

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. INFRASTRUTTURE CENTRO

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA FERROVIA ROMA - VITERBO

RADDOPPIO TRATTA CESANO VIGNA DI VALLE

IN15 – Tombino idraulico al km 34+758

Relazione di calcolo opere provvisionali

SCALA:

-

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

NR1J 01 D 29 CL IN1500 002 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	F. Serrau 	05.2020	M. Monda 	05.2020	T. Paoletti 	05.2020	F. Arduini 05.2020 ITALFERR S.p.A. Direzione Tecnica Infrastrutture Centro Via E. Mattei, 100 00144 Roma Tel. 06 4789 4111 Fax 06 4789 4112 E-mail: f.arduini@italferr.it

File: NR1J01D29CLIN1500002A.doc

n. Elab.: 307.27

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	2 di 94

INDICE

1.	PREMESSA	5
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	8
2.1	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	8
2.2	DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO	8
2.3	SOFTWARE.....	9
3.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	10
3.1	CALCESTRUZZO.....	10
3.2	ACCIAIO DI ARMATURA - BARRE.....	10
3.3	CARPENTERIA METALLICA.....	11
4.	DESCRIZIONE DELL’OPERA	12
5.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E MATERIALI ANTROPICI	15
6.	ANALISI DEI CARICHI STATICI DI PROGETTO.....	16
6.1	AZIONI PERMANENTI.....	16
6.1.1	<i>Peso proprio</i>	16
6.1.2	<i>Spinta delle terre</i>	16
6.2	SOVRACCARICHI ACCIDENTALI.....	18
7.	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE.....	19
8.	METODO DI ANALISI.....	22
8.1	MODELLAZIONE NUMERICA.....	22

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	3 di 94

8.2	MODELLI DI CALCOLO	26
8.3	FASI DI COSTRUZIONE	26
8.3.1	<i>Sezione 34+758</i>	27
9.	CRITERI DI VERIFICA.....	34
9.1	VERIFICHE GEOTECNICHE	34
9.1.1	<i>Verifica della massima spinta passiva mobilitata</i>	34
9.1.2	<i>Verifica degli spostamenti</i>	34
9.1.3	<i>Altre verifiche</i>	35
9.2	VERIFICHE STRUTTURALI.....	35
9.2.1	<i>Verifica dei tubi di armatura dei micropali</i>	35
9.2.2	<i>Verifica del puntone</i>	35
9.2.3	<i>Verifica della trave di ripartizione</i>	35
10.	RISULTATI	36
11.	VERIFICHE	40
11.1	VERIFICHE GEOTECNICHE	40
11.2	VERIFICHE STRUTTURALI.....	40
11.2.1	<i>Paratia</i>	40
ALLEGATI.....		

	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE					
	RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	5 di 94

1. PREMESSA

Nella presente relazione si riportano i calcoli per il dimensionamento della paratia provvisoria da realizzare per consentire la costruzione dell'attraversamento idraulico IN15 (pk 34+758), nell'ambito degli interventi di raddoppio della linea Cesano-Vigna di Valle.

La geometria del manufatto di attraversamento è discussa in dettaglio negli elaborati di progetto (Doc. rif. [9], [10] e [12]) e rappresentata in maniera schematica in Figura 1. La paratia consentirà di eseguire le lavorazioni secondo quanto previsto nell'elaborato grafico delle Fasi costruttive (Doc. rif. [11]), risolvendo le interferenze con la linea ferroviaria esistente, che sarà mantenuta in funzione fino alla parziale realizzazione del tombino.

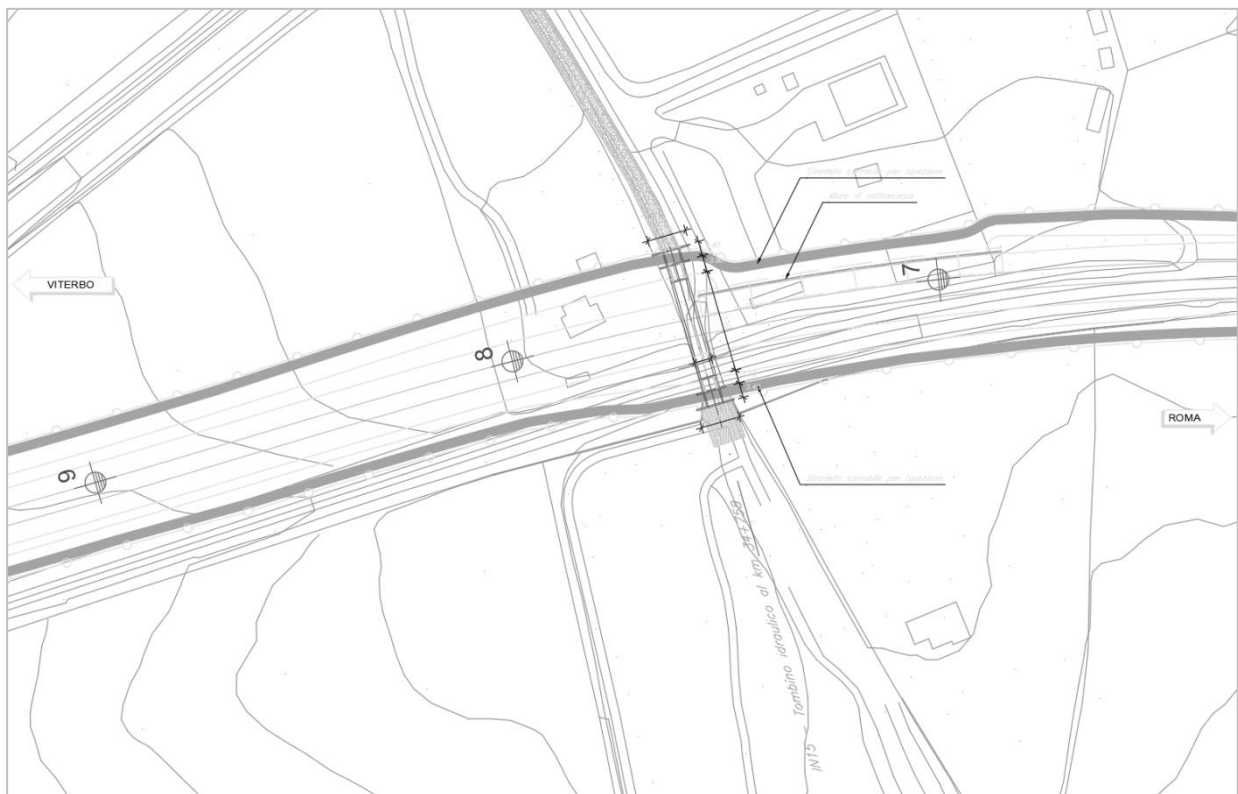


Figura 1 – Tombino IN15 al km 34+758: planimetria (Doc. rif. [10])

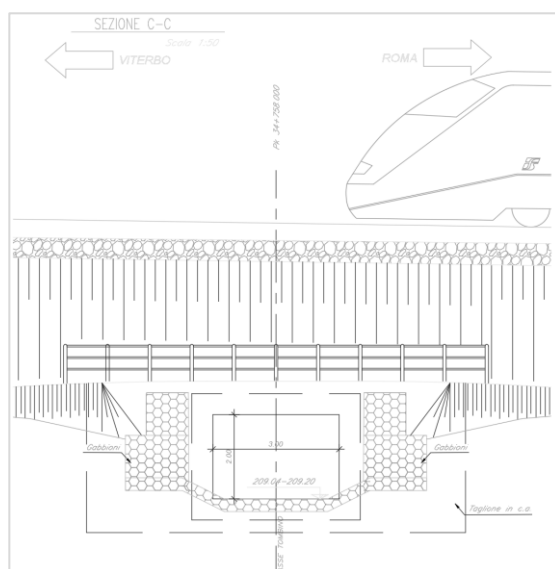
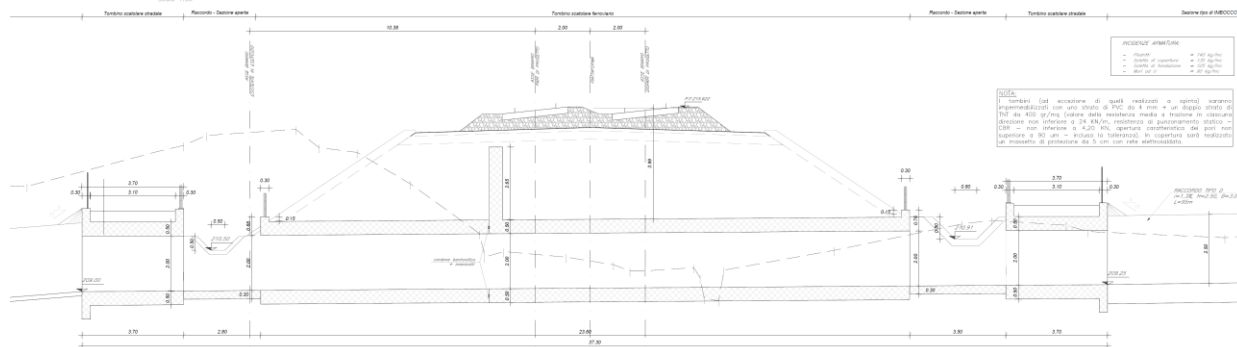


Figura 2 - Tombino IN15 al km 34+758

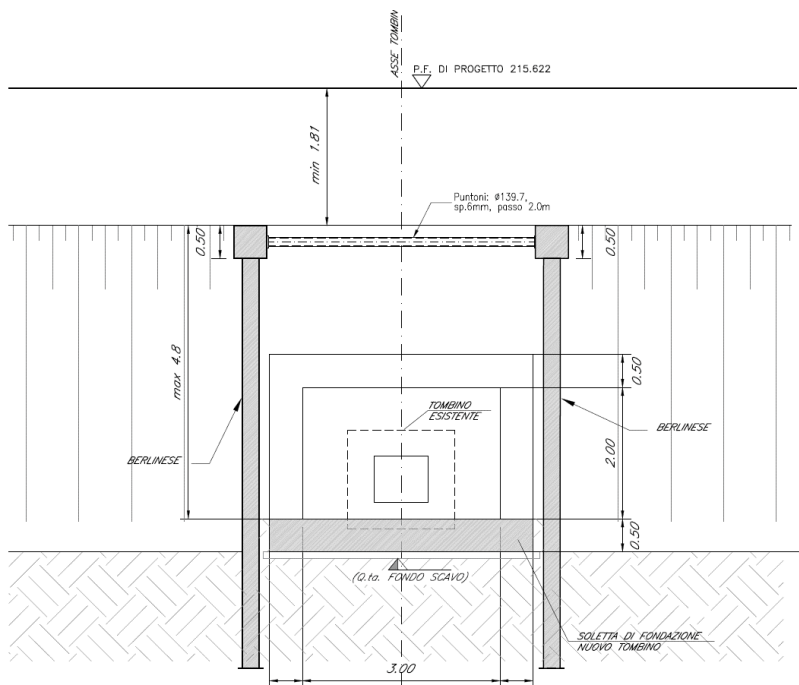


Figura 3 – Paratia provvisoria: sezione

	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE					
	RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	8 di 94

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 Definitivo NR1J00D29GE0005001A
- [8] Profilo geotecnico di linea – Tav1-8 NR1J01D29F6GE0005001A
- [9] IN15 Tombino idraulico al km 34+758 - Relazione tecnica descrittiva NR1J01D29ROIN1500001A
- [10] IN15 Tombino idraulico al km 34+758 - Planimetria di progetto NR1J01D29P8IN1500001A
- [11] IN15 Tombino idraulico al km 34+758 Fasi costruttive NR1J01D29BZIN1500001A-2A
- [12] IN15 Tombino idraulico al km 34+758 – Carpenteria scatolare – Pianta e sezioni NR1J01D29BZIN1500003A
- [13] IN15 Tombino idraulico al km 34+758 – Scavi e opere provvisionali – Pianta e sezioni NR1J01D29PZIN1500001A

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	9 di 94

2.3 Software

[14] ParatiePlus 20.0.2 – Ceas Srl (www.ceas.it)

[15] RC-SEC – Geostru (<https://www.geostru.eu/it/>)

	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN1500 002	REV. A	FOGLIO 10 di 94

3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

3.1 Calcestruzzo

Elemento strutturale: cordoli di collegamento

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

3.2 Acciaio di Armatura - Barre

Tipo acciaio	B 450 C
Peso specifico, γ_a	78,50 kN/mc
Tensione nominale di snervamento, $f_{y\ nom}$	450 N/mm ²
Tensione nominale di rottura, $f_{t\ nom}$	540 N/mm ²
Minima tensione caratteristica di snervamento, $f_{yk\ min}$	450 N/mm ²
Minima tensione caratteristica di rottura, $f_{tk\ min}$	540 N/mm ²
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

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNADI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	11 di 94

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

Allungamento caratteristico sotto carico massimo, (A_{gt})k 7,5 %

Modulo di elasticità dell'acciaio, E 206000 N/mm²

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 $E_s = 210000 \text{ MPa}$

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

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

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

coefficiente riduttivo $\gamma_{M0} = 1.05$

	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	12 di 94

4. DESCRIZIONE DELL'OPERA

La paratia illustrata in Figura 3 avrà la funzione di consentire la realizzazione dell'attraversamento idraulico IN15 per fasi, mantenendo in esercizio la linea ferroviaria. Ciò sarà possibile procedendo alla costruzione secondo le fasi costruttive riassunte di seguito.

FASE 1) Preparazione del cantiere;

FASE 2) Realizzazione berlinese dei micropali con relativo cordolo e puntoni lato nord rispetto alla ferrovia esistente;

FASE 3) Scavo propedeutico alla realizzazione del nuovo tombino;

FASE 4) Getto magrone e soletta di fondo;

FASE 5) Realizzazione del nuovo manufatto, piedritti e copertura;

FASE 6) Rimozione puntoni provvisori e realizzazione rilevato ferroviario;

FASE 7) Posa dei nuovi binari e deviazione traffico;

FASE 8) Dismissione binario esistente e scavo rilevato;

FASE 9) Realizzazione berlinese di micropali con relativo cordolo e puntoni lato sud rispetto alla ferrovia esistente;

FASE 10) Scavo e demolizione tombino esistente;

FASE 11) Installazione puntoni orizzontali;

FASE 12) Getto magrone e soletta di fondazione;

FASE 13) Rimozione puntoni e completamento tombino;

FASE 14) Completamento tombino;

FASE 15) Demolizione parziale dei micropali fino a intradosso soletta superiore scatolare;

FASE 16) Realizzazione del nuovo rilevato ferroviario;

FASE 17) Posa e messa in esercizio dei nuovi binari.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	13 di 94

Per maggiori dettagli sulle fasi costruttive si faccia riferimento all’elaborato di progetto dedicato (Doc. rif. [11]).

