

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 Grena dal Km 18+841,81 al Km 18+913,81

SCAVI, DEMOLIZIONE, OPERE PROVVISORIALI

Relazione di calcolo opere provvisoriali

GENERAL CONTRACTOR				DIRETTORE LAVORI				SCALA	
IL PROGETTISTA INTEGRATORE		Conorzio Iricav Due ing. Paolo Carmona <i>Paolo Carmona</i> Data: Luglio 2022						-	
Ing. Giovanni MALAVENDA ALBO INGEGNERI PROV. DI MESSINA n. 4503 Data: Luglio 2022 <i>Giovanni Malavenda</i>									

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

I N 1 7 1 2 E I 2 C L V I 1 8 0 1 0 0 1 A - - - D I - - -

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Alberto LEVORATO <i>Alberto Levorato</i>	Luglio 2022

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	G. Furlani <i>Giovanne Furlani</i>	Ottobre 2021	V. Pastore <i>Vincenzo Pastore</i>	Ottobre 2021	P. Ascari <i>Paolo Ascari</i>	Ottobre 2021	P. Ascari
B	RECEPIMENTO ISTRUTTORIE	G. Furlani <i>Giovanne Furlani</i>	Luglio 2022	V. Pastore <i>Vincenzo Pastore</i>	Luglio 2022	P. Ascari <i>Paolo Ascari</i>	Luglio 2022	

CIG. 8377957CD1 CUP: J41E91000000009 File: IN1712EI2CLV11801001B.DOCX
Cod. origine:



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001	Rev. B	Foglio 2 di 38	

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
2.1	Normativa di riferimento.....	5
2.2	Documenti di riferimento.....	5
2.3	Software di riferimento.....	5
3	ANALISI DI STABILITA'	6
3.1	Metodologie di calcolo	6
3.2	Caratterizzazione geotecnica dei terreni	7
3.3	Carichi applicati.....	8
3.4	Programma di calcolo utilizzato e stabilità globale	8
3.5	Sezioni di calcolo	10
3.6	Discretizzazione di calcolo.....	10
3.6.1	Sezione 1	10
3.7	Fasi di calcolo	12
3.7.1	Sezione 1	12
3.8	Principali risultati delle analisi	15
3.8.1	Sezione 1	15
3.8.2	Sezione 1 con aggotamento falda a +19 m s.l.m.	19
3.9	Verifiche nei confronti degli stati limite idraulici	24
4	ALLEGATO A. Tabulato di calcolo Plaxis	25
4.1	Tabulati di calcolo	26

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001	Rev. B	Foglio 3 di 38	

1 PREMESSA

Nel presente documento sono riportate le analisi di stabilità degli scavi provvisoriali per la realizzazione delle fondazioni del viadotto VI18 - Viadotto Grena dal km 18+841.81 al km 18+913.81, previsto nell'ambito della linea A.V. / A.C. Torino – Venezia, tratta Verona – Padova, lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza.

In relazione alle modeste altezze di scavo (da 3.0 a 3.9 m al massimo), alla presenza di terreno coesivo per i primi 6 m di profondità circa da p.c. locale, si prevedono scavi a cielo aperto con scarpate 2 (verticale) / 3 (orizzontale).

Al fine di evitare problematiche di sottospinta idraulica a fondo scavo, data la presenza di un potente banco di ghiaia sotto lo strato di argilla a partire dai 6 m da p.c. locale, si prevede un sistema di aggottamento per ciascun plinto costituito da 2 pozzi interni allo scavo e 4 pozzi esterni allo scavo. I pozzi saranno predisposti e verificato il funzionamento e l'efficacia prima di iniziare lo scavo. L'aggottamento sarà attivato prima di iniziare lo scavo e dovrà essere mantenuto attivo fino a completa presa del getto di fondazione del plinto.

Si predispongono piezometri di controllo del livello di falda a fondo scavo in numero di 1 per ogni plinto di fondazione da scavare, quindi in totale n. 4 piezometri elettrici con sensore elettrico a 7.5 m da p.c. (o in alternativa n.4 piezometri a cella di Casagrande con quota cella alla profondità di 7.5 m da p.c.).

Considerate le rilevanti portate da aggottare, si eseguiranno delle prove preliminari di pompaggio al fine di verificare l'efficacia del sistema di dewatering. Il sistema potrà essere ottimizzato in funzione dei risultati ottenuti in questa fase preliminare.

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

Nelle seguenti figure si riportano le sezioni degli scavi di riferimento per i calcoli di seguito eseguiti.

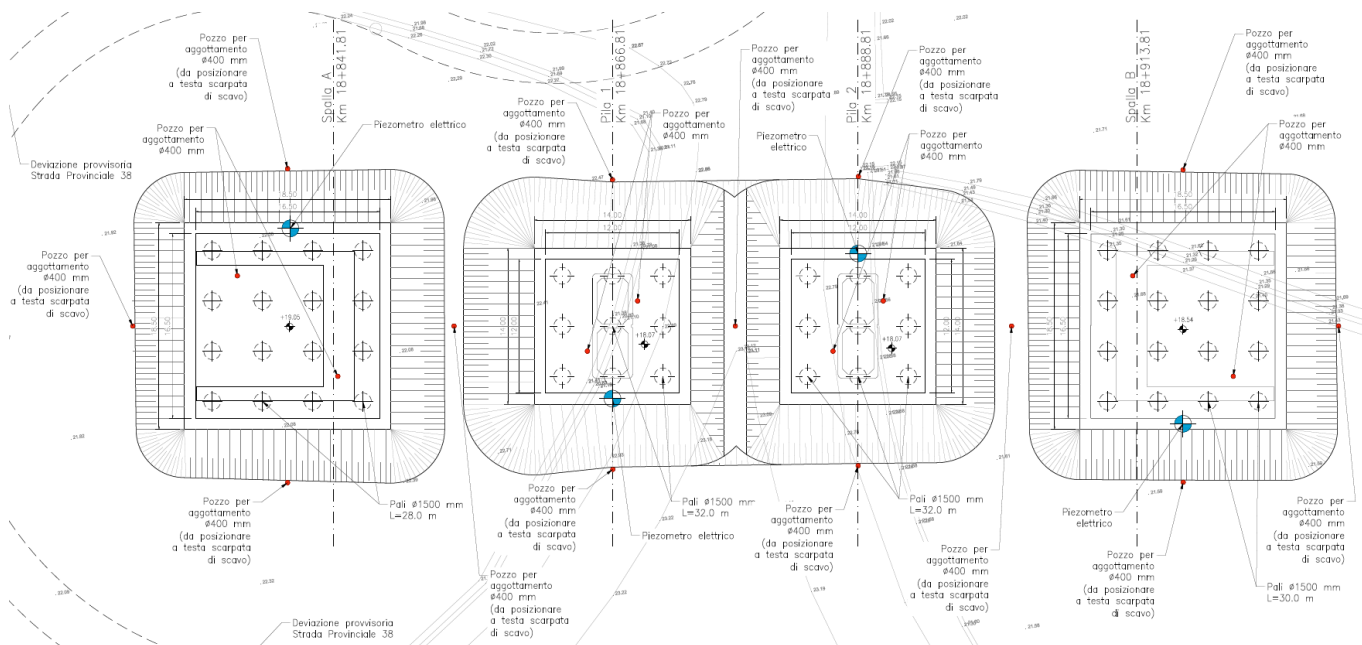


Figura 1 – Pianta scavi

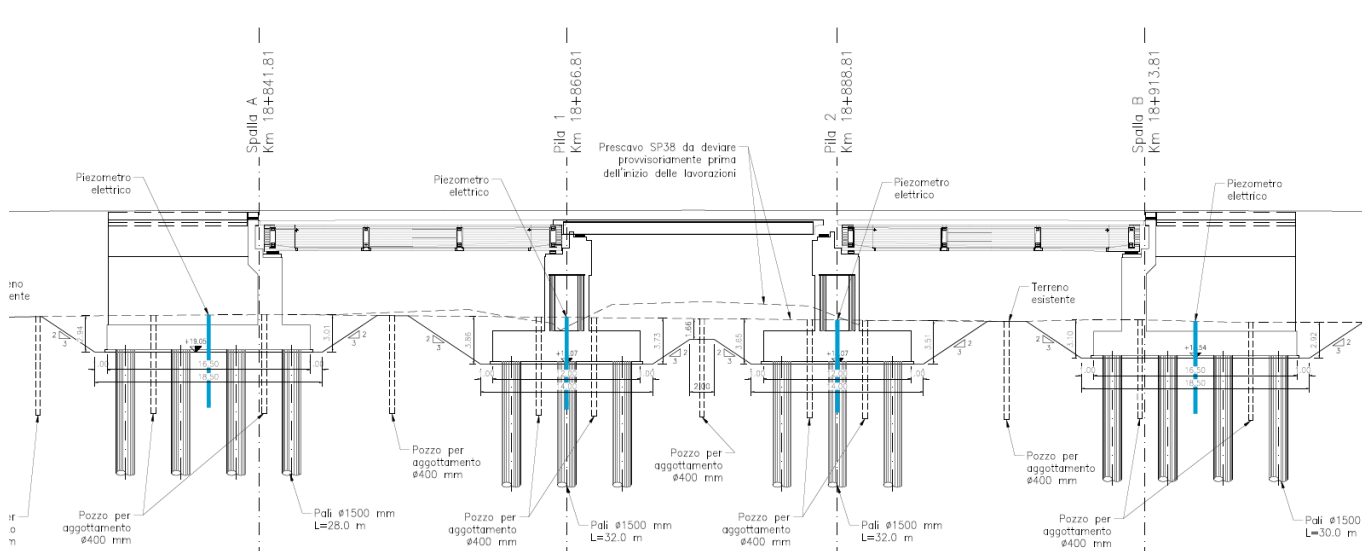


Figura 2 – Sezione longitudinale

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001	Rev. B	Foglio 5 di 38	

2 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Normativa di riferimento

- [NR 1] Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n.30.
- [NR 2] Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- [NR 3] UNI EN 1997-1:2005 – “Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali”.
- [NR 4] UNI EN 1998-1:2005 – “Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.
- [NR 5] BS 8006:1995 – “Code of practice for Strengthened/reinforced soils and other fills”.
- [NR 6] UNI EN 1993-5:2006 – “Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio-Piling”.
- [NR 7] Manuale di Progettazione RFI.

2.2 Documenti di riferimento

- [DR 1.] IN1712EI2FZVI1800001 - Profilo Geotecnico – Viadotto Grena dal km 18+841,81 al km 18+913,81.
- [DR 2.] IN1712EI2RBVI1800001 – Relazione geotecnica - Viadotto Grena dal km 18+841,81 al km 18+913,81.

2.3 Software di riferimento

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

- codice Plaxis 2D 2020 (Delft, Olanda).

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001	Rev. B	Foglio 6 di 38	

3 ANALISI DI STABILITA'

3.1 Metodologie di calcolo

Le verifiche di stabilità per le scarpate provvisionali in esame sono state effettuate in conformità al DM 14 gennaio 2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni), agli stati limite ultimi in condizioni statiche (SLU).

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

I coefficienti parziali γ_F relativi alle azioni sono indicati nella Tabella 1.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17 Lotto 12 Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001 Rev. B Foglio 7 di 38

Tabella 1 Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(4)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽⁴⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

I coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno sono indicati nella Tabella 2.

Tabella 2 Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	γ_φ	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

La verifica allo stato limite ultimo richiesta da normativa per la stabilità dei fronti di scavo in condizioni statiche, prevede l'utilizzo della combinazione di coefficienti: Approccio 1, combinazione 2: $A2+M2+R2$, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nella Tabella 3.

