

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 20+220,666 al km 20+592,474**

**SCAVI, DEMOLIZIONE, OPERE PROVVISORIALI**

**Relazione di calcolo opere provvisoriali**

|                                                                                                                                    |  |                                                                                               |  |                  |  |  |  |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------|--|--|--|-------|
| GENERAL CONTRACTOR                                                                                                                 |  |                                                                                               |  | DIRETTORE LAVORI |  |  |  | SCALA |
| IL PROGETTISTA INTEGRATORE                                                                                                         |  | Consorzio<br>Iricav Due<br>ing. Paolo Carmona<br><i>Paolo Carmona</i><br>Data: Settembre 2022 |  |                  |  |  |  | -     |
| Ing. Giovanni MALAYENDA<br>ALBO INGEGNERI PROV. DI MESSINA<br>n. 4289 n. 4503<br><i>Giovanni Malayenda</i><br>Data: Settembre 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 | A | 1 | 0 | 0 | 1 | C | - | - | - | D | - | - | - |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

|  |                                                 |                |
|--|-------------------------------------------------|----------------|
|  | VISTO CONSORZIO IRICAV DUE                      |                |
|  | Firma                                           | Data           |
|  | Ing Alberto Levorato<br><i>Alberto Levorato</i> | Settembre 2022 |

Progettazione:

| Rev. | Descrizione | Redatto                               | Data           | Verificato                      | Data           | Approvato                     | Data           | IL PROGETTISTA |
|------|-------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------------|----------------|-------------------------------|----------------|----------------|
| B    | REVISIONE   | G. Furlani<br><i>Giuseppe Furlani</i> | Febbraio 2022  | V. Pastore<br><i>V. Pastore</i> | Febbraio 2022  | P. Ascari<br><i>P. Ascari</i> | Febbraio 2022  | P. Ascari<br>  |
| C    | REVISIONE   | G. Furlani<br><i>Giuseppe Furlani</i> | Settembre 2022 | V. Pastore<br><i>V. Pastore</i> | Settembre 2022 | P. Ascari<br><i>P. Ascari</i> | Settembre 2022 |                |

|                 |                      |                                  |
|-----------------|----------------------|----------------------------------|
| CIG. 8377957CD1 | CUP: J41E91000000009 | File: IN1712EI2CLVI05A1001C.DOCX |
|                 |                      | Cod. origine:                    |



Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea

|                                                                                                                           |                  |                                                                                                                                                                   |                                            |           |                   |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------|-------------------|--|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br><b>IRICAV2</b> |                  | ALTA SORVEGLIANZA<br><br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |                                            |           |                   |  |
| VI05A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI                                                                          | Progetto<br>IN17 | Lotto<br>12                                                                                                                                                       | Codifica Documento<br>EI2 CL VI 05 A 1 001 | Rev.<br>C | Foglio<br>2 di 53 |  |

## 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 .....                                      | 17 |
| 4.8.1  | Sezione 1 .....                                            | 17 |
| 4.9    | Principali risultati delle analisi.....                    | 20 |
| 4.9.1  | Sezione 1 .....                                            | 20 |
| 4.9.2  | Stima portate di emungimento.....                          | 25 |
| 4.10   | Verifiche di resistenza palancole .....                    | 27 |
| 4.10.1 | Sezione 1 .....                                            | 28 |
| 4.11   | Verifiche nei confronti degli stati limite idraulici ..... | 29 |
| 5      | ANALISI DI STABILITA' .....                                | 30 |
| 5.1    | Metodologie di calcolo verifica di stabilità.....          | 30 |
| 5.2    | Carichi.....                                               | 30 |
| 5.3    | Sezioni di calcolo .....                                   | 31 |
| 5.4    | Caratterizzazione geotecnica dei terreni .....             | 31 |

|                                                                                                                           |                                                                                                                                                                   |             |                                            |           |                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------|-----------|-------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br><b>IRICAV2</b> | ALTA SORVEGLIANZA<br><br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |             |                                            |           |                   |
| VI05A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI                                                                          | Progetto<br>IN17                                                                                                                                                  | Lotto<br>12 | Codifica Documento<br>EI2 CL VI 05 A 1 001 | Rev.<br>C | Foglio<br>3 di 53 |

|     |                                                                  |    |
|-----|------------------------------------------------------------------|----|
| 5.5 | Risultati .....                                                  | 31 |
|     | APPENDICE A. ANALISI STABILITA'. TABULATI DI CALCOLO SLIDE ..... | 33 |
|     | Analisi di stabilità statica SLU – Hscavo = 3.5 m .....          | 33 |
|     | APPENDICE B. REPORT DI CALCOLO PARATIE PLUS.....                 | 38 |
|     | Sezione 1 .....                                                  | 38 |

|                                                                                                                           |                                                                                                                                                                   |             |                                            |           |                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------|-----------|-------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br><b>IRICAV2</b> | ALTA SORVEGLIANZA<br><br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |             |                                            |           |                   |
| VI05A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI                                                                          | Progetto<br>IN17                                                                                                                                                  | Lotto<br>12 | Codifica Documento<br>EI2 CL VI 05 A 1 001 | Rev.<br>C | Foglio<br>4 di 53 |

## 1 PREMESSA

La presente revisione del documento viene emessa al fine di recepire le osservazioni di istruttoria RINA e istruttoria 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 VI05A, ubicato tra le progressive chilometriche 20+220.666 e 20+592.474 della linea A.V. / A.C. Torino – Venezia, tratta Verona – Padova, lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza.

In particolare si tratta di palancolati metallici posti a presidio dello scavo di alcune pile e spalle.

Per la spalla A e per le pile P1-P7, in relazione alla presenza della adiacente viabilità della Strada Porcilaia in esercizio, delle massime profondità di scavo di circa 3 m dal p.c. (spalla A) e del livello di falda assunto per le opere provvisorie (+20.5 m s.l.m.), 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 3.5 m circa; per queste fondazioni non ci sono vincoli al contorno e la falda è generalmente prossima a fondo scavo o poco sopra, quindi gestibile con aggotamento da fondo scavo in relazione alla predominanza di terreni coesivi per i primi 11 m circa da p.c..

Per gli scavi che interferiscono con la falda (quota falda per le opere provvisorie +20.5 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.

