

COMMITTENTE:



ALTA
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE
OBIETTIVO N. 443/01
LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA
Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza
PROGETTO ESECUTIVO
VIADOTTI E PONTI
Viadotto Alpone I dal km 21+497.666 al km 21+842.666
SCAVI, DEMOLIZIONE, OPERE PROVVISORIALI
Relazione di calcolo opere provvisoriali**

GENERAL CONTRACTOR				DIRETTORE LAVORI				SCALA
IL PROGETTISTA INTEGRATORE		Conorzio Iricav Due						-
Ing. Giovanni MALAYENDA ALBO INGEGNERI PROV. DI MESSINA n. 4503		ing. Paolo Carmona						
Data: Giugno 2022		Data: Giugno 2022						

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

I N 1 7 1 2 E I 2 C L V I 0 5 D 1 0 0 1 C - - - D I - - -

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Ing Alberto Levorato	Giugno 2022

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
B	REVISIONE	G. Furlani <i>G. Furlani</i>	Febbraio 2021	V. Pastore <i>V. Pastore</i>	Febbraio 2021	P. Ascari <i>P. Ascari</i>	Febbraio 2021	P. Ascari
C	RECEPIMENTO ISTRUTTORIE	G. Furlani <i>G. Furlani</i>	Giugno 2022	V. Pastore <i>V. Pastore</i>	Giugno 2022	P. Ascari <i>P. Ascari</i>	Giugno 2022	

CIG. 8377957CD1 CUP: J41E9100000009 File: IN1712EI2CLVI05D1001C.DOCX
Cod. origine:



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI05D - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 05 D 1 001	Rev. C	Foglio 2 di 48	

INDICE

1	PREMESSA.....	4
2	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	9
2.1	Normativa di riferimento.....	9
2.2	Documenti di riferimento.....	9
2.3	Software di riferimento.....	9
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	10
4	ANALISI DELLE PARATIE	11
4.1	Combinazioni e coefficienti parziali.....	11
4.2	Caratterizzazione geotecnica dei terreni	12
4.3	Elementi strutturali	13
4.4	Carichi applicati.....	13
4.5	Stabilità globale.....	13
4.6	Sezioni di calcolo	15
4.7	Discretizzazione di calcolo.....	15
4.7.1	Sezione 1	15
4.8	Fasi di calcolo	16
4.8.1	Sezione 1	16
4.9	Principali risultati delle analisi	19
4.9.1	Sezione 1	19
4.10	Verifiche di resistenza palancole	24
4.10.1	Sezione 1	25
4.11	Verifiche nei confronti degli stati limite idraulici	26
5	ANALISI DI STABILITA'	29
5.1	Metodologie di calcolo verifica di stabilità.....	29
5.2	Carichi.....	29
5.3	Sezioni di calcolo	30
5.4	Caratterizzazione geotecnica dei terreni	30
5.5	Risultati	30

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI05D - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 05 D 1 001	Rev. C	Foglio 3 di 48	

6	APPENDICE A. ANALISI STABILITA'. TABULATI DI CALCOLO SLIDE.....	32
6.1	Analisi di stabilità statica SLU – Hscavo = 3.6 m.....	32
7	APPENDICE B. Tabulato di calcolo Plaxis.....	38

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
VI05D - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 05 D 1 001	Rev. C	Foglio 4 di 48	

1 PREMESSA

La presente revisione del documento viene emessa al fine di recepire le osservazioni di istruttoria RINA ed Italferr.

La presente relazione sviluppa il dimensionamento, la verifica geotecnica e stabilità strutturale delle paratie provvisorie e degli scavi necessari per la realizzazione delle fondazioni del viadotto Alpone I VI05D, ubicato tra le progressive chilometriche 21+497.666 e 21+842.666 della linea A.V. / A.C. Torino – Venezia, tratta Verona – Padova, lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza.

Per le pile P48, P49, P53÷P58, in relazione alla presenza di interferenze al contorno (adiacente viabilità della Strada Porcilaia in esercizio), si prevedono palancole a sbalzo con lunghezza $L=12.0$ m, di cui il primo metro rimane sopra p.c. ed i restanti 11 m sono infissi nel terreno. Verranno realizzate con profili a doppia onda PU18 disposti planimetricamente sull'intero perimetro delle fondazioni, al fine di consentire lo scavo in sicurezza e limitare i processi di filtrazione idraulica verso l'interno.

Per le restanti fondazioni si prevedono scavi a cielo aperto con scarpate a pendenza 2 (verticale) / 3 (orizzontale) considerando una altezza massima di scavo di 3.6 m circa; per queste fondazioni non ci sono vincoli al contorno e la falda è generalmente sotto il fondo scavo.

Il livello di falda per il dimensionamento delle opere provvisorie è assunto a +20.5 m s.l.m. per la maggior parte delle opere ad eccezione delle pile da P54 a P57 comprese, dove si è considerato cautelativamente un livello di +24.6 m s.l.m.. È inoltre prevista la predisposizione di eventuali pozzi di aggotamento (2 per ogni plinto, ubicati all'interno del palancolato) in funzione del livello piezometrico effettivamente misurato in fase di cantierizzazione. In presenza di terreni granulari permeabili, verranno attivati prima di iniziare lo scavo e consentiranno di mantenere asciutto il fondo scavo durante l'approfondimento, la scapitozzatura dei pali, la posa delle armature e il getto del plinto.

Le opere di sostegno in argomento, in accordo al punto 2.4.1 NTC2008, sono da ritenersi opere provvisorie e per esse è omessa la verifica sismica.

Le analisi statiche e le verifiche di seguito esposte hanno consentito di definire le caratteristiche minime di inerzia e resistenza delle opere provvisorie. Tuttavia, si deve tenere presente che nei terreni granulari addensati considerazioni legate a difficoltà di infissione delle palancole possono diventare determinanti nella scelta della sezione. In relazione alle condizioni locali ed alle tecnologie di infissione disponibili in cantiere, si potrebbe verificare la necessità di operare con palancole più 'pesanti', sovradimensionate quindi rispetto alle semplici necessità statiche.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>				
<p>VI05D - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</p>		<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento E12 CL VI 05 D 1 001</p>	<p>Rev. C</p>	<p>Foglio 5 di 48</p>

Nelle seguenti figure si riportano le sezioni delle opere provvisionali di riferimento per i calcoli di seguito eseguiti.

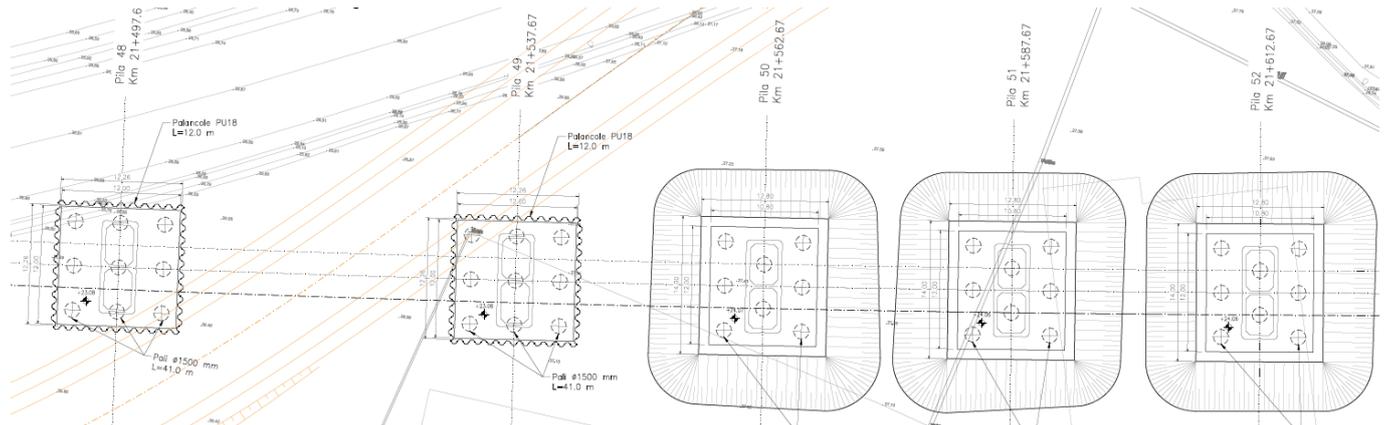


Figura 1 – Pianta opere provvisionali da P48 a P52

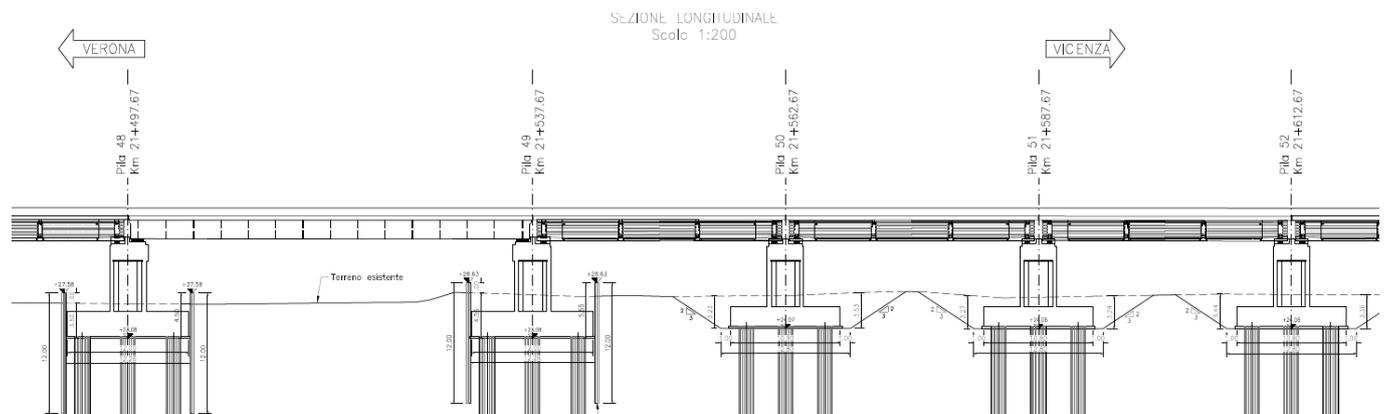


Figura 2 – Sezione longitudinale da P48 a P52

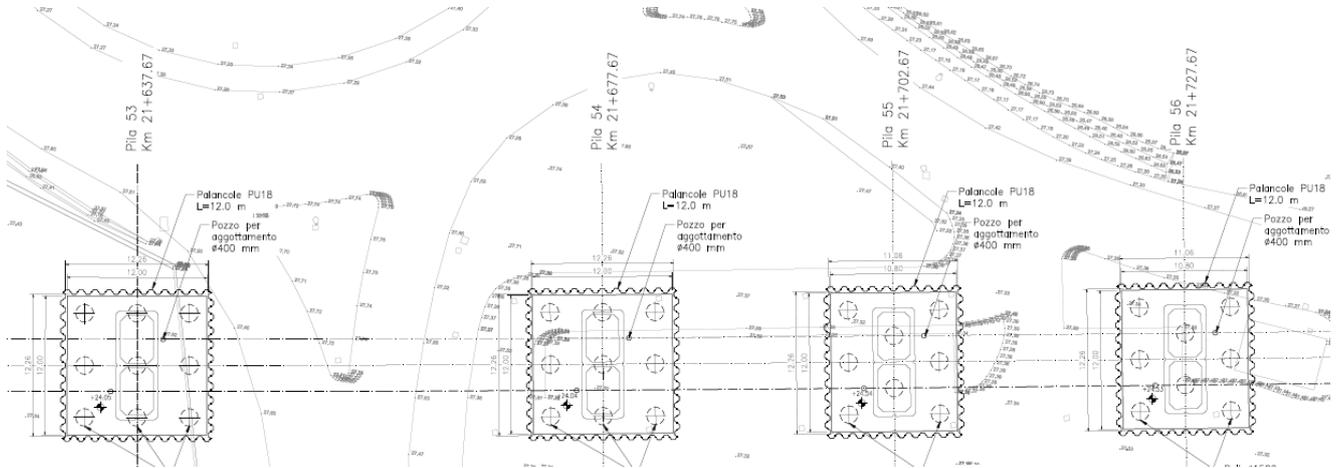


Figura 3 – Pianta opere provvisionali da P53 a P56

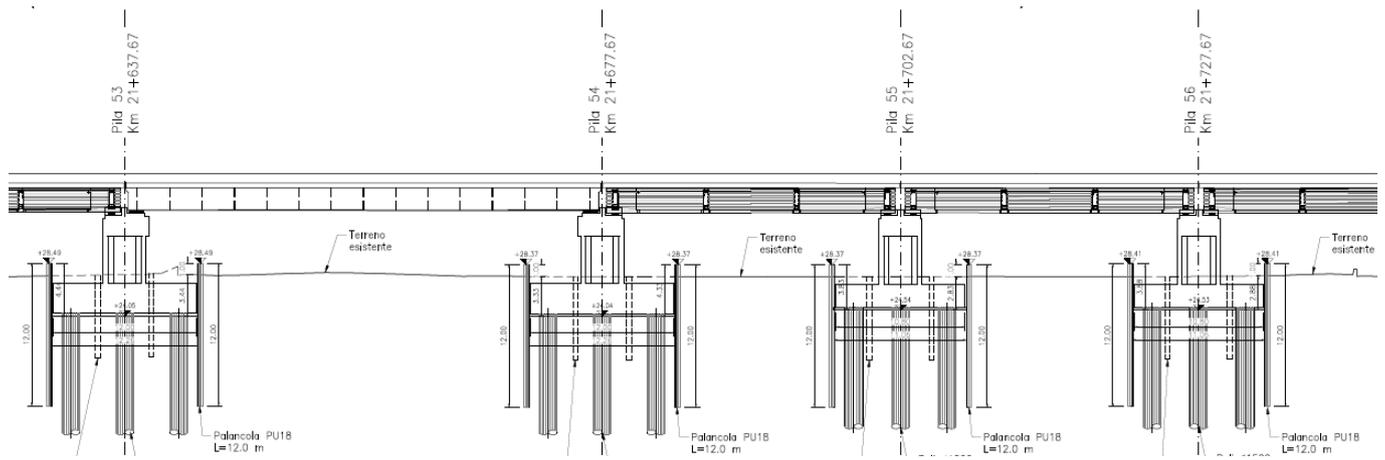


Figura 4 – Sezione longitudinale da P53 a P56

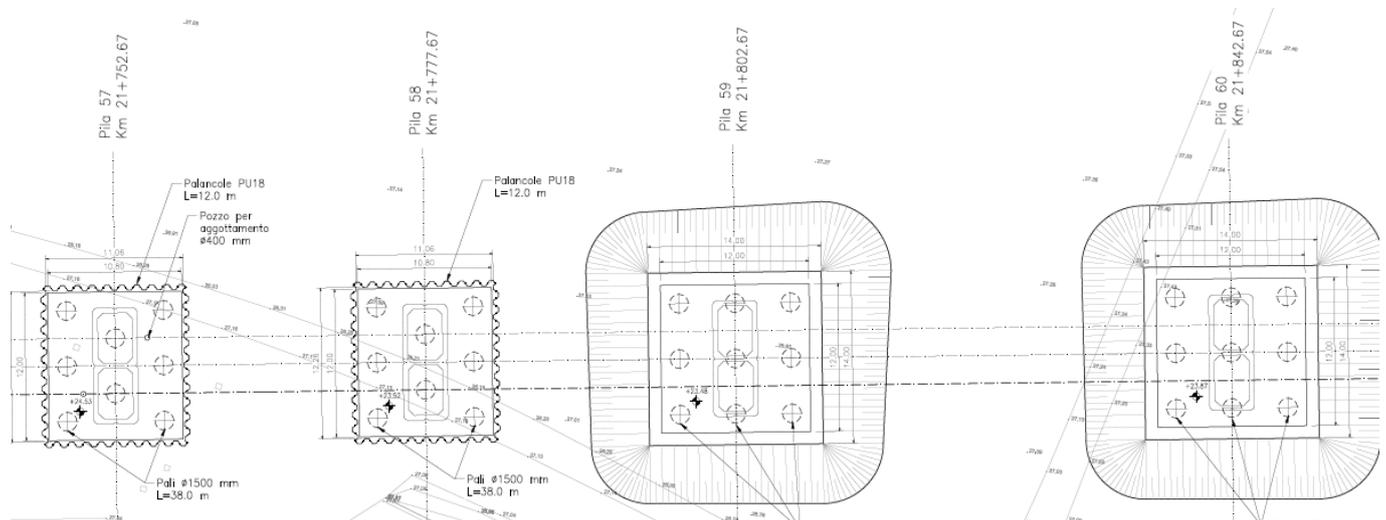


Figura 5 – Pianta opere provvisionali da P57 a P60

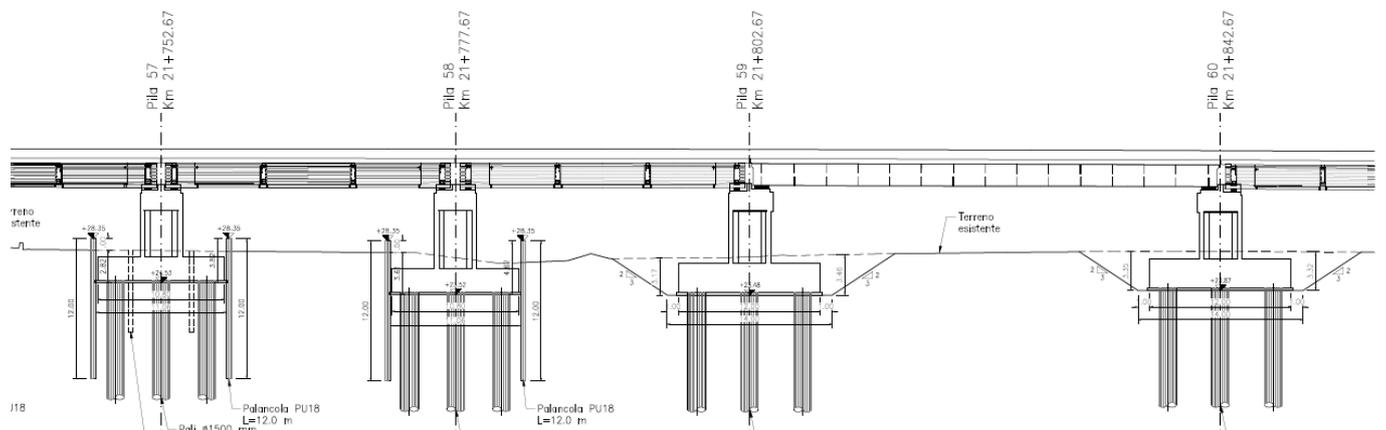


Figura 6 – Sezione longitudinale da P57 a P60

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>VI05D - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento E12 CL VI 05 D 1 001</p>	<p>Rev. C</p>	<p>Foglio 8 di 48</p>

PILA 49
SEZIONE TRASVERSALE
Scala 1:200

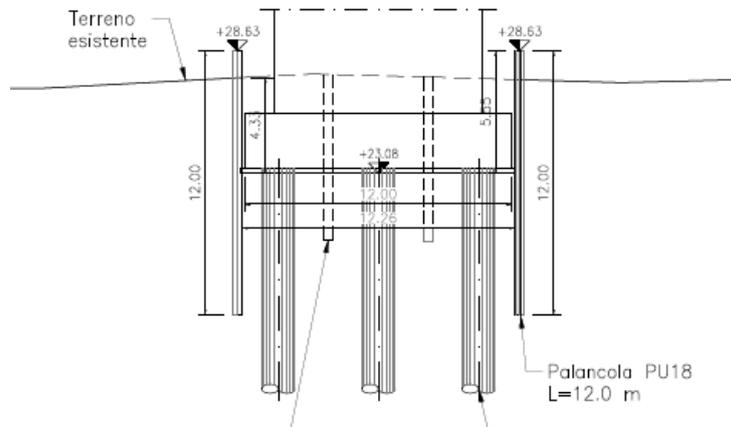


Figura 7 - Sezione trasversale – P49

PILA 59
SEZIONE TRASVERSALE
Scala 1:200

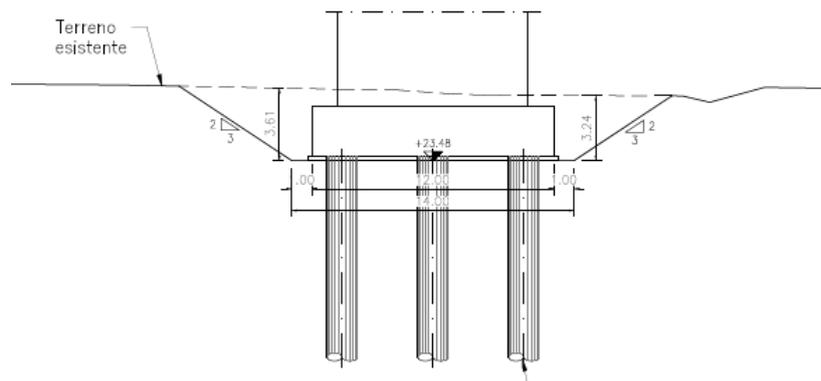


Figura 8 - Sezione trasversale – P59

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI05D - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 05 D 1 001	Rev. C	Foglio 9 di 48	

2 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Normativa di riferimento

- [NR 1] D.M. 14/01/2008 – “Nuove norme tecniche per le costruzioni”.
- [NR 2] UNI EN 1997-1:2005 – “Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali”.
- [NR 3] UNI EN 1998-1:2005 – “Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.
- [NR 4] BS 8006:1995 – “Code of practice for Strengthened/reinforced soils and other fills”.
- [NR 5] UNI EN 1993-5:2006 – “Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio-Piling”.
- [NR 6] Manuale di Progettazione RFI.

