

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIREZIONE TECNICA**

**U.O. INFRASTRUTTURE CENTRO**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**LINEA FERROVIA ROMA - VITERBO**

**RADDOPPIO TRATTA CESANO VIGNA DI VALLE**

**FV01 – Stazione di Anguillara**

Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440

SCALA:

-

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

NR1J 01 D 29 CL FV0100 005 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	F. Seirau <i>F. Seirau</i>	05.2020	M.Monda <i>MM</i>	05.2020	T.Paoletti <i>T.Paoletti</i>	05.2020	F. Arduini <i>F. Arduini</i> 05.2020 ITALFERR S.p.A. Direzione Tecnica Infrastrutture Centro Dipartimento Tecnico Arduini Centro di Impianti e Infrastrutture Provinciali di Roma n. 18542/2020

File: NR1J01D29CLFV0100005A.doc

n. Elab.: 438.1

## INDICE

1.	PREMESSA .....	4
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	5
2.1	NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	5
2.2	DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO .....	5
2.3	SOFTWARE.....	5
3.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	6
3.1	CALCESTRUZZO .....	6
3.2	ACCIAIO DI ARMATURA - BARRE.....	6
3.3	CARPENTERIA METALLICA .....	7
4.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....	8
5.	ANALISI DEI CARICHI STATICI DI PROGETTO.....	9
5.1	AZIONI PERMANENTI.....	9
5.1.1	<i>Peso proprio</i> .....	9
5.1.2	<i>Spinta delle terre</i> .....	9
5.2	SOVRACCARICHI ACCIDENTALI.....	11
6.	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE.....	12
7.	METODO DI ANALISI.....	15
7.1	MODELLAZIONE NUMERICA .....	15
7.2	ABBASSAMENTI A TERGO DELLA PARATIA .....	19

7.3	STABILITÀ GLOBALE.....	20
7.4	MODELLI DI CALCOLO .....	20
7.5	FASI DI COSTRUZIONE .....	21
8.	CRITERI DI VERIFICA.....	28
8.1	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	28
8.1.1	<i>Verifica della massima spinta passiva mobilitata</i> .....	28
8.1.2	<i>Verifica degli spostamenti</i> .....	28
8.1.3	<i>Verifica di stabilità globale</i> .....	29
8.1.4	<i>Altre verifiche</i> .....	29
8.2	VERIFICHE STRUTTURALI.....	30
8.2.1	<i>Verifica dei tubi di armatura dei micropali</i> .....	30
9.	RISULTATI.....	31
10.	VERIFICHE.....	37
10.1	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	37
10.2	VERIFICHE STRUTTURALI.....	37
10.2.1	<i>Paratia</i> .....	37
	ALLEGATI.....	40
	<i>Allegato 1 – tabulati di PARATIE</i> .....	41
	<i>Allegato 2 – tabulati di SLIDE</i> .....	61

FV01 – Stazione di Anguillara

Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	4 di 72

## 1. PREMESSA

Nella presente relazione si riportano i calcoli per il dimensionamento della paratia provvisoriale da realizzare per consentire la costruzione di un tratto del muro di sostegno compreso tra le pk 30+392 e 30+596 (Opera di sostegno 1) presso la stazione di Anguillara, nell'ambito degli interventi di raddoppio della linea Cesano-Vigna di Valle.

In particolare la paratia provvisoriale è necessaria tra le pk 30+430 e 30+450 poiché lo scavo per la costruzione del muro di sostegno avviene a ridosso di un edificio esistente di cui non è prevista la demolizione.

È stata quindi progettata una berlinese provvisoriale costituita da micropali  $\phi 250$  mm disposti ad interasse 0.3 m, di lunghezza 8 m. I micropali sono armati con tubolari in acciaio di diametro 168.3 mm e spessore 16 mm.

I micropali sono collegati in testa da un cordolo in c.a. di dimensioni 0.6m x 0.6m.

Lo spigolo dell'edificio più vicino alla paratia si trova ad una distanza di 2.3 m.

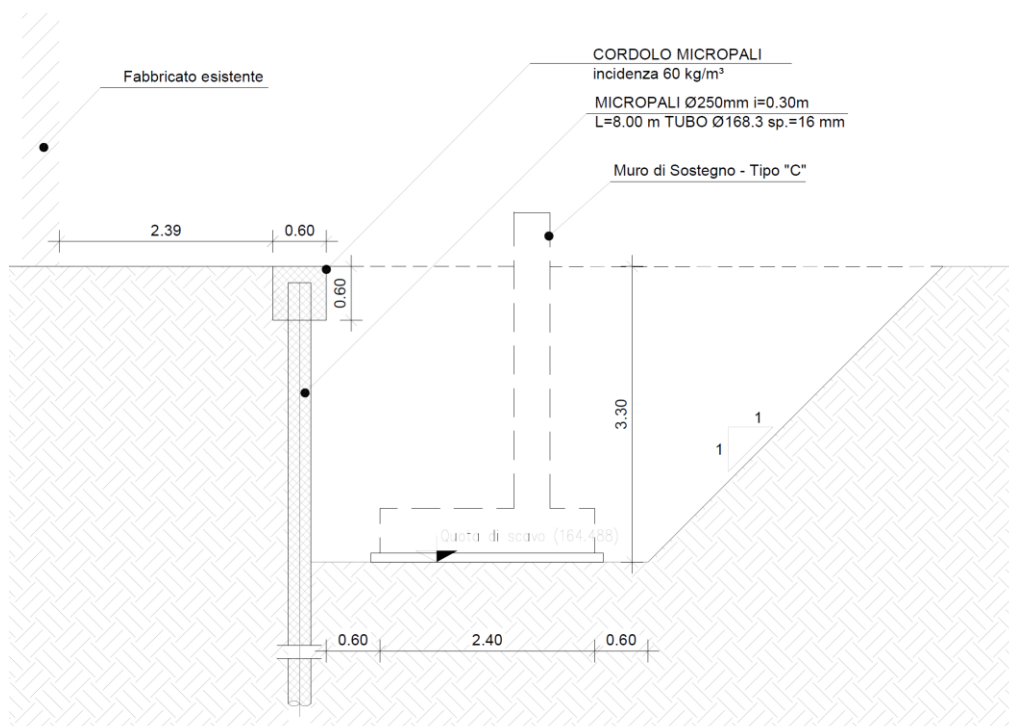


Figura 1 – Sezione 30+440

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p> <p><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p>												
<p>FV01 – Stazione di Anguillara</p> <p>Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440</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>NR1J</td> <td>01 D 29</td> <td>CL</td> <td>FV0100005</td> <td>A</td> <td>5 di 72</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	5 di 72
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	5 di 72								

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

### 2.1 Normative di riferimento

Le principali Normative nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento e prese a riferimento sono le seguenti:


- [1] Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, Supplemento Ordinario alla G.U. n.42 del 20.2.2018;
- [2] Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 001 - Specifica per la progettazione e l’esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario;
- [3] Istruzione RFI DTC INC CS SP IFS 001 - Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie;
- [4] Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea.
- [5] RFI DTC SI CS MA IFS 001 B “Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 3 Corpo Stradale”.
- [6] RFI DTC SI CS MA IFS 001 A – Manuale di progettazione delle opere civili – parte II Sezione 3 – Corpo Stradale

### 2.2 Documentazione di progetto

- [7] Relazione geotecnica generale – Progetto Esecutivo NR1J01D29GEGE0005001B
- [8] Profilo geotecnico di linea – Tav1-8 R1J01D29F6GE0005001B

### 2.3 Software

- [9] ParatiePlus 20.0.2 – Ceas Srl ([www.ceas.it](http://www.ceas.it))
- [10] Slide 7.038 – Rocscience (<https://www.rocscience.com>)

	<b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b>												
FV01 – Stazione di Anguillara Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440	<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>NR1J</td> <td>01 D 29</td> <td>CL</td> <td>FV0100005</td> <td>A</td> <td>6 di 72</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	6 di 72
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	6 di 72								

### 3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### 3.1 Calcestruzzo

Elemento strutturale: cordoli di collegamento

Peso specifico, $\gamma_c$	25,00 kN/mc
Classe di resistenza	C25/30
Resistenza cubica caratteristica, $R_{ck}$	30 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza cilindrica caratteristica, $f_{ck}$	25 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza cilindrica media, $f_{cm}$	33 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione media, $f_{ctm}$	2.55 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione per flessione media, $f_{ctm}$	3.06 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione per flessione caratteristica, $f_{ctk}$	2.14 N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico, $E_{cm}$	31447 N/mm <sup>2</sup>

#### 3.2 Acciaio di Armatura - Barre

Tipo acciaio	B 450 C
Peso specifico, $\gamma_a$	78,50 kN/mc
Tensione nominale di snervamento, $f_{y\ nom}$	450 N/mm <sup>2</sup>
Tensione nominale di rottura, $f_{t\ nom}$	540 N/mm <sup>2</sup>
Minima tensione caratteristica di snervamento, $f_{yk\ min}$	450 N/mm <sup>2</sup>
Minima tensione caratteristica di rottura, $f_{tk\ min}$	540 N/mm <sup>2</sup>
Minimo rapporto tra i valori caratteristici, $(f_t/f_y)_{k\ min}$	1,15
Massimo rapporto tra i valori caratteristici, $(f_t/f_y)_{k\ max}$	1,35



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE  
FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E  
POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI  
VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

FV01 – Stazione di Anguillara

Relazione di calcolo opera provvisoria 30+440

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	7 di 72

Massimo rapporto tra i valori nominali, ( $f_y/f_{y,nom}$ )k 1,25

Allungamento caratteristico sotto carico massimo, (Agt)k 7,5 %

Modulo di elasticità dell'acciaio, E 206000 N/mm<sup>2</sup>

### 3.3 Carpenteria metallica

Acciaio in profili a sezione aperta laminati a caldo saldati

Tipo EN 10025-2 S275 J2+N – per spessori nominali  $t \leq 40$  mm

Tipo EN 10025-2 S275 K2+N – per spessori nominali  $t > 40$  mm

Acciaio in profili a sezione aperta laminati a caldo non saldati

Tipo EN 10025-2 S275 J0+N

Acciaio in profili a sezione cava

Tipo EN 10210-1 S275 J0H+N

modulo elastico  $E_s = 210000$  MPa

resistenza caratteristica a rottura  $f_{tk} \geq 430$  MPa

resistenza caratteristica a snervamento  $f_{yk} \geq 275$  MPa

resistenza di calcolo acciaio  $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_{M0} = 261.9$  MPa

coefficiente riduttivo  $\gamma_{M0} = 1.05$

	<b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b>					
	FV01 – Stazione di Anguillara Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO FV0100005	REV. A

#### 4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Il modello geotecnico è stato definito sulla base di quanto riportato nella Relazione Geotecnica generale (NR1J00D29GEGE0005001B). In base ai dati a disposizione, sono stati scelti dei valori cautelativi per i parametri di calcolo.

Per l'opera in esame si è fatto riferimento al modello geotecnico n.3 individuato per la macro-area che va da pk 30+100 a pk 31+700 e descritto in dettaglio nella Relazione Geotecnica. In particolare ci si è riferiti al sottomodello riferito alla tratta di interesse, dalla pk 30+100 a 30+600.

Inoltre, per tenere conto del variare del piano campagna (P.C.) lungo il tracciato ferroviario, si è fatto riferimento al Profilo Geotecnico di linea (Doc. rif. [8]).

Nella Tabella 4.1 si riportano la stratigrafia ed i parametri geotecnici di progetto per le due sezioni di calcolo. Le profondità sono riferite alla quota del piano campagna in corrispondenza della sommità della paratia, che si trova alla quota +167.8 m l.m.m..

*Tabella 4.1 - Modello geotecnico di riferimento sezione 30+440*

Unità litologiche	Profondità da p.c.		$\gamma$	$\phi'$	$c'$	$E_{op}$
	(m)	(m)	kN/m <sup>3</sup>	°	KPa	MPa
U2a_1 - Limo argilloso sabbioso	0	4	17	26	10	15
U2a_2 - Limo argilloso sabbioso	4	10.5	17	25	10	15
U3a - Depositi vulcanici incoerenti: Sabbia con limo debolmente argillosa	10.5	20	16	26	0	15

Come rilevato dal profilo geotecnico, per la sezione 30+440 la falda è stata assunta alla quota +156 m l.m.m., a circa 12 m di profondità dalla sommità della paratia.



	<b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b>					
	FV01 – Stazione di Anguillara Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO FV0100005	REV. A

## 5. ANALISI DEI CARICHI STATICI DI PROGETTO

### 5.1 Azioni permanenti

#### 5.1.1 Peso proprio

Per i pesi di volume del terreno si rimanda alla tabella Tabella 4.1. Per la tipologia di modello di calcolo adottato l'effetto del peso proprio della berlinese non entra in gioco nelle valutazioni dello stato di sforzo agente.

#### 5.1.2 Spinta delle terre

I parametri che identificano il tipo di legge costitutiva possono essere distinti in due sottoclassi: parametri di spinta e parametri di deformabilità del terreno.

I parametri di spinta sono il coefficiente di spinta a riposo  $K_0$ , il coefficiente di spinta attiva  $K_A$  e il coefficiente di spinta passiva  $K_P$ .

Il coefficiente di spinta a riposo fornisce lo stato tensionale presente in sito prima delle operazioni di scavo. Esso lega la tensione orizzontale efficace  $\sigma'_h$  a quella verticale  $\sigma'_v$  attraverso la relazione:

$$\sigma'_h = K_0 \sigma'_v$$

$K_0$  dipende dalla resistenza del terreno, attraverso il suo angolo di attrito efficace  $\phi'$  e dalla sua storia geologica. Si può assumere che:

$$K_0 = K_{0NC} (OCR)^m$$

dove

$$K_{0NC} = 1 - \sin \phi'$$

è il coefficiente di spinta a riposo per un terreno normalconsolidato ( $OCR=1$ ).  $OCR$  è il grado di sovraconsolidazione e  $m$  è un parametro empirico, di solito compreso tra 0.4 e 0.7. Ladd et al. (1977), Jamiolkowski et al. (1979) forniscono valori di  $m$  per argille italiane.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p> <p><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p>												
<p>FV01 – Stazione di Anguillara</p> <p>Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440</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>NR1J</td> <td>01 D 29</td> <td>CL</td> <td>FV0100005</td> <td>A</td> <td>10 di 72</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	10 di 72
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	10 di 72								

Il coefficiente di spinta attiva e passiva sono dati secondo Rankine per una parete liscia, da:

$$K_A = \tan^2(45^\circ - \phi'/2)$$

$$K_P = \tan^2(45^\circ + \phi'/2)$$

Attraverso valori opportuni di  $K_A$  e  $K_P$  si tiene conto dell'angolo di attrito  $\delta$  tra paratia e terreno e della pendenza del terreno a monte ed entro la luce di scavo; si possono usare a questo scopo i valori desunti da NAVFAC (1986) o quelle elaborate da Caquot e Kerisel (1948).

