



REGIONE TOSCANA

DIREZIONE DIFESA DEL SUOLO E PROTEZIONE CIVILE
SETTORE ASSETTO IDROGEOLOGICO

2019ENOV0001 - Consolidamento di movimenti franosi lungo la sponda destra dell'Arno frontistante la cassa di espansione di Roffia

PROGETTO DEFINITIVO

DIRIGENTE RESPONSABILE DEL CONTRATTO

Ing. G. Costabile

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Ing. F. Piani

UFFICIO DI PROGETTAZIONE



H.S. INGEGNERIA srl

Via Bonistallo 39
50053 Empoli (FI)
Tel. e Fax 0571-725283
e.mail info@hsingegneria.it
web www.hsingegneria.it
P.IVA 01952520466

Dott. Ing. SIMONE POZZOLINI

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Firenze n.4325

Dott. Ing. PAOLO PUCCI

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Firenze n.4824

Collaboratori:

CODICE PROGETTO

2021_037_RTOS

Scala

Varie

OGGETTO ELABORATO

Relazione geotecnica

	Soggetto competente	Data	Firma	ELABORATO
Emesso	Progettista Ing. Simone Pozzolini	Novembre 2021		GET-R-01
Visionato				
Confermato				

Firenze, Via di Novoli 26, 50127 FI

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Consolidamento di movimenti franosi lungo la sponda destra del fiume Arno frontistante la cassa di espansione di Roffia	Relazione geotecnica

INDICE GENERALE

1. PREMESSA.....	2
2. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA ED IDROGEOLOGICA AREA DI INTERVENTO.....	3
2.1. Sezioni di verifica.....	5
3. VERIFICHE A FILTRAZIONE (HYD).....	7
3.1. Modello matematico di filtrazione.....	7
3.2. Condizioni al contorno e condizioni iniziali.....	8
3.3. Risultati delle simulazioni.....	9
4. VERIFICHE DI STABILITÀ (GEO).....	10
4.1. Modellazione geotecnica per la verifica di stabilità del pendio.....	10
4.1.1. Metodo dell'equilibrio limite.....	10
4.1.2. Valutazione dell'azione sismica.....	11
4.1.3. Sovraccarichi agenti sull'arginatura.....	12
4.2. Scenari di verifica.....	12
4.3. Risultati delle verifiche di stabilità.....	14
5. ALLEGATI.....	15
5.1. ALLEGATI analisi di filtrazione.....	16
5.2. ALLEGATI analisi di stabilità.....	18

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Consolidamento di movimenti franosi lungo la sponda destra del fiume Arno frontistante la cassa di espansione di Roffia	Relazione geotecnica

1. PREMESSA

La presente relazione geotecnica è redatta a supporto del progetto definitivo *“Consolidamento di movimenti franosi lungo la sponda destra del fiume Arno frontistante la cassa di espansione di Roffia”*, eseguito su incarico della Regione Toscana.

Le verifiche geotecniche riportate nel seguito sono state eseguite in coerenza con quanto definito nelle NTC 2018 di cui al D.M. 17/01/2018 e Circolare Applicativa e sono:

- verifiche geotecniche SLU.
- verifiche idrauliche HYD.

Le verifiche sono state effettuate con riferimento alle sezioni più critiche per il tratto di intervento.

Per maggiori informazioni sulla natura dell'intervento si rimanda alla relazione generale ed alle tavole tecniche a corredo del presente progetto.

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Consolidamento di movimenti franosi lungo la sponda destra del fiume Arno frontistante la cassa di espansione di Roffia	Relazione geotecnica

2. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA ED IDROGEOLOGICA AREA DI INTERVENTO

La caratterizzazione geotecnica ed idrogeologica dei terreni è stata effettuata sulla base della relazione geologica redatta dal Dott. S. Stefani a supporto del presente progetto, cui si rimanda per gli aspetti di pertinenza.

L'area d'intervento, lunga all'incirca 700 metri, è situata nel Comune di Cerreto Guidi, nella località di Gavena, presso la sponda destra del Fiume Arno.

A seguito delle piene dell'Arno del Novembre-Dicembre 2019 si sono manifestati diffusi dissesti spondali in destra idrografica, all'altezza del lago di Gavena.

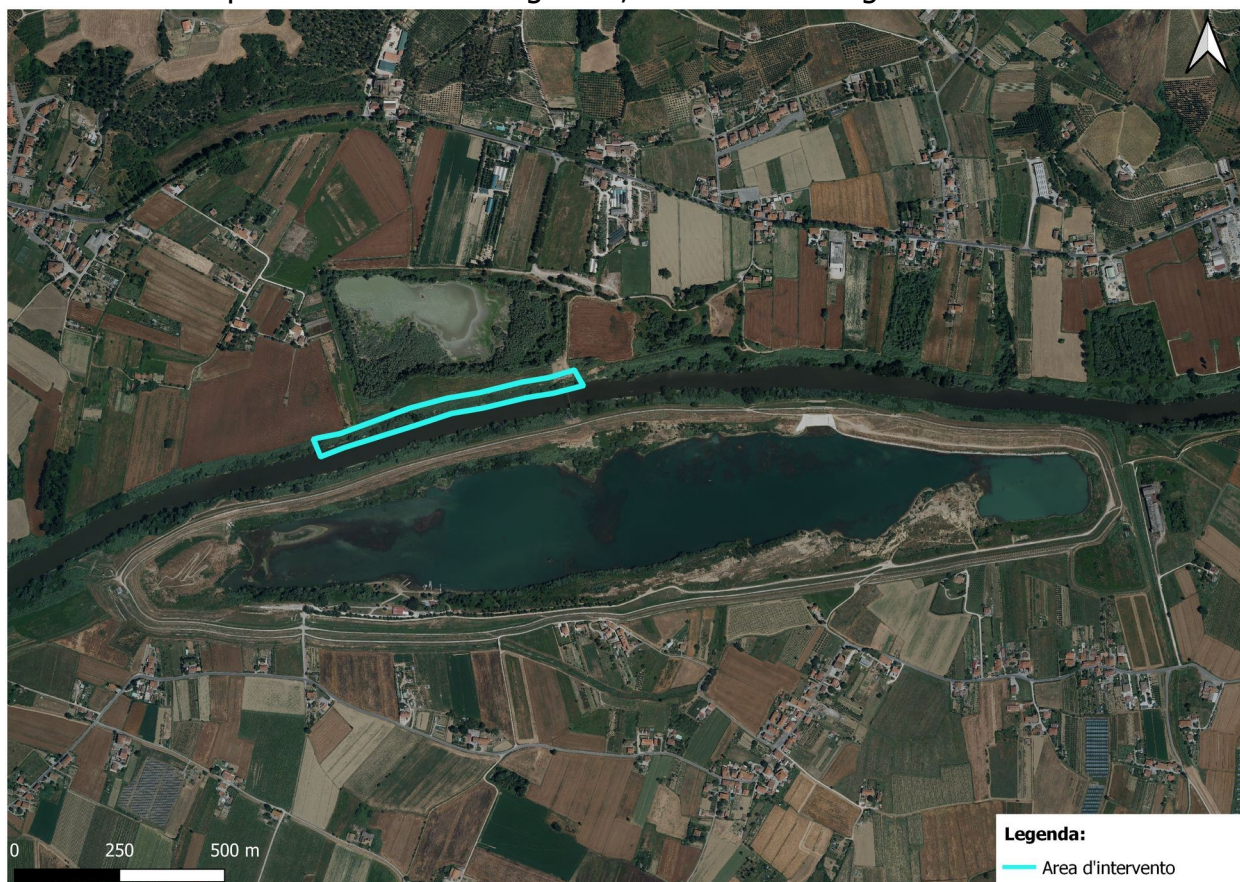


Figura 2.1: Area d'intervento

Il modello geotecnico dell'area di intervento vede complessivamente la presenza di 2 unità distinte, denominate Orizzonte 1, caratterizzato da argilla e limi sabbiosi; e Orizzonte 2, composto da sabbie e/o sabbie limose con ciottoli. I modelli di calcolo sono stati estesi al volume significativo ai fini delle verifiche.

Secondo l'Eurocodice 7 e le NTC 2018, i valori caratteristici consistono in una stima cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite. Il § C6.2.2.4 della Circolare illustra chiaramente come tali valori debbano essere scelti. In particolare: *"Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta"*

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Consolidamento di movimenti franosi lungo la sponda destra del fiume Arno frontistante la cassa di espansione di Roffia	Relazione geotecnica

dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità. La scelta di valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei terreni; basti pensare, ad esempio, all'effetto delle discontinuità sul valore operativo della resistenza non drenata. Una migliore approssimazione nella valutazione dei valori caratteristici può essere ottenuta operando le opportune medie dei valori dei parametri geotecnici nell'ambito di piccoli volumi di terreno, quando questi assumano importanza per lo stato limite considerato".

I parametri geotecnici caratteristici degli strati considerati sono riportati nella seguente tabella, e sono conformi ad i dati riportati nella relazione geologica.

ID strato	Descrizione	Peso di volume γ (KN/mc)	Peso di volume saturo γ_{SAT} (KN/mc)	Coesione efficace c' (KPa)	Angolo d'attrito ϕ (°)	Coefficiente di permeabilità (m/sec)
Orizzonte 1	Argilla e limi sabbiosi	17	18	8	27	$1 \cdot 10^{-5}$
Orizzonte 2	Sabbie e/o sabbie limose con ciottoli	18.50	19.5	0	31	$1 \cdot 10^{-4}$

Tabella 1: parametri caratteristici per le verifiche geotecniche

Gli spessori degli strati omogenei sono stati assunti secondo due stratigrafie differenti sulla base di quanto emerge dalla relazione geologica. Le successioni stratigrafiche analizzate sono riassunte nella seguente tabella:

ID Stratigrafia analizzata	Orizzonte	Profondità dal piano campagna [m]	Quota della falda da piano campagna [m]
1	Orizzonte 1	0 - 12	14.17
	Orizzonte 2	12 - inf	
2	Orizzonte 1	0 - 5	
	Orizzonte 2	5 - inf	

Durante le indagini geologiche non è stata rilevata la presenza della falda. La quota della falda acquifera è stata considerata ad una profondità di 14.17 m a partire

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Consolidamento di movimenti franosi lungo la sponda destra del fiume Arno frontistante la cassa di espansione di Roffia	Relazione geotecnica

dal ciglio di sponda (pari ad una quota di circa 8.80 m.s.m.), coincidente con il livello medio dell'Arno registrato all'idrometro di Roffia-Piaggioni, posto in corrispondenza dell'area di intervento.

Le verifiche sono state condotte in condizioni drenate, date le caratteristiche dei terreni in sito.

2.1. Sezioni di verifica

La geometria dei modelli è stata definita sulla base delle caratteristiche delle opere in progetto, prendendo in esame due sezioni rappresentative (A e B) lungo il tratto di studio, aventi diversi spessori degli orizzonti 1 e 2.

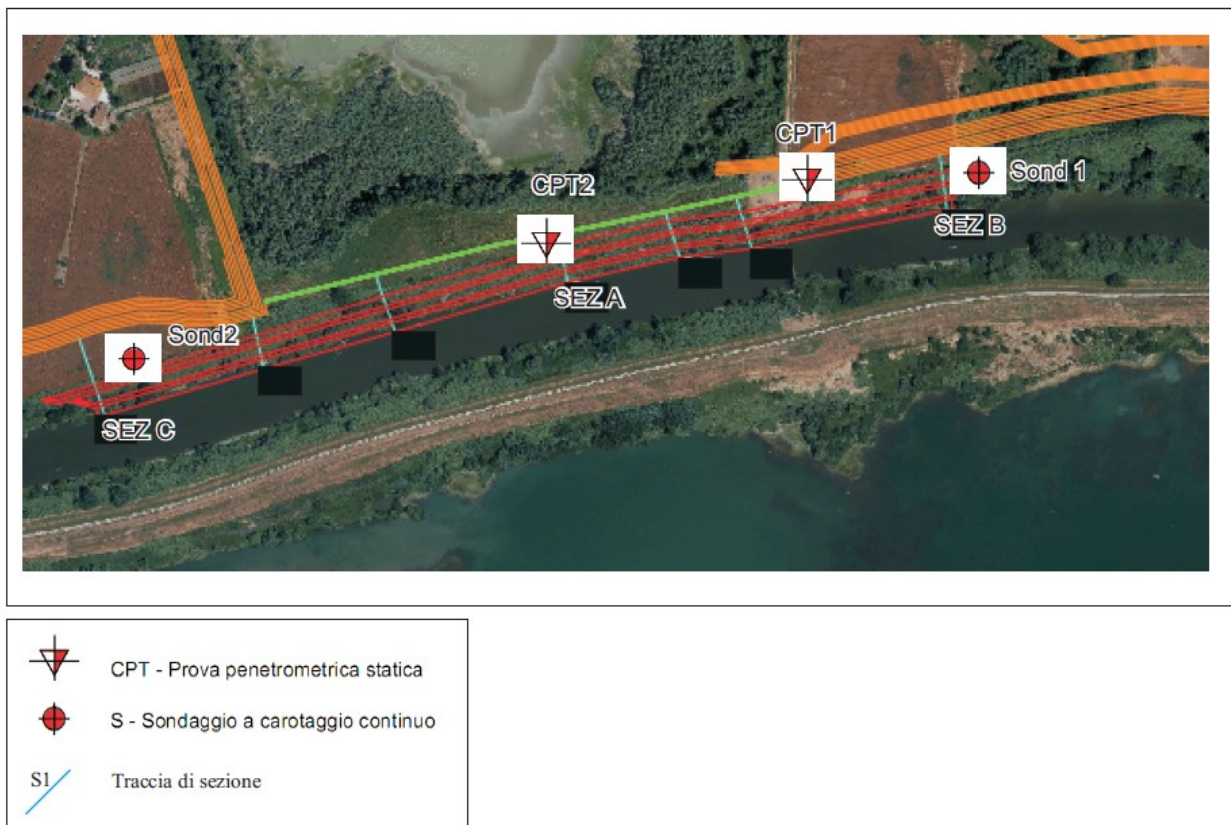


Figura 2.2: ubicazione sezioni A e B per le verifiche geotecniche

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Consolidamento di movimenti franosi lungo la sponda destra del fiume Arno frontistante la cassa di espansione di Roffia	Relazione geotecnica

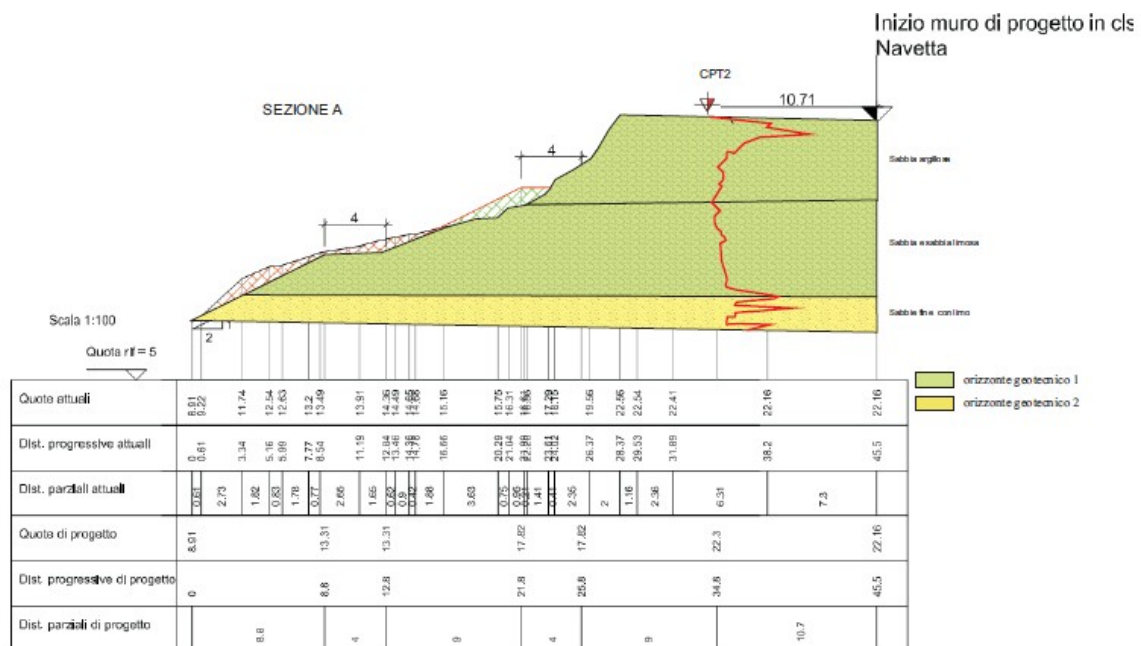


Figura 2.3: sezione di verifica A

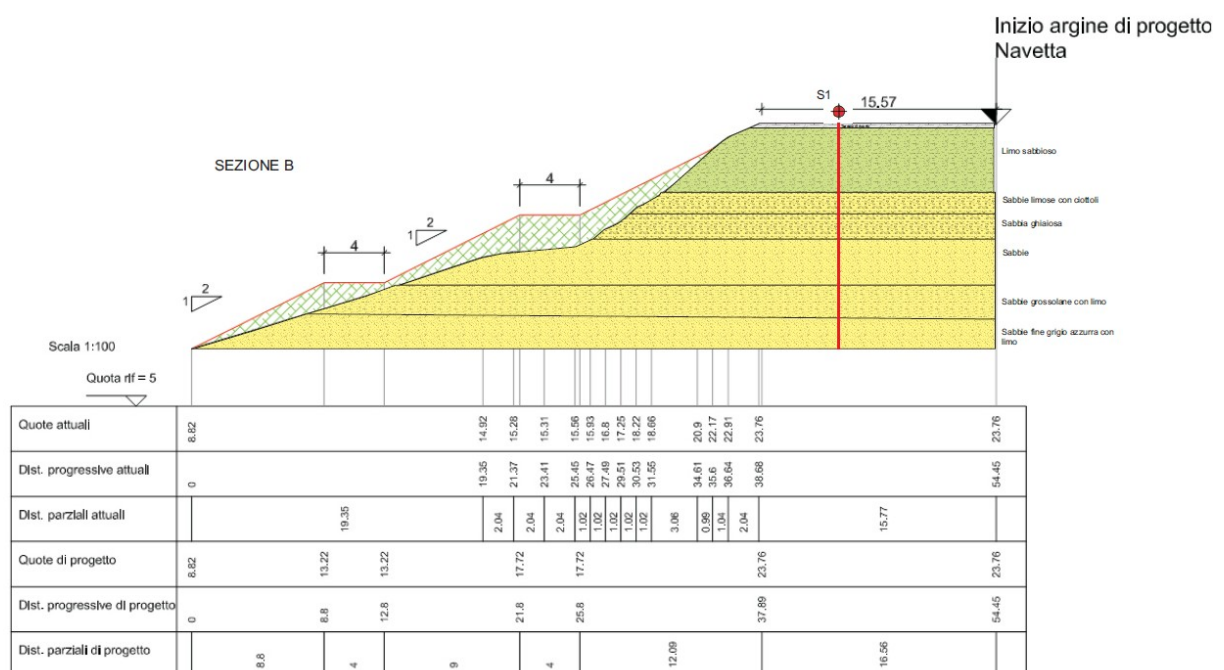


Figura 2.4: sezione di verifica B

Si sono considerate le stesse sezioni sia per le analisi di filtrazione che per quelle di stabilità.

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Consolidamento di movimenti franosi lungo la sponda destra del fiume Arno frontistante la cassa di espansione di Roffia	Relazione geotecnica

3. VERIFICHE A FILTRAZIONE (HYD)

3.1. Modello matematico di filtrazione

Le verifiche a filtrazione della sponda sono state eseguite al fine di valutare l'andamento della linea piezometrica in condizioni di piena. Allo scopo si è utilizzato il software VS2DT dell'U.S. Geological Survey, che consente di modellare il regime di filtrazione in moto vario all'interno di un mezzo poroso parzialmente saturo, risolvendo l'equazione di Richards sulla base delle assegnate condizioni al contorno.

L'equazione di Richards deriva dalla combinazione dell'equazione del moto di Darcy-Buckingham con l'equazione di conservazione della massa ed è espressa dalla:

$$V \frac{\partial(\rho \cdot s \cdot \Phi)}{\partial t} - \int_{S_{up}} \rho \cdot K \cdot K_r(h) \cdot \frac{\partial H}{\partial n} \cdot ds - \rho \cdot q \cdot V = 0$$

$$H = h + h_z$$

in cui:

- H = carico totale;
- h_z = energia potenziale gravitazionale (quota);
- h = carico di pressione;
- ρ = densità dell'acqua;
- s = grado di saturazione;
- Φ = porosità;
- t = tempo;
- q = portata unitaria in ingresso/uscita dal sistema;
- V = volume dell'elemento di controllo
- K = permeabilità a saturazione del mezzo
- $K_r(h)$ = permeabilità relativa data dal rapporto tra la permeabilità a saturazione e la permeabilità in condizioni non sature.

Il software risolve l'equazione di Richards con uno schema agli elementi finiti. Considerando che in un volume finito V le grandezze possono essere considerate costanti su ciascuna delle m facce di area A_k si ottiene in forma discreta:

$$V \cdot [\rho \cdot C_m] \cdot \frac{\partial H}{\partial t} - \rho \sum_{k=1}^m A_k \cdot K \cdot K_r(h) \cdot \frac{\partial H}{\partial n_k} - \rho \cdot q \cdot V = 0$$

in cui, oltre alle grandezze già introdotte si ha in aggiunta il parametro C_m , capacità capillare specifica (variazione del contenuto di acqua a causa di una variazione del carico capillare in condizioni non sature).