L’opera di sostegno provvisoria è costituita da berlinesi di micropali con interasse pari a 0.3 m e realizzati con perforazioni del diametro di 250 mm fino alla profondità di 10 m ed iniezioni a gravità. I micropali saranno armati con tubolari aventi diametro pari a 168.3 mm e spessore di 8 mm. I micropali sono collegati in testa da un cordolo in c.a. di sezione 50 cm x 50 cm.

Al fine di contenere le deformazioni orizzontali della paratia è previsto un ordine di puntoni tubolari in acciaio del diametro di 139.7 mm e con spessore 6 mm, aventi un interasse di 2.00 m che verranno installati in corrispondenza del cordolo di testa alla paratia.

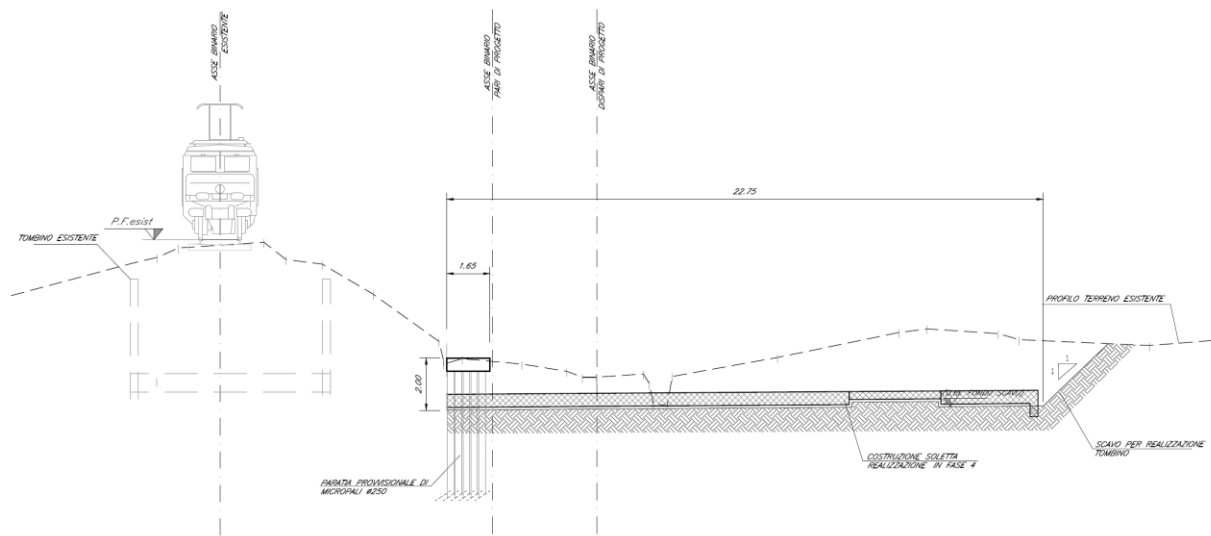


Figura 4 - Paratia provvisoria: prospetto 1

	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE					
	RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	14 di 94

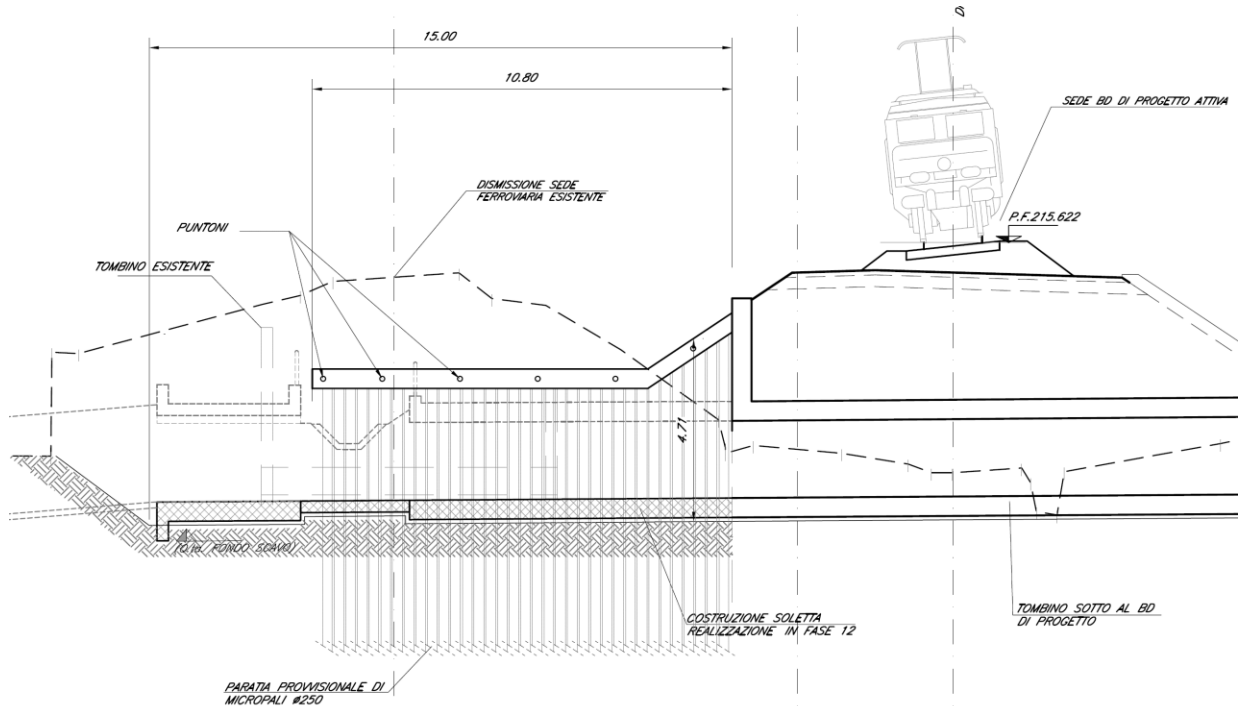


Figura 5 - Paratia provvisoria: prospetto 2

La sezione di calcolo è visibile in Figura 5: l'altezza massima di scavo, dall'estradosso del cordolo al piano di posa della soletta di fondo del nuovo tombino, è pari a 4.71 m. Considerando un incremento del 10% come prescritto dalle NTC 2018, si ha uno scavo massimo di calcolo pari a 5.2 m.

L'estradosso del cordolo nella sezione di calcolo si trova alla quota +213.2 m l.m.m..

Nei seguenti capitoli si descrivono in dettaglio il calcolo e la verifica dell'opera in oggetto.

	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE					
	RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	15 di 94

5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E MATERIALI ANTROPICI

Il modello geotecnico di riferimento è stato definito sulla base di quanto emerso dalla Relazione Geotecnica Generale (Doc. rif. [7]) ed, in particolare, del modello 6 (pk 34+600 – 36+050). Al fine di contestualizzare quest'ultimo e rappresentare le condizioni stratigrafiche del sito in esame, si è inoltre fatto riferimento alla stratigrafia desunta dal profilo geotecnico di linea (Doc. rif. [8]).

Nel calcolo della paratia si trascura cautelativamente la presenza del terreno costituente il rilevato ferroviario e si fa riferimento ai terreni riscontrati nel profilo geotecnico.

Il modello geotecnico è sintetizzato in Tabella 1 ed è riferito alla quota dell'estradosso del cordolo della paratia provvisoria, che si trova alla quota +213,2 m l.m.m. nella sezione di calcolo.

Tabella 1 - Modello geotecnico di riferimento

Unità litologiche	Profondità m p.c.		γ KN/m ³	ϕ' °	c' KPa	Eop MPa
U2a – Sabbia limosa / Limo sabbioso	0	11	16	30	0	20
U3a - Depositi vulcanici – sabbia limosa con ghiaia	11	19	17	32	0	55

Il modulo Eop è relativo alle condizioni di carico vergine (Evc). Per le condizioni di scarico – ricarico si assume Eur = 1.6 Evc.

Dalle misure freatiche effettuate la falda viene rilevata a circa -20 m dall'estradosso del cordolo e pertanto non viene inserita nel modello in oggetto.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	16 di 94

6. ANALISI DEI CARICHI STATICI DI PROGETTO

6.1 Azioni permanenti

6.1.1 Peso proprio

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.

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

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

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

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

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.

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

	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNADI VALLE					
	RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	17 di 94

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

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

Attraverso valori opportuni di K_A e K_P si tiene conto dell'angolo di attrito δ 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 Δ , la rigidezza di ogni molla è:

$$K = E \Delta / L$$

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

6.1.2.1 Profondità massima di scavo

Nel caso in cui la funzione di sostegno è 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, secondo le indicazioni delle NTC, la quota di valle deve essere diminuita di una quantità pari al minore dei seguenti valori:

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	18 di 94

- 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.

6.2 Sovraccarichi accidentali

A monte della struttura è stato ipotizzato un carico variabile di 10 kPa distribuito su una fascia di 5 m di spessore e rappresentante il carico da i mezzi di cantiere o agricoli.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	19 di 94

7. 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:

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

Combinazione caratteristica frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili, da utilizzarsi nelle verifiche a fessurazione:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} \dots;$$

Combinazione quasi permanente, impiegata per gli effetti a lungo termine, da utilizzarsi nelle verifiche a fessurazione:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} \dots;$$

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_F , γ_M e γ_R (relativi alle resistenze dei pali soggetti a carichi assiali), nonché i coefficienti di combinazione ψ 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).

	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	20 di 94

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:

- 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.

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.

Considerata la natura provvisoria dell'opera di sostegno, sono state omesse le verifiche in condizioni sismiche.

	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	21 di 94

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

Coefficiente			EQU ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁵⁾	1,00 ⁽⁶⁾	1,00
Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente	favorevole	γ_{Ce}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole	d	1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ 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		ψ_0	ψ_1	ψ_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
	gr_1	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽²⁾	0,0
Gruppi di	gr_2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽²⁾	-
carico	gr_3	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽²⁾	0,0
	gr_4	1,00	1,00 ⁽²⁾	0,0
Azioni del vento	F_{wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

⁽¹⁾ 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.

⁽²⁾ Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_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 γ_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}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	22 di 94

8. METODO DI ANALISI

8.1 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;

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNADI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	23 di 94

- 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;
- 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.

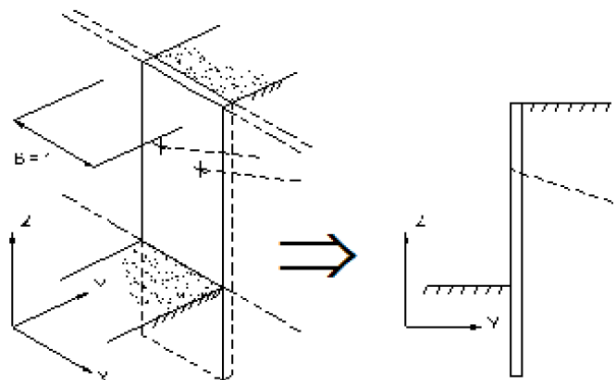


Figura 6 – Schema di modellazione piana effettuata per mezzo del software PARATIE

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:

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	24 di 94

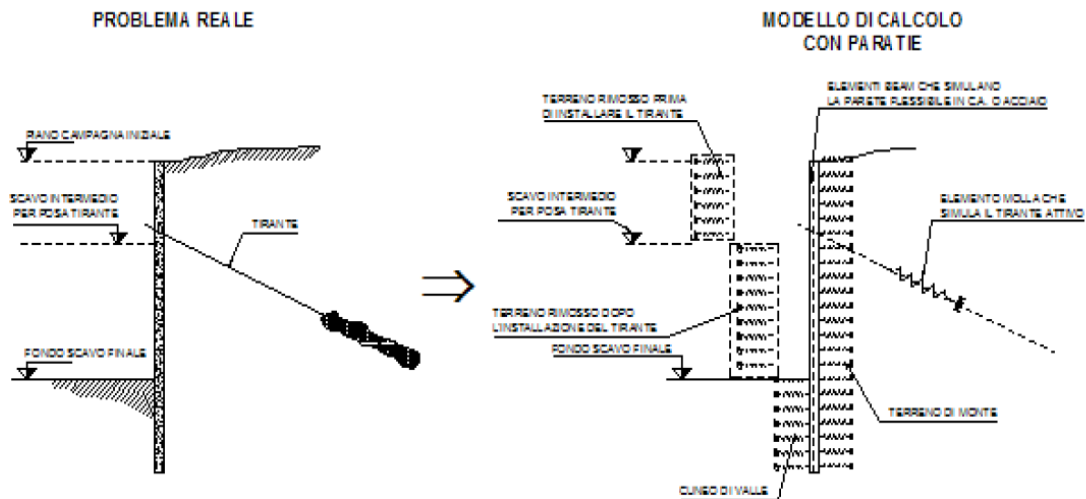


Figura 7 – Trave su suolo elastico: modellazione numerica della paratia e dei vincoli

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;

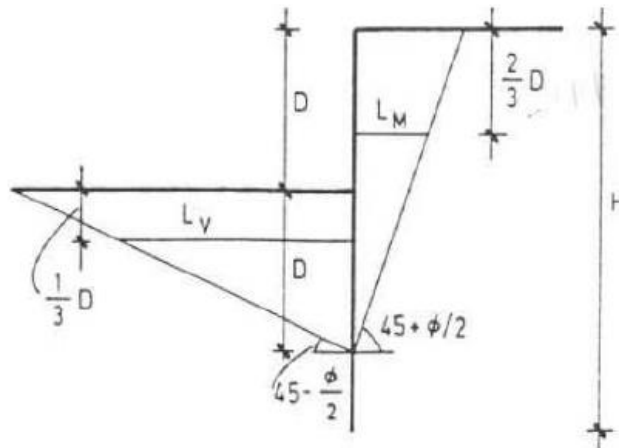
E_s è il modulo di Young del terreno;

t è l'interasse della molla;

L è un parametro geometrico che tiene conto della geometria del muro (v. capitolo 6.1.2).

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNADI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	25 di 94

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).

