

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. L. LACOPO

Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche

PROGETTO ESECUTIVO

**ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO
3° SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO**

RELAZIONE

IN18 - Tombino idraulico 3.00 x 2.00 al km 39+545,59

Relazione di calcolo dei micropali

APPALTATORE		SCALA:
IL DIRETTORE TECNICO Ing. M. FERRONI		-

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

I F 2 R 3 2 E Z Z C L I N 1 8 0 0 0 0 2 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE	M. Marras	29/11/21	D. Maturi	29/11/21	M. Nuti	29/11/21	IL PROGETTISTA P. Cucino
B	REVISIONE	M. Marras	06/12/21	D. Maturi	06/12/21	M. Nuti	06/12/21	

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO
Dot. Ing. PAOLO CUCINO
ISCRIZIONE ALBO N° 2216

07/12/21

File: IF2R.3.2.E.ZZ.CL.IN.18.0.0.002.B.doc

n. Elab.:

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IN18 - Tombino idraulico 3.00 x 2.00 al km 39+545,59 Relazione di calcolo dei micropali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	3.2.E.ZZ	CL	IN.18.0.0.002	B	2 di 31

1	PREMESSA.....	3
2	NORMATIVA.....	5
2.1	ELABORATI DI RIFERIMENTO.....	6
3	MATERIALI.....	7
4	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	10
5	CRITERI PROGETTUALI.....	11
5.1	METODOLOGIA DI CALCOLO	11
5.2	CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE.....	14
5.2.1	VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)	14
5.2.2	AZIONI SIMICHE	15
6	ANALISI DEI CARICHI	16
6.1	SPINTA STATICA DELLE TERRE	16
6.2	SPINTA STATICA DELL'ACQUA	17
6.3	SPINTA DA TRAFFICO FERROVIARIO.....	17
7	MODELLI DI CALCOLO	19
8	RISULTATI DELLE VERIFICHE	21
8.1	VERIFICHE STRUTTURALI ALLO SLU.....	21
8.2	VERIFICHE GEOTECNICHE ALLO SLU	28
8.3	VERIFICHE GEOTECNICHE ALLO SLE.....	30
9	OUTPUT DI CALCOLO.....	31

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IN18 - Tombino idraulico 3.00 x 2.00 al km 39+545,59 Relazione di calcolo dei micropali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	3.2.E.ZZ	CL	IN.18.0.0.002	B	3 di 31

1 PREMESSA

Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto esecutivo del Raddoppio dell'Itinerario Ferroviario Napoli-Bari nella Tratta Canello-Benevento/ 2° Lotto Funzionale Frasso Telesino – Vitulano.

L'opera consiste in una paratia provvisoria a sostegno dello scavo adiacente al binario costituita da micropali 250mm L=12m, con cordolo in c.a. e puntinati in testa attraverso un profilo tubolare 400mm sp.=20mm in acciaio. L'armatura dei micropali presenta le seguenti caratteristiche:

	H scavo	H palo	Profilato palo
	(m)	(m)	(m)
IN18	3.5	10	CHS 177.8*12,5



Figura 1: Sezione dell'opera

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO PROGETTO ESECUTIVO												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<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>IF2R</td> <td>3.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.18.0.0.002</td> <td>B</td> <td>4 di 31</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	3.2.E.ZZ	CL	IN.18.0.0.002	B	4 di 31
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	3.2.E.ZZ	CL	IN.18.0.0.002	B	4 di 31								
IN18 - Tombino idraulico 3.00 x 2.00 al km 39+545,59 Relazione di calcolo dei micropali													

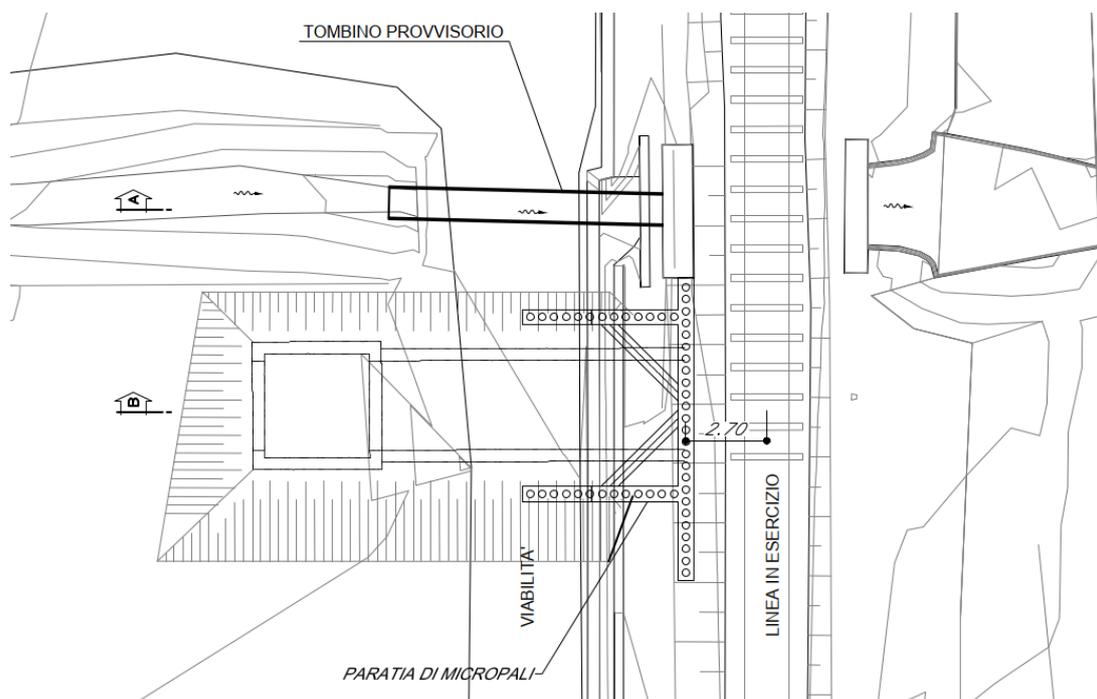


Figura 2: Pianta

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IN18 - Tombino idraulico 3.00 x 2.00 al km 39+545,59 Relazione di calcolo dei micropali	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.18.0.0.002	REV. B	FOGLIO 5 di 31

2 **NORMATIVA**

Di seguito si riporta l'elenco generale delle Normative Nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento, quale riferimento per la redazione degli elaborati tecnici e/o di calcolo dell'intero progetto nell'ambito della quale si inserisce l'opera oggetto della presente relazione:

- Rif. [1] Ministero delle Infrastrutture, DM 14 gennaio 2008, «Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni»
- Rif. [2] Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, circolare 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP., «Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008»
- Rif. [3] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE I / Aspetti Generali (RFI DTC SI MA IFS 001 A)
- Rif. [4] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 1 / Ambiente e Geologia (RFI DTC SI AG MA IFS 001 A – rev 30/12/2016)
- Rif. [5] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 2 / Ponti e Strutture (RFI DTC SI PS MA IFS 001 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [6] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 3 / Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [7] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 4 / Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [8] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 5 / Prescrizioni per i Marciapiedi e le Pensiline delle Stazioni Ferroviarie a servizio dei Viaggiatori (RFI DTC SI CS MA IFS 002 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [9] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 6 / Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [10] 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
- Rif. [11] Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture, Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento (UNI EN 1991-1-4)
- Rif. [12] UNI 11104: Calcestruzzo : Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

APPALTATORE:  Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO PROGETTO ESECUTIVO												
PROGETTAZIONE: Mandatario: Mandante: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.													
IN18 - Tombino idraulico 3.00 x 2.00 al km 39+545,59 Relazione di calcolo dei micropali	<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>IF2R</td> <td>3.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>IN.18.0.0.002</td> <td>B</td> <td>6 di 31</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	3.2.E.ZZ	CL	IN.18.0.0.002	B	6 di 31
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	3.2.E.ZZ	CL	IN.18.0.0.002	B	6 di 31								

2.1 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Costituiscono parte integrante di quanto esposto nel presente documento, l'insieme degli elaborati di progetto specifici relativi all'opera in esame e riportati in elenco elaborati.

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandataria:	Mandante:					
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.				
IN18 - Tombino idraulico 3.00 x 2.00 al km 39+545,59 Relazione di calcolo dei micropali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	3.2.E.ZZ	CL	IN.18.0.0.002	B	7 di 31

3 MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali sono ricavate con riferimento alle indicazioni contenute nei capitoli 4 e 11 del D.M. 14 gennaio 2008. Nelle tabelle che seguono sono indicate le principali caratteristiche e i riferimenti dei paragrafi del D.M. citato.

Calcestruzzo magro per getti di livellamento		
Classe	C12/15	▼
$R_{ck} =$	15	Mpa
Classe di esposizione =	X0	▼
		Resistenza caratteristica cubica

Calcestruzzo cordolo paratie		
Classe	C25/30	▼
$R_{ck} =$	30	Mpa
$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} =$	24.9	Mpa
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	32.9	Mpa
$\alpha_{cc} =$	0.85	-
$\gamma_M =$	1.5	-
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_M =$	14.11	Mpa
$f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} =$	2.56	Mpa
$f_{ctm} = 1.2 \cdot f_{ctm} =$	3.07	Mpa
$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} =$	1.79	Mpa
$\sigma_c = 0.55 \cdot f_{ck} =$	13.70	Mpa
$\sigma_c = 0.40 \cdot f_{ck} =$	9.96	Mpa
$E_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm} / 10)^{0.3} =$	31447	Mpa
$\nu =$	0.2	-
$G_c = E_{cm} / (2(1+\nu)) =$	13103	MPa
Condizioni ambientali =	Ordinarie	▼
Classe di esposizione =	XC2	▼
		Resistenza caratteristica cubica
		Resistenza caratteristica cilindrica
		Valore medio resistenza cilindrica
		Coeff. Rid. Per carichi di lunga durata
		Coeff. parziale di sicurezza allo SLU
		Resistenza di progetto
		Resistenza media a trazione semplice
		Resistenza media a trazione per flessione
		Valore caratteristico resistenza a trazione (frattile 5%)
		Tensione max in esercizio in comb. rara (rif. §1.8.3.2.1 [3])
		Tensione max in esercizio in comb. quasi perm. (rif. §1.8.3.2.1 [3])
		Modulo elastico di progetto
		Coefficiente di Poisson
		Modulo elastico tangenziale di progetto

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE:	Mandatari: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IN18 - Tombino idraulico 3.00 x 2.00 al km 39+545,59 Relazione di calcolo dei micropali		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		IF2R	3.2.E.ZZ	CL	IN.18.0.0.002	B	8 di 31

Malta per micropali		
Classe	C20/25	
$R_{ck} =$	25 Mpa	Resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} =$	20.75 Mpa	Resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	28.75 Mpa	Valore medio resistenza cilindrica
$\alpha_{cc} =$	0.85 -	Coeff. Rid. Per carichi di lunga durata
$\gamma_M =$	1.5 -	Coeff. parziale di sicurezza allo SLU
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_M =$	11.76 Mpa	Resistenza di progetto
$f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} =$	2.27 Mpa	Resistenza media a trazione semplice
$f_{ctm} = 1.2 \cdot f_{ctm} =$	2.72 Mpa	Resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} =$	1.59 Mpa	Valore caratteristico resistenza a trazione (frattile 5%)
$\sigma_c = 0.55 \cdot f_{ck} =$	11.41 Mpa	Tensione max in esercizio in comb. rara (rif. §1.8.3.2.1 [3])
$\sigma_c = 0.40 \cdot f_{ck} =$	8.30 Mpa	Tensione max in esercizio in comb. quasi perm. (rif. §1.8.3.2.1 [3])
$E_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} =$	30200 Mpa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0.2 -	Coefficiente di Poisson
$G_c = E_{cm} / (2(1+\nu)) =$	12584 MPa	Modulo elastico tangenziale di progetto
Condizioni ambientali =	Ordinarie	
Classe di esposizione =	XC2	

Acciaio per c.a.		
B450C		
$f_{yk} \geq$	450 Mpa	Tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} \geq$	540 Mpa	Tensione caratteristica di rottura
$(f_t/f_y)_k \geq$	1.15 -	
$(f_t/f_y)_k <$	1.35 -	
$\gamma_s =$	1.15 -	Coeff. Parziale di sicurezza allo SLU
$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s =$	391.3 Mpa	Tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	210000 Mpa	Modulo elastico di progetto
$\epsilon_{yd} =$	0.20%	Deformazione di progetto a snervamento
$\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k =$	7.50%	Deformazione caratteristica ultima
$\sigma_s = 0.80 \cdot f_{yk} =$	337.5 Mpa	Tensione in esercizio in comb. rara (rif. §1.8.3.2.1 [3])

Acciaio tubi di armatura micropali		
S275		
$f_{yk} \geq$	355 Mpa	Tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} \geq$	540 Mpa	Tensione caratteristica di rottura
$\gamma_s =$	1.05 -	Coeff. Parziale di sicurezza allo SLU
$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s =$	338.1 Mpa	Tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	210000 Mpa	Modulo elastico di progetto

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandataria:	Mandante:					
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.				
IN18 - Tombino idraulico 3.00 x 2.00 al km 39+545,59 Relazione di calcolo dei micropali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	3.2.E.ZZ	CL	IN.18.0.0.002	B	9 di 31

Acciaio per carpenteria metallica		
EN 10025 - S355 JR		
$f_{yk} \geq$	355 Mpa	Tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} \geq$	510 Mpa	Tensione caratteristica di rottura
$\gamma_s =$	1.05 -	Coeff. Parziale di sicurezza allo SLU
$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s =$	338.1 Mpa	Tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	210000 Mpa	Modulo elastico di progetto

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IN18 - Tombino idraulico 3.00 x 2.00 al km 39+545,59 Relazione di calcolo dei micropali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	3.2.E.ZZ	CL	IN.18.0.0.002	B	10 di 31

4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Lo schema geotecnico di riferimento per l'opera in oggetto fa riferimento alla Relazione Geotecnica Generale di linea delle opere all'aperto

Di seguito si riassumono i parametri di resistenza e la stratigrafia di progetto per le formazioni interagenti con le opere. In aggiunta alla formazioni presenti a partire dal piano campagna, si considera anche quella relativa al rilevato ferroviario esistente.