Il valore limite della tensione orizzontale sarà dato da:

$$\sigma'h = K_A \sigma'v - 2c'K_A^{0.5}$$

$$\sigma'h = K_P \sigma'v + 2c'K_P^{0.5}$$

a seconda che il collasso avvenga in spinta attiva o passiva rispettivamente.  $c'$  è la coesione efficace del terreno.

I parametri di deformabilità del terreno compaiono nella definizione della rigidezza delle molle. Per un letto di molle distribuite la rigidezza di ciascuna di esse,  $k$ , è data da

$$k = E / L$$

ove  $E$  è un modulo di rigidezza del terreno mentre  $L$  è una grandezza geometrica caratteristica. Poiché nel programma PARATIE le molle sono posizionate a distanze finite  $\Delta$ , la rigidezza di ogni molla è:

$$K = E \Delta / L$$

Il valore di  $\Delta$  è fornito dalla schematizzazione ad elementi finiti. Il valore di  $L$  è fissato automaticamente dal programma.

#### 5.1.2.1 Profondità massima di scavo

Nel caso in cui la funzione di sostegno sia affidata alla resistenza del volume di terreno a valle dell'opera, il modello geometrico di riferimento deve tenere conto delle possibili variazioni del profilo del terreno a monte e a valle del paramento rispetto ai valori nominali. In particolare,

	<p style="text-align: center;"><b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p> <p style="text-align: center;"><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p>												
<p>FV01 – Stazione di Anguillara</p> <p>Relazione di calcolo opera provvisoria 30+440</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">NR1J</td> <td style="text-align: center;">01 D 29</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FV0100005</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">11 di 72</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	11 di 72
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	11 di 72								

secondo le indicazioni delle NTC, la quota di valle deve essere diminuita di una quantità pari al minore dei seguenti valori:

- 10% dell'altezza di terreno da sostenere nel caso di opere a sbalzo;
- 10% della differenza di quota fra il livello inferiore di vincolo e il fondo scavo nel caso di opere vincolate;
- 0,5 m.

## 5.2 Sovraccarichi accidentali

A monte della paratia è stato ipotizzato un sovraccarico accidentale di 20 kPa su una fascia di 2 m, nello spazio compreso tra la paratia e l'edificio esistente.

	<b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b>					
	FV01 – Stazione di Anguillara Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO FV0100005	REV. A

## 6. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE

Le combinazioni di carico prese in considerazione nelle verifiche sono state definite in base a quanto prescritto dalle NTC-2018 al par.2.5.3:

Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots;$$

Combinazione caratteristica rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche delle tensioni d'esercizio:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} \dots;$$

Trattandosi di un'opera provvisoriale sono state omesse le verifiche in condizioni sismiche.

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_F$ ,  $\gamma_M$  e  $\gamma_R$  (relativi alle resistenze dei pali soggetti a carichi assiali), nonché i coefficienti di combinazione  $\psi$  delle azioni sono dati dalle tabelle NTC2018 5.2.V, 5.2.VI, 6.2.II e 6.4.II che vengono riportate nel seguito.

L'analisi mira a garantire la sicurezza e le prestazioni attese attraverso il conseguimento dei seguenti requisiti:

- sicurezza nei confronti degli Stati Limite di Esercizio (SLE);
- sicurezza nei confronti degli Stati Limite Ultimi (SLU).

Le verifiche di sicurezza agli SLU sono da effettuarsi applicando il primo approccio progettuale (Approccio 1) che prevede le due seguenti combinazioni di coefficienti:

- Combinazione 1: A1+M1+R1 (STR);
- Combinazione 2: A2+M2+R1 (GEO);

Considerando i coefficienti parziali riportati nelle seguenti tabelle ed R1 pari ad 1.

In particolare sono stati verificati i seguenti stati limiti ultimi:

FV01 – Stazione di Anguillara

Relazione di calcolo opera provvisoria 30+440

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	13 di 72

- collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera;
- raggiungimento della resistenza strutturale della paratia;
- raggiungimento della resistenza massima allo sfilamento dei tiranti;
- instabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno.

Per quest'ultimo meccanismo, la verifica deve essere effettuata secondo la Combinazione 2 dell'Approccio 1 definita come segue, assumendo R2 pari a 1.1 in condizioni statiche:

Combinazione 2: A2+M2+R2 (GEO).

Nelle condizioni di esercizio gli spostamenti dell'opera sono stati valutati per verificarne la compatibilità con la funzionalità dell'opera e con la sicurezza delle opere adiacenti.

*Tabella 2 - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU*

Coefficiente			EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25
Azioni variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(5)</sup>	1,00 <sup>(6)</sup>	1,00
Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente	favorevole	$\gamma_{Ce}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole	d	1,20	1,20	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.

*Tabella 3 - Coefficienti di combinazione delle azioni*

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
da traffico	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
	$g_{r1}$	0,80 <sup>(1)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
Gruppi di	$g_{r2}$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
carico	$g_{r3}$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	$g_{r4}$	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	$F_{wk}$	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione SLU e SLE	0,80 0,0	0,0 0,0	0,0 0,0
Azioni termiche	$T_k$	0,60	0,60	0,50

<sup>(1)</sup> 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

<sup>(2)</sup> Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

*Tabella 4 - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno*

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_\varphi$	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	$\gamma_\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

	<p style="text-align: center;"><b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p> <p style="text-align: center;"><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p>												
<p>FV01 – Stazione di Anguillara</p> <p>Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">NR1J</td> <td style="text-align: center;">01 D 29</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FV0100005</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">15 di 72</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	15 di 72
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	15 di 72								

## 7. METODO DI ANALISI

### 7.1 Modellazione numerica

Il calcolo agli elementi finiti delle paratie è stato effettuato utilizzando il codice PARATIE (versione 20.0.2) prodotto dalla “CeAs” – Milano – ITA. Gli effetti nelle opere di sostegno flessibile delle spinte del terreno e delle azioni concentrate offerte dalla eventuale tirantatura sono stati esaminati con l’ausilio del programma di calcolo per l’analisi di strutture di sostegno flessibili PARATIE.

PARATIE analizza il comportamento meccanico di una struttura di sostegno flessibile di uno scavo in terreno o roccia, ponendo l’accento sull’aspetto dell’interazione “locale” fra parete e terreno.

Lo studio di una parete flessibile è condotto attraverso una simulazione numerica del reale: il programma stabilisce e risolve un sistema di equazioni algebriche la cui soluzione permette di riprodurre abbastanza realisticamente l’effettivo comportamento dell’opera di sostegno.

La simulazione numerica utilizzata segue due differenti percorsi:

Analisi classica = viene eseguita una analisi all’equilibrio limite della singola o doppia paratia. Il calcolo delle sollecitazioni avviene per mezzo delle teorie classiche. Il calcolo degli spostamenti avviene tramite un’analisi elastica semplificata considerando lo schema di carico e di vincoli imposti dall’Utente.

Analisi non lineare secondo un modello “a molle” elasto plastiche” per la parte terreno. La schematizzazione in elementi finiti avviene in questo modo:

- Si analizza un problema piano (nel piano Y-Z): i gradi di libertà nodali attivi sono lo spostamento laterale e la rotazione fuori piano: gli spostamenti verticali sono automaticamente vincolati (di conseguenza le azioni assiali nelle pareti verticali non sono calcolate);
- La parete flessibile di sostegno vera e propria è schematizzata da una serie di elementi finiti BEAM verticali;

- Il terreno, che spinge contro la parete (da monte e da valle) e che reagisce in modo complesso alle deformazioni della parete, è simulato attraverso un doppio letto di molle elasto-plastiche connesse agli stessi nodi della parete;
- Si adotta un valore dell'angolo di attrito terreno paratia, ( $\delta$ ), pari a  $0.5 \phi'$ . In sismica tale valore è nullo;
- i tiranti, i puntoni, le solette, gli appoggi cedevoli o fissi, sono schematizzati tramite molle puntuali convergenti in alcuni punti (nodi) della parete ove convergono parimenti elementi BEAM ed elementi terreno.

Lo scopo di PARATIE è lo studio di un problema definito; in altre parole, il programma analizza la risposta, durante le varie fasi realizzative, di una parete caratterizzata in tutte le sue componenti (altezza, infissione e spessore della parete, entità dei tiranti, ecc.). Il problema è ricondotto a uno schema piano in cui viene analizzata una “fetta” di parete di larghezza unitaria, come mostrato nella Figura seguente.

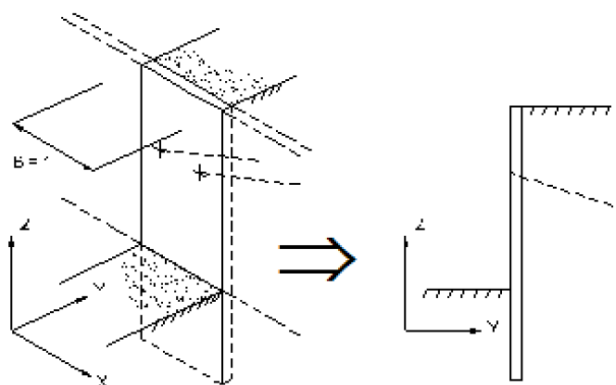


Figura 2 – Schema di modellazione piana effettuata per mezzo del software PARATIE

La modellazione numerica dell'interazione terreno-struttura è del tipo “trave su suolo elastico”. Le pareti di sostegno vengono rappresentate con elementi finiti trave il cui comportamento è definito dalla rigidezza flessionale  $EJ$ , mentre il terreno viene simulato attraverso elementi elastoplastici monodimensionali (molle) connessi ai nodi delle paratie; ad ogni nodo convergono uno o al massimo due elementi terreno:



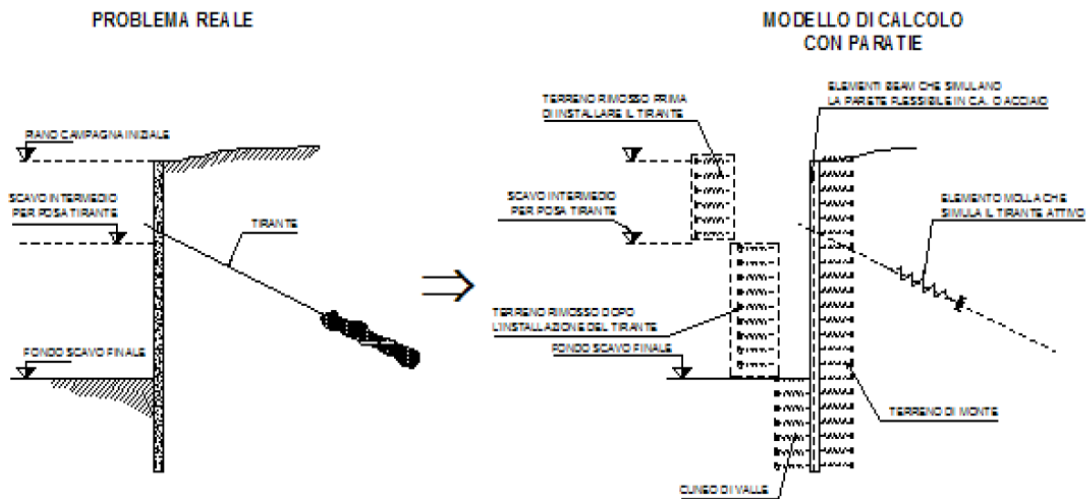


Figura 3 – Trave su suolo elastico: modellazione numerica della paratia e dei vincoli

Il limite di questo schema sta nell’ammettere che ogni porzione di terreno, schematizzata da una “molla”, abbia comportamento del tutto indipendente dalle porzioni adiacenti; l’interazione fra le varie regioni di terreno è affidata alla rigidità flessionale della parete.

PARATIE calcola internamente e aggiorna costantemente tale parametro, sulla base del modulo elastico (Young) e la geometria del muro. In altre parole, ad ogni passo, la rigidità  $K$  della “molla” viene calcolata dalla seguente equazione:

$$k = a \cdot \frac{E_s \cdot t}{L}$$

dove

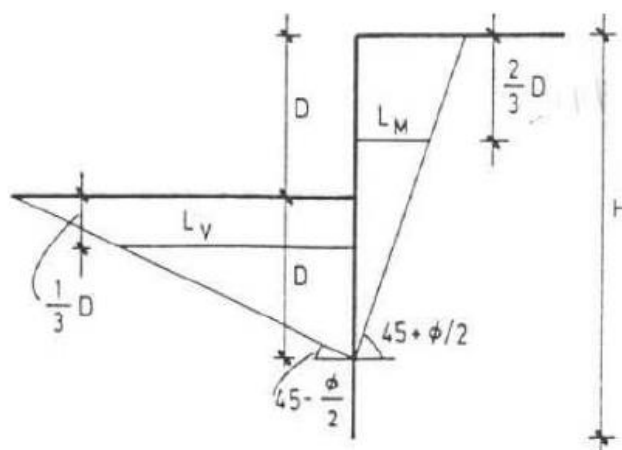
$a$  è un fattore di scala posto pari a 1;

$E_s$  è il modulo di Young del terreno;

$t$  è l’interasse della molla;

$L$  è un parametro geometrico che tiene conto della geometria del muro (v. capitolo 5.1.2).

Nella figura seguente viene riportato in via grafica il criterio per la definizione di  $L$  a monte ed a valle ( $L_M$  e  $L_V$ ).



