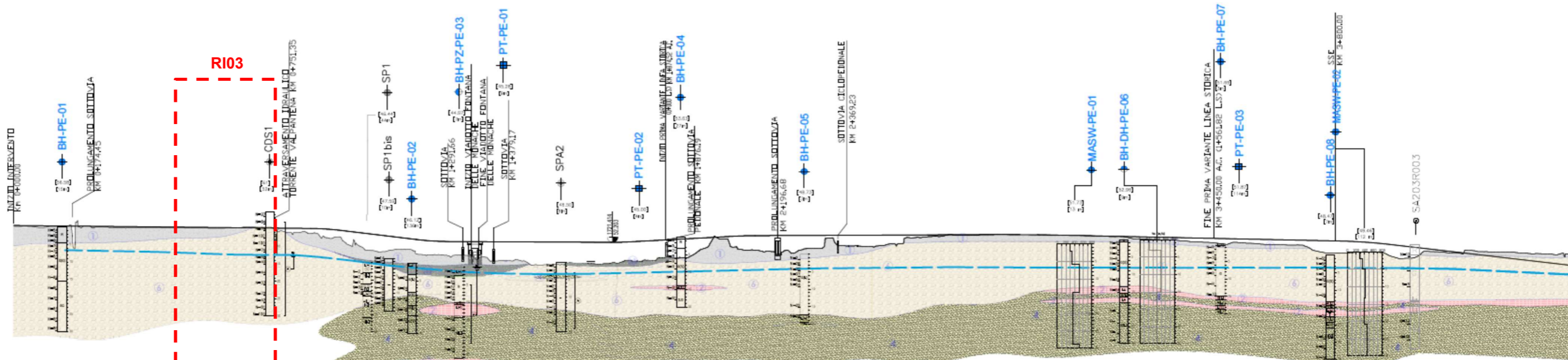
<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 39 di 64</p>

**ALLEGATI**

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 40 di 64</p>

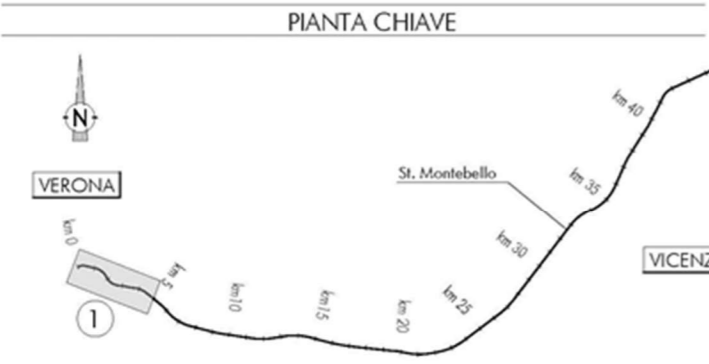
**ALLEGATO 1 - SEZIONE STRATIGRAFICA**





Scala RBE 200  
Scala DTM 5000

NUMERO VEICOLI	Distanze		QUOTA TERRENO	QUOTA PROGETTO	EFFICIENZA DI QUOTA	LITOTECNICHE
	PARZIALE	PROGRESSIVE				
1	0	0	106	106	100	
2	2	2	105	105	100	
3	4	4	104	104	100	
4	6	6	103	103	100	
5	8	8	102	102	100	
6	10	10	101	101	100	
7	12	12	100	100	100	
8	14	14	99	99	100	
9	16	16	98	98	100	
10	18	18	97	97	100	
11	20	20	96	96	100	
12	22	22	95	95	100	
13	24	24	94	94	100	
14	26	26	93	93	100	
15	28	28	92	92	100	
16	30	30	91	91	100	
17	32	32	90	90	100	
18	34	34	89	89	100	
19	36	36	88	88	100	
20	38	38	87	87	100	
21	40	40	86	86	100	
22	42	42	85	85	100	
23	44	44	84	84	100	
24	46	46	83	83	100	
25	48	48	82	82	100	
26	50	50	81	81	100	
27	52	52	80	80	100	
28	54	54	79	79	100	
29	56	56	78	78	100	
30	58	58	77	77	100	
31	60	60	76	76	100	
32	62	62	75	75	100	
33	64	64	74	74	100	
34	66	66	73	73	100	
35	68	68	72	72	100	
36	70	70	71	71	100	
37	72	72	70	70	100	
38	74	74	69	69	100	
39	76	76	68	68	100	
40	78	78	67	67	100	
41	80	80	66	66	100	
42	82	82	65	65	100	
43	84	84	64	64	100	
44	86	86	63	63	100	
45	88	88	62	62	100	
46	90	90	61	61	100	
47	92	92	60	60	100	
48	94	94	59	59	100	
49	96	96	58	58	100	
50	98	98	57	57	100	
51	100	100	56	56	100	