LOTTO	ID	Corso d'acqua	km	Tipologia	Dimensioni	Cat. Sottosuolo	Cat. Topografica					
3	IN18	Rivo Depone	39+546	Tombino	3.0 x 2.0	B	T1					
Unità	z	γ	c'	φ	C_u	Vs	G_0	v	$E_{ope} = E_c/5$			Z falda
(-)	(m)	(kN/m ³)	(kPa)	(°)	(kPa)	(m/s)	(Mpa)	(-)	(Mpa)			(m)
Ril	-	20	0	38	0	250	130	0,2	70			30
b2	0.0-1.5	19	0	23	70	200	80	0,2	45			
bc2	1.5-9.0	19,5	0	33	0	350	245	0,3	130			
bn1	9.0-15.0	20	0	39	0	700	980	0,3	530			

Falda: 30.0 m da p.c.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IN18 - Tombino idraulico 3.00 x 2.00 al km 39+545,59 Relazione di calcolo dei micropali	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.18.0.0.002	REV. B	FOGLIO 11 di 31

5 CRITERI PROGETTUALI

5.1 METODOLOGIA DI CALCOLO

Al fine di rappresentare il comportamento dell'opera di sostegno durante le varie fasi di lavoro si è utilizzato un metodo di calcolo capace di simulare l'interazione terreno-paratia. L'analisi è stata sviluppata con il software Paratie Plus di Harpaceas.

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

Il problema è visto come un problema piano in cui viene analizzata una "striscia" di parete di sviluppo unitario, come mostrato nella seguente figura.

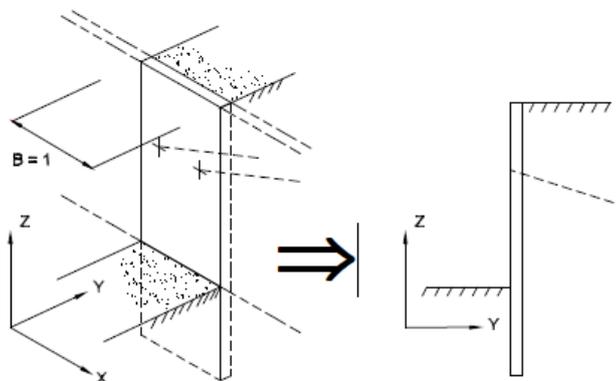


Figura 3: Modellazione piana della paratia

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 rigidità 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.

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.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IN18 - Tombino idraulico 3.00 x 2.00 al km 39+545,59 Relazione di calcolo dei micropali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	3.2.E.ZZ	CL	IN.18.0.0.002	B	12 di 31

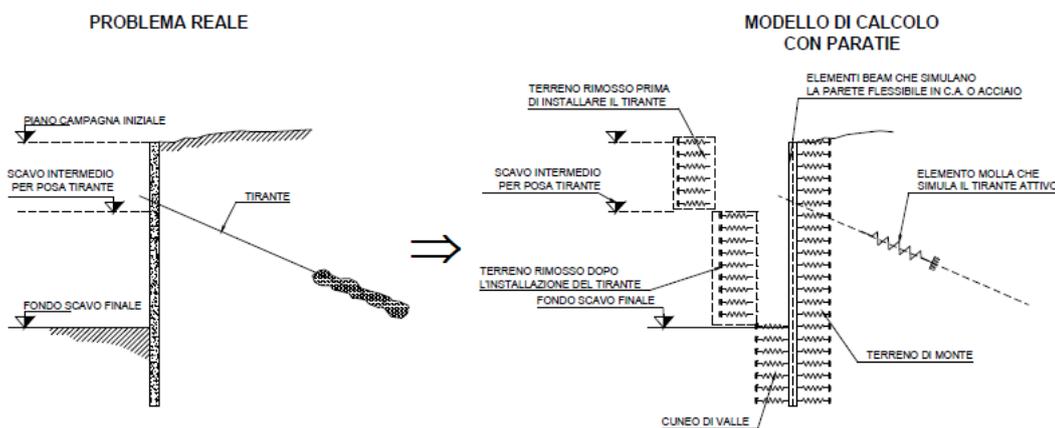


Figura 4: Schematizzazione terreno ed ancoraggi

La realizzazione dello scavo sostenuto da una o due paratie, eventualmente tirantate/puntellate, 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/vincoli 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 gradi di libertà, cioè lo spostamento orizzontale e la rotazione attorno all'asse X ortogonale al piano della struttura (positiva se antioraria).

VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALE

Per le analisi è stato utilizzato il codice di calcolo PARATIE PLUS, applicando i metodi di analisi all'equilibrio limite di Bishop.

La verifica si conduce esaminando un certo numero di possibili superfici di scivolamento per ricercare quella che rappresenta il rapporto minimo tra la resistenza a rottura disponibile e quella effettivamente mobilitata; il valore di questo rapporto costituisce il coefficiente di sicurezza del pendio. Scelta quindi una superficie di rottura, la si suddivide in conci la parte instabile, studiando dapprima l'equilibrio della singola striscia e poi la stabilità globale. Le ipotesi del metodo in questione sono:

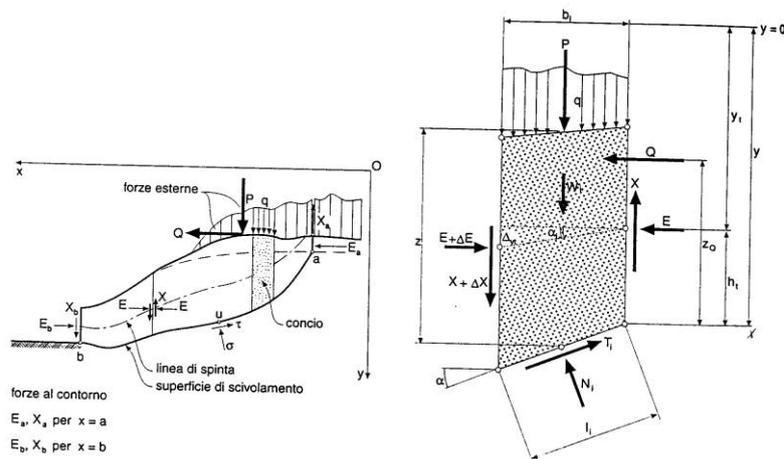
- il coefficiente di sicurezza è definito come il rapporto tra la resistenza al taglio lungo un'ipotetica superficie di scorrimento e lo sforzo di taglio mobilitato lungo la stessa superficie;
- la rottura avviene, per il raggiungimento della resistenza limite, contemporaneamente in tutti i punti della superficie di scorrimento.
- il coefficiente di sicurezza è costante in tutti i punti della superficie di scorrimento.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IN18 - Tombino idraulico 3.00 x 2.00 al km 39+545,59 Relazione di calcolo dei micropali	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.18.0.0.002	REV. B	FOGLIO 13 di 31

- la resistenza al taglio è espressa dal criterio di Coulomb.

Nell'utilizzare tale metodo di calcolo si fa sempre riferimento ad un problema piano nel quale, quindi, la superficie di scorrimento è rappresentata da una curva, trascurando ogni effetto dovuto alle sezioni adiacenti. Tali schematizzazioni sono giustificabili se le proprietà meccaniche dei terreni sono omogenee in direzione trasversale e quando l'estensione del pendio è predominante sulla dimensione trasversale.

In generale la massa di terreno compresa tra la superficie di scorrimento e la superficie del suolo viene suddivisa in conci e le forze che agiscono su ciascuna striscia possono essere calcolate imponendo le condizioni di equilibrio. L'equilibrio dell'intera massa è dato poi dalla composizione delle forze che agiscono su ciascuna striscia ("Metodo delle strisce").



Schematizzazione di calcolo del Metodo delle strisce

Le forze agenti su ciascun concio sono, con riferimento alla figura precedente: Il peso W , l'azione tangenziale alla base T , l'azione normale efficace alla base N , la spinta dell'acqua sulla base U , gli sforzi tangenziali X e quelli normali E sulle superfici laterali (forze d'interfaccia).

Le condizioni di equilibrio di ciascun concio sono date dalle tre equazioni della statica, pertanto, ammettendo di suddividere il volume di terreno in esame in n conci, si hanno a disposizione $3n$ equazioni, mentre le incognite del problema risultano essere $(5n-2)$ così composte:

n valori per l'azione delle forze normali efficaci alla base.

$n-1$ valori per ciascuna delle forze d'interfaccia (X ed E)

$n-1$ valori per il punto di applicazione delle forze d'interfaccia in direzione orizzontale.

n valori per il punto di applicazione degli sforzi normali efficaci alla base.

1 valore del coefficiente di sicurezza.

Come già accennato, dal bilancio fra le equazioni disponibili e il numero delle incognite risulta che si hanno $(2n-2)$ incognite sovrabbondanti e quindi il problema risulta staticamente indeterminato; per riportarlo a staticamente determinato e rendere possibile la soluzione del sistema di equazioni che descrivono

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IN18 - Tombino idraulico 3.00 x 2.00 al km 39+545,59 Relazione di calcolo dei micropali	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.18.0.0.002	REV. B	FOGLIO 14 di 31

l'equilibrio della massa di terreno potenzialmente instabile, è necessario introdurre alcune ipotesi semplificative che consentono di ridurre il numero delle incognite del problema. La prima tra tutte, che risulta, tra le altre cose, comune a tutti i metodi, è quella di considerare centrata la forza agente alla base della striscia, il che è accettabile nel caso in cui i conci siano di larghezza limitata. Le altre ipotesi necessarie per risolvere il sistema di equazioni sono diverse a secondo del metodo che si considera; nel presente caso sono state adottate quelle proposte da Bishop.

5.2 CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE

5.2.1 VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

Le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) e le analisi relative alle condizioni di esercizio (SLE) sono state effettuate nel rispetto dei criteri delle NTC2008.

In generale, le analisi degli stati limite di esercizio (SLE) sono utilizzate per ottenere informazioni circa gli spostamenti attesi sotto i carichi di esercizio e per verificarne l'ammissibilità nei confronti della funzionalità dell'opera.

Le analisi agli stati limite ultimi (SLU) sono impiegate per le verifiche di resistenza degli elementi strutturali e per le verifiche geotecniche.

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione, ovvero:

$$E_d = E \left(\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right)$$

$$E_d = \gamma_E E \left(F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right)$$

con $\gamma_E = \gamma_F$, e dove R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left(\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right),$$

Effetto delle azioni e resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto $\gamma_F F_k$, dei parametri di progetto X_k/γ_M e della geometria di progetto a_d .

L'effetto delle azioni può anche essere valutato direttamente come $E_d = \gamma_E E_k$. Nella formulazione delle resistenze R_d , compare esplicitamente un coefficiente γ_R che opera direttamente sulle resistenza del sistema.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IN18 - Tombino idraulico 3.00 x 2.00 al km 39+545,59 Relazione di calcolo dei micropali	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.18.0.0.002	REV. B	FOGLIO 15 di 31

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito degli approcci previsti dalla normativa.

