

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  
 VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65  
 0 - GENERALE E GEOTECNICA  
 GEOTECNICA  
 RELAZIONE GEOTECNICA**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE  Ing. Giovanni MALAVENDA iscritto all'ordine degli ingegneri di Venezia n. 4289 Data: Febbraio 2021	Consorzio Iricav Due ing. Guido Fratini Data: Febbraio 2021	Valido per costruzione ing. Luca ZACCARIA iscritto all'ordine degli ingegneri di Ravenna n. A1206 Data: Febbraio 2021		

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

I	N	1	7	1	0	Y	I	2	R	B	V	I	1	8	0	0	0	0	1	A	-	-	-	Di	-	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---	---	---

 Consorzio IricAV Due	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	ing. Luca RANDOLFI	Febbraio 2021

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	Recepimento prescrizioni Del. CIPE n. 84/2017	ing. Luca RANDOLFI	Febbraio 2021	ing. Luca RANDOLFI	Febbraio 2021	ing. Giovanni MALAVENDA	Febbraio 2021	

Data: Febbraio 2021

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1710Y12RBV11800001A
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 2 di 81

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>DOCUMENTI DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>5</b>
2.1	<b>DOCUMENTI PROGETTUALI</b> .....	5
2.2	<b>NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO</b> .....	6
2.3	<b>BIBLIOGRAFIA TECNICA</b> .....	6
<b>3</b>	<b>BREVE DESCRIZIONE DELL'OPERA</b> .....	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>INDAGINI DISPONIBILI</b> .....	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DELL'AREA</b> .....	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>PALI</b> .....	<b>16</b>
6.1	<b>DEFINIZIONE DELLA METODOLOGIA DI DIMENSIONAMENTO DELLE FONDAZIONI PROFONDE</b> .....	16
6.2	<b>PROGETTAZIONE AGLI STATI LIMITE</b> .....	16
6.2.1	<b>VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)</b> .....	16
6.2.1.1	<b>VERIFICHE DELLE FONDAZIONI PROFONDE</b> .....	17
6.2.2	<b>VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)</b> .....	19
6.3	<b>TIPI DI PALO</b> .....	20
6.4	<b>STRATIGRAFIE DI CALCOLO E CONDIZIONI DI FALDA</b> .....	20
6.5	<b>CALCOLO DELLA RESISTENZA DI PROGETTO DEL PALO SINGOLO SOGGETTO A CARICHI ASSIALI</b> .....	21
6.6	<b>PALO SINGOLO SOGGETTO A CARICO ORIZZONTALE</b> .....	31
6.6.1	<b>CARICO LIMITE ULTIMO PER CARICHI ORIZZONTALI</b> .....	31
6.6.2	<b>INTERAZIONE PALO TERRENO</b> .....	32
6.6.3	<b>AZIONI SUL PALO PER LE VERIFICHE STRUTTURALI SLU</b> .....	32
6.6.4	<b>SPOSTAMENTI A TESTA PALO PER VERIFICHE SLE</b> .....	34
<b>7</b>	<b>OPERE PROVVISORIALI</b> .....	<b>44</b>
7.1	<b>INTRODUZIONE</b> .....	44
7.2	<b>PROGETTAZIONE AGLI STATI LIMITE</b> .....	45
7.2.1	<b>VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)</b> .....	45
7.2.2	<b>STABILITA' GEOTECNICA E STRUTTURALE DELL'OPERA DI SOSTEGNO</b> .....	45
7.2.3	<b>STATO LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)</b> .....	46
7.3	<b>VERIFICHE DELLE OPERE PROVVISORIALI</b> .....	46
7.3.1	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</b> .....	47
7.3.2	<b>VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI SLU - RISULTATI</b> .....	47
7.3.2.1	<b>STABILITÀ GEOTECNICA DELL'OPERA DI SOSTEGNO (A2+M2+R1)</b> .....	47
7.3.2.2	<b>DETERMINAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI DI DESIGN SUGLI ELEMENTI STRUTTURALI</b> .....	49
7.3.3	<b>VERIFICHE STRUTTURALI AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)</b> .....	53
7.3.4	<b>VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO SLE</b> .....	57

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio IricAV Due</p>		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>				
<p>VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA</p>		<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 3 di 81</p>

**ALLEGATO A – TABULATI DI CALCOLO ..... 59**

**ALLEGATO B – TABULATI DI CALCOLO PARATIE ..... 81**

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 4 di 81

## 1 PREMESSA

Il presente documento è stato dapprima aggiornato in esito alle istruttorie e tavoli tecnici con il Committente, quindi a seguito delle specifiche richieste di integrazioni durante la fase di istruttoria e da ultimo per il recepimento del quadro prescrittivo a seguito dell'approvazione del Progetto Definitivo da parte del Cipe con Delibera n.84 del 22.12.2017, in particolare è stata recepita la Prescrizione n. 29 vedi allegato 1.

Il presente documento inoltre si riferisce al 1° Lotto Funzionale Verona-Bivio Vicenza ricompreso tra le progressive pk. 0+000 e pk. 44+250.

Il suddetto Lotto Funzionale Verona-Bivio Vicenza, fino alla pk. 44+250, è costituito dall'unione dei sublotti: il primo (SL01) da Verona (pk. 0+000) a Montebello Vicentino (pk. 32+525) a Bivio Vicenza (pk. 44+250) al fine di consentire l'innesto della linea AV/AC sulla linea storica esistente.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 5 di 81

## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 DOCUMENTI PROGETTUALI

- [1] Linea AV/AC VERONA – PADOVA – 1° Sub lotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO – Relazione idrogeologica – Elaborato n° IN1710YI2RHGE0002001
- [2] Linea AV/AC VERONA – PADOVA – 1° Sub lotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO – Relazione geotecnica generale & addendum – 2° Lotto – Elaborato n° IN1710YI2RBGE0005002
- [3] Linea AV/AC VERONA – PADOVA – 1° Sub lotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO – Relazione geotecnica – Rilevati e trincee con opere di sostegno e sottovia - 2° Lotto – Elaborato n° IN1710YI2RBGE0005006
- [4] Linea AV/AC VERONA – PADOVA – 1° Sub lotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO – Relazione sismica – Elaborato n° IN1710YI2RH000000001
- [5] Linea AV/AC VERONA – PADOVA – 1° Sub lotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO – Profilo geotecnico in scala 1:5000/500 – Elaborato n° IN1710YI2F5GE0002005
- [6] Linea AV/AC VERONA – PADOVA – 1° Sub lotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO – Cavalcaferrovia – Cavalcaferrovia al km 18+914.05 – Profilo geotecnico in scala 1:2000/1:200 del CVF – Elaborato n° IN1710YI2F6IV0600001
- [7] Linea AV/AC VERONA – PADOVA – 1° Sub lotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO – Planimetria con classificazione sismica del territorio – Elaborato da n° IN1710YI2P4000000001 a n° IN1710YI2P4000000004
- [8] Linea AV/AC VERONA – PADOVA – 1° Sub lotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO – Relazione stratigrafie dei sondaggi – Elaborato n° IN1710YI2RHGE0000001
- [9] Linea AV/AC VERONA – PADOVA – 1° Sub lotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO – Relazione prove penetrometriche statiche – Elaborato n° IN1710YI2RHGE0000002
- [10] Linea AV/AC VERONA – PADOVA – 1° Sub lotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO – Relazione prove di laboratorio – Elaborato n° IN1710YI2RHGE0000005

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 6 di 81

## 2.2 NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO

- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] CEN [Comité Européen de Normalisation, 2003]. Eurocode 8: Design of Structures for earthquake resistance. Document EN 1998-1, Brussels.
- [14] RFI – Manuale di progettazione – Documento n° RFI-DTC-SI-MA-IFS-001-B del 22 Dicembre 2017.
- [15] RFI – Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie – Documento n° RFI-DTC-INC-CS-SP-IFT-001-A del 21 Dicembre 2011
- [16] RFI. Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili. Parte II. Sezione 5. Opere in terra e scavi. Rev. B del 22 Dicembre 2017.

## 2.3 BIBLIOGRAFIA TECNICA

- [17] Fleming. W.G.K., Weltman. A.J., Randolph. M.F., Elson, W.K. (1985). “Piling Engineering”. Surrey University Press, Glasgow and London, Halsted Press, a division of John Wiley & Sons, New York.
- [18] Berezantsev W.HG. (1965), “Design of Deep Foundations”, Proc. 6th ICSMFE, Montreal. Vol.II
- [19] Berezantsev W.HG. (1970), “Calculation of the Construction Basis”, Leningrad.
- [20] Fioravante, V., Ghionna, V.N., Jamiolkowski, M.B. and Pedroni, S. (1995). “Load carrying capacity of large diameter bored piles in sand and gravel”. Proc. 10th ARCSMFE, 2, 3-15.
- [21] Ghionna, V.N., Jamiolkowski. M.B., Pedroni. S. and Salgado, R. et al (1994). “Tip displacement of drilled shafts in sands”. In Vertical and Horizontal Deformations of Foundations and Embankments. Ed. A.T. Yeung and G.Y. Felio, ASCE , GSP40, New York, 2, 1039-1057.
- [22] Gwizdala K. (1984) “Large bored piles in non cohesive soils” Swedish Geotechnical Institute, Report n° 26+

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio IricAV Due</p>		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 7 di 81</p>

- [23] Lancellotta R. Costanzo D. e Foti S. "Progettazione Geotecnica secondo l'Eurocodice 7 (UNI EN 1997) e le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008)" Hoepli ed.
- [24] Reese L.C., Wright S.J. (1977) "Drilled shaft manual" U.S. Department of Transportation, Office of Research and Development, Div. HDV 2, Washington.
- [25] Reese L.C., O'Neill M.W. (1988) "Drilled shaft: construction procedures and design methods" Publication N.FHWA-HI-88-042, Federal Highway Administration, Washington, D.C..
- [26] Viggiani (1999), "Fondazioni" Hevelius Edizioni

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio IricAV Due</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>				
<p>VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 8 di 81</p>

### 3 BREVE DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il viadotto in oggetto si trova nel comune di San Bonifacio nel tratto di linea AV/AC facente parte della variante San Bonifacio. L'opera in oggetto si sviluppa per una lunghezza complessiva di circa 72 m e permette lo scavalco della ferrovia in corrispondenza della progressiva km 18+840.65.

### 4 INDAGINI DISPONIBILI

La

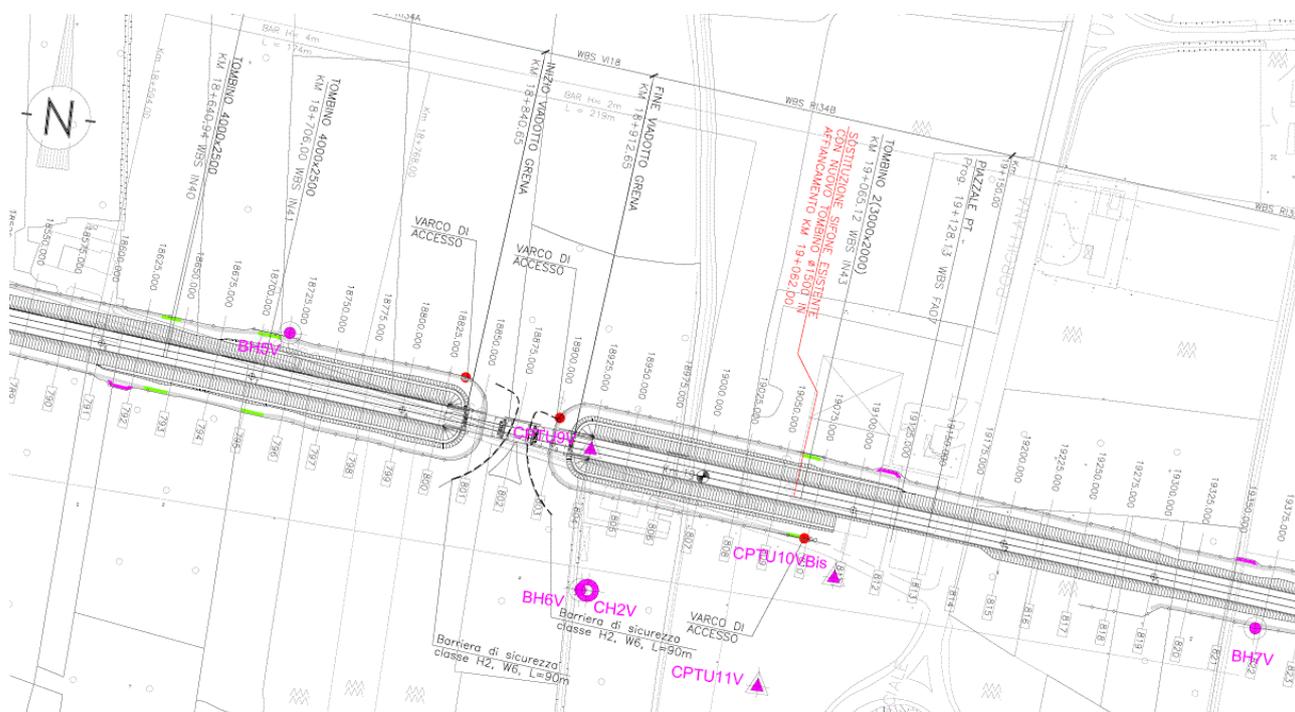


Figura 1 e la Figura 2 riportano rispettivamente uno stralcio della planimetria ubicazione indagini eseguite nell'area del viadotto in oggetto e la sezione geotecnica riportata nel dettaglio nel Doc.Rif.[6].

Le indagini qui esaminate sono riportate in Tabella 1.

Tabella 1: Elenco delle indagini considerate per la progettazione geotecnica.

Progressiva (km ≈)	Sondaggio o prova CPTU (Denomin.)	Campagna d'indagine (anno)	Quota di Bocca foro (m s.l.m.m.)	Lunghezza sondaggio/CPTU (m)	Piezometro installato C=Casagrande <sup>(1)</sup> TA=Tubo Aperto <sup>(2)</sup>
18+670	BH5V	2015	22.03	25.00	
18+910	CPTU9V	2015	N.D.	6.71	-

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65  
0 - GENERALE E GEOTECNICA  
GEOTECNICA  
RELAZIONE GEOTECNICA

Progetto  
IN17

Lotto  
10

Codifica Documento  
Y12 RB VI 18 0 0 001

Rev.  
A

Foglio  
9 di 81

18+940	BH6V e CH2V	2015	21.30	50.00	-
19+090	CPTU11V	2015	20.80	3.76	-
19+060	CPTU10V e CPTU10Vbis	2015	21.20	25.58	-
19+360	BH7V	2015	21.24	30.00	-

(1) = Tra parentesi la profondità della cella Casagrande

(2) = Tra parentesi il tratto finestrato

Nei Doc.Rif.[8], Doc.Rif.[9] e Doc.Rif.[10] sono riportati gli originali dei risultati delle indagini, nonché i risultati di dettaglio delle prove di laboratorio.

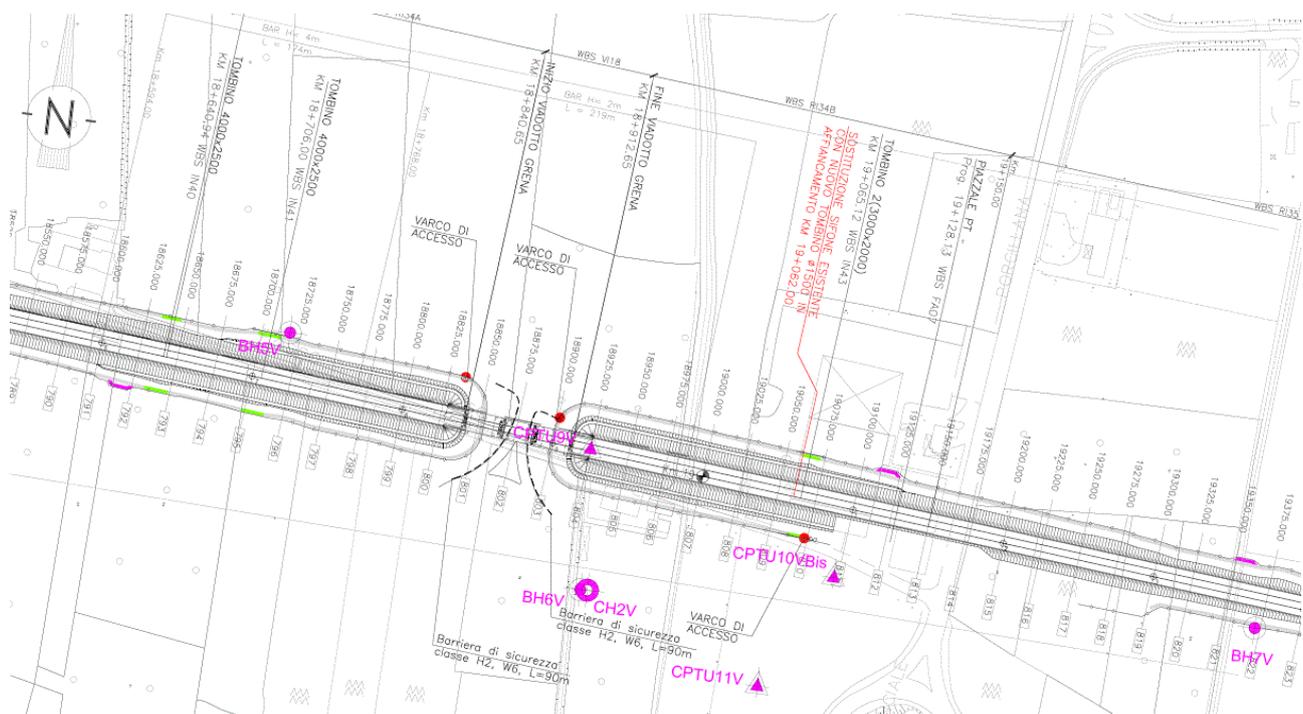


Figura 1 – Stralcio di planimetria con ubicazione delle indagini

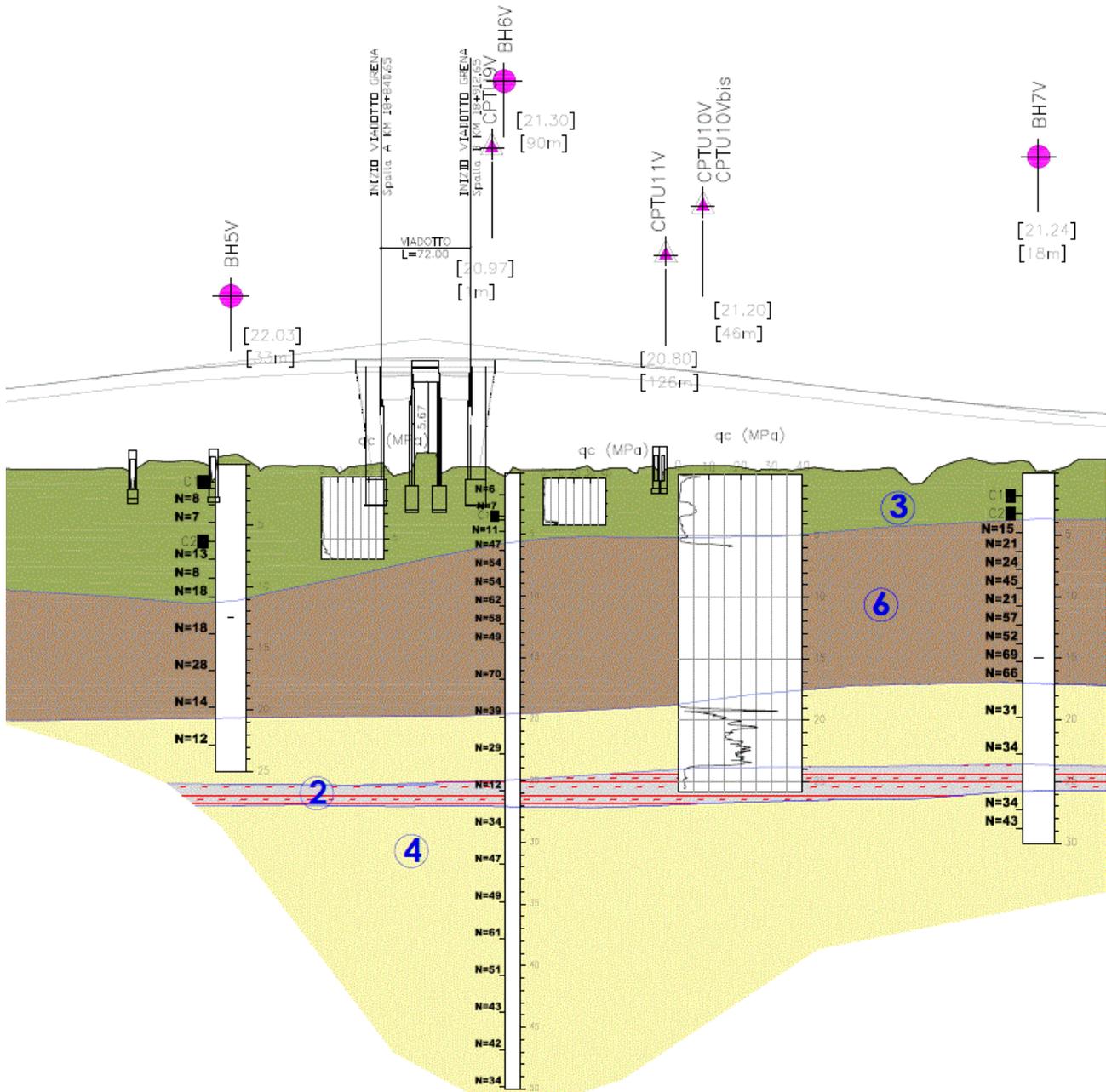


Figura 2 – Profilo geotecnico

<b>GENERAL CONTRACTOR</b>  	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b>  					
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Progetto IN17</td> <td style="width: 15%;">Lotto 10</td> <td style="width: 30%;">Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001</td> <td style="width: 10%;">Rev. A</td> <td style="width: 30%;">Foglio 11 di 81</td> </tr> </table>	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 11 di 81
Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 11 di 81		

## LEGENDA

### Campagna indagini 2014

<p>SP  Sondaggio a carotaggio continuo</p> <p>SPC SPA SPCA SPAA  Sondaggio a carotaggio continuo (SP) con installazione di Piezometro Casagrande (C) e/o Piezometro a Tubo Aperto (A)</p> <p>SDC SDA  Foro a distruzione di nucleo per installazione di Piezometro Casagrande (C) e/o Piezometro a Tubo Aperto (A)</p> <p>CPTU  Prova penetrometrica statica con piezocono</p> <p>CH  Foro a distruzione di nucleo per esecuzione prove CROSS-HOLE</p> <p>PT  Pozzetto esplorativo a 1.5m da p.c. con prove di carico su piastra</p>
--

### Campagna indagini pregresse

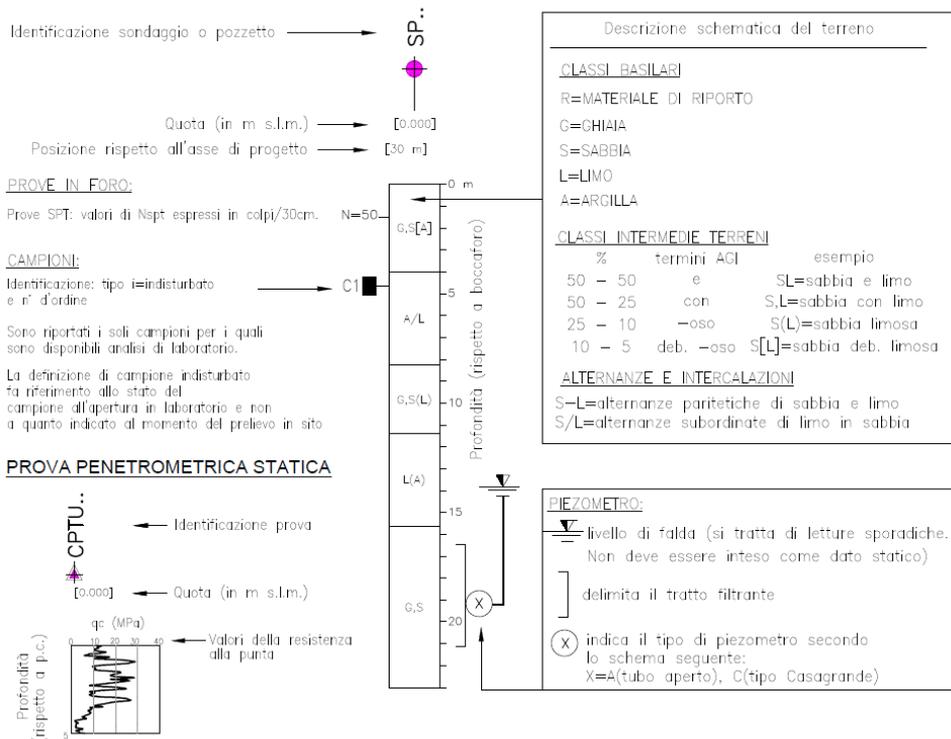
<p> SA2030003 Sondaggio geognostico, numero di riferimento (campagna 2002)</p> <p> NA2030003 CPTU, numero di riferimento (campagna 2002)</p>
--

 Asse di progetto

### Classi dei terreni

<p> <b>1</b> Riporto</p>	<p> <b>3</b> Argille limose, limi argillosi, limi sabbiosi e sabbie da debolmente limose a limose, generalmente sciolte a poco addensate</p>	<p> <b>5</b> Ghiaie fini e sabbie grossolane, con sporadiche presenze di ciottoli</p>
<p> <b>2</b> Argille limose, limi debolmente argillosi, con intercalazioni sabbiose</p>	<p> <b>4</b> Sabbie fini e medie, da debolmente limose a limose</p>	<p> <b>6</b> Ghiaia grossolana con sabbia e con presenza di ciottoli</p>

## SONDAGGIO / POZZETTO GEOGNOSTICO



## 5 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DELL'AREA

Per una definizione delle caratteristiche geotecniche del sito ed in particolare per la definizione dei valori dei parametri geotecnici utilizzati per il dimensionamento dei pali di fondazione delle opere, si rimanda alla relazione di caratterizzazione geotecnica generale di cui al Doc.Rif.[2].

