

S.S. 398 "Via Val di Cornia"
Bretella di collegamento tra l'Autostrada Tirrenica A12
e il Porto di Piombino
LOTTO 1 - Svincolo di Geodetica-Gagno

PROGETTO ESECUTIVO

COD. **FI2**

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
Dott. Ing. Nando Granieri
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:
MANDATARIA:



Dott.Ing. N.Granieri
Dott.Arch. N.Kamenicky
Dott.Ing. V.Truffini
Dott.Arch. A.Bracchini
Dott.Ing. F.Durastanti
Dott.Geol. G.Cerquiglini
Geom. S.Scopetta
Dott.Ing. L.Sbrenna
Dott.Ing. E.Sellari
Dott.Ing. E.Bartolucci
Dott.Ing. L.Dinelli
Dott.Ing. L.Nani
Dott.Ing. F.Pambianco
Dott. Agr. F.Berti Nulli

MANDANTI:
Dott. Ing. D.Carlaccini
Dott. Ing. S.Sacconi
Dott. Ing. G.Cordua
Dott. Ing. V.De Gori
Dott. Ing. C.Consorti
Dott. Ing. F.Dominici

Dott. Ing. V.Rotisciani
Dott. Ing. F.Macchioni
Geom. C.Vischini
Dott. Ing. V.Piunno
Dott. Ing. G.Pulli
Geom. C.Sugaroni

IL PROGETTISTA:
Dott. Ing. David Carlaccini
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Terni n° A1245

IL GEOLOGO:
Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini
Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

IL R.U.P.
Dott. Ing. Antonio Scalamandrè

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:
Dott. Ing. Filippo Pambianco
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

PROTOCOLLO

DATA

MARZO 2019



OPERE D'ARTE MAGGIORI
VIADOTTO CORNIA 1 (ferrovia)

Relazione di calcolo opere provvisoriale di sostegno degli scavi delle pile P05, P06, P15 e P16

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T00-VI01-GET-RE02		
DPFI12	E	1801	CODICE ELAB. T00VI01GETRE02	A	-
A	Emissione		29/03/2019	C.Consorti	D.Carlaccini
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO
					APPROVATO

INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	RIFERIMENTI TECNICI E NORMATIVI	3
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	4
4	MODELLO GEOTECNICO.....	5
4.1	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	6
5	CRITERI DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DELLE PARATIE.....	7
6	DIMENSIONAMENTO DELLE PALANCOLE A SOSTEGNO DEGLI SCAVI	10
6.1	RISULTATI DELL'ANALISI.....	14
6.2	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	22
6.3	VERIFICHE GEOTECNICHE	25
6.4	SPOSTAMENTI PARATIA E STIMA DEI CEDIMENTI	28
7	PIANO DI MONITORAGGIO	31
7.1	DEFINIZIONE LIMITI DI SOGLIA ED ATTENZIONE.....	32
	APPENDICE.....	34

1 PREMESSA

La presente relazione di calcolo concerne il dimensionamento e la verifica delle opere provvisorie a sostegno degli scavi delle pile P05, P06, P15 e P16 del viadotto Cornia 1, da realizzarsi nell'ambito del progetto SS 398 "Via val di Cornia" nella Bretella di collegamento tra l'autostrada tirrenica A12 ed il porto di Piombino, Lotto 1 svincolo Geodetica - Gagno.

Tali opere sono a presidio della linea ferroviaria che risulta sovrappassata dal Viadotto in oggetto e che corre in adiacenza a dette pile (cfr. Figura 1 e Figura 2).

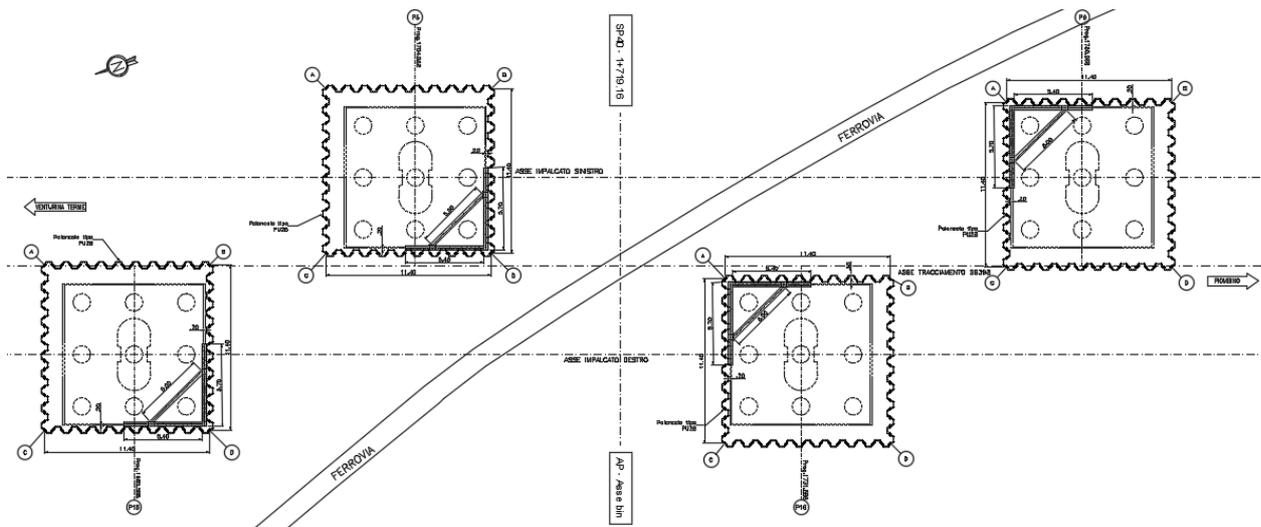


Figura 1: Vista planimetrica della ferrovia che corre in adiacenza alle pile P05, P06, P15 e P16.

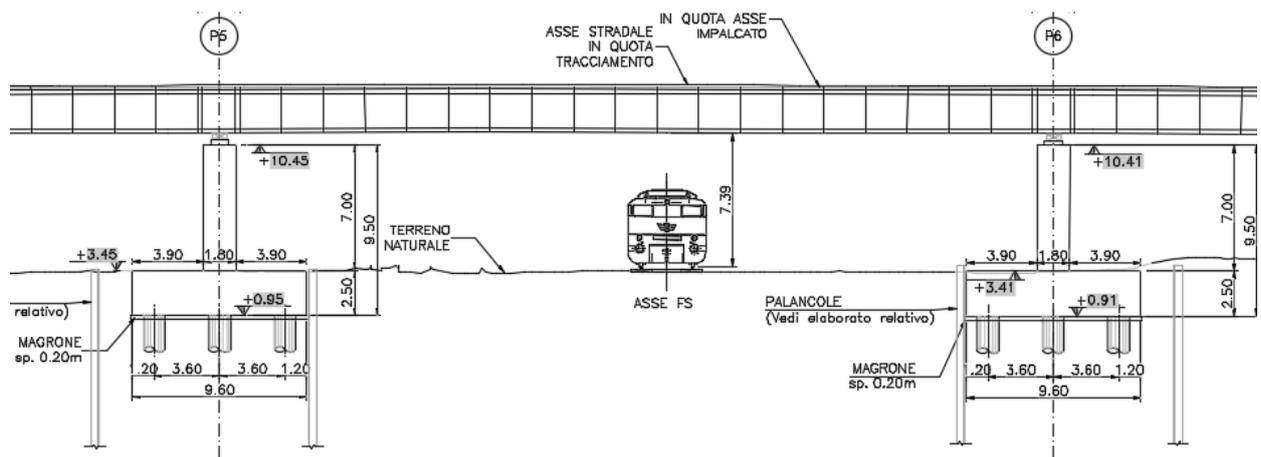


Figura 2: Sezione delle paratie a sostegno degli scavi per le pile P05 e P06.

2 RIFERIMENTI TECNICI E NORMATIVI

Nel progetto è stato fatto riferimento alle seguenti Normative ed Istruzioni:

- D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" (pubblicato sulla G.U. n. 42 – Suppl. Ordinario n. 8 – del 20 febbraio 2018).
- Decreto Ministero Lavori Pubblici 11/03/1988 – "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione."
- Circolare Ministero Lavori Pubblici n. 30483 del 24/09/1988 – D.M. 11.3.88. "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione."

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali utilizzati per gli interventi strutturali sono di seguito elencate:

ACCIAI (palancole e profilato)

Acciaio per travi di ripartizione e piastre:

S275

Acciaio per palancole:

S275

4 MODELLO GEOTECNICO

Per quello che concerne la caratterizzazione geotecnica dell'area, si fa riferimento a quanto riportato all'interno della relazione geotecnica ed al profilo geotecnico, ai quali si rimanda per maggiori dettagli. L'opera occupa un'area caratterizzata superficialmente da terreni di natura antropica costituiti da riporti, residui di altoforno e depositi di colmata per la bonifica idraulica della palude (Ug0); al di sotto dei riporti è presente uno strato di spessore variabile tra i 14 e i 17 m costituito da argille organiche (Ug1) di natura palustre, poco consistenti e dalle mediocri caratteristiche meccaniche; alla base di tale unità si trova uno spessore mediamente pari a 10 m costituito dai terreni di natura alluvionale caratteristici dell'intera area oggetto dell'intervento, identificati con l'unità Ug2 (terreni a prevalente grana fine); a partire da una profondità dal piano campagna variabile all'incirca tra i 28.5 e i 32.5 m si rileva la presenza dell'unità Ug3b, costituita da sabbie limose contenenti livelli di calcareniti ed inclusioni ciottolose. Fino ad una profondità di circa 50 m dal piano campagna non è stata incontrata la formazione litoide di base di natura arenacea (*bedrock*: Ug4a).

Nella figura seguente è riportato un estratto del profilo geotecnico.

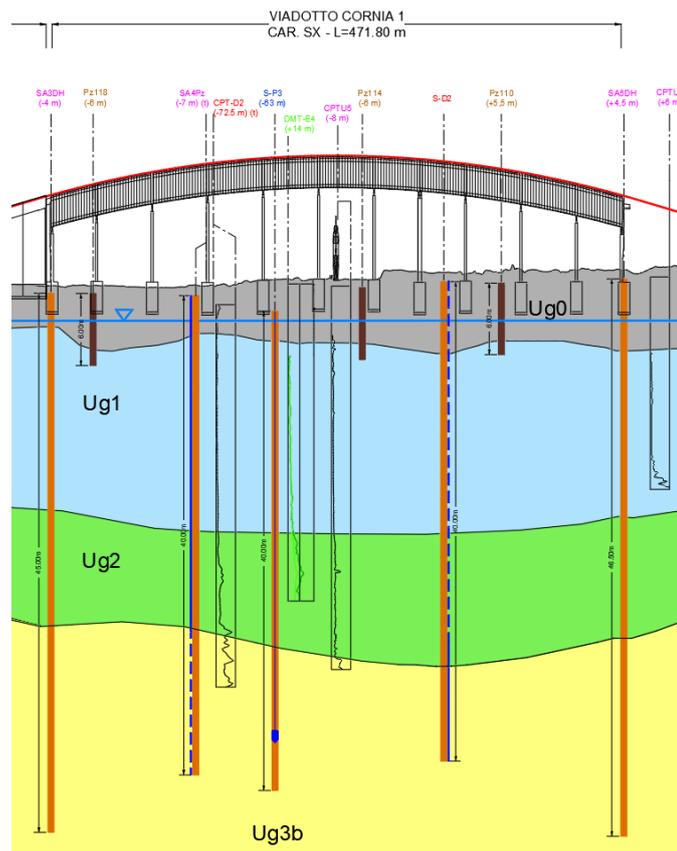


Figura 3: Viadotto Cornia 1 (V01): estratto profilo geotecnico.

Nella tabella seguente sono riportati i valori dei parametri geotecnici d'interesse ai fini del dimensionamento delle opere provvisorie a sostegno degli scavi necessari alla realizzazione dei plinti di fondazione delle pile e delle spalle del Viadotto V01 – Cornia 1.

Tabella 1: V01 – Sintesi modello geotecnico.

Unità geotecnica	γ [kN/m ³]	c_k' [kPa]	ϕ_k' [°]	c_{uk} [kPa]	q_u [MPa]	E' [MPa]
Ug0	18.5	-	35	-	-	15
Ug1	17.0	-	24	25	-	5
Ug2	19.5	25	24	75	-	15
Ug3b	20.0	0	35	-	-	35

dove:

- γ : peso per unità di volume;
- c_k' : valore caratteristico della coesione efficace;
- ϕ_k' : valore caratteristico dell'angolo di attrito efficace;
- c_{uk} : valore caratteristico della coesione non drenata;
- q_u : resistenza a compressione monoassiale;
- E' : modulo di deformazione drenato.

Nel caso in esame, gli scavi necessari al raggiungimento della quota d'imposta dei plinti di fondazione interessano le sole unità Ug0 ed Ug1.

Il livello della falda è individuato alla quota di 0 m slm.

4.1 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Considerata la provvisorialità delle opere di sostegno in oggetto, nel presente elaborato si ritiene trascurabile l'azione sismica.