	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE					
	RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	26 di 94

8.2 Modelli di calcolo

La sezione considerata presenta la maggior profondità di scavo, pari a 4,71 m, ai quali si deve sommare il sovrascavo previsto da normativa al capitolo 6.5.2.2. Nel caso in esame, il 10% dell'altezza di scavo corrisponde a 47 cm (< 0,50 m) e pertanto si assume 5.2 m come profondità massima di scavo.

Vista la larghezza dello scatolare pari a 4,00 m (3,00 m + 0,50 m + 0,50 m), al fine di garantire un adeguato franco tra micropali e struttura, l'interasse tra le paratie è pari a 5,1 m.

L'opera di sostegno provvisoria è costituita da berlinesi di micropali con interasse pari a 0.3 m e realizzati con perforazioni del diametro di 250 mm fino alla profondità di 10 m ed iniezioni a gravità. I micropali saranno armati con tubolari aventi diametro pari a 168.3 mm e spessore di 8 mm. I micropali sono collegati in testa da un cordolo in c.a. di sezione 50 cm x 50 cm.

Il puntone provvisorio in testa alla paratia è costituito da un profilo tubolare 139,7 x 6 mm in acciaio S275, disposto ad interasse 2 m.

8.3 Fasi di costruzione

Sulla base di quanto descritto nel capitolo 4, il calcolo numerico è effettuato per fasi, al fine di consentire la valutazione delle azioni sulla paratia nei differenti stadi di costruzione e di consentire la convergenza della soluzione. Nel seguito si riassumono le fasi di calcolo considerate nell'analisi.

	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE					
	RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	27 di 94

8.3.1 Sezione 34+758

FASE 0 - INIZIALIZZAZIONE

Paratia: -

Puntoni: -

Quota terreno lato esterno: 0 m

Quota terreno lato interno: 0 m

Sovraccarico: -

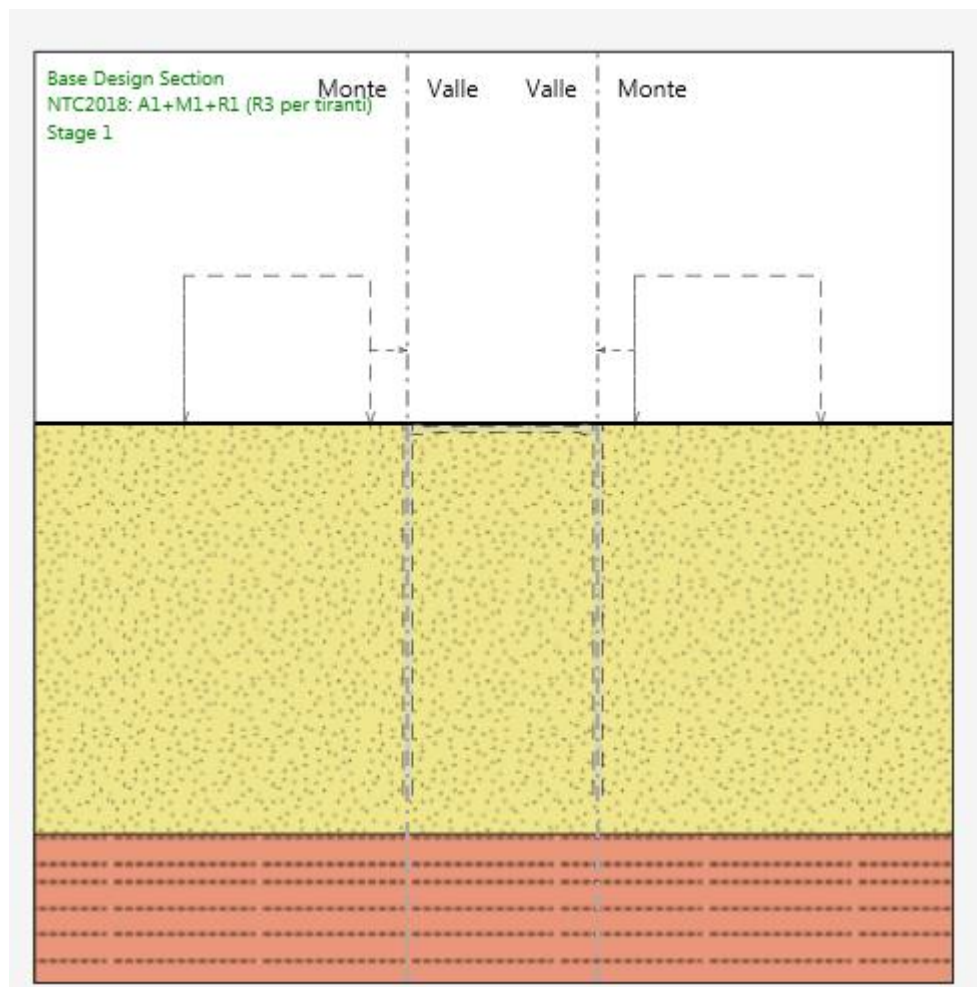


Figura 8 –Stage 0: stato di fatto

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	28 di 94

FASE 1 - BERLINESE

Paratia: Palo Ø250mm, tubolare Ø168.3, spessore 8 mm, lunghezza 10 m, passo 0.3 m

Puntoni: -

Quota terreno lato esterno: 0 m

Quota terreno lato interno: 0 m

Sovraccarico: 10kPa variabili

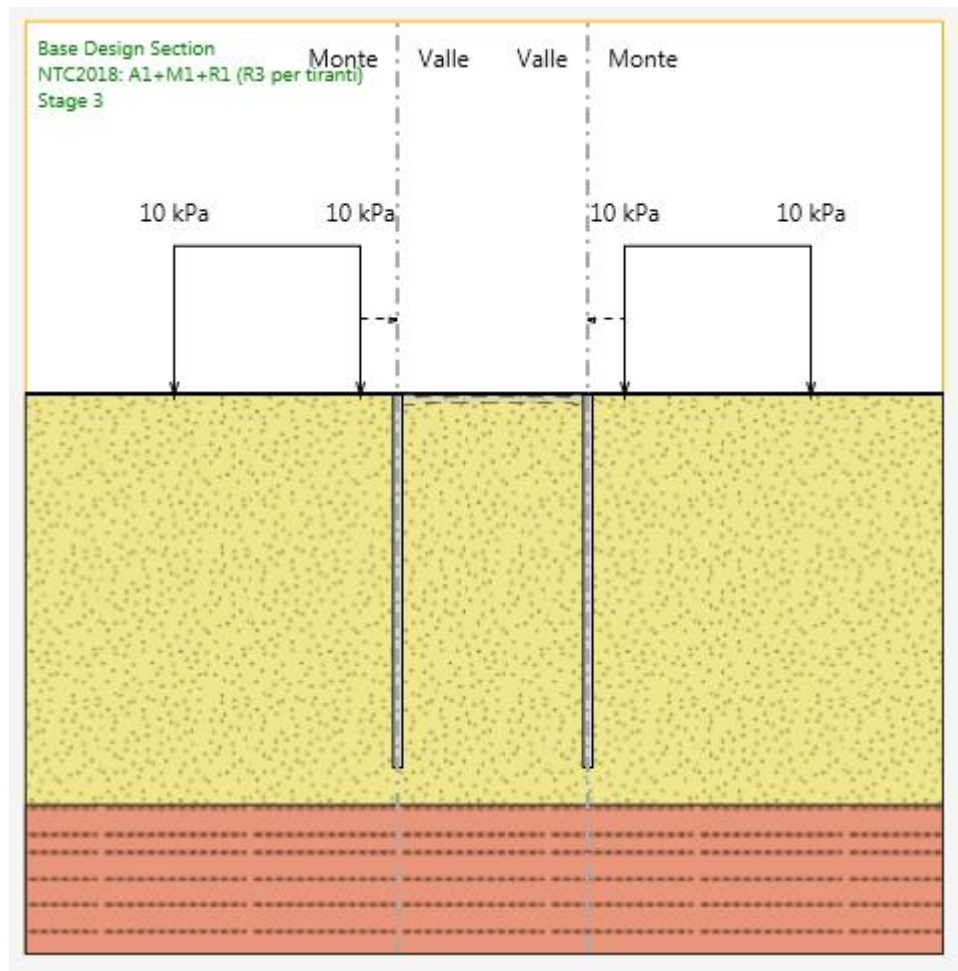


Figura 9 –Stage 1: Realizzazione berlinese

	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE					
	RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	29 di 94

FASE 2 – SCAVO -0,50 m

Paratia: Palo $\varnothing 250\text{mm}$, tubolare $\varnothing 168.3$, spessore 8 mm, lunghezza 10 m, passo 0.3 m

Puntoni: -

Quota terreno lato esterno: 0 m

Quota terreno lato interno: -0,50 m

Sovraccarico: 10kPa variabile

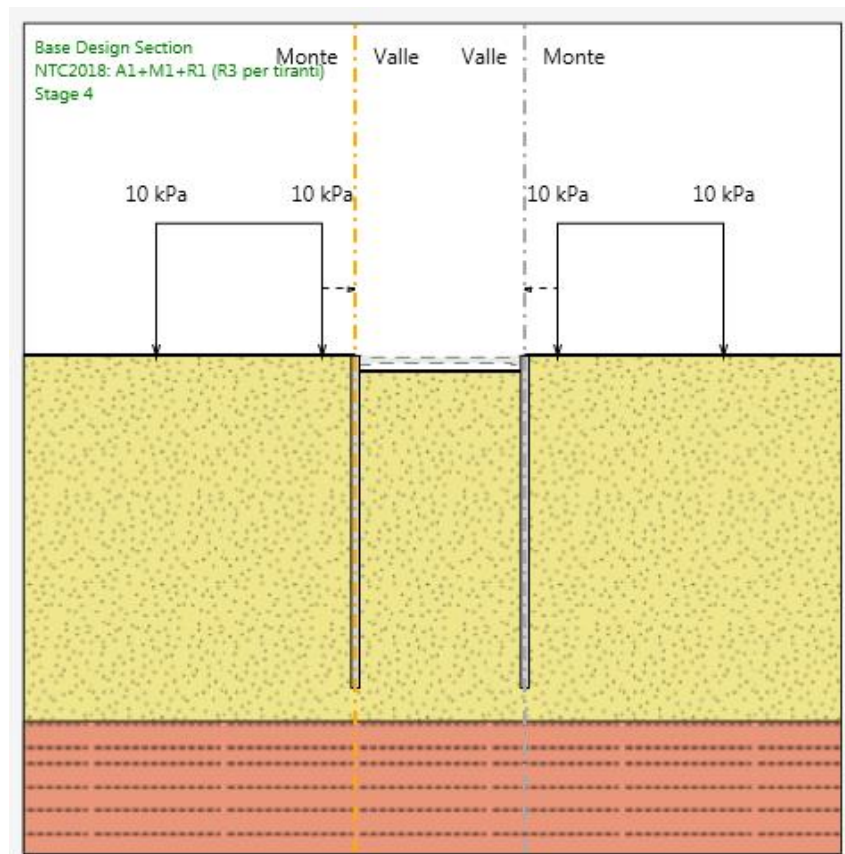


Figura 10 –Stage 2: scavo -0,50 m

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	30 di 94

FASE 3 – ISTALLAZIONE PUNTONE

Paratia: Palo $\varnothing 250\text{mm}$, tubolare $\varnothing 168.3$, spessore 8 mm, lunghezza 10 m, passo 0.3 m

Puntoni: Tubolare $\varnothing 139.7$, spessore 6 mm, passo 2 m.

Quota terreno lato esterno: 0 m

Quota terreno lato interno: -0,50 m

Sovraccarico: 10kPa variabile

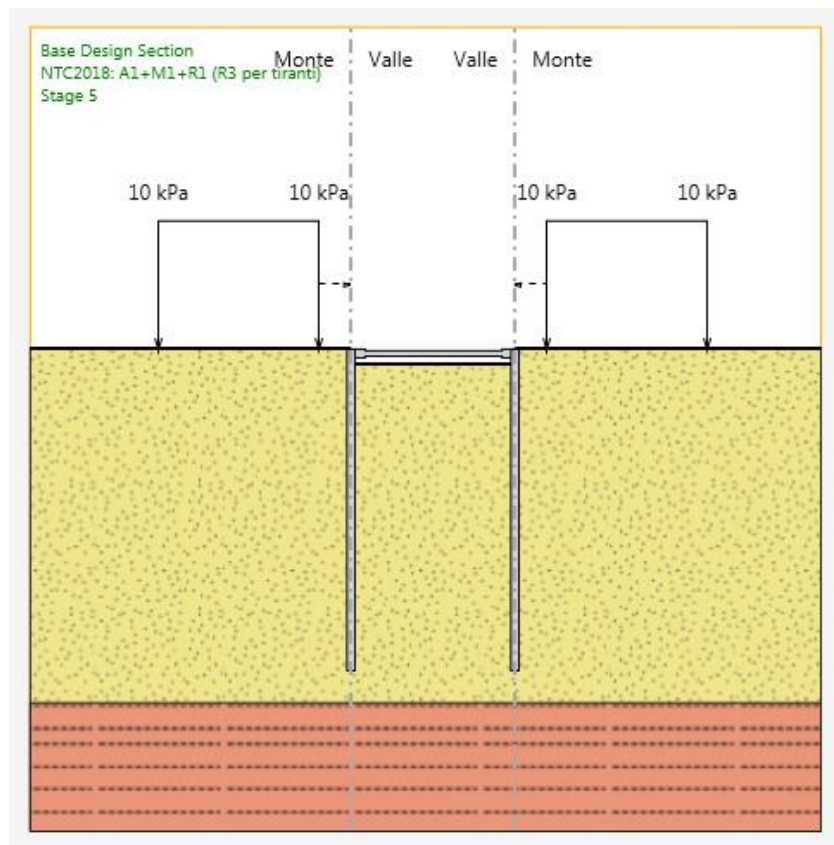


Figura 11 –Stage 3: installazione puntone

	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE					
	RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	31 di 94

FASE 4 – SCAVO -2 m

Paratia: Palo Ø250mm, tubolare Ø168.3, spessore 8 mm, lunghezza 10 m, passo 0.3 m

Puntoni: Tubolare Ø139.7, spessore 6 mm, passo 2 m.