Tabella 3 Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

COEFFICIENTE	R2
γ_R	1,1

3.2 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.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001	Rev. B	Foglio 8 di 38	

Nelle seguenti tabelle si riportano, per i litotipi di interesse progettuale, la stratigrafia ed i parametri geotecnici di resistenza e di rigidità che ne caratterizzano il comportamento numerico.

Tabella 4 – Parametri geotecnici

da [m]	a [m]	Unità geotecnica	γ [kN/m ³]	cu [kPa]	ϕ' [°]	c' [kPa]	E' [MPa]	K [m/s]
0.0	-6.0	argilla	18.5	60-45	26	0	8	7E-07
-6.0	-21.0	ghiaia	19.0	-	39	0	60	7E-04
-21.0	-25.0	sabbia	19.0	-	37	0	60	1.3E-05
-25.0	-27.0	argilla	19.0	120	26	0	8	7E-07
-27.0	-40.0	sabbia	19.0	-	37	0	60	1.3E-05

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

La falda, in accordo a quanto indicato nella relazione geotecnica ([DR 2.]) è stata assunta per il calcolo delle opere provvisorie a quota +21.5 m s.l.m..

3.3 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.

3.4 Programma di calcolo utilizzato e stabilità globale

Per l'analisi di stabilità dello scavo in esame è stato utilizzato il codice Plaxis 2D (2020) al fine di modellare le condizioni stratigrafiche, geotecniche ed il regime di filtrazione simulando l'aggettamento dai pozzi. Quindi è anche stata data una stima indicativa delle portate da emungere.

Per le analisi di stabilità, la determinazione del coefficiente di sicurezza avviene mediante un algoritmo iterativo (ϕ' – c' reduction method, Dawson, Roth and Drescher, 1999) che, sulla base dei dati di partenza (c' e tan ϕ'), 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):

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001	Rev. B	Foglio 9 di 38	

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

In Figura 3 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.

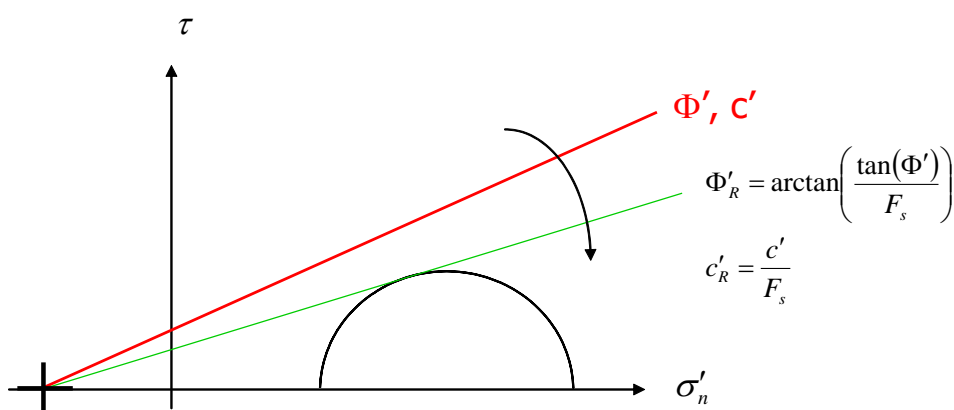


Figura 3 - Phi-c reduction method

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001	Rev. B	Foglio 10 di 38	

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

3.5 Sezioni di calcolo

L'analisi di stabilità è stata condotta per la sezione di scavo di altezza massima (Pila P1) avente p.c. locale a +22 m s.l.m. e fondo scavo a +18.07 m s.l.m. (quindi 3.9 m di altezza di scavo) con falda a quota +21.5 m s.l.m.:

- **Sezione 1.** Altezza massima di scavo di 3.9 m con scarpata 2 (verticale) / 3 (orizzontale) e falda a 0.5 m da p.c. locale. Si prevedono 4 pozzi esterni + 2 pozzi interni allo scavo per aggotamento di acqua di falda e garantire scavo fino a +18 m s.l.m. (fondo scavo). Questa sezione di calcolo è rappresentativa delle condizioni più sfavorevoli per la stabilità (massima altezza di scavo fra tutte le pile e le spalle) ed anche per la stima delle portate da emungere dai pozzi.

Inoltre per questa sezione di calcolo è stata eseguita una ulteriore analisi ipotizzando un aggotamento dai pozzi fino alla quota + 19 m s.l.m. (profondità di 3 m da p.c. locale); tale quota di falda è la massima che soddisfa le verifiche a sottospinta idraulica (vedasi paragrafo 3.9) e quindi è utile per avere una stima della portata minima di acqua da emungere.

- **Sezione 1 con aggotamento falda a +19 m s.l.m..** Altezza massima di scavo di 3.9 m con scarpata 2 (verticale) / 3 (orizzontale) e falda a 0.5 m da p.c. locale. Si prevedono 4 pozzi esterni + 2 pozzi interni allo scavo per aggotamento di acqua di falda fino a +19 m s.l.m..

3.6 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.

3.6.1 Sezione 1

Nella seguente immagine si riporta la discretizzazione di calcolo adottata per la sezione in esame, in cui è evidenziata la successione stratigrafica. Il dominio discretizzato ha una larghezza di 100 m e un'altezza di 40 m circa, è costituito da circa 5600 elementi triangolari e da circa 45200 nodi.

I 4 pozzi di emungimento sono modellati con elementi "drain" (behaviour: normal; h= 4.5 m).

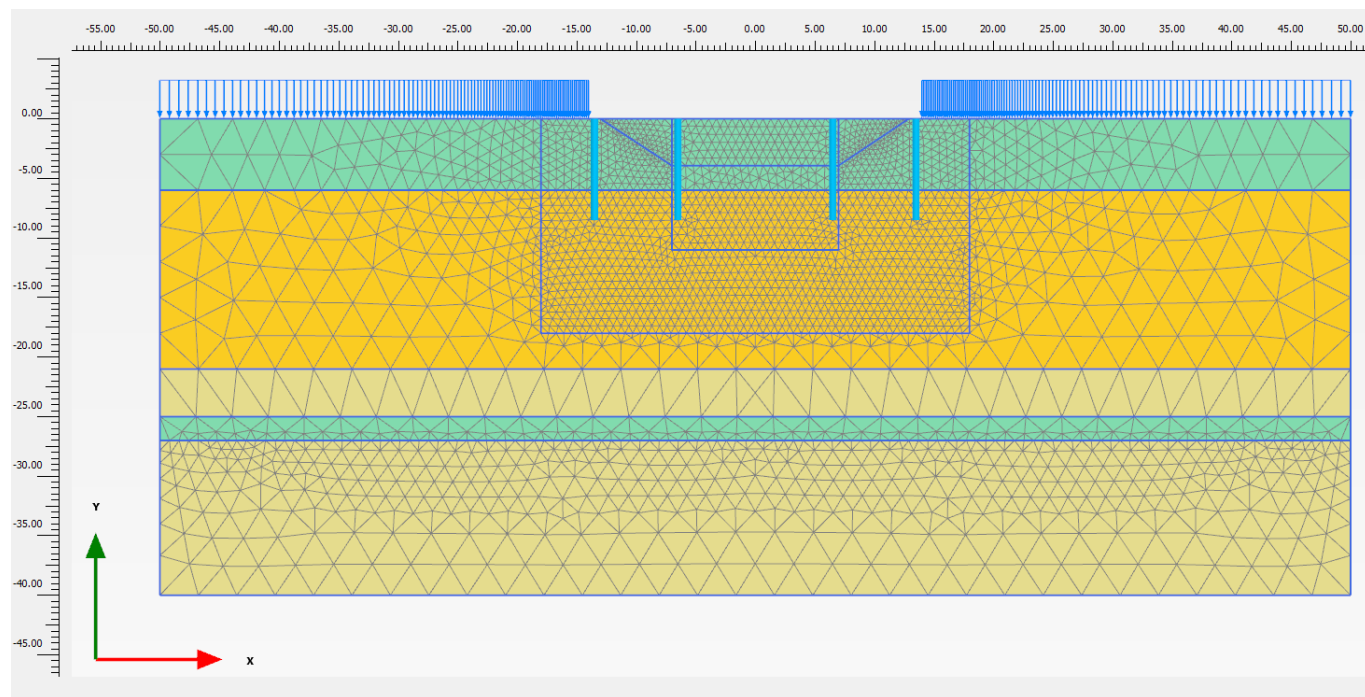


Figura 4 - Sezione 1, Discretizzazione del modello di calcolo

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE				
VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001	Rev. B	Foglio 12 di 38	

3.7 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 l'evoluzione delle condizioni idrauliche al contorno, la variazione delle condizioni 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; 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.

3.7.1 Sezione 1

- Fase 1. Inizializzazione geostatica con presenza della falda di riferimento a circa -0.5 m dal p.c..
- Fase 2. Scavo massimo fino a -3.9 m 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 con quattro elementi drenanti (2 pozzi di emungimento entro lo scavo+ 2 pozzi esterni allo scavo) imponendo la quota di acqua nei pozzi a livello del fondo scavo e operando un'analisi di filtrazione in condizioni stazionarie.
- Fase 3. Applicazione del carico accidentale a tergo scarpate di scavo.
- Fase 4. A partire dalla Fase 3, amplificazione del carico accidentale (x 1.30).
- Fase 5. A partire dalla Fase 3 si esegue la verifica di stabilità globale, riducendo progressivamente i parametri di resistenza al taglio dei terreni (ϕ' - c' reduction method) fino al raggiungimento del coefficiente di sicurezza desiderato, maggiore di 1.375 (FS min = 1.25 x 1.1), in osservanza alla normativa per la verifica SLU GEO (cfr. §3.4).

Le Fasi 2 e 3 sono rappresentative delle condizioni SLE per la valutazione degli spostamenti.

La Fase 5 contempla la verifica di stabilità GEO (A2+M2+R2).



Le principali fasi di calcolo sono rappresentate nelle seguenti immagini.