5 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DELLE PARATIE

Le verifiche delle paratie provvisoriali, costituite da palancole metalliche (cfr. paragrafo 6), sono effettuate secondo le combinazioni 1 (**$A1 + M1 + R1$**) e 2 (**$A2 + M2 + R1$**) dell'approccio 1.

Le azioni di progetto, E_d , o, altresì, gli effetti delle azioni, sono valutabili a partire dalle azioni caratteristiche adottando per i coefficienti parziali γ_F i valori specificati nella tabella in Figura 4 (Tabella 6.2.I delle NTC2018):

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

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G2}

Figura 4: Coefficienti parziali per le azioni o l'effetto delle azioni (NTC2018).

Le resistenze di progetto, R_d , si determinano a partire dai valori caratteristici dei parametri geotecnici di resistenza, divisi per i coefficienti parziali γ_M specificati nella tabella in Figura 5 (Tabella 6.2.II delle NTC2018) e considerando i coefficienti γ_R del gruppo R1 pari all'unità.

Tab. 6.2.II – 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

Figura 5: Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (NTC2018).

Secondo le NTC2018 (paragrafo 6.5.2.2), nel caso delle paratie la quota di fondo scavo deve essere diminuita di una quantità pari al minore dei seguenti valori:

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

Le paratie devono essere verificate anche nei confronti dei possibili stati limite di sifonamento.

Le NTC2018 (paragrafo 6.2.4.2) stabiliscono che la verifica a sifonamento si esegue controllando che il gradiente idraulico di efflusso i_E risulti non superiore al gradiente idraulico critico i_c diviso per un coefficiente parziale $\gamma_R = 2$. In sostanza, occorre verificare che:

$$\frac{i_c}{i_E} > 2$$

Il gradiente idraulico critico e quello di efflusso sono rispettivamente pari a:

$$i_c = \frac{\gamma'}{\gamma_w}$$

$$i_E = \frac{H}{H + 2D}$$

in cui:

- γ' è il peso unitario del terreno immerso;
- γ_w è il peso unitario dell'acqua;
- H è l'altezza della falda di monte rispetto al fondo scavo di valle (cfr. Figura 6);
- D è l'infissione della paratia (cfr. Figura 6).

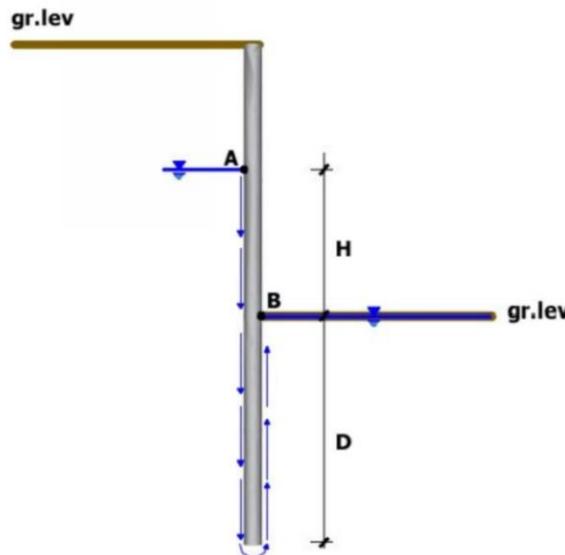


Figura 6: Verifica a sifonamento - Schema di calcolo.

Le analisi sono state condotte mediante il codice di calcolo Paratie Plus 2017, con riferimento a valori dei carichi e dei parametri geotecnici fattorizzati secondo le prescrizioni della normativa. Il programma è stato implementato in modo da applicare automaticamente i fattori di sicurezza parziali di calcolo delle diverse verifiche.

6 DIMENSIONAMENTO DELLE PALANCOLE A SOSTEGNO DEGLI SCAVI

Come già descritto nel paragrafo 1, tra le pile P05 e P15 e le pile P06 e P16 del Viadotto Cornia 1 (V01) sono presenti i binari della ferrovia esistente da mantenere in esercizio. Occorre dunque prevedere delle opere provvisorie a sostegno degli scavi necessari alla posa in opera dei plinti di fondazione delle suddette pile, con lo scopo di limitare l'occupazione degli stessi ed assicurare un presidio ai binari esistenti.

Si prevede la realizzazione di una paratia quadrata dalle dimensioni di 11.4 x 11.4 m, costituita da palancole in acciaio tipo "Larssen"; la disposizione di tali palancole è tale da avere i lati che si affacciano sulla ferrovia in adiacenza al plinto (cfr. Figura 7). Le verifiche descritte nel seguito sono effettuate per il solo scavo della pila P06, che risulta essere la più vicina alla ferrovia.

Lo scavo previsto per raggiungere la quota di imposta dei plinti è di circa 2.90 m da piano campagna ed esso interessa la sola unità Ug0; la palanca invece, dopo aver attraversato lo strato superficiale Ug0, si intesta nell'unità Ug1.

In corrispondenza dell'angolo della paratia posto in prossimità della ferrovia, si prevede l'installazione in sommità di un puntello in profilato metallico allo scopo di assicurare un contrasto alla paratia stessa nella zona più a ridosso dei binari esistenti.

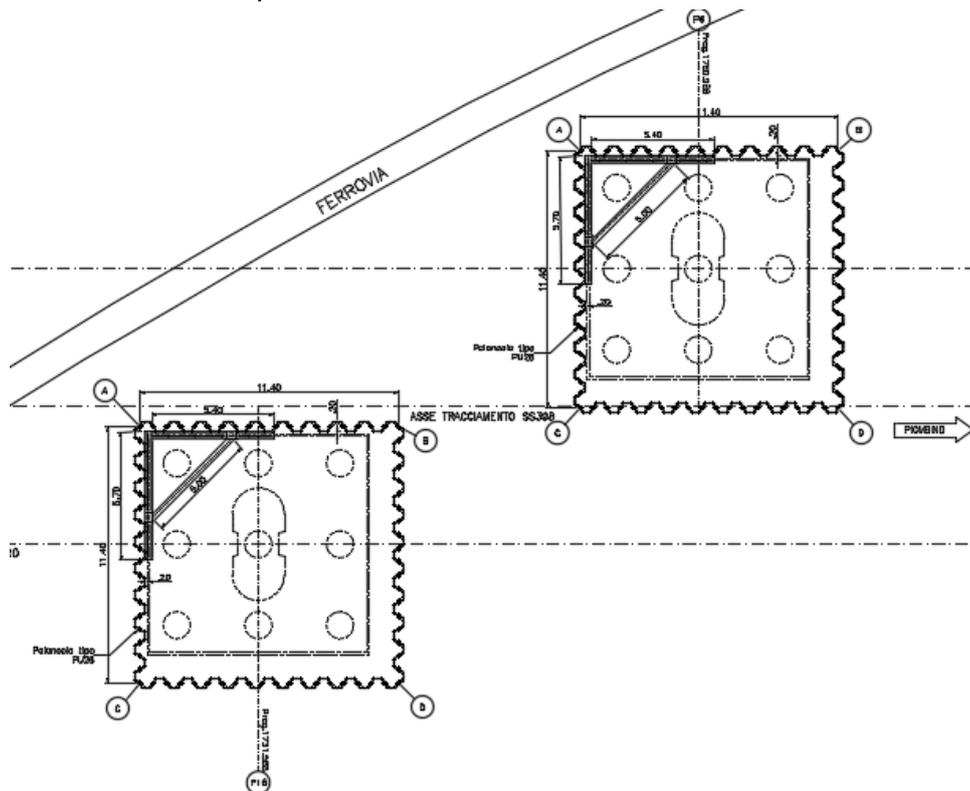


Figura 7: Palancole metalliche a sostegno degli scavi per le pile P06 e P016.

Nella sezione di calcolo della paratia provvisoria, che presenta un'altezza di scavo pari a 2.90 m, si considera la presenza del sovraccarico ferroviario agente a tergo dell'opera.

Si adotta una palancola tipo PU28, che raggiunge una profondità di 15 m dal piano campagna, e nella zona d'angolo della paratia si dispone di un contrasto costituito da un puntone metallico costituito dal profilato HEB240.

Il sovraccarico ferroviario agente a tergo della paratia è determinato facendo riferimento al treno di carico LM71:

$$Q_{vk} = 250 \text{ kN} \quad (4 \text{ assi})$$

$$L = 1.6 + 3 \cdot 0.8 \cdot 2 = 6.4 \text{ m}$$

$$B = 3 \text{ m} \quad (\text{larghezza impronta di carico})$$

$$q_{vk} = 250 \cdot 4 / (6.4 \cdot 3) = 52.08 \text{ kN/m}^2$$

Il sovraccarico caratteristico q_{vk} è preso in via cautelativa pari a 60 kPa.

Si considerano due sezioni rappresentative di calcolo:

- **Sezione 1:** è la sezione prossima allo spigolo planimetrico, nella quale è presente il puntello in sommità ed il sovraccarico q_{vk} si trova ad una distanza dalla paratia pari a 3.0 m.
- **Sezione 2:** è la sezione distante dalla zona con puntello in sommità, in cui la paratia è a sbalzo ed il sovraccarico q_{vk} si trova ad una distanza dalla paratia pari a 5.5 m.

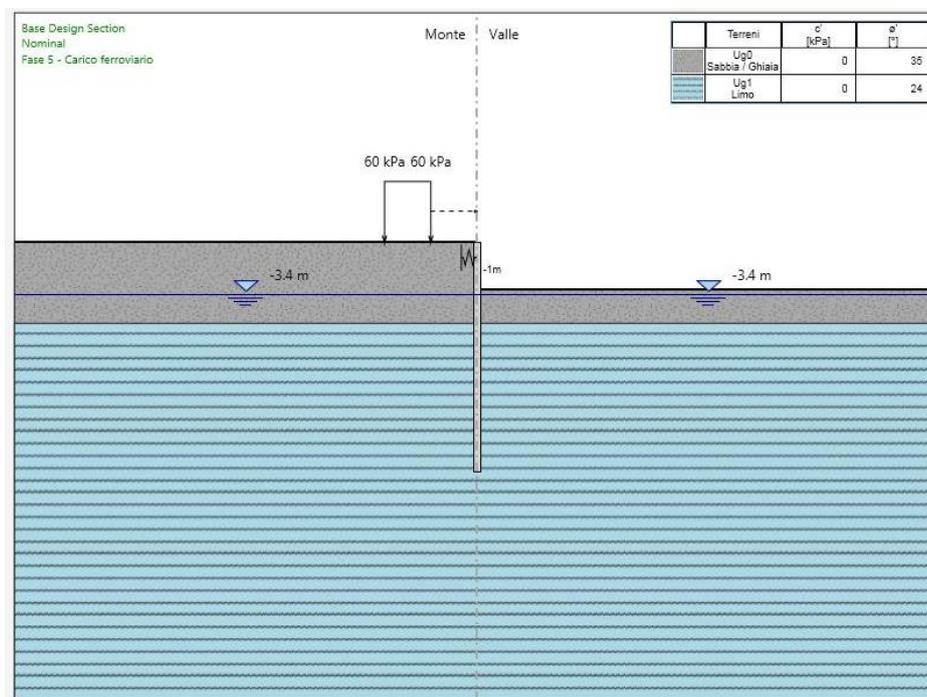


Figura 8: Sez. 1 di calcolo - Paratia a sostegno dello scavo.

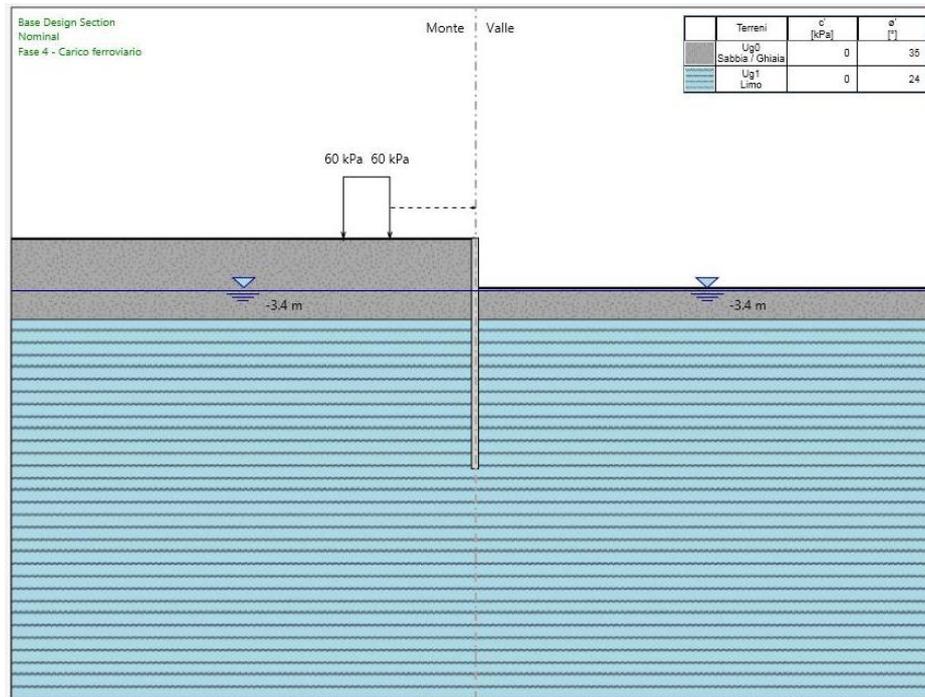


Figura 9: Sez. 2 di calcolo - Paratia a sostegno dello scavo.

