

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**

**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**

**U.O. INFRASTRUTTURE CENTRO**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - NUOVA ENNA (LOTTO 4A)**

GEOTECNICA

Elaborati Generali

Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali

SCALA:

-

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

RS3U 40 D 29 RH GE0000 003 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoll - Edin	Gen-2020	M.Arcangeli	Gen-2020	A.Barreca	Gen-2020	F.Arduini Apr-2020
B	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoll - Edin	Apr-2020	M.Arcangeli	Apr-2020	A.Barreca	Apr-2020	ITALFERR S.p.A. Direzione Tecnica Infrastrutture Centro Dott. Ing. Fabrizio Arduini Aut. del 12/04/2020

1	PREMESSA .....	3
2	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	4
2.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
2.3	PROGRAMMI DI CALCOLO.....	4
3	CONDIZIONI GEOTECNICHE: STRATIGRAFIA E FALDA.....	5
3.1	DEFINIZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE INTERCETTATE.....	5
3.2	SINTESI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO .....	5
3.3	RILEVATO STRADALE.....	6
4	VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI DEI RILEVATI.....	7
4.1	CRITERI DI VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI .....	7
4.1.1	<i>Terreni sabbiosi</i> .....	7
4.1.2	<i>Terreni argillosi e/o stratificati</i> .....	8
4.2	SEZIONI DI CALCOLO .....	12
4.3	RISULTATI.....	14
4.3.1	<i>Rilevato H=6.00 m</i> .....	14
4.3.2	<i>Rilevato H=9.00 m</i> .....	20
5	ANALISI DI STABILITÀ.....	26
5.1	METODOLOGIE DI CALCOLO .....	26
5.2	ANALISI DEI CARICHI.....	26
5.2.1	<i>Trincee</i> .....	26
5.2.2	<i>Rilevati stradali</i> .....	26
5.2.3	<i>Azioni sismiche</i> .....	26
5.3	COMBINAZIONI DI CALCOLO E VERIFICHE.....	27

5.4	SEZIONI DI CALCOLO .....	29
5.5	RISULTATI.....	31
5.5.1	Rilevato A – NV04A sez.6 H=6.00m .....	31
5.5.2	Rilevato B – NV04A sez.7 H=8.00m .....	34
5.5.3	Rilevato C – NV05E sez.35 H=6.00m .....	37
5.5.4	Rilevato D– NV01 sez.11 H=6.00m .....	40
5.5.5	Rilevato E– NV01 sez.10 H=7.00m.....	43
5.5.6	Rilevato F– NV94 sez.2 H=6.00m.....	46
5.5.7	Rilevato G – NV94 sez.17 H=12.00m .....	49
5.5.8	Rilevato H – NV97 sez.39 H=5.50m .....	52
5.5.9	Trincea A – NV04A sez.13 H=5.00m .....	55
5.5.10	Trincea B – NV06 sez.7 H=5.00m.....	58
5.5.11	Trincea C – NV05E sez.7 H=9.00m .....	61
6	PIANO DI POSA RILEVATI .....	64

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b>  <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b>  <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - ENNA (LOTTO 4a)</b>  <b>GEOTECNICA</b></p>												
<p>Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3U</td> <td>40</td> <td>D 29 RH</td> <td>GE0000 003</td> <td>B</td> <td>3 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40	D 29 RH	GE0000 003	B	3 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40	D 29 RH	GE0000 003	B	3 di 64								

## 1 PREMESSA

Nel presente documento si riportano i dimensionamenti e le verifiche geotecniche relative a rilevati e trincee stradali nell'ambito del Progetto Definitivo della Diretrice Ferroviaria Messina – Catania – Palermo - Nuovo Collegamento Palermo – Catania tratta Caltanissetta Xirbi – Enna (Lotto 4a).

In particolare, nella presente relazione sono affrontati i seguenti aspetti:

- Breve richiamo delle condizioni geotecniche;
- Valutazione dei cedimenti dei rilevati e del loro decorso nel tempo;
- Verifiche di stabilità delle scarpate di rilevati e trincee;
- Piano di posa rilavati.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>GEOTECNICA</b></p>												
<p>Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3U</td> <td>40</td> <td>D 29 RH</td> <td>GE0000 003</td> <td>B</td> <td>4 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40	D 29 RH	GE0000 003	B	4 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40	D 29 RH	GE0000 003	B	4 di 64								

## 2 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 Normativa di riferimento

La progettazione è conforme alle normative vigenti nonché alle istruzioni dell'Ente FF.SS.

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la seguente:

- Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);
- Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
- Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione Europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;
- Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010;
- RFI DTC SI MA IFS 001 C - Manuale di Progettazione delle Opere Civili;
- RFI DTC SI SP IFS 001 C – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili.

### 2.2 Documenti di riferimento

La presente relazione è stata redatta con riferimento ai seguenti documenti:

- *RS3U.4.0.D.29.GE.GE.00.0.0.001: "Geotecnica – Elaborati Generali - Relazione geotecnica generale delle opere all'aperto";*
- *RS3U.4.0.D.29.F6.GE.00.0.0.001 ÷ RS3U.4.0.D.29.F6.GE.00.0.0.006 - "Geotecnica – Elaborati Generali - Profilo geotecnico linea".*
- *RS3U.4.0.D.29.F6.GE.00.0.0.005 - RS3U.4.0.D.29.F6.GE.00.0.0.008*  
*RS3U.4.0.D.29.F6.GE.00.0.0.009 - RS3U.4.0.D.29.F6.GE.00.0.0.013*  
*RS3U.4.0.D.29.F6.GE.00.0.0.014 - RS3U.4.0.D.29.F6.GE.00.0.0.019 – "Geotecnica – Elaborati Generali - Profili geotecnici viabilità".*

### 2.3 Programmi di calcolo

Nella redazione del presente documento sono stati utilizzati i seguenti programmi di calcolo:

- Paratie Plus – Software dedicato al calcolo e alla progettazione delle opere di sostegno flessibili e alle analisi di stabilità.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>GEOTECNICA</b>					
	Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO 40	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO GE0000 003	REV. B

### 3 CONDIZIONI GEOTECNICHE: STRATIGRAFIA E FALDA

La successione stratigrafica è stata desunta sulla base delle indagini eseguite e dai rilievi e studi geologico-geomorfologici. . Nel seguito vengono definite le unità geotecniche presenti in corrispondenza dei rilevati di progetto.

#### 3.1 Definizione delle unità geotecniche intercettate

Sulla base dei risultati delle indagini geognostiche, si perviene ad una caratterizzazione geotecnica dei terreni e quindi alla definizione della stratigrafia e dei parametri geotecnici di progetto.

Unità geotecniche:

- **Unità a2 – Depositi alluvionali:** limi e limi argillosi con subordinate sabbie e sabbie limose di colore marrone, grigio e giallastro, a stratificazione più o meno ben definita, talora con laminazione incrociata;
- **Unità TRV – Formazione di Terravecchia:** argille limose e argille marnose di colore grigio, grigio-azzurro e grigio-verdastro, marrone per alterazione, a struttura scagliosa o sottilmente stratificata, con frequenti livelli millimetrici di sabbie e sabbie limose grigie e giallastre; localmente si rinvengono passaggi di marne, marne argillose e argilliti di colore grigio-verdastro;
- **Unità FYN4 – Unità di Nicosia - Flysch Numidico - Membro di Nicosia:** prevalenti argille e argille siltose di colore bruno, con interstrati siltitici di spessore da decimetrico a centimetrico e di quarzoareniti torbiditiche bruno-giallastre e conglomerati giallo-marroni in strati spessi 1-2 m;
- **Unità AV – Unità di Nicosia – Argille Variegate:** argille grigio-verdi e rosse scagliettate e debolmente stratificate, a struttura caotica, con intercalazioni di radiolariti, arenarie e calcareniti.

#### 3.2 Sintesi parametri geotecnici di progetto

Nel seguito si sintetizzano le caratteristiche geotecniche di progetto per le varie unità geotecniche, in accordo a quanto definito nella relazione geotecnica generale, a cui si rimanda per i dettagli.

##### Unità a2 – Depositi alluvionali

- $\gamma = 18\div 20 \text{ kN/m}^3$       peso di volume naturale
- $c' = 11\div 30 \text{ kPa}$               coesione drenata
- $c_u = 50\div 100 \text{ kPa}$             coesione non drenata
- $\phi' = 20\div 29^\circ$                 angolo di resistenza al taglio
- $E_0 = 100\div 150 \text{ MPa}$         modulo di deformazione elastico iniziale

### Unità TRV – Formazione di Terravecchia

- $\gamma = 20\div 22 \text{ kN/m}^3$  peso di volume naturale
- $c' = 9\div 49 \text{ kPa}$  coesione drenata
- $c_u = 100\div 300 \text{ kPa}$  resistenza al taglio in condizioni non drenate
- $\varphi' = 16\div 26^\circ$  angolo di resistenza al taglio
- $E = 30\div 300 \text{ MPa}$  modulo di deformazione elastico operativo

### Unità FYN4 – Flysch Numidico

- $\gamma = 20\div 22 \text{ kN/m}^3$  peso di volume naturale
- $c' = 11\div 48 \text{ kPa}$  coesione drenata
- $c_u = 50\div 300 \text{ kPa}$  resistenza al taglio in condizioni non drenate
- $\varphi' = 15\div 22^\circ$  angolo di resistenza al taglio
- $E = 40\div 400 \text{ MPa}$  modulo di deformazione elastico operativo

### Unità AV – Argille Variegate

- $\gamma = 19\div 21 \text{ kN/m}^3$  peso di volume naturale
- $c' = 11\div 38 \text{ kPa}$  coesione drenata
- $c_u = 50\div 200 \text{ kPa}$  resistenza al taglio in condizioni non drenate
- $\varphi' = 17\div 25^\circ$  angolo di resistenza al taglio
- $E = 20\div 400 \text{ MPa}$  modulo di deformazione elastico operativo

### 3.3 Rilevato stradale

Per il rilevato stradale sono stati considerati i seguenti parametri:

- $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$  peso di volume naturale
- $c' = 0 \text{ kPa}$  coesione drenata
- $\varphi' = 35^\circ$  angolo di resistenza al taglio

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>GEOTECNICA</b>					
	Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO 40	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO GE0000 003	REV. B

## 4 VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI DEI RILEVATI

Di seguito si riporta la valutazione dei cedimenti dei rilevati ferroviari per la tratta in esame.

### 4.1 Criteri di valutazione dei cedimenti

Il comportamento dei terreni a grana grossa (sabbie e ghiaie) risulta macroscopicamente diverso da quello dei terreni a grana fine (limi e argille), in virtù della marcata differenza esistente tra i valori del coefficiente di permeabilità.

#### 4.1.1 Terreni sabbiosi

I terreni a grana grossa, avendo elevata permeabilità, si comportano come un sistema aperto con libero flusso dell'acqua e l'eventuale sovrappressione dell'acqua interstiziale, generata da una qualunque causa che ne disturbi l'equilibrio originario, si dissipa in tempi estremamente brevi. Ne consegue che, ai fini pratici, si può trascurare il moto di filtrazione transitorio e fare riferimento direttamente alle condizioni di equilibrio finale.

Il decorso del cedimento nel tempo può essere pertanto considerato rapido, praticamente contemporaneo alla costruzione dell'opera.

Il cedimento dei rilevati poggianti su terreni sabbiosi può essere determinato ricorrendo alla teoria dell'elasticità ed alla seguente espressione:

$$s_t = \sum_{i=1}^n \frac{(\Delta\sigma_z - \nu' \cdot (\Delta\sigma_x + \Delta\sigma_y)) \cdot h_i}{E_i'}$$

essendo:

$s_t$  = cedimento totale;

$\Delta\sigma_z, \Delta\sigma_x, \Delta\sigma_y$  = tensioni indotte dal carico;

$h_i$  = altezza dello strato i-esimo;

$n$  = numero di strati in cui è suddivisa la zona compressibile ( $H_c$ );

$E_i'$  = modulo di deformazione elastico drenato dello strato i-esimo;

$\nu'$  = rapporto di Poisson = 0.3.

#### 4.1.2 Terreni argillosi e/o stratificati

Nel presente paragrafo vengono illustrati i criteri utilizzati per la valutazione dei cedimenti di rilevati su terreni costituiti prevalentemente da materiali argillosi saturi e su terreni stratificati, ovvero costituiti da materiali argillosi intercalati da lenti sabbiose.

L'applicazione di un carico di dimensioni finite su un deposito costituito da materiali argillosi saturi comporta un processo deformativo nel terreno che tradizionalmente viene schematizzato come segue (Figura 1):

- data la bassa permeabilità  $k$  del terreno, la fase di carico avviene in condizioni non drenate con generazione di sovrappressioni interstiziali  $\Delta u$ ; i materiali argillosi si deformano allora a volume costante ed il cedimento che ne consegue è indicato come cedimento immediato;
- il trasferimento del carico dall'acqua allo scheletro solido comporta ulteriori cedimenti, la cui velocità nel tempo è legata principalmente alle caratteristiche di permeabilità dell'argilla e alle condizioni di drenaggio. Il processo è noto come consolidazione primaria ed il cedimento conseguente a tale processo è indicato come cedimento di consolidazione primaria;
- ultimato il processo di consolidazione primaria, anche quando le sovrappressioni nell'acqua risultano nulle, possono continuare a svilupparsi nel tempo assestamenti dovuti a fenomeni di natura plastico-viscosa che avvengono in condizioni drenate; il cedimento conseguente è noto come cedimento secondario.

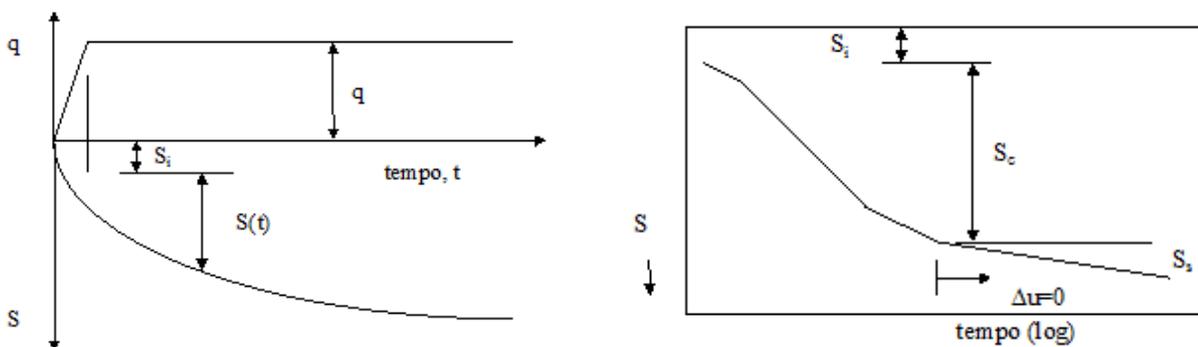


Figura 1: Cedimenti totali, immediati e di consolidazione.

##### 4.1.2.1 Cedimento immediato

Con riferimento alla teoria dell'elasticità il cedimento immediato in argille viene stimato con la seguente espressione:

$$s_i = \sum_{i=1}^n \frac{(\Delta\sigma_z - \nu_u \cdot (\Delta\sigma_x + \Delta\sigma_y)) \cdot h_i}{E_{ui}}$$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>GEOTECNICA</b>					
	Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO 40	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO GE0000 003	REV. B

essendo:

$s_i$  = cedimento immediato;

$\Delta\sigma_z, \Delta\sigma_x, \Delta\sigma_y$  = tensioni indotte dal carico;

$h_i$  = altezza dello strato i-esimo;

$n$  = numero di strati in cui è suddivisa la zona compressibile ( $H_c$ );

$E_{ui}$  = modulo di deformazione non drenato dello strato i-esimo;

$\nu_u$  = rapporto di Poisson = 0.5.