Quota terreno lato esterno: 0 m

Quota terreno lato interno: -2 m

Sovraccarico: 10kPa variabile

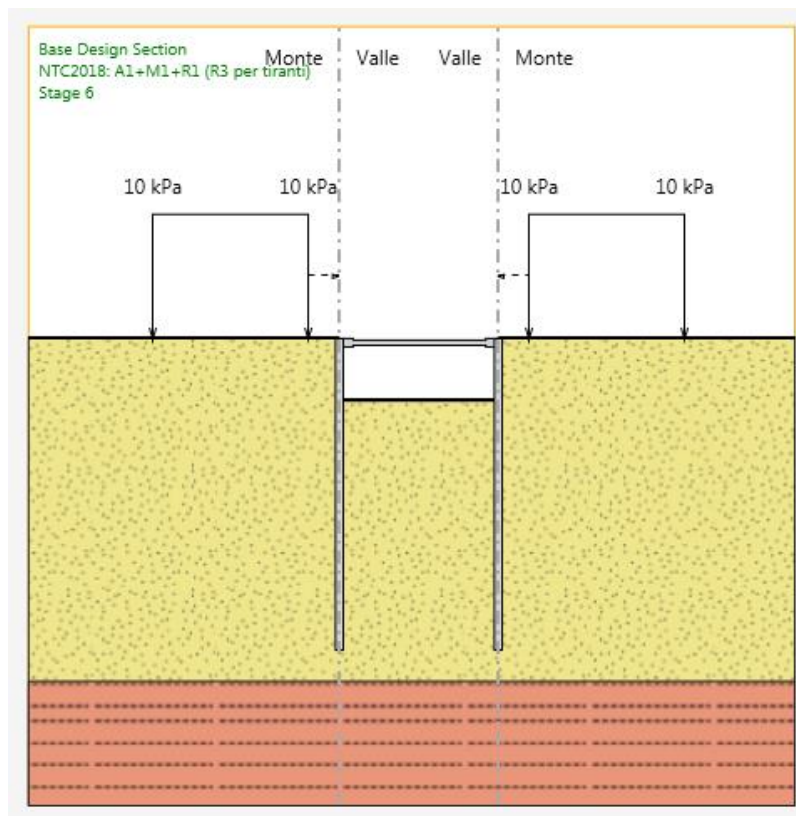


Figura 12 –Stage 4: scavo -2 m

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN1500 002	REV. A	FOGLIO 32 di 94

FASE 5 – SCAVO -4,70 m

Paratia: Palo Ø250mm, tubolare Ø168.3, spessore 8 mm, lunghezza 10 m, passo 0.3 m

Puntoni: Tubolare Ø139.7, spessore 6 mm, passo 2 m.

Quota terreno lato esterno: 0 m

Quota terreno lato interno: -4,70 m

Sovraccarico: 10kPa variabile

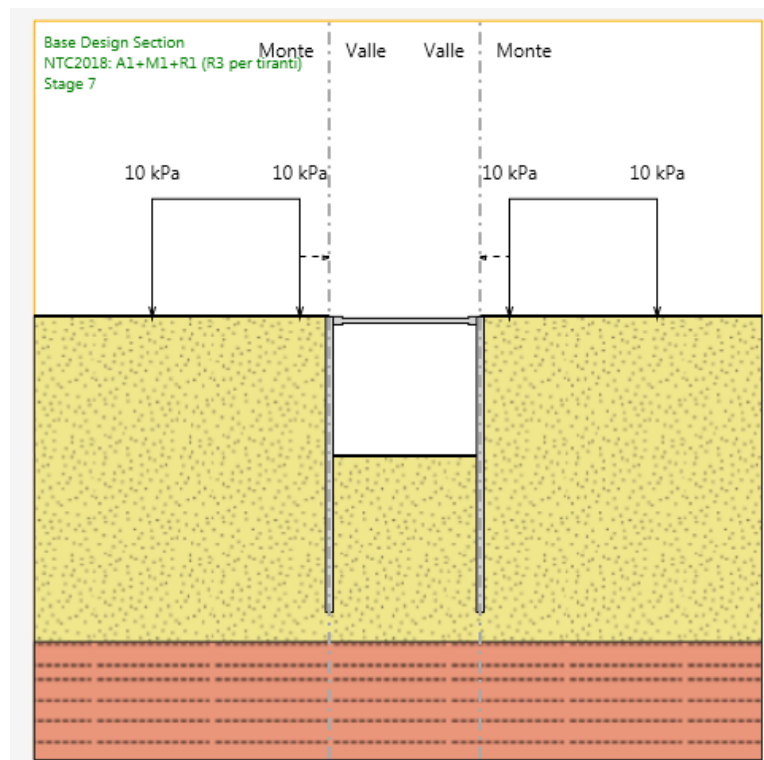


Figura 13 –Stage 5: scavo -4,70 m

	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	33 di 94

FASE 6 – SOVRASCAVO

Paratia: Palo Ø250mm, tubolare Ø168.3, spessore 8 mm, lunghezza 10 m, passo 0.3 m

Puntoni: Tubolare Ø139.7, spessore 6 mm, passo 2 m.

Quota terreno lato esterno: 0 m

Quota terreno lato interno: -5.2 m (v. capitolo 6.1.2.1)

Sovraccarico: 10kPa variabile

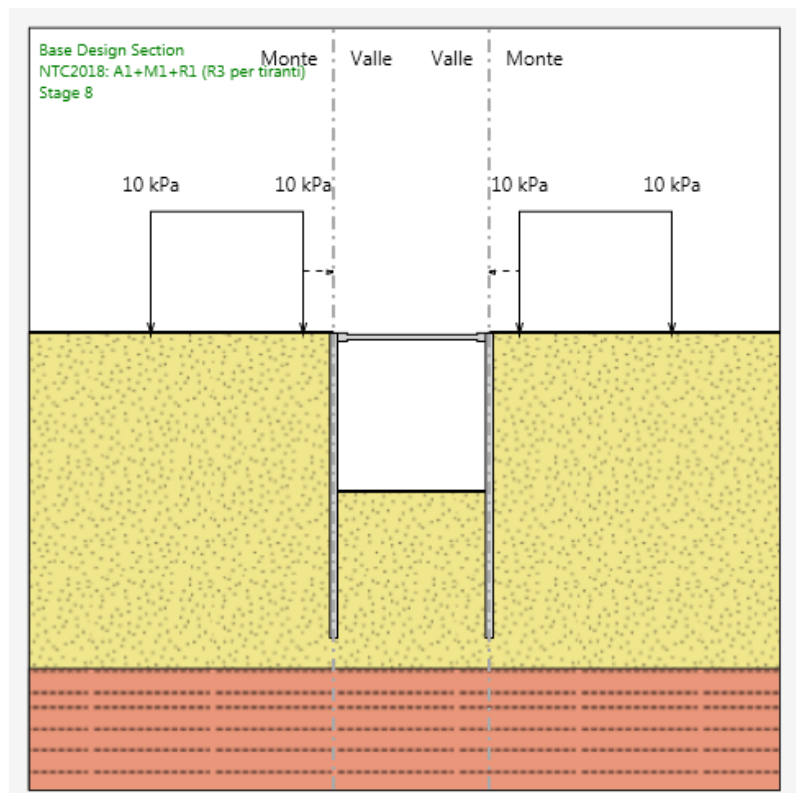


Figura 14 –Stage 6: sovrascavo

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	34 di 94

9. CRITERI DI VERIFICA

Coerentemente con quanto descritto nel capitolo 7, 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, compresa la sede ferroviaria.

Le verifiche di resistenza delle sezioni sono eseguite secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite. I coefficienti di sicurezza adottati sono i seguenti:

- coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo: 1.50;
- coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio in barre: 1.15;

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.

9.1 Verifiche geotecniche

9.1.1 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.

9.1.2 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

	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE					
	RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	35 di 94

pari ed accettabile 1/200 dell'altezza di scavo, per quanto riguarda il limite di spostamento agli SLE.

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

9.2 Verifiche strutturali

9.2.1 Verifica dei tubi di armatura dei micropali

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

9.2.2 Verifica del puntone

La verifica dei puntoni viene eseguita secondo il criterio valido per sezioni compatte di classe 1 o 2 con il metodo plastico descritto nelle NTC.

9.2.3 Verifica della trave di ripartizione

La trave di ripartizione viene verificata a flessione ed al taglio assumendo come schema statico una trave semplicemente appoggiata caricata con la reazione distribuita data dal puntone.

10. RISULTATI

Nel presente capitolo si riassumono i risultati del calcolo effettuato sull'opera descritta nel capitolo 8.

INVILUPPO MOMENTO FLETTENTE

Nella figura che segue si illustra il momento flettente massimo calcolato per le combinazioni agli Stati Limite Ultimo A1+M1+R1.

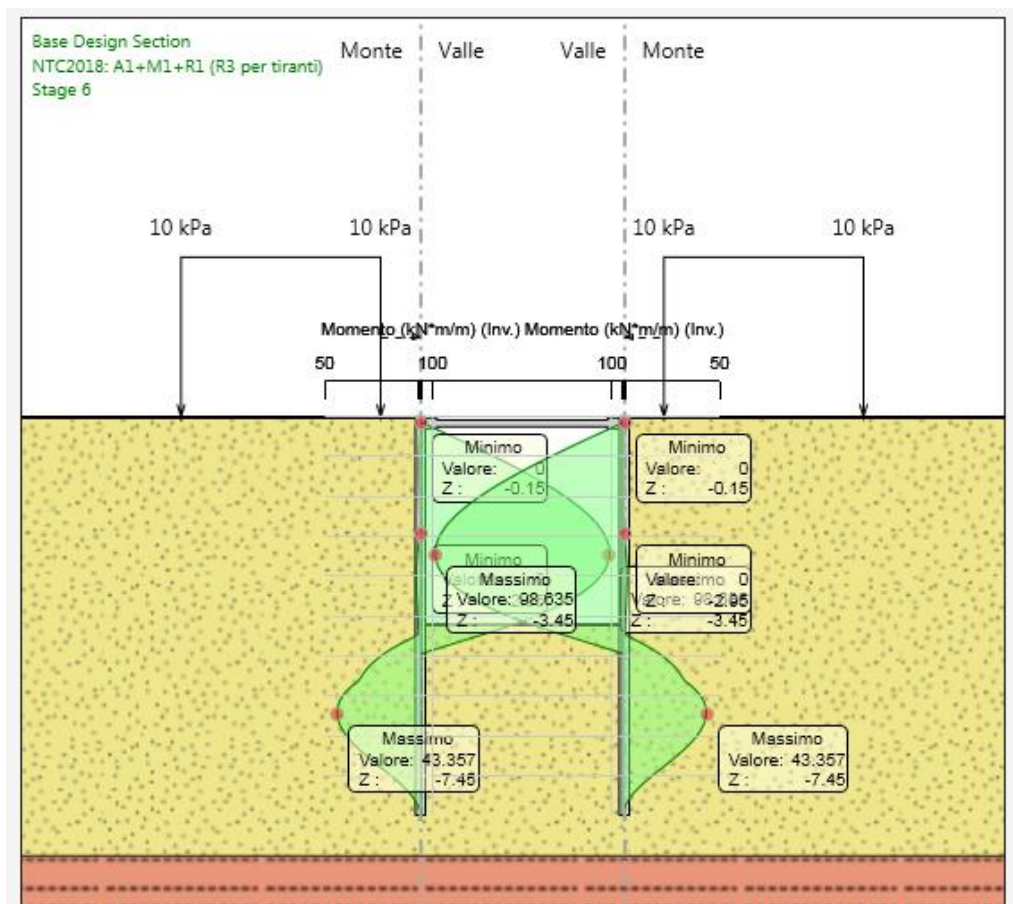


Figura 15 –Momento flettente massimo SLU ($M_{max}=99 \text{ kNm/m}$)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	37 di 94

INVILUPPO AZIONE DI TAGLIO

Nella figura che segue si illustra l'azione di taglio massima calcolata per le combinazioni agli Stati Limite Ultimo A1+M1+R1.

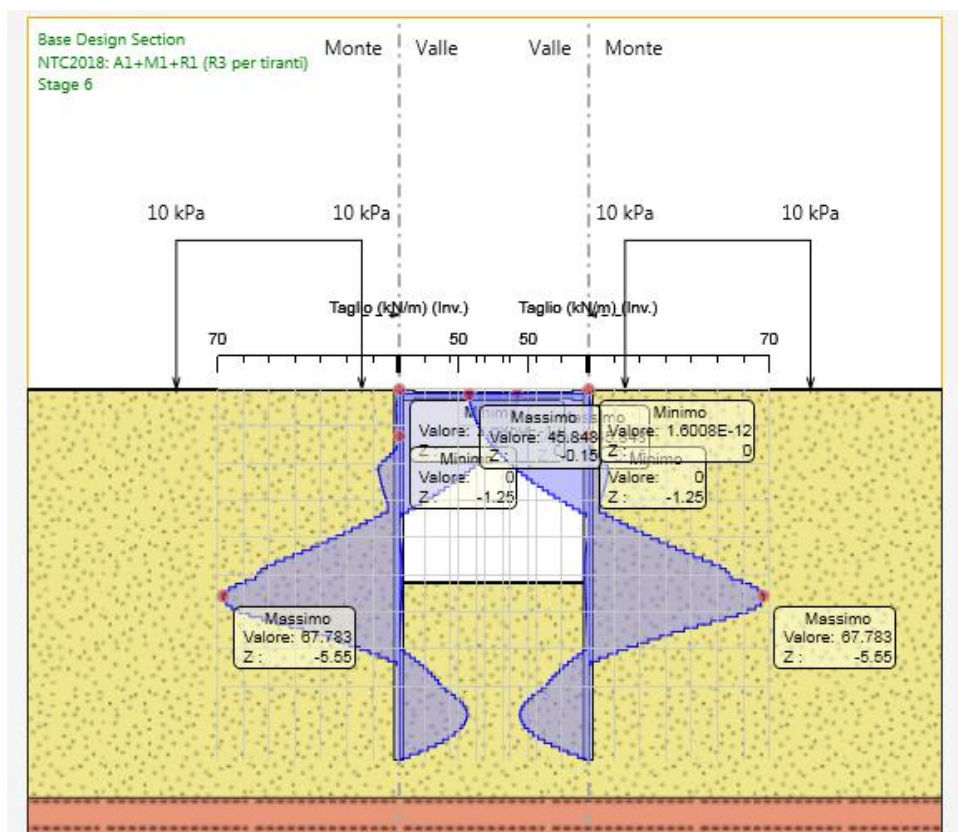


Figura 16 – Azione di taglio massima SLU ($T_{max}=68 \text{ kN/m}$)