2.2 Documenti di riferimento

- [DR 1.] IN1712EI2FZVI05D0001 - Profilo Geotecnico - Viadotto Alpone I dal km 21+497.666 al km 21+842.666.
- [DR 2.] IN1712EI2RBVI05D0001 – Relazione Geotecnica - Viadotto Alpone I dal km 21+497.666 al km 21+842.666.

2.3 Software di riferimento

Le analisi sono svolte per mezzo dei seguenti programmi di calcolo:

- codice Plaxis 2D 2020 (Delft, Olanda).
- programma di calcolo Slide 2018, prodotto da Rocscience. Validato ed utilizzato in svariati ambiti progettuali (Italferr, Autostrade, ecc.). In accordo a quanto prescritto nel paragrafo 10.2 del D.M. 14/01/2008, il progettista certifica la affidabilità del suddetto codice di calcolo e l'idoneità di utilizzo nel caso specifico.

Per il programma citato, con riferimento al paragrafo 10.2 del D.M. 14.01.2008 e relativa Circolare esplicativa n° 617/09 C.S.LL.PP., si dichiara che:

- i risultati dei calcoli eseguiti con l'utilizzo del calcolatore sono stati verificati dal progettista;
- i risultati presentati nelle forme allegate al progetto ne garantiscono la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità;
- l'affidabilità dei codici utilizzati è stata verificata attraverso esame preliminare, di valutazione dell'affidabilità e soprattutto dell'idoneità del programma nel caso specifico di applicazione;
- la validazione dei codici di calcolo è stata verificata sia per confronto con soluzioni semplificate con metodi tradizionali, sia dall'esame della documentazione fornita dal produttore/distributore sulle modalità e procedure seguite per la validazione generale del codice.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
VI05D - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 05 D 1 001	Rev. C	Foglio 10 di 48	

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione delle palancole si prevede l'impiego di acciaio S 275 JR - EN 10025-2 (Fe430 B) cui corrisponde una tensione di snervamento $f_{yk} = 275$ MPa.

Nel presente documento si fa riferimento a palancole con un profilo PU18, le cui caratteristiche geometriche sono riportate sinteticamente nelle seguenti tabelle.

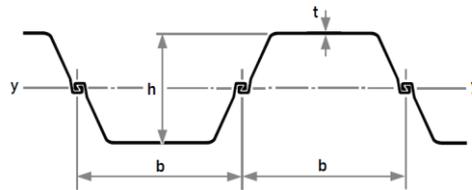


Tabella 1 - Caratteristiche palancole di progetto

Nome	Tipo	A	b	h	t	S	I_y	W_{elx}	W_{plx}	w
(-)	(-)	(m ² /m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ⁴ /m)	(m ³ /m)	(m ³ /m)	(kN/m ²)
PU18	U	0.01633	0.6	0.43	0.0112	0.009	0.0003865	0.0018	0.002134	1.26

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI05D - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 05 D 1 001	Rev. C	Foglio 11 di 48	

4 ANALISI DELLE PARATIE

4.1 Combinazioni e coefficienti parziali

Le azioni sulle opere di sostegno sono state ricavate mediante lo studio dell'interazione tra l'opera e il terreno e dipendono quindi dallo stato tensionale iniziale in sito, dal regime delle pressioni interstiziali, dalle proprietà meccaniche dei terreni, degli elementi strutturali e dal contatto terra-opera, dalla geometria dell'opera e dalla sequenza costruttiva. Il peso del terreno che interagisce con la paratia e le azioni che da esso derivano sono considerati come azioni permanenti strutturali. Si considera inoltre un sovraccarico accidentale agente sul p.c. circostante che simula la presenza dei mezzi di cantiere.

Le analisi sono state effettuate in conformità al DM 14 gennaio 2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni). In particolare la norma prevede tre combinazioni progettuali distinte. La prima combinazione, indicata con la sigla SLE è di riferimento per le verifiche di compatibilità delle deformazioni proprie ed indotte dalle paratie, la seconda combinazione, indicata con la sigla STR, è quella di riferimento per le verifiche di resistenza degli elementi strutturali, la terza, indicata con la sigla GEO, è di riferimento per le verifiche di stabilità geotecnica.

La prima analisi (SLE), volta alla valutazione delle deformazioni della struttura e delle sollecitazioni in esercizio è stata effettuata utilizzando nel modello i parametri caratteristici del terreno ed i valori caratteristici delle azioni.

La seconda analisi (STR) da usare per le verifiche di resistenza strutturale è stata svolta con riferimento all'Approccio 1 - Combinazione 1: A1+M1+R1. Quindi è stata effettuata utilizzando nel modello i parametri caratteristici del terreno ed i valori caratteristici delle azioni permanenti (spinte terreno ed acqua), nonché amplificando le azioni variabili per un coefficiente γ_q^* ($\gamma_q^* = 1.50/1.30 = 1.15$). Il coefficiente amplificativo equivalente del gruppo A1 ($\gamma_q = 1.30$) è stato infine applicato direttamente alle sollecitazioni ricavate dalle analisi, in accordo al paragrafo 6.2.4.1.3 del D.M. 17/01/2018.

Come indicato al par.C.6.5.3.1 della Circolare Ministeriale, per le verifiche di stabilità geotecnica (GEO) si fa riferimento all'Approccio 1 - Combinazione 2: A2+M2+R2. Pertanto, dopo la simulazione di tutte le fasi di scavo, il margine di sicurezza si ricava con un ulteriore passo di calcolo, finalizzato alla ricerca di un meccanismo di collasso del terreno, riducendo progressivamente i parametri di resistenza dopo aver incrementato le azioni permanenti non strutturali e le azioni variabili (sovraccarichi) dei coefficienti parziali (γ_{G2} , γ_Q) del gruppo A2. La verifica è soddisfatta se il fattore di riduzione dei parametri risulta non inferiore al prodotto dei coefficienti parziali γ_M e γ_R .

Nelle seguenti tabelle si riportano i coefficienti parziali indicati dalla normativa (amplificativi per le azioni e riduttivi per i parametri di resistenza del terreno) ed adottati nelle suddette combinazioni di calcolo.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE					
VI05D - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	<table border="1"> <tr> <td>Progetto IN17</td> <td>Lotto 12</td> <td>Codifica Documento EI2 CL VI 05 D 1 001</td> <td>Rev. C</td> <td>Foglio 12 di 48</td> </tr> </table>	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 05 D 1 001	Rev. C	Foglio 12 di 48
Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 05 D 1 001	Rev. C	Foglio 12 di 48		

Tabella 2 - Combinazioni per analisi statiche in esercizio (SLE)

Azioni (γ_F)				Proprietà del terreno (γ_M)		
Permanenti		Variabili		tan φ'	c'	cu
sfavorevoli	favorevoli	sfavorevoli	favorevoli			
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabella 3 - Combinazioni per analisi statiche (STR e GEO)

	Azioni (γ_F)				Proprietà del terreno (γ_M)			Resistenze (γ_R)
	Permanenti		Variabili		tan φ'	c'	cu	
	sfavorevoli	favorevoli	sfavorevoli	favorevoli				--
<i>STR</i> (A1 + M1 + R1)	1.30	1.00	1.50	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00
<i>GEO</i> (A2 + M2 + R2)	1.00	1.00	1.30	0.00	1.25	1.25	1.40	1.10

4.2 Caratterizzazione geotecnica dei terreni

Per le unità costituenti il terreno esistente si è utilizzato un modello costitutivo elastico-perfettamente-plastico con criterio di rottura alla Mohr-Coulomb. Per il dimensionamento delle opere provvisorie in oggetto si considera la seguente stratigrafia di riferimento (stratigrafia 4 del VI05). Nella seguente tabella si riportano la stratigrafia ed i parametri geotecnici di resistenza e di rigidezza adottati nei dimensionamenti a seguire.

Tabella 4 – Stratigrafia e parametri geotecnici

da [m]	a [m]	Unità geotecnica	γ [kN/m ³]	φ' [°]	c' [kPa]	E' [MPa]	K [m/s]
0.0	-9.0	4	19.0	34	0	40	1.3E ⁻⁰⁵
-9.0	-11.0	3b	18.5	26	0	10	1.0E ⁻⁰⁷
-11.0	-16.0	4	19.0	34	0	40	1.3E ⁻⁰⁵
-16.0	-20.0	3b	18.5	26	0	10	1.0E ⁻⁰⁷
-20.0	-30.0	4	19.0	37	0	40	1.3E ⁻⁰⁵

Dove:
 γ = peso di volume naturale
 φ' = angolo di resistenza al taglio
c' = coesione drenata
E' = modulo di deformazione elastico di Young operativo = E_o / (3+5)
K = permeabilità

La falda, in accordo a quanto indicato nella relazione geotecnica ([DR 2.]) è stata assunta per il calcolo delle opere provvisorie alla quota di +20.5 m s.l.m. per le pile P48÷P53 e P58÷60 e +24.6 m s.l.m. per le pile P54÷P57.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI05D - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 05 D 1 001	Rev. C	Foglio 13 di 48	

4.3 Elementi strutturali

Le palancole provvisorie sono state modellate con elementi snelli (tipo beam), con legame costitutivo elastico lineare, aventi modulo di Young dell'acciaio ($E=2.1 \cdot 10^8$ kPa), area e inerzia propria del profilato scelto (vedasi Tabella 1).

Gli elementi strutturali interagiscono con il terreno circostante mediante elementi interfaccia caratterizzati con adesione nulla ed angolo di resistenza al taglio $\delta' = 2/3 \varphi' \leq 20^\circ$.

4.4 Carichi applicati

La presenza del sovraccarico accidentale dovuto al transito dei mezzi di cantiere è stata cautelativamente considerata nelle analisi applicando al piano campagna un sovraccarico di 10 kPa, uniformemente distribuito ed infinitamente esteso.

4.5 Stabilità globale

La determinazione del coefficiente di sicurezza avviene mediante un algoritmo iterativo ($\varphi' - c'$ reduction method, Dawson, Roth and Drescher, 1999) che, sulla base dei dati di partenza (c' e $\tan \varphi'$), determina successive condizioni di equilibrio del sistema eseguendo, ad ogni ciclo, una progressiva riduzione delle resistenze fino al raggiungimento del collasso (condizione di non equilibrio del sistema):

$$c'_{prova} = c' / FS_{prova}$$

$$\varphi'_{prova} = \arctan (\tan \varphi' / FS_{prova})$$

In Figura 9 la progressiva riduzione delle resistenze è rappresentata nel piano di Mohr-Coulomb per il singolo elemento di terreno. Si osserva che i parametri di deformabilità non influenzano in maniera apprezzabile i risultati del calcolo e, pertanto, possono essere considerati senza particolari affinamenti.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI05D - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 CL VI 05 D 1 001	Rev. C	Foglio 14 di 48	

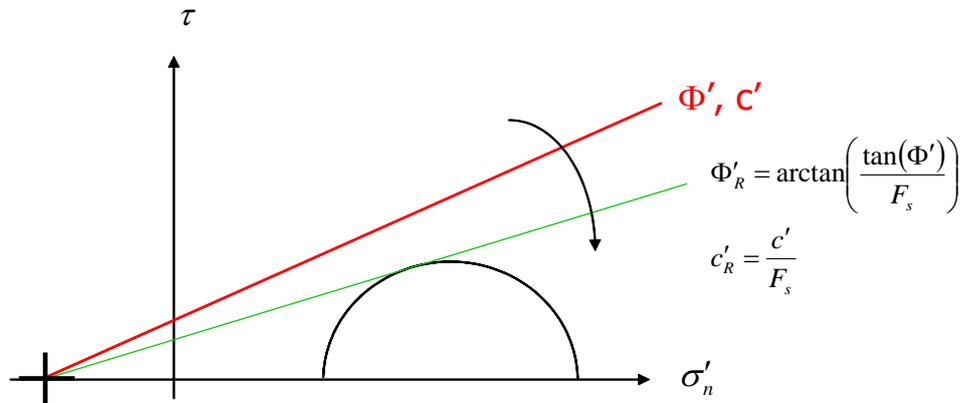


Figura 9 - Phi-c reduction method

Rispetto ai classici metodi dell'equilibrio limite presenta numerosi vantaggi (e.g. Dawson and Roth, 1999, and Cala and Flisiak, 2001):

- le superfici di rottura si propagano in maniera "naturale"; quindi non occorre specificare preventivamente i cinematici e le potenziali superfici di rottura su cui ricercare il coefficiente di sicurezza minimo;
- non richiede la definizione di ipotesi di calcolo "artificiali" (es. ipotesi sulle forze di interfaccia);
- la metodologia non implica limitazioni sulla forma e la modalità di propagazione delle potenziali superfici di rottura (anche multiple e/o con propagazioni complesse delle zone di snervamento) in funzione delle esigenze del sistema;
- l'interazione con eventuali elementi strutturali vengono modellate in maniera realistica con una mobilitazione delle resistenze in funzione della deformazione relativa rispetto al terreno circostante e non semplicemente mediante forze equivalenti.
- la soluzione converge in un meccanismo che è cinematicamente ammissibile (si noti che i metodi classici dell'equilibrio limite prescindono dalla valutazione degli spostamenti e non richiedono pertanto la conoscenza dei legami tensioni-deformazioni ma del solo criterio di resistenza dei terreni interessati).

Tale analisi di stabilità è generalmente svolta a partire dalla configurazione di progetto maggiormente cautelativa che risulta essere la fase di raggiungimento della massima profondità di scavo.

Tale analisi equivale alla verifica SLU (GEO) prevista dalla normativa vigente: combinazione 2 (A2+M2+R2), in base alla quale la stabilità geotecnica deve essere verificata con i parametri di resistenza del terreno ridotti tramite i coefficienti parziali del gruppo M2 ($\gamma_M = 1.25$ sia per la coesione sia per la resistenza al taglio, $\gamma_R = 1.1$).

Pertanto, per soddisfare le verifiche di stabilità geotecnica richieste dalla normativa occorre avere $FS > 1.25 \cdot 1.1 = 1.375$.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
VI05D - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 05 D 1 001	Rev. C	Foglio 15 di 48

4.6 Sezioni di calcolo

Si sono individuate le seguenti sezioni di calcolo che rappresentano le situazioni più gravose in relazioni alle condizioni stratigrafiche, alla massima altezza di scavo e alla posizione della falda rispetto al fondo scavo.

- **Sezione 1.** Palancolato PU18 L = 12.0 m a sbalzo con per altezza di scavo massima di 4.3 m e con falda a fondo scavo (pila P49).

4.7 Discretizzazione di calcolo

La mesh è costituita da elementi finiti triangolari a 15 nodi, quindi con funzioni di forma del 4° grado, con 12 punti di integrazione numerica interni per ogni elemento. Le dimensioni della mesh, in relazione alle dimensioni degli scavi, sono sempre sufficienti a garantire che i risultati delle analisi siano indipendenti dalla particolare discretizzazione adottata e sono tali da permettere di vincolare il lato inferiore della mesh bloccando gli spostamenti verticali ed orizzontali ed i lati sinistro e destro bloccando gli spostamenti orizzontali.

4.7.1 Sezione 1

Nella seguente immagine si riporta la discretizzazione di calcolo adottata per la Sezione 1, in cui è evidenziata la successione stratigrafica. Il dominio discretizzato ha una larghezza di 100 m e un'altezza di 30 m circa, è costituito da circa 2376 elementi triangolari e da circa 19530 nodi.

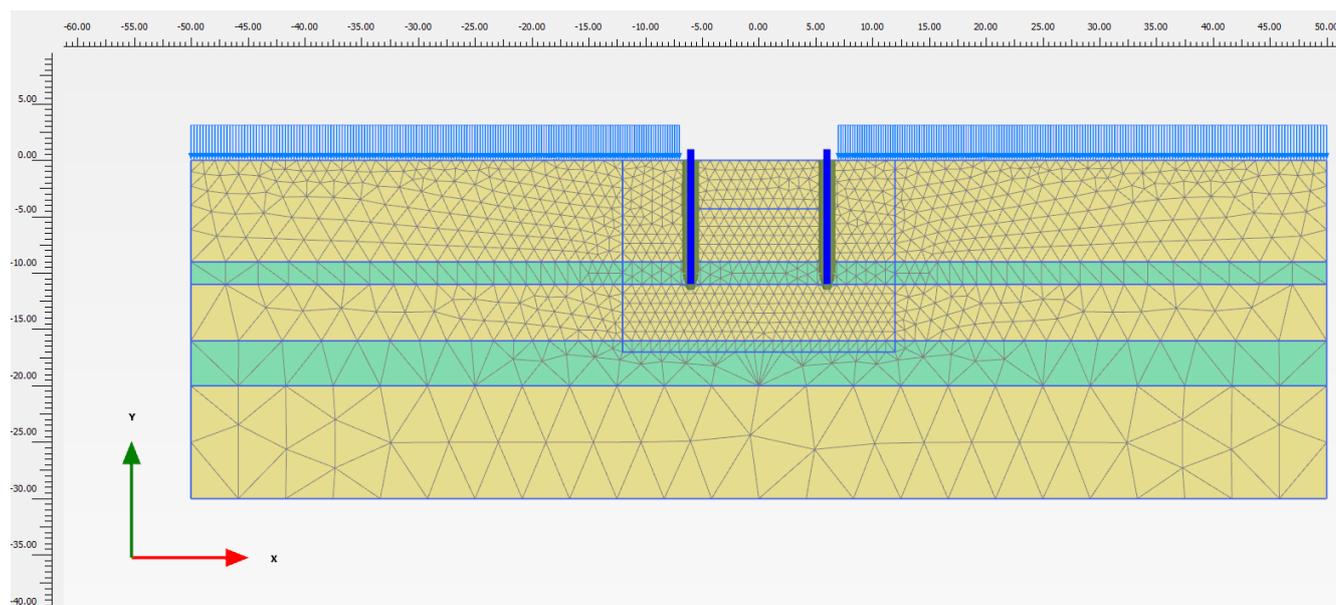


Figura 10 - Sezione 1, Discretizzazione del modello di calcolo

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
VI05D - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 05 D 1 001	Rev. C	Foglio 16 di 48

4.8 Fasi di calcolo

Il tipo di analisi utilizzato consente di riprodurre nel dettaglio la storia della costruzione di opere geotecniche.