**LEGENDA**



- Campagna indagini integrative PE**
- BH-PE-A Sondaggio a carotaggio continuo
  - BH-PZ-PE-A Sondaggio a carotaggio continuo con installazione di piezometro a tubo aperto o Casagrande
  - MASW-PE-A Indagini MSK
  - CPTU-PE-A Prova penetrometrica statica con piezocono
- Campagna indagini 2018 per CDS**
- Sondaggio geognostico
- Campagna indagini 2015**
- P1+P15, P20 Sondaggio a carotaggio continuo con installazione di Piezometro a Tubo Aperto (A)
  - P1+15Bh Sondaggio a carotaggio continuo con installazione di Piezometro Casagrande (C)
- Campagna indagini 2014**
- SP Sondaggio a carotaggio continuo
  - SP1 Sondaggio a carotaggio continuo (SP) con installazione di Piezometro Casagrande (C) e/o Piezometro a Tubo Aperto (A)
  - SP1bis Sondaggio a carotaggio continuo (SP) con installazione di Piezometro Casagrande (C) e/o Piezometro a Tubo Aperto (A)
  - SOC Sondaggio a carotaggio continuo (SP) con installazione di Piezometro Casagrande (C) e/o Piezometro a Tubo Aperto (A)
  - SOA Sondaggio a carotaggio continuo (SP) con installazione di Piezometro Casagrande (C) e/o Piezometro a Tubo Aperto (A)
  - CPTU Prova penetrometrica statica con piezocono (possibilita di avanzamento con trivellazione)
  - CPTU Prova penetrometrica statica con piezocono "tradizionale"
  - CH Foro a distruzione di nucleo per installazione di Piezometro Casagrande (C) e/o Piezometro a Tubo Aperto (A)
  - CH Foro a distruzione di nucleo per esecuzione prove CROSS-HOLE
  - PT Pozzetto esplorativo a 1,5 m da p.c. con prove di carico su piastra
  - Profondità delle indagini
- Indagini ambientali**
- Nota per PE: in blu le indagini disponibili e con coordinate certe, in rosso indagini ancora non disponibili o con coordinate non note

**Campagna indagini pregresse**

- Sondaggio geognostico (campagna 1998)
- Sondaggio geognostico, numero di riferimento (campagna 2002)
- ▲ CPTU, numero di riferimento (campagna 2002)
- Pozzo con stratigrafia, numero di riferimento (Dati ex Aziende Industriali Municipalizzate (VI) per gentile concessione Centro Idrico Novoledo s.r.l.)

**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
- 3c Area di alternanza, sia in verticale che planimetrica, 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)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>R110a Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2GERI10A0001</p>	<p>A</p>

**ALLEGATO 2 - SONDAGGI**

Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0300001B

Foglio

43 di 64



Laboratorio Sperimentale  
per prove geotecniche terre, rocce e prove in situ  
Via Collemeroni, 3 - San Vittore del Lazio (FR)  
e-mail: info@geoserving.it

Committente: IRICAV 2	Sondaggio: CDS1
Riferimento: AV/AC VERONA-BIVIO DI VICENZA. TORRENTE VALPANTENA	Data: 02+04/03/2017
Coordinate: 45.436192; 11.033229	Quota: 61
Perforazione: NENZI GELMA 2	