Di seguito si riporta una descrizione della situazione stratigrafica dell'area del Viadotto in oggetto.

- Da p.c. e fino ad una profondità variabile tra 3.0 e 6.0 m sono presenti terreni di natura limoso argillosa relativamente teneri. I dati penetrometrici indicano valori di resistenza alla punta  $q_c$  mediamente tra 0.5 e 0.8 MPa (si vedano CPTU9V, CPTU10V e CPTU11V). I valori resistenza al taglio non drenata, ricavabili dai dati CPT, sono riportati in Figura 3.
- Al di sotto di tale livello, e per uno spessore variabile tra 13.5 e 15.5 m, sono presenti ghiaie con sabbia, con valori di SPT medi compresi fra 30 e 60 colpi/30 cm.
- Al di sotto, per spessori variabili tra 6.0 e 8.0 m circa sono presenti sabbie medie fini con valori SPT medi pari circa a 30 colpi/30 cm.
- Alla base di tale livello e per uno spessore di circa 1.5 m si rinviene uno strato di argilla limosa.
- Al di sotto, e fino alla massima profondità indagata (50 m da p.c.), sono invece presenti sabbie medie e fini con valori di SPT medi compresi fra 35 e 60 colpi/30 cm.

Per quanto concerne le letture di falda nella tratta in oggetto, esse sono riportate in Tabella 2. Per le considerazioni sulla falda si veda la relazione idrogeologica al Doc.Rif.[1].



<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 14 di 81

### SETTEMBRE 2017 - FEBBRAIO 2018

SIGLA	27-29 set 2017	26+28-ott-17	28/11/2017	28-30/12/2017	1-3/02/2018
BH1V	1.49	1.5	1.4	1.43	1.31
BH2V	1.60	1.59	1.49	1.52	1.39
BH4V	1.28	1.24	1.18	1.15	1.01
BH8V	1.94	1.88	1.71	1.64	1.55
BH10V	6.98	6.91	6.71	6.67	6.59
BH12V	5.70	5.6	5.45	5.38	5.25
BH15V	6.84	6.67	6.53	6.49	6.17
BH18V	6.30	6.41	6.32	6.23	6.00
BH19V	4.95	4.85	4.67	4.62	4.52
BH27V	2.22	2.15	2.03	1.91	1.63
BH29V	4.09	4.00	3.85	3.79	3.67
BH30V	in pressione	in press	in press	in press.	in press

La stratigrafia di calcolo considerata per il dimensionamento dei pali di fondazione è riportata al Capitolo 6, unitamente ai criteri di calcolo e alla definizione della metodologia di dimensionamento delle palificate stesse. Si fa presente che la stratigrafia di calcolo fa riferimento ai valori minimi dei parametri geotecnici assunti, considerando una successione stratigrafica ragionevolmente cautelativa.

**Coesione non drenata da prove CPTU in accordo a Lunne T,  
Roberson P.K., Powell J.J.M., (1997)**

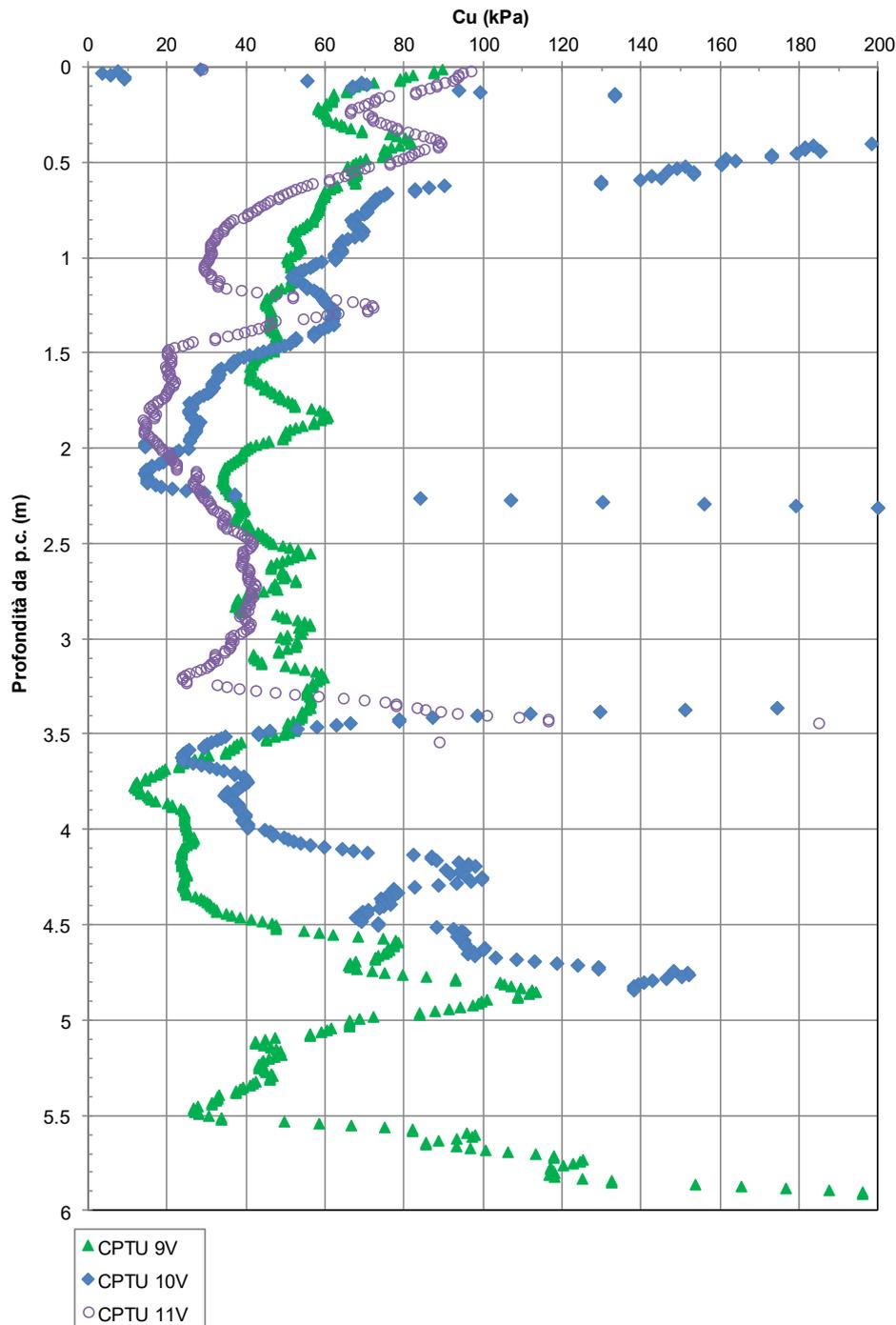


Figura 3 - Coesione non drenata calcolata da prove CPTU in accordo a Lunne T, Roberson P.K., Powell J.J.M., 1997

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 16 di 81	

## 6 PALI

### 6.1 DEFINIZIONE DELLA METODOLOGIA DI DIMENSIONAMENTO DELLE FONDAZIONI PROFONDE

Per la definizione delle palificate di fondazione, in accordo con i progettisti strutturali, si è proceduto nel seguente modo:

1. definizione delle resistenze del palo singolo, in accordo alle NTC 2008 (Doc. Rif. [11]). Il dettaglio di tale calcolo si riporta al punto 6.5;
2. verifica della palificata, da parte del progettista strutturale utilizzando le combinazioni di carico di Normativa, e ricavando il carico sui pali della palificata facendo riferimento al programma PIGLET, GROUP (o simile), tenendo quindi conto dell'effetto penalizzante del gruppo di pali.
3. Definizione della lunghezza del palo facendo riferimento al palo più caricato (usualmente il palo di spigolo), e verifiche strutturali delle armature, sempre con riferimento al palo più caricato.

Considerando anche le modalità di calcolo della resistenza del palo singolo qui riportate, si ritiene che tale approccio sia, nel suo complesso, da considerarsi cautelativo. Il progetto di dettaglio delle palificate verrà redatto in sede di Progetto Esecutivo, sulla base di una più dettagliata campagna di indagine.

### 6.2 PROGETTAZIONE AGLI STATI LIMITE

#### 6.2.1 VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

In accordo alla normativa nazionale NTC2008 (Doc. Rif. [11]) per ogni Stato Limite Ultimo (SLU) deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq R_d \quad (\text{Eq. 6.2.1 del Doc. Rif. [11]})$$

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 17 di 81

da adottarsi nelle diverse combinazioni sono definiti in funzione del tipo di verifica da effettuare. 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. [11]).

### 6.2.1.1 VERIFICHE DELLE FONDAZIONI PROFONDE

In accordo a quanto definito nel Par. 6.4.3.1 delle NTC2008 (Doc. Rif. [11]), per fondazioni su pali, devono essere prese in considerazione le seguenti verifiche agli stati limite ultimi:

SLU di tipo Geotecnico (GEO), relative a condizioni di:

- stabilità globale;
- collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali;
- collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi trasversali.

SLU di tipo strutturale (STRU), relative a condizioni di:

- raggiungimento della resistenza dei pali;
- raggiungimento della resistenza della struttura di collegamento dei pali.

Tutte le verifiche (GEO/STRU) di cui sopra, devono essere svolte considerando almeno uno dei seguenti approcci (Par. 6.4.3.1 delle NTC 2008):

#### **Approccio 1 (DA1):**

Combinazione 1 (C1):     A1 + M1 + R1

Combinazione 2 (C2):     A2 + M1 + R2

#### **Approccio 2 (DA2):**

Combinazione 1:     A1 + M1 + R3

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati in Tab. 6.2.I, e Tab. 6.4.II delle NTC 2008 (Doc. Rif. [11]) e per comodità riportati rispettivamente nella Tabella 3 e Tabella 4 del presente documento.

Il peso del palo, in accordo con quanto riportato al paragrafo 6.4.3 delle NTC2008, Doc.Rif.[11], deve essere incluso tra le azioni permanenti di cui alla Tabella 3.

In condizioni sismiche, in accordo a quanto riportato al paragrafo 7.11. delle NTC2008, Doc.Rif.[11], tutti i coefficienti sulle azioni A1 e A2 sono posti pari a 1 (par.7.11.1).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 18 di 81

Le raccomandazioni per la progettazione delle fondazioni profonde riportate nel presente documento sono basate sull'Approccio 1 (DA1) delle NTC 2008 (Doc. Rif. [11], vedi anche Doc. Rif.[12]).

Tabella 3: Tab. 6.2.I, NTC 2008 (Doc.Rif.[11])

**Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle 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

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 19 di 81	

Tabella 4: Tab. 6.4.II, NTC 2008 (Doc.Rif.[11])

**Tabella 6.4.II** – *Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche.*

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	$\gamma_b$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale (*)	$\gamma_t$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

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

### 6.2.2 VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)

Per quanto riguarda lo stato limite di servizio (SLE), deve essere verificato che gli effetti attesi delle azioni caratteristiche (cedimenti, rotazioni, vibrazioni) sulle strutture proposte (o quelli indotti, se il caso, sulle strutture adiacenti) siano inferiori al massimo di quelli consentiti. Le analisi dovranno essere effettuate considerando i valori caratteristici dei parametri geotecnici dei materiali, con riferimento sia alla resistenza che alla deformabilità.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 20 di 81

### 6.3 TIPI DI PALO

Considerando i costi e la facilità di costruzione, le condizioni geologiche e idrogeologiche del sito, è stato considerato l'impiego di pali trivellati in calcestruzzo armato, gettati in opera.

In questa relazione, è stata determinata la capacità portante del singolo palo per tre differenti diametri  $D = 1000 \text{ mm}$ ,  $D = 1200 \text{ mm}$ ,  $D = 1500 \text{ mm}$ .

Nello schema di calcolo la testa palo è posta a 3.0 m dal piano campagna.

### 6.4 STRATIGRAFIE DI CALCOLO E CONDIZIONI DI FALDA

Sulla base dei dati di indagine disponibili lungo lo sviluppo dell'opera e sulla base di quanto detto al Capitolo 5, di seguito si riportano la stratigrafia di calcolo ed i valori caratteristici dei parametri geotecnici dei terreni considerati. Si ribadisce che tali valori fanno riferimento ai valori minimi dei parametri geotecnici caratteristici ricavati dai risultati delle indagini disponibili.

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 21 di 81	

Tabella 5: Stratigrafia e valori caratteristici dei parametri geotecnici di calcolo.

	Da	a	$\gamma$	$\phi'_k$	$c'_k$	$C_{Uk}$	$\delta$	$q_{b,ult}$	$k_H$
	(m p.c.)	(m p.c.)	(kN/m <sup>3</sup> )	(°)	(kPa)	(kPa)	(°)	(kPa)	kN/m <sup>3</sup>
Argilla limosa	0.0	6.0	18.5	-	-	60	-	9· $C_{Uk}$	-
Ghiaie sabbiose	6.0	21.0	18.5	36	0	-	36	3000	15000
Sabbia limosa	21.0	25.5	18.5	34	0	-	34	2200	12000
Limo argilloso	25.5	27.0	18.5	-	-	120	-	9· $C_{Uk}$	-
Sabbia	27.0	33.0	18.5	34	0	-	34	3000	12000
Sabbia	Da 33.0 in poi		18.5	34	0	-	34	3500	12000

con:

$\gamma$  = peso di volume naturale;

$\phi'_k$  = valore caratteristico dell'angolo di attrito;

$c'_k$  = valore caratteristico della resistenza al taglio in condizioni drenate;

$c_{Uk}$  = valore caratteristico della coesione non drenata;

$\delta$  = valore caratteristico dell'angolo d'attrito tra palo e terreno;

$q_{b,ult}$  = valore assunto per la resistenza ultima di base in accordo a quanto indicato al paragrafo 6.5;

$k_H$  = valore assunto per l'incremento del modulo di reazione orizzontale con la profondità per i materiali sabbioso-ghiaiosi.

Nelle analisi l'altezza di falda è stata considerata coincidente con il p.c. (si veda relazione idrogeologica Doc.Rif.[1]).

## 6.5 CALCOLO DELLA RESISTENZA DI PROGETTO DEL PALO SINGOLO SOGGETTO A CARICHI ASSIALI

In conformità con la normativa NTC2008 (Doc. Rif.[11]), la resistenza geotecnica di progetto del palo soggetto a carichi di compressione  $R_{c,d}$  e di trazione  $R_{t,d}$  è stata ottenuta partendo dal valore di resistenza caratteristico a compressione  $R_{c,k}$  e a trazione  $R_{t,k}$ , applicando i coefficienti parziali indicati nella Tab. 6.4.II del Doc. Rif.[11] (Tabella 4 del presente documento).

$$R_{c,d} = \frac{R_{c,k}}{\gamma_{R2}}$$

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 22 di 81

$$R_{t,d} = \frac{R_{t,k}}{\gamma_{R2}}$$

In particolare, per i pali trivellati in calcestruzzo gettati opera:

$\gamma_{R2} = 1.45$  per la resistenza laterale in compressione;

$\gamma_{R2} = 1.6$  per la resistenza laterale in trazione;

$\gamma_{R2} = 1.7$  per la resistenza di base.

I valori caratteristici a compressione del palo  $R_{c,k}$  e a trazione  $R_{t,k}$ , sono ottenuti applicando i fattori di correlazioni  $\xi_3$  e  $\xi_4$  (si veda Tab. 6.4.IV del Doc. Rif.[11], Tabella 6 nel presente documento) alla resistenza a compressione  $R_{c,cal}$  e a trazione  $R_{t,cal}$  calcolati partendo dai risultati delle indagini geotecniche. In particolare:

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

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

I valori di  $\xi_3$  e  $\xi_4$  da utilizzare nelle analisi sono funzione dal numero di sondaggi indipendenti che sono stati considerati per valutare la resistenza del palo per ogni area omogenea o struttura.

Per l'opera in questione si è scelto di considerare, come riportato al Capitolo 5, una stratigrafia di calcolo che fa riferimento ai valori minimi dei parametri geotecnici caratteristici, considerando una successione stratigrafica ragionevolmente cautelativa. Si è quindi ritenuto che il valore di resistenza di calcolo così ottenuto rappresenti un minimo fra quelli possibili. Si è ritenuto di poter utilizzare un coefficiente pari a  $\xi_4=1.55$ .

Tabella 6: Tab. 6.4.IV, NTC 2008 (Doc.Rif.[11])

**Tabella 6.4.IV** – Fattori di correlazione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate.

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
$\xi_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Le resistenze di calcolo  $R_{c,cal}$  e  $R_{t,cal}$  sono state determinate sulla base delle seguenti relazioni:

$$R_{c,cal} = Q_{c,ult} = Q_{ult,lat} + Q_{ult,base}$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 23 di 81

$$R_{t,cal} = Q_{t,ult} = Q_{ult,lat}$$

con:

$Q_{c,ult}$  = resistenza alla base ultima del singolo palo in compressione;

$Q_{t,ult}$  = resistenza alla base ultima del singolo palo in trazione;

$Q_{ult,shaft}$  = resistenza laterale ultima;

$Q_{ult,base}$  = resistenza alla base ultima.

La resistenza laterale ultima  $\tau_{lim}$  è stata valutata come segue:

#### Terreni coesivi

$$\tau_{lim} \text{ (kPa)} = \alpha \cdot C_{uk} \leq 100 \text{ kPa}$$

dove:

$\alpha$  = coefficiente ricavato sulla base di quanto riportato in Figura 4;

$C_{uk}$  = resistenza a taglio non drenata come riportato in Tabella 5.

#### Terreni sabbiosi

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

dove:

$k$  = coefficiente di spinta laterale, considerato pari a 0.7 per i pali trivellati;

$\delta$  = angolo d'attrito tra palo e terreno come riportato in Tabella 5;

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

I valori massimi di  $\tau_{us,max}$  sono stabiliti in accordo alle indicazioni di Reese & Wright [1977] (vedi anche Gwizdala [1984]) nel caso di pali trivellati a fango, sulla base delle seguenti espressioni:

$$\tau_{us,max} = 3 \cdot NSPT \text{ kPa} \quad \text{per } NSPT \leq 53 \text{ colpi/30 cm}$$

$$\tau_{us,max} = 142 + 0.32 \cdot NSPT \text{ kPa} \quad \text{per } NSPT > 53 \text{ colpi/30 cm}$$

Per comodità di calcolo, e laddove  $NSPT \geq 50$  per il tratto di interesse, si porrà:

$$\tau_{us,max} = 150 \text{ kPa}$$

La resistenza ultima di base  $q_{b,ult}$  è stata determinata come segue:

#### Terreni coesivi

$$q_{b,ult} \text{ (kPa)} = 9 \cdot C_{uk}$$

#### Terreni sabbiosi

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 24 di 81

Il valore di  $q_{b,ult}$  è stato stabilito considerando un rapporto fra il cedimento della base del palo ed il diametro del palo pari al 10%

Quando disponibili dati penetrometrici, si è considerato (Fioravante et al. (1995) e Ghionna et al. (1994) Lancellotta et al. (2011))

$$q_{bcr, 0.1} \cong 0.15 \div 0.18 q_c$$

Quando disponibili dati SPT, si sono utilizzate le indicazioni di Reese e O'Neill, 1988, Fioravante et al., 1995:

$$q_{bcr, 0.1} = 75 \text{ NSPT} < 4000 \text{ kPa}$$

Tali dati sono in ottimo accordo con le indicazioni di Berezantzev (1965), e riportate da AGI, 1984.

I valori assunti nel calcolo per i diversi strati sono riportati nella Tabella 5.

Nei terreni stratificati, come quelli dell'area in oggetto, costituiti da alternanze di strati coesivi e di sabbie o ghiaie, la portata di base negli strati sabbioso-ghiaiosi è stata abbattuta rispetto a quella caratteristica dello strato supposto omogeneo in accordo allo schema riportato in Figura 5.

Le stime delle resistenze geotecniche di progetto dei pali soggetti a carichi verticali a compressione  $R_{c,d}$  e trazione  $R_{t,d}$  sono riportate in Figura 6 e Figura 7.

In Tabella 7, Tabella 11 e Tabella 9, per entrambe le combinazioni, sono riportati i valori numerici delle resistenze di progetto  $R_{c,d}$  e  $R_{t,d}$ . Nell' Allegato A sono forniti i tabulati di calcolo che riportano i valori della portata laterale ultima e della portata di base, ricavati in accordo ai criteri esplicitati nei paragrafi precedenti, utilizzati per la determinazione delle resistenze di calcolo  $R_{c,cal}$  e  $R_{t,cal}$ .

Si ricorda che, in accordo a quanto riportato al paragrafo 6.2.1.1, i valori rappresentati considerano anche il peso del palo. Nella condizione di resistenza a compressione è stato assunto come carico permanente sfavorevole, mentre nella condizione di calcolo di resistenza a trazione è stato assunto come azione permanente favorevole.

Si ricorda che le resistenze di progetto consigliate dovranno essere confrontate con i carichi di progetto a testa palo (considerando i coefficienti parziali  $\gamma_A$  sulle azioni caratteristiche).

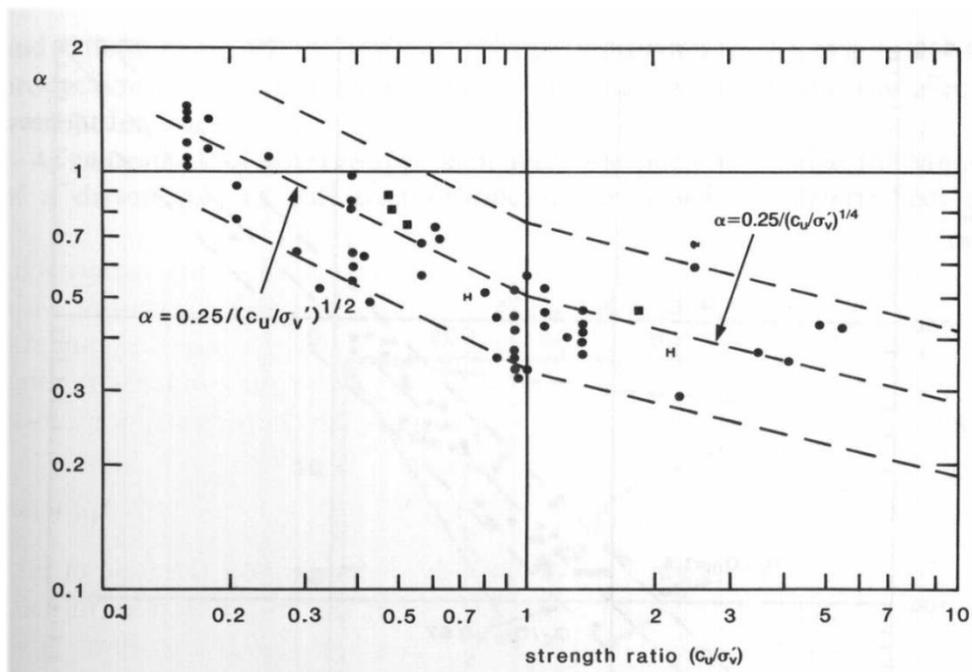


Figura 4 – Valore di  $\alpha$  in funzione del rapporto  $c_u/\sigma'_v$  (da Fleming. W.G.K., Weltman. A.J., Randolph. M.F., Elson, W.K. (1985)

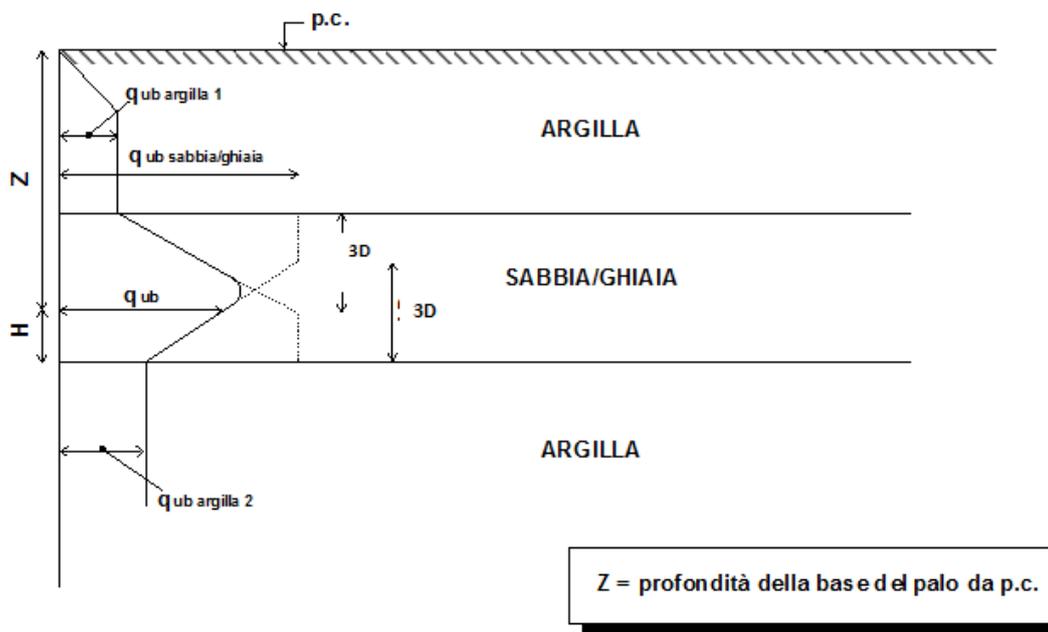


Figura 5 - Criterio di valutazione della pressione ultima di base ( $q_{ub}$ ) in terreni stratificati