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

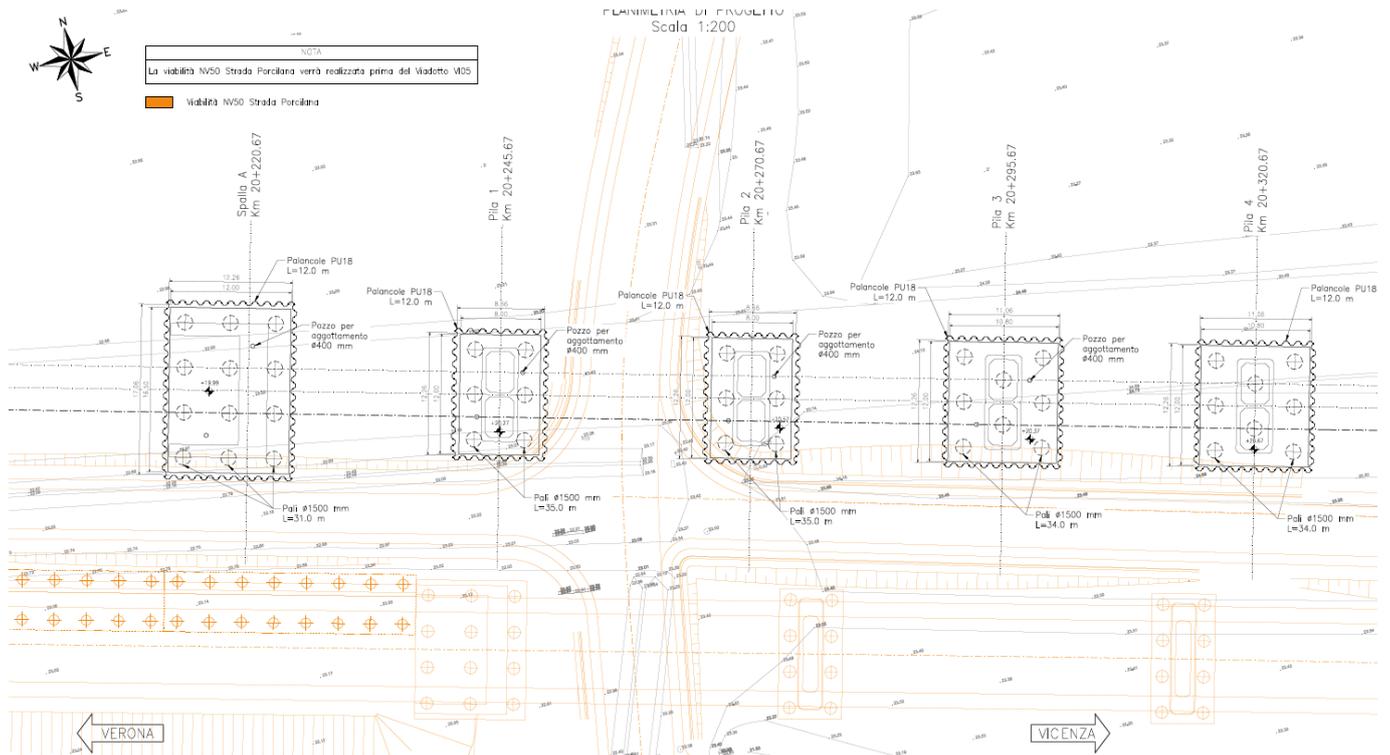


Figura 1 – Pianta opere provvisionali da spalla A a P4

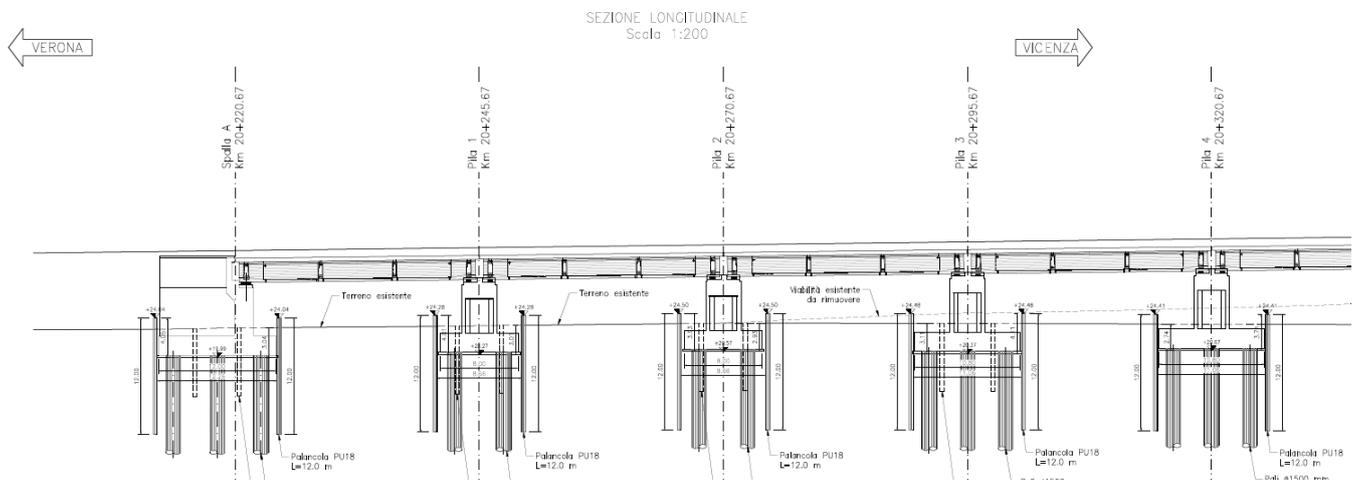


Figura 2 – Sezione longitudinale da spalla A a P4

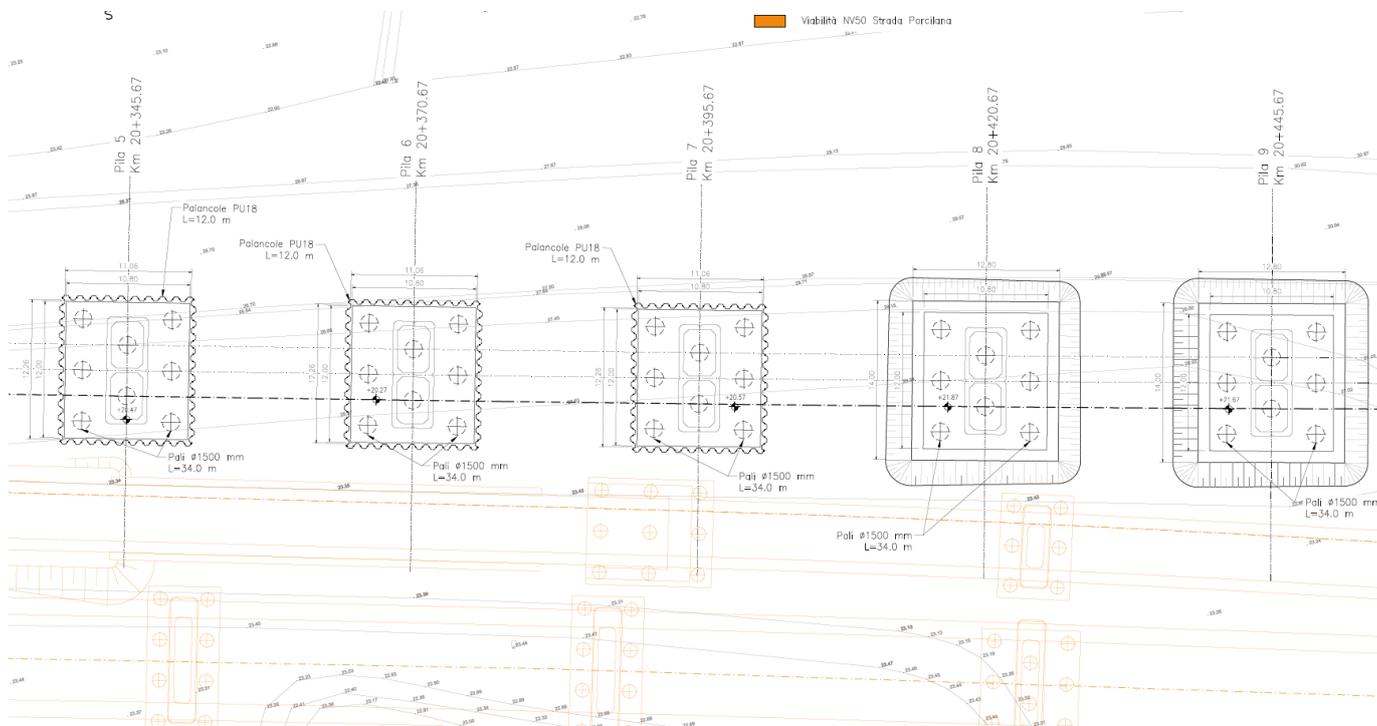


Figura 3 – Pianta opere provvisori da P5 a P9

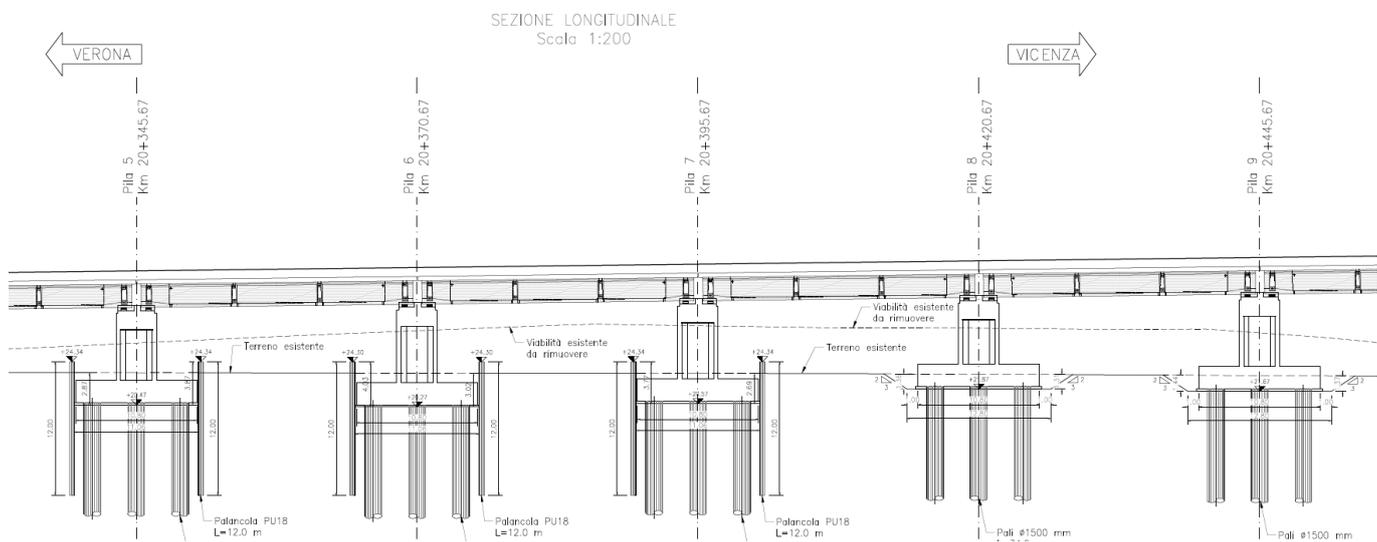


Figura 4 – Sezione longitudinale da P5 a P9

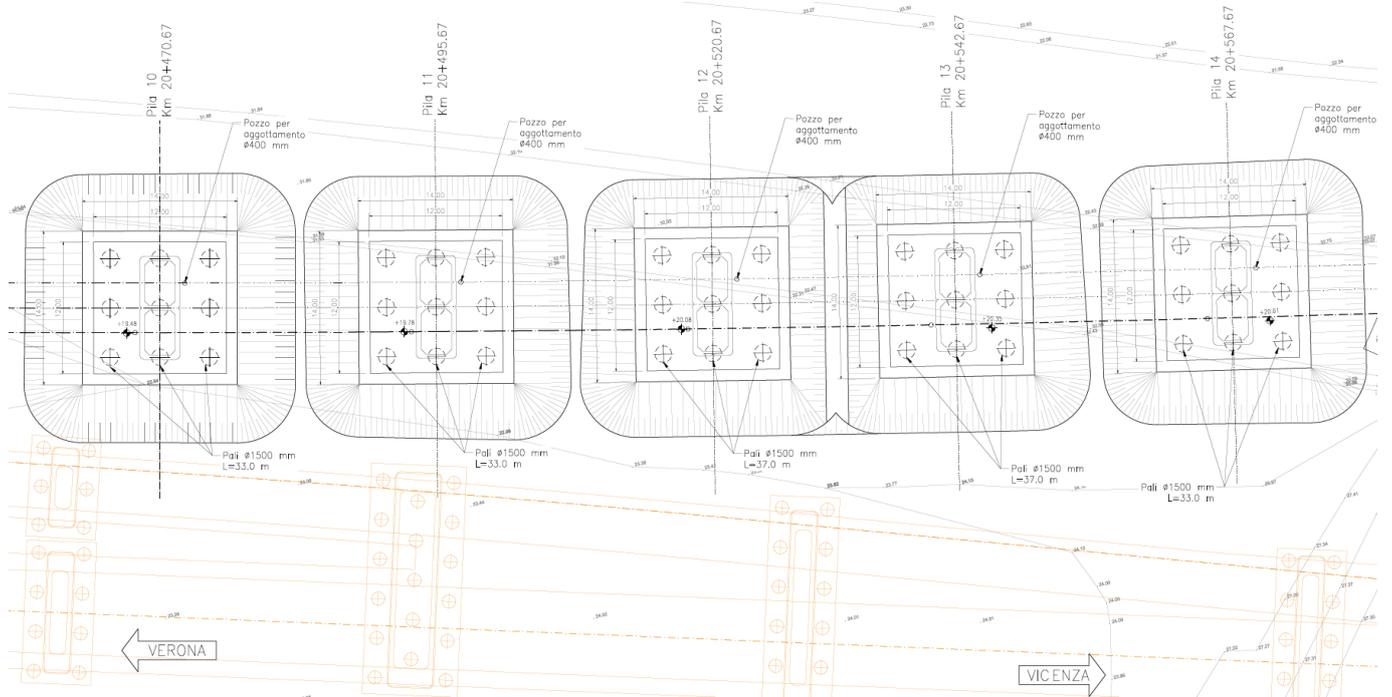


Figura 5 – Pianta opere provvisorie da P10 a P14

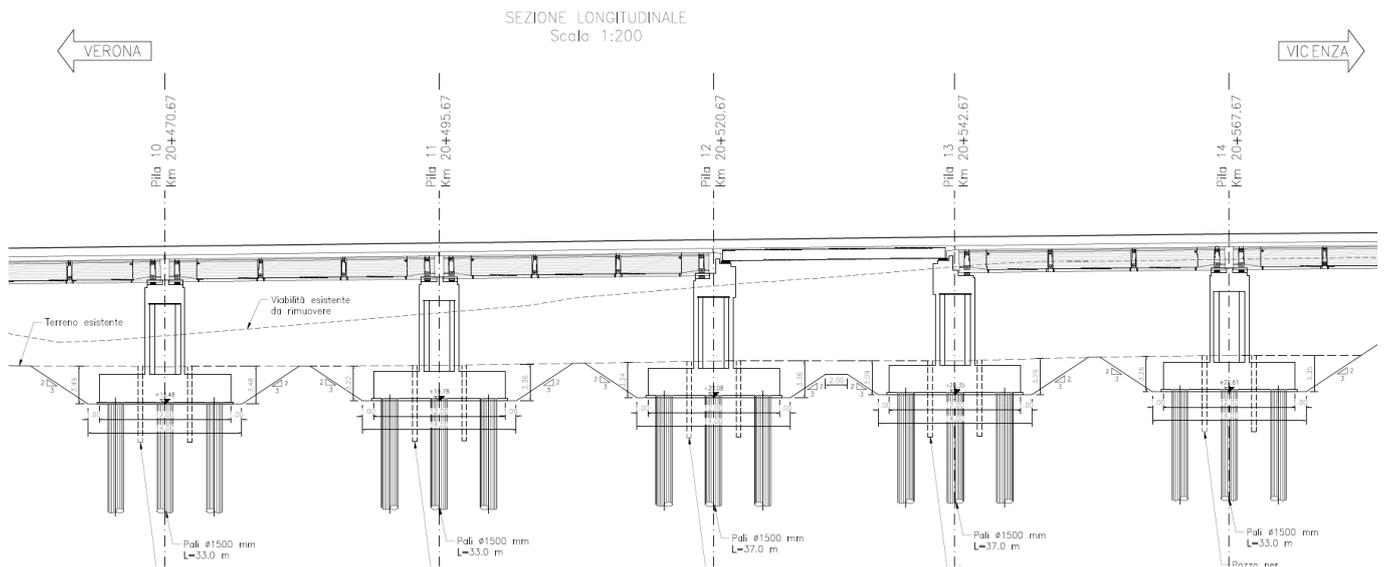


Figura 6 – Sezione longitudinale da P10 a P14

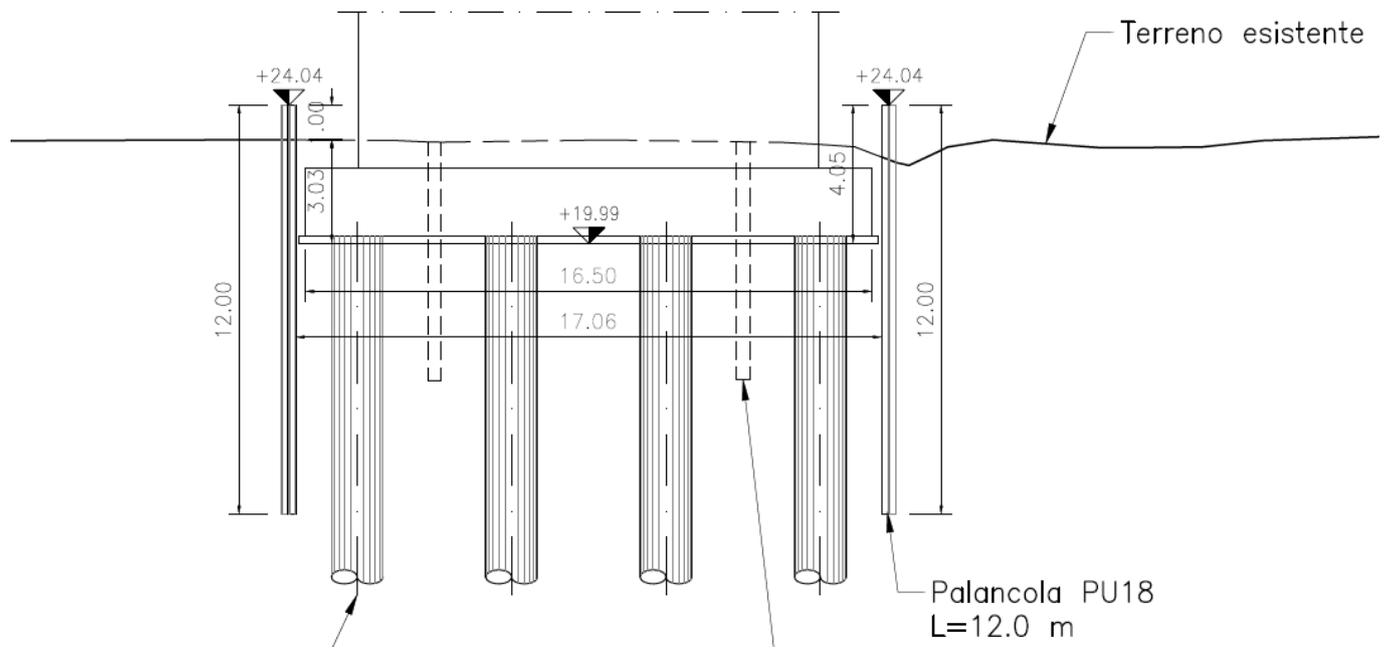


Figura 7 - Sezione trasversale – spalla A

|                                                                                                                           |                  |                                                                                                                                                                   |                                            |           |                   |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------|-------------------|--|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br><b>IRICAV2</b> |                  | ALTA SORVEGLIANZA<br><br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |                                            |           |                   |  |
| VI05A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI                                                                          | Progetto<br>IN17 | Lotto<br>12                                                                                                                                                       | Codifica Documento<br>EI2 CL VI 05 A 1 001 | Rev.<br>C | Foglio<br>9 di 53 |  |

## 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.] IN1712EI2FZVI05A0001 - Profilo Geotecnico - Viadotto Alpone I dal km 20+220.666 al km 20+592.474.
- [DR 2.] IN1712EI2RBVI05A0001 – Relazione Geotecnica - Viadotto Alpone I dal km 20+220.666 e 20+592.474.

### 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 garantiscano 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<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                                            |           |                    |
| VI05A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI                                                        | Progetto<br>IN17                                                                                       | Lotto<br>12 | Codifica Documento<br>EI2 CL VI 05 A 1 001 | Rev.<br>C | Foglio<br>10 di 53 |

### 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.

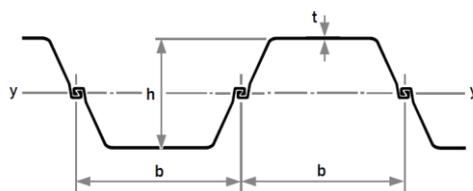


Tabella 1 - Caratteristiche palancole di progetto

| <b>Nome</b><br>(-) | <b>Tipo</b><br>(-) | <b>A</b><br>(m <sup>2</sup> /m) | <b>b</b><br>(m) | <b>h</b><br>(m) | <b>t</b><br>(m) | <b>S</b><br>(m) | <b>I<sub>y</sub></b><br>(m <sup>4</sup> /m) | <b>W<sub>elx</sub></b><br>(m <sup>3</sup> /m) | <b>W<sub>plx</sub></b><br>(m <sup>3</sup> /m) | <b>w</b><br>(kN/m <sup>2</sup> ) |
|--------------------|--------------------|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------|
| PU18               | U                  | 0.01633                         | 0.6             | 0.43            | 0.0112          | 0.009           | 0.0003865                                   | 0.0018                                        | 0.002134                                      | 1.26                             |

|                                                                                                                    |                  |                                                                                                                                                            |                                            |           |                    |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------|--------------------|--|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>IRICAV2 |                  | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>ITALFERR<br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |                                            |           |                    |  |
| VI05A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI                                                                   | Progetto<br>IN17 | Lotto<br>12                                                                                                                                                | Codifica Documento<br>EI2 CL VI 05 A 1 001 | Rev.<br>C | Foglio<br>11 di 53 |  |

## 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  $\gamma_q^*$  ( $\gamma_q^* = 1.50/1.30 = 1.15$ ). 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 ( $\gamma_{G2}$ ,  $\gamma_Q$ ) del gruppo A2. La verifica è soddisfatta se il fattore di riduzione dei parametri risulta non inferiore al prodotto dei coefficienti parziali  $\gamma_M$  e  $\gamma_R$ .

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<br><br><b>IRICAV2</b> |                  | ALTA SORVEGLIANZA<br><br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |                                            |           |                    |
| VI05A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI                                                                          | Progetto<br>IN17 | Lotto<br>12                                                                                                                                                       | Codifica Documento<br>EI2 CL VI 05 A 1 001 | Rev.<br>C | Foglio<br>12 di 53 |

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

| Azioni ( $\gamma_F$ ) |            |             |            | Proprietà del terreno ( $\gamma_M$ ) |      |      |
|-----------------------|------------|-------------|------------|--------------------------------------|------|------|
| Permanenti            |            | Variabili   |            |                                      |      |      |
| sfavorevoli           | favorevoli | sfavorevoli | favorevoli | $\tan \varphi'$                      | $c'$ | cu   |
| 1.00                  | 1.00       | 1.00        | 1.00       | 1.00                                 | 1.00 | 1.00 |

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

|                              | Azioni ( $\gamma_F$ ) |            |             |            | Proprietà del terreno ( $\gamma_M$ ) |      |      | Resistenze ( $\gamma_R$ ) |
|------------------------------|-----------------------|------------|-------------|------------|--------------------------------------|------|------|---------------------------|
|                              | Permanenti            |            | Variabili   |            |                                      |      |      |                           |
|                              | sfavorevoli           | favorevoli | sfavorevoli | favorevoli | $\tan \varphi'$                      | $c'$ | cu   | --                        |
| <i>STR</i><br>(A1 + M1 + R1) | 1.30                  | 1.00       | 1.50        | 0.00       | 1.00                                 | 1.00 | 1.00 | 1.00                      |
| <i>GEO</i><br>(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.

Nella tratta in oggetto del viadotto, le indagini hanno evidenziato una predominanza di terreni coesivi poco consistenti nei primi 11 m da p.c. poi terreni incoerenti ghiaiosi e sabbiosi. Quindi per il dimensionamento delle opere provvisorie in oggetto si considera la seguente stratigrafia di riferimento (stratigrafia 1 del VI05). Nella seguente tabella si riportano la stratigrafia ed i parametri geotecnici di resistenza e di rigidità adottati nei dimensionamenti a seguire.

|                                                                                                                           |                  |                                                                                                                                                                   |                                            |           |                    |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------|--------------------|--|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br><b>IRICAV2</b> |                  | ALTA SORVEGLIANZA<br><br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |                                            |           |                    |  |
| VI05A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI                                                                          | Progetto<br>IN17 | Lotto<br>12                                                                                                                                                       | Codifica Documento<br>EI2 CL VI 05 A 1 001 | Rev.<br>C | Foglio<br>13 di 53 |  |

Tabella 4 – Stratigrafia 1 e Parametri geotecnici

| da<br>[m] | a<br>[m] | Unità<br>geotecnica | $\gamma$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $\phi'$<br>[°] | $c'$<br>[kPa] | $E'$<br>[MPa] | $K$<br>[m/s]        |
|-----------|----------|---------------------|----------------------------------|----------------|---------------|---------------|---------------------|
| 0.0       | -11.0    | 3b                  | 18.5                             | 24             | 0             | 10            | 1E <sup>-07</sup>   |
| -11.0     | -20.0    | 6                   | 19.0                             | 38             | 0             | 40            | 7E <sup>-04</sup>   |
| -20.0     | -25.0    | 4                   | 19.0                             | 37             | 0             | 40            | 1.3E <sup>-05</sup> |

Dove:  
 $\gamma$  = peso di volume naturale  
 $\phi'$  = 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..

### 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  $\delta' = 2/3 \phi' \leq 20^\circ$ .

### 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 ( $\phi' - c'$  reduction method, Dawson, Roth and Drescher, 1999) che, sulla base dei dati di partenza ( $c'$  e  $\tan \phi'$ ), 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):

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

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

|                                                                                                                    |                  |                                                                                                                                                            |                                            |           |                    |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------|--------------------|--|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>IRICAV2 |                  | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>ITALFERR<br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |                                            |           |                    |  |
| VI05A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI                                                                   | Progetto<br>IN17 | Lotto<br>12                                                                                                                                                | Codifica Documento<br>EI2 CL VI 05 A 1 001 | Rev.<br>C | Foglio<br>14 di 53 |  |

In Figura 8 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.

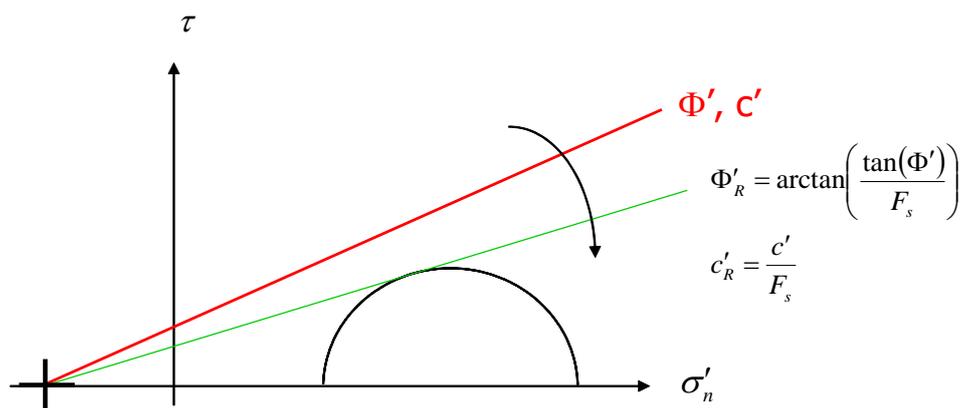


Figura 8 - Phi-c reduction method

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 cinematismi 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,  $\gamma_R = 1.1$ ).

|                                                                                                                    |                                                                                                                                                            |             |                                            |           |                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------|-----------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>ITALFERR<br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |             |                                            |           |                    |
| VI05A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI                                                                   | Progetto<br>IN17                                                                                                                                           | Lotto<br>12 | Codifica Documento<br>EI2 CL VI 05 A 1 001 | Rev.<br>C | Foglio<br>15 di 53 |

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

## 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; il calcolo è rappresentativo per la spalla A e le pile P1÷P7 ed è stato eseguito cautelativamente per altezza di scavo massima di 3 m e con falda a 0.5 m sopra fondo scavo (vedasi spalla A).

## 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 25 m circa, è costituito da circa 2137 elementi triangolari e da circa 17600 nodi.

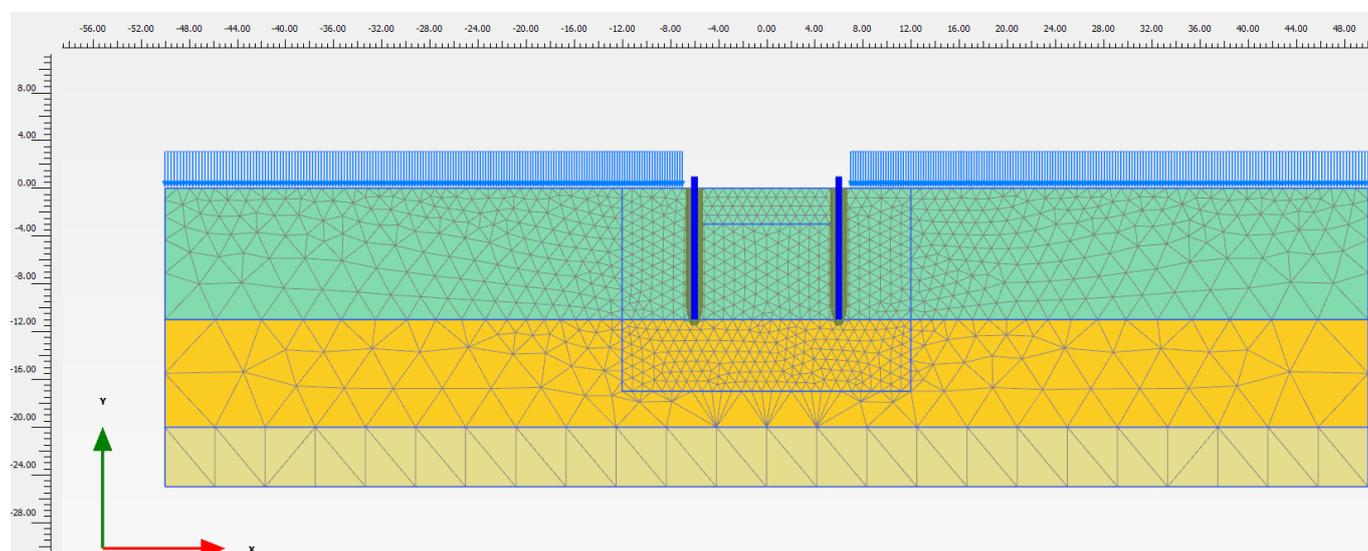


Figura 9 - Sezione 1, Discretizzazione del modello di calcolo

GENERAL CONTRACTOR



**IRICAV2**

ALTA SORVEGLIANZA



VI05A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Progetto  
IN17

Lotto  
12

Codifica Documento  
EI2 CL VI 05 A 1 001

Rev.  
C

Foglio  
16 di 53

|                                                                                                                    |                  |                                                                                                                                                            |                                            |           |                    |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------|--------------------|--|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br>IRICAV2 |                  | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>ITALFERR<br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |                                            |           |                    |  |
| VI05A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI                                                                   | Progetto<br>IN17 | Lotto<br>12                                                                                                                                                | Codifica Documento<br>EI2 CL VI 05 A 1 001 | Rev.<br>C | Foglio<br>17 di 53 |  |

## 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 2.5 m dal p.c..
- Fase 2. Posa in opera delle palancole.
- Fase 3. Raggiungimento dello scavo massimo (-3 m dal p.c.) e contestuale attivazione del sistema di dewatering e mantenimento del livello idrico interno allo scavo a quota fondo scavo. Il mantenimento "all'asciutto" dell'interno della trincea (tramite emungimento) è simulato imponendo la quota del piano libero della falda interno a fondo scavo e operando un'analisi di filtrazione in condizioni stazionarie.
- Fase 4. Applicazione del carico accidentale.
- Fase 5. Amplificazione del carico accidentale ( $\times 1.50/1.30 = 1.15$ ).
- Fase 6. A partire dalla Fase 4, amplificazione del carico accidentale ( $\times 1.30$ ).
- Fase 7. A partire dalla Fase 6 si esegue la verifica di stabilità globale, riducendo progressivamente i parametri di resistenza al taglio dei terreni ( $\varphi'$ - $c'$  *reduction method*) fino al raggiungimento del coefficiente di sicurezza desiderato, maggiore di 1.375 (FS min =  $1.25 \times 1.1$ ), 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.

|                                                                                                                            |                          |                                                                                                                                                                     |                                                    |                   |                            |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------|----------------------------|--|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p> |                          | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR<br/>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> |                                                    |                   |                            |  |
| <p>VI05A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</p>                                                                    | <p>Progetto<br/>IN17</p> | <p>Lotto<br/>12</p>                                                                                                                                                 | <p>Codifica Documento<br/>EI2 CL VI 05 A 1 001</p> | <p>Rev.<br/>C</p> | <p>Foglio<br/>18 di 53</p> |  |

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.