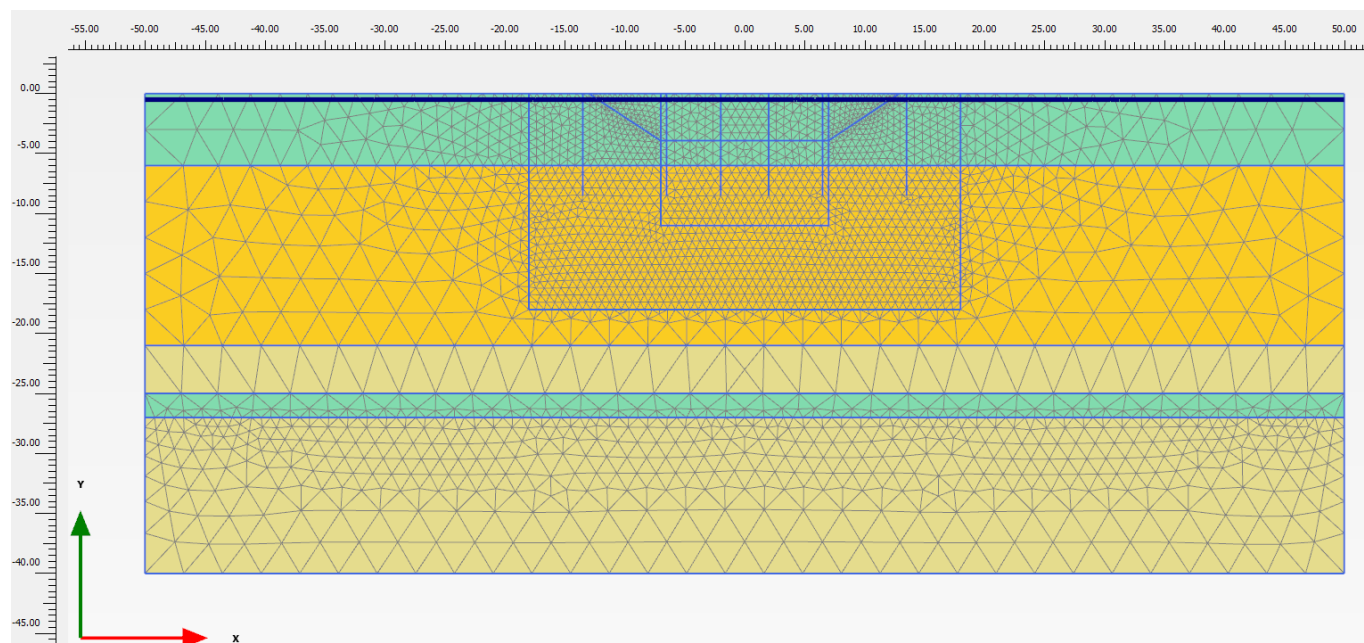


Figura 5 - Sezione 1, Inizializzazione geostatica

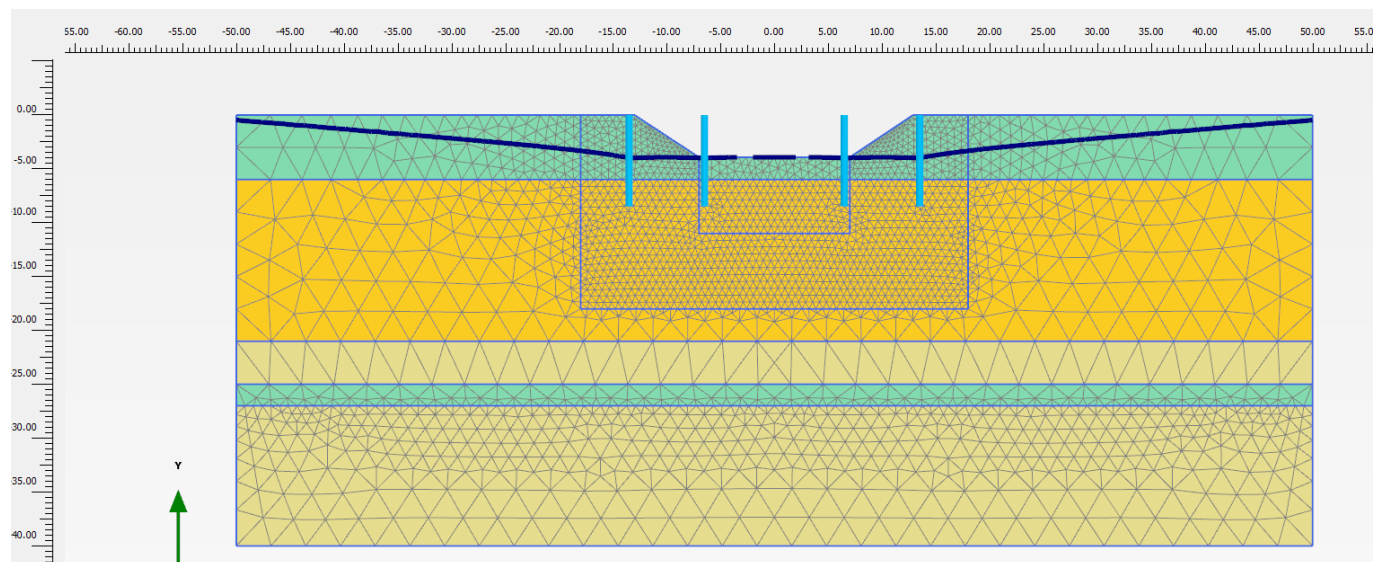


Figura 6 - Sezione 1, Scavo massimo

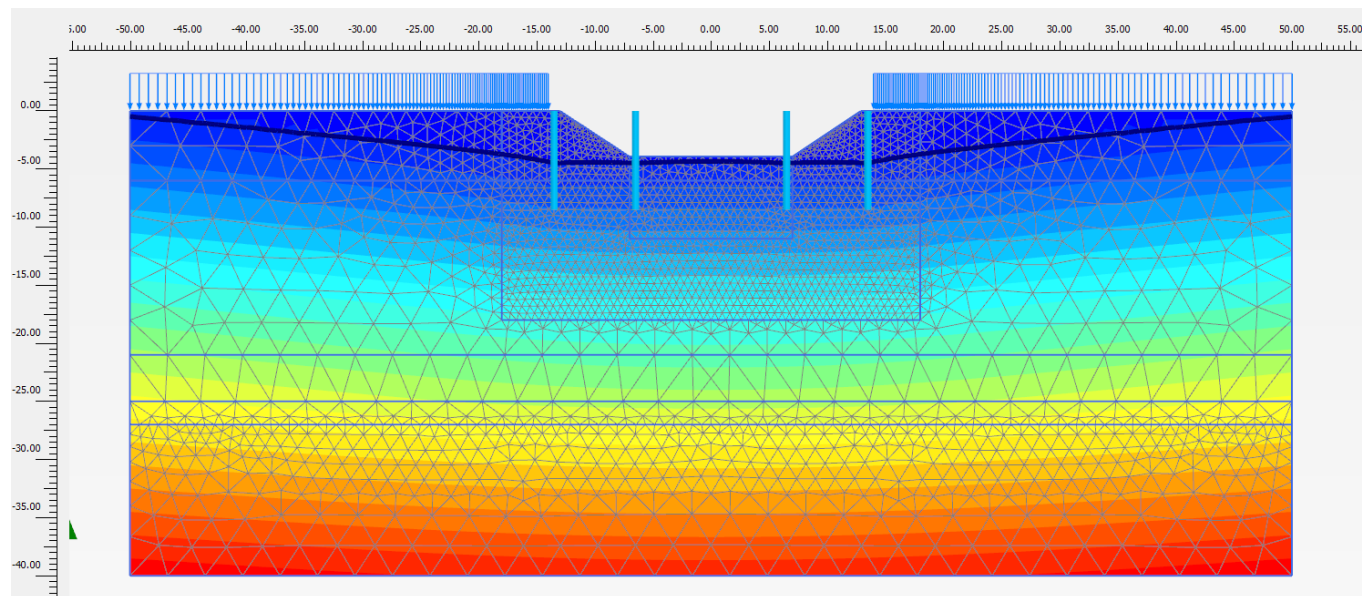


Figura 7 - Sezione 1, Pressioni neutre in fase di massimo scavo con carichi

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001	Rev. B	Foglio 15 di 38

3.8 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;
- evidenza della verifica di stabilità globale;
- portate di aggettamento dai pozzi.

3.8.1 Sezione 1

La sezione di calcolo presenta scavo massimo 3.9 m e falda iniziale a 0.5 m da p.c.. In questa sezione di calcolo si ipotizza emungimento da pozzi fino a fondo scavo (+18 m s.l.m.).

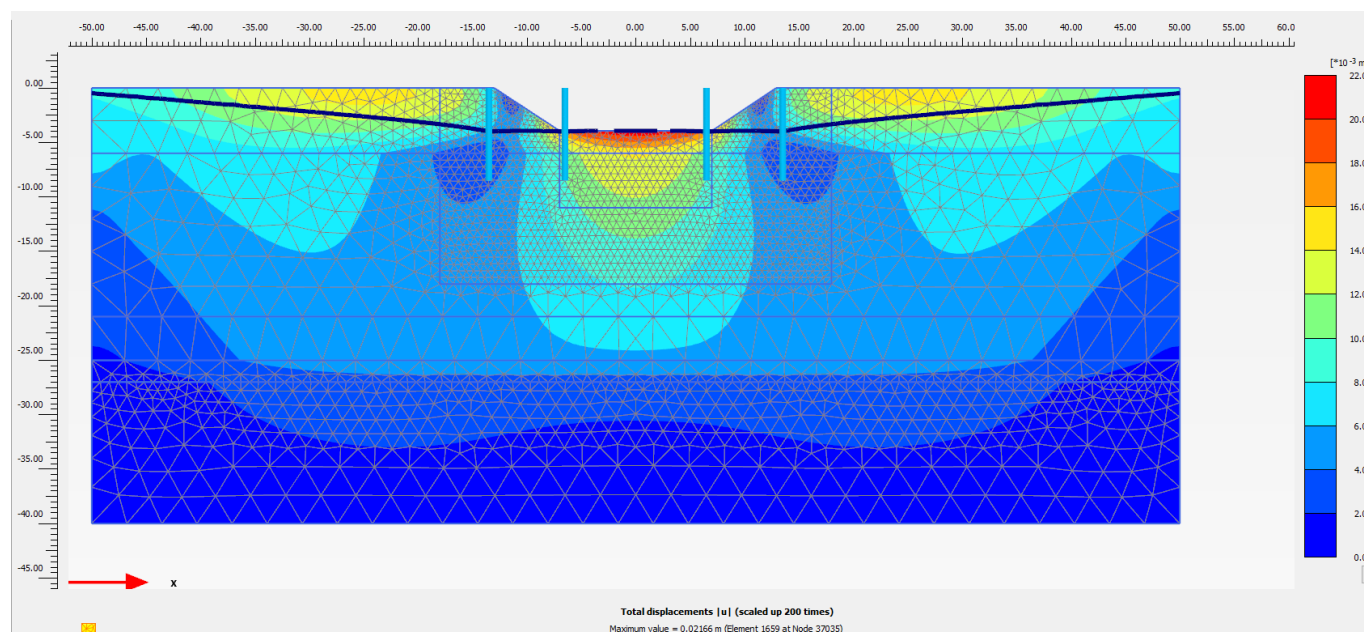


Figura 8 – Sezione 1, Spostamenti totali in fase di scavo massimo

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.