In generale, mediante il codice FEM utilizzato, possono essere schematizzate le paratie contrapposte, l'evoluzione delle condizioni idrauliche al contorno, la variazione delle condizioni di vincolo e di carico.

Le analisi eseguite sono di tipo sequenziale, riproducendo in successione tutte le principali fasi operative previste per la realizzazione dell'opera. Quindi, il termine di ciascuna analisi rappresenta la condizione iniziale per la fase successiva. Le fasi di scavo vengono simulate mediante la disattivazione dei cluster di terreno corrispondenti.

Nelle fasi in cui lo scavo intercetta il livello di falda, il calcolo tenso-deformativo viene fatto procedere dall'analisi 2D di filtrazione per la corretta determinazione delle pressioni neutre in fase di scavo. Tale calcolo idraulico contempla le seguenti condizioni al contorno: sui bordi della discretizzazione del modello di calcolo vengono fissati i valori iniziali delle pressioni neutre; pertanto tali bordi permettono la comunicazione con l'esterno e quindi l'alimentazione del processo di filtrazione; i contorni delle palancole si considerano impermeabili; il piano di scavo viene definito come una superficie drenante in equilibrio con la pressione atmosferica (pressione neutra nulla); viene così simulata l'operazione di emungimento a fondo scavo.

I modelli 2D sviluppati includono tutte le principali fasi esecutive, per i vari stati limite di progetto previsti dalla normativa. Nel seguito si illustrano esclusivamente le fasi di calcolo che riguardano le opere provvisorie. I risultati delle analisi saranno riportati nella sezione successiva.

4.8.1 Sezione 1

- Fase 1. Inizializzazione geostatica con presenza della falda a fondo scavo.
- Fase 2. Posa in opera delle palancole.
- Fase 3. Raggiungimento dello scavo massimo (-4.3 m dal p.c.).
- Fase 4. Applicazione del carico accidentale.
- Fase 5. Amplificazione del carico accidentale ($x 1.50/1.30 = 1.15$).
- Fase 6. A partire dalla Fase 4, amplificazione del carico accidentale ($x 1.30$).
- Fase 7. A partire dalla Fase 6 si esegue la verifica di stabilità globale, riducendo progressivamente i parametri di resistenza al taglio dei terreni (φ' - c' *reduction method*) fino al raggiungimento del coefficiente di sicurezza desiderato, maggiore di 1.375 (FS min = 1.25×1.1), in osservanza alla normativa per la verifica SLU GEO (cfr. § 4.5).

Le Fasi 3 e 4 sono rappresentative delle condizioni SLE per la valutazione degli spostamenti.

La Fase 5 è quella di riferimento per le verifiche STR A1+M1 amplificando le sollecitazioni di calcolo ottenute $x 1.30$.

La Fase 7 contempla la verifica di stabilità GEO (A2+M2+R2).

Le principali fasi di calcolo sono rappresentate nelle seguenti immagini.

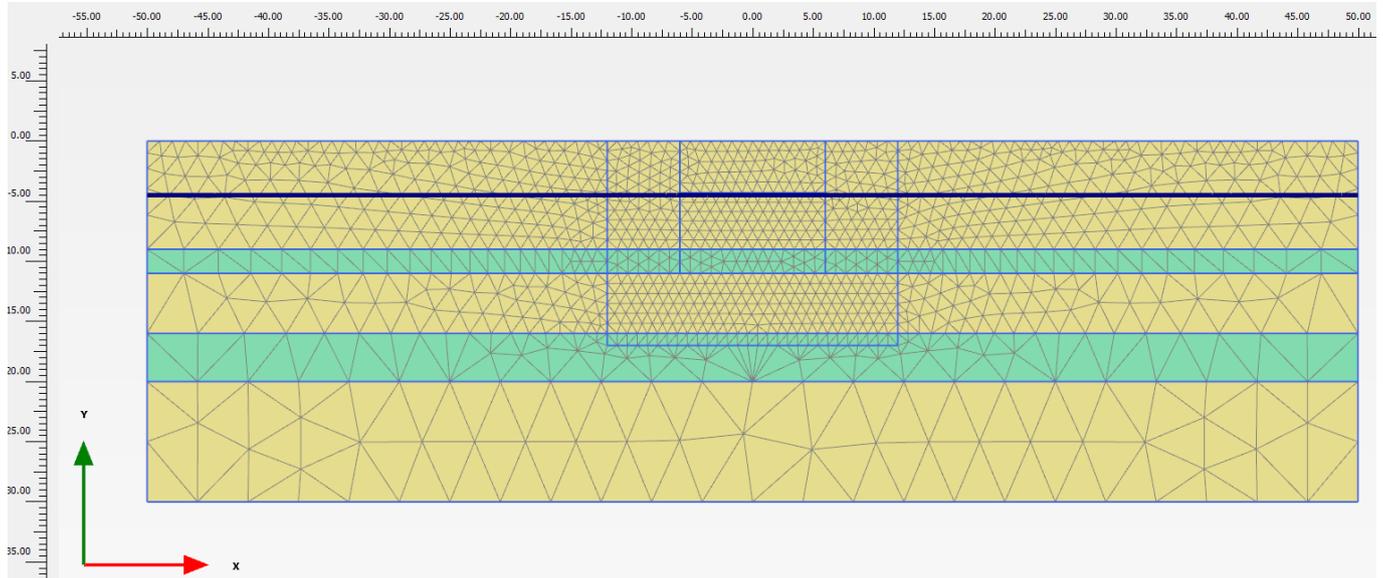


Figura 11 - Sezione 1, Inizializzazione geostatica

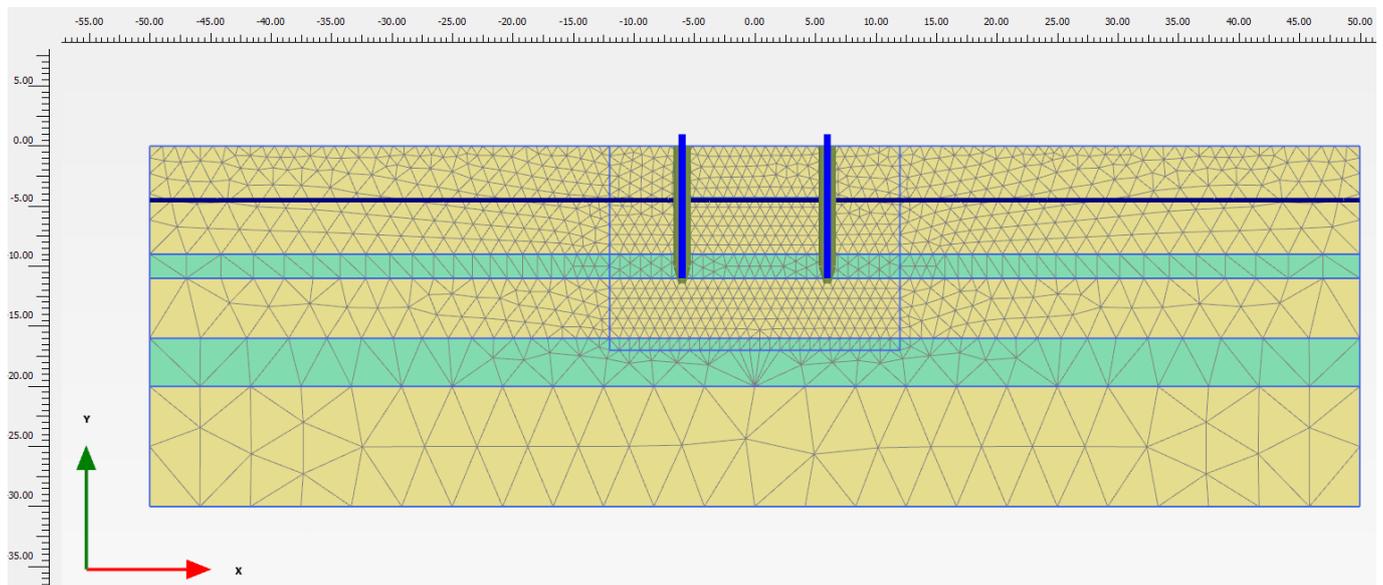


Figura 12 - Sezione 1, Realizzazione palancole

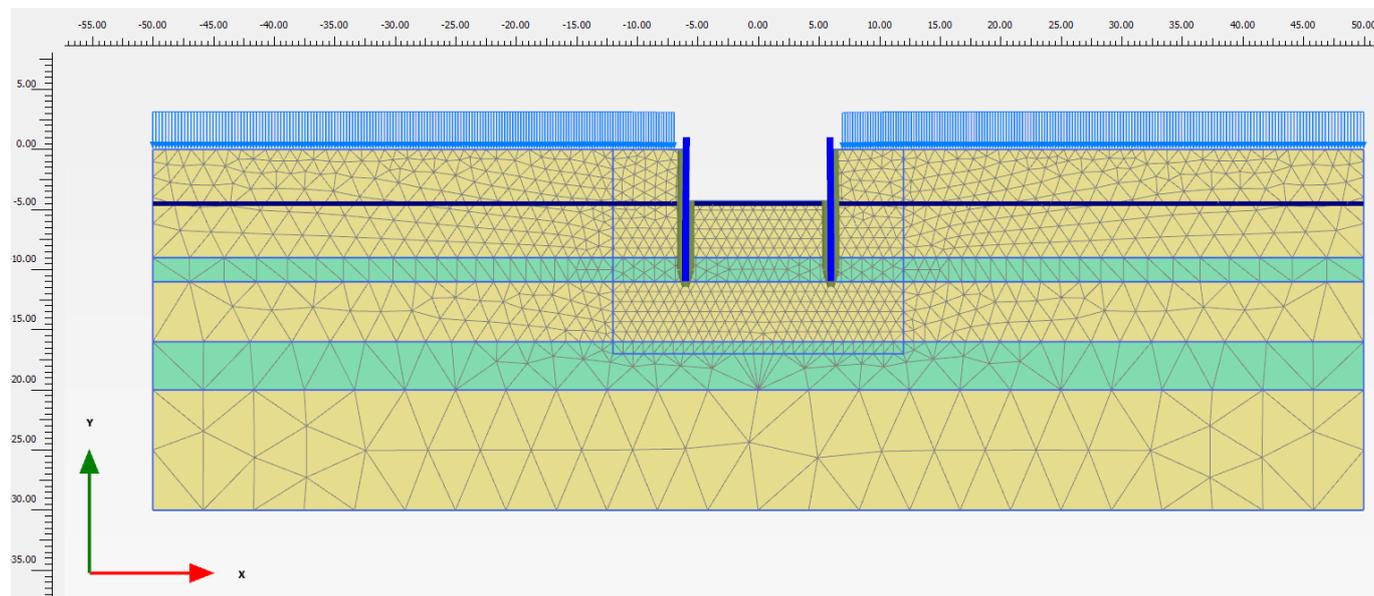


Figura 13 - Sezione 1, Scavo massimo e applicazioni dei carichi

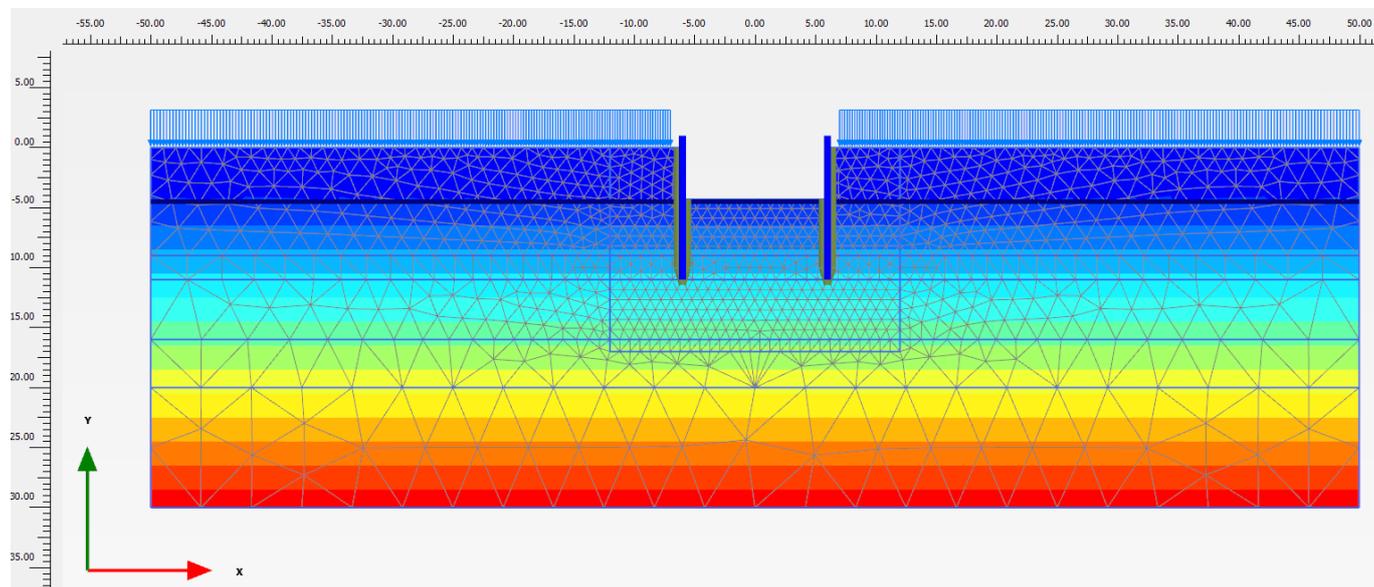


Figura 14 - Sezione 1, Pressioni neutre in fase di massimo scavo con carichi

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>				
<p>VI05D - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL VI 05 D 1 001</p>	<p>Rev. C</p>	<p>Foglio 19 di 48</p>	

4.9 Principali risultati delle analisi

Nelle seguenti immagini, per ogni sezione di calcolo, si riporta:

- il campo di spostamenti totali al raggiungimento del fondo scavo massimo;
- gli spostamenti delle palancole in rappresentazione vettoriale;
- le azioni interne di momento flettente, azione assiale e taglio sulle palancole, come involucro di tutte le fasi esecutive modellate;
- la tabella riassuntiva delle azioni interne massime nelle palancole;
- evidenza della verifica di stabilità globale.

4.9.1 Sezione 1

Questa sezione di calcolo presenta palancole PU18 di lunghezza 12.0 m, la falda è posta a fondo scavo e lo scavo massimo risulta a -4.3 m da p.c..

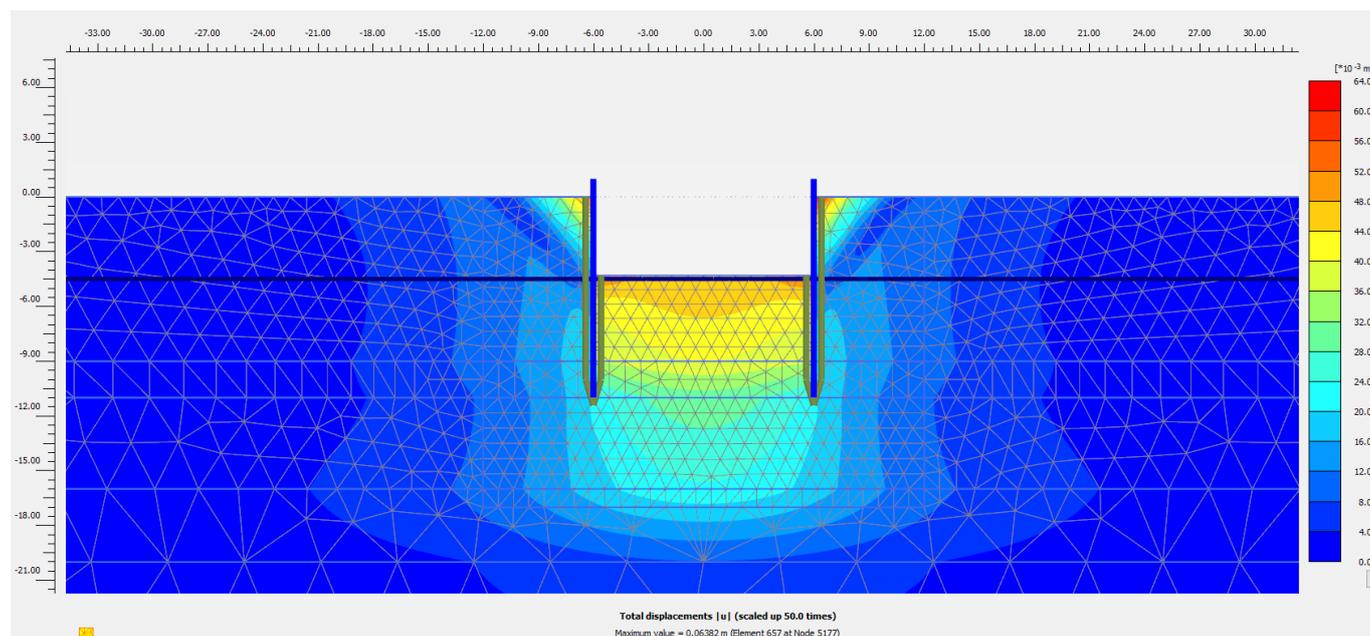


Figura 15 - Sezione 1, Spostamenti totali in fase di scavo massimo

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>				
<p>VI05D - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</p>		<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL VI 05 D 1 001</p>	<p>Rev. C</p>	<p>Foglio 20 di 48</p>