#### 4.1.2.2 Cedimento totale (immediato e di consolidazione primaria)

Con riferimento alla teoria dell'elasticità il cedimento immediato e di consolidazione primaria nei terreni coesivi viene stimato con la seguente espressione (in analogia a quanto già indicato per i depositi incoerenti):

$$s_t = \sum_{i=1}^n \frac{(\Delta\sigma_z - \nu' \cdot (\Delta\sigma_x + \Delta\sigma_y)) \cdot h_i}{E_i'}$$

essendo:

$s_t$  = cedimento immediato e di consolidazione primaria;

$\Delta\sigma_z, \Delta\sigma_x, \Delta\sigma_y$  = tensioni indotte dal carico;

$h_i$  = altezza dello strato i-esimo;

$n$  = numero di strati in cui è suddivisa la zona compressibile ( $H_c$ );

$E_i'$  = modulo di deformazione elastico drenato dello strato i-esimo;

$\nu'$  = rapporto di Poisson = 0.3.

Per definizione il cedimento di consolidazione primaria è dato dalla differenza tra  $s_t$  e  $s_i$ .

#### 4.1.2.3 Determinazione dell'andamento nel tempo dei cedimenti di consolidazione primaria

L'analisi del processo di consolidazione consiste nella previsione del decorso nel tempo della dissipazione della sovrappressione interstiziale e quindi del cedimento.

Si tratta di un problema molto complesso del quale esistono in letteratura delle soluzioni relative a schemi semplificati che possono comunque fornire indicazioni per i problemi pratici.

La prima soluzione al problema monodimensionale è stata ottenuta da Terzaghi (1923) nell'ambito delle seguenti ipotesi:

- terreno omogeneo e completamente saturo, con legge sforzi-deformazione di tipo lineare;

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>GEOTECNICA</b>					
Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO 40	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO GE0000 003	REV. B	FOGLIO 10 di 64

- i parametri di compressibilità e di permeabilità sono costanti durante il processo di consolidazione;
- incompressibilità dell'acqua e dello scheletro solido del terreno;
- deformazioni piccole e comportamento del terreno non viscoso;
- il carico è supposto applicato istantaneamente;
- validità della legge di Darcy.

L'equazione differenziale che regola il fenomeno in regime transitorio è:

$$c_v \frac{d^2 u}{dz^2} = \frac{du}{dt}$$

dove:

$c_v$  = coefficiente di consolidazione verticale;

$u$  = sovrappressione interstiziale:  $u(z,t)$ ;

$z$  = dimensione (verticale);

$t$  = tempo;

$d$  = simbolo per derivata parziale.

La soluzione dell'equazione dipende dalle condizioni iniziali:

- distribuzione delle sovrappressioni interstiziali all'atto dell'applicazione del carico;
- condizioni di drenaggio al contorno.

La soluzione è generalmente espressa in termini del parametro adimensionale "grado di consolidazione"  $U_v$  definito dal rapporto fra la sovrappressione dissipata e quella iniziale:

$$U_v(z,t) = \frac{u_0 - u(z,t)}{u_0} = 1 - \frac{u(z,t)}{u_0} = \frac{s_c(t)}{s_c}$$

dove:

$u_0$  = sovrappressione iniziale;

$u(z,t)$  = sovrappressione durante il transitorio;

$s_c(t)$  = cedimento (per consolidazione) nel generico istante  $t$ ;

$s_c$  = cedimento al termine del processo.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - ENNA (LOTTO 4a) GEOTECNICA</p>												
<p>Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3U</td> <td>40</td> <td>D 29 RH</td> <td>GE0000 003</td> <td>B</td> <td>11 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40	D 29 RH	GE0000 003	B	11 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40	D 29 RH	GE0000 003	B	11 di 64								

Una funzione che approssima la soluzione dell'equazione differenziale è stata proposta da Sivaram e Swamee - 1977 (vedasi "Geotecnica" di R. Lancellotta).

$$U_m = \frac{(4 \cdot T_v / \pi)^{0.5}}{\left[ 1 + \left( \frac{4T_v}{\pi} \right)^{2.8} \right]^{0.179}}$$

dove:

$T_v = c_v \cdot t / L_v^2$  = fattore di tempo adimensionale;

$c_v = k_v \cdot E_d / \gamma_w$  = coefficiente di consolidazione verticale;

$k_v$  = coefficiente di permeabilità verticale;

$E_d$  = modulo di compressibilità edometrica;

$\gamma_w$  = peso di volume dell'acqua;

$t$  = istante di tempo generico;

$L_v$  = massimo percorso di drenaggio.

#### 4.1.2.4 Cedimento secondario

Il cedimento secondario nei terreni coesivi è convenzionalmente calcolato facendo riferimento alla seguente equazione:

$$s_s = \sum_1^n \log \left( \frac{t}{t_{100,i}} \right) \cdot c_{qi} \cdot h_i$$

essendo:

$s_s$  = cedimento secondario;

$t$  = tempo generico a partire dall'applicazione del carico;

$t_{100,i}$  = tempo necessario all'esaurimento della consolidazione primaria nello strato argilloso i-esimo, separato da altri strati argillosi da lenti sabbiose continue;

$h_i$  = altezza dello strato argilloso i-esimo separato da altri strati argillosi da lenti sabbiose continue;

$n$  = numero di strati argillosi separati tra loro da lenti sabbiose continue;

$c_{qi}$  = coefficiente di consolidazione secondaria nello strato i-esimo misurato da prove edometriche di laboratorio.

Nell'impiego della relazione sono implicite le seguenti ipotesi:

- monodimensionalità del problema;

- il cedimento secondario inizia dopo l'esaurimento del cedimento di consolidazione primaria;
- il valore di  $c_{\alpha}$  è costante durante l'evolversi del cedimento secondario;
- il valore di  $c_{\alpha}$  è indipendente dal valore dello spessore dello strato i-esimo  $h_i$ , anche se tale spessore influenza l'entità del  $t_{100}$ ;
- il valore di  $c_{\alpha}$  è indipendente dal rapporto  $\Delta\sigma_z/\sigma'_{v0}$ .

Nel caso di profili caratterizzati da più strati argillosi separati da lenti sabbiose non continue, il calcolo del cedimento secondario viene eseguito con riferimento al monostrato e ad un coefficiente di consolidazione secondaria medio pesato tra quelli relativi ai singoli strati.

## 4.2 Sezioni di calcolo

La stima dei cedimenti e del loro decorso nel tempo, è stata fatta considerando due sezioni rappresentative delle nuove viabilità caratterizzate dall'altezza massima con o senza berma. I rilevati infatti presentano una banca di larghezza 2 m per altezze superiori ai 6 m; la pendenza delle scarpate è 2 (verticale)/3 (orizzontale).

Per il terreno di fondazione è stato considerato un primo strato di depositi alluvionali coesivi (unità a2) ed a seguire dall'argilla limosa marnosa della formazione di Terravecchia (unità TRV) .La falda è stata considerata cautelativamente a piano campagna.

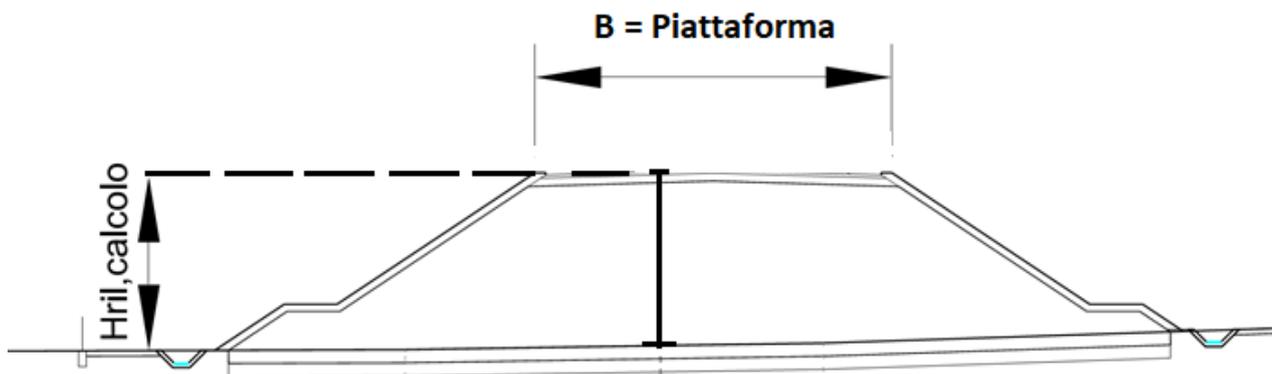


Figura 2: Schema di calcolo.

Il modulo di deformazione elastico operativo per il calcolo dei cedimenti dei rilevati ( $E'$ ) è stato valutato a partire dal modulo di deformazione elastico iniziale ( $E_0$ ) a piccole deformazioni, in particolare si è assunto  $E' = E_0/10$ . Per il valore del modulo di deformazione elastico iniziale ( $E_0$ ) è stato considerato l'andamento con la profondità sulla base delle indagini disponibili.

Il valore del modulo di deformazione in condizioni non drenate ( $E_u$ ), in accordo a quanto indicato nella relazione geotecnica generale, è stato stimato con la correlazione di Duncan & Buchigani (1976):  $E_u = k$

Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 29 RH	GE0000 003	B	13 di 64

$c_u$ , dove  $c_u$  è la resistenza al taglio non drenata e  $k$  è stato assunto pari a 400 per tutte le formazioni coesive presenti.

Per il coefficiente di consolidazione primaria verticale si assume a favore di sicurezza, per i terreni coesivi in esame, un valore pari a  $c_v = 5 \cdot E^{-08} \text{ m}^2/\text{s}$ .

Nella tabella seguente si sintetizzano i parametri di calcolo utilizzati per il calcolo dei cedimenti.

Stratigrafia e parametri di calcolo					
Profondità da p.c. [m]	Unità geotecnica	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$E'$ [MPa]	$c_u$ [kPa]	$E_u$ [MPa]
0.0÷5.0	a2	19.0	10	75	30
5.0÷15.0	TRV	21.0	25	100	40
15.0÷25.0	TRV	21.0	60	200	80
25.0÷40.0	TRV	21.0	80	300	120
Falda a p.c.					

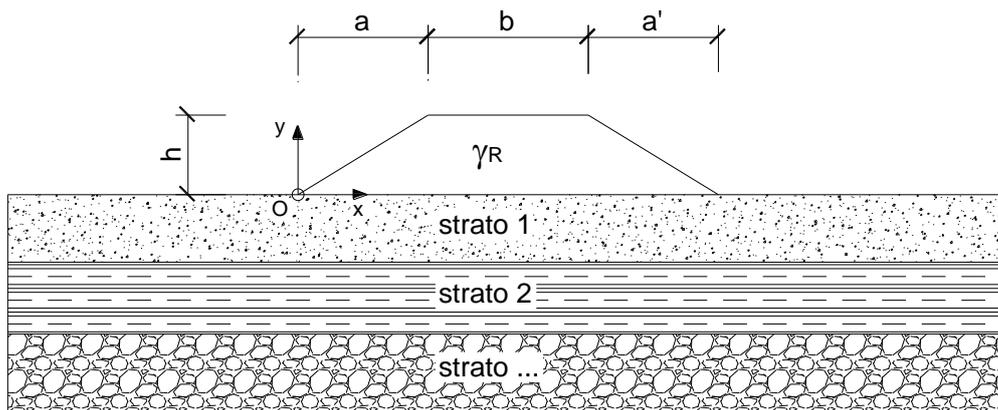
### 4.3 Risultati

A seguire si riportano, per tutte le sezioni di calcolo, i risultati ottenuti in termini di cedimento totale, immediato e di consolidazione primaria e l'andamento dei cedimenti nel tempo in asse al rilevato.

La valutazione del decorso del cedimento nel tempo è stata eseguita considerando il periodo compreso tra la fine della realizzazione del rilevato (considerato cautelativamente pari a 2 mesi) e la vita utile dell'opera (150 anni). Il cedimento residuo calcolato in tale intervallo temporale è inferiore a 5 cm.

#### 4.3.1 Rilevato $H=6.00$ m

##### 4.3.1.1 Cedimento immediato



#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL RILEVATO

h (altezza del rilevato):	6.00	(m)
a (larghezza scarpata sinistra):	9.00	(m)
a' (larghezza scarpata destra):	9.00	(m)
b (larghezza coronamento del rilevato):	12.10	(m)
$\gamma_R$ (peso di unità di volume del rilevato):	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )

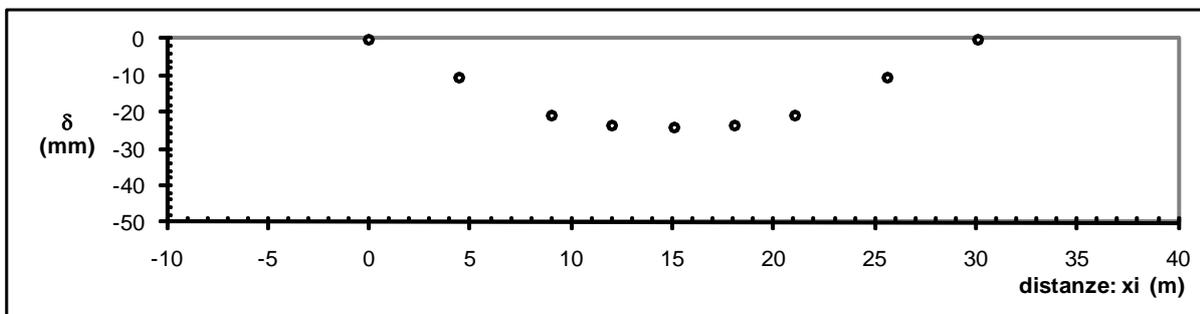
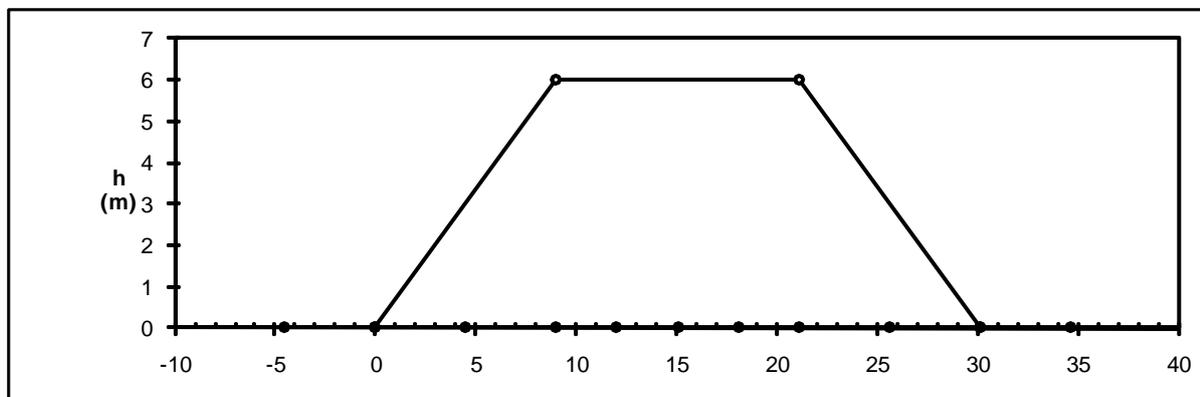
#### CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SOTTOSUOLO

n (numero degli strati) (max 5):	4	(-)
$\Delta\sigma_m/\sigma_{m0}$ :	10	(%)
(Rapp. Tensione media indotta nel sottosuolo e tensione efficace media)		
Zw (Profondità della falda):	0.00	(m)

Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 29 RH	GE0000 003	B	15 di 64

Strato (n)	Z <sub>iniziale</sub> (m)	Z <sub>finale</sub> (m)	Spessore (m)	$\Delta z_i$ (m)	E (Mpa)	$\nu$ (-)	$\phi'$ (°)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	terreno
1	0.00	5.00	5.00	1.0	30.0	0.50	25.0	19.00	a2
2	5.00	15.00	10.00	1.0	40.0	0.50	20.0	21.00	TRV
3	15.00	25.00	10.00	1.0	80.0	0.50	20.0	21.00	TRV
4	25.00	30.00	5.00	1.0	120.0	0.50	20.0	21.00	TRV
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



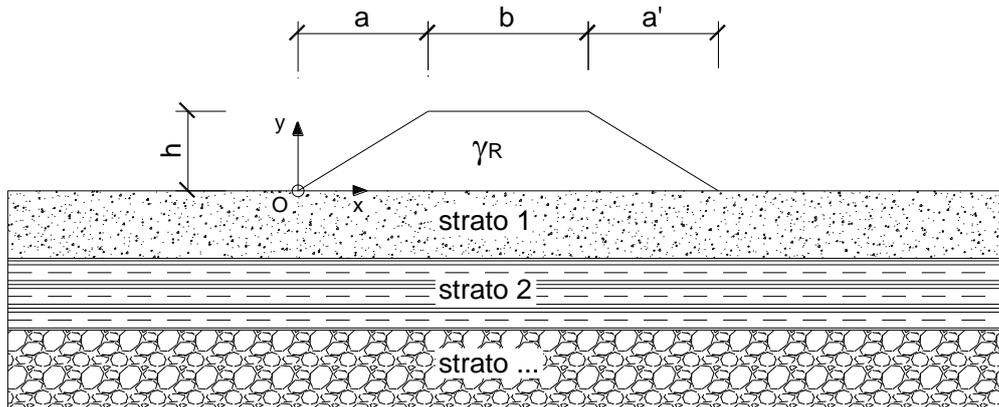
**ASCISSE DI CALCOLO**

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
-4.50	0.00	4.50	9.00	12.03	15.05	18.08	21.10	25.60	30.10	34.60

**CEDIMENTI**

$\delta_1$	$\delta_2$	$\delta_3$	$\delta_4$	$\delta_5$	$\delta_6$	$\delta_7$	$\delta_8$	$\delta_9$	$\delta_{10}$	$\delta_{11}$
(cm)	(cm)									
0.33	-0.03	-1.05	-2.08	-2.34	-2.40	-2.34	-2.08	-1.05	-0.03	0.33

#### 4.3.1.2 Cedimento totale



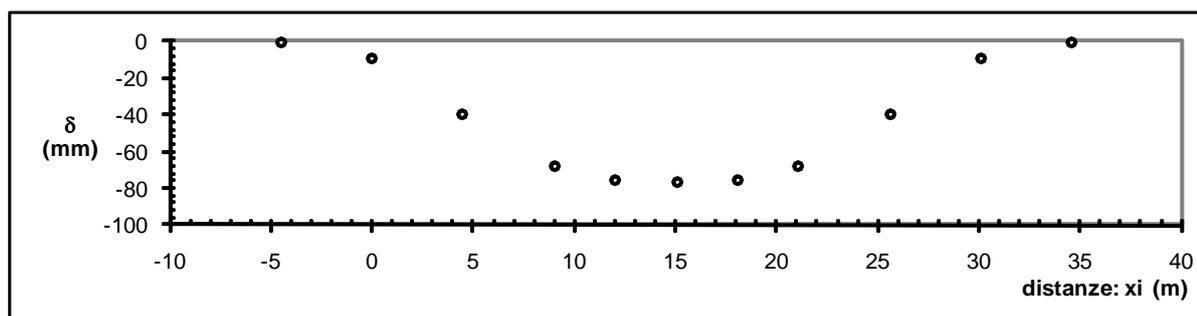
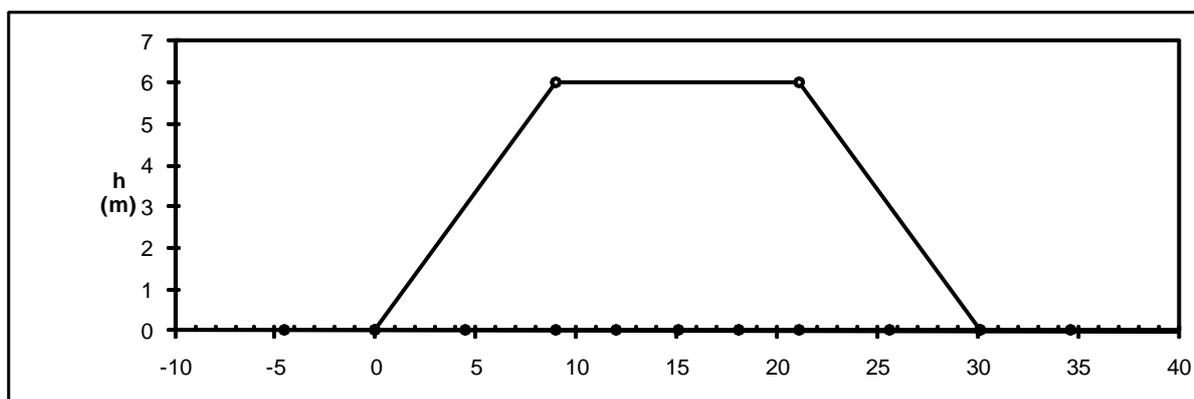
#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL RILEVATO

h (altezza del rilevato):	6.00	(m)
a (larghezza scarpata sinistra):	9.00	(m)
a' (larghezza scarpata destra):	9.00	(m)
b (larghezza coronamento del rilevato):	12.10	(m)
$\gamma_R$ (peso di unità di volume del rilevato):	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )

#### CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SOTTOSUOLO

n (numero degli strati) (max 5):	4	(-)
$\Delta\sigma_m/\sigma_{m0}$ :	10	(%)
(Rapp. Tensione media indotta nel sottosuolo e tensione efficace media)		
Zw (Profondità della falda):	0.00	(m)

Strato (n)	Z <sub>iniziale</sub> (m)	Z <sub>finale</sub> (m)	Spessore (m)	$\Delta z_i$ (m)	E (Mpa)	v (-)	$\varphi'$ (°)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	terreno
1	0.00	5.00	5.00	1.0	10.0	0.30	25.0	19.00	a2
2	5.00	15.00	10.00	1.0	25.0	0.30	20.0	21.00	TRV
3	15.00	25.00	10.00	1.0	60.0	0.30	20.0	21.00	TRV
4	25.00	30.00	5.00	1.0	80.0	0.30	20.0	21.00	TRV
-	-		-						



**ASCISSE DI CALCOLO**

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
-4.50	0.00	4.50	9.00	12.03	15.05	18.08	21.10	25.60	30.10	34.60

**CEDIMENTI**

$\delta_1$	$\delta_2$	$\delta_3$	$\delta_4$	$\delta_5$	$\delta_6$	$\delta_7$	$\delta_8$	$\delta_9$	$\delta_{10}$	$\delta_{11}$
(cm)	(cm)									
-0.01	-0.97	-3.93	-6.83	-7.55	-7.70	-7.55	-6.83	-3.93	-0.97	-0.01

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>GEOTECNICA</b>					
Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO 40	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO GE0000 003	REV. B	FOGLIO 18 di 64

#### 4.3.1.3 Andamento nel tempo

Il calcolo dell'andamento nel tempo dei cedimenti dipende dalla lunghezza del percorso di filtrazione  $L_c$ , che a favore di sicurezza è stato assunto pari alla distanza tra la quota della falda e uno strato di terreno molto rigido tale da poter essere considerato virtualmente incompressibile. Poiché tale unità stratigrafica non viene individuata il contorno rigido è stato fissato in corrispondenza della profondità alla quale gli incrementi di tensione verticale indotti (che decrescono con  $z$ ) risultino sufficientemente modesti da indurre incrementi di deformazione praticamente trascurabili. Poiché la rigidezza dei terreni naturali (in percorsi di carico che non portano a rottura) aumenta con lo stato tensionale corrente, di solito un tale limite per l'incremento di tensione verticale viene fissato in percentuale allo stato tensionale litostatico. Si ritiene cioè trascurabile la deformazione prodotta, alla profondità  $z = H$ , da un incremento di tensione  $\Delta\sigma'_z(H)$  tale che:

$$\frac{\Delta\sigma'_z(H)}{\sigma'_{z0}(H)} \leq 0.05 \div 0.10$$

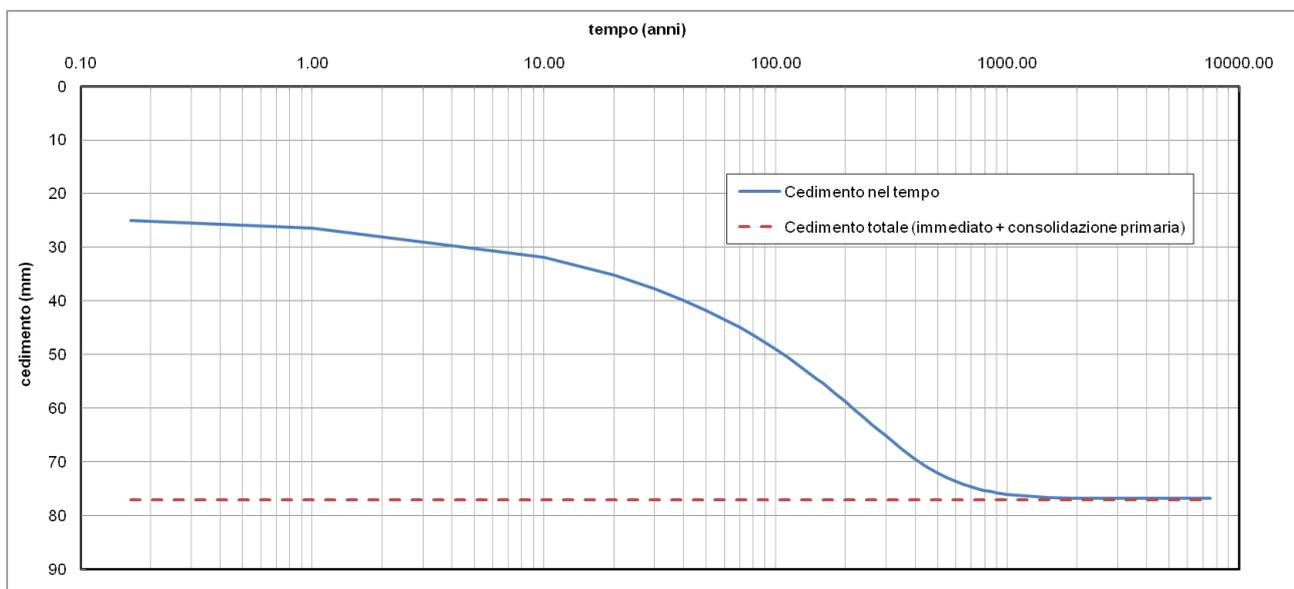
In tal caso  $L_c=30.00$  m.

Per il coefficiente di consolidazione primaria verticale, in accordo con i risultati ottenuti dalle prove di edometriche di laboratorio e dall'interpretazione delle prove penetrometriche statiche, si assume per i terreni coesivi in esame, un valore medio pari a  $c_v = 5 \cdot E^{-08} \text{ m}^2/\text{s}$ .

Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 29 RH	GE0000 003	B	19 di 64

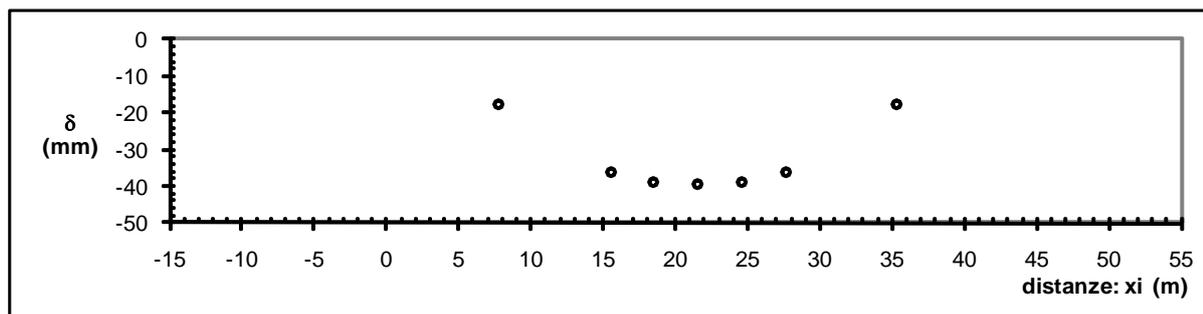
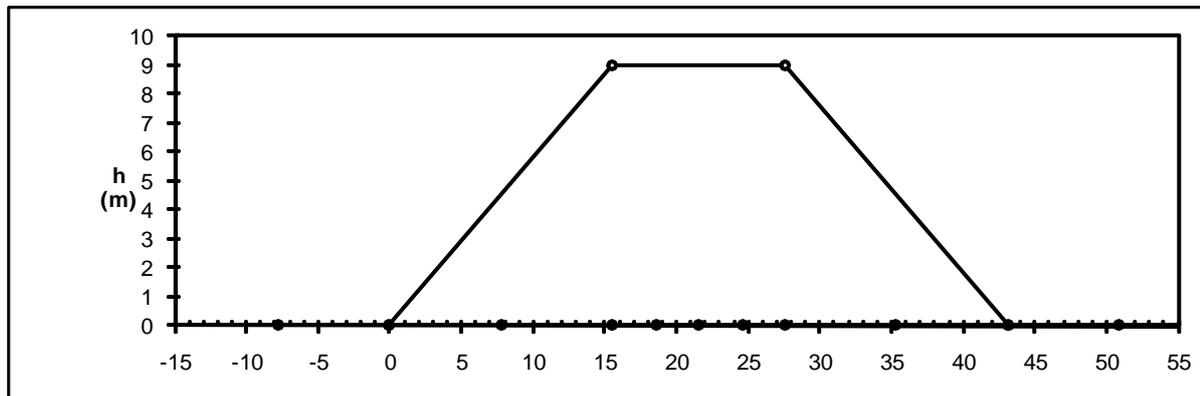
Cedimento totale	$w_{tot}$	<b>77 mm</b>
Cedimento immediato	$w_i$	<b>24 mm</b>
Cedimento di consolidazione	$w_c$	53 mm
Cedimento residuo ammissibile	$w_{ra}$	50 mm
Coefficiente di consolidazione	$c_v$	<b>5.00E-08 m<sup>2</sup>/s</b>
Percorso di filtrazione	$L_c$	<b>30.00 m</b>
<b>Cedimento a 2 mesi</b>		
	$t$	0.16 anni
	$T_v$	2.88E-04 -
	$U_m$	1.92E-02 - <0.95
cedimento di consolidazione	$w_c(t)$	1 mm
cedimento totale	$w_{tot}(t)$	25 mm
<b>Cedimento a 150 anni</b>		
	$t$	150.00 anni
	$T_v$	2.63E-01 -
	$U_m$	5.74E-01 - <0.95
cedimento di consolidazione	$w_c(t)$	30 mm
cedimento totale	$w_{tot}(t)$	54 mm
<b>Cedimento da 0.16 a 150 anni</b>		
	$w_r$	<b>29 mm OK</b>





Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 29 RH	GE0000 003	B	21 di 64



**ASCISSE DI CALCOLO**

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
-7.75	0.00	7.75	15.50	18.53	21.55	24.58	27.60	35.35	43.10	50.85

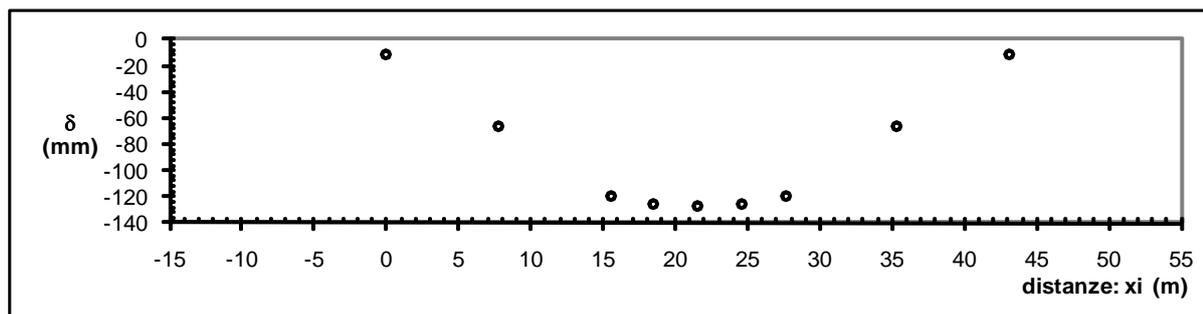
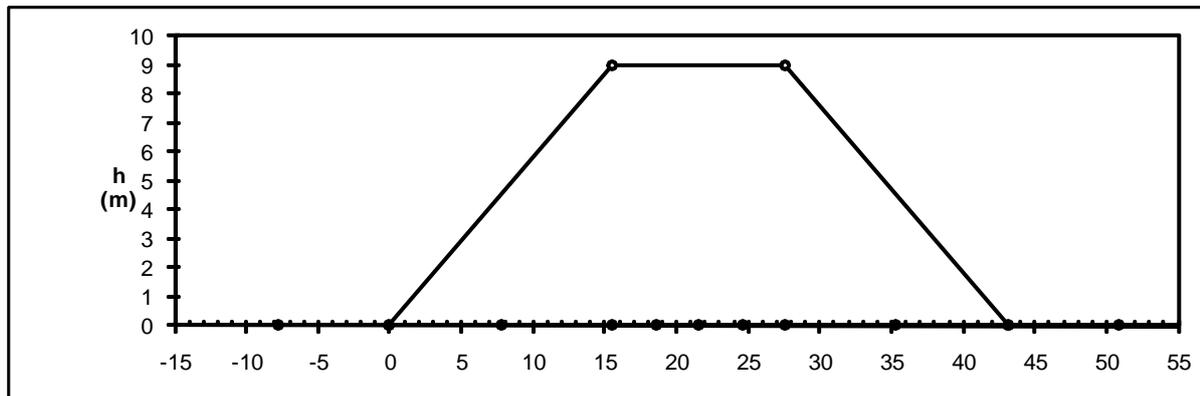
**CEDIMENTI**

delta1	delta2	delta3	delta4	delta5	delta6	delta7	delta8	delta9	delta10	delta11
(cm)	(cm)									
0.64	0.17	-1.76	-3.63	-3.90	-3.96	-3.90	-3.63	-1.76	0.17	0.64



Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 29 RH	GE0000 003	B	23 di 64



#### ASCISSE DI CALCOLO

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
-7.75	0.00	7.75	15.50	18.53	21.55	24.58	27.60	35.35	43.10	50.85

#### CEDIMENTI

δ1	δ2	δ3	δ4	δ5	δ6	δ7	δ8	δ9	δ10	δ11
(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
0.19	-1.14	-6.55	-11.89	-12.56	-12.72	-12.56	-11.89	-6.55	-1.14	0.19

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>GEOTECNICA</b></p>												
<p>Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3U</td> <td>40</td> <td>D 29 RH</td> <td>GE0000 003</td> <td>B</td> <td>24 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3U	40	D 29 RH	GE0000 003	B	24 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3U	40	D 29 RH	GE0000 003	B	24 di 64								

#### 4.3.2.3 Andamento nel tempo

Il calcolo dell'andamento nel tempo dei cedimenti dipende dalla lunghezza del percorso di filtrazione  $L_c$ , che a favore di sicurezza è stato assunto pari alla distanza tra la quota della falda e uno strato di terreno molto rigido tale da poter essere considerato virtualmente incompressibile. Poiché tale unità stratigrafica non viene individuata il contorno rigido è stato fissato in corrispondenza della profondità alla quale gli incrementi di tensione verticale indotti (che decrescono con  $z$ ) risultino sufficientemente modesti da indurre incrementi di deformazione praticamente trascurabili. Poiché la rigidezza dei terreni naturali (in percorsi di carico che non portano a rottura) aumenta con lo stato tensionale corrente, di solito un tale limite per l'incremento di tensione verticale viene fissato in percentuale allo stato tensionale litostatico. Si ritiene cioè trascurabile la deformazione prodotta, alla profondità  $z = H$ , da un incremento di tensione  $\Delta\sigma'_z(H)$  tale che:

$$\frac{\Delta\sigma'_z(H)}{\sigma'_{z0}(H)} \leq 0.05 \div 0.10$$

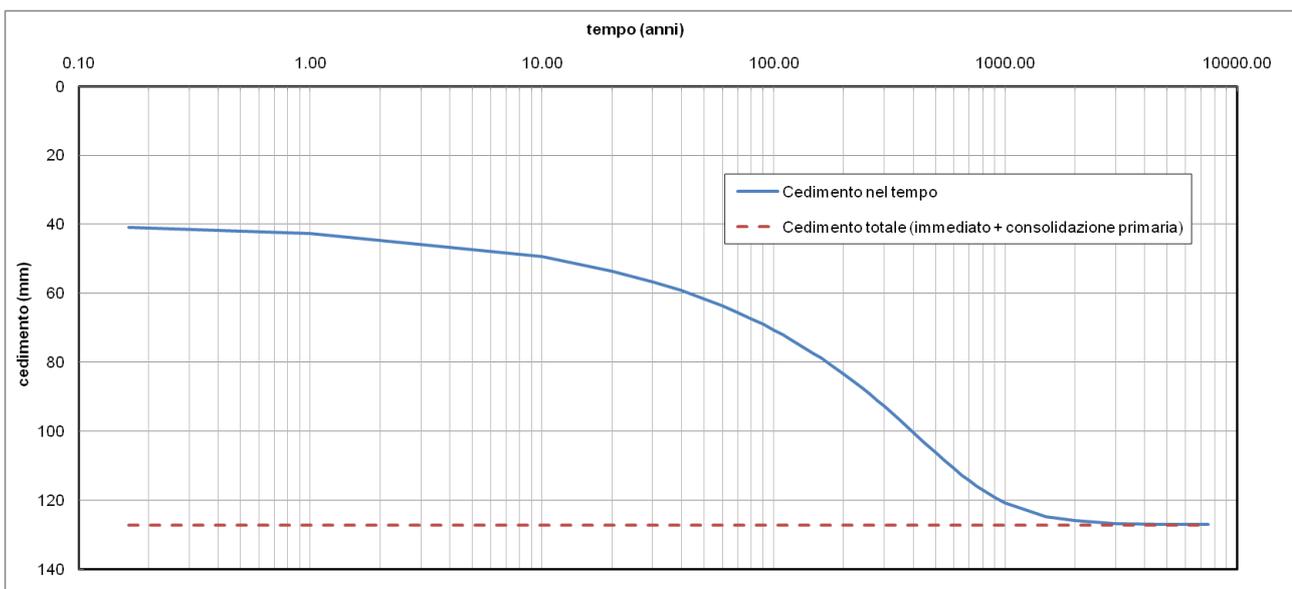
In tal caso  $L_c=40.00$  m.

Per il coefficiente di consolidazione primaria verticale, in accordo con i risultati ottenuti dalle prove di edometriche di laboratorio e dall'interpretazione delle prove penetrometriche statiche, si assume per i terreni coesivi in esame, un valore medio pari a  $c_v = 5 \cdot E^{-08} \text{ m}^2/\text{s}$ .

Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 29 RH	GE0000 003	B	25 di 64

Cedimento totale	$w_{tot}$	<b>127.2</b> mm
Cedimento immediato	$w_i$	<b>39.6</b> mm
Cedimento di consolidazione	$w_c$	87.6 mm
Cedimento residuo ammissibile	$w_{ra}$	50 mm
Coefficiente di consolidazione	$c_v$	<b>5.00E-08</b> m <sup>2</sup> /s
Percorso di filtrazione	$L_c$	<b>40.00</b> m
<b>Cedimento a 2 mesi</b>		
	t	0.16 anni
	$T_v$	1.62E-04 -
	$U_m$	1.44E-02 - <0.95
cedimento di consolidazione	$w_c(t)$	1 mm
cedimento totale	$w_{tot}(t)$	41 mm
<b>Cedimento a 150 anni</b>		
	t	150.00 anni
	$T_v$	1.48E-01 -
	$U_m$	4.33E-01 - <0.95
cedimento di consolidazione	$w_c(t)$	38 mm
cedimento totale	$w_{tot}(t)$	78 mm
<b>Cedimento da 0.16 a 150 anni</b>		
	$w_r$	<b>37 mm OK</b>



	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>GEOTECNICA</b>					
	Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO 40	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO GE0000 003	REV. B

## 5 ANALISI DI STABILITÀ

### 5.1 Metodologie di calcolo

L'esame delle condizioni di stabilità è stato condotto utilizzando gli usuali metodi dell'equilibrio limite. Per la valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità globale si è impiegato il software Paratie Plus in cui la ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento. Sono state cautelativamente considerate ipotesi di deformazione piana. In particolare, in questa sede si fa riferimento al metodo di Bishop che prevede superfici di scorrimento circolari nei terreni. Nelle analisi sono state ovviamente trascurate le superfici più corticali in quanto poco significative e per le quali non risulta idonea una analisi convenzionale all'equilibrio limite.

Il coefficiente di sicurezza FS a rottura lungo la superficie di scorrimento viene definito come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie S e quella effettivamente mobilitata lungo la stessa superficie.

### 5.2 Analisi dei carichi

#### 5.2.1 Trincee

Cautelativamente si considera agente a monte un sovraccarico accidentale di 10 kPa.

#### 5.2.2 Rilevati stradali

Le analisi di stabilità dei rilevati ferroviari sono state svolte considerando i carichi permanenti ed accidentali in accordo a quanto riportato nelle NTC2018.

In particolare è stato considerato un carico permanente dovuto alla sovrastruttura stradale pari a 7.0 kN/m<sup>2</sup> (prodotto tra peso specifico del rilevato di 20 kN/m<sup>3</sup> e lo spessore di 0.35 m) e un sovraccarico variabile pari a 20 kN/m<sup>2</sup>.

#### 5.2.3 Azioni sismiche

Con riferimento al par. 7.11.4 delle NTC18, la verifica di stabilità in condizioni sismiche dei rilevati e dei fronti di scavo può essere condotta mediante metodi pseudo statici per i quali l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso del volume W di terreno potenzialmente instabile. Le componenti orizzontale e verticale della forza statica equivalente possono esprimersi come:

$$F_h = k_h \cdot W$$

$$F_v = k_v \cdot W \text{ dove:}$$

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g} \text{ (con } \beta_s \text{ coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito = 0.38 per SLV)}$$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>GEOTECNICA</b>					
	Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO 40	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO GE0000 003	REV. B

e  $k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$ .

Per le viabilità in esame, in funzione della categoria, allo SLV si ha:

Cat.	$V_N$	$C_U$	$V_R$	$a_g$	$S_S$	$S_T$	$a_{max}$	$k_h$	$k_v$
C2	100	1.5	150	0.12 g	1.50	1.00	0.18	0.068	$\pm 0.034$
F1	75	1.5	112.5	0.11 g	1.50	1.00	0.165	0.063	$\pm 0.031$
Destinazione Particolare	50	1.5	75	0.10 g	1.50	1.00	0.15	0+057	$\pm 0.029$

### 5.3 Combinazioni di calcolo e verifiche

Ai fini delle verifiche agli stati limite ultimi statici e sismici si riportano le combinazioni delle azioni riportate nelle NTC18:

-Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

-Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

I coefficienti di amplificazione dei carichi  $\gamma$  sono riportati a seguire.

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1	A2
Carichi permanenti $G_1$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Figura 3: Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU (Tab. 2.6.I - NTC2018).

Per le combinazioni sismiche si considera  $\Psi$  pari a 0.00 per i carichi variabili da traffico.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>GEOTECNICA</b>					
	Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO 40	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO GE0000 003	REV. B

La verifica allo stato limite ultimo richiesta dalle NTC18 per la stabilità dei fronti di scavo e rilevati in condizioni statiche, paragrafo 6.8.2, prevede l'utilizzo della combinazione 2 A2+M2+R2 dell'approccio 1.

I coefficienti da utilizzare sono riportati nelle tabelle che seguono.

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

Figura 4: Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno.

COEFFICIENTE	R2
$\gamma_R$	1,1

Figura 5: Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.

La verifica di stabilità in condizioni sismiche è condotta mediante l'applicazione del metodo cosiddetto pseudo-statico. Anche in questo caso deve verificarsi che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni, impiegando lo stesso approccio mostrato per le condizioni statiche, ma applicando coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici pari all'unità e riducendo le resistenze tramite un coefficiente parziale  $\gamma_R = 1.2$  (paragrafo 7.11.4 delle NTC18).