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 26 di 81

Tabella 7: Resistenza di progetto palo singolo Approccio 1, Combinazione 1 (A1+M1+R1) e Combinazione 2 (A2+M1+R2) – Diametro palo D=1000 mm

L palo	Approccio 1 Combinazione 1 STRU (A1+M1+R1)		Approccio 1 Combinazione 2 GEO (A2+M1+R2)	
	R <sub>d</sub> , compressione	R <sub>d</sub> , trazione	R <sub>d</sub> , compressione	R <sub>d</sub> , trazione
(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
20	3256	2377	2131	1574
21	3251	2561	2146	1693
22	3254	2752	2167	1817
23	3338	2930	2233	1933
24	3452	3051	2312	2013
25	3968	3242	2634	2137
26	4517	3463	2979	2279
27	5074	3691	3330	2426
28	5315	3926	3496	2577
29	5564	4168	3667	2733
30	5822	4418	3844	2894
31	6172	4675	4076	3059
32	6529	4939	4314	3228
33	6895	5211	4557	3403
34	7185	5490	4756	3581
35	7481	5775	4960	3764
36	7778	6060	5164	3946
37	8075	6345	5368	4129
38	8372	6631	5572	4312
39	8669	6916	5777	4495
40	8966	7202	5981	4678
41	9263	7487	6185	4860
42	9560	7772	6389	5043
43	9856	8058	6593	5226
44	10153	8343	6797	5409
45	10450	8629	7002	5592
46	10747	8914	7206	5774
47	11044	9199	7410	5957
48	11341	9485	7614	6140
49	11638	9770	7818	6323
50	11935	10056	8022	6506

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 			
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 27 di 81

Tabella 8: Resistenza di progetto palo singolo Approccio 1, Combinazione 1 (A1+M1+R1) e Combinazione 2 (A2+M1+R2) – Diametro palo D=1200 mm

L palo	Approccio 1 Combinazione 1 STRU (A1+M1+R1)		Approccio 1 Combinazione 2 GEO (A2+M1+R2)	
	R <sub>d</sub> , compressione	R <sub>d</sub> , trazione	R <sub>d</sub> , compressione	R <sub>d</sub> , trazione
(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
20	4005	2909	2608	1945
21	3997	3132	2625	2091
22	3999	3364	2648	2243
23	4097	3581	2727	2385
24	4233	3729	2819	2484
25	4850	3962	3205	2635
26	5507	4229	3618	2808
27	6174	4505	4038	2987
28	6695	4790	4372	3172
29	6992	5084	4577	3362
30	7299	5386	4787	3557
31	7717	5697	5065	3758
32	8145	6017	5349	3965
33	8583	6346	5639	4176
34	8990	6684	5913	4394
35	9343	7028	6156	4615
36	9698	7374	6400	4838
37	10052	7719	6643	5060
38	10407	8064	6887	5282
39	10761	8410	7131	5504
40	11116	8755	7374	5726
41	11470	9100	7618	5949
42	11825	9446	7862	6171
43	12180	9791	8105	6393
44	12534	10136	8349	6615
45	12889	10482	8593	6837
46	13243	10827	8836	7059
47	13598	11172	9080	7282
48	13952	11517	9324	7504
49	14307	11863	9568	7726
50	14661	12208	9811	7948

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 28 di 81

Tabella 9: Resistenza di progetto palo singolo Approccio 1, Combinazione 1 (A1+M1+R1) e Combinazione 2 (A2+M1+R2) – Diametro palo D=1500 mm

L palo	Approccio 1 Combinazione 1 STRU (A1+M1+R1)		Approccio 1 Combinazione 2 GEO (A2+M1+R2)	
	R <sub>d</sub> , compressione	R <sub>d</sub> , trazione	R <sub>d</sub> , compressione	R <sub>d</sub> , trazione
(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
20	5188	3742	3355	2538
21	5175	4027	3374	2725
22	5174	4322	3401	2920
23	5293	4598	3496	3103
24	5460	4789	3610	3232
25	6229	5085	4090	3426
26	7047	5424	4603	3648
27	7877	5774	5125	3877
28	8720	6136	5656	4113
29	9331	6508	6051	4356
30	9712	6892	6312	4606
31	10231	7286	6657	4862
32	10763	7691	7009	5125
33	11306	8108	7370	5395
34	11862	8535	7739	5672
35	12364	8971	8078	5955
36	12804	9408	8380	6238
37	13244	9845	8682	6521
38	13684	10282	8984	6804
39	14124	10719	9286	7087
40	14564	11156	9588	7370
41	15004	11593	9891	7653
42	15444	12030	10193	7936
43	15884	12467	10495	8219
44	16324	12904	10797	8502
45	16764	13340	11099	8785
46	17204	13777	11401	9068
47	17644	14214	11703	9351
48	18084	14651	12006	9634
49	18524	15088	12308	9917
50	18964	15525	12610	10200

**Resistenza di progetto ( $R_d$ ) del palo singolo  
 PALO TRIVELLATO  
 Approccio 1 - Combinazione 1 - STRU (A1+M1+R1)**

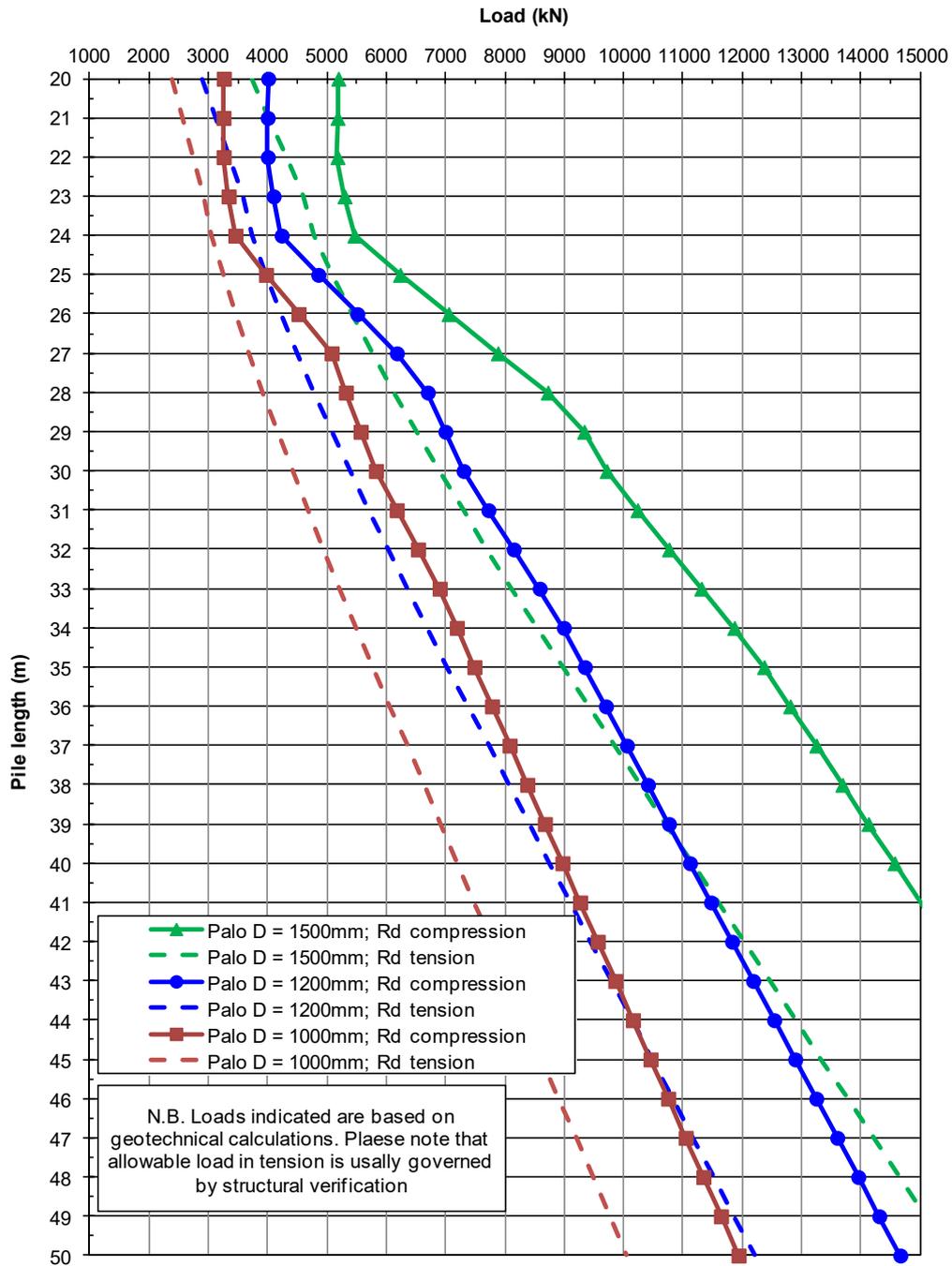


Figura 6: DA1-C1: Resistenza di progetto

**Resistenza di progetto ( $R_d$ ) del palo singolo  
 PALO TRIVELLATO  
 Approccio 1 - Combinazione 2 - GEO (A2+M1+R2)**

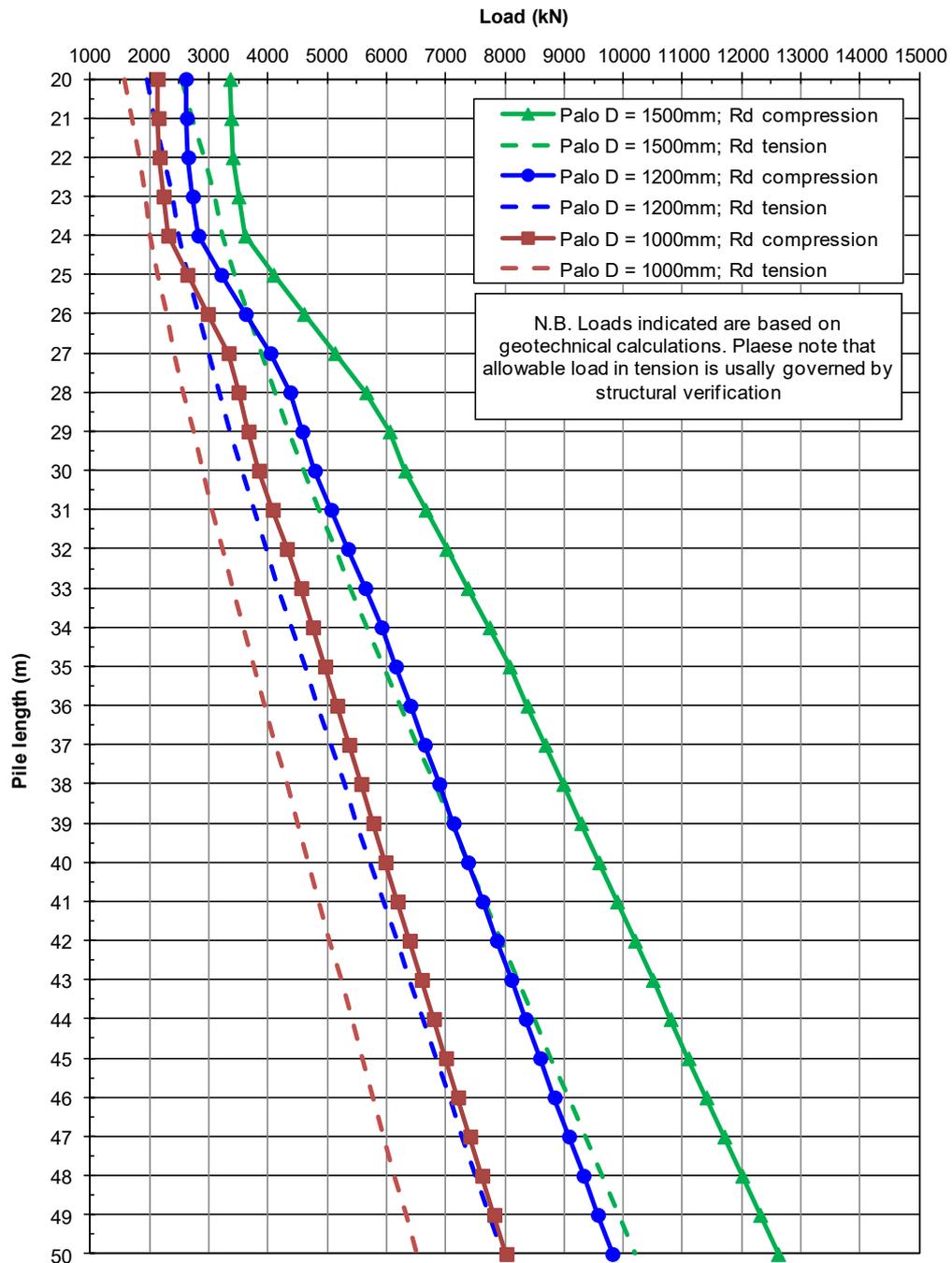


Figura 7: DA1-C2: Resistenza di progetto

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 31 di 81	

## 6.6 PALO SINGOLO SOGGETTO A CARICO ORIZZONTALE

### 6.6.1 CARICO LIMITE ULTIMO PER CARICHI ORIZZONTALI

In accordo alle indicazioni di letteratura (si veda ad esempio Viggiani (1999)) un palo si comporta come rigido quando  $L/T < 2$ , flessibile quando  $L/T > 4$ , essendo  $L$  la lunghezza del palo e  $T$  la sua lunghezza elastica, definita come:

$$T = \left( \frac{E_p J}{n_h} \right)^{0.2}$$

Essendo

$E_p$  = modulo di Young del palo

$J$  = momento di inerzia del palo

$n_h$  = parametro che tiene conto della rigidità orizzontale del terreno.

I valori di  $T$  sono calcolati nel paragrafo seguente.

Per le strutture esaminate nel presente progetto, i valori di  $T$  sono tipicamente, per pali del 1500, dell'ordine di 3-3.5m.

Le lunghezze attese del palo sono tali quindi per cui il rapporto  $L/T$  è tipicamente dell'ordine di 10, e pertanto il palo si comporta come flessibile. Gli stessi valori sono tipici anche dei pali del 1200. Non sono quindi possibili traslazioni orizzontali rigide dell'intero corpo della palificata. Si segnala comunque che le traslazioni orizzontali calcolate della testa del palo sono dell'ordine di qualche millimetro, e quindi ben lontane (di circa tre ordini di grandezza) da quelle che mobilitano la resistenza ultima del terreno nelle condizioni in esame.

Pertanto, la rottura della palificata per carichi orizzontali può avvenire solo nel caso del raggiungimento della condizione di cerniera plastica in testa, ed è quindi limitata dalle verifiche strutturali.

Pertanto, in accordo a quanto previsto dalle NTC 2008, al punto 6.4.3.1, la verifica geotecnica non viene ritenuta pertinente al caso in questione, e quindi non è stata condotta.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 32 di 81

### 6.6.2 INTERAZIONE PALO TERRENO

Lo studio dell'interazione palo-terreno sotto carichi orizzontali è stato condotto in accordo all'approccio proposto da Matlock e Reese (1960), basato sul modello di Winkler (elastico-lineare), caratterizzato da un modulo di reazione del terreno  $E_s$ .  $E_s$  non è un parametro del terreno e non può essere direttamente correlato con il modulo di Young, dato che è un parametro di interazione terreno-struttura.

In particolare, per le analisi sono stati adottati i seguenti parametri e la seguente relazione (Elson, 1984):

#### Terreni a grana fine

$$E_h = 400 \cdot c_u \quad (FL^{-2})$$

$c_u$  = coesione non drenata,

#### Terreni a grana grossa (materiale di riempimento)

$$E_h = k_h \cdot z \quad (FL^{-2})$$

dove:

$E_h$  = modulo di reazione orizzontale del terreno a specifiche profondità;

$z$  = profondità da piano finito;

$k_h$  = incremento del modulo di reazione orizzontale con la profondità come riportato in Tabella 5.

La rigidità del palo è stata tenuta in conto considerando un modulo del calcestruzzo del palo pari a 25000 MPa.

Il calcolo è stato eseguito considerando una lunghezza di palo pari a 35 m. Tuttavia considerato che il comportamento del palo soggetto a carichi orizzontali dipende solamente dalle caratteristiche degli strati di terreno fino a profondità pari a 10÷12 volte il diametro del palo stesso, i risultati possono essere estesi a lunghezze di palo maggiori di quelle analizzate.

Nelle analisi la connessione della testa palo alla fondazione è stata considerata a "testa incastrata".

### 6.6.3 AZIONI SUL PALO PER LE VERIFICHE STRUTTURALI SLU

Per la condizione, "testa incastrata", sono stati calcolato lungo il fusto del palo il momento adimensionale  $M_{ad}$  ed il taglio adimensionale  $F_{ad}$ .

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 33 di 81

Le relazioni utilizzate sono le seguenti

$$F = A_V * F_{0,d} + \frac{B_V * M_{0,d}}{T}$$

azione di taglio:

$$M = A_m * F_{0,d} * T + B_m M_{0,d}$$

momento flettente

essendo:

$M_{0,d}$ ,  $F_{0,d}$  = momento flettente e taglio a testa palo

$\alpha$  = rapporto tra momento e taglio a testa palo

T = lunghezza elastica del palo, legata alla rigidezza flessionale del palo e al modulo di reazione orizzontale del palo secondo la seguente relazione

$$T = \left( \frac{EJ}{E_{s0}} \right)^{0.25}$$

$A_y$ ,  $B_y$ ,  $A_s$ ,  $B_s$ ,  $A_v$ ,  $B_v$ ,  $A_m$ ,  $B_m$  coefficienti adimensionali legati alle caratteristiche del terreno, del palo;

EJ = rigidezza flessionale del palo.

La stratigrafia di calcolo è riportata in Tabella 5.

In Figura 8 e Figura 9 si riportano gli andamenti per profondità crescenti a partire dalla testa del palo in termini di momento adimensionale  $M_{ad} = M_d / M_{0,d}$  e taglio adimensionale  $F_{ad} = F$  per condizioni di "testa incastrata".

Gli stessi risultati, insieme al valore di  $\alpha = M_0/F_0$  sono riportati in Tabella 10, Tabella 11 e Tabella 12. In Tabella 13, Tabella 14 e Tabella 15 si riportano i coefficienti adimensionali legati alle caratteristiche del terreno, del palo e la lunghezza elastica T.

Il momento flettente di progetto sulla sezione del palo a specifiche profondità dovrà essere valutato come segue:

$$M_d = M_{ad} \cdot M_{0,d}$$

dove:

$M_{0,d}$  = momento flettente di progetto a testa palo, opportunamente fattorizzato in accordo alla combinazione DA1-C1 per verifiche strutturali SLU.

Inoltre, per la condizione "testa incastrata", il momento flettente a testa palo può essere calcolato come segue:

$$M_{0,d} = - \alpha \cdot F_{0,d}$$

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 34 di 81	

dove:

$F_{0,d}$  = azione di taglio di progetto, opportunamente fattorizzata in accordo alla combinazione DA1-C1 per verifiche strutturali SLU.

#### 6.6.4 SPOSTAMENTI A TESTA PALO PER VERIFICHE SLE

Lo spostamento orizzontale a testa palo è riportato in Figura 10 e viene calcolato come segue:

$$d = A_y F_{0,k} T^3/EJ + B_y M_{0,k} T^2/EJ$$

dove:

$A_y$ ,  $B_y$  = coefficienti adimensionali di flessibilità a testa palo (vedi Tabella 13, Tabella 14 e Tabella 15);

$EJ$  = rigidezza flessionale del palo;

$T$  = lunghezza elastica del palo, legata alla rigidezza flessionale del palo e al modulo di reazione orizzontale del palo (vedi Tabella 13, Tabella 14 e Tabella 15);

$F_{0,k}$  = valore di progetto dell'azione di taglio a testa palo (per verifiche SLE);

$M_{0,k}$  = valore di progetto del momento flettente a testa palo (per verifiche SLE).

Per condizioni di "testa incastrata"  $M_{0,k} = \alpha \cdot M_{0,k}$ , con  $\alpha$  riportati nella Tabella 10, Tabella 11 e Tabella 12.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 35 di 81	

Tabella 10: D = 1000 mm – Momento flettente e del taglio normalizzati – Testa palo incastrata

Z (m)	M/M <sub>0</sub> (-)	F/F <sub>0</sub> (-)	$\alpha = -M_0/F_0$ (m)
0.00	1.00	1.000	1.979
1.09	0.51	0.785	
2.19	0.13	0.607	
3.28	-0.17	0.406	
4.38	-0.30	0.085	
5.47	-0.28	-0.093	
6.56	-0.21	-0.155	
7.66	-0.12	-0.144	
8.75	-0.05	-0.098	
10.50	0.00	-0.034	
12.25	0.01	0.001	
14.00	0.01	0.008	
15.75	0.00	0.004	
17.50	0.00	0.001	
20.42	0.00	0.000	
23.33	0.00	0.000	
26.25	0.00	0.000	
30.63	0.00	0.000	
35.00	0.00	0.000	

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 36 di 81	

Tabella 11: D = 1200 mm – Momento flettente e del taglio normalizzati – Testa palo incastrata

Z (m)	M/M <sub>0</sub> (-)	F/F <sub>0</sub> (-)	$\alpha = -M_0/F_0$ (m)
0.0	1.000	1.000	2.340
1.1	0.571	0.838	
2.2	0.214	0.697	
3.3	-0.084	0.523	
4.4	-0.251	0.213	
5.5	-0.295	0.001	
6.6	-0.263	-0.114	
7.7	-0.197	-0.154	
8.8	-0.125	-0.142	
10.5	-0.037	-0.086	
12.3	0.004	-0.031	
14.0	0.014	-0.001	
15.8	0.009	0.008	
17.5	0.004	0.006	
20.4	0.000	0.001	
23.3	-0.001	0.000	
26.3	0.000	0.000	
30.6	0.000	0.000	
35.0	0.000	0.000	

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 37 di 81	

Tabella 12: D = 1500 mm – Momento flettente e del taglio normalizzati – Testa palo incastrata

Z (m)	M/M <sub>0</sub> (-)	F/F <sub>0</sub> (-)	$\alpha = -M_0/F_0$ (m)
0.0	1.000	1.000	2.836
1.1	0.637	0.886	
2.2	0.316	0.783	
3.3	0.031	0.643	
4.4	-0.163	0.370	
5.5	-0.260	0.151	
6.6	-0.285	-0.006	
7.7	-0.262	-0.100	
8.8	-0.213	-0.145	
10.5	-0.120	-0.139	
12.3	-0.047	-0.093	
14.0	-0.005	-0.044	
15.8	0.010	-0.011	
17.5	0.012	0.003	
20.4	0.005	0.007	
23.3	0.001	0.003	
26.3	-0.001	0.000	
30.6	0.000	0.000	
35.0	0.000	0.000	

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 38 di 81	

Tabella 13: D = 1000 mm - Coefficienti adimensionali Av, Bv, Am, Bm, Ay, By, As, Bs e lunghezza elastica T

Pile depth	Av	Am	Bv	Bm	Ay	As	By	Bs	T
m	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(m)
0.0	1.00	0.00	0.00	1.00					
1.1	0.56	0.31	-0.30	0.93					
2.2	0.27	0.47	-0.45	0.77					
3.3	0.03	0.55	-0.51	0.57					
4.4	-0.28	0.48	-0.49	0.36					
5.5	-0.37	0.34	-0.37	0.18					
6.6	-0.32	0.20	-0.23	0.06					
7.7	-0.22	0.08	-0.11	-0.01					
8.7	-0.11	0.01	-0.02	-0.04					
10.5	-0.01	-0.02	0.03	-0.03	1.2696	0.9798	0.9798	1.3238	2.674
12.2	0.02	-0.02	0.02	-0.01					
14.0	0.01	-0.01	0.01	0.00					
15.7	0.01	0.00	0.00	0.00					
17.5	0.00	0.00	0.00	0.00					
20.4	0.00	0.00	0.00	0.00					
23.3	0.00	0.00	0.00	0.00					
26.2	0.00	0.00	0.00	0.00					
30.6	0.00	0.00	0.00	0.00					
35.0	0.00	0.00	0.00	0.00					

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 39 di 81

Tabella 14: D = 1200 mm - Coefficienti adimensionali Av, Bv, Am, Bm, Ay, By, As, Bs e lunghezza elastica T

<b>Pile depth</b>	<b>Av</b>	<b>Am</b>	<b>Bv</b>	<b>Bm</b>	<b>Ay</b>	<b>As</b>	<b>By</b>	<b>Bs</b>	<b>T</b>
<b>m</b>	<b>(-)</b>	<b>(m)</b>							
0.0	1.00	0.00	0.00	1.00	1.1901	0.9602	0.9602	1.3170	3.209
1.1	0.65	0.28	-0.26	0.95					
2.2	0.40	0.45	-0.40	0.83					
3.3	0.16	0.56	-0.49	0.68					
4.4	-0.19	0.55	-0.55	0.50					
5.5	-0.36	0.45	-0.50	0.32					
6.6	-0.39	0.31	-0.38	0.17					
7.7	-0.33	0.19	-0.25	0.06					
8.8	-0.23	0.09	-0.13	0.00					
10.5	-0.10	0.00	-0.01	-0.04					
12.3	-0.01	-0.03	0.03	-0.03					
14.0	0.02	-0.02	0.03	-0.01					
15.7	0.02	-0.01	0.01	0.00					
17.5	0.01	0.00	0.00	0.00					
20.4	0.00	0.00	0.00	0.00					
23.3	0.00	0.00	0.00	0.00					
26.2	0.00	0.00	0.00	0.00					
30.6	0.00	0.00	0.00	0.00					
35.0	0.00	0.00	0.00	0.00					