Per la sezione 1 la sequenza di esecuzione dei lavori è rispecchiata fedelmente dai passi di calcolo che sono:

1. Realizzazione della palancola.
2. Esecuzione dello scavo fino alla profondità di -1.5 m.
3. Messa in opera del puntello in acciaio.
4. Esecuzione dello scavo fino alla profondità di -2.9 m (fondo scavo).
5. Applicazione del carico ferroviario.

Per la sezione 2 le fasi esecutive sono:

1. Realizzazione della palancola.
2. Esecuzione dello scavo fino alla profondità di -1.5 m.
3. Esecuzione dello scavo fino alla profondità di -2.9 m (fondo scavo).
4. Applicazione del carico ferroviario.

Per quanto definito nel paragrafo 5, l'altezza di scavo di calcolo utilizzata nelle analisi è stata aumentata rispetto a quella di progetto: è stata assunta pari a 3.10 m nel caso della sezione puntonata (sezione 1) e pari a 3.20 m nel caso della sezione a sbalzo (sezione 2). Le analisi sono state condotte in condizioni drenate.

6.1 RISULTATI DELL'ANALISI

6.1.1 Sezione 1

Nelle figure seguenti sono riportati, per la condizione **A1+M1+R1**, i valori massimi delle sollecitazioni sulla palancola puntonata (Figura 10) e l'involuppo di Momento flettente (Figura 11) e Taglio (Figura 12) durante le varie fasi di esecuzione.

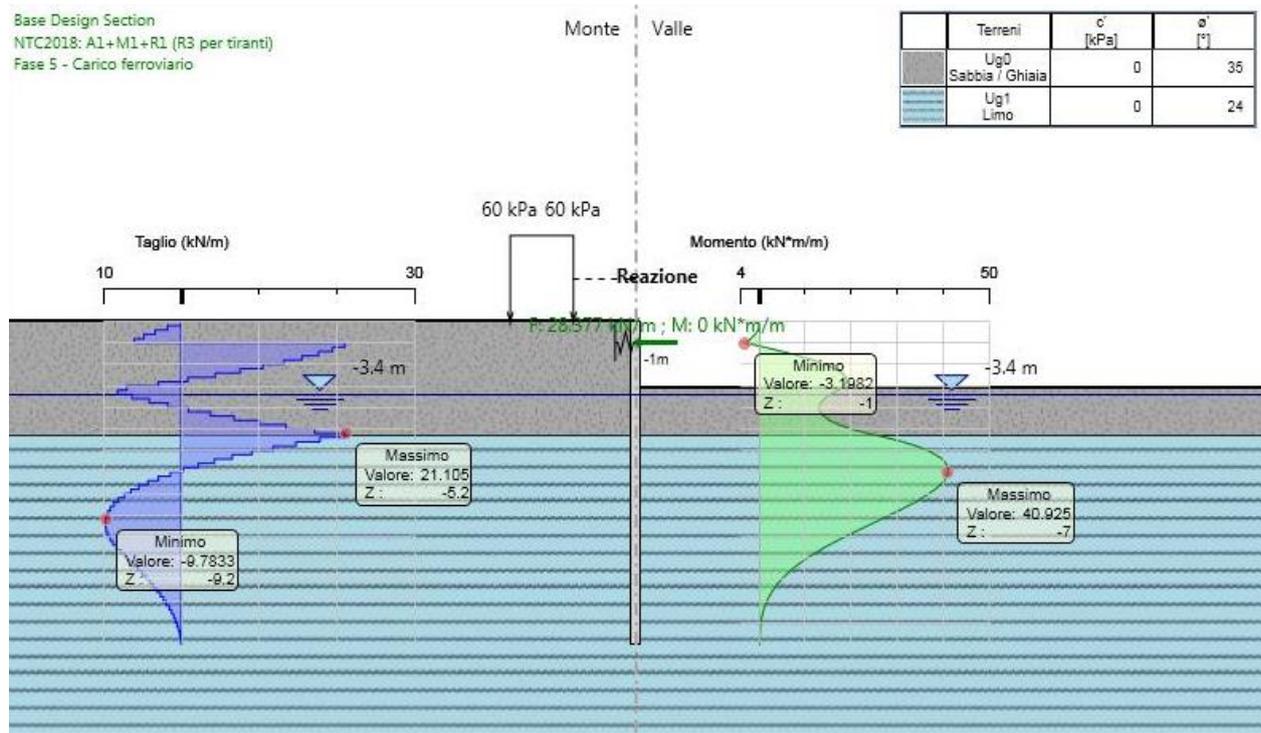


Figura 10: Sez. 1 di calcolo – Comb. A1+M1+R1 – Sollecitazioni massime.

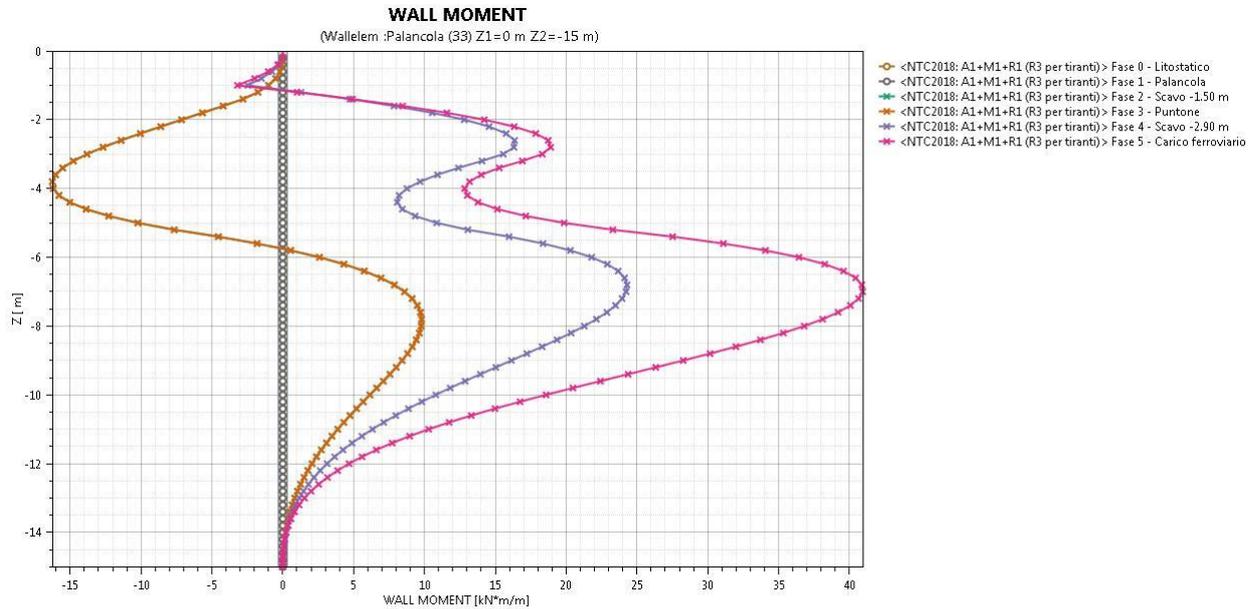


Figura 11: Sez. 1 di calcolo – Comb. A1+M1+R1 – Involuppo Momento flettente.

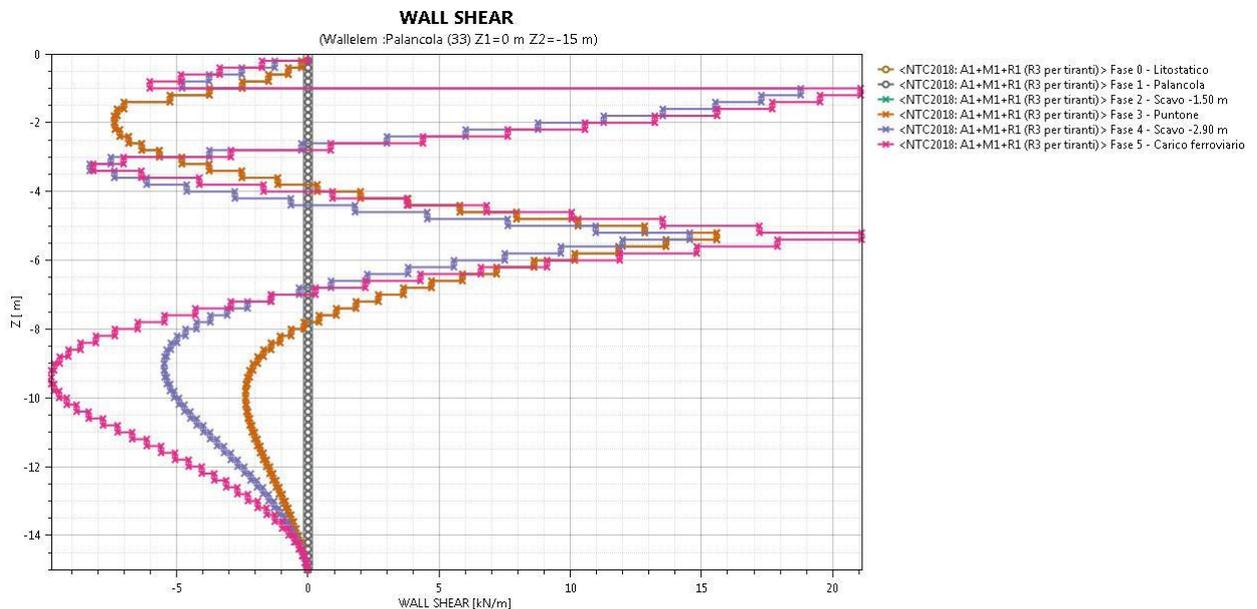


Figura 12: Sez. 1 di calcolo – Comb. A1+M1+R1 – Involuppo Taglio.

Nella figura seguente si riporta l'andamento delle tensioni orizzontali per la condizione **A2+M2+R1**.

**VI01 – RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI DI
 SOSTEGNO DEGLI SCAVI DELLE PILE P05, P06, P15 E P16**

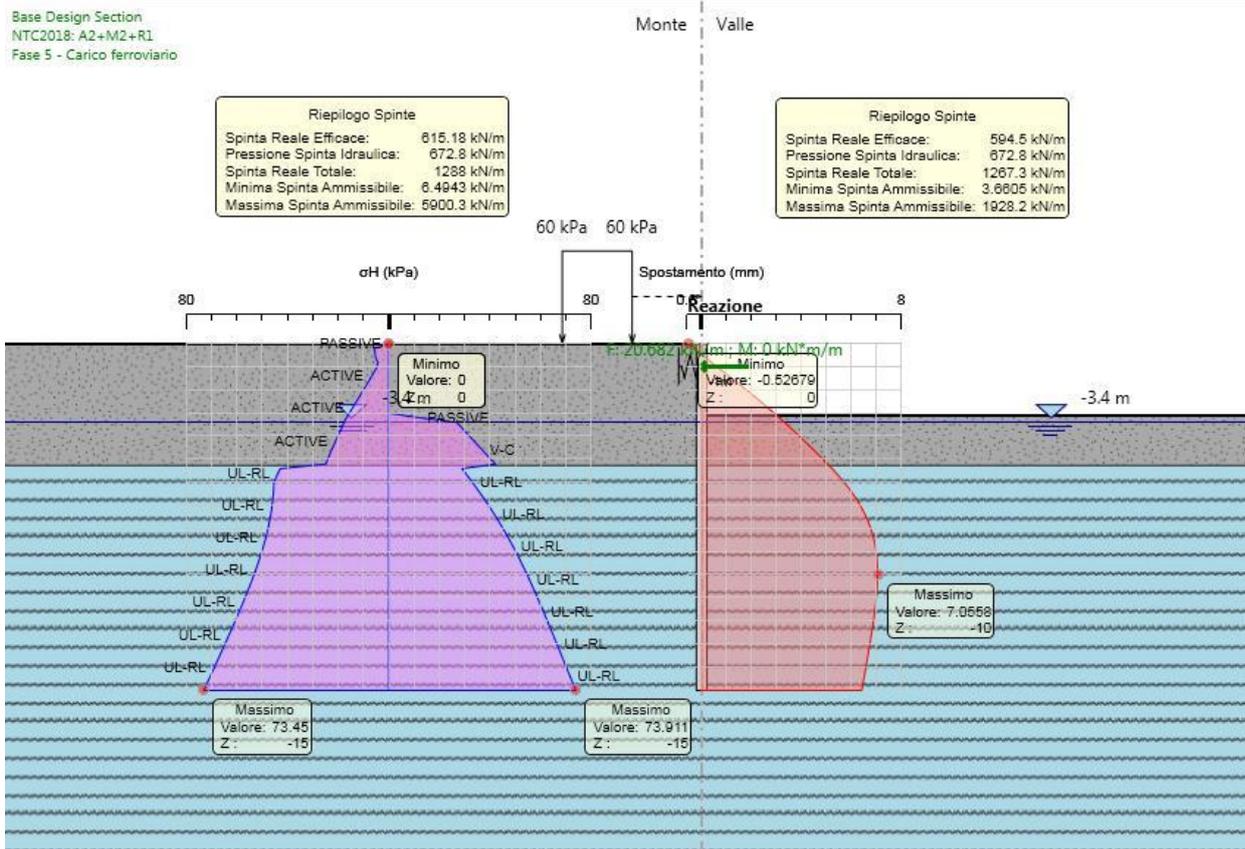


Figura 13: Sez. 1 di calcolo – Comb. A2+M2+R1 – Tensioni orizzontali e riepilogo spinte.

