

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

MANDATARIA



MANDANTI



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA



MANDANTE



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE  
DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01 e s.m.i.**

CUP: J94F04000020001

**PROGETTO ESECUTIVO**

ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA

ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

**SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE  
CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA - PONTE GARDENA**

**OPERE CIVILI**

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494

<p>QUADRI GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>27.03.2020</p>	<p>RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE</p> <p>INGEGNERI DOMENICA BATTILIO</p> <p>ORDINE N° 16240 27.03.2020</p>	<p>SCALA:</p> <p>-</p>
--	---	------------------------

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

I B 0 A 0 0 E Z Z C L N V 0 9 6 0 0 0 1 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data
A	Emissione	A. Zuin	11.01.2020	D. Stella	11.02.2020	S. Carraro	11.01.2020
B	Emissione a seguito VPE e ODI	A. Zuin	27.03.2020	D. Stella	27.03.2020	S. Carraro	27.03.2020

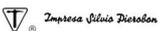


File: prototipo

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO GIN</b></p> <p><small>Impresa Silvia Diarodon</small> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>2 di 47</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	2 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	2 di 47								

## INDICE

1	PREMESSA.....	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	7
3.1	CALCESTRUZZO PER MICROPALI E CORDOLO DI TESTA.....	7
3.2	CALCESTRUZZO PER CORDOLI DI ANCORAGGIO CHIODATURE.....	8
3.3	ACCIAIO DA C.A.....	8
3.4	ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA .....	9
4	PARAMETRI GEOTECNICI.....	10
5	AZIONI SISMICHE .....	11
6	DESCRIZIONE OPERE .....	14
7	OPERE PROVVISORIALI.....	16
7.1	PREMESSA.....	16
7.2	CODICE DI CALCOLO .....	16
7.3	ANALISI DEI CARICHI .....	19
7.4	PARAMETRI GEOTECNICI.....	20
7.5	VERIFICHE STRUTTURALI AGLI SLU .....	20
7.6	ELEMENTI STRUTTURALI.....	21
7.7	MODELLI DI CALCOLO .....	22
7.7.1	<i>Sezione A-A</i> .....	22
7.7.2	<i>Sezione 20A</i> .....	23
7.8	RISULTATI.....	25
7.8.1	<i>Sezione A-A</i> .....	25
7.8.2	<i>Sezione 20A</i> .....	28
7.9	VERIFICHE OPERE PROVVISORIALI.....	31
7.9.1	<i>Verifiche geotecniche</i> .....	31

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p> Impresa Silvio Dierodon</p> <p> consorzio triveneto rocciatori</p> <p> SO GIN</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>3 di 47</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	3 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	3 di 47								

7.9.2	Berlinese di micropali.....	34
7.9.3	Chiodature .....	36
7.9.4	Cordoli in c.a.....	40
7.9.1	Verifiche dello stato tensionale .....	47

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p>Impresa Silvia Diarodon consorzio triveneto rocciatori</p> <p>SO GI</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>4 di 47</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	4 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	4 di 47								

## 1 PREMESSA

La presente relazione si inserisce nell'ambito del progetto Esecutivo delle opere per l'adeguamento della viabilità podereale esistente e nella realizzazione di un sottopasso per l'attraversamento della linea Verona - Brennero dal Km 0+124.97 al km 1+056, e l'accesso alle aree di emergenza poste agli imbocchi delle interconnessioni di Ponte Gardena.

L'intervento si inserisce nell'ambito del SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA - PONTE GARDENA, per l'ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA (INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01 e s.m.i).

Il presente documento in particolare si concentra nel dimensionamento e nelle verifiche delle opere provvisoriali per la realizzazione del tombino idraulico al km 0+494.00. Tale opera è finalizzata alla raccolta dell'acqua di monte e dell'acqua proveniente dalla sede stradale che confluiscono rispettivamente nel fosso di guardia e nel pozzetto a bordo strada. Queste acque verranno convogliate al tombino esistente passando sotto la sede stradale.

Il tombino è una struttura realizzata a gradoni con lo scopo di rallentare il flusso idrico, con quota inferiore pari a 474,72 m per mantenere lo stesso filo della struttura esistente. Lo sviluppo verticale "a camino" ha un'altezza pari a 10,40 m. La larghezza interna è costante e mantenuta pari a 2,0 m. Si rimanda alla relazione di calcolo di competenza per un maggior dettaglio.

La realizzazione della suddetta opera idraulica richiede l'esecuzione preliminare di una berlinese di micropali a sostegno del fronte di scavo necessario per la successiva costruzione del tombino. In particolare, si prevede a monte della sede stradale, laddove il tombino si sviluppa verticalmente, la realizzazione di una berlinese di micropali di lunghezza 16 m (armatura  $\Phi 168.3/12\text{mm}$ ) opportunamente armata con tiranti passivi (barre autoperforanti) e, ai lati del manufatto di imbocco al tombino esistente, una seconda berlinese di micropali di lunghezza 9 m (armatura  $\Phi 168.3/12\text{mm}$ ).

Si rimanda agli elaborati grafici per un maggior dettaglio.

Di seguito si riporta una vista dell'area oggetto di intervento.

<p>IMPRESE</p> <p><b>QUADRO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>consorzio triveneto rocciatori</b></p> <p><b>SO</b> <b>GO</b></p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>5 di 47</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	5 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	5 di 47								



**Figura 1.1. Area oggetto di intervento**

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><i>Impresa Silvia Diarodon</i></p> <p>consorzio triveneto rocciatori</p> <p><b>SO GI</b></p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>6 di 47</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	6 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	6 di 47								

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa utilizzata per l'espletamento del presente documento è la seguente:

1. Decreto Ministeriale Infrastrutture 17 gennaio 2018: "Norme Tecniche per le Costruzioni".
2. Circolare esplicativa NTC 2018 del 11 febbraio 2019.
3. Commentario per le Norme Tecniche per le Costruzioni 2018
4. Manuale di progettazione delle opere civili" (RFI DTC SI PS MA IFS 001)

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p>consorzio triveneto rocciatori</p> <p>Impresa Silvio Dierodon</p> <p>SO GI</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>7 di 47</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	7 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	7 di 47								

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Vengono di seguito riportate le caratteristiche dei materiali considerate nei calcoli.

#### 3.1 Calcestruzzo per micropali e cordolo di testa

<b>CALCESTRUZZO - Rif. DM 17/01/2018</b>			
classe di resistenza	<b>C25/30</b>		
resistenza cubica caratteristica a compressione	$R_{ck}$	30.00	MPa
peso specifico	$\rho$	<b>25.00</b>	kN/mc
classe d'esposizione	<b>XC2</b>		
coeff. espansione termica lineare	$\alpha$	$1 \times 10^{-5}$	$^{\circ}\text{C}^{-1}$
coeff. di Poisson	$\nu_{fess}$	0.00	
	$\nu_{non\ fess}$	0.20	
modulo elastico secante	$E_{cm}$	31447	MPa
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	24.90	MPa
resistenza cilindrica media a compressione	$f_{cm}$	32.90	MPa
coeff. parziale per resistenze SLU	$\gamma_c$	1.50	
coeff. riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0.85	
resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm}$	2.56	MPa
resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctfm}$	3.07	MPa
resistenza caratteristica a trazione frattile 5%	$f_{ctk,0.05}$	1.79	MPa
resistenza caratteristica a trazione frattile 95%	$f_{ctk,0.95}$	3.33	MPa
<b>resistenza di calcolo a compressione</b>	<b><math>f_{cd}</math></b>	<b>14.11</b>	<b>MPa</b>
<b>resistenza di calcolo a compressione per spessori &lt; 5cm</b>	<b><math>f_{cd,sp&lt;5}</math></b>	<b>11.29</b>	<b>MPa</b>
<b>resistenza di calcolo a trazione</b>	<b><math>f_{ctd}</math></b>	<b>1.19</b>	<b>MPa</b>
<b>resistenza di calcolo a trazione per spessori &lt; 5cm</b>	<b><math>f_{ctd,sp&lt;5}</math></b>	<b>0.96</b>	<b>MPa</b>
<b>tensione ammissibile per combinazione caratteristica (rara)</b>	<b><math>\sigma_{c,rara}</math></b>	<b>14.94</b>	<b>MPa</b>
<b>tensione ammissibile per combinazione caratteristica (rara) per spessori &lt; 5cm</b>	<b><math>\sigma_{c,rara,sp&lt;5}</math></b>	<b>11.95</b>	<b>MPa</b>
<b>tensione ammissibile per combinazione quasi permanente</b>	<b><math>\sigma_{c,q,p.}</math></b>	<b>11.21</b>	<b>MPa</b>
<b>tensione ammissibile per combinazione quasi permanente per spessori &lt; 5cm</b>	<b><math>\sigma_{c,q,p.,sp&lt;5}</math></b>	<b>8.96</b>	<b>MPa</b>
resistenza tangenziale caratteristica di aderenza per barre $\varnothing \leq 32$	$f_{bk}$	4.03	MPa
<b>resistenza tangenziale di calcolo di aderenza per barre <math>\varnothing \leq 32</math></b>	<b><math>f_{bd}</math></b>	<b>2.69</b>	<b>MPa</b>

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p>Impresa Silvio Dierodon consorzio triveneto rocciatori</p> <p>SO GIN</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>8 di 47</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	8 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	8 di 47								

### 3.2 Calcestruzzo per cordoli di ancoraggio chiodature

<b>CALCESTRUZZO - Rif. DM 17/01/2018</b>			
classe di resistenza	<b>C32/40</b>		
resistenza cubica caratteristica a compressione	R <sub>ck</sub>	40.00	MPa
peso specifico	ρ	<b>25.00</b>	kN/mc
classe d'esposizione	<b>XC2</b>		
coeff. espansione termica lineare	α	1x10 <sup>-5</sup>	°C <sup>-1</sup>
coeff. di Poisson	ν <sub>fess</sub>	0.00	
	ν <sub>non fess</sub>	0.20	
modulo elastico secante	E <sub>cm</sub>	33643	MPa
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f <sub>ck</sub>	33.20	MPa
resistenza cilindrica media a compressione	f <sub>cm</sub>	41.20	MPa
coeff. parziale per resistenze SLU	γ <sub>c</sub>	1.50	
coeff. riduttivo per resistenze di lunga durata	α <sub>cc</sub>	0.85	
resistenza media a trazione assiale	f <sub>ctm</sub>	3.10	MPa
resistenza media a trazione per flessione	f <sub>ctfm</sub>	3.72	MPa
resistenza caratteristica a trazione frattile 5%	f <sub>ctk,0.05</sub>	2.17	MPa
resistenza caratteristica a trazione frattile 95%	f <sub>ctk,0.95</sub>	4.03	MPa
<b>resistenza di calcolo a compressione</b>	<b>f<sub>cd</sub></b>	<b>18.81</b>	<b>MPa</b>
<b>resistenza di calcolo a compressione per spessori &lt; 5cm</b>	<b>f<sub>cd,sp&lt;5</sub></b>	<b>15.05</b>	<b>MPa</b>
<b>resistenza di calcolo a trazione</b>	<b>f<sub>ctd</sub></b>	<b>1.45</b>	<b>MPa</b>
<b>resistenza di calcolo a trazione per spessori &lt; 5cm</b>	<b>f<sub>ctd,sp&lt;5</sub></b>	<b>1.16</b>	<b>MPa</b>
<b>tensione ammissibile per combinazione caratteristica (rara)</b>	<b>σ<sub>c,rara</sub></b>	<b>19.92</b>	<b>MPa</b>
<b>tensione ammissibile per combinazione caratteristica (rara) per spessori &lt; 5cm</b>	<b>σ<sub>c,rara,sp&lt;5</sub></b>	<b>15.94</b>	<b>MPa</b>
<b>tensione ammissibile per combinazione quasi permanente</b>	<b>σ<sub>c,q.p.</sub></b>	<b>14.94</b>	<b>MPa</b>
<b>tensione ammissibile per combinazione quasi permanente per spessori &lt; 5cm</b>	<b>σ<sub>c,q.p.,sp&lt;5</sub></b>	<b>11.95</b>	<b>MPa</b>
resistenza tangenziale caratteristica di aderenza per barre Ø≤32	f <sub>bk</sub>	4.88	MPa
<b>resistenza tangenziale di calcolo di aderenza per barre Ø≤32</b>	<b>f<sub>bd</sub></b>	<b>3.25</b>	<b>MPa</b>

### 3.3 Acciaio da C.A.

<b>ACCIAIO DA C.A. - Rif. DM 17/01/2018</b>			
tipo	<b>B450C</b>		
coeff. parziale per le resistenze SLU	γ <sub>M</sub>	1.15	
resistenza caratteristica a snervamento	f <sub>yk</sub>	450.00	MPa
resistenza caratteristica a rottura	f <sub>tk</sub>	540.00	MPa
rapporto (f <sub>t</sub> / f <sub>y</sub> ) <sub>k</sub>	1,15 ≤	(f <sub>t</sub> / f <sub>y</sub> ) <sub>k</sub>	≤ 1,35
rapporto (f <sub>y</sub> / f <sub>y,nom</sub> ) <sub>k</sub>		(f <sub>y</sub> / f <sub>y,nom</sub> ) <sub>k</sub>	≤ 1,25
allungamento (A <sub>gt</sub> ) <sub>k</sub>	(A <sub>gt</sub> ) <sub>k</sub>	≥ 7,50 %	
<b>resistenza di calcolo</b>	<b>f<sub>yd</sub></b>	<b>391.30</b>	<b>MPa</b>
<b>tensione ammissibile per combinazione caratteristica (rara)</b>	<b>σ<sub>s,rara</sub></b>	<b>360.00</b>	<b>MPa</b>

<p>IMPRESE</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p> Impresa Silvio Dierodon consorzio triveneto rocciatori</p> <p> SOGIN</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>9 di 47</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	9 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	9 di 47								

### 3.4 Acciaio per carpenteria metallica

<b>ACCIAIO DA CARPENTERIA - Rif. DM 17/01/2018</b>			
qualità		S 355	
coeff. parziale per la resistenza delle sezioni	$\gamma_{M0}$	1.05	
coeff. parziale per la resistenza all'instabilità	$\gamma_{M1}$	1.05	
coeff. parziale per la resistenza all'instabilità negli elementi dei ponti	$\gamma_{M1,ponti}$	1.10	
coeff. parziale per la resistenza delle sezioni tese con fori	$\gamma_{M2}$	1.25	
peso specifico	$\rho$	78.50	kN/mc
modulo elastico	E	210000	MPa
modulo di elasticità trasversale $G = E / (2 \times (1+\nu))$	G	80769	MPa
coeff. di Poisson	$\nu$	0.30	
coeff. espansione termica lineare	$\alpha$	$12 \times 10^{-6}$	$^{\circ}\text{C}^{-1}$
resistenza caratteristica a snervamento	$f_{yk}$	355.00	MPa
resistenza caratteristica a rottura	$f_{tk}$	510.00	MPa
<b>resistenza di calcolo delle sezioni</b> $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0}$	$f_{yd}$	<b>338.10</b>	<b>MPa</b>
<b>resistenza di calcolo per l'instabilità</b> $f_{yd,1} = f_{yk} / \gamma_{M1}$	$f_{yd,1}$	<b>338.10</b>	<b>MPa</b>
<b>resistenza di calcolo per l'instabilità negli elementi dei ponti</b> $f_{yd,1} = f_{yk} / \gamma_{M1}$	$f_{yd,1,ponti}$	<b>322.73</b>	<b>MPa</b>
<b>resistenza di calcolo per sezioni tese con fori</b> $f_{yd,2} = f_{yk} / \gamma_{M2}$	$f_{yd,2}$	<b>284.00</b>	<b>MPa</b>

<p>IMPRESE</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><i>Impresa Silvia Diarodon</i></p> <p>consorzio triveneto rocciatori</p> <p><b>SO GIN</b></p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>10 di 47</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	10 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	10 di 47								

#### 4 PARAMETRI GEOTECNICI

Alla luce dei sondaggi realizzati nel sito di interesse, si definisce il modello geotecnico utilizzato per il dimensionamento delle opere (si fa riferimento alla “Relazione geotecnica” codice IB0A00EEZZRBNV0900001). Si assume che il terreno in esame presenti una stratigrafia omogenea composta principalmente da ghiaia. Di seguito, in Tabella 4.1, i parametri geotecnici adottati.