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Consolidamento di movimenti franosi lungo la sponda destra del fiume Arno frontistante la cassa di espansione di Roffia	Relazione geotecnica

Per mezzi parzialmente saturi sia la saturazione effettiva S_e (pari al rapporto tra la differenza di contenuto volumetrico Θ e quello residuo Θ_r e la differenza tra il contenuto volumetrico residuo e quello a saturazione), sia la permeabilità relativa K_r sono funzione del carico piezometrico h . Nel caso in esame si sono adottate le relazioni di Van Genuchten (1980) in accordo alle quali si ha:

$$S_e = \frac{\Theta - \Theta_r}{\Phi - \Theta_r} = \frac{1}{\left(1 + (\alpha \cdot h)^\beta\right)^\gamma}$$

in cui α è un indice della lunghezza caratteristica del mezzo poroso e può assumere valori compresi tra 0 e 0.2, h è l'altezza di pressione, β è un parametro di origine empirica e γ è pari ad $1 - 1/\beta$.

La permeabilità relativa K_r è data dalla relazione:

$$K_r = \frac{\left(1 - \left(\frac{h}{\alpha^1}\right)^{\beta^1} \cdot \left(1 + \left(\frac{h}{\alpha^1}\right)^{\beta^1}\right)^{-\gamma}\right)^2}{\left(1 + \left(\frac{h}{\alpha^1}\right)^{\beta^1}\right)^{\gamma/2}}$$

I valori dei parametri di Van Genuchten variano in funzione della tessitura del suolo in esame.

In tabella seguente si riportano i parametri adottati nella modellazione:



ID strato	Coefficiente di permeabilità k (m/sec)	K_z/K_h	Indice dei vuoti e_o	α	β	RMC	Colore strato
Orizzonte 1	$1 \cdot 10^{-5}$	1	0.82	2	1.48	0.067	
Orizzonte 2	$1 \cdot 10^{-4}$	1	0.75	3.6	1.56	0.078	

Tabella 2: caratteristiche idrogeologiche dei diversi strati della sezione di calcolo

3.2. Condizioni al contorno e condizioni iniziali

Per la verifica alla filtrazione delle opere, la condizione al contorno è data dall'idrogramma delle altezze liquide nelle sezioni di interesse. A tal fine si è preso in esame l'idrogramma di piena duecentennale dell'Arno generato da una pioggia di 36 ore, ricavate dalla modellazione idraulica condotta nel 2012 dal Genio Civile Valdarno Superiore a supporto degli strumenti urbanistici del Comune di Empoli, prendendo a

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Consolidamento di movimenti franosi lungo la sponda destra del fiume Arno frontistante la cassa di espansione di Roffia	Relazione geotecnica

riferimento la sezione .

Ai fini delle analisi l'idrogramma dei livelli è stato regolarizzato, adottando una configurazione cautelativa con una maggior durata del picco di piena (Figura 3.1).

La seguente figura riporta l'andamento degli idrogrammi delle altezze liquide sul piano campagna al piede lato fiume delle sezioni di verifica.

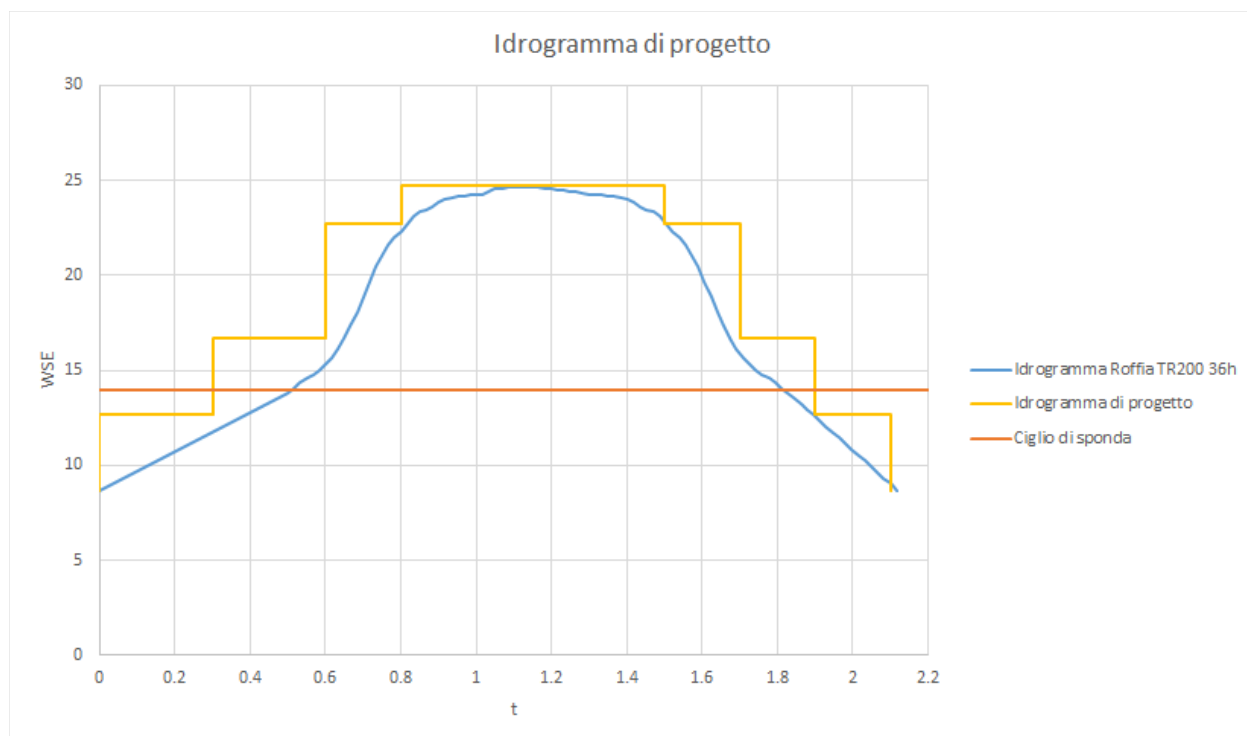


Figura 3.1: idrogramma di calcolo delle altezze liquide

Come condizioni iniziali per il modello si è assunta la quota di falda indisturbata, assunta a distanza di 14.17 m dal piano di campagna (quota sul livello medio mare pari a 8.70 m.s.m.)

3.3. Risultati delle simulazioni

I grafici con l'andamento della linea di filtrazione ad i diversi istanti, per le varie sezioni di verifica esaminate, sono riportati in allegato.

Sulla base degli andamenti della piezometrica trovati si sono effettuate le verifiche di rapido svasso, simulando le condizioni delle pressioni neutre esistenti nella sponda a seguito del passaggio di un'onda di piena.

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Consolidamento di movimenti franosi lungo la sponda destra del fiume Arno frontistante la cassa di espansione di Roffia	Relazione geotecnica

4. VERIFICHE DI STABILITÀ (GEO)

Anche per le verifiche geotecniche delle sponde si sono utilizzate le due sezioni di riferimento A e B .

4.1. Modellazione geotecnica per la verifica di stabilità del pendio

4.1.1. Metodo dell'equilibrio limite

Le verifiche geotecniche sono state eseguite mediante il software GEO5 della Fine software.

L'analisi è stata effettuata con il metodo dell'equilibrio limite. Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi. A partire dalle equazioni di equilibrio vengono calcolate le tensioni di taglio agenti sulla superficie di rottura (t) e confrontate con la resistenza disponibile (t_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb.

Il coefficiente di sicurezza è espresso dal rapporto $F = \tau_f / \tau$.

In generale nei metodi di verifica la massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

- n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;
- n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i
- $(n-1)$ forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei conci;
- $(n-1)$ forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei conci;
- n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i ;
- $(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$, mentre le equazioni a disposizione sono:

- n equazioni di equilibrio dei momenti;
- n equazioni di equilibrio alla traslazione verticale;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale;
- n equazioni relative al criterio di rottura n

Il totale del numero di equazioni è $4n$. Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a:

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Consolidamento di movimenti franosi lungo la sponda destra del fiume Arno frontistante la cassa di espansione di Roffia	Relazione geotecnica

$$i = (6n-2)-(4n) = 2n-2.$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ quando si fa l'assunzione che N_j sia applicato nel punto medio della striscia; ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni. Nelle analisi condotte si è adottato il metodo di calcolo di Morgenstern e Price.

In tale metodo si stabilisce una relazione tra le componenti delle forze di interfaccia fra i conci all'interno della massa scivolante del tipo $X = \lambda f(x)E$, dove λ è un fattore di scala e $f(x)$ una funzione della posizione di E e di X . La funzione $f(x)$ può essere scelta arbitrariamente (costante, senoide, semisenoide, trapezia, spezzata...) e influenza poco il risultato.

La particolarità del metodo è che la massa viene suddivisa in strisce infinitesime alle quali vengono imposte le equazioni di equilibrio alla rotazione ed alla traslazione orizzontale e verticale, ipotizzando condizioni limite di rottura sulla base delle strisce stesse. Il metodo di calcolo soddisfa tutte le equazioni di equilibrio (rotazione e traslazione orizzontale e verticale) ed è applicabile a superfici di qualsiasi forma.

4.1.2. Valutazione dell'azione sismica

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudo-statico. Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

Essendo:

- F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
- W : peso del concio in esame;
- K_x : coefficiente sismico orizzontale;
- K_y : coefficiente sismico verticale (pari a $\pm 0.5 K_x$).

Il coefficiente sismico orizzontale K_x ai sensi delle NTC2018 è pari a:

$$K_x = \frac{\beta_s \cdot a_{max}}{g}$$

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Consolidamento di movimenti franosi lungo la sponda destra del fiume Arno frontistante la cassa di espansione di Roffia	Relazione geotecnica

con:

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

a_{max} = accelerazione massima attesa al sito

g = accelerazione di gravità.

L'accelerazione a_{max} può essere valutata con la relazione

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_T \cdot a_g$$

con S coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione stratigrafica S_s e dell'amplificazione topografica S_T ed a_g accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Il coefficiente β_s è funzione del rapporto a_g/g ed è fissato dalla vigente normativa (NTC 2018).

Conformemente a quanto riportato nella Relazione Geologica di progetto preliminare nell'area si ha una categoria di sottosuolo di tipo C. Per il coefficiente S_T si assume valore 1.0. Assegnando all'opera in esame classe d'uso III, assumendo una vita nominale pari a 100 anni e con riferimento allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) si ha un coefficiente S_s pari a 1.50 ed un coefficiente K_x pari a 0.061.

4.1.3. Sovraccarichi agenti sull'arginatura

Il sovraccarico è stato considerato pari a 20 kN/m² in condizioni statiche. In condizioni sismiche non si è considerato sovraccarico.

4.2. Scenari di verifica

Le successive verifiche geotecniche di stabilità globale sono state condotte seguendo l'Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2) ai sensi delle NTC 2018.

I carichi sollecitanti vengono moltiplicati per i coefficienti A2 di cui alla tabella 6.2.I delle NTC 2018:

Carichi	Effetto	Coefficiente A2 (GEO)
Permanenti e permanenti non strutturale	Favorevole	1.0
	Sfavorevole	1.0
Variabili o permanenti non strutturali	Favorevole	0.0
	Sfavorevole	1.3

Tabella 4.2 : coefficienti A2 Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2)

Per i parametri geotecnici (M) si sono presi a riferimento direttamente i valori caratteristici, trattandosi di pendii naturali. Si precisa inoltre che l'intervento in progetto

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Consolidamento di movimenti franosi lungo la sponda destra del fiume Arno frontistante la cassa di espansione di Roffia	Relazione geotecnica

non è da riguardarsi come un intervento di stabilizzazione, ma solo come un intervento di manutenzione delle sponde.

Nelle verifiche si sono considerati più scenari, corrispondenti a diverse condizioni di sollecitazione. Le simulazioni eseguite sono riportate nella seguente tabella:

Codice scenario	Descrizione
Livello di costruzione 1: LC1	Verifica della sezione in condizioni statiche priva di sovraccarico e falda indisturbata
Livello di costruzione 2: LC2	Verifica della sezione spondale in condizioni statiche, falda a quota indisturbata, con sovraccarico sulla banca più alta
Livello di costruzione 3: LC3	Verifica della sezione spondale in condizioni statiche, falda a quota indisturbata, con sovraccarico sulla banca intermedia
Livello di costruzione 4: LC4	Verifica della sezione spondale in condizioni statiche, falda a quota indisturbata, con sovraccarico sulla banca più bassa
Livello di costruzione 5: LC5	Verifica della sezione spondale in condizioni sismiche (con sisma rivolto verso l'alto), falda indisturbata e assenza di sovraccarico
Livello di costruzione 6: LC6	Verifica della sezione spondale in condizioni sismiche (con sisma rivolto verso il basso), falda indisturbata e assenza di sovraccarico
Livello di costruzione 7: LC7	Verifica della sezione arginale in condizioni di rapido calo di livello

Tabella 4.4 scenari di simulazione

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Consolidamento di movimenti franosi lungo la sponda destra del fiume Arno frontistante la cassa di espansione di Roffia	Relazione geotecnica

4.3. Risultati delle verifiche di stabilità

I risultati di dettaglio del software GEO5 sono riportati in allegato. Nei diversi scenari esaminati si hanno i valori del coefficiente di sicurezza FS riportati a seguire.

Id Sezione	Scenario di verifica (LC)	Fattore di sicurezza
A	LC1	1.21
	LC2	1.21
	LC3	1.21
	LC4	1.20
	LC5	1.24
	LC6	1.22
	LC7	0.80
B	LC1	1.20
	LC2	1.20
	LC3	1.20
	LC4	1.20
	LC5	1.10
	LC6	1.10
	LC7	0.50

Tabella 3: quadro riassuntivo fattori di sicurezza

Come si nota per la sezione A si hanno tendenzialmente fattori di sicurezza superiori rispetto alla B. I fattori di sicurezza hanno valori superiori ad 1, tranne che nel caso di verifica a rapido svasso, per cui si hanno valori inferiori.

Come riportato nella relazione generale, si precisa che la finalità degli interventi in esame è quella di portare ad un miglioramento delle condizioni di stabilità della sponda destra dell'Arno su un tratto che abbia la maggior lunghezza possibile, compatibilmente con il finanziamento a disposizione. Non rientra tra gli obiettivi di progetto il garantire condizioni di stabilità assoluta, in conformità a quanto richiesto dalle NTC 2018, ma piuttosto si mira a garantire un significativo miglioramento rispetto allo stato attuale, senza precludere la possibilità di realizzare interventi futuri.

Nelle verifiche geotecniche condotte si è inoltre trascurato completamente il contributo di coesione offerto dalla vegetazione per gli strati superficiali, oltre che la coesione dovuta alla parziale saturazione del terreno, che porta ad un sensibile incremento della resistenza dei terreni.

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Consolidamento di movimenti franosi lungo la sponda destra del fiume Arno frontistante la cassa di espansione di Roffia	Relazione geotecnica

5. ALLEGATI

Si riportano in allegato (con elaborato a parte):

- 1) analisi di filtrazione;
- 2) analisi di stabilità;

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Consolidamento di movimenti franosi lungo la sponda destra del fiume Arno frontistante la cassa di espansione di Roffia	Relazione geotecnica

5.1. ALLEGATI ANALISI DI FILTRAZIONE

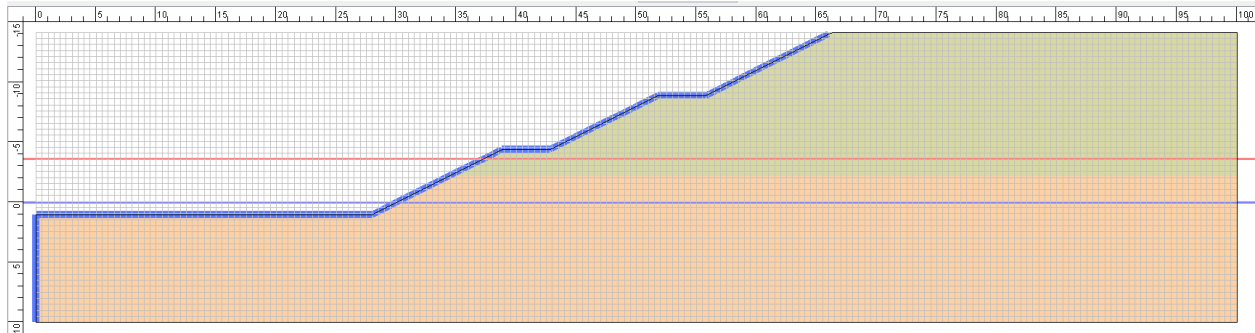


Figura 5.1: geometria di calcolo sezione A

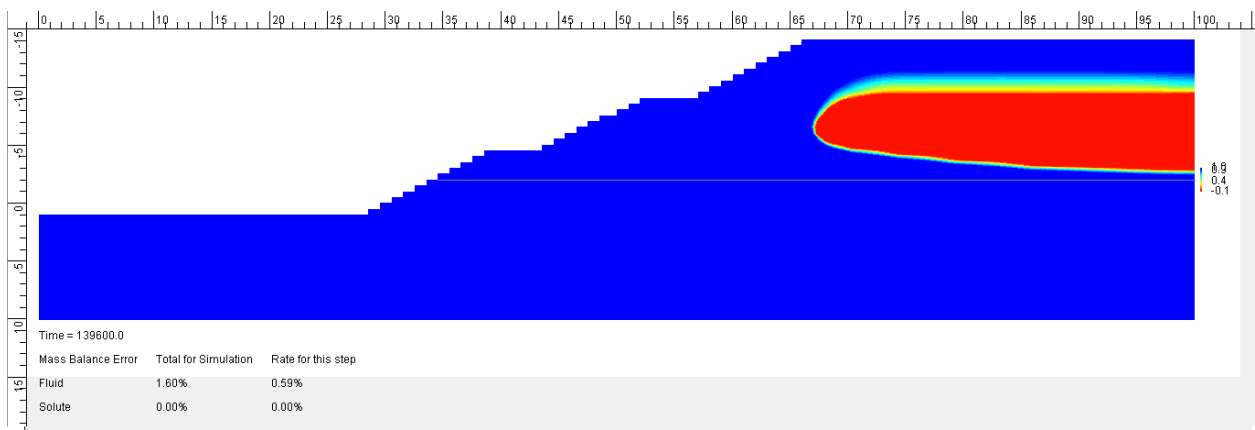


Figura 5.2: distribuzione del carico di pressione alla fine della fase di stanca di piena. Sezione A

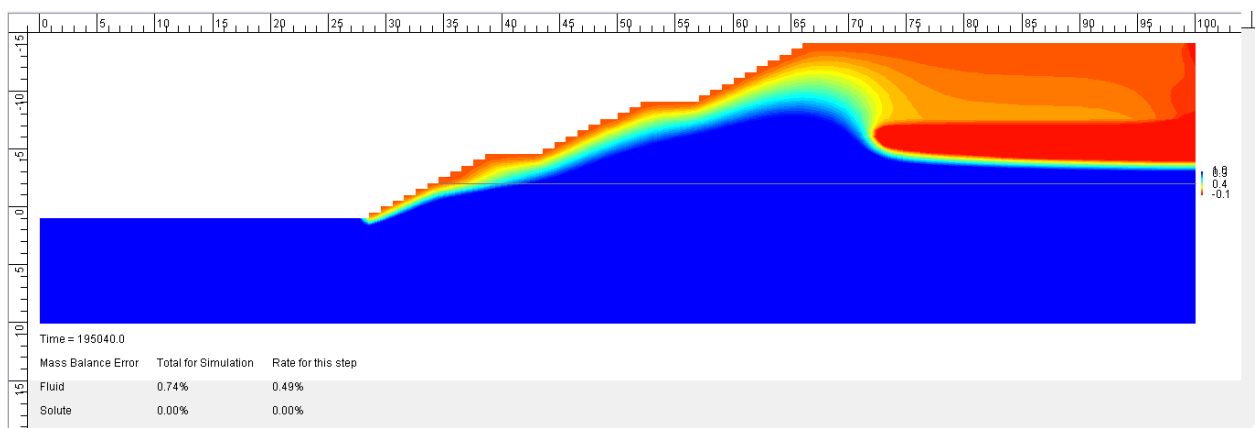


Figura 5.3: distribuzione delle pressioni interstiziali alla fine della simulazione, dopo il passaggio dell'onda di piena. Sezione A

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Consolidamento di movimenti franosi lungo la sponda destra del fiume Arno frontistante la cassa di espansione di Roffia	Relazione geotecnica

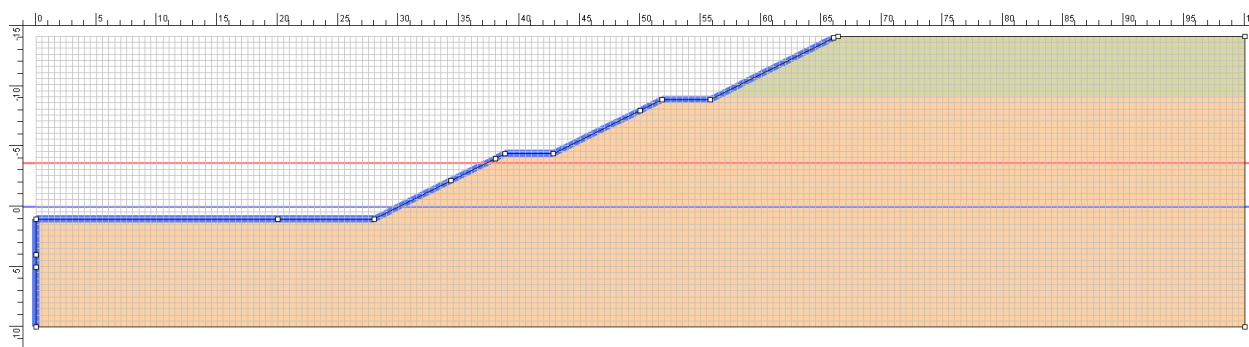


Figura 5.4: geometria di calcolo sezione B

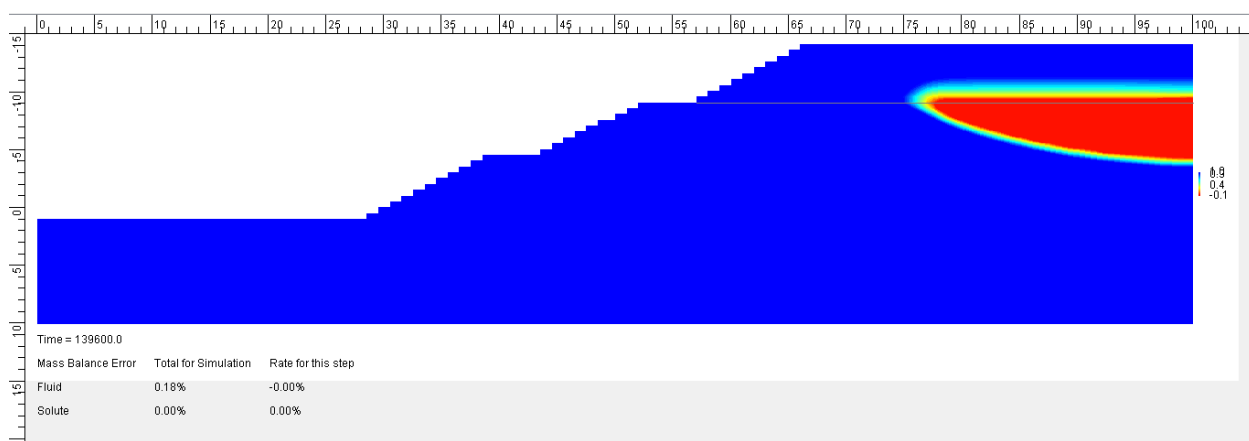


Figura 5.5: distribuzione del carico di pressione alla fine della fase di stanca di piena. Sezione B