Di seguito si riporta la deformata della paratia nella condizione SLE.

6.1.2 Sezione 2

Nelle figure seguenti sono riportati, per la condizione **A1+M1+R1**, i valori massimi delle sollecitazioni sulla palancola a sbalzo (Figura 15) e l'involuppo di Momento flettente (Figura 16) e Taglio (Figura 17) durante le varie fasi di esecuzione.

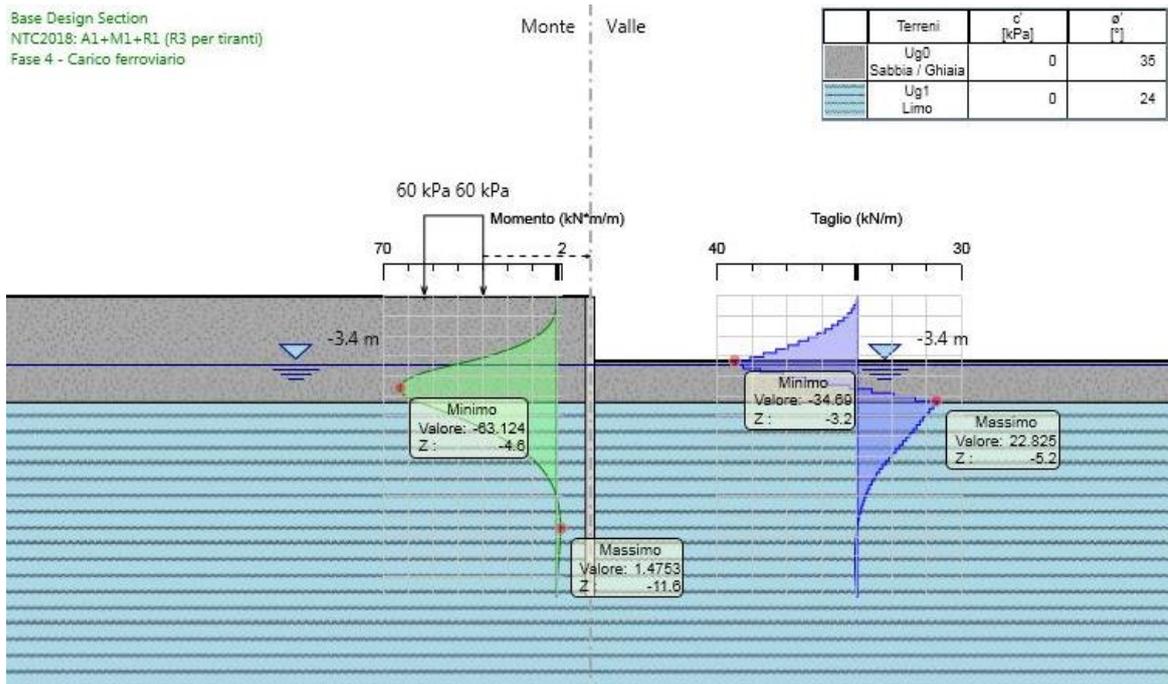


Figura 15: Sez. 2 di calcolo – Comb. A1+M1+R1 – Sollecitazioni massime.

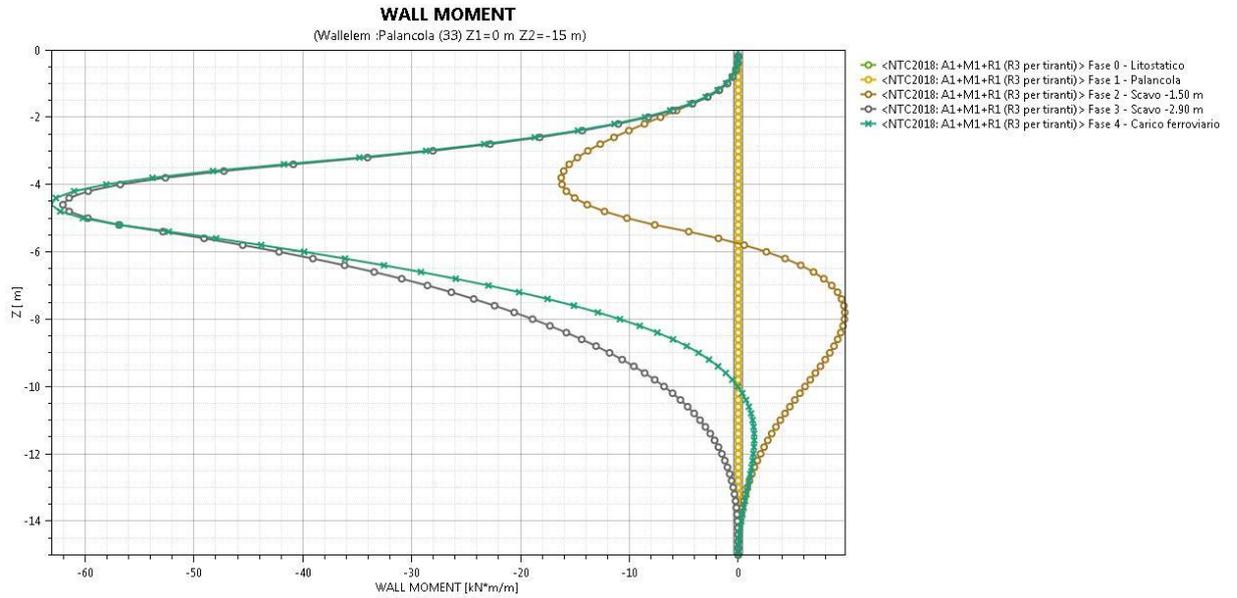


Figura 16: Sez. 2 di calcolo – Comb. A1+M1+R1 – Involuppo Momento flettente.

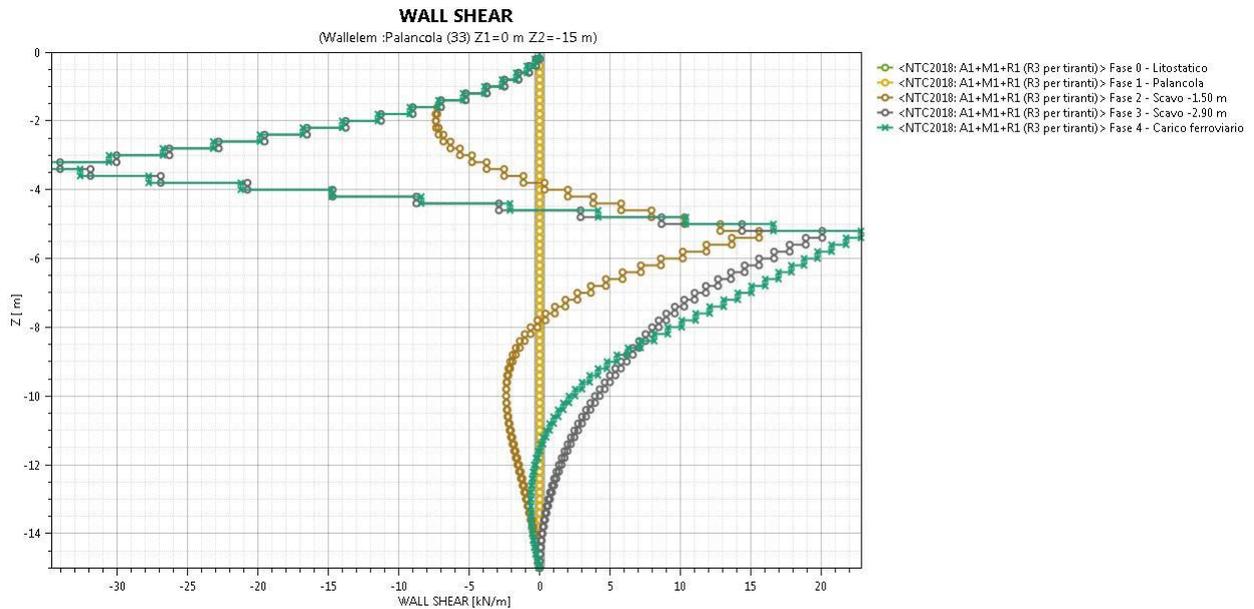


Figura 17: Sez. 2 di calcolo – Comb. A1+M1+R1– Involuppo Taglio.

Nella figura seguente si riporta l'andamento delle tensioni orizzontali per la condizione **A2+M2+R1**.

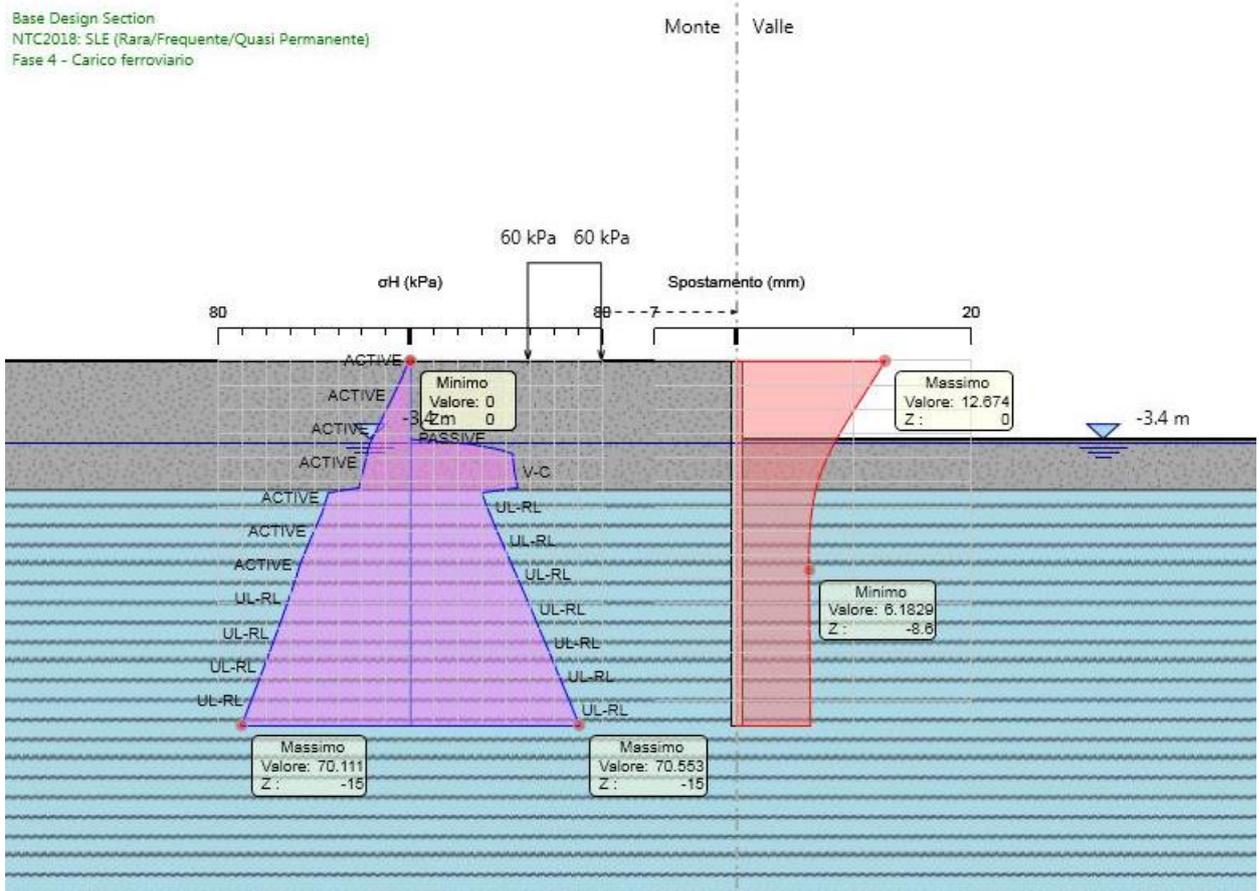


Figura 19: Sez. 2 di calcolo – Comb. SLE – Tensioni orizzontali e deformata paratia.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

dove:

N_{Ed} è l'azione di compressione di progetto;

$N_{b,Rd}$ è la resistenza di progetto all'instabilità nell'asta compressa.

In un elemento strutturale di classe 1, come il puntone in oggetto, la resistenza all'instabilità si calcola nel seguente modo:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_{yk}}{\gamma_{M1}}$$

in cui:

χ è un coefficiente che dipende dal tipo di sezione e dal tipo di acciaio impiegato;

A è l'area della sezione dell'elemento;

f_{yk} è la resistenza caratteristica a snervamento dell'acciaio;

γ_{M1} rappresenta il coefficiente di sicurezza, che è pari a 1,05.

Il coefficiente χ è stato valutato come definito nel paragrafo 4.2.4.1.3.1 delle NTC2018.