**Tabella 4.1 Modello geotecnico**

TERRENO	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	$\Phi$ (°)	C (KPa)	E (MPa)
GHIAIA	21	36	0	50

La falda è stata individuata a quota di circa 469.10 m s.l.m.m.

<p>IMPRESE</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p>Impresa Silvio Dierodon consorzio triveneto rocciatori</p> <p>SO GI</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>11 di 47</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	11 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	11 di 47								

## 5 AZIONI SISMICHE

La normativa sismica vigente impone, per il calcolo delle azioni sismiche di progetto e la valutazione dell'amplificazione del moto sismico, la stima del fattore di amplificazione dell'energia sismica causato dai diversi terreni in base alle loro caratteristiche di spessore e di rigidità sismica.

In mancanza di studi specifici della risposta sismica locale, la normativa vigente definisce cinque categorie di suolo di fondazione (A,B,C,D,E) a diversa rigidità sismica, caratterizzate da velocità delle onde di taglio decrescenti e quindi ad effetti amplificativi crescenti.

I coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica, oltre all'accelerazione  $a_g$ , sono stati ottenuti attraverso il programma sperimentale "Spettri di risposta ver.1.0.3", messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, che fornisce gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticale) delle azioni sismiche di progetto per il generico sito del territorio nazionale.

In questo caso, facendo riferimento a quanto riportato negli allegati al progetto "ADDENDUM ALLA RELAZIONE DI CALCOLO OPERE DI SOSTEGNO (PARATIE)", codice IBL10AD26CLNV0900004A, il sottosuolo appartiene alla tale **categoria C**: "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s."

Per quanto riguarda la categoria topografica del sito, è stata scelta la **categoria T2**, cioè "Pendii con inclinazione media  $i > 15^\circ$ ".

La vita nominale dell'opera viene assunta pari a 100 anni, in accordo con quanto definito nella relazione sopra citata.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso diverse; nel nostro caso si fa riferimento alla **Classe IV**.

Gli spettri di risposta per uno stato limite ultimo SLV (Stato Limite di Vita), con relativi punti e parametri, ottenuti col programma "Spettri di risposta ver.1.0.3" sono riportati di seguito (Figura 5.1e Figura 5.2).

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO</b> <b>GIN</b></p> <p>Impresa Silvia Diarodon consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>12 di 47</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	12 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	12 di 47								

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**

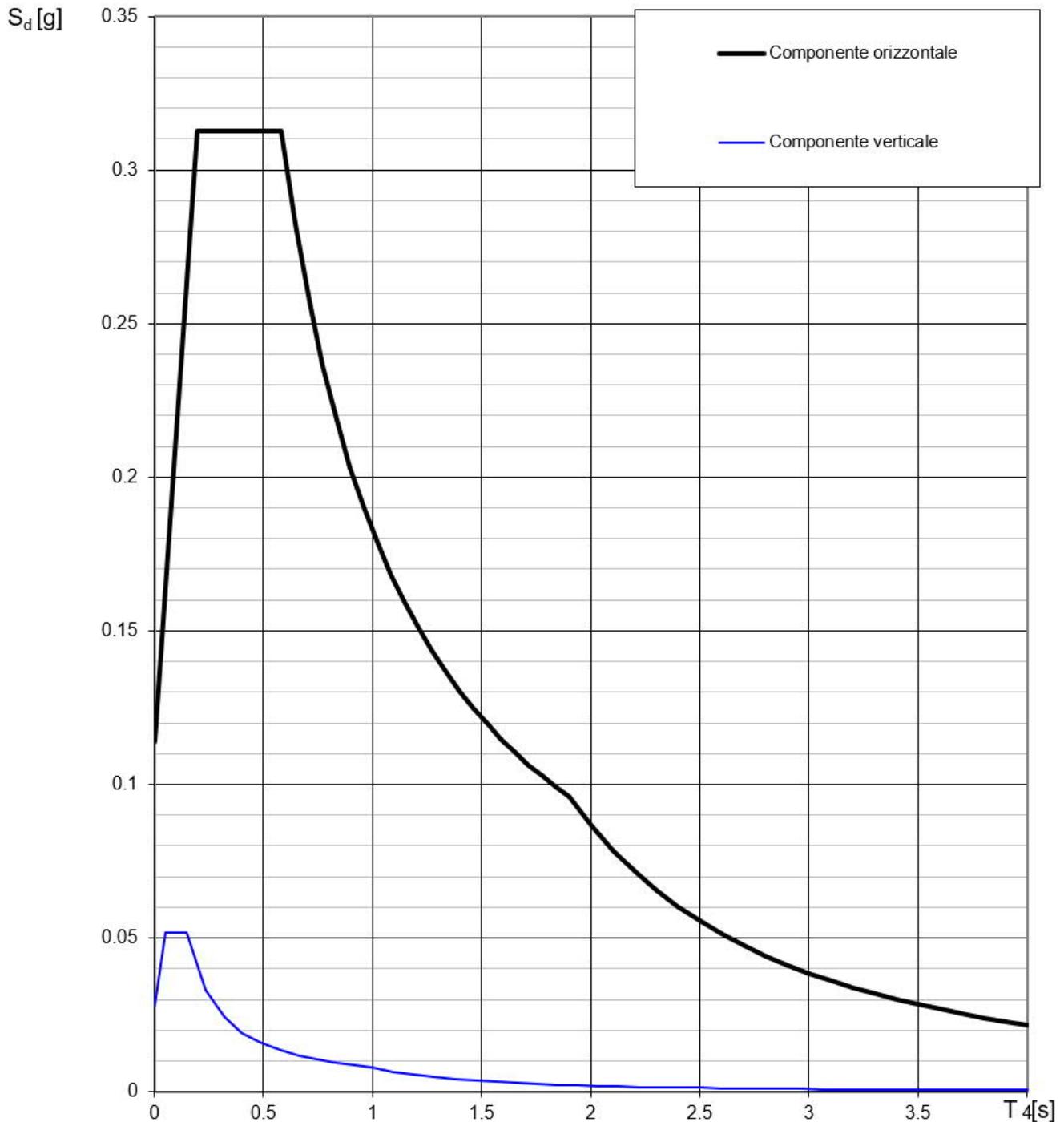


Figura 5.1. Grafico Spettri sismici di risposta per lo stato limite SLV.

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p>Impresa Silvio Dierodon consorzio triveneto rocciatori</p> <p>SO GIN</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<p>COMMESSA    LOTTO    CODIFICA    DOCUMENTO    REV.    FOGLIO</p> <p>IB0A            00            E ZZ CL        NV0960001    B            13 di 47</p>

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	
$a_g$	0.076 g
$F_o$	2.750
$T_c$	0.416 s
$S_s$	1.500
$C_c$	1.402
$S_T$	1.200
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.800
$\eta$	1.000
$T_B$	0.195 s
$T_C$	0.584 s
$T_D$	1.903 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta** (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.114
← $T_B$	0.195	0.313
← $T_C$	0.584	0.313
	0.646	0.282
	0.709	0.257
	0.772	0.236
	0.835	0.219
	0.898	0.203
	0.961	0.190
	1.023	0.178
	1.086	0.168
	1.149	0.159
	1.212	0.151
	1.275	0.143
	1.338	0.136
	1.401	0.130
	1.463	0.125
	1.526	0.120
	1.589	0.115
	1.652	0.111
	1.715	0.106
	1.778	0.103
	1.841	0.099
← $T_D$	1.903	0.096
	2.003	0.087
	2.103	0.079
	2.203	0.072
	2.303	0.066
	2.403	0.060
	2.502	0.055
	2.602	0.051
	2.702	0.048
	2.802	0.044
	2.902	0.041
	3.002	0.039
	3.101	0.036
	3.201	0.034
	3.301	0.032
	3.401	0.030
	3.501	0.028
	3.601	0.027
	3.700	0.025
	3.800	0.024
	3.900	0.023
	4.000	0.022

**Figura 5.2. Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV.**

Visto che la vita utile dell'opera è inferiore a 2 anni, in quanto si prevede che la totalità dei lavori venga conclusa in un tempo inferiore, non viene considerata alcuna azione sismica nei calcoli.

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRI GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p>Impresa Silvia Diacodan consorzio triveneto rocciatori</p> <p>SO GI</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>14 di 47</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	14 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	14 di 47								

## 6 DESCRIZIONE OPERE

Per la realizzazione del tombino idraulico sito al km 0+494.00 è prevista l'esecuzione di due berlinesi di micropali che si differenziano per caratteristiche geometriche in funzione della loro ubicazione.

A monte della sede stradale (sezione 20A), laddove il tombino si sviluppa verticalmente, è prevista una berlinese di micropali di lunghezza 16 m opportunamente armata con tre ordini di chiodatura le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 6.1 e Tabella 6.2.

A valle della sede stradale (sezione A-A), in corrispondenza del manufatto di imbocco al tombino esistente, è prevista una berlinese di micropali di lunghezza 9 m le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 6.1.

Si riportano di seguito le caratteristiche geometriche delle strutture analizzate, dove:

$\phi$  = diametro dei micropali

$i$  = interasse micropali / chiodatura

armatura = diametro e spessore del tubolare in acciaio usato per i micropali

$L$  = lunghezza micropali / chiodatura

$Q_t$  = quota testa micropalo

$Q_p$  = quota punta micropalo

$\phi_{per}$  = diametro perforazione chiodatura

barra = tipo barra autoperforante per chiodatura

$\alpha$  = inclinazione della barra rispetto l'orizzontale

cordolo = dimensioni cordolo di ripartizione (H x B)

$Q_i$  = quota intradosso cordolo

$Q_e$  = quota estradosso cordolo

SEZIONE	MICROPALI					
	$\phi$ [mm]	$i$ [m]	armatura [mm]	$L$ [m]	$Q_t$ [m]	$Q_p$ [m]
20A	280	0.4	168.3/12	16.0	486.36	470.36
A-A	280	0.4	168.3/12	9.0	477.41	468.41

**Tabella 6.1 Caratteristiche micropali**

<p>IMPRESE</p> <p><b>QUADRO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO</b> <b>GIN</b></p> <p><i>Impresa Silvia Diarodon</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>15 di 47</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	15 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	15 di 47								

SEZIONE	CHIODATURA mediante barra tipo R51 Sirive o equivalente								
	Ordine	Barra	L [m]	i [m]	$\alpha$ [°]	$\phi_{per}$ [mm]	Cordolo [m]	$Q_c$ [m]	$Q_i$ [m]
20A	1^	R51	12.0	1.6	55	150	0.6 x 0.6	486.46	485.86
	2^	R51	16.0	1.2	20	150	0.3 x 0.4	483.06	482.66
	3^	R51	16.0	1.2	20	150	0.3 x 0.4	480.06	479.66

**Tabella 6.2 Caratteristiche chiodature**

Il cordolo di testa dei micropali ha dimensioni 0.6 x 0.6 m ed i micropali sono inseriti nel cordolo stesso per una lunghezza di 0.5 m.

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p>Impresa Silvia Diacodan consorzio triveneto rocciatori</p> <p>SO GI</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>16 di 47</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	16 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	16 di 47								

## 7 OPERE PROVVISORIALI

### 7.1 Premessa

Per la modellazione del problema e, in particolare, per l'analisi della berlinese ed il calcolo delle sollecitazioni sulla chiodatura con le relative verifiche strutturali, è stato impiegato il codice di calcolo Plaxis 2D, un programma bidimensionale agli elementi finiti che permette di tenere conto del comportamento elastoplastico del terreno seguendo contemporaneamente, per fasi, la variazione di stato tensionale e deformativo nei vari punti dell'ammasso considerato e degli elementi strutturali collegati.

### 7.2 Codice di calcolo

Il programma PLAXIS 2D, impiegato per il calcolo delle sezioni, è stato realizzato da un gruppo di ricercatori della Delft University of Technology guidati dal Prof. P.A. Vermeer, con il supporto scientifico delle Università di Grenoble, Oxford e Stuttgart.

PLAXIS è un programma bidimensionale agli elementi finiti che permette di tenere conto del comportamento elastoplastico del terreno seguendo contemporaneamente, per passi successivi, la variazione di stato tensionale e deformativo nei vari punti dell'ammasso considerato e degli elementi strutturali collegati.

Il programma PLAXIS è nato per specifiche esigenze di tipo geotecnico; esso permette di esaminare casi di stato piano di deformazione o di assialsimmetria.

La sua caratteristica peculiare è di utilizzare materiali con caratteristiche elastoplastiche, seguendo passo passo gli incrementi di carico (fino a grandi deformazioni, nel qual caso è possibile aggiornare la mesh) utilizzando il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.

Il modello utilizzato nel caso in esame è invece un modello elastoplastico ad incrudimento tipo Hardening Soil Model (HSM).

Il terreno è schematizzato mediante un insieme di elementi finiti a forma triangolare a quindici nodi che forniscono una distribuzione cubica delle tensioni e delle deformazioni all'interno di ciascun elemento (essendo polinomi del 4° ordine le funzioni di forma interpolanti il campo degli spostamenti); di conseguenza il programma individua con accuratezza campi di tensione e di deformazione complessi anche con un limitato numero di elementi. Esiste la possibilità di mettere in conto la presenza di elementi lineari del tipo "beam", "truss" e "geotessili" resistenti solo a trazione, di considerare la presenza di molle elastoplastiche, e di ridurre le caratteristiche meccaniche del terreno a contatto con elementi di diversa natura.