PARATIE

Le verifiche sono state sviluppate adottando per gli stati limite ultimi (SLU) di tipo strutturale (STR) e geotecnico (GEO):

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

I coefficienti parziali per le azioni (A), per i parametri geotecnici del terreno (M) e per le resistenze (R) sono in accordo alla Tab. 6.2.I, 6.2.II, 6.5.I e 6.8.I (stabilità) di cui alle NTC 2008.

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I del DM 14/01/2008.

5.2.2 AZIONI SIMICHE

Trattandosi di un'opera provvisoria la cui durata è inferiore a 2 anni (vedasi paragrafo 2.4.1 delle NTC 2008) le verifiche sismiche sono omesse.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IN18 - Tombino idraulico 3.00 x 2.00 al km 39+545,59 Relazione di calcolo dei micropali	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.18.0.0.002	REV. B	FOGLIO 16 di 31

6 ANALISI DEI CARICHI

6.1 SPINTA STATICA DELLE TERRE

Nel modello di calcolo impiegato dal software di calcolo *C.D.B.*, la spinta del terreno viene determinata investigando l'interazione statica tra terreno e la struttura deformabile a partire da uno stato di spinta a riposo del terreno sulla paratia.

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 σ'_h a quella verticale σ'_v attraverso la relazione:

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

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

$$K_0 = K_0^{NC} \cdot (OCR)^m$$

dove

$$K_0^{NC} = 1 - \tan \phi'$$

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.

I coefficienti di spinta attiva e passiva sono forniti dalla teoria di Rankine per una parete liscia dalle seguenti espressioni:

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

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

Per tener conto dell'angolo di attrito δ tra paratia e terreno il software *C.D.B.* impiega per K_a e K_p la formulazione rispettivamente di Coulomb e Lancellotta.

Formulazione di Coulomb per k_a

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IN18 - Tombino idraulico 3.00 x 2.00 al km 39+545,59 Relazione di calcolo dei micropali	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.18.0.0.002	REV. B	FOGLIO 17 di 31

$$k_a = \frac{\cos^2(\varphi' - \beta)}{\cos^2 \beta \cdot \cos(\beta + \delta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi') \cdot \sin(\varphi' - i)}{\cos(\beta + \delta) \cdot \cos(\beta - i)}} \right]^2}$$

dove:

φ' è l'angolo di attrito del terreno

β è l'angolo d'inclinazione del diaframma rispetto alla verticale

δ è l'angolo di attrito paratia-terreno

i è l'angolo d'inclinazione del terreno a monte della paratia rispetto all'orizzontale

Il valore limite della tensione orizzontale sarà pari a

$$\sigma'_h = K_a \cdot \sigma'_v - 2 \cdot c' \cdot \sqrt{K_a}$$

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

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

Formulazione di Lancellotta per k_p

$$K_p = \left[\frac{\cos \delta}{1 - \sin \Phi'} (\cos \delta + \sqrt{\sin^2 \Phi' - \sin^2 \delta}) \right] e^{2\theta \tan \Phi'}$$

dove:

$$2\theta = \sin^{-1} \left(\frac{\sin \delta}{\sin \Phi'} \right) + \delta$$

6.2 SPINTA STATICA DELL'ACQUA

La spinta dell'acqua è proporzionale alla profondità a partire dalla quota di falda. La falda è posta a 30.0m da p.c..

6.3 SPINTA DA TRAFFICO FERROVIARIO

I carichi agenti in testa alla paratia sono valutati come riportato di seguito e fanno riferimento agli schemi di calcolo mostrati ai paragrafi successivi. Con riferimento al MdP delle Opere civili – Parte II – Sezione 3 (RFI DTC SI CS MA IFS 001), i carichi variabili da traffico ferroviario saranno quelli dovuti al treno di carico SW/2, definito nella tabella 5.2.I delle NTC 2008.

Le verifiche agli SLU e agli SLE sono state condotte ipotizzando una larghezza di ripartizione dei carichi ferroviari al livello del piano di regolamento pari alla larghezza della traversa più la larghezza dovuta alla

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IN18 - Tombino idraulico 3.00 x 2.00 al km 39+545,59 Relazione di calcolo dei micropali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	3.2.E.ZZ	CL	IN.18.0.0.002	B	18 di 31

diffusione del carico all'interno del ballast. Quest'ultima può essere assunta pari a 45° su un'altezza di 40 cm. Il coefficiente di amplificazione dinamica dei carichi legati al transito dei convogli ferroviari è posto pari a 1.

CARICO VARIABILE DA TRAFFICO FERROVIARIO "TRENO SW/2"			
$q_{sw2} =$	150 kN/m		(RFI DTC SI CS MA IFS 001 C par. 3.8.1.3.2.2)
$\alpha =$	1		(coefficiente di adattamento)
$\Phi 2 =$	1		(coefficiente di incremento dinamico)
$L_t =$	2.4 m		(larghezza traversina)
$L_d =$	3.20 m	$(L_t + 2 * 0.4)$	(larghezza di diffusione del carico nel ballast+rilevato)
			(RFI DTC SI CS MA IFS 001 C par. 3.8.1.3.2.1)
$*Q_{sw2} =$	46.9 kN/m ²		(sovraccarico ferroviario)

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IN18 - Tombino idraulico 3.00 x 2.00 al km 39+545,59 Relazione di calcolo dei micropali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	3.2.E.ZZ	CL	IN.18.0.0.002	B	19 di 31

7 MODELLI DI CALCOLO

La fasi di calcolo risultano:

STEP 0): Condizione iniziale.

STEP 1): Realizzazione dei micropali verticali. A monte si considera un sovraccarico accidentale di origine ferroviaria pari a 46.9 kPa.

STEP 2): Scavo per posa in opera del puntone provvisorio; Il sovraccarico è lo stesso della precedente.

STEP 3): Posa in opera puntone provvisorio e scavo fino alla profondità di -3.5 m dalla testa della paratia. Il sovraccarico è lo stesso della precedente.

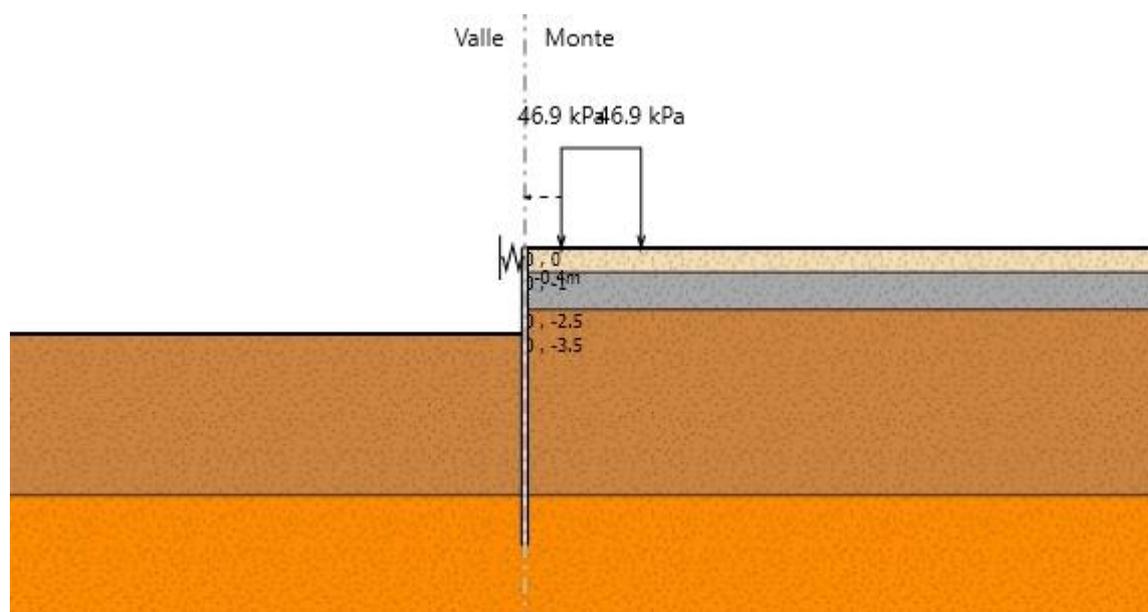


Figura 5: Modello di calcolo

Nella sezione longitudinale la rigidità del vincolo offerta dal puntone, inserita nel modello di calcolo, è stata valutata con la seguente formula:

$$k = [E \cdot A / (L/2)] \cdot \cos \alpha$$

Dove:

k = rigidità traslazionale del vincolo [kN/m];

E = modulo elastico dell'acciaio;

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: Mandante: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IN18 - Tombino idraulico 3.00 x 2.00 al km 39+545,59 Relazione di calcolo dei micropali	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.18.0.0.002	REV. B	FOGLIO 20 di 31

A = area della sezione del puntone tubolare in acciaio (D = 400mm, sp. 20,0mm) [m²];

L = lunghezza del puntone [m];

α = inclinazione del puntone [°].

Si ottiene:

$$k = [210000000\text{kN/m}^2 \cdot 0,0239\text{m}^2 / (3,25\text{m}/2)] \cdot \cos 45^\circ = 2183980,0 \text{ kN/m}$$

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: Mandante: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IN18 - Tombino idraulico 3.00 x 2.00 al km 39+545,59 Relazione di calcolo dei micropali	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.18.0.0.002	REV. B	FOGLIO 21 di 31

8 RISULTATI DELLE VERIFICHE

8.1 VERIFICHE STRUTTURALI ALLO SLU

Nelle tabelle che seguono si sintetizzano i risultati ottenuti nell'analisi.

Nelle figure sono mostrati i relativi diagrammi.

MICROPALI VERTICALI	M (kNm/m)	M* (kNm)	T (kN/m)	T* (kN)
SLU (A1+M1+R1)	28.9	11.6	35.1	14.0

PUNTONE	R (kN/m)	R* (kN)
SLU (A1+M1+R1)	27.9	69.8

con:

M = sollecitazione di momento flettente al metro lineare di paratia;

M* = sollecitazione di momento flettente sul singolo micropalo (considerando un interasse di 0.4 m);

T = sollecitazione di taglio al metro lineare di paratia;

T* = sollecitazione di taglio sul singolo micropalo (considerando un interasse di 0.4 m);

R = reazione del puntone al metro lineare di paratia;

R = reazione del puntone (considerando un interasse di 2.5m).

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO				
IN18 - Tombino idraulico 3.00 x 2.00 al km 39+545,59 Relazione di calcolo dei micropali		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGGIO
		IF2R	3.2.E.ZZ	CL	IN.18.0.0.002	B 22 di 31

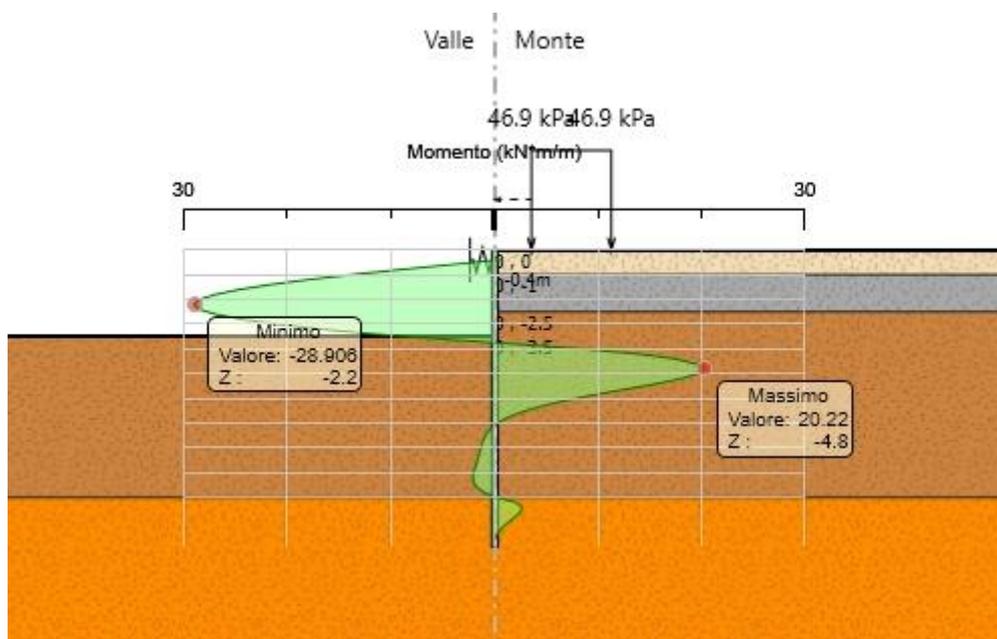


Figura 6: Diagramme del momento allo SLU (A1+M1+R1)