SCALA 1:100

## STRATIGRAFIA - CDS1

Pagina 1/2

metri	Ø mm	R v	Prel. % 0-100	RQD % 0-100	Litologia	prof m	Descrizione	Campioni	RP	Standard Penetration Test			A	Pz	Incl.		
										m	S.P.T.	N					
1						1,0	Terreno di riporto costituito da ciottoli e sabbie con ghiaie. Colore marrone-rossastro. Presenti frammenti di laterizi.										
2						2,0	Sabbie e ghiaie angolari, di colore grigio-rossastro. Moderatamente addensate. Probabile materiale di riporto.		1,8	1,5	6-8-19	27					
3						4,0	Sabbie con ghiaie da medie a grossolane calcaree, arrotondate, di colore bianco. Moderatamente addensate. Probabile materiale di riporto.		1,7	3,5	24-28-36	64					
4						4,0	Ghiaie con sabbie, di colore grigio. Ghiaie da fini a grossolane, sabbie da fini a medie. Ghiaie da sub-arrotondate ad arrotondate, calcaree, in porfido e quarzose. Ciottoli in porfido rosso e grigio scuro a 4,0 m, 6,0, 7,4 e 9,0 m. Molto addensate.		2,1								
5						5,5			5,5	24-29-50	79						
6						7,5			2,5	7,5	32-50-50	100					
7						9,5			2,7	9,5	50-50-50	100					
8						12,0	Sabbie da medie a grossolane, con ghiaie da medie a grossolane. Colore grigio. Le ghiaie sono sub-arrotondate, calcaree con elementi di porfido grigio ed elementi quarzosi e di granito. Da addensate a molto addensate.		2,7								
9						11,5			11,5	22-32-42	74						
10						13,5	Sabbie da fini a medie, debolmente ghiaiose (ghiaie da fini a medie). Colore grigio. Le ghiaie sono sub-arrotondate, calcaree, con elementi di porfido grigio, quarzosi e di granito. Addensate.		13,5	32-38-50	88						
11						15,0			15,0	14-22-18	40						
12						18,0			18,0	28-26-18	44						



Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68  
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

11

Codifica

EI2RBRI0300001B

Foglio

44 di 64

Committente: IRICAV 2	Sondaggio: CDS1
Riferimento: AV/AC VERONA-BIVIO DI VICENZA. TORRENTE VALPANTENA	Data: 02+04/03/2017
Coordinate: 45.436192; 11.033229	Quota: 61
Perforazione: NENZI GELMA 2	

SCALA 1:100



## STRATIGRAFIA - CDS1

Pagina 2/2



metri	Ø mm	R %	Prel. % 0 --- 100	RQD % 0 --- 100	Litologia	prof. m	Descrizione	Campioni	RP	Standard Penetration Test			Pz	Incl.
										m	S.P.T.	N		
21							Sabbie da fini a medie, debolmente ghiaiose (ghiaie da fini a medie). Colore grigio. Le ghiaie sono sub-arrotondate, calcaree, con elementi di porfido grigio, quarzosi e di granito. Addensate.			21,0	12-19-14	33		
22														
23						23,0								
24							Ghiaie e sabbie. Sabbie da fini a medie, ghiaie da medie a grossolane. Colore grigio. Le ghiaie sono arrotondate, calcaree con elementi di porfido grigio, quarzosi e di granito. Molto addensate.			24,0	22-22-50	72		
25						25,0								
26							Sabbie da fini a grossolane, con ghiaie (ghiaie da fini a grossolane). Colore grigio. Le ghiaie sono arrotondate, calcaree, con elementi di porfido grigio, quarzosi e di granito. Da addensate a molto addensate.			26,0	20-18-24	42		
27														
28										28,0	28-31-50	81		
29														
30						30,5				30,0	39-50-50	100		

Approvvigionamento idrico: 2 giorni



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 45 di 64</p>

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 46 di 64</p>

## Slide Analysis Information

### RI07\_Sez\_14\_stabilita

#### Project Summary

File Name:	RI07_Sez_14_stabilita.slmd
Slide Modeler Version:	9.012
Project Title:	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created:	29/03/2021, 21:24:06


#### Currently Open Scenarios



Group Name	Scenario Name	Global Minimum	Compute Time
Statica 	Master Scenario	Bishop Simplified: 1.497320 Spencer: 1.495170 Gle/morgenstern-price: 1.493280	00h:00m:02.610s
Sismica kv+ 	Master Scenario	Bishop Simplified: 1.226040 Spencer: 1.221860 Gle/morgenstern-price: 1.221870	00h:00m:03.735s
Sismica kv- 	Master Scenario	Bishop Simplified: 1.195920 Spencer: 1.193860 Gle/morgenstern-price: 1.193470	00h:00m:04.193s

#### General Settings

Units of Measurement:	Metric Units
Time Units:	days
Permeability Units:	meters/second
Data Output:	Standard
Failure Direction:	Left to Right