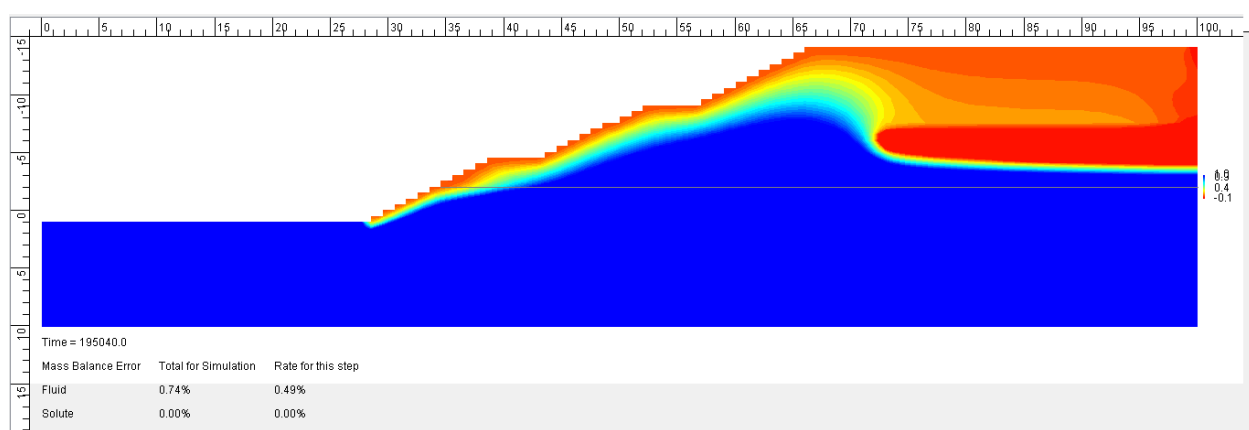


Figura 5.6: distribuzione delle pressioni interstiziali alla fine della simulazione, dopo il passaggio dell'onda di piena. Sezione B

PROGETTO DEFINITIVO	ELABORATO
Consolidamento di movimenti franosi lungo la sponda destra del fiume Arno frontistante la cassa di espansione di Roffia	Relazione geotecnica

5.2. ALLEGATI ANALISI DI STABILITA'

Analisi di stabilità di versanti e pendii

Inserisci dati

Progetto

Data : 11/23/2021

Impostazioni

(inserimento per l'incarico corrente)

Analisi stabilità

Analisi sismica : Standard

Metodologia di verifica : secondo lo standard EN 1997

Approccio progettuale : 1 - riduzione delle azioni e parametri del terreno

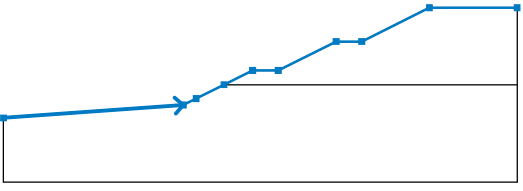
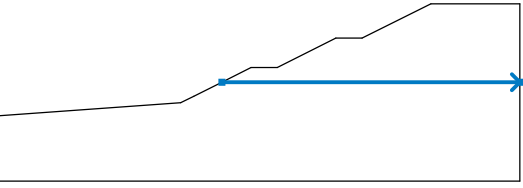
Coefficienti parziali per le azioni (A)					
Situazione di progetto permanente					
		Combinazione 1		Combinazione 2	
		Sfavorevole	Favorevole	Sfavorevole	Favorevole
Coeff. parziale azioni permanenti :	$\gamma_G =$	1.30 [-]	0.80 [-]	1.30 [-]	0.80 [-]
Coeff. parziale azioni variabili :	$\gamma_Q =$	1.30 [-]	0.00 [-]	1.30 [-]	0.00 [-]
Carico idrico :	$\gamma_w =$	1.00 [-]		1.00 [-]	

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (M)			
Situazione di progetto permanente			
		Combinazione 1	Combinazione 2
Coeff. parziale angolo di resistenza al taglio :	$\gamma_\phi =$	1.00 [-]	1.00 [-]
Coeff. parziale della coesione efficace :	$\gamma_c =$	1.00 [-]	1.00 [-]
Coeff. parziale della resistenza non drenata :	$\gamma_{cu} =$	1.00 [-]	1.00 [-]

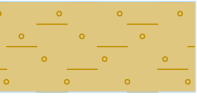
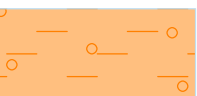
Coefficienti parziali per le azioni (A)					
Situazione di progetto sismico					
		Combinazione 1		Combinazione 2	
		Sfavorevole	Favorevole	Sfavorevole	Favorevole
Coeff. parziale azioni permanenti :	$\gamma_G =$	1.00 [-]	1.00 [-]	1.00 [-]	1.00 [-]
Coeff. parziale azioni variabili :	$\gamma_Q =$	1.00 [-]	0.00 [-]	1.00 [-]	0.00 [-]
Carico idrico :	$\gamma_w =$	1.00 [-]		1.00 [-]	

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (M)			
Situazione di progetto sismico			
		Combinazione 1	Combinazione 2
Coeff. parziale angolo di resistenza al taglio :	$\gamma_\phi =$	1.00 [-]	1.00 [-]
Coeff. parziale della coesione efficace :	$\gamma_c =$	1.00 [-]	1.00 [-]
Coeff. parziale della resistenza non drenata :	$\gamma_{cu} =$	1.00 [-]	1.00 [-]

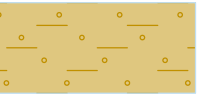

Interfaccia

N.	Collocazione dell'interfaccia	Coordinate dei punti dell'interfaccia [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-20.00	-3.00	8.00	-1.00	10.00	0.00
		14.34	2.17	18.80	4.40	22.80	4.40
		31.80	8.90	35.80	8.90	46.34	14.17
		60.00	14.17				
2		14.34	2.17	60.00	2.17		

Parametri del terreno - condizione di tensioni efficaci

N.	Nome	Retino	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]
1	Orizzonte 1 - Argilla e limi sabbiosi		27.00	8.00	17.00
2	Orizzonte 2 - Sabbie e/o sabbio limose con ciottoli		31.00	0.00	18.50

Parametri del terreno - sollevamento (uplift)

N.	Nome	Retino	γ_{sat} [kN/m³]	γ_s [kN/m³]	n [-]
1	Orizzonte 1 - Argilla e limi sabbiosi		18.00		
2	Orizzonte 2 - Sabbie e/o sabbio limose con ciottoli		19.60		

Parametri terreno

Orizzonte 1 - Argilla e limi sabbiosi

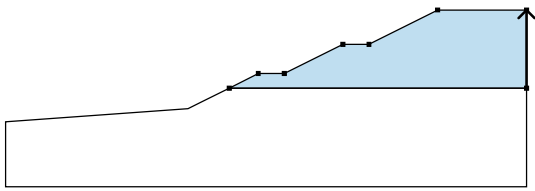

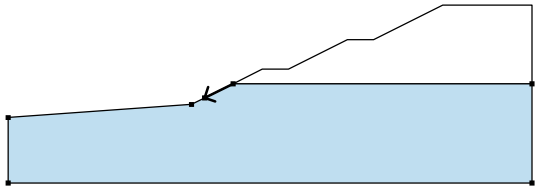

Peso unitario : $\gamma = 17.00 \text{ kN/m}^3$
 Tensione : efficace
 Angolo di attrito interno : $\varphi_{ef} = 27.00^\circ$
 Coesione del terreno : $c_{ef} = 8.00 \text{ kPa}$
 Peso unitario saturo : $\gamma_{sat} = 18.00 \text{ kN/m}^3$
 Coeff. di riduzione della
 pressione interstiziale : $X = 0.50$

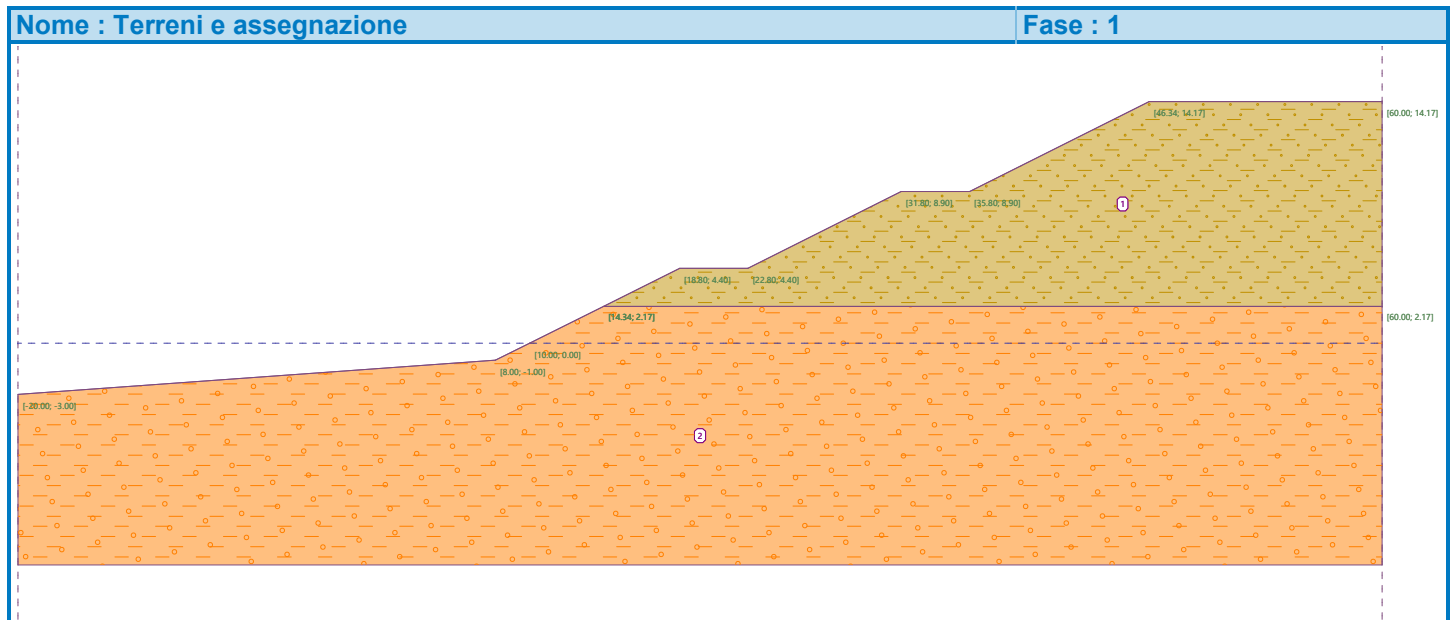
Orizzonte 2 - Sabbie e/o sabbio limose con ciottoli

Peso unitario : $\gamma = 18.50 \text{ kN/m}^3$

Tensione : efficace
 Angolo di attrito interno : $\varphi_{ef} = 31.00^\circ$
 Coesione del terreno : $c_{ef} = 0.00 \text{ kPa}$
 Peso unitario saturo : $\gamma_{sat} = 19.60 \text{ kN/m}^3$
 Coeff. di riduzione della pressione interstiziale : $X = 0.50$

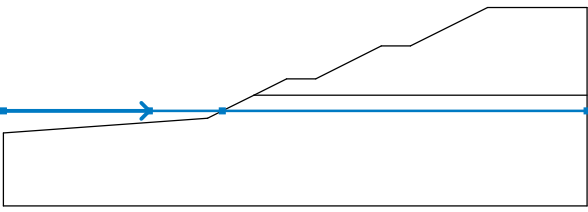
Assegnazione e superfici

N.	Posizione della superficie	Coordinate dei punti della superficie [m]				Assegnato terreno
		x	z	x	z	
1		60.00	2.17	60.00	14.17	Orizzonte 1 - Argilla e limi sabbiosi 
		46.34	14.17	35.80	8.90	
		31.80	8.90	22.80	4.40	
		18.80	4.40	14.34	2.17	
2		14.34	2.17	10.00	0.00	Orizzonte 2 - Sabbie e/o sabbio limose con ciottoli 
		8.00	-1.00	-20.00	-3.00	
		-20.00	-13.00	60.00	-13.00	
		60.00	2.17			



Acqua

Tipo di acqua : L.F.

N.	Collocazione L.F.	Coordinate dei punti della L.F. [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-20.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00
		60.00	0.00				

Frattura di trazione (Tensile crack)

Frattura di trazione non inserita.

Sisma

Sisma non incluso.

Impostazioni della fase di progetto

Situazione del progetto : permanente

Risultati (Fase di costruzione 1)

Analisi 1 (fase 1)

Superficie di scivolamento circolare

Parametri della superficie di scivolamento					
Centro :	x =	9.51 [m]	Angoli :	$\alpha_1 =$	-23.57 [°]
	z =	8.29 [m]		$\alpha_2 =$	67.90 [°]
Raggio :	R =	10.34 [m]			
Superficie di scivolamento dopo ottimizzazione.					

Segmenti che restringono la superficie di scivolamento

N.	Primo punto		Secondo punto	
	x [m]	z [m]	x [m]	z [m]
1	8.00	-1.01	18.80	4.39

Restrizioni dei punti della superficie di scivolamento circolare

Verifica stabilità del pendio (Morgenstern-Price)

Combinazione 1

Uso : 82.6 %

Stabilità di pendio ACCETTABILE

Combinazione 2

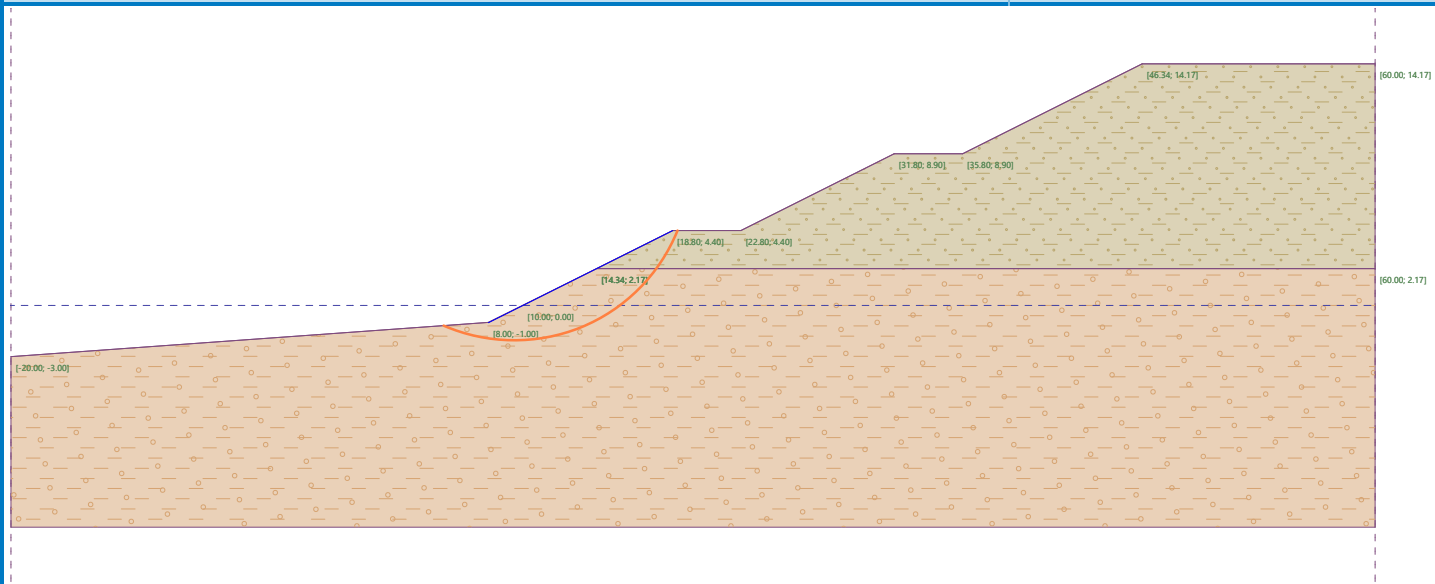
Uso : 82.6 %

Stabilità di pendio ACCETTABILE

Superficie di scivolamento ottimizzata per : Combinazione 1

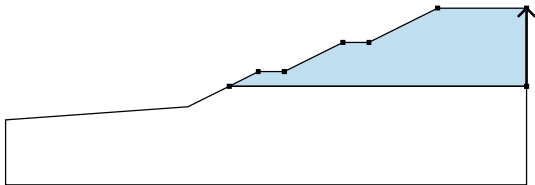

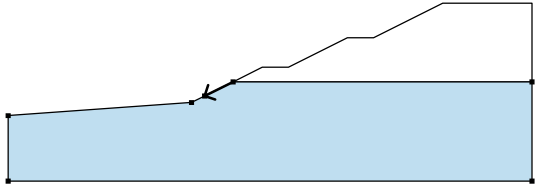

Nome : Analisi

Fase - analisi : 1 - 1



Dati inseriti (Fase di costruzione 2)

Assegnazione e superfici

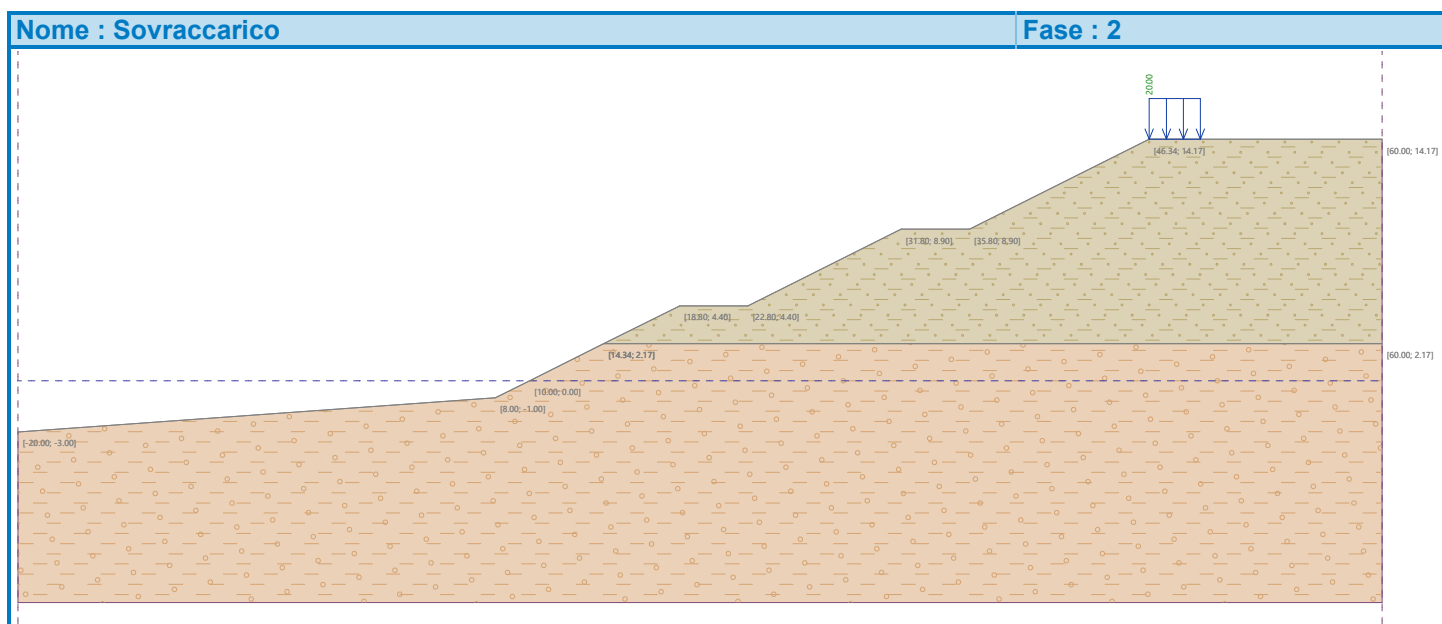
N.	Posizione della superficie	Coordinate dei punti della superficie [m]				Assegnato terreno
		x	z	x	z	
1		60.00	2.17	60.00	14.17	Orizzonte 1 - Argilla e limi sabbiosi 
		46.34	14.17	35.80	8.90	
		31.80	8.90	22.80	4.40	
		18.80	4.40	14.34	2.17	
2		14.34	2.17	10.00	0.00	Orizzonte 2 - Sabbie e/o sabbio limose con ciottoli 
		8.00	-1.00	-20.00	-3.00	
		-20.00	-13.00	60.00	-13.00	
		60.00	2.17			

Sovraccarico

N.	Sovraccarico		Tipo	Tipo di azione	Collocazione	Origine	Lunghezza	Larghezza	Pendenza	Ordine di grandezza		
	nuovo	modifica								q, q1, f, F	q2	unità
1	Sì		distribuito	variabile	sul terreno	x = 46.34	l = 3.00		0.00	20.00		kN/m ²

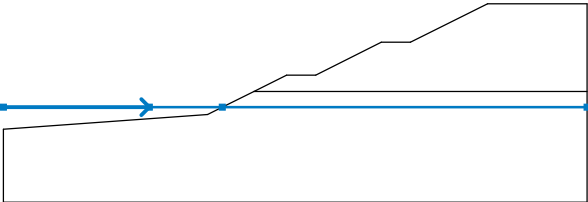
Sovraccarichi

N.	Nome
1	Sovraccarico



Acqua

Tipo di acqua : L.F.