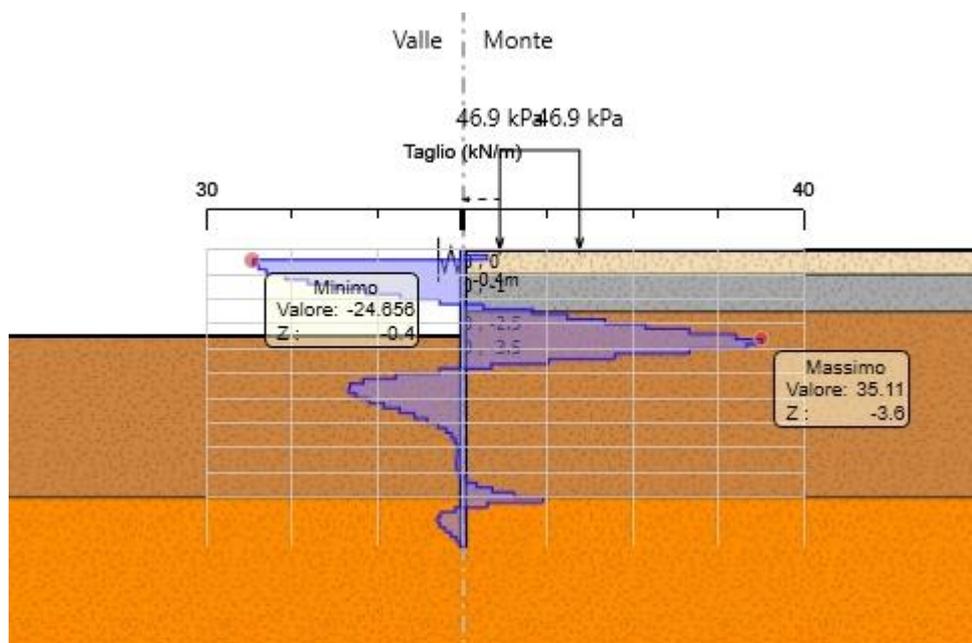


Figura 7: Diagramme del taglio allo SLU (A1+M1+R1)

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IN18 - Tombino idraulico 3.00 x 2.00 al km 39+545,59 Relazione di calcolo dei micropali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	3.2.E.ZZ	CL	IN.18.0.0.002	B	23 di 31

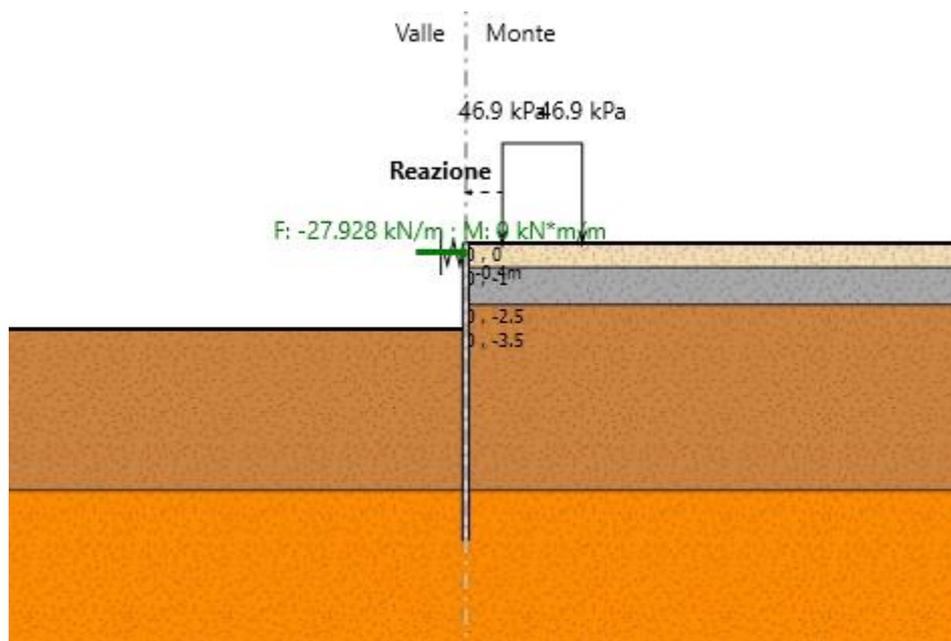


Figura 8: reazione del puntone allo SLU (A1+M1+R1)

VERIFICA TUBO ARMATURA MICROPALI VERTICALI

Si riporta di seguito la verifica strutturale dei micropali verticali. Ai fini della resistenza, si prende in considerazione esclusivamente la presenza del tubo di armatura, trascurando il contributo della miscela cementizia.

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO				
IN18 - Tombino idraulico 3.00 x 2.00 al km 39+545,59 Relazione di calcolo dei micropali	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.18.0.0.002	REV. B	FOGLIO 24 di 31

RESISTENZA E STABILITA' DEI PROFILI TUBOLARI		
Materiali utilizzati		
Valore di snervamento dell'acciaio del profilo	f_{yk}	355 [N/mm ²]
Valore di rottura dell'acciaio del profilo	f_{tk}	490 [N/mm ²]
Modulo di elasticità dell'acciaio del profilo	E	210000 [N/mm ²]
Modulo di elasticità tangenziale dell'acciaio del profilo	G	80769 [N/mm ²]
Coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di resistenza	γ_{M0}	1.05 [-]
Coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di stabilità	γ_{M1}	1.05 [-]
Coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di rottura	γ_{M2}	1.25 [-]
Caratteristiche meccaniche del profilo		
Diametro esterno del profilo tubolare	d_{ext}	177.80 [mm]
Spessore del profilo tubolare	t	12.50 [mm]
Diametro interno	d_{int}	152.80 [mm]
Raggio esterno	r_{ext}	88.90 [mm]
Raggio interno	r_{int}	76.40 [mm]
Area della sezione trasversale	A	6491 [mm ²]
Momento d'inerzia della sezione trasversale attorno all'asse forte	I_y	2.2298E+07 [mm ⁴]
Modulo di resistenza elastico attorno all'asse forte	$W_{el,y}$	2.5082E+05 [mm ³]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte	$W_{pl,y}$	3.4220E+05 [mm ³]
Area resistente a taglio nel piano dell'anima	$A_{v,z}$	4133 [mm ²]
Raggio d'inerzia attorno all'asse forte	i_y	58.61 [mm]
Momento d'inerzia della sezione trasversale attorno all'asse debole	I_z	2.2298E+07 [mm ⁴]
Modulo di resistenza elastico attorno all'asse debole	$W_{el,z}$	2.5082E+05 [mm ³]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse debole	$W_{pl,z}$	3.4220E+05 [mm ³]
Area resistente a taglio nel piano delle ali	$A_{v,y}$	4133 [mm ²]
Raggio d'inerzia attorno all'asse debole	i_z	58.61 [mm]
Momento d'inerzia torsionale	I_t	4.460E+07 [mm ⁴]
Caratteristiche di sollecitazione nella sezione di verifica		
Forza normale (positiva se di compressione)	N_{Ed}	0.00 [kN]
Forza di taglio agente in direzione parallela all'anima	$V_{z,Ed}$	14.00 [kN]
Forza di taglio agente in direzione parallela alle ali	$V_{y,Ed}$	[kN]
Momento flettente attorno all'asse maggiore di inerzia	$M_{y,Ed}$	11.60 [kNm]
Momento flettente attorno all'asse minore di inerzia	$M_{z,Ed}$	[kNm]
Momento torcente primario (alla Saint Venant)	T_{Ed}	[kNm]
Classificazione della sezione trasversale di verifica		
Coefficiente ϵ	ϵ	0.814 [-]
Rapporto tra diametro esterno e spessore	ρ	14.224 [-]
Rapporto limite per la classe 1	ρ_1	33.099 [-]
Rapporto limite per la classe 2	ρ_2	46.338 [-]
Rapporto limite per la classe 3	ρ_3	59.577 [-]
Classificazione della sezione trasversale	CL	1

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IN18 - Tombino idraulico 3.00 x 2.00 al km 39+545,59 Relazione di calcolo dei micropali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	3.2.E.ZZ	CL	IN.18.0.0.002	B	25 di 31

Verifiche di resistenza della sezione trasversale		
Resistenza a trazione pura		
Resistenza plastica a trazione	$N_{t,Rd}$	2194.68 [kN]
Verifica a trazione pura	ρ_{Nt}	0.000 [-]
Resistenza a compressione pura		
Resistenza a compressione pura	$N_{c,Rd}$	2194.68 [kN]
Verifica a compressione pura	ρ_{Nc}	0.000 [-]
Resistenza a torsione e taglio		
Diametro medio della sezione trasversale	d_{med}	165.30 [mm]
Area della sezione compresa nel diametro medio	Ω	21460.29 [mm ²]
Tensioni tangenziali dovute al momento torcente	$\tau_{t,Ed}$	0.00 [N/mm ²]
Verifica tensionale per pura torsione	ρ_T	0.000 [-]
Resistenza plastica a taglio	$V_{pl,Rd}$	806.66 [kN]
Resistenza plastica a taglio ridotta per effetto della torsione	$V_{pl,T,Rd}$	806.66 [kN]
Verifica a taglio in direzione z - z	ρ_{Vz}	0.017 [-]
Verifica a taglio in direzione y - y	ρ_{Vy}	0.000 [-]
Resistenza a flessione		
Modulo di resistenza di calcolo per flessione attorno all'asse y - y	W_y	3.42E+05 [mm ³]
Resistenza a flessione attorno all'asse y - y	$M_{cy,Rd}$	115.70 [kNm]
Verifica flessionale attorno all'asse y - y	ρ_{My}	0.100 [-]
Modulo di resistenza di calcolo per flessione attorno all'asse z - z	W_z	3.42E+05 [mm ³]
Resistenza a flessione attorno all'asse z - z	$M_{cz,Rd}$	115.70 [kNm]
Verifica flessionale attorno all'asse z - z	ρ_{Mz}	0.000 [-]
Resistenza a flessione e taglio (per sezioni in classe 1 o 2)		
Fattore di riduzione per la presenza della forza di taglio in direzione z - z	$\rho_{Vz,red}$	1.00 [-]
Fattore di riduzione per la presenza della forza di taglio in direzione y - y	$\rho_{Vy,red}$	1.00 [-]
Resistenza a flessione ridotta, per flessione attorno all'asse y - y	$M_{Vy,Rd}$	115.70 [kNm]
Verifica flessionale attorno all'asse y - y	ρ_{My-Vz}	0.100 [-]
Resistenza a flessione ridotta, per flessione attorno all'asse z - z	$M_{Vz,Rd}$	115.70 [kNm]
Verifica flessionale attorno all'asse z - z	ρ_{Mz-Vy}	0.000 [-]
Resistenza a flessione, forza assiale e taglio		
<u>Calcolo plastico per sezioni in classe 1 o 2</u>		
Coefficiente n	n	0.000 [-]
Resistenza a flessione ridotta, per flessione attorno all'asse y - y	$M_{Ny,Rd}$	115.70 [kNm]
Resistenza a flessione ridotta, per flessione attorno all'asse z - z	$M_{Nz,Rd}$	115.70 [kNm]
Verifica di presso/tenso flessione biassiale (metodo EN1993 - 1 - 1:2010)	$\rho_{N-My-Mz-pl}$	0.010 [-]
Verifica di presso/tenso flessione biassiale (metodo cautelativo)	$\rho_{N-My-Mz-pl}$	0.100 [-]
<u>Calcolo elastico per sezioni in classe 3</u>		
Momento globale agente nella sezione	$M_{tot,Ed}$	11.60 [kNm]
Taglio globale agente nella sezione	$V_{tot,Ed}$	14.00 [kN]
Tensione normale massima	$\sigma_{x,Ed,ls}$	46.25 [N/mm ²]
Verifica relativa alle sole tensioni normali	ρ_{el}	ver. plastica [-]
Tensione tangenziale dovuta al taglio	$\tau_{V,Ed}$	3.39 [N/mm ²]
Tensione tangenziale dovuta al momento torcente	$\tau_{t,Ed}$	0.00 [N/mm ²]
Verifica relativa alle tensioni totali	ρ_{el-tot}	ver. plastica [-]

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO				
IN18 - Tombino idraulico 3.00 x 2.00 al km 39+545,59 Relazione di calcolo dei micropali	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.18.0.0.002	REV. B	FOGLIO 26 di 31