I dati principali richiesti dal programma sono:

- geometria del problema (coordinate dei vertici di quadrilateri che vengono poi suddivisi in triangoli a 15 nodi, posizione di elementi *beam*, *truss*, geotessili, molle elastoplastiche, vincoli, falda);
- caratteristiche degli elementi di terreno:

- $\gamma_{dry}$  = peso totale dell'unità di volume emerso,  
 $\gamma_{wet}$  = peso totale dell'unità di volume immerso,  
 $\phi'$  = angolo d'attrito interno,

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p>Impresa Silvia Diacodan consorzio triveneto rocciatori</p> <p>SO GI</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>17 di 47</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	17 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	17 di 47								

- $\psi$  = angolo di dilatanza,  
 $G$  = modulo di elasticità tagliante,  
 $\nu$  = coefficiente di Poisson,  
 $c'$  = coesione,

c) coefficienti di permeabilità in direzione orizzontale e verticale;

d) tipo di comportamento (drenato o non drenato)

e) caratteristiche degli elementi lineari:

EJ ed EA per gli elementi beam,  
 EA per gli elementi truss,  
 rigidezza elastica per elementi geotessili in trazione,  
 rigidezza e forza ultima per le molle elastoplastiche;

f) definizione dei sistemi di carico;

g) definizione delle pressioni idrostatiche, eventualmente variabili durante l'analisi del problema o, quando sia richiesto, condizioni al contorno per il calcolo delle pressioni idrostatiche.

A seguire sono rappresentate le modellazioni adottate dal programma per:

- legame costitutivo fra la tensione deviatorica (differenza fra la tensione assiale  $\sigma_1$  e la tensione di confinamento radiale  $\sigma_3$ ) e la deformazione assiale ( $\varepsilon_1$ );
- relazione fra  $\varepsilon_v$  (deformazione volumetrica  $\Delta V/V_0$ ) e  $\varepsilon_1$  (deformazione assiale).

Il calcolo prevede in genere la suddivisione delle diverse fasi (corrispondenti all'applicazione di carichi, o a modifiche della configurazione geometrica per scavi o riporti, o a modifiche delle pressioni idrostatiche, o a dissipazione di pressioni neutre) in passi di calcolo, ed è possibile quindi seguire l'evoluzione delle condizioni del terreno parallelamente alle prevedibili fasi costruttive.

Il programma è concepito in modo tale da applicare per passi i carichi desiderati, aggiornando di volta in volta i valori delle deformazioni e delle tensioni.

All'interno di ogni passo di carico il programma perviene all'equilibrio attraverso una serie di iterazioni sfruttando la matrice di rigidezza iniziale (metodo di Newton-Raphson modificato).

Il controllo della convergenza, al termine della i-esima iterazione viene effettuato attraverso la relazione:

$$\varepsilon_i = \frac{\|\overline{P}_i\|}{\|\Sigma F\|}$$

dove:  $\varepsilon_i$  = errore della i-esima iterazione;

$\|\overline{P}_i\|$  = norma del vettore costituito dalle forze nodali non bilanciate;  $\|\overline{P}_i\|$  può essere definito come  $\|\Sigma F - P_i\|$ , dove  $P_i$  è il vettore dei carichi nodali equivalenti al termine della i-esima iterazione (relativo allo stato tensionale ottenuto via legame costitutivo dallo stato deformativo);

<p>IMPRESE</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO GI</b></p> <p>Impresa Silvia Diarodon consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>18 di 47</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	18 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	18 di 47								

$\|\Sigma F\|$  = norma del vettore dei carichi nodali equivalenti relativo al livello finale di carico del passo in esame.

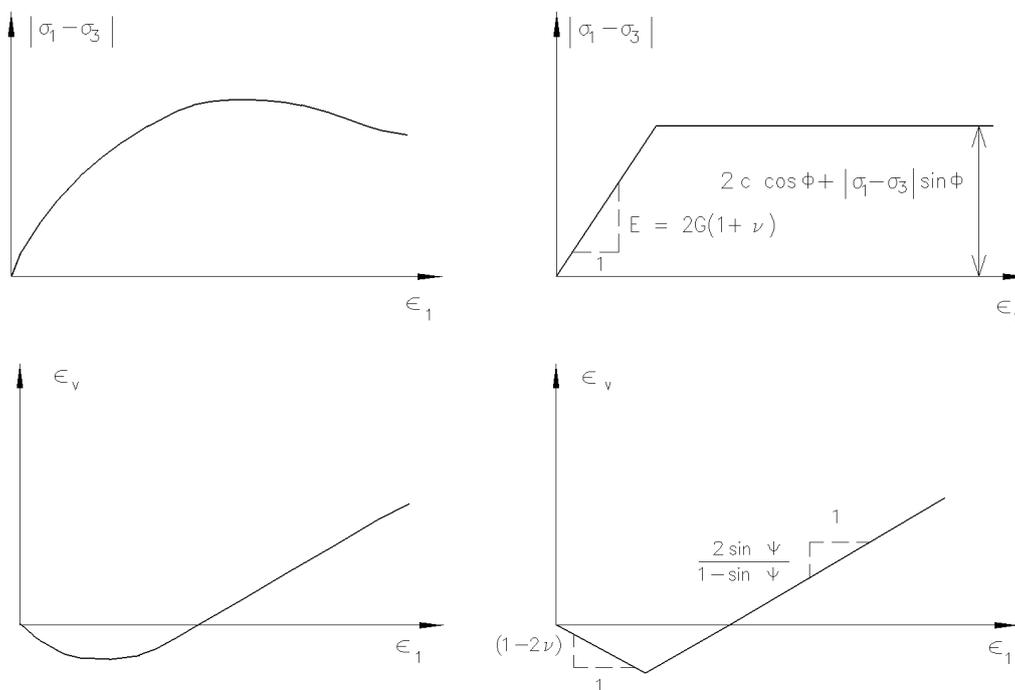
In output sono disponibili, per ogni passo:

- spostamenti in tutti i nodi del sistema,
- stato tensionale in tutti i punti di integrazione (12 per triangolo),
- sollecitazioni di momento flettente, sforzo normale e taglio negli elementi beam e sforzo normale negli elementi truss, negli elementi geotessili e nelle molle elastoplastiche.

Varie routine grafiche permettono di visualizzare velocemente gli spostamenti e lo stato tensionale in ciascuna fase.

Il programma permette di risolvere i seguenti problemi:

- filtrazione, e sue conseguenze sul campo delle deformazioni e delle tensioni,
- carichi applicati, analisi delle deformazioni e delle tensioni, valutazione del carico limite,
- analisi della stabilità dei pendii,
- interazione terreno-struttura,
- effetto della presenza di geotessili,
- analisi della consolidazione.



**Figura 7.1** Relazione fra la prova triassiale standard (drenata) e modello elastoplastico.  $\sigma_1$  è la tensione assiale,  $\sigma_3$  tensione radiale costante di confinamento,  $\sigma_v$  deformazione volumetrica,  $\epsilon_1$  è la deformazione assiale

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p>Impresa Silvia Diarodon consorzio triveneto rocciatori</p> <p>SO GI</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>19 di 47</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	19 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	19 di 47								

### 7.3 Analisi dei carichi

#### Spinta delle terre

La spinta delle terre viene determinata con la seguente espressione:

$$p'_a(z) = [\sigma'_v(z) + q] \cdot K_a - 2c'\sqrt{K_a}$$

dove  $\sigma'_v(z)$  = tensione verticale efficace alla generica quota z;

$K_a$  = coefficiente di spinta attiva;

q = eventuale sovraccarico uniformemente distribuito.

Per il calcolo di  $K_a$  si utilizza la formula di Mononobe ed Okabe.

La spinta passiva viene valutata, ipotizzando la eventuale presenza della coesione, come:

$$p_p = \sigma'_v K_p + 2\sqrt{K_p} c'$$

Il coefficiente di spinta passiva  $K_p$  è stato valutato utilizzando le tabelle di Caquot e Kerisel, che fanno riferimento a superfici di rottura non piane.

La spinta delle terre, sia quella dovuta al peso proprio che ai sovraccarichi accidentali, viene valutata automaticamente dal codice di calcolo impiegato con riferimento alla stratigrafia ed ai valori di progetto dei parametri geotecnici, peso di volume, angolo di attrito, coesione, attrito berlinese-terreno, e dei sovraccarichi accidentali ottenuti abbattendo/amplificando i valori caratteristici mediante i coefficienti riduttivi o amplificativi specifici del tipo di verifica condotta.

#### Spinta dell'acqua

La spinta dell'acqua di falda non è stata considerata nei codici di calcolo in quanto non interferisce con i futuri manufatti.

#### Sovraccarico accidentale

Per simulare la presenza del carico stradale, è stato applicato un carico pari a 20 kPa. Tale carico è stato opportunamente coefficientato in accordo con le NTC-2018 ed in funzione delle combinazioni studiate.

#### Azione sismica

L'azione sismica non è stata considerata in quanto trattasi di opere provvisoriali, la cui vita utile è inferiore a 2 anni, così come specificato nel relativo capitolo 5 – Azioni sismiche.

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO</b> <b>GI</b></p> <p><i>Impresa Silvia Diarodon</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>20 di 47</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	20 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	20 di 47								

#### 7.4 Parametri geotecnici

Il terreno viene simulato con il modello costitutivo di tipo “Hardening soil”, utilizzando i parametri del sottosuolo riportati al relativo capitolo 4 – Parametri geotecnici. I terreni di natura granulare sono stati modellati con un comportamento di tipo drenato.

I volumi di calcestruzzo, invece, sono stati simulati con il modello costitutivo di tipo “Linear Elastic”.

#### 7.5 Verifiche strutturali agli SLU

Per le verifiche si seguirà l'Approccio 1 secondo la Combinazione 1 (A1+M1+R3) che prevede l'amplificazione dei carichi agenti secondo i coefficienti parziali sulle azioni  $\gamma_G$  e  $\gamma_Q$  e l'adozione di coefficienti parziali unitari sulle resistenze  $\gamma_M$  per la determinazione dei parametri geotecnici del terreno.

CARICHI		$\gamma_F$	EQU	A1 (STR)	A2 (GEO)
Permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0.9	1.0	1.0
	sfavorevoli		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0.0	0.0	0.0
	sfavorevoli		1.5	1.5	1.3
Variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0.5	0.0	0.0
	sfavorevoli		1.5	1.5	1.3

PARAMETRO	GRANDEZZA	$\gamma_M$	( M1 )	( M2 )
Tangente angolo res.taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_{\gamma}$	1,0	1,0

Nell'analisi condotta con il software Plaxis 2D le azioni sono applicate con i loro valori caratteristici e, quindi, le sollecitazioni risultanti sono da considerarsi agli stati limite di esercizio (SLE).

Per ottenere le sollecitazioni agli stati limite ultimi (SLU) si applicano i coefficienti parziali relativi alle azioni ( $\gamma_F$ ) direttamente alle sollecitazioni SLE.

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p>Impresa Silvia Diacodan consorzio triveneto rocciatori</p> <p>SO GI</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>21 di 47</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	21 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	21 di 47								

## 7.6 Elementi strutturali

### Berlinese

La paratia di micropali è stata inserita nel modello FEM come elementi *plate*, a cui sono stati attribuiti i seguenti parametri caratteristici a metro lineare:

– *Micropali  $\Phi 168.3/12$  mm*

$$EA = 2.70E6 \text{ kN/m}$$

$$EJ = 1.05E4 \text{ kN/m}$$

### Chiodatura

Al chiodo, modellato come “fixed-end anchor”, si assegna l’inclinazione prevista da progetto (55° per i chiodi di testa, 20° per i restanti chiodi) e un valore di lunghezza L unitario. Si considera infatti che la rigidità dell’elemento è definita come:

$$k = \frac{EA}{L}$$

dove E è il modulo elastico dell’elemento, A l’area e L la lunghezza dello stesso. Poiché la lunghezza dell’elemento viene implementata nella definizione di k, si assume un valore di L unitario nel modello.

– *Barra R51 Sirive o equivalente*

EA = 30’000 kN ricavato da parametri definiti da letteratura per il terreno in esame

interasse = 1.6 m / 1.20 m                      L=1 m

Tale metodo di modellazione del tirante corrisponde all’applicazione sulla paratia di una molla elastica, come avviene per tutti i software di calcolo a molle per paratie (Paratie, Diafr, Pac, etc). Tale metodo di modellazione è garanzia, a parere dello scrivente, di stabilità dei risultati, che possono essere immediatamente e facilmente controllabili da parte del progettista. Altri metodi di modellazione del tirante (ad esempio con elementi “plate” o “geotextile”) non sono ottimali per le seguenti ragioni:

- inseriscono valori di aderenza tra l’elemento con il terreno non controllabili dal progettista, pur essendo un parametro fondamentale per il tipo di supporto in questione (carico assiale)
- si modella un elemento fisicamente monodimensionale con un elemento bidimensionale, non avendo quindi corrispondenza tra le superfici di contatto chiodo/terreno
- l’elemento bidimensionale del modello separa o perlomeno condiziona la mesh del terreno che risulta quindi interrotta dall’elemento stesso per tutta la lunghezza del chiodo, cosa che non corrisponde alla realtà

La rigidità ipotizzata della molla di calcolo va verificata in fase preliminare ai lavori, con prove di carico su tiranti realizzati come da progetto, secondo le indicazioni della DL, sentito il progettista e con il coinvolgimento del collaudatore.

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p>Impresa Silvia Diacoron consorzio triveneto rocciatori</p> <p>SO GI</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>22 di 47</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	22 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	22 di 47								

## 7.7 Modelli di calcolo

Si riportano di seguito i modelli di calcolo e le relative fasi di costruzione considerate nella modellazione numerica per le sezioni tipologiche analizzate.

### 7.7.1 Sezione A-A

Nella sezione in oggetto è prevista la realizzazione di berlinesi di micropali sui due lati opposti dello sbocco di uscita del tombino idraulico. Nella fase di fondo scavo si considera una profondità di scavo maggiorata del 10% dell'altezza del terreno da sostenere come previsto da normativa vigente (NTC2018) per opere a sbalzo.