SPOSTAMENTO MASSIMO PARATIA

Nella figura che segue si illustra lo spostamento massimo calcolato allo Stato Limite di Esercizio, pari a 22 mm e inferiore al limite $H_{scavo}/200$, pari a 26 mm nel caso in esame.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	38 di 94

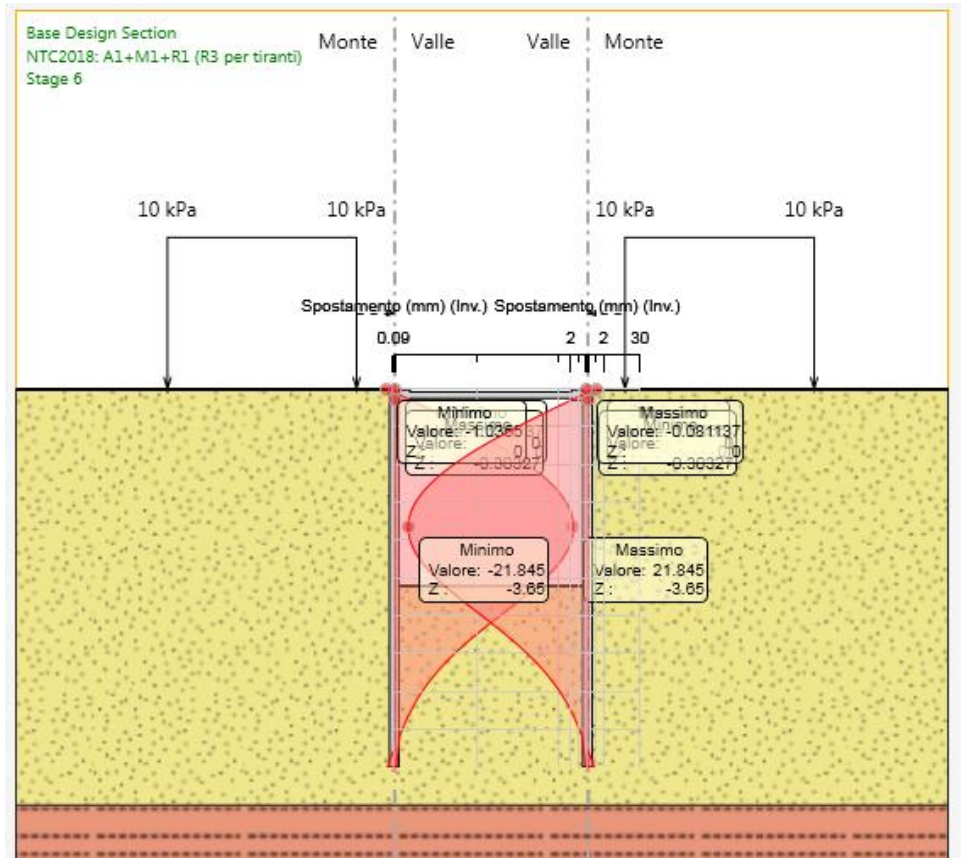


Figura 17 – Spostamento massimo SLE (22 mm)

SPINTA PASSIVA MOBILITATA

La spinta passiva massima mobilitata nella combinazione A2+M2+R2 risulta inferiore all'unità, raggiungendo un valore massimo pari al 50%

	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE					
	RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	39 di 94

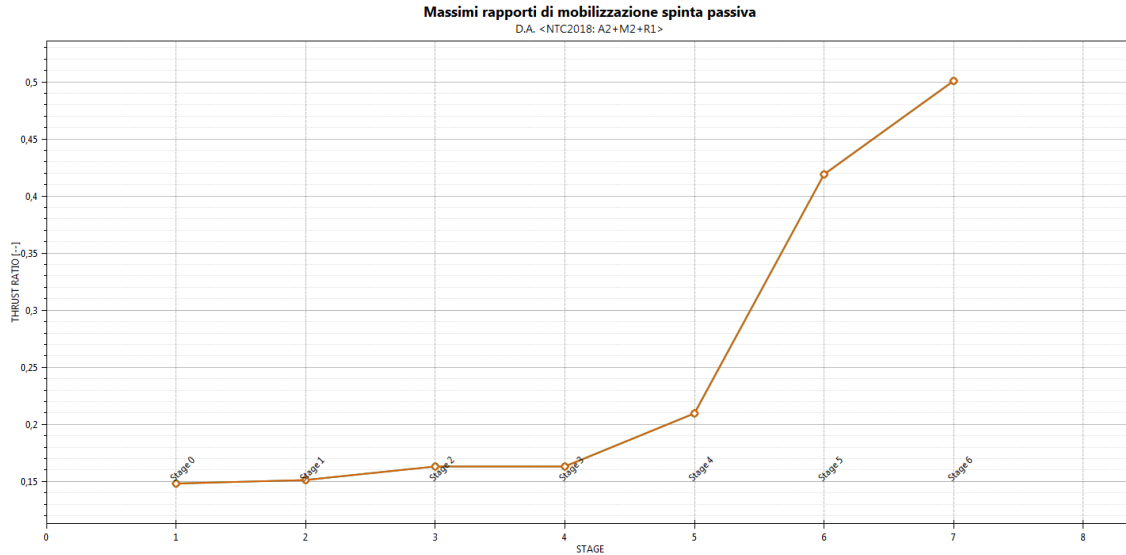


Figura 18 - Involuppo spinta reale efficace / Spinta passiva (Approccio 1 Combinazione 2)

INVILUPPO AZIONI SUL PUNTONE

Nella figura che segue si illustra la reazione di compressione massima agente sul vincolo elastico (puntone) calcolata per le combinazioni agli Stati Limite Ultimo A1+M1+R1.

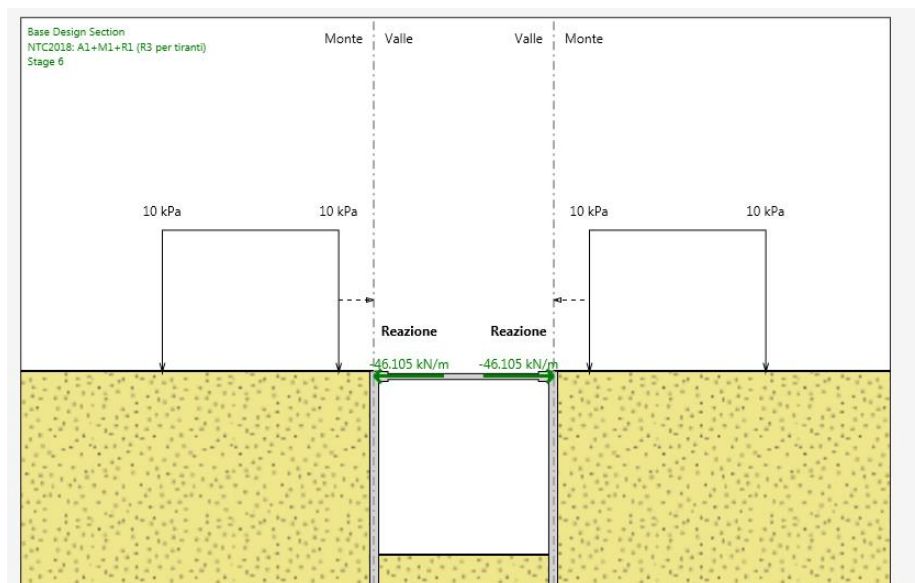


Figura 19 – Reazione massima sul puntello SLU ($T_{max}=46.1 \text{ kN/m}$)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	40 di 94

11. VERIFICHE

11.1 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 17 sono in grado di garantire i requisiti prestazionali dell'opera e, quindi, soddisfare le verifiche agli SLE.

11.2 Verifiche strutturali

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

11.2.1 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 in combinazione SLU A1+M1+R1.a momento flettente e taglio che soddisfano la verifica, presentando un valore inferiore all'unità:

- Sfruttamento momento SLU: 0,55;
- Sfruttamento taglio SLU: 0,05.

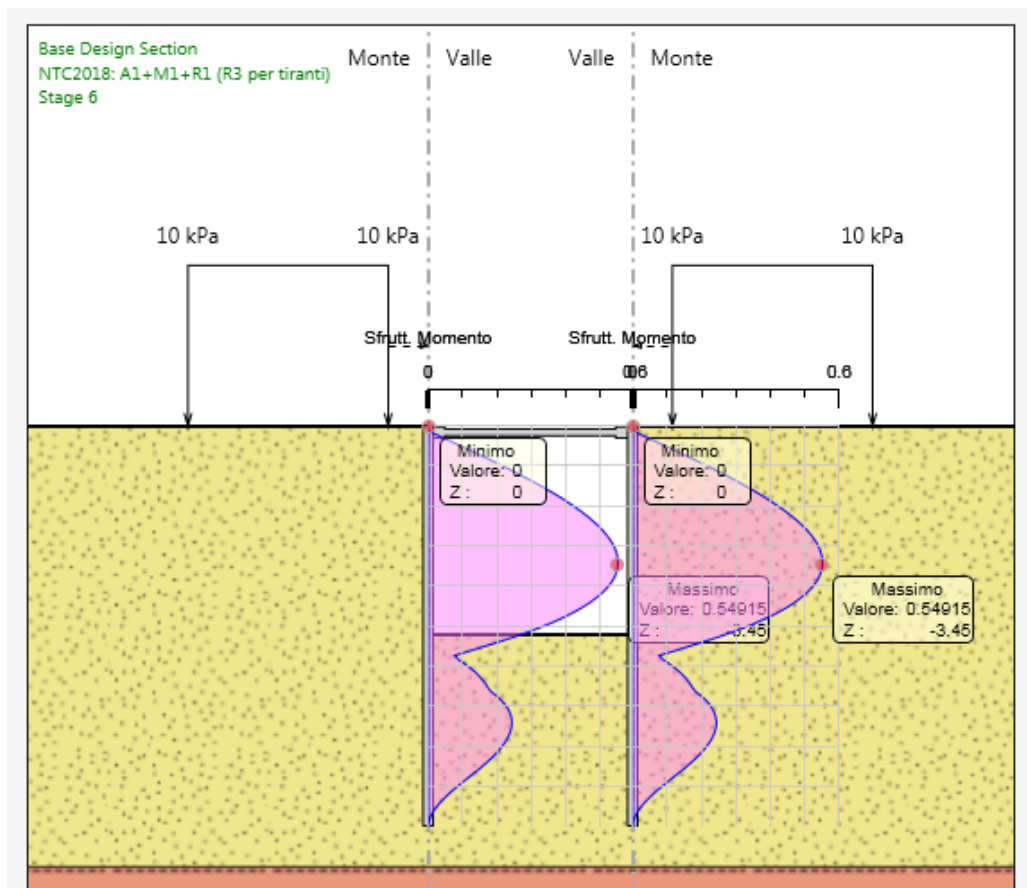


Figura 20 –Inviluppo del massimo grado di sfruttamento del tubolare a flessione (SLU)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	42 di 94

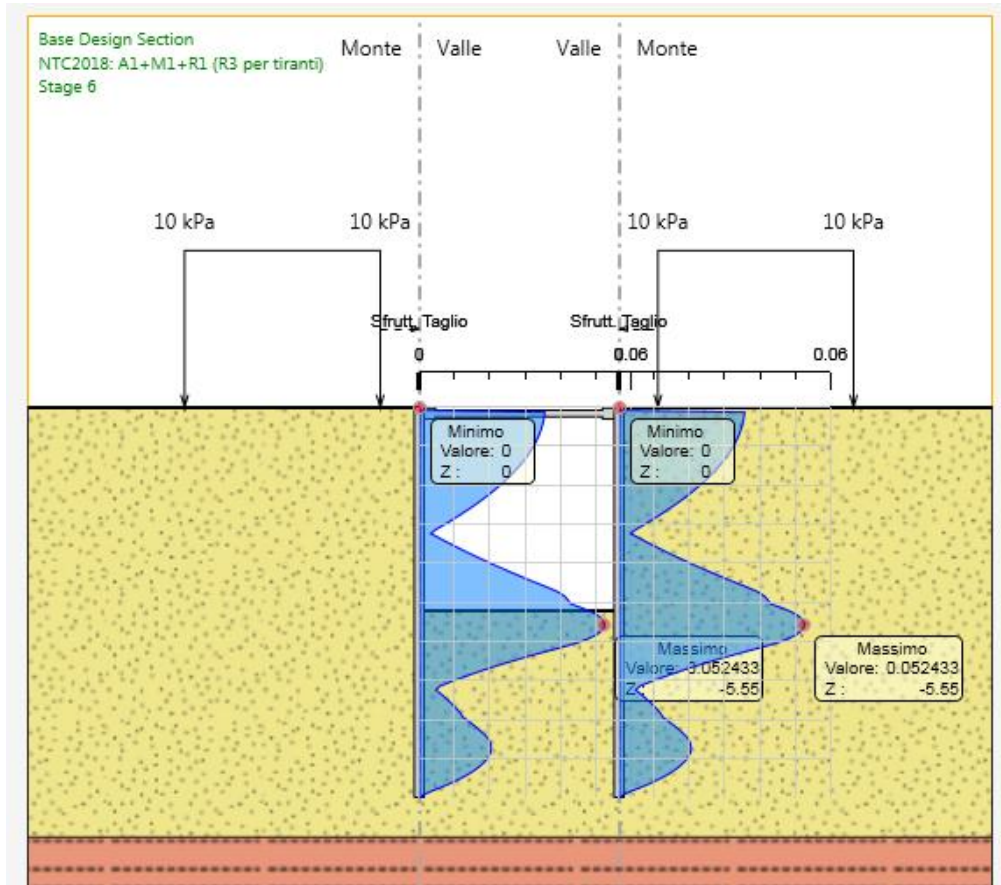


Figura 21 –Inviluppo del massimo grado di sfruttamento del tubolare a taglio (SLU)

11.2.1.1 Puntone

La verifica di stabilità del puntone viene condotta in via automatica dal software e, come di seguito riportato, l'assunzione del tubolare 139.7 x 6 mm risulta una scelta cautelativa.