#### Design Standard

 Statica

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 47 di 64</p>

RI07\_Sez\_14\_stabilita

martedì 30 marzo 2021

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)  
Name: NTC2008 A2+M2+R2 Statica



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

◆ **Sismica kv+**

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)  
Name: NTC2008 A2+M2+R2 Sismica

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

◆ **Sismica kv-**

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 48 di 64</p>

RI07\_Sez\_14\_stabilita

martedì 30 marzo 2021

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)  
Name: NTC2008 A2+M2+R2 Sismica

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

### All Open Scenarios



Slices Type:	Vertical
	<b>Analysis Methods Used</b>
	Bishop simplified
	GLE/Morgenstern-Price with interslice force function (Half Sine)
	Spencer
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

### All Open Scenarios

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



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 49 di 64</p>

RI07\_Sez\_14\_stabilita

martedì 30 marzo 2021

## Random Numbers

### All Open Scenarios

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

## Surface Options

### All Open Scenarios

Surface Type: Circular  
Search Method: Auto Refine Search  
Divisions along slope: 20  
Circles per division: 10  
Number of iterations: 10  
Divisions to use in next iteration: 50%  
Composite Surfaces: Disabled  
Minimum Elevation: Not Defined  
Minimum Depth [m]: 2  
Minimum Area: Not Defined  
Minimum Weight: Not Defined

## Seismic Loading

### ◆ Statica

Advanced seismic analysis: No  
Staged pseudostatic analysis: No

### ◆ Sismica kv+



Advanced seismic analysis: No  
Staged pseudostatic analysis: No  
Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.089  
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.045

### ◆ Sismica kv-

Advanced seismic analysis: No  
Staged pseudostatic analysis: No  
Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.089  
Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.045

## Loading

### ◆ Statica



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 50 di 64</p>

RI07\_Sez\_14\_stabilita

martedì 30 marzo 2021

8nbsp;	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	14.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Permanent
8nbsp;	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	14.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Permanent
8nbsp;	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	61.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Variable
8nbsp;	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	61.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Variable
8nbsp;	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	61.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Variable

◆ Sismica kv+



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 51 di 64</p>

RI07\_Sez\_14\_stabilita

martedì 30 marzo 2021

8nbsp;	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	14.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Dead
8nbsp;	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	14.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Dead
8nbsp;	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Vertical
Load Action:	Live
8nbsp;	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Vertical
Load Action:	Live
8nbsp;	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Vertical
Load Action:	Live

◆ Sismica kv-


<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0300001B	Foglio 52 di 64

RI07\_Sez\_14\_stabilita

martedì 30 marzo 2021



8nbsp;	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	14.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Dead
8nbsp;	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	14.4
Orientation:	Vertical
Load Action:	Dead
8nbsp;	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Vertical
Load Action:	Live
8nbsp;	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Vertical
Load Action:	Live
8nbsp;	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	12.3
Orientation:	Vertical
Load Action:	Live

## Materials

U6	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	19.5
Saturated Unit Weight [kN/m3]	20
Cohesion [kPa]	0
Friction Angle [deg]	39
Water Surface	Assigned per scenario
Hu Value	Automatically Calculated

## Materials In Use

Material	Statica	Sismica kv+	Sismica kv-
U6 	✓	✓	✓

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 53 di 64</p>

RI07\_Sez\_14\_stabilita

martedì 30 marzo 2021

## Global Minimums

### ◆ Statica

#### Method: bishop simplified

FS	1.497320
Center:	53.620, 49.868
Radius:	39.512
Left Slip Surface Endpoint:	31.068, 17.424
Right Slip Surface Endpoint:	47.503, 10.832
Resisting Moment:	11997.9 kN-m
Driving Moment:	8012.89 kN-m
Total Slice Area:	26.0825 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	16.4355 m
Surface Average Height:	1.58696 m

#### Method: spencer



FS	1.495170
Center:	53.625, 49.880
Radius:	39.526
Left Slip Surface Endpoint:	31.068, 17.424
Right Slip Surface Endpoint:	48.672, 10.667
Resisting Moment:	11983.1 kN-m
Driving Moment:	8014.5 kN-m
Resisting Horizontal Force:	277.393 kN
Driving Horizontal Force:	185.526 kN
Total Slice Area:	26.081 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	17.604 m
Surface Average Height:	1.48154 m