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 40 di 81	

Tabella 15: D = 1500 mm - Coefficienti adimensionali Av, Bv, Am, Bm, Ay, By, As, Bs e lunghezza elastica T

Pile depth	Av	Am	Bv	Bm	Ay	As	By	Bs	T
m	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(m)
0.0	1.00	0.00	0.00	1.00					
1.1	0.74	0.24	-0.21	0.97					
2.2	0.55	0.41	-0.33	0.89					
3.3	0.33	0.54	-0.44	0.79					
4.4	-0.03	0.57	-0.57	0.65					
5.5	-0.27	0.53	-0.59	0.49					
6.6	-0.38	0.44	-0.54	0.33					
7.7	-0.41	0.33	-0.43	0.20					
8.7	-0.36	0.22	-0.31	0.10					
10.5	-0.24	0.08	-0.15	0.00	1.0753	0.9165	0.9165	1.2964	4.011
12.2	-0.12	0.01	-0.03	-0.04					
14.0	-0.03	-0.02	0.02	-0.04					
15.8	0.01	-0.02	0.03	-0.02					
17.5	0.02	-0.02	0.02	-0.01					
20.4	0.01	0.00	0.01	0.00					
23.3	0.00	0.00	0.00	0.00					
26.2	0.00	0.00	0.00	0.00					
30.6	0.00	0.00	0.00	0.00					
35.0	0.00	0.00	0.00	0.00					

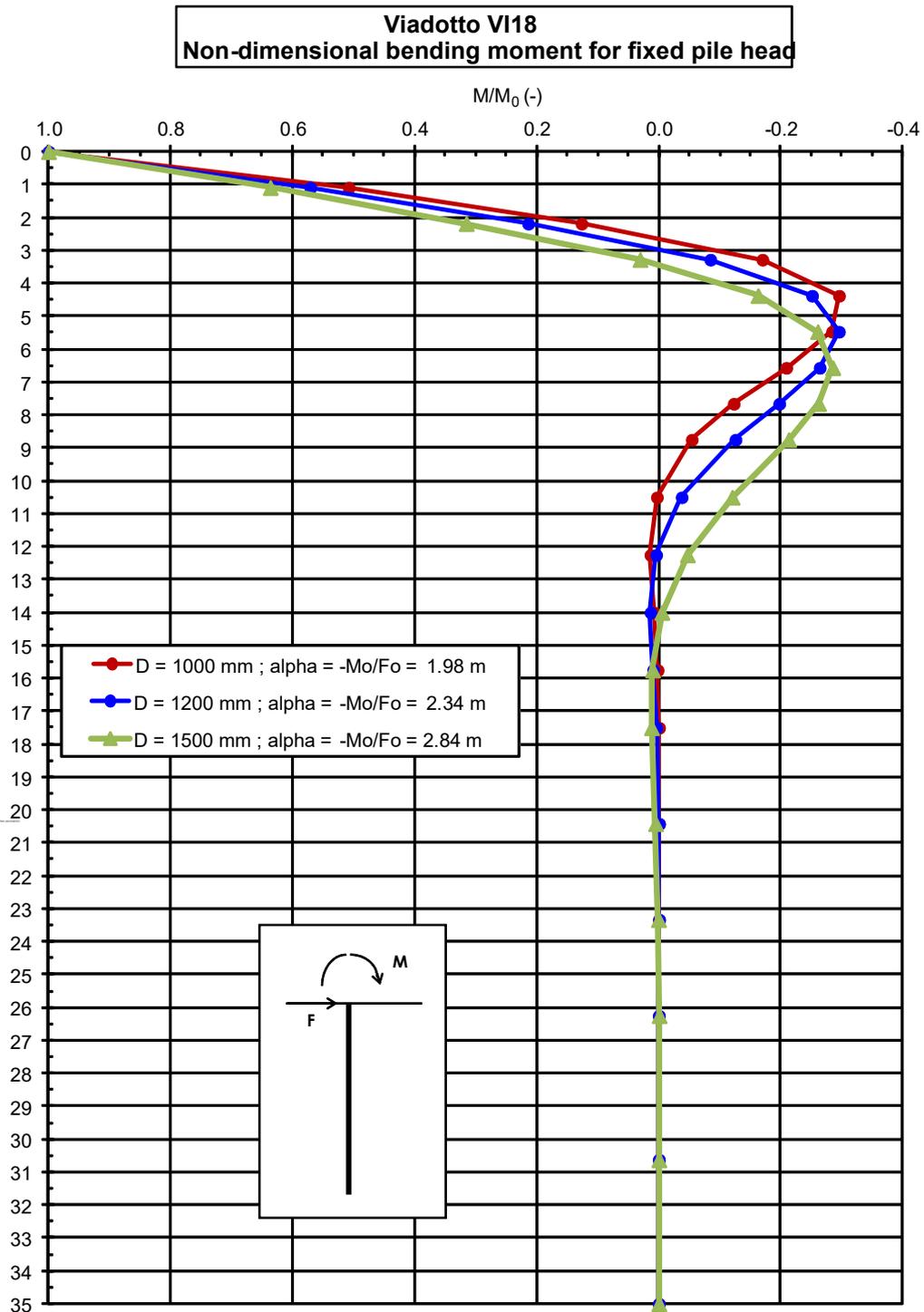


Figura 8: Andamento del momento flettente normalizzato

**Viadotto VI18**  
**Non-dimensional shear force for fixed pile head**

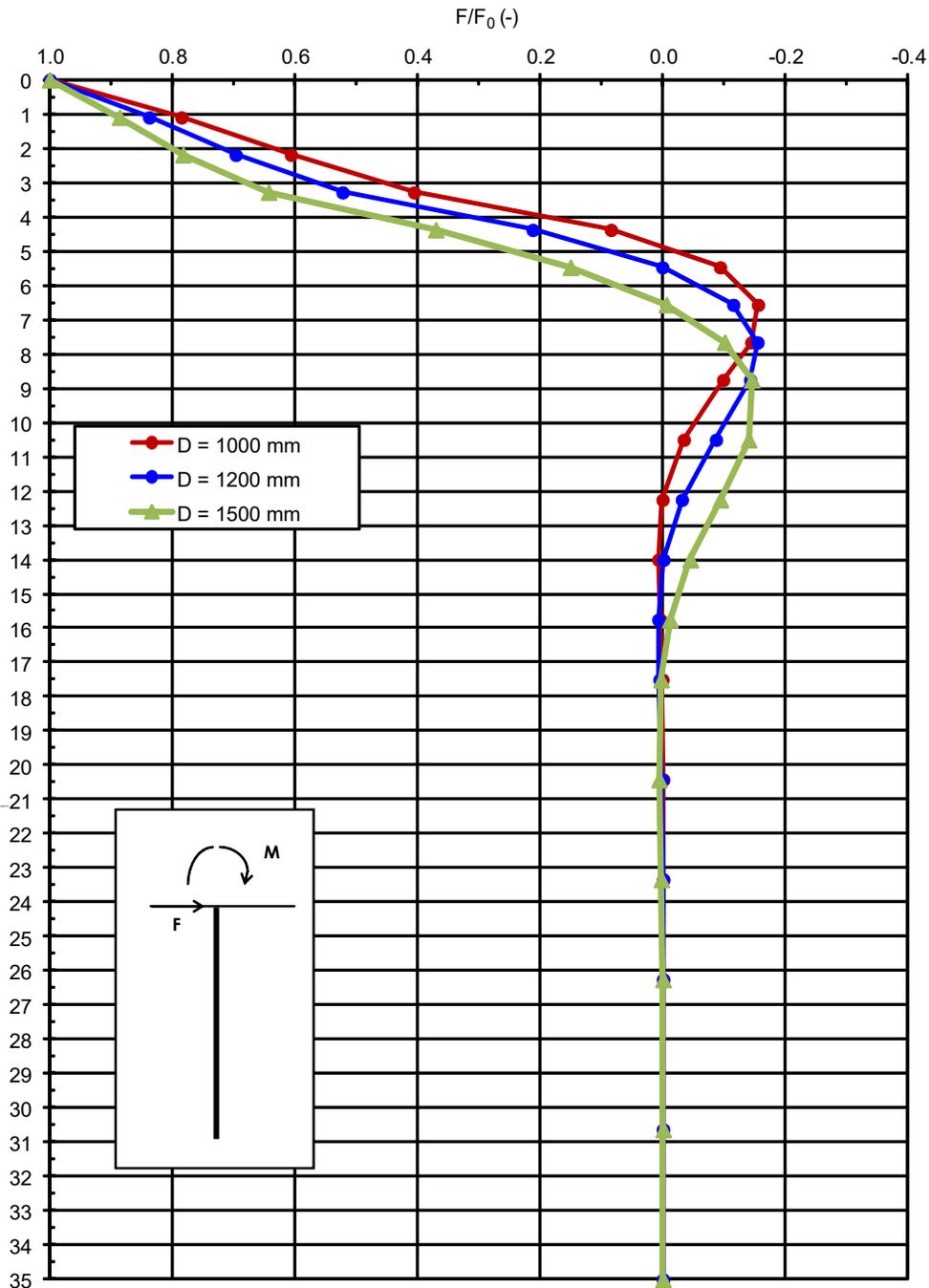


Figura 9: Andamento del taglio normalizzato

**Fixed Head Condition - Pile head displacement**

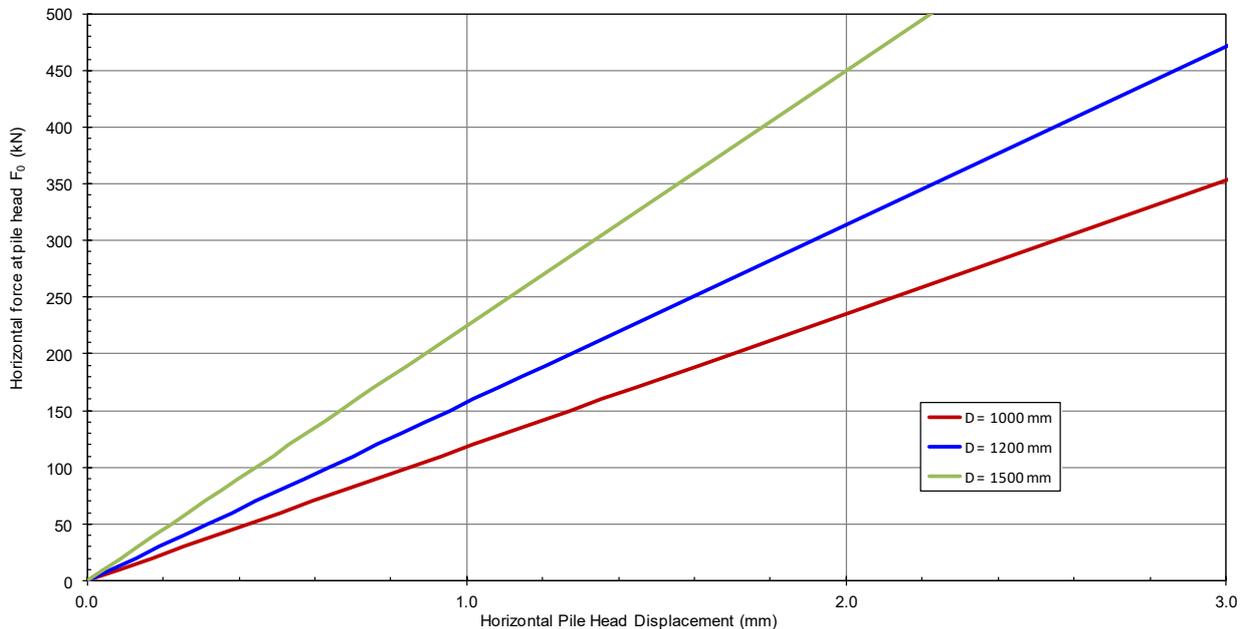


Figura 10: Curva carico – spostamento orizzontale

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 44 di 81	

## 7 OPERE PROVVISORIALI

### 7.1 INTRODUZIONE

Nel presente capitolo si danno indicazioni sugli scavi provvisori necessari alla realizzazione delle fondazioni delle pile del viadotto in oggetto.

I dati a disposizione indicano che si tratta di scavi di altezza variabile fino a 5m dal p.c. esistente.

Inoltre, sulla base dello studio idrogeologico condotto e delle misure piezometriche disponibili, si ha che la superficie piezometrica di progetto è da assumersi a circa -1.5 m da piano campagna per la verifica delle opere provvisionali.

Si ritiene che gli scavi contenuti entro la profondità di 3 m potranno essere eseguiti a cielo aperto, con pendenze delle scarpate 2/3 (verticale/orizzontale). In alternativa, si potrà ricorrere a opere di sostegno provvisionali quali palancole. Quest'ultime hanno il pregio di limitare il volume di scavo e ridurre le quantità di acqua da emungere.

Per il controllo delle venute d'acqua all'interno dello scavo, si potranno adottare pozzi di aggotamento, diametro D=400 mm.

Nel dimensionamento di tali opere si sono considerate le stratigrafie riportate precedentemente nelle Tabelle 5 e 6.

In particolare, si prevedono scarpate a cielo aperto lungo tutto il perimetro di scavo per le spalle del viadotto, mentre sono previste palancole PU28 di lunghezza L=14m per le pile centrali.

A tergo della paratia, nel caso di opere provvisionali costituite da palancole, è stato considerato anche un sovraccarico accidentale di 15 kPa, a simulare il carico dovuto alle attività di cantiere.

L'analisi d'interazione terreno-struttura, necessaria a determinare le azioni di progetto negli elementi strutturali ed a verificare la stabilità locale dell'opera, è stata svolta con il codice di calcolo PARATIE PLUS 2018.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 45 di 81	

## 7.2 PROGETTAZIONE AGLI STATI LIMITE

### 7.2.1 VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

In accordo alla normativa nazionale NTC2008 (Doc. Rif.[11]) per ogni Stato Limite Ultimo (SLU) deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq R_d \quad (\text{Eq. 6.2.1 del Doc. Rif.}[11])$$

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 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.[11]).

### 7.2.2 STABILITA' GEOTECNICA E STRUTTURALE DELL'OPERA DI SOSTEGNO

In accordo a quanto riportato al par.6.5.3.1 della normativa nazionale (Doc. Rif.[11]), la verifica geotecnica e strutturale (GEO and STR) di un'opera di sostegno dovrà essere condotta considerando le seguenti combinazioni:

**Approccio 1 (DA1):**

Combinazione 1 (C1):     A1 + M1 + R1

Combinazione 2 (C2):     A2 + M2 + R1

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati in Tab.6.2.I, Tab.6.2.II del Doc.Rif.[11] ed assumendo  $\gamma_{R1}$  uguale ad 1. In condizioni sismiche tutti i coefficienti sulle azioni A1 e A2 sono posti pari a 1.

Come indicato al par.C6.5.3.1 del Doc.Rif.[12], per le verifiche di stabilità geotecnica (GEO) si fa riferimento all'Approccio 1 - Combinazione 2. Per la determinazione delle

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 46 di 81	

azioni agenti sugli elementi strutturali (STRU) da usare per le verifiche strutturali si fa riferimento alla all'Approccio 1 - Combinazione 1.

In accordo a quanto riportato al par.2.4 del Doc.Rif.[11], la verifiche in condizioni sismiche di opere provvisorie possono omettersi quando le relative durate previste in progetto siano inferiori a 2 anni.

Tabella 16:Tab. 6.2.IV, NTC 2008 (Doc.Rif.[11])

**Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	$\gamma_M$ $\gamma_{\phi'}$	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>	$\gamma$	$\gamma_f$	1,0	1,0

### 7.2.3 STATO LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)

Per quanto riguarda lo stato limite di servizio (SLE), deve essere verificato che gli effetti attesi delle azioni caratteristiche (cedimenti, rotazioni, vibrazioni) sulle strutture proposte (o quelli indotti, se il caso, sulle strutture adiacenti) siano inferiori al massimo di quelli consentiti, e, quindi, siano compatibili con i requisiti di prestazione strutture.

Le analisi dovranno effettuate considerando i valori caratteristici dei parametri geotecnici dei materiali, con riferimento sia alla resistenza che alla deformabilità (par. 6.2.3.3 del Doc.Rif.[11]).

## 7.3 VERIFICHE DELLE OPERE PROVVISORIALI

E' stato analizzato il caso di palancole con lunghezza 14 m, previste per le pile centrali del viadotto.

Le verifiche sono state effettuate con il codice PARATIE. Nelle seguenti figure si riportano gli schemi della geometria di scavo analizzata.

In ALLEGATO B si riportano i tabulati con i dati di input e output dell'analisi ed i risultati delle verifiche svolte.

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 47 di 81

Di seguito lo schema di scavo adottati:

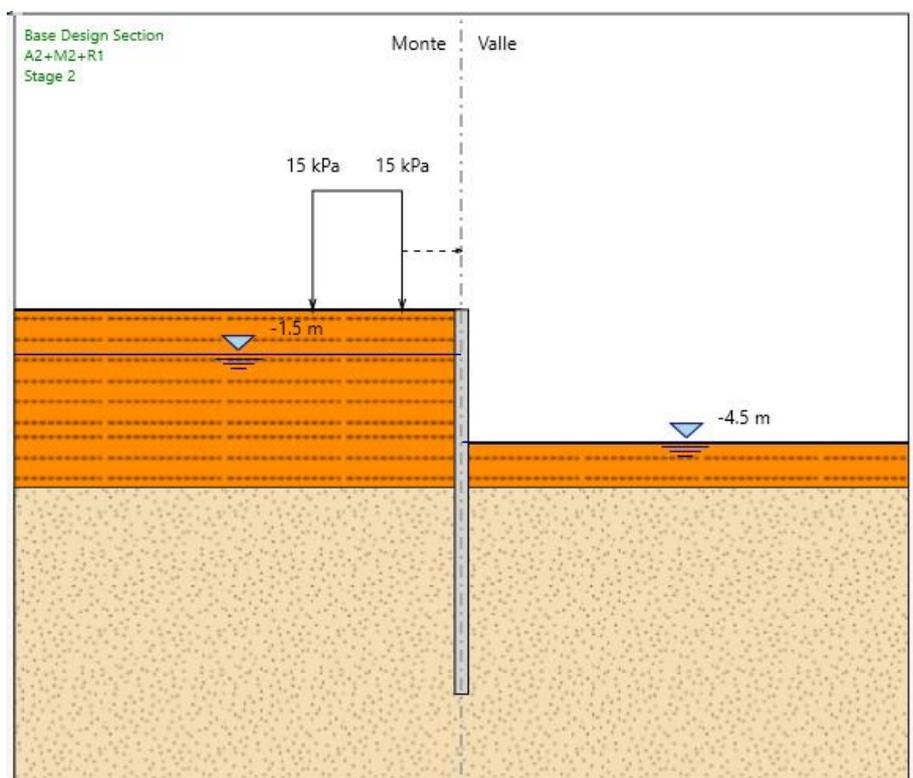


Figura 11 Modello di calcolo

### 7.3.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Acciaio per carpenteria metallica per strutture saldate:

S 275 JR - EN 10025-2

$E_s = 206000 \text{ N/mm}^2$

Tensione caratteristica di snervamento  $f_{yd} = 275 \text{ N/mm}^2$

### 7.3.2 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI SLU - RISULTATI

#### 7.3.2.1 STABILITÀ GEOTECNICA DELL'OPERA DI SOSTEGNO (A2+M2+R1)

La verifica è stata condotta, in accordo alla normativa NTC 2008 secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2.

La convergenza raggiunta dal programma PARATIE, assicura l'equilibrio dell'opera anche in presenza di parametri di resistenza al taglio dei terreni fattorizzati.

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 48 di 81

Nelle seguenti figure riportate è indicato il riepilogo delle risultanti delle spinte sulle paratie. Dal loro esame si evince che la massima spinta resistente è convenientemente superiore alla massima spinta agente.

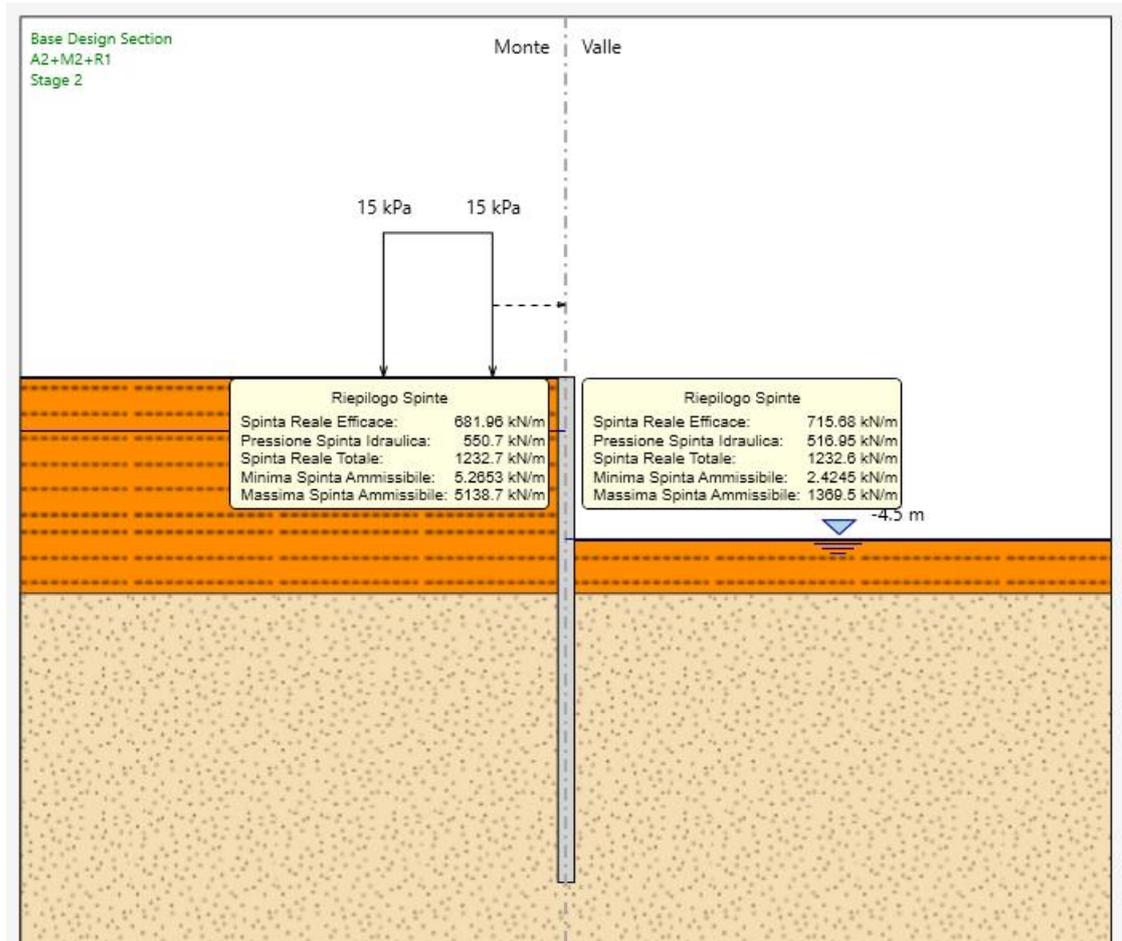


Figura 12 Riepilogo spinte

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 49 di 81	

### 7.3.2.2 DETERMINAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI DI DESIGN SUGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Per quanto concerne le verifiche strutturali, in accordo all'Approccio 1

Per la combinazione 1 (A1+M2+R1) i valori di progetto delle sollecitazioni negli elementi strutturali ( $E_d$ ) sono stati determinati applicando i coefficienti parziali per le azioni  $\gamma_A$ , agli effetti delle azioni valutati dalle analisi di interazione condotte con i parametri caratteristici (par.C.6.6.2 del Doc.Rif.[2]). In particolare:

- $\gamma_{A1} = 1.3$  è stato applicato agli effetti indotti dai carichi permanenti ( $E_{k,PL}$ )
- $\gamma_{A1} = 1.5$  è stato applicato agli incrementi degli effetti indotti dai carichi variabili ( $E_{k,VL}$ )

Conseguentemente, i valori di progetto degli effetti delle azioni agenti sugli elementi strutturali, che devono essere confrontati con le relative resistenze di progetto, sono pari a:

$$E_d = 1.3 E_{k,PL} + 1.5 (E_{k,TOT} - E_{k,PL}).$$

Nelle seguenti figure si riportano le sollecitazioni di progetto.