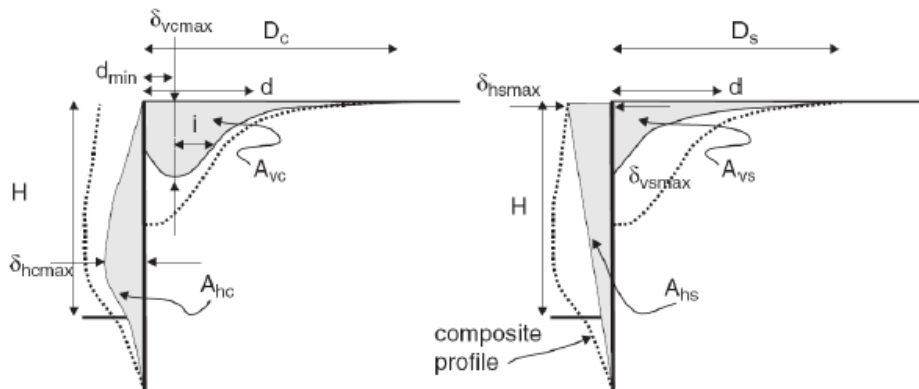
La realizzazione dello scavo sostenuto da una o due paratie, eventualmente tirantate, viene seguita in tutte le varie fasi attraverso un'analisi statica incrementale: ogni passo di carico coincide con una ben precisa configurazione caratterizzata da una certa quota di scavo, da un certo insieme di tiranti applicati, da una ben precisa disposizione di carichi applicati.

Poiché il comportamento degli elementi finiti è di tipo elastoplastico, ogni configurazione dipende in generale dalle configurazioni precedenti e lo sviluppo di deformazioni plastiche ad un certo passo condiziona la risposta della struttura nei passi successivi. La soluzione ad ogni nuova configurazione (step) viene raggiunta attraverso un calcolo iterativo alla Newton-Raphson (Bathe, 1996).

L'analisi ha lo scopo di indagare la risposta strutturale in termini di deformazioni laterali subite dalla parete durante le varie fasi di scavo e di conseguenza la variazione delle pressioni orizzontali nel terreno. Per far questo, in corrispondenza di ogni nodo è necessario definire due soli gradi di libertà, cioè lo spostamento orizzontale e la rotazione attorno all'asse X ortogonale al piano della struttura (positiva se antioraria).

## 7.2 Abbassamenti a tergo della paratia

Boone & Westland (2005) propongono un metodo per stimare gli spostamenti sia laterali sia verticali indotti da uno scavo profondo, e lo traducono in un insieme di equazioni in forma chiusa. Il metodo di Boone & Westland può essere riassunto nei seguenti passi.



Definitions of lateral and vertical displacement parameters: concave on left, spandrel on right (after Boone 2003).

1. Sulla base della geometria dell'opera e delle caratteristiche del terreno, si calcolano il massimo spostamento laterale della parete  $\delta_{hmax}$  della superficie  $\delta_{hsmax}$ .
2. La deformata della parete viene suddivisa in due contributi principali, ossia uno spostamento rigido (spandrel displacement) e una deformazione convessa legata alla deformabilità della parete. Per ciascun contributo viene calcolata l'area sottesa al diagramma delle deformazioni ( $A_{hs}$  e  $A_{hc}$ ) attraverso opportune equazioni.
3. I cedimenti verticali, a loro volta suddivisi in due contributi apportati dalle due componenti della deformata, vengono stimati a partire dal calcolo dell'area sottesa a ciascuno di essi ( $A_{vs}$  per la componente rigida e  $A_{vc}$  per quella convessa), come un'opportuna percentuale di  $A_{hs}$  o  $A_{hc}$ .
4. Noti  $A_{vs}$  e  $A_{vc}$ , i massimi cedimenti  $\delta_{vsmax}$  e  $\delta_{vcmax}$  sono calcolati sulla base di andamenti noti lungo la superficie.

	<p style="text-align: center;"><b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p> <p style="text-align: center;"><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p>												
<p>FV01 – Stazione di Anguillara</p> <p>Relazione di calcolo opera provvisoria 30+440</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">NR1J</td> <td style="text-align: center;">01 D 29</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FV0100005</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">20 di 72</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	20 di 72
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	20 di 72								

5. Infine, il cedimento totale, nel generico punto in superficie ad una distanza  $d$  dalla parete, è calcolato sommando i due contributi: vale a dire  $\delta v(d) = \delta v_s(d) + \delta v_c(d)$ .

### 7.3 Stabilità globale

Le verifiche di stabilità globale dei sono state condotte con il codice calcolo Slide (ver. 7.038).

Slide è un software bidimensionale per l'analisi di stabilità globale di pendii, rilevati e fronti di scavo. Viene calcolato il fattore di sicurezza allo scorrimento di superfici di scivolamento circolari e non in pendii di terreno o roccia. I carichi esterni, la superficie piezometrica e i diversi tipi di supporto possono essere modellati in vari modi.

Slide analizza la stabilità delle superfici di scorrimento utilizzando i metodi all'equilibrio limite con concetti verticali e non (Bishop, Janbu, Spencer, Sarma, Morgenstern-Price, ..). Possono essere ricercate specifiche superfici di scorrimento oppure è possibile localizzare la superficie di scivolamento critica per un dato pendio. Nel caso in esame è stato utilizzato il metodo di Bishop semplificato.

Il software determina la superficie di scorrimento critica caratterizzata dal valore minimo del coefficiente di sicurezza, definito come il rapporto tra la resistenza di progetto del sistema  $R_d$  (momenti stabilizzanti) e l'azione di progetto  $E_d$  (momenti ribaltanti).

Le verifiche sono soddisfatte se il coefficiente di sicurezza  $F_s$  è maggiore di  $\gamma_R$ .

### 7.4 Modelli di calcolo

La sezione di calcolo è caratterizzato da uno scavo di 3.3 m, che incrementato del 10% per tenere conto delle prescrizioni delle NTC 2018, porta a 3.65 m.

Come detto la berlinese è costituita da micropali  $\phi 250$ ; disposti ad interasse 0.3 m, di lunghezza 8 m. I micropali sono armati con tubolari in acciaio S275 di diametro 168.3 mm e spessore 16 mm.

I micropali sono collegati in testa da un cordolo in c.a. di dimensioni 0.6m x 0.6m.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p> <p><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p>												
<p>FV01 – Stazione di Anguillara</p> <p>Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440</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>NR1J</td> <td>01 D 29</td> <td>CL</td> <td>FV0100005</td> <td>A</td> <td>21 di 72</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	21 di 72
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	21 di 72								

## 7.5 Fasi di costruzione

Sulla base di quanto descritto nel capitolo 7.1, il calcolo numerico è effettuato per fasi, al fine di consentire la valutazione delle azioni sulla paratia nelle differenti stadi di costruzione e di consentire la convergenza della soluzione. Nel seguito si riassumono le fasi di calcolo considerate nell'analisi.

	<b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b>					
	FV01 – Stazione di Anguillara Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO FV0100005	REV. A

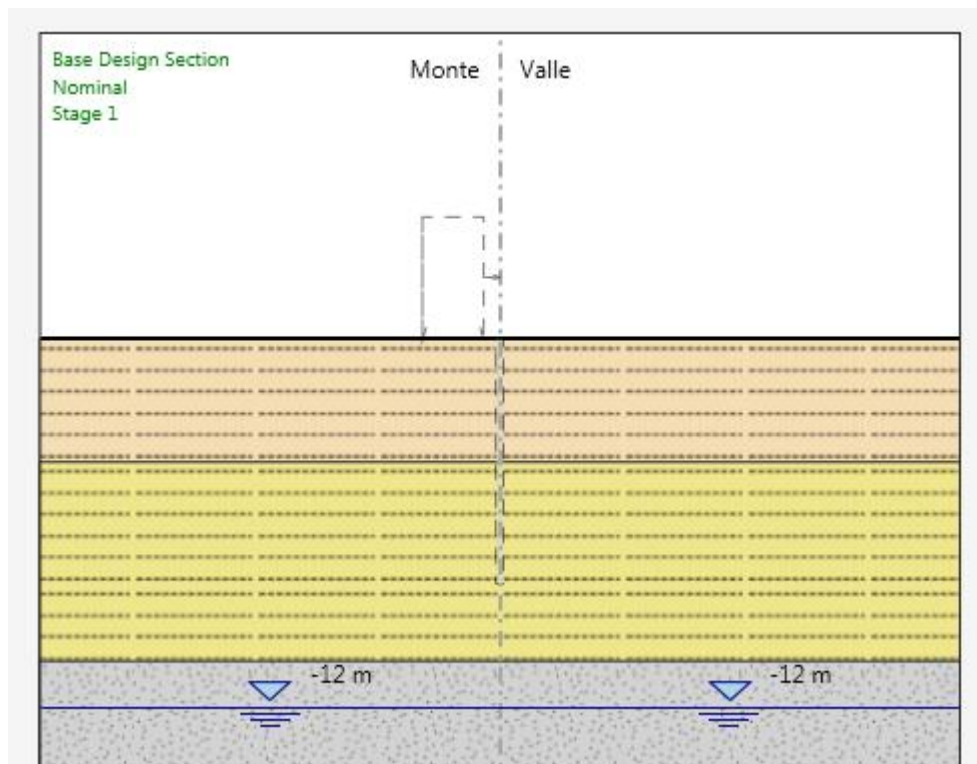
## FASE 1 - INIZIALIZZAZIONE

Paratia: -

Quota terreno lato esterno: 0 m

Quota terreno lato interno: 0 m

Sovraccarico: no



*Figura 4 – Stage 1: stato di fatto*

	<b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b>					
	FV01 – Stazione di Anguillara Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO FV0100005	REV. A

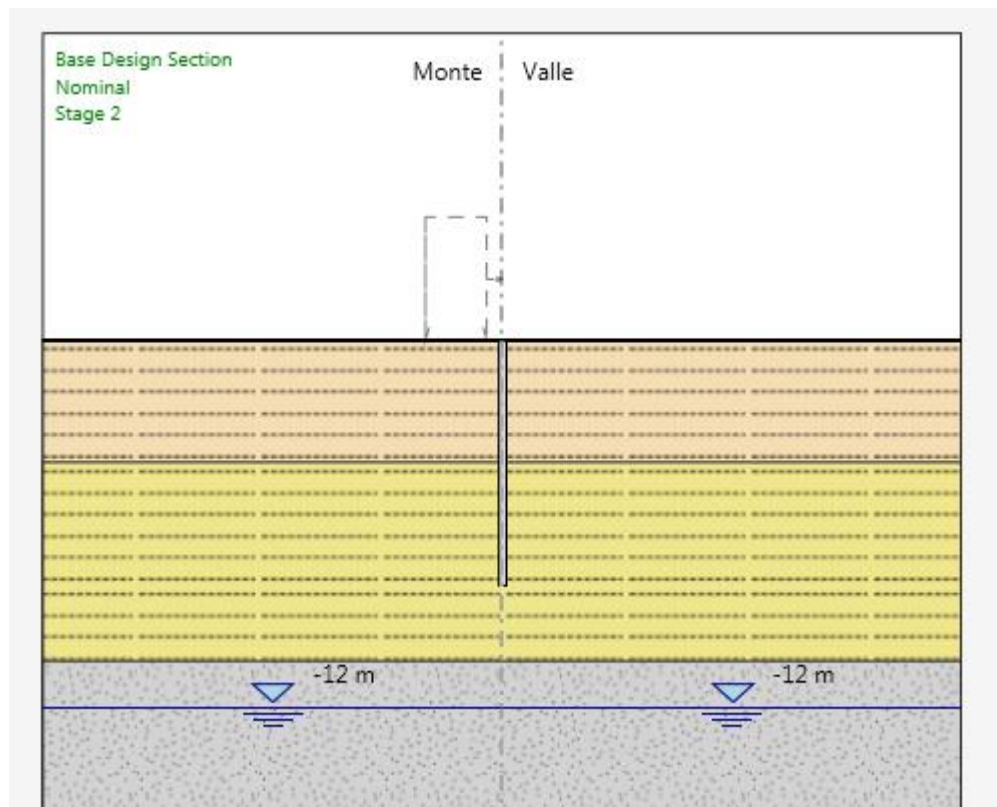
## FASE 2 - BERLINESE

Paratia: Palo  $\Phi 250$  mm, tubolare  $\Phi 168.3$ , spessore 16 mm, lunghezza 8m, passo 0.3m

Quota terreno lato esterno: 0 m

Quota terreno lato interno: 0 m

Sovraccarico: no



*Figura 5 – Stage 2: Realizzazione berlinese*

	<b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b>					
	FV01 – Stazione di Anguillara Relazione di calcolo opera provvisoria 30+440	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO FV0100005	REV. A

### FASE 3 – SOVRACCARICO

Paratia: Palo  $\Phi 250$  mm, tubolare  $\Phi 168.3$ , spessore 16 mm, lunghezza 8m, passo 0.3m

Quota terreno lato esterno: 0 m

Quota terreno lato interno: -0 m

Sovraccarico: 20 kPa accidentale

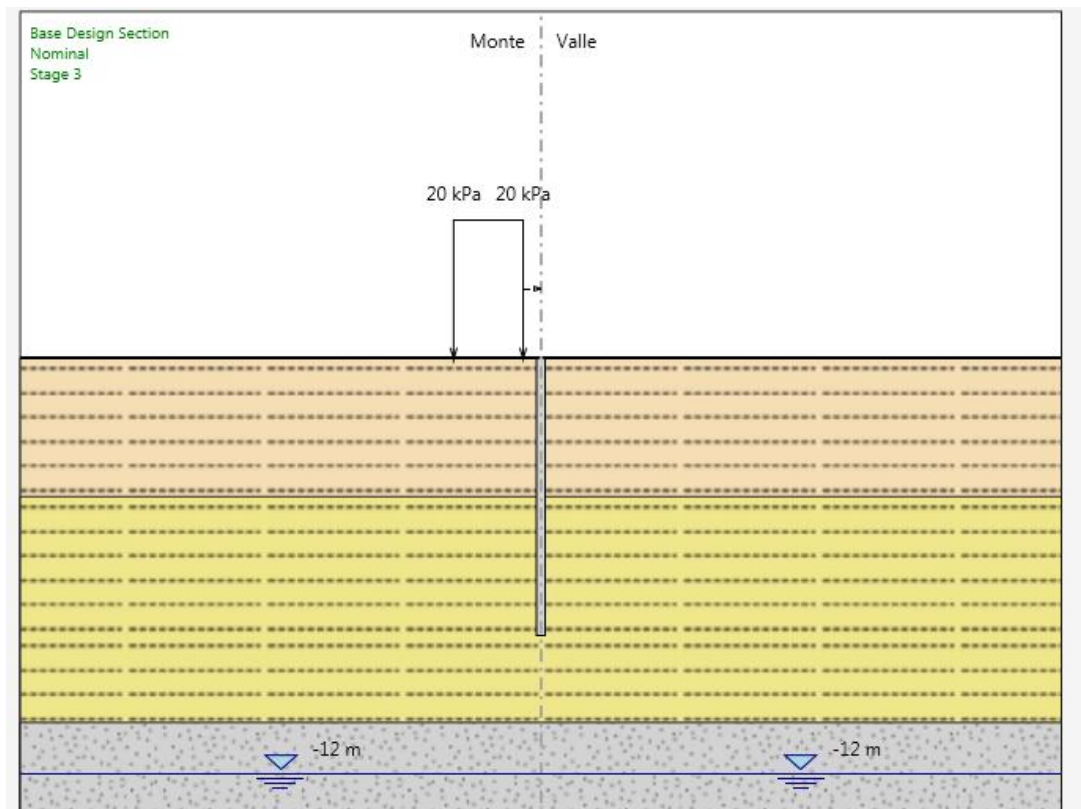


Figura 6 – Stage 3: sovraccarico 20 kPa



	<b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b>					
	FV01 – Stazione di Anguillara Relazione di calcolo opera provvisoria 30+440	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO FV0100005	REV. A