VERIFICA PUNTO

RESISTENZA E STABILITA' DEI PROFILI TUBOLARI

Materiali utilizzati		
Valore di snervamento dell'acciaio del profilo	f_{yk}	355 [N/mm ²]
Valore di rottura dell'acciaio del profilo	f_{uk}	490 [N/mm ²]
Modulo di elasticità dell'acciaio del profilo	E	210000 [N/mm ²]
Modulo di elasticità tangenziale dell'acciaio del profilo	G	80769 [N/mm ²]
Coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di resistenza	γ_{M0}	1.05 [-]
Coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di stabilità	γ_{M1}	1.05 [-]
Coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di rottura	γ_{M2}	1.25 [-]
Caratteristiche meccaniche del profilo		
Diametro esterno del profilo tubolare	d_{ext}	400.00 [mm]
Spessore del profilo tubolare	t	20.00 [mm]
Diametro interno	d_{int}	360.00 [mm]
Raggio esterno	r_{ext}	200.00 [mm]
Raggio interno	r_{int}	180.00 [mm]
Area della sezione trasversale	A	23876 [mm ²]
Momento d'inerzia della sezione trasversale attorno all'asse forte	I_y	4.3216E+08 [mm ⁴]
Modulo di resistenza elastico attorno all'asse forte	$W_{el,y}$	2.1608E+06 [mm ³]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte	$W_{pl,y}$	2.8907E+06 [mm ³]
Area resistente a taglio nel piano dell'anima	A_{Vz}	15200 [mm ²]
Raggio d'inerzia attorno all'asse forte	i_y	134.54 [mm]
Momento d'inerzia della sezione trasversale attorno all'asse debole	I_z	4.3216E+08 [mm ⁴]
Modulo di resistenza elastico attorno all'asse debole	$W_{el,z}$	2.1608E+06 [mm ³]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse debole	$W_{pl,z}$	2.8907E+06 [mm ³]
Area resistente a taglio nel piano delle ali	A_{Vy}	15200 [mm ²]
Raggio d'inerzia attorno all'asse debole	i_z	134.54 [mm]
Momento d'inerzia torsionale	I_t	8.643E+08 [mm ⁴]
Caratteristiche di sollecitazione nella sezione di verifica		
Forza normale (positiva se di compressione)	N_{Ed}	98.70 [kN]
Forza di taglio agente in direzione parallela all'anima	$V_{z,Ed}$	[kN]
Forza di taglio agente in direzione parallela alle ali	$V_{y,Ed}$	[kN]
Momento flettente attorno all'asse maggiore di inerzia	$M_{y,Ed}$	[kNm]
Momento flettente attorno all'asse minore di inerzia	$M_{z,Ed}$	[kNm]
Momento torcente primario (alla Saint Venant)	T_{Ed}	[kNm]
Classificazione della sezione trasversale di verifica		
Coefficiente ϵ	ϵ	0.814 [-]
Rapporto tra diametro esterno e spessore	ρ	20.000 [-]
Rapporto limite per la classe 1	ρ_1	33.099 [-]
Rapporto limite per la classe 2	ρ_2	46.338 [-]
Rapporto limite per la classe 3	ρ_3	59.577 [-]
Classificazione della sezione trasversale	CL	1
Verifiche di resistenza della sezione trasversale		
Resistenza a trazione pura		
Resistenza plastica a trazione	$N_{t,Rd}$	8072.40 [kN]
Verifica a trazione pura	ρ_{Nt}	0.000 [-]
Resistenza a compressione pura		
Resistenza a compressione pura	$N_{c,Rd}$	8072.40 [kN]
Verifica a compressione pura	ρ_{Nc}	0.012 [-]

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IN18 - Tombino idraulico 3.00 x 2.00 al km 39+545,59 Relazione di calcolo dei micropali	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.18.0.0.002	REV. B	FOGLIO 27 di 31

Verifiche di stabilità flessionale

Lunghezza geometrica della membratura	L	3.25 [m]
Coefficiente di lunghezza di libera inflessione attorno all'asse y - y	β_y	1.00 [-]
Coefficiente di lunghezza di libera inflessione attorno all'asse z - z	β_z	1.00 [-]
Lunghezza di libera inflessione attorno all'asse y - y	$L_{cr,y}$	3250.00 [mm]
Lunghezza di libera inflessione attorno all'asse z - z	$L_{cr,z}$	3250.00 [mm]

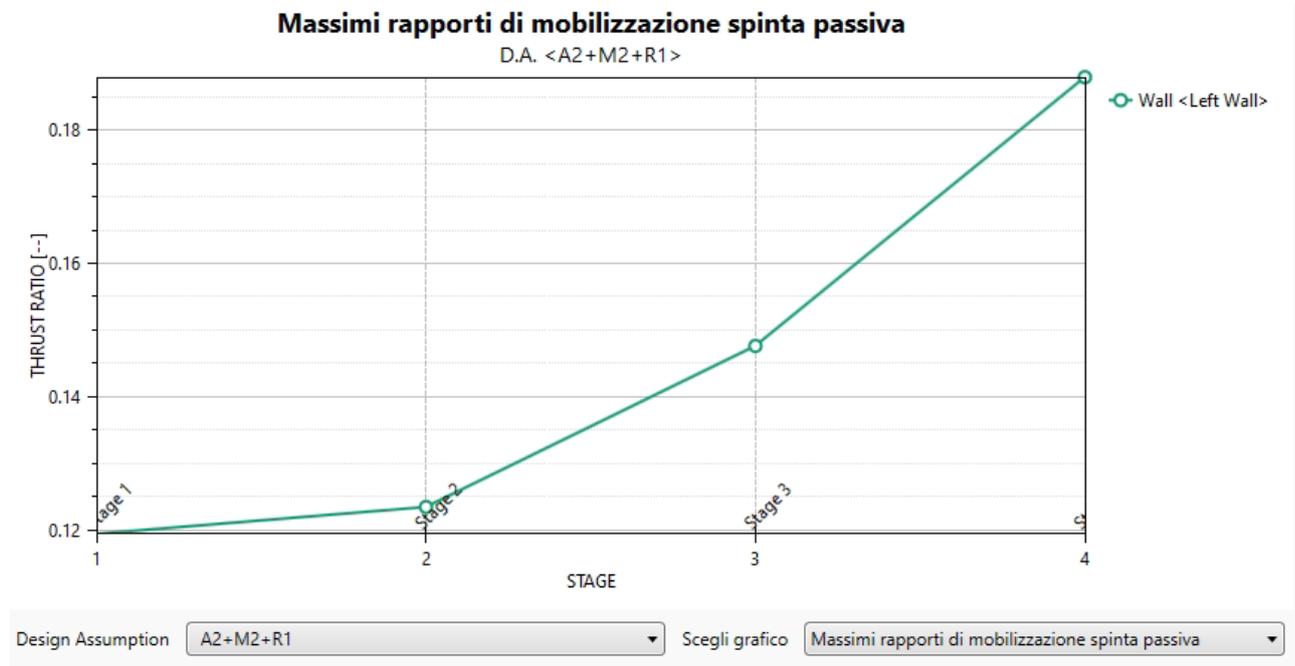
Resistenza nei confronti dell'instabilità flessionale

Area della sezione trasversale da considerare nel calcolo	A	23876 [mm ²]
Forza normale critica euleriana attorno all'asse y - y	$N_{cr,y}$	84800 [kN]
Forza normale critica euleriana attorno all'asse z - z	$N_{cr,z}$	84800 [kN]
Snellezza adimensionale attorno all'asse y - y	$\lambda_{ad,y}$	0.3162 [-]
Snellezza adimensionale attorno all'asse z - z	$\lambda_{ad,z}$	0.3162 [-]
Rapporto dimensionale per la determinazione delle curve di instabilità	h/b	20.00 [-]
Spessore massimo della sezione trasversale	t_{max}	360 [mm]
Curva di instabilità attorno all'asse y - y	Curva $y-y$	a [-]
Curva di instabilità attorno all'asse z - z	Curva $z-z$	a [-]
Coefficiente di imperfezione attorno all'asse y - y	α_y	0.21 [-]
Coefficiente di instabilità attorno all'asse y - y	ϕ_y	0.5622 [-]
Coefficiente di imperfezione attorno all'asse z - z	α_z	0.21 [-]
Coefficiente di instabilità attorno all'asse z - z	ϕ_z	0.5622 [-]
Coefficiente di riduzione di resistenza attorno all'asse y - y	χ_y	0.974 [-]
Coefficiente di riduzione di resistenza attorno all'asse z - z	χ_z	0.974 [-]
Resistenza all'instabilità flessionale attorno all'asse y - y	$N_{by,Rd}$	7860.00 [kN]
Resistenza all'instabilità flessionale attorno all'asse z - z	$N_{bz,Rd}$	7860.00 [kN]
Verifica nei confronti dell'instabilità flessionale	$P_{buck, N}$	 0.013 [-]

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IN18 - Tombino idraulico 3.00 x 2.00 al km 39+545,59 Relazione di calcolo dei micropali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	3.2.E.ZZ	CL	IN.18.0.0.002	B	28 di 31

8.2 VERIFICHE GEOTECNICHE ALLO SLU

In merito alle verifiche di carattere geotecnico (GEO), nella figura che segue di riporta il diagramma con i massimi rapporti di mobilitazione della spinta passiva, che nella condizione maggiormente gravosa risulta pari a circa 0.2. Dunque la verifica è soddisfatta.



Inoltre si riporta la verifica di stabilità globale della paratia, nella combinazione A2+M2+R2 secondo quanto previsto dal DM 14/08/2018 §6.8.2. Il coefficiente di sicurezza risulta > 1.1; la verifica risulta dunque soddisfatta.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IN18 - Tombino idraulico 3.00 x 2.00 al km 39+545,59 Relazione di calcolo dei micropali	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.18.0.0.002	REV. B	FOGLIO 29 di 31

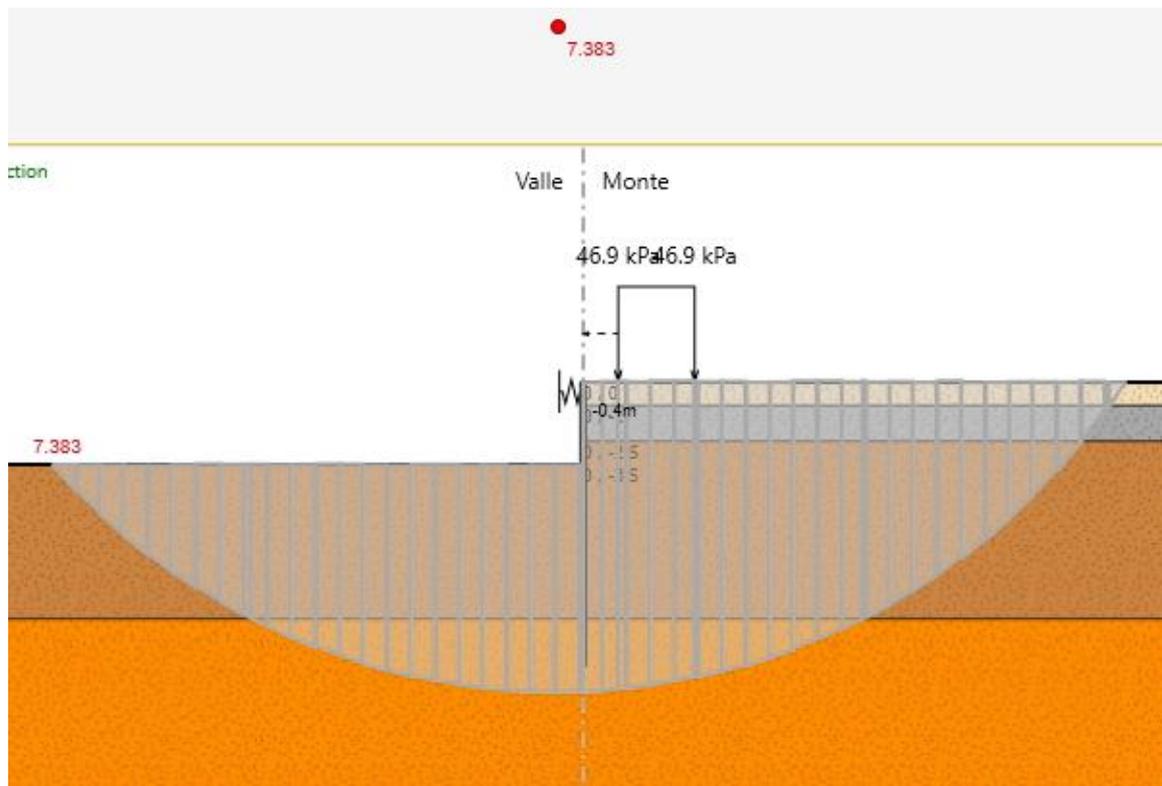


Figura 9: Verifica di stabilità globale allo SLU (A2+M2+R2)