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>GEOTECNICA</b>					
	Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO 40	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO GE0000 003	REV. B

#### 5.4 Sezioni di calcolo

Per la valutazione della stabilità di rilevati sono state analizzate le sezioni ritenute più significative, ovvero:

	VIABILITÀ	CATEGORIA DELLA STRADA	$V_R$	VIABILITÀ E SEZIONE DI RIFERIMENTO	ALTEZZA MASSIMA	BANCA	TERRENO DI FONDAZIONE
A	NV04A NV05A	F1	112.5	NV04A sez. 6 (0+125)	6.00 m	no	AV
B	NV04A NV05A	F1	112.5	NV04A sez. 7 (0+150)	8.00 m	si	AV
C	NV05E	D.P.	75	NV05E sez. 35 (0+850)	6.00 m	no	FYN4
D	NV01 NV90 NV93	D.P.	75	NV01 sez. 11 (0+250)	6.00 m	no	TRV
E	NV01 NV93	D.P.	75	NV01 sez. 10 (0+225)	7.00 m	si	TRV
F	NV02 NV94 NV95	D.P.	75	NV94 sez. 2 (0+025)	6.00 m	no	a2
G	NV94	D.P.	75	NV94 sez. 17 (0+400)	12.00 m	si	a2
H	NV04B NV97	F1	112.5	NV97 sez. 39 (0+950)	5.50 m	no	a2

Per le trincee invece sono state analizzate le seguenti sezioni:

	VIABILITÀ	SEZIONE	CATEGORIA STRADA	$V_R$	ALTEZZA MASSIMA	TERRENO DI FONDAZIONE
A	NV04A	13 (0+300)	F1	112.5	5.00 m	AV
B	NV06	7 (0+125)	D.P.	75	5.00 m	TRV
C	NV05E	7 (0+150)	D.P.	75	9.00 m	TRV

Nelle analisi di stabilità per le varie unità geotecniche sono stati considerati i seguenti parametri:

<p><b>Unità R – Rilevato stradale</b></p> <p><math>\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3</math> peso di volume naturale  <math>c' = 0 \text{ kPa}</math> coesione drenata  <math>\Phi' = 35^\circ</math> angolo di resistenza al taglio</p>	<p><b>Unità a2 – Depositi alluvionali coesivi</b></p> <p><math>\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3</math> peso di volume naturale  <math>c' = 10 \text{ kPa}</math> coesione drenata  <math>\Phi' = 25^\circ</math> angolo di resistenza al taglio  <math>c_u = 75 \text{ kPa}</math> coesione non drenata</p>
<p><b>Unità AV– Argille variegata</b></p> <p><math>\gamma = 20.0 \text{ kN/m}^3</math> peso di volume naturale  <math>c' = 10 \text{ kPa}</math> coesione drenata  <math>\Phi' = 22^\circ</math> angolo di resistenza al taglio  <math>c_u = 75 \text{ kPa}</math> coesione non drenata</p>	<p><b>Unità FYN4 – Flysch numidico</b></p> <p><math>\gamma = 20.0 \text{ kN/m}^3</math> peso di volume naturale  <math>c' = 10 \text{ kPa}</math> coesione drenata  <math>\Phi' = 21^\circ</math> angolo di resistenza al taglio  <math>c_u = 75 \text{ kPa}</math> coesione non drenata</p>
<p><b>Unità TRV – Formazione Terravecchia</b></p> <p><math>\gamma = 21.0 \text{ kN/m}^3</math> peso di volume naturale  <math>c' = 15 \text{ kPa}</math> coesione drenata  <math>\Phi' = 20^\circ</math> angolo di resistenza al taglio  <math>c_u = 100 \text{ kPa}</math> coesione non drenata</p>	

La falda è stata considerata cautelativamente a piano campagna per le analisi dei rilevati e a fondo scavo nell'analisi delle trincee.

Essendo il terreno in sito un terreno coesivo, le verifiche statiche sono state condotte considerando il terreno sotto falda sia in condizioni drenate che non drenate mentre nelle analisi sismiche per il terreno sotto falda sono stati considerati solo i parametri non drenati.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>GEOTECNICA</b>					
	Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO 40	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO GE0000 003	REV. B

## 5.5 Risultati

### 5.5.1 Rilevato A – NV04A sez.6 H=6.00m

A seguire vengono riportati i risultati delle verifiche di stabilità delle scarpate sia in condizioni statiche che sismiche (viene riportata la verifica più gravosa valutata con  $\pm K_v$ ).

Fattori di Sicurezza		
	Condizioni drenate	Condizioni non drenate
Analisi statica (FS $\geq$ 1.1)	1.133	1.526
Analisi sismica (FS $\geq$ 1.2)	-	1.911

I fattori di sicurezza minimi ottenuti dalle verifiche sono sempre maggiori di quanto prescritto da normativa quindi le verifiche di stabilità sono sempre soddisfatte.

D.S. **Base Design Section** Fase **Stage 1** Eredita le proprietà dalla Fase: ▼

Attivo

Metodo di stabilità del pendio Bishop ▼

Definizione Superficie Critica  ▼

Massimo numero di iterazioni

Passo Conci

Tolleranza FS

Contributo del muro all'analisi di stabilità Ignora muro ▼

Controlla inclinazione base conci vs. cuneo attivo / cuneo passivo

Golden Section Search

Aggiusta forze E tra i conci (solo Bishop)

Applica FS alla resistenza GEO dei rinforzi (geogriglie ecc.)

Intervalli

Estremo iniziale sinistra	<input type="text" value="20 m"/>	Estremo iniziale destra	<input type="text" value="40.6 m"/>
Estremo finale sinistra	<input type="text" value="29.6 m"/>	Estremo finale destra	<input type="text" value="60 m"/>
Suddivisioni intervallo s	<input type="text" value="10"/>	Suddivisioni intervallo d	<input type="text" value="20"/>
Raggio Massimo	<input type="text" value="30 m"/>	Numero Raggi	<input type="text" value="10"/>

Figura 6: Rilevato A – definizione superfici da analizzare.

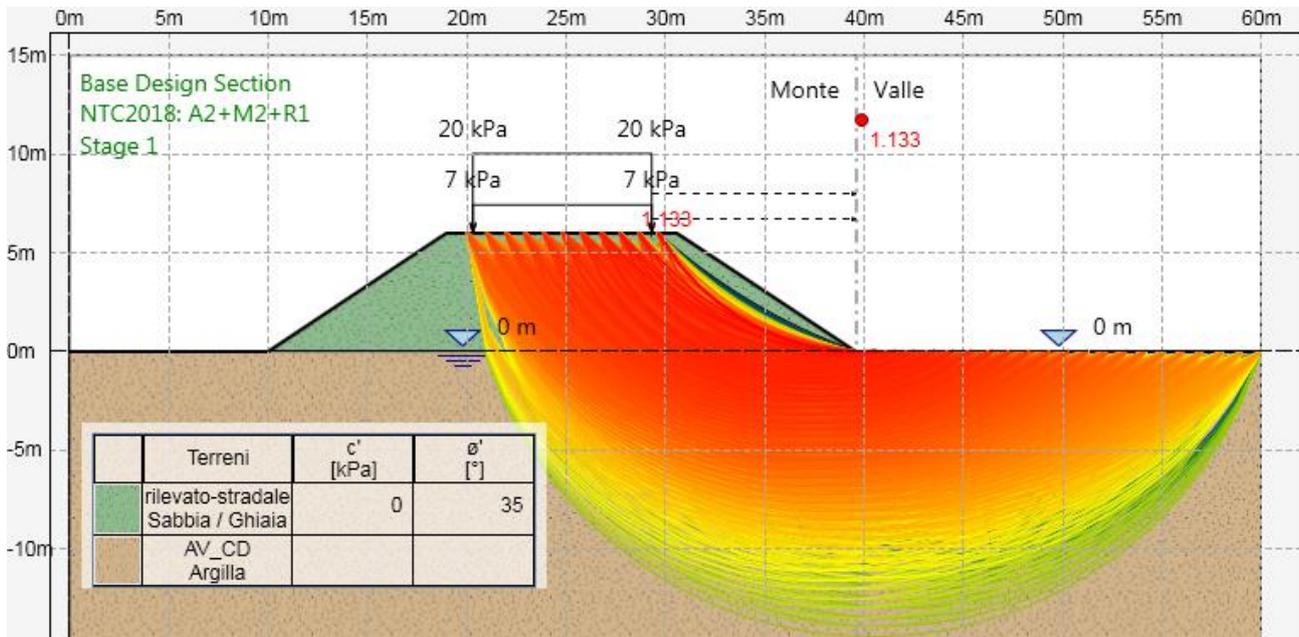


Figura 7: Rilevato A – analisi statica in condizioni drenate.

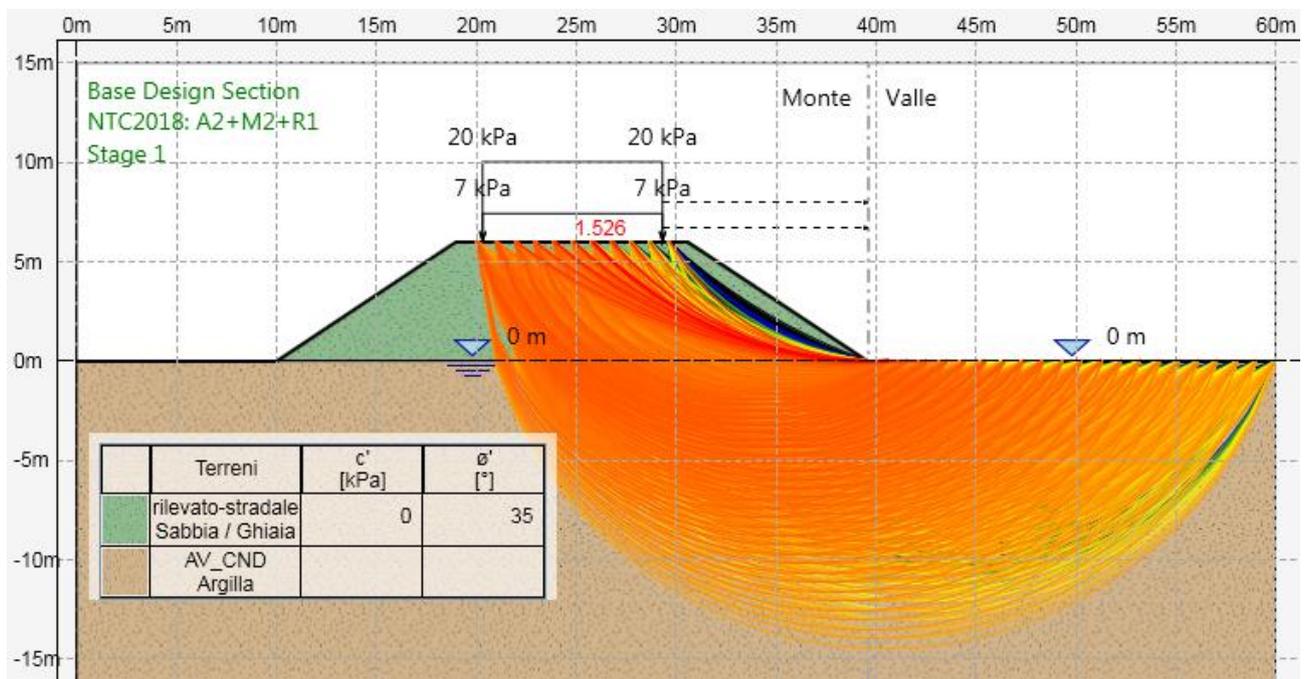


Figura 8: Rilevato A – analisi statica in condizioni non drenate.

Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 29 RH	GE0000 003	B	33 di 64

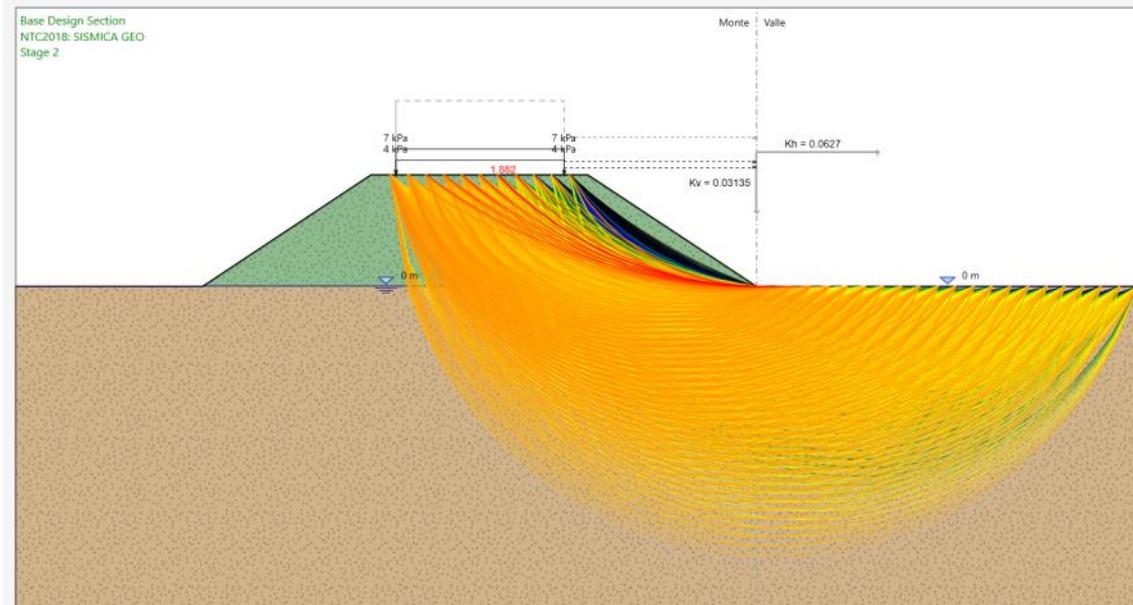


Figura 9: Rilevato A – analisi sismica in condizioni non drenate.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>GEOTECNICA</b>					
	Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO 40	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO GE0000 003	REV. B

### 5.5.2 Rilevato B – NV04A sez.7 H=8.00m

Nelle seguenti figure sono mostrati i risultati delle verifiche di stabilità delle scarpate sia in condizioni statiche che sismiche (viene riportata la verifica più gravosa valutata con  $\pm K_v$ ).

Fattori di Sicurezza		
	Condizioni drenate	Condizioni non drenate
Analisi statica (FS $\geq$ 1.1)	1.213	1.423
Analisi sismica (FS $\geq$ 1.2)	-	1.691

I fattori di sicurezza minimi ottenuti dalle verifiche sono sempre maggiori di quanto prescritto da normativa quindi le verifiche di stabilità sono sempre soddisfatte.

D.S. **Base Design Section** Fase **Stage 1** Eredita le proprietà dalla Fase: ▼

Attivo

Metodo di stabilità del pendio Bishop ▼

Definizione Superficie Critica  ▼

Massimo numero di iterazioni

Passo Conci

Tolleranza FS

Contributo del muro all'analisi di stabilità Ignora muro ▼

Controlla inclinazione base conci vs. cuneo attivo / cuneo passivo

Golden Section Search

Aggiusta forze E tra i conci (solo Bishop)

Applica FS alla resistenza GEO dei rinforzi (geogriglie ecc.)

**Intervalli**

Estremo iniziale sinistra	<input type="text" value="20"/> m	Estremo iniziale destra	<input type="text" value="45.6"/> m
Estremo finale sinistra	<input type="text" value="29.6"/> m	Estremo finale destra	<input type="text" value="65"/> m
Suddivisioni intervallo s	<input type="text" value="10"/>	Suddivisioni intervallo d	<input type="text" value="20"/>
Raggio Massimo	<input type="text" value="40"/> m	Numero Raggi	<input type="text" value="15"/>

Figura 10: Rilevato B – definizione superfici da analizzare.