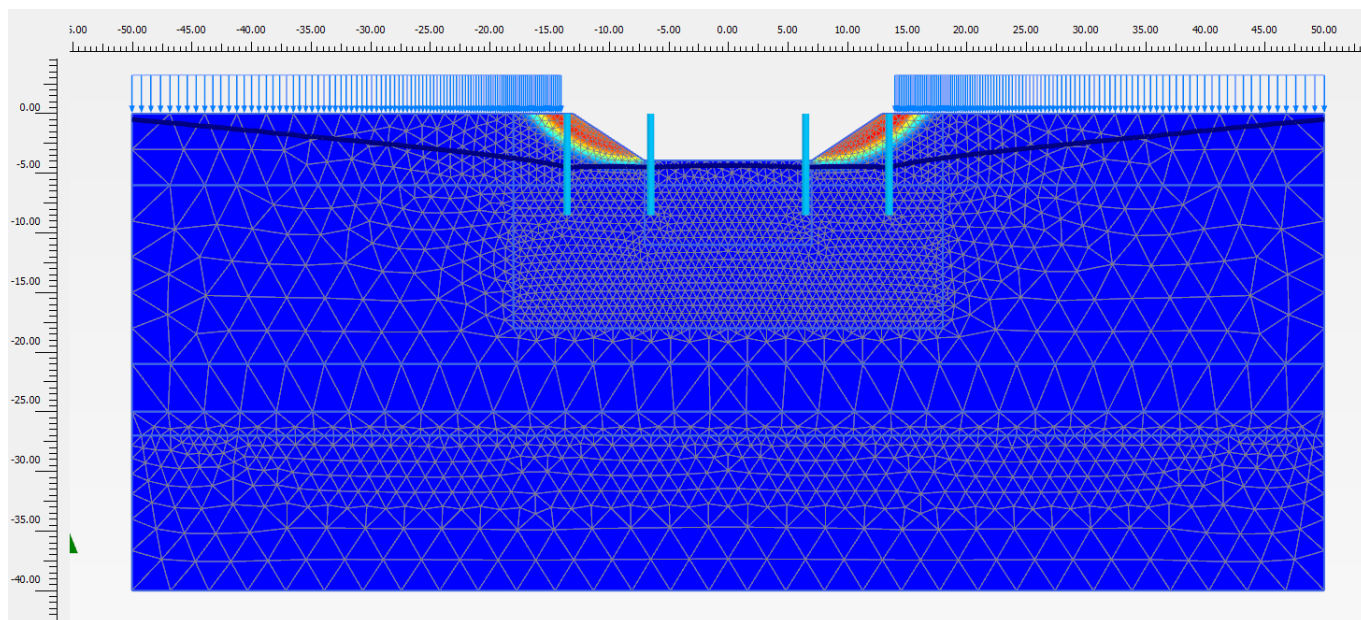


Figura 9 - Sezione 1, Individuazione del cinematismo di potenziale instabilità

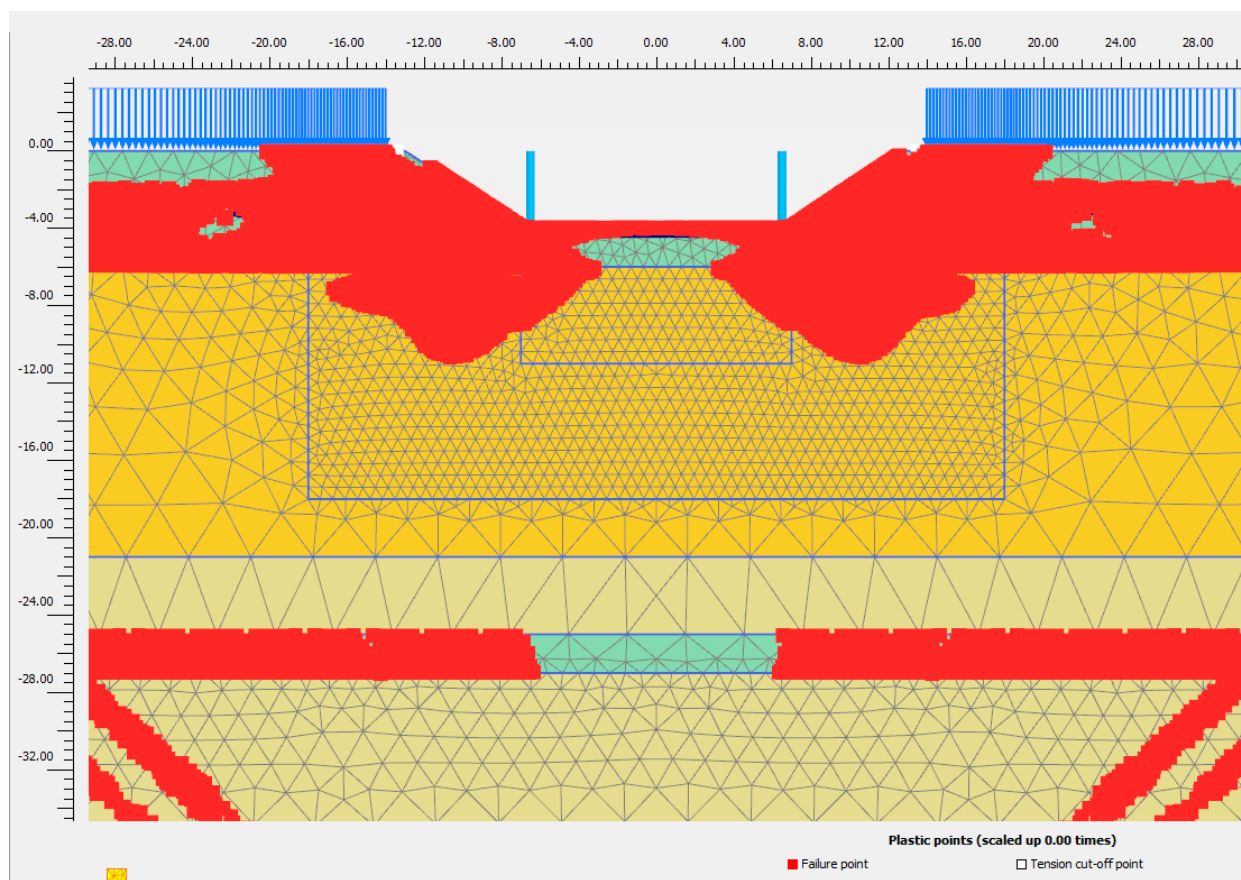


Figura 10 - Sezione 1, Punti di plasticizzazione al termine della verifica di stabilità globale

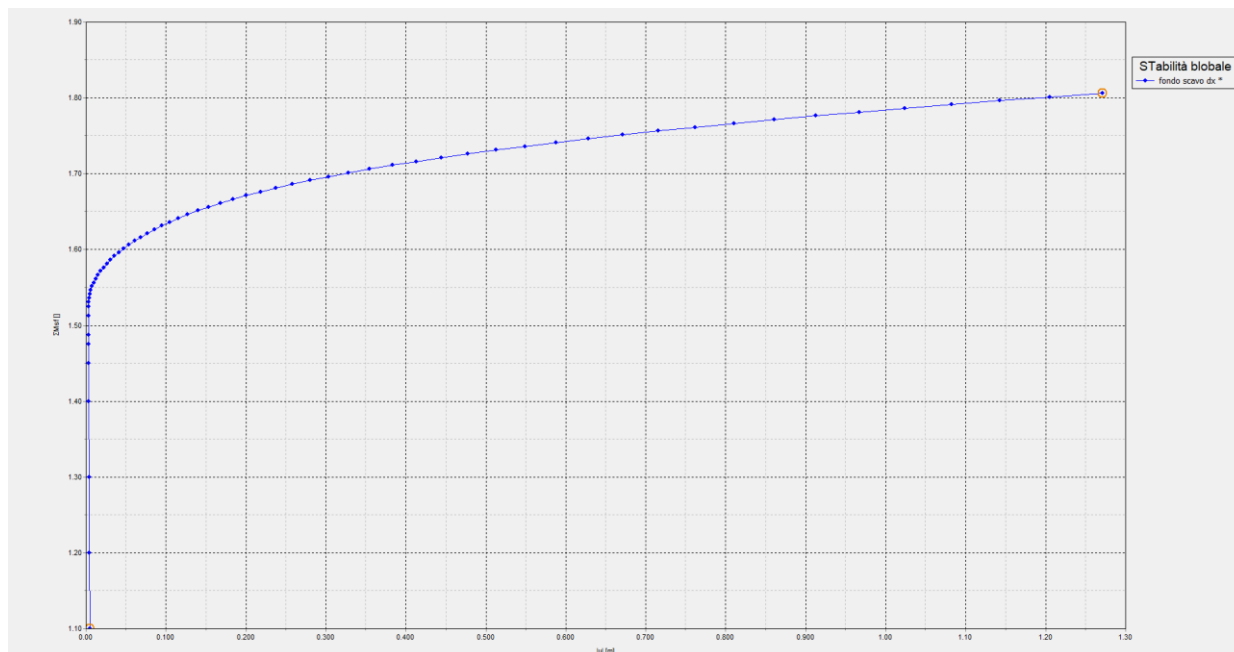


Figura 11 - Sezione 1, Sicurezza alla stabilità globale vs spostamento totale del punto di controllo ($FS > 1.1 \times 1.25 = 1.375$)

Per l'analisi eseguita, si fornisce nelle figure seguenti una stima della portata di aggotamento considerando la larghezza dello scavo di 14 m: 2153 m³/giorno.

q=	8.90E ⁻⁰⁴	m ³ /s/m
L=	14.0	m
Qtot=	2153	m ³ /day

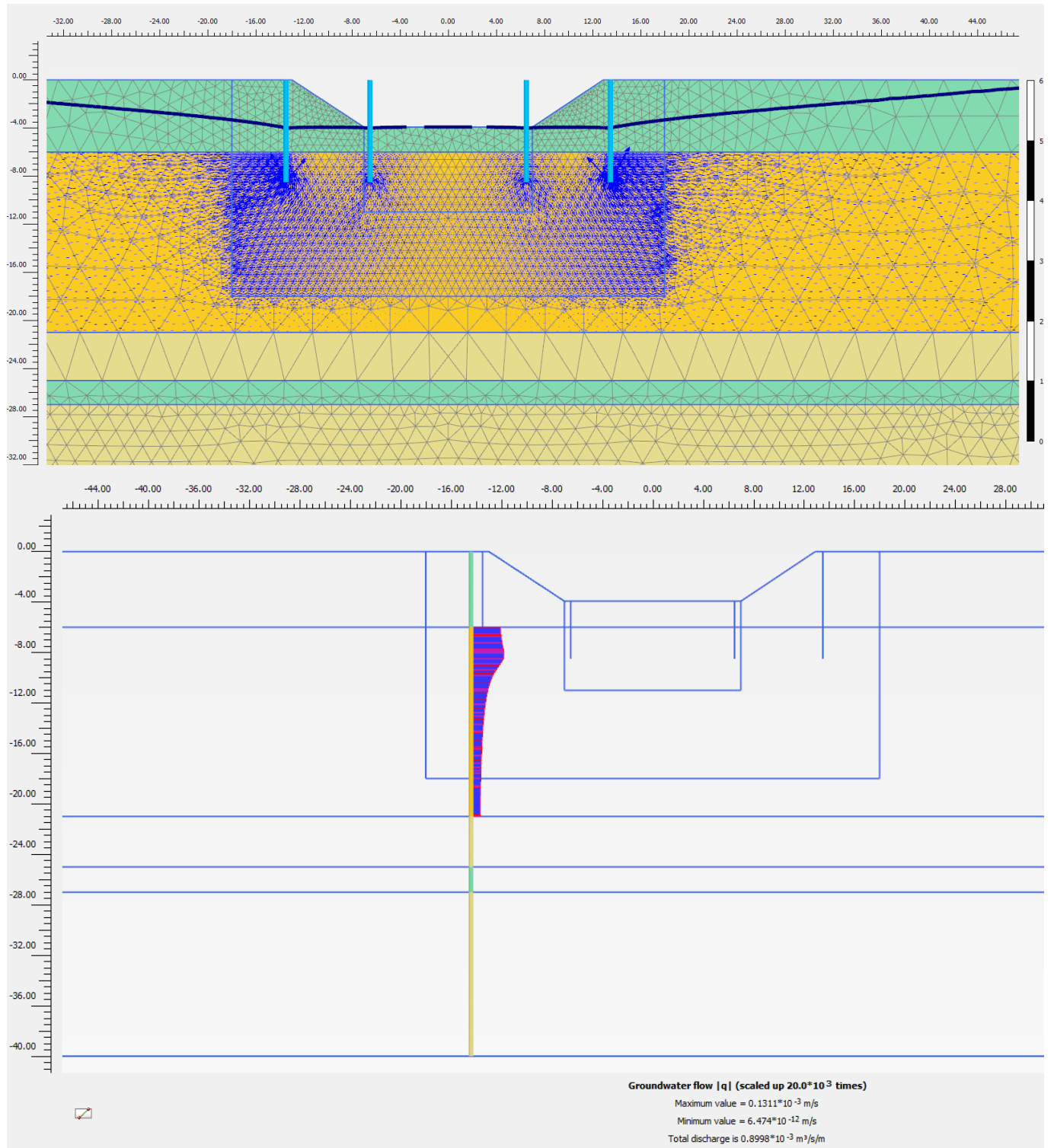


Figura 12 – Filtrazione e portata di acqua

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>				
<p>VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001</p>	<p>Rev. B</p>	<p>Foglio 19 di 38</p>	

3.8.2 Sezione 1 con aggettamento falda a +19 m s.l.m.

In questa sezione di calcolo si ipotizza emungimento da pozzi fino a quota +19 m s.l.m. (circa -3 m da p.c. locale).