Le fasi di costruzione considerate nella modellazione numerica sono le seguenti:

- 1) Fase iniziale
- 2) Prescavo
- 3) Realizzazione micropali e cordolo di testa
- 4) Scavo fino alla quota di fondo scavo (473.84 m)
- 5) Applicazione sovraccarico

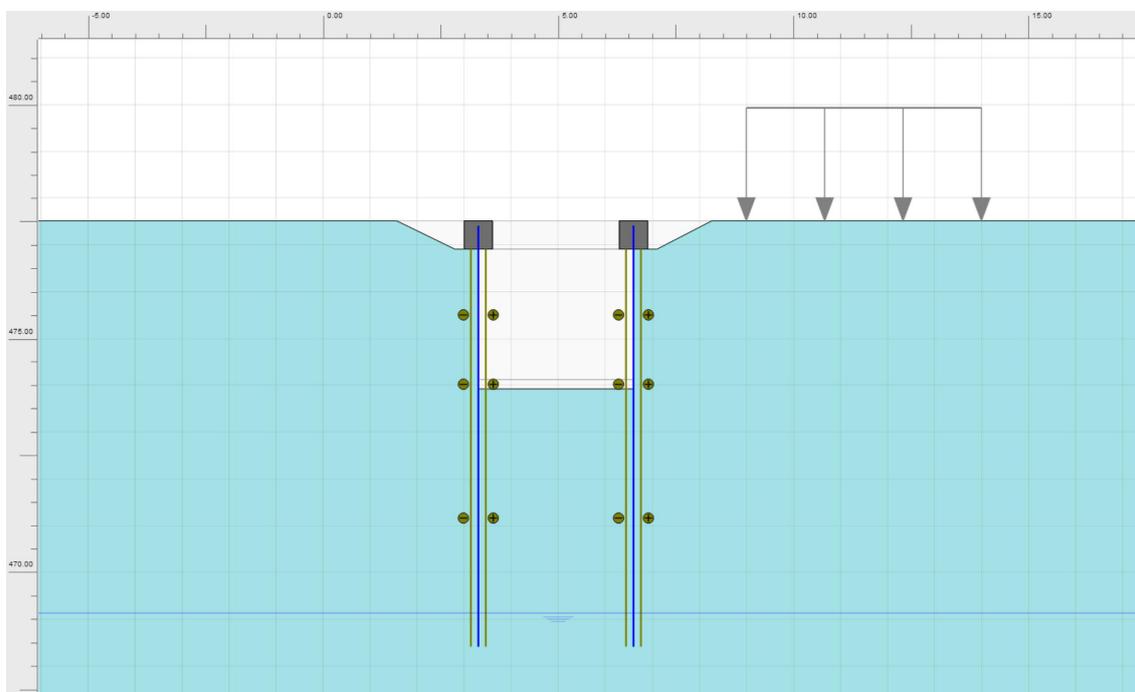


Figura 7.2 Vista del modello di calcolo nella fase di fondo scavo (fase 4).

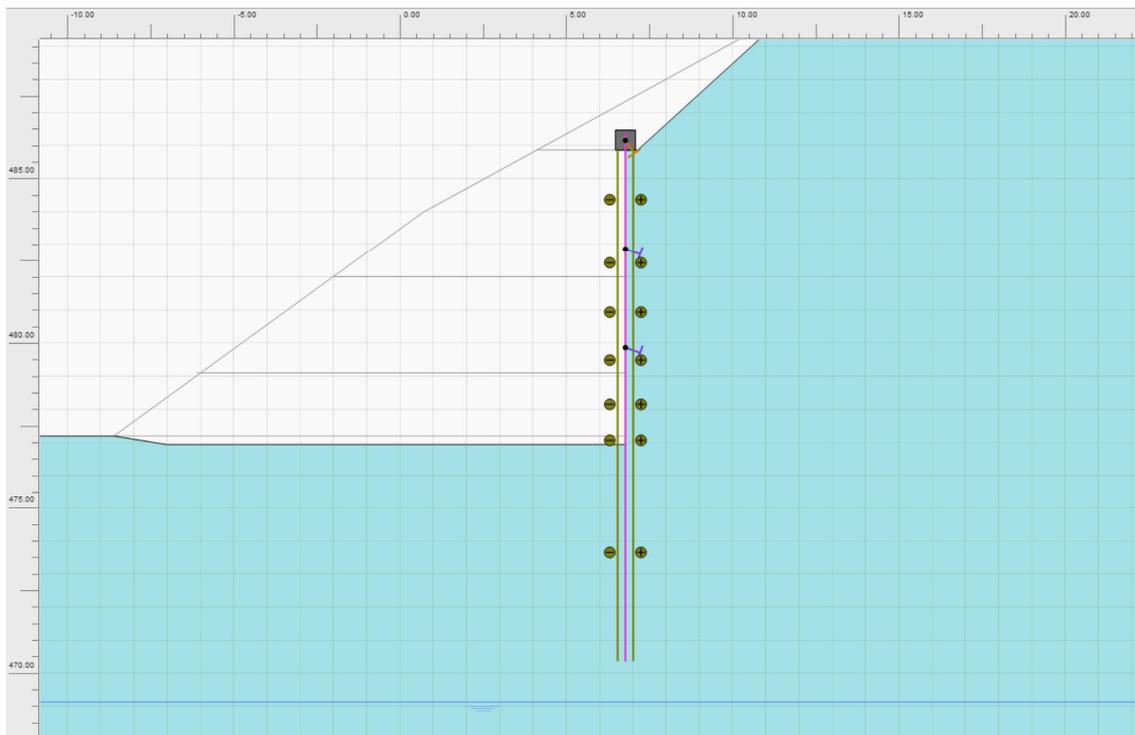
<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO</b> <b>GI</b></p> <p>Impresa Silvia Diacodan consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>23 di 47</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	23 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	23 di 47								

### 7.7.2 Sezione 20A

Nella sezione in oggetto è prevista la realizzazione di berlinesi di micropali sui due lati opposti dello sbocco del tombino nell'esistente.

Le fasi di costruzione considerate nella modellazione numerica sono le seguenti:

- 1) Fase iniziale
- 2) Annullamento dei cedimenti
- 3) Prescavo
- 4) Realizzazione micropali, cordolo di testa e 1^ ordine di chiodatura
- 5) Scavo fino a quota 482.00 m
- 6) Inserimento 2^ ordine di chiodatura
- 7) Scavo fino a quota 479.10 m
- 8) Inserimento 3^ ordine di chiodatura
- 9) Scavo fino alla quota di fondo scavo (476.93 m)



**Figura 7.3 Vista del modello di calcolo nella fase di fondo scavo (fase 9).**

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><i>Impresa Silvia Diarodon</i></p> <p>consorzio triveneto rocciatori</p> <p><b>SO GIN</b></p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>24 di 47</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	24 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	24 di 47								

Il modello geotecnico utilizzato è quello definito nel paragrafo geotecnico. Al fine di riprodurre in modo più accurato e veritiero il terreno in corrispondenza della sezione analizzata, alla luce della condizione orografica in corrispondenza della sezione in analisi, confermata dai sondaggi realizzati in adiacenza e dal sopralluogo realizzato, si è modellato il terreno inserendo un valore di coesione più consono alla stratigrafia presente in sito. In particolar modo, si sono definiti i seguenti parametri:

$\gamma=21\text{KN/m}^3$ ;  $\Phi=36^\circ$ ;  $C=15\text{ kPa}$ ;  $E=50\text{ MPa}$

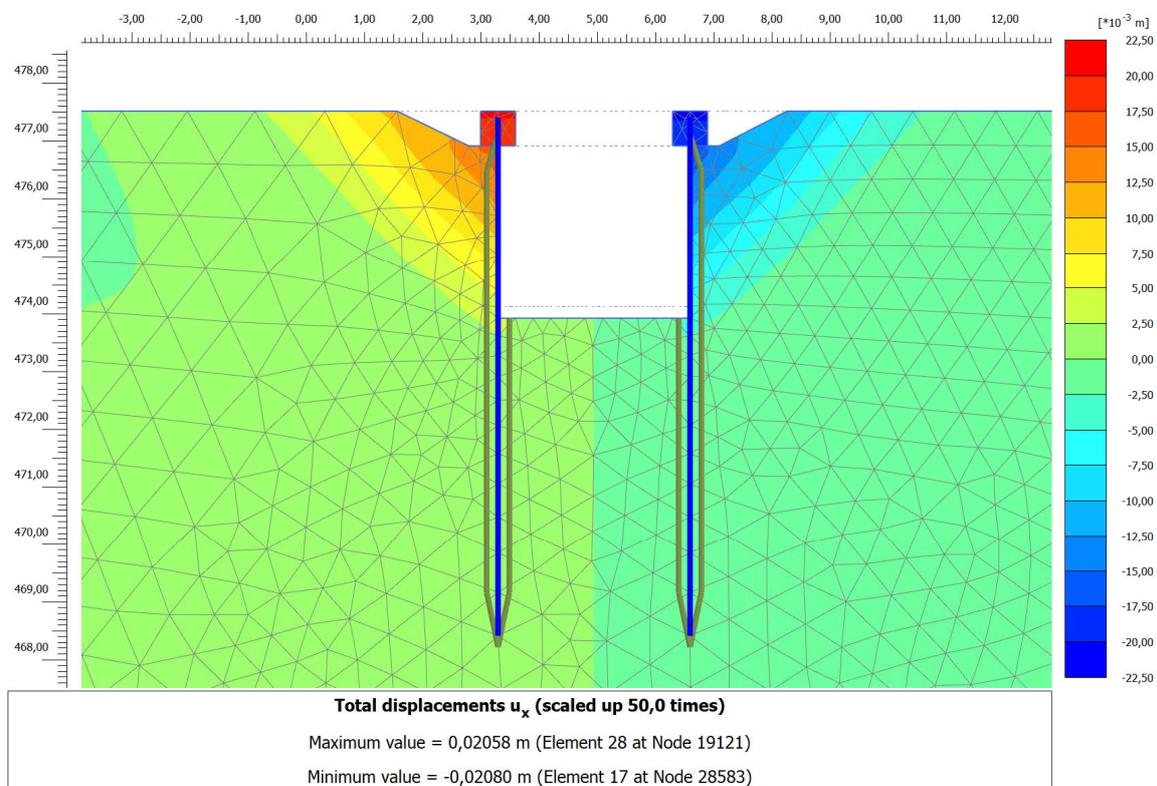
<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p>Impresa Silvia Diarodon consorzio triveneto rocciatori</p> <p><b>SO GI</b></p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>25 di 47</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	25 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	25 di 47								

## 7.8 Risultati

Si riportano i risultati in termini di spostamenti e sollecitazioni agenti sulle strutture per ambo le sezioni di calcolo illustrate al paragrafo 7.7. – Modelli di calcolo. I risultati di seguito esposti fanno riferimento alla fase di costruzione più gravosa dal punto di vista deformativo e tensionale.

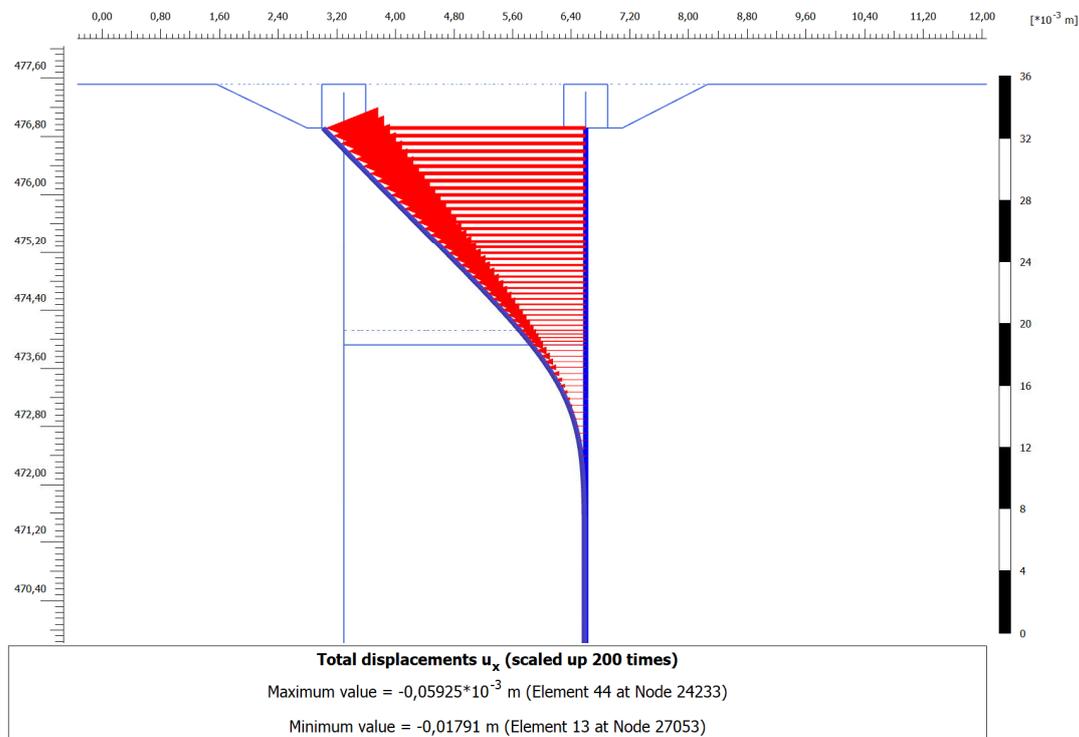
### 7.8.1 Sezione A-A

#### 7.8.1.1 Analisi degli spostamenti delle paratie



**Figura 7.4 Spostamenti orizzontali a fondo scavo (fase 4).**

<p>IMPRESE</p> <p><b>QUADRO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO GIN</b></p> <p><i>Impresa Silvia Diarodon</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>26 di 47</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	26 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	26 di 47								



**Figura 7.5 Spostamenti orizzontali della paratia a fondo scavo (fase 4).**

Lo spostamento orizzontale massimo stimato è pari a 2 cm circa. In particolare, lo spostamento massimo della paratia è di circa 1.8 cm.

Considerata la tridimensionalità dell'opera in relazione al modello di calcolo in stato piano si possono stimare gli spostamenti reali della berlinese di micropali inferiori al centimetro.