FASE 4 – SCAVO -2 m

Paratia: Palo  $\Phi 250$  mm, tubolare  $\Phi 168.3$ , spessore 16 mm, lunghezza 8m, passo 0.3m

Quota terreno lato esterno: 0 m

Quota terreno lato interno: -2 m

Sovraccarico: 20 kPa accidentale

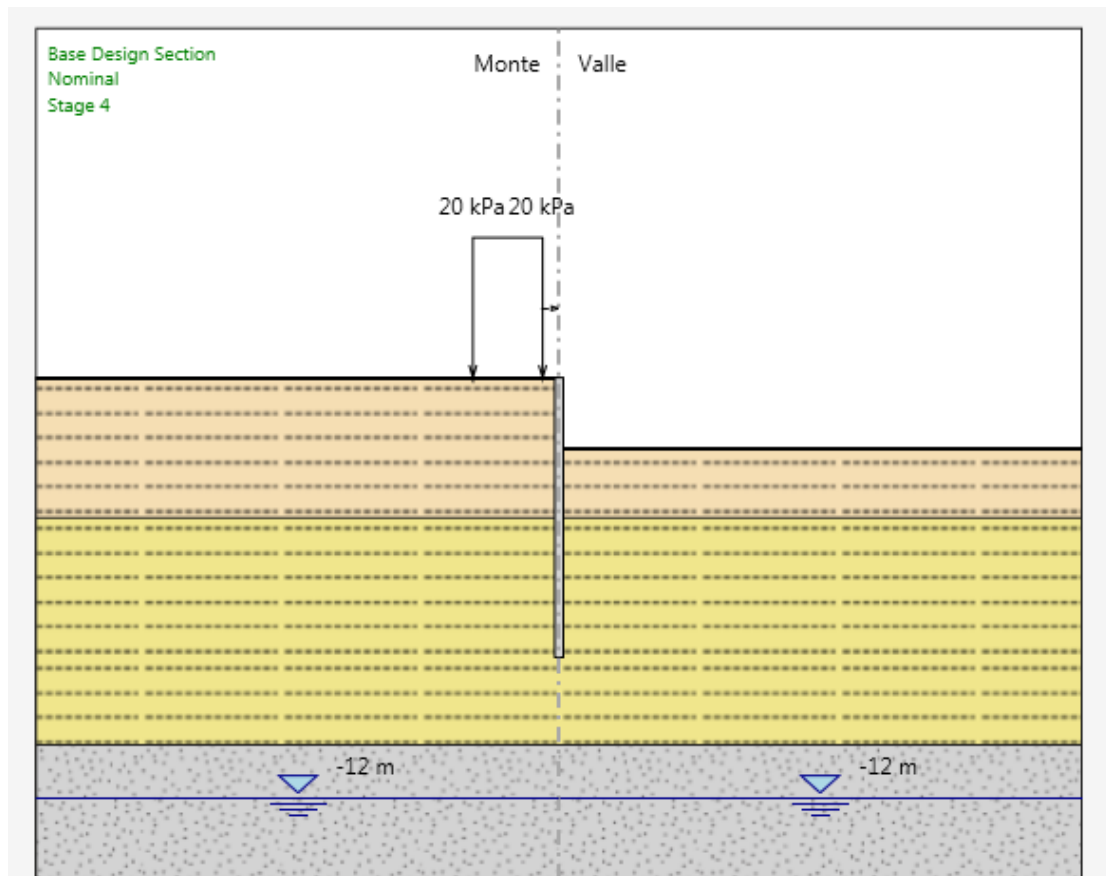


Figura 7 – Stage 4: scavo -2m

FASE 5 – FONDO SCAVO -3.3m

Paratia: Palo  $\Phi 250$  mm, tubolare  $\Phi 168.3$ , spessore 16 mm, lunghezza 8m, passo 0.3m

Quota terreno lato esterno: 0 m

Quota terreno lato interno: -3.3 m

Sovraccarico: 20 kPa accidentale

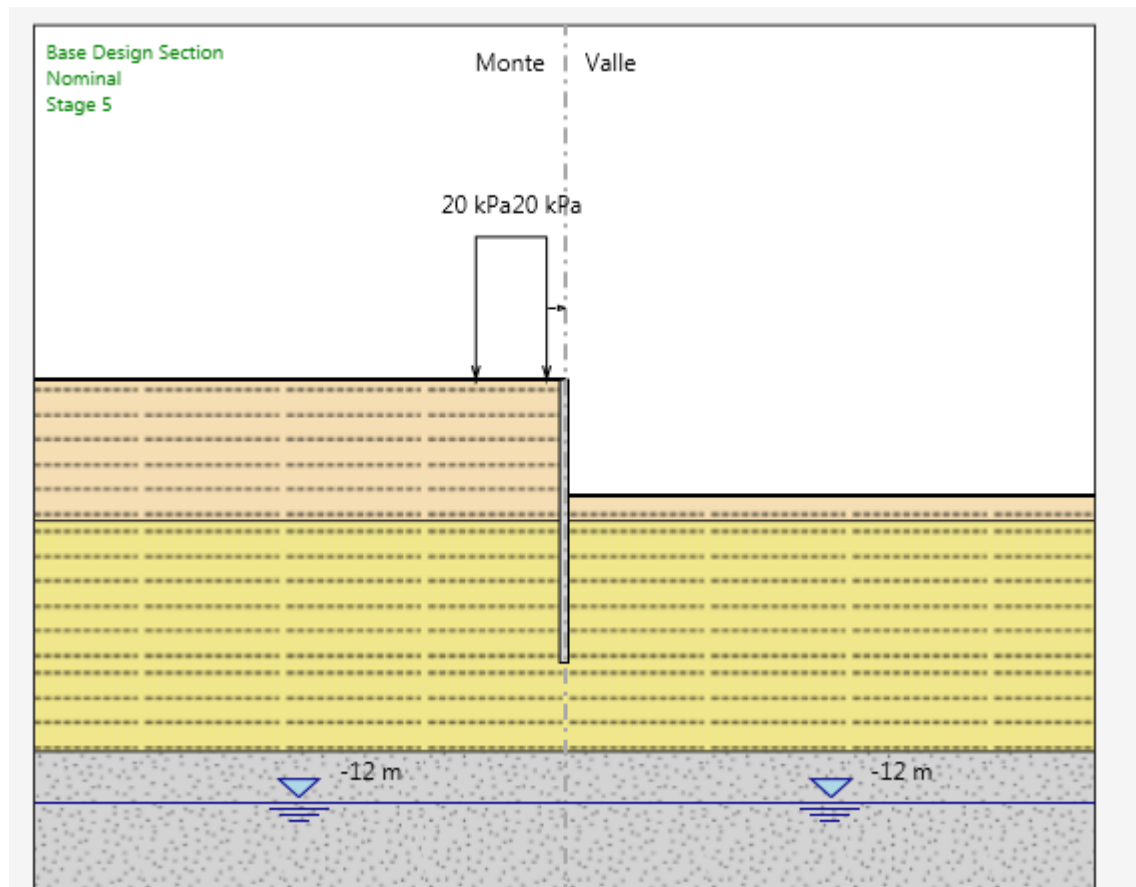


Figura 8 – Stage 5: scavo -3.3m

FV01 – Stazione di Anguillara

Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	27 di 72

## FASE 6 – SOVRASCAVO

Paratia: Palo  $\Phi 250$  mm, tubolare  $\Phi 168.3$ , spessore 16 mm, lunghezza 8m, passo 0.3m

Quota terreno lato esterno: 0 m

Quota terreno lato interno: -3.65 m

Sovraccarico: 20 kPa accidentale

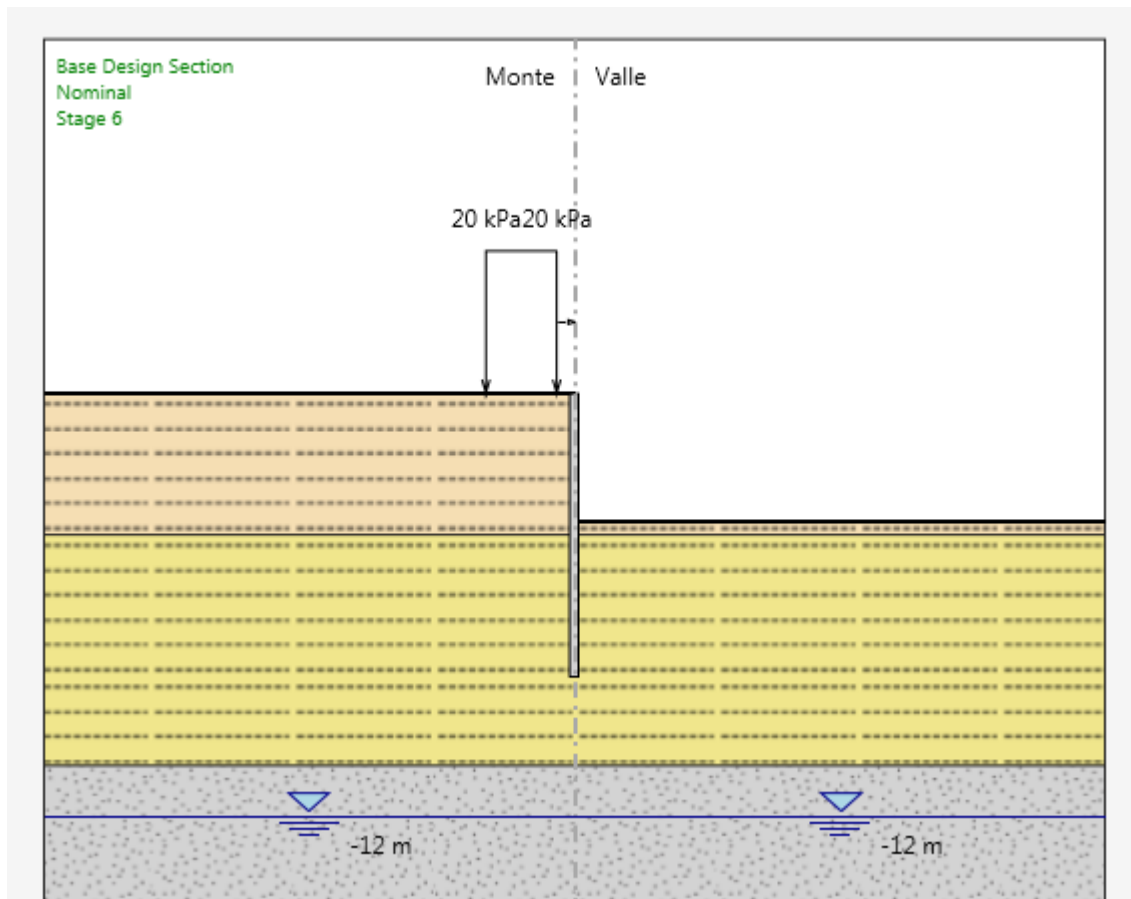


Figura 9 – Stage 6: scavo -3.65 m

	<b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b>												
FV01 – Stazione di Anguillara Relazione di calcolo opera provvisoria 30+440	<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>NR1J</td> <td>01 D 29</td> <td>CL</td> <td>FV0100005</td> <td>A</td> <td>28 di 72</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	28 di 72
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	28 di 72								

## 8. CRITERI DI VERIFICA

Coerentemente con quanto descritto nel capitolo 6, le verifiche agli Stati Limite Ultimo della paratia sono condotte con riferimento a tutti i meccanismi di rottura e instabilità che possono verificarsi e previsti da normativa tecnica. Le verifiche di esercizio sono, invece, finalizzate alla valutazione degli spostamenti e della loro compatibilità con la funzionalità delle strutture adiacenti.

Le verifiche di resistenza delle sezioni sono eseguite secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

Il paragrafo in oggetto illustra nel dettaglio i criteri generali adottati per le verifiche strutturali e geotecniche condotte nel progetto. Ulteriori dettagli di carattere specifico, laddove impiegati, sono dichiarati e motivati nelle relative risultanze delle verifiche.

### 8.1 Verifiche geotecniche

#### 8.1.1 Verifica della massima spinta passiva mobilitata

La lunghezza di ammorsamento della paratia di micropali deve essere tale da garantire la stabilità dell'opera in tutte le fasi di realizzazione. La stabilità è verificata per mezzo del programma di calcolo Paratie, verificando la convergenza della soluzione calcolata e, dunque, l'equilibrio nella direzione orizzontale ed alla rotazione. Nell'ambito delle analisi si verificherà quindi che la spinta passiva mobilitata sia sempre inferiore alla spinta passiva ultima di progetto, nella Combinazione 2 dell'Approccio 1, garantendo un adeguato margine di sicurezza.

#### 8.1.2 Verifica degli spostamenti

Il calcolo degli spostamenti della berlinese è effettuato con PARATIE e secondo quanto previsto dalle NTC. Orientativamente, lungo la paratia il valore limite degli spostamenti sarà pari ed accettabile 1/200 dell'altezza di scavo, per quanto riguarda il limite di spostamento agli SLE.