#### Method: gle/morgenstern-price

FS	1.493280
Center:	53.625, 49.880
Radius:	39.526
Left Slip Surface Endpoint:	31.068, 17.424
Right Slip Surface Endpoint:	48.672, 10.667
Resisting Moment:	11967.9 kN-m
Driving Moment:	8014.5 kN-m
Resisting Horizontal Force:	277.28 kN
Driving Horizontal Force:	185.685 kN
Total Slice Area:	26.081 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	17.604 m
Surface Average Height:	1.48154 m

### ◆ Sismica kv+

#### Method: bishop simplified

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 54 di 64</p>

RI07\_Sez\_14\_stabilita

martedì 30 marzo 2021

FS	1.226040
Center:	53.823, 50.820
Radius:	40.491
Left Slip Surface Endpoint:	30.935, 17.418
Right Slip Surface Endpoint:	49.148, 10.599
Resisting Moment:	12661.2 kN-m
Driving Moment:	10326.9 kN-m
Total Slice Area:	26.5959 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	18.2128 m
Surface Average Height:	1.46029 m

Method: spencer

FS	1.221860
Center:	53.882, 50.963
Radius:	40.642
Left Slip Surface Endpoint:	30.935, 17.418
Right Slip Surface Endpoint:	49.237, 10.587
Resisting Moment:	12647.4 kN-m
Driving Moment:	10350.9 kN-m
Resisting Horizontal Force:	286.009 kN
Driving Horizontal Force:	234.076 kN
Total Slice Area:	26.5593 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	18.3023 m
Surface Average Height:	1.45115 m



Method: gle/morgenstern-price

FS	1.221870
Center:	53.875, 50.945
Radius:	40.624
Left Slip Surface Endpoint:	30.935, 17.418
Right Slip Surface Endpoint:	49.227, 10.588
Resisting Moment:	12643.9 kN-m
Driving Moment:	10348 kN-m
Resisting Horizontal Force:	286.049 kN
Driving Horizontal Force:	234.107 kN
Total Slice Area:	26.5637 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	18.2914 m
Surface Average Height:	1.45225 m

◆ **Sismica kv-**

Method: bishop simplified

FS	1.195920
Center:	53.987, 50.907
Radius:	40.600
Left Slip Surface Endpoint:	31.028, 17.422
Right Slip Surface Endpoint:	49.281, 10.580
Resisting Moment:	11296.5 kN-m
Driving Moment:	9445.84 kN-m
Total Slice Area:	26.0261 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	18.2534 m
Surface Average Height:	1.42582 m

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 55 di 64</p>

RI07\_Sez\_14\_stabilita

martedì 30 marzo 2021

**Method: spencer**

FS	1.193860
Center:	54.052, 51.064
Radius:	40.766
Left Slip Surface Endpoint:	31.028, 17.422
Right Slip Surface Endpoint:	49.380, 10.566
Resisting Moment:	11305 kN-m
Driving Moment:	9469.25 kN-m
Resisting Horizontal Force:	254.398 kN
Driving Horizontal Force:	213.088 kN
Total Slice Area:	25.9853 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	18.3518 m
Surface Average Height:	1.41595 m

**Method: gle/morgenstern-price**



FS	1.193470
Center:	54.052, 51.064
Radius:	40.766
Left Slip Surface Endpoint:	31.028, 17.422
Right Slip Surface Endpoint:	49.380, 10.566
Resisting Moment:	11301.2 kN-m
Driving Moment:	9469.25 kN-m
Resisting Horizontal Force:	254.349 kN
Driving Horizontal Force:	213.118 kN
Total Slice Area:	25.9853 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	18.3518 m
Surface Average Height:	1.41595 m