N.	Collocazione L.F.	Coordinate dei punti della L.F. [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-20.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00
		60.00	0.00				

Frattura di trazione (Tensile crack)

Frattura di trazione non inserita.

Sisma

Sisma non incluso.

Impostazioni della fase di progetto

Situazione del progetto : permanente

Risultati (Fase di costruzione 2)

Analisi 1 (fase 2)

Superficie di scivolamento circolare

Parametri della superficie di scivolamento					
Centro :	x =	9.55 [m]	Angoli :	$\alpha_1 =$	-23.46 [°]
	z =	8.32 [m]		$\alpha_2 =$	67.77 [°]
Raggio :	R =	10.36 [m]			
Superficie di scivolamento dopo ottimizzazione.					

Segmenti che restringono la superficie di scivolamento

N.	Primo punto		Secondo punto	
	x [m]	z [m]	x [m]	z [m]
1	8.00	-1.01	18.80	4.39

Restrizioni dei punti della superficie di scivolamento circolare

Verifica stabilità del pendio (Morgenstern-Price)

Combinazione 1

Uso : 82.6 %

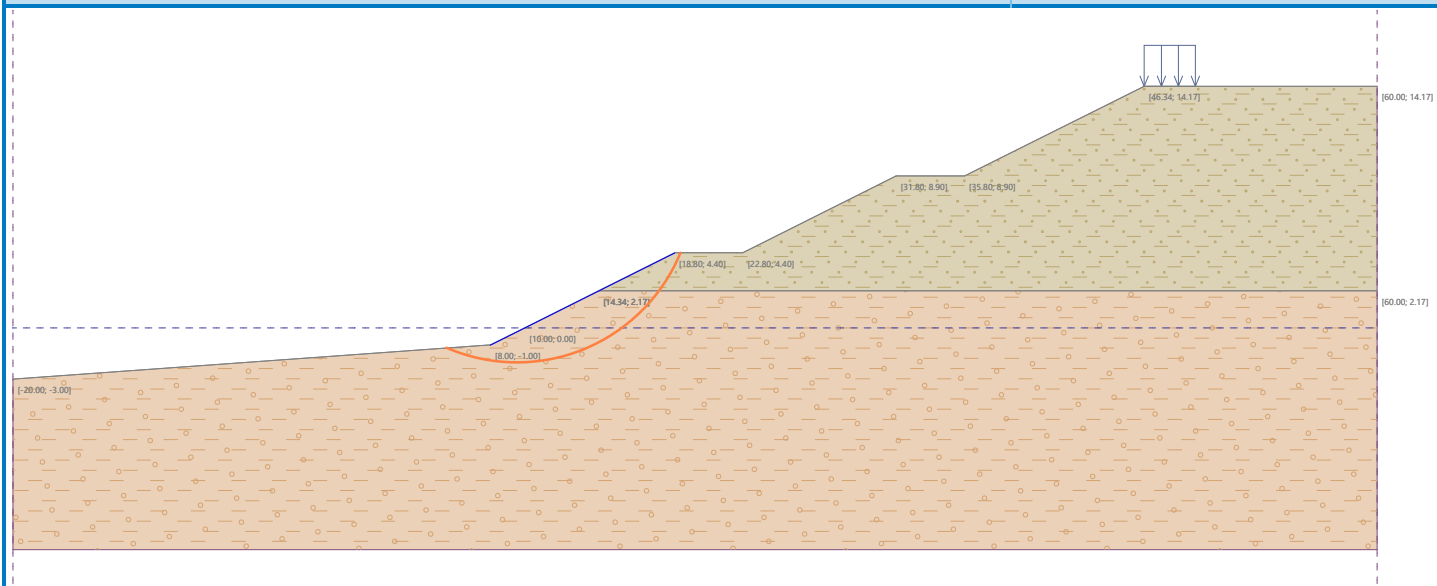
Stabilità di pendio ACCETTABILE

Combinazione 2

Uso : 82.6 %

Stabilità di pendio ACCETTABILE

Superficie di scivolamento ottimizzata per : Combinazione 1



Dati inseriti (Fase di costruzione 3)

Assegnazione e superfici

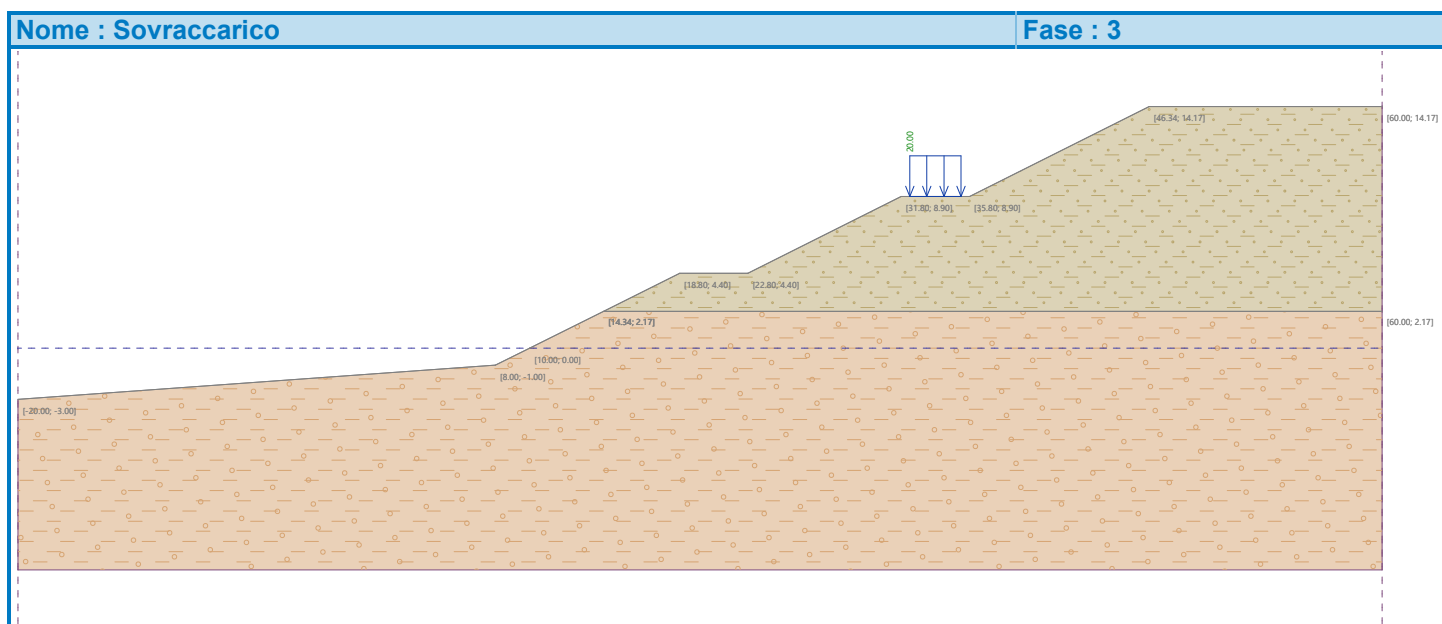
N.	Posizione della superficie	Coordinate dei punti della superficie [m]				Assegnato terreno
		x	z	x	z	
1		60.00	2.17	60.00	14.17	Orizzonte 1 - Argilla e limi sabbiosi
		46.34	14.17	35.80	8.90	
		31.80	8.90	22.80	4.40	
		18.80	4.40	14.34	2.17	
2		14.34	2.17	10.00	0.00	Orizzonte 2 - Sabbie e/o sabbio limose con ciottoli
		8.00	-1.00	-20.00	-3.00	
		-20.00	-13.00	60.00	-13.00	
		60.00	2.17			

Sovraccarico

N.	Sovraccarico		Tipo	Tipo di azione	Collocazione	Origine	Lunghezza	Larghezza	Pendenza	Ordine di grandezza		
	nuovo	modifica								q, q1, f, F	q2	unità
1	Sì		distribuito	variabile	sul terreno	x = 32.30	l = 3.00		0.00	20.00		kN/m ²

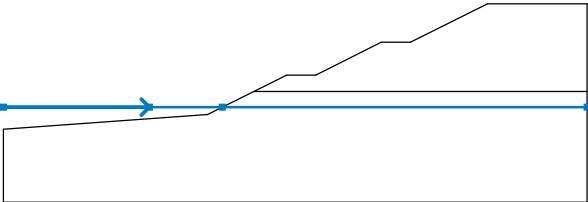
Sovraccarichi

N.	Nome
1	Sovraccarico



Acqua

Tipo di acqua : L.F.

N.	Collocazione L.F.	Coordinate dei punti della L.F. [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-20.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00
		60.00	0.00				

Frattura di trazione (Tensile crack)

Frattura di trazione non inserita.

Sisma

Sisma non incluso.

Impostazioni della fase di progetto

Situazione del progetto : permanente

Risultati (Fase di costruzione 3)

Analisi 1 (fase 3)

Superficie di scivolamento circolare

Parametri della superficie di scivolamento					
Centro :	x =	10.14 [m]	Angoli :	$\alpha_1 =$	-20.26 [°]
	z =	7.94 [m]		$\alpha_2 =$	68.41 [°]
Raggio :	R =	9.62 [m]			
Superficie di scivolamento dopo ottimizzazione.					

Segmenti che restringono la superficie di scivolamento

N.	Primo punto		Secondo punto	
	x [m]	z [m]	x [m]	z [m]
1	8.00	-1.01	18.80	4.39

Restrizioni dei punti della superficie di scivolamento circolare

Verifica stabilità del pendio (Morgenstern-Price)

Combinazione 1

Uso : 82.7 %

Stabilità di pendio ACCETTABILE

Combinazione 2

Uso : 82.7 %

Stabilità di pendio ACCETTABILE

Superficie di scivolamento ottimizzata per : Combinazione 1



Dati inseriti (Fase di costruzione 4)

Assegnazione e superfici

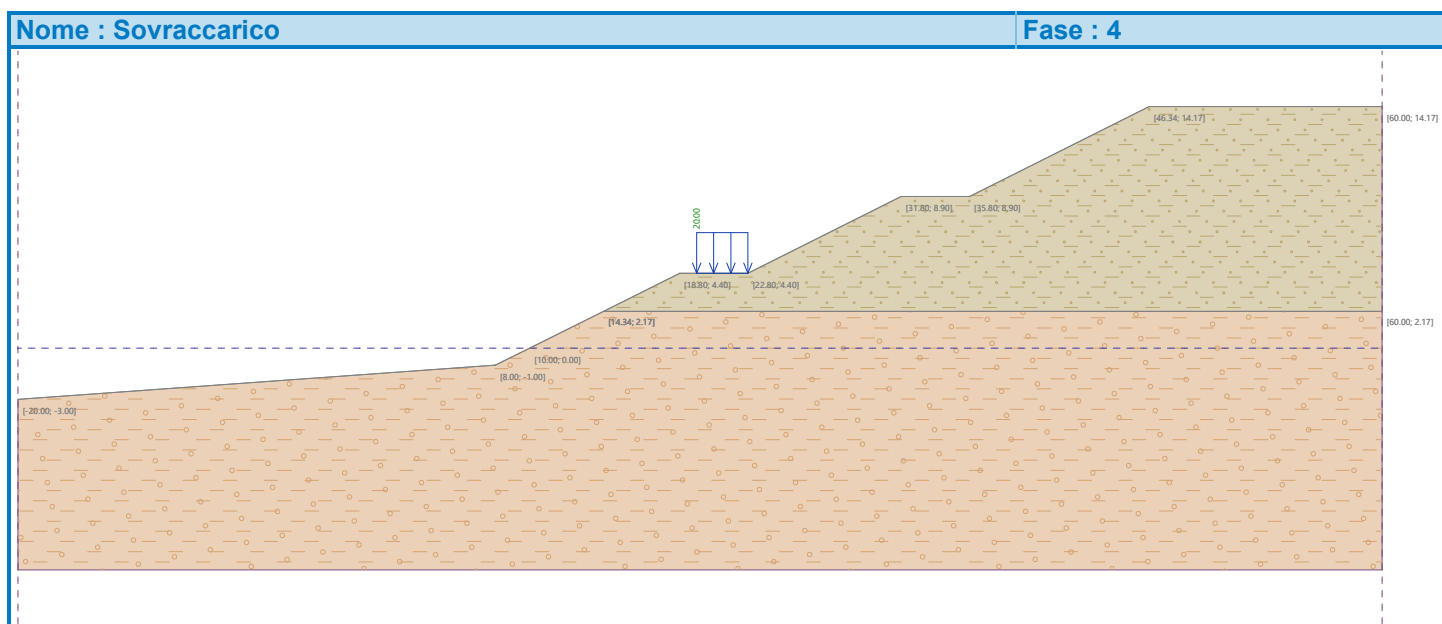
N.	Posizione della superficie	Coordinate dei punti della superficie [m]				Assegnato terreno
		x	z	x	z	
1		60.00	2.17	60.00	14.17	Orizzonte 1 - Argilla e limi sabbiosi
		46.34	14.17	35.80	8.90	
		31.80	8.90	22.80	4.40	
		18.80	4.40	14.34	2.17	
2		14.34	2.17	10.00	0.00	Orizzonte 2 - Sabbie e/o sabbie limose con ciottoli
		8.00	-1.00	-20.00	-3.00	
		-20.00	-13.00	60.00	-13.00	
		60.00	2.17			

Sovraccarico

N.	Sovraccarico		Tipo	Tipo di azione	Collocazione	Origine	Lunghezza	Larghezza	Pendenza	Ordine di grandezza		
	nuovo	modifica								q, q1, f, F	q2	unità
1	Sì		distribuito	variabile	sul terreno	x = 19.80	l = 3.00		0.00	20.00		kN/m ²

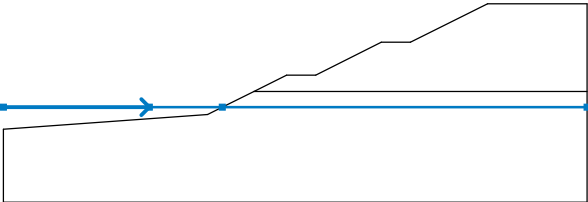
Sovraccarichi

N.	Nome
1	Sovraccarico



Acqua

Tipo di acqua : L.F.

N.	Collocazione L.F.	Coordinate dei punti della L.F. [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-20.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00
		60.00	0.00				

Frattura di trazione (Tensile crack)

Frattura di trazione non inserita.

Sisma

Sisma non incluso.

Impostazioni della fase di progetto

Situazione del progetto : permanente

Risultati (Fase di costruzione 4)

Analisi 1 (fase 4)

Superficie di scivolamento circolare

Parametri della superficie di scivolamento					
Centro :	x =	9.69 [m]	Angoli :	$\alpha_1 =$	-21.23 [°]
	z =	10.73 [m]		$\alpha_2 =$	60.39 [°]
Raggio :	R =	12.81 [m]			
Superficie di scivolamento dopo ottimizzazione.					

Segmenti che restringono la superficie di scivolamento

N.	Primo punto		Secondo punto	
	x [m]	z [m]	x [m]	z [m]
1	8.00	-1.01	18.80	4.39

Restrizioni dei punti della superficie di scivolamento circolare

Verifica stabilità del pendio (Morgenstern-Price)

Combinazione 1

Uso : 83.4 %

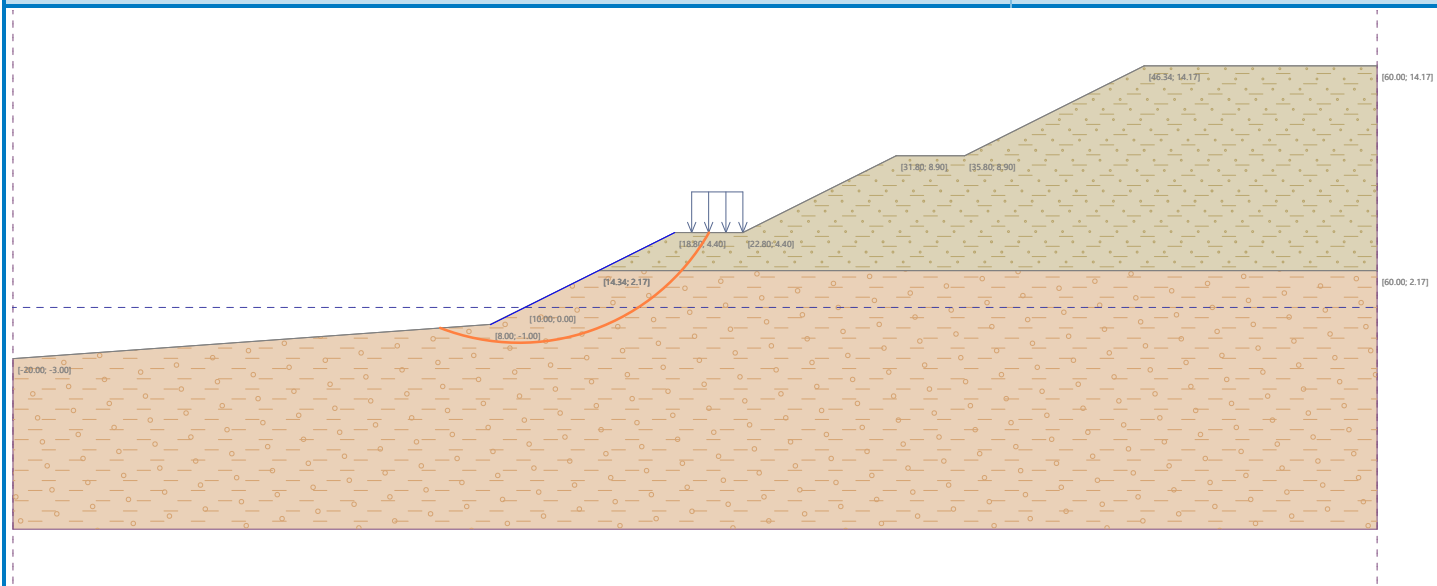
Stabilità di pendio ACCETTABILE

Combinazione 2

Uso : 83.4 %

Stabilità di pendio ACCETTABILE

Superficie di scivolamento ottimizzata per : Combinazione 1



Dati inseriti (Fase di costruzione 5)

Assegnazione e superfici

N.	Posizione della superficie	Coordinate dei punti della superficie [m]				Assegnato terreno
		x	z	x	z	
1		60.00	2.17	60.00	14.17	Orizzonte 1 - Argilla e limi sabbiosi
		46.34	14.17	35.80	8.90	
		31.80	8.90	22.80	4.40	
		18.80	4.40	14.34	2.17	
2		14.34	2.17	10.00	0.00	Orizzonte 2 - Sabbie e/o sabbio limose con ciottoli
		8.00	-1.00	-20.00	-3.00	
		-20.00	-13.00	60.00	-13.00	
		60.00	2.17			

Acqua

Tipo di acqua : L.F.

N.	Collocazione L.F.	Coordinate dei punti della L.F. [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-20.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00
		60.00	0.00				

Frattura di trazione (Tensile crack)

Frattura di trazione non inserita.

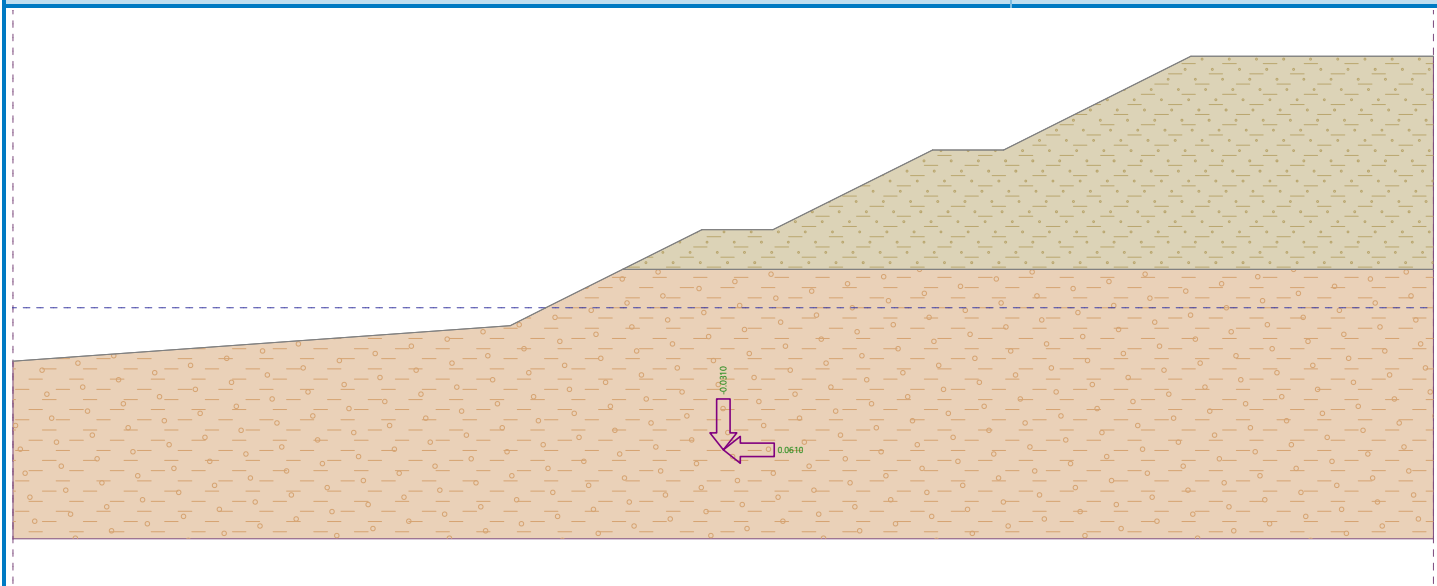
Sisma

Coefficiente sismico orizzontale : $K_h = 0.0610$

Coefficiente sismico verticale : $K_v = -0.0310$

Nome : Sisma

Fase : 5



Impostazioni della fase di progetto

Situazione del progetto : sismico

Risultati (Fase di costruzione 5)

Analisi 1 (fase 5)

Superficie di scivolamento circolare

Parametri della superficie di scivolamento						
Centro :	x =	8.69 [m]	Angoli :	$\alpha_1 =$	-13.38 [°]	
	z =	11.08 [m]		$\alpha_2 =$	57.93 [°]	
Raggio :	R =	12.58 [m]				
Superficie di scivolamento dopo ottimizzazione.						