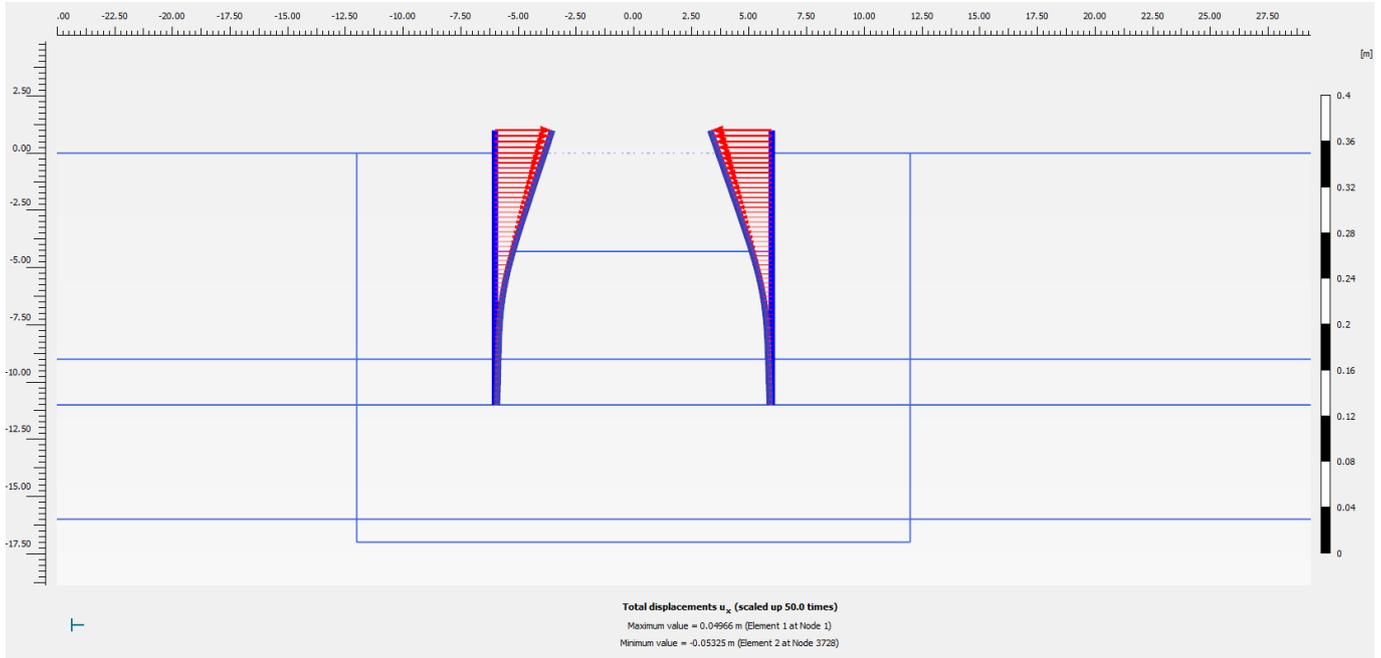


Figura 16 - Sezione 1, Spostamenti totali palancole SLE

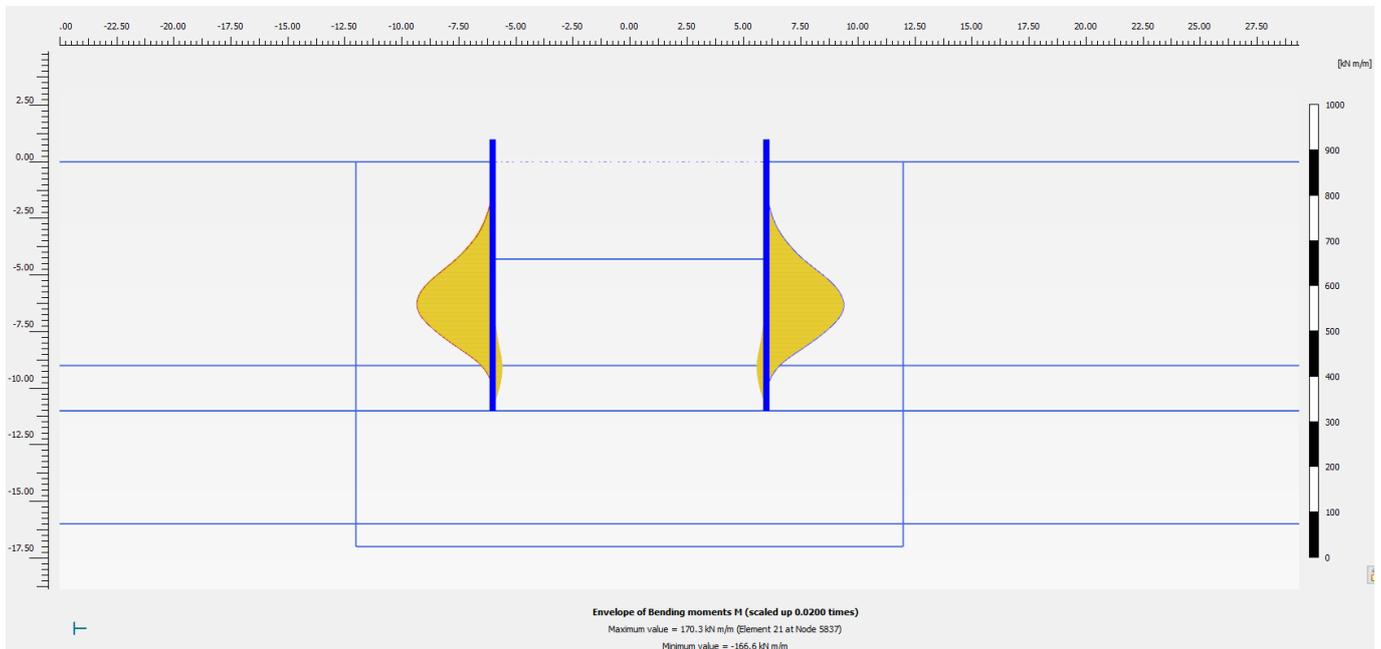


Figura 17 - Sezione1, Involuppo del momento flettente palancole (Fase 5: SLU/1.3)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI05D - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 05 D 1 001	Rev. C	Foglio 21 di 48

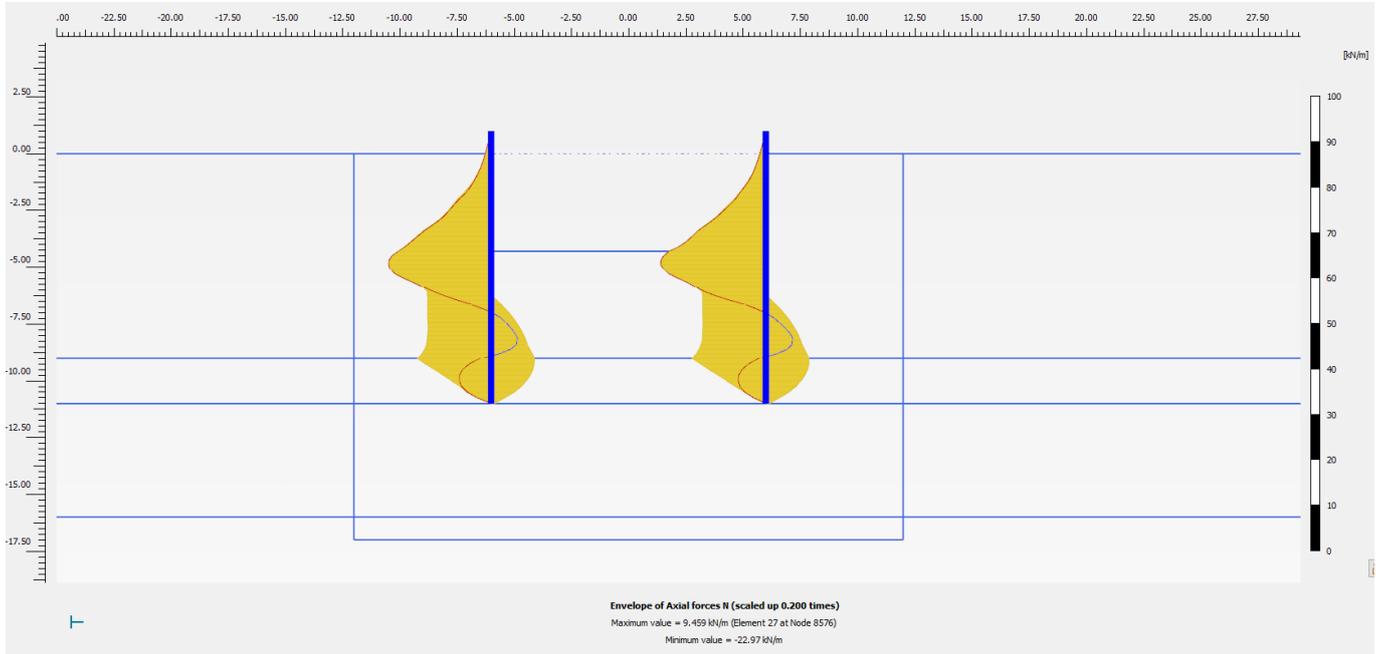


Figura 18 - Sezione 1, Involuppo dell'azione assiale palancole (Fase 5: SLU/1.3)

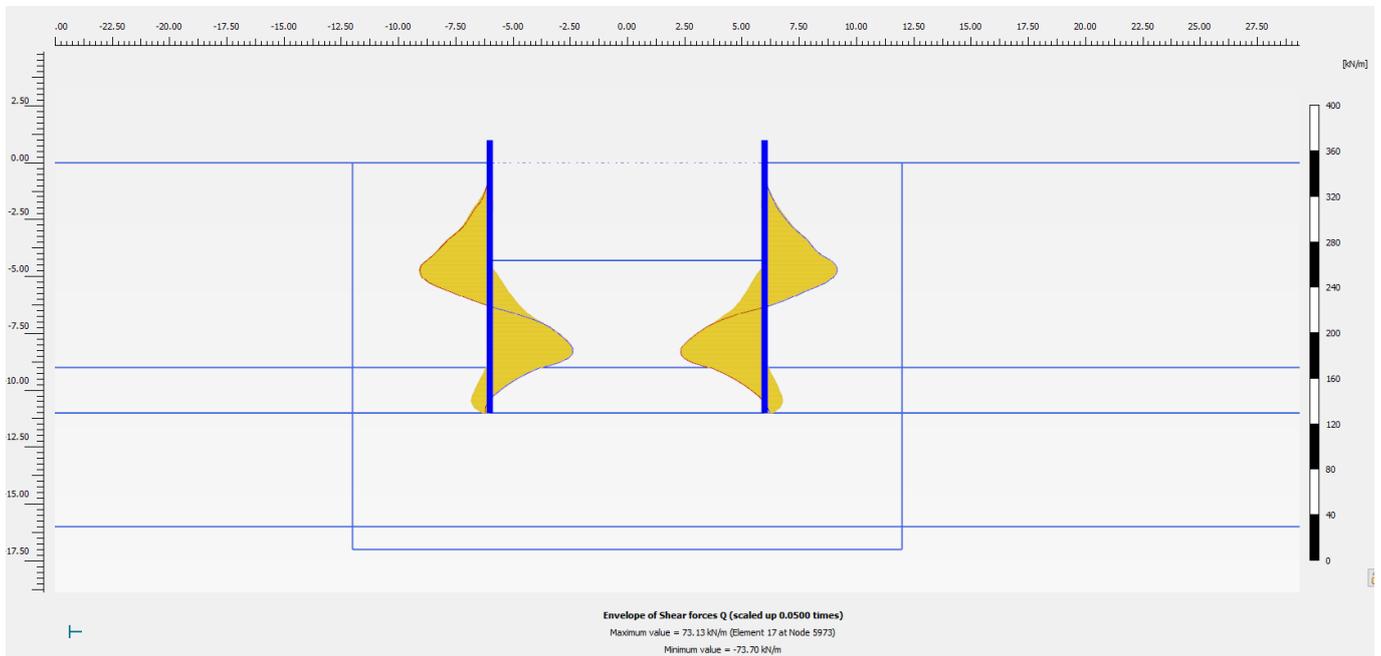


Figura 19 - Sezione 1, Involuppo del taglio palancole (Fase 5: SLU/1.3)

Nella seguente tabella si riportano sinteticamente i massimi risultati in termini di azione interne sulle palancole, finalizzanti le verifiche di resistenza. I valori delle sollecitazioni allo SLU si ottengono amplificando i risultati della fase di calcolo 5 per il coefficiente parziale $\gamma_A = 1.3$, in accordo a quanto esplicitato nel precedente paragrafo 4.8.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI05D - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 05 D 1 001	Rev. C	Foglio 22 di 48	

Tabella 5 - Sintesi risultati palancole

Paratia di Palancole	Fase 5: SLU/1.3	SLU
azione assiale massima, Nmax [kN/m]	23.0	30.0
momento massimo, Mmax [kNm/m]	170.3	221.4
taglio massimo, Tmax [kN/m]	73.7	95.8
Spostamento max [mm]	53	

Nelle seguenti immagini si espongono nell'ordine il campo di spostamenti globali e i punti di plasticizzazione ottenuti al termine dell'analisi *c-φ-reduction* effettuata con la finalità di soddisfare la verifica di stabilità globale dell'opera in condizioni di scavo massimo. Nella successiva immagine si riporta anche il diagramma dell'incremento del fattore di sicurezza con lo spostamento totale di un punto di controllo. Quest'ultimo evidenzia che il fattore di sicurezza alla stabilità globale ottenuto è superiore al minimo imposto dalla normativa, pari a 1.375, pertanto la verifica di stabilità globale è soddisfatta.

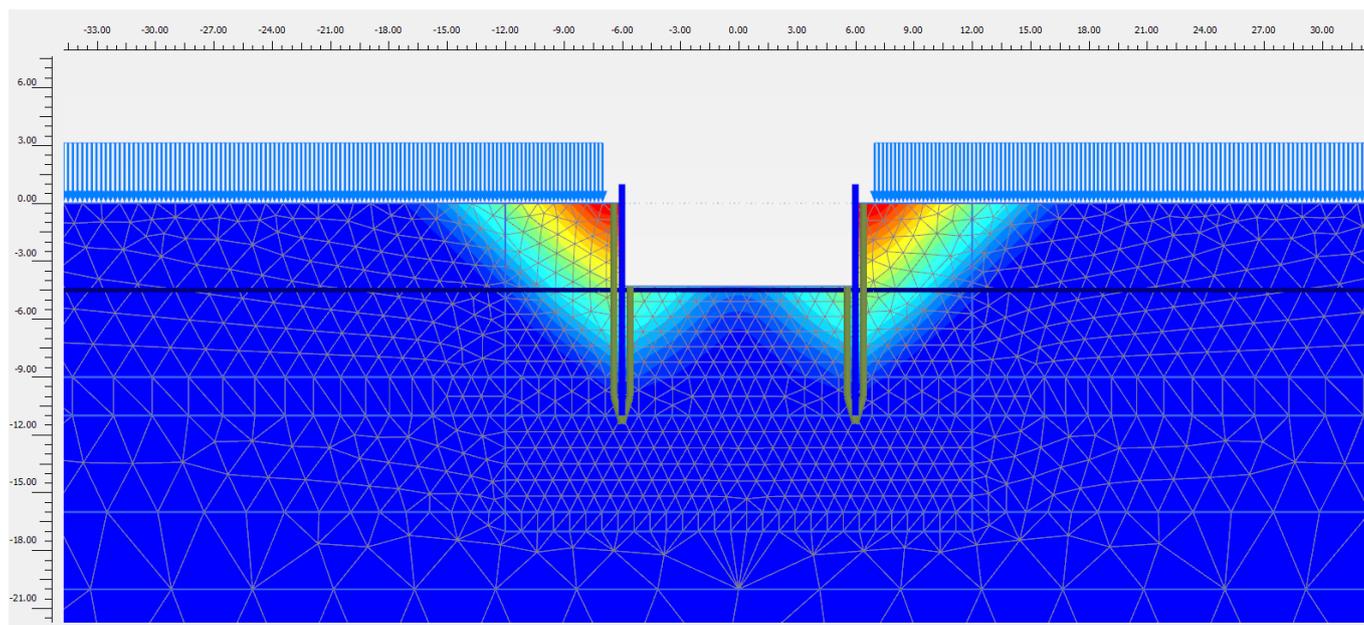


Figura 20 - Sezione 1, Individuazione del cinematismo di potenziale instabilità

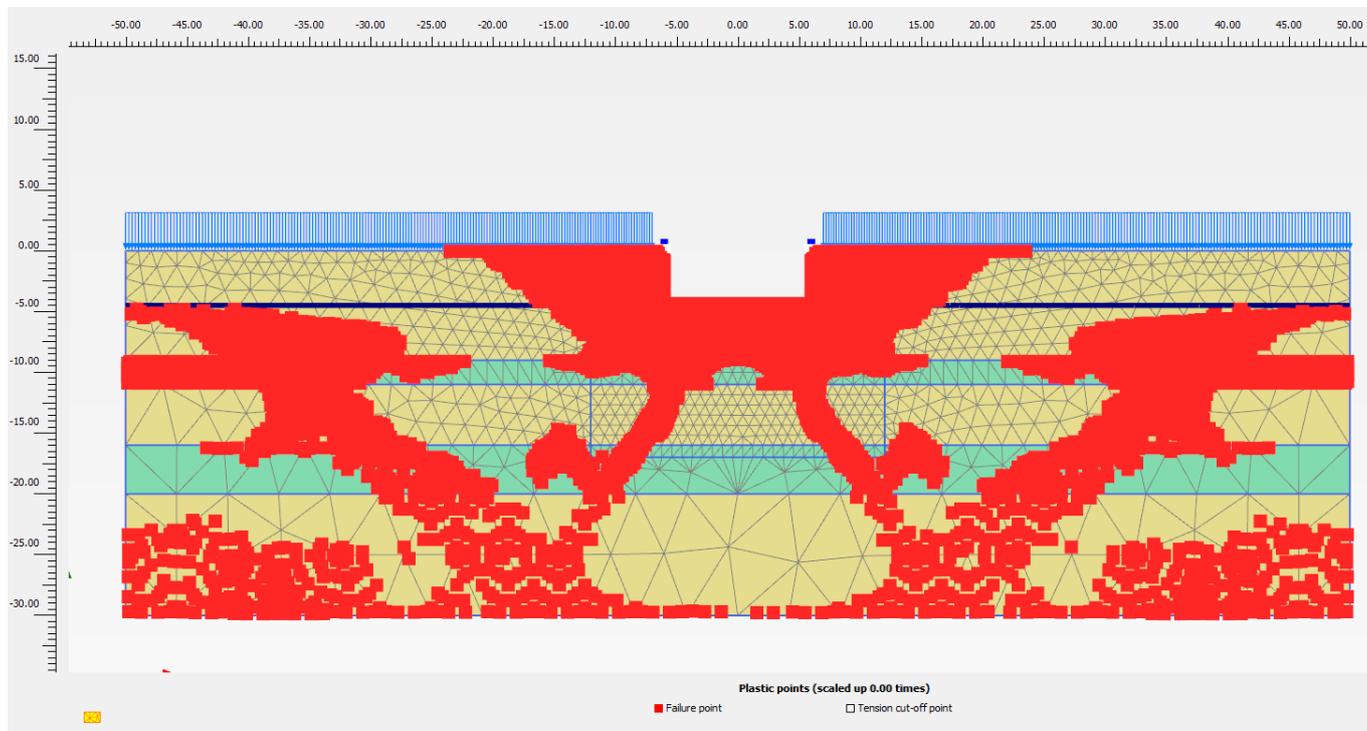


Figura 21 - Sezione 1, Punti di plasticizzazione al termine della verifica di stabilità globale

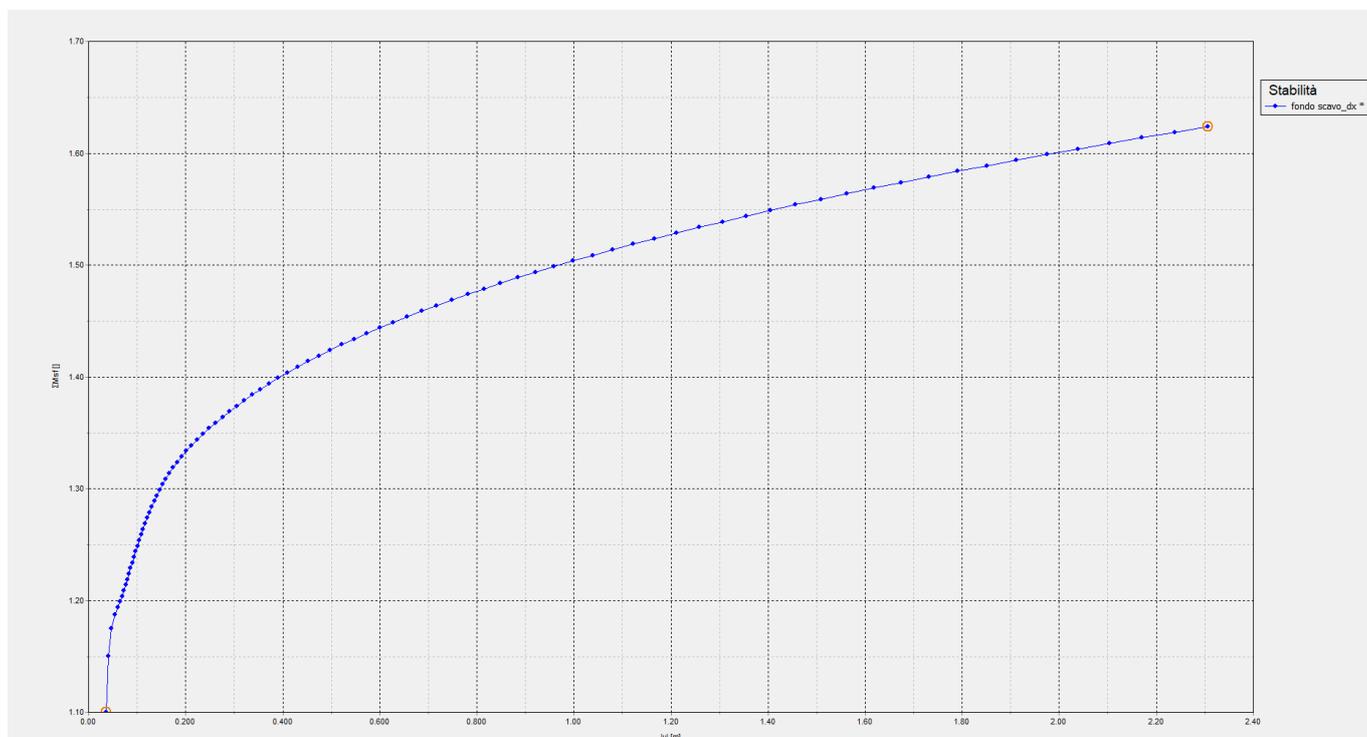


Figura 22 - Sezione 1, Sicurezza alla stabilità globale vs spostamento totale del punto di controllo ($FS > 1.1 \times 1.25 = 1.375$)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
VI05D - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 05 D 1 001	Rev. C	Foglio 24 di 48

4.10 Verifiche di resistenza palancole

Per le palancole si adotta la metodologia di verifica in accordo con la normativa italiana vigente (N.T.C.'08) e con l'Eurocodice 3 (EN 1993-5). Per le verifiche si considera cautelativamente per l'acciaio $f_{yk} = 270$ MPa.