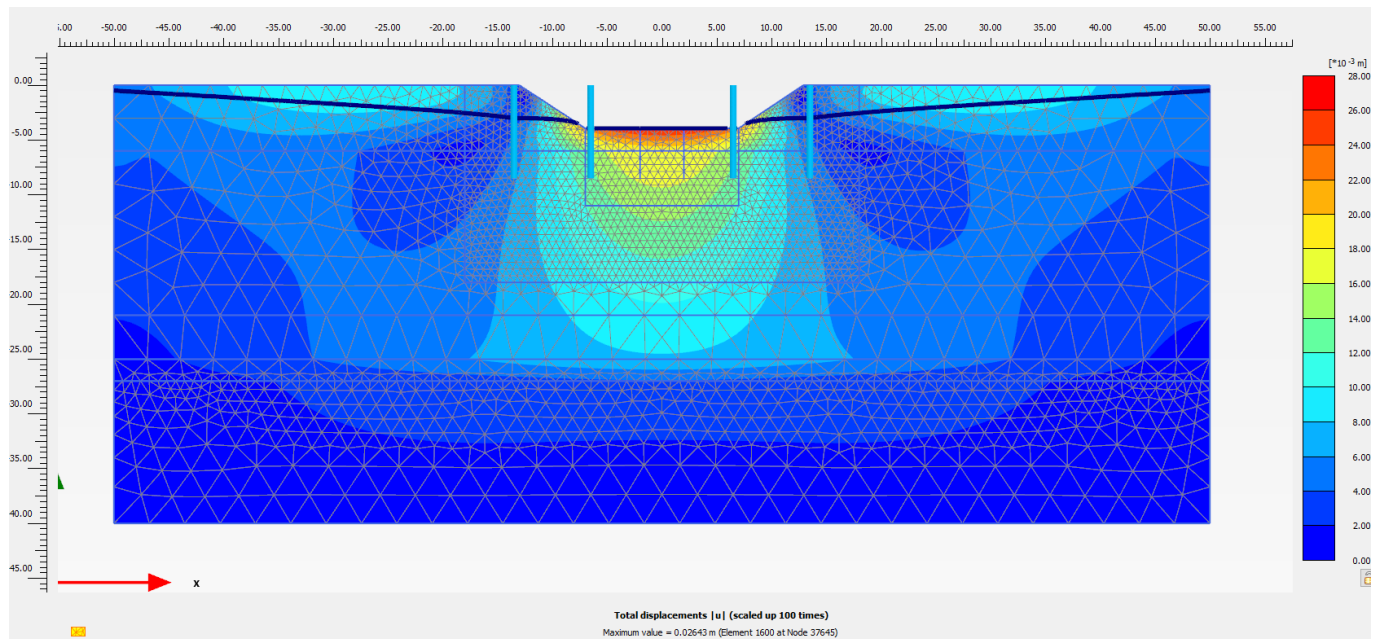


Figura 13 – Sezione 1 con aggettamento falda a +19m, Spostamenti totali in fase di scavo massimo

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.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica Documento
E12 CL VI 01 A 1 001

Rev.
B

Foglio
20 di 38

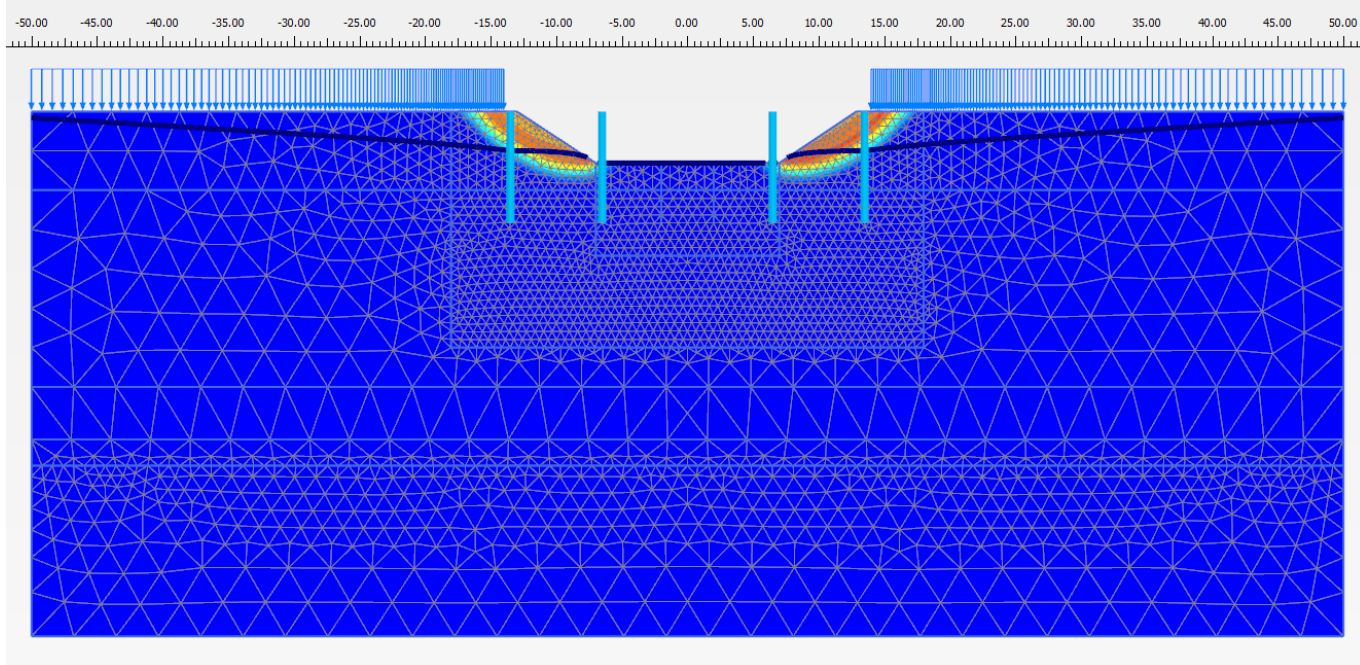


Figura 14 - Sezione 1 con aggotamento falda a +19m, Individuazione del cinematismo di potenziale instabilità

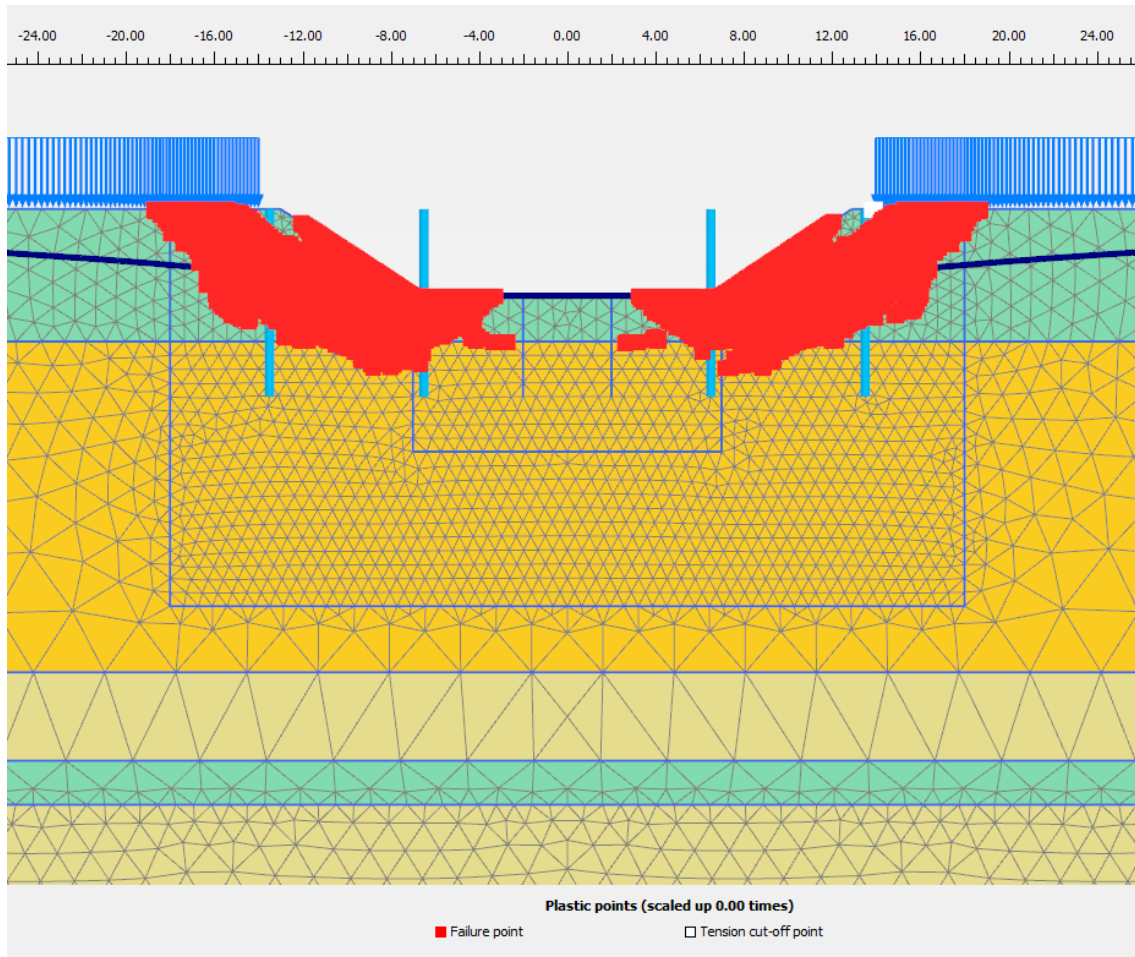


Figura 15 - Sezione 1 con aggotamento falda a +19m, Punti di plasticizzazione al termine della verifica di stabilità globale

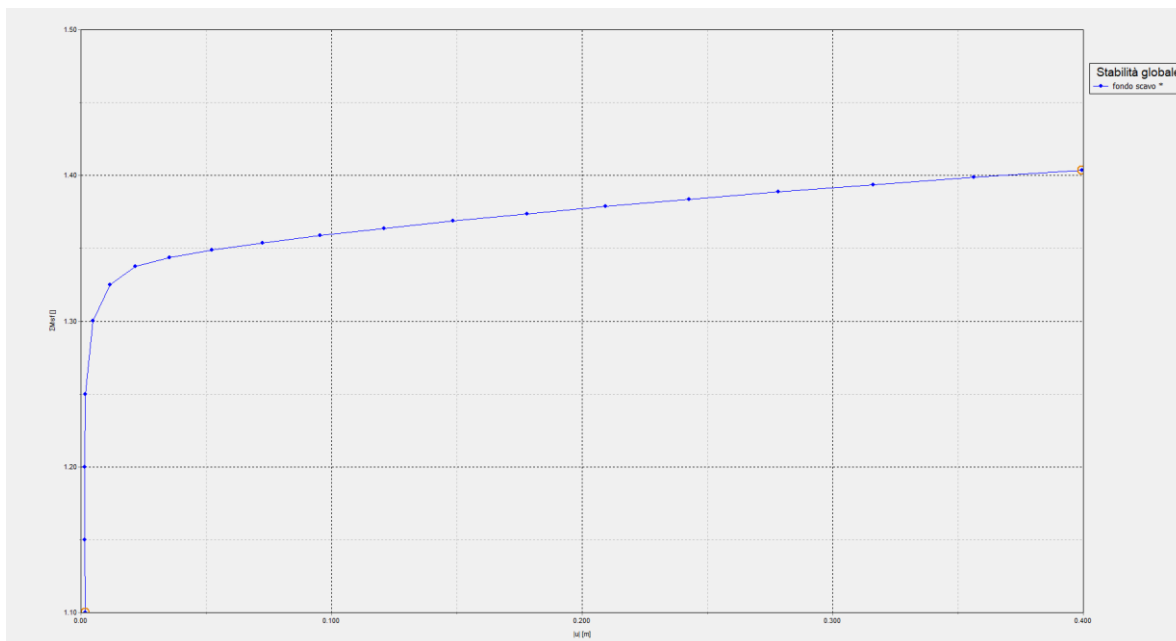


Figura 16 - Sezione 1 con aggotamento falda a +19m, Sicurezza alla stabilità globale vs spostamento totale del punto di controllo ($FS > 1.1 \times 1.25 = 1.375$)