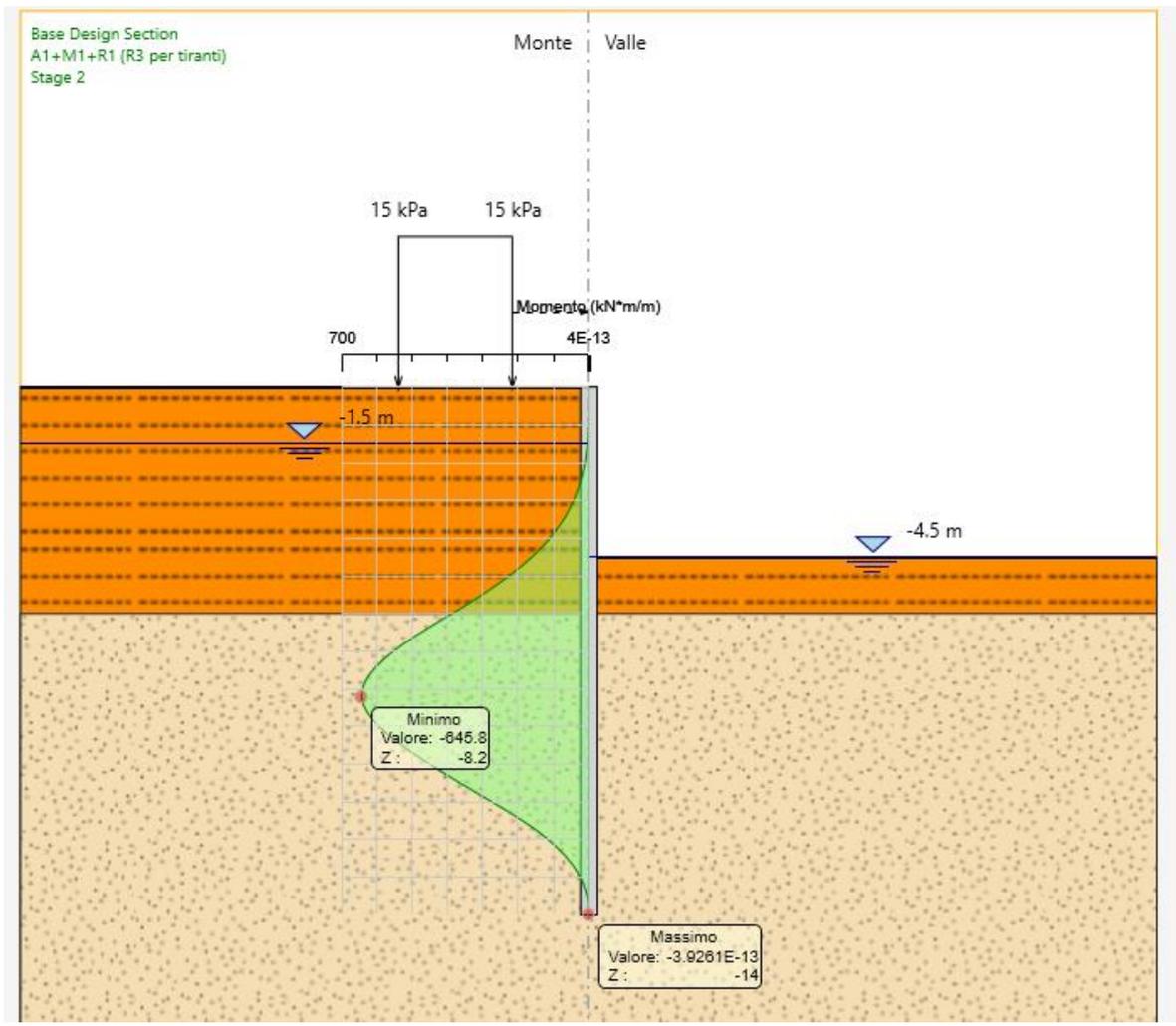


Figura 13 Momento di design sugli elementi strutturali – Verifica SLU (A1+M1+R1) – kN\*m/m

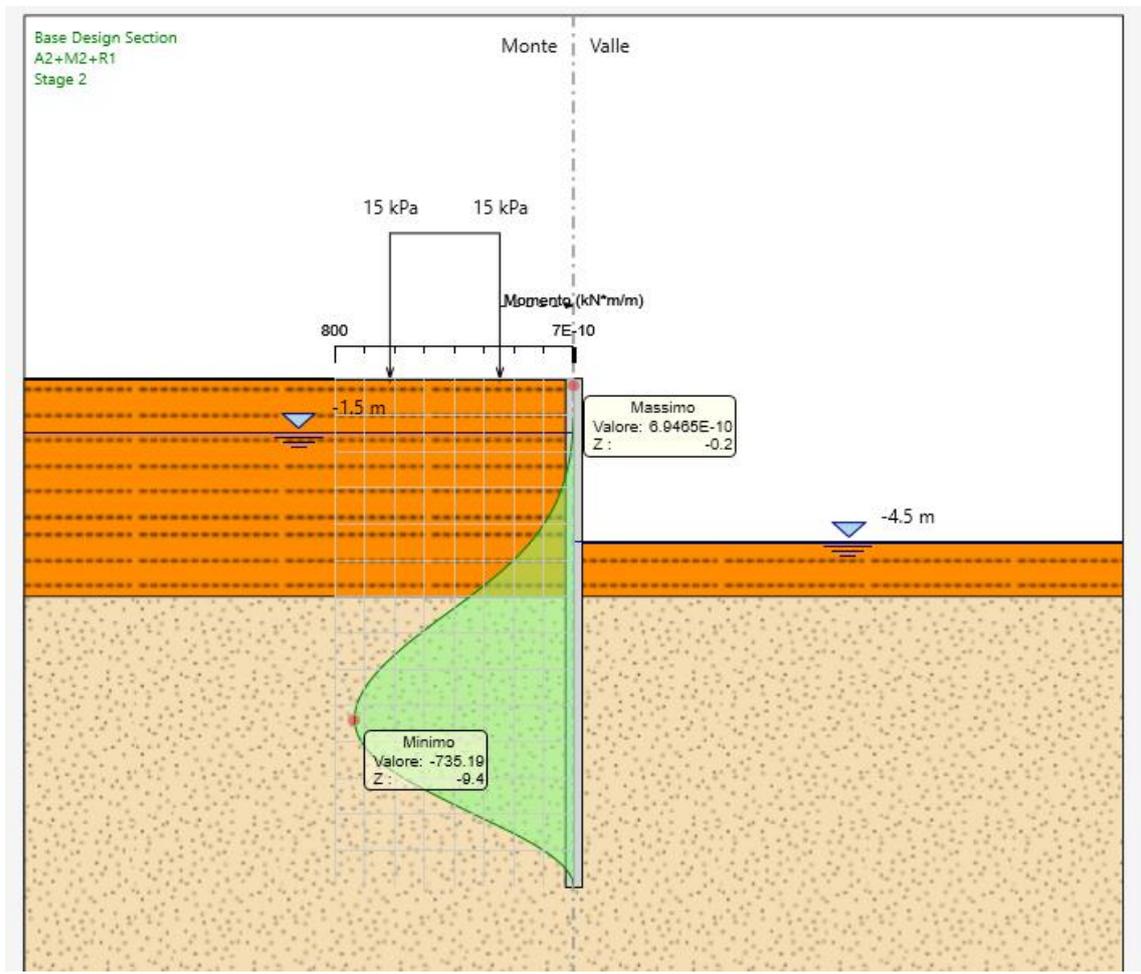


Figura 14 Momento di design sugli elementi strutturali – Verifica SLU (A2+M2+R1) – kN\*m/m

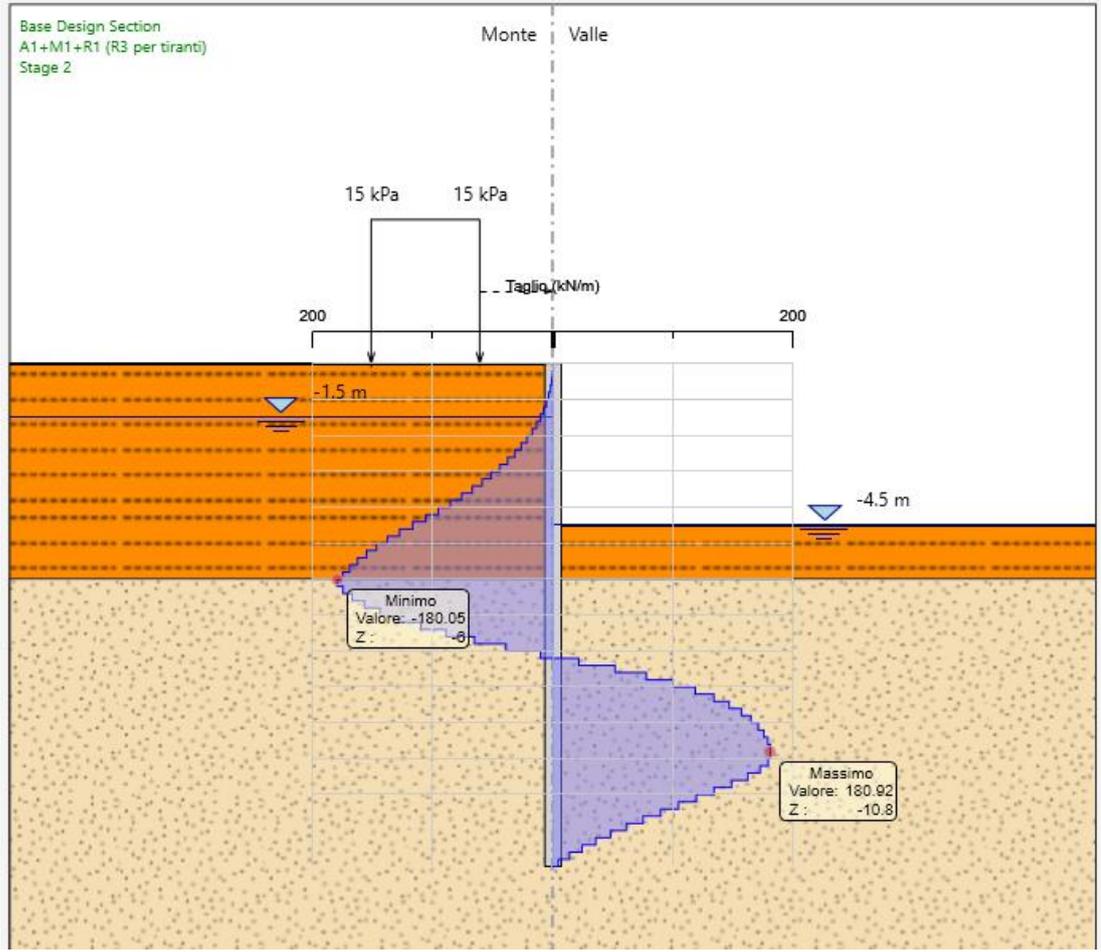


Figura 15 Taglio di design sugli elementi strutturali- Verifica SLU (A1+M1+R1) – kN/m

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 53 di 81</p>

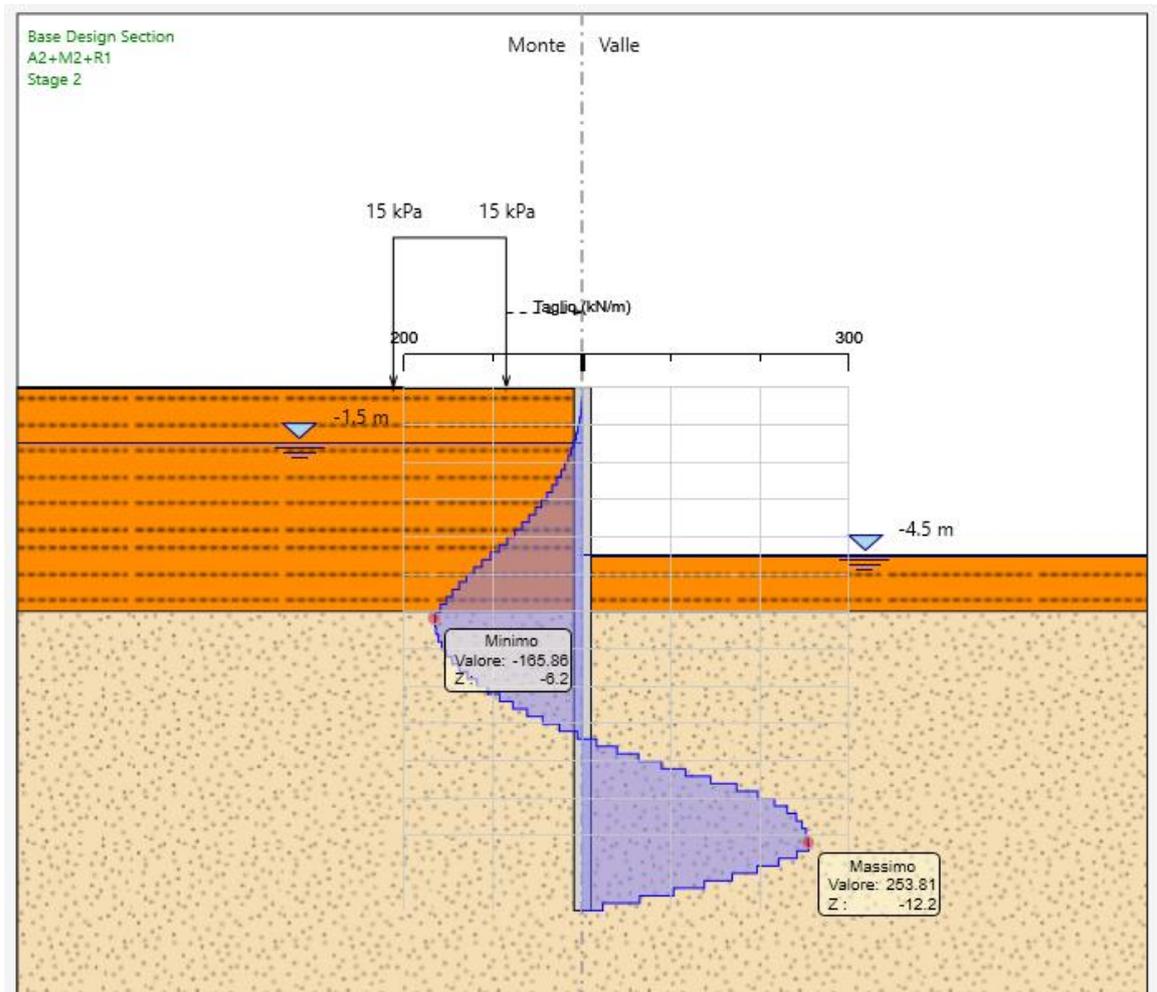


Figura 16 Taglio di design sugli elementi strutturali– Verifica SLU (A2+M2+R1) – kN/m

### 7.3.3 VERIFICHE STRUTTURALI AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

Nelle seguenti figure si riportano diagrammati per le differenti combinazioni di carico il coefficiente di sfruttamento della sezione resistente in c.a. ( $E_d/R_d$ ). Dal loro esame si osserva che il coefficiente di sfruttamento è sempre inferiore all'unità e pertanto le verifiche sono soddisfatte.

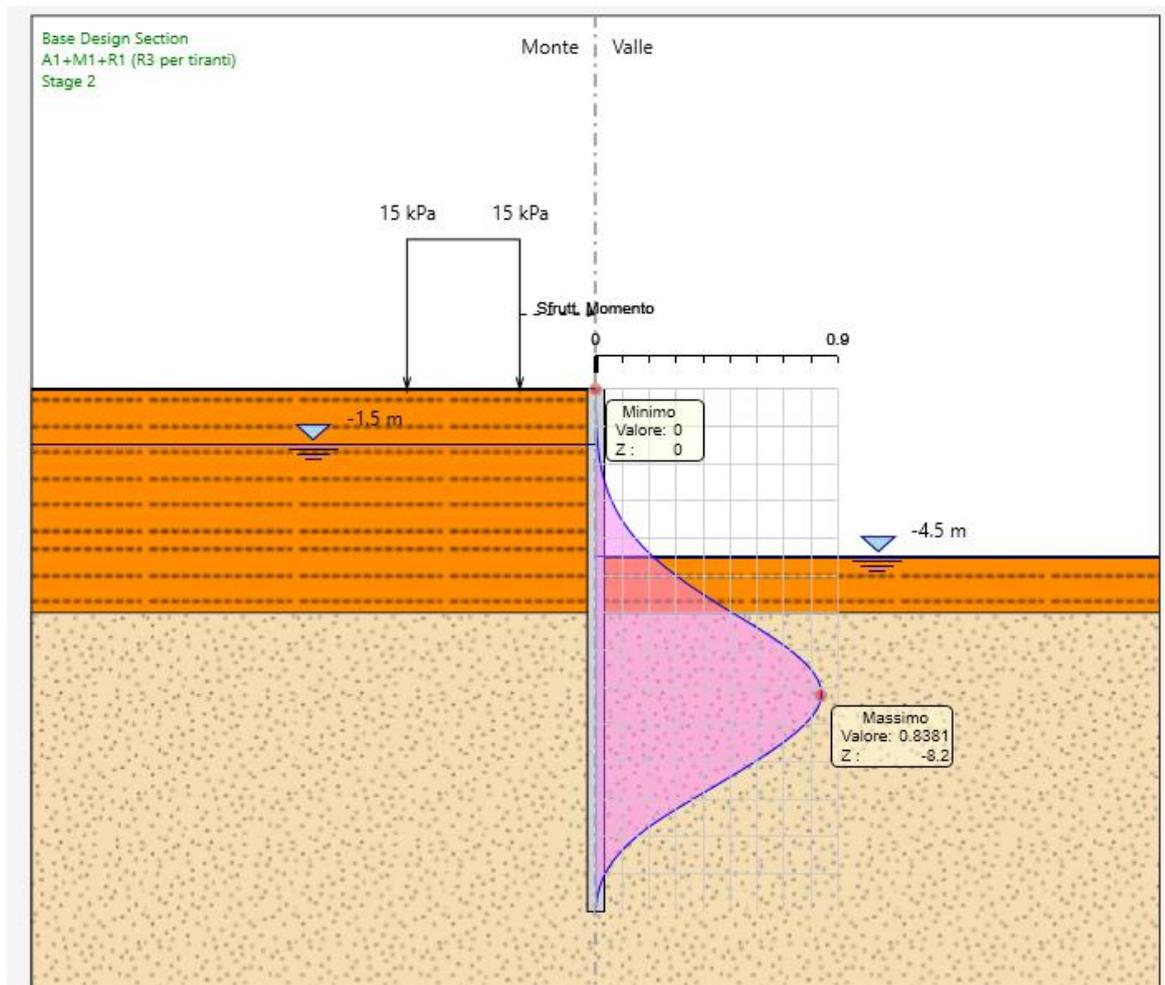


Figura 17 Coefficiente di sfruttamento a momento sugli elementi strutturali – Verifica SLU (A1+M1+R1)

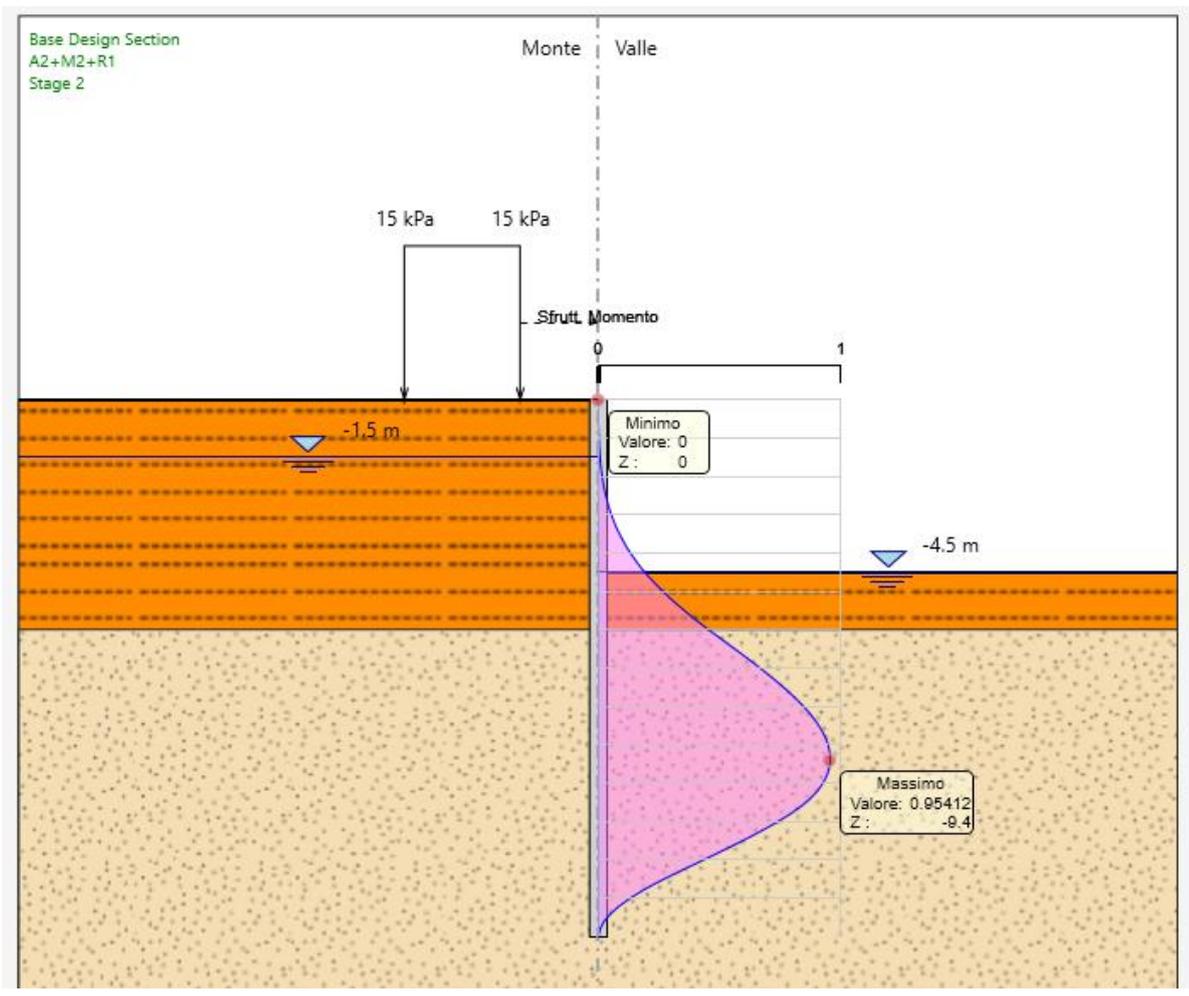


Figura 18 Coefficiente di sfruttamento a momento sugli elementi strutturali – Verifica SLU (A2+M2+R1)

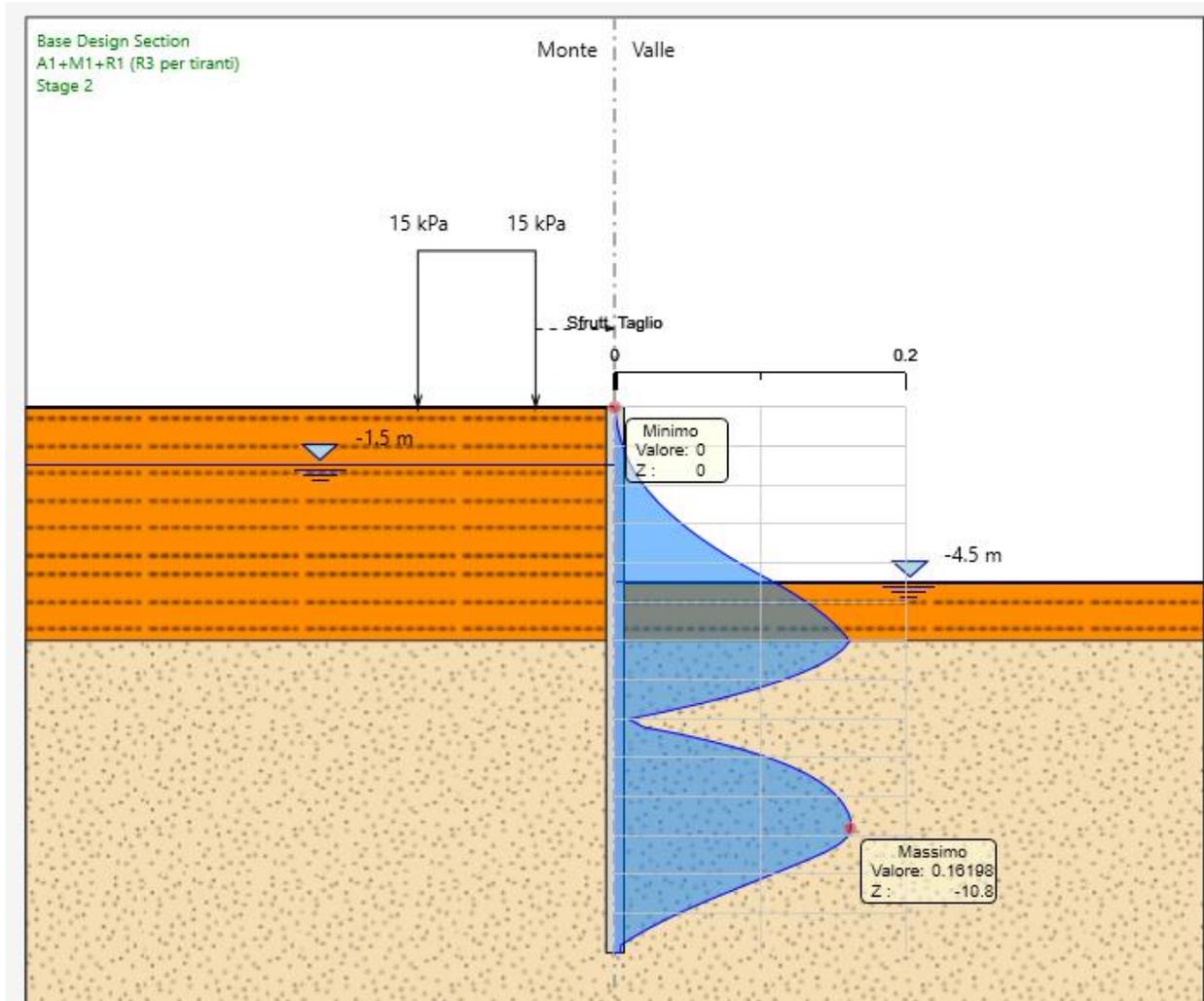


Figura 19 Coefficiente di sfruttamento a taglio sugli elementi strutturali – Verifica SLU (A1+M1+R1)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 57 di 81</p>

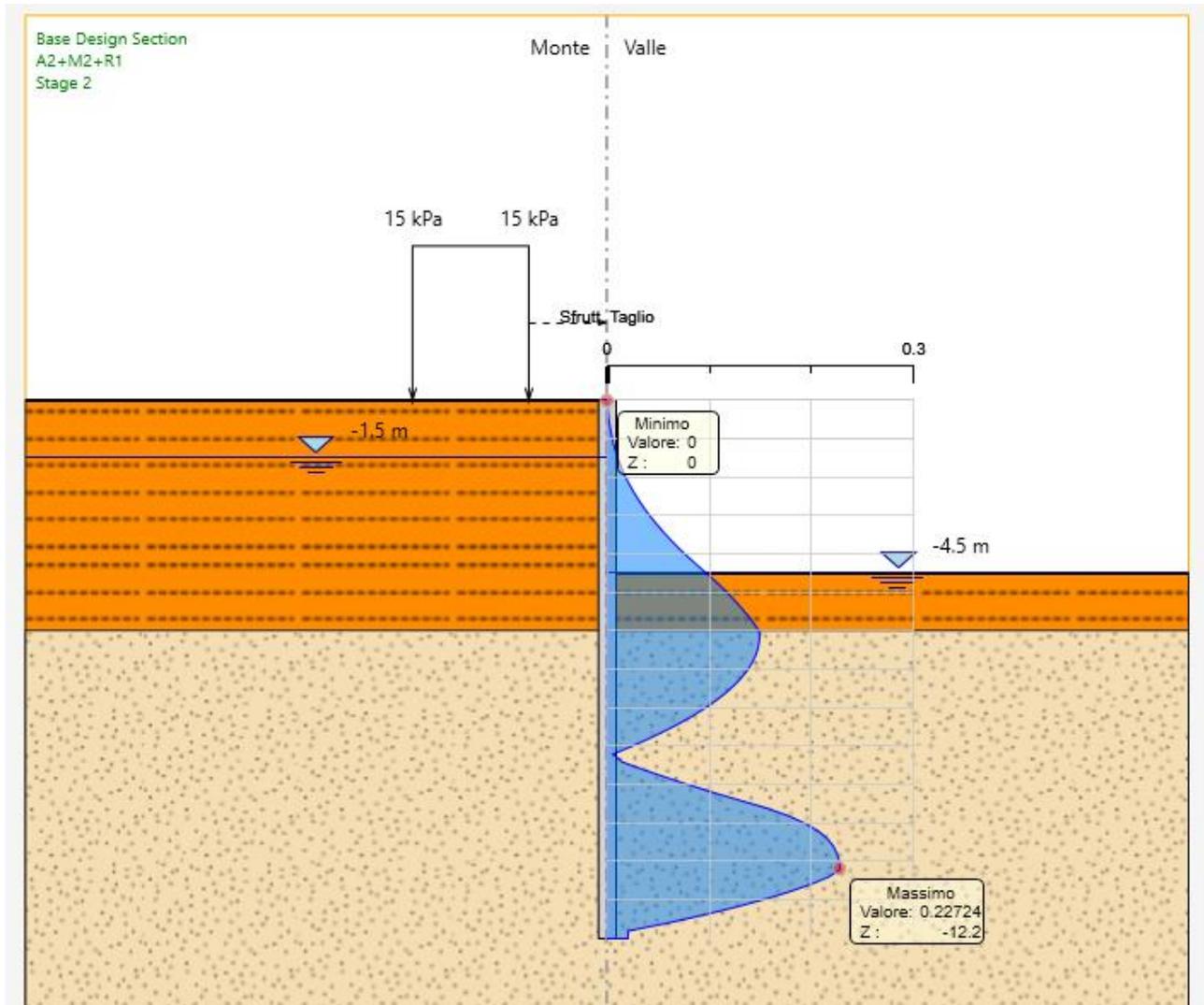


Figura 20 Coefficiente di sfruttamento a taglio sugli elementi strutturali – Verifica SLU (A2+M2+R1)

#### 7.3.4 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO SLE

Di seguito si riportano gli spostamenti orizzontali lungo le opere di sostegno.