Le azioni interne allo stato limite ultimo, N_{Ed} , M_{Ed} and V_{Ed} , sono ottenute dal paragrafo 4.9.

Si determina quindi:

$$M_{Rd} = W_{pl} \cdot f_{yd} \cdot \beta_B \quad \text{momento resistente di progetto per sezioni di classe 1 e 2}$$

dove:

W_{pl} è il modulo di resistenza plastico

β_B è un coefficiente riduttivo per palancole a U, dipendente dal numero di palancole interconnesse e dal tipo di suolo

$$V_{Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad \text{resistenza a taglio di progetto}$$

Se la forza di taglio agente di progetto V_{Ed} è maggiore del 50% della resistenza di progetto V_{Rd} , il momento resistente si riduce secondo la seguente espressione:

$$M_{Rd} = \left(\beta_B \cdot W_{pl} - \frac{\rho \cdot A_v^2}{4 t_w \cdot \sin \alpha} \right) f_{yd} \quad \text{momento resistente ridotto}$$

$$\rho = (2V_{Ed} / V_{Rd} - 1)^2$$

Data l'azione assiale resistente del palancolato $N_{Rd} = A \cdot f_{yd}$, dove A è la sezione resistente, se il rapporto N_{Ed}/N_{Rd} è maggiore di 0.25 per palancole ad U, o maggiore di 0.1 per palancole a Z, il momento resistente si riduce secondo la seguente espressione:

$$M_{N,Rd} = k \cdot M_{Rd} \left(1 - N_{Ed} / N_{Rd} \right) \leq M_{Rd} \quad \text{momento resistente ridotto}$$

dove:

$k = 1.33$ per palancole ad U

$k = 1.11$ per palancole a Z

Essendo $N_{Ed} \leq N_{Rd}$, $M_{Ed} \leq M_{N,Rd} \leq M_{Rd}$, $V_{Ed} \leq V_{Rd}$, come mostrato nelle seguenti tabelle, la verifica è soddisfatta.

 IRICAV2	 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ALTA SORVEGLIANZA				
VI05D - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 05 D 1 001	Rev. C	Foglio 25 di 48

4.10.1 Sezione 1

Tipo di profilo:	U_Z_Sheet_Pile			
Profilo:	PU 18			
Classe acciaio:	S 270			
$f_{yk} =$	270	N/mm ²	tensione di snervamento caratteristica	
$\gamma_{m,slu} =$	1.05		fattore parziale	
$f_{yd} =$	257	N/mm ²	tensione di snervamento di progetto	
$N_{Ed} =$	30.0	kN/m	axial load	
$M_{Ed} =$	221.4	kN-m/m	bending moment	
$V_{Ed} =$	95.8	kN/m	shear	
classe:	2			
tipo:	U			
$W_{el} =$	1800	cm ³ /m	modulo di resistenza elastico - asse forte	
$A =$	163	cm ² /m	area	
$W_{pl} =$	2134	cm ³ /m	modulo di resistenza plastico - asse forte	
$A_v =$	62.8	cm ² /m	area resistente a taglio	
$b =$	600	mm	larghezza	
$h =$	430	mm	altezza	
$t_w =$	9	mm	spessore anima	
$t_f =$	11.2	mm	spessore ali	
$\alpha =$	57.5°	deg	inclinazione dell'anima	
$\beta_B =$	1.0		coefficiente riduttivo	
$n =$	0.01		axial load strength ratio	

Tabella 6 - Verifica di resistenza (Sezione 1) -PU18

AZIONI DI PROGETTO			RESISTENZE DI PROGETTO				VERIFICA
(F_{Ed})			(R_d)				(>1)
N_{Ed}	M_{Ed}	V_{Ed}	N_{Rd}	M_{Rd}	V_{Rd}	$M_{N,Rd}$	$(R_d/F_{Ed})_{min}$
kN/m	kNm/m	kN/m	kN/m	kNm/m	kN/m	kNm/m	--
30.0	221.4	95.8	4191	549	933	549	2.48

OK

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
VI05D - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 05 D 1 001	Rev. C	Foglio 26 di 48

4.11 Verifiche nei confronti degli stati limite idraulici

Sifonamento

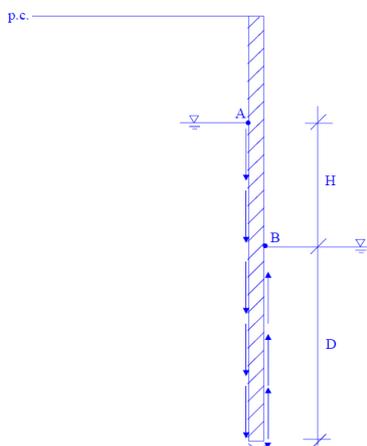
In un terreno privo di legami coesivi, in presenza di filtrazione ascendente quando il gradiente idraulico è prossimo al valore critico $i = i_c \approx 1$, si annullano le forze intergranulari, si annulla la resistenza del terreno e le particelle solide possono essere trasportate dall'acqua in movimento, dando origine ad un fenomeno progressivo di erosione che conduce al collasso della struttura del terreno. Tale fenomeno è noto come instabilità idrodinamica (o sifonamento). Il fattore di sicurezza globale nei confronti del sifonamento è il rapporto tra il gradiente idraulico critico, $i_c \approx 1.0$, e quello presente in esercizio (gradiente di efflusso), i_E :

$$FS = i_c / i_E \approx 1 / i_E$$

In via cautelativa, con riferimento al percorso di filtrazione più corto (situazione più critica), nell'ipotesi di perdita di carico lineare con la profondità e trascurando lo spessore del diaframma, il gradiente di efflusso, i_E è dato da:

$$i_E = H / (H + 2 \cdot D)$$

dove H è la differenza di carico idraulico monte-valle e D è la profondità di infissione della paratia misurata sotto il fondo scavo.



Nel tratto in esame generalmente la falda è sotto fondo scavo, ad eccezione delle pile tra P54 e P57 in cui la falda è poco sopra il fondo scavo; la verifica a sifonamento è eseguita per completezza per queste paratie, anche se è soddisfatta con ampi margini, considerato il livello di falda.

Pila	H scavo	H	D	i_E	FS
P54	3.3 m	0.56 m	7.7 m	0.035	28.5

Si tratta quindi di gradienti di efflusso bassi, tali da evitare il pericolo di sifonamento.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
VI05D - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17 Lotto 12 Codifica Documento EI2 CL VI 05 D 1 001 Rev. C Foglio 27 di 48

Nel seguito si esprime la verifica di sifonamento in termini di pressioni come richiesto da NTC 2008, le pressioni totali a fondo scavo dovranno essere maggiori delle pressioni idrostatiche instabilizzanti:

$$U_{inst,d} \leq \sigma_{stb,d}$$

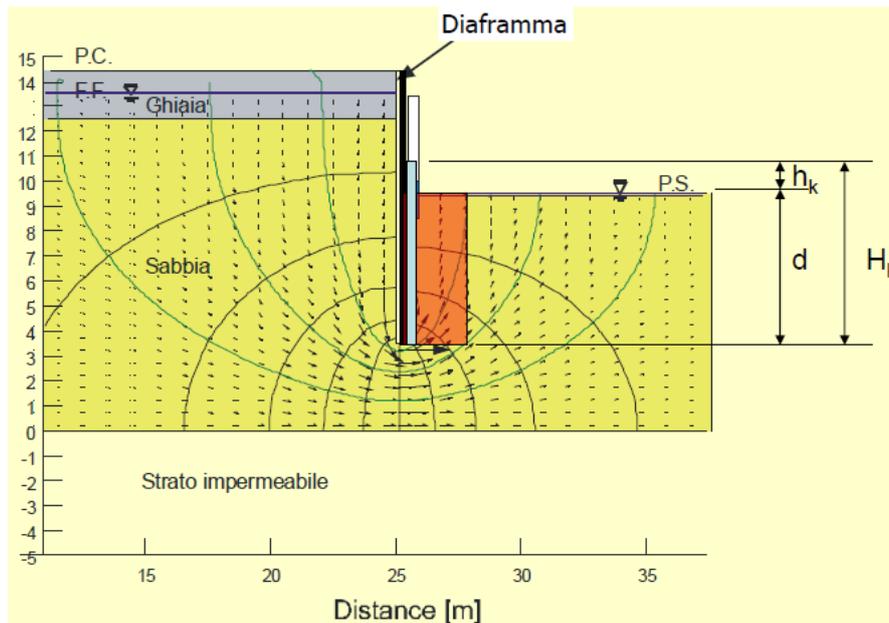


Figura 23 – Schema reticolo di filtrazione per verifica sifonamento

In termini di tensioni totali si verifica:

$$\gamma_{G,inst} (\gamma_w \cdot H_k) \leq \gamma_{G,std} (\gamma_{sat,k} \cdot d)$$

$$1.3 \cdot (\gamma_w \cdot H_k) \leq 0.9 \cdot (\gamma_{sat,k} \cdot d)$$

Dove:

$\gamma_{G,inst} = 1.3$; $\gamma_{G,std} = 0.9$ coefficienti parziali di normativa NTC 2008.

γ_w = peso dell'acqua; $\gamma_{sat,k}$ = peso di volume del terreno (19 kN/m^3).

H_k ; d = profondità indicate come da schema di Figura 23.

Nel caso in esame si valutano le pressioni al piede della paratia dal modello di calcolo Plaxis (vedasi figure seguenti) da cui si ricava H_k e quindi le pressioni delle seguenti relazioni

$$1.3 \cdot (\gamma_w \cdot H_k)$$

$$0.9 \cdot (\gamma_{sat,k} \cdot d)$$

Quindi da tabella seguente si verifica che: $1.3 \cdot (\gamma_w \cdot H_k) \leq 0.9 \cdot (\gamma_{sat,k} \cdot d)$.

La verifica è soddisfatta.

	H_k [m]	d [m]	$1.3 \cdot (\gamma_w \cdot H_k)$ [kPa]	$0.9 \cdot (\gamma_{sat,k} \cdot d)$ [kPa]
Sezione 1	6.63	7.7	86.19	131.7

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
VI05D - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 05 D 1 001	Rev. C	Foglio 28 di 48

Per la sezione 1 (palancola a sbalzo) si esegue la verifica prendendo i valori delle pressioni dal modello di calcolo Plaxis (vedasi figure seguenti); da cui al piede della paratia si ha rispettivamente una pressione di 66.3 kPa, che corrisponde a $H_k = 6.63$ m.

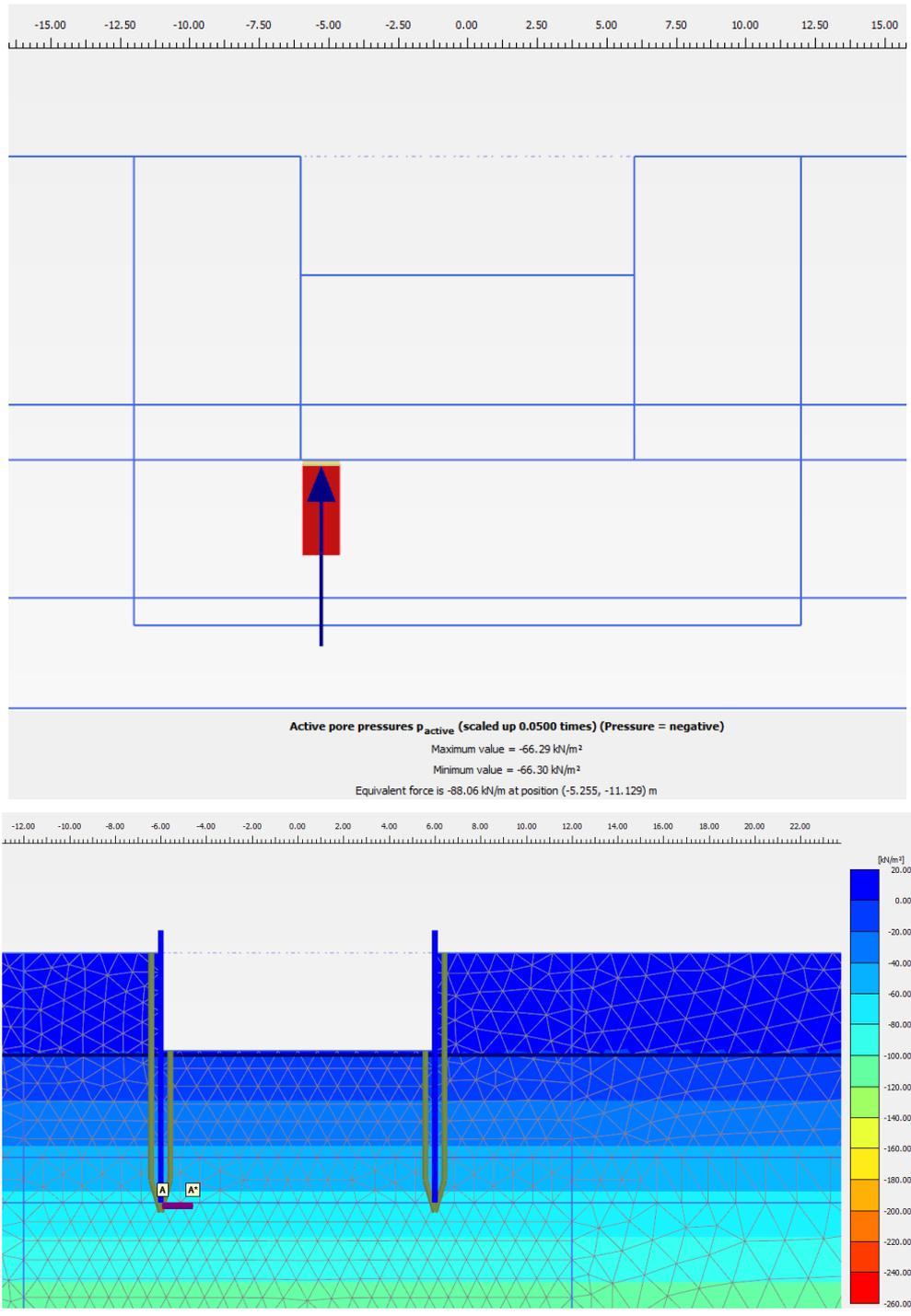


Figura 24 – sezione 1

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI05D - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 05 D 1 001	Rev. C	Foglio 29 di 48	

5 ANALISI DI STABILITA'

Nel presente capitolo si riportano le verifiche di stabilità globale delle scarpate di scavo provvisorie previste per la realizzazione delle fondazioni di alcune pile del tratto di opera in esame. Si tratta di scavi a cielo aperto con scarpate a pendenza (2 (verticale) / 3 (orizzontale)) con una altezza massima di scavo di 3.6 m circa.

5.1 Metodologie di calcolo verifica di stabilità

La valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità viene condotta mediante il codice di calcolo SLIDE 18, in cui la ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento. Il coefficiente di sicurezza a rottura lungo la superficie di scorrimento viene definito come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie e quella effettivamente mobilitata lungo la stessa superficie:

$$FS = \frac{\int_S \tau_{disp}}{\int_S \tau_{mob}} \quad \text{coefficiente di sicurezza}$$

In conformità alla normativa vigente (D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le costruzioni" – NTC2008), l'analisi di stabilità globale deve svolgersi agli SLU: A2+M2+R2.

Secondo la normativa quindi i parametri di resistenza del terreno devono essere abbattuti a mezzo dei coefficienti parziali di seguito riportati.

$$\gamma_\phi = 1.25 \quad \text{coefficiente parziale per l'angolo di resistenza al taglio}$$

$$\gamma_c = 1.25 \quad \text{coefficiente parziale per la coesione drenata}$$

L'analisi viene quindi condotta con i seguenti parametri geotecnici di calcolo:

$$\tan(\phi'_d) = \tan(\phi'_k) / \gamma_\phi \quad \text{angolo di resistenza al taglio}$$

$$c'_d = c'_k / \gamma_c \quad \text{coesione drenata}$$

Il coefficiente di sicurezza minimo per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo è pari ad 1.1 (γ_R) sia in condizioni statiche, che sismiche. Pertanto il fattore di sicurezza alla stabilità da verificare $FS \geq 1.1$.

5.2 Carichi

La presenza del sovraccarico accidentale dovuto al transito dei mezzi di cantiere è stata cautelativamente considerata nelle analisi applicando al piano campagna un sovraccarico di 10 kPa, uniformemente distribuito ed infinitamente esteso. Inoltre è stato modellato nelle analisi anche il carico accidentale della viabilità a tergo (20 kPa).