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

Puntone	Sezione	Materiale	Passo orizz. (m)	Lunghezza (m)	D.A.	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Azione Assiale (kN)	Sfruttamento Momento	Sfruttamento Taglio	Instabilità
Strut	CHS139.7*6	S275	2	5.1	NTC2018: A1+M1+R1	Stage 3	3.7969E-15	7.5939E-15	0	0.003	0
Strut	CHS139.7*6	S275	2	5.1	NTC2018: A1+M1+R1	Stage 4	-9.1035	-18.207	0.028	0.003	0.055
Strut	CHS139.7*6	S275	2	5.1	NTC2018: A1+M1+R1	Stage 5	-38.567	-77.134	0.117	0.003	0.232
Strut	CHS139.7*6	S275	2	5.1	NTC2018: A1+M1+R1	Stage 6	-46.105	-92.21	0.14	0.003	0.277

Tabella 5– Verifica puntone – combinazione SLU A1+M1+R3

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	43 di 94

La massima azione assiale è di 46.1 kN/m; considerando un interasse di 2 m si ha una sollecitazione di 92 kN su ogni puntone.

Con riferimento alla verifica di stabilità delle aste compresse in acciaio, nella tabella è riportato il tasso di sfruttamento rispetto allo sforzo normale critico, pari ad un valore massimo di 0.277.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	44 di 94

11.2.1.2 Trave di coronamento

Il calcolo delle azioni agenti sul cordolo in calcestruzzo è stato effettuato in considerazione dei risultati illustrati in Figura 19 (in corrispondenza del vincolo $q=T=46.1 \text{ kN/m}$ in combinazione A1+M1+R1) e nell'ipotesi di trave semplicemente appoggiata (luce=interasse=2 m), le azioni risultanti sono:

$$M_{\max} = q l^2 / 8 = 23 \text{ kNm}$$

$$T_{\max} = q l / 2 = 46 \text{ kN/m.}$$

La verifica a flessione e taglio della sezione viene condotta per mezzo del software RC-SEC.

Le verifiche sono soddisfatte adottando l'armatura minima prescritta dalle NTC 2018.

Armatura longitudinale: n.4 + 4 Ø10

Staffe: n.2 bracci, Ø10/20 cm

L'incidenza del cordolo in c.a. è di 60 kg/m^3 .

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: cordolo 50x50

Descrizione Sezione:	Stati Limite Ultimi
Metodo di calcolo resistenza:	N.T.C.
Normativa di riferimento:	Sezione predefinita di Trave
Tipologia sezione:	Rettangolare
Forma della sezione:	A Sforzo Norm. costante
Percorso sollecitazione:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento Sforzi assegnati:	Zona non sismica
Riferimento alla sismicità:	

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	14.16	MPa
	Resistenza compress. ridotta fcd':	7.080	MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00	MPa

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
	IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN1500 002	REV. A FOGLIO 45 di 94

Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef:	200000.0	MPa
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	50.0	cm
Altezza:	50.0	cm
Barre inferiori:	4Ø10	(3.1 cm²)
Barre superiori:	4Ø10	(3.1 cm²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.5	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	7.5	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	7.5	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
VY	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale			
MT	Momento torcente [kN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	23.00	46.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	10.7	cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.0	cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata									
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)									
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico									
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)									
Mx rd	Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico									
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd,Mx rd) e (N,Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000									
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.									
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45									
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]									
N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	
1	S	0.00	23.00	0.01	57.07	2.482	45.7	0.10	0.70	6.3 (3.1)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE					
	RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN1500 002	REV. A	FOGLIO 46 di 94

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	50.0	-0.00261	42.5	-0.03110	7.5

ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe:	10	mm	
Passo staffe:	20.0	cm	[Passo massimo di normativa = 20.9 cm]
N.Bracci staffe:	2		
Area staffe/m :	7.9	cm²/m	[Area Staffe Minima NTC = 7.5 cm²/m]

VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [kN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vrd	Taglio resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio trazione resistente [kN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]
bw d	Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro Altezza utile sezione
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm²/m]

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	AST
1	S	46.00	83.75	677.04	117.55	50.0 42.5	1.000	1.000	3.1

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	47 di 94

ALLEGATI

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	49 di 94

Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Muro di sinistra

Sezione : Micropali

Area equivalente : 0.0231858940771338 m

Inerzia equivalente : 0.0001 m⁴/m

Materiale calcestruzzo : C20/25

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 0.3 m

Diametro : 0.25 m

Efficacia : 0.5

Materiale acciaio : S275

Sezione : CHS168.3*8

Tipo sezione : O

Spaziatura : 0.3 m

Spessore : 0.008 m

Diametro : 0.1683 m

X : 5.1 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Muro di destra

Sezione : Micropali

Area equivalente : 0.0231858940771338 m

Inerzia equivalente : 0.0001 m⁴/m

Materiale calcestruzzo : C20/25

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 0.3 m

Diametro : 0.25 m

Efficacia : 0.5

Materiale acciaio : S275

Sezione : CHS168.3*8

Tipo sezione : O

Spaziatura : 0.3 m

Spessore : 0.008 m

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	50 di 94

Diametro : 0.1683 m

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	51 di 94

Fasi di Calcolo

Stage 0

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo centrale (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

Falda centrale-sinistra : -20 m

Falda centrale-destra : -20 m

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	52 di 94

Stage 1

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo centrale (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

Falda centrale-sinistra : -20 m

Falda centrale-destra : -20 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -6 m

X finale : -1 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 6.1 m

X finale : 11.1 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN1500 002	REV. A	FOGLIO 53 di 94

Sezione : Micropali

Paratia : WallElement_New

X : 5.1 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : Micropali

	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE					
	RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	54 di 94

Stage 2

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -0.5 m

Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -0.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo centrale (Orizzontale)

-0.5 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

Falda centrale : -20 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -6 m

X finale : -1 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 6.1 m

X finale : 11.1 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : Micropali

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN1500 002	REV. A	FOGLIO 55 di 94

Paratia : WallElement_New
X : 5.1 m
Quota in alto : 0 m
Quota di fondo : -10 m
Sezione : Micropali

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN1500 002	REV. A	FOGLIO 56 di 94

Stage 3

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -0.5 m

Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -0.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo centrale (Orizzontale)

-0.5 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

Falda centrale : -20 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -6 m

X finale : -1 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 6.1 m

X finale : 11.1 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : Micropali

Paratia : WallElement_New

X : 5.1 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : Micropali

Puntone : Strut

X del primo muro : 0 m

X del secondo muro : 5.1 m

Z : -0.15 m

Lunghezza : 5.1 m

Angolo : 0 °

Sezione : Puntone

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	58 di 94

Stage 4

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -2 m

Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -2 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo centrale (Orizzontale)

-2 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

Falda centrale-sinistra : -20 m

Falda centrale-destra : -20 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -6 m

X finale : -1 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 6.1 m

X finale : 11.1 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : Micropali

Paratia : WallElement_New

X : 5.1 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : Micropali

Puntone : Strut

X del primo muro : 0 m

X del secondo muro : 5.1 m

Z : -0.15 m

Lunghezza : 5.1 m

Angolo : 0 °

Sezione : Puntone

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	60 di 94

Stage 5

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -4.7 m

Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -4.7 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo centrale (Orizzontale)

-4.7 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

Falda centrale-sinistra : -20 m

Falda centrale-destra : -20 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -6 m

X finale : -1 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 6.1 m

X finale : 11.1 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : Micropali

Paratia : WallElement_New

X : 5.1 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : Micropali

Puntone : Strut

X del primo muro : 0 m

X del secondo muro : 5.1 m

Z : -0.15 m

Lunghezza : 5.1 m

Angolo : 0 °

Sezione : Puntone

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	62 di 94

Stage 6

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -5.2 m

Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -5.2 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo centrale (Orizzontale)

-5.2 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

Falda centrale-sinistra : -20 m

Falda centrale-destra : -20 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -6 m

X finale : -1 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 6.1 m

X finale : 11.1 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : Micropali

Paratia : WallElement_New

X : 5.1 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -10 m

Sezione : Micropali

Puntone : Strut

X del primo muro : 0 m

X del secondo muro : 5.1 m

Z : -0.15 m

Lunghezza : 5.1 m

Angolo : 0 °

Sezione : Puntone

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE					
	RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN1500 002	REV. A	FOGLIO 64 di 94

Descrizione Coefficienti Design Assumption

Nome	Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load_unfavour)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_favour)	Carichi Variabili Sfavorevoli (F_live_load_unfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_favour)	Carico Sismico (F_seis)	Pressi Lato Monte (F_Wa terDR)	Pressio Lato Valle (F_Wat erRes)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_UPL_GDStab)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_UPL_GDStab)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_UPL_QDStab)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_HYD_GDStab)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_HYD_QDStab)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_HYD_QDStab)
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
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(ϕ') (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
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	γ_{Re}	γ_{ap}	γ_{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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	65 di 94

Design Assumption	Stage 0	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4	Stage 5	Stage 6
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)							V
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V	V	V	V	
NTC2018: A2+M2+R1							

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN1500 002	REV. A	FOGLIO 66 di 94

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	-1.036	0
-0.1	-0.076	0
-0.108	0	0
-0.15	0	0.404
-0.25	0	1.363
-0.35	0	2.32
-0.45	0	3.274
-0.55	0	4.221
-0.65	0	5.161
-0.75	0	6.092
-0.85	0	7.011
-0.95	0	7.916
-1.05	0	8.807
-1.15	0	9.68
-1.25	0	10.536
-1.35	0	11.37
-1.45	0	12.183
-1.55	0	12.972
-1.65	0	13.736
-1.75	0	14.472
-1.85	0	15.181
-1.95	0	15.86
-2.05	0	16.508
-2.15	0	17.124
-2.25	0	17.706
-2.35	0	18.254
-2.45	0	18.766
-2.55	0	19.241
-2.65	0	19.678
-2.75	0	20.077
-2.85	0	20.437
-2.95	0	20.757
-3.05	0	21.036
-3.15	0	21.275
-3.25	0	21.472
-3.35	0	21.628
-3.45	0	21.742
-3.55	0	21.814
-3.65	0	21.845
-3.75	0	21.835
-3.85	0	21.783
-3.95	0	21.691
-4.05	0	21.559
-4.15	0	21.388
-4.25	0	21.178
-4.35	0	20.93
-4.45	0	20.647
-4.55	0	20.328
-4.65	0	19.975
-4.75	0	19.59
-4.85	0	19.174
-4.95	0	18.73

Selected Design Assumptions Inviluppi: Spostamento Muro: LEFT

Z (m)	Lato sinistro (mm)	Lato destro (mm)
-5.05	0	18.26
-5.15	0	17.765
-5.25	0	17.247
-5.35	0	16.711
-5.45	0	16.157
-5.55	0	15.589
-5.65	0	15.01
-5.75	0	14.422
-5.85	0	13.828
-5.95	0	13.232
-6.05	0	12.636
-6.15	0	12.042
-6.25	0	11.453
-6.35	0	10.872
-6.45	0	10.299
-6.55	0	9.737
-6.65	0	9.188
-6.75	0	8.653
-6.85	0	8.132
-6.95	0	7.628
-7.05	0	7.14
-7.15	0	6.67
-7.25	0	6.217
-7.35	0	5.783
-7.45	0	5.367
-7.55	0	4.969
-7.65	0	4.59
-7.75	0	4.228
-7.85	0	3.885
-7.95	0	3.558
-8.05	0	3.248
-8.15	0	2.954
-8.25	0	2.676
-8.35	0	2.411
-8.45	0	2.16
-8.55	0	1.922
-8.65	0	1.695
-8.75	0	1.478
-8.85	0	1.271
-8.95	0	1.071
-9.05	0	0.879
-9.15	0	0.693
-9.25	0	0.512
-9.35	0	0.334
-9.45	0	0.16
-9.543	0	0
-9.55	-0.012	0
-9.65	-0.182	0
-9.75	-0.351	0
-9.85	-0.52	0
-9.95	-0.689	0
-10	-0.773	0

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
	IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN1500 002	REV. A FOGLIO 68 di 94

Tabella Inviluppi Spostamento Right wall

Selected Design Assumptions Inviluppi: Spostamento Muro: RIGHT		
Z (m)	Lato sinistro (mm)	Lato destro (mm)
0	0	1.036
-0.1	0	0.076
-0.108	0	0
-0.15	-0.404	0
-0.25	-1.363	0
-0.35	-2.32	0
-0.45	-3.274	0
-0.55	-4.221	0
-0.65	-5.161	0
-0.75	-6.092	0
-0.85	-7.011	0
-0.95	-7.916	0
-1.05	-8.807	0
-1.15	-9.68	0
-1.25	-10.536	0
-1.35	-11.37	0
-1.45	-12.183	0
-1.55	-12.972	0
-1.65	-13.736	0
-1.75	-14.472	0
-1.85	-15.181	0
-1.95	-15.86	0
-2.05	-16.508	0
-2.15	-17.124	0
-2.25	-17.706	0
-2.35	-18.254	0
-2.45	-18.766	0
-2.55	-19.241	0
-2.65	-19.678	0
-2.75	-20.077	0
-2.85	-20.437	0
-2.95	-20.757	0
-3.05	-21.036	0
-3.15	-21.275	0
-3.25	-21.472	0
-3.35	-21.628	0
-3.45	-21.742	0
-3.55	-21.814	0
-3.65	-21.845	0
-3.75	-21.835	0
-3.85	-21.783	0
-3.95	-21.691	0
-4.05	-21.559	0
-4.15	-21.388	0
-4.25	-21.178	0
-4.35	-20.93	0
-4.45	-20.647	0
-4.55	-20.328	0
-4.65	-19.975	0
-4.75	-19.59	0
-4.85	-19.174	0
-4.95	-18.73	0
-5.05	-18.26	0
-5.15	-17.765	0
-5.25	-17.247	0
-5.35	-16.711	0

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN1500 002	REV. A	FOGLIO 69 di 94

Selected Design Assumptions Inviluppi: Spostamento Muro: RIGHT

Z (m)	Lato sinistro (mm)	Lato destro (mm)
-5.45	-16.157	0
-5.55	-15.589	0
-5.65	-15.01	0
-5.75	-14.422	0
-5.85	-13.828	0
-5.95	-13.232	0
-6.05	-12.636	0
-6.15	-12.042	0
-6.25	-11.453	0
-6.35	-10.872	0
-6.45	-10.299	0
-6.55	-9.737	0
-6.65	-9.188	0
-6.75	-8.653	0
-6.85	-8.132	0
-6.95	-7.628	0
-7.05	-7.14	0
-7.15	-6.67	0
-7.25	-6.217	0
-7.35	-5.783	0
-7.45	-5.367	0
-7.55	-4.969	0
-7.65	-4.59	0
-7.75	-4.228	0
-7.85	-3.885	0
-7.95	-3.558	0
-8.05	-3.248	0
-8.15	-2.954	0
-8.25	-2.676	0
-8.35	-2.411	0
-8.45	-2.16	0
-8.55	-1.922	0
-8.65	-1.695	0
-8.75	-1.478	0
-8.85	-1.271	0
-8.95	-1.071	0
-9.05	-0.879	0
-9.15	-0.693	0
-9.25	-0.512	0
-9.35	-0.334	0
-9.45	-0.16	0
-9.543	0	0
-9.55	0	0.012
-9.65	0	0.182
-9.75	0	0.351
-9.85	0	0.52
-9.95	0	0.689
-10	0	0.773