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IN18 - Tombino idraulico 3.00 x 2.00 al km 39+545,59 Relazione di calcolo dei micropali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	3.2.E.ZZ	CL	IN.18.0.0.002	B	30 di 31

8.3 VERIFICHE GEOTECNICHE ALLO SLE

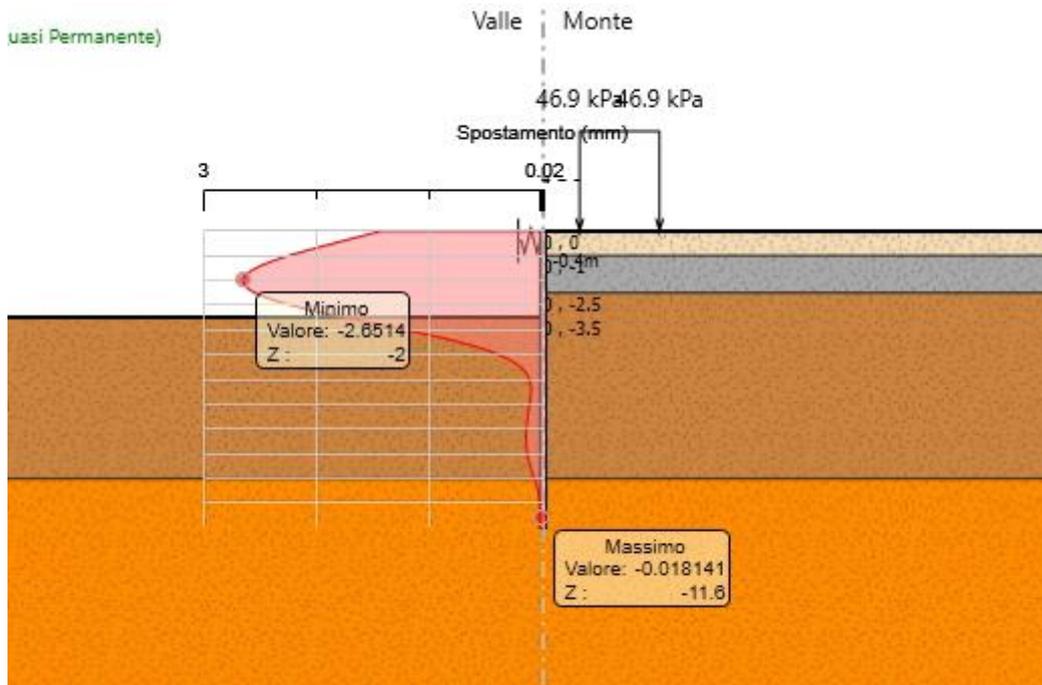


Figura 10: Diagramma delle deformazioni allo SLE

SLE	
Spostamento orizzontale massimo δ_{h_max} (mm)	2.7

In relazione alla provvisorialità dell'opera, gli spostamenti orizzontali massimi risultano compatibili con la sua funzionalità.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: Mandante: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
IN18 - Tombino idraulico 3.00 x 2.00 al km 39+545,59 Relazione di calcolo dei micropali	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.18.0.0.002	REV. B	FOGLIO 31 di 31

9 OUTPUT DI CALCOLO



Report di Calcolo

Sommario

Contenuto Sommario

Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Tipo : HORIZONTAL

Quota : 0 m

OCR : 1

Tipo : HORIZONTAL

Quota : -1 m

OCR : 1

Tipo : HORIZONTAL

Quota : -2.5 m

OCR : 1

Tipo : HORIZONTAL

Quota : -10 m

OCR : 1

Strato di Terreno	Terreno	γ dry	γ sat	ϕ'	ϕ	ϕ_{cv}	ϕ_p	c'	Su	Modulo Elastico	Eu	Evc	Eur	Ah	Av	exp Pa	Rur/Rvc	Rvc	Ku	Kvc	Kur	
		kN/m ³	kN/m ³	°	°	°	°	kPa	kPa			kPa	kPa			kPa		kPa	kN/m ³	kN/m ³	kN/m ³	
1	Ril	20	20	38				0	Constant		70000	112000										
2	b2	19	19	23				0	Constant		45000	72000										
3	bc2	19.5	19.5	33				0	Constant		130000	208000										
4	bn1	20	20	39				0	Constant		530000	848000										

Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12 m

Muro di sinistra

Sezione : Micropali

Area equivalente : 0.0314219018264251 m

Inerzia equivalente : 0.0001 m⁴/m

Materiale calcestruzzo : C20/25

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 0.4 m

Diametro : 0.25 m

Efficacia : 1

Materiale acciaio : S355

Sezione : CHS177.8*12.5

Tipo sezione : O

Spaziatura : 0.4 m

Spessore : 0.0125 m

Diametro : 0.1778 m

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 : -30 m

Falda di destra : -30 m

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 : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 1.5 m

X finale : 4.7 m

Pressione iniziale : 46.9 kPa

Pressione finale : 46.9 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12 m

Sezione : Micropali

Stage 3

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -1.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

-1.5 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 1.5 m

X finale : 4.7 m

Pressione iniziale : 46.9 kPa

Pressione finale : 46.9 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12 m

Sezione : Micropali

Stage 4

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -3.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

-3.5 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 1.5 m

X finale : 4.7 m

Pressione iniziale : 46.9 kPa

Pressione finale : 46.9 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12 m

Sezione : Micropali

Vincolo elastico : Spring

X : 0 m

Z : -0.4 m

Angolo : 0 °

Descrizione Coefficienti Design Assumption

Coefficienti A

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

Coefficienti M

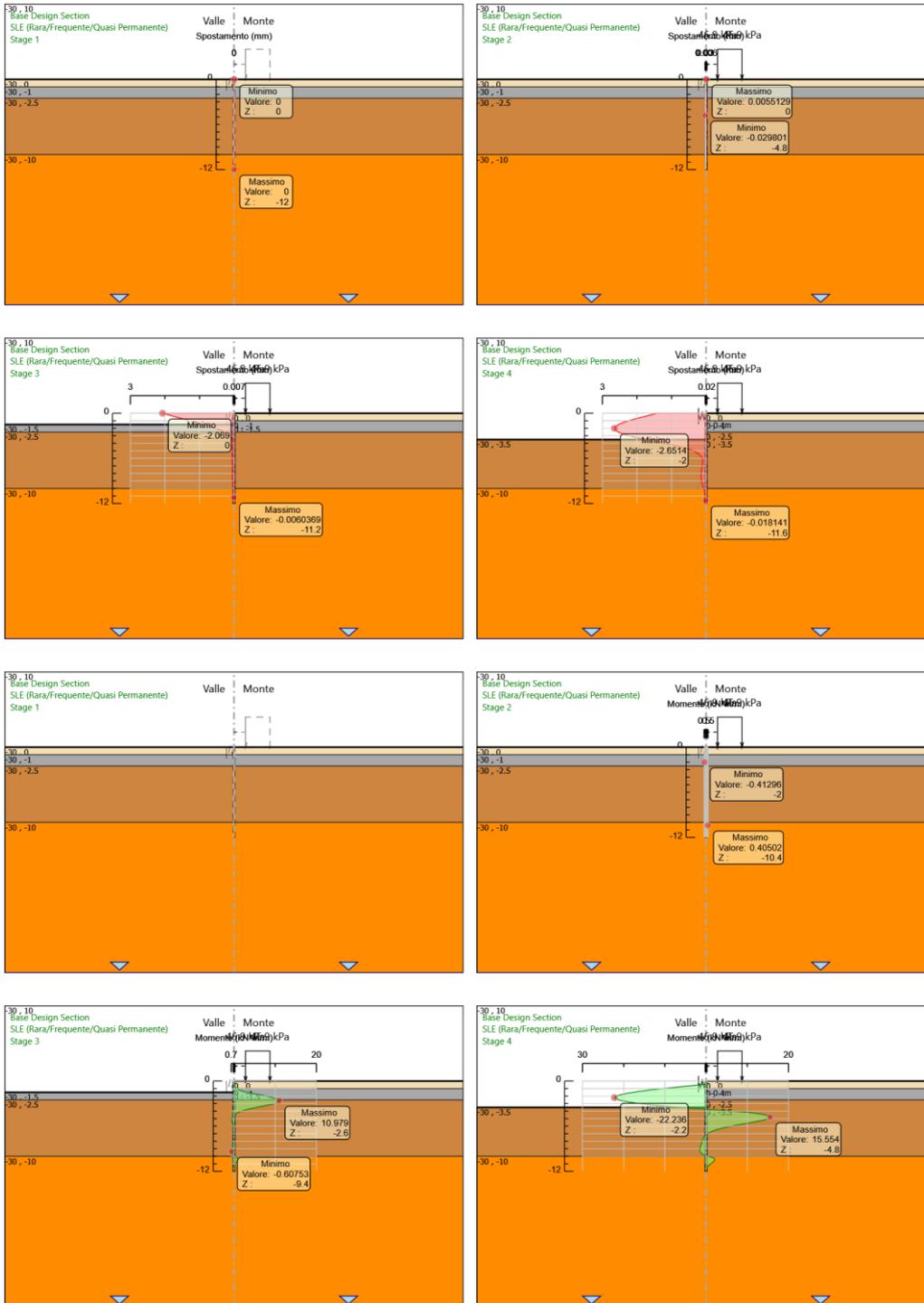
Nome	Parziale su $\tan(\phi')$ (F_Fr)	Parziale su c' (F_eff_cohe)	Parziale su Su (F_Su)	Parziale su qu (F_qu)	Parziale su peso specifico (F_gamma)
Simbolo	γ_ϕ	γ_c	γ_{cu}	γ_{qu}	γ_γ
Nominal	1	1	1	1	1
SLE (Rara/Fre- quente/Quasi Per- manente)	1	1	1	1	1
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1	1	1	1
A2+M2+R1	1.25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