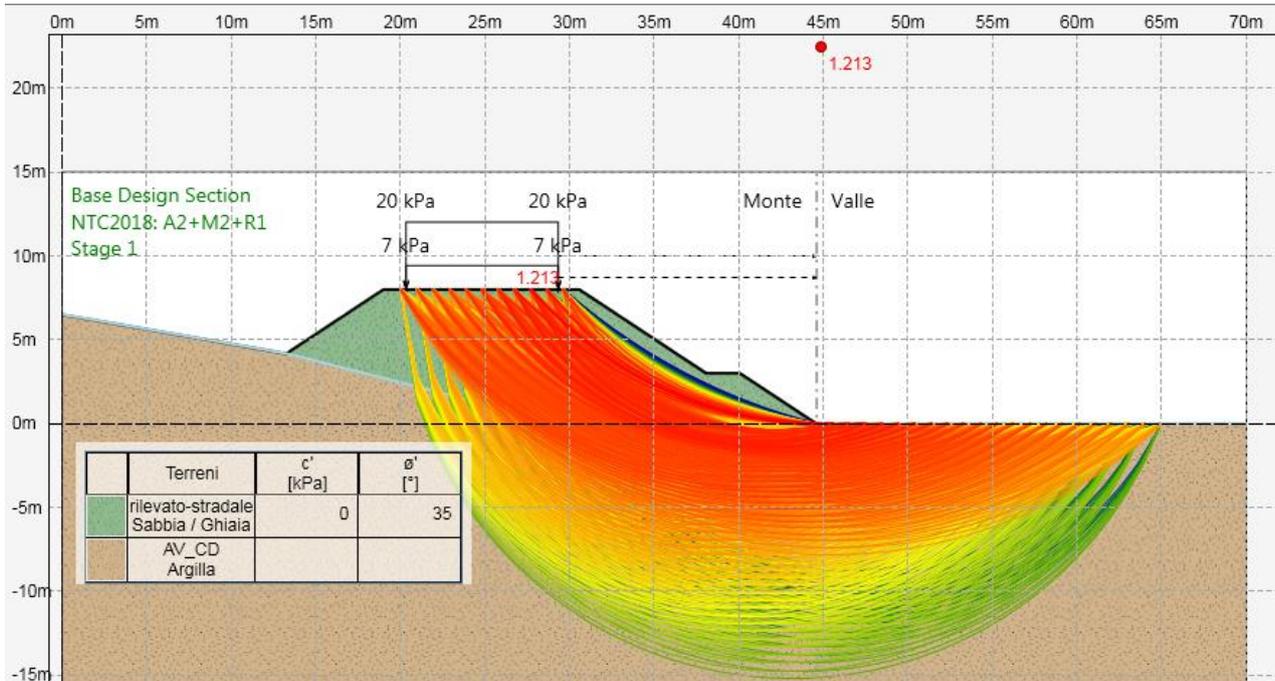


Figura 11: Rilevato B – analisi statica in condizioni drenate.

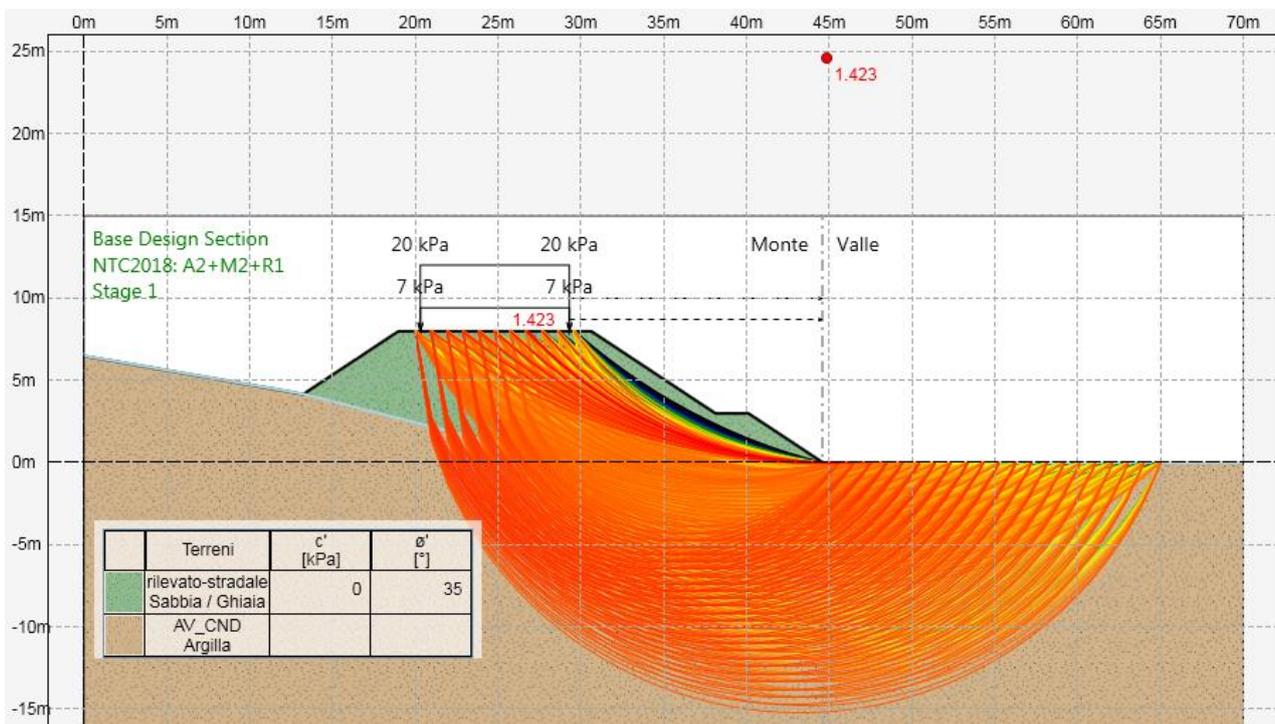


Figura 12: Rilevato B – analisi statica in condizioni non drenate.

Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 29 RH	GE0000 003	B	36 di 64

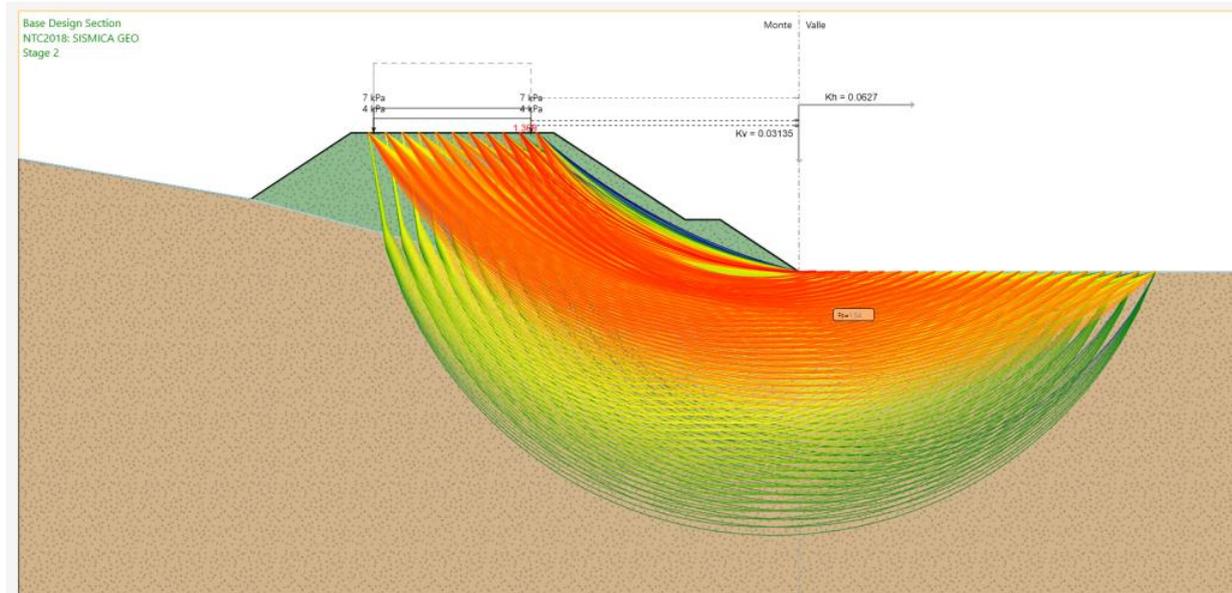


Figura 13: Rilevato B – analisi sismica in condizioni non drenate.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>GEOTECNICA</b>					
	Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO 40	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO GE0000 003	REV. B

### 5.5.3 Rilevato C – NV05E sez.35 H=6.00m

Nelle seguenti figure sono mostrati i risultati delle verifiche di stabilità delle scarpate sia in condizioni statiche che sismiche (viene riportata la verifica più gravosa valutata con  $\pm K_v$ ).

Fattori di Sicurezza		
	Condizioni drenate	Condizioni non drenate
Analisi statica (FS $\geq$ 1.1)	1.123	1.353
Analisi sismica (FS $\geq$ 1.2)	-	1.698

I fattori di sicurezza minimi ottenuti dalle verifiche sono sempre maggiori di quanto prescritto da normativa quindi le verifiche di stabilità sono sempre soddisfatte.

D.S. Base Design Section Fase Stage 1 Eredita le proprietà dalla Fase:

Attivo

Metodo di stabilità del pendio Bishop

Definizione Superficie Critica 

Massimo numero di iterazioni

Passo Conci

Tolleranza FS

Contributo del muro all'analisi di stabilità Ignora muro

Controlla inclinazione base conci vs. cuneo attivo / cuneo passivo

Golden Section Search

Aggiusta forze E tra i conci (solo Bishop)

Applica FS alla resistenza GEO dei rinforzi (geogriglie ecc.)

---

Intervalli

Estremo iniziale sinistra	<input type="text" value="20"/> m	Estremo iniziale destra	<input type="text" value="35"/> m
Estremo finale sinistra	<input type="text" value="24"/> m	Estremo finale destra	<input type="text" value="55"/> m
Suddivisioni intervallo s	<input type="text" value="5"/>	Suddivisioni intervallo d	<input type="text" value="20"/>
Raggio Massimo	<input type="text" value="30"/> m	Numero Raggi	<input type="text" value="10"/>

Figura 14: Rilevato C – definizione superfici da analizzare.

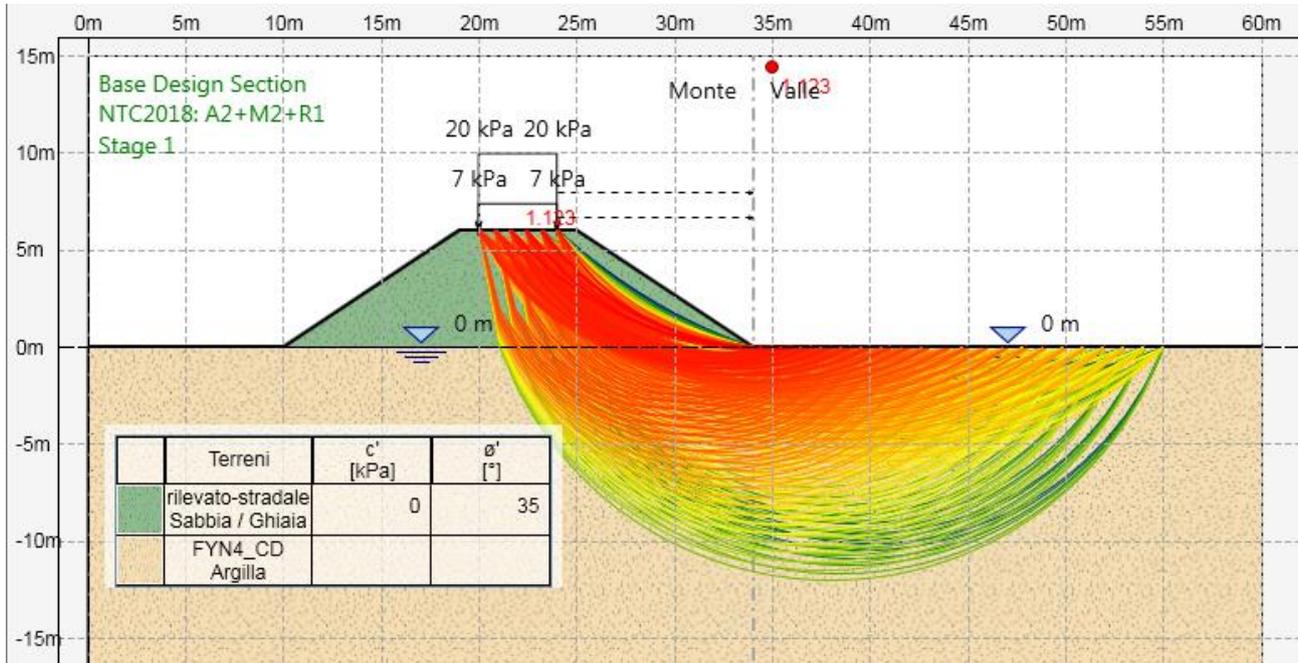


Figura 15: Rilevato C – analisi statica in condizioni drenate.

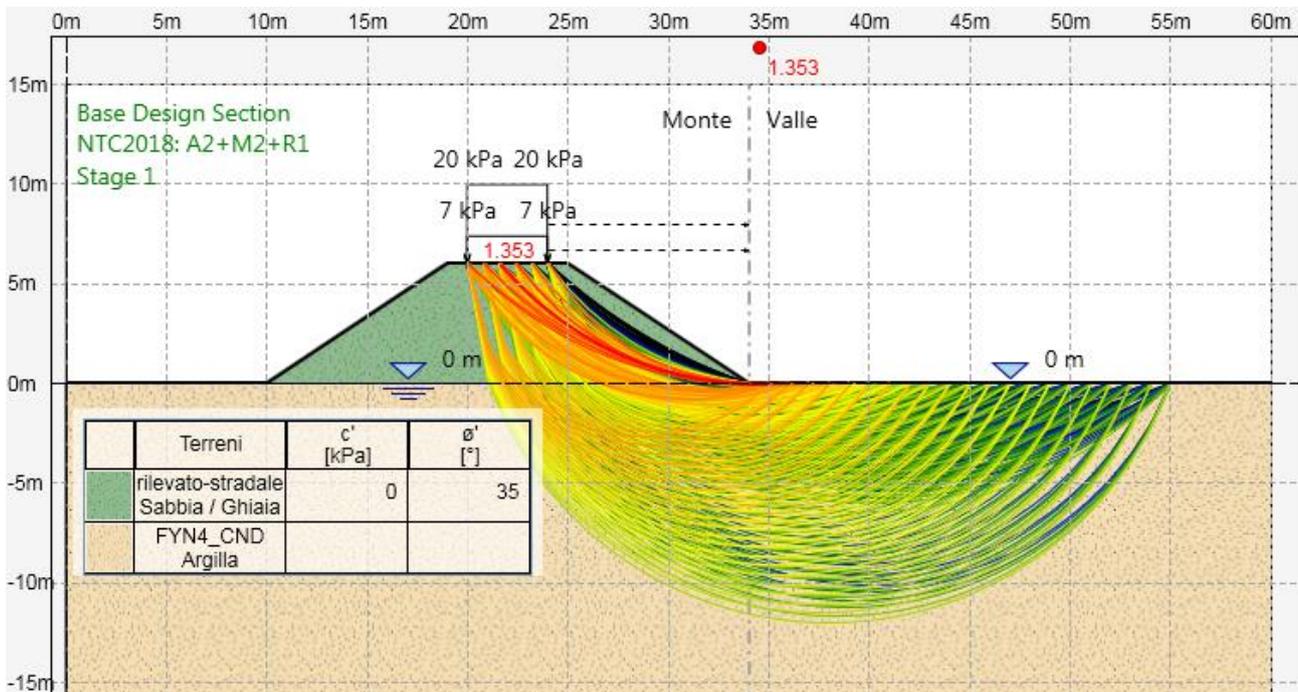


Figura 16: Rilevato C – analisi statica in condizioni non drenate.

Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 29 RH	GE0000 003	B	39 di 64

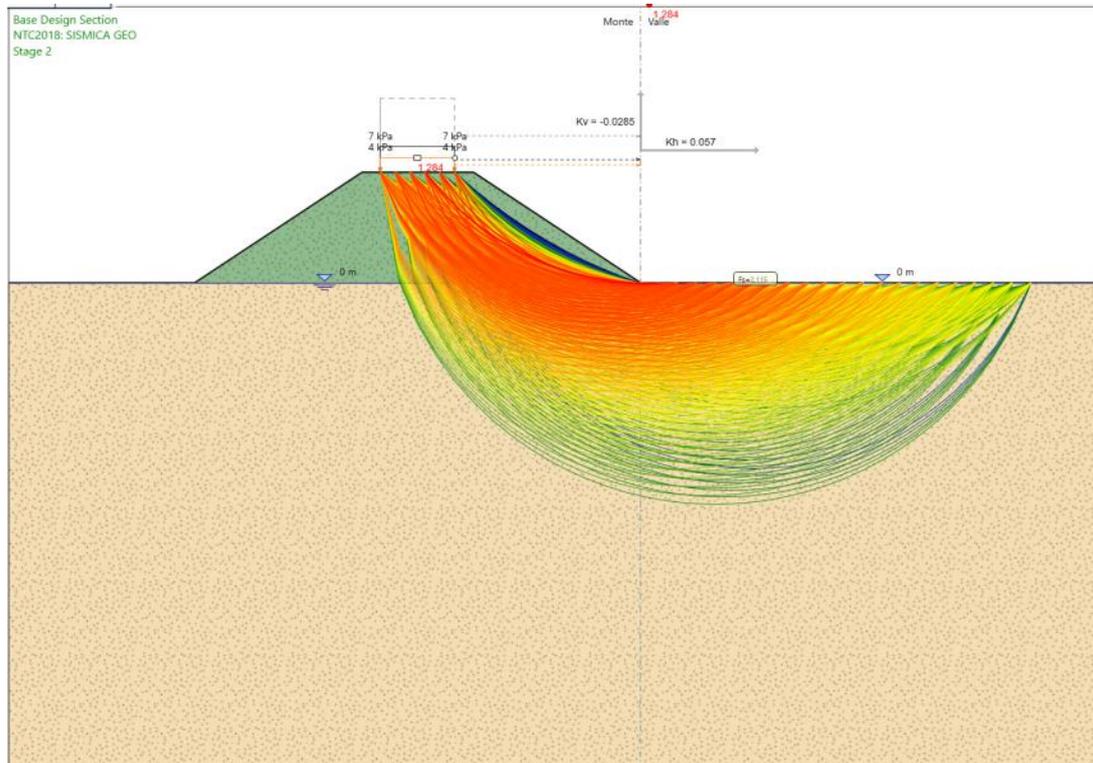


Figura 17: Rilevato C – analisi sismica in condizioni non drenate.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>GEOTECNICA</b>					
	Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO 40	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO GE0000 003	REV. B

#### 5.5.4 Rilevato D– NV01 sez.11 H=6.00m

Nelle seguenti figure sono mostrati i risultati delle verifiche di stabilità delle scarpate sia in condizioni statiche che sismiche (viene riportata la verifica più gravosa valutata con  $\pm K_v$ ).

Fattori di Sicurezza		
	Condizioni drenate	Condizioni non drenate
Analisi statica (FS $\geq$ 1.1)	1.218	1.841
Analisi sismica (FS $\geq$ 1.2)	-	2.378

I fattori di sicurezza minimi ottenuti dalle verifiche sono sempre maggiori di quanto prescritto da normativa quindi le verifiche di stabilità sono sempre soddisfatte.

D.S. **Base Design Section** Fase **Stage 1** Eredita le proprietà dalla Fase: ▼

Attivo

Metodo di stabilità del pendio Bishop ▼

Definizione Superficie Critica  ▼

Massimo numero di iterazioni

Passo Conci

Tolleranza FS

Contributo del muro all'analisi di stabilità Ignora muro ▼

Controlla inclinazione base conci vs. cuneo attivo / cuneo passivo

Golden Section Search

Aggiusta forze E tra i conci (solo Bishop)

Applica FS alla resistenza GEO dei rinforzi (geogriglie ecc.)

---

Intervalli

Estremo iniziale sinistra  Estremo iniziale destra

Estremo finale sinistra  Estremo finale destra

Suddivisioni intervallo s  Suddivisioni intervallo d

Raggio Massimo  Numero Raggi

Figura 18: Rilevato D – definizione superfici da analizzare.

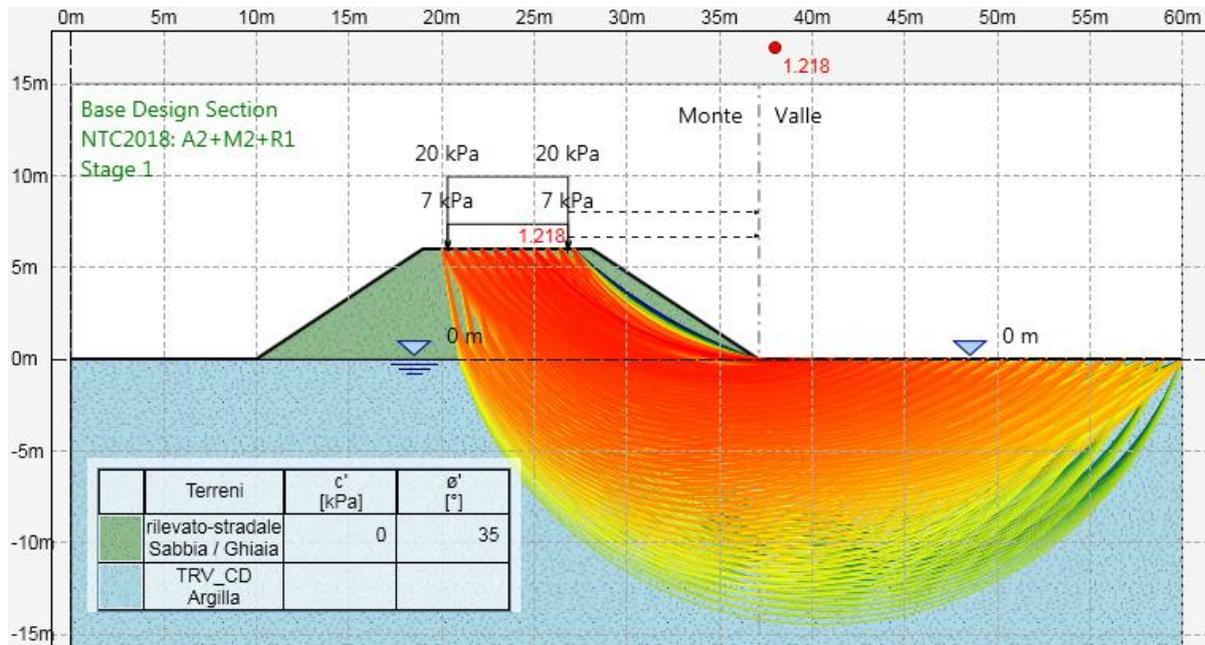


Figura 19: Rilevato D – analisi statica in condizioni drenate.

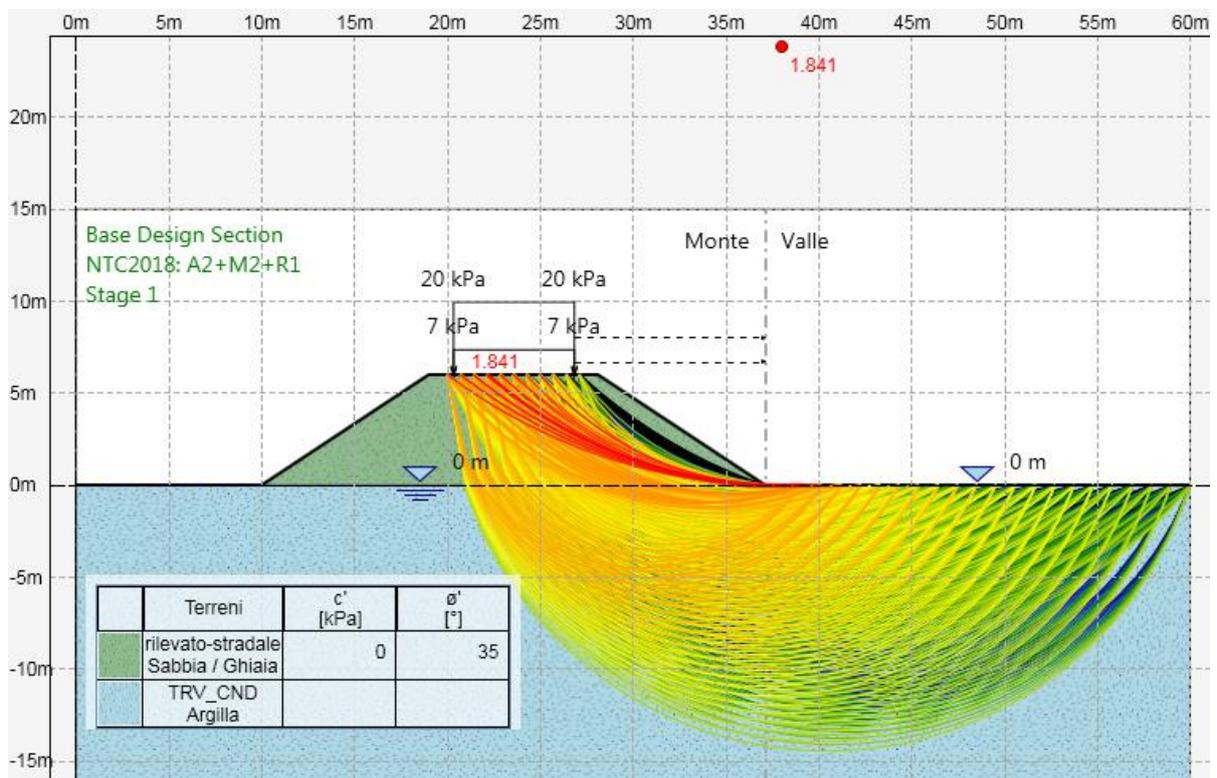


Figura 20: Rilevato D – analisi statica in condizioni non drenate.

Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 29 RH	GE0000 003	B	42 di 64

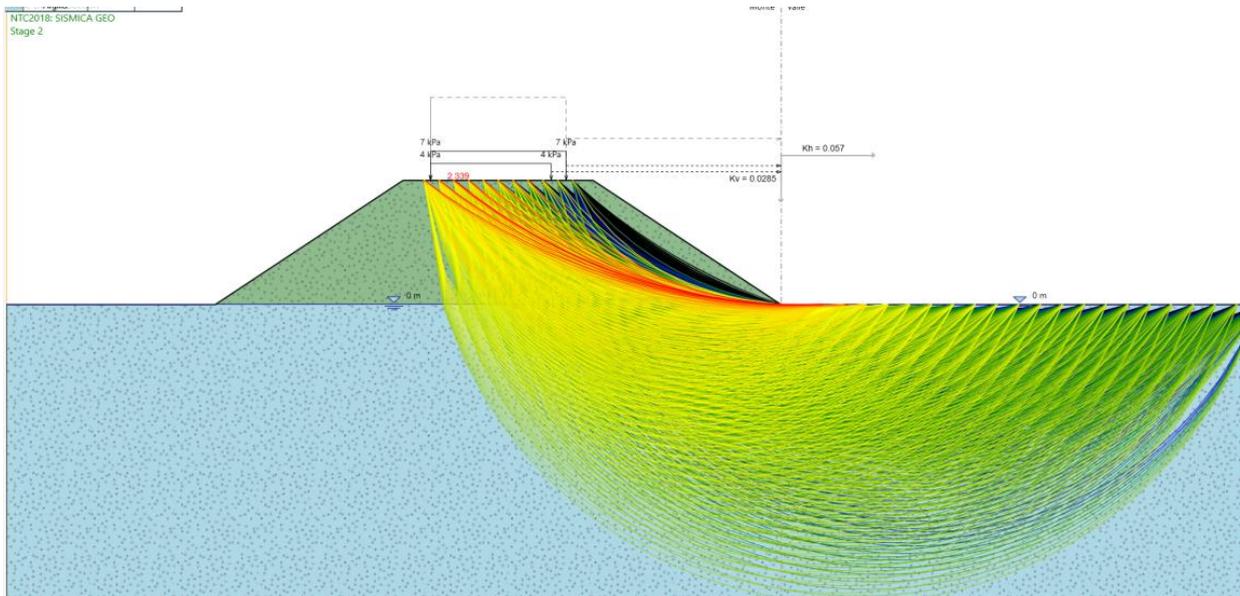


Figura 21: Rilevato D – analisi sismica in condizioni non drenate.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>GEOTECNICA</b>					
	Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO 40	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO GE0000 003	REV. B

### 5.5.5 Rilevato E– NV01 sez.10 H=7.00m

Nelle seguenti figure sono mostrati i risultati delle verifiche di stabilità delle scarpate sia in condizioni statiche che sismiche (viene riportata la verifica più gravosa valutata con  $\pm K_v$ ).

Fattori di Sicurezza		
	Condizioni drenate	Condizioni non drenate
Analisi statica (FS $\geq$ 1.1)	1.19	1.517
Analisi sismica (FS $\geq$ 1.2)	-	1.775

I fattori di sicurezza minimi ottenuti dalle verifiche sono sempre maggiori di quanto prescritto da normativa quindi le verifiche di stabilità sono sempre soddisfatte.

D.S. **Base Design Section** Fase **Stage 1** Eredita le proprietà dalla Fase: ▼

Attivo

Metodo di stabilità del pendio Bishop ▼

Definizione Superficie Critica  ▼

Massimo numero di iterazioni

Passo Conci

Tolleranza FS

Contributo del muro all'analisi di stabilità Ignora muro ▼

Controlla inclinazione base conci vs. cuneo attivo / cuneo passivo

Golden Section Search

Aggiusta forze E tra i conci (solo Bishop)

Applica FS alla resistenza GEO dei rinforzi (geogriglie ecc.)

---

Intervalli

Estremo iniziale sinistra	<input style="width: 80%;" type="text" value="17.78 m"/>	Estremo iniziale destra	<input style="width: 80%;" type="text" value="39.38 m"/>
Estremo finale sinistra	<input style="width: 80%;" type="text" value="24.88 m"/>	Estremo finale destra	<input style="width: 80%;" type="text" value="60 m"/>
Suddivisioni intervallo s	<input style="width: 80%;" type="text" value="10"/>	Suddivisioni intervallo d	<input style="width: 80%;" type="text" value="20"/>
Raggio Massimo	<input style="width: 80%;" type="text" value="40 m"/>	Numero Raggi	<input style="width: 80%;" type="text" value="20"/>

Figura 22: Rilevato E – definizione superfici da analizzare.