## Entity Information

◆ Statica

Shared Entities

Type	Coordinates (x,y)
------	-------------------



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 56 di 64</p>

RI07\_Se3\_14\_stabilita

martedi 30 marzo 2021

<p>External Boundary</p>	<p>6.14183e-06, -6.75132e-07 67.5458, -6.75132e-07 67.5458, 5 67.5458, 10.0063 67.0849, 9.62973 66.6615, 9.19185 65.496, 8.83356 64.1909, 7.69044 59.1556, 7.68848 57.2681, 7.68834 57.0393, 7.93897 55.8256, 9.26868 55.4449, 9.62498 55.4182, 9.65 55.3792, 9.68653 53.7507, 9.94778 47.5034, 10.832 47.134, 10.9766 44.1604, 12.0012 36.3001, 17.6216 35.5626, 17.6313 29.5077, 17.3521 27.9458, 17.3989 26.5458, 17.4409 25.1458, 17.4829 24.5458, 17.5009 23.9455, 17.4854 22.5455, 17.4491 21.1455, 17.4128 19.6458, 17.3739 19.6117, 17.3729 17.4958, 17.3104 13.4901, 17.4828 13.4682, 17.4837 12.9499, 17.4837 11.9755, 17.5178 10.5755, 17.5668 9.68381, 17.598 8.28381, 17.647 8.02994, 17.6559 7.64523, 17.6429 6.24523, 17.5955 4.84523, 17.5481 3.48424, 17.502 2.39535, 17.4355 2.39089, 17.1886 1.69631, 17.0691 1.02875, 21.2795 0.775094, 22.8794 0.677559, 23.2629 0.555445, 24.1328 0.00541291, 24.1328</p>
<p>Material Boundary</p>	<p>3.48424, 17.502 3.48424, 17.1672 13.4901, 17.1672 13.4901, 17.4828</p>





<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 57 di 64</p>

RI07\_Sez\_14\_stabilita

martedì 30 marzo 2021


Material Boundary	4.84523, 17.5481 4.84523, 17.344 6.24523, 17.344 7.64523, 17.344
Material Boundary	7.64523, 17.344 7.64523, 17.6429
Material Boundary	8.28381, 17.647 8.28381, 17.344 9.68381, 17.344 9.68381, 17.598
Material Boundary	10.5755, 17.5668 10.5755, 17.344 11.9755, 17.344 11.9755, 17.5178
Material Boundary	9.68381, 17.344 10.5755, 17.344
Material Boundary	21.1455, 16.7298 22.5455, 16.7298 22.5455, 17.4491
Material Boundary	21.1455, 16.7298 21.1455, 17.4128
Material Boundary	26.5458, 17.4409 26.5458, 16.7298 27.9458, 16.7298 27.9458, 17.3989
Material Boundary	25.1458, 17.4829 25.1458, 16.7298 26.5458, 16.7298
Material Boundary	19.6117, 17.3729 19.6117, 16.4631 29.5077, 16.4631 29.5077, 17.3521
Material Boundary	6.24523, 17.344 6.24523, 17.5955
Material Boundary	22.5455, 16.7298 23.9455, 16.7298 23.9455, 17.4854

Scenario-based Entities

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0300001B	Foglio 58 di 64



RI07\_Sez\_14\_stabilita

martedì 30 marzo 2021

Type	Coordinates (x,y)	Master Scenario
Water Table	6.14183e-06, 9.65 55.4182, 9.65 55.4449, 9.62498 55.8256, 9.26868 57.0393, 7.93897 57.268, 7.68834 59.1556, 7.68848 64.1909, 7.69044 67.5458, 7.69044	Assigned to:  U6
Distributed Load	19.6458, 17.3739 21.1455, 17.4128 22.5455, 17.4491 23.9455, 17.4854 24.5458, 17.5009 25.1458, 17.4829 26.5458, 17.4409 27.9458, 17.3989 29.5077, 17.3521	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 14.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	3.48424, 17.502 4.84523, 17.5481 6.24523, 17.5955 7.64523, 17.6429 8.02994, 17.6559 8.28381, 17.647 9.68381, 17.598 10.5755, 17.5668 11.9755, 17.5178 12.9499, 17.4837 13.4682, 17.4837 13.4901, 17.4828	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 14.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	4.84523, 17.5481 6.24523, 17.5955 7.64523, 17.6429	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 61.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	8.28381, 17.647 9.68381, 17.598 10.5755, 17.5668 11.9755, 17.5178	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 61.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	21.1455, 17.4128 22.5455, 17.4491 23.9455, 17.4854	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 61.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	25.1458, 17.4829 26.5458, 17.4409 27.9458, 17.3989	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 61.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No