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO</b> <b>GIN</b></p> <p>Impresa Silvia Diarodon consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>27 di 47</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	27 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	27 di 47								

7.8.1.2 Analisi delle sollecitazioni della paratia

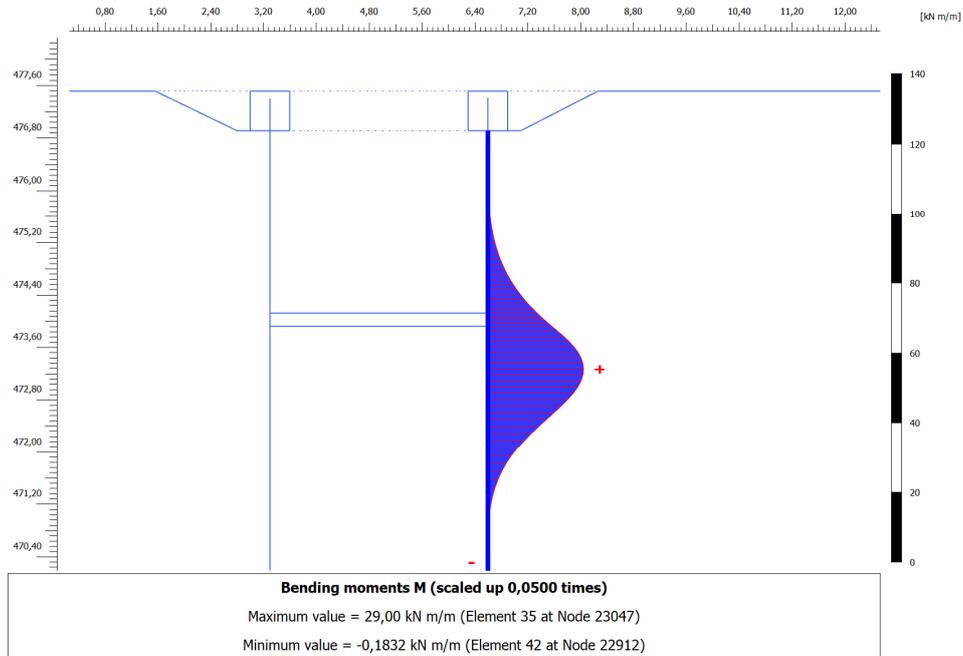


Figura 7.6 Andamento del momento sulla berlinese a fondo scavo e sovraccarico al p.c. (fase 4.1).

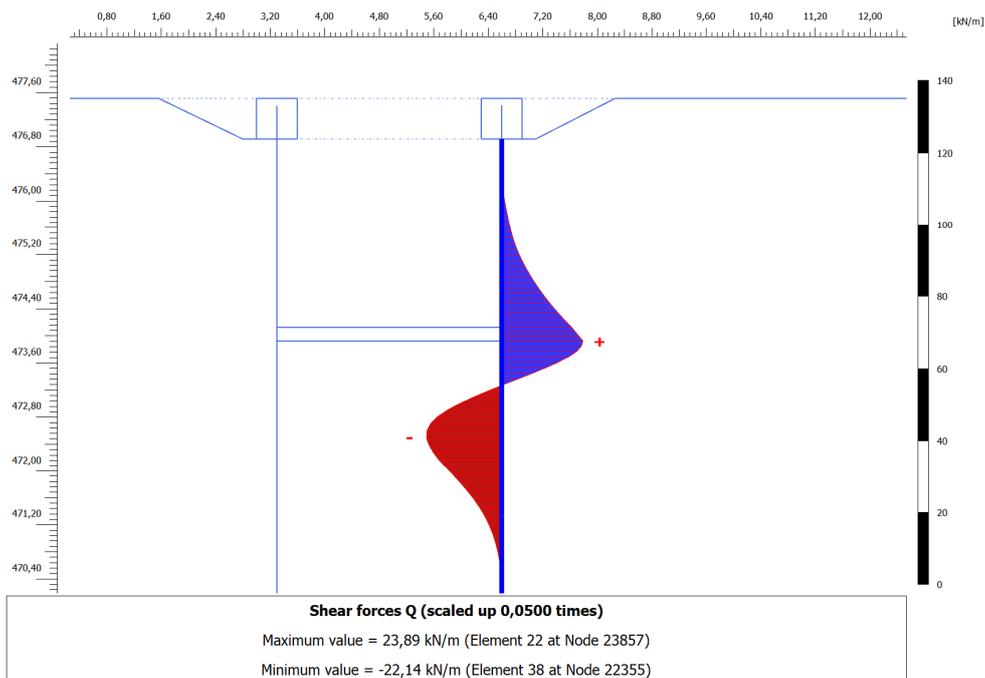


Figura 7.7 Andamento del taglio sulla berline a fondo scavo e sovraccarico al p.c. (fase 4.1).

<p>IMPRESE</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO GI</b></p> <p>Impresa Silvia Diacodan consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>28 di 47</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	28 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	28 di 47								

## 7.8.2 Sezione 20A

### 7.8.2.1 Analisi degli spostamenti delle paratie

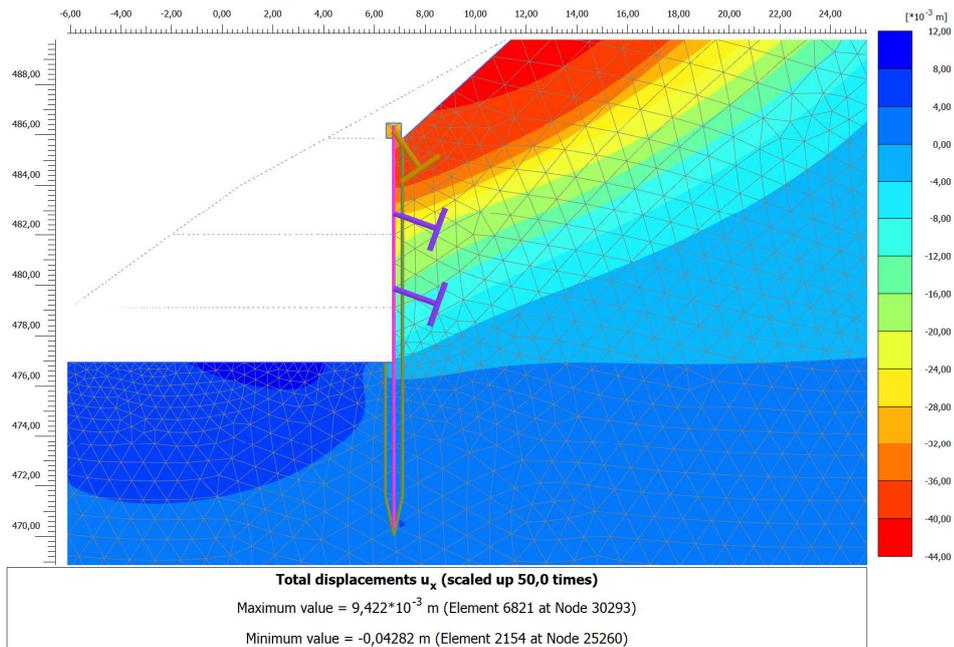


Figura 7.8 Spostamenti orizzontali a fondo scavo (fase 9).

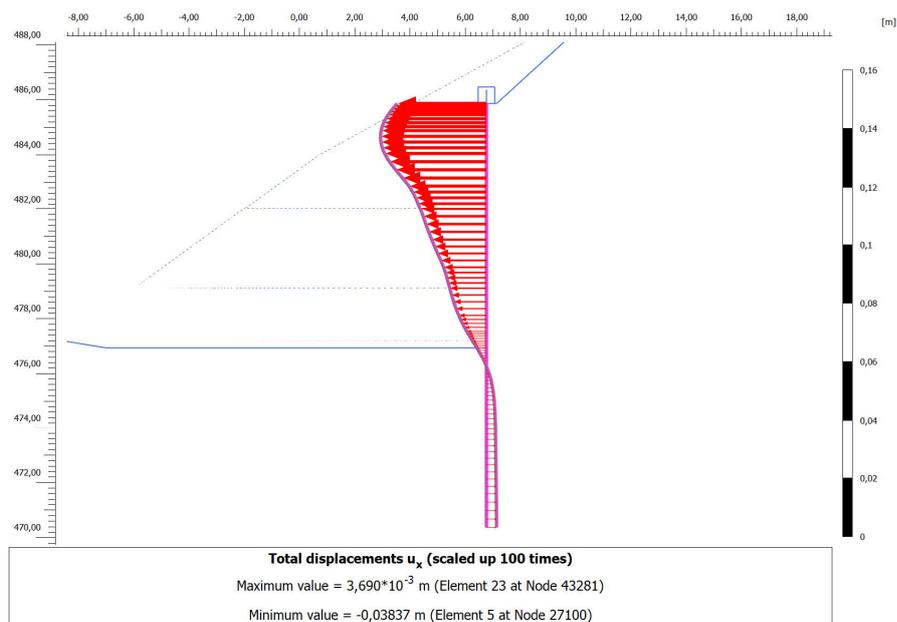


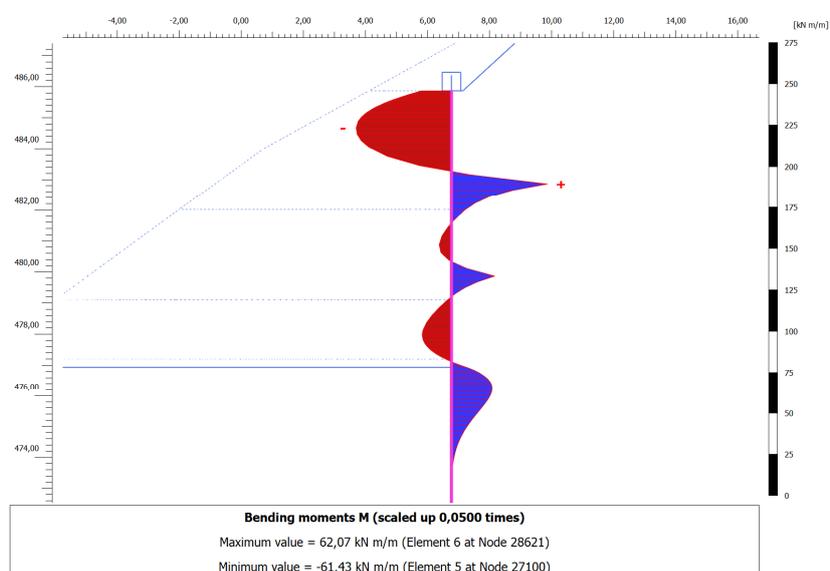
Figura 7.9 Spostamenti orizzontali della paratia a fondo scavo (fase 9).

<p>IMPRESE</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO GIN</b></p> <p>Impresa Silvio Dierodon consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>29 di 47</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	29 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	29 di 47								

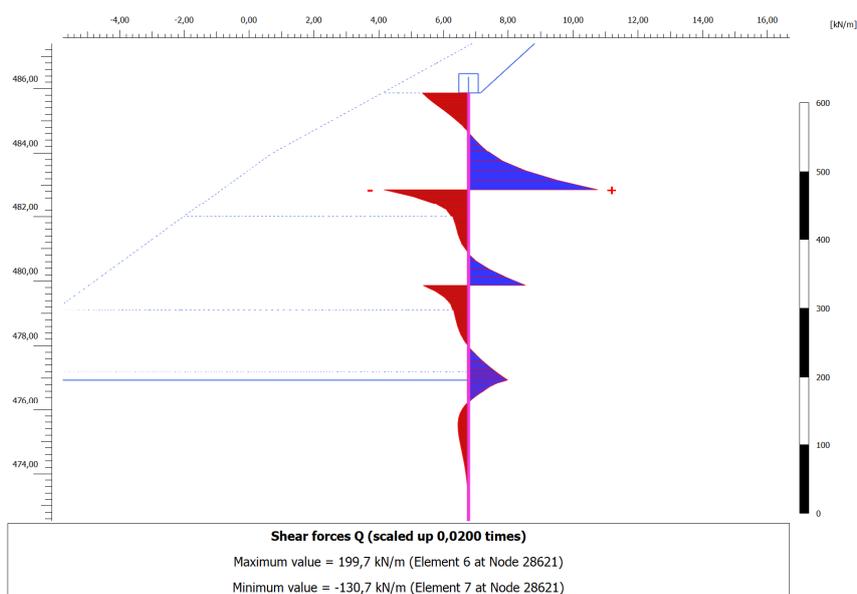
Lo spostamento orizzontale massimo stimato è pari a 4.2 cm circa. In particolare, lo spostamento massimo della paratia è di circa 3.8 cm.

Considerata la tridimensionalità dell'opera in relazione al modello di calcolo in stato piano e la reale configurazione della paratia si possono stimare gli spostamenti reali della berlinese di micropali dell'ordine di 2.5 cm, valore ammissibile per l'opera di sostegno provvisoria prevista a progetto.

### 7.8.2.2 Analisi delle sollecitazioni della paratia



**Figura 7.10 Andamento del momento sulla berlinese a fondo scavo (fase 9).**



**Figura 7.11 Andamento del taglio sulla berlinese a fondo scavo (fase 9).**

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p>Impresa Silvia Diarodon consorzio triveneto rocciatori</p> <p>SO GIN</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>30 di 47</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	30 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	30 di 47								

### 7.8.2.3 Analisi delle sollecitazioni delle chiodature

Si riportano di seguito la reazione massima vincolare espressa da ciascun ordine di chiodatura.

Structural element ▲	Node ▲	Local number ▲	X ▲ [m]	Y ▲ [m]	N ▲ [kN]	N <sub>min</sub> ▲ [10 <sup>-3</sup> kN]	N <sub>max</sub> ▲ [kN]	Φ <sub>z</sub> ▲ [°]	Length ▲ [m]
FixedEndAnchor_3_1	24461	1	6,780	486,150	197,874	-523,765	197,874	-55,196	0,999

**Figura 7.12** Reazione massima sul 1<sup>^</sup> ordine di chiodi.

Structural element ▲	Node ▲	Local number ▲	X ▲ [m]	Y ▲ [m]	N ▲ [kN]	N <sub>min</sub> ▲ [kN]	N <sub>max</sub> ▲ [kN]	Φ <sub>z</sub> ▲ [°]	Length ▲ [m]
FixedEndAnchor_1_1	28621	1	6,780	482,850	348,799	0,000	348,799	-19,885	1,000

**Figura 7.13** Reazione massima sul 2<sup>^</sup> ordine di chiodi.

Structural element ▲	Node ▲	Local number ▲	X ▲ [m]	Y ▲ [m]	N ▲ [kN]	N <sub>min</sub> ▲ [kN]	N <sub>max</sub> ▲ [kN]	Φ <sub>z</sub> ▲ [°]	Length ▲ [m]
FixedEndAnchor_2_1	30695	1	6,780	479,860	167,180	0,000	167,180	-19,885	1,000

**Figura 7.14** Reazione massima sul 3<sup>^</sup> ordine di chiodi.

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p>Impresa Silvio Dierodon consorzio triveneto rocciatori</p> <p>SO GI</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>31 di 47</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	31 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	31 di 47								

## 7.9 Verifiche opere provvisionali

### 7.9.1 Verifiche geotecniche

La modellazione effettuata in precedenza, funzionale alla definizione degli spostamenti dell'opera, è condotta agli SLE, con legge di comportamento elastoplastico incrudente del terreno.

Di seguito, in accordo con le indicazioni normative (cfr. par. 6.5.3.1.2 NTC2018), si riportano le verifiche di stabilità del complesso opera di sostegno-terreno per ciascuna sezione precedentemente calcolata. Tale verifica è effettuata secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1, tenendo conto dei coefficienti parziali ( $\gamma_{\phi}$  e  $\gamma_{c'}$ ) riportati in figura 7.15, che definiscono un valore di F.S. pari a 1,25.