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI05D - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 05 D 1 001	Rev. C	Foglio 30 di 48	

5.3 Sezioni di calcolo

La verifica di stabilità è svolta per la sezione rappresentativa delle condizioni peggiori considerando altezza di scavo, stratigrafia e livello di falda; in particolare è stata analizzata la seguente sezione con:

- **Scavo h = 3.6 m** della pila P59 con carico accidentale stradale a tergo e falda a circa 3.5 m sotto fondo scavo, quindi non interferente con lo scavo.

5.4 Caratterizzazione geotecnica dei terreni

Nelle seguenti tabelle si riportano, per le unità geotecniche di interesse progettuale, i parametri geotecnici, per maggiori dettagli si rimanda alla Relazione Geotecnica ([DR 2.]).

Tabella 7 - Stratigrafia 1 e parametri geotecnici

da [m]	a [m]	Unità geotecnica	γ [kN/m³]	ϕ' [°]	c' [kPa]
0.0	-9.0	sabbia	19.0	34	0
-9.0	-11.0	argilla	18.5	26	0
-11.0	-16.0	sabbia	19.0	34	0

Il livello di falda per le fasi provvisoriali degli scavi a cielo aperto, è assunto a +20.5 m s.l.m..

5.5 Risultati

Nelle seguenti figure si riportano i risultati della verifica di stabilità nelle sole condizioni statiche SLU in quanto si tratta di opere provvisoriali. Il fattore di sicurezza minimo è > 1.1 , quindi la verifica di stabilità è soddisfatta, secondo quanto previsto da normativa.

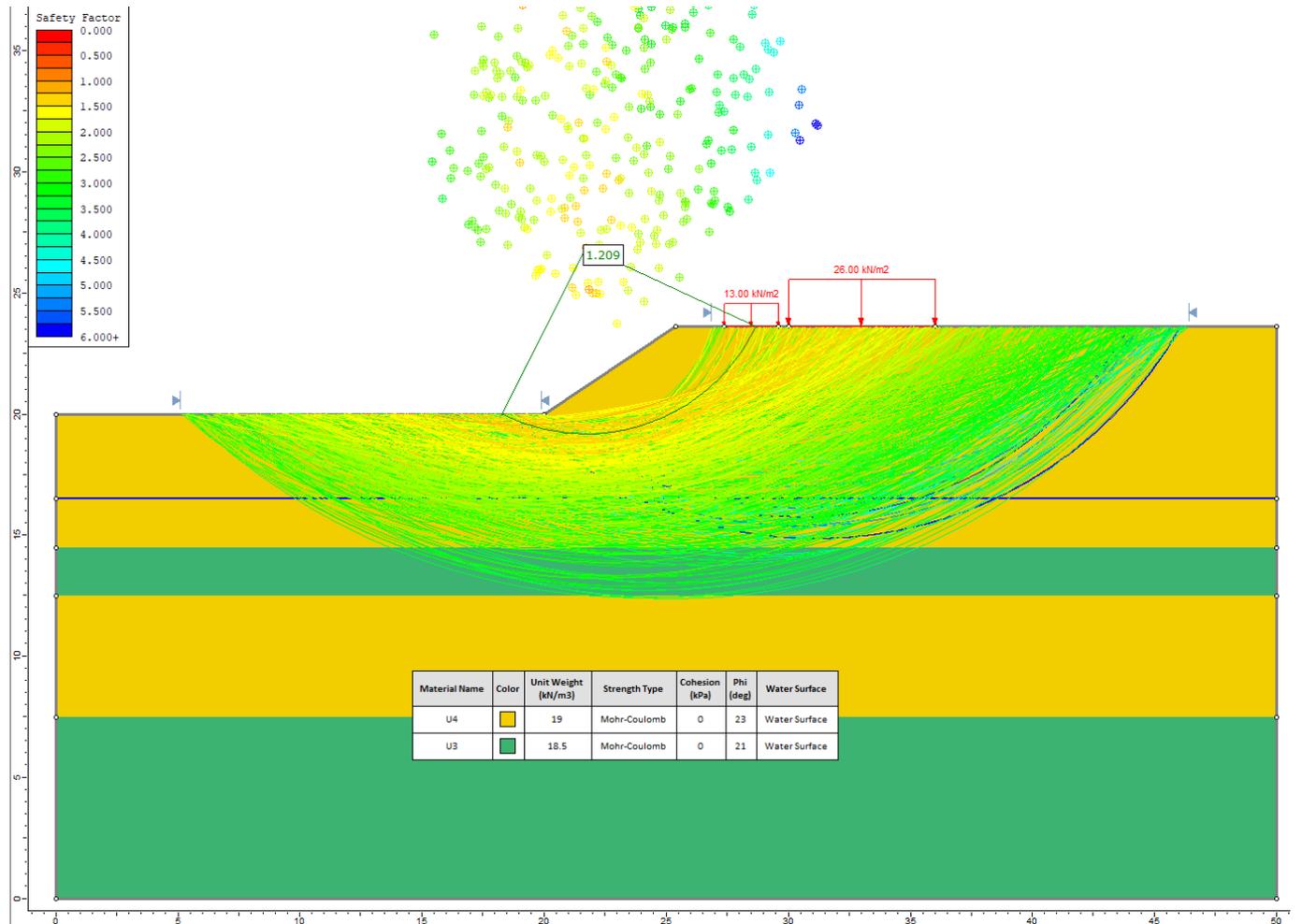


Figura 25 – Analisi di stabilità statica SLU – Hscavo = 3.6 m

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI05D - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 05 D 1 001	Rev. C	Foglio 32 di 48	

6 APPENDICE A. ANALISI STABILITA'. TABULATI DI CALCOLO SLIDE

6.1 Analisi di stabilità statica SLU – Hscavo = 3.6 m

Slide Analysis Information

H36_00

Project Summary

File Name: H36_00.slmd
 Slide Modeler Version: 8.024
 Compute Time: 00h:00m:00.87s
 Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
 Date Created: 30/10/2021, 11:17:54

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
 Time Units: days
 Permeability Units: meters/second
 Data Output: Standard
 Failure Direction: Right to Left

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

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

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
 Pore Fluid Unit Weight [kN/m3]: 9.81
 Use negative pore pressure cutoff: Yes
 Maximum negative pore pressure [kPa]: 0
 Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
 Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options



Surface Type: Circular
 Search Method: Slope Search
 Number of Surfaces: 500
 Upper Angle [°]: Not Defined
 Lower Angle [°]: Not Defined
 Composite Surfaces: Disabled
 Reverse Curvature: Invalid Surfaces
 Minimum Elevation: Not Defined
 Minimum Depth [m]: Not Defined
 Minimum Area: Not Defined
 Minimum Weight: Not Defined

Seismic Loading

Advanced seismic analysis: No
 Staged pseudostatic analysis: No

Loading

- 2 Distributed Loads present

Distributed Load 1

Distribution: Constant
 Magnitude [kPa]: 26
 Orientation: Normal to boundary

Distributed Load 2

Distribution: Constant
 Magnitude [kPa]: 13
 Orientation: Normal to boundary

Materials

Property	U4	U3
Color		
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	19	18.5
Cohesion [kPa]	0	0
Friction Angle [°]	23	21
Water Surface	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1

Global Minimums

Method: bishop simplified

	FS	1.208820
Center:	21.721, 26.855	
Radius:	7.672	
Left Slip Surface Endpoint:	18.274, 20.000	
Right Slip Surface Endpoint:	28.668, 23.600	
Resisting Moment:	1320.81 kN-m	
Driving Moment:	1092.64 kN-m	
Total Slice Area:	20.3976 m ²	
Surface Horizontal Width:	10.3946 m	
Surface Average Height:	1.96233 m	

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



VI05D - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Progetto
IN17Lotto
12Codifica Documento
E12 CL VI 05 D 1 001Rev.
CFoglio
34 di 48**Valid/Invalid Surfaces****Method: bishop simplified**

Number of Valid Surfaces: 466

Number of Invalid Surfaces: 34

Slice Data**• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.20882**

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.207892	0.198769	-25.8324	U4	0	23	0.40446	0.488919	1.15182	0	1.15182	0.956016	0.956016
2	0.207892	0.581366	-24.1194	U4	0	23	1.16505	1.40834	3.31784	0	3.31784	2.79622	2.79622
3	0.207892	0.934667	-22.429	U4	0	23	1.84619	2.23171	5.25759	0	5.25759	4.49555	4.49555
4	0.207892	1.25977	-20.7591	U4	0	23	2.45438	2.9669	6.98957	0	6.98957	6.05925	6.05925
5	0.207892	1.55763	-19.1074	U4	0	23	2.99514	3.62059	8.52958	0	8.52958	7.49199	7.49199
6	0.207892	1.82911	-17.472	U4	0	23	3.47321	4.19849	9.89102	0	9.89102	8.79779	8.79779
7	0.207892	2.07492	-15.8512	U4	0	23	3.89264	4.7055	11.0854	0	11.0854	9.98017	9.98017
8	0.207892	2.29572	-14.2434	U4	0	23	4.25694	5.14587	12.1229	0	12.1229	11.0423	11.0423
9	0.207892	2.62509	-12.6469	U4	0	23	4.81306	5.81812	13.7066	0	13.7066	12.6266	12.6266
10	0.207892	3.31981	-11.0604	U4	0	23	6.02049	7.27769	17.1452	0	17.1452	15.9683	15.9683
11	0.207892	4.01609	-9.48237	U4	0	23	7.20595	8.7107	20.5211	0	20.5211	19.3175	19.3175
12	0.207892	4.68916	-7.91161	U4	0	23	8.32655	10.0653	23.7123	0	23.7123	22.5552	22.5552
13	0.207892	5.33933	-6.34682	U4	0	23	9.38494	11.3447	26.7266	0	26.7266	25.6827	25.6827
14	0.207892	5.96682	-4.78677	U4	0	23	10.3837	12.552	29.5706	0	29.5706	28.7011	28.7011
15	0.207892	6.57182	-3.23027	U4	0	23	11.3247	13.6895	32.2505	0	32.2505	31.6114	31.6114
16	0.207892	7.15445	-1.67616	U4	0	23	12.2099	14.7596	34.7714	0	34.7714	34.4141	34.4141
17	0.207892	7.71479	-0.123283	U4	0	23	13.0408	15.764	37.1376	0	37.1376	37.1096	37.1096
18	0.207892	8.25286	1.4295	U4	0	23	13.8188	16.7044	39.3532	0	39.3532	39.6981	39.6981
19	0.207892	8.76866	2.98334	U4	0	23	14.545	17.5823	41.4213	0	41.4213	42.1793	42.1793
20	0.207892	9.26211	4.53939	U4	0	23	15.2204	18.3987	43.3447	0	43.3447	44.5531	44.5531
21	0.207892	9.73308	6.09879	U4	0	23	15.8459	19.1548	45.1258	0	45.1258	46.8189	46.8189
22	0.207892	10.1814	7.66275	U4	0	23	16.4219	19.8511	46.7662	0	46.7662	48.9757	48.9757
23	0.207892	10.6069	9.23248	U4	0	23	16.949	20.4883	48.2674	0	48.2674	51.0224	51.0224
24	0.207892	11.0092	10.8092	U4	0	23	17.4277	21.0669	49.6307	0	49.6307	52.9581	52.9581
25	0.207892	11.388	12.3943	U4	0	23	17.858	21.5871	50.8558	0	50.8558	54.7803	54.7803
26	0.207892	11.7429	13.9891	U4	0	23	18.24	22.0489	51.944	0	51.944	56.4881	56.4881
27	0.207892	12.0735	15.5951	U4	0	23	18.5737	22.4523	52.8943	0	52.8943	58.0785	58.0785
28	0.207892	12.3791	17.2137	U4	0	23	18.8589	22.797	53.7065	0	53.7065	59.5492	59.5492
29	0.207892	12.6592	18.8466	U4	0	23	19.095	23.0824	54.3786	0	54.3786	60.8964	60.8964
30	0.207892	12.913	20.4956	U4	0	23	19.2817	23.3081	54.9105	0	54.9105	62.118	62.118
31	0.207892	13.1398	22.1625	U4	0	23	19.4182	23.4731	55.2992	0	55.2992	63.2089	63.2089
32	0.207892	13.3385	23.8495	U4	0	23	19.5037	23.5765	55.5427	0	55.5427	64.165	64.165
33	0.207892	13.508	25.5587	U4	0	23	19.5371	23.6168	55.6378	0	55.6378	64.9811	64.9811
34	0.207892	13.6473	27.2927	U4	0	23	19.517	23.5926	55.5809	0	55.5809	65.6513	65.6513
35	0.207892	13.612	29.0543	U4	0	23	19.2405	23.2583	54.7929	0	54.7929	65.4819	65.4819
36	0.207892	13.1599	30.8465	U4	0	23	18.3764	22.2138	52.3323	0	52.3323	63.3071	63.3071
37	0.207892	12.6514	32.6729	U4	0	23	17.4431	21.0856	49.6747	0	49.6747	60.8613	60.8613
38	0.207892	12.1055	34.5375	U4	0	23	16.4691	19.9082	46.9008	0	46.9008	58.2356	58.2356
39	0.207892	11.5197	36.4448	U4	0	23	15.4528	18.6796	44.0062	0	44.0062	55.4176	55.4176
40	0.207892	10.8911	38.4004	U4	0	23	14.3923	17.3977	40.9864	0	40.9864	52.3937	52.3937
41	0.207892	10.2161	40.4105	U4	0	23	13.2859	16.0603	37.8355	0	37.8355	49.1469	49.1469
42	0.207892	9.4905	42.4827	U4	0	23	12.1313	14.6645	34.5474	0	34.5474	45.6569	45.6569
43	0.207892	8.70925	44.626	U4	0	23	10.9259	13.2074	31.1146	0	31.1146	41.8987	41.8987
44	0.207892	7.86597	46.8519	U4	0	23	10.5696	12.7767	30.1	0	30.1	41.3759	41.3759

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>					
VI05D - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Progetto IN17</td> <td style="width: 15%;">Lotto 12</td> <td style="width: 30%;">Codifica Documento EI2 CL VI 05 D 1 001</td> <td style="width: 10%;">Rev. C</td> <td style="width: 25%;">Foglio 35 di 48</td> </tr> </table>	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 05 D 1 001	Rev. C	Foglio 35 di 48
Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 05 D 1 001	Rev. C	Foglio 35 di 48		

45	0.207892	6.95272	49.1745	U4	0	23	11.5974	14.0192	33.0272	0	33.0272	46.4509	46.4509
46	0.207892	5.95924	51.6121	U4	0	23	10.139	12.2562	28.8739	0	28.8739	41.6716	41.6716
47	0.207892	4.87194	54.189	U4	0	23	8.60724	10.4046	24.5117	0	24.5117	36.4411	36.4411
48	0.207892	3.67212	56.9388	U4	0	23	6.99557	8.45639	19.922	0	19.922	30.6691	30.6691
49	0.207892	2.33277	59.9104	U4	0	23	5.29686	6.40295	15.0844	0	15.0844	24.2258	24.2258
50	0.207892	0.812092	63.1796	U4	0	23	3.50412	4.23585	9.97905	0	9.97905	16.9099	16.9099

Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.20882

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	18.2739	20	0	0	0
2	18.4818	19.8994	0.199964	0	0
3	18.6897	19.8063	0.750866	0	0
4	18.8976	19.7205	1.58563	0	0
5	19.1055	19.6417	2.6464	0	0
6	19.3134	19.5696	3.88304	0	0
7	19.5212	19.5042	5.25195	0	0
8	19.7291	19.4452	6.71514	0	0
9	19.937	19.3924	8.23942	0	0
10	20.1449	19.3458	9.87889	0	0
11	20.3528	19.3051	11.8266	0	0
12	20.5607	19.2704	14.0364	0	0
13	20.7686	19.2415	16.4516	0	0
14	20.9765	19.2184	19.0197	0	0
15	21.1844	19.201	21.6921	0	0
16	21.3923	19.1892	24.4236	0	0
17	21.6002	19.1832	27.1721	0	0
18	21.8081	19.1827	29.8984	0	0
19	22.016	19.1879	32.5656	0	0
20	22.2238	19.1987	35.1391	0	0
21	22.4317	19.2152	37.5862	0	0
22	22.6396	19.2375	39.8764	0	0
23	22.8475	19.2654	41.9805	0	0
24	23.0554	19.2992	43.8712	0	0
25	23.2633	19.3389	45.5225	0	0
26	23.4712	19.3846	46.9097	0	0
27	23.6791	19.4364	48.0094	0	0
28	23.887	19.4944	48.7996	0	0
29	24.0949	19.5588	49.2591	0	0
30	24.3028	19.6298	49.3679	0	0
31	24.5107	19.7075	49.1073	0	0
32	24.7185	19.7922	48.4594	0	0
33	24.9264	19.8841	47.4073	0	0
34	25.1343	19.9835	45.9352	0	0
35	25.3422	20.0908	44.0285	0	0
36	25.5501	20.2063	41.6982	0	0
37	25.758	20.3304	39.0191	0	0
38	25.9659	20.4637	36.0206	0	0
39	26.1738	20.6068	32.7321	0	0
40	26.3817	20.7603	29.1869	0	0
41	26.5896	20.9251	25.4239	0	0
42	26.7975	21.1021	21.4878	0	0
43	27.0054	21.2925	17.4312	0	0

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
VI05D - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 05 D 1 001	Rev. C	Foglio 36 di 48

44	27.2132	21.4977	13.3169	0	0
45	27.4211	21.7195	8.83737	0	0
46	27.629	21.9601	3.29986	0	0
47	27.8369	22.2225	-2.17014	0	0
48	28.0448	22.5106	-7.44429	0	0
49	28.2527	22.83	-12.3534	0	0
50	28.4606	23.1888	-16.6648	0	0
51	28.6685	23.6	0	0	0

Entity Information

Group: Group 1

Shared Entities

Type	Coordinates	
	X	Y
External Boundary	0	0
	50	0
	50	7.5
	50	12.5
	50	14.5
	50	23.6
	36	23.6
	30	23.6
	25.4	23.6
	20	20
	0	20
Material Boundary	0	7.5
	50	7.5
Material Boundary	0	14.5
	50	14.5
Material Boundary	0	12.5
	50	12.5

Scenario-based Entities

Type	Coordinates	Master Scenario
Water Table	0 16.5	Assigned to materials:  U4  U3
	50 16.5	
Distributed Load	36 23.6	Constant Distribution Orientation: Normal to boundary Magnitude: 26 kN/m2 Creates Excess Pore Pressure: No
	30 23.6	
Distributed Load	X Y	Constant Distribution Orientation: Normal to boundary

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>VI05D - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento E12 CL VI 05 D 1 001</p>	<p>Rev. C</p>	<p>Foglio 37 di 48</p>	

<table border="1"> <tr> <td>29.6028</td> <td>23.6</td> </tr> <tr> <td>27.3646</td> <td>23.6</td> </tr> </table>	29.6028	23.6	27.3646	23.6	<p>Magnitude: 13 kN/m2 Creates Excess Pore Pressure: No</p>
29.6028	23.6				
27.3646	23.6				

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI05D - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 05 D 1 001	Rev. C	Foglio 38 di 48	