◆ **Sismica kv+**
**Shared Entities**



Type	Coordinates (x,y)
------	-------------------

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 59 di 64</p>

RI07\_Sez\_14\_stabilita

martedì 30 marzo 2021

<p>External Boundary</p>	<p>6.14183e-06, -6.75132e-07 67.5458, -6.75132e-07 67.5458, 5 67.5458, 10.0063 67.0849, 9.62973 66.6615, 9.19185 65.496, 8.83356 64.1909, 7.69044 59.1556, 7.68848 57.2681, 7.68834 57.0393, 7.93897 55.8256, 9.26868 55.4449, 9.62498 55.4182, 9.65 55.3792, 9.68653 53.7507, 9.94778 47.5034, 10.832 47.134, 10.9766 44.1604, 12.0012 36.3001, 17.6216 35.5626, 17.6313 29.5077, 17.3521 27.9458, 17.3989 26.5458, 17.4409 25.1458, 17.4829 24.5458, 17.5009 23.9455, 17.4854 22.5455, 17.4491 21.1455, 17.4128 19.6458, 17.3739 19.6117, 17.3729 17.4958, 17.3104 13.4901, 17.4828 13.4682, 17.4837 12.9499, 17.4837 11.9755, 17.5178 10.5755, 17.5668 9.68381, 17.598 8.28381, 17.647 8.02994, 17.6559 7.64523, 17.6429 6.24523, 17.5955 4.84523, 17.5481 3.48424, 17.502 2.39535, 17.4355 2.39089, 17.1886 1.69631, 17.0691 1.02875, 21.2795 0.775094, 22.8794 0.677559, 23.2629 0.555445, 24.1328 0.00541291, 24.1328</p>
<p>Material Boundary</p>	<p>3.48424, 17.502 3.48424, 17.1672 13.4901, 17.1672 13.4901, 17.4828</p>



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 60 di 64</p>

RI07\_Sez\_14\_stabilita

martedì 30 marzo 2021


Material Boundary	4.84523, 17.5481 4.84523, 17.344 6.24523, 17.344 7.64523, 17.344
Material Boundary	7.64523, 17.344 7.64523, 17.6429
Material Boundary	8.28381, 17.647 8.28381, 17.344 9.68381, 17.344 9.68381, 17.598
Material Boundary	10.5755, 17.5668 10.5755, 17.344 11.9755, 17.344 11.9755, 17.5178
Material Boundary	9.68381, 17.344 10.5755, 17.344
Material Boundary	21.1455, 16.7298 22.5455, 16.7298 22.5455, 17.4491
Material Boundary	21.1455, 16.7298 21.1455, 17.4128
Material Boundary	26.5458, 17.4409 26.5458, 16.7298 27.9458, 16.7298 27.9458, 17.3989
Material Boundary	25.1458, 17.4829 25.1458, 16.7298 26.5458, 16.7298
Material Boundary	19.6117, 17.3729 19.6117, 16.4631 29.5077, 16.4631 29.5077, 17.3521
Material Boundary	6.24523, 17.344 6.24523, 17.5955
Material Boundary	22.5455, 16.7298 23.9455, 16.7298 23.9455, 17.4854


Scenario-based Entities

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBRI0300001B	Foglio 61 di 64

RI07\_Sez\_14\_stabilita



martedì 30 marzo 2021

Type	Coordinates (x,y)	Master Scenario
Water Table	0.00173042, 7.69624 67.5458, 7.69624	Assigned to:  U6
Distributed Load	19.6458, 17.3739 21.1455, 17.4128 22.5455, 17.4491 23.9455, 17.4854 24.5458, 17.5009 25.1458, 17.4829 26.5458, 17.4409 27.9458, 17.3989 29.5077, 17.3521	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 14.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	3.48424, 17.502 4.84523, 17.5481 6.24523, 17.5955 7.64523, 17.6429 8.02994, 17.6559 8.28381, 17.647 9.68381, 17.598 10.5755, 17.5668 11.9755, 17.5178 12.9499, 17.4837 13.4682, 17.4837 13.4901, 17.4828	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 14.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	4.84523, 17.5481 6.24523, 17.5955 7.64523, 17.6429	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	8.28381, 17.647 9.68381, 17.598 10.5755, 17.5668 11.9755, 17.5178	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	21.1455, 17.4128 22.5455, 17.4491 23.9455, 17.4854	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	25.1458, 17.4829 26.5458, 17.4409 27.9458, 17.3989	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No