Per l'analisi eseguita si fornisce nelle figure seguenti una stima puramente indicativa della portata di aggotamento da singolo pozzo: 2430 m³/giorno, valutata considerando una lunghezza media (L).

q=	6.40E ⁻⁰⁴	m ³ /s/m
L=	22	m
Qtot=	2433	m ³ /day

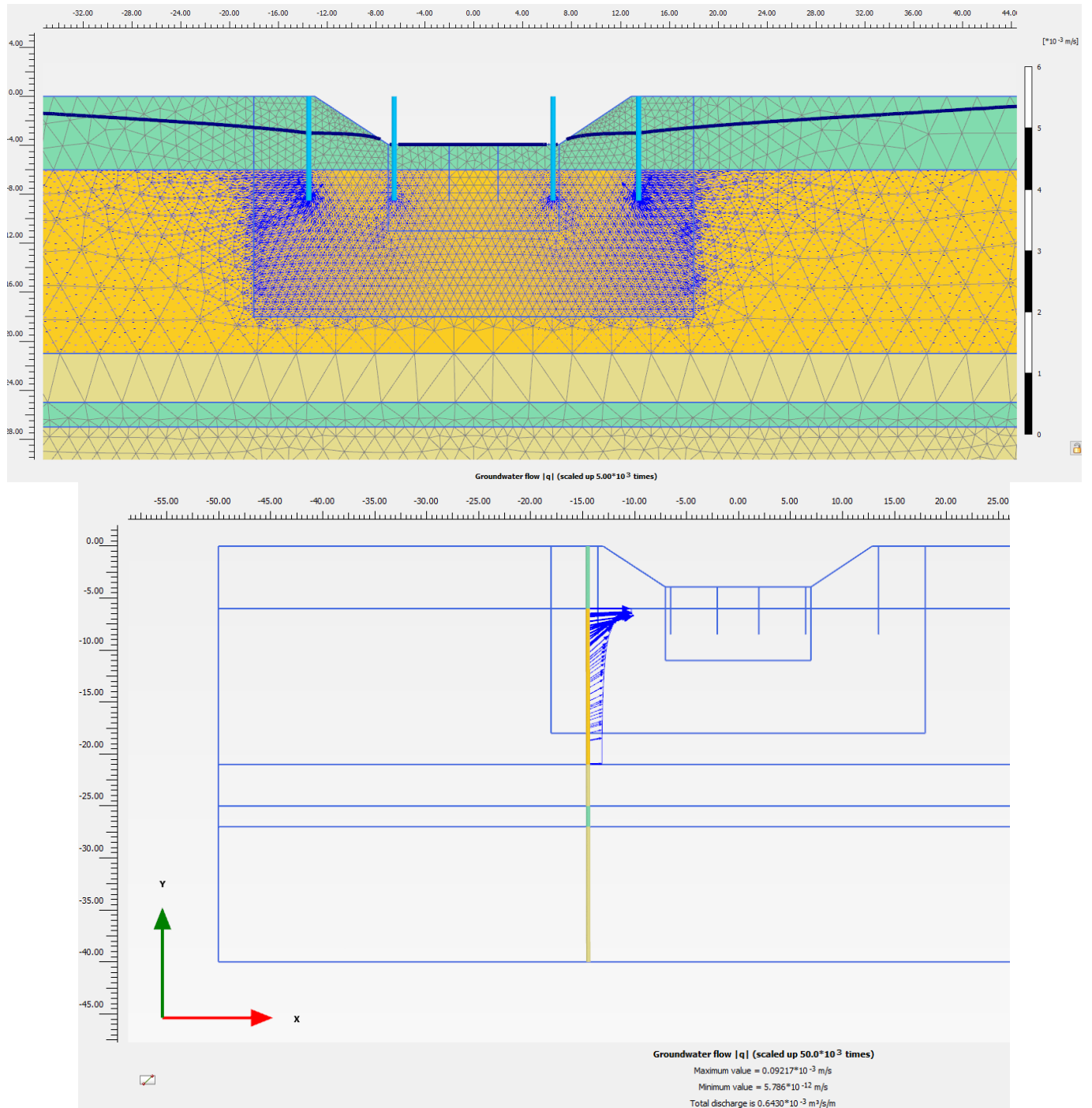


Figura 17 - Sezione 1 con aggotamento falda a +19m, portata di acqua da aggotare

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001	Rev. B	Foglio 24 di 38

3.9 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:

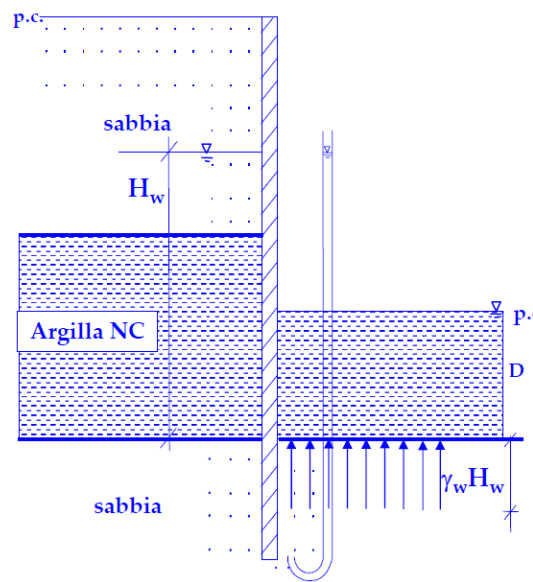
$$p_w = \gamma_w \cdot H_w$$

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.

Di seguito si riporta la verifica nell'ipotesi di abbassamento del livello di falda mediante i pozzi, appositamente predisposti, fino ad una quota di +19 m s.l.m. (circa 3 m di profondità da p.c.): questo livello rappresenta il minimo aggotamento che deve essere predisposto per ogni plinto. Infatti per quote di falda maggiori di +19 m s.l.m., la verifica non sarebbe più soddisfatta.



H _w	D	γ _{sat}	p _w	p	p _{w,d} = p _w · 1.1	p _{,d} = p · 0.9
3 m	2.1 m	18.5 kN/m ³	30 kPa	38.85 kPa	33 kN/m	34.9 kN/m




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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>				
<p>VI01A - RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL VI 01 A 1 001</p>	<p>Rev. B</p>	<p>Foglio 25 di 38</p>	

4 ALLEGATO A. Tabulato di calcolo Plaxis

4.1 Tabulati di calcolo

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

Identification		Ghiaia	Argilla	Sabbia
Identification number		1	4	5
Drainage type		Drained	Drained	Drained
Colour				
Comments				
γ_{unsat}	kN/m ³	19.00	18.50	19.00
γ_{sat}	kN/m ³	19.00	18.50	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 α		0.000	0.000	0.000
Rayleigh β		0.000	0.000	0.000
E	kN/m ²	60.00E3	8000	60.00E3
ν (nu)		0.3000	0.3000	0.3000
G	kN/m ²	23.08E3	3077	23.08E3
E_{oed}	kN/m ²	80.77E3	10.77E3	80.77E3
c_{ref}	kN/m ²	0.000	0.000	0.000
ϕ (phi)	°	39.00	26.00	37.00
ψ (psi)	°	0.000	0.000	0.000

Identification		Ghiaia	Argilla	Sabbia
V_s	m/s	109.2	40.39	109.2
V_p	m/s	204.2	75.57	204.2
Set to default values		Yes	Yes	Yes
E_{inc}	kN/m ² /m	0.000	0.000	0.000
γ_{ref}	m	0.000	0.000	0.000
c_{inc}	kN/m ² /m	0.000	0.000	0.000
γ_{ref}	m	0.000	0.000	0.000
Tension cut-off		Yes	Yes	Yes
Tensile strength	kN/m ²	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 ²	2.250E6	300.0E3	2.250E6
Stiffness		Standard	Standard	Standard
Strength		Manual	Manual	Manual
R_{inter}		0.6700	0.6700	0.6700
Consider gap closure		Yes	Yes	Yes
δ_{inter}		0.000	0.000	0.000
Cross permeability		Impermeable	Impermeable	Impermeable
Drainage conductivity, dk	m ³ /s/m	0.000	0.000	0.000
R	m ² K/kW	0.000	0.000	0.000
K_0 determination		Automatic	Automatic	Automatic




Identification		Ghiaia	Argilla	Sabbia
$K_{0,x} = K_{0,z}$		Yes	Yes	Yes
$K_{0,x}$		0.3707	0.5616	0.3982
$K_{0,z}$		0.3707	0.5616	0.3982
Data set		Standard	Standard	Standard
Type		Coarse	Coarse	Coarse
< 2 μ m	%	10.00	10.00	10.00
2 μ m - 50 μ m	%	13.00	13.00	13.00
50 μ m - 2 mm	%	77.00	77.00	77.00
Use defaults		None	None	None
k_x	m/s	0.7000E-3	0.7000E-6	0.01300E-3
k_y	m/s	0.7000E-3	0.7000E-6	0.01300E-3
$-\psi_{unsat}$	m	10.00E3	10.00E3	10.00E3
e_{init}		0.5000	0.5000	0.5000
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
λ_s	kW/m/K	0.000	0.000	0.000
ρ_s	t/m ³	0.000	0.000	0.000
Solid thermal expansion		Volumetric	Volumetric	Volumetric
α_s	1/K	0.000	0.000	0.000
D_v	m ² /s	0.000	0.000	0.000
f_{TV}		0.000	0.000	0.000

Identification	Ghiaia	Argilla	Sabbia
----------------	--------	---------	--------

Unfrozen water content None None None

1.1.1.1.1.2 Materials - Soil and interfaces - Mohr-Coulomb (2/2)

Identification	Argilla_Interfaccia	Ghiaia_Interfaccia	Sabbia_Interfaccia
----------------	---------------------	--------------------	--------------------

Identification number		7	8	9
Drainage type		Drained	Drained	Drained
Colour				
Comments				
γ_{unsat}	kN/m ³	18.50	19.00	19.00
γ_{sat}	kN/m ³	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 α		0.000	0.000	0.000
Rayleigh β		0.000	0.000	0.000
E	kN/m ²	8000	60.00E3	60.00E3
ν (nu)		0.3000	0.3000	0.3000
G	kN/m ²	3077	23.08E3	23.08E3
E_{oed}	kN/m ²	10.77E3	80.77E3	80.77E3
c_{ref}	kN/m ²	0.5000	0.5000	0.5000
ϕ (phi)	°	18.00	20.00	20.00
ψ (psi)	°	0.000	0.000	0.000

Identification		Argilla_Interfaccia	Ghiaia_Interfaccia	Sabbia_Interfaccia
V_s	m/s	40.39	109.2	109.2
V_p	m/s	75.57	204.2	204.2
Set to default values		Yes	Yes	Yes
E_{inc}	kN/m ² /m	0.000	0.000	0.000
γ_{ref}	m	0.000	0.000	0.000
c_{inc}	kN/m ² /m	0.000	0.000	0.000
γ_{ref}	m	0.000	0.000	0.000
Tension cut-off		Yes	Yes	Yes
Tensile strength	kN/m ²	0.000	0.000	0.000
Undrained behaviour		Standard	Standard	Standard
Skempton-B		0.9783	0.9783	0.9783
ν_u		0.4950	0.4950	0.4950