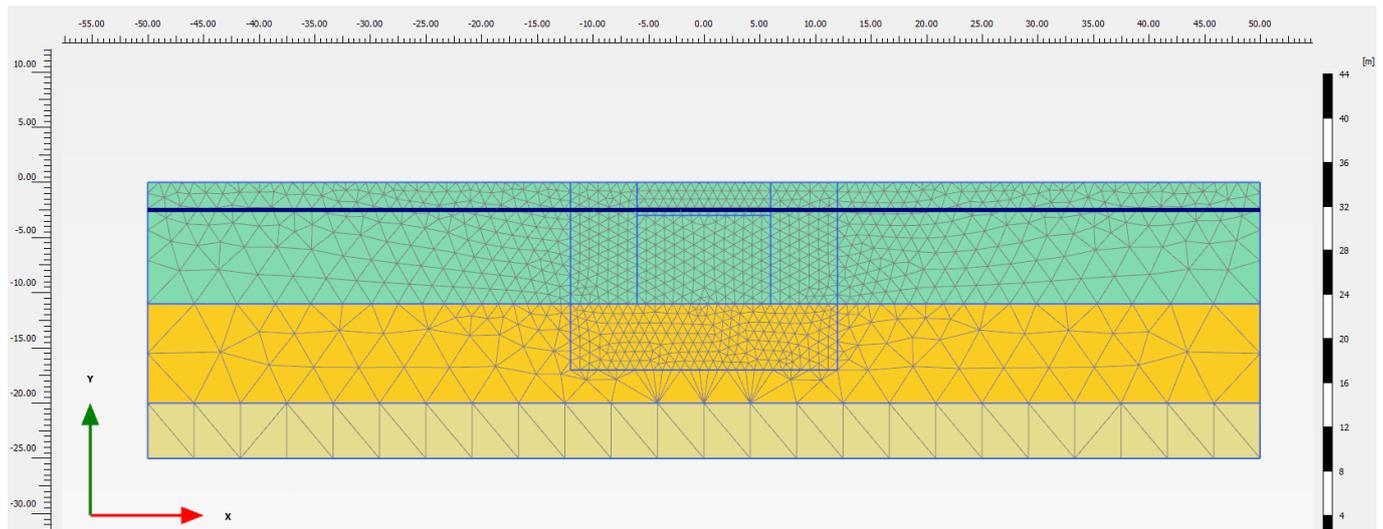


Figura 10 - Sezione 1, Inizializzazione geostatica

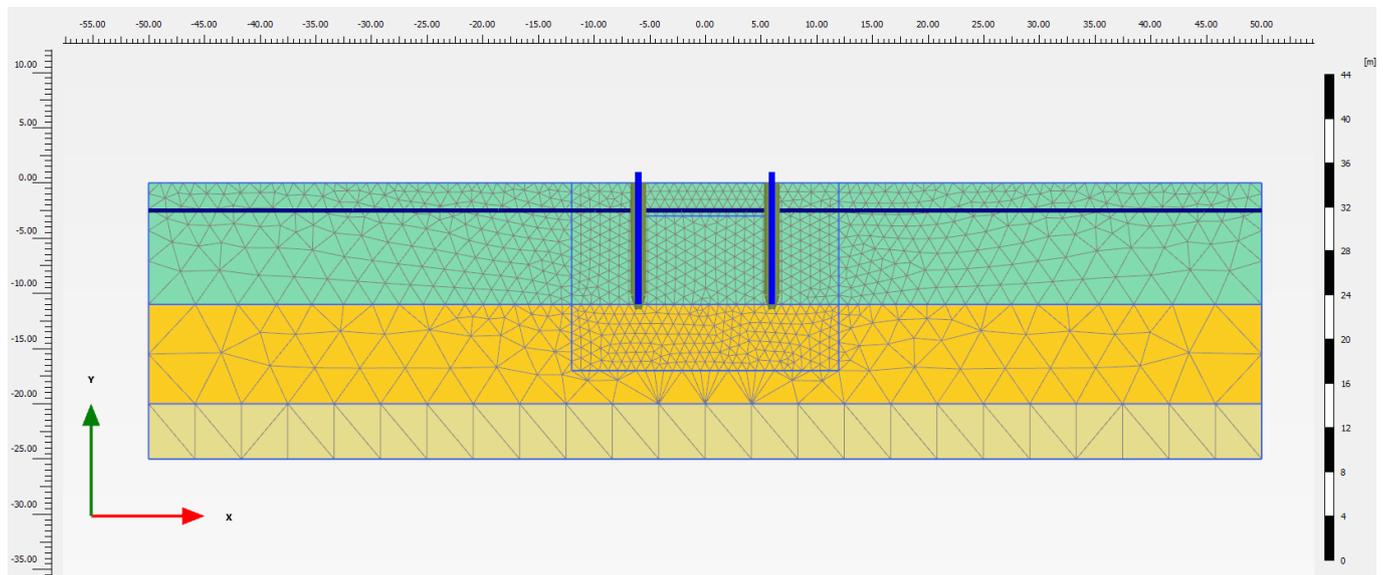


Figura 11 - Sezione 1, Realizzazione palancole

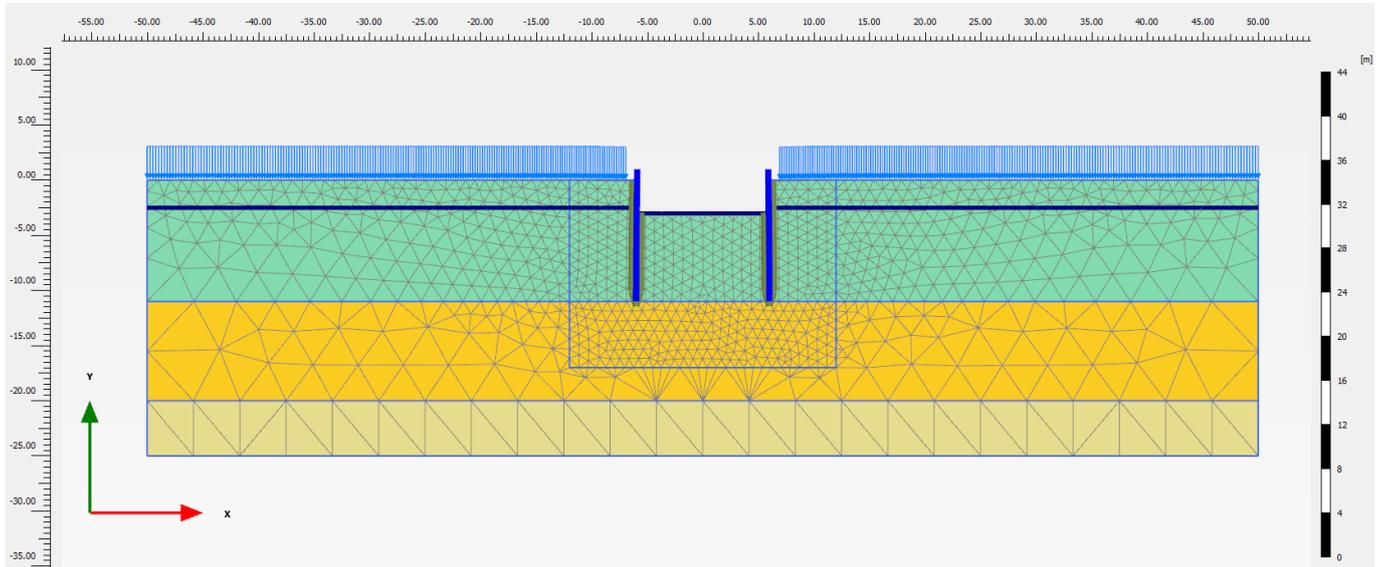


Figura 12 - Sezione 1, Scavo massimo e applicazioni dei carichi

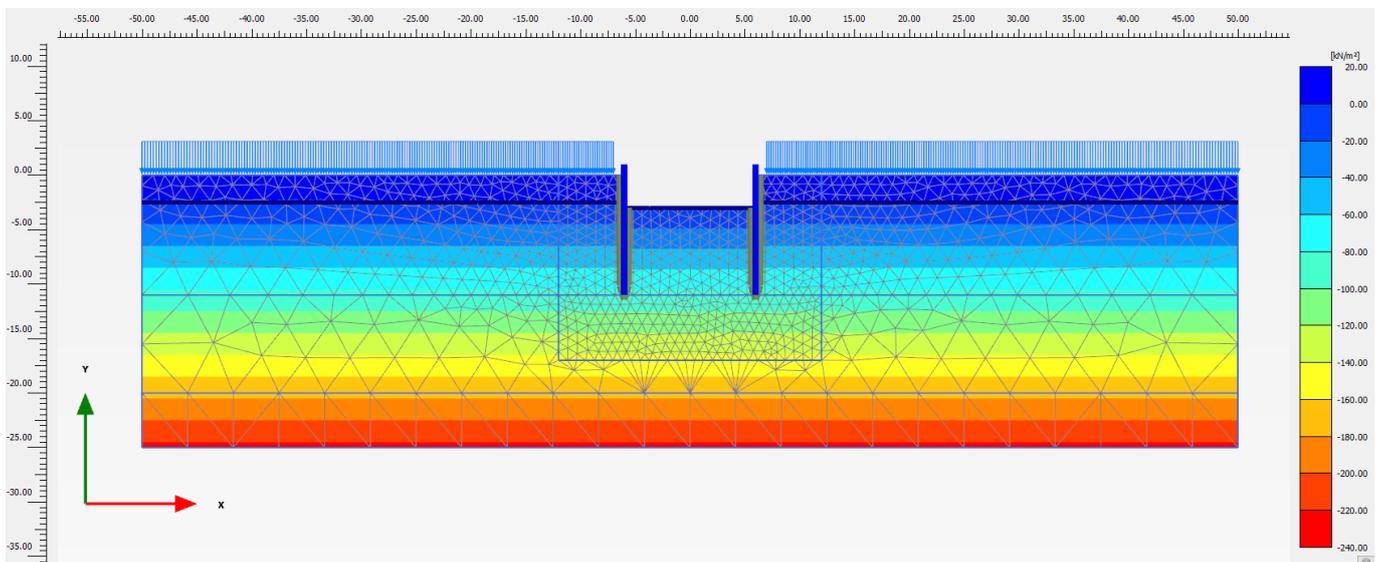


Figura 13 - Sezione 1, Pressioni neutre in fase di massimo scavo con carichi

|                                                                                                                            |                          |                                                                                                                                                                     |                                                    |                   |                            |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------|----------------------------|--|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p> |                          | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR<br/>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> |                                                    |                   |                            |  |
| <p>VI05A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</p>                                                                    | <p>Progetto<br/>IN17</p> | <p>Lotto<br/>12</p>                                                                                                                                                 | <p>Codifica Documento<br/>EI2 CL VI 05 A 1 001</p> | <p>Rev.<br/>C</p> | <p>Foglio<br/>20 di 53</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 involuppo 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 -2.5 m dal p.c. e lo scavo massimo risulta a -3 m da p.c..

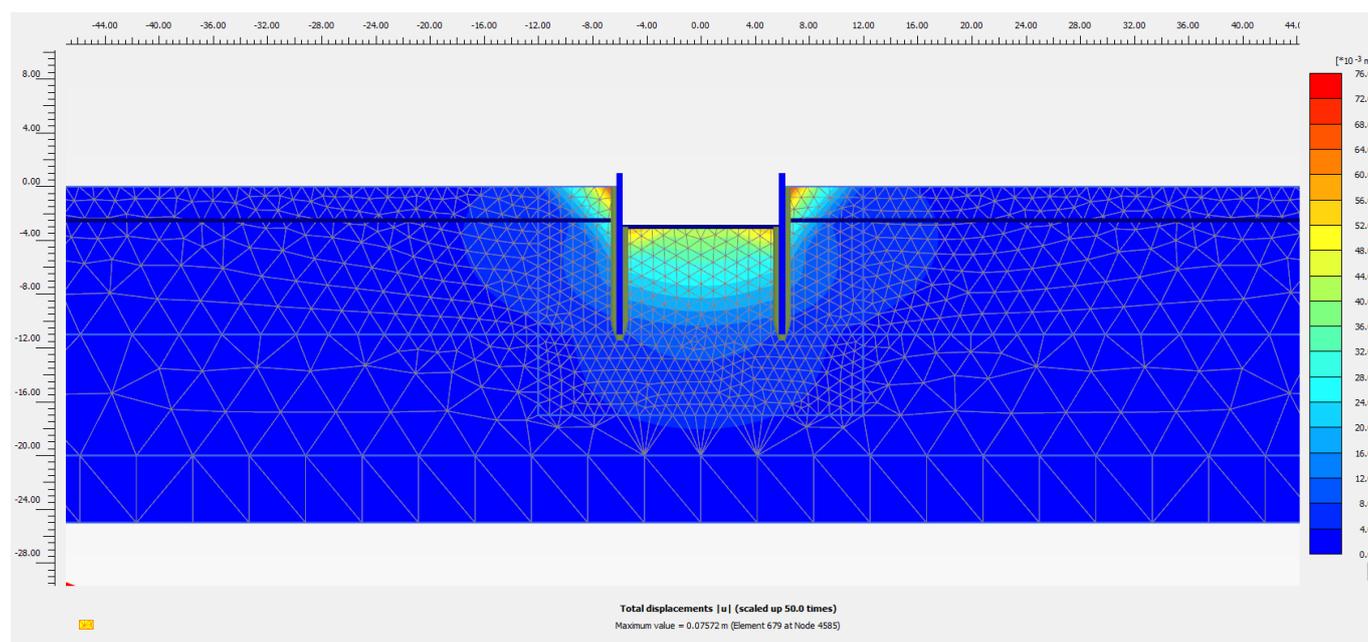


Figura 14 - Sezione 1, Spostamenti totali in fase di scavo massimo

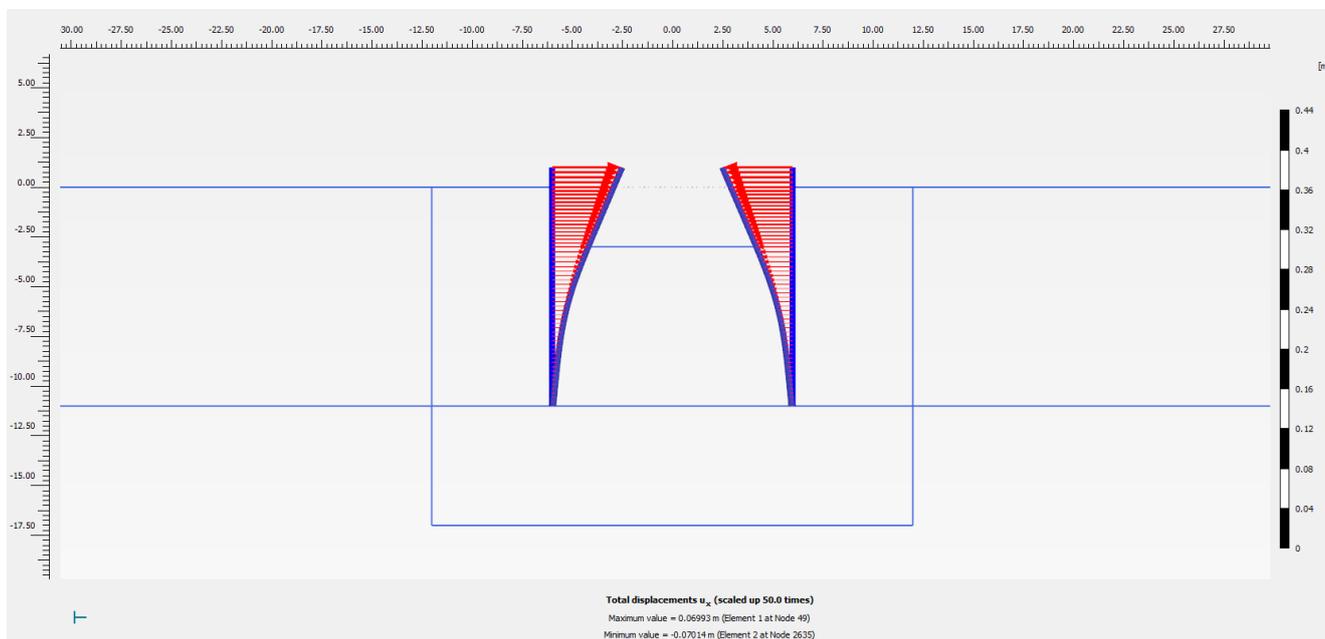


Figura 15 - Sezione 1, Spostamenti totali palancole SLE

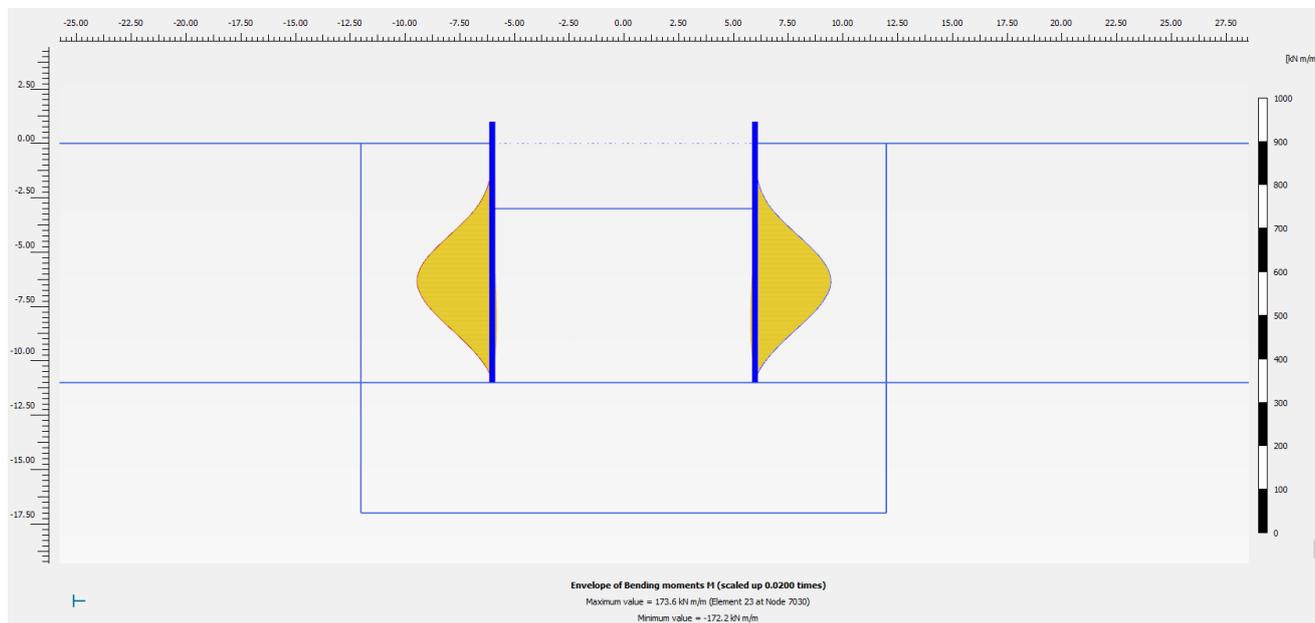


Figura 16 - Sezione1, Involuppo del momento flettente palancole (Fase 5: SLU/1.3)

|                                                                                                                            |                          |                                                                                                                                                                     |                                                    |                   |                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p> |                          | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR<br/>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> |                                                    |                   |                            |
| <p>VI05A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</p>                                                                    | <p>Progetto<br/>IN17</p> | <p>Lotto<br/>12</p>                                                                                                                                                 | <p>Codifica Documento<br/>EI2 CL VI 05 A 1 001</p> | <p>Rev.<br/>C</p> | <p>Foglio<br/>22 di 53</p> |