Segmenti che restringono la superficie di scivolamento

N.	Primo punto		Secondo punto	
	x [m]	z [m]	x [m]	z [m]
1	8.00	-1.01	18.80	4.39

Restrizioni dei punti della superficie di scivolamento circolare

Verifica stabilità del pendio (Morgenstern-Price)

Combinazione 1

Uso : 80.8 %

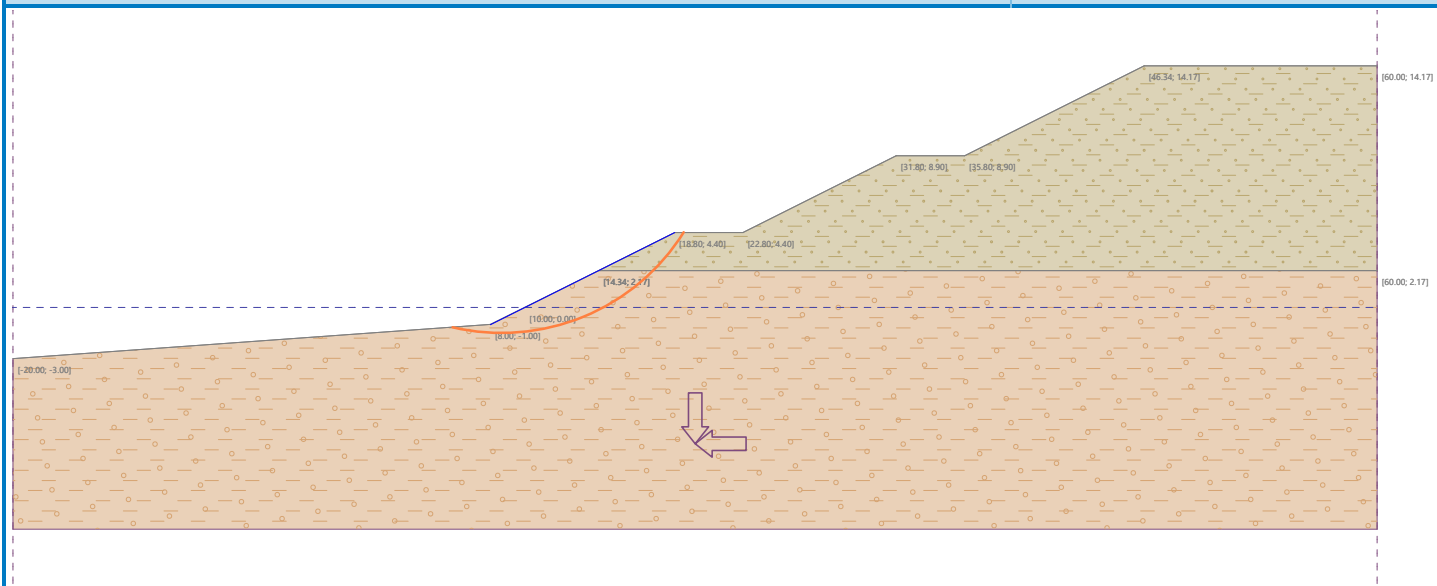
Stabilità di pendio ACCETTABILE

Combinazione 2

Uso : 80.8 %

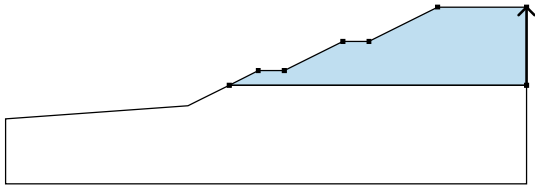
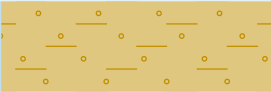
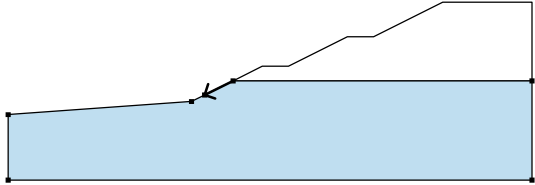

Stabilità di pendio ACCETTABILE

Superficie di scivolamento ottimizzata per : Combinazione 1



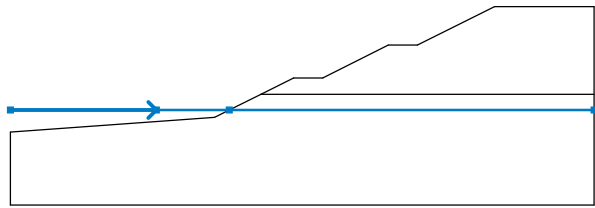
Dati inseriti (Fase di costruzione 6)

Assegnazione e superfici

N.	Posizione della superficie	Coordinate dei punti della superficie [m]				Assegnato terreno
		x	z	x	z	
1		60.00	2.17	60.00	14.17	Orizzonte 1 - Argilla e limi sabbiosi 
		46.34	14.17	35.80	8.90	
		31.80	8.90	22.80	4.40	
		18.80	4.40	14.34	2.17	
2		14.34	2.17	10.00	0.00	Orizzonte 2 - Sabbie e/o sabbie limose con ciottoli 
		8.00	-1.00	-20.00	-3.00	
		-20.00	-13.00	60.00	-13.00	
		60.00	2.17			

Acqua

Tipo di acqua : L.F.

N.	Collocazione L.F.	Coordinate dei punti della L.F. [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-20.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00
		60.00	0.00				

Frattura di trazione (Tensile crack)

Frattura di trazione non inserita.

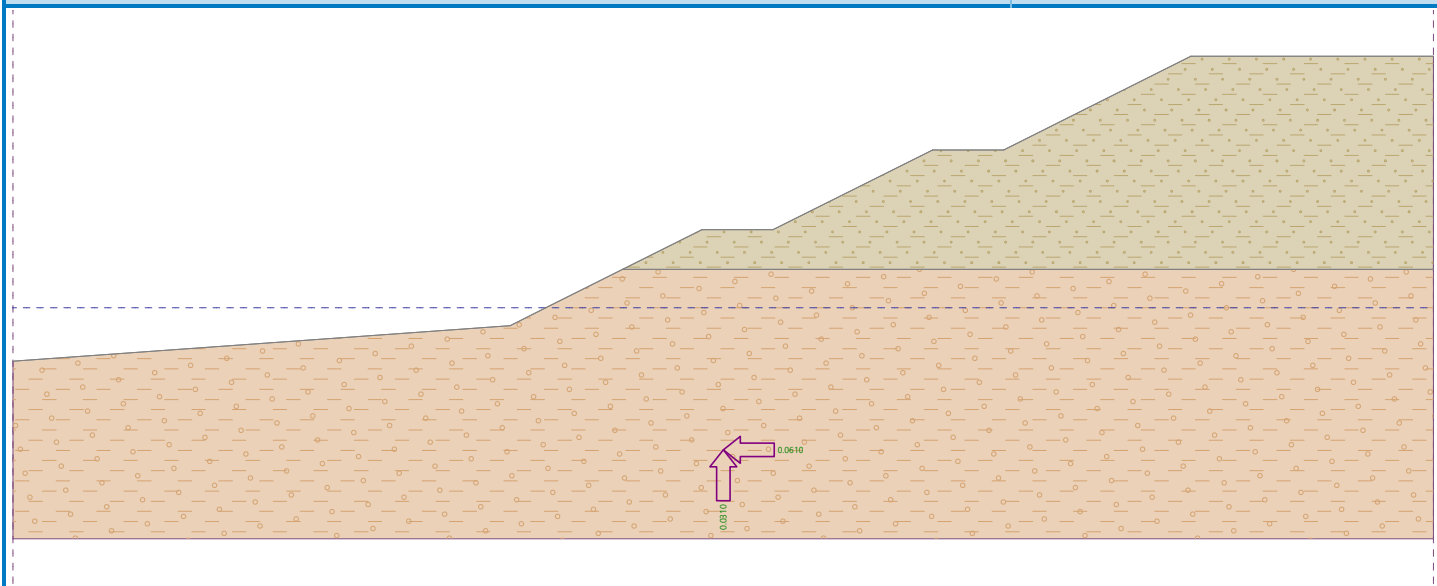
Sisma

Coefficiente sismico orizzontale : $K_h = 0.0610$

Coefficiente sismico verticale : $K_v = 0.0310$

Nome : Sisma

Fase : 6



Impostazioni della fase di progetto

Situazione del progetto : sismico

Risultati (Fase di costruzione 6)

Analisi 1 (fase 6)

Superficie di scivolamento circolare

Parametri della superficie di scivolamento						
Centro :	x =	8.71 [m]	Angoli :	$\alpha_1 =$	-13.75 [°]	
	z =	11.19 [m]		$\alpha_2 =$	57.74 [°]	
Raggio :	R =	12.72 [m]				
Superficie di scivolamento dopo ottimizzazione.						

Segmenti che restringono la superficie di scivolamento

N.	Primo punto		Secondo punto	
	x [m]	z [m]	x [m]	z [m]
1	8.00	-1.01	18.80	4.39

Restrizioni dei punti della superficie di scivolamento circolare

Verifica stabilità del pendio (Morgenstern-Price)

Combinazione 1

Uso : 82.0 %

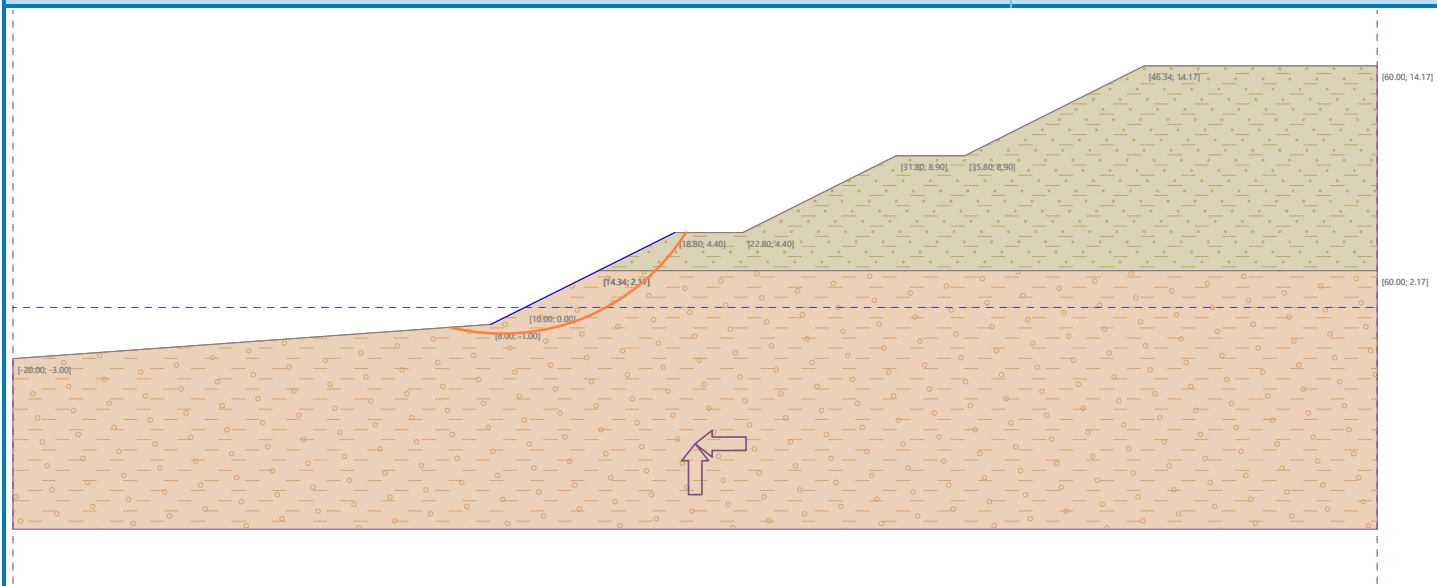
Stabilità di pendio ACCETTABILE

Combinazione 2

Uso : 82.0 %

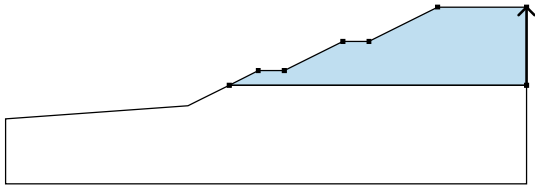
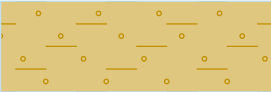
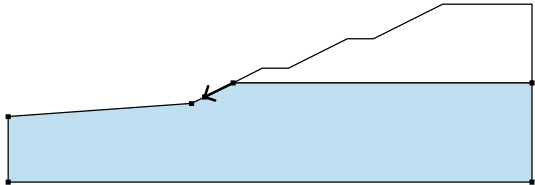

Stabilità di pendio ACCETTABILE

Superficie di scivolamento ottimizzata per : Combinazione 1



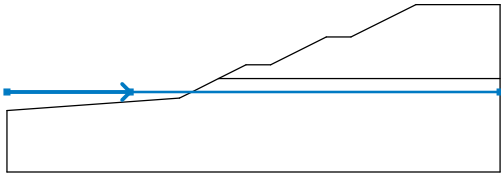
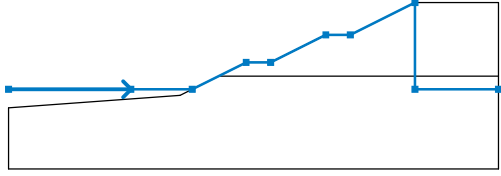
Dati inseriti (Fase di costruzione 7)

Assegnazione e superfici

N.	Posizione della superficie	Coordinate dei punti della superficie [m]				Assegnato terreno
		x	z	x	z	
1		60.00	2.17	60.00	14.17	Orizzonte 1 - Argilla e limi sabbiosi 
		46.34	14.17	35.80	8.90	
		31.80	8.90	22.80	4.40	
		18.80	4.40	14.34	2.17	
2		14.34	2.17	10.00	0.00	Orizzonte 2 - Sabbie e/o sabbio limose con ciottoli 
		8.00	-1.00	-20.00	-3.00	
		-20.00	-13.00	60.00	-13.00	
		60.00	2.17			

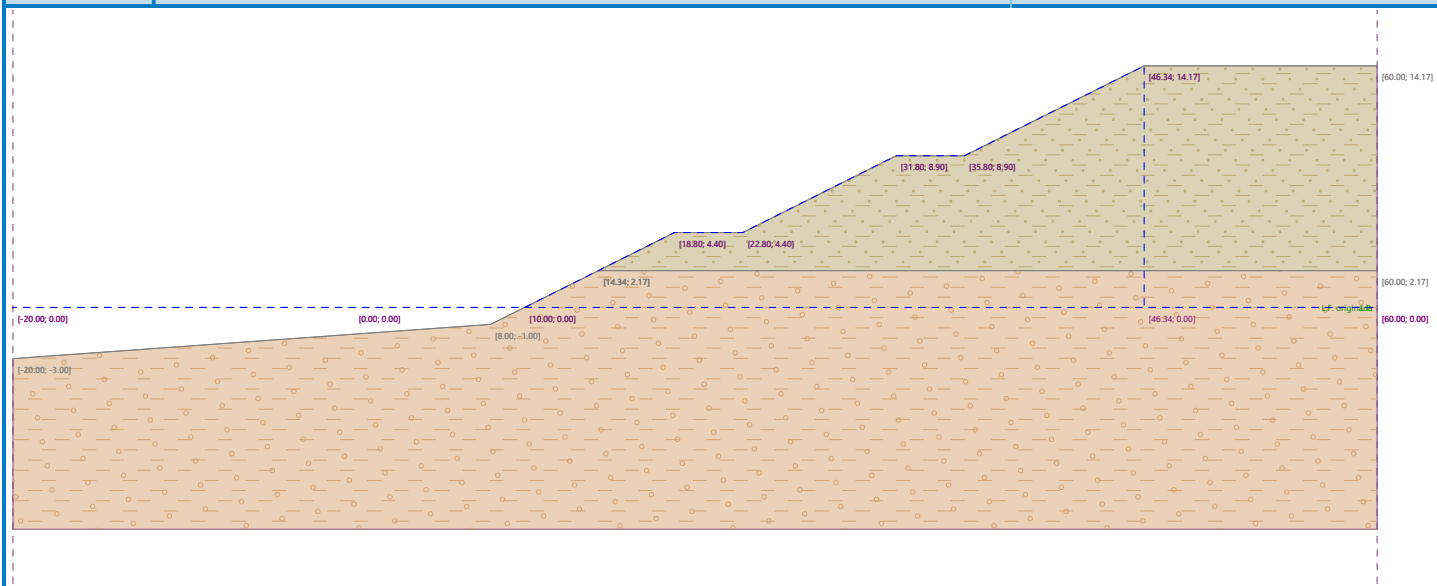
Acqua

Tipo di acqua : Rapido calo di livello

Interfaccia	Collocazione della superficie	Coordinate dei punti della superficie [m]					
		x	z	x	z	x	z
L.F. originaria		-20.00	0.00	0.00	0.00	60.00	0.00
L.F.		-20.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00
		18.80	4.40	22.80	4.40	31.80	8.90
		35.80	8.90	46.34	14.17	46.34	0.00
		60.00	0.00				

Nome : Acqua

Fase : 7



Frattura di trazione (Tensile crack)

Frattura di trazione non inserita.

Sisma

Sisma non incluso.

Impostazioni della fase di progetto

Situazione del progetto : permanente

Risultati (Fase di costruzione 7)

Analisi 1 (fase 7)

Superficie di scivolamento circolare

Parametri della superficie di scivolamento						
Centro :	x =	8.24 [m]	Angoli :	$\alpha_1 =$	-11.32 [°]	
	z =	14.23 [m]		$\alpha_2 =$	51.35 [°]	
Raggio :	R =	15.74 [m]				
Superficie di scivolamento dopo ottimizzazione.						