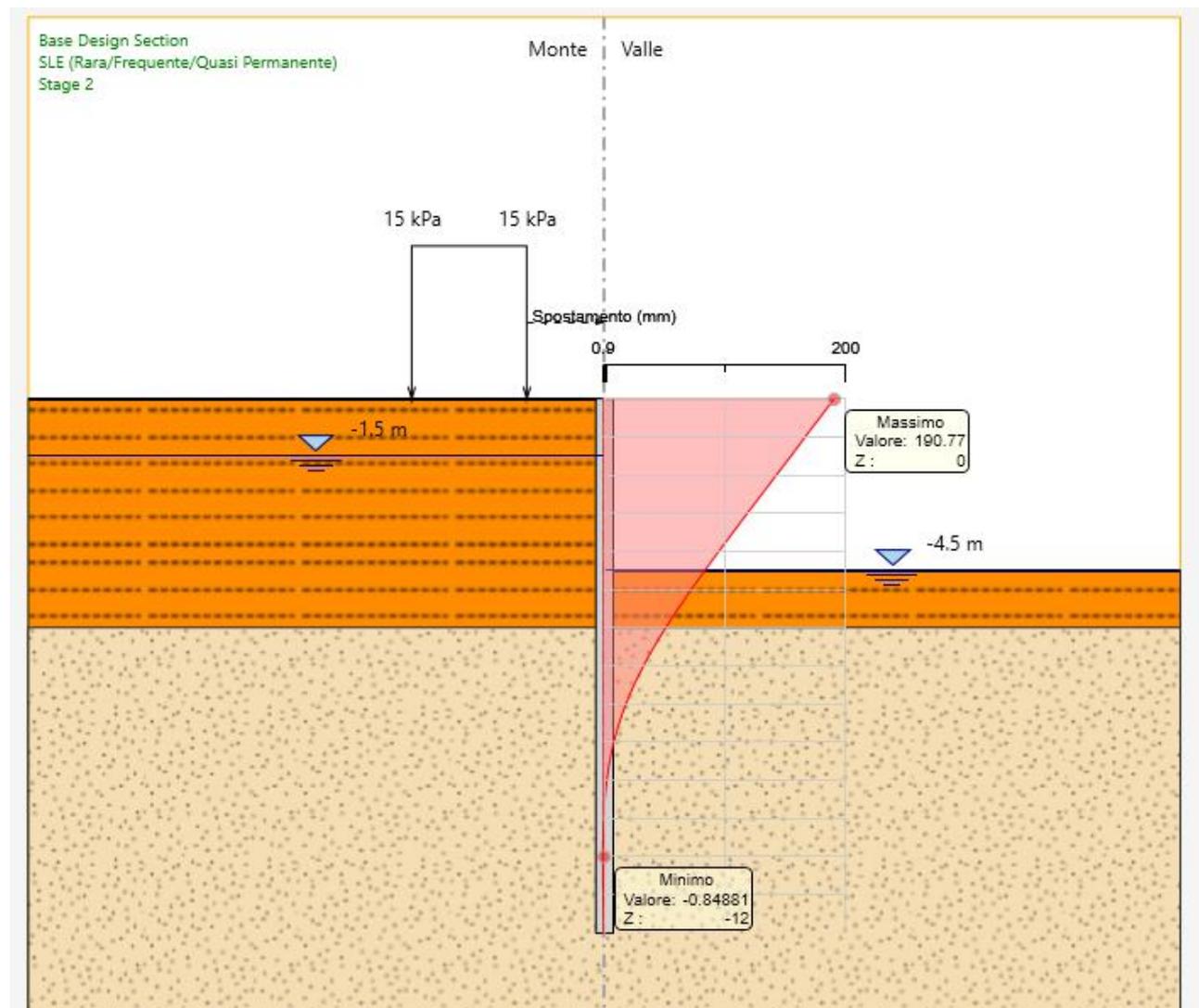


Figura 21 Spostamenti orizzontali lungo le palancole

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio IricAV Due</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>				
<p>VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 59 di 81</p>

## ALLEGATO A – TABULATI DI CALCOLO

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 60 di 81

d10 / 1

```

*****
*
*   CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO
*
*
*****

```

VI18 18+840.65

d 1000

DATI DI INPUT

=====

```

Diametro del palo                (m)  1
Lunghezza minima del palo        (m)  20
Lunghezza massima del palo       (m)  50
Incremento lunghezza palo        (m)  1
Quota testa palo da piano campagna (m)  3

FS Portata laterale               (-)  1
FS Portata di base                (-)  1
Tensione massima nel calcestruzzo (MPa) 900
Peso specifico del palo           (kN/m3) 7

Numero degli strati di terreno    (-)  6
Numero delle falde                (-)  1
Quota 1 ^ falda da p.c.          (m)  0

```

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 61 di 81

d10 / 2

PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO

=====

Strato (-)	Z, str (m)	Gnat. (kN/m3)	Geff. (kN/m3)	Z, w (m)	Fi (o)	Delta (o)	Cu, i (kPa)	Cu, f (kPa)
1	6.00	18.50	8.50	0.00	0.0	--	60.0	60.0
2	21.00	18.50	8.50	0.00	36.0	36.0	0.0	0.0
3	25.50	18.50	8.50	0.00	34.0	34.0	0.0	0.0
4	27.00	18.50	8.50	0.00	0.0	--	120.0	120.0
5	33.00	18.50	8.50	0.00	34.0	34.0	0.0	0.0
6	60.00	18.50	8.50	0.00	34.0	34.0	0.0	0.0

Z, str = Quota fine strato da piano campagna

Gnat. = Peso specifico del terreno naturale

Geff. = Peso specifico del terreno immerso

Z, w = Quota della falda da piano campagna

Fi = Angolo di resistenza al taglio (per terreni incoerenti)

Delta = Angolo d'attrito palo-terreno (per terreni incoerenti)

Cu, i = Coesione non drenata, inizio strato (per terreni coesivi)

Cu, f = Coesione non drenata, fine strato (per terreni coesivi)

Strato (-)	Terreno tipo (---)	TAU, max (kPa)	Qbase, i (kPa)	Qbase, f (kPa)	Qb, l/Qb, c (-)
1	COESIVO	100.0	540.0	540.0	1.00
2	INCOERENTE	120.0	3000.0	3000.0	1.00
3	INCOERENTE	120.0	2200.0	2200.0	1.00
4	COESIVO	100.0	1080.0	1080.0	1.00
5	INCOERENTE	150.0	3000.0	3000.0	1.00
6	INCOERENTE	150.0	3500.0	3500.0	1.00

TAU, max = Limite superiore dell'adesione laterale palo-terreno

Qbase, i = Portata di base unitaria, inizio strato

Qbase, f = Portata di base unitaria, fine strato

Qb, l/Qb, c = Rapporto tra portata di base limite e critica

d10 / 3



VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65  
 0 - GENERALE E GEOTECNICA  
 GEOTECNICA  
 RELAZIONE GEOTECNICA

Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 62 di 81
------------------	-------------	--	-----------	--------------------

d 1000

Quota da p.c. (m)	Sigma, v totale (kPa)	Sigma, v efficace (kPa)	Alfa (--)	Beta (--)	Tau, lim (kPa)	qb, cr (kPa)
3.0	55.5	25.5	0.65	1.53	39.0	--
4.0	74.0	34.0	0.65	1.15	39.0	--
5.0	92.5	42.5	0.65	0.92	39.0	--
6.0	111.0	51.0	0.65	0.76	39.0	--
7.0	129.5	59.5	--	0.51	30.3	--
8.0	148.0	68.0	--	0.51	34.6	--
9.0	166.5	76.5	--	0.51	38.9	--
10.0	185.0	85.0	--	0.51	43.2	--
11.0	203.5	93.5	--	0.51	47.6	--
12.0	222.0	102.0	--	0.51	51.9	--
13.0	240.5	110.5	--	0.51	56.2	--
14.0	259.0	119.0	--	0.51	60.5	--
15.0	277.5	127.5	--	0.51	64.8	--
16.0	296.0	136.0	--	0.51	69.2	--
17.0	314.5	144.5	--	0.51	73.5	3000.0
18.0	333.0	153.0	--	0.51	77.8	3000.0
19.0	351.5	161.5	--	0.51	82.1	2733.3
20.0	370.0	170.0	--	0.51	86.5	2466.7
21.0	388.5	178.5	--	0.51	90.8	2200.0
22.0	407.0	187.0	--	0.47	88.3	2200.0
23.0	425.5	195.5	--	0.47	92.3	2013.3
24.0	444.0	204.0	--	0.47	96.3	1640.0
25.0	462.5	212.5	--	0.47	100.3	1266.7
26.0	481.0	221.0	0.50	0.27	60.0	1080.0
27.0	499.5	229.5	0.50	0.26	60.0	1080.0
28.0	518.0	238.0	--	0.47	112.4	1720.0
29.0	536.5	246.5	--	0.47	116.4	2360.0
30.0	555.0	255.0	--	0.47	120.4	3000.0
31.0	573.5	263.5	--	0.47	124.4	3000.0
32.0	592.0	272.0	--	0.47	128.4	3000.0
33.0	610.5	280.5	--	0.47	132.4	3000.0
34.0	629.0	289.0	--	0.47	136.5	3166.7
35.0	647.5	297.5	--	0.47	140.5	3333.3
36.0	666.0	306.0	--	0.47	144.5	3500.0
37.0	684.5	314.5	--	0.47	148.5	3500.0
38.0	703.0	323.0	--	0.46	150.0	3500.0
39.0	721.5	331.5	--	0.45	150.0	3500.0
40.0	740.0	340.0	--	0.44	150.0	3500.0
41.0	758.5	348.5	--	0.43	150.0	3500.0
42.0	777.0	357.0	--	0.42	150.0	3500.0
43.0	795.5	365.5	--	0.41	150.0	3500.0
44.0	814.0	374.0	--	0.40	150.0	3500.0

**GENERAL CONTRACTOR**



Consorzio IricAV Due

**ALTA SORVEGLIANZA**



ITALFERR  
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 63 di 81
---	------------------	-------------	--	-----------	--------------------

45.0	832.5	382.5	--	0.39	150.0	3500.0
46.0	851.0	391.0	--	0.38	150.0	3500.0
47.0	869.5	399.5	--	0.38	150.0	3500.0
48.0	888.0	408.0	--	0.37	150.0	3500.0

=====



VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65  
 0 - GENERALE E GEOTECNICA  
 GEOTECNICA  
 RELAZIONE GEOTECNICA

Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 64 di 81
------------------	-------------	--	-----------	--------------------

d10 / 4

VI18 18+840.65  
 d 1000

Quota da p.c. (m)	Sigma,v totale (kPa)	Sigma,v efficace (kPa)	Alfa (--)	Beta (--)	Tau,lim (kPa)	qb,cr (kPa)
49.0	906.5	416.5	--	0.36	150.0	3500.0
50.0	925.0	425.0	--	0.35	150.0	3500.0
51.0	943.5	433.5	--	0.35	150.0	3500.0
52.0	962.0	442.0	--	0.34	150.0	3500.0
53.0	980.5	450.5	--	0.33	150.0	3500.0
54.0	999.0	459.0	--	0.33	150.0	3500.0
55.0	1017.5	467.5	--	0.32	150.0	3500.0
56.0	1036.0	476.0	--	0.32	150.0	3500.0
57.0	1054.5	484.5	--	0.31	150.0	3500.0
58.0	1073.0	493.0	--	0.30	150.0	3500.0
59.0	1091.5	501.5	--	0.30	150.0	3500.0
60.0	1110.0	510.0	--	0.29	150.0	3500.0

Alfa =  $Tau,lim / Cu$   
 Beta =  $Tau,lim / Sigma,v$  efficace  
 Tau,lim = Adesione limite palo-terreno  
 qb,cr = Portata unitaria di base critica

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 65 di 81

d10 / 5

VI18 18+840.65

d 1000

CAPACITA' PORTANTE A COMPRESSIONE - PALO TRIVELLATO D = 1000 mm

Ipalo (m)	Qamm (kN)	Ql,u (kN)	Qb,cr (kN)	Wpalo (kN)	Qt,lim (kN)	S,cls (MPa)
20.00	5159.1	3687.8	1581.3	110.0	5269.1	6.57
21.00	5156.7	3984.1	1288.1	115.5	5272.2	6.57
22.00	5166.9	4293.0	994.8	121.0	5287.9	6.58
23.00	5301.5	4579.7	848.2	126.4	5427.9	6.75
24.00	5484.5	4768.2	848.2	131.9	5616.4	6.98
25.00	6290.4	5076.9	1350.9	137.4	6427.8	8.01
26.00	7146.9	5436.3	1853.5	142.9	7289.8	9.10
27.00	8016.0	5808.2	2356.2	148.4	8164.4	10.21
28.00	8395.0	6192.8	2356.2	153.9	8549.0	10.69
29.00	8786.7	6589.9	2356.2	159.4	8946.1	11.19
30.00	9191.0	6999.7	2356.2	164.9	9355.9	11.70
31.00	9738.7	7422.1	2487.1	170.4	9909.2	12.40
32.00	10299.1	7857.1	2618.0	175.9	10475.0	13.11
33.00	10872.1	8304.6	2748.9	181.4	11053.5	13.84
34.00	11326.8	8764.8	2748.9	186.9	11513.7	14.42
35.00	11791.4	9234.9	2748.9	192.4	11983.8	15.01
36.00	12257.1	9706.1	2748.9	197.9	12455.0	15.61
37.00	12722.9	10177.4	2748.9	203.4	12926.3	16.20
38.00	13188.6	10648.6	2748.9	208.9	13397.5	16.79
39.00	13654.3	11119.9	2748.9	214.4	13868.8	17.39
40.00	14120.1	11591.1	2748.9	219.9	14340.0	17.98
41.00	14585.8	12062.3	2748.9	225.4	14811.2	18.57
42.00	15051.6	12533.6	2748.9	230.9	15282.5	19.16
43.00	15517.3	13004.8	2748.9	236.4	15753.7	19.76
44.00	15983.0	13476.1	2748.9	241.9	16224.9	20.35
45.00	16448.8	13947.3	2748.9	247.4	16696.2	20.94
46.00	16914.5	14418.5	2748.9	252.9	17167.4	21.54
47.00	17380.3	14889.8	2748.9	258.4	17638.7	22.13
48.00	17846.0	15361.0	2748.9	263.9	18109.9	22.72
49.00	18311.8	15832.3	2748.9	269.4	18581.1	23.32
50.00	18777.5	16303.5	2748.9	274.9	19052.4	23.91

Ipalo = Lunghezza del palo da quota sottoplinto

Qamm = Portata ammissibile del palo

Ql,u = Portata laterale ultima

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65  0 - GENERALE E GEOTECNICA  GEOTECNICA  RELAZIONE GEOTECNICA</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 66 di 81</p>

$Q_{b,cr}$  = Portata di base critica

$W_{palo}$  = Peso proprio del palo

$Q_{t,lim}$  = Carico limite ultimo totale del palo

$S_{,cls}$  = Tensione media di compressione sul calcestruzzo

$Q_{amm}$  =  $Q_{l,u}/FSL + Q_{b,cr}/FSB - W_{palo}$

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 67 di 81

d12 / 1

```

*****
*
*   CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO
*
*
*****

```

VI18 18+840.65

d 1200

DATI DI INPUT

=====

```

Diametro del palo                (m)  1.2
Lunghezza minima del palo        (m)  20
Lunghezza massima del palo       (m)  50
Incremento lunghezza palo        (m)   1
Quota testa palo da piano campagna (m)   3

FS Portata laterale               (-)   1
FS Portata di base                (-)   1
Tensione massima nel calcestruzzo (MPa) 900
Peso specifico del palo           (kN/m3) 7

Numero degli strati di terreno    (-)   6
Numero delle falde                (-)   1
Quota 1 ^ falda da p.c.          (m)   0

```

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 68 di 81

d12 / 2

PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO

=====

Strato (-)	Z, str (m)	Gnat. (kN/m3)	Geff. (kN/m3)	Z, w (m)	Fi (o)	Delta (o)	Cu, i (kPa)	Cu, f (kPa)
1	6.00	18.50	8.50	0.00	0.0	--	60.0	60.0
2	21.00	18.50	8.50	0.00	36.0	36.0	0.0	0.0
3	25.50	18.50	8.50	0.00	34.0	34.0	0.0	0.0
4	27.00	18.50	8.50	0.00	0.0	--	120.0	120.0
5	33.00	18.50	8.50	0.00	34.0	34.0	0.0	0.0
6	60.00	18.50	8.50	0.00	34.0	34.0	0.0	0.0

Z, str = Quota fine strato da piano campagna

Gnat. = Peso specifico del terreno naturale

Geff. = Peso specifico del terreno immerso

Z, w = Quota della falda da piano campagna

Fi = Angolo di resistenza al taglio (per terreni incoerenti)

Delta = Angolo d'attrito palo-terreno (per terreni incoerenti)

Cu, i = Coesione non drenata, inizio strato (per terreni coesivi)

Cu, f = Coesione non drenata, fine strato (per terreni coesivi)

Strato (-)	Terreno tipo (---)	TAU, max (kPa)	Qbase, i (kPa)	Qbase, f (kPa)	Qb, l/Qb, c (-)
1	COESIVO	100.0	540.0	540.0	1.00
2	INCOERENTE	120.0	3000.0	3000.0	1.00
3	INCOERENTE	120.0	2200.0	2200.0	1.00
4	COESIVO	100.0	1080.0	1080.0	1.00
5	INCOERENTE	150.0	3000.0	3000.0	1.00
6	INCOERENTE	150.0	3500.0	3500.0	1.00

TAU, max = Limite superiore dell'adesione laterale palo-terreno

Qbase, i = Portata di base unitaria, inizio strato

Qbase, f = Portata di base unitaria, fine strato

Qb, l/Qb, c = Rapporto tra portata di base limite e critica

d12 / 3

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 69 di 81

d 1200

Quota da p.c. (m)	Sigma, v totale (kPa)	Sigma, v efficace (kPa)	Alfa (--)	Beta (--)	Tau, lim (kPa)	qb, cr (kPa)
3.0	55.5	25.5	0.65	1.53	39.0	--
4.0	74.0	34.0	0.65	1.15	39.0	--
5.0	92.5	42.5	0.65	0.92	39.0	--
6.0	111.0	51.0	0.65	0.76	39.0	--
7.0	129.5	59.5	--	0.51	30.3	--
8.0	148.0	68.0	--	0.51	34.6	--
9.0	166.5	76.5	--	0.51	38.9	--
10.0	185.0	85.0	--	0.51	43.2	--
11.0	203.5	93.5	--	0.51	47.6	--
12.0	222.0	102.0	--	0.51	51.9	--
13.0	240.5	110.5	--	0.51	56.2	--
14.0	259.0	119.0	--	0.51	60.5	--
15.0	277.5	127.5	--	0.51	64.8	--
16.0	296.0	136.0	--	0.51	69.2	3000.0
17.0	314.5	144.5	--	0.51	73.5	3000.0
18.0	333.0	153.0	--	0.51	77.8	2866.7
19.0	351.5	161.5	--	0.51	82.1	2644.4
20.0	370.0	170.0	--	0.51	86.5	2422.2
21.0	388.5	178.5	--	0.51	90.8	2200.0
22.0	407.0	187.0	--	0.47	88.3	2168.9
23.0	425.5	195.5	--	0.47	92.3	1857.8
24.0	444.0	204.0	--	0.47	96.3	1546.7
25.0	462.5	212.5	--	0.47	100.3	1235.6
26.0	481.0	221.0	0.50	0.27	60.0	1080.0
27.0	499.5	229.5	0.50	0.26	60.0	1080.0
28.0	518.0	238.0	--	0.47	112.4	1613.3
29.0	536.5	246.5	--	0.47	116.4	2146.7
30.0	555.0	255.0	--	0.47	120.4	2680.0
31.0	573.5	263.5	--	0.47	124.4	3000.0
32.0	592.0	272.0	--	0.47	128.4	3000.0
33.0	610.5	280.5	--	0.47	132.4	3000.0
34.0	629.0	289.0	--	0.47	136.5	3138.9
35.0	647.5	297.5	--	0.47	140.5	3277.8
36.0	666.0	306.0	--	0.47	144.5	3416.7
37.0	684.5	314.5	--	0.47	148.5	3500.0
38.0	703.0	323.0	--	0.46	150.0	3500.0
39.0	721.5	331.5	--	0.45	150.0	3500.0
40.0	740.0	340.0	--	0.44	150.0	3500.0
41.0	758.5	348.5	--	0.43	150.0	3500.0
42.0	777.0	357.0	--	0.42	150.0	3500.0
43.0	795.5	365.5	--	0.41	150.0	3500.0
44.0	814.0	374.0	--	0.40	150.0	3500.0

**GENERAL CONTRACTOR**



Consorzio IricAV Due

**ALTA SORVEGLIANZA**



ITALFERR  
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 70 di 81
---	------------------	-------------	--	-----------	--------------------

45.0	832.5	382.5	--	0.39	150.0	3500.0
46.0	851.0	391.0	--	0.38	150.0	3500.0
47.0	869.5	399.5	--	0.38	150.0	3500.0
48.0	888.0	408.0	--	0.37	150.0	3500.0

=====



VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65  
 0 - GENERALE E GEOTECNICA  
 GEOTECNICA  
 RELAZIONE GEOTECNICA

Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 71 di 81
------------------	-------------	--	-----------	--------------------

d12 / 4

VI18 18+840.65  
 d 1200

Quota da p.c. (m)	Sigma,v totale (kPa)	Sigma,v efficace (kPa)	Alfa (--)	Beta (--)	Tau,lim (kPa)	qb,cr (kPa)
49.0	906.5	416.5	--	0.36	150.0	3500.0
50.0	925.0	425.0	--	0.35	150.0	3500.0
51.0	943.5	433.5	--	0.35	150.0	3500.0
52.0	962.0	442.0	--	0.34	150.0	3500.0
53.0	980.5	450.5	--	0.33	150.0	3500.0
54.0	999.0	459.0	--	0.33	150.0	3500.0
55.0	1017.5	467.5	--	0.32	150.0	3500.0
56.0	1036.0	476.0	--	0.32	150.0	3500.0
57.0	1054.5	484.5	--	0.31	150.0	3500.0
58.0	1073.0	493.0	--	0.30	150.0	3500.0
59.0	1091.5	501.5	--	0.30	150.0	3500.0
60.0	1110.0	510.0	--	0.29	150.0	3500.0