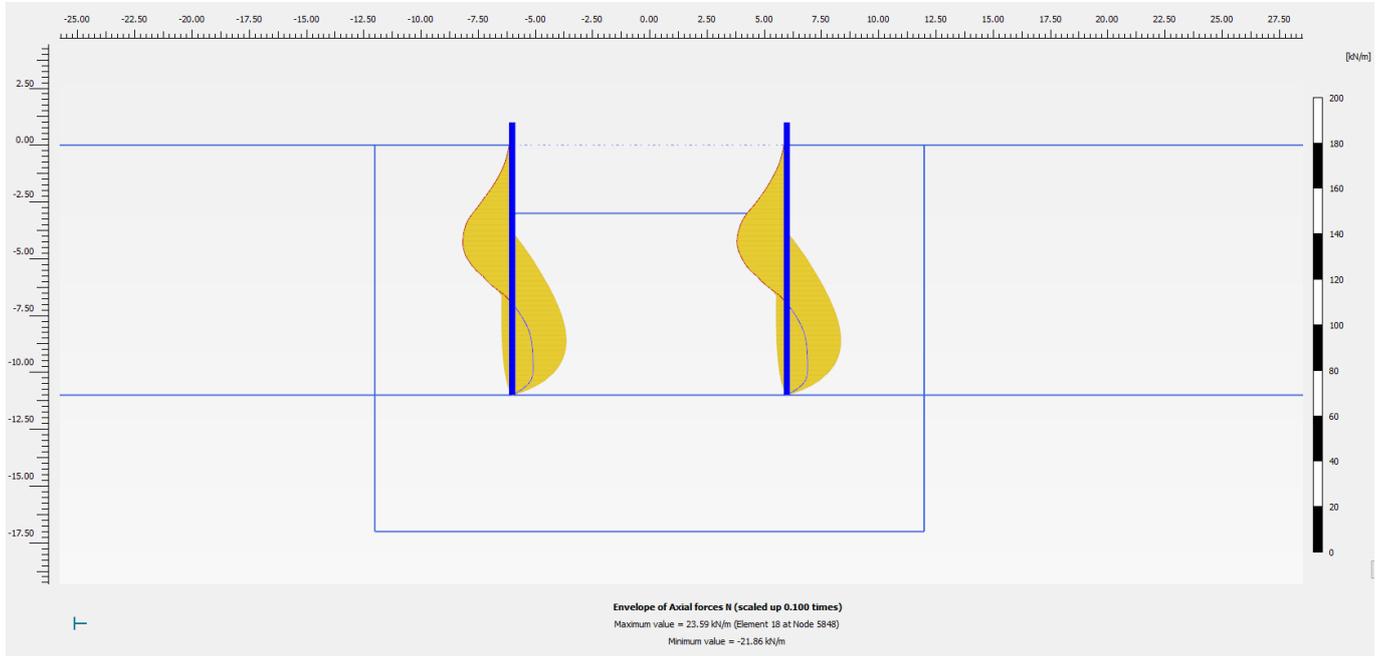


Figura 17 - Sezione 1, Involuppo dell'azione assiale palancole (Fase 5: SLU/1.3)

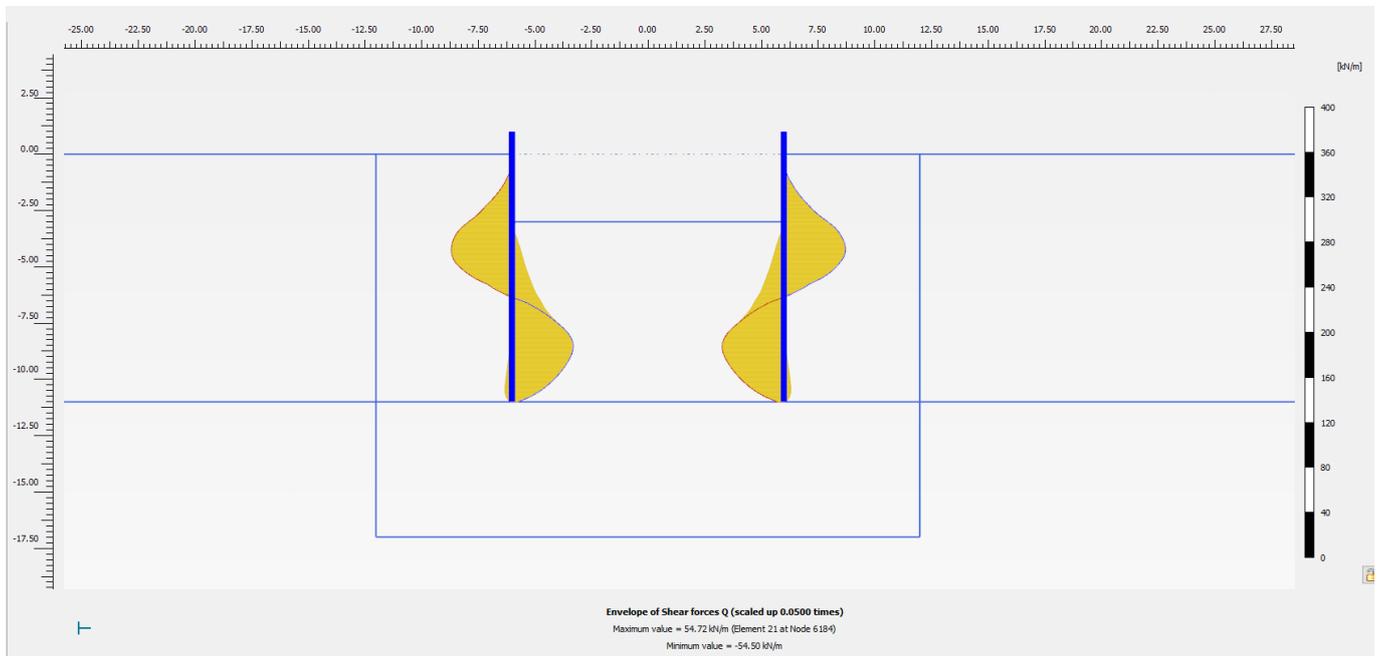


Figura 18 - Sezione 1, Involuppo del taglio palancole (Fase 5: SLU/1.3)

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<br><br><b>IRICAV2</b> |                  | ALTA SORVEGLIANZA<br><br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |                                            |           |                    |  |
| VI05A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI                                                                          | Progetto<br>IN17 | Lotto<br>12                                                                                                                                                       | Codifica Documento<br>EI2 CL VI 05 A 1 001 | Rev.<br>C | Foglio<br>23 di 53 |  |

Tabella 5 - Sintesi risultati palancole

| Paratia di Palancole                | Fase 5: SLU/1.3 | SLU   |
|-------------------------------------|-----------------|-------|
| azione assiale massima, Nmax [kN/m] | 23.6            | 30.7  |
| momento massimo, Mmax [kNm/m]       | 173.6           | 225.7 |
| taglio massimo, Tmax [kN/m]         | 54.7            | 71.1  |
| Spostamento max [mm]                | 70              |       |

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.

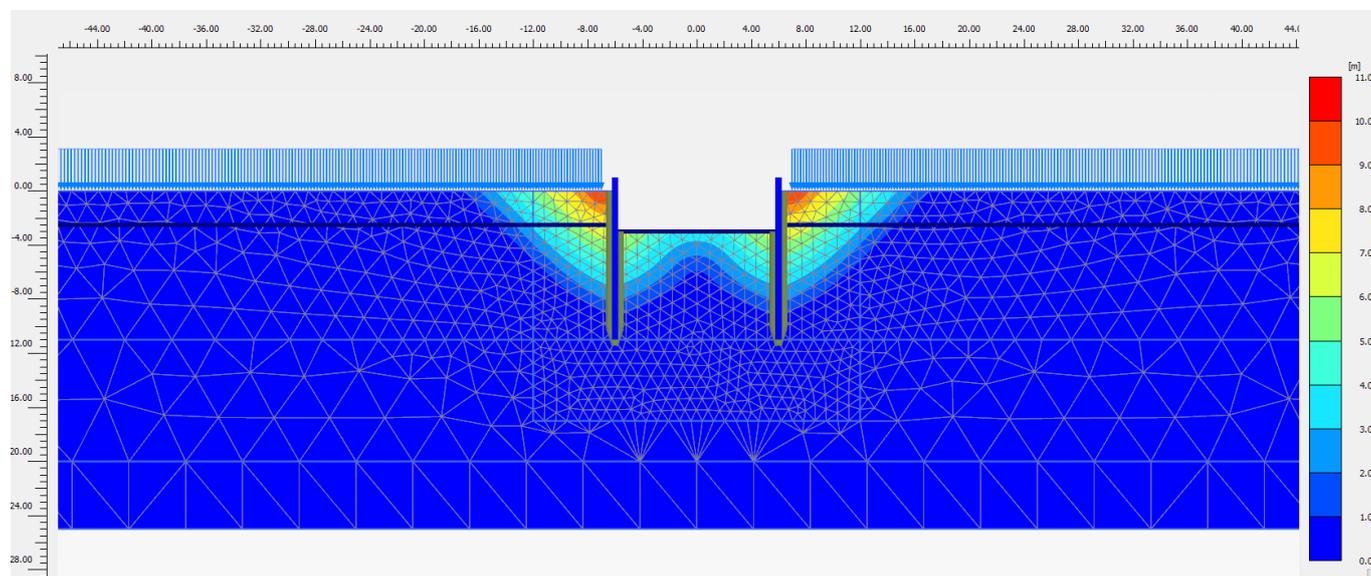


Figura 19 - Sezione 1, Individuazione del cinematiso di potenziale instabilità

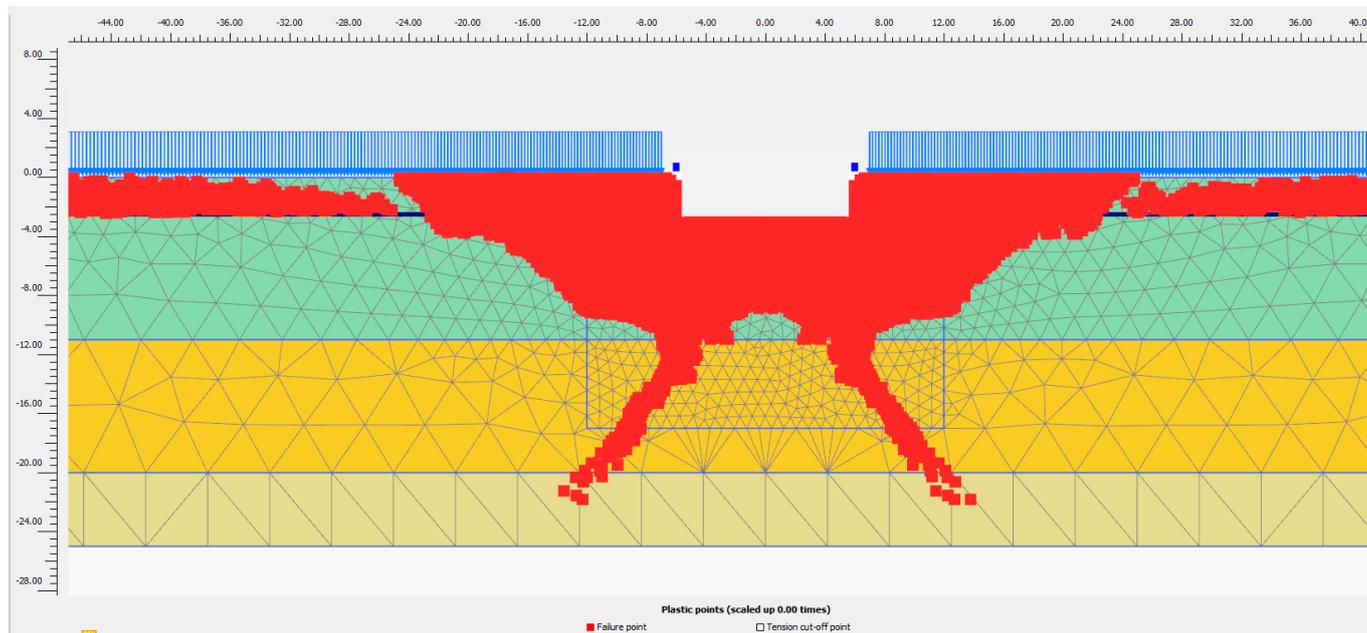


Figura 20 - Sezione 1, Punti di plasticizzazione al termine della verifica di stabilità globale

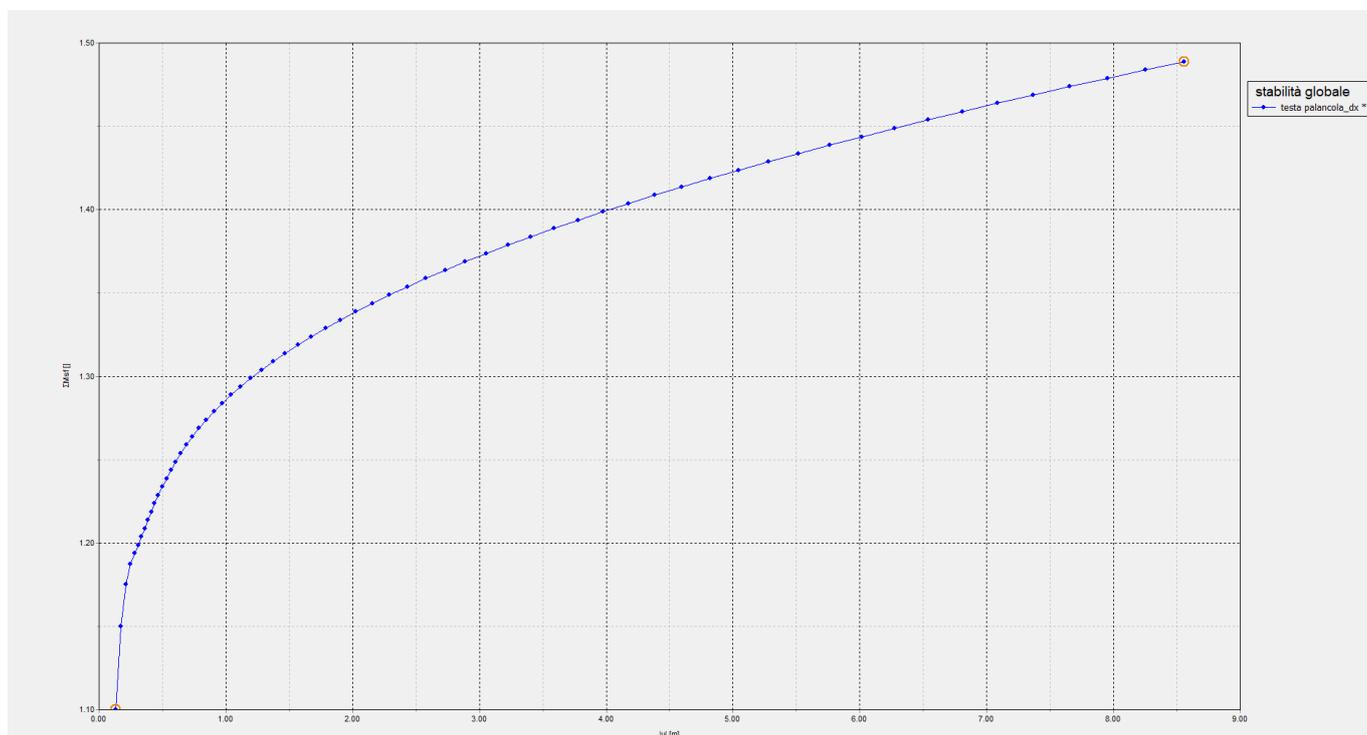


Figura 21 - Sezione 1, Sicurezza alla stabilità globale vs spostamento totale del punto di controllo ( $FS > 1.1 \times 1.25 = 1.375$ )

|                                                                                                                           |                  |                                                                                                                                                                   |                                            |           |                    |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------|--------------------|--|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br><b>IRICAV2</b> |                  | ALTA SORVEGLIANZA<br><br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |                                            |           |                    |  |
| VI05A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI                                                                          | Progetto<br>IN17 | Lotto<br>12                                                                                                                                                       | Codifica Documento<br>EI2 CL VI 05 A 1 001 | Rev.<br>C | Foglio<br>25 di 53 |  |

#### 4.9.2 Stima portate di emungimento

Per l'analisi eseguita, si fornisce nelle figure seguenti una stima della portata di aggotamento: 1 m<sup>3</sup>/ giorno, valutata considerando il problema simmetrico e quindi moltiplicando per due la stima di portata (q) desunta dalla seguente sezione (A-A) e considerando una lunghezza (L) amplificata cautelativamente del 20%. Tale stima di portata è puramente indicativa e per il dimensionamento del sistema di emungimento dovranno essere applicati fattori di sicurezza almeno pari a 4.

|       |          |                     |
|-------|----------|---------------------|
| q=    | 2.24E-07 | m <sup>3</sup> /s/m |
| L=    | 20.4     | m                   |
| Qtot= | 1        | m <sup>3</sup> /day |