Segmenti che restringono la superficie di scivolamento

N.	Primo punto		Secondo punto	
	x [m]	z [m]	x [m]	z [m]
1	8.00	-1.01	18.80	4.39

Restrizioni dei punti della superficie di scivolamento circolare

Verifica stabilità del pendio (Morgenstern-Price)

Combinazione 1

Uso : 128.1 %

Stabilità di pendio NON ACCETTABILE

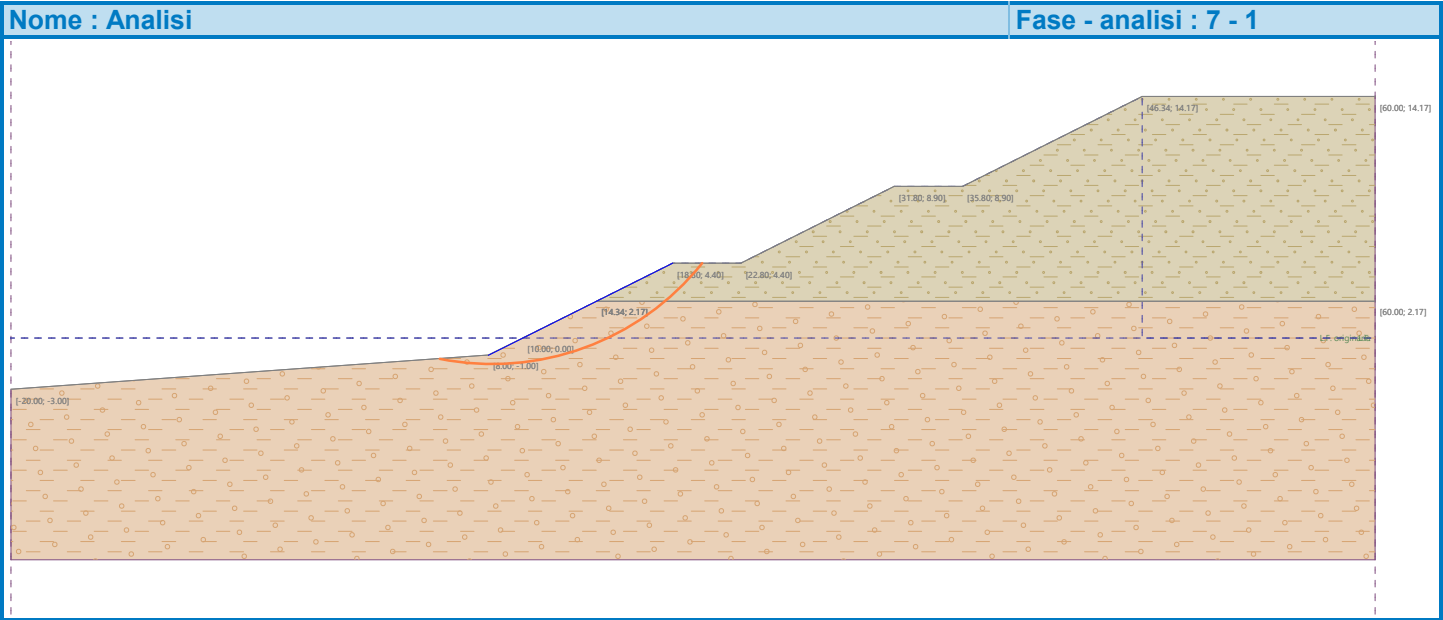
Combinazione 2



Uso : 128.1 %

Stabilità di pendio NON ACCETTABILE

Superficie di scivolamento ottimizzata per : Combinazione 1



Analisi di stabilità di versanti e pendii

Inserisci dati

Progetto

Data : 11/23/2021

Impostazioni

(inserimento per l'incarico corrente)

Analisi stabilità

Analisi sismica : Standard

Metodologia di verifica : secondo lo standard EN 1997

Approccio progettuale : 1 - riduzione delle azioni e parametri del terreno

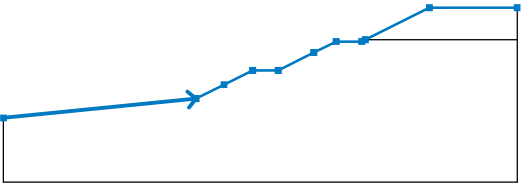
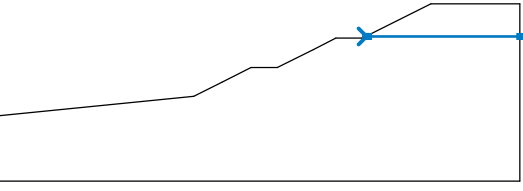
Coefficienti parziali per le azioni (A)					
Situazione di progetto permanente					
		Combinazione 1		Combinazione 2	
		Sfavorevole	Favorevole	Sfavorevole	Favorevole
Coeff. parziale azioni permanenti :	$\gamma_G =$	1.30 [-]	0.80 [-]	1.30 [-]	0.80 [-]
Coeff. parziale azioni variabili :	$\gamma_Q =$	1.30 [-]	0.00 [-]	1.30 [-]	0.00 [-]
Carico idrico :	$\gamma_w =$	1.00 [-]		1.00 [-]	

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (M)			
Situazione di progetto permanente			
		Combinazione 1	Combinazione 2
Coeff. parziale angolo di resistenza al taglio :	$\gamma_\phi =$	1.00 [-]	1.00 [-]
Coeff. parziale della coesione efficace :	$\gamma_c =$	1.00 [-]	1.00 [-]
Coeff. parziale della resistenza non drenata :	$\gamma_{cu} =$	1.00 [-]	1.00 [-]

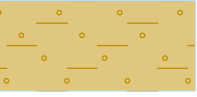

Coefficienti parziali per le azioni (A)					
Situazione di progetto sismico					
		Combinazione 1		Combinazione 2	
		Sfavorevole	Favorevole	Sfavorevole	Favorevole
Coeff. parziale azioni permanenti :	$\gamma_G =$	1.00 [-]	1.00 [-]	1.00 [-]	1.00 [-]
Coeff. parziale azioni variabili :	$\gamma_Q =$	1.00 [-]	0.00 [-]	1.00 [-]	0.00 [-]
Carico idrico :	$\gamma_w =$	1.00 [-]		1.00 [-]	

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (M)			
Situazione di progetto sismico			
		Combinazione 1	Combinazione 2
Coeff. parziale angolo di resistenza al taglio :	$\gamma_\phi =$	1.00 [-]	1.00 [-]
Coeff. parziale della coesione efficace :	$\gamma_c =$	1.00 [-]	1.00 [-]
Coeff. parziale della resistenza non drenata :	$\gamma_{cu} =$	1.00 [-]	1.00 [-]

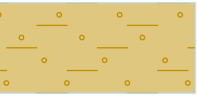

Interfaccia

N.	Collocazione dell'interfaccia	Coordinate dei punti dell'interfaccia [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-20.00	-3.00	10.00	0.00	14.34	2.17
		18.80	4.40	22.80	4.40	28.34	7.17
		31.80	8.90	35.80	8.90	36.34	9.17
		46.34	14.17	60.00	14.17		
2		36.34	9.17	36.50	9.17	36.79	9.17
		60.00	9.17				

Parametri del terreno - condizione di tensioni efficaci

N.	Nome	Retino	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]
1	Orizzonte 1 - Argilla e limi sabbiosi		27.00	8.00	17.00
2	Orizzonte 2 - Sabbie e/o sabbio limose con ciottoli		31.00	0.00	18.50

Parametri del terreno - sollevamento (uplift)

N.	Nome	Retino	γ_{sat} [kN/m³]	γ_s [kN/m³]	n [-]
1	Orizzonte 1 - Argilla e limi sabbiosi		18.00		
2	Orizzonte 2 - Sabbie e/o sabbio limose con ciottoli		19.60		

Parametri terreno

Orizzonte 1 - Argilla e limi sabbiosi

Peso unitario : $\gamma = 17.00 \text{ kN/m}^3$
 Tensione : efficace
 Angolo di attrito interno : $\varphi_{ef} = 27.00^\circ$
 Coesione del terreno : $c_{ef} = 8.00 \text{ kPa}$
 Peso unitario saturo : $\gamma_{sat} = 18.00 \text{ kN/m}^3$
 Coeff. di riduzione della pressione interstiziale : $X = 0.50$

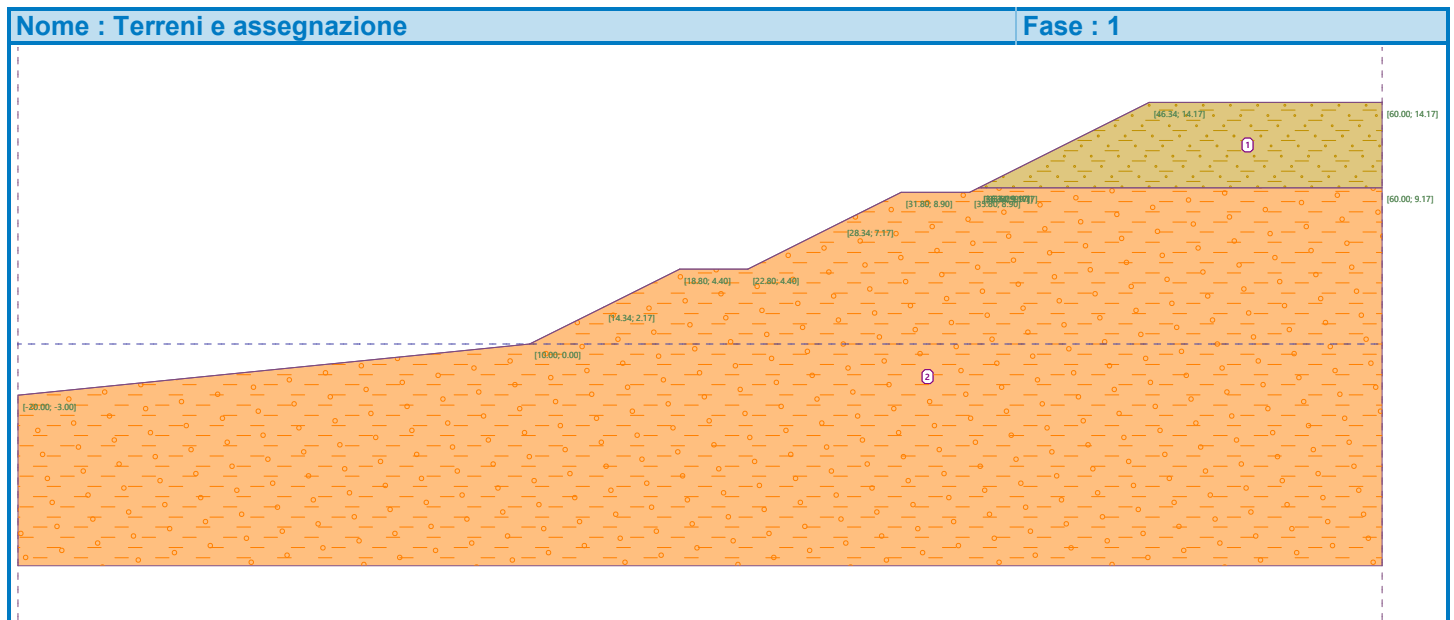
Orizzonte 2 - Sabbie e/o sabbio limose con ciottoli

Peso unitario : $\gamma = 18.50 \text{ kN/m}^3$

Tensione : efficace
Angolo di attrito interno : $\varphi_{ef} = 31.00^\circ$
Coesione del terreno : $c_{ef} = 0.00 \text{ kPa}$
Peso unitario saturo : $\gamma_{sat} = 19.60 \text{ kN/m}^3$
Coeff. di riduzione della pressione interstiziale : $X = 0.50$

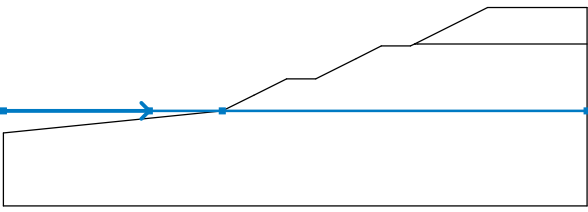
Assegnazione e superfici

N.	Posizione della superficie	Coordinate dei punti della superficie [m]				Assegnato terreno
		x	z	x	z	
1		36.50	9.17	36.79	9.17	Orizzonte 1 - Argilla e limi sabbiosi
		60.00	9.17	60.00	14.17	
		46.34	14.17	36.34	9.17	
2		36.79	9.17	36.50	9.17	Orizzonte 2 - Sabbie e/o sabbio limose con ciottoli
		36.34	9.17	35.80	8.90	
		31.80	8.90	28.34	7.17	
		22.80	4.40	18.80	4.40	
		14.34	2.17	10.00	0.00	
		-20.00	-3.00	-20.00	-13.00	
		60.00	-13.00	60.00	9.17	



Acqua

Tipo di acqua : L.F.

N.	Collocazione L.F.	Coordinate dei punti della L.F. [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-20.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00
		60.00	0.00				

Frattura di trazione (Tensile crack)

Frattura di trazione non inserita.

Sisma

Sisma non incluso.

Impostazioni della fase di progetto

Situazione del progetto : permanente

Risultati (Fase di costruzione 1)

Analisi 1 (fase 1)

Superficie di scivolamento circolare

Parametri della superficie di scivolamento					
Centro :	x =	7.54 [m]	Angoli :	$\alpha_1 =$	1.96 [°]
	z =	16.04 [m]		$\alpha_2 =$	44.21 [°]
Raggio :	R =	16.24 [m]			
Superficie di scivolamento dopo ottimizzazione.					

Segmenti che restringono la superficie di scivolamento

N.	Primo punto		Secondo punto	
	x [m]	z [m]	x [m]	z [m]
1	10.00	-0.01	18.80	4.39
2	22.80	4.39	31.80	8.89

Restrizioni dei punti della superficie di scivolamento circolare

Verifica stabilità del pendio (Morgenstern-Price)

Combinazione 1

Uso : 84.4 %

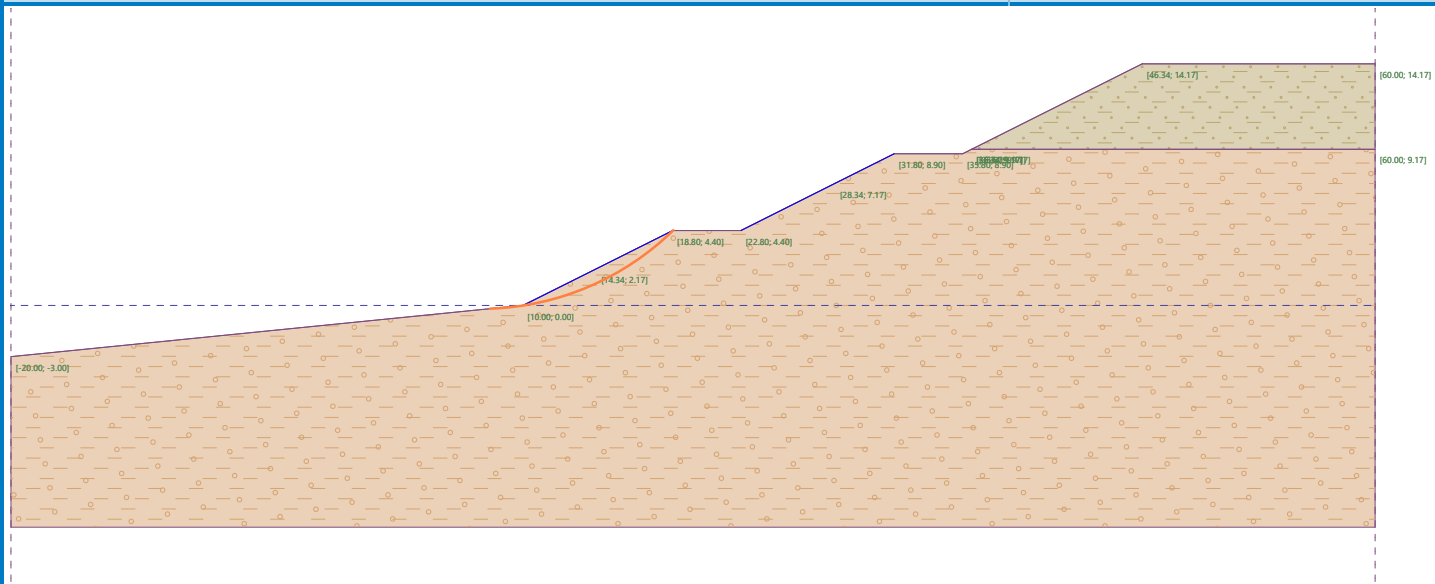
Stabilità di pendio ACCETTABILE

Combinazione 2

Uso : 84.4 %

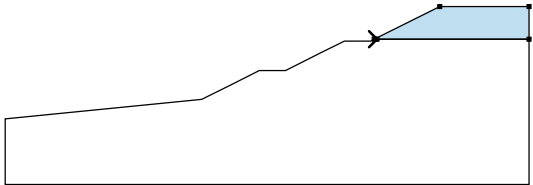
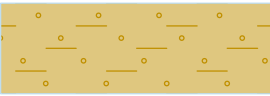
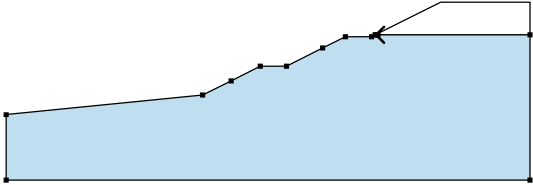

Stabilità di pendio ACCETTABILE

Superficie di scivolamento ottimizzata per : Combinazione 1



Dati inseriti (Fase di costruzione 2)

Assegnazione e superfici

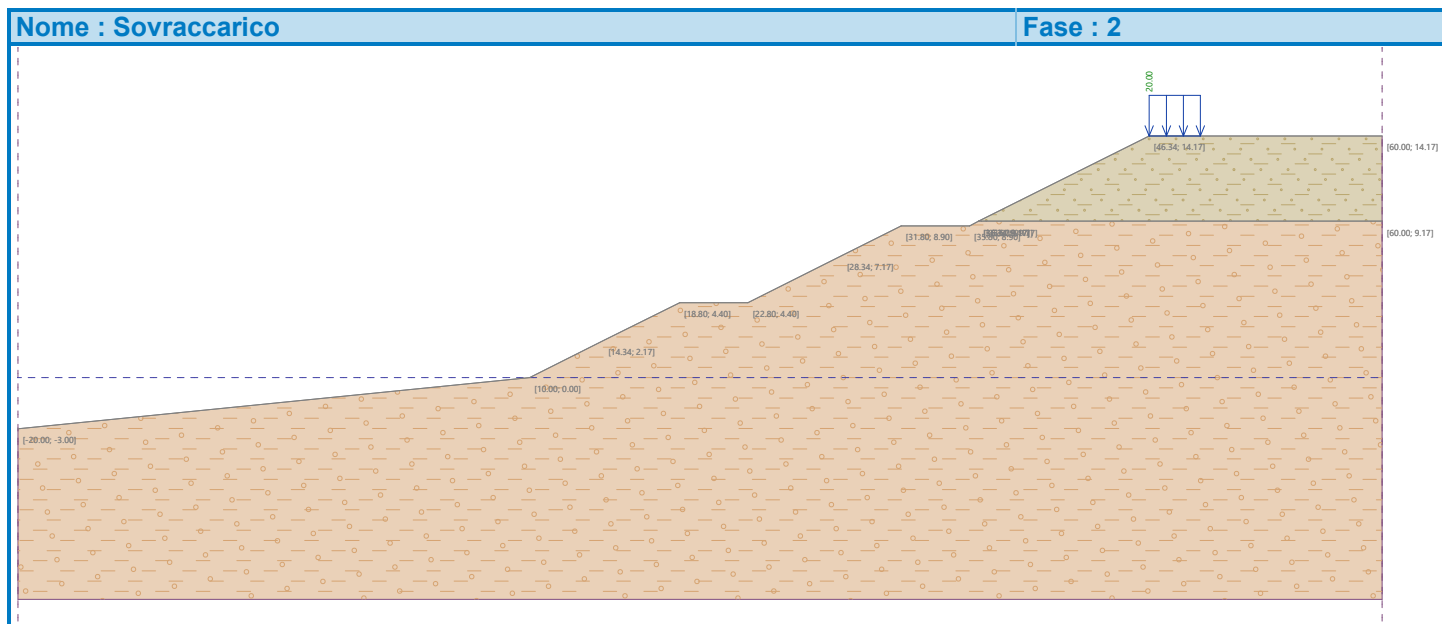
N.	Posizione della superficie	Coordinate dei punti della superficie [m]				Assegnato terreno
		x	z	x	z	
1		36.50	9.17	36.79	9.17	Orizzonte 1 - Argilla e limi sabbiosi 
		60.00	9.17	60.00	14.17	
		46.34	14.17	36.34	9.17	
2		36.79	9.17	36.50	9.17	Orizzonte 2 - Sabbie e/o sabbio limose con ciottoli 
		36.34	9.17	35.80	8.90	
		31.80	8.90	28.34	7.17	
		22.80	4.40	18.80	4.40	
		14.34	2.17	10.00	0.00	
		-20.00	-3.00	-20.00	-13.00	
		60.00	-13.00	60.00	9.17	

Sovraccarico

N.	Sovraccarico		Tipo	Tipo di azione	Collocazione	Origine	Lunghezza	Larghezza	Pendenza	Ordine di grandezza		
	nuovo	modifica								q, q1, f, F	q2	unità
1	Sì		distribuito	variabile	sul terreno	x = 46.34	l = 3.00		0.00	20.00		kN/m ²

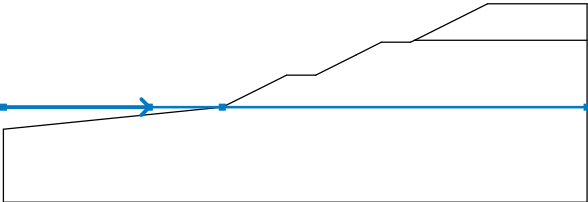
Sovraccarichi

N.	Nome
1	Sovraccarico



Acqua

Tipo di acqua : L.F.

N.	Collocazione L.F.	Coordinate dei punti della L.F. [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-20.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00
		60.00	0.00				

Frattura di trazione (Tensile crack)

Frattura di trazione non inserita.

Sisma

Sisma non incluso.

Impostazioni della fase di progetto

Situazione del progetto : permanente

Risultati (Fase di costruzione 2)

Analisi 1 (fase 2)

Superficie di scivolamento circolare

Parametri della superficie di scivolamento					
Centro :	x =	9.75 [m]	Angoli :	$\alpha_1 =$	-16.30 [°]
	z =	9.87 [m]		$\alpha_2 =$	59.00 [°]
Raggio :	R =	10.62 [m]			
Superficie di scivolamento dopo ottimizzazione.					