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	$\gamma_r$	1,0	1,0

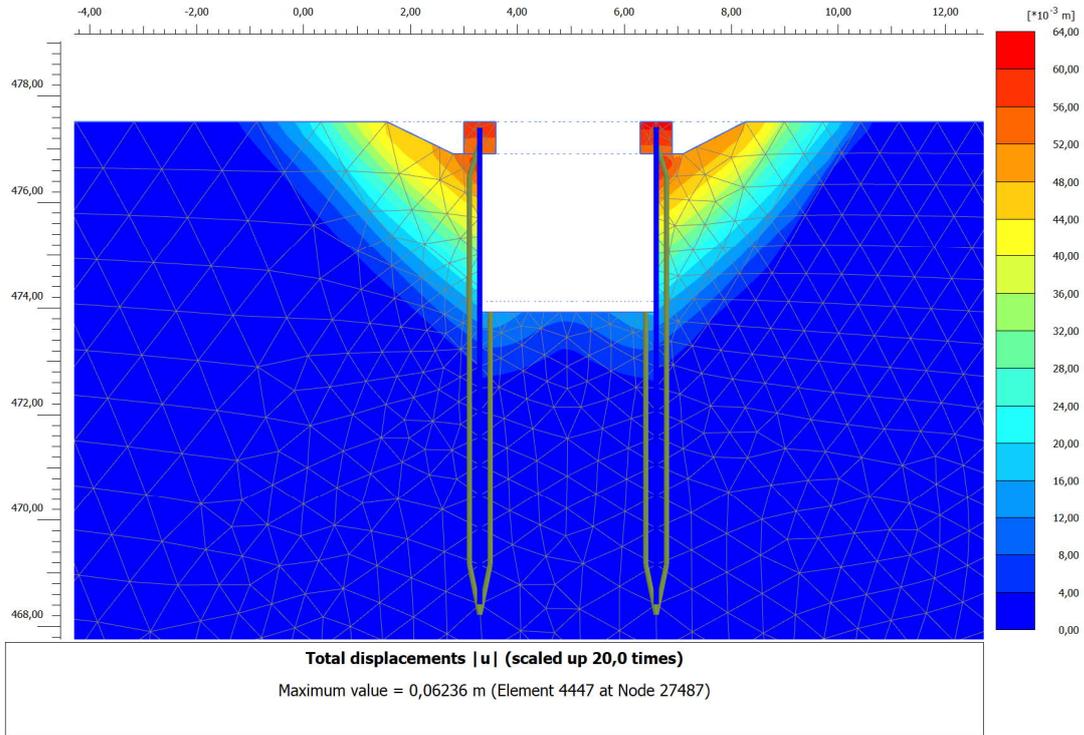
Figura 7.15. Coefficienti parziali per i parametri geotecnici

Operativamente, facendo riferimento ai meccanismi di rottura del terreno, per la fase finale di scavo, sarà quindi effettuata un'analisi caratterizzata dalla progressiva riduzione dei parametri di resistenza del terreno ( $c'$  e  $\phi'$ ) fino al raggiungimento del collasso, e definendo per esso il margine di sicurezza offerto dal complesso opera di sostegno-terreno.

A seguire si riportano i risultati delle analisi con riduzione dei parametri  $c'$  e  $\phi'$  svolte per la fase più critica, evidenziando i rispettivi valori di F.S. determinati.

<p>IMPRESE</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO GI</b></p> <p>Impresa Silvia Diacoron consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>32 di 47</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	32 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	32 di 47								

7.9.1.1 Sezione A-A



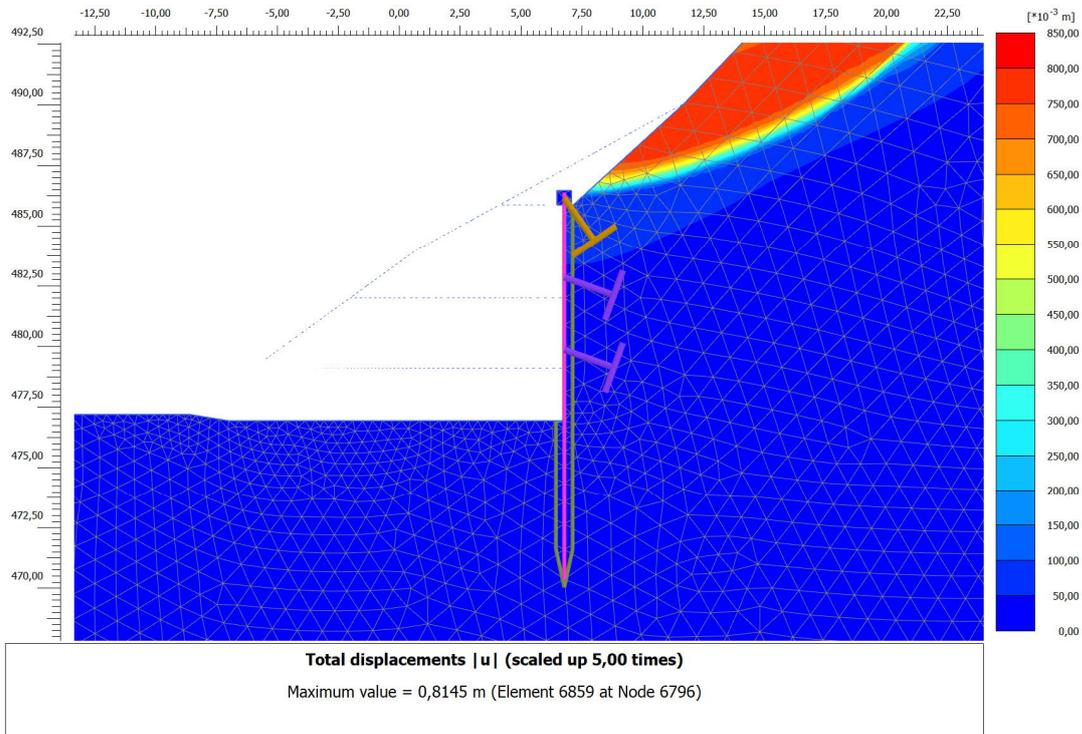
Calculation information

<b>Step info</b>			
Phase	C PHI REDUCTION [Phase_10]		
Step	Initial		
Calculation mode	Classical mode		
Step type	Safety		
Updated mesh	False		
Solver type	Picos		
Kernel type	64 bit		
Extrapolation factor	2,000		
Relative stiffness	0,1037		
<b>Multipliers</b>			
Soil weight		$\Sigma M_{Weight}$	1,000
Strength reduction factor	$M_{sf}$	6,408E-3	$\Sigma M_{sf}$ 1,416
Time	Increment	0,000	End time 0,000
<b>Staged construction</b>			
Active proportion total area	$M_{Area}$	0,000	$\Sigma M_{Area}$ 0,9887
Active proportion of stage	$M_{Stage}$	0,000	$\Sigma M_{Stage}$ 0,000
<b>Forces</b>			
$F_x$	0,000 kN/m		
$F_y$	0,000 kN/m		
<b>Consolidation</b>			
Realised P <sub>Excess,Max</sub>	0,000 kN/m <sup>2</sup>		

Nel caso specifico risulta  $FS = 1.416 > 1.25$ . VERIFICA SODDISFATTA

<p>IMPRESE</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO GIN</b></p> <p><i>Impresa Silvia Diacoron</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>33 di 47</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	33 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	33 di 47								

### 7.9.1.2 Sezione 20A



Calculation information				
<b>Step info</b>				
Phase	C PHI REDUCTION [Phase_10]			
Step	Initial			
Calculation mode	Classical mode			
Step type	Safety			
Updated mesh	False			
Solver type	Picos			
Kernel type	64 bit			
Extrapolation factor	0,5000			
Relative stiffness	0,3593E-6			
<b>Multipliers</b>				
Soil weight			$\Sigma M_{Weight}$	1,000
Strength reduction factor	$M_{sf}$	-1,653E-3	$\Sigma M_{sf}$	1,275
Time	Increment	0,000	End time	0,000
<b>Staged construction</b>				
Active proportion total area	$M_{Area}$	0,000	$\Sigma M_{Area}$	0,6977
Active proportion of stage	$M_{Stage}$	0,000	$\Sigma M_{Stage}$	0,000
<b>Forces</b>				
$F_x$	0,000 kN/m			
$F_y$	0,000 kN/m			
<b>Consolidation</b>				
Realised $P_{Excess,Max}$	0,000 kN/m <sup>2</sup>			

Nel caso specifico risulta  $FS = 1.275 > 1.25$ . VERIFICA SODDISFATTA

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p>Impresa Silvia Diarodon consorzio triveneto rocciatori</p> <p>SO GI</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>34 di 47</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	34 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	34 di 47								

### 7.9.2 *Berlinese di micropali*

Si riportano di seguito le verifiche strutturali dei micropali considerando le massime sollecitazioni sul tubolare previsto da progetto ( $\Phi 168.3/12$  mm).

Si applica il coefficiente amplificativo 1.3 per le sollecitazioni permanenti e il coefficiente 1.5 per le sollecitazioni variabili per ricavare le sollecitazioni allo SLU, come riportato nel capitolo relativo al codice di calcolo. Noto l'interasse tra i micropali, si moltiplicano le sollecitazioni per l'interasse dei micropali al fine di definire le sollecitazioni sul singolo micropalo. Le sollecitazioni massime che si ottengono allo SLU sono:

#### Sezione A-A

Le massime sollecitazioni agenti sul micropalo allo SLE, nella fase di carico applicato sono:

$$M_{sle} = 29.00 \text{ kNm}; T_{sle} = 23.89 \text{ kN}$$

Le massime sollecitazioni agenti sul micropalo allo SLE, nella fase precedente a quella di applicazione del carico sono:

$$M_{sle} = 27.74 \text{ kNm}; T_{sle} = 21.67 \text{ kN}$$

Le sollecitazioni agenti sul singolo micropalo risultano:

$$M_{slu} = (1.3 \times 27.74 + 1.5 \times (29 - 27.74)) \times 0.4 = 15.18 \text{ kNm}$$

$$T_{slu} = (1.3 \times 21.67 + 1.5 \times (23.89 - 21.67)) \times 0.4 = 12.60 \text{ kN}$$

#### Sezione 20A

Le massime sollecitazioni agenti sul micropalo allo SLE sono:

$$M_{sle} = 62.07 \text{ kNm}; T_{sle} = 199.7 \text{ kN}$$

Le massime sollecitazioni agenti sul singolo micropalo sono:

$$M_{slu} = (1.3 \times 62.07) \times 0.4 = 32.28 \text{ kNm}$$

$$T_{slu} = (1.3 \times 199.7) \times 0.4 = 103.84 \text{ kN}$$

SEZIONE	MICROPALI					
	$\Phi$ [mm]	i [m]	armatura [mm]	L [m]	$M_{SLU}$ [kNm/m]	$T_{SLU}$ [kN/m]
<b>A-A</b>	280	0.4	168.3/12	9.0	15.18	12.60
<b>20A</b>	280	0.4	168.3/12	16.0	32.28	103.84

**Tabella 7.1 Sollecitazione sui micropali agli SLU**

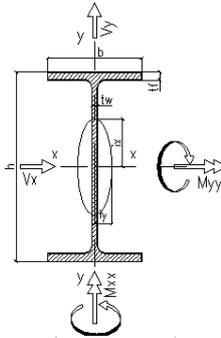
Con un foglio di elaborazione interna, si verifica l'armatura dei micropali.

VERIFICHE SODDISFATTE

<p>IMPRESE</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO GI</b></p> <p>Impresa Silvio Dierodon consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<p>COMMESSA    LOTTO    CODIFICA    DOCUMENTO    REV.    FOGLIO</p> <p>IB0A            00            E ZZ CL        NV0960001    B            35 di 47</p>

7.9.2.1 Micropali Φ168.3/12 mm

Resistance of cross section beam type in class section 1 and 2 UNI EN 1993-1-1:1994 EC3							
<b>Geometrics Dimensions</b>		<b>Statics Characteristic</b>					
Shape	Ø 168.3x12	A=	58.9	cm <sup>2</sup>	Weight=	46.2	kg/m
		Avx =	37.5	cm <sup>2</sup>	Avy=	37.5	cm <sup>2</sup>
		Jxx =	1810.4	cm <sup>4</sup>	Jyy =	1810.4	cm <sup>4</sup>
		Wxx =	215.1	cm <sup>3</sup>	Wyy =	215.1	cm <sup>3</sup>
		Wpl,xx =	293.7	cm <sup>3</sup>	Wpl,yy =	293.7	cm <sup>3</sup>
		Sx =	146.9	cm <sup>3</sup>	Sy =	146.9	cm <sup>3</sup>
		ix =	5.54	cm	iy =	5.54	cm
		ψ x =	1.37		ψ y =	1.37	
<b>Material Property and Partial Factor</b>							
Steel grade	S355J0						
E =	2060000	daN/cm <sup>2</sup>					
fyk=	3550	daN/cm <sup>2</sup>					
γM0=	1.05						
γM1=	1.05						
<b>Axial Force</b>		Nsd=	0	daN			
<b>Internal Force Acting in xx direction</b>		<b>Internal Force Acting in YY direction</b>					
Shape of bending moment	Linear	Shape of bending moment		Linear			
Msd,xx,A=	0	daNm	Msd,yy,A=	1508	daNm		
Msd,xx,B=	0	daNm	Msd,yy,B=	0	daNm		
Msd,xx =	0	daNm	Msd,yy =	1508	daNm		
Vsd,x=	0	daN	Vsd,y=	1242	daN		
<b>Axial Force Resistance</b>							
Npl,rd = A fy/γM0 =	199117.3	daN	Nsd/Nrd =		0.000	< 1	
<b>Shear Plastic Resistance</b>							
Vpl,rd,x=	73 223	daN	Vsd,x<0.5 Vpl,rd,x	ρ x=	0.000	Vsd,x / Vpl,rd,x = 0.000 < 1	
Vpl,rd,y=	73 223	daN	Vsd,x<0.5 Vpl,rd,y	ρ y=	0.000	Vsd,y / Vpl,rd,y = 0.017 < 1	
<b>Bending Moment Resistance</b>							
Mcrd,xx = Wpl,x(1- ρx) fy/γM0	9930.9	daNm	Msd,xx / Mcrd,xx =		0.000	< 1	
Mcrd,yy = Wpl,y(1- ρy) fy/γM0	9930.9	daNm	Msd,yy / Mcrd,yy =		0.152	< 1	
<b>Axial, Bending Moment and Shear Force Resistance</b>							
Nsd/Npl,rd + Msd,xx/Mcrd,xx + Msd,yy/Mcrd,yy =		0 + 0 + 0.152		0.152		< 1	



$$\lambda_x = \frac{l_{0,x}}{i_y}, \quad \lambda_y = \frac{l_{0,y}}{i_x}$$

$$\sigma_{crit,x} = \frac{\pi^2 E}{\lambda_x^2}, \quad \sigma_{crit,y} = \frac{\pi^2 E}{\lambda_y^2}$$

$$\bar{\lambda}_x = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr,x}}}, \quad \bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr,y}}}$$

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p>Impresa Silvia Diacodan consorzio triveneto rocciatori</p> <p>SO GI</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>36 di 47</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	36 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	36 di 47								

### 7.9.3 Chiodature

Si verificano le chiodature che vengono installate in testa alla berlinese e a diverse profondità al fine di limitare le deformazioni sia dei micropali che delle opere nel suo complesso. Sono previsti chiodi autoperforanti R51 Sirive o equivalenti, aventi caratteristiche geometriche (lunghezza, interasse ed inclinazione) come da Tabella 7.2.