	<p style="text-align: center;"><b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p> <p style="text-align: center;"><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p>												
<p>FV01 – Stazione di Anguillara</p> <p>Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">NR1J</td> <td style="text-align: center;">01 D 29</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FV0100005</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">29 di 72</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	29 di 72
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	29 di 72								

### 8.1.3 Verifica di stabilità globale

Per il progetto delle opere in oggetto, la verifica di stabilità globale del complesso opera-terreno è stata effettuata secondo la teoria dell'equilibrio limite nell'ambito della quale i terreni sono caratterizzati mediante un legame costitutivo rigido-plastico con criterio di rottura di Mohr-Coulomb (analisi in termini di sforzi efficaci). Tale approccio consente di svincolarsi da tutte le complesse problematiche legate all'analisi dello stato deformativo dell'ammasso e di definire un semplice fattore di sicurezza, convenzionalmente valutato come rapporto tra le forze di taglio potenzialmente mobilitabili lungo la superficie di rottura analizzata e le forze di taglio effettivamente mobilitate sotto l'azione delle forze agenti sull'ammasso (pesi propri, carichi esterni, ecc.).

L'analisi delle condizioni di equilibrio viene svolta con ricorso al codice di calcolo Slide (Rocscience). Il calcolo viene condotto utilizzando i metodi dell'equilibrio limite con particolare riferimento a quello di Bishop semplificato, considerando forme di superfici di scivolamento compatibili con i cinematismi di rottura attesi. Vengono quindi analizzate tutte le possibili superfici di scivolamento passanti esternamente rispetto all'opera di sostegno (stabilità globale).

La metodologia di calcolo adottata dal programma consiste nell'analizzare molteplici superfici di scivolamento ben definite, fornendone il fattore di sicurezza. La resistenza al taglio agente lungo la superficie di scivolamento necessaria all'equilibrio è calcolata attraverso l'equazione della statica. Il coefficiente di sicurezza è inteso come il fattore per il quale possono essere divisi i parametri di resistenza meccanica del materiale per portare il pendio alle condizioni di equilibrio limite, implicitamente assunto costante lungo tutta la superficie di scivolamento.

Nello specifico, nel metodo di Bishop si divide la massa di terreno interessata dal cinematismo in più conci assumendo che le azioni agenti all'interfaccia dei conci stessi abbiano risultante orizzontale, trascurando gli sforzi di taglio all'interfaccia tra i vari volumetti.

### 8.1.4 Altre verifiche

In considerazione della geometria dell'opera e dello scavo, stratigrafia e delle condizioni di falda, per l'opera in oggetto si ritiene che non possano innescarsi meccanismi di instabilità

	<b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b>					
	FV01 – Stazione di Anguillara Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO FV0100005	REV. A

globale del complesso opera-terreno o relativi al sollevamento, al sifonamento o ad altri stati limite di tipo idraulico.

## 8.2 Verifiche strutturali

### 8.2.1 Verifica dei tubi di armatura dei micropali

La verifica dei tubolari di armatura dei micropali, viene eseguita secondo il criterio valido per sezioni tubolari compatte (classe 1 o 2) con il metodo plastico descritto nelle NTC. Il coefficiente parziale  $\gamma_{M0}$  è riportato nella tabella 4.2.VII delle NTC 2018.

Le verifiche a flessione ed a taglio saranno effettuate con Paratie, in termini di coefficiente di sfruttamento.

*Tab. 4.2.VII - Coefficienti di sicurezza per la resistenza delle membrature e la stabilità*

Resistenza delle Sezioni di Classe 1-2-3-4	$\gamma_{M0} = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature	$\gamma_{M1} = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature di ponti stradali e ferroviari	$\gamma_{M1} = 1,10$
Resistenza, nei riguardi della frattura, delle sezioni tese (indebolite dai fori)	$\gamma_{M2} = 1,25$

## 9. RISULTATI

Nel presente capitolo si riassumono i risultati del calcolo effettuato sull'opera descritta nel capitolo 7.

### INVILUPPO MOMENTO FLETTENTE

Nella figura che segue si illustra il momento flettente massimo calcolato per le combinazioni agli Stati Limite Ultimo.

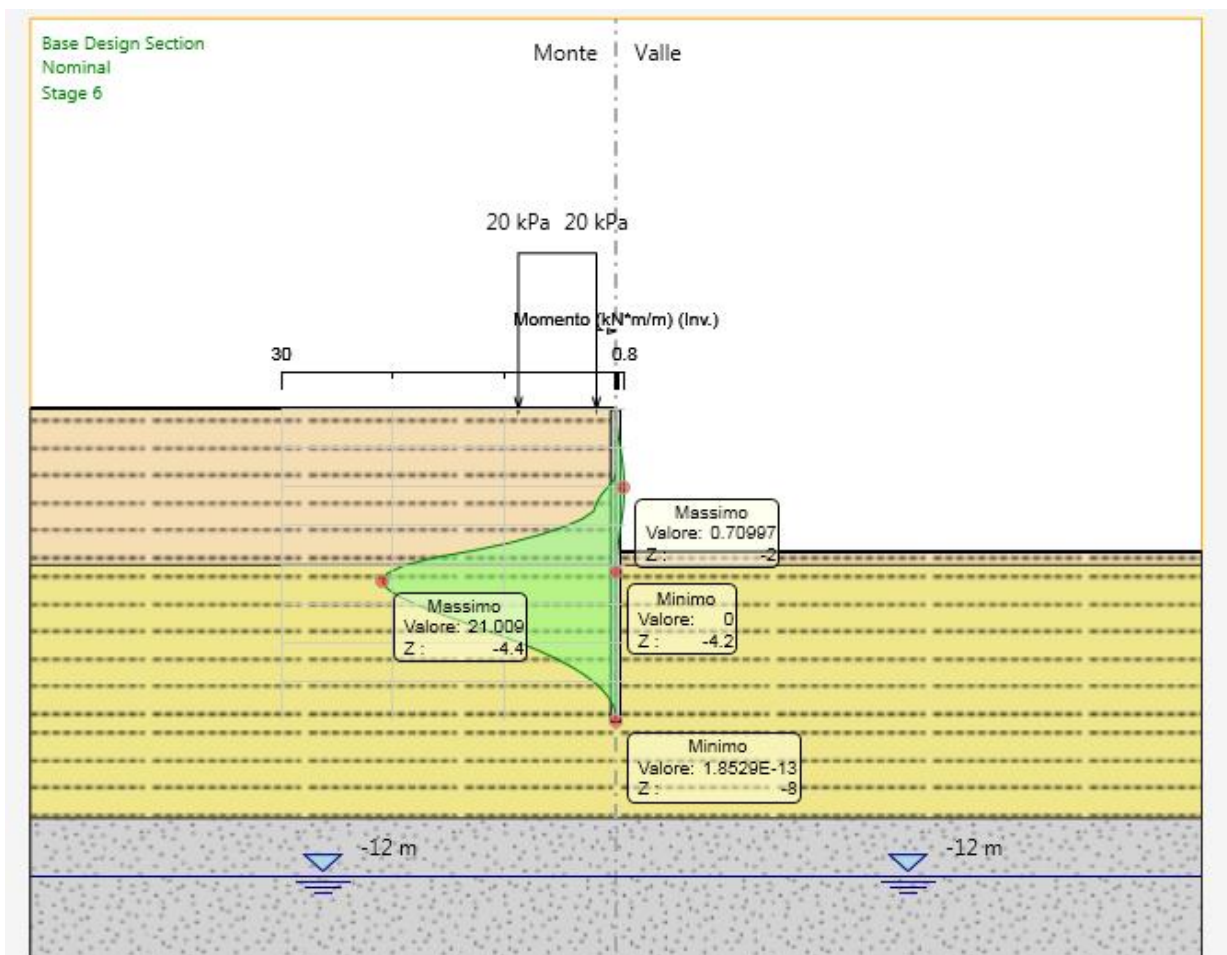


Figura 10 – Momento flettente massimo SLU ( $M_{max}=21 \text{ kNm/m}$ )

### INVILUPPO AZIONE DI TAGLIO

Nella figura che segue si illustra l'azione di taglio massima calcolata per le combinazioni agli Stati Limite Ultimo.

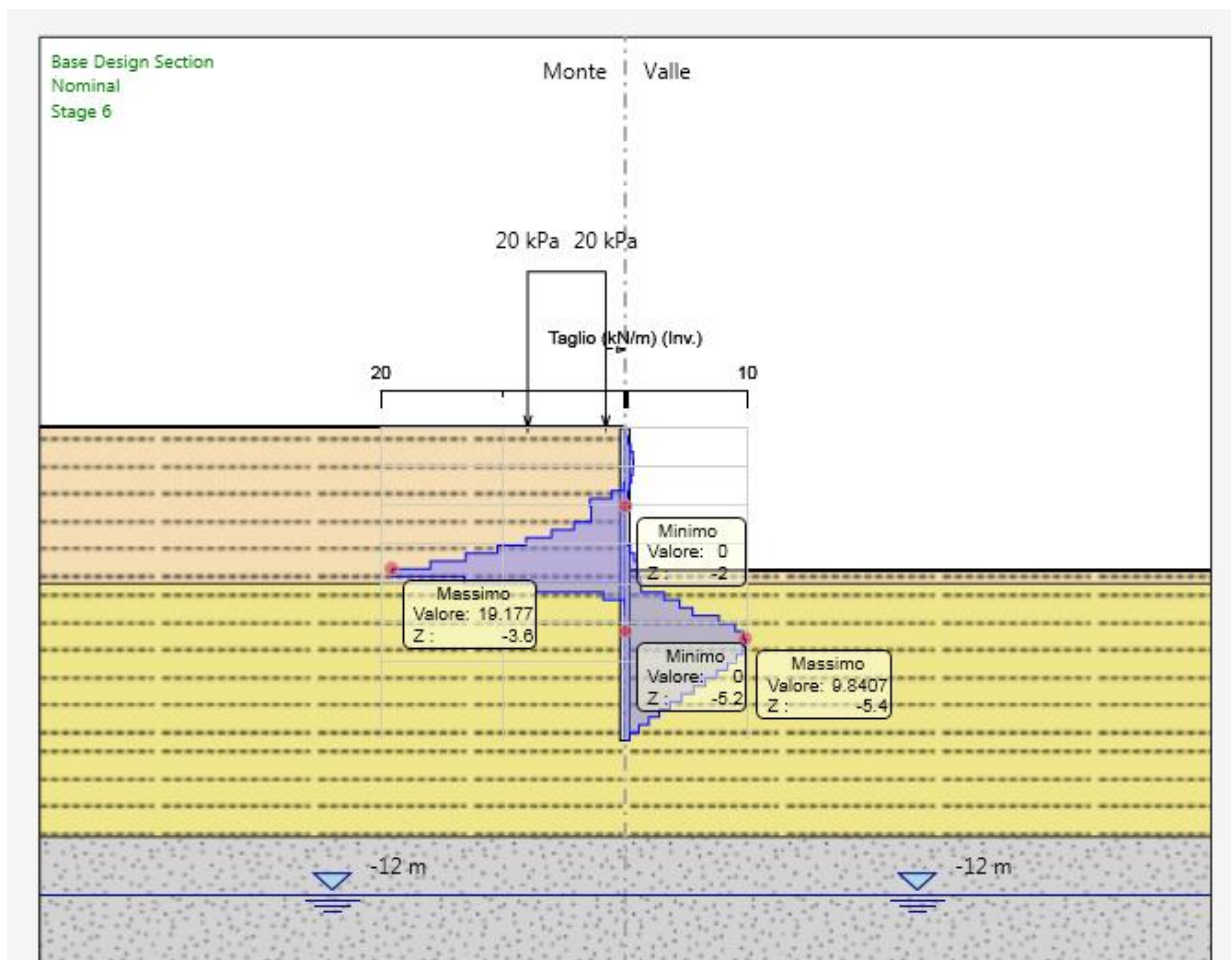


Figura 11 – Azione di taglio massima SLU ( $T_{max}=19 \text{ kN/m}$ )



### SPOSTAMENTO MASSIMO PARATIA

Nella figura seguente si illustrano gli spostamenti massimi orizzontali calcolati negli Stati Limite di Esercizio.

Lo spostamento orizzontale massimo è pari a 7.5 mm, inferiore al limite  $H_{scavo}/200 = 18$  mm.

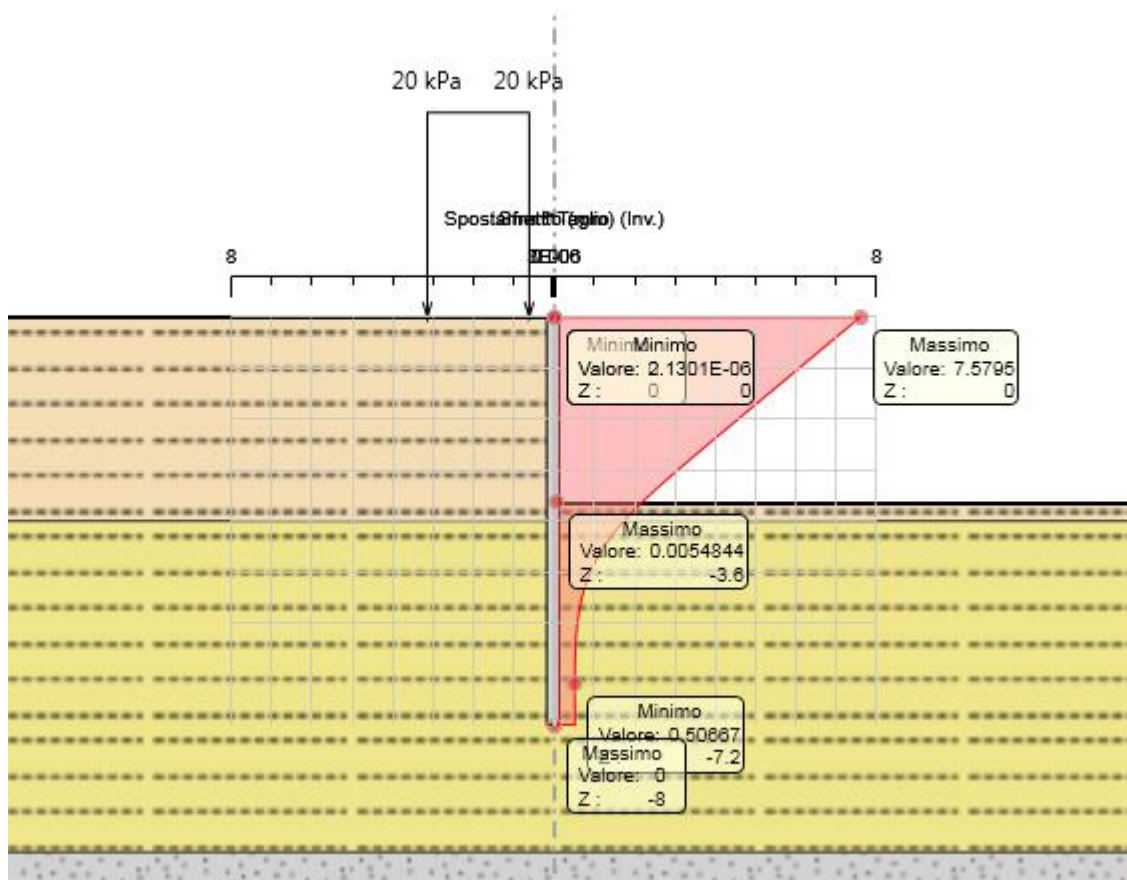


Figura 12 – Spostamenti massimi SLE

### CEDIMENTI A TERGO DELLA PARATIA

Sono stati stimati anche gli abbassamenti verticali in condizioni SLE a tergo della paratia, al fine di valutare l'impatto indotto dallo scavo sull'edificio esistente.