Segmenti che restringono la superficie di scivolamento

N.	Primo punto		Secondo punto	
	x [m]	z [m]	x [m]	z [m]
1	10.00	-0.01	18.80	4.39
2	22.80	4.39	31.80	8.89

Restrizioni dei punti della superficie di scivolamento circolare

Verifica stabilità del pendio (Morgenstern-Price)

Combinazione 1

Uso : 83.6 %

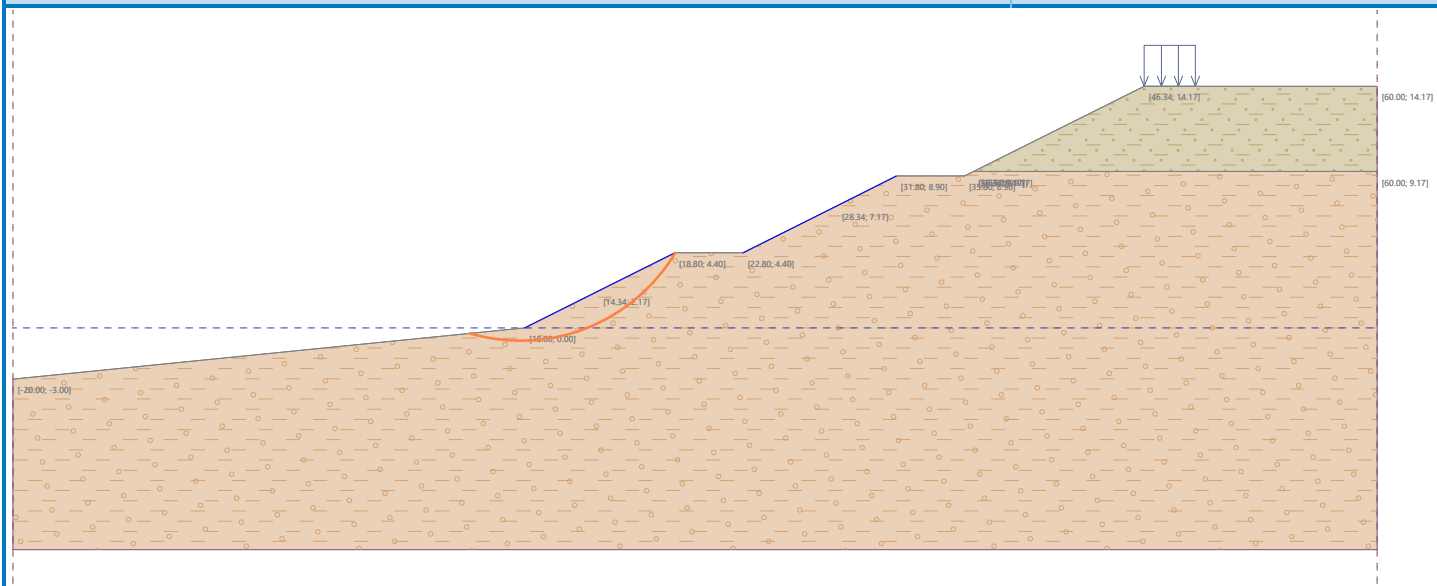
Stabilità di pendio ACCETTABILE

Combinazione 2

Uso : 83.6 %

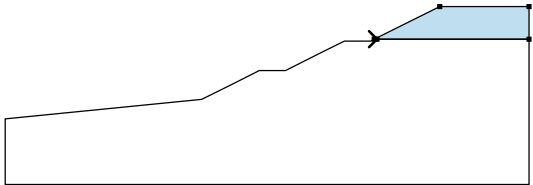
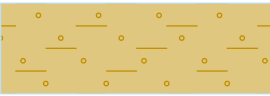
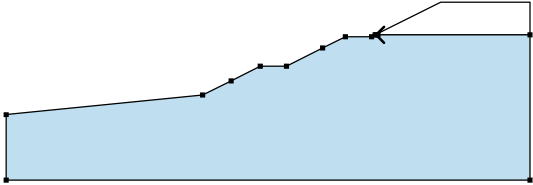

Stabilità di pendio ACCETTABILE

Superficie di scivolamento ottimizzata per : Combinazione 1



Dati inseriti (Fase di costruzione 3)

Assegnazione e superfici

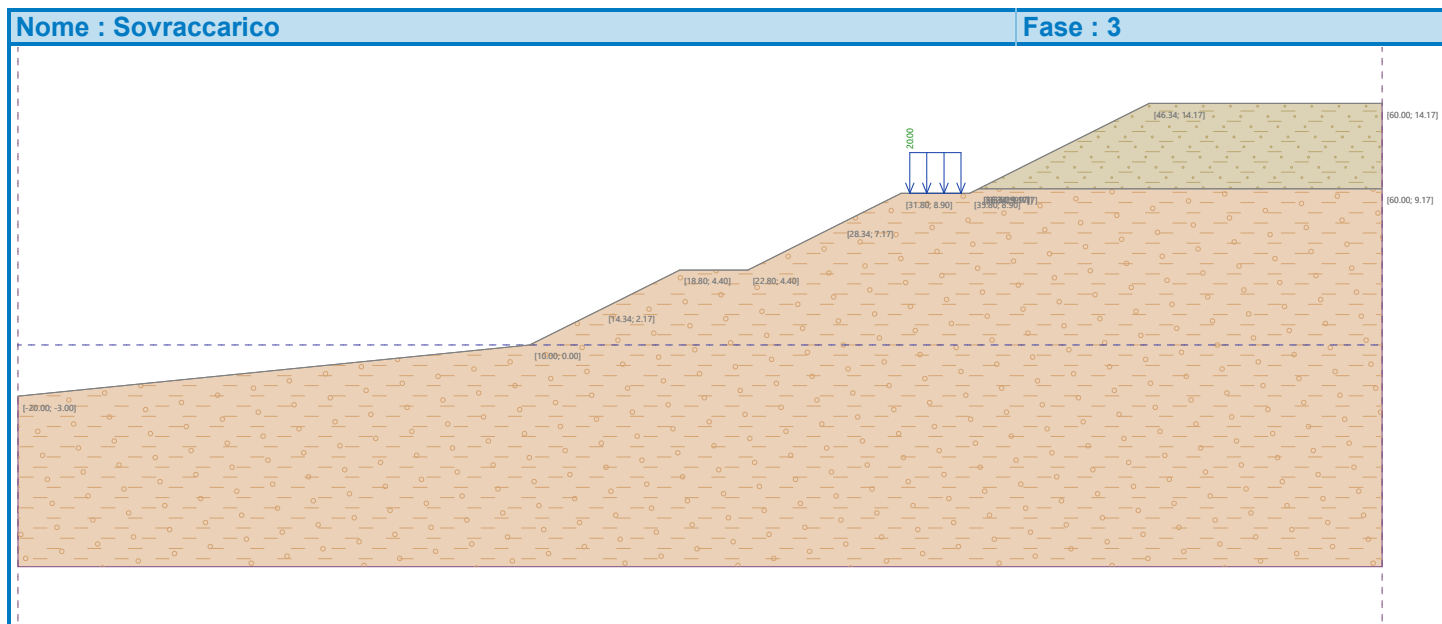
N.	Posizione della superficie	Coordinate dei punti della superficie [m]				Assegnato terreno
		x	z	x	z	
1		36.50	9.17	36.79	9.17	Orizzonte 1 - Argilla e limi sabbiosi 
		60.00	9.17	60.00	14.17	
		46.34	14.17	36.34	9.17	
2		36.79	9.17	36.50	9.17	Orizzonte 2 - Sabbie e/o sabbie limose con ciottoli 
		36.34	9.17	35.80	8.90	
		31.80	8.90	28.34	7.17	
		22.80	4.40	18.80	4.40	
		14.34	2.17	10.00	0.00	
		-20.00	-3.00	-20.00	-13.00	
		60.00	-13.00	60.00	9.17	

Sovraccarico

N.	Sovraccarico		Tipo	Tipo di azione	Collocazione	Origine	Lunghezza	Larghezza	Pendenza	Ordine di grandezza		
	nuovo	modifica								q, q1, f, F	q2	unità
1	Sì		distribuito	variabile	sul terreno	x = 32.30	l = 3.00		0.00	20.00		kN/m ²

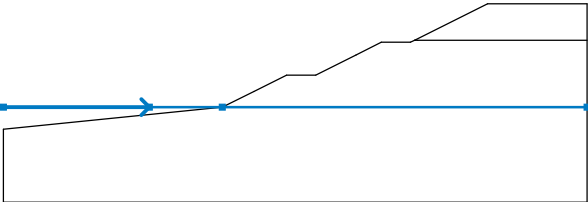
Sovraccarichi

N.	Nome
1	Sovraccarico



Acqua

Tipo di acqua : L.F.

N.	Collocazione L.F.	Coordinate dei punti della L.F. [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-20.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00
		60.00	0.00				

Frattura di trazione (Tensile crack)

Frattura di trazione non inserita.

Sisma

Sisma non incluso.

Impostazioni della fase di progetto

Situazione del progetto : permanente

Risultati (Fase di costruzione 3)

Analisi 1 (fase 3)

Superficie di scivolamento circolare

Parametri della superficie di scivolamento					
Centro :	x =	7.63 [m]	Angoli :	$\alpha_1 =$	2.04 [°]
	z =	15.87 [m]		$\alpha_2 =$	44.42 [°]
Raggio :	R =	16.06 [m]			
Superficie di scivolamento dopo ottimizzazione.					

Segmenti che restringono la superficie di scivolamento

N.	Primo punto		Secondo punto	
	x [m]	z [m]	x [m]	z [m]
1	10.00	-0.01	18.80	4.39
2	22.80	4.39	31.80	8.89

Restrizioni dei punti della superficie di scivolamento circolare

Verifica stabilità del pendio (Morgenstern-Price)

Combinazione 1

Uso : 84.4 %

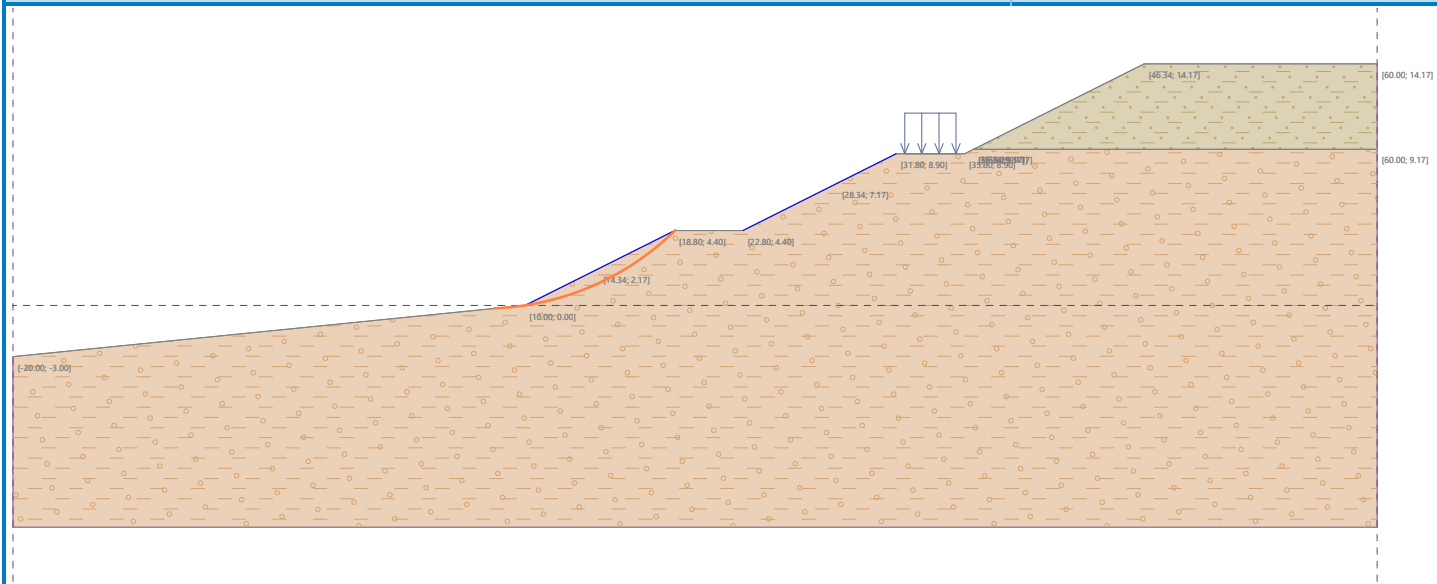
Stabilità di pendio ACCETTABILE

Combinazione 2

Uso : 84.4 %

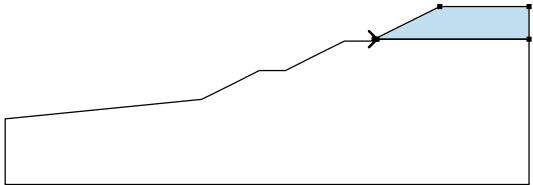
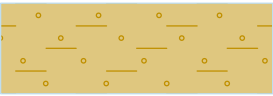
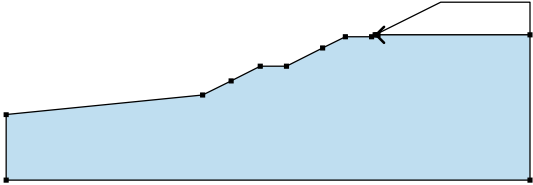

Stabilità di pendio ACCETTABILE

Superficie di scivolamento ottimizzata per : Combinazione 1



Dati inseriti (Fase di costruzione 4)

Assegnazione e superfici

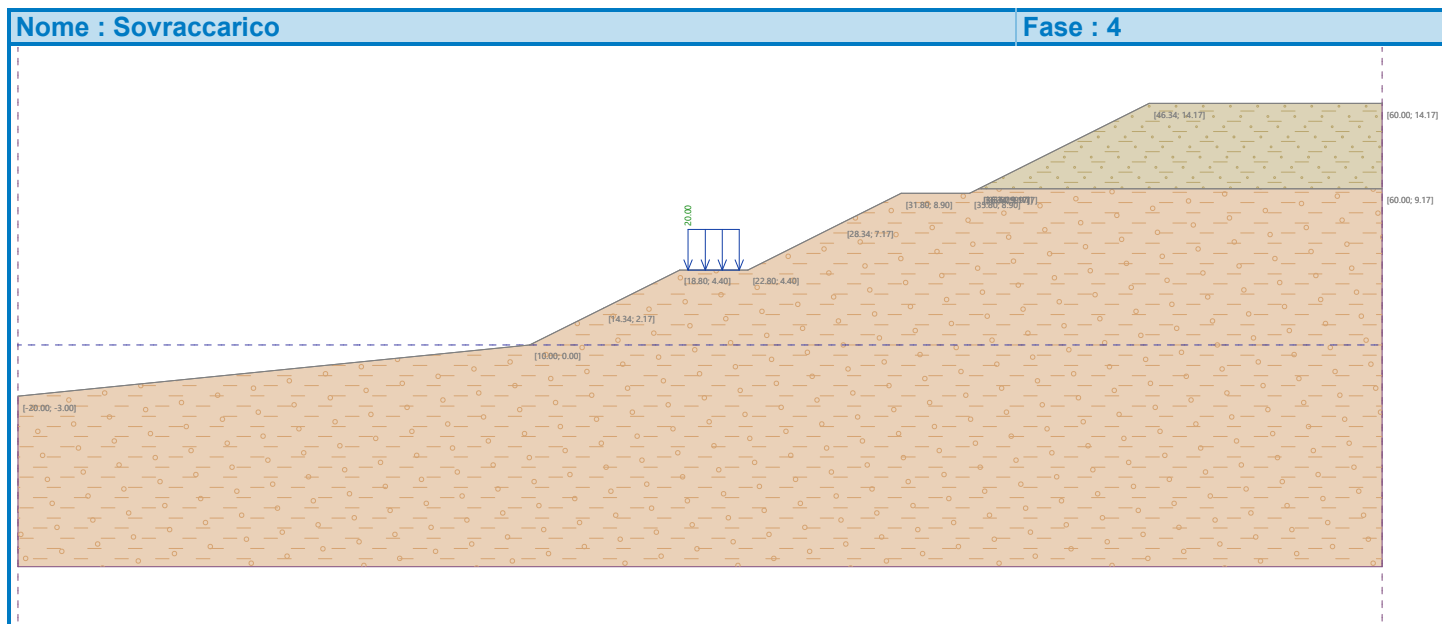
N.	Posizione della superficie	Coordinate dei punti della superficie [m]				Assegnato terreno
		x	z	x	z	
1		36.50	9.17	36.79	9.17	Orizzonte 1 - Argilla e limi sabbiosi 
		60.00	9.17	60.00	14.17	
		46.34	14.17	36.34	9.17	
2		36.79	9.17	36.50	9.17	Orizzonte 2 - Sabbie e/o sabbie limose con ciottoli 
		36.34	9.17	35.80	8.90	
		31.80	8.90	28.34	7.17	
		22.80	4.40	18.80	4.40	
		14.34	2.17	10.00	0.00	
		-20.00	-3.00	-20.00	-13.00	
		60.00	-13.00	60.00	9.17	

Sovraccarico

N.	Sovraccarico		Tipo	Tipo di azione	Collocazione	Origine	Lunghezza	Larghezza	Pendenza	Ordine di grandezza		
	nuovo	modifica								q, q1, f, F	q2	unità
1	Sì		distribuito	variabile	sul terreno	x = 19.30	l = 3.00		0.00	20.00		kN/m ²

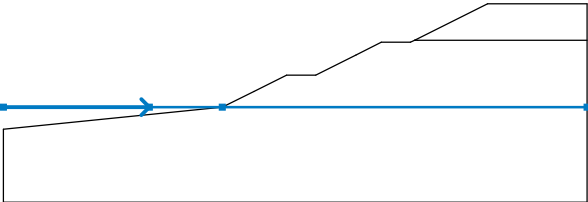
Sovraccarichi

N.	Nome
1	SOvraccarico



Acqua

Tipo di acqua : L.F.

N.	Collocazione L.F.	Coordinate dei punti della L.F. [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-20.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00
		60.00	0.00				

Frattura di trazione (Tensile crack)

Frattura di trazione non inserita.

Sisma

Sisma non incluso.

Impostazioni della fase di progetto

Situazione del progetto : permanente

Risultati (Fase di costruzione 4)

Analisi 1 (fase 4)

Superficie di scivolamento circolare

Parametri della superficie di scivolamento					
Centro :	x =	10.10 [m]	Angoli :	$\alpha_1 =$	-17.66 [°]
	z =	11.21 [m]		$\alpha_2 =$	55.88 [°]
Raggio :	R =	12.14 [m]			
Superficie di scivolamento dopo ottimizzazione.					

Segmenti che restringono la superficie di scivolamento

N.	Primo punto		Secondo punto	
	x [m]	z [m]	x [m]	z [m]
1	10.00	-0.01	18.80	4.39
2	22.80	4.39	31.80	8.89

Restrizioni dei punti della superficie di scivolamento circolare

Verifica stabilità del pendio (Morgenstern-Price)

Combinazione 1

Uso : 84.9 %

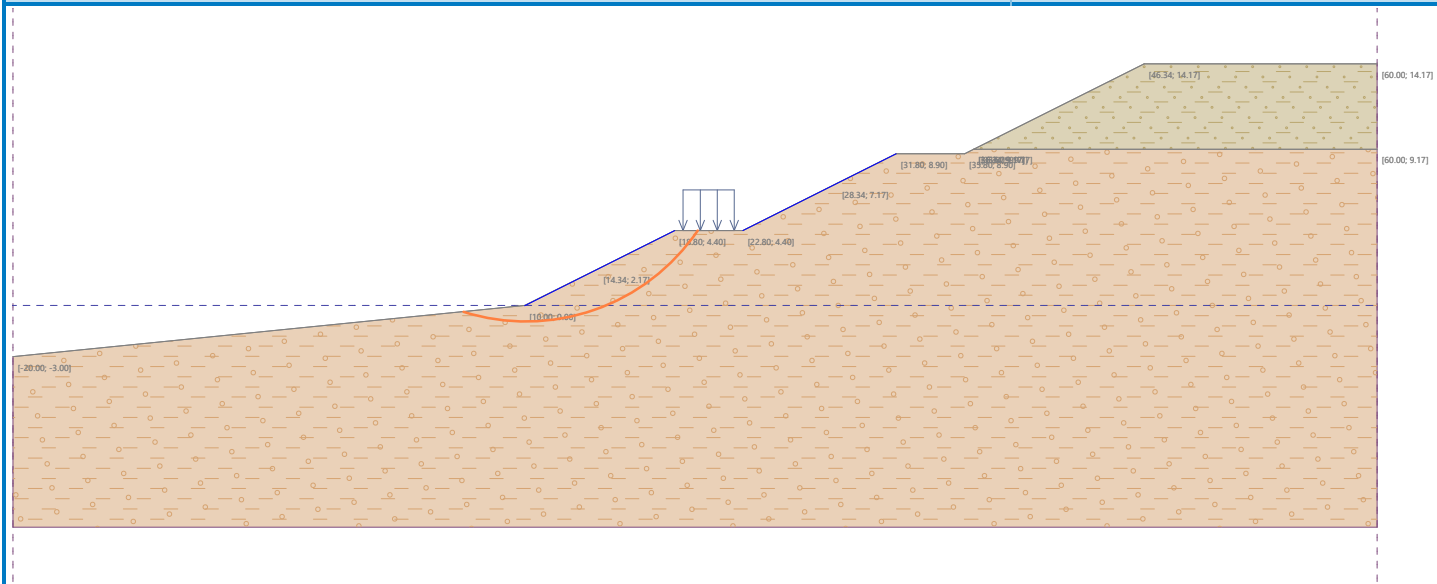
Stabilità di pendio ACCETTABILE

Combinazione 2

Uso : 84.9 %

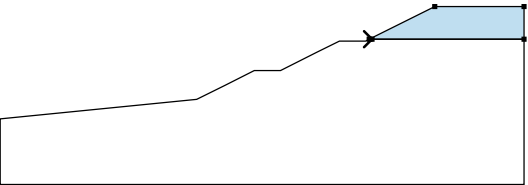
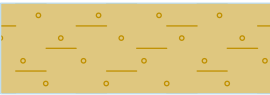
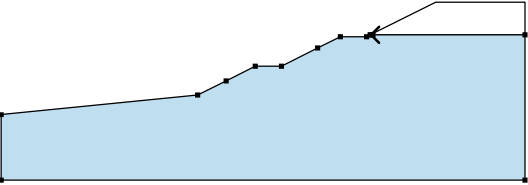
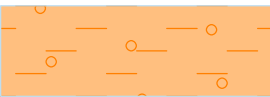
Stabilità di pendio ACCETTABILE

Superficie di scivolamento ottimizzata per : Combinazione 1



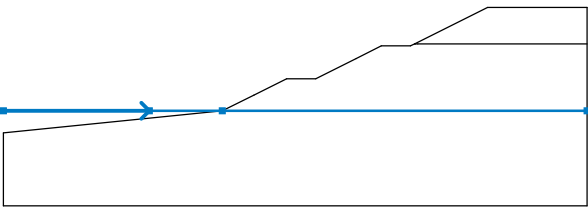
Dati inseriti (Fase di costruzione 5)

Assegnazione e superfici

N.	Posizione della superficie	Coordinate dei punti della superficie [m]				Assegnato terreno
		x	z	x	z	
1		36.50	9.17	36.79	9.17	Orizzonte 1 - Argilla e limi sabbiosi 
		60.00	9.17	60.00	14.17	
		46.34	14.17	36.34	9.17	
2		36.79	9.17	36.50	9.17	Orizzonte 2 - Sabbie e/o sabbio limose con ciottoli 
		36.34	9.17	35.80	8.90	
		31.80	8.90	28.34	7.17	
		22.80	4.40	18.80	4.40	
		14.34	2.17	10.00	0.00	
		-20.00	-3.00	-20.00	-13.00	
		60.00	-13.00	60.00	9.17	

Acqua

Tipo di acqua : L.F.

N.	Collocazione L.F.	Coordinate dei punti della L.F. [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-20.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00
		60.00	0.00				

Frattura di trazione (Tensile crack)

Frattura di trazione non inserita.