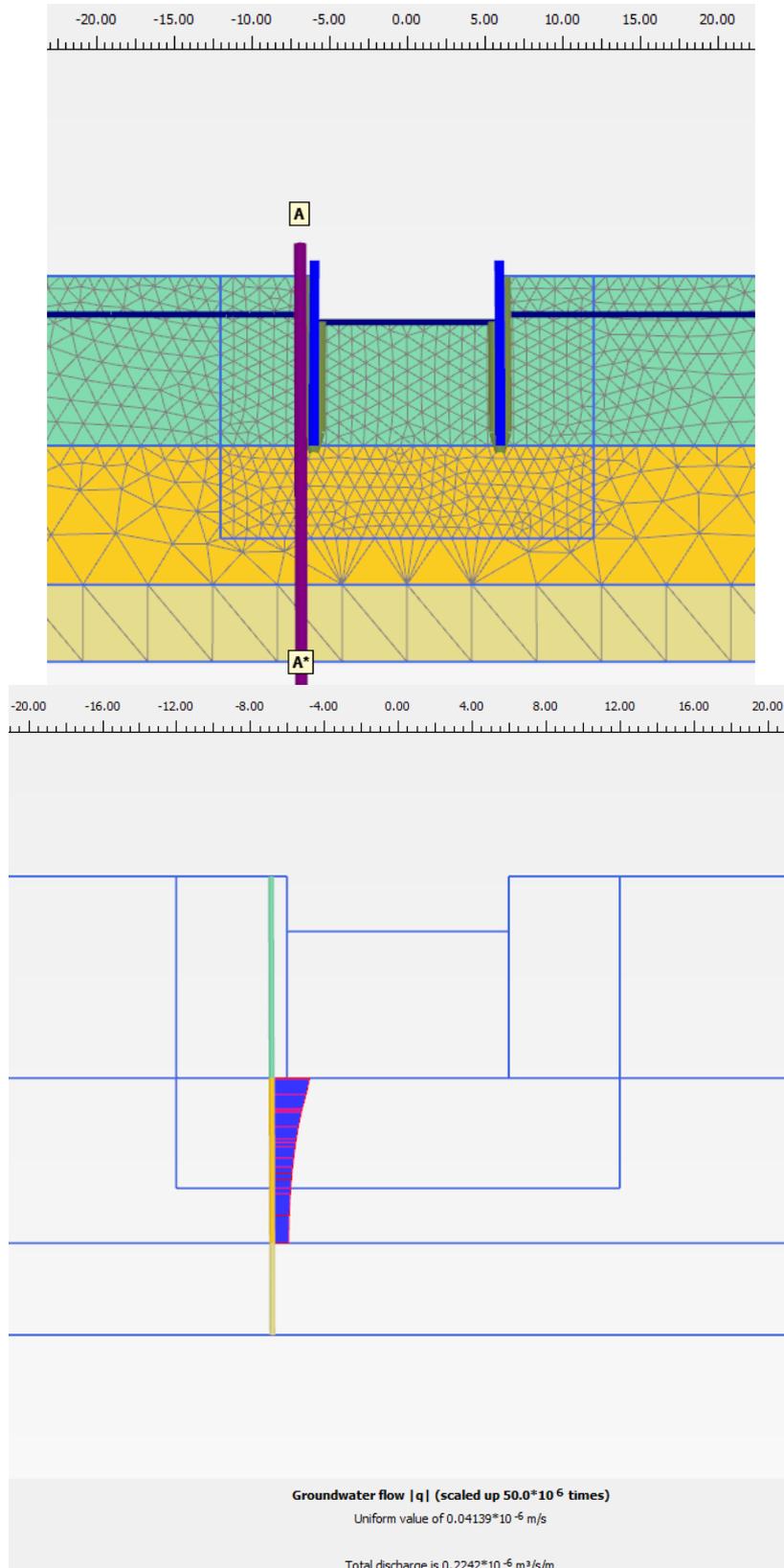


Figura 22 - Sezione A-A – stima portata q

|                                                                                                                           |                  |                                                                                                                                                                   |                                            |           |                    |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------|--------------------|--|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br><b>IRICAV2</b> |                  | ALTA SORVEGLIANZA<br><br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |                                            |           |                    |  |
| VI05A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI                                                                          | Progetto<br>IN17 | Lotto<br>12                                                                                                                                                       | Codifica Documento<br>EI2 CL VI 05 A 1 001 | Rev.<br>C | Foglio<br>27 di 53 |  |

#### 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

$\beta_B$  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 palancoleto  $N_{Rd} = A \cdot f_{yd}$ , 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.

|                                                                                                                           |                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br><b>IRICAV2</b> | ALTA SORVEGLIANZA<br><br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| VI05A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI                                                                          | Progetto IN17    Lotto 12    Codifica Documento EI2 CL VI 05 A 1 001    Rev. C    Foglio 28 di 53                                                                 |

#### 4.10.1 Sezione 1

|                              |                       |                    |                                            |
|------------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------------------------------|
| <b>Tipo di profilo:</b>      | <b>U_Z_Sheet_Pile</b> |                    |                                            |
| <b>Profilo:</b>              | <b>PU 18</b>          |                    |                                            |
| <b>Classe acciaio:</b>       | <b>S 270</b>          |                    |                                            |
| $f_{yk} =$                   | 270                   | N/mm <sup>2</sup>  | tensione di snervamento caratteristica     |
| $\gamma_{m,slu} =$           | 1.05                  |                    | fattore parziale                           |
| $f_{yd} =$                   | 257                   | N/mm <sup>2</sup>  | tensione di snervamento di progetto        |
| <b><math>N_{Ed} =</math></b> | <b>30.7</b>           | <b>kN/m</b>        | axial load                                 |
| <b><math>M_{Ed} =</math></b> | <b>225.7</b>          | <b>kN·m/m</b>      | bending moment                             |
| <b><math>V_{Ed} =</math></b> | <b>71.1</b>           | <b>kN/m</b>        | shear                                      |
| classe:                      | 2                     |                    |                                            |
| tipo:                        | U                     |                    |                                            |
| $W_{el} =$                   | 1800                  | cm <sup>3</sup> /m | modulo di resistenza elastico - asse forte |
| $A =$                        | 163                   | cm <sup>2</sup> /m | area                                       |
| $W_{pl} =$                   | 2134                  | cm <sup>3</sup> /m | modulo di resistenza plastico - asse forte |
| $A_v =$                      | 62.8                  | cm <sup>2</sup> /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

| VERIFICA IN CAMPO ELASTICO/PLASTICO |          |          |                        |          |          |            |                      |
|-------------------------------------|----------|----------|------------------------|----------|----------|------------|----------------------|
| 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      | --                   |
| 30.7                                | 225.7    | 71.1     | 4191                   | 549      | 933      | 549        | 2.43                 |

**OK**

|                                                                                                         |                                                                                                        |             |                                            |           |                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------|-----------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                                            |           |                    |
| VI05A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI                                                        | Progetto<br>IN17                                                                                       | Lotto<br>12 | Codifica Documento<br>EI2 CL VI 05 A 1 001 | Rev.<br>C | Foglio<br>29 di 53 |

#### 4.11 Verifiche nei confronti degli stati limite idraulici

##### *Sollevamento a breve termine*

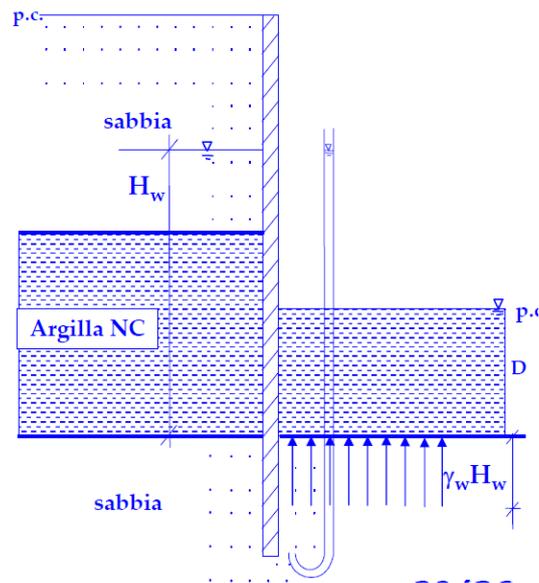
Se lo scavo interessa un terreno a grana fine sovrastante un terreno a elevata permeabilità deve essere considerata la condizione a breve termine. In questo caso l'azione instabilizzante è data dalla pressione idrostatica iniziale alla base dello strato di argilla:

$$p_w = \gamma_w \cdot H_w$$

mentre l'azione stabilizzante è la pressione totale alla base dello strato impervio:

$$p = \gamma_{sat} \cdot D$$

Per la verifica a sollevamento (UPL), si è fatto riferimento alle indicazioni contenute nel paragrafo 6.2.3.2 delle NTC 2008 ove le azioni stabilizzanti vengono ridotte x 0.9 e le azioni instabilizzanti amplificate x 1.1.



| H <sub>w</sub> | D   | $\gamma_{sat}$         | p <sub>w</sub> | p       | p <sub>w,d</sub> = p <sub>w</sub> · 1.1 | p <sub>d</sub> = p · 0.9 |
|----------------|-----|------------------------|----------------|---------|-----------------------------------------|--------------------------|
| 8.5 m          | 8 m | 18.5 kN/m <sup>3</sup> | 85 kPa         | 148 kPa | 93.5 kN/m                               | 133.2 kN/m               |

Risultando  $p_{w,d} < p_d$ , la verifica è soddisfatta.

|                                                                                                                           |                  |                                                                                                                                                                   |                                            |           |                    |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------|--------------------|--|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br><b>IRICAV2</b> |                  | ALTA SORVEGLIANZA<br><br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |                                            |           |                    |  |
| VI05A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI                                                                          | Progetto<br>IN17 | Lotto<br>12                                                                                                                                                       | Codifica Documento<br>EI2 CL VI 05 A 1 001 | Rev.<br>C | Foglio<br>30 di 53 |  |

## 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 3.5 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 ( $\gamma_R$ ) 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

|                                                                                                                           |                  |                                                                                                                                                                   |                                            |           |                    |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------|--------------------|--|
| GENERAL CONTRACTOR<br><br><b>IRICAV2</b> |                  | ALTA SORVEGLIANZA<br><br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |                                            |           |                    |  |
| VI05A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI                                                                          | Progetto<br>IN17 | Lotto<br>12                                                                                                                                                       | Codifica Documento<br>EI2 CL VI 05 A 1 001 | Rev.<br>C | Foglio<br>31 di 53 |  |

infinitamente esteso. I carichi accidentali sono opportunamente fattorizzati secondo quanto prescritto da normativa ( $\gamma_F$  per A2 GEO).

### 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  $h = 3.5$  m** e falda cautelativamente posta a circa 1 m sopra fondo scavo, quindi con previsto emungimento durante le fasi di 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<br>[m] | a<br>[m] | Unità<br>geotecnica | $\gamma$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $\phi'$<br>[°] | $c'$<br>[kPa] |
|-----------|----------|---------------------|----------------------------------|----------------|---------------|
| 0.0       | -11.0    | argilla             | 18.5                             | 26             | 0             |
| -11.0     | -20.0    | Ghiaia e sabbia     | 19.0                             | 37             | 0             |

### 5.5 Risultati

Nelle seguenti figure si riportano i risultati della verifica di stabilità nelle sole condizioni statiche SLU in quanto si tratta di scavi provvisori. Il fattore di sicurezza minimo è  $> 1.1$ , quindi la verifica di stabilità è soddisfatta, secondo quanto previsto da normativa. In Appendice A vi sono riportati i tabulati di calcolo completi.

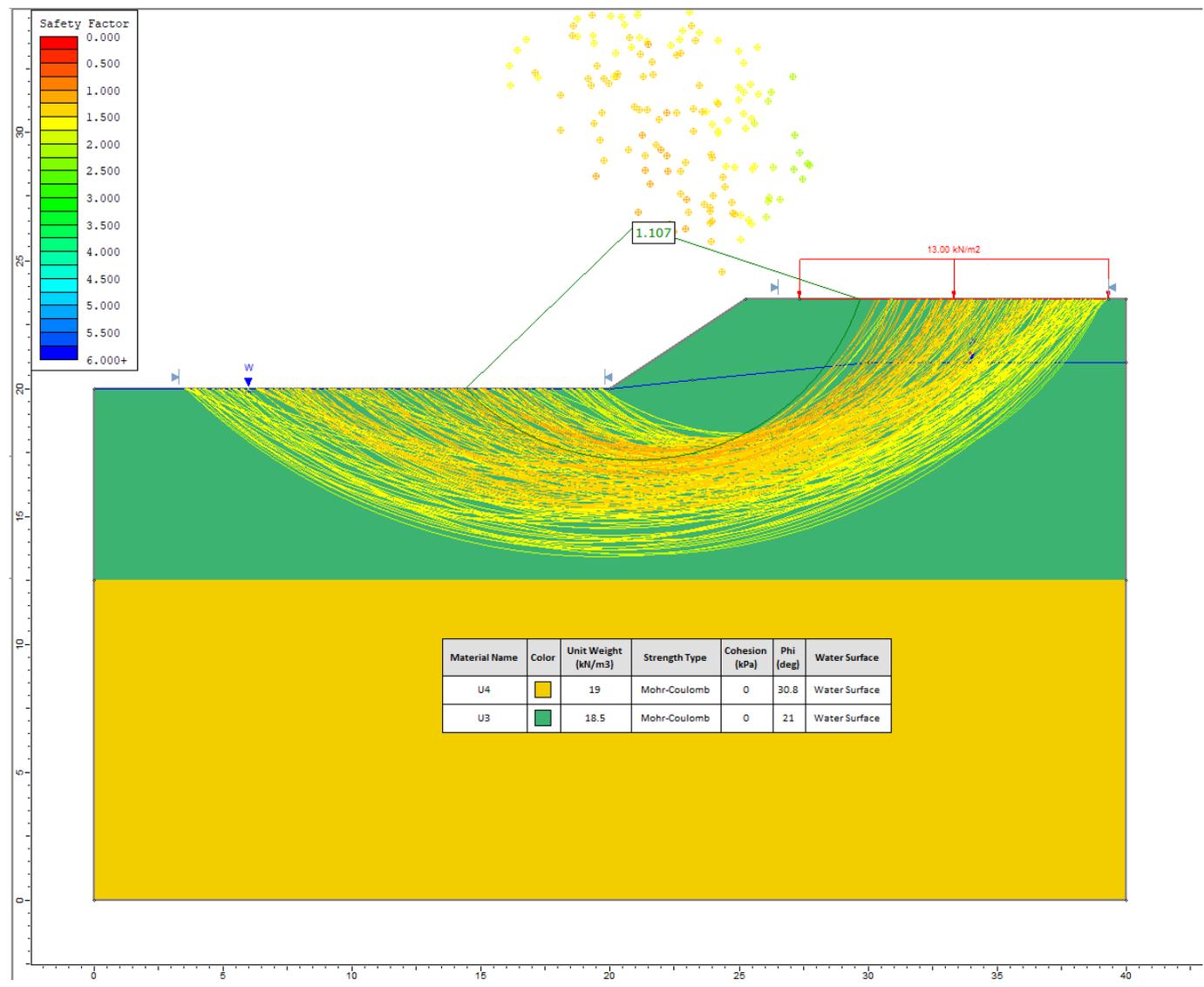


Figura 23 – Analisi di stabilità statica SLU – Hscavo = 3.5 m

|                                                                                                                            |                          |                                                                                                                                                                     |                                                    |                   |                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p> |                          | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR<br/>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> |                                                    |                   |                            |
| <p>VI05A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</p>                                                                    | <p>Progetto<br/>IN17</p> | <p>Lotto<br/>12</p>                                                                                                                                                 | <p>Codifica Documento<br/>EI2 CL VI 05 A 1 001</p> | <p>Rev.<br/>C</p> | <p>Foglio<br/>33 di 53</p> |

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

Analisi di stabilità statica SLU – Hscavo = 3.5 m

### Slide Analysis Information

### H35\_00

#### Project Summary

File Name: H35\_00.slm  
Slide Modeler Version: 8.024  
Compute Time: 00h:00m:00.63s  
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

- 1 Distributed Load present

##### Distributed Load 1

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

#### Materials

| Property            | U4           | U3           |
|---------------------|--------------|--------------|
| Color               |              |              |
| Strength Type       | Mohr-Coulomb | Mohr-Coulomb |
| Unit Weight [kN/m3] | 19           | 18.5         |
| Cohesion [kPa]      | 0            | 0            |
| Friction Angle [°]  | 30.8         | 21           |
| Water Surface       | Water Table  | Water Table  |
| Hu Value            | 1            | 1            |

#### Global Minimums

##### Method: bishop simplified

| FS                           | 1.107110       |
|------------------------------|----------------|
| Center:                      | 20.966, 26.394 |
| Radius:                      | 9.176          |
| Left Slip Surface Endpoint:  | 14.385, 20.000 |
| Right Slip Surface Endpoint: | 29.673, 23.500 |
| Resisting Moment:            | 2279.08 kN-m   |
| Driving Moment:              | 2058.58 kN-m   |
| Total Slice Area:            | 46.8106 m2     |
| Surface Horizontal Width:    | 15.2886 m      |
| Surface Average Height:      | 3.06179 m      |

#### Valid/Invalid Surfaces

##### Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 196  
 Number of Invalid Surfaces: 304