Nella configurazione finale di scavo, l'abbassamento in corrispondenza dello spigolo dell'edificio, che si trova a 2.3 m di distanza dalla paratia, è di circa 2.5 mm; i cedimenti vanno

ad esaurirsi entro una distanza di 8 m dallo spigolo. Si ritiene che l'entità degli abbassamenti stimati sia compatibile con la funzionalità dell'edificio esistente.

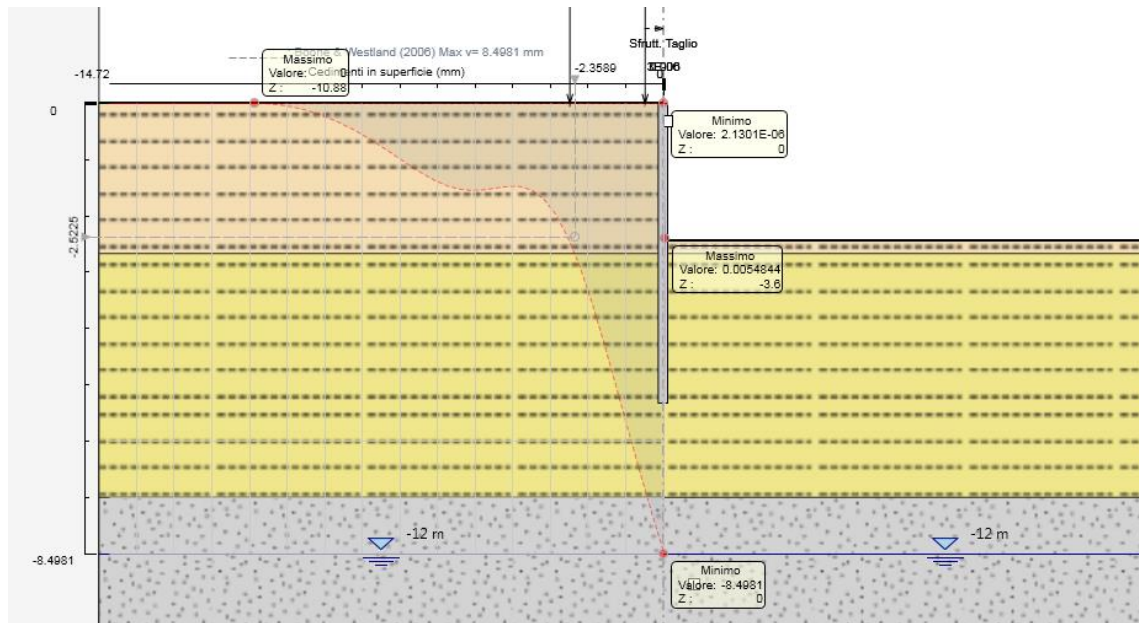


Figura 13 – Cedimenti massimi a tergo della paratia - SLE

## SPINTA PASSIVA MOBILITATA

La spinta passiva mobilitata raggiunge un valore massimo del 27%.

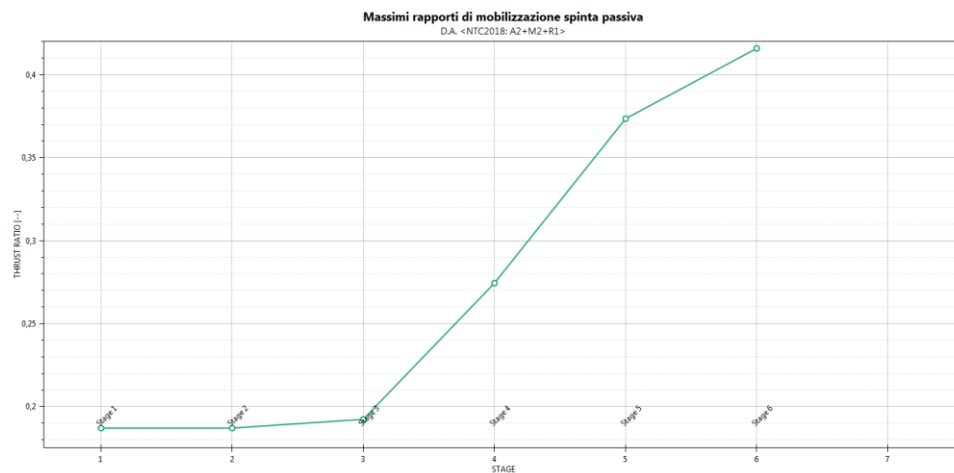





Figura 14 - Inviluppo spinta reale efficace / Spinta passiva (Approccio 1 Combinazione 2)

## STABILITA' GLOBALE

Il fattore di sicurezza minimo calcolato in condizioni statiche è riportato in Figura 15, mentre nella Tabella 9.1 si riportano le caratteristiche geotecniche utilizzate nel modello.

Tabella 9.1 – Parametri geotecnici di riferimento per le analisi di stabilità globale

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface	Hu Type	Hu
U2a_1		17	Mohr-Coulomb	10	26	Water Surface	Custom	1
U2a_2		17	Mohr-Coulomb	10	25	Water Surface	Custom	1
U3a		16	Mohr-Coulomb	0	26	Water Surface	Custom	1

La berlinese è stata modellata in Slide utilizzando l'elemento *micropile* a cui è stata assegnata la resistenza al taglio del tubolare  $D = 168.3 \text{ mm sp. } 16 \text{ mm}$  in acciaio S275, pari a 730 kN.

È stato verificato che il valore di progetto delle azioni fosse inferiore al valore di progetto delle resistenze disponibili, ovvero  $R/Ed > \gamma_R = 1.1$  (paragrafo 6.8.2 delle NTC2018).

FV01 – Stazione di Anguillara

Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	36 di 72

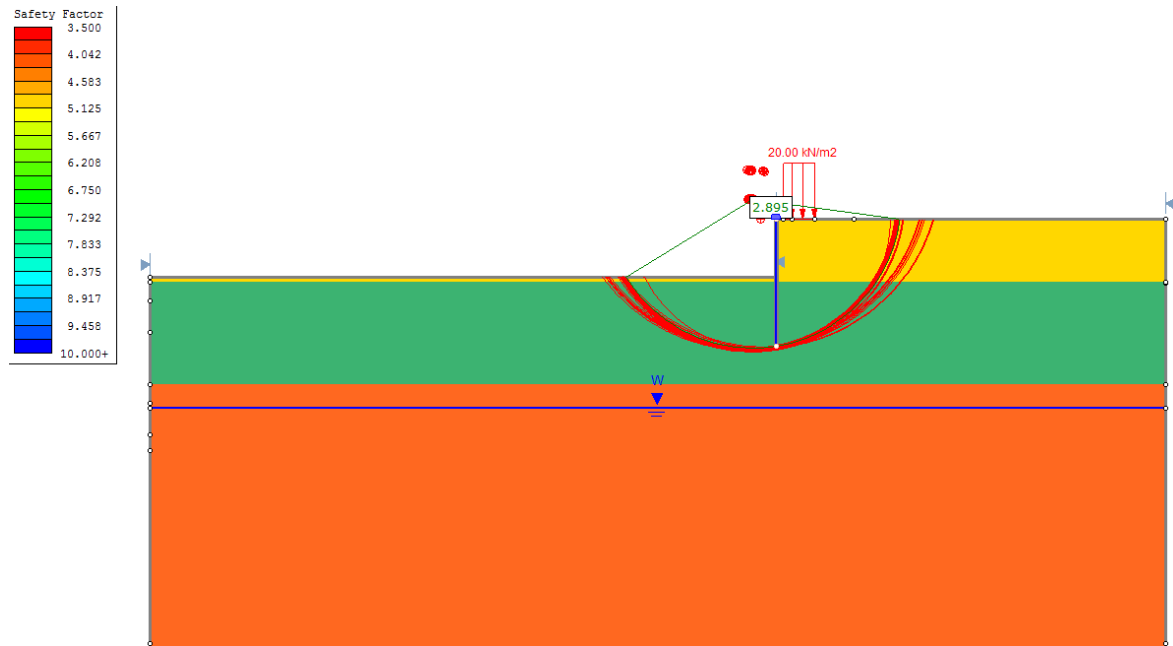


Figura 15 –Stabilità globale: fattore di sicurezza SLU (Metodo Bishop simplified)

	<p style="text-align: center;"><b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p> <p style="text-align: center;"><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p>												
<p>FV01 – Stazione di Anguillara</p> <p>Relazione di calcolo opera provvisoria 30+440</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">NR1J</td> <td style="text-align: center;">01 D 29</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FV0100005</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">37 di 72</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	37 di 72
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	37 di 72								

## 10. VERIFICHE

### 10.1 Verifiche geotecniche

Sulla base dei risultati presentati nel precedente capitolo, la percentuale di spinta passiva massima mobilitata nella Combinazione 2 è tale da garantire la stabilità dell'opera alla rototraslazione.

Inoltre, gli spostamenti calcolati e rappresentati in Figura 12 e Figura 13 sono in grado di garantire i requisiti prestazionali dell'opera e, quindi, soddisfare le verifiche agli SLE.

Il fattore di sicurezza rappresentato in Figura 15 è tale da garantire la stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno.

### 10.2 Verifiche strutturali

Le seguenti figure illustrano il massimo livello di sfruttamento del tubolare in acciaio al momento ed al taglio, sempre ampiamente inferiore al 100%. Le verifiche strutturali agli SLU sono, pertanto, soddisfatte.

#### 10.2.1 Paratia

Come anticipato in precedenza, la verifica strutturale della paratia viene condotta andando a controllare il tasso di sfruttamento dei tubolari in acciaio all'interno dei micropali. Nelle figure di seguito riportate si presentano gli involuppi di sfruttamento a momento flettente e taglio che soddisfano la verifica, presentando un valore molto inferiore all'unità:

- Sfruttamento momento SLU: 6%;
- Sfruttamento taglio SLU: 1%.

Si evidenzia che la soluzione progettuale adottata è stata scelta principalmente per il soddisfacimento delle verifiche agli SLE, in particolare per contenere gli abbassamenti verticali a tergo della paratia, in presenza di un edificio esistente.

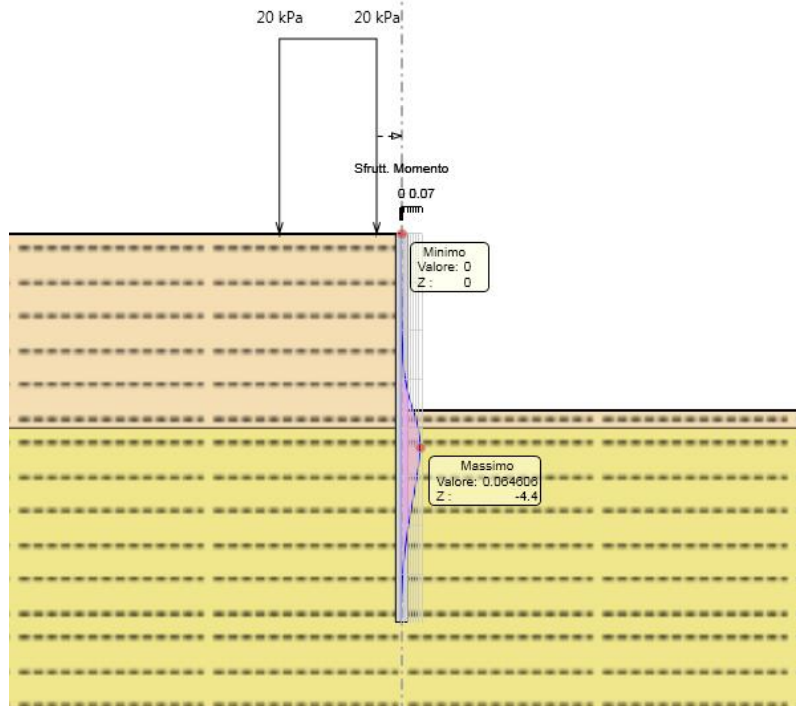


Figura 16 – Inviluppo del massimo grado di sfruttamento del tubolare a flessione (SLU)