Nella tabella seguente si riporta una sintesi dei parametri necessari al calcolo della resistenza $N_{b,Rd}$.

Tabella 2: Calcolo della resistenza di progetto all'instabilità nel puntone.

ε	0.92	
f_{yk}	275000	kPa
A	0.011	mm ²
γ_m	1.05	
L	5.7	m
J	3.92E-05	m ⁴
E	210000000	kN/m ²
N_{cr}	2.50E+03	kN
λ	1.079	
α	0.49	
Φ	1.298	
χ	0.495	
$N_{b,Rd}$	1375.3	kN

Il massimo tasso di sfruttamento per l'elemento è pari a:

6.3 VERIFICHE GEOTECNICHE

6.3.1 Sezione 1

FATTORE DI SICUREZZA DEL FONDO SCAVO

Riepilogo per la DA <NTC2018: A2+M2+R1>

Parete <Left Wall>

Min. spostamento laterale [mm]	-0.53	Z = 0 m
D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Fase 5 - Carico ferroviario)		
Max. spostamento laterale [mm]	7.06	Z = -10 m
D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Fase 5 - Carico ferroviario)		
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.15	
D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Fase 1 - Palancola)		
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.31	
D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Fase 5 - Carico ferroviario)		

Massimi rapporti di mobilitazione spinta passiva

D.A. <NTC2018: A2+M2+R1>

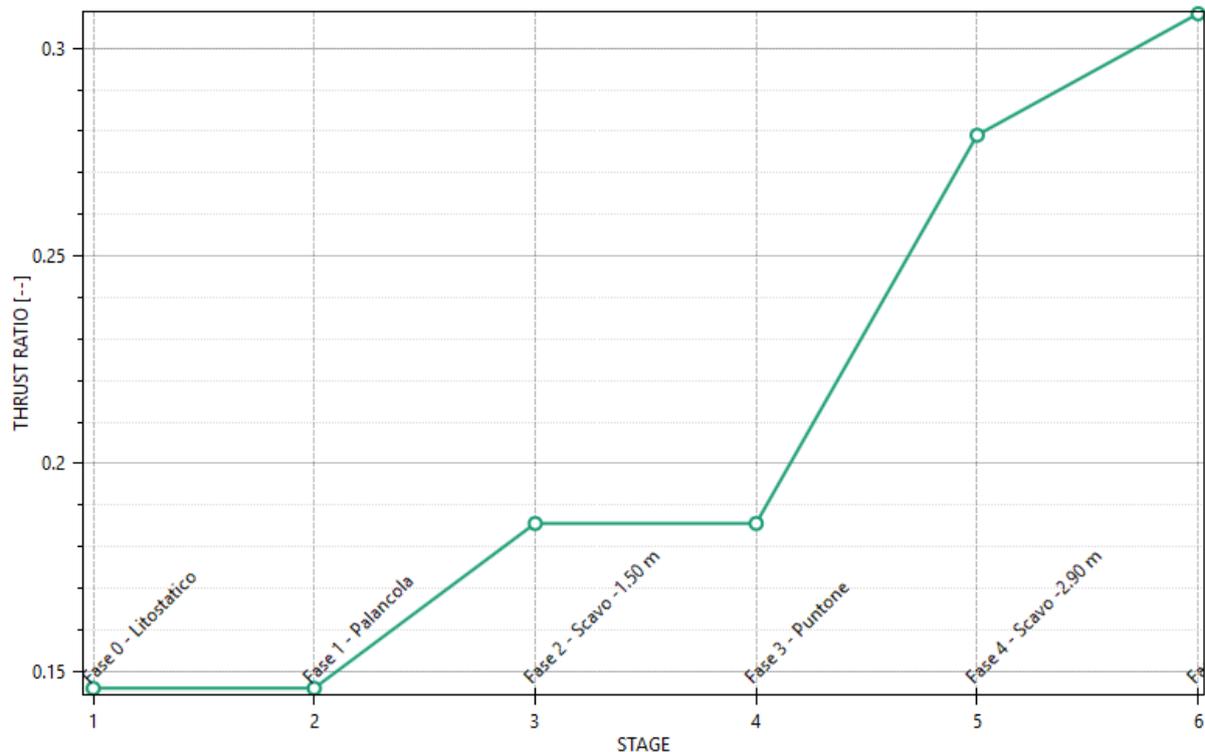


Figura 20: Massimi rapporti di mobilitazione della spinta passiva.

Si ottiene un coefficiente di sicurezza pari a:

$$FS = 1/0.31 = 3.23$$

La verifica è soddisfatta.

VERIFICA A SIFONAMENTO

Nelle sezioni in esame il livello della falda si trova al di sotto della quota di fondo scavo.

È stata comunque condotta la verifica a sifonamento nell'ipotesi che il livello della falda a monte della paratia, a partire dalla quota 0 m slm si innalzi fino alla quota di +1.0 m slm.

Nel caso in esame la verifica è stata fatta direttamente considerando lo scavo profondo 3.2 m, che corrisponde al caso della sezione di calcolo 2.

$$i_c = \frac{\gamma'}{\gamma_w} = 0.7$$

$$i_E = \frac{H}{H + 2D} = 0.041$$

in cui:

$$H = 1.0 \text{ m}$$

$$D = 11.8 \text{ m}$$

Il rapporto tra i due gradienti risulta pari a:

$$\frac{i_c}{i_E} = 17 > 2$$

La verifica è soddisfatta.

6.3.2 Sezione 2

FATTORE DI SICUREZZA DEL FONDO SCAVO

Riepilogo per la DA <NTC2018: A2+M2+R1>

Parete <Left Wall>

Min. spostamento laterale [mm]	0	Z = -15 m	
D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Fase 1 - Palancola)			
Max. spostamento laterale [mm]	11.44	Z = 0 m	
D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Fase 3 - Scavo -2.90 m)			
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)			0.15
D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Fase 1 - Palancola)			
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)			0.32
D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Fase 4 - Carico ferroviario)			

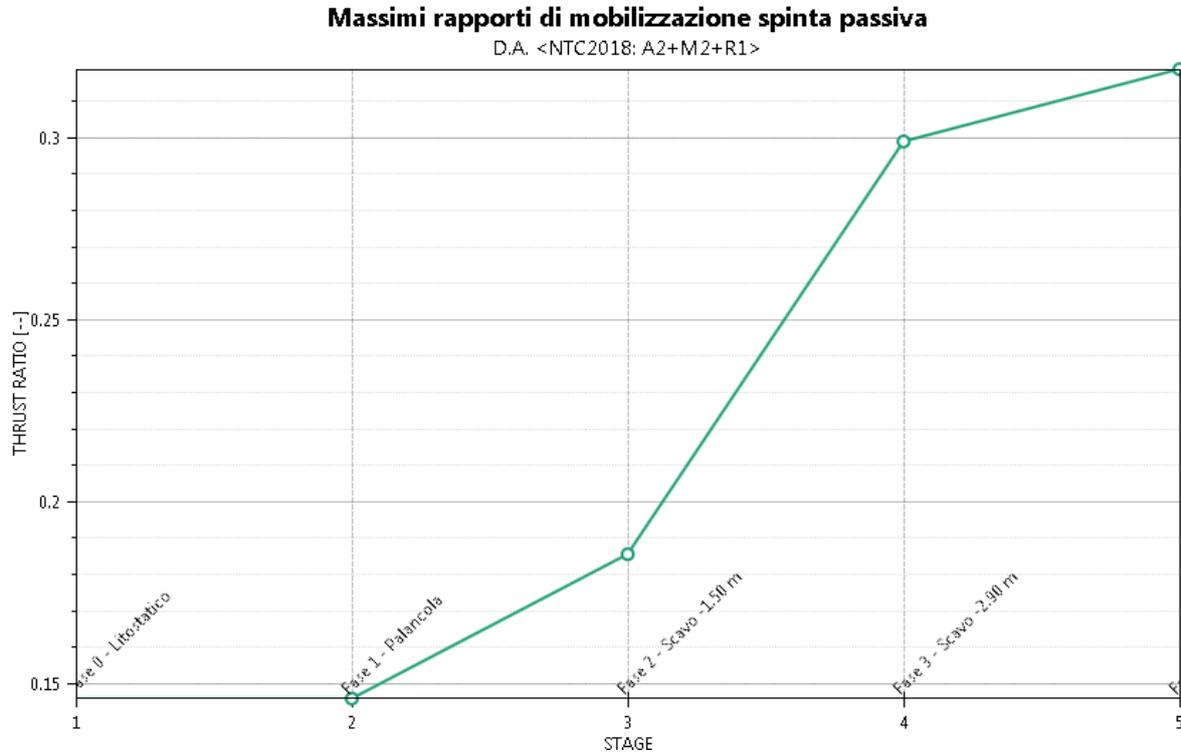


Figura 21: Massimi rapporti di mobilitazione della spinta passiva.

Si ottiene un coefficiente di sicurezza pari a:

$$FS = 1/0.32 = 3.12$$

La verifica è soddisfatta.

VERIFICA A SIFONAMENTO

Per quanto riguarda tale verifica, vale quanto detto al paragrafo 6.3.1.

6.4 SPOSTAMENTI PARATIA E STIMA DEI CEDIMENTI

Nella tabella seguente è riportato, per entrambe le sezioni, il valore dello spostamento massimo della paratia nelle condizioni di SLE rara, raggiunto all'applicazione del carico ferroviario subito dopo aver raggiunto la quota di fondo scavo; è indicato anche il rapporto tra lo spostamento massimo e l'altezza della paratia fuori terra.

Analisi	Combinazione	Def [cm]	Def/h [%]
Sezione 1:			
Presenza di puntello in sommità	SLE – rara	0.67	0.23
Sezione 2:			
Assenza di puntello in sommità	SLE – rara	1.27	0.44

Sia la configurazione con puntello in sommità (Sezione 1) che quella in assenza di puntello (Sezione 2) consegnano spostamenti inferiori a 1/200 l'altezza di scavo (=0.5%), che sono valori accettabili.

Nelle figure seguenti è riportata, nelle condizioni di SLE rara, la deformata finale della paratia e l'andamento dei cedimenti in superficie, stimati tramite l'ausilio di formulazioni analitiche note in letteratura sulla base dello spostamento della paratia. In particolare, si sono adottate le formulazioni di Nova (Paratie 2017), Boone & Westland (2006), e Kung et al. (2007).

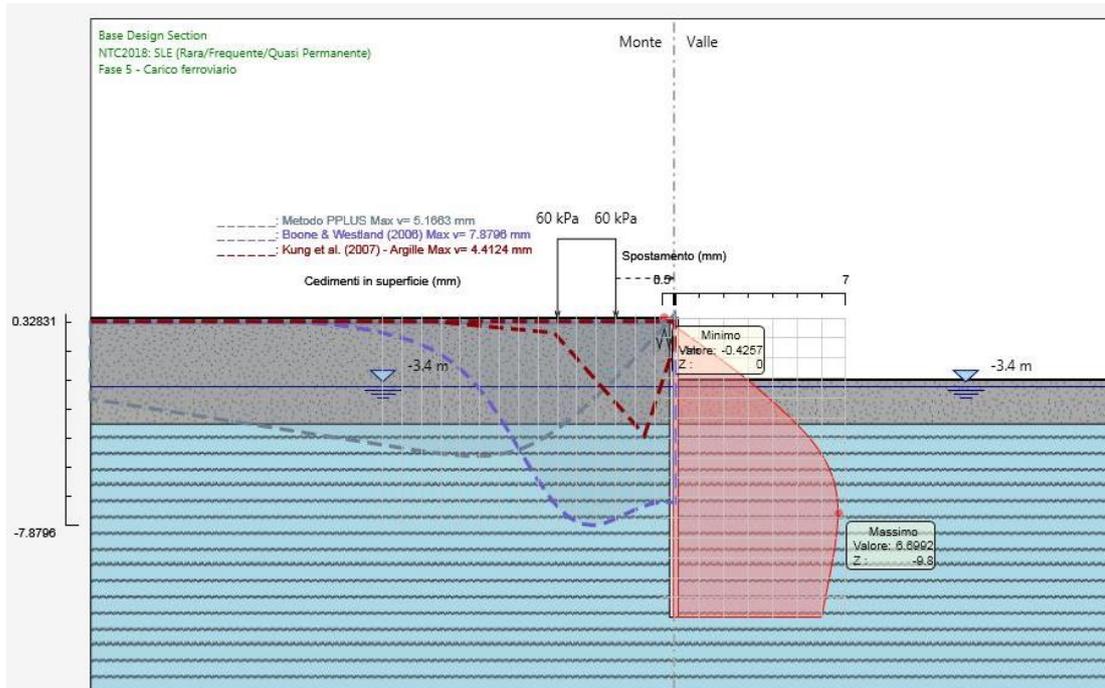


Figura 22: Sez. 1 di calcolo – Comb. SLE – Spostamenti paratia e stima cedimenti in superficie.