$K_{w,ref} / n$	kN/m ²	300.0E3	2.250E6	2.250E6
Stiffness		Standard	Standard	Standard
Strength		Rigid	Rigid	Manual
R_{inter}		1.000	1.000	0.6700
Consider gap closure		Yes	Yes	Yes
δ_{inter}		0.000	0.000	0.000
Cross permeability		Impermeable	Impermeable	Impermeable
Drainage conductivity, dk	m ³ /s/m	0.000	0.000	0.000
R	m ² K/kW	0.000	0.000	0.000
K_0 determination		Automatic	Automatic	Automatic
Identification		Argilla_Interfaccia	Ghiaia_Interfaccia	Sabbia_Interfaccia
$K_{0,x} = K_{0,z}$		Yes	Yes	Yes
$K_{0,x}$		0.6910	0.6580	0.6580
$K_{0,z}$		0.6910	0.6580	0.6580
Data set		Standard	Standard	Standard
Type		Coarse	Coarse	Coarse
< 2 μ m	%	10.00	10.00	10.00
2 μ m - 50 μ m	%	13.00	13.00	13.00
50 μ m - 2 mm	%	77.00	77.00	77.00
Use defaults		None	None	None
k_x	m/s	0.7000E-6	0.7000E-3	0.01300E-3
k_y	m/s	0.7000E-6	0.7000E-3	0.01300E-3
$-\psi_{unsat}$	m	10.00E3	10.00E3	10.00E3
e_{init}		0.5000	0.5000	0.5000
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
λ_s	kW/m/K	0.000	0.000	0.000
ρ_s	t/m ³	0.000	0.000	0.000
Solid thermal expansion		Volumetric	Volumetric	Volumetric
α_s	1/K	0.000	0.000	0.000
D_v	m ² /s	0.000	0.000	0.000
f_{TV}		0.000	0.000	0.000
Identification		Argilla_Interfaccia	Ghiaia_Interfaccia	Sabbia_Interfaccia
Unfrozen water content		None	None	None

1.1.2.2 Calculation results, Drain, Scavo 1 [Phase_8] (8/6), Table of drains

Structural element	Node [10 ³]	Local number	X [m]	Y [m]	ψ_{\min} [m]	Total discharge [10 ⁻⁶ m ³ /s/m]
Drain\1_1	29514	1	-6.500	0.000	-4.000	0.000
Element 1-1 (Drain)	29513	2	-6.500	-0.164	-4.000	0.000
(Mat. Set: 0)	29512	3	-6.500	-0.327	-4.000	0.000
	29511	4	-6.500	-0.491	-4.000	0.000
	30395	5	-6.500	-0.655	-4.000	0.000
Drain\1_1	30395	1	-6.500	-0.655	-4.000	0.000
Element 1-2 (Drain)	29539	2	-6.500	-0.819	-4.000	0.000
(Mat. Set: 0)	29538	3	-6.500	-0.982	-4.000	0.000
	29537	4	-6.500	-1.146	-4.000	0.000
	29543	5	-6.500	-1.310	-4.000	0.000
Drain\1_1	29543	1	-6.500	-1.310	-4.000	0.000
Element 1-3 (Drain)	29323	2	-6.500	-1.474	-4.000	0.000
(Mat. Set: 0)	29322	3	-6.500	-1.637	-4.000	0.000
	29321	4	-6.500	-1.801	-4.000	0.000
	29327	5	-6.500	-1.965	-4.000	0.000
Drain\1_1	29327	1	-6.500	-1.965	-4.000	0.000
Structural element	Node [10 ³]	Local number	X [m]	Y [m]	ψ_{\min} [m]	Total discharge [10 ⁻⁶ m ³ /s/m]
Element 1-4 (Drain)	28919	2	-6.500	-2.129	-4.000	0.000
(Mat. Set: 0)	28918	3	-6.500	-2.292	-4.000	0.000
	28917	4	-6.500	-2.456	-4.000	0.000
	28923	5	-6.500	-2.620	-4.000	0.000
Drain\1_1	28923	1	-6.500	-2.620	-4.000	0.000
Element 1-5 (Drain)	28455	2	-6.500	-2.784	-4.000	0.000
(Mat. Set: 0)	28454	3	-6.500	-2.947	-4.000	0.000
	28453	4	-6.500	-3.111	-4.000	0.000
	28459	5	-6.500	-3.275	-4.000	0.000
Drain\1_1	28459	1	-6.500	-3.275	-4.000	0.000
Element 1-6 (Drain)	27708	2	-6.500	-3.439	-4.000	0.000
(Mat. Set: 0)	27707	3	-6.500	-3.602	-4.000	0.000
	27706	4	-6.500	-3.766	-4.000	0.000

	27705	5	-6.500	-3.930	-4.000	0.000
Drain_2_1	43615	1	6.500	0.000	-4.000	0.000
Element 2-7 (Drain)	43618	2	6.500	-0.164	-4.000	0.000
(Mat. Set: 0)	43617	3	6.500	-0.328	-4.000	0.000
	43616	4	6.500	-0.491	-4.000	0.000
	43717	5	6.500	-0.655	-4.000	0.000

Structural element	Node [10 ³]	Local number	X [m]	Y [m]	ψ_{\min} [m]	Total discharge [10 ⁻⁶ m ³ /s/m]
Drain_2_1	43717	1	6.500	-0.655	-4.000	0.000
Element 2-8 (Drain)	43428	2	6.500	-0.819	-4.000	0.000
(Mat. Set: 0)	43427	3	6.500	-0.983	-4.000	0.000
	43426	4	6.500	-1.146	-4.000	0.000
	43425	5	6.500	-1.310	-4.000	0.000
Drain_2_1	43425	1	6.500	-1.310	-4.000	0.000
Element 2-9 (Drain)	43039	2	6.500	-1.474	-4.000	0.000
(Mat. Set: 0)	43038	3	6.500	-1.638	-4.000	0.000
	43037	4	6.500	-1.801	-4.000	0.000
	43033	5	6.500	-1.965	-4.000	0.000
Drain_2_1	43033	1	6.500	-1.965	-4.000	0.000
Element 2-10 (Drain)	42660	2	6.500	-2.129	-4.000	0.000
(Mat. Set: 0)	42659	3	6.500	-2.293	-4.000	0.000
	42658	4	6.500	-2.456	-4.000	0.000
	42657	5	6.500	-2.620	-4.000	0.000
Drain_2_1	42657	1	6.500	-2.620	-4.000	0.000
Element 2-11 (Drain)	42268	2	6.500	-2.784	-4.000	0.000
(Mat. Set: 0)	42267	3	6.500	-2.947	-4.000	0.000
	42266	4	6.500	-3.111	-4.000	0.000

Structural element	Node [10 ³]	Local number	X [m]	Y [m]	ψ_{\min} [m]	Total discharge [10 ⁻⁶ m ³ /s/m]
	42265	5	6.500	-3.275	-4.000	0.000
Drain_2_1	42265	1	6.500	-3.275	-4.000	0.000
Element 2-12 (Drain)	41658	2	6.500	-3.439	-4.000	0.000
(Mat. Set: 0)	41657	3	6.500	-3.603	-4.000	0.000
	41656	4	6.500	-3.766	-4.000	0.000
	41655	5	6.500	-3.930	-4.000	0.000
Drain_3_1	10831	1	-13.500	0.000	-4.000	-7.982
Element 3-13 (Drain)	10827	2	-13.500	-0.167	-4.000	-7.982
(Mat. Set: 0)	10826	3	-13.500	-0.333	-4.000	-7.982
	10825	4	-13.500	-0.500	-4.000	-7.982
	11237	5	-13.500	-0.667	-4.000	-7.982
Drain_3_1	11237	1	-13.500	-0.667	-4.000	-7.982
Element 3-14 (Drain)	11233	2	-13.500	-0.833	-4.000	-7.982
(Mat. Set: 0)	11232	3	-13.500	-1.000	-4.000	-7.982
	11231	4	-13.500	-1.167	-4.000	-7.982
	11247	5	-13.500	-1.333	-4.000	-7.982
Drain_3_1	11247	1	-13.500	-1.333	-4.000	-7.982
Element 3-15 (Drain)	10843	2	-13.500	-1.500	-4.000	-7.982
(Mat. Set: 0)	10842	3	-13.500	-1.667	-4.000	-7.982
	10841	4	-13.500	-1.833	-4.000	-7.982
	10847	5	-13.500	-2.000	-4.000	-7.982
Drain_3_1	10847	1	-13.500	-2.000	-4.000	-7.982
Element 3-16 (Drain)	10469	2	-13.500	-2.167	-4.000	-7.982
(Mat. Set: 0)	10468	3	-13.500	-2.333	-4.000	-7.982
	10467	4	-13.500	-2.500	-4.000	-7.982
	10915	5	-13.500	-2.667	-4.000	-7.982
Drain_3_1	10915	1	-13.500	-2.667	-4.000	-7.982
Element 3-17 (Drain)	10911	2	-13.500	-2.833	-4.000	-7.982
(Mat. Set: 0)	10910	3	-13.500	-3.000	-4.000	-7.982
	10909	4	-13.500	-3.167	-4.000	-7.982

	11079	5	-13.500	-3.333	-4.000	-7.982
Drain\3_1	11079	1	-13.500	-3.333	-4.000	-7.982
Element 3-18 (Drain)	11075	2	-13.500	-3.500	-4.000	-7.982
(Mat. Set: 0)	11074	3	-13.500	-3.667	-4.000	-7.982
	11073	4	-13.500	-3.833	-4.000	-7.982
	11415	5	-13.500	-4.000	-4.000	-7.982
Drain\3_1	11415	1	-13.500	-4.000	-4.000	-7.982
Element 3-19 (Drain)	11411	2	-13.500	-4.167	-4.000	-7.982

Structural element	Node [10 ³]	Local number	X [m]	Y [m]	ψ_{min} [m]	Total discharge [10 ⁻⁶ m ³ /s/m]
(Mat. Set: 0)	11410	3	-13.500	-4.333	-4.000	-7.982
	11409	4	-13.500	-4.500	-4.000	-7.982
	11689	5	-13.500	-4.667	-4.000	-7.982
Drain\3_1	11689	1	-13.500	-4.667	-4.000	-7.982
Element 3-20 (Drain)	11692	2	-13.500	-4.833	-4.000	-7.982
(Mat. Set: 0)	11691	3	-13.500	-5.000	-4.000	-7.982
	11690	4	-13.500	-5.167	-4.000	-7.982
	11791	5	-13.500	-5.333	-4.000	-7.982
Drain\3_1	11791	1	-13.500	-5.333	-4.000	-7.982
Element 3-21 (Drain)	11794	2	-13.500	-5.500	-4.000	-7.982
(Mat. Set: 0)	11793	3	-13.500	-5.667	-4.000	-7.982
	11792	4	-13.500	-5.833	-4.000	-7.982
	12509	5	-13.500	-6.000	-4.000	-7.982
Drain\4_1	43631	1	13.500	0.000	-4.000	-7.988
Element 4-22 (Drain)	43625	2	13.500	-0.167	-4.000	-7.988
(Mat. Set: 0)	43626	3	13.500	-0.333	-4.000	-7.988
	43627	4	13.500	-0.500	-4.000	-7.988
	43865	5	13.500	-0.667	-4.000	-7.988
Drain\4_1	43865	1	13.500	-0.667	-4.000	-7.988