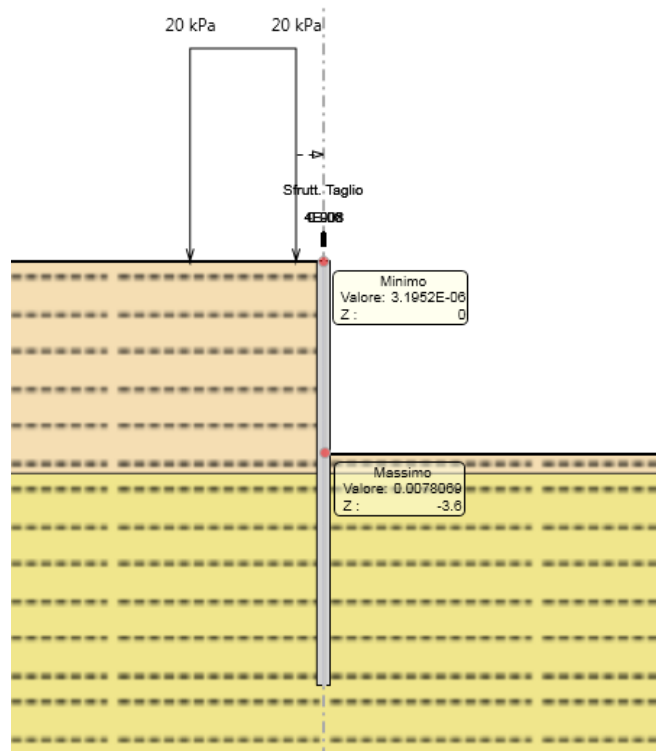


Figura 17 – Inviluppo del massimo grado di sfruttamento del tubolare a taglio (SLU)

	<p style="text-align: center;"><b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p> <p style="text-align: center;"><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p>												
<p>FV01 – Stazione di Anguillara</p> <p>Relazione di calcolo opera provvisoria 30+440</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">NR1J</td> <td style="text-align: center;">01 D 29</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">FV0100005</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">39 di 72</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	39 di 72
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	39 di 72								

### 10.2.1.1 Trave di coronamento

Il cordolo in c.a. di collegamento in testa ai micropali, di dimensioni 0.6m x 0.6m, non risulta sollecitato, come si evince nei risultati riportati in Figura 10 e Figura 11. Viene quindi prevista l'armatura minima prescritta da normativa al capitolo 4.1.6.1.1.

$$A_{s,req} \geq A_{s,min} = 0,26 b_t d f_{ctm} / f_{yk} > 0,0013 b_t d$$

$$A_{s,min} = 0,26 \times 60\text{cm} \times 52\text{cm} \times 2,56\text{MPa} / 450\text{MPa} = 4,61 \text{ cm}^2 > 0,0013 \times 60 \times 52 = 4,05 \text{ cm}^2$$

Questa condizione risulta soddisfatta assumendo 5  $\Phi 12$  ( $A_{s,tesa} = 5,65 \text{ cm}^2$ ) ambo i lati.

Si prevedono staffe a 2 bracci, barre  $\Phi 12$  con passo 20 cm ( $A_{st} = 1131 \text{ mm}^2/\text{m} > A_{st,min} = 1,5 b = 900 \text{ mm}^2/\text{m}$ ).

Si giunge pertanto ad un'incidenza di  $60 \text{ kg/m}^3$ .



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE  
FERROVIARIA REGIONALE - AMMODERNAMENTO E  
POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI  
VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

FV01 - Stazione di Anguillara

Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	40 di 72

**ALLEGATI**





INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE  
FERROVIARIA REGIONALE - AMMODERNAMENTO E  
POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI  
VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

FV01 - Stazione di Anguillara

Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	41 di 72

## ALLEGATO 1 - TABULATI DI PARATIE



FV01 - Stazione di Anguillara

Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	43 di 72

## **Descrizione Pareti**

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -8 m

Muro di sinistra

Sezione : Default Section

Area equivalente : 0.033955752505272 m

Inerzia equivalente : 0.0001 m<sup>4</sup>/m

Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 0.3 m

Diametro : 0.25 m

Efficacia : 0.5

Materiale acciaio : S275

Sezione : 0.1683x0.016

Tipo sezione : O

Spaziatura : 0.3 m

Spessore : 0.016 m

Diametro : 0.1683 m

FV01 - Stazione di Anguillara

Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	44 di 72

## ***Fasi di Calcolo***

Stage 1

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -12 m

Falda di destra : -12 m

FV01 - Stazione di Anguillara

Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	45 di 72

Stage 2

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -12 m

Falda di destra : -12 m

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -8 m

Sezione : Default Section

FV01 – Stazione di Anguillara

Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	46 di 72

Stage 3

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -12 m

Falda di destra : -12 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -2.5 m

X finale : -0.5 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -8 m

Sezione : Default Section

FV01 – Stazione di Anguillara

Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	47 di 72

Stage 4

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -2 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-2 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -12 m

Falda di destra : -12 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -2.5 m

X finale : -0.5 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -8 m

Sezione : Default Section

FV01 – Stazione di Anguillara

Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	48 di 72

Stage 5

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -3.3 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-3.3 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -12 m

Falda di destra : -12 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -2.5 m

X finale : -0.5 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -8 m

Sezione : Default Section



FV01 – Stazione di Anguillara

Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	49 di 72

Stage 6

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -3.65 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-3.65 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -12 m

Falda di destra : -12 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -2.5 m

X finale : -0.5 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -8 m

Sezione : Default Section

FV01 – Stazione di Anguillara

Relazione di calcolo opera provvisoria 30+440

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	50 di 72

## Descrizione Coefficienti Design Assumption

Nome	Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_dead_loa d_unfavour)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_lo ad_favour)	Carichi Variabili Sfavorevoli (F_live_load _unfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_loa d_favour)	Carico Sismico (F_seis m_load )	Pressi Lato Monte (F_Wa terDR)	Pressio Lato Valle (F_Wat erRes)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_UPL_ GStab)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_UPL_ GStab)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_UPL_ QDStab)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_HYD_ GStab)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_HYD_ QDStab)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_HYD_ QDStab)
Simbolo	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_Q$	$\gamma_Q$	$\gamma_{QE}$	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_{Gdst}$	$\gamma_{Gstb}$	$\gamma_{Qdst}$	$\gamma_{Gdst}$	$\gamma_{Gstb}$	$\gamma_{Qdst}$
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1.35	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1

Nome	Parziale su tan( $\phi$ ) (F_Fr)	Parziale su c' (F_eff_cohe)	Parziale su Su (F_Su)	Parziale su qu (F_qu)	Parziale su peso specifico (F_gamma)
Simbolo	$\gamma_\phi$	$\gamma_c$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_{qu}$	$\gamma_\gamma$
Nominal	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1	1	1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	1	1

Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale resistenza Tiranti permanenti (F_Anch_P)	Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T)	Parziale elementi strutturali (F_wall)
Simbolo	$\gamma_{Re}$	$\gamma_{ap}$	$\gamma_{at}$	
Nominal	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1.2	1.1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1.2	1.1	1

## Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo



**INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE  
FERROVIARIA REGIONALE - AMMODERNAMENTO E  
POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI  
VALLE**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE**

FV01 – Stazione di Anguillara

Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	51 di 72

Design Assumption	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4	Stage 5	Stage 6
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)						
NTC2018: A2+M2+R1						

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE          FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E          POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI          VALLE</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b>					
	FV01 – Stazione di Anguillara Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO FV0100005	REV. A

## ***Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)***

### **Tabella Inviluppi Spostamento Left Wall**

Selected Design Assumptions Inviluppi: Spostamento			Muro: LEFT
Z (m)	Lato sinistro (mm)	Lato destro (mm)	
0	0	7.579	
-0.2	0	7.277	
-0.4	0	6.975	
-0.6	0	6.672	
-0.8	0	6.37	
-1	0	6.068	
-1.2	0	5.765	
-1.4	0	5.463	
-1.6	0	5.16	
-1.8	0	4.858	
-2	0	4.556	
-2.2	0	4.253	
-2.4	0	3.952	
-2.6	0	3.651	
-2.8	0	3.353	
-3	0	3.058	
-3.2	0	2.768	
-3.4	0	2.487	
-3.6	0	2.216	
-3.8	0	1.961	
-4	0	1.724	
-4.2	0	1.51	
-4.4	0	1.32	
-4.6	0	1.155	
-4.8	0	1.013	
-5	0	0.894	
-5.2	0	0.796	
-5.4	0	0.717	
-5.6	0	0.655	
-5.8	0	0.607	
-6	0	0.572	
-6.2	0	0.546	
-6.4	0	0.529	
-6.6	0	0.517	
-6.8	0	0.511	
-7	0	0.507	
-7.2	0	0.507	
-7.4	0	0.507	
-7.6	0	0.509	
-7.8	0	0.511	
-8	0	0.513	

FV01 – Stazione di Anguillara

Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	53 di 72

## Tabella Involuppi Momento WallElement

Selected Design Assumptions	Involuppi: Momento	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	0	0
-0.2	0	0.001
-0.4	0	0.03
-0.6	0	0.087
-0.8	0	0.167
-1	0	0.254
-1.2	0	0.331
-1.4	0	0.393
-1.6	0.028	0.437
-1.8	0.201	0.464
-2	0.635	0.473
-2.2	1.057	0.465
-2.4	1.352	0.439
-2.6	1.532	0.392
-2.8	2.011	0.328
-3	3.128	0.258
-3.2	4.579	0.189
-3.4	6.404	0.127
-3.6	8.643	0.074
-3.8	11.337	0.033
-4	13.19	0.004
-4.2	14.199	0
-4.4	14.455	0
-4.6	14.129	0
-4.8	13.376	0
-5	12.327	0
-5.2	11.093	0
-5.4	9.764	0
-5.6	8.412	0
-5.8	7.091	0
-6	5.842	0
-6.2	4.692	0
-6.4	3.662	0.002
-6.6	2.76	0.008
-6.8	1.991	0.01
-7	1.354	0.01
-7.2	0.848	0.008
-7.4	0.466	0.005
-7.6	0.202	0.002
-7.8	0.049	0.001
-8	0	0

FV01 – Stazione di Anguillara

Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	54 di 72

## Tabella Inviluppi Taglio WallElement

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	0	0.005
-0.2	0	0.143
-0.4	0	0.286
-0.6	0	0.402
-0.8	0	0.433
-1	0	0.433
-1.2	0	0.387
-1.4	0.138	0.309
-1.6	0.865	0.221
-1.8	2.171	0.133
-2	2.171	0.047
-2.2	2.111	0
-2.4	2.824	0
-2.6	4.107	0
-2.8	5.582	0
-3	7.254	0.292
-3.2	9.125	0.535
-3.4	11.197	0.71
-3.6	13.472	0.828
-3.8	13.472	0.903
-4	9.265	0.903
-4.2	5.044	2.098
-4.4	1.278	2.981
-4.6	0.06	3.766
-4.8	0.037	5.245
-5	0.018	6.17
-5.2	0.003	6.644
-5.4	0	6.762
-5.6	0	6.762
-5.8	0	6.605
-6	0	6.246
-6.2	0	5.746
-6.4	0	5.154
-6.6	0	4.511
-6.8	0.003	3.845
-7	0.01	3.18
-7.2	0.013	2.532
-7.4	0.013	1.91
-7.6	0.012	1.321
-7.8	0.009	0.765
-8	0.003	0.244



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE  
FERROVIARIA REGIONALE - AMMODERNAMENTO E  
POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI  
VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

FV01 - Stazione di Anguillara

Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	55 di 72

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva
				%
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	Stage 1	Left Wall	LEFT	14.28
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	Stage 6	Left Wall	RIGHT	28.46



**INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE**  
**RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE**

FV01 – Stazione di Anguillara  
 Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	56 di 72

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva %
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	Stage 6	Left Wall	LEFT	169.94
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	Stage 1	Left Wall	RIGHT	298.19





INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE  
FERROVIARIA REGIONALE - AMMODERNAMENTO E  
POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI  
VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

FV01 - Stazione di Anguillara

Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	57 di 72

## ***Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali***

### **Normative Verifiche**

Calcestruzzo	NTC
Acciaio	NTC
Tirante	NTC

### **Coefficienti per Verifica Tiranti**

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

	<b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b>												
FV01 – Stazione di Anguillara Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440	<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>NR1J</td> <td>01 D 29</td> <td>CL</td> <td>FV0100005</td> <td>A</td> <td>58 di 72</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	58 di 72
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	58 di 72								

## Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

Design Assumption	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4	Stage 5	Stage 6
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)						
NTC2018: A2+M2+R1						

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</p> <p><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p>												
<p>FV01 – Stazione di Anguillara</p> <p>Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440</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>NR1J</td> <td>01 D 29</td> <td>CL</td> <td>FV0100005</td> <td>A</td> <td>59 di 72</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	59 di 72
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	59 di 72								

## Risultati SteelWorld

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

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</p>												
<p>FV01 – Stazione di Anguillara</p> <p>Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440</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>NR1J</td> <td>01 D 29</td> <td>CL</td> <td>FV0100005</td> <td>A</td> <td>60 di 72</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	60 di 72
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	60 di 72								

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

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE  
FERROVIARIA REGIONALE - AMMODERNAMENTO E  
POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI  
VALLE


RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

FV01 - Stazione di Anguillara

Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	61 di 72

## ALLEGATO 2 - TABULATI DI SLIDE

 <p><b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</p>												
<p>FV01 – Stazione di Anguillara</p> <p>Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440</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>NR1J</td> <td>01 D 29</td> <td>CL</td> <td>FV0100005</td> <td>A</td> <td>62 di 72</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	62 di 72
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	62 di 72								

## *Slide Analysis Information*

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

#### *Project Summary*

---

File Name: Stabilit obale\_Paratia\_30+440.slmd - Group 1 - SLU  
Slide Modeler Version: 7.038  
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
Date Created: 03/09/2018, 15:40:26

#### *General Settings*

---

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

#### *Design Standard*

---

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)  
Name: SLU

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1

FV01 – Stazione di Anguillara

Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	63 di 72

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

## Analysis Options

Slices Type: Vertical

### Analysis Methods Used

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

## Groundwater Analysis

Groundwater Method:	Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight [kN/m3]:	9.81
Use negative pore pressure cutoff:	Yes

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p> <p><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p>												
<p>FV01 – Stazione di Anguillara</p> <p>Relazione di calcolo opera provvisoria 30+440</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>NR1J</td> <td>01 D 29</td> <td>CL</td> <td>FV0100005</td> <td>A</td> <td>64 di 72</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	64 di 72
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	64 di 72								

Maximum negative pore pressure [kPa]: 0

Advanced Groundwater Method: None

## Random Numbers

---

Pseudo-random Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

## Surface Options

---

Surface Type: Circular

Search Method: Auto Refine Search

Divisions along slope: 10

Circles per division: 10

Number of iterations: 10

Divisions to use in next iteration: 50%

Composite Surfaces: Disabled

Minimum Elevation: Not Defined

Minimum Depth: Not Defined

Minimum Area: Not Defined

Minimum Weight: Not Defined

## Seismic

---

Advanced seismic analysis: No

Staged pseudostatic analysis: No

## Loading

---



FV01 – Stazione di Anguillara

Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	65 di 72

- 1 Distributed Load present

#### Distributed Load 1

Distribution: Constant  
Magnitude [kPa]: 20  
Orientation: Normal to boundary  
Load Action: Variable