#### Slice Data



## • Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.10711

| 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            | 0.308461  | 0.864144    | -44.4752                      | U3            | 0                   | 21                            | 0.691767           | 0.765862             | 3.48062                  | 1.48548             | 1.99514                       | 2.80141                    | 1.31593                         |
| 2            | 0.308461  | 2.51612     | -41.8328                      | U3            | 0                   | 21                            | 1.92635            | 2.13268              | 9.88117                  | 4.32535             | 5.55582                       | 8.15683                    | 3.83148                         |
| 3            | 0.308461  | 4.0242      | -39.2957                      | U3            | 0                   | 21                            | 2.96645            | 3.28419              | 15.4735                  | 6.91788             | 8.5556                        | 13.0458                    | 6.12796                         |
| 4            | 0.308461  | 5.40402     | -36.8476                      | U3            | 0                   | 21                            | 3.85488            | 4.26778              | 20.4079                  | 9.2899              | 11.118                        | 17.519                     | 8.22914                         |
| 5            | 0.308461  | 6.66792     | -34.4758                      | U3            | 0                   | 21                            | 4.6207             | 5.11562              | 24.7893                  | 11.4626             | 13.3267                       | 21.6164                    | 10.1538                         |
| 6            | 0.308461  | 7.82586     | -32.1697                      | U3            | 0                   | 21                            | 5.28445            | 5.85047              | 28.6943                  | 13.4532             | 15.2411                       | 25.3704                    | 11.9172                         |
| 7            | 0.308461  | 8.88597     | -29.9207                      | U3            | 0                   | 21                            | 5.86129            | 6.48909              | 32.1804                  | 15.2757             | 16.9047                       | 28.8072                    | 13.5315                         |
| 8            | 0.308461  | 9.85499     | -27.7216                      | U3            | 0                   | 21                            | 6.36263            | 7.04413              | 35.2921                  | 16.9415             | 18.3506                       | 31.9486                    | 15.0071                         |
| 9            | 0.308461  | 10.7385     | -25.566                       | U3            | 0                   | 21                            | 6.79734            | 7.5254               | 38.0647                  | 18.4603             | 19.6044                       | 34.813                     | 16.3527                         |
| 10           | 0.308461  | 11.5413     | -23.4486                      | U3            | 0                   | 21                            | 7.1724             | 7.94064              | 40.5264                  | 19.8404             | 20.686                        | 37.4154                    | 17.575                          |
| 11           | 0.308461  | 12.2674     | -21.3646                      | U3            | 0                   | 21                            | 7.49346            | 8.29608              | 42.7006                  | 21.0885             | 21.6121                       | 39.7693                    | 18.6808                         |
| 12           | 0.308461  | 12.92       | -19.31                        | U3            | 0                   | 21                            | 7.76509            | 8.59681              | 44.606                   | 22.2105             | 22.3955                       | 41.8851                    | 19.6746                         |
| 13           | 0.308461  | 13.5022     | -17.2808                      | U3            | 0                   | 21                            | 7.99108            | 8.84701              | 46.2585                  | 23.2114             | 23.0471                       | 43.7725                    | 20.5611                         |
| 14           | 0.308461  | 14.0164     | -15.2739                      | U3            | 0                   | 21                            | 8.1746             | 9.05018              | 47.6717                  | 24.0952             | 23.5765                       | 45.4394                    | 21.3442                         |
| 15           | 0.308461  | 14.4645     | -13.286                       | U3            | 0                   | 21                            | 8.31828            | 9.20925              | 48.8565                  | 24.8657             | 23.9908                       | 46.8923                    | 22.0266                         |
| 16           | 0.308461  | 14.8485     | -11.3142                      | U3            | 0                   | 21                            | 8.42437            | 9.3267               | 49.8225                  | 25.5256             | 24.2969                       | 48.137                     | 22.6114                         |
| 17           | 0.308461  | 15.1696     | -9.35598                      | U3            | 0                   | 21                            | 8.49478            | 9.40466              | 50.5777                  | 26.0776             | 24.5001                       | 49.1781                    | 23.1005                         |
| 18           | 0.308461  | 15.429      | -7.40872                      | U3            | 0                   | 21                            | 8.53113            | 9.4449               | 51.1284                  | 26.5237             | 24.6047                       | 50.0191                    | 23.4954                         |
| 19           | 0.308461  | 15.9988     | -5.47004                      | U3            | 0                   | 21                            | 8.93108            | 9.88769              | 52.7217                  | 26.9632             | 25.7585                       | 51.8664                    | 24.9032                         |
| 20           | 0.308461  | 17.2864     | -3.53764                      | U3            | 0                   | 21                            | 10.1006            | 11.1825              | 56.6649                  | 27.5335             | 29.1314                       | 56.0405                    | 28.507                          |
| 21           | 0.308461  | 18.539      | -1.60925                      | U3            | 0                   | 21                            | 11.2394            | 12.4433              | 60.4171                  | 28.0013             | 32.4158                       | 60.1014                    | 32.1001                         |
| 22           | 0.308461  | 19.7323     | 0.317306                      | U3            | 0                   | 21                            | 12.3208            | 13.6405              | 63.902                   | 28.3672             | 35.5348                       | 63.9702                    | 35.603                          |
| 23           | 0.308461  | 20.8665     | 2.24422                       | U3            | 0                   | 21                            | 13.3464            | 14.7759              | 67.1238                  | 28.6313             | 38.4925                       | 67.6469                    | 39.0156                         |
| 24           | 0.308461  | 21.9412     | 4.17369                       | U3            | 0                   | 21                            | 14.3175            | 15.851               | 70.0866                  | 28.7934             | 41.2932                       | 71.1314                    | 42.338                          |
| 25           | 0.308461  | 22.9563     | 6.10791                       | U3            | 0                   | 21                            | 15.2348            | 16.8666              | 72.792                   | 28.8529             | 43.9391                       | 74.4222                    | 45.5693                         |
| 26           | 0.308461  | 23.9112     | 8.04916                       | U3            | 0                   | 21                            | 16.0993            | 17.8237              | 75.2411                  | 28.8088             | 46.4323                       | 77.5178                    | 48.709                          |
| 27           | 0.308461  | 24.805      | 9.99977                       | U3            | 0                   | 21                            | 16.9112            | 18.7226              | 77.4338                  | 28.6598             | 48.774                        | 80.4157                    | 51.7559                         |
| 28           | 0.308461  | 25.6369     | 11.9622                       | U3            | 0                   | 21                            | 17.6707            | 19.5634              | 79.3687                  | 28.4043             | 50.9644                       | 83.1125                    | 54.7082                         |
| 29           | 0.308461  | 26.4055     | 13.9389                       | U3            | 0                   | 21                            | 18.3775            | 20.3459              | 81.043                   | 28.04               | 53.003                        | 85.6042                    | 57.5642                         |
| 30           | 0.308461  | 27.1093     | 15.9328                       | U3            | 0                   | 21                            | 19.0445            | 21.0844              | 82.4491                  | 27.5225             | 54.9266                       | 87.8859                    | 60.3634                         |
| 31           | 0.308461  | 27.7464     | 17.9467                       | U3            | 0                   | 21                            | 19.6577            | 21.7632              | 83.5847                  | 26.8895             | 56.6952                       | 89.9517                    | 63.0622                         |
| 32           | 0.308461  | 28.3148     | 19.9838                       | U3            | 0                   | 21                            | 20.2158            | 22.3811              | 84.4429                  | 26.1383             | 58.3046                       | 91.7944                    | 65.6561                         |
| 33           | 0.308461  | 28.8118     | 22.0477                       | U3            | 0                   | 21                            | 20.7173            | 22.9363              | 85.0154                  | 25.2643             | 59.7511                       | 93.4058                    | 68.1415                         |
| 34           | 0.308461  | 29.2344     | 24.1422                       | U3            | 0                   | 21                            | 21.1604            | 23.4269              | 85.2916                  | 24.2623             | 61.0293                       | 94.7758                    | 70.5135                         |
| 35           | 0.308461  | 29.579      | 26.2716                       | U3            | 0                   | 21                            | 21.543             | 23.8505              | 85.2591                  | 23.1263             | 62.1328                       | 95.893                     | 72.7667                         |
| 36           | 0.308461  | 29.4887     | 28.441                        | U3            | 0                   | 21                            | 21.5286            | 23.8345              | 83.9399                  | 21.849              | 62.0909                       | 95.6002                    | 73.7512                         |
| 37           | 0.308461  | 28.52       | 30.6558                       | U3            | 0                   | 21                            | 20.7194            | 22.9387              | 80.1791                  | 20.4217             | 59.7574                       | 92.4598                    | 72.0381                         |
| 38           | 0.308461  | 27.4284     | 32.9227                       | U3            | 0                   | 21                            | 19.8456            | 21.9713              | 76.0715                  | 18.8343             | 57.2372                       | 88.9214                    | 70.0871                         |
| 39           | 0.308461  | 26.2366     | 35.2494                       | U3            | 0                   | 21                            | 18.9324            | 20.9603              | 71.6775                  | 17.0743             | 54.6032                       | 85.0574                    | 67.9831                         |
| 40           | 0.308461  | 24.9357     | 37.6451                       | U3            | 0                   | 21                            | 17.9766            | 19.9021              | 66.9736                  | 15.127              | 51.8466                       | 80.84                      | 65.713                          |
| 41           | 0.308461  | 23.5151     | 40.1209                       | U3            | 0                   | 21                            | 16.9746            | 18.7927              | 61.9305                  | 12.9738             | 48.9567                       | 76.235                     | 63.2612                         |
| 42           | 0.308461  | 21.9615     | 42.6908                       | U3            | 0                   | 21                            | 16.0349            | 17.7524              | 56.8387                  | 10.5921             | 46.2466                       | 71.6305                    | 61.0384                         |
| 43           | 0.308461  | 20.258      | 45.3721                       | U3            | 0                   | 21                            | 18.1472            | 20.091               | 60.2916                  | 7.95258             | 52.339                        | 78.6761                    | 70.7235                         |
| 44           | 0.308461  | 18.3825     | 48.1877                       | U3            | 0                   | 21                            | 16.8859            | 18.6945              | 53.7181                  | 5.0173              | 48.7008                       | 72.5958                    | 67.5785                         |
| 45           | 0.308461  | 16.3051     | 51.1684                       | U3            | 0                   | 21                            | 15.5402            | 17.2047              | 46.5549                  | 1.73513             | 44.8197                       | 65.8612                    | 64.126                          |
| 46           | 0.281575  | 12.8686     | 54.2078                       | U3            | 0                   | 21                            | 13.7446            | 15.2168              | 39.6411                  | 0                   | 39.6411                       | 58.7039                    | 58.7039                         |
| 47           | 0.281575  | 10.7074     | 57.3403                       | U3            | 0                   | 21                            | 11.4821            | 12.7119              | 33.1155                  | 0                   | 33.1155                       | 51.0283                    | 51.0283                         |
| 48           | 0.281575  | 8.2526      | 60.7701                       | U3            | 0                   | 21                            | 9.05764            | 10.0278              | 26.1232                  | 0                   | 26.1232                       | 42.3101                    | 42.3101                         |
| 49           | 0.281575  | 5.39594     | 64.6222                       | U3            | 0                   | 21                            | 6.44295            | 7.13305              | 18.5822                  | 0                   | 18.5822                       | 32.1647                    | 32.1647                         |
| 50           | 0.281575  | 1.92495     | 69.1438                       | U3            | 0                   | 21                            | 3.60095            | 3.98665              | 10.3856                  | 0                   | 10.3856                       | 19.8372                    | 19.8372                         |

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



VI05A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Progetto  
IN17Lotto  
12Codifica Documento  
EI2 CL VI 05 A 1 001Rev.  
CFoglio  
36 di 53**Interslice Data**

## • Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.10711

| Slice Number | X coordinate [m] | Y coordinate - Bottom [m] | Interslice Normal Force [kN] | Interslice Shear Force [kN] | Interslice Force Angle [degrees] |
|--------------|------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 1            | 14.3845          | 20                        | 0                            | 0                           | 0                                |
| 2            | 14.693           | 19.6971                   | 1.26751                      | 0                           | 0                                |
| 3            | 15.0014          | 19.421                    | 4.58999                      | 0                           | 0                                |
| 4            | 15.3099          | 19.1686                   | 9.41097                      | 0                           | 0                                |
| 5            | 15.6184          | 18.9374                   | 15.3174                      | 0                           | 0                                |
| 6            | 15.9268          | 18.7256                   | 21.9931                      | 0                           | 0                                |
| 7            | 16.2353          | 18.5316                   | 29.1903                      | 0                           | 0                                |
| 8            | 16.5438          | 18.3541                   | 36.7109                      | 0                           | 0                                |
| 9            | 16.8522          | 18.192                    | 44.3939                      | 0                           | 0                                |
| 10           | 17.1607          | 18.0444                   | 52.1075                      | 0                           | 0                                |
| 11           | 17.4691          | 17.9106                   | 59.7419                      | 0                           | 0                                |
| 12           | 17.7776          | 17.79                     | 67.2056                      | 0                           | 0                                |
| 13           | 18.0861          | 17.6819                   | 74.4217                      | 0                           | 0                                |
| 14           | 18.3945          | 17.5859                   | 81.3254                      | 0                           | 0                                |
| 15           | 18.703           | 17.5017                   | 87.8624                      | 0                           | 0                                |
| 16           | 19.0114          | 17.4288                   | 93.9866                      | 0                           | 0                                |
| 17           | 19.3199          | 17.3671                   | 99.6598                      | 0                           | 0                                |
| 18           | 19.6284          | 17.3163                   | 104.85                       | 0                           | 0                                |
| 19           | 19.9368          | 17.2762                   | 109.532                      | 0                           | 0                                |
| 20           | 20.2453          | 17.2467                   | 113.844                      | 0                           | 0                                |
| 21           | 20.5538          | 17.2276                   | 118.04                       | 0                           | 0                                |
| 22           | 20.8622          | 17.2189                   | 122.031                      | 0                           | 0                                |
| 23           | 21.1707          | 17.2206                   | 125.722                      | 0                           | 0                                |
| 24           | 21.4791          | 17.2327                   | 129.027                      | 0                           | 0                                |
| 25           | 21.7876          | 17.2552                   | 131.865                      | 0                           | 0                                |
| 26           | 22.0961          | 17.2882                   | 134.161                      | 0                           | 0                                |
| 27           | 22.4045          | 17.3319                   | 135.845                      | 0                           | 0                                |
| 28           | 22.713           | 17.3863                   | 136.849                      | 0                           | 0                                |
| 29           | 23.0214          | 17.4516                   | 137.112                      | 0                           | 0                                |
| 30           | 23.3299          | 17.5282                   | 136.576                      | 0                           | 0                                |
| 31           | 23.6384          | 17.6162                   | 135.19                       | 0                           | 0                                |
| 32           | 23.9468          | 17.7161                   | 132.902                      | 0                           | 0                                |
| 33           | 24.2553          | 17.8283                   | 129.665                      | 0                           | 0                                |
| 34           | 24.5638          | 17.9532                   | 125.434                      | 0                           | 0                                |
| 35           | 24.8722          | 18.0915                   | 120.169                      | 0                           | 0                                |
| 36           | 25.1807          | 18.2437                   | 113.832                      | 0                           | 0                                |
| 37           | 25.4891          | 18.4108                   | 106.448                      | 0                           | 0                                |
| 38           | 25.7976          | 18.5936                   | 98.1799                      | 0                           | 0                                |
| 39           | 26.1061          | 18.7934                   | 89.1075                      | 0                           | 0                                |
| 40           | 26.4145          | 19.0114                   | 79.3216                      | 0                           | 0                                |
| 41           | 26.723           | 19.2493                   | 68.9308                      | 0                           | 0                                |
| 42           | 27.0314          | 19.5092                   | 58.0681                      | 0                           | 0                                |
| 43           | 27.3399          | 19.7938                   | 46.8405                      | 0                           | 0                                |
| 44           | 27.6484          | 20.1063                   | 33.597                       | 0                           | 0                                |
| 45           | 27.9568          | 20.4511                   | 20.2806                      | 0                           | 0                                |
| 46           | 28.2653          | 20.8343                   | 7.2332                       | 0                           | 0                                |
| 47           | 28.5469          | 21.2249                   | -4.37787                     | 0                           | 0                                |
| 48           | 28.8284          | 21.6641                   | -15.692                      | 0                           | 0                                |
| 49           | 29.11            | 22.1673                   | -26.2871                     | 0                           | 0                                |
| 50           | 29.3916          | 22.7609                   | -35.5033                     | 0                           | 0                                |

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



|                                                  |                  |             |                                            |           |                    |
|--------------------------------------------------|------------------|-------------|--------------------------------------------|-----------|--------------------|
| VI05A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI | Progetto<br>IN17 | Lotto<br>12 | Codifica Documento<br>EI2 CL VI 05 A 1 001 | Rev.<br>C | Foglio<br>37 di 53 |
|--------------------------------------------------|------------------|-------------|--------------------------------------------|-----------|--------------------|

|    |         |      |   |   |   |
|----|---------|------|---|---|---|
| 51 | 29.6732 | 23.5 | 0 | 0 | 0 |
|----|---------|------|---|---|---|

Entity Information

Group: Group 1

Shared Entities

| Type              | Coordinates |      |
|-------------------|-------------|------|
|                   | X           | Y    |
| External Boundary | 0           | 0    |
|                   | 40          | 0    |
|                   | 40          | 12.5 |
|                   | 40          | 23.5 |
|                   | 25.25       | 23.5 |
|                   | 20          | 20   |
|                   | 0           | 20   |
|                   | 0           | 12.5 |
| Material Boundary | 0           | 12.5 |
|                   | 40          | 12.5 |

Scenario-based Entities

| Type             | Coordinates | Master Scenario |                                                                                                                                                                                                            |
|------------------|-------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Water Table      | X           | Y               | Assigned to materials:<br> U4<br> U3 |
|                  | 0           | 20              |                                                                                                                                                                                                            |
|                  | 20          | 20              |                                                                                                                                                                                                            |
|                  | 23.183      | 20.349          |                                                                                                                                                                                                            |
|                  | 30          | 21              |                                                                                                                                                                                                            |
| Distributed Load | X           | Y               | Constant Distribution<br>Orientation: Normal to boundary<br>Magnitude: 13 kN/m2<br>Creates Excess Pore Pressure: No                                                                                        |
|                  | 39.3096     | 23.5            |                                                                                                                                                                                                            |
|                  | 27.3297     | 23.5            |                                                                                                                                                                                                            |

|                                                                                                             |                                                                                                            |                     |                                                    |                   |                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------|-------------------|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                                    |                   |                            |
| <p>VI05A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</p>                                                     | <p>Progetto<br/>IN17</p>                                                                                   | <p>Lotto<br/>12</p> | <p>Codifica Documento<br/>EI2 CL VI 05 A 1 001</p> | <p>Rev.<br/>C</p> | <p>Foglio<br/>38 di 53</p> |

## APPENDICE B. REPORT DI CALCOLO PARATIE PLUS

### Sezione 1

## PLAXIS Report

## 1.1.1.1.1.1 Materials - Soil and interfaces - Mohr-Coulomb (1/2)

| Identification          | Ghiaia                                                                            | Argilla                                                                           | Sabbia                                                                            |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Identification number   | 1                                                                                 | 3                                                                                 | 4                                                                                 |
| Drainage type           | Drained                                                                           | Drained                                                                           | Drained                                                                           |
| Colour                  |  |  |  |
| Comments                |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |
| $\gamma_{\text{unsat}}$ | kN/m <sup>3</sup> 19.00                                                           | 18.50                                                                             | 19.00                                                                             |
| $\gamma_{\text{sat}}$   | kN/m <sup>3</sup> 19.00                                                           | 18.50                                                                             | 19.00                                                                             |
| Dilatancy cut-off       | No                                                                                | No                                                                                | No                                                                                |
| $e_{\text{init}}$       | 0.5000                                                                            | 0.5000                                                                            | 0.5000                                                                            |
| $e_{\text{min}}$        | 0.000                                                                             | 0.000                                                                             | 0.000                                                                             |
| $e_{\text{max}}$        | 999.0                                                                             | 999.0                                                                             | 999.0                                                                             |
| Rayleigh $\alpha$       | 0.000                                                                             | 0.000                                                                             | 0.000                                                                             |
| Rayleigh $\beta$        | 0.000                                                                             | 0.000                                                                             | 0.000                                                                             |
| E                       | kN/m <sup>2</sup> 40.00E3                                                         | 10.00E3                                                                           | 40.00E3                                                                           |
| $\nu$ (nu)              | 0.3000                                                                            | 0.3000                                                                            | 0.3000                                                                            |
| G                       | kN/m <sup>2</sup> 15.38E3                                                         | 3846                                                                              | 15.38E3                                                                           |
| $E_{\text{Oed}}$        | kN/m <sup>2</sup> 53.85E3                                                         | 13.46E3                                                                           | 53.85E3                                                                           |
| $c_{\text{ref}}$        | kN/m <sup>2</sup> 0.000                                                           | 0.000                                                                             | 0.000                                                                             |
| $\phi$ (phi)            | ° 38.00                                                                           | 24.00                                                                             | 37.00                                                                             |

| Identification            |                      | Ghiaia      | Argilla     | Sabbia      |
|---------------------------|----------------------|-------------|-------------|-------------|
| $\psi$ (psi)              | °                    | 0.000       | 0.000       | 0.000       |
| $V_s$                     | m/s                  | 89.13       | 45.16       | 89.13       |
| $V_p$                     | m/s                  | 166.7       | 84.49       | 166.7       |
| Set to default values     |                      | Yes         | Yes         | Yes         |
| $E_{inc}$                 | kN/m <sup>2</sup> /m | 0.000       | 0.000       | 0.000       |
| $Y_{ref}$                 | m                    | 0.000       | 0.000       | 0.000       |
| $c_{inc}$                 | kN/m <sup>2</sup> /m | 0.000       | 0.000       | 0.000       |
| $Y_{ref}$                 | m                    | 0.000       | 0.000       | 0.000       |
| Tension cut-off           |                      | Yes         | Yes         | Yes         |
| Tensile strength          | kN/m <sup>2</sup>    | 0.000       | 0.000       | 0.000       |
| Undrained behaviour       |                      | Standard    | Standard    | Standard    |
| Skempton-B                |                      | 0.9783      | 0.9783      | 0.9783      |
| $v_u$                     |                      | 0.4950      | 0.4950      | 0.4950      |
| $K_{w,ref} / n$           | kN/m <sup>2</sup>    | 1.500E6     | 375.0E3     | 1.500E6     |
| Stiffness                 |                      | Standard    | Standard    | Standard    |
| Strength                  |                      | Manual      | Manual      | Manual      |
| $R_{inter}$               |                      | 0.6700      | 0.6700      | 0.6700      |
| Consider gap closure      |                      | Yes         | Yes         | Yes         |
| $\delta_{inter}$          |                      | 0.000       | 0.000       | 0.000       |
| Cross permeability        |                      | Impermeable | Impermeable | Impermeable |
| Drainage conductivity, dk | m <sup>3</sup> /s/m  | 0.000       | 0.000       | 0.000       |

| Identification                      |                     | Ghiaia     | Argilla    | Sabbia     |
|-------------------------------------|---------------------|------------|------------|------------|
| R                                   | m <sup>2</sup> K/kW | 0.000      | 0.000      | 0.000      |
| K <sub>0</sub> determination        |                     | Automatic  | Automatic  | Automatic  |
| K <sub>0,x</sub> = K <sub>0,z</sub> |                     | Yes        | Yes        | Yes        |
| K <sub>0,x</sub>                    |                     | 0.3843     | 0.5933     | 0.3982     |
| K <sub>0,z</sub>                    |                     | 0.3843     | 0.5933     | 0.3982     |
| Data set                            |                     | Standard   | Standard   | Standard   |
| Type                                |                     | Coarse     | Coarse     | Coarse     |
| < 2 μm                              | %                   | 10.00      | 10.00      | 10.00      |
| 2 μm - 50 μm                        | %                   | 13.00      | 13.00      | 13.00      |
| 50 μm - 2 mm                        | %                   | 77.00      | 77.00      | 77.00      |
| Use defaults                        |                     | None       | None       | None       |
| k <sub>x</sub>                      | m/s                 | 0.7000E-3  | 0.6000E-6  | 0.01300E-3 |
| k <sub>y</sub>                      | m/s                 | 0.7000E-3  | 0.6000E-6  | 0.01300E-3 |
| -ψ <sub>unsat</sub>                 | m                   | 10.00E3    | 10.00E3    | 10.00E3    |
| e <sub>init</sub>                   |                     | 0.5000     | 0.5000     | 0.5000     |
| S <sub>s</sub>                      | 1/m                 | 0.000      | 0.000      | 0.000      |
| c <sub>k</sub>                      |                     | 1000E12    | 1000E12    | 1000E12    |
| c <sub>s</sub>                      | kJ/t/K              | 0.000      | 0.000      | 0.000      |
| λ <sub>s</sub>                      | kW/m/K              | 0.000      | 0.000      | 0.000      |
| ρ <sub>s</sub>                      | t/m <sup>3</sup>    | 0.000      | 0.000      | 0.000      |
| Solid thermal expansion             |                     | Volumetric | Volumetric | Volumetric |

| Identification         |                   | Ghiaia | Argilla | Sabbia |
|------------------------|-------------------|--------|---------|--------|
| $\alpha_s$             | 1/K               | 0.000  | 0.000   | 0.000  |
| $D_v$                  | m <sup>2</sup> /s | 0.000  | 0.000   | 0.000  |
| $f_{Tv}$               |                   | 0.000  | 0.000   | 0.000  |
| Unfrozen water content |                   | None   | None    | None   |