 **Sismica kv-**

Shared Entities



Type	Coordinates (x,y)
------	-------------------

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 62 di 64</p>

RI07\_Se3\_14\_stabilita

martedi 30 marzo 2021

<p>External Boundary</p>	<p>6.14183e-06, -6.75132e-07 67.5458, -6.75132e-07 67.5458, 5 67.5458, 10.0063 67.0849, 9.62973 66.6615, 9.19185 65.496, 8.83356 64.1909, 7.69044 59.1556, 7.68848 57.2681, 7.68834 57.0393, 7.93897 55.8256, 9.26868 55.4449, 9.62498 55.4182, 9.65 55.3792, 9.68653 53.7507, 9.94778 47.5034, 10.832 47.134, 10.9766 44.1604, 12.0012 36.3001, 17.6216 35.5626, 17.6313 29.5077, 17.3521 27.9458, 17.3989 26.5458, 17.4409 25.1458, 17.4829 24.5458, 17.5009 23.9455, 17.4854 22.5455, 17.4491 21.1455, 17.4128 19.6458, 17.3739 19.6117, 17.3729 17.4958, 17.3104 13.4901, 17.4828 13.4682, 17.4837 12.9499, 17.4837 11.9755, 17.5178 10.5755, 17.5668 9.68381, 17.598 8.28381, 17.647 8.02994, 17.6559 7.64523, 17.6429 6.24523, 17.5955 4.84523, 17.5481 3.48424, 17.502 2.39535, 17.4355 2.39089, 17.1886 1.69631, 17.0691 1.02875, 21.2795 0.775094, 22.8794 0.677559, 23.2629 0.555445, 24.1328 0.00541291, 24.1328</p>
<p>Material Boundary</p>	<p>3.48424, 17.502 3.48424, 17.1672 13.4901, 17.1672 13.4901, 17.4828</p>



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 63 di 64</p>

RI07\_Sez\_14\_stabilita

martedì 30 marzo 2021

Material Boundary	4.84523, 17.5481 4.84523, 17.344 6.24523, 17.344 7.64523, 17.344
Material Boundary	7.64523, 17.344 7.64523, 17.6429
Material Boundary	8.28381, 17.647 8.28381, 17.344 9.68381, 17.344 9.68381, 17.598
Material Boundary	10.5755, 17.5668 10.5755, 17.344 11.9755, 17.344 11.9755, 17.5178
Material Boundary	9.68381, 17.344 10.5755, 17.344
Material Boundary	21.1455, 16.7298 22.5455, 16.7298 22.5455, 17.4491
Material Boundary	21.1455, 16.7298 21.1455, 17.4128
Material Boundary	26.5458, 17.4409 26.5458, 16.7298 27.9458, 16.7298 27.9458, 17.3989
Material Boundary	25.1458, 17.4829 25.1458, 16.7298 26.5458, 16.7298
Material Boundary	19.6117, 17.3729 19.6117, 16.4631 29.5077, 16.4631 29.5077, 17.3521
Material Boundary	6.24523, 17.344 6.24523, 17.5955
Material Boundary	22.5455, 16.7298 23.9455, 16.7298 23.9455, 17.4854

Scenario-based Entities

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario AV da pk 0+475,00 a pk 0+766,68 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBRI0300001B</p>	<p>Foglio 64 di 64</p>

RI07\_Sez\_14\_stabilita

martedì 30 marzo 2021

Type	Coordinates (x,y)	Master Scenario
Water Table	0.00172903, 7.69003 67.5458, 7.69003	Assigned to:  U6
Distributed Load	19.6458, 17.3739 21.1455, 17.4128 22.5455, 17.4491 23.9455, 17.4854 24.5458, 17.5009 25.1458, 17.4829 26.5458, 17.4409 27.9458, 17.3989 29.5077, 17.3521	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 14.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	3.48424, 17.502 4.84523, 17.5481 6.24523, 17.5955 7.64523, 17.6429 8.02994, 17.6559 8.28381, 17.647 9.68381, 17.598 10.5755, 17.5668 11.9755, 17.5178 12.9499, 17.4837 13.4682, 17.4837 13.4901, 17.4828	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 14.4 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	4.84523, 17.5481 6.24523, 17.5955 7.64523, 17.6429	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	8.28381, 17.647 9.68381, 17.598 10.5755, 17.5668 11.9755, 17.5178	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	21.1455, 17.4128 22.5455, 17.4491 23.9455, 17.4854	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No
Distributed Load	25.1458, 17.4829 26.5458, 17.4409 27.9458, 17.3989	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 12.3 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No