7 APPENDICE B. Tabulato di calcolo Plaxis

PLAXIS Report

1.1.1.1.1 Materials - Soil and interfaces - Mohr-Coulomb

Identification	Argilla	Sabbia	Argilla_Interfaccia	Sabbia_Interfaccia
Identification number	1	2	3	4
Drainage type	Drained	Drained	Drained	Drained
Colour				
Comments				
γ_{unsat}	kN/m ³ 18.50	19.00	18.50	19.00
γ_{sat}	kN/m ³ 18.50	19.00	18.50	19.00
Dilatancy cut-off	No	No	No	No
e_{init}	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000
e_{min}	0.000	0.000	0.000	0.000
e_{max}	999.0	999.0	999.0	999.0
Rayleigh α	0.000	0.000	0.000	0.000
Rayleigh β	0.000	0.000	0.000	0.000
E	kN/m ² 10.00E3	40.00E3	10.00E3	40.00E3
ν (nu)	0.3000	0.3000	0.3000	0.3000
G	kN/m ² 3846	15.38E3	3846	15.38E3
E_{ded}	kN/m ² 13.46E3	53.85E3	13.46E3	53.85E3
c_{ref}	kN/m ² 1.000E-3	0.000	1.000E-3	1.000E-3

Identification		Argilla	Sabbia	Argilla_Interfaccia	Sabbia_Interfaccia
ϕ (phi)	°	26.00	34.00	17.00	20.00
ψ (psi)	°	0.000	0.000	0.000	0.000
V_s	m/s	45.16	89.13	45.16	89.13
V_p	m/s	84.49	166.7	84.49	166.7
Set to default values		Yes	Yes	Yes	Yes
E_{inc}	kN/m ² /m	0.000	0.000	0.000	0.000
Y_{ref}	m	0.000	0.000	0.000	0.000
C_{inc}	kN/m ² /m	0.000	0.000	0.000	0.000
Y_{ref}	m	0.000	0.000	0.000	0.000
Tension cut-off		Yes	Yes	Yes	Yes
Tensile strength	kN/m ²	0.000	0.000	0.000	0.000
Undrained behaviour		Standard	Standard	Standard	Standard
Skempton-B		0.9783	0.9783	0.9783	0.9783
v_u		0.4950	0.4950	0.4950	0.4950
$K_{w,ref} / n$	kN/m ²	375.0E3	1.500E6	375.0E3	1.500E6
Stiffness		Standard	Standard	Standard	Standard
Strength		Manual	Manual	Rigid	Manual
R_{inter}		0.6700	0.6700	1.000	0.6700
Consider gap closure		Yes	Yes	Yes	Yes

Identification		Argilla	Sabbia	Argilla_Interfaccia	Sabbia_Interfaccia
δ_{inter}		0.000	0.000	0.000	0.000
Cross permeability		Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable
Drainage conductivity, dk	m ³ /s/m	0.000	0.000	0.000	0.000
R	m ² K/kW	0.000	0.000	0.000	0.000
K ₀ determination		Automatic	Automatic	Automatic	Automatic
K _{0,x} = K _{0,z}		Yes	Yes	Yes	Yes
K _{0,x}		0.5616	0.4408	0.7076	0.6580
K _{0,z}		0.5616	0.4408	0.7076	0.6580
Data set		Standard	Standard	Standard	Standard
Type		Coarse	Coarse	Coarse	Coarse
< 2 μ m	%	10.00	10.00	10.00	10.00
2 μ m - 50 μ m	%	13.00	13.00	13.00	13.00
50 μ m - 2 mm	%	77.00	77.00	77.00	77.00
Use defaults		None	None	None	None
k _x	m/s	0.6000E-6	0.01300E-3	0.6000E-6	0.01300E-3
k _y	m/s	0.6000E-6	0.01300E-3	0.6000E-6	0.01300E-3
$-\psi_{unsat}$	m	10.00E3	10.00E3	10.00E3	10.00E3
e _{init}		0.5000	0.5000	0.5000	0.5000
S _s	1/m	0.000	0.000	0.000	0.000

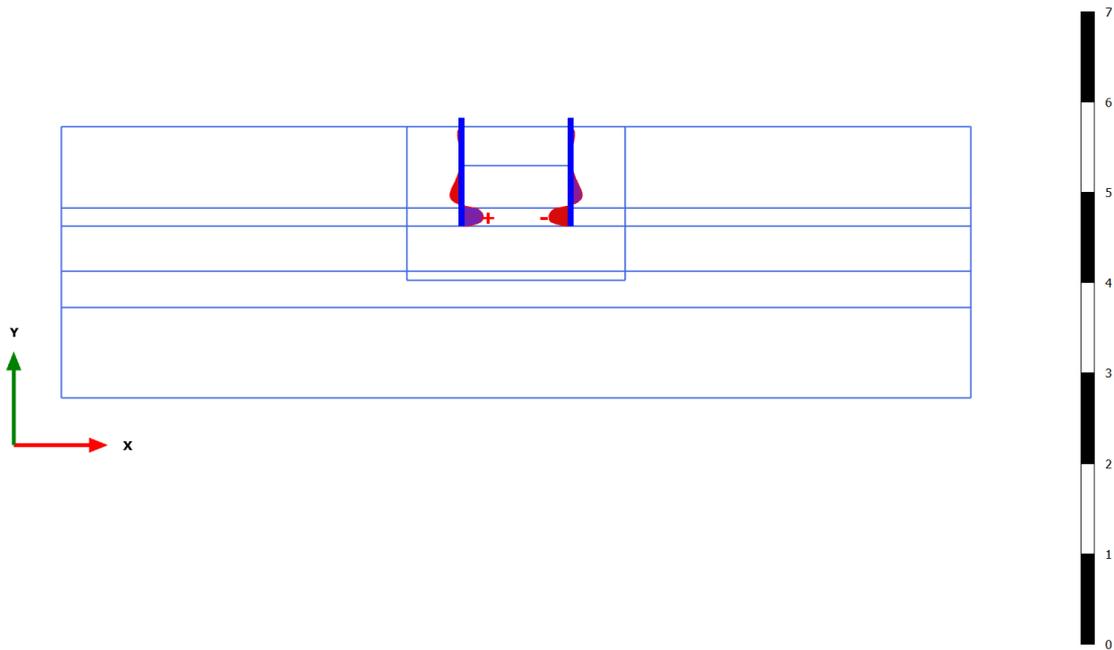
Identification		Argilla	Sabbia	Argilla_Interfaccia	Sabbia_Interfaccia
c_k		1000E12	1000E12	1000E12	1000E12
c_s	kJ/t/K	0.000	0.000	0.000	0.000
λ_s	kW/m/K	0.000	0.000	0.000	0.000
ρ_s	t/m ³	0.000	0.000	0.000	0.000
Solid thermal expansion		Volumetric	Volumetric	Volumetric	Volumetric
α_s	1/K	0.000	0.000	0.000	0.000
D_v	m ² /s	0.000	0.000	0.000	0.000
f_{TV}		0.000	0.000	0.000	0.000
Unfrozen water content		None	None	None	None

1.1.1.2 Materials - Plates -

Identification	PU_18
Identification number	1
Comments	
Colour	
Material type	Elastic
Isotropic	Yes
EA_1	kN/m 3.429E6
EA_2	kN/m 3.429E6
EI	kN m ² /m 81.16E3
d	m 0.5329
w	kN/m/m 1.280
ν	0.000
Rayleigh α	0.000
Rayleigh β	0.000
Prevent punching	No
Identification number	1
c	kJ/t/K 0.000
λ	kW/m/K 0.000
Identification	PU_18
ρ	t/m ³ 0.000
α	1/K 0.000

3.1.1.1.1 Calculation results, Plate, Palancolato [Phase_2] (2/5), Shear forces Q

[kN/m]



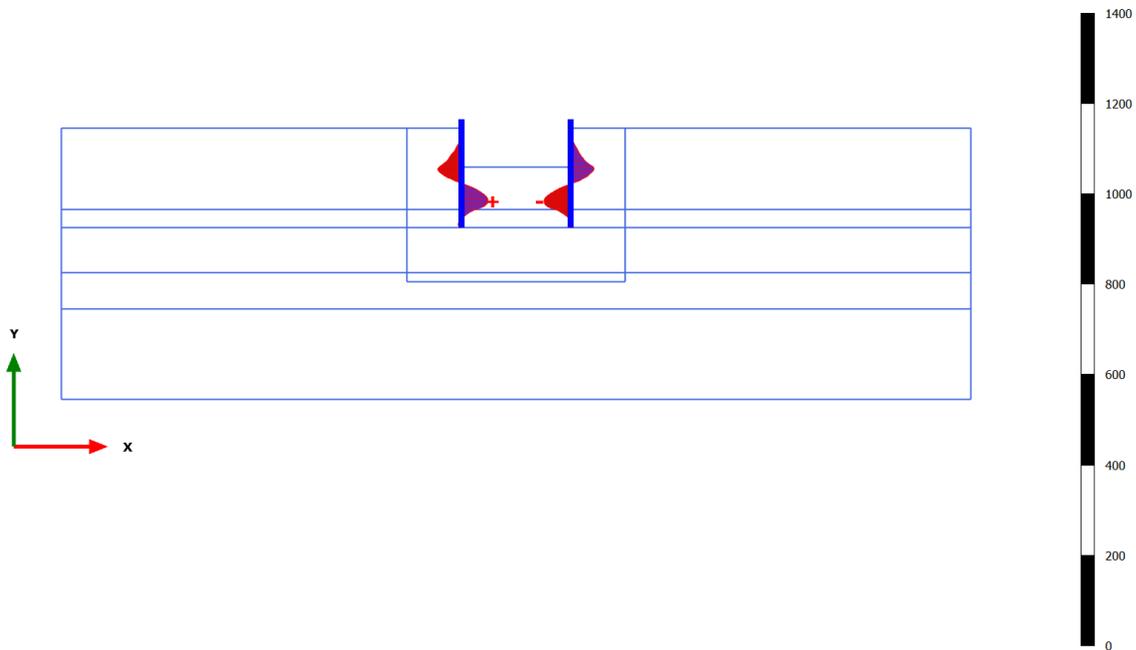
Shear forces Q (scaled up 10.0 times)

Maximum value = 0.2409 kN/m (Element 25 at Node 7783)

Minimum value = -0.2421 kN/m (Element 27 at Node 9786)

3.1.1.1.2 Calculation results, Plate, Scavo max [Phase_3] (3/354), Shear forces Q

[kN/m]



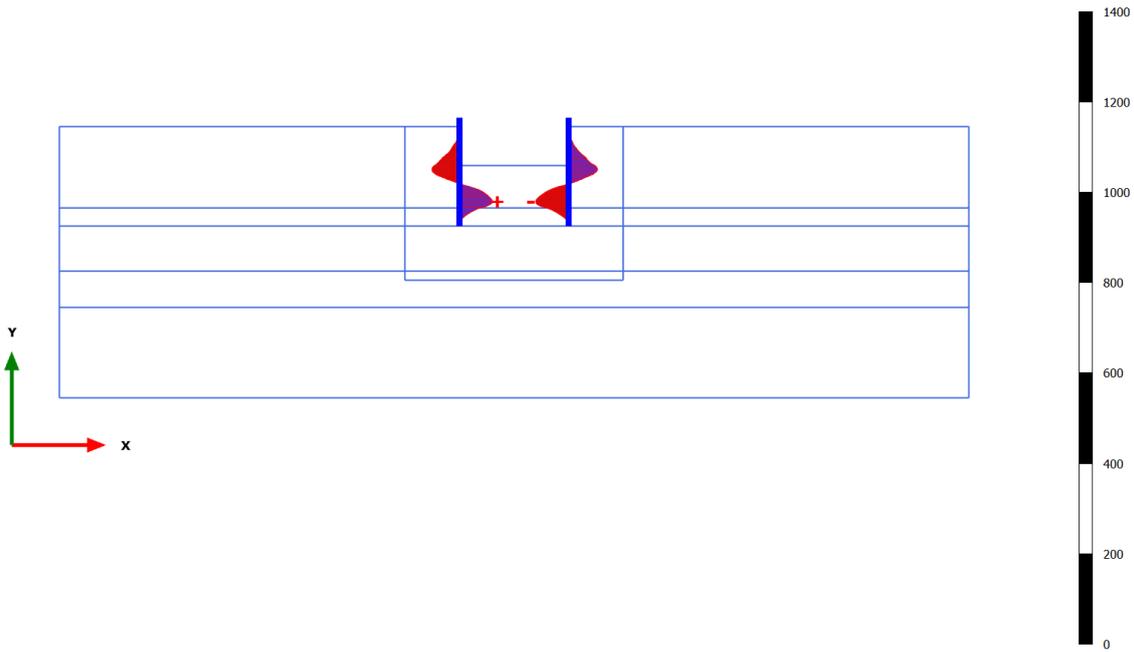
Shear forces Q (scaled up 0.0500 times)

Maximum value = 58.27 kN/m (Element 17 at Node 4876)

Minimum value = -58.47 kN/m (Element 23 at Node 6954)

3.1.1.1.3 Calculation results, Plate, Sovraccarico [Phase_5] (5/514), Shear forces Q

[kN/m]



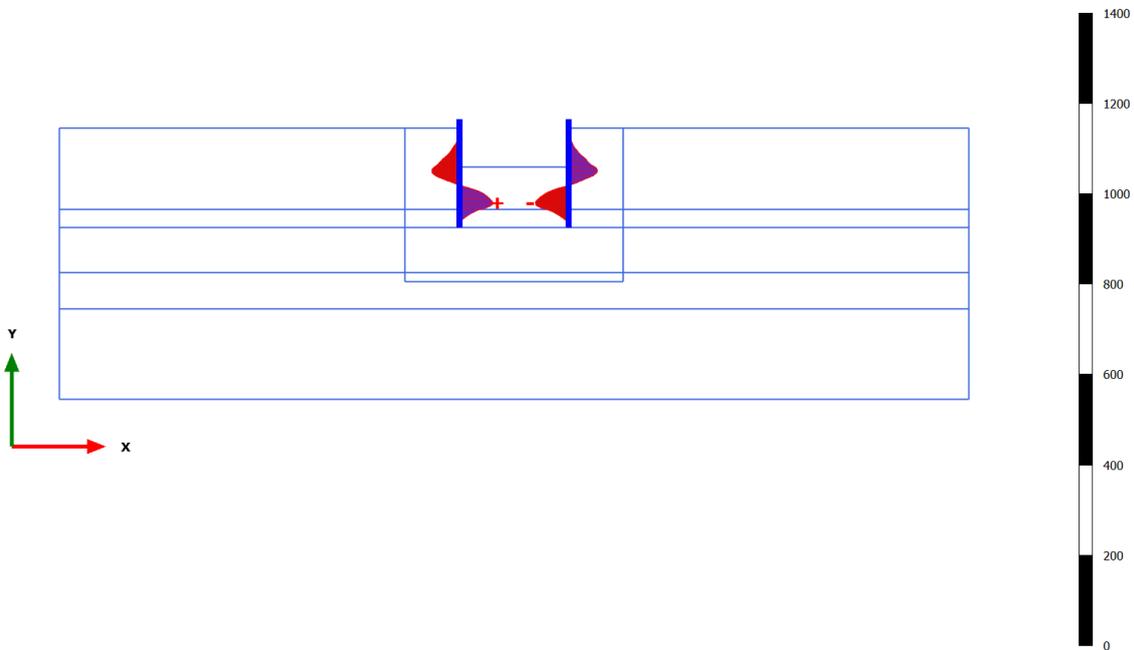
Shear forces Q (scaled up 0.0500 times)

Maximum value = 72.76 kN/m (Element 17 at Node 5973)

Minimum value = -73.09 kN/m (Element 23 at Node 7958)

3.1.1.1.4 Calculation results, Plate, Sovraccarico x1.15 (STR - SLU/1.3) [Phase_4] (4/518), Shear forces Q

[kN/m]



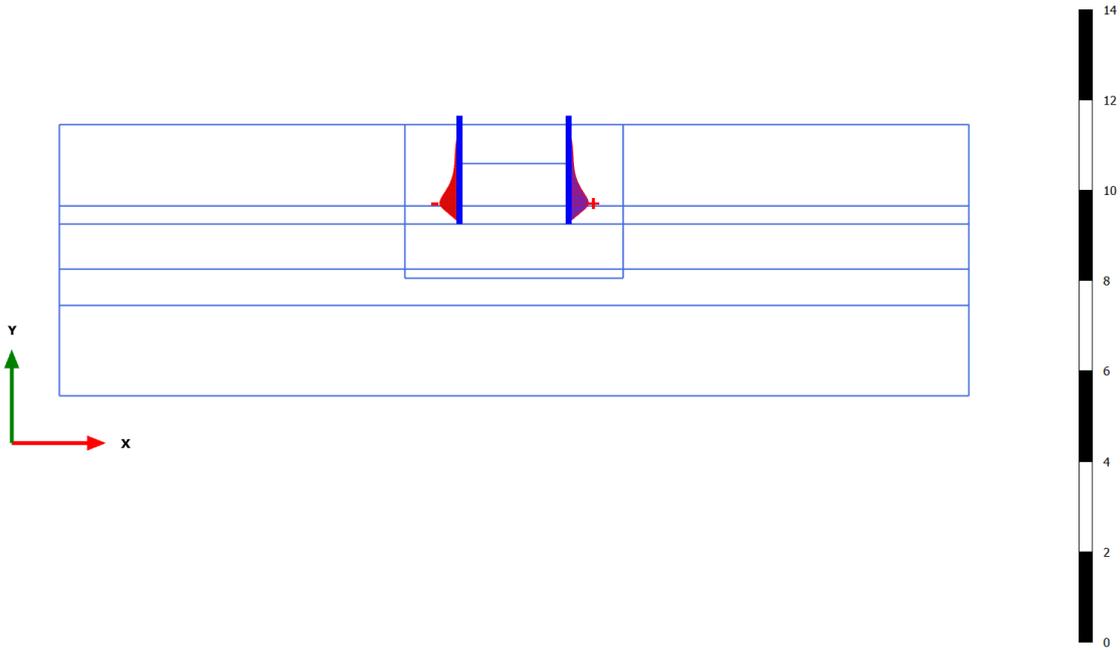
Shear forces Q (scaled up 0.0500 times)

Maximum value = 73.13 kN/m (Element 17 at Node 5973)

Minimum value = -73.70 kN/m (Element 23 at Node 7958)

3.1.1.2.1 Calculation results, Plate, Palancoleto [Phase_2] (2/5), Bending moments M

[kN m/m]



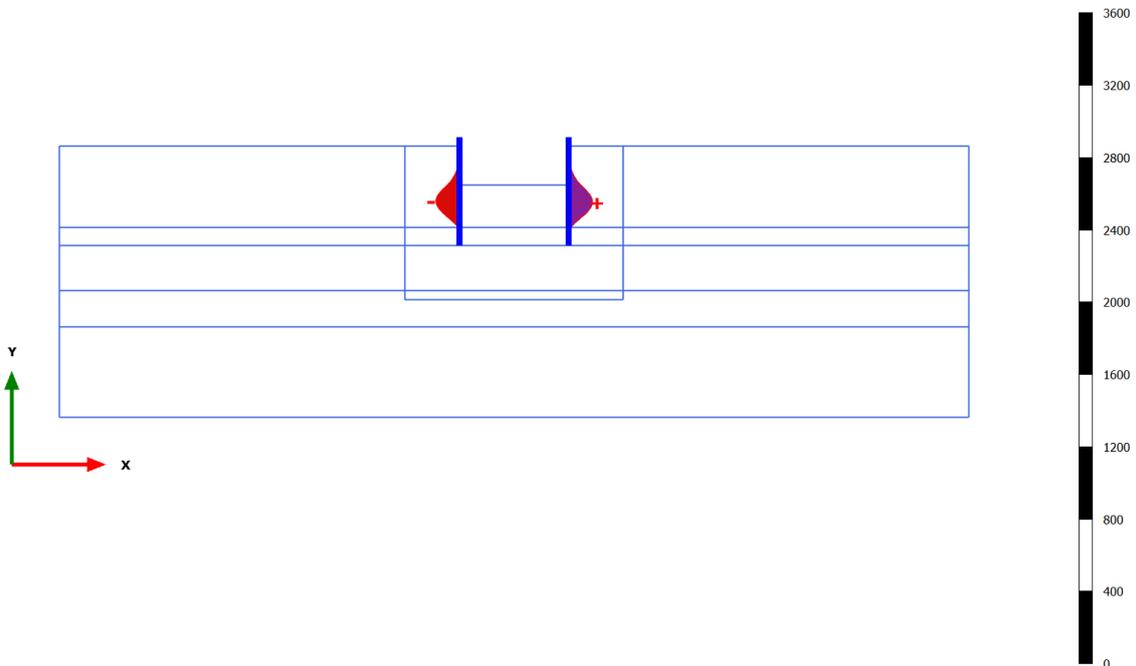
Bending moments M (scaled up 5.00 times)