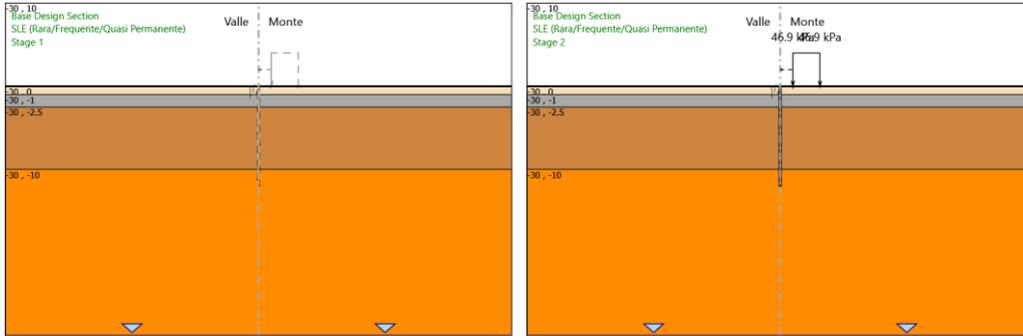
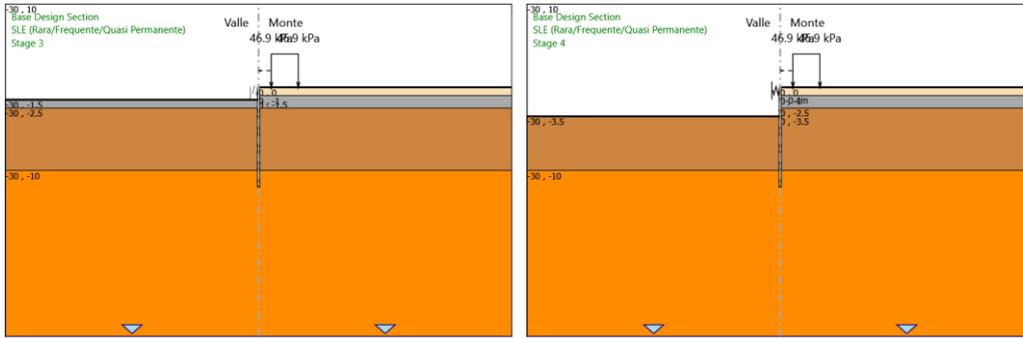
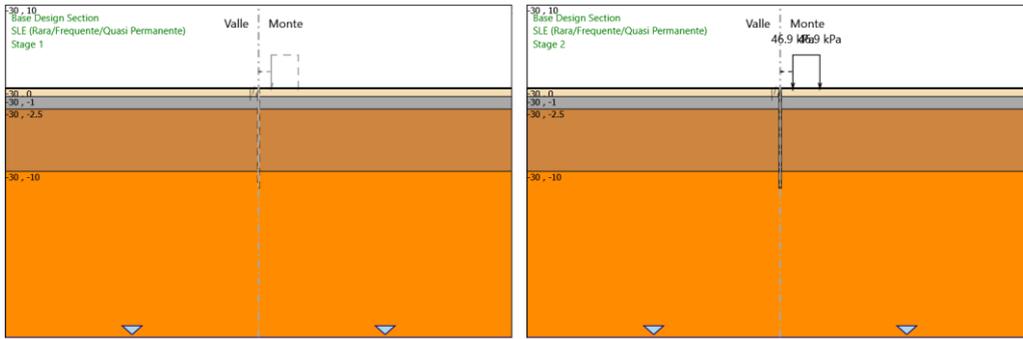
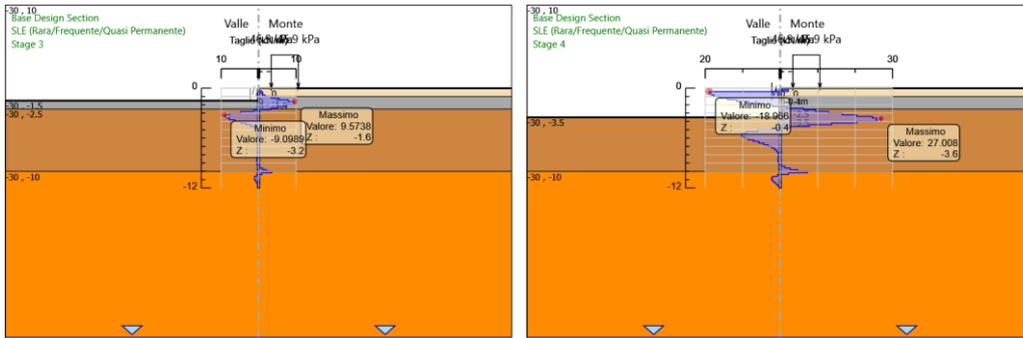
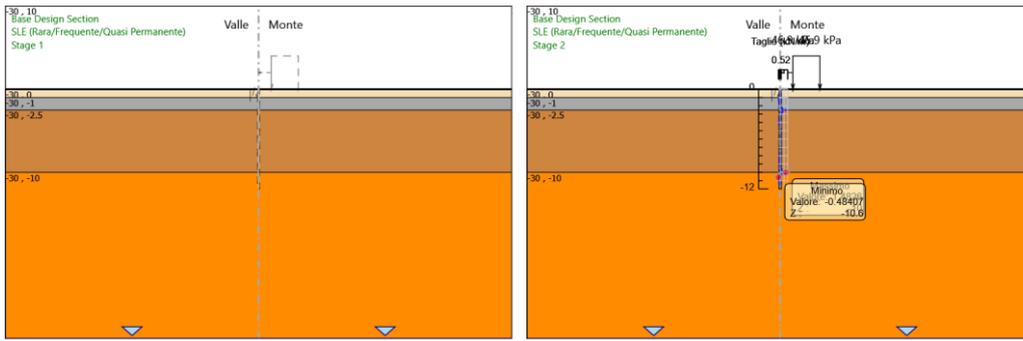
Coefficienti R

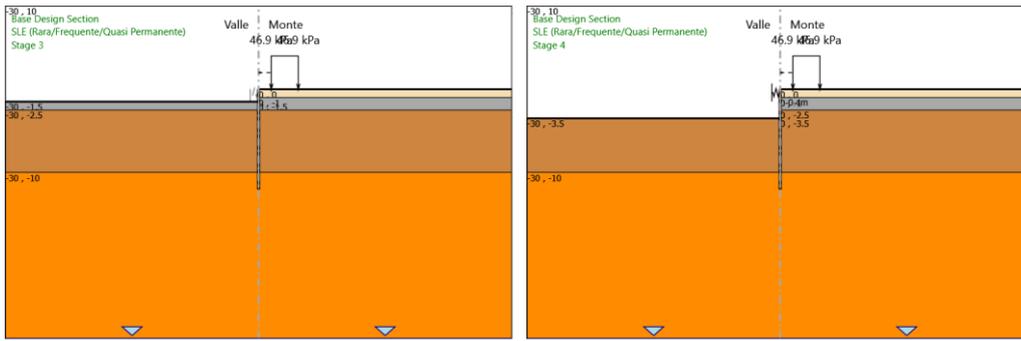
Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale resistenza Tiranti permanenti (F_Anch_P)	Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T)	Parziale elementi strutturali (F_wall)
Simbolo	γ_{Re}	γ_{ap}	γ_{at}	
Nominal	1	1	1	1
SLE (Rara/Fre- quente/Quasi Perma- nente)	1	1	1	1
A1+M1+R1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

Risultati SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

Tabella Grafici dei Risultati







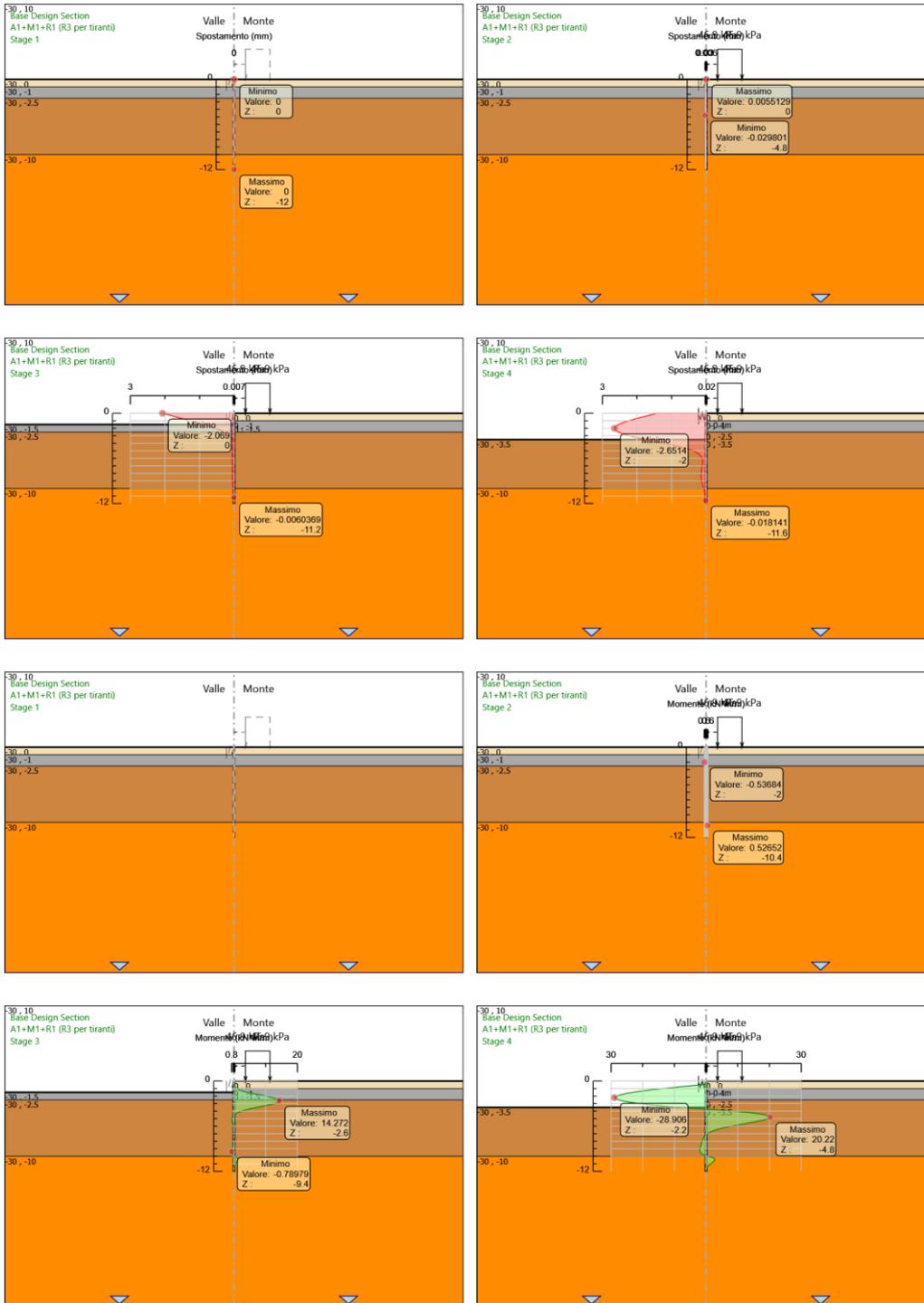
Risultati Elementi strutturali - SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

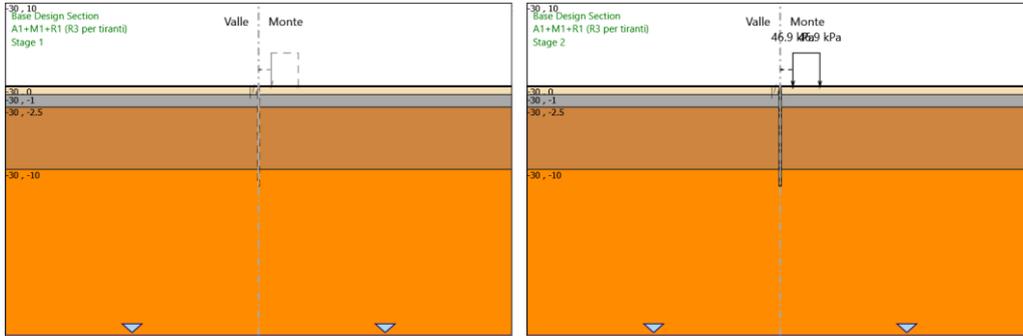
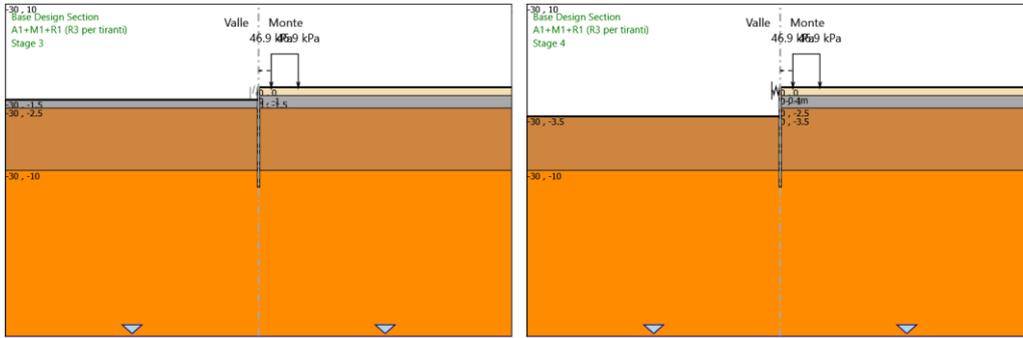
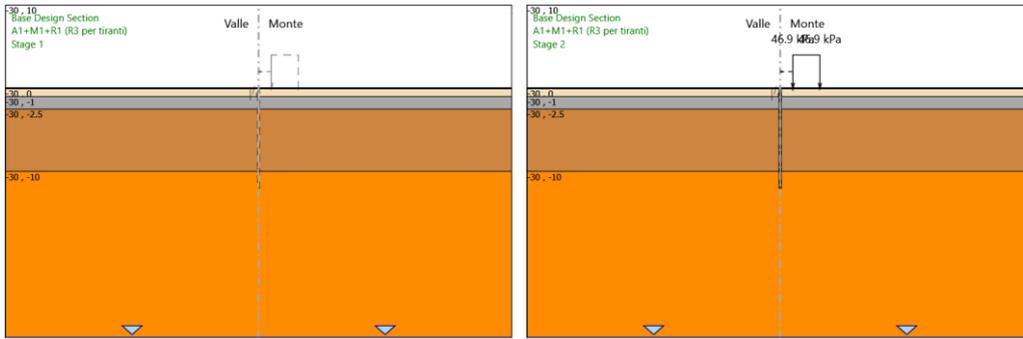
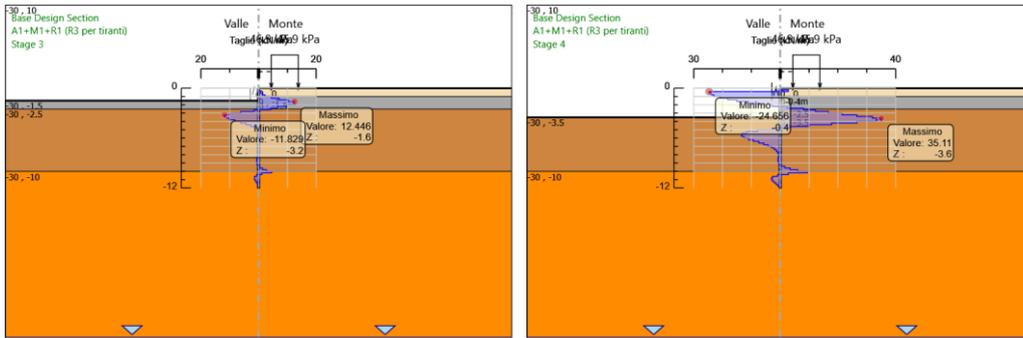
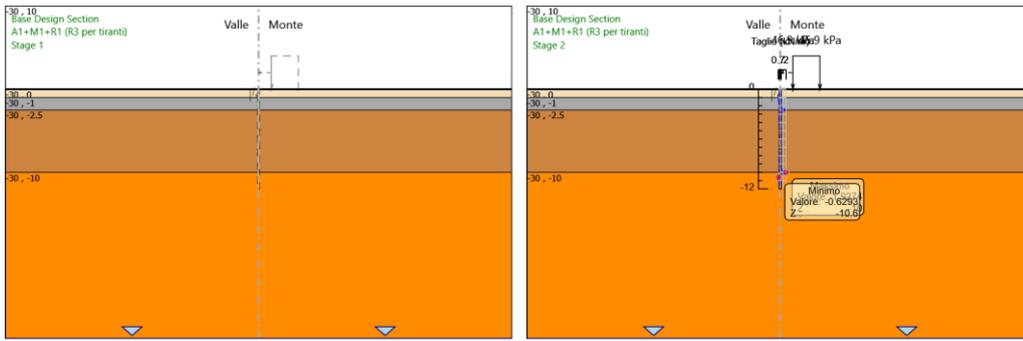
Design Assumption: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) Sollecitazione Spring