Per ciascun ordine di chiodatura si riporta nella tabella seguente la corrispondente sollecitazione massima considerata ai fini delle verifiche geotecniche e strutturali. Il valore  $N_{SLU}$  è stato ricavato applicando il coefficiente amplificativo 1.3 (gruppo A1).

SEZIONE	CHIODATURA mediante barra tipo R51 Sirive o equivalente						
	Ordine	L [m]	i [m]	$\alpha$ [°]	$\phi_{per}$ [mm]	N [kN]	$N_{SLU}$ [kN]
20A	1^	12.0	1.6	55	150	197.87	257.23
	2^	16.0	1.2	20	150	348.80	453.44
	3^	16.0	1.2	20	150	167.18	217.33

Tabella 7.2 Sollecitazioni sulle chiodature.

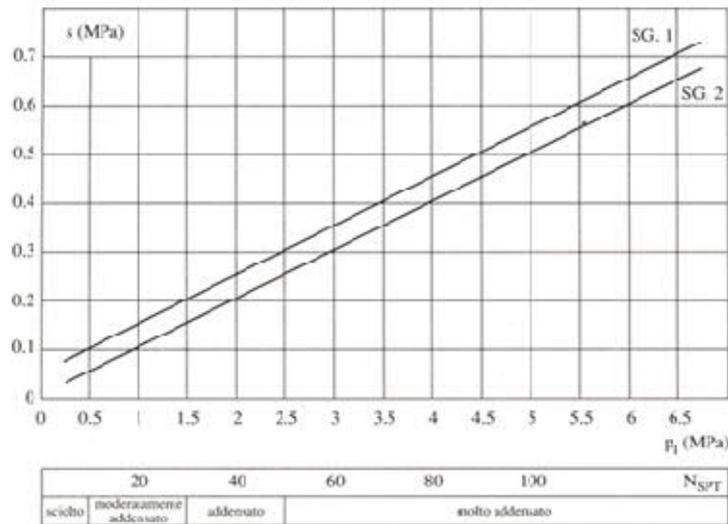
#### 7.9.3.1 Verifiche geotecniche

##### 7.9.3.1.1 Verifica a sfilamento (pull out)

Per la verifica a sfilamento dei chiodi, occorre considerare un valore di attrito laterale ultimo tra il singolo chiodo ed il suolo da esso attraversato; per la determinazione di tale parametro si fa riferimento alla trattazione di Bustamante-Doix.

Facendo riferimento alla figura 7.15, in funzione alla stratigrafia del terreno e ai risultati delle  $N_{spt}$  eseguite, la tensione tangenziale limite individuata è pari a 180 kPa.

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p>Impresa Silvia Diacoron consorzio triveneto rocciatori</p> <p>SO GI</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>37 di 47</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	37 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	37 di 47								



**Figura 7.16 Abaco per il calcolo della resistenza s per sabbie e ghiaie con il metodo di Bustamante-Doix**

Il valore caratteristico  $R_k$  della resistenza si ottiene dalla seguente formula:

$$R_k = s \cdot L \cdot \pi \cdot D / \xi_3 = Q_{lim} / \xi_3$$

Dove  $\xi_3$  è un coefficiente adimensionale posto pari a 1,8, derivante dal numero di prove in sito (a favore di sicurezza si ipotizza sia stata realizzata una sola prova in sito) e  $D$  è il diametro medio reso dei chiodi, pari a 0,15 metri. La resistenza limite  $Q_{lim}$  è data dalla seguente formula:

$$Q_{lim} = \sum_i (\pi \times D \times L_i \times s_i)$$

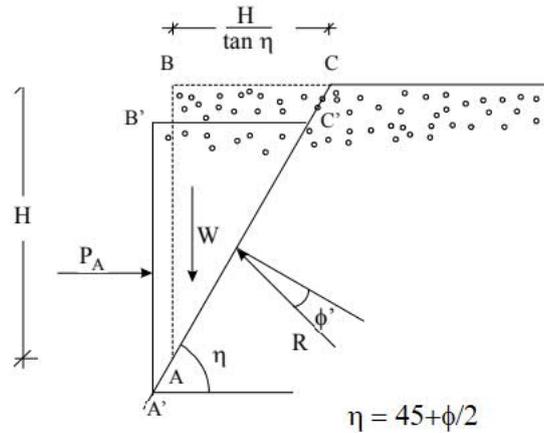
Il valore della  $Q_{lim}$  risulta essere pari a:

$$Q_{lim1} = (180 \times L \times \pi \times 0,15) / 1,8 = 565,2 \text{ kN per chiodi } L=12\text{m}$$

$$Q_{lim2} = (180 \times L \times \pi \times 0,15) / 1,8 = 753,6 \text{ kN per chiodi } L=16\text{m}$$

A vantaggio della sicurezza, si considera il cuneo di spinta dato dal terreno a tergo dell'opera di sostegno che non contribuisce alla resistenza geotecnica del chiodo. Tale cuneo di spinta, in accordo con la teoria di Coulomb, risulta essere rappresentato in figura:

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p>Impresa Silvia Diacodan consorzio triveneto rocciatori</p> <p><b>SO GIN</b></p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>38 di 47</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	38 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	38 di 47								



**Figura 7.17 Cuneo di spinta**

Si definisce quindi di seguito il valore della  $Q_{lim}$  in funzione alla lunghezza del chiodo ridotta del tratto che ricade sull'area di spinta:

$$R_{k1} = (180 \times L \times \pi \times 0.15) / 1.8 = 357.96 \text{ kN in cui } L=12.0-4.4=7.6 \text{ m}$$

$$R_{k2} = (180 \times L \times \pi \times 0.15) / 1.8 = 621.72 \text{ kN in cui } L=16.0-2.80=13.20 \text{ m}$$

Con riferimento alla combinazione A1+M1+R3 si adotta, nel caso in esame, il coefficiente parziale  $\gamma_R=1.1$  per gli ancoraggi temporanei, perciò la resistenza di progetto a "pullout" ( $R_{pd}$ ) risulta:

$$R_{pd1}=R_{k1}/\gamma_R= /1.1 = 325.42 \text{ kN} > N_{Ed} = 257.23 \text{ kN} \quad \text{VERIFICA SODDISFATTA}$$

$$R_{pd2}=R_{k2}/\gamma_R= /1.1 = 565.20 \text{ kN} > N_{Ed} = 453.44 \text{ kN} \quad \text{VERIFICA SODDISFATTA}$$

Alla luce dei sondaggi realizzati in sito, il terreno in profondità è composto da roccia filladica con caratteristiche geotecniche buone. Si considera quindi che, nel caso in cui durante la realizzazione dei chiodi si attraversi la roccia in esame, si può considerare un valore di attrito laterale ultimo tra il singolo chiodo ed il suolo da esso attraversato pari a 250 kPa, secondo approccio proposto da Bustamante-Doix. Mantenendo le stesse caratteristiche geometriche e meccaniche del chiodo in condizioni di ghiaia, la lunghezza del chiodo in roccia diventa pari a:

$$L = Q_{lim} / (s \cdot \pi \cdot D) = 753.6 / (250 \cdot \pi \cdot 0.15) = 6.4 \text{ m} \rightarrow 7 \text{ metri}$$

#### 7.9.3.1.2 Verifica a sfilamento delle barre di acciaio

Si calcola il valore  $f_{bk}$  con la seguente formula:

$$f_{bk}=2,25 \eta f_{ctk}=2,25 \times 0.81 \times 1,37=2.50 \text{ MPa} \quad \text{con } \eta=(132 - \emptyset)/100 \text{ per barre con } \emptyset>32\text{mm} (\emptyset=51\text{mm})$$

Il valore di progetto della tensione tangenziale di aderenza acciaio calcestruzzo ( $f_{bd}$ ) vale:

$$f_{bd}=f_{bk}/\gamma_c=2.50 / 1,5=1.67 \text{ MPa} \quad \text{per barre con } \emptyset>32\text{mm} (\emptyset=51 \text{ mm}) \text{ con } \gamma_c=1,5$$

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p>consorzio triveneto rocciatori</p> <p>Impresa Silvia Diarodon</p> <p>SO GIN</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>39 di 47</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	39 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	39 di 47								

La resistenza di progetto a sfilamento della barra ( $R_{Bd}$ ) risulta essere la seguente:

$$R_{Bd} = (\pi \cdot \varnothing \cdot L_d) \cdot f_{bd} = \pi \times 0.051 \times 12 \times 1.67 = 3211 \text{ kN per barre con } \varnothing > 32 \text{ mm } (\varnothing = 51 \text{ mm})$$

La verifica è soddisfatta essendo la resistenza a sfilamento delle barre in acciaio superiore all'azione considerata:

$$(N_{Ed})_{\max} = 453.44 \text{ kN} < R_{Bd} = 3211 \text{ kN}$$

### 7.9.3.1.3 Verifica strutturale

La trazione massima di progetto della barra d'acciaio si determina fattorizzando la trazione massima di snervamento caratteristica con il coefficiente parziale  $\gamma_s = 1.15$ . Dalle schede tecniche dei chiodi tipo SIRIVE R51 o equivalenti si ricava:

$$R_{Td} = 538 / 1.15 = 468 \text{ kN per chiodi Sirive R51}$$

Per la verifica tale resistenza deve essere superiore alla sollecitazione di progetto. Risulta:

$$(N_{Ed})_{\max} = 453.44 \text{ kN} < R_{Td} = 468 \text{ kN per chiodi Sirive R51} \quad \text{VERIFICA SODDISFATTA}$$

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p>consorzio triveneto rocciatori</p> <p>Impresa Silvia Diacodan</p> <p>SO GI</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>40 di 47</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	40 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	40 di 47								

#### 7.9.4 Cordoli in c.a.

Si verifica la sezione dei cordoli di ancoraggio dei chiodi di testa considerando la massima sollecitazione agente sugli stessi.

##### 7.9.4.1 Cordolo in c.a. in testa ai micropali

Il cordolo di ancoraggio dei chiodi coincidente con il cordolo di testa dei micropali ha dimensioni 60x60 cm e la sollecitazione massima agente vale:

$$(N_{Ed}) = 257.23 \text{ kN} \text{ con } i = 1.6 \text{ m e } \alpha = 55^\circ$$

La reazione del vincolo per metro lineare è pari a:

$$q_{\max} = 147.54 / 1.6 = 92.21 \text{ kN/m}$$

La flessione massima ed il taglio massimo SLU del cordolo di ripartizione sono rispettivamente pari a:

$$M_{Sd, \max} = 1/8 \times q_{\max} \times l^2 = 1/8 \times 92.21 \times 1.60^2 = 29.51 \text{ kNm}$$

$$T_{Sd, \max} = 1/2 \times q_{\max} \times l = 1/2 \times 92.21 \times 1.60 = 73.77 \text{ kN}$$

Il cordolo di ancoraggio è armato con correnti 3 $\phi$ 16 + 3 $\phi$ 16 e staffe  $\phi$ 12/20 cm a 2 braccia. Si riportano di seguito le verifiche a flessione e taglio del cordolo.

Risulta in ogni caso:

$$M_{Sd} = 29.51 \text{ kNm} < M_{Rd} = 129 \text{ kNm} \quad \text{VERIFICA SODDISFATTA}$$

$$T_{Sd} = 73.77 \text{ kN} < T_{Rd} = 335 \text{ kN} \quad \text{VERIFICA SODDISFATTA}$$

IMPRESA

**QUADRI GAETANO**  
COSTRUZIONI S.P.A.

Impresa Silvia Diacoron  
consorzio  
triveneto  
rocciatori

PROGETTISTI

P.A.T. s.r.l.

SO  
GI

QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED  
INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1  
FORTEZZA-PONTE GARDENA

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI  
TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IB0A 00 E ZZ CL NV0960001 B 41 di 47

Verifica C.A. S.L.U. - File: \_ □ ×

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	60	60	1	6,03	4
			2	6,03	56

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Sollecitazioni**  
 S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
 M<sub>xEd</sub>  kNm  
 M<sub>yEd</sub>  kNm

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN   
 yN

**Tipo rottura**  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

N° rett.