Alfa =  $Tau,lim / Cu$   
 Beta =  $Tau,lim / Sigma,v$  efficace  
 Tau,lim = Adesione limite palo-terreno  
 qb,cr = Portata unitaria di base critica

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 72 di 81

d12 / 5

VI18 18+840.65

d 1200

CAPACITA' PORTANTE A COMPRESSIONE - PALO TRIVELLATO D = 1200 mm

Ipalo (m)	Qamm (kN)	Ql,u (kN)	Qb,cr (kN)	Wpalo (kN)	Qt,lim (kN)	S,cls (MPa)
20.00	6368.1	4425.4	2101.1	158.3	6526.5	5.63
21.00	6363.9	4780.9	1749.2	166.3	6530.2	5.63
22.00	6374.8	5151.6	1397.4	174.2	6549.0	5.64
23.00	6535.0	5495.6	1221.5	182.1	6717.1	5.78
24.00	6753.3	5721.8	1221.5	190.0	6943.3	5.97
25.00	7719.0	6092.3	1824.6	197.9	7917.0	6.83
26.00	8745.5	6523.5	2427.8	205.8	8951.4	7.73
27.00	9787.1	6969.9	3031.0	213.8	10000.9	8.65
28.00	10602.6	7431.3	3392.9	221.7	10824.2	9.37
29.00	11071.2	7907.9	3392.9	229.6	11300.8	9.79
30.00	11555.1	8399.6	3392.9	237.5	11792.6	10.22
31.00	12211.1	8906.5	3550.0	245.4	12456.5	10.80
32.00	12882.2	9428.5	3707.1	253.3	13135.5	11.39
33.00	13568.5	9965.6	3864.2	261.3	13829.7	12.00
34.00	14207.1	10517.8	3958.4	269.2	14476.2	12.56
35.00	14763.2	11081.9	3958.4	277.1	15040.3	13.05
36.00	15320.8	11647.4	3958.4	285.0	15605.8	13.55
37.00	15878.3	12212.9	3958.4	292.9	16171.3	14.04
38.00	16435.9	12778.3	3958.4	300.8	16736.8	14.53
39.00	16993.5	13343.8	3958.4	308.8	17302.2	15.03
40.00	17551.1	13909.3	3958.4	316.7	17867.7	15.52
41.00	18108.6	14474.8	3958.4	324.6	18433.2	16.01
42.00	18666.2	15040.3	3958.4	332.5	18998.7	16.50
43.00	19223.8	15605.8	3958.4	340.4	19564.2	17.00
44.00	19781.3	16171.3	3958.4	348.3	20129.7	17.49
45.00	20338.9	16736.8	3958.4	356.3	20695.2	17.98
46.00	20896.5	17302.2	3958.4	364.2	21260.6	18.48
47.00	21454.0	17867.7	3958.4	372.1	21826.1	18.97
48.00	22011.6	18433.2	3958.4	380.0	22391.6	19.46
49.00	22569.2	18998.7	3958.4	387.9	22957.1	19.96
50.00	23126.8	19564.2	3958.4	395.8	23522.6	20.45

Ipalo = Lunghezza del palo da quota sottoplinto

Qamm = Portata ammissibile del palo

Ql,u = Portata laterale ultima

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 73 di 81</p>

$Q_{b,cr}$  = Portata di base critica

$W_{palo}$  = Peso proprio del palo

$Q_{t,lim}$  = Carico limite ultimo totale del palo

$S_{cls}$  = Tensione media di compressione sul calcestruzzo

$Q_{amm}$  =  $Q_{l,u}/FSL + Q_{b,cr}/FSB - W_{palo}$

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 74 di 81

d15 / 1

```

*****
*
*   CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO   *
*
*****

```

VI18 18+840.65

d 1500

DATI DI INPUT

=====

```

Diametro del palo                (m)  1.5
Lunghezza minima del palo        (m)  20
Lunghezza massima del palo      (m)  50
Incremento lunghezza palo       (m)   1
Quota testa palo da piano campagna (m)   3

FS Portata laterale              (-)   1
FS Portata di base               (-)   1
Tensione massima nel calcestruzzo (MPa) 900
Peso specifico del palo          (kN/m3) 7

Numero degli strati di terreno   (-)   6
Numero delle falde              (-)   1
Quota 1 ^ falda da p.c.        (m)   0

```

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 		<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 75 di 81

d15 / 2

PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO

=====

Strato (-)	Z, str (m)	Gnat. (kN/m3)	Geff. (kN/m3)	Z, w (m)	Fi (o)	Delta (o)	Cu, i (kPa)	Cu, f (kPa)
1	6.00	18.50	8.50	0.00	0.0	--	60.0	60.0
2	21.00	18.50	8.50	0.00	36.0	36.0	0.0	0.0
3	25.50	18.50	8.50	0.00	34.0	34.0	0.0	0.0
4	27.00	18.50	8.50	0.00	0.0	--	120.0	120.0
5	33.00	18.50	8.50	0.00	34.0	34.0	0.0	0.0
6	60.00	18.50	8.50	0.00	34.0	34.0	0.0	0.0

Z, str = Quota fine strato da piano campagna

Gnat. = Peso specifico del terreno naturale

Geff. = Peso specifico del terreno immerso

Z, w = Quota della falda da piano campagna

Fi = Angolo di resistenza al taglio (per terreni incoerenti)

Delta = Angolo d'attrito palo-terreno (per terreni incoerenti)

Cu, i = Coesione non drenata, inizio strato (per terreni coesivi)

Cu, f = Coesione non drenata, fine strato (per terreni coesivi)

Strato (-)	Terreno tipo (---)	TAU,max (kPa)	Qbase, i (kPa)	Qbase, f (kPa)	Qb, l/Qb, c (-)
1	COESIVO	100.0	540.0	540.0	1.00
2	INCOERENTE	120.0	3000.0	3000.0	1.00
3	INCOERENTE	120.0	2200.0	2200.0	1.00
4	COESIVO	100.0	1080.0	1080.0	1.00
5	INCOERENTE	150.0	3000.0	3000.0	1.00
6	INCOERENTE	150.0	3500.0	3500.0	1.00

TAU,max = Limite superiore dell'adesione laterale palo-terreno

Qbase, i = Portata di base unitaria, inizio strato

Qbase, f = Portata di base unitaria, fine strato

Qb, l/Qb, c = Rapporto tra portata di base limite e critica

d15 / 3



VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 76 di 81
---	------------------	-------------	--	-----------	--------------------

d 1500

Quota da p.c. (m)	Sigma, v totale (kPa)	Sigma, v efficace (kPa)	Alfa (--)	Beta (--)	Tau, lim (kPa)	qb, cr (kPa)
3.0	55.5	25.5	0.65	1.53	39.0	--
4.0	74.0	34.0	0.65	1.15	39.0	--
5.0	92.5	42.5	0.65	0.92	39.0	--
6.0	111.0	51.0	0.65	0.76	39.0	--
7.0	129.5	59.5	--	0.51	30.3	--
8.0	148.0	68.0	--	0.51	34.6	--
9.0	166.5	76.5	--	0.51	38.9	--
10.0	185.0	85.0	--	0.51	43.2	--
11.0	203.5	93.5	--	0.51	47.6	--
12.0	222.0	102.0	--	0.51	51.9	--
13.0	240.5	110.5	--	0.51	56.2	--
14.0	259.0	119.0	--	0.51	60.5	3000.0
15.0	277.5	127.5	--	0.51	64.8	3000.0
16.0	296.0	136.0	--	0.51	69.2	3000.0
17.0	314.5	144.5	--	0.51	73.5	2911.1
18.0	333.0	153.0	--	0.51	77.8	2733.3
19.0	351.5	161.5	--	0.51	82.1	2555.6
20.0	370.0	170.0	--	0.51	86.5	2377.8
21.0	388.5	178.5	--	0.51	90.8	2200.0
22.0	407.0	187.0	--	0.47	88.3	1951.1
23.0	425.5	195.5	--	0.47	92.3	1702.2
24.0	444.0	204.0	--	0.47	96.3	1453.3
25.0	462.5	212.5	--	0.47	100.3	1204.4
26.0	481.0	221.0	0.50	0.27	60.0	1080.0
27.0	499.5	229.5	0.50	0.26	60.0	1080.0
28.0	518.0	238.0	--	0.47	112.4	1506.7
29.0	536.5	246.5	--	0.47	116.4	1933.3
30.0	555.0	255.0	--	0.47	120.4	2360.0
31.0	573.5	263.5	--	0.47	124.4	2786.7
32.0	592.0	272.0	--	0.47	128.4	3000.0
33.0	610.5	280.5	--	0.47	132.4	3000.0
34.0	629.0	289.0	--	0.47	136.5	3111.1
35.0	647.5	297.5	--	0.47	140.5	3222.2
36.0	666.0	306.0	--	0.47	144.5	3333.3
37.0	684.5	314.5	--	0.47	148.5	3444.4
38.0	703.0	323.0	--	0.46	150.0	3500.0
39.0	721.5	331.5	--	0.45	150.0	3500.0
40.0	740.0	340.0	--	0.44	150.0	3500.0
41.0	758.5	348.5	--	0.43	150.0	3500.0
42.0	777.0	357.0	--	0.42	150.0	3500.0
43.0	795.5	365.5	--	0.41	150.0	3500.0
44.0	814.0	374.0	--	0.40	150.0	3500.0

**GENERAL CONTRACTOR**



Consorzio IricAV Due

**ALTA SORVEGLIANZA**



ITALFERR  
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 77 di 81
---	------------------	-------------	--	-----------	--------------------

45.0	832.5	382.5	--	0.39	150.0	3500.0
46.0	851.0	391.0	--	0.38	150.0	3500.0
47.0	869.5	399.5	--	0.38	150.0	3500.0
48.0	888.0	408.0	--	0.37	150.0	3500.0

=====



VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65  
 0 - GENERALE E GEOTECNICA  
 GEOTECNICA  
 RELAZIONE GEOTECNICA

Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 78 di 81
------------------	-------------	--	-----------	--------------------

d15 / 4

VI18 18+840.65  
 d 1500

Quota da p.c. (m)	Sigma,v totale (kPa)	Sigma,v efficace (kPa)	Alfa (--)	Beta (--)	Tau,lim (kPa)	qb,cr (kPa)
49.0	906.5	416.5	--	0.36	150.0	3500.0
50.0	925.0	425.0	--	0.35	150.0	3500.0
51.0	943.5	433.5	--	0.35	150.0	3500.0
52.0	962.0	442.0	--	0.34	150.0	3500.0
53.0	980.5	450.5	--	0.33	150.0	3500.0
54.0	999.0	459.0	--	0.33	150.0	3500.0
55.0	1017.5	467.5	--	0.32	150.0	3500.0
56.0	1036.0	476.0	--	0.32	150.0	3500.0
57.0	1054.5	484.5	--	0.31	150.0	3500.0
58.0	1073.0	493.0	--	0.30	150.0	3500.0
59.0	1091.5	501.5	--	0.30	150.0	3500.0
60.0	1110.0	510.0	--	0.29	150.0	3500.0

Alfa =  $Tau,lim / Cu$   
 Beta =  $Tau,lim / Sigma,v$  efficace  
 Tau,lim = Adesione limite palo-terreno  
 qb,cr = Portata unitaria di base critica

<b>GENERAL CONTRACTOR</b> 	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b> 				
VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001	Rev. A	Foglio 79 di 81

d15 / 5

VI18 18+840.65

d 1500

CAPACITA' PORTANTE A COMPRESSIONE - PALO TRIVELLATO D = 1500 mm

Ipalo (m)	Qamm (kN)	Ql,u (kN)	Qb,cr (kN)	Wpalo (kN)	Qt,lim (kN)	S,cls (MPa)
20.00	8292.4	5531.7	3008.1	247.4	8539.8	4.69
21.00	8284.7	5976.2	2568.3	259.8	8544.4	4.69
22.00	8295.8	6439.5	2128.4	272.1	8568.0	4.69
23.00	8493.6	6869.5	1908.5	284.5	8778.1	4.81
24.00	8763.9	7152.3	1908.5	296.9	9060.8	4.96
25.00	9968.7	7615.4	2662.5	309.3	10277.9	5.64
26.00	11249.3	8154.4	3416.5	321.6	11570.9	6.37
27.00	12548.8	8712.3	4170.5	334.0	12882.8	7.10
28.00	13867.2	9289.2	4924.4	346.4	14213.6	7.85
29.00	14827.6	9884.9	5301.4	358.7	15186.3	8.39
30.00	15429.9	10499.5	5301.4	371.1	15801.0	8.73
31.00	16247.4	11133.1	5497.8	383.5	16630.9	9.19
32.00	17083.9	11785.6	5694.1	395.8	17479.7	9.67
33.00	17939.2	12457.0	5890.5	408.2	18347.5	10.15
34.00	18813.5	13147.3	6086.8	420.6	19234.1	10.65
35.00	19604.4	13852.4	6185.0	433.0	20037.4	11.09
36.00	20298.9	14559.2	6185.0	445.3	20744.2	11.49
37.00	20993.4	15266.1	6185.0	457.7	21451.1	11.88
38.00	21687.9	15972.9	6185.0	470.1	22157.9	12.27
39.00	22382.4	16679.8	6185.0	482.4	22864.8	12.67
40.00	23076.9	17386.6	6185.0	494.8	23571.7	13.06
41.00	23771.3	18093.5	6185.0	507.2	24278.5	13.45
42.00	24465.8	18800.4	6185.0	519.5	24985.4	13.84
43.00	25160.3	19507.2	6185.0	531.9	25692.2	14.24
44.00	25854.8	20214.1	6185.0	544.3	26399.1	14.63
45.00	26549.3	20920.9	6185.0	556.7	27106.0	15.02
46.00	27243.8	21627.8	6185.0	569.0	27812.8	15.42
47.00	27938.3	22334.7	6185.0	581.4	28519.7	15.81
48.00	28632.8	23041.5	6185.0	593.8	29226.5	16.20
49.00	29327.3	23748.4	6185.0	606.1	29933.4	16.60
50.00	30021.7	24455.2	6185.0	618.5	30640.2	16.99

Ipalo = Lunghezza del palo da quota sottoplinto

Qamm = Portata ammissibile del palo

Ql,u = Portata laterale ultima

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65 0 - GENERALE E GEOTECNICA GEOTECNICA RELAZIONE GEOTECNICA</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 80 di 81</p>

$Q_{b,cr}$  = Portata di base critica

$W_{palo}$  = Peso proprio del palo

$Q_{t,lim}$  = Carico limite ultimo totale del palo

$S_{cls}$  = Tensione media di compressione sul calcestruzzo

$Q_{amm}$  =  $Q_{l,u}/FSL + Q_{b,cr}/FSB - W_{palo}$

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>VI18 - VIADOTTO GRENA DAL km 18+840,65 AL km 18+912,65  0 - GENERALE E GEOTECNICA  GEOTECNICA  RELAZIONE GEOTECNICA</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica Documento Y12 RB VI 18 0 0 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 81 di 81</p>	

## ALLEGATO B – TABULATI DI CALCOLO PARATIE



## ***Report di Calcolo***

Nome Progetto: New Project

Autore: Ingegnere

Data: 08/08/2018 18:03:33

Design Section: Base Design Section

# Sommario

## Contenuto Sommario

## ***1. Descrizione del Software***

ParatiePlus è un codice agli elementi finiti che simula il problema di uno scavo sostenuto da diaframmi flessibili e permette di valutare il comportamento della parete di sostegno durante tutte le fasi intermedie e nella configurazione finale.

## 2. Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Tipo : HORIZONTAL

Quota : 0 m

OCR : 1

Tipo : HORIZONTAL

Quota : -6 m

OCR : 1

Strato di Terreno	Terreno	$\gamma$ dry kN/m <sup>3</sup>	$\gamma$ sat kN/m <sup>3</sup>	$\phi'$ °	$\phi$ °	$c_v$ °	$\phi_p$ °	$c'$ kPa	Su kPa	Modulo Elastico Eu	Evc kPa	Eur kPa	Ah kPa	Avexp kPa	Pa	Rur/Rvc kPa	Rvc	Ku kPa	Kvc kN/m <sup>3</sup>	Kur kN/m <sup>3</sup>
1	Argilla Limosa	18.5	18.5	26				0		Constant	10000	50000								
2	Ghiaia sabbiosa	18.5	18.5	36				0		Constant	50000	150000								

### 3. Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -14 m

Muro di sinistra

Sezione : Palancole

Area equivalente : 0.02161 m

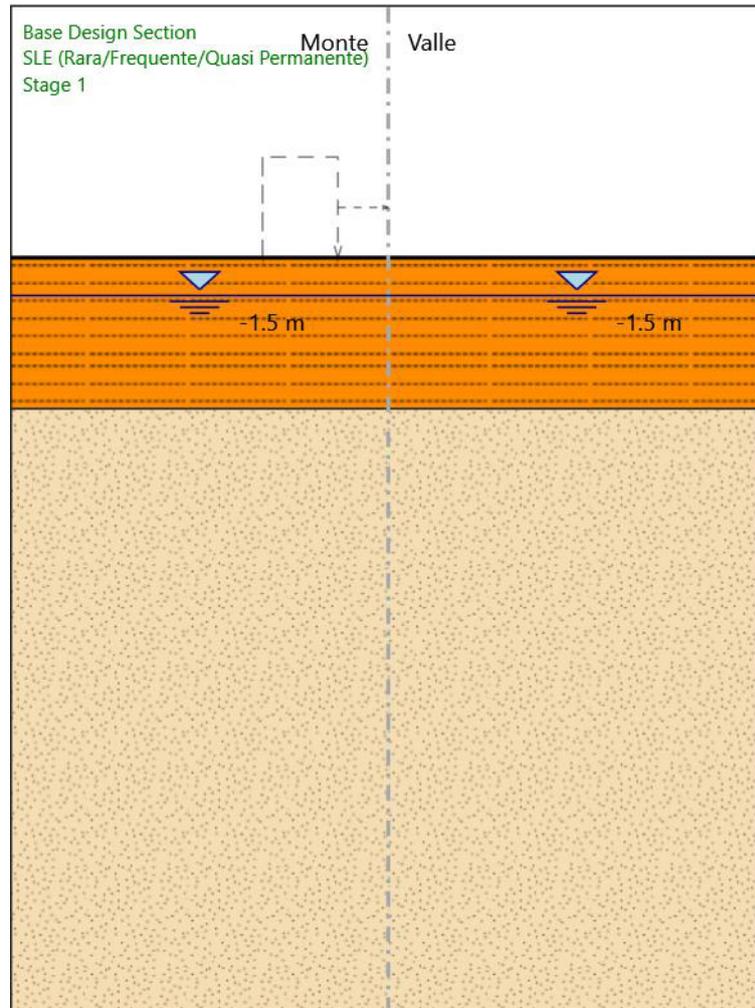
Inerzia equivalente : 0.0005 m<sup>4</sup>/m

Profilo palancole : PU\_28



## 4. Fasi di Calcolo

### 4.1. Stage 1



Stage 1

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -1.5 m

Falda di destra : -1.5 m

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

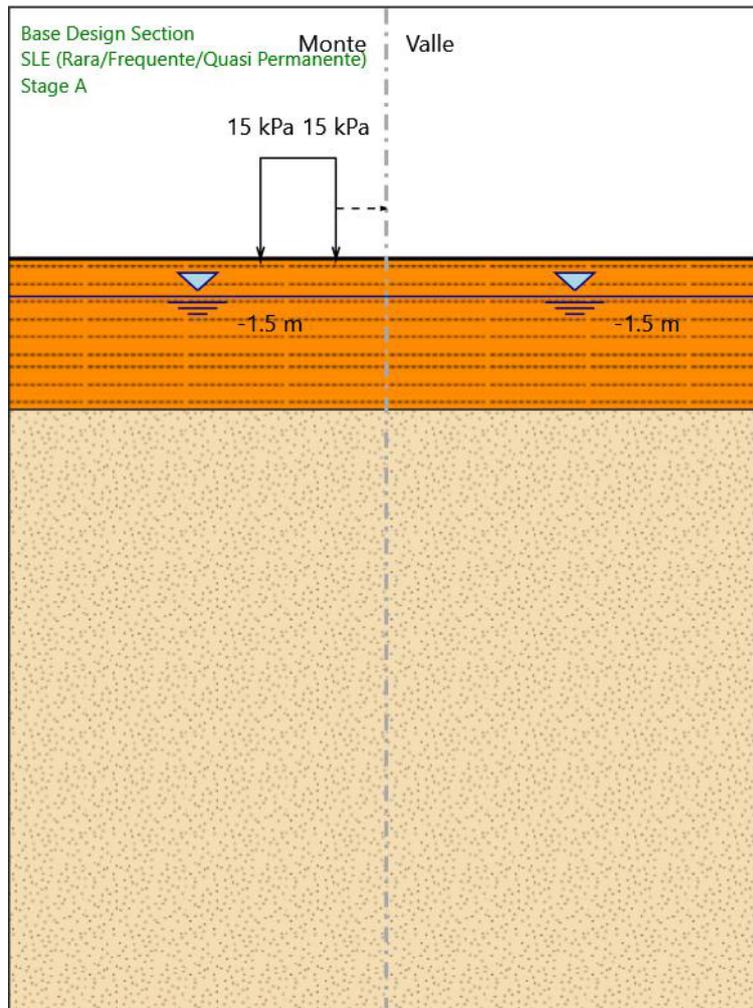
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -14 m

Sezione : Palancole

## 4.2. Stage A



Stage A

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -1.5 m

Falda di destra : -1.5 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -5 m

X finale : -2 m

Pressione iniziale : 15 kPa

Pressione finale : 15 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

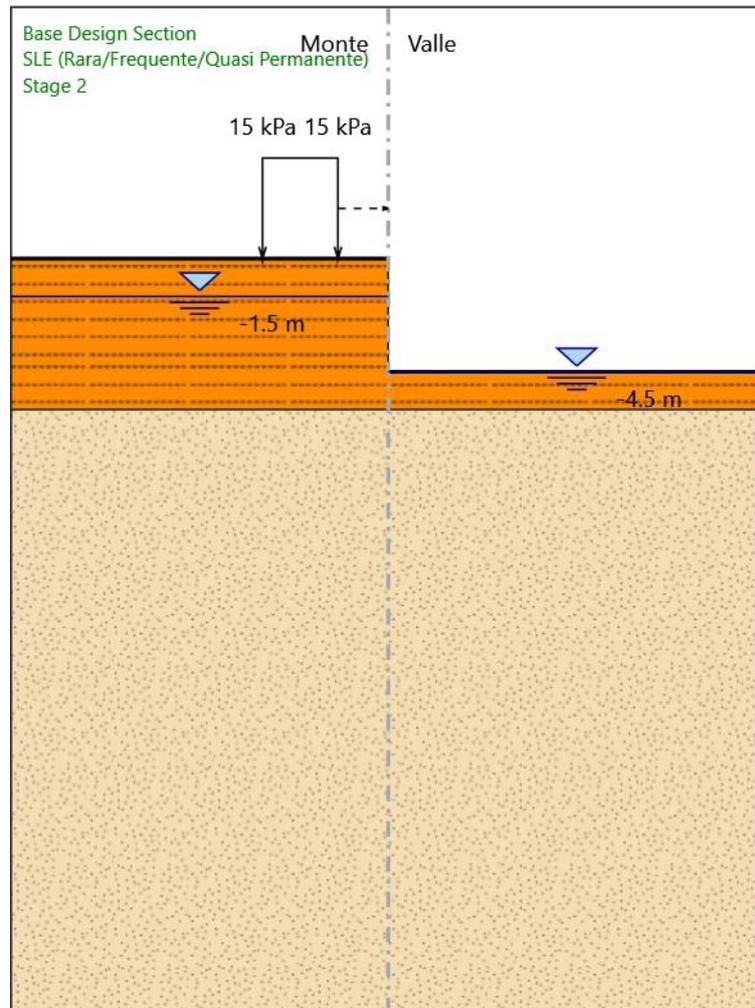
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -14 m

Sezione : Palancole

### 4.3. Stage 2



Stage 2

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -4.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-4.5 m