### Material Properties

Property	U2a_1	U2a_2	U3a
Color			
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	17	17	16
Cohesion [kPa]	10	10	0
Friction Angle [deg]	26	25	26
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	1

### Support Properties

#### Micropalo

- Support Type: Micro-Pile
- Force Application: Passive
- Out-of-Plane Spacing: 0.3 m
- Pile Shear Strength: 730 kN
- Force Direction: Parallel to Surface

### Global Minimums

FV01 – Stazione di Anguillara

Relazione di calcolo opera provvisoria 30+440

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	66 di 72

### Method: bishop simplified

FS	2.895150
Center:	38.267, 59.916
Radius:	9.400
Left Slip Surface Endpoint:	30.254, 55.000
Right Slip Surface Endpoint:	47.580, 58.638
Resisting Moment:	7167.16 kN-m
Driving Moment:	2475.57 kN-m
Total Slice Area:	77.2686 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	17.3257 m
Surface Average Height:	4.45977 m

### Valid / Invalid Surfaces

### Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 1639

Number of Invalid Surfaces: 0

### Slice Data

#### • Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 2.89515

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.191981	0.489552	57.3833	U2a_1	8	21.3151	3.93589	11.395	8.70091	0	8.70091	2.55049	2.55049
2	0.34758	3.21097	54.4746	U2a_2	8	20.4579	4.82432	13.9671	15.9957	0	15.9957	9.23862	9.23862
3	0.34758	5.916	50.969	U2a_2	8	20.4579	5.89312	17.0615	24.2904	0	24.2904	17.0211	17.0211
4	0.347	8.311	-	U2a_	8	20.457	6.809	19.71	31.40	0	31.40	23.91	23.91

FV01 – Stazione di Anguillara

Relazione di calcolo opera provvisoria 30+440

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	67 di 72

	58	75	47.712	2		9	25	38	02		02	37	37
			3										
5	0.347	10.45	-	U2a_		20.457	7.607	22.02	37.59		37.59	30.08	30.08
	58	52	44.648	2	8	9	48	48	53	0	53	05	05
			7										
6	0.347	12.38	-41.74	U2a_		20.457	8.310	24.05	43.04		43.04	35.63	35.63
	58	58		2	8	9	24	94	96	0	96	5	5
7	0.347	14.13	-	U2a_		20.457	8.933	25.86	47.88		47.88	40.65	40.65
	58	23	38.957	2	8	9	04	25	27	0	27	97	97
			9										
8	0.347	15.71	-	U2a_		20.457	9.486	27.46	52.18		52.18	45.21	45.21
	58	65	36.281	2	8	9	94	61	16	0	16	75	75
			5										
9	0.347	17.15	-	U2a_		20.457	9.980	28.89	56.01		56.01	49.35	49.35
	58	5	33.694	2	8	9	31	45	05	0	05	6	6
			1										
10	0.347	18.46	-	U2a_		20.457	10.41	30.16	59.42		59.42	53.11	53.11
	58	12	31.182	2	8	9	96	64	59.42	0	59.42	4	4
			7										
11	0.347	19.64	-	U2a_		20.457	10.80	31.29	62.44		62.44	56.52	56.52
	58	57	28.736	2	8	9	99	64	9	0	9	19	19
			3										
12	0.347	20.71	-	U2a_		20.457	11.15	32.29	65.12		65.12	59.60	59.60
	58	73	26.346	2	8	9	53	63	94	0	94	49	49
			1										
13	0.347	21.68	-	U2a_		20.457	11.45	33.17	67.48		67.48	62.38	62.38
	58	32	24.004	2	8	9	9	56	67	0	67	38	38
			4										
14	0.347	22.54	-	U2a_		20.457	11.72	33.94	69.54		69.54	64.87	64.87
	58	93	21.704	2	8	9	39	24	18	0	18	52	52
			6										
15	0.347	23.32	-	U2a_		20.457	11.95	34.60	71.31		71.31	67.09	67.09
	58	05	19.441	2	8	9	2	29	28	0	28	42	42
			1										
16	0.347	24.00	-	U2a_		20.457	12.14	35.16	72.81		72.81	69.05	69.05
	58	1	17.208	2	8	9	54	28	35	0	35	18	18
			7										
17	0.347	24.59	-	U2a_		20.457	12.30	35.62	74.05		74.05	70.75	70.75
	58	42	15.003	2	8	9	56	66	68	0	68	89	89
			1										
18	0.347	25.10	-12.82	U2a_		20.457	12.43	35.99	75.05		75.05	72.22	72.22
	58	31		2	8	9	39	8	23	0	23	28	28
19	0.347	25.53	-	U2a_		20.457	12.53	36.28	75.80		75.80	73.45	73.45
	58		10.655	2	8	9	14	02	89	0	89	11	11
			7										
20	0.347	25.87	-	U2a_		20.457	12.59	36.47	76.33		76.33	74.44	74.44

FV01 – Stazione di Anguillara

Relazione di calcolo opera provvisoria 30+440

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	68 di 72

	58	68	8.5067	2		9	89	58	31		31	87	87
21	0.347	26.14	-	U2a_	8	20.457	12.63	36.58	76.63	0	76.63	75.22	75.22
	58	51	6.3697	2		9	73	69	11		11	04	04
			1										
22	0.347	26.33	-	U2a_	8	20.457	12.64	36.61	76.70	0	76.70	75.76	75.76
	58	59	4.2416	2		9	71	53	71		71	92	92
23	0.347	26.45	-	U2a_	8	20.457	12.62	36.56	76.56	0	76.56	76.09	76.09
	58		2.1193	2		9	88	23	5		5	77	77
			5										
24	0.347	26.48	0	U2a_	8	20.457	12.58	36.42	76.20	0	76.20	76.20	76.20
	58	8		2		9	27	87	69		69	69	69
25	0.347	26.45	2.1193	U2a_	8	20.457	12.50	36.21	75.63	0	75.63	76.09	76.09
	58		5	2		9	89	52	47		47	76	76
26	0.347	26.33	4.2416	U2a_	8	20.457	12.40	35.92	74.84	0	74.84	75.76	75.76
	58	59		2		9	77	21	88		88	9	9
27	0.347	26.14	6.3697	U2a_	8	20.457	12.27	35.54	73.84	0	73.84	75.22	75.22
	58	51	1	2		9	89	92	93		93	01	01
28	0.347	29.73	8.5067	U2a_	8	20.457	13.52	39.15	83.51	0	83.51	85.53	85.53
	58			2		9	38	35	11		11	39	39
29	0.347	47.02	10.655	U2a_	8	20.457	19.71	57.09	131.5	0	131.5	135.3	135.3
	58	93	7	2		9	95	08	95		95	05	05
30	0.347	46.60	12.82	U2a_	8	20.457	22.48	65.09	153.0	0	153.0	158.1	158.1
	58	24		2		9	55	88	61		61	78	78
31	0.347	46.09	15.003	U2a_	8	20.457	22.42	64.92	152.6	0	152.6	158.6	158.6
	58	35	1	2		9	63	75	02		02	12	12
32	0.347	45.5	17.208	U2a_	8	20.457	22.09	63.97	150.0	0	150.0	156.9	156.9
	58		7	2		9	88	94	6		6	05	05
33	0.347	44.81	19.441	U2a_	8	20.457	21.73	62.93	147.2	0	147.2	154.9	154.9
	58	93	1	2		9	96	95	73		73	46	46
34	0.347	44.04	21.704	U2a_	8	20.457	21.34	61.80	144.2	0	144.2	152.7	152.7
	58	78	6	2		9	75	42	29		29	26	26
35	0.347	43.18	24.004	U2a_	8	20.457	20.31	58.82	136.2	0	136.2	145.2	145.2
	58	15	4	2		9	79	35	39		39	87	87
36	0.347	42.21	26.346	U2a_	8	20.457	17.30	50.11	112.8	0	112.8	121.4	121.4
	58	54	1	2		9	84	05	83		83	55	55
37	0.347	41.14	28.736	U2a_	8	20.457	16.82	48.71	109.1	0	109.1	118.3	118.3
	58	36	3	2		9	67	59	45		45	71	71
38	0.347	39.95	31.182	U2a_	8	20.457	16.30	47.20	105.0	0	105.0	114.9	114.9
	58	88	7	2		9	49	5	94		94	62	62
39	0.347	38.65	33.694	U2a_	8	20.457	15.73	45.56	100.7	0	100.7	111.2	111.2
	58	23	1	2		9	97	89	09		09	03	03
40	0.347	37.21	36.281	U2a_	8	20.457	15.12	43.79	95.95	0	95.95	107.0	107.0
	58	35	5	2		9	77	71	88		88	64	64
41	0.347	35.62	38.957	U2a_	8	20.457	14.46	41.87	90.81	0	90.81	102.5	102.5

FV01 – Stazione di Anguillara

Relazione di calcolo opera provvisoria 30+440

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	69 di 72

	58	91	9	2		9	43	63			05	05	
42	0.347	33.88	41.74	U2a_	8	20.457	13.74	39.79	85.21	0	85.21	97.47	97.47
	58	23		2		9	37		73		73	97	97
43	0.347	31.95	44.648	U2a_	8	20.457	12.95	37.51	79.12	0	79.12	91.92	91.92
	58	16	7	2		9	86	7	41		41	48	48
44	0.347	29.80	47.712	U2a_	8	20.457	12.09	35.02	72.45	0	72.45	85.75	85.75
	58	82	3	2		9	93	92	54		54	8	8
45	0.347	27.41	50.969	U2a_	8	20.457	11.15	32.28	65.10	0	65.10	78.86	78.86
	58	24		2		9	26	84	83		83	54	54
46	0.347	24.70	54.474	U2a_	8	20.457	10.09	29.24	56.93	0	56.93	71.08	71.08
	58	74	6	2		9	97	01	7		7	3	3
47	0.373	23.05	58.473	U2a_	8	21.315	9.091	26.32	46.95	0	46.95	61.77	61.77
	154	18	1	1		1	38	09	41		41	43	43
48	0.373	18.78	63.168	U2a_	8	21.315	7.538	21.82	35.43	0	35.43	50.33	50.33
	154	25	7	1		1	26	44	03		03	32	32
49	0.373	13.38	68.841	U2a_	8	21.315	5.635	16.31	21.30	0	21.30	35.86	35.86
	154	47		1		1	09	44	89		89	79	79
50	0.373	5.163	77.089	U2a_	8	21.315	2.914	8.437	1.121	0	1.121	13.83	13.83
	154	38	4	1		1	43	71	81		81	61	61

## Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 2.89515

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	30.254	55	0	0	0
2	30.446	54.7	3.36595	0	0
3	30.7936	54.2132	12.8302	0	0
4	31.1412	53.7844	25.2932	0	0
5	31.4887	53.4023	39.6598	0	0
6	31.8363	53.0589	55.2123	0	0
7	32.1839	52.7488	71.4515	0	0
8	32.5315	52.4678	88.0137	0	0
9	32.8791	52.2126	104.626	0	0
10	33.2266	51.9809	121.076	0	0
11	33.5742	51.7705	137.197	0	0
12	33.9218	51.5799	152.856	0	0
13	34.2694	51.4078	167.945	0	0
14	34.617	51.253	182.374	0	0

FV01 – Stazione di Anguillara

Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	70 di 72

15	34.9645	51.1146	196.07	0	0
16	35.3121	50.992	208.974	0	0
17	35.6597	50.8843	221.034	0	0
18	36.0073	50.7912	232.211	0	0
19	36.3549	50.7121	242.469	0	0
20	36.7024	50.6467	251.783	0	0
21	37.05	50.5947	260.131	0	0
22	37.3976	50.5559	267.497	0	0
23	37.7452	50.5301	273.87	0	0
24	38.0928	50.5172	279.245	0	0
25	38.4403	50.5172	283.619	0	0
26	38.7879	50.5301	286.994	0	0
27	39.1355	50.5559	289.378	0	0
28	39.4831	50.5947	290.781	0	0
29	39.8307	50.6467	291.14	0	0
30	40.1782	50.7121	289.389	0	0
31	40.5258	50.7912	285.098	0	0
32	40.8734	50.8843	278.678	0	0
33	41.221	50.992	270.204	0	0
34	41.5686	51.1146	259.692	0	0
35	41.9161	51.253	247.158	0	0
36	42.2637	51.4078	233.132	0	0
37	42.6113	51.5799	219.717	0	0
38	42.9589	51.7705	204.766	0	0
39	43.3065	51.9809	188.326	0	0
40	43.654	52.2126	170.457	0	0
41	44.0016	52.4678	151.232	0	0
42	44.3492	52.7488	130.739	0	0
43	44.6968	53.0589	109.089	0	0
44	45.0444	53.4023	86.4262	0	0
45	45.3919	53.7844	62.9432	0	0
46	45.7395	54.2132	38.9046	0	0
47	46.0871	54.7	14.6966	0	0
48	46.4603	55.3083	-10.4725	0	0
49	46.8334	56.046	-33.7969	0	0
50	47.2066	57.0101	-52.2377	0	0
51	47.5797	58.638	0	0	0

**List Of Coordinates**

FV01 – Stazione di Anguillara

Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	71 di 72

## Water Table

X	Y
0	46.7
64.5	46.7

## Distributed Load

X	Y
42.1976	58.6383
40.7684	58.6385
40.2036	58.6385

## External Boundary

X	Y
64.49	58.638
44.7	58.638
40.7684	58.6385
39.7684	58.6385
39.7684	55
0	55
0	54.7
0	53.5
0	51.5
0	48.2
0	47
0	45
0	44.01
0	31.78
0	0
64.49	0
64.49	31.78
64.49	48.2
64.49	54.62
64.49	54.7



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE  
FERROVIARIA REGIONALE - AMMODERNAMENTO E  
POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI  
VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

FV01 - Stazione di Anguillara

Relazione di calcolo opera provvisoriale 30+440

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	FV0100005	A	72 di 72

### Material Boundary

X	Y
0	54.7
64.49	54.7

### Material Boundary

X	Y
0	48.2
64.49	48.2