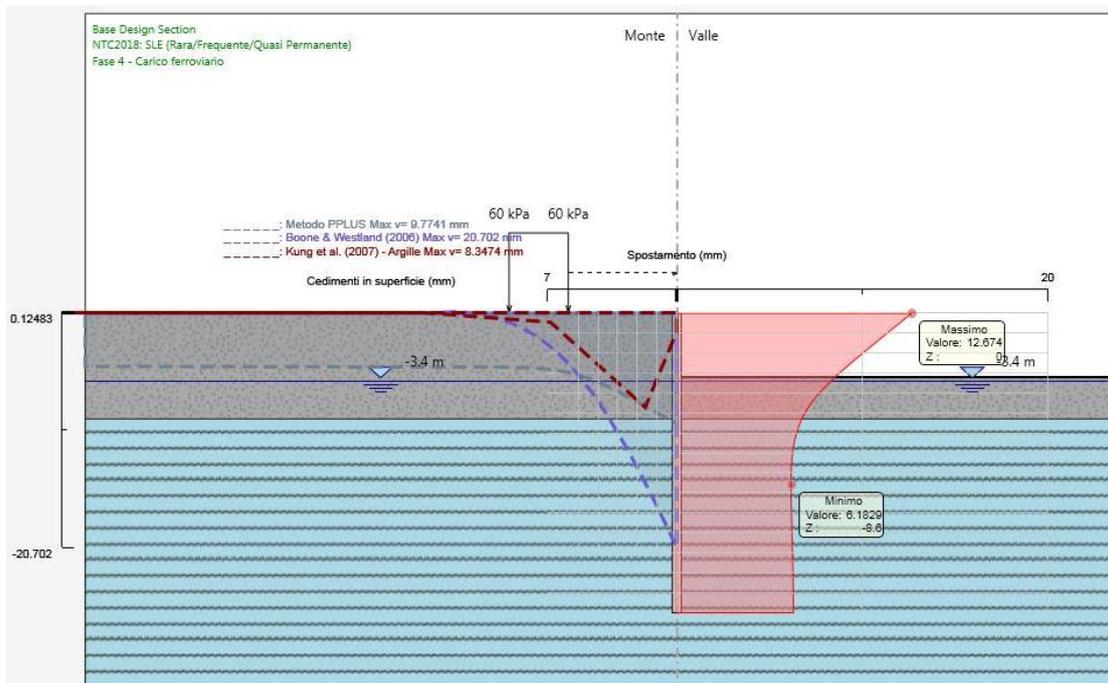


Figura 23: Sez. 2 di calcolo – Comb. SLE – Spostamenti paratia e stima cedimenti in superficie.

Nella tabella seguente si riportano, per entrambe le analisi eseguite, la stima dei cedimenti indotti in superficie ed una prima valutazione dello sghembo dei binari presenti in vicinanza della paratia.

Lo sghembo è valutato su una larghezza di 2 m.

Tabella 3. Previsioni cedimenti piano campagna a tergo paratia e sghembo binario ferroviario esistente.

Analisi	Metodo	Distanza da paratia [m]	Cedimento [mm]	Δ ced su 2m [mm]	Sghembo su 2 m [‰]
Sezione 1	Nova	-3.5	-2.49	1.325	0.66
		-5.5	-3.82		
	Boone	-3.5	-7.77	0.242	0.12
		-5.5	-7.53		
	Kung	-3.5	-2.75	1.708	0.85
		-5.5	-1.04		
Sezione 2	Nova	-6.0	-5.08	0.284	0.14
		-8.0	-4.79		
	Boone	-6.0	-3.55	2.380	1.19
		-8.0	-1.17		
	Kung	-6.0	-1.46	0.574	0.29
		-8.0	-0.89		

È raccomandabile condurre un sistematico monitoraggio delle traversine dei binari per quanto concerne l'assetto tridimensionale delle stesse e la condizione di sghembo dei binari allo scopo di verificare ed accertare le ipotesi progettuali adottate.

Per quanto riguarda il piano monitoraggio si rimanda al paragrafo 7.

7 PIANO DI MONITORAGGIO

Per la linea ferroviaria esistente, che interferisce parzialmente con gli scavi delle pile P05, P06, P15 e P16, si prevede di istituire un controllo dei binari in superficie, nelle immediate vicinanze degli scavi, allo scopo di verificare eventuali perturbazioni indotte dalle lavorazioni di scavo del plinto di fondazione.

Nel caso specifico le grandezze oggetto del monitoraggio sono quelle rappresentative degli effetti dell'interazione tra le lavorazioni di scavo, il terreno e le preesistenze. In generale si prevede di tenere sotto controllo:

- gli spostamenti della superficie topografica;
- gli spostamenti, i cedimenti (assoluti e differenziali), le distorsioni della linea ferroviaria per una zona interessata da perturbazioni significative;
- lo stato deformativo della paratia durante gli scavi.

La strumentazione utilizzata per misurare le grandezze sopra elencate è stata scelta in base al livello di precisione richiesto e quindi in base alla variazione che si prevede tali grandezze subiscano nel corso del monitoraggio.

Pertanto per la ferrovia entro una fascia interessata dall'area di influenza degli scavi del plinto di fondazione saranno disposti strumenti per il monitoraggio degli spostamenti orizzontali e verticali.

Si prevede l'installazione di:

- Capisaldi per livellazione topografica posizionati in adiacenza al binario;
- Mire ottiche posizionate sulle palancole.

Per quanto riguarda i capisaldi, ne saranno installati in totale n. 22: n. 18 in adiacenza al binario su un tratto di linea ferroviaria lungo 40 m (n. 1 ogni 5 m per ciascuna rotaia) e n. 4 su punti esterni di riferimento.

Il numero totale di mire ottiche installate, invece, sarà pari a n. 20: n. 16 posizionate sulle palancole e n. 4 su punti esterni di riferimento; nel dettaglio, delle 16 mire ne saranno posizionate n. 4 su ciascuno dei 4 palancole a sostegno degli scavi delle pile P05, P06, P15 e P16 (solo sui due lati che si affacciano sulla ferrovia).

La strumentazione da installare è riassunta in Tabella 4:

Tabella 4: Strumentazione di monitoraggio da installare.

Opera	Capisaldi	Mire ottiche
Linea FS	22	-
Paratia		20

Tale strumentazione potrà essere soggetta ad un adattamento e perfezionamento a seguito di una specifica attività di rilevamento della linea FS esistente.

7.1 DEFINIZIONE LIMITI DI SOGLIA ED ATTENZIONE

Si fissano dei valori di controllo (valori di soglia) delle principali grandezze coinvolte in modo da accertare la loro rispondenza ai valori progettuali.

Per tale ragione si definiscono dei valori di soglia di Attenzione SAT e di allarme SAL.

Il superamento di tali valori implica l'adozione di idonee contromisure; le contromisure da adottare in caso di superamento dei limiti di allarme hanno lo scopo di riportare la situazione reale entro i limiti previsti in progetto, ovvero rinforzare le strutture perché possano risultare comunque stabili.

La definizione delle **soglie di attenzione ed allarme** per il controllo dei binari della linea FS sarà riferita agli aspetti di potenziale danneggiamento per effetto dei cedimenti indotti dalle operazioni di scavo dei plinti di fondazione.

Tabella 5: Grandezze da monitorare e attribuzione valori di soglia di attenzione ed allarme.

Opera	Grandezza	Soglie	Azione immediata	Azione successiva
Ferrovia esistente	Avallamento/Sollevamento binari	SAT 20 mm su base di 40 m	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentare frequenza letture • Verificare la necessità di strumenti di misura integrativi 	<ul style="list-style-type: none"> • Osservare l'andamento nel tempo
		SAL 30 mm su base di 40 m	<ul style="list-style-type: none"> • Fermo lavori • Adeguamento fasi esecutive • Applicazione rinforzi su paratia • Eventuali rinforzo dei binari 	<ul style="list-style-type: none"> • Strumenti di monitoraggio integrativi • Verificare l'efficacia di una variazione delle fasi esecutive • Verificare l'efficacia di eventuali rinforzi inseriti
	Sghembo / rollio	SAT 2.5‰ su base di 3 m 1.5‰ su base di 10 m	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentare frequenza letture • Verificare la necessità di strumenti di misura integrativi • Verificare le fasi esecutive 	<ul style="list-style-type: none"> • Osservare l'andamento nel tempo

**VI01 – RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI DI
SOSTEGNO DEGLI SCAVI DELLE PILE P05, P06, P15 E P16**

Opera	Grandezza	Soglie	Azione immediata	Azione successiva
		<p>SAL 5.0‰ su base di 3 m 3.0‰ su base di 10 m</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Adeguamento fasi esecutive • Applicazione rinforzi su paratia • Livellamento binari • Eventuali rinforzo dei binari 	<ul style="list-style-type: none"> • Strumenti di monitoraggio integrativi • Verificare l'efficacia di una variazione delle fasi esecutive • Verificare l'efficacia di eventuali rinforzi inseriti
Paratia	Spostamenti assoluti	<p>SAT 20 mm</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentare frequenza letture • Verificare la necessità di strumenti di misura integrativi • Verificare le fasi esecutive 	<ul style="list-style-type: none"> • Osservare l'andamento nel tempo
		<p>SAL 35 mm</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Adeguamento fasi esecutive • Applicazione rinforzi su paratia • Livellamento binari • Eventuali rinforzo dei binari 	<ul style="list-style-type: none"> • Strumenti di monitoraggio integrativi • Verificare l'efficacia di una variazione delle fasi esecutive • Verificare l'efficacia di eventuali rinforzi inseriti

Appendice

Input programma PARATIE PLUS 2017

Paratia provvisoria scavi P05, P15, P06 e P16

Sezione 1

Design Assumption: Nominal - File di Paratie - File di input (.d)

```
* PARATIE ANALYSIS FOR DESIGN SECTION:Base Design Section USING ASSUMPTION: Nominal
* Time:venerdì 5 aprile 2019 16:32:48
* 1: Defining general settings
UNIT m kN
TITLE VI01 Palancola sez. 1
DELTA 0.2
option param itemax 40
option control hinges 0 0.0001 0.001

* 2: Defining wall(s)
WALL LeftWall_32 0 -15 0 1

* 3: Defining surfaces for wall(s)
SOIL 0_L LeftWall_32 -15 0 1 0
SOIL 0_R LeftWall_32 -15 0 2 180

* 4: Defining soil layers
*
* Soil Profile (Ug0_2672_8_L_0)
*
LDATA Ug0_2672_8_L_0 0 LeftWall_32
ATREST 0.4264 0 1
WEIGHT 18.5 8.5 10
PERMEABILITY 1E-07
RESISTANCE 0 35 0.2604 6.67 0
YOUNG 1.5E+04 2.25E+04
ENDL
*
* Soil Profile (Ug1_2673_2683_L_0)
*
LDATA Ug1_2673_2683_L_0 -5.3 LeftWall_32
ATREST 0.5933 0 1
WEIGHT 17 7 10
PERMEABILITY 1E-07
RESISTANCE 0 24 0.4085 3.241 0
YOUNG 5000 7500
ENDL

* 5: Defining structural materials
* Steel material: 115 Name=S275 E=210000000 kPa
MATERIAL S275_115 2.1E+08

* 6: Defining structural elements
* 6.1: Beams and combined Wall Elements
BEAM Palancola_33 LeftWall_32 -15 0 S275_115 0.1978 00 00 0

* 6.2: Supports
```

CELA Spring_3911 LeftWall_32 -1 1.17E+05 0 1 1

* 6.3: Strips

STRIP LeftWall_32 6 6 3 3 0 60 45

* 7: Defining Steps

STEP Fase0-Litostatico_31

CHANGE Ug0_2672_8_L_0 U-FRICT=35 LeftWall_32

CHANGE Ug0_2672_8_L_0 D-FRICT=35 LeftWall_32

CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 U-FRICT=24 LeftWall_32

CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 D-FRICT=24 LeftWall_32

CHANGE Ug0_2672_8_L_0 U-COHE=0 LeftWall_32

CHANGE Ug0_2672_8_L_0 U-ADHES=0 LeftWall_32

CHANGE Ug0_2672_8_L_0 D-COHE=0 LeftWall_32

CHANGE Ug0_2672_8_L_0 D-ADHES=0 LeftWall_32

CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 U-COHE=0 LeftWall_32

CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 U-ADHES=0 LeftWall_32

CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 D-COHE=0 LeftWall_32

CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 D-ADHES=0 LeftWall_32

SETWALL LeftWall_32

GEOM 0 0

WATER -3.4 0 -15 0 0

ENDSTEP

STEP Fase1-Palancola_4638

SETWALL LeftWall_32

GEOM 0 0

WATER -3.4 0 -15 0 0

ADD Palancola_33

ENDSTEP

STEP Fase2-Scavo-1.50m_2686

SETWALL LeftWall_32

GEOM 0 -1.5

WATER -3.4 0 -15 0 0

ENDSTEP

STEP Fase3-Puntone_7457

SETWALL LeftWall_32

GEOM 0 -1.5

WATER -3.4 0 -15 0 0

ADD Spring_3911

ENDSTEP

STEP Fase4-Scavo-2.90m_4392

SETWALL LeftWall_32

GEOM 0 -3.1

WATER -3.4 0 -15 0 0

ENDSTEP

**VI01 – RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI DI
SOSTEGNO DEGLI SCAVI DELLE PILE P05, P06, P15 E P16**

```
STEP Fase5-Caricoferroviario_6746  
SETWALL LeftWall_32  
GEOM 0 -3.1  
WATER -3.4 0 -15 0 0  
ENDSTEP
```