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -1.5 m

Falda di destra : -4.5 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -5 m

X finale : -2 m

Pressione iniziale : 15 kPa

Pressione finale : 15 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

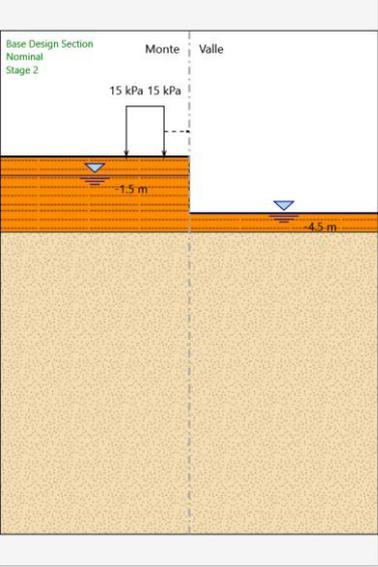
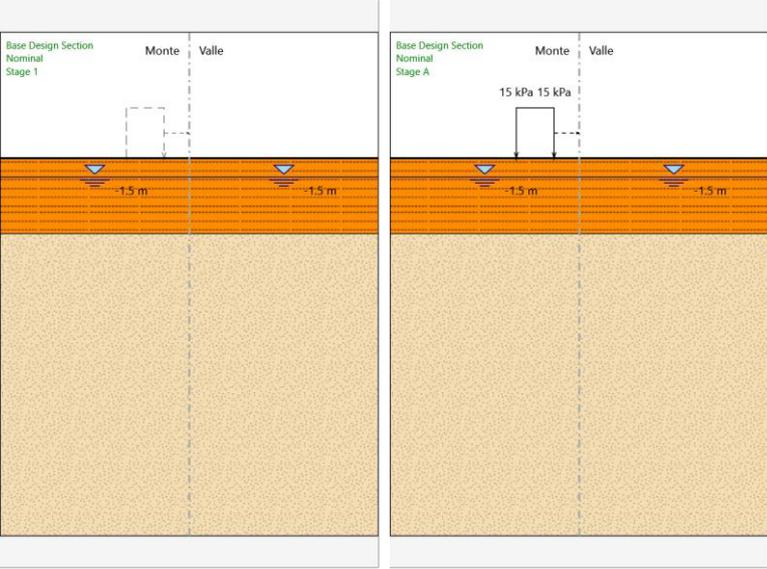
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -14 m

Sezione : Palancole

### 4.4. Tabella Configurazione Stage (Nominal)



## 5. Descrizione Coefficienti Design Assumption

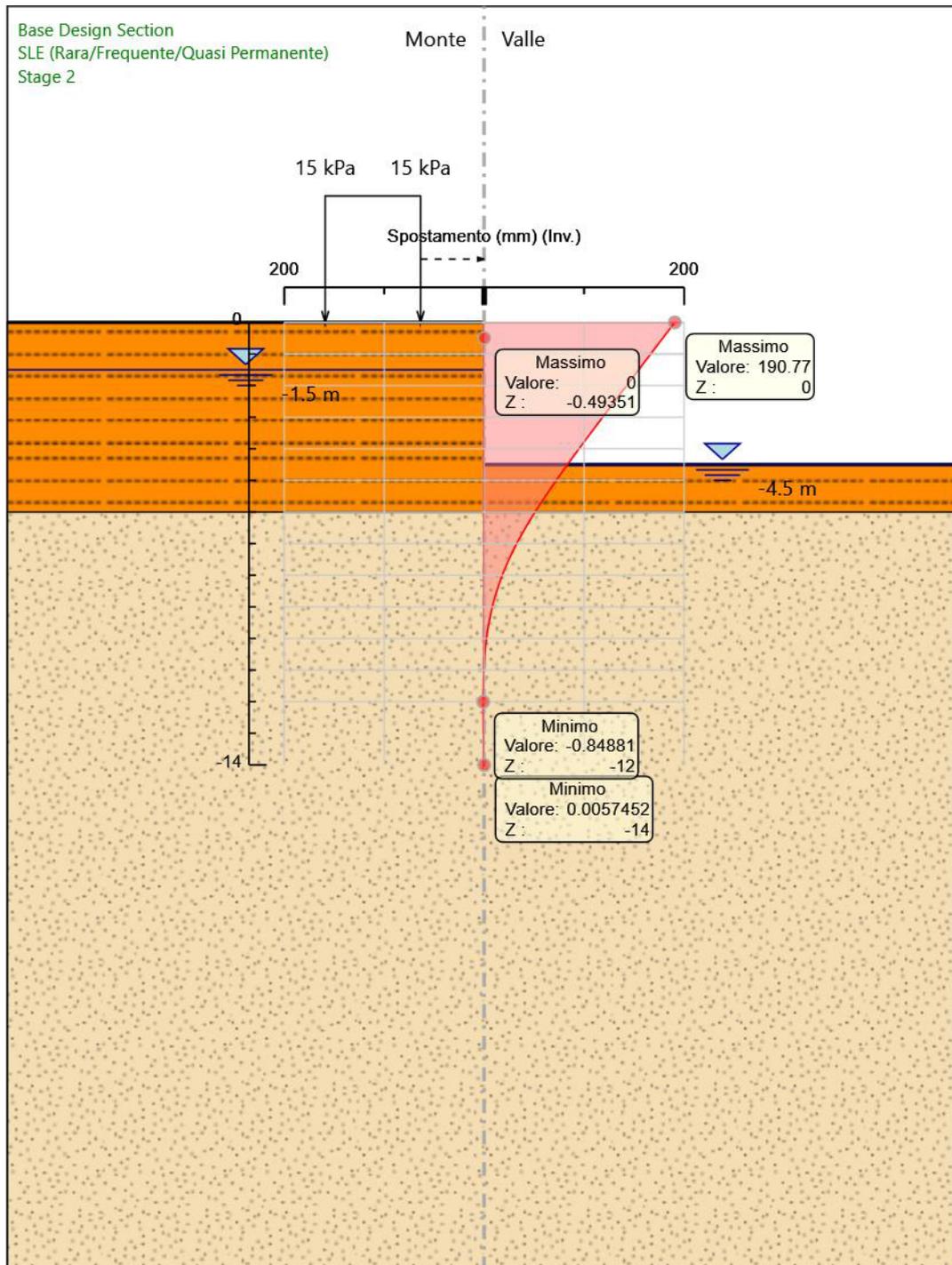
Nome	Carichi Per- manenti Sfavorevoli (F_dead_lo ad_unfa- vour)	Carichi Per- manenti Favorevoli (F_dead_lo ad_favour)	Carichi Va- riabili Sfa- vorevoli (F_live_loa d_unfa- vour)	Carichi Va- riabili Fa- vorevoli (F_live_loa d_favour)	Carico Si- smico (F_seism_ load)	Pres Lato Mon (F_ Wa- terD R)	Pres Lato Vall (F_ Wa- ter Res)	Carichi Perma- nenti De- stabiliz- zanti (F_UPL_G DStab)	Carichi Perma- nenti Sta- bilizzanti (F_UPL_G Stab)	Carichi Va- riabili De- stabiliz- zanti (F_UPL_Q DStab)	Carichi Perma- nenti De- stabiliz- zanti (F_HYD_G DStab)	Carichi Perma- nenti Sta- bilizzanti (F_HYD_G Stab)	Carichi Va- riabili De- stabiliz- zanti (F_HYD_Q DStab)
Simbolo	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_Q$	$\gamma_Q$	$\gamma_{QE}$	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_{Gdst}$	$\gamma_{Gstb}$	$\gamma_{Qdst}$	$\gamma_{Gdst}$	$\gamma_{Gstb}$	$\gamma_{Qdst}$
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SLE (Rara/Fre- quente/ Quasi Perma- nente)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
A1+M1+ R1 (R3 per tira- nti)	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
A2+M2+ R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1

Nome	Parziale su $\tan(\phi')$ (F_Fr)	Parziale su $c'$ (F_eff_cohe)	Parziale su Su (F_Su)	Parziale su qu (F_qu)	Parziale su peso specifico (F_gamma)
Simbolo	$\gamma_\phi$	$\gamma_c$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_{qu}$	$\gamma_\gamma$
Nominal	1	1	1	1	1
SLE (Rara/Fre- quente/Quasi Perma- nente)	1	1	1	1	1
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1	1	1	1
A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	1	1

Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale resistenza Tiranti permanenti (F_Anch_P)	Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T)	Parziale elementi strutturali (F_wall)
Simbolo	$\gamma_{Re}$	$\gamma_{ap}$	$\gamma_{at}$	
Nominal	1	1	1	1
SLE (Rara/Fre- quente/Quasi Perma- nente)	1	1	1	1
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1.2	1.1	1
A2+M2+R1	1	1.2	1.1	1

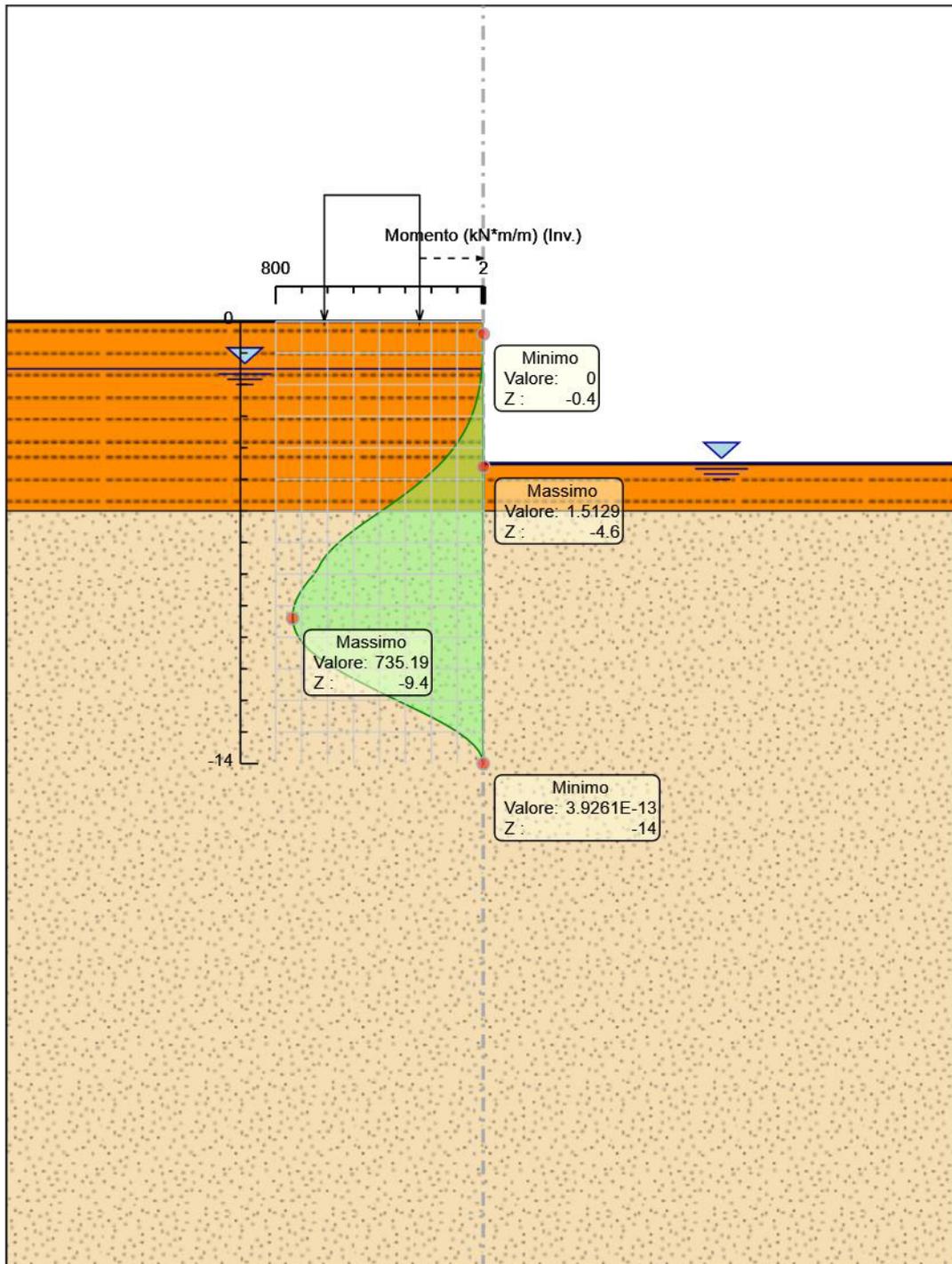
## 5. Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)

### 5.1. Grafico Inviluppi Spostamento



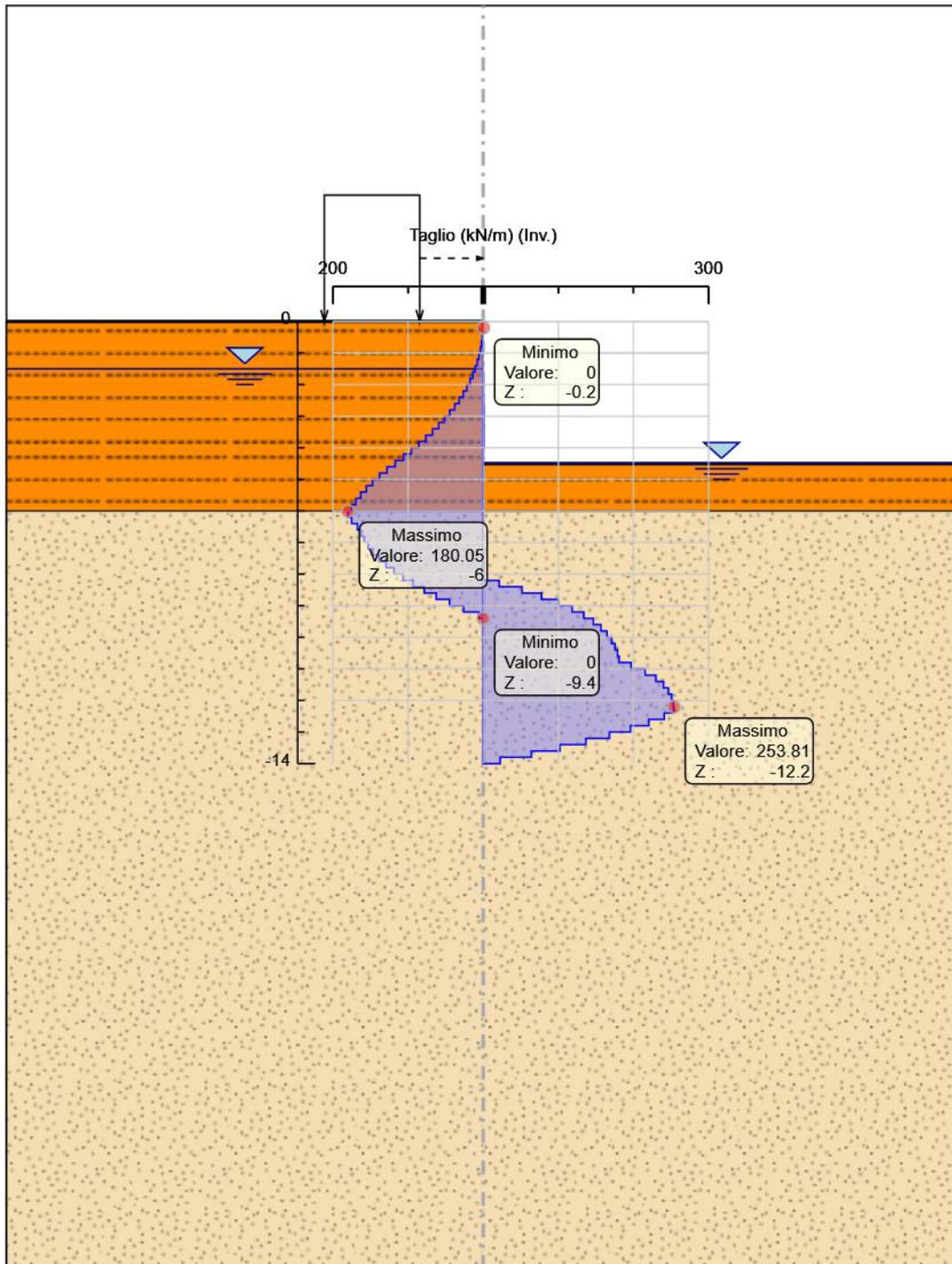
Spostamento

## 5.2. Grafico Involuppi Momento



Momento

### 5.3. Grafico Inviluppi Taglio



Taglio

## 5.4. Involuppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Involuppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva %
A2+M2+R1	Stage 2	Left Wall	LEFT	13.27
A2+M2+R1	Stage 2	Left Wall	RIGHT	52.26

## 5.5. Involuppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Involuppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva %
A2+M2+R1	Stage A Left Wall	LEFT		10270.8
A2+M2+R1	Stage 1 Left Wall	RIGHT		10389.26

## 6. Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali

### Normative Verifiche

Calcestruzzo	NTC
Acciaio	NTC
Tirante	NTC

### Coefficienti per Verifica Tiranti

GEO FS	1
$\xi_{a3}$	1.8
$\gamma_s$	1.15

## 6.1. Riepilogo Stage / Design Assumption per Involuppo

Design Assumption	Stage 1	Stage A	Stage 2
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	V	V	V
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V
A2+M2+R1	V	V	V

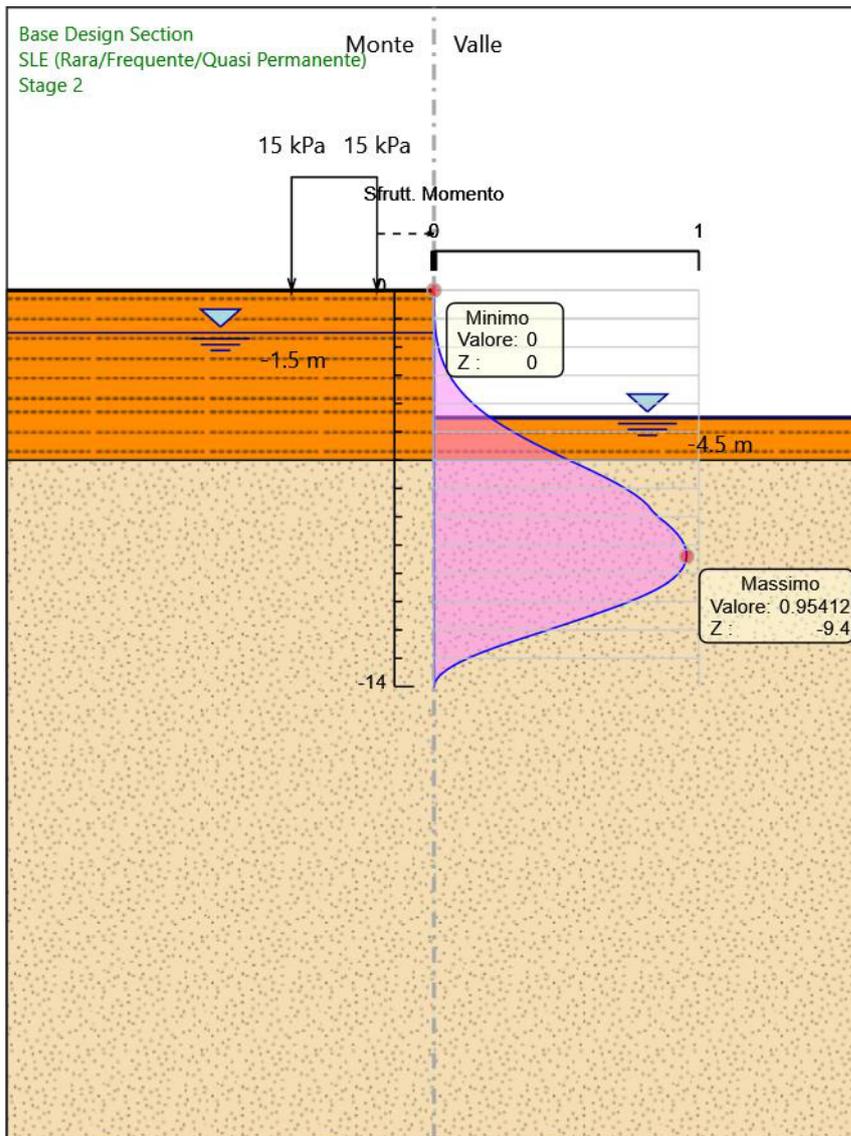
## 6.2. Risultati SteelWorld

### 6.2.1. Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld
0	0
-0.2	0
-0.4	0
-0.6	0
-0.8	0.001
-1	0.002
-1.2	0.003
-1.4	0.006
-1.6	0.008
-1.8	0.012
-2	0.016
-2.2	0.022
-2.4	0.029
-2.6	0.037
-2.8	0.047
-3	0.059
-3.2	0.072
-3.4	0.087
-3.6	0.105
-3.8	0.125
-4	0.147
-4.2	0.172
-4.4	0.199
-4.6	0.23
-4.8	0.263
-5	0.299
-5.2	0.337
-5.4	0.377
-5.6	0.42
-5.8	0.464
-6	0.509
-6.2	0.556
-6.4	0.601
-6.6	0.645
-6.8	0.686
-7	0.723
-7.2	0.756
-7.4	0.785
-7.6	0.808
-7.8	0.825
-8	0.846
-8.2	0.873
-8.4	0.898
-8.6	0.918
-8.8	0.934
-9	0.946
-9.2	0.953
-9.4	0.954
-9.6	0.95
-9.8	0.94
-10	0.924
-10.2	0.901
-10.4	0.871
-10.6	0.833
-10.8	0.788
-11	0.737
-11.2	0.681
-11.4	0.622
-11.6	0.559
-11.8	0.495
-12	0.43
-12.2	0.365
-12.4	0.299
-12.6	0.236

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld	
-12.8		0.179
-13		0.128
-13.2		0.085
-13.4		0.049
-13.6		0.023
-13.8		0.006
-14		0

## 6.2.2. Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld



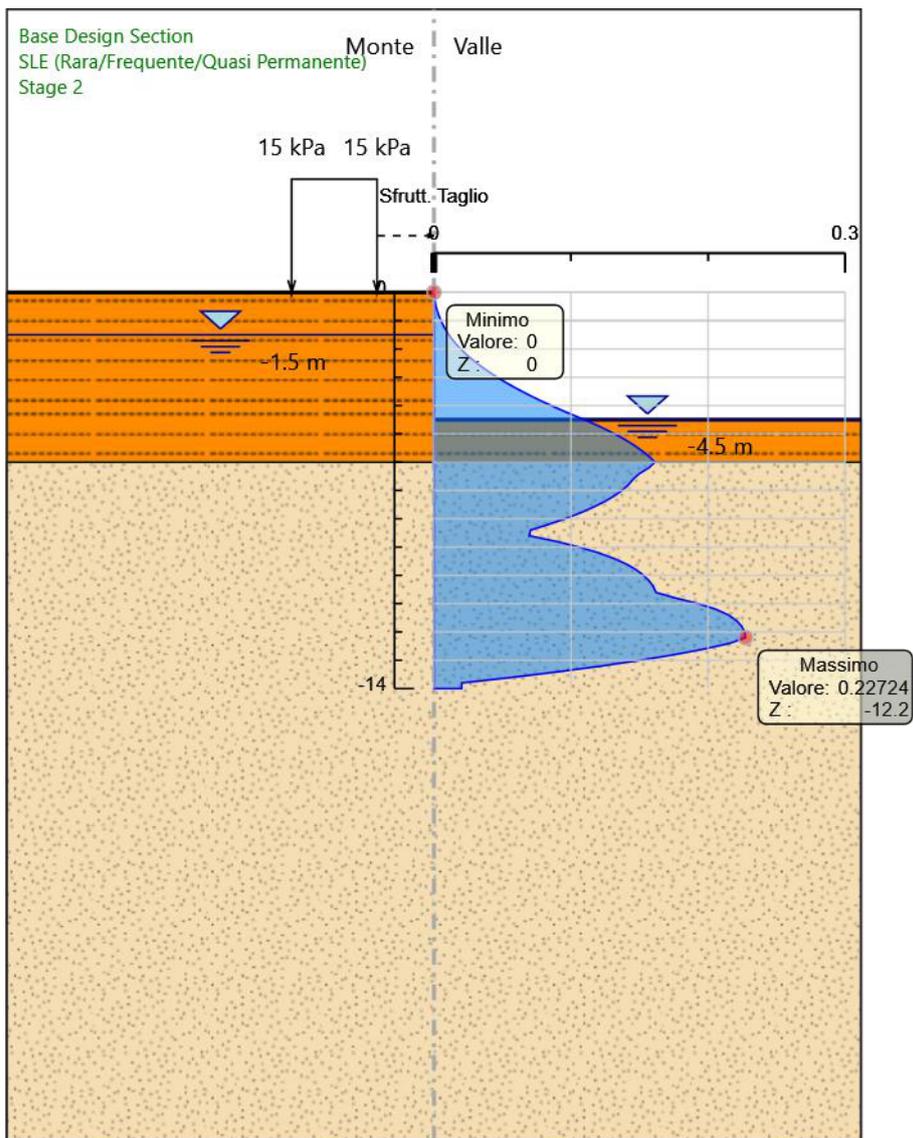
Involuppi  
Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld

### 6.2.1. Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld : LEFT

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld
0	0
-0.2	0
-0.4	0.001
-0.6	0.002
-0.8	0.003
-1	0.005
-1.2	0.007
-1.4	0.01
-1.6	0.012
-1.8	0.016
-2	0.02
-2.2	0.024
-2.4	0.029
-2.6	0.034
-2.8	0.04
-3	0.046
-3.2	0.053
-3.4	0.06
-3.6	0.068
-3.8	0.077
-4	0.086
-4.2	0.095
-4.4	0.105
-4.6	0.115
-4.8	0.124
-5	0.132
-5.2	0.139
-5.4	0.146
-5.6	0.152
-5.8	0.157
-6	0.161
-6.2	0.157
-6.4	0.15
-6.6	0.145
-6.8	0.142
-7	0.137
-7.2	0.131
-7.4	0.124
-7.6	0.116
-7.8	0.106
-8	0.096
-8.2	0.084
-8.4	0.07
-8.6	0.07
-8.8	0.089
-9	0.106
-9.2	0.12
-9.4	0.131
-9.6	0.14
-9.8	0.148
-10	0.153
-10.2	0.157
-10.4	0.16
-10.6	0.162
-10.8	0.176
-11	0.193
-11.2	0.206
-11.4	0.215
-11.6	0.221
-11.8	0.225
-12	0.227
-12.2	0.227
-12.4	0.216
-12.6	0.197
-12.8	0.175
-13	0.15
-13.2	0.122

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld	
-13.4		0.091
-13.6		0.057
-13.8		0.02
-14		0.02

## 6.2.2. Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld



Involuppi  
Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld