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE					
	RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	70 di 94

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
-0.1	0	0
-0.15	0.006	0
-0.25	0.016	3.829
-0.35	0.048	7.647
-0.45	0.105	11.439
-0.55	0.195	15.198
-0.65	0.284	18.916
-0.75	0.362	22.585
-0.85	0.428	26.198
-0.95	0.476	29.746
-1.05	0.507	33.222
-1.15	0.521	36.618
-1.25	0.522	39.925
-1.35	0.511	43.136
-1.45	0.49	46.243
-1.55	0.46	49.237
-1.65	0.425	52.11
-1.75	0.386	54.853
-1.85	0.345	57.459
-1.95	0.303	59.918
-2.05	0.261	62.223
-2.15	0.22	64.367
-2.25	0.181	66.34
-2.35	0.144	68.135
-2.45	0.11	69.745
-2.55	0.079	71.16
-2.65	0.05	72.375
-2.75	0.025	73.38
-2.85	0.003	74.168
-2.95	0	74.732
-3.05	0.072	75.064
-3.15	0.491	75.156
-3.25	0.857	75
-3.35	1.171	74.59
-3.45	1.43	73.918
-3.55	1.631	72.975
-3.65	1.781	71.857
-3.75	1.886	71.299
-3.85	1.951	70.525
-3.95	1.982	69.531
-4.05	1.982	68.312
-4.15	1.956	66.861
-4.25	1.91	65.172
-4.35	1.846	63.242
-4.45	1.767	61.063
-4.55	1.677	58.632
-4.65	1.579	55.941
-4.75	1.475	52.986
-4.85	1.368	49.761
-4.95	1.258	46.262
-5.05	1.148	42.481
-5.15	1.039	38.414
-5.25	0.933	34.056
-5.35	0.831	29.438
-5.45	0.732	24.63

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	71 di 94

Selected Design Assumptions	Involuppi: Momento	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-5.55	3.825	19.698
-5.65	8.119	14.714
-5.75	12.025	9.744
-5.85	15.556	4.859
-5.95	18.727	0.127
-6.05	21.55	0.086
-6.15	24.041	0.081
-6.25	26.21	0.076
-6.35	28.072	0.07
-6.45	29.638	0.063
-6.55	30.92	0.056
-6.65	31.929	0.049
-6.75	32.675	0.043
-6.85	33.169	0.037
-6.95	33.42	0.03
-7.05	33.438	0.038
-7.15	33.239	0.046
-7.25	32.836	0.053
-7.35	32.244	0.057
-7.45	31.903	0.059
-7.55	31.72	0.06
-7.65	31.318	0.06
-7.75	30.707	0.059
-7.85	29.896	0.057
-7.95	28.901	0.054
-8.05	27.738	0.05
-8.15	26.419	0.047
-8.25	24.959	0.043
-8.35	23.37	0.038
-8.45	21.664	0.034
-8.55	19.854	0.03
-8.65	17.975	0.026
-8.75	16.058	0.022
-8.85	14.132	0.019
-8.95	12.227	0.016
-9.05	10.371	0.013
-9.15	8.589	0.01
-9.25	6.909	0.008
-9.35	5.355	0.006
-9.45	3.952	0.004
-9.55	2.723	0.002
-9.65	1.694	0.001
-9.75	0.888	0.001
-9.85	0.328	0
-9.95	0.037	0
-10	0	0

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	72 di 94

Tabella Involuppi Momento WallElement_New

Selected Design Assumptions	Involuppi: Momento	Muro: WallElement_New
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	0	0
-0.1	0	0
-0.15	0	0.006
-0.25	3.829	0.016
-0.35	7.647	0.048
-0.45	11.439	0.105
-0.55	15.198	0.195
-0.65	18.916	0.284
-0.75	22.585	0.362
-0.85	26.198	0.428
-0.95	29.746	0.476
-1.05	33.222	0.507
-1.15	36.618	0.521
-1.25	39.925	0.522
-1.35	43.136	0.511
-1.45	46.243	0.49
-1.55	49.237	0.46
-1.65	52.11	0.425
-1.75	54.853	0.386
-1.85	57.459	0.345
-1.95	59.918	0.303
-2.05	62.223	0.261
-2.15	64.367	0.22
-2.25	66.34	0.181
-2.35	68.135	0.144
-2.45	69.745	0.11
-2.55	71.16	0.079
-2.65	72.375	0.05
-2.75	73.38	0.025
-2.85	74.168	0.003
-2.95	74.732	0
-3.05	75.064	0.072
-3.15	75.156	0.491
-3.25	75	0.857
-3.35	74.59	1.171
-3.45	73.918	1.43
-3.55	72.975	1.631
-3.65	71.857	1.781
-3.75	71.299	1.886
-3.85	70.525	1.951
-3.95	69.531	1.982
-4.05	68.312	1.982
-4.15	66.861	1.956
-4.25	65.172	1.91
-4.35	63.242	1.846
-4.45	61.063	1.767
-4.55	58.632	1.677
-4.65	55.941	1.579
-4.75	52.986	1.475
-4.85	49.761	1.368
-4.95	46.262	1.258
-5.05	42.481	1.148
-5.15	38.414	1.039
-5.25	34.056	0.933
-5.35	29.438	0.831
-5.45	24.63	0.732

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	73 di 94

Selected Design Assumptions	Involuppi: Momento	Muro: WallElement_New
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-5.55	19.698	3.825
-5.65	14.714	8.119
-5.75	9.744	12.025
-5.85	4.859	15.556
-5.95	0.127	18.727
-6.05	0.086	21.55
-6.15	0.081	24.041
-6.25	0.076	26.21
-6.35	0.07	28.072
-6.45	0.063	29.638
-6.55	0.056	30.92
-6.65	0.049	31.929
-6.75	0.043	32.675
-6.85	0.037	33.169
-6.95	0.03	33.42
-7.05	0.038	33.438
-7.15	0.046	33.239
-7.25	0.053	32.836
-7.35	0.057	32.244
-7.45	0.059	31.903
-7.55	0.06	31.72
-7.65	0.06	31.318
-7.75	0.059	30.707
-7.85	0.057	29.896
-7.95	0.054	28.901
-8.05	0.05	27.738
-8.15	0.047	26.419
-8.25	0.043	24.959
-8.35	0.038	23.37
-8.45	0.034	21.664
-8.55	0.03	19.854
-8.65	0.026	17.975
-8.75	0.022	16.058
-8.85	0.019	14.132
-8.95	0.016	12.227
-9.05	0.013	10.371
-9.15	0.01	8.589
-9.25	0.008	6.909
-9.35	0.006	5.355
-9.45	0.004	3.952
-9.55	0.002	2.723
-9.65	0.001	1.694
-9.75	0.001	0.888
-9.85	0	0.328
-9.95	0	0.037
-10	0	0

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	74 di 94

Tabella Involuppi Taglio WallElement

Selected Design Assumptions	Involuppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	0	0
-0.1	0.129	0
-0.15	0.135	38.357
-0.25	0.317	38.357
-0.35	0.572	38.176
-0.45	0.904	37.92
-0.55	0.904	37.589
-0.65	0.881	37.18
-0.75	0.788	36.694
-0.85	0.653	36.129
-0.95	0.484	35.484
-1.05	0.306	34.76
-1.15	0.147	33.956
-1.25	0.009	33.072
-1.35	0	32.109
-1.45	0	31.067
-1.55	0.66	29.94
-1.65	1.956	28.729
-1.75	3.334	27.433
-1.85	4.794	26.055
-1.95	6.335	24.595
-2.05	7.455	23.054
-2.15	7.653	21.433
-2.25	7.653	19.962
-2.35	7.45	18.656
-2.45	7.175	17.292
-2.55	6.846	15.87
-2.65	6.473	14.392
-2.75	6.065	12.856
-2.85	5.629	11.264
-2.95	5.169	9.616
-3.05	4.687	7.911
-3.15	4.187	6.15
-3.25	4.102	4.334
-3.35	6.726	2.461
-3.45	9.426	0.533
-3.55	12.201	0.058
-3.65	15.05	0.043
-3.75	17.975	0.031
-3.85	20.974	0.02
-3.95	24.048	0.012
-4.05	27.196	0.253
-4.15	30.418	0.467
-4.25	33.715	0.643
-4.35	37.086	0.785
-4.45	40.531	0.897
-4.55	44.05	0.981
-4.65	47.642	1.04
-4.75	50.808	1.078
-4.85	53.045	1.096
-4.95	54.354	1.098
-5.05	54.734	1.098
-5.15	54.734	1.086
-5.25	54.186	1.062
-5.35	52.71	1.028
-5.45	50.305	0.984

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	75 di 94

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-5.55	49.846	0.934
-5.65	49.846	0.878
-5.75	49.693	0.816
-5.85	48.851	0.751
-5.95	47.321	0.683
-6.05	45.103	0.612
-6.15	42.195	0.543
-6.25	38.597	0.477
-6.35	34.577	0.416
-6.45	30.721	0.36
-6.55	27.028	0.308
-6.65	23.494	0.261
-6.75	20.117	0.218
-6.85	16.892	0.18
-6.95	13.816	0.145
-7.05	10.883	1.992
-7.15	8.089	4.025
-7.25	5.426	5.926
-7.35	2.89	7.706
-7.45	0.475	9.375
-7.55	0.037	10.944
-7.65	0.032	12.421
-7.75	0.027	13.816
-7.85	0.029	15.018
-7.95	0.034	15.949
-8.05	0.037	16.63
-8.15	0.04	17.082
-8.25	0.041	17.321
-8.35	0.041	17.366
-8.45	0.041	18.094
-8.55	0.041	18.793
-8.65	0.04	19.175
-8.75	0.038	19.256
-8.85	0.036	19.256
-8.95	0.033	19.049
-9.05	0.03	18.565
-9.15	0.027	17.813
-9.25	0.024	16.803
-9.35	0.02	15.541
-9.45	0.017	14.032
-9.55	0.014	12.282
-9.65	0.01	10.292
-9.75	0.007	8.065
-9.85	0.005	5.602
-9.95	0.002	2.904
-10	0	0.743

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	76 di 94

Tabella Inviluppi Taglio WallElement_New

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Taglio	Muro: WallElement_New
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	0	0
-0.1	0	0.129
-0.15	38.357	0.135
-0.25	38.357	0.317
-0.35	38.176	0.572
-0.45	37.92	0.904
-0.55	37.589	0.904
-0.65	37.18	0.881
-0.75	36.694	0.788
-0.85	36.129	0.653
-0.95	35.484	0.484
-1.05	34.76	0.306
-1.15	33.956	0.147
-1.25	33.072	0.009
-1.35	32.109	0
-1.45	31.067	0
-1.55	29.94	0.66
-1.65	28.729	1.956
-1.75	27.433	3.334
-1.85	26.055	4.794
-1.95	24.595	6.335
-2.05	23.054	7.455
-2.15	21.433	7.653
-2.25	19.962	7.653
-2.35	18.656	7.45
-2.45	17.292	7.175
-2.55	15.87	6.846
-2.65	14.392	6.473
-2.75	12.856	6.065
-2.85	11.264	5.629
-2.95	9.616	5.169
-3.05	7.911	4.687
-3.15	6.15	4.187
-3.25	4.334	4.102
-3.35	2.461	6.726
-3.45	0.533	9.426
-3.55	0.058	12.201
-3.65	0.043	15.05
-3.75	0.031	17.975
-3.85	0.02	20.974
-3.95	0.012	24.048
-4.05	0.253	27.196
-4.15	0.467	30.418
-4.25	0.643	33.715
-4.35	0.785	37.086
-4.45	0.897	40.531
-4.55	0.981	44.05
-4.65	1.04	47.642
-4.75	1.078	50.808
-4.85	1.096	53.045
-4.95	1.098	54.354
-5.05	1.098	54.734
-5.15	1.086	54.734
-5.25	1.062	54.186
-5.35	1.028	52.71
-5.45	0.984	50.305

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	77 di 94

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Taglio	Muro: WallElement_New
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-5.55	0.934	49.846
-5.65	0.878	49.846
-5.75	0.816	49.693
-5.85	0.751	48.851
-5.95	0.683	47.321
-6.05	0.612	45.103
-6.15	0.543	42.195
-6.25	0.477	38.597
-6.35	0.416	34.577
-6.45	0.36	30.721
-6.55	0.308	27.028
-6.65	0.261	23.494
-6.75	0.218	20.117
-6.85	0.18	16.892
-6.95	0.145	13.816
-7.05	1.992	10.883
-7.15	4.025	8.089
-7.25	5.926	5.426
-7.35	7.706	2.89
-7.45	9.375	0.475
-7.55	10.944	0.037
-7.65	12.421	0.032
-7.75	13.816	0.027
-7.85	15.018	0.029
-7.95	15.949	0.034
-8.05	16.63	0.037
-8.15	17.082	0.04
-8.25	17.321	0.041
-8.35	17.366	0.041
-8.45	18.094	0.041
-8.55	18.793	0.041
-8.65	19.175	0.04
-8.75	19.256	0.038
-8.85	19.256	0.036
-8.95	19.049	0.033
-9.05	18.565	0.03
-9.15	17.813	0.027
-9.25	16.803	0.024
-9.35	15.541	0.02
-9.45	14.032	0.017
-9.55	12.282	0.014
-9.65	10.292	0.01
-9.75	8.065	0.007
-9.85	5.602	0.005
-9.95	2.904	0.002
-10	0.743	0

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	78 di 94

Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva
				%
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Stage 0	Left Wall	LEFT	10.78
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	Stage 6	Left Wall	RIGHT	31.52
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	Stage 6	Right wall	LEFT	31.52
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Stage 0	Right wall	RIGHT	10.78