Design Assumption: SLE (Rara) - File di Paratie - File di input (.d)

```
* PARATIE ANALYSIS FOR DESIGN SECTION:Base Design Section USING ASSUMPTION: NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente)
* Time:venerdì 5 aprile 2019 16:32:49
* 1: Defining general settings
UNIT m kN
TITLE VI01 Palancola sez. 1
DELTA 0.2
option param itemax 40
option control hinges 0 0.0001 0.001

* 2: Defining wall(s)
WALL LeftWall_32 0 -15 0 1

* 3: Defining surfaces for wall(s)
SOIL 0_L LeftWall_32 -15 0 1 0
SOIL 0_R LeftWall_32 -15 0 2 180

* 4: Defining soil layers
*
* Soil Profile (Ug0_2672_8_L_0)
*
LDATA Ug0_2672_8_L_0 0 LeftWall_32
ATREST 0.4264 0 1
WEIGHT 18.5 8.5 10
PERMEABILITY 1E-07
RESISTANCE 0 35 0.2604 6.67 0
YOUNG 1.5E+04 2.25E+04
ENDL
*
* Soil Profile (Ug1_2673_2683_L_0)
*
LDATA Ug1_2673_2683_L_0 -5.3 LeftWall_32
ATREST 0.5933 0 1
WEIGHT 17 7 10
PERMEABILITY 1E-07
RESISTANCE 0 24 0.4085 3.241 0
YOUNG 5000 7500
ENDL

* 5: Defining structural materials
* Steel material: 115 Name=S275 E=210000000 kPa
MATERIAL S275_115 2.1E+08

* 6: Defining structural elements
* 6.1: Beams and combined Wall Elements
BEAM Palancola_33 LeftWall_32 -15 0 S275_115 0.1978 00 00 0

* 6.2: Supports

CELA Spring_3911 LeftWall_32 -1 1.17E+05 0 1 1

* 6.3: Strips
STRIP LeftWall_32 6 6 3 3 0 60 45

* 7: Defining Steps
STEP Fase0-Litostatico_31
CHANGE Ug0_2672_8_L_0 U-FRICT=35 LeftWall_32
CHANGE Ug0_2672_8_L_0 D-FRICT=35 LeftWall_32
CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 U-FRICT=24 LeftWall_32
CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 D-FRICT=24 LeftWall_32
CHANGE Ug0_2672_8_L_0 U-COHE=0 LeftWall_32
CHANGE Ug0_2672_8_L_0 U-ADHES=0 LeftWall_32
CHANGE Ug0_2672_8_L_0 D-COHE=0 LeftWall_32
CHANGE Ug0_2672_8_L_0 D-ADHES=0 LeftWall_32
CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 U-COHE=0 LeftWall_32
```

```
CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 U-ADHES=0 LeftWall_32  
CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 D-COHE=0 LeftWall_32  
CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 D-ADHES=0 LeftWall_32  
SETWALL LeftWall_32  
GEOM 0 0  
WATER -3.4 0 -15 0 0  
ENDSTEP
```

```
STEP Fase1-Palancola_4638  
SETWALL LeftWall_32  
GEOM 0 0  
WATER -3.4 0 -15 0 0  
ADD Palancola_33  
ENDSTEP
```

```
STEP Fase2-Scavo-1.50m_2686  
SETWALL LeftWall_32  
GEOM 0 -1.5  
WATER -3.4 0 -15 0 0  
ENDSTEP
```

```
STEP Fase3-Puntone_7457  
SETWALL LeftWall_32  
GEOM 0 -1.5  
WATER -3.4 0 -15 0 0  
ADD Spring_3911  
ENDSTEP
```

```
STEP Fase4-Scavo-2.90m_4392  
SETWALL LeftWall_32  
GEOM 0 -3.1  
WATER -3.4 0 -15 0 0  
ENDSTEP
```

```
STEP Fase5-Caricoferroviario_6746  
SETWALL LeftWall_32  
GEOM 0 -3.1  
WATER -3.4 0 -15 0 0  
ENDSTEP
```

Design Assumption : A1+M1+R1 - File di Paratie - File di input (.d)

```
* PARATIE ANALYSIS FOR DESIGN SECTION:Base Design Section USING ASSUMPTION: NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per
tiranti)
* Time:venerdì 5 aprile 2019 16:32:49
* 1: Defining general settings
UNIT m kN
TITLE VI01 Palancola sez. 1
DELTA 0.2
option param itemax 40
option control hinges 0 0.0001 0.001

* 2: Defining wall(s)
WALL LeftWall_32 0 -15 0 1

* 3: Defining surfaces for wall(s)
SOIL 0_L LeftWall_32 -15 0 1 0
SOIL 0_R LeftWall_32 -15 0 2 180

* 4: Defining soil layers
*
* Soil Profile (Ug0_2672_8_L_0)
*
LDATA Ug0_2672_8_L_0 0 LeftWall_32
ATREST 0.4264 0 1
WEIGHT 18.5 8.5 10
PERMEABILITY 1E-07
RESISTANCE 0 35 0.2604 6.67 0
YOUNG 1.5E+04 2.25E+04
ENDL
*
* Soil Profile (Ug1_2673_2683_L_0)
*
LDATA Ug1_2673_2683_L_0 -5.3 LeftWall_32
ATREST 0.5933 0 1
WEIGHT 17 7 10
PERMEABILITY 1E-07
RESISTANCE 0 24 0.4085 3.241 0
YOUNG 5000 7500
ENDL

* 5: Defining structural materials
* Steel material: 115 Name=S275 E=210000000 kPa
MATERIAL S275_115 2.1E+08

* 6: Defining structural elements
* 6.1: Beams and combined Wall Elements
BEAM Palancola_33 LeftWall_32 -15 0 S275_115 0.1978 00 00 0

* 6.2: Supports

CELA Spring_3911 LeftWall_32 -1 1.17E+05 0 1 1

* 6.3: Strips
STRIP LeftWall_32 6 6 3 3 0 69.23 45

* 7: Defining Steps
STEP Fase0-Litostatico_31
CHANGE Ug0_2672_8_L_0 U-FRICT=35 LeftWall_32
CHANGE Ug0_2672_8_L_0 D-FRICT=35 LeftWall_32
CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 U-FRICT=24 LeftWall_32
CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 D-FRICT=24 LeftWall_32
CHANGE Ug0_2672_8_L_0 U-COHE=0 LeftWall_32
CHANGE Ug0_2672_8_L_0 U-ADHES=0 LeftWall_32
CHANGE Ug0_2672_8_L_0 D-COHE=0 LeftWall_32
CHANGE Ug0_2672_8_L_0 D-ADHES=0 LeftWall_32
CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 U-COHE=0 LeftWall_32
```

```
CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 U-ADHES=0 LeftWall_32
CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 D-COHE=0 LeftWall_32
CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 D-ADHES=0 LeftWall_32
SETWALL LeftWall_32
GEOM 0 0
WATER -3.4 0 -15 0 0
ENDSTEP
```

```
STEP Fase1-Palancola_4638
SETWALL LeftWall_32
GEOM 0 0
WATER -3.4 0 -15 0 0
ADD Palancola_33
ENDSTEP
```

```
STEP Fase2-Scavo-1.50m_2686
SETWALL LeftWall_32
GEOM 0 -1.5
WATER -3.4 0 -15 0 0
ENDSTEP
```

```
STEP Fase3-Puntone_7457
SETWALL LeftWall_32
GEOM 0 -1.5
WATER -3.4 0 -15 0 0
ADD Spring_3911
ENDSTEP
```

```
STEP Fase4-Scavo-2.90m_4392
SETWALL LeftWall_32
GEOM 0 -3.1
WATER -3.4 0 -15 0 0
ENDSTEP
```

```
STEP Fase5-Caricoferroviario_6746
SETWALL LeftWall_32
GEOM 0 -3.1
WATER -3.4 0 -15 0 0
ENDSTEP
```

Design Assumption : A2+M2+R1 - File di Paratie - File di input (.d)

```
* PARATIE ANALYSIS FOR DESIGN SECTION:Base Design Section USING ASSUMPTION: NTC2018: A2+M2+R1
* Time:venerdì 5 aprile 2019 16:32:50
* 1: Defining general settings
UNIT m kN
TITLE VI01 Palancola sez. 1
DELTA 0.2
option param itemax 40
option control hinges 0 0.0001 0.001

* 2: Defining wall(s)
WALL LeftWall_32 0 -15 0 1

* 3: Defining surfaces for wall(s)
SOIL 0_L LeftWall_32 -15 0 1 0
SOIL 0_R LeftWall_32 -15 0 2 180

* 4: Defining soil layers
*
* Soil Profile (Ug0_2672_8_L_0)
*
LDATA Ug0_2672_8_L_0 0 LeftWall_32
ATREST 0.4264 0 1
WEIGHT 18.5 8.5 10
PERMEABILITY 1E-07
RESISTANCE 0 35 0.2604 6.67 0
YOUNG 1.5E+04 2.25E+04
ENDL
*
* Soil Profile (Ug1_2673_2683_L_0)
*
LDATA Ug1_2673_2683_L_0 -5.3 LeftWall_32
ATREST 0.5933 0 1
WEIGHT 17 7 10
PERMEABILITY 1E-07
RESISTANCE 0 24 0.4085 3.241 0
YOUNG 5000 7500
ENDL

* 5: Defining structural materials
* Steel material: 115 Name=S275 E=210000000 kPa
MATERIAL S275_115 2.1E+08

* 6: Defining structural elements
* 6.1: Beams and combined Wall Elements
BEAM Palancola_33 LeftWall_32 -15 0 S275_115 0.1978 00 00 0

* 6.2: Supports
```