Calcola MRd  Dominio M-N

L<sub>0</sub>  cm  Col. modello

Precompresso

**Materiali**

B450C		C25/30	
ε <sub>su</sub>	67,5 ‰	ε <sub>c2</sub>	2 ‰
f <sub>yd</sub>	391,3 N/mm²	ε <sub>cu</sub>	3,5 ‰
E <sub>s</sub>	200.000 N/mm²	f <sub>cd</sub>	14,17
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub>	15	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub>	0,8 ?
ε <sub>syd</sub>	1,957 ‰	σ <sub>c,adm</sub>	9,75
σ <sub>s,adm</sub>	255 N/mm²	τ <sub>co</sub>	0,6
		τ <sub>c1</sub>	1,829

M<sub>xRd</sub>  kN m

σ<sub>c</sub>  N/mm²

σ<sub>s</sub>  N/mm²

ε<sub>c</sub>  ‰

ε<sub>s</sub>  ‰

d  cm

x  x/d

δ

<p>IMPRESE</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO GI</b></p> <p>Impresa Silvia Diarodon consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<p>COMMESSA    LOTTO    CODIFICA    DOCUMENTO    REV.    FOGLIO</p> <p>IB0A            00            E ZZ CL        NV0960001    B            42 di 47</p>

VERIFICA A TAGLIO DI SEZIONI IN C.A					
<b>GEOMETRIA SEZIONE</b>					
base $b_w$	600	[mm]	d utile	560	[mm]
altezza	600	[mm]	area	360000	[mm <sup>2</sup> ]
copriferro	40	[mm]			
<b>MATERIALI</b>					
			cal/cestruzzo		
			$R_{ck}$	30	[N/mm <sup>2</sup> ]
acciaio	B450C		$f_{ck}$	25	[N/mm <sup>2</sup> ]
$f_{yk}$	450	[N/mm <sup>2</sup> ]	$\gamma_c$	1.5	
$\gamma_s$	1.15		alfa cc	0.85	
$f_{yd}$	391	[N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{cd}$	14.2	[N/mm <sup>2</sup> ]
			$f'_{cd}$	7.1	[N/mm <sup>2</sup> ]
<b>SOLLECITAZIONE</b>	<b>Vsd</b>	<b>73.77</b>	<b>[kN]</b>		
<u>elementi senza armature trasversali resistenti a taglio</u>			[punto 4.1.2.1.3.1]		
(per solai piastre e membrature --> si calcola la resistenza a trazione del cls)					
k	1.60				
$V_{min}$	0.353				
Asl	603	[mm <sup>2</sup> ]	area armatura longitudinale tesa		
$\rho_1$	0.002	<	0.020		
$\sigma_{cp}$	0.000	<	2.833	[MPa]	
$N_{Sd}$	0	[kN]	sforzo di compressione		
$V_{Rd}$	106.24	[kN]	$V_{Rd,min} =$	118.74	[kN]
<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>118.74</b>	<b>[kN]</b>			
<b><math>V_{rd} &gt; V_{sd}</math></b>	<b>sezione verificata senza armature trasversali a taglio</b>				
<u>elementi con armature trasversali resistenti a taglio</u>			[punto 4.1.2.1.3.2]		
<b>ARMATURE</b>					
alfa c	1.00				
diam.staffe	12	[mm]	Inclinazione variabile		
s	200	[mm]	passo staffe		$\omega_{sw}$ 0.0521
n° braccia	2		$\cot\theta^*$ 2.9331		
Asw	226	[mm <sup>2</sup> ]	armatura trasversale		
alfa	90	[°]	inclinazione staffe-asse trave		
cot (alfa)	0.00				
sen (alfa)	1.00				
$\theta$	45.0	[°]	inclinazione puntoni cls tra 21.8° e 45°		
cot ( $\theta$ )	1.50		compreso tra 1,0 e 2,5		
resistenza offerta dall'armatura a taglio				335 [kN]	
<b>TAGLIO RESISTENTE</b>					
<i>resistenza di calcolo a taglio trazione</i>				<i>formula 4.1.18</i>	
$V_{Rds}$	335	[kN]			
<i>resistenza di calcolo a taglio compressione</i>				<i>formula 4.1.19</i>	
$V_{Rcd}$	989	[kN]			
<i>resistenza a taglio (min <math>V_{rds}</math> ; <math>V_{rcd}</math>)</i>				<i>formula 4.1.20</i>	
<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>335</b>	<b>[kN]</b>			

<p>IMPRESE</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p>Impresa Silvio Dierodon consorzio triveneto rocciatori</p> <p><b>SO GI</b></p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>43 di 47</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	43 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	43 di 47								

#### 7.9.4.1.1 Verifiche dello stato tensionale

Secondo quanto riportato nel “Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II- sezione 3 – Corpo stradale” definito da RFI, la verifica tensionale deve rispettare le seguenti limitazioni:

Tensioni nel calcestruzzo:  $\sigma_c \leq 0,55 \times f_{ck} = 13.75 \text{ MPa}$  (comb. Rara)

$\sigma_c \leq 0,40 \times f_{ck} = 10 \text{ MPa}$  (comb. Quasi Permanente)

Tensioni nell'acciaio:  $\sigma_s \leq 0,75 \times f_{yk} = 337,5 \text{ MPa}$  (comb. Rara)

Le verifiche in termini tensionali vengono realizzate considerando le sollecitazioni definite allo SLE, ottenute dalle sollecitazioni allo SLU divise per un coefficiente  $Y=1.3$  che rappresenta il valore del coefficiente amplificativo da applicare alle sollecitazioni agenti secondo le NTC2018 (comb. A1+M1). Si ricavano quindi le tensioni massime (SLE) agenti sul cordolo:

$$M_{edxx} = M_{sd} / 1.3 = 29.5 / 1.3 = 22.70 \text{ kNm}$$

$$N_{edxx} = R_x / 1.3 = 147.54 / 1.3 = 113.50 \text{ kN}$$

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : \_\_\_\_\_

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	60	60	1	6.03	4
			2	6.03	56

Tipo Sezione  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

Sollecitazioni  
 S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 113.50 kN  
 M<sub>xEd</sub> 0 22.70 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 0

P.to applicazione N  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

Materiali  
 B450C C25/30  
 ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200 000 N/mm² f<sub>cd</sub> 14.17  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8  
 ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9.75  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.6  
 τ<sub>c1</sub> 1.829

σ<sub>c</sub> -0.9905 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 7.599 N/mm²

Verifica  
 N° iterazioni: 4  
 Precompresso

La verifica in termini tensionali è soddisfatta in quanto:

$\sigma_c =$  tensione sul cls = 0.99 MPa < 10 Mpa

$\sigma_c =$  tensione sull'acciaio = 7.59 MPa < 337.5 Mpa

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p>Impresa Silvia Diarodon</p> <p>consorzio triveneto rocciatori</p> <p><b>SO GIN</b></p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>44 di 47</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	44 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	44 di 47								

#### 7.9.4.2 Cordolo di ancoraggio chiodi

Il cordolo di ancoraggio dei chiodi installati a livelli intermedi della berlinese di micropali ha dimensioni 40x30 cm e la sollecitazione massima agente vale:

$$(N_{Ed}) = 453.55 \text{ kN} \quad \text{con } i = 1.2 \text{ m e } \alpha = 20^\circ$$

La reazione del vincolo per metro lineare è pari a:

$$q_{\max} = 426.09/1.2 = 355.08 \text{ kN/m}$$

La flessione massima ed il taglio massimo SLU del cordolo di ripartizione sono rispettivamente pari a:

$$M_{Sd,\max} = 1/8 \times q_{\max} \times l^2 = 1/8 \times 355.08 \times 1.20^2 = 63.91 \text{ kNm}$$

$$T_{Sd,\max} = 1/2 \times q_{\max} \times l = 1/2 \times 355.08 \times 1.20 = 213.05 \text{ kN}$$

Il cordolo di ancoraggio è armato con correnti 4  $\phi 20 + 4\phi 20$  e staffe  $\phi 12/10$  cm a 2 braccia. Si riportano di seguito le verifiche a flessione e taglio del cordolo.

Risulta in ogni caso:

$$M_{Sd} = 63.91 \text{ kNm} < M_{Rd} = 113.8 \text{ kNm} \quad \text{VERIFICA SODDISFATTA}$$

$$T_{Sd} = 213.05 \text{ kN} < T_{Rd} = 311 \text{ kN} \quad \text{VERIFICA SODDISFATTA}$$

IMPRESA

**QUADRI GAETANO**  
COSTRUZIONI S.P.A.

PROGETTISTI

P.A.T. s.r.l.

Impresa Silvia Diacoron  
consorzio  
triveneto  
rocciatori

SO  
GI

QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

**SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED  
INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1  
FORTEZZA-PONTE GARDENA**

**RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI  
TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	45 di 47

Verifica C.A. S.L.U. - File: \_ □ ×

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	40	30	1	12,57	4
			2	12,57	26

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Sollecitazioni**  
 S.L.U.  Metodo n

N <sub>Ed</sub>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> kN
M <sub>xEd</sub>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> kNm
M <sub>yEd</sub>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN  yN

**Tipo rottura**  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

N° rett.

Calcola MRd

L<sub>0</sub>  cm

Precompresso

**Materiali**

B450C		C32/40	
ε <sub>su</sub>	<input type="text" value="67,5"/> ‰	ε <sub>c2</sub>	<input type="text" value="2"/> ‰
f <sub>yd</sub>	<input type="text" value="391,3"/> N/mm²	ε <sub>cu</sub>	<input type="text" value="3,5"/> ‰
E <sub>s</sub>	<input type="text" value="200.000"/> N/mm²	f <sub>cd</sub>	<input type="text" value="18,13"/>
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub>	<input type="text" value="15"/>	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub>	<input type="text" value="0,8"/> ?
ε <sub>syd</sub>	<input type="text" value="1,957"/> ‰	σ <sub>c,adm</sub>	<input type="text" value="12,25"/>
σ <sub>s,adm</sub>	<input type="text" value="255"/> N/mm²	τ <sub>co</sub>	<input type="text" value="0,7333"/>
		τ <sub>c1</sub>	<input type="text" value="2,114"/>

M<sub>xRd</sub>  kN m

σ<sub>c</sub>  N/mm²

σ<sub>s</sub>  N/mm²

ε<sub>c</sub>  ‰

ε<sub>s</sub>  ‰

d  cm

x  x/d

δ

<p>IMPRESA</p> <p><b>QUADRO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p>Impresa Silvia Diarodon consorzio triveneto rocciatori</p> <p>SO GI</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<p>COMMESSA    LOTTO    CODIFICA    DOCUMENTO    REV.    FOGLIO</p> <p>IB0A            00            E ZZ CL        NV0960001    B            46 di 47</p>

VERIFICA A TAGLIO DI SEZIONI IN C.A					
<b>GEOMETRIA SEZIONE</b>					
base $b_w$	400	[mm]	d utile	260	[mm]
altezza	300	[mm]	area	120000	[mm <sup>2</sup> ]
copriferro	40	[mm]			
<b>MATERIALI</b>					
			cal/cestruzzo		
			$R_{ck}$	40	[N/mm <sup>2</sup> ]
acciaio	B450C		$f_{ck}$	32	[N/mm <sup>2</sup> ]
$f_{yk}$	450	[N/mm <sup>2</sup> ]	$\gamma_c$	1.5	
$\gamma_s$	1.15		alfa cc	0.85	
$f_{yd}$	391	[N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{cd}$	18.1	[N/mm <sup>2</sup> ]
			$f'_{cd}$	9.1	[N/mm <sup>2</sup> ]
<b>SOLLECITAZIONE</b>	<b>Vsd</b>	<b>213.05</b>	<b>[kN]</b>		
<u>elementi senza armature trasversali resistenti a taglio</u>			[punto 4.1.2.1.3.1]		
(per solai piastre e membrature --> si calcola la resistenza a trazione del cls)					
k	1.88				
$V_{min}$	0.509				
Asl	1257	[mm <sup>2</sup> ]	area armatura longitudinale tesa		
$\rho_1$	0.012	<	0.020		
$\sigma_{cp}$	0.000	<	3.627	[MPa]	
$N_{Sd}$	0	[kN]	sforzo di compressione		
$V_{Rd}$	79.22	[kN]	$V_{Rd,min} =$	52.95	[kN]
<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>79.22</b>	<b>[kN]</b>			
<b><math>V_{rd} &lt; V_{sd}</math></b>	<b>necessario mettere armatura trasversale a taglio</b>				
<u>elementi con armature trasversali resistenti a taglio</u>			[punto 4.1.2.1.3.2]		
<b>ARMATURE</b>					
alfa c	1.00				
diam.staffe	12	[mm]	Inclinazione variabile		
s	100	[mm]	passo staffe		$\omega_{sw}$ 0.1220
n° braccia	2		$\cot\theta^*$ 1.7599		
Asw	226	[mm <sup>2</sup> ]	armatura trasversale		
alfa	90	[°]	inclinazione staffe-asse trave		
cot (alfa)	0.00				
sen (alfa)	1.00				
$\theta$	45.0	[°]	inclinazione puntoni cls tra 21.8° e 45°		
cot ( $\theta$ )	1.50		compreso tra 1,0 e 2,5		
resistenza offerta dall'armatura a taglio				311 [kN]	
<b>TAGLIO RESISTENTE</b>					
resistenza di calcolo a taglio trazione				formula 4.1.18	
$V_{Rds}$	311	[kN]			
resistenza di calcolo a taglio compressione				formula 4.1.19	
$V_{Rcd}$	392	[kN]			
resistenza a taglio (min $V_{rds}$ ; $V_{rcd}$ )				formula 4.1.20	
<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>311</b>	<b>[kN]</b>			

<p>IMPRESE</p> <p><b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p><b>P.A.T. s.r.l.</b></p> <p><b>SO GI</b></p> <p>Impresa Silvio Dierodon consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</b></p>												
<p><b>RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</b> <b>TOMBINO IDRAULICO ALLA KM 0+494</b></p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOLGIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>NV0960001</td> <td>B</td> <td>47 di 47</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOLGIO	IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	47 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOLGIO								
IB0A	00	E ZZ CL	NV0960001	B	47 di 47								

### 7.9.1 Verifiche dello stato tensionale

Secondo quanto riportato nel “Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II- sezione 3 – Corpo stradale” definito da RFI, la verifica tensionale deve rispettare le seguenti limitazioni:

- Tensioni nel calcestruzzo:  $\sigma_c \leq 0,55 \times f_{ck} = 17.6 \text{ MPa}$  (comb. Rara)
- $\sigma_c \leq 0,40 \times f_{ck} = 12 \text{ MPa}$  (comb. Quasi Permanente)
- Tensioni nell'acciaio:  $\sigma_s \leq 0,75 \times f_{yk} = 337,5 \text{ MPa}$  (comb. Rara)

Le verifiche in termini tensionali vengono realizzate considerando le sollecitazioni definite allo SLE, ottenute dalle sollecitazioni allo SLU divise per un coefficiente  $Y=1.3$  che rappresenta il valore del coefficiente amplificativo da applicare alle sollecitazioni agenti secondo le NTC2018 (comb. A1+M1). Si ricavano quindi le tensioni massime (SLE) agenti sul cordolo:

Si ottiene:

$$Med_{xx} = M_{sd} / 1.3 = 63.91 / 1.3 = 49.20 \text{ kNm}$$

$$Ned_{xx} = R_x / 1.3 = 426.09 / 1.3 = 327.76 \text{ kN}$$

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	40	30	1	12.57	4
			2	12.57	26

Tipo Sezione  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

Sollecitazioni  
 S.L.U.  Metodo n  
 N<sub>Ed</sub>  327.76 kN  
 M<sub>xEd</sub>  49.20 kNm  
 M<sub>yEd</sub>  0

P.to applicazione N  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN  yN

Metodo di calcolo  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

Materiali  
**B450C** **C32/40**  
 E<sub>su</sub>  ‰ E<sub>c2</sub>  ‰  
 f<sub>yd</sub>  N/mm² E<sub>cu</sub>  ‰  
 E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>  ‰  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?  
 E<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>  ‰  
 σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>  ‰  
 τ<sub>c1</sub>  ‰

σ<sub>c</sub>  N/mm²  
 σ<sub>s</sub>  N/mm²

Verifica  
 N° iterazioni:

Precompresso

La verifica in termini tensionali è soddisfatta in quanto:

$$\sigma_c = \text{tensione sul cls} = 8.42 \text{ MPa} < 12 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = \text{tensione sull'acciaio} = 65.37 \text{ MPa} < 337.5 \text{ MPa}$$