	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE					
	RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN1500 002	REV. A	FOGLIO 79 di 94

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	108.73
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Stage 0	Left Wall	RIGHT	150.15
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Stage 0	Right wall	LEFT	150.15
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	Stage 6	Right wall	RIGHT	108.73

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN1500 002	REV. A	FOGLIO 80 di 94

Inviluppo Risultati Elementi Strutturali

Elemento strutturale	Design Assumption	Stage Puntone kN/m
Strut	NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Stage 5 -38.57

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	81 di 94

Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali

Normative Verifiche

Calcestruzzo	NTC
Acciaio	NTC
Tirante	NTC

Coefficienti per Verifica Tiranti

GEO FS	1
ξ_{a3}	1.8
γ_s	1.15

	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE					
	RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	82 di 94

Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

Design Assumption	Stage 0	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4	Stage 5	Stage 6
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)							V
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V	V	V	V	
NTC2018: A2+M2+R1							

	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE					
	RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN1500 002	REV. A	FOGLIO 83 di 94

Risultati SteelWorld

Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld : LEFT

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld
0	0
-0.1	0
-0.15	0
-0.25	0.021
-0.35	0.043
-0.45	0.064
-0.55	0.085
-0.65	0.105
-0.75	0.126
-0.85	0.146
-0.95	0.166
-1.05	0.185
-1.15	0.204
-1.25	0.222
-1.35	0.24
-1.45	0.257
-1.55	0.274
-1.65	0.29
-1.75	0.305
-1.85	0.32
-1.95	0.334
-2.05	0.346
-2.15	0.358
-2.25	0.369
-2.35	0.379
-2.45	0.388
-2.55	0.396
-2.65	0.403
-2.75	0.409
-2.85	0.413
-2.95	0.416
-3.05	0.418
-3.15	0.418
-3.25	0.418
-3.35	0.415
-3.45	0.412
-3.55	0.406
-3.65	0.399
-3.75	0.391
-3.85	0.381
-3.95	0.369
-4.05	0.356
-4.15	0.341
-4.25	0.324
-4.35	0.305
-4.45	0.285
-4.55	0.262
-4.65	0.237
-4.75	0.211
-4.85	0.183
-4.95	0.153
-5.05	0.123
-5.15	0.092

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld	
-5.25	0.062	
-5.35	0.033	
-5.45	0.005	
-5.55	0.021	
-5.65	0.045	
-5.75	0.067	
-5.85	0.087	
-5.95	0.104	
-6.05	0.12	
-6.15	0.134	
-6.25	0.146	
-6.35	0.156	
-6.45	0.165	
-6.55	0.172	
-6.65	0.178	
-6.75	0.182	
-6.85	0.185	
-6.95	0.186	
-7.05	0.186	
-7.15	0.185	
-7.25	0.183	
-7.35	0.18	
-7.45	0.175	
-7.55	0.17	
-7.65	0.164	
-7.75	0.157	
-7.85	0.149	
-7.95	0.141	
-8.05	0.132	
-8.15	0.123	
-8.25	0.113	
-8.35	0.104	
-8.45	0.094	
-8.55	0.084	
-8.65	0.075	
-8.75	0.066	
-8.85	0.057	
-8.95	0.049	
-9.05	0.041	
-9.15	0.033	
-9.25	0.026	
-9.35	0.02	
-9.45	0.015	
-9.55	0.01	
-9.65	0.006	
-9.75	0.003	
-9.85	0.001	
-9.95	0	
-10	0	

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	85 di 94

Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld : RIGHT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld	RIGHT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld
0	0
-0.1	0
-0.15	0
-0.25	0.021
-0.35	0.043
-0.45	0.064
-0.55	0.085
-0.65	0.105
-0.75	0.126
-0.85	0.146
-0.95	0.166
-1.05	0.185
-1.15	0.204
-1.25	0.222
-1.35	0.24
-1.45	0.257
-1.55	0.274
-1.65	0.29
-1.75	0.305
-1.85	0.32
-1.95	0.334
-2.05	0.346
-2.15	0.358
-2.25	0.369
-2.35	0.379
-2.45	0.388
-2.55	0.396
-2.65	0.403
-2.75	0.409
-2.85	0.413
-2.95	0.416
-3.05	0.418
-3.15	0.418
-3.25	0.418
-3.35	0.415
-3.45	0.412
-3.55	0.406
-3.65	0.399
-3.75	0.391
-3.85	0.381
-3.95	0.369
-4.05	0.356
-4.15	0.341
-4.25	0.324
-4.35	0.305
-4.45	0.285
-4.55	0.262
-4.65	0.237
-4.75	0.211
-4.85	0.183
-4.95	0.153
-5.05	0.123
-5.15	0.092
-5.25	0.062
-5.35	0.033
-5.45	0.005

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld

RIGHT

Z (m)

Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld

-5.55	0.021
-5.65	0.045
-5.75	0.067
-5.85	0.087
-5.95	0.104
-6.05	0.12
-6.15	0.134
-6.25	0.146
-6.35	0.156
-6.45	0.165
-6.55	0.172
-6.65	0.178
-6.75	0.182
-6.85	0.185
-6.95	0.186
-7.05	0.186
-7.15	0.185
-7.25	0.183
-7.35	0.18
-7.45	0.175
-7.55	0.17
-7.65	0.164
-7.75	0.157
-7.85	0.149
-7.95	0.141
-8.05	0.132
-8.15	0.123
-8.25	0.113
-8.35	0.104
-8.45	0.094
-8.55	0.084
-8.65	0.075
-8.75	0.066
-8.85	0.057
-8.95	0.049
-9.05	0.041
-9.15	0.033
-9.25	0.026
-9.35	0.02
-9.45	0.015
-9.55	0.01
-9.65	0.006
-9.75	0.003
-9.85	0.001
-9.95	0
-10	0

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	87 di 94

Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld
0	0
-0.1	0
-0.15	0.03
-0.25	0.03
-0.35	0.029
-0.45	0.029
-0.55	0.029
-0.65	0.028
-0.75	0.028
-0.85	0.027
-0.95	0.027
-1.05	0.026
-1.15	0.026
-1.25	0.025
-1.35	0.024
-1.45	0.023
-1.55	0.022
-1.65	0.021
-1.75	0.02
-1.85	0.019
-1.95	0.018
-2.05	0.017
-2.15	0.015
-2.25	0.014
-2.35	0.012
-2.45	0.011
-2.55	0.009
-2.65	0.008
-2.75	0.006
-2.85	0.004
-2.95	0.004
-3.05	0.003
-3.15	0.003
-3.25	0.003
-3.35	0.005
-3.45	0.007
-3.55	0.009
-3.65	0.012
-3.75	0.014
-3.85	0.016
-3.95	0.019
-4.05	0.021
-4.15	0.024
-4.25	0.026
-4.35	0.029
-4.45	0.031
-4.55	0.034
-4.65	0.037
-4.75	0.039
-4.85	0.041
-4.95	0.042
-5.05	0.042
-5.15	0.042
-5.25	0.041
-5.35	0.039
-5.45	0.036

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld	
-5.55	0.033	
-5.65	0.03	
-5.75	0.027	
-5.85	0.025	
-5.95	0.022	
-6.05	0.019	
-6.15	0.017	
-6.25	0.014	
-6.35	0.012	
-6.45	0.01	
-6.55	0.008	
-6.65	0.006	
-6.75	0.004	
-6.85	0.002	
-6.95	0	
-7.05	0.002	
-7.15	0.003	
-7.25	0.005	
-7.35	0.006	
-7.45	0.007	
-7.55	0.008	
-7.65	0.01	
-7.75	0.011	
-7.85	0.012	
-7.95	0.012	
-8.05	0.013	
-8.15	0.013	
-8.25	0.013	
-8.35	0.013	
-8.45	0.013	
-8.55	0.013	
-8.65	0.013	
-8.75	0.012	
-8.85	0.012	
-8.95	0.011	
-9.05	0.01	
-9.15	0.009	
-9.25	0.009	
-9.35	0.008	
-9.45	0.006	
-9.55	0.005	
-9.65	0.004	
-9.75	0.003	
-9.85	0.001	
-9.95	0	
-10	0	

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	89 di 94

Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld : RIGHT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld	RIGHT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld
0	0
-0.1	0
-0.15	0.03
-0.25	0.03
-0.35	0.029
-0.45	0.029
-0.55	0.029
-0.65	0.028
-0.75	0.028
-0.85	0.027
-0.95	0.027
-1.05	0.026
-1.15	0.026
-1.25	0.025
-1.35	0.024
-1.45	0.023
-1.55	0.022
-1.65	0.021
-1.75	0.02
-1.85	0.019
-1.95	0.018
-2.05	0.017
-2.15	0.015
-2.25	0.014
-2.35	0.012
-2.45	0.011
-2.55	0.009
-2.65	0.008
-2.75	0.006
-2.85	0.004
-2.95	0.004
-3.05	0.003
-3.15	0.003
-3.25	0.003
-3.35	0.005
-3.45	0.007
-3.55	0.009
-3.65	0.012
-3.75	0.014
-3.85	0.016
-3.95	0.019
-4.05	0.021
-4.15	0.024
-4.25	0.026
-4.35	0.029
-4.45	0.031
-4.55	0.034
-4.65	0.037
-4.75	0.039
-4.85	0.041
-4.95	0.042
-5.05	0.042
-5.15	0.042
-5.25	0.041
-5.35	0.039
-5.45	0.036

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld		RIGHT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld	
-5.55	0.033	
-5.65	0.03	
-5.75	0.027	
-5.85	0.025	
-5.95	0.022	
-6.05	0.019	
-6.15	0.017	
-6.25	0.014	
-6.35	0.012	
-6.45	0.01	
-6.55	0.008	
-6.65	0.006	
-6.75	0.004	
-6.85	0.002	
-6.95	0	
-7.05	0.002	
-7.15	0.003	
-7.25	0.005	
-7.35	0.006	
-7.45	0.007	
-7.55	0.008	
-7.65	0.01	
-7.75	0.011	
-7.85	0.012	
-7.95	0.012	
-8.05	0.013	
-8.15	0.013	
-8.25	0.013	
-8.35	0.013	
-8.45	0.013	
-8.55	0.013	
-8.65	0.013	
-8.75	0.012	
-8.85	0.012	
-8.95	0.011	
-9.05	0.01	
-9.15	0.009	
-9.25	0.009	
-9.35	0.008	
-9.45	0.006	
-9.55	0.005	
-9.65	0.004	
-9.75	0.003	
-9.85	0.001	
-9.95	0	
-10	0	

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	91 di 94

Verifiche Puntoni Nominal

Design	Tipo Risultato:											
Assumption:	Verifiche											
Nominal	Puntoni											
Puntone	Sezione	Materiale	Spaziatura orizzontale	Lunghezza	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Assiale (kN)	Ratio momento	Ratio taglio	Instabilità	λ λ	λ y z laterale
Strut	CHS139.7*6	S275	2	5.1	Stage 3	0	0	0	0	0	0 0	0
Strut	CHS139.7*6	S275	2	5.1	Stage 4	-6.685	-13.37	0	0	0	0 0	0
Strut	CHS139.7*6	S275	2	5.1	Stage 5	-28.311	-56.621	0	0	0	0 0	0
Strut	CHS139.7*6	S275	2	5.1	Stage 6	-33.847	-67.694	0	0	0	0 0	0

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	92 di 94

Verifiche Puntoni NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

Design Assumption:		Tipo		NTC2018										
NTC2018: SLE		Risultato:		(ITA)										
(Rara/Frequente/Quasi Permanente)		Verifiche		Puntoni										
Puntone	Sezione	Materiale	Spaziatura	Lunghezza	Stage	Carico	Assiale	Ratio	Ratio	Instabilità	λ y	λ z	λ	
			orizzontale			distribuito	(kN)	momento	taglio				laterale	
						(kN/m)								
Strut	CHS139.7*6	S275	2	5.1	Stage 3	0	0	0	0.002	0	0	0	0	
Strut	CHS139.7*6	S275	2	5.1	Stage 4	-6.685	-13.37	0.02	0.002	0.04	108	108	0	
Strut	CHS139.7*6	S275	2	5.1	Stage 5	-28.311	-	0.086	0.002	0.17	108	108	0	
Strut	CHS139.7*6	S275	2	5.1	Stage 6	-33.847	-	0.103	0.002	0.203	108	108	0	
							56.621							
							67.694							

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE					
	RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN1500 002	REV. A	FOGLIO 93 di 94

Verifiche Puntoni NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

Design	Tipo Risultato: NTC2018												
Assumption:	Verifiche (ITA)												
NTC2018:	Puntoni												
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)													
Puntone	Sezione	Materiale	Spaziatura orizzontale	Lunghezza	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Assiale (kN)	Ratio momento	Ratio taglio	Instabilità	λ_y	λ_z	λ laterale
Strut	CHS139.7*6	S275	2	5.1	Stage 3	0	0	0	0.003	0	0	0	0
Strut	CHS139.7*6	S275	2	5.1	Stage 4	-9.103	-18.207	0.028	0.003	0.055	108	108	0
Strut	CHS139.7*6	S275	2	5.1	Stage 5	-38.567	-77.134	0.117	0.003	0.232	108	108	0
Strut	CHS139.7*6	S275	2	5.1	Stage 6	-46.105	-92.21	0.14	0.003	0.277	108	108	0

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE					
IN15 –Tombino idraulico al km 34+758 Relazione di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR1J	01 D 29	CL	IN1500 002	A	94 di 94

Verifiche Puntoni NTC2018: A2+M2+R1

Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R1 Puntone	Tipo Risultato: NTC2018												
	Verifiche		(ITA)										
	Puntoni												
	Sezione	Materiale	Spaziatura orizzontale	Lunghezza	Stage	Carico distribuito (kN/m)	Assiale (kN)	Ratio momento	Ratio taglio	Instabilità λ	y	z	λ laterale
Strut	CHS139.7*6	S275	2	5.1	Stage 3	0	-0.001	0	0.002	0	108	108	0
Strut	CHS139.7*6	S275	2	5.1	Stage 4	-9.133	-18.267	0.028	0.002	0.055	108	108	0
Strut	CHS139.7*6	S275	2	5.1	Stage 5	-39.857	-79.714	0.121	0.002	0.239	108	108	0
Strut	CHS139.7*6	S275	2	5.1	Stage 6	-48.578	-97.156	0.147	0.002	0.292	108	108	0