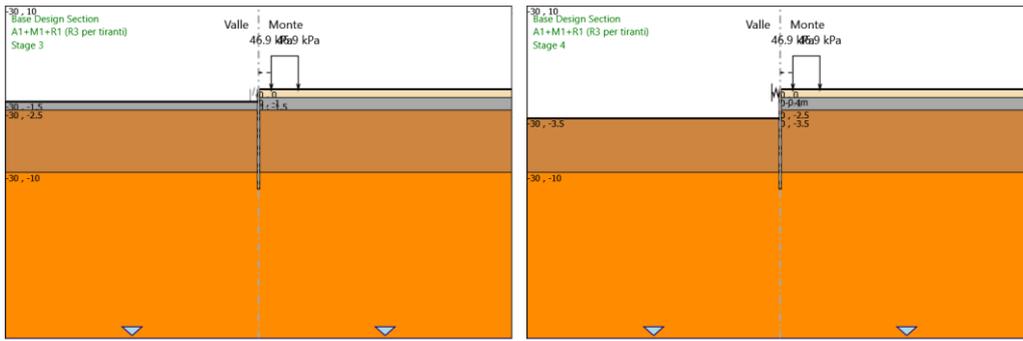
Stage	Forza (kN/m)
Stage 4	-21.48312

Risultati A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

Tabella Grafici dei Risultati







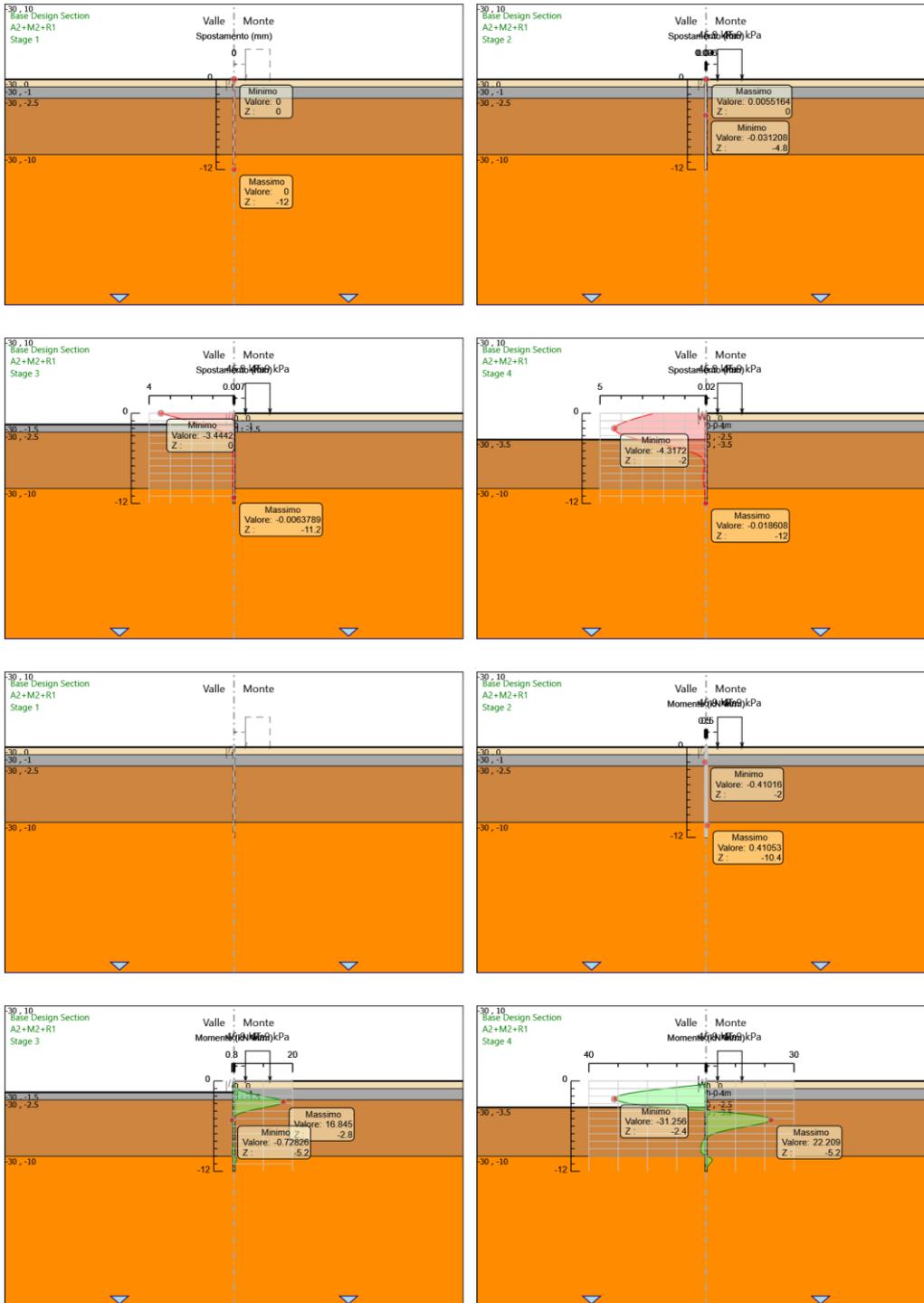
Risultati Elementi strutturali - A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

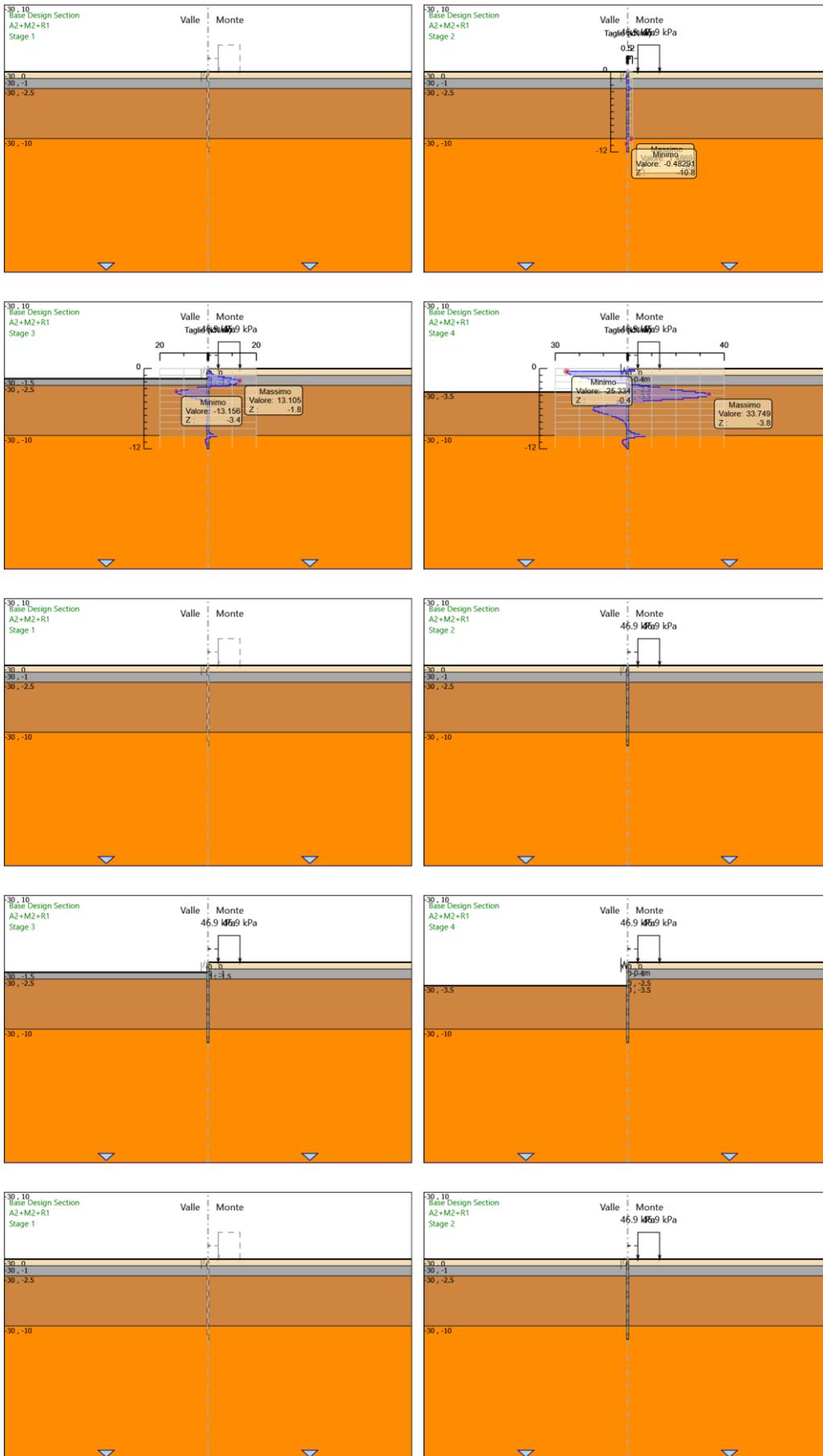
Design Assumption: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) Sollecitazione Spring

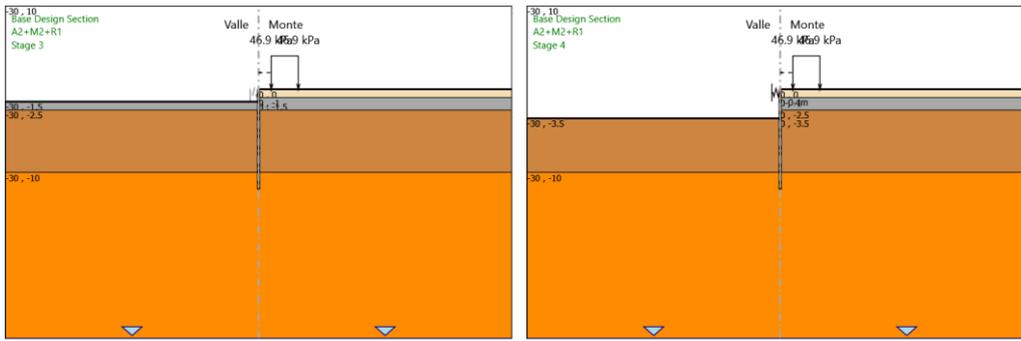
Stage	Forza (kN/m)
Stage 4	-27.928056

Risultati A2+M2+R1

Tabella Grafici dei Risultati







Risultati Elementi strutturali - A2+M2+R1

Design Assumption: A2+M2+R1 Sollecitazione Spring

Stage	Forza (kN/m)
Stage 4	-28.6642