## 1.1.1.1.2 Materials - Soil and interfaces - Mohr-Coulomb (2/2)

| Identification        |                   | Argilla_Interfaccia                                                               | Ghiaia_Interfaccia                                                                | Sabbia_Interfaccia                                                                |
|-----------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Identification number |                   | 6                                                                                 | 7                                                                                 | 8                                                                                 |
| Drainage type         |                   | Drained                                                                           | Drained                                                                           | Drained                                                                           |
| Colour                |                   |  |  |  |
| Comments              |                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |
| $\gamma_{unsat}$      | kN/m <sup>3</sup> | 18.50                                                                             | 19.00                                                                             | 19.00                                                                             |
| $\gamma_{sat}$        | kN/m <sup>3</sup> | 18.50                                                                             | 19.00                                                                             | 19.00                                                                             |
| Dilatancy cut-off     |                   | No                                                                                | No                                                                                | No                                                                                |
| $e_{init}$            |                   | 0.5000                                                                            | 0.5000                                                                            | 0.5000                                                                            |
| $e_{min}$             |                   | 0.000                                                                             | 0.000                                                                             | 0.000                                                                             |
| $e_{max}$             |                   | 999.0                                                                             | 999.0                                                                             | 999.0                                                                             |
| Rayleigh $\alpha$     |                   | 0.000                                                                             | 0.000                                                                             | 0.000                                                                             |
| Rayleigh $\beta$      |                   | 0.000                                                                             | 0.000                                                                             | 0.000                                                                             |
| E                     | kN/m <sup>2</sup> | 10.00E3                                                                           | 40.00E3                                                                           | 40.00E3                                                                           |
| $\nu$ (nu)            |                   | 0.3000                                                                            | 0.3000                                                                            | 0.3000                                                                            |
| G                     | kN/m <sup>2</sup> | 3846                                                                              | 15.38E3                                                                           | 15.38E3                                                                           |
| $E_{Oed}$             | kN/m <sup>2</sup> | 13.46E3                                                                           | 53.85E3                                                                           | 53.85E3                                                                           |

| Identification        |                      | Argilla_Interfaccia | Ghiaia_Interfaccia | Sabbia_Interfaccia |
|-----------------------|----------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| $c_{ref}$             | kN/m <sup>2</sup>    | 0.5000              | 0.5000             | 0.5000             |
| $\phi$ (phi)          | °                    | 16.00               | 20.00              | 20.00              |
| $\psi$ (psi)          | °                    | 0.000               | 0.000              | 0.000              |
| $V_s$                 | m/s                  | 45.16               | 89.13              | 89.13              |
| $V_p$                 | m/s                  | 84.49               | 166.7              | 166.7              |
| Set to default values |                      | Yes                 | Yes                | Yes                |
| $E_{inc}$             | kN/m <sup>2</sup> /m | 0.000               | 0.000              | 0.000              |
| $Y_{ref}$             | m                    | 0.000               | 0.000              | 0.000              |
| $c_{inc}$             | kN/m <sup>2</sup> /m | 0.000               | 0.000              | 0.000              |
| $Y_{ref}$             | m                    | 0.000               | 0.000              | 0.000              |
| Tension cut-off       |                      | Yes                 | Yes                | Yes                |
| Tensile strength      | kN/m <sup>2</sup>    | 0.000               | 0.000              | 0.000              |
| Undrained behaviour   |                      | Standard            | Standard           | Standard           |
| Skempton-B            |                      | 0.9783              | 0.9783             | 0.9783             |
| $\nu_u$               |                      | 0.4950              | 0.4950             | 0.4950             |
| $K_{w,ref} / n$       | kN/m <sup>2</sup>    | 375.0E3             | 1.500E6            | 1.500E6            |
| Stiffness             |                      | Standard            | Standard           | Standard           |
| Strength              |                      | Rigid               | Rigid              | Manual             |
| $R_{inter}$           |                      | 1.000               | 1.000              | 0.6700             |

| Identification                      |                     | Argilla_Interfaccia | Ghiaia_Interfaccia | Sabbia_Interfaccia |
|-------------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| Consider gap closure                |                     | Yes                 | Yes                | Yes                |
| $\delta_{inter}$                    |                     | 0.000               | 0.000              | 0.000              |
| Cross permeability                  |                     | Impermeable         | Impermeable        | Impermeable        |
| Drainage conductivity, dk           | m <sup>3</sup> /s/m | 0.000               | 0.000              | 0.000              |
| R                                   | m <sup>2</sup> K/kW | 0.000               | 0.000              | 0.000              |
| K <sub>0</sub> determination        |                     | Automatic           | Automatic          | Automatic          |
| K <sub>0,x</sub> = K <sub>0,z</sub> |                     | Yes                 | Yes                | Yes                |
| K <sub>0,x</sub>                    |                     | 0.7244              | 0.6580             | 0.6580             |
| K <sub>0,z</sub>                    |                     | 0.7244              | 0.6580             | 0.6580             |
| Data set                            |                     | Standard            | Standard           | Standard           |
| Type                                |                     | Coarse              | Coarse             | Coarse             |
| < 2 $\mu$ m                         | %                   | 10.00               | 10.00              | 10.00              |
| 2 $\mu$ m - 50 $\mu$ m              | %                   | 13.00               | 13.00              | 13.00              |
| 50 $\mu$ m - 2 mm                   | %                   | 77.00               | 77.00              | 77.00              |
| Use defaults                        |                     | None                | None               | None               |
| k <sub>x</sub>                      | m/s                 | 0.6000E-6           | 0.7000E-3          | 0.01300E-3         |
| k <sub>y</sub>                      | m/s                 | 0.6000E-6           | 0.7000E-3          | 0.01300E-3         |
| $-\psi_{unsat}$                     | m                   | 10.00E3             | 10.00E3            | 10.00E3            |
| e <sub>init</sub>                   |                     | 0.5000              | 0.5000             | 0.5000             |

| Identification          |                   | Argilla_Interfaccia | Ghiaia_Interfaccia | Sabbia_Interfaccia |
|-------------------------|-------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| $S_s$                   | 1/m               | 0.000               | 0.000              | 0.000              |
| $c_k$                   |                   | 1000E12             | 1000E12            | 1000E12            |
| $c_s$                   | kJ/t/K            | 0.000               | 0.000              | 0.000              |
| $\lambda_s$             | kW/m/K            | 0.000               | 0.000              | 0.000              |
| $\rho_s$                | t/m <sup>3</sup>  | 0.000               | 0.000              | 0.000              |
| Solid thermal expansion |                   | Volumetric          | Volumetric         | Volumetric         |
| $\alpha_s$              | 1/K               | 0.000               | 0.000              | 0.000              |
| $D_v$                   | m <sup>2</sup> /s | 0.000               | 0.000              | 0.000              |
| $f_{Tv}$                |                   | 0.000               | 0.000              | 0.000              |
| Unfrozen water content  |                   | None                | None               | None               |

### 1.1.1.2 Materials - Plates -

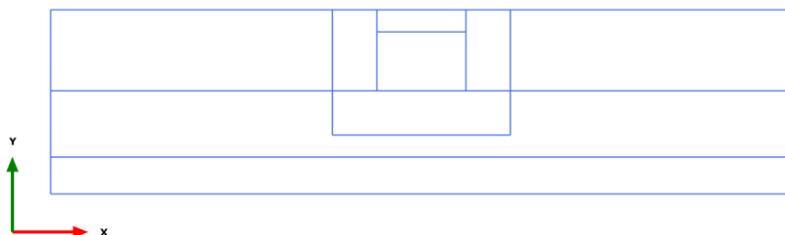
|                       |                                                                                    |         |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Identification        | PU_18                                                                              |         |
| 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 <sup>2</sup> /m                                                               | 81.16E3 |
| $d$                   | m                                                                                  | 0.5329  |
| $w$                   | kN/m/m                                                                             | 1.280   |
| $\nu$ (nu)            | 0.000                                                                              |         |
| Rayleigh $\alpha$     | 0.000                                                                              |         |
| Rayleigh $\beta$      | 0.000                                                                              |         |
| Prevent punching      | No                                                                                 |         |
| Identification number | 1                                                                                  |         |
| $c$                   | kJ/t/K                                                                             | 0.000   |
| $\lambda$             | kW/m/K                                                                             | 0.000   |

Identification PU\_18

$\rho$  t/m<sup>3</sup> 0.000

$\alpha$  1/K 0.000

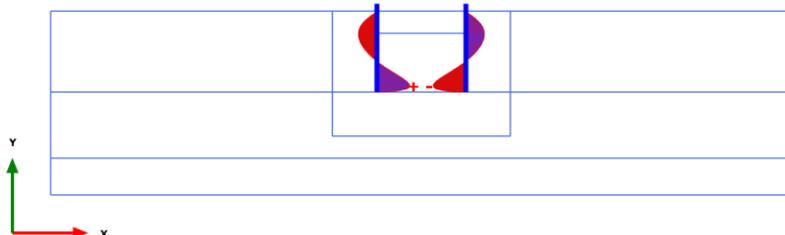
3.1.1.1.1 Calculation results, Plate, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Shear forces Q



**Shear forces Q (scaled up 1.00 times)**  
No results

Palancolato [Phase\_2] (2/4), Shear forces Q

3.1.1.1.2 Calculation results, Plate,



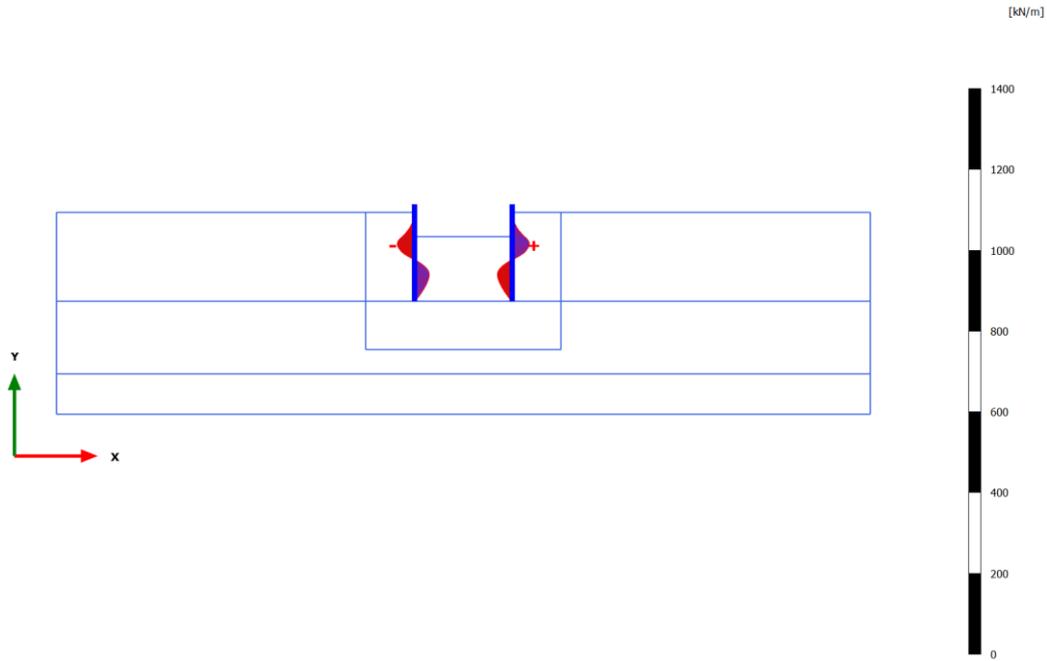
[kN/m]



**Shear forces Q (scaled up 50.0 times)**  
Maximum value = 0.08900 kN/m (Element 19 at Node 7635)  
Minimum value = -0.08893 kN/m (Element 27 at Node 9464)

Scavo max [Phase\_3] (3/81), Shear forces Q

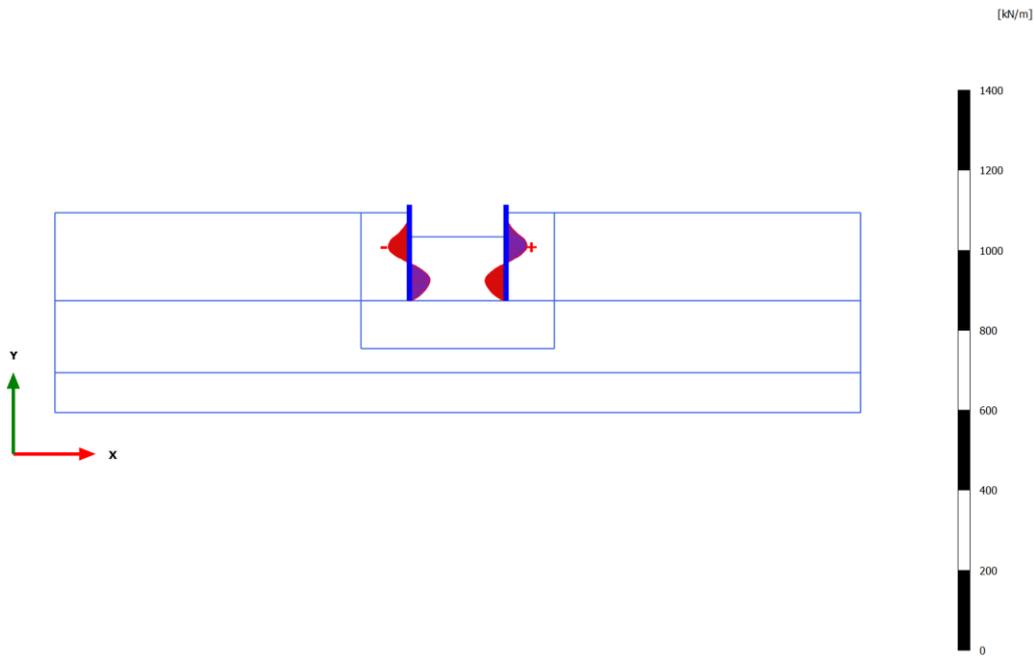
3.1.1.1.3 Calculation results, Plate,



**Shear forces Q (scaled up 0.0500 times)**  
 Maximum value = 42.45 kN/m (Element 21 at Node 6183)  
 Minimum value = -42.55 kN/m (Element 13 at Node 1337)

results, Plate, Sovraccarico [Phase\_5] (5/138), Shear forces Q

3.1.1.1.4 Calculation

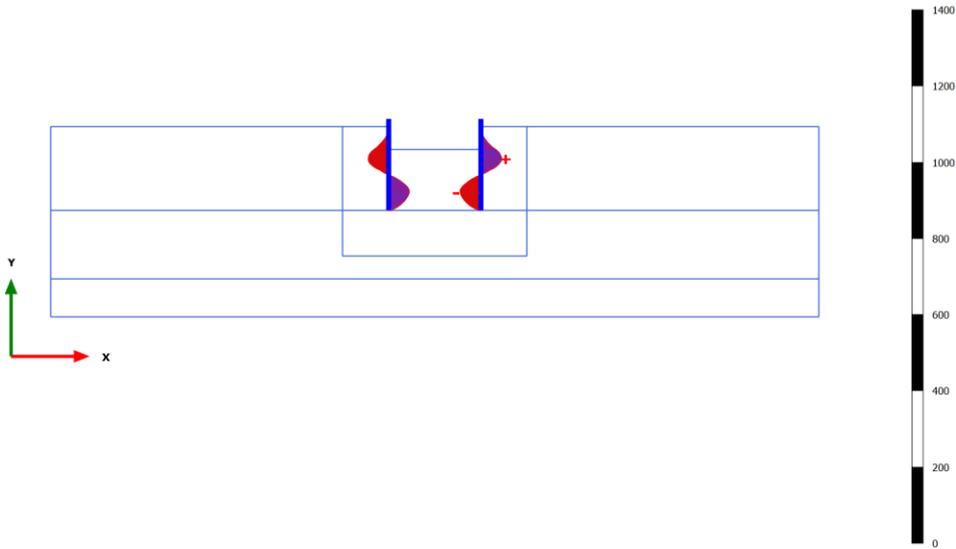


**Shear forces Q (scaled up 0.0500 times)**  
 Maximum value = 52.69 kN/m (Element 21 at Node 6184)  
 Minimum value = -52.76 kN/m (Element 13 at Node 1340)

results, Plate, Sovraccarico x1.15 (STR - SLU/1.3) [Phase\_4] (4/146), Shear forces Q

3.1.1.1.5 Calculation

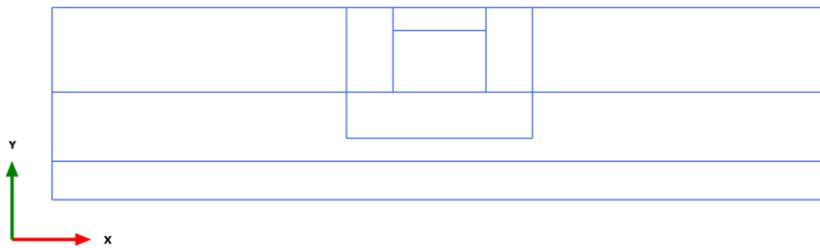
[kN/m]



**Shear forces Q (scaled up 0.0500 times)**  
 Maximum value = 54.72 kN/m (Element 21 at Node 6184)  
 Minimum value = -54.50 kN/m (Element 26 at Node 8187)