Structural element	Node [10 ³]	Local number	X [m]	Y [m]	ψ_{\min} [m]	Total discharge [10 ⁻⁶ m ³ /s/m]
Element 4-23 (Drain)	43859	2	13.500	-0.833	-4.000	-7.988
(Mat. Set: 0)	43860	3	13.500	-1.000	-4.000	-7.988
	43861	4	13.500	-1.167	-4.000	-7.988
	43875	5	13.500	-1.333	-4.000	-7.988
Drain\4_1	43875	1	13.500	-1.333	-4.000	-7.988
Element 4-24 (Drain)	43574	2	13.500	-1.500	-4.000	-7.988
(Mat. Set: 0)	43575	3	13.500	-1.667	-4.000	-7.988
	43576	4	13.500	-1.833	-4.000	-7.988
	43573	5	13.500	-2.000	-4.000	-7.988
Drain\4_1	43573	1	13.500	-2.000	-4.000	-7.988
Element 4-25 (Drain)	43320	2	13.500	-2.167	-4.000	-7.988
(Mat. Set: 0)	43321	3	13.500	-2.333	-4.000	-7.988
	43322	4	13.500	-2.500	-4.000	-7.988
	43319	5	13.500	-2.667	-4.000	-7.988
Drain\4_1	43319	1	13.500	-2.667	-4.000	-7.988
Element 4-26 (Drain)	42960	2	13.500	-2.833	-4.000	-7.988
(Mat. Set: 0)	42961	3	13.500	-3.000	-4.000	-7.988
	42962	4	13.500	-3.167	-4.000	-7.988
	42959	5	13.500	-3.333	-4.000	-7.988
Drain\4_1	42959	1	13.500	-3.333	-4.000	-7.988
Element 4-27 (Drain)	42562	2	13.500	-3.500	-4.000	-7.988
(Mat. Set: 0)	42563	3	13.500	-3.667	-4.000	-7.988
	42564	4	13.500	-3.833	-4.000	-7.988
	42561	5	13.500	-4.000	-4.000	-7.988
Drain\4_1	42561	1	13.500	-4.000	-4.000	-7.988
Element 4-28 (Drain)	42176	2	13.500	-4.167	-4.000	-7.988
(Mat. Set: 0)	42177	3	13.500	-4.333	-4.000	-7.988
	42178	4	13.500	-4.500	-4.000	-7.988
	42175	5	13.500	-4.667	-4.000	-7.988
Drain\4_1	42175	1	13.500	-4.667	-4.000	-7.988

Element 4-29 (Drain)	41672	2	13.500	-4.833	-4.000	-7.988
(Mat. Set: 0)	41673	3	13.500	-5.000	-4.000	-7.988
	41674	4	13.500	-5.167	-4.000	-7.988
	41671	5	13.500	-5.333	-4.000	-7.988
Drain_4_1	41671	1	13.500	-5.333	-4.000	-7.988
Element 4-30 (Drain)	41226	2	13.500	-5.500	-4.000	-7.988
(Mat. Set: 0)	41227	3	13.500	-5.667	-4.000	-7.988
	41228	4	13.500	-5.833	-4.000	-7.988
Structural element	Node [10³]	Local number	X [m]	Y [m]	ψ_{\min} [m]	Total discharge [10⁻⁶ m³/s/m]
	41225	5	13.500	-6.000	-4.000	-7.988
Drain_1_2	27705	1	-6.500	-3.930	-4.000	-3.065
Element 5-31 (Drain)	27701	2	-6.500	-4.102	-4.000	-3.065
(Mat. Set: 0)	27700	3	-6.500	-4.275	-4.000	-3.065
	27699	4	-6.500	-4.447	-4.000	-3.065
	27769	5	-6.500	-4.620	-4.000	-3.065
Drain_1_2	27769	1	-6.500	-4.620	-4.000	-3.065
Element 5-32 (Drain)	27765	2	-6.500	-4.793	-4.000	-3.065
(Mat. Set: 0)	27764	3	-6.500	-4.965	-4.000	-3.065
	27763	4	-6.500	-5.138	-4.000	-3.065
	27779	5	-6.500	-5.310	-4.000	-3.065
Drain_1_2	27779	1	-6.500	-5.310	-4.000	-3.065
Element 5-33 (Drain)	27650	2	-6.500	-5.483	-4.000	-3.065
(Mat. Set: 0)	27649	3	-6.500	-5.655	-4.000	-3.065
	27648	4	-6.500	-5.828	-4.000	-3.065
	27647	5	-6.500	-6.000	-4.000	-3.065
Drain_2_2	41655	1	6.500	-3.930	-4.000	-3.067
Element 6-34 (Drain)	41260	2	6.500	-4.103	-4.000	-3.067
(Mat. Set: 0)	41259	3	6.500	-4.275	-4.000	-3.067

Structural element	Node [10 ³]	Local number	X [m]	Y [m]	ψ_{\min} [m]	Total discharge [10 ⁻⁶ m ³ /s/m]
	41258	4	6.500	-4.448	-4.000	-3.067
	41257	5	6.500	-4.620	-4.000	-3.067
Drain_2_2	41257	1	6.500	-4.620	-4.000	-3.067
Element 6-35 (Drain)	40669	2	6.500	-4.793	-4.000	-3.067
(Mat. Set: 0)	40668	3	6.500	-4.965	-4.000	-3.067
	40667	4	6.500	-5.138	-4.000	-3.067
	40663	5	6.500	-5.310	-4.000	-3.067
Drain_2_2	40663	1	6.500	-5.310	-4.000	-3.067
Element 6-36 (Drain)	39998	2	6.500	-5.483	-4.000	-3.067
(Mat. Set: 0)	39997	3	6.500	-5.655	-4.000	-3.067
	39996	4	6.500	-5.828	-4.000	-3.067
	39995	5	6.500	-6.000	-4.000	-3.067
Drain_3_2	12509	1	-13.500	-6.000	-4.000	-621.967
Element 7-37 (Drain)	12512	2	-13.500	-6.156	-4.000	-621.967
(Mat. Set: 0)	12511	3	-13.500	-6.313	-4.000	-621.967
	12510	4	-13.500	-6.469	-4.000	-621.967
	13425	5	-13.500	-6.625	-4.000	-621.967
Drain_3_2	13425	1	-13.500	-6.625	-4.000	-621.967
Element 7-38 (Drain)	12839	2	-13.500	-6.781	-4.000	-621.967

Structural element	Node [10 ³]	Local number	X [m]	Y [m]	ψ_{\min} [m]	Total discharge [10 ⁻⁶ m ³ /s/m]
(Mat. Set: 0)	12838	3	-13.500	-6.938	-4.000	-621.967
	12837	4	-13.500	-7.094	-4.000	-621.967
	12843	5	-13.500	-7.250	-4.000	-621.967
Drain_3_2	12843	1	-13.500	-7.250	-4.000	-621.967
Element 7-39 (Drain)	12846	2	-13.500	-7.406	-4.000	-621.967
(Mat. Set: 0)	12845	3	-13.500	-7.563	-4.000	-621.967
	12844	4	-13.500	-7.719	-4.000	-621.967
	12853	5	-13.500	-7.875	-4.000	-621.967
Drain_3_2	12853	1	-13.500	-7.875	-4.000	-621.967
Element 7-40 (Drain)	11638	2	-13.500	-8.031	-4.000	-621.967
(Mat. Set: 0)	11637	3	-13.500	-8.188	-4.000	-621.967

	11636	4	-13.500	-8.344	-4.000	-621.967
	11635	5	-13.500	-8.500	-4.000	-621.967
Drain\1\3	27647	1	-6.500	-6.000	-4.000	-266.696
Element 8-41 (Drain)	27633	2	-6.500	-6.156	-4.000	-266.696
(Mat. Set: 0)	27632	3	-6.500	-6.313	-4.000	-266.696
	27631	4	-6.500	-6.469	-4.000	-266.696
	27637	5	-6.500	-6.625	-4.000	-266.696
Drain\1\3	27637	1	-6.500	-6.625	-4.000	-266.696
Structural element	Node [10 ³]	Local number	X [m]	Y [m]	ψ_{\min} [m]	Total discharge [10 ⁻⁶ m ³ /s/m]
Element 8-42 (Drain)	26131	2	-6.500	-6.781	-4.000	-266.696
(Mat. Set: 0)	26130	3	-6.500	-6.938	-4.000	-266.696
	26129	4	-6.500	-7.094	-4.000	-266.696
	26125	5	-6.500	-7.250	-4.000	-266.696
Drain\1\3	26125	1	-6.500	-7.250	-4.000	-266.696
Element 8-43 (Drain)	25827	2	-6.500	-7.406	-4.000	-266.696
(Mat. Set: 0)	25826	3	-6.500	-7.563	-4.000	-266.696
	25825	4	-6.500	-7.719	-4.000	-266.696
	25831	5	-6.500	-7.875	-4.000	-266.696
Drain\1\3	25831	1	-6.500	-7.875	-4.000	-266.696
Element 8-44 (Drain)	23515	2	-6.500	-8.031	-4.000	-266.696
(Mat. Set: 0)	23516	3	-6.500	-8.188	-4.000	-266.696
	23517	4	-6.500	-8.344	-4.000	-266.696
	23511	5	-6.500	-8.500	-4.000	-266.696
Drain\2\3	39995	1	6.500	-6.000	-4.000	-266.754
Element 9-45 (Drain)	39977	2	6.500	-6.156	-4.000	-266.754
(Mat. Set: 0)	39978	3	6.500	-6.313	-4.000	-266.754
	39979	4	6.500	-6.469	-4.000	-266.754
	39973	5	6.500	-6.625	-4.000	-266.754

Structural element	Node [10 ³]	Local number	X [m]	Y [m]	ψ_{\min} [m]	Total discharge [10 ⁻⁶ m ³ /s/m]
Drain_2_3	39973	1	6.500	-6.625	-4.000	-266.754
Element 9-46 (Drain)	39013	2	6.500	-6.781	-4.000	-266.754
(Mat. Set: 0)	39012	3	6.500	-6.938	-4.000	-266.754
	39011	4	6.500	-7.094	-4.000	-266.754
	39007	5	6.500	-7.250	-4.000	-266.754
Drain_2_3	39007	1	6.500	-7.250	-4.000	-266.754
Element 9-47 (Drain)	38644	2	6.500	-7.406	-4.000	-266.754
(Mat. Set: 0)	38643	3	6.500	-7.563	-4.000	-266.754
	38642	4	6.500	-7.719	-4.000	-266.754
	38641	5	6.500	-7.875	-4.000	-266.754
Drain_2_3	38641	1	6.500	-7.875	-4.000	-266.754
Element 9-48 (Drain)	37737	2	6.500	-8.031	-4.000	-266.754
(Mat. Set: 0)	37736	3	6.500	-8.188	-4.000	-266.754
	37735	4	6.500	-8.344	-4.000	-266.754
	37731	5	6.500	-8.500	-4.000	-266.754
Drain_4_2	41225	1	13.500	-6.000	-4.000	-621.734
Element 10-49 (Drain)	40843	2	13.500	-6.156	-4.000	-621.734
(Mat. Set: 0)	40844	3	13.500	-6.313	-4.000	-621.734
	40845	4	13.500	-6.469	-4.000	-621.734
	40839	5	13.500	-6.625	-4.000	-621.734
Drain_4_2	40839	1	13.500	-6.625	-4.000	-621.734
Element 10-50 (Drain)	40341	2	13.500	-6.781	-4.000	-621.734
(Mat. Set: 0)	40340	3	13.500	-6.938	-4.000	-621.734
	40339	4	13.500	-7.094	-4.000	-621.734
	40335	5	13.500	-7.250	-4.000	-621.734
Drain_4_2	40335	1	13.500	-7.250	-4.000	-621.734
Element 10-51 (Drain)	39939	2	13.500	-7.406	-4.000	-621.734
(Mat. Set: 0)	39940	3	13.500	-7.563	-4.000	-621.734
	39941	4	13.500	-7.719	-4.000	-621.734
	39935	5	13.500	-7.875	-4.000	-621.734
Drain_4_2	39935	1	13.500	-7.875	-4.000	-621.734
Element 10-52 (Drain)	39161	2	13.500	-8.031	-4.000	-621.734
(Mat. Set: 0)	39160	3	13.500	-8.188	-4.000	-621.734
	39159	4	13.500	-8.344	-4.000	-621.734
	39155	5	13.500	-8.500	-4.000	-621.734