CELA Spring_3911 LeftWall_32 -1 1.17E+05 0 1 1

* 6.3: Strips

STRIP LeftWall_32 6 6 3 3 0 78 45

* 7: Defining Steps

STEP Fase0-Litostatico_31

CHANGE Ug0_2672_8_L_0 U-FRICT=29.26 LeftWall_32

CHANGE Ug0_2672_8_L_0 D-FRICT=29.26 LeftWall_32

CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 U-FRICT=19.61 LeftWall_32

CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 D-FRICT=19.61 LeftWall_32

CHANGE Ug0_2672_8_L_0 U-COHE=0 LeftWall_32

CHANGE Ug0_2672_8_L_0 U-ADHES=0 LeftWall_32

CHANGE Ug0_2672_8_L_0 D-COHE=0 LeftWall_32

CHANGE Ug0_2672_8_L_0 D-ADHES=0 LeftWall_32

CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 U-COHE=0 LeftWall_32

CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 U-ADHES=0 LeftWall_32

CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 D-COHE=0 LeftWall_32

CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 D-ADHES=0 LeftWall_32

SETWALL LeftWall_32

GEOM 0 0

WATER -3.4 0 -15 0 0

ENDSTEP

STEP Fase1-Palancola_4638

SETWALL LeftWall_32

GEOM 0 0

WATER -3.4 0 -15 0 0

ADD Palancola_33

ENDSTEP

STEP Fase2-Scavo-1.50m_2686

SETWALL LeftWall_32

GEOM 0 -1.5

WATER -3.4 0 -15 0 0

ENDSTEP

STEP Fase3-Puntone_7457

SETWALL LeftWall_32

GEOM 0 -1.5

WATER -3.4 0 -15 0 0

ADD Spring_3911

ENDSTEP

STEP Fase4-Scavo-2.90m_4392

SETWALL LeftWall_32

GEOM 0 -3.1

WATER -3.4 0 -15 0 0

ENDSTEP

STEP Fase5-Caricoferroviario_6746

MANDATARIA



MANDANTE



```
SETWALL LeftWall_32  
GEOM 0 -3.1  
WATER -3.4 0 -15 0 0  
ENDSTEP
```

Paratia provvisoria scavi P05, P15, P06 e P16
Sezione 2

Design Assumption: Nominal - File di Paratie - File di input (.d)

```
* PARATIE ANALYSIS FOR DESIGN SECTION:Base Design Section USING ASSUMPTION: Nominal
* Time:venerdì 5 aprile 2019 16:39:38
* 1: Defining general settings
UNIT m kN
TITLE VI01 Palancola sez. 2
DELTA 0.2
option param itemax 40
option control hinges 0 0.0001 0.001

* 2: Defining wall(s)
WALL LeftWall_32 0 -15 0 1

* 3: Defining surfaces for wall(s)
SOIL 0_L LeftWall_32 -15 0 1 0
SOIL 0_R LeftWall_32 -15 0 2 180

* 4: Defining soil layers
*
* Soil Profile (Ug0_2672_8_L_0)
*
LDATA Ug0_2672_8_L_0 0 LeftWall_32
ATREST 0.4264 0 1
WEIGHT 18.5 8.5 10
PERMEABILITY 1E-07
RESISTANCE 0 35 0.2604 6.67 0
YOUNG 1.5E+04 2.25E+04
ENDL
*
* Soil Profile (Ug1_2673_2683_L_0)
*
LDATA Ug1_2673_2683_L_0 -5.3 LeftWall_32
ATREST 0.5933 0 1
WEIGHT 17 7 10
PERMEABILITY 1E-07
RESISTANCE 0 24 0.4085 3.241 0
YOUNG 5000 7500
ENDL

* 5: Defining structural materials
* Steel material: 115 Name=S275 E=210000000 kPa
MATERIAL S275_115 2.1E+08

* 6: Defining structural elements
* 6.1: Beams and combined Wall Elements
BEAM Palancola_33 LeftWall_32 -15 0 S275_115 0.1978 00 00 0

* 6.2: Supports

* 6.3: Strips
STRIP LeftWall_32 5 5 5.5 3 0 60 45

* 7: Defining Steps
STEP Fase0-Litostatico_31
CHANGE Ug0_2672_8_L_0 U-FRICT=35 LeftWall_32
CHANGE Ug0_2672_8_L_0 D-FRICT=35 LeftWall_32
CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 U-FRICT=24 LeftWall_32
CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 D-FRICT=24 LeftWall_32
CHANGE Ug0_2672_8_L_0 U-COHE=0 LeftWall_32
CHANGE Ug0_2672_8_L_0 U-ADHES=0 LeftWall_32
CHANGE Ug0_2672_8_L_0 D-COHE=0 LeftWall_32
CHANGE Ug0_2672_8_L_0 D-ADHES=0 LeftWall_32
CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 U-COHE=0 LeftWall_32
CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 U-ADHES=0 LeftWall_32
```

```
CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 D-COHE=0 LeftWall_32  
CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 D-ADHES=0 LeftWall_32  
SETWALL LeftWall_32  
GEOM 0 0  
WATER -3.4 0 -15 0 0  
ENDSTEP
```

```
STEP Fase1-Palancola_4638  
SETWALL LeftWall_32  
GEOM 0 0  
WATER -3.4 0 -15 0 0  
ADD Palancola_33  
ENDSTEP
```

```
STEP Fase2-Scavo-1.50m_2686  
SETWALL LeftWall_32  
GEOM 0 -1.5  
WATER -3.4 0 -15 0 0  
ENDSTEP
```

```
STEP Fase3-Scavo-2.90m_4392  
SETWALL LeftWall_32  
GEOM 0 -3.2  
WATER -3.4 0 -15 0 0  
ENDSTEP
```

```
STEP Fase4-Caricoferroviario_6746  
SETWALL LeftWall_32  
GEOM 0 -3.2  
WATER -3.4 0 -15 0 0  
ENDSTEP
```

Design Assumption: SLE (Rara) - File di Paratie - File di input (.d)

```
* PARATIE ANALYSIS FOR DESIGN SECTION:Base Design Section USING ASSUMPTION: NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente)
* Time:venerdì 5 aprile 2019 16:39:39
* 1: Defining general settings
UNIT m kN
TITLE VI01 Palancola sez. 2
DELTA 0.2
option param itemax 40
option control hinges 0 0.0001 0.001

* 2: Defining wall(s)
WALL LeftWall_32 0 -15 0 1

* 3: Defining surfaces for wall(s)
SOIL 0_L LeftWall_32 -15 0 1 0
SOIL 0_R LeftWall_32 -15 0 2 180

* 4: Defining soil layers
*
* Soil Profile (Ug0_2672_8_L_0)
*
LDATA Ug0_2672_8_L_0 0 LeftWall_32
ATREST 0.4264 0 1
WEIGHT 18.5 8.5 10
PERMEABILITY 1E-07
RESISTANCE 0 35 0.2604 6.67 0
YOUNG 1.5E+04 2.25E+04
ENDDL
*
* Soil Profile (Ug1_2673_2683_L_0)
*
LDATA Ug1_2673_2683_L_0 -5.3 LeftWall_32
ATREST 0.5933 0 1
WEIGHT 17 7 10
PERMEABILITY 1E-07
RESISTANCE 0 24 0.4085 3.241 0
YOUNG 5000 7500
ENDDL

* 5: Defining structural materials
* Steel material: 115 Name=S275 E=210000000 kPa
MATERIAL S275_115 2.1E+08

* 6: Defining structural elements
* 6.1: Beams and combined Wall Elements
BEAM Palancola_33 LeftWall_32 -15 0 S275_115 0.1978 00 00 0

* 6.2: Supports

* 6.3: Strips
STRIP LeftWall_32 5 5 5.5 3 0 60 45

* 7: Defining Steps
STEP Fase0-Litostatico_31
CHANGE Ug0_2672_8_L_0 U-FRICT=35 LeftWall_32
CHANGE Ug0_2672_8_L_0 D-FRICT=35 LeftWall_32
CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 U-FRICT=24 LeftWall_32
CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 D-FRICT=24 LeftWall_32
CHANGE Ug0_2672_8_L_0 U-COHE=0 LeftWall_32
CHANGE Ug0_2672_8_L_0 U-ADHES=0 LeftWall_32
CHANGE Ug0_2672_8_L_0 D-COHE=0 LeftWall_32
CHANGE Ug0_2672_8_L_0 D-ADHES=0 LeftWall_32
CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 U-COHE=0 LeftWall_32
CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 U-ADHES=0 LeftWall_32
CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 D-COHE=0 LeftWall_32
```

```
CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 D-ADHES=0 LeftWall_32
SETWALL LeftWall_32
GEOM 0 0
WATER -3.4 0 -15 0 0
ENDSTEP
```

```
STEP Fase1-Palancola_4638
SETWALL LeftWall_32
GEOM 0 0
WATER -3.4 0 -15 0 0
ADD Palancola_33
ENDSTEP
```

```
STEP Fase2-Scavo-1.50m_2686
SETWALL LeftWall_32
GEOM 0 -1.5
WATER -3.4 0 -15 0 0
ENDSTEP
```

```
STEP Fase3-Scavo-2.90m_4392
SETWALL LeftWall_32
GEOM 0 -3.2
WATER -3.4 0 -15 0 0
ENDSTEP
```

```
STEP Fase4-Caricoferroviario_6746
SETWALL LeftWall_32
GEOM 0 -3.2
WATER -3.4 0 -15 0 0
ENDSTEP
```

Design Assumption : A1+M1+R1 - File di Paratie - File di input (.d)

```
* PARATIE ANALYSIS FOR DESIGN SECTION:Base Design Section USING ASSUMPTION: NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per
tiranti)
* Time:venerdì 5 aprile 2019 16:39:40
* 1: Defining general settings
UNIT m kN
TITLE VI01 Palancola sez. 2
DELTA 0.2
option param itemax 40
option control hinges 0 0.0001 0.001

* 2: Defining wall(s)
WALL LeftWall_32 0 -15 0 1

* 3: Defining surfaces for wall(s)
SOIL 0_L LeftWall_32 -15 0 1 0
SOIL 0_R LeftWall_32 -15 0 2 180

* 4: Defining soil layers
*
* Soil Profile (Ug0_2672_8_L_0)
*
LDATA Ug0_2672_8_L_0 0 LeftWall_32
ATREST 0.4264 0 1
WEIGHT 18.5 8.5 10
PERMEABILITY 1E-07
RESISTANCE 0 35 0.2604 6.67 0
YOUNG 1.5E+04 2.25E+04
ENDL
*
* Soil Profile (Ug1_2673_2683_L_0)
*
LDATA Ug1_2673_2683_L_0 -5.3 LeftWall_32
ATREST 0.5933 0 1
WEIGHT 17 7 10
PERMEABILITY 1E-07
RESISTANCE 0 24 0.4085 3.241 0
YOUNG 5000 7500
ENDL

* 5: Defining structural materials
* Steel material: 115 Name=S275 E=210000000 kPa
MATERIAL S275_115 2.1E+08

* 6: Defining structural elements
* 6.1: Beams and combined Wall Elements
BEAM Palancola_33 LeftWall_32 -15 0 S275_115 0.1978 00 00 0

* 6.2: Supports

* 6.3: Strips
STRIP LeftWall_32 5 5 5.5 3 0 69.23 45

* 7: Defining Steps
STEP Fase0-Litostatico_31
CHANGE Ug0_2672_8_L_0 U-FRICT=35 LeftWall_32
CHANGE Ug0_2672_8_L_0 D-FRICT=35 LeftWall_32
CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 U-FRICT=24 LeftWall_32
CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 D-FRICT=24 LeftWall_32
CHANGE Ug0_2672_8_L_0 U-COHE=0 LeftWall_32
CHANGE Ug0_2672_8_L_0 U-ADHES=0 LeftWall_32
CHANGE Ug0_2672_8_L_0 D-COHE=0 LeftWall_32
CHANGE Ug0_2672_8_L_0 D-ADHES=0 LeftWall_32
CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 U-COHE=0 LeftWall_32
CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 U-ADHES=0 LeftWall_32
CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 D-COHE=0 LeftWall_32
```

```
CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 D-ADHES=0 LeftWall_32
SETWALL LeftWall_32
GEOM 0 0
WATER -3.4 0 -15 0 0
ENDSTEP
```

```
STEP Fase1-Palancola_4638
SETWALL LeftWall_32
GEOM 0 0
WATER -3.4 0 -15 0 0
ADD Palancola_33
ENDSTEP
```

```
STEP Fase2-Scavo-1.50m_2686
SETWALL LeftWall_32
GEOM 0 -1.5
WATER -3.4 0 -15 0 0
ENDSTEP
```

```
STEP Fase3-Scavo-2.90m_4392
SETWALL LeftWall_32
GEOM 0 -3.2
WATER -3.4 0 -15 0 0
ENDSTEP
```

```
STEP Fase4-Caricoferroviario_6746
SETWALL LeftWall_32
GEOM 0 -3.2
WATER -3.4 0 -15 0 0
ENDSTEP
```

Design Assumption : A2+M2+R1 - File di Paratie - File di input (.d)

```
* PARATIE ANALYSIS FOR DESIGN SECTION:Base Design Section USING ASSUMPTION: NTC2018: A2+M2+R1
* Time:venerdì 5 aprile 2019 16:39:41
* 1: Defining general settings
UNIT m kN
TITLE VI01 Palancola sez. 2
DELTA 0.2
option param itemax 40
option control hinges 0 0.0001 0.001

* 2: Defining wall(s)
WALL LeftWall_32 0 -15 0 1

* 3: Defining surfaces for wall(s)
SOIL 0_L LeftWall_32 -15 0 1 0
SOIL 0_R LeftWall_32 -15 0 2 180

* 4: Defining soil layers
*
* Soil Profile (Ug0_2672_8_L_0)
*
LDATA Ug0_2672_8_L_0 0 LeftWall_32
ATREST 0.4264 0 1
WEIGHT 18.5 8.5 10
PERMEABILITY 1E-07
RESISTANCE 0 35 0.2604 6.67 0
YOUNG 1.5E+04 2.25E+04
ENDL
*
* Soil Profile (Ug1_2673_2683_L_0)
*
LDATA Ug1_2673_2683_L_0 -5.3 LeftWall_32
ATREST 0.5933 0 1
WEIGHT 17 7 10
PERMEABILITY 1E-07
RESISTANCE 0 24 0.4085 3.241 0
YOUNG 5000 7500
ENDL

* 5: Defining structural materials
* Steel material: 115 Name=S275 E=210000000 kPa
MATERIAL S275_115 2.1E+08

* 6: Defining structural elements
* 6.1: Beams and combined Wall Elements
BEAM Palancola_33 LeftWall_32 -15 0 S275_115 0.1978 00 00 0

* 6.2: Supports
```

* 6.3: Strips

STRIP LeftWall_32 5 5 5.5 3 0 78 45

* 7: Defining Steps

STEP Fase0-Litostatico_31

CHANGE Ug0_2672_8_L_0 U-FRICT=29.26 LeftWall_32

CHANGE Ug0_2672_8_L_0 D-FRICT=29.26 LeftWall_32

CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 U-FRICT=19.61 LeftWall_32

CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 D-FRICT=19.61 LeftWall_32

CHANGE Ug0_2672_8_L_0 U-COHE=0 LeftWall_32

CHANGE Ug0_2672_8_L_0 U-ADHES=0 LeftWall_32

CHANGE Ug0_2672_8_L_0 D-COHE=0 LeftWall_32

CHANGE Ug0_2672_8_L_0 D-ADHES=0 LeftWall_32

CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 U-COHE=0 LeftWall_32

CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 U-ADHES=0 LeftWall_32

CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 D-COHE=0 LeftWall_32

CHANGE Ug1_2673_2683_L_0 D-ADHES=0 LeftWall_32

SETWALL LeftWall_32

GEOM 0 0

WATER -3.4 0 -15 0 0

ENDSTEP

STEP Fase1-Palancola_4638

SETWALL LeftWall_32

GEOM 0 0

WATER -3.4 0 -15 0 0

ADD Palancola_33

ENDSTEP

STEP Fase2-Scavo-1.50m_2686

SETWALL LeftWall_32

GEOM 0 -1.5

WATER -3.4 0 -15 0 0

ENDSTEP

STEP Fase3-Scavo-2.90m_4392

SETWALL LeftWall_32

GEOM 0 -3.2

WATER -3.4 0 -15 0 0

ENDSTEP

STEP Fase4-Caricoferroviario_6746

SETWALL LeftWall_32

GEOM 0 -3.2

WATER -3.4 0 -15 0 0

ENDSTEP