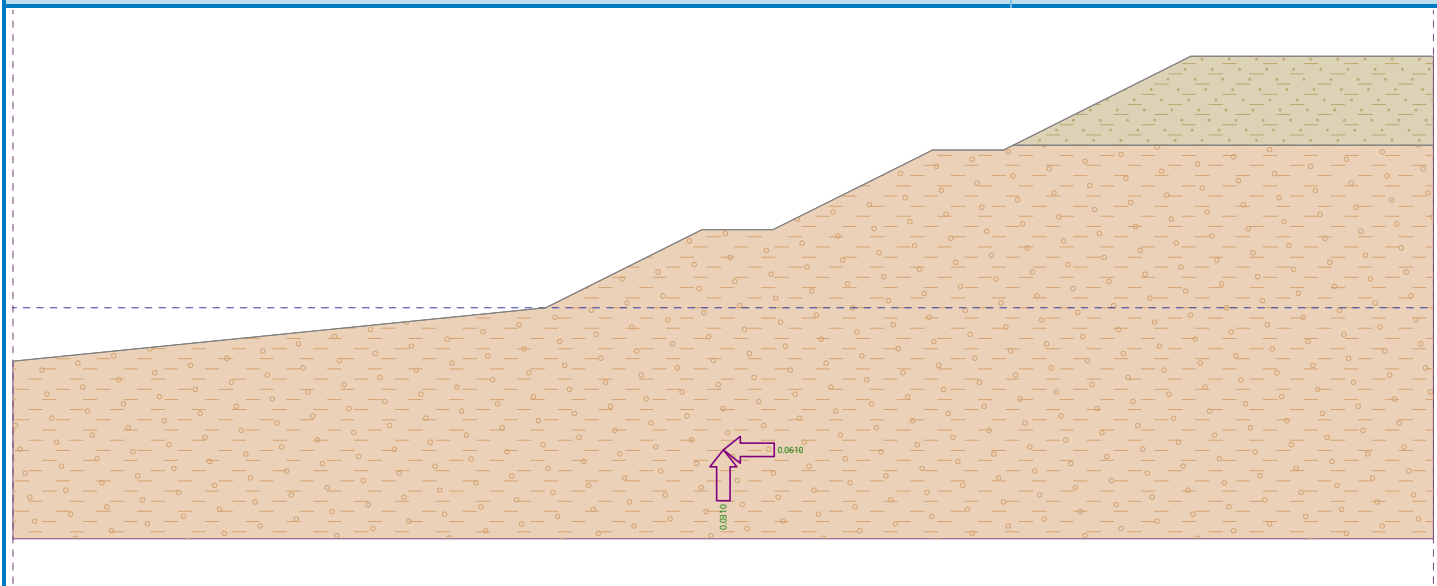
Sisma

Coefficiente sismico orizzontale : $K_h = 0.0610$

Coefficiente sismico verticale : $K_v = 0.0310$

Nome : Sisma

Fase : 5



Impostazioni della fase di progetto

Situazione del progetto : sismico

Risultati (Fase di costruzione 5)

Analisi 1 (fase 5)

Superficie di scivolamento circolare

Parametri della superficie di scivolamento						
Centro :	x =	7.01 [m]	Angoli :	$\alpha_1 =$	1.05 [°]	
	z =	17.17 [m]		$\alpha_2 =$	42.93 [°]	
Raggio :	R =	17.44 [m]				
Superficie di scivolamento dopo ottimizzazione.						

Segmenti che restringono la superficie di scivolamento

N.	Primo punto		Secondo punto	
	x [m]	z [m]	x [m]	z [m]
1	10.00	-0.01	18.80	4.39
2	22.80	4.39	31.80	8.89

Restrizioni dei punti della superficie di scivolamento circolare

Verifica stabilità del pendio (Morgenstern-Price)

Combinazione 1

Uso : 91.7 %

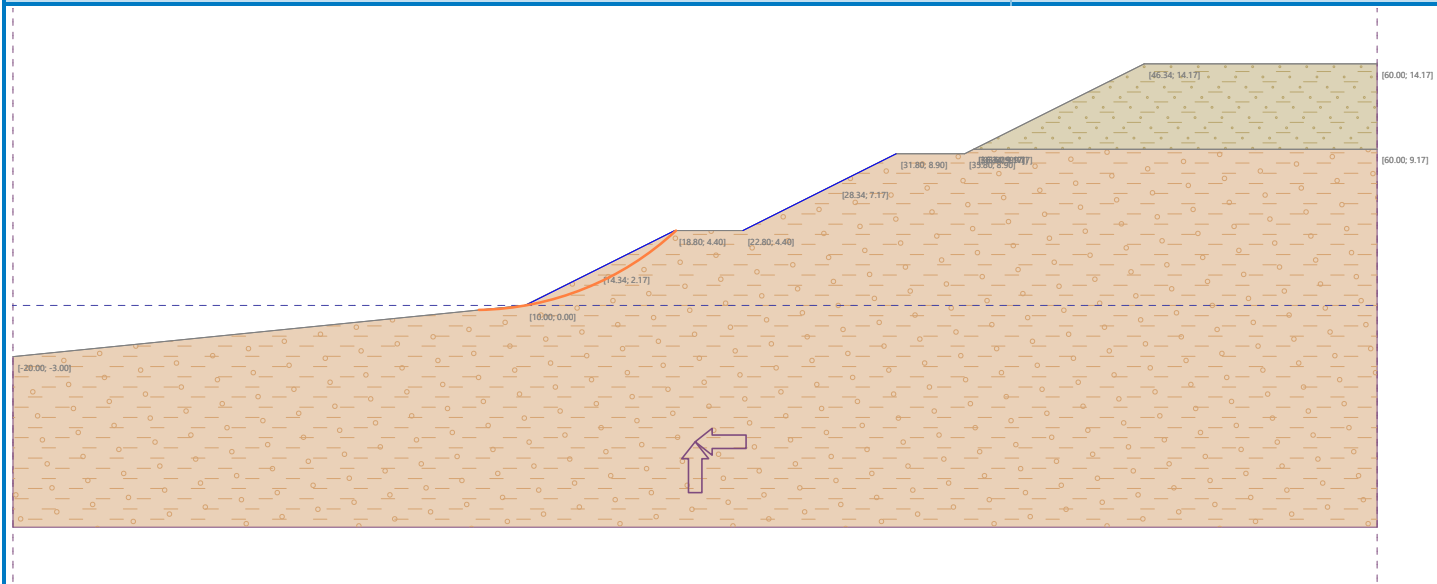
Stabilità di pendio ACCETTABILE

Combinazione 2

Uso : 91.7 %

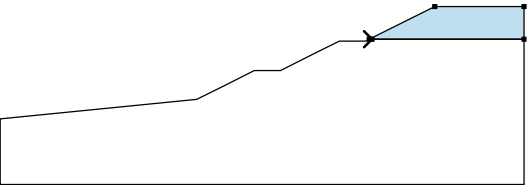
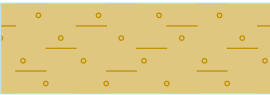
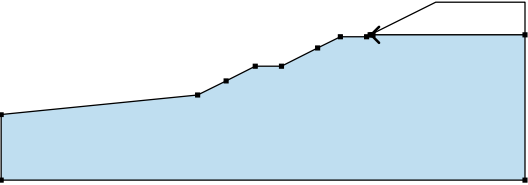
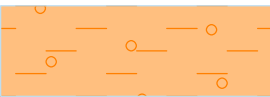
Stabilità di pendio ACCETTABILE

Superficie di scivolamento ottimizzata per : Combinazione 1



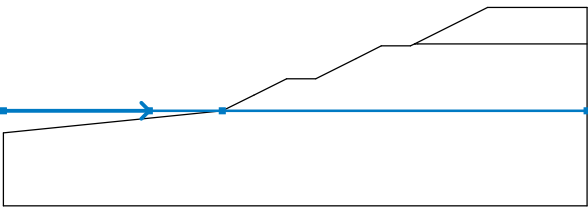
Dati inseriti (Fase di costruzione 6)

Assegnazione e superfici

N.	Posizione della superficie	Coordinate dei punti della superficie [m]				Assegnato terreno
		x	z	x	z	
1		36.50	9.17	36.79	9.17	Orizzonte 1 - Argilla e limi sabbiosi 
		60.00	9.17	60.00	14.17	
		46.34	14.17	36.34	9.17	
2		36.79	9.17	36.50	9.17	Orizzonte 2 - Sabbie e/o sabbio limose con ciottoli 
		36.34	9.17	35.80	8.90	
		31.80	8.90	28.34	7.17	
		22.80	4.40	18.80	4.40	
		14.34	2.17	10.00	0.00	
		-20.00	-3.00	-20.00	-13.00	
		60.00	-13.00	60.00	9.17	

Acqua

Tipo di acqua : L.F.

N.	Collocazione L.F.	Coordinate dei punti della L.F. [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-20.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00
		60.00	0.00				

Frattura di trazione (Tensile crack)

Frattura di trazione non inserita.

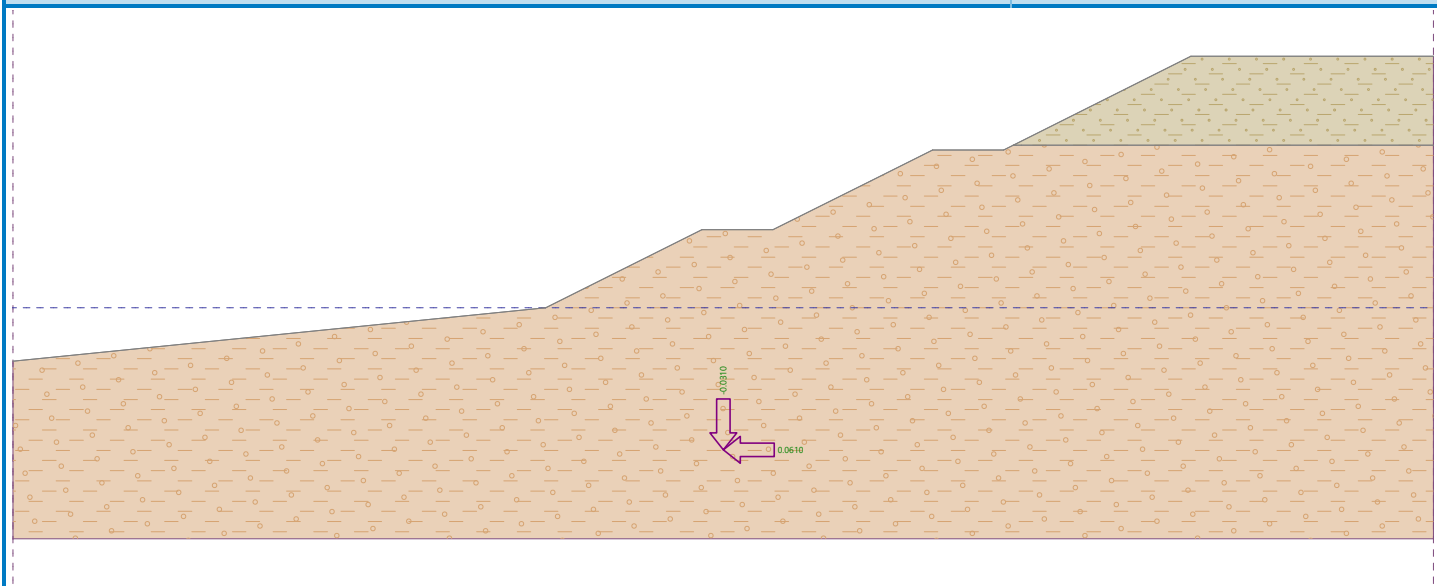
Sisma

Coefficiente sismico orizzontale : $K_h = 0.0610$

Coefficiente sismico verticale : $K_v = -0.0310$

Nome : Sisma

Fase : 6



Impostazioni della fase di progetto

Situazione del progetto : sismico

Risultati (Fase di costruzione 6)

Analisi 1 (fase 6)

Superficie di scivolamento circolare

Parametri della superficie di scivolamento						
Centro :	x =	8.19 [m]	Angoli :	$\alpha_1 =$	3.27 [°]	
	z =	14.84 [m]		$\alpha_2 =$	45.74 [°]	
Raggio :	R =	14.96 [m]				
Superficie di scivolamento dopo ottimizzazione.						

Segmenti che restringono la superficie di scivolamento

N.	Primo punto		Secondo punto	
	x [m]	z [m]	x [m]	z [m]
1	10.00	-0.01	18.80	4.39
2	22.80	4.39	31.80	8.89

Restrizioni dei punti della superficie di scivolamento circolare

Verifica stabilità del pendio (Morgenstern-Price)

Combinazione 1

Uso : 90.0 %

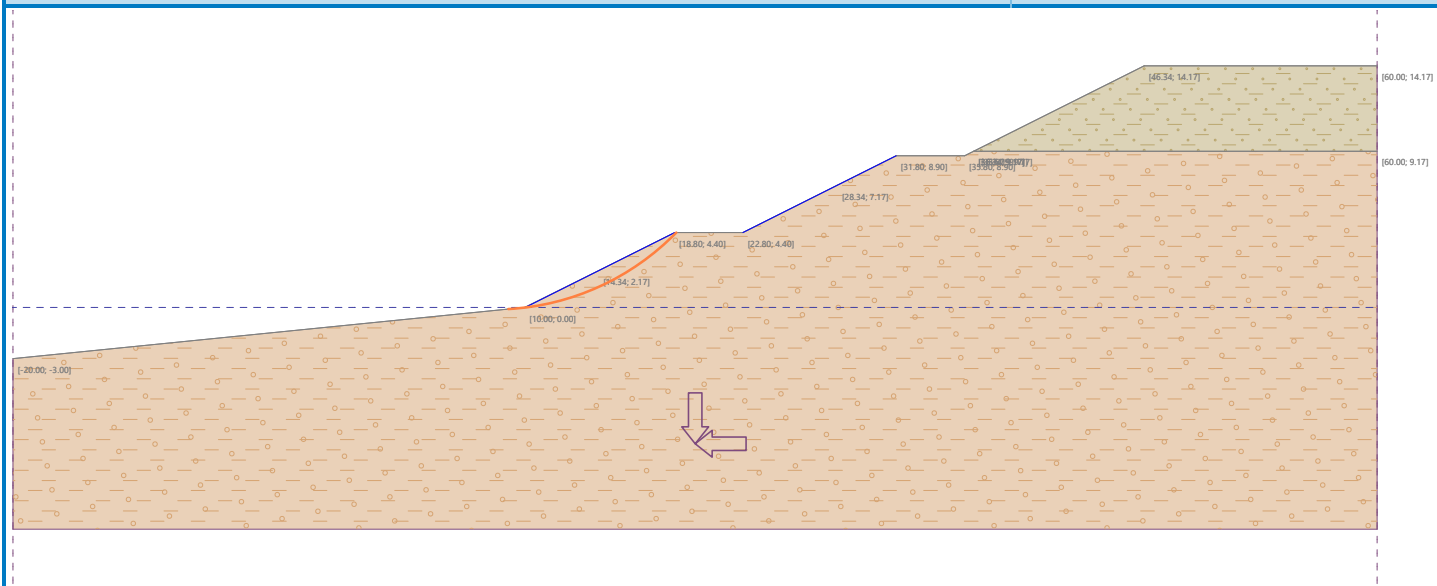
Stabilità di pendio ACCETTABILE

Combinazione 2

Uso : 90.0 %

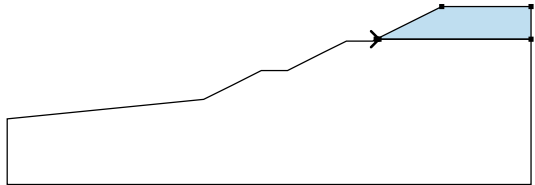

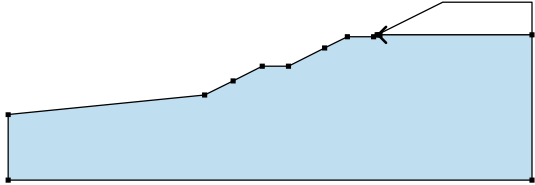

Stabilità di pendio ACCETTABILE

Superficie di scivolamento ottimizzata per : Combinazione 1



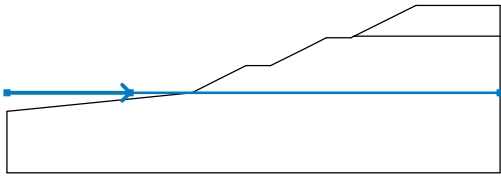
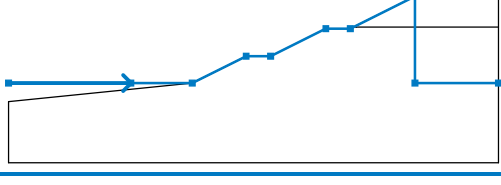
Dati inseriti (Fase di costruzione 7)

Assegnazione e superfici

N.	Posizione della superficie	Coordinate dei punti della superficie [m]				Assegnato terreno
		x	z	x	z	
1		36.50	9.17	36.79	9.17	Orizzonte 1 - Argilla e limi sabbiosi 
		60.00	9.17	60.00	14.17	
		46.34	14.17	36.34	9.17	
2		36.79	9.17	36.50	9.17	Orizzonte 2 - Sabbie e/o sabbio limose con ciottoli 
		36.34	9.17	35.80	8.90	
		31.80	8.90	28.34	7.17	
		22.80	4.40	18.80	4.40	
		14.34	2.17	10.00	0.00	
		-20.00	-3.00	-20.00	-13.00	
		60.00	-13.00	60.00	9.17	

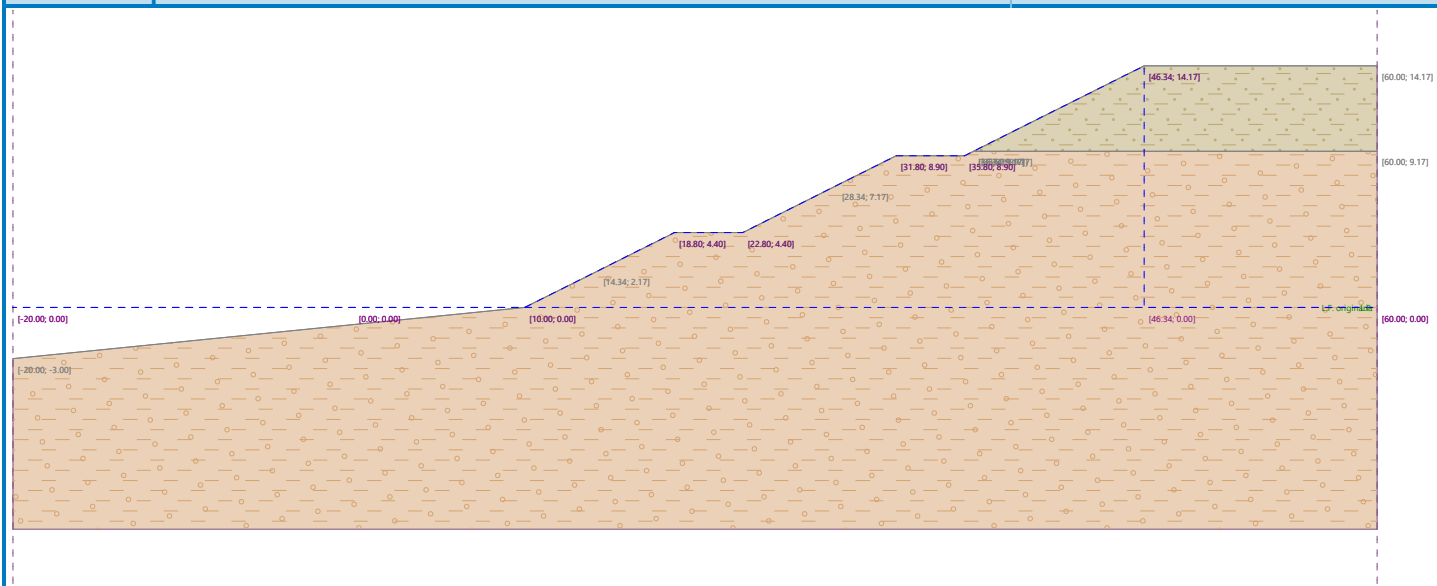
Acqua

Tipo di acqua : Rapido calo di livello

Interfaccia	Collocazione della superficie	Coordinate dei punti della superficie [m]					
		x	z	x	z	x	z
L.F. originaria		-20.00	0.00	0.00	0.00	60.00	0.00
L.F.		-20.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00
		18.80	4.40	22.80	4.40	31.80	8.90
		35.80	8.90	46.34	14.17	46.34	0.00
		60.00	0.00				

Nome : Acqua

Fase : 7



Frattura di trazione (Tensile crack)

Frattura di trazione non inserita.

Sisma

Sisma non incluso.

Impostazioni della fase di progetto

Situazione del progetto : permanente

Risultati (Fase di costruzione 7)

Analisi 1 (fase 7)

Superficie di scivolamento circolare

Parametri della superficie di scivolamento						
Centro :	x =	6.33 [m]	Angoli :	$\alpha_1 =$	-0.09 [°]	
	z =	18.71 [m]		$\alpha_2 =$	41.41 [°]	
Raggio :	R =	19.08 [m]				
Superficie di scivolamento dopo ottimizzazione.						

Segmenti che restringono la superficie di scivolamento

N.	Primo punto		Secondo punto	
	x [m]	z [m]	x [m]	z [m]
1	10.00	-0.01	18.80	4.39
2	22.80	4.39	31.80	8.89

Restrizioni dei punti della superficie di scivolamento circolare

Verifica stabilità del pendio (Morgenstern-Price)

Combinazione 1

Uso : 182.3 %

Stabilità di pendio NON ACCETTABILE

Combinazione 2
Uso : 182.3 %
Stabilità di pendio NON ACCETTABILE
Superficie di scivolamento ottimizzata per : Combinazione 1