Maximum value = 0.4347 kN m/m (Element 24 at Node 7960)

Minimum value = -0.4346 kN m/m (Element 18 at Node 5975)

3.1.1.2.2 Calculation results, Plate, Scavo max [Phase_3] (3/354), Bending moments M

[kN m/m]

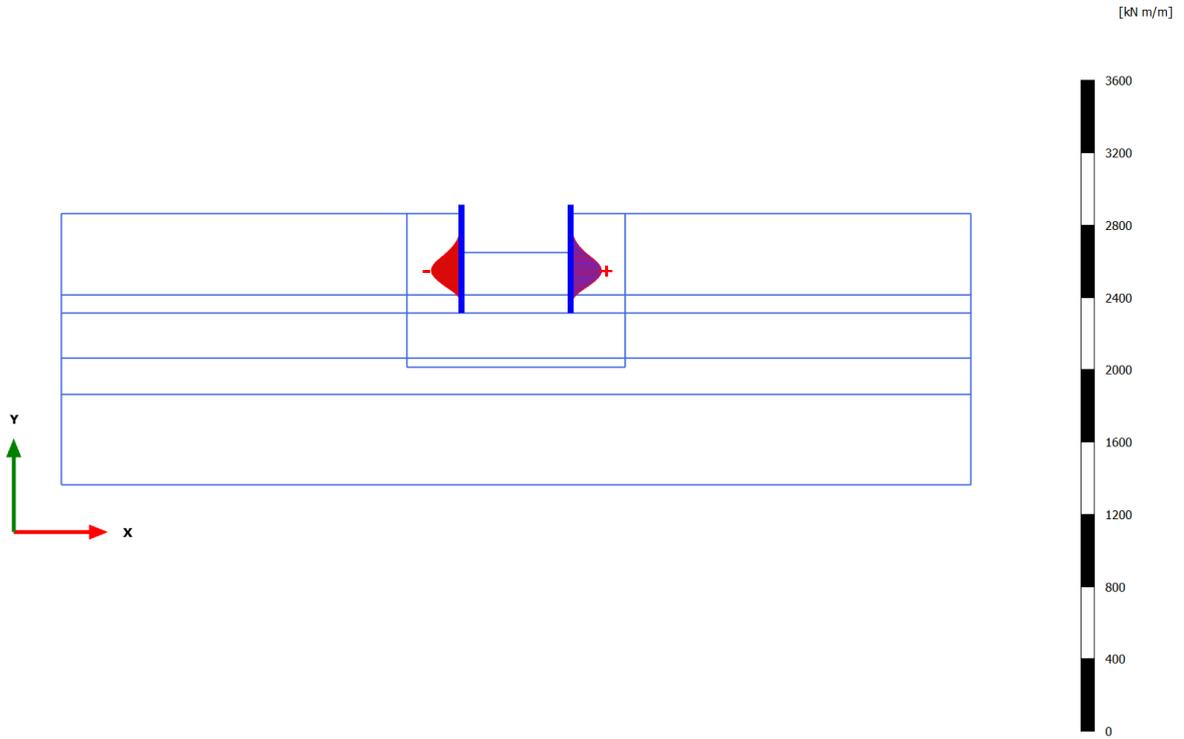


Bending moments M (scaled up 0.0200 times)

Maximum value = 132.2 kN m/m (Element 21 at Node 5837)

Minimum value = -130.6 kN m/m (Element 15 at Node 2900)

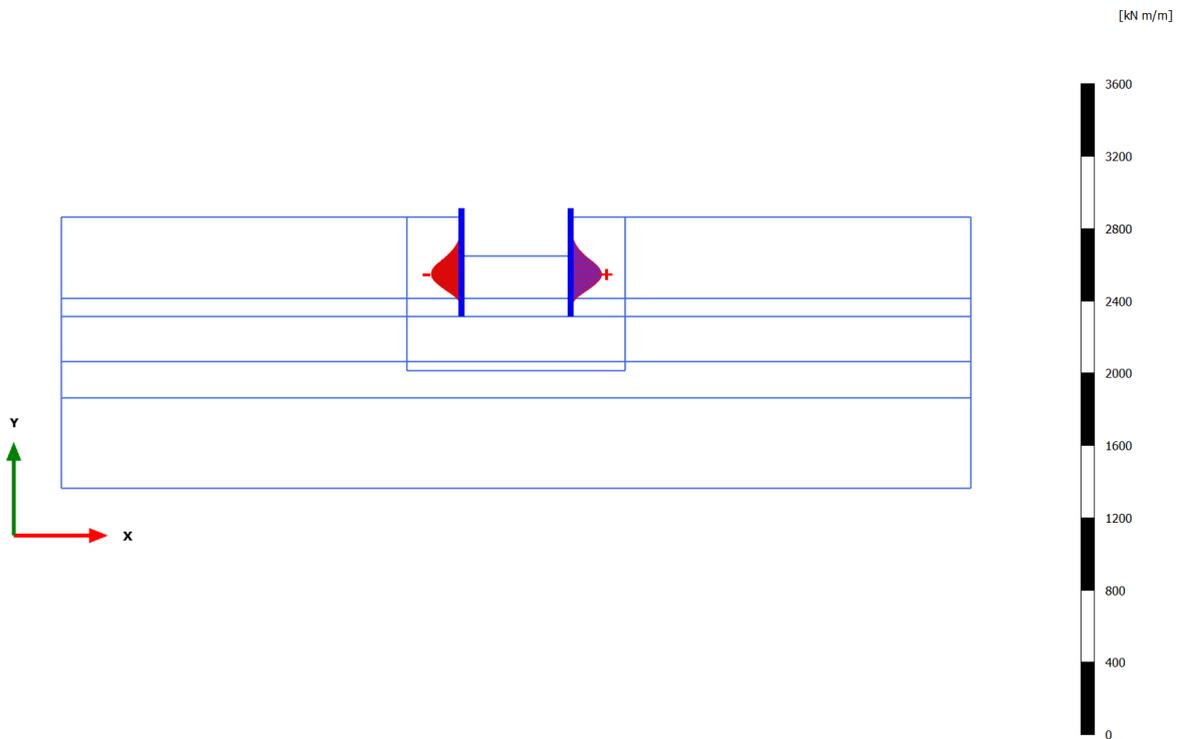
3.1.1.2.3 Calculation results, Plate, Sovraccarico [Phase_5] (5/514), Bending moments M



Bending moments M (scaled up 0.0200 times)

Maximum value = 169.9 kN m/m (Element 21 at Node 5837)
 Minimum value = -165.9 kN m/m (Element 15 at Node 2901)

3.1.1.2.4 Calculation results, Plate, Sovraccarico x1.15 (STR - SLU/1.3) [Phase_4] (4/518), Bending moments M

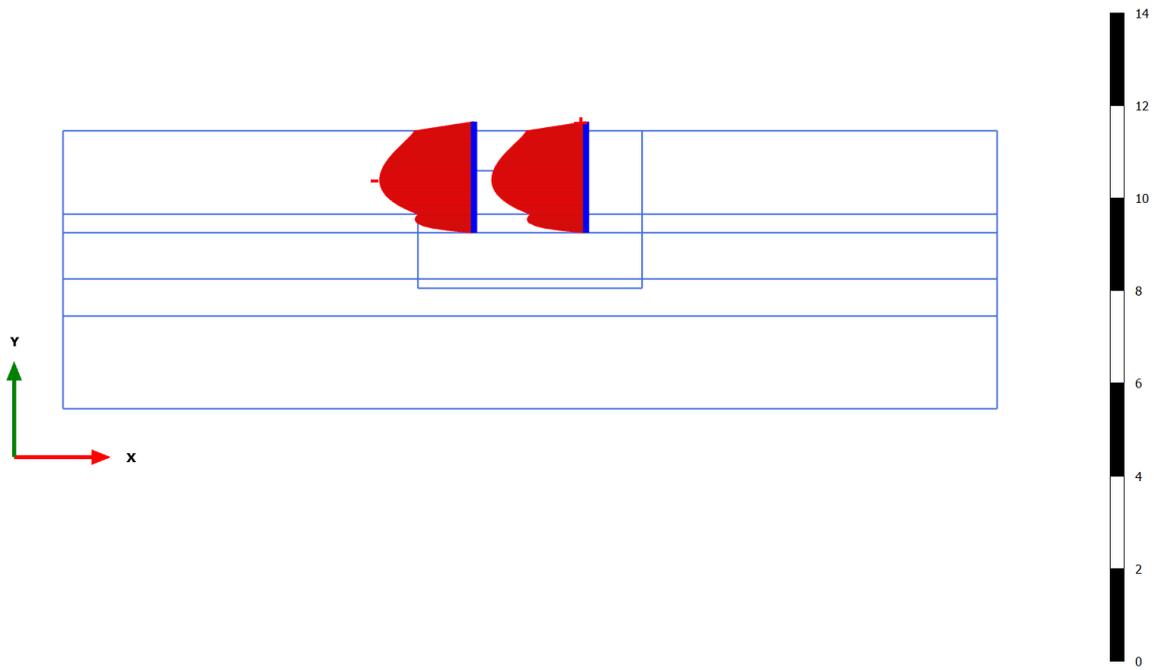


Bending moments M (scaled up 0.0200 times)

Maximum value = 170.3 kN m/m (Element 21 at Node 5837)
 Minimum value = -166.3 kN m/m (Element 15 at Node 2901)

3.1.1.3.1 Calculation results, Plate, Palancoleto [Phase_2] (2/5), Axial forces N

[kN/m]



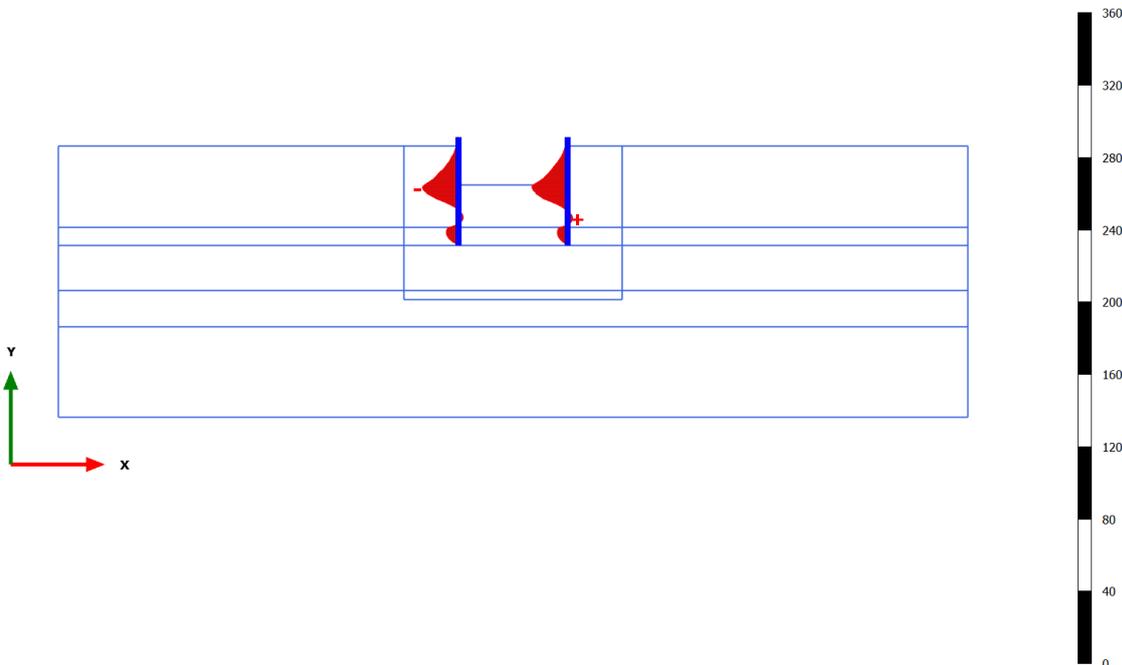
Axial forces N (scaled up 5.00 times)

Maximum value = $-0.07777 \cdot 10^{-3}$ kN/m (Element 2 at Node 3728)

Minimum value = -2.022 kN/m (Element 14 at Node 2248)

3.1.1.3.2 Calculation results, Plate, Scavo max [Phase_3] (3/354), Axial forces N

[kN/m]

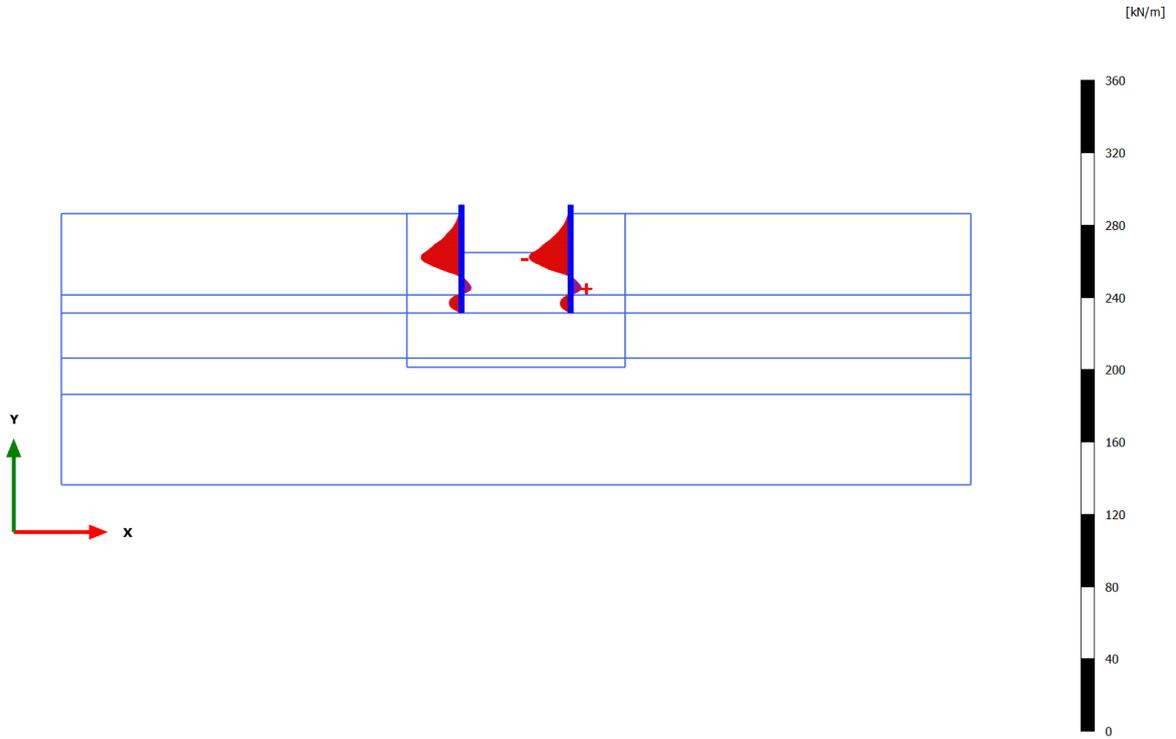


Axial forces N (scaled up 0.200 times)

Maximum value = 2.738 kN/m (Element 23 at Node 6954)

Minimum value = -19.85 kN/m (Element 13 at Node 1765)

3.1.1.3.3 Calculation results, Plate, Sovraccarico [Phase_5] (5/514), Axial forces N

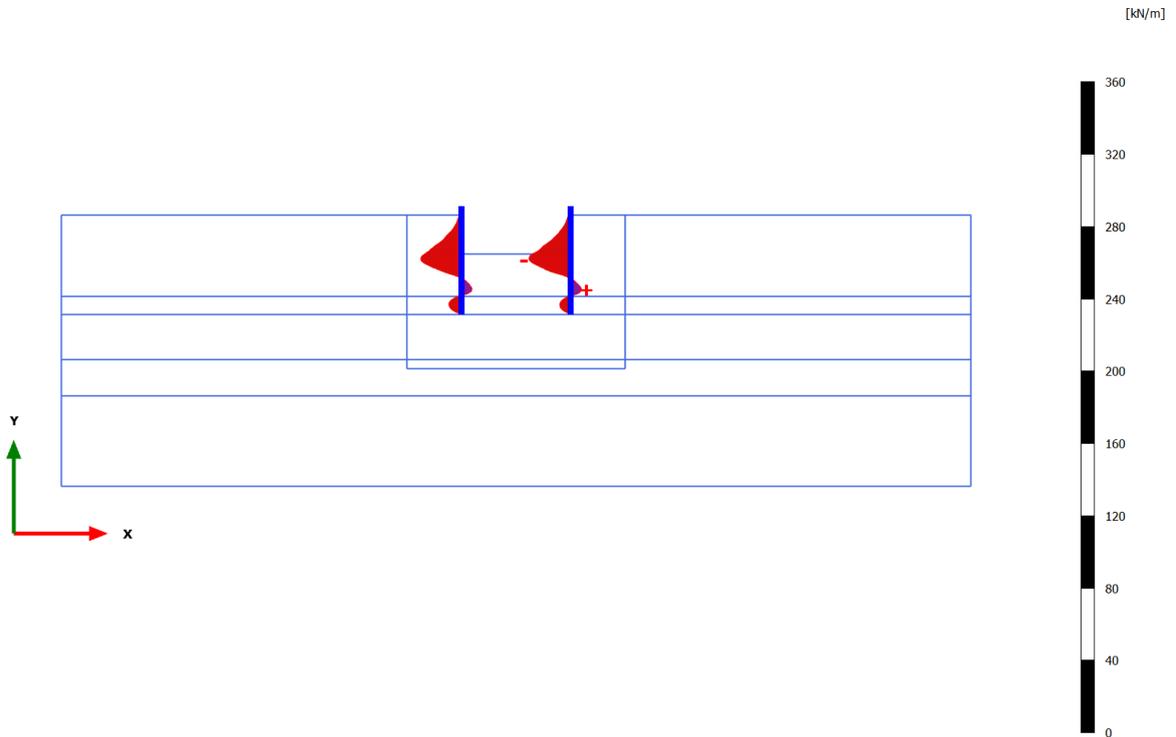


Axial forces N (scaled up 0.200 times)

Maximum value = 5.916 kN/m (Element 23 at Node 7958)

Minimum value = -22.80 kN/m (Element 19 at Node 4744)

3.1.1.3.4 Calculation results, Plate, Sovraccarico x1.15 (STR - SLU/1.3) [Phase_4] (4/518), Axial forces N



Axial forces N (scaled up 0.200 times)

Maximum value = 6.046 kN/m (Element 23 at Node 7958)

Minimum value = -22.96 kN/m (Element 19 at Node 4744)