3.1.1.2.1 Calculation results,

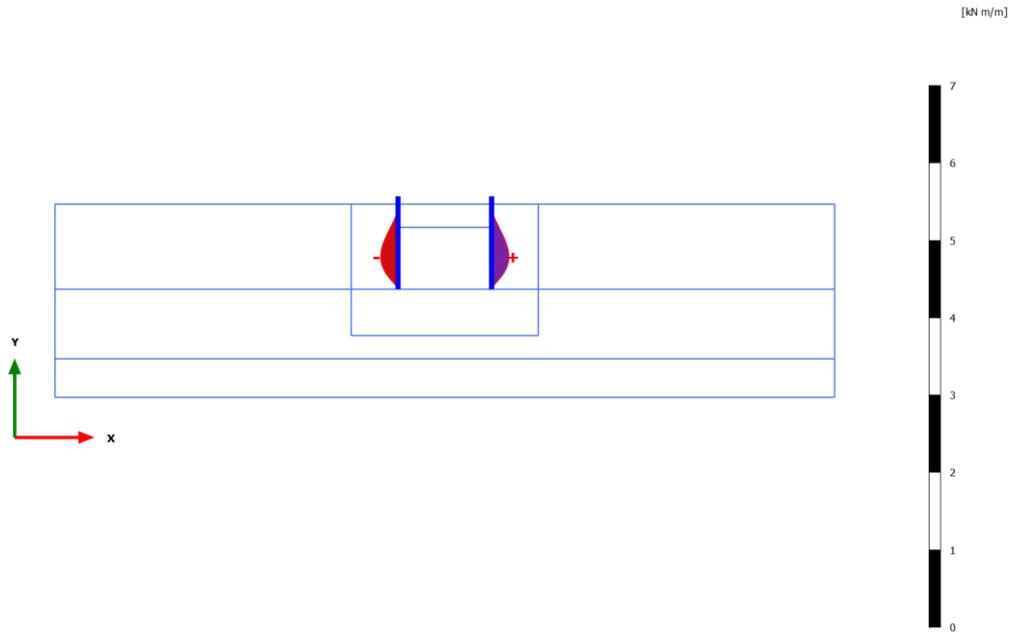
Plate, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Bending moments M



**Bending moments M (scaled up 1.00 times)**  
 No results

3.1.1.2.2 Calculation results,

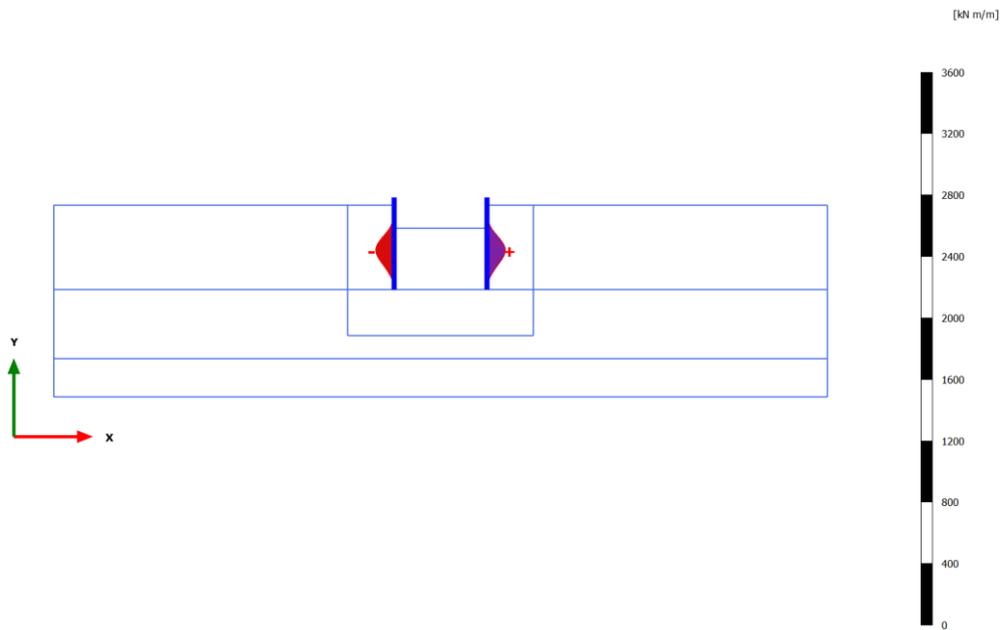
Plate, Palancolato [Phase\_2] (2/4), Bending moments M



**Bending moments M (scaled up 10.0 times)**  
 Maximum value = 0.2232 kN m/m (Element 24 at Node 7612)  
 Minimum value = -0.2234 kN m/m (Element 16 at Node 4180)

Plate, Scavo max [Phase\_3] (3/81), Bending moments M

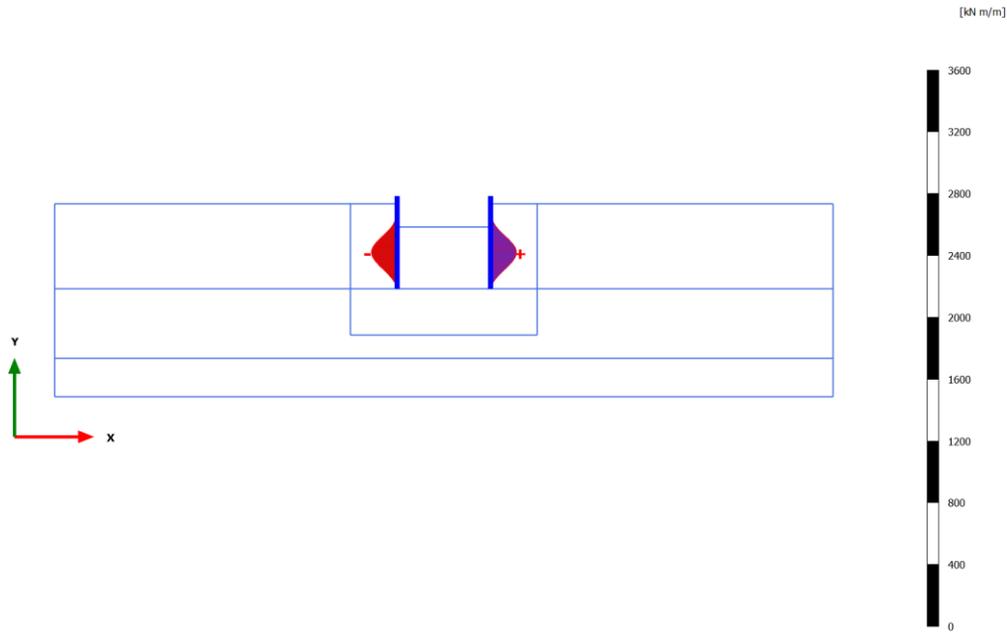
3.1.1.2.3 Calculation results,



**Bending moments M (scaled up 0.0200 times)**  
 Maximum value = 119.7 kN m/m (Element 23 at Node 7028)  
 Minimum value = -119.4 kN m/m (Element 15 at Node 3254)

Plate, Sovraccarico [Phase\_5] (5/138), Bending moments M

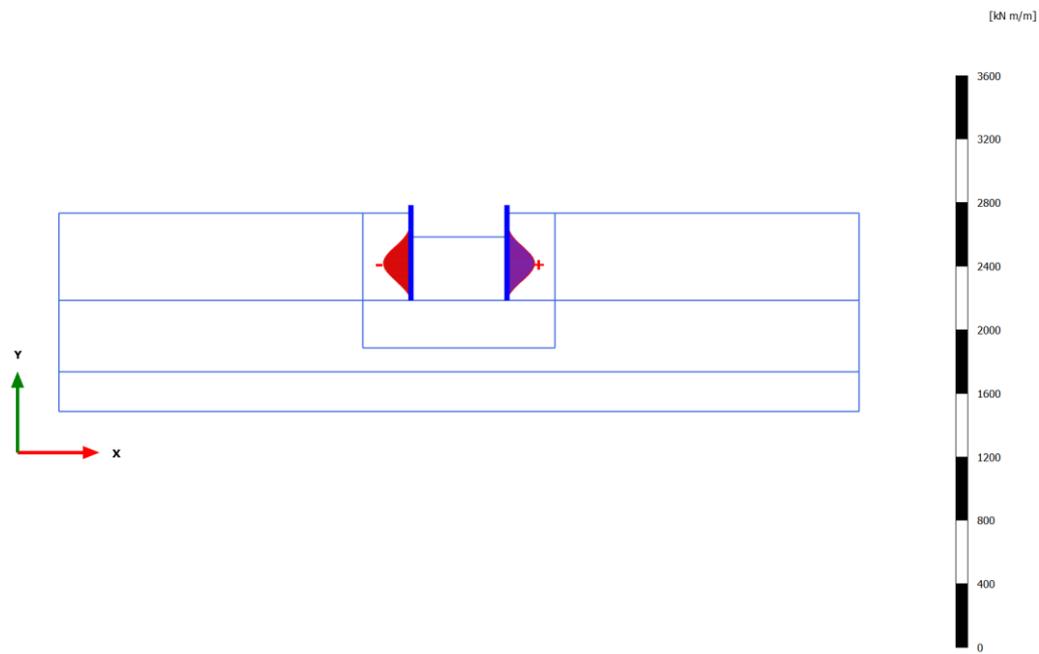
3.1.1.2.4 Calculation results,



**Bending moments M (scaled up 0.0200 times)**  
 Maximum value = 166.4 kN m/m (Element 23 at Node 7030)  
 Minimum value = -165.1 kN m/m (Element 15 at Node 3256)

Plate, Sovraccarico x1.15 (STR - SLU/1.3) [Phase\_4] (4/146), Bending moments M

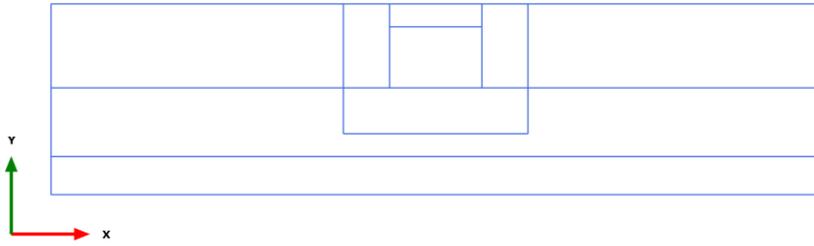
3.1.1.2.5 Calculation results,



**Bending moments M (scaled up 0.0200 times)**  
 Maximum value = 173.6 kN m/m (Element 23 at Node 7030)  
 Minimum value = -172.2 kN m/m (Element 15 at Node 3256)

results, Plate, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Axial forces N

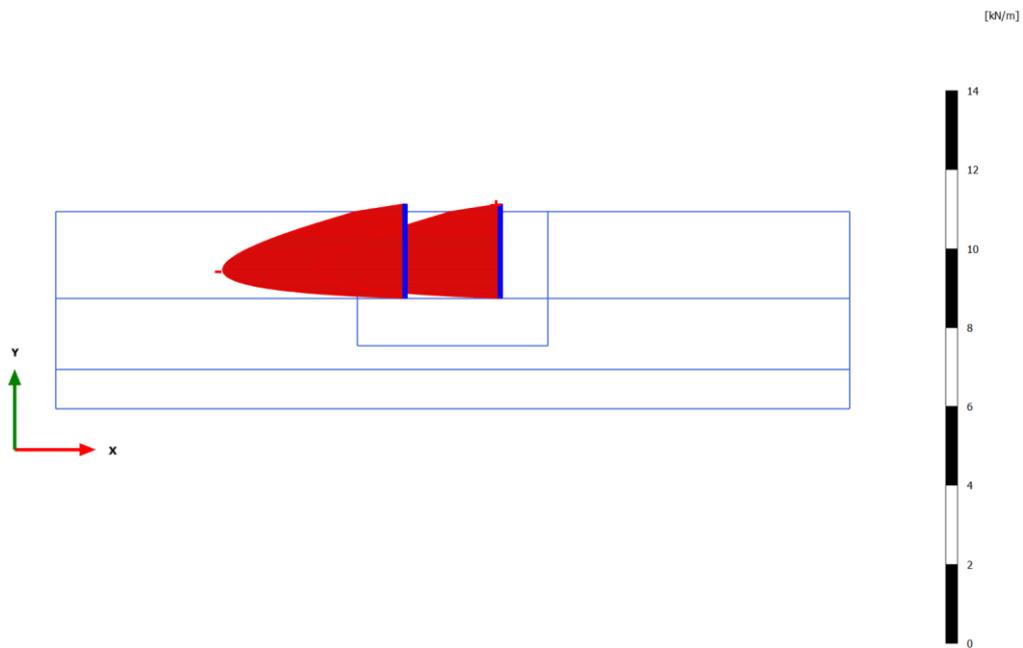
3.1.1.3.1 Calculation



**Axial forces N (scaled up 1.00 times)**  
No results

Plate, Palancolato [Phase\_2] (2/4), Axial forces N

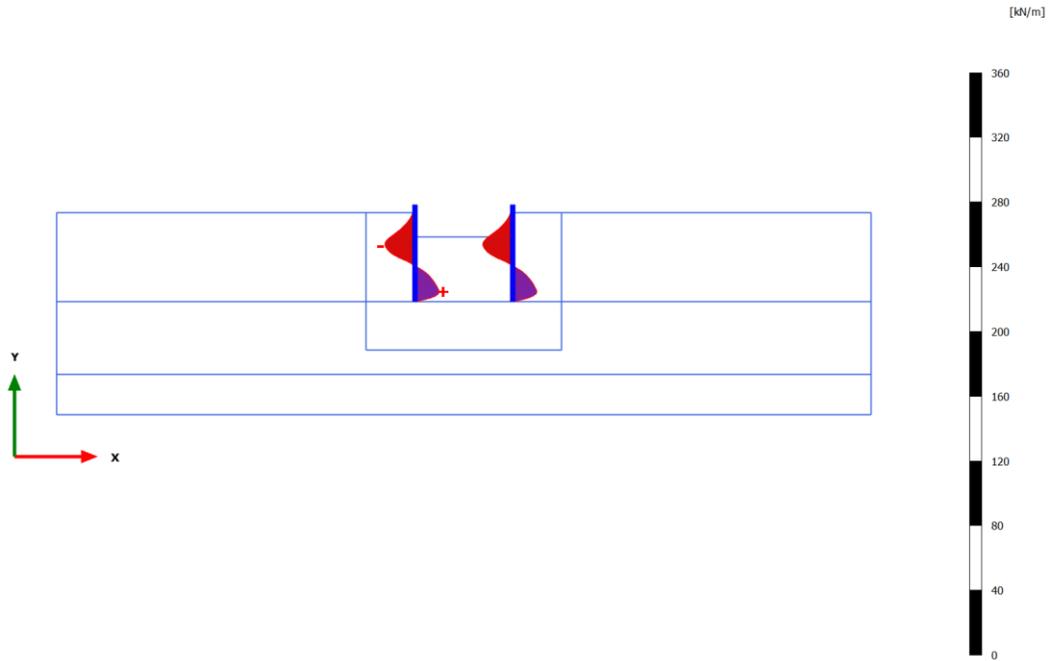
3.1.1.3.2 Calculation results,



**Axial forces N (scaled up 5.00 times)**  
Maximum value =  $-0.07777 \cdot 10^{-3}$  kN/m (Element 2 at Node 2635)  
Minimum value = -4.598 kN/m (Element 16 at Node 5027)

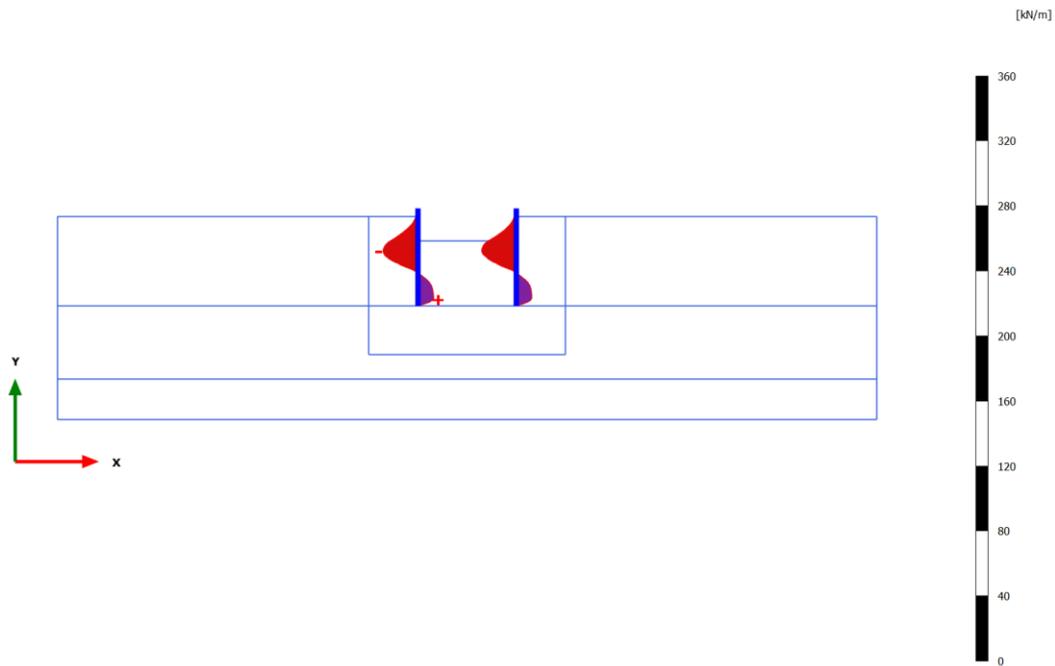
results, Plate, Scavo max [Phase\_3] (3/81), Axial forces N

3.1.1.3.3 Calculation



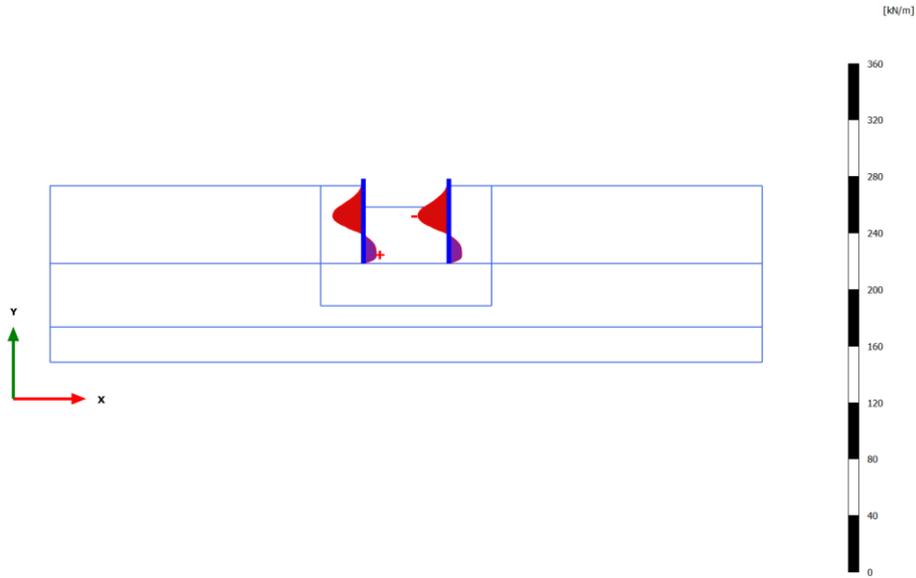
**Axial forces N (scaled up 0.200 times)**  
 Maximum value = 14.83 kN/m (Element 19 at Node 6765)  
 Minimum value = -18.49 kN/m (Element 13 at Node 1337)

3.1.1.3.4 Calculation results, Plate, Sovraccarico [Phase\_5] (5/138), Axial forces N



**Axial forces N (scaled up 0.200 times)**  
 Maximum value = 9.692 kN/m (Element 19 at Node 7635)  
 Minimum value = -21.40 kN/m (Element 13 at Node 1340)

3.1.1.3.5 Calculation results, Plate, Sovraccarico x1.15 (STR - SLU/1.3) [Phase\_4] (4/146), Axial forces N

**Axial forces N (scaled up 0.200 times)**

Maximum value = 9.122 kN/m (Element 19 at Node 6765)

Minimum value = -21.86 kN/m (Element 21 at Node 6184)