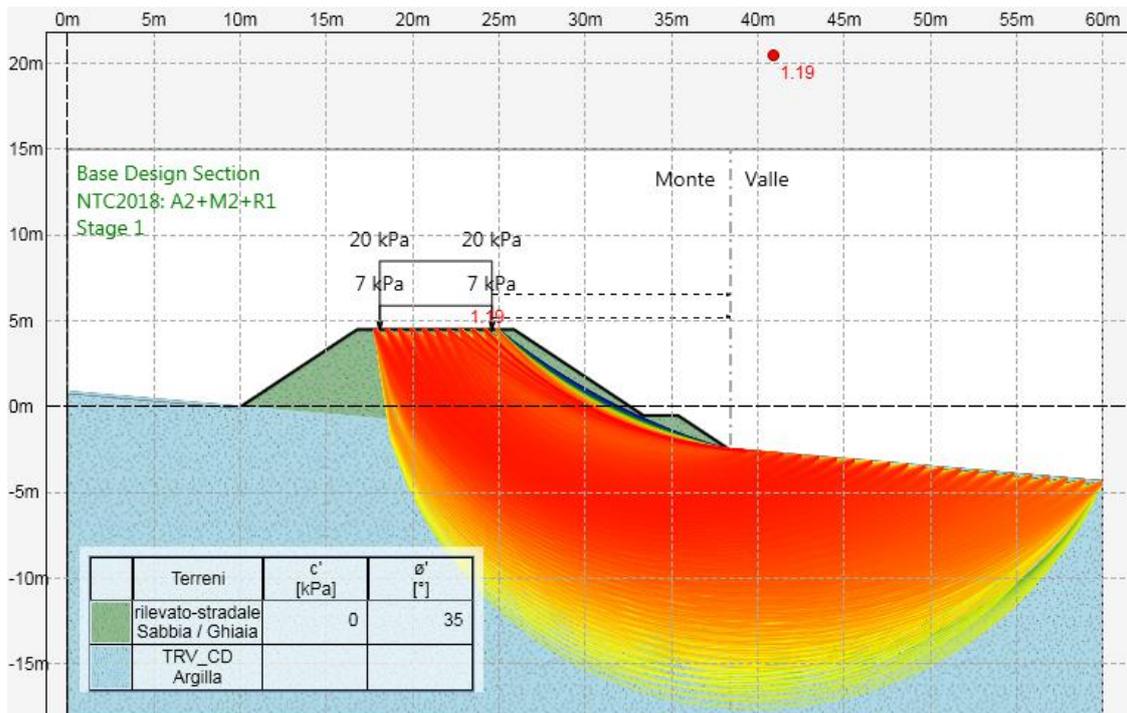


Figura 23: Rilevato E – analisi statica in condizioni drenate.

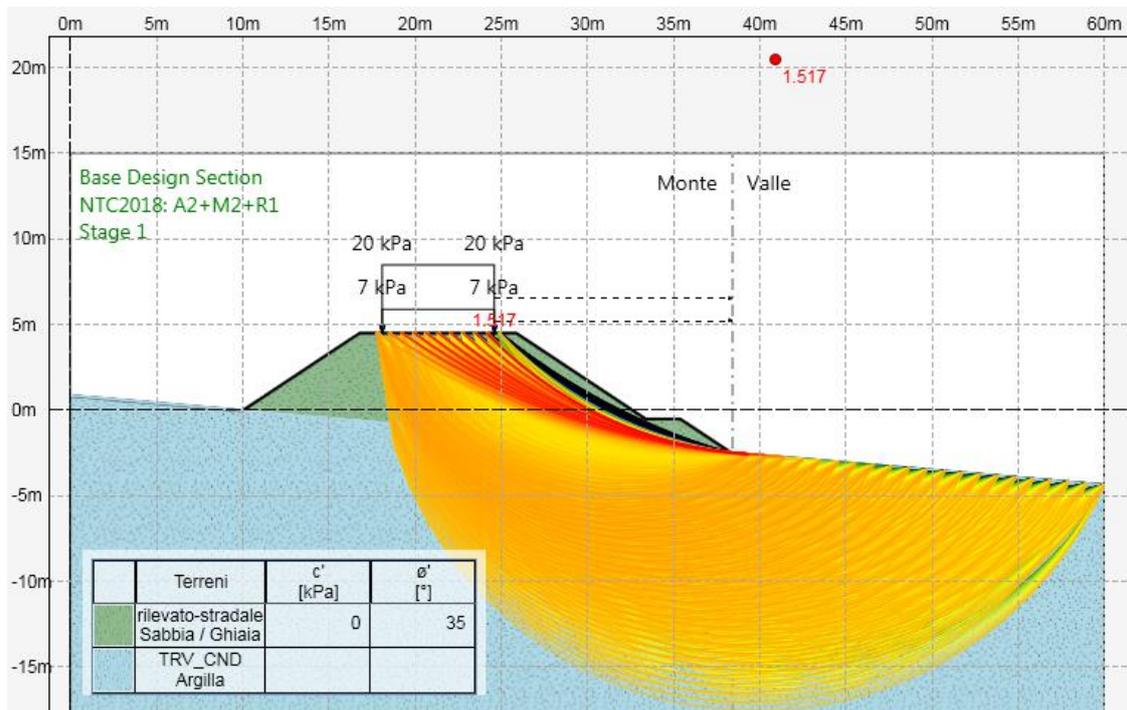


Figura 24: Rilevato E – analisi statica in condizioni non drenate.

Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 29 RH	GE0000 003	B	45 di 64

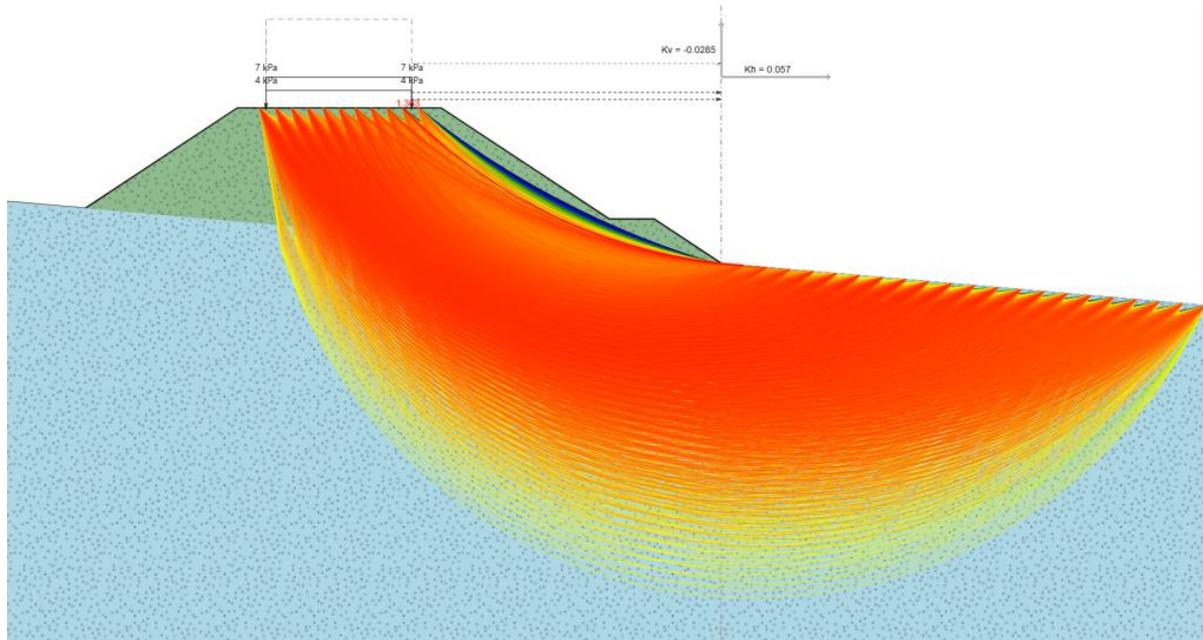


Figura 25: Rilevato E – analisi sismica in condizioni non drenate.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>GEOTECNICA</b>					
	Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO 40	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO GE0000 003	REV. B

### 5.5.6 Rilevato F– NV94 sez.2 H=6.00m

Nelle seguenti figure sono mostrati i risultati delle verifiche di stabilità delle scarpate sia in condizioni statiche che sismiche (viene riportata la verifica più gravosa valutata con  $\pm K_v$ ).

Fattori di Sicurezza		
	Condizioni drenate	Condizioni non drenate
Analisi statica (FS $\geq$ 1.1)	1.17	1.69
Analisi sismica (FS $\geq$ 1.2)	-	2.159

I fattori di sicurezza minimi ottenuti dalle verifiche sono sempre maggiori di quanto prescritto da normativa quindi le verifiche di stabilità sono sempre soddisfatte.

D.S. **Base Design Section** Fase **Stage 1** Eredita le proprietà dalla Fase: ▼

Attivo

Metodo di stabilità del pendio Bishop ▼

Definizione Superficie Critica  ▼

Massimo numero di iterazioni

Passo Conci

Tolleranza FS

Contributo del muro all'analisi di stabilità Ignora muro ▼

Controlla inclinazione base conci vs. cuneo attivo / cuneo passivo

Golden Section Search

Aggiusta forze E tra i conci (solo Bishop)

Applica FS alla resistenza GEO dei rinforzi (geogriglie ecc.)

---

**Intervalli**

Estremo iniziale sinistra	<input style="width: 60px;" type="text" value="20"/> m	Estremo iniziale destra	<input style="width: 60px;" type="text" value="39.1"/> m
Estremo finale sinistra	<input style="width: 60px;" type="text" value="27.1"/> m	Estremo finale destra	<input style="width: 60px;" type="text" value="60"/> m
Suddivisioni intervallo s	<input style="width: 60px;" type="text" value="10"/>	Suddivisioni intervallo d	<input style="width: 60px;" type="text" value="20"/>
Raggio Massimo	<input style="width: 60px;" type="text" value="30"/> m	Numero Raggi	<input style="width: 60px;" type="text" value="10"/>

Figura 26: Rilevato F– definizione superfici da analizzare.

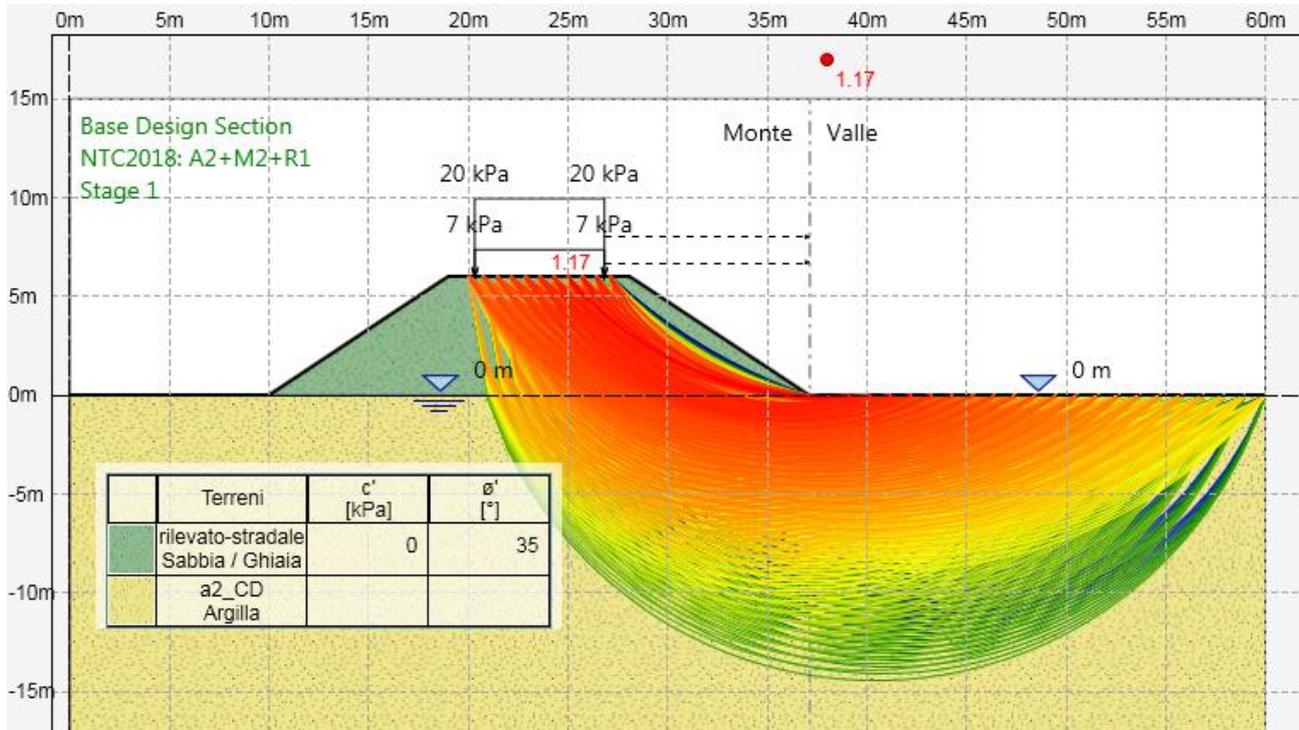


Figura 27: Rilevato F – analisi statica in condizioni drenate.

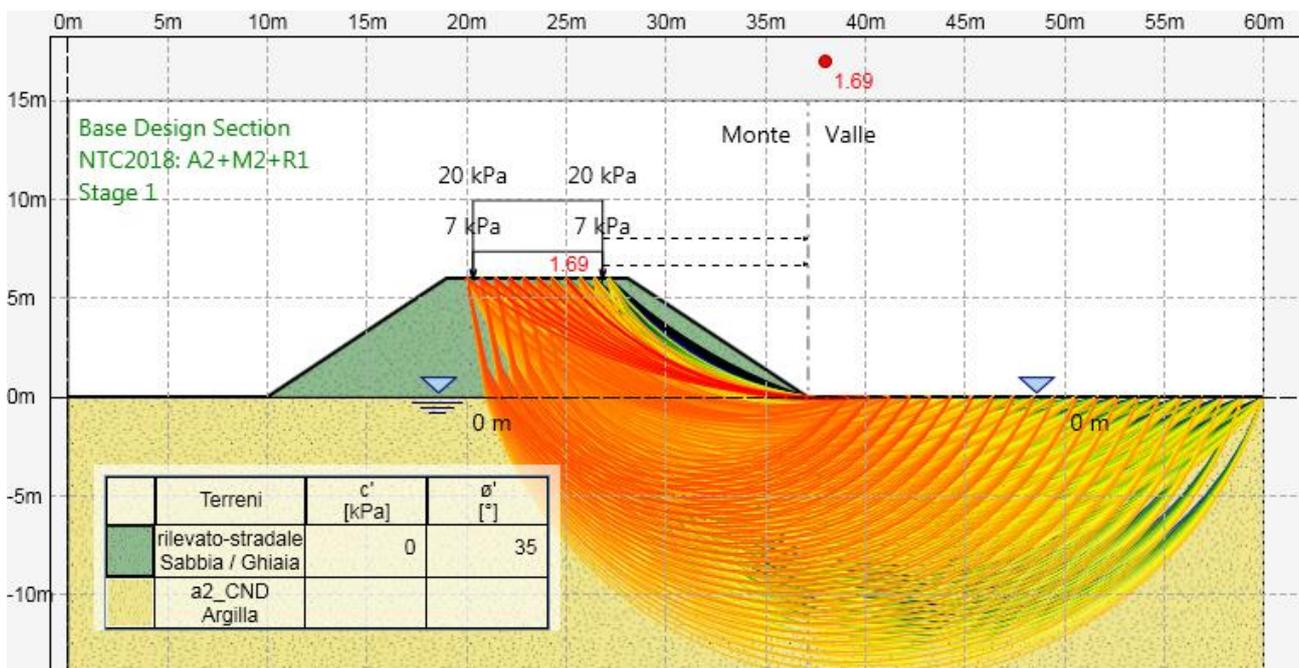


Figura 28: Rilevato F – analisi statica in condizioni non drenate.

Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 29 RH	GE0000 003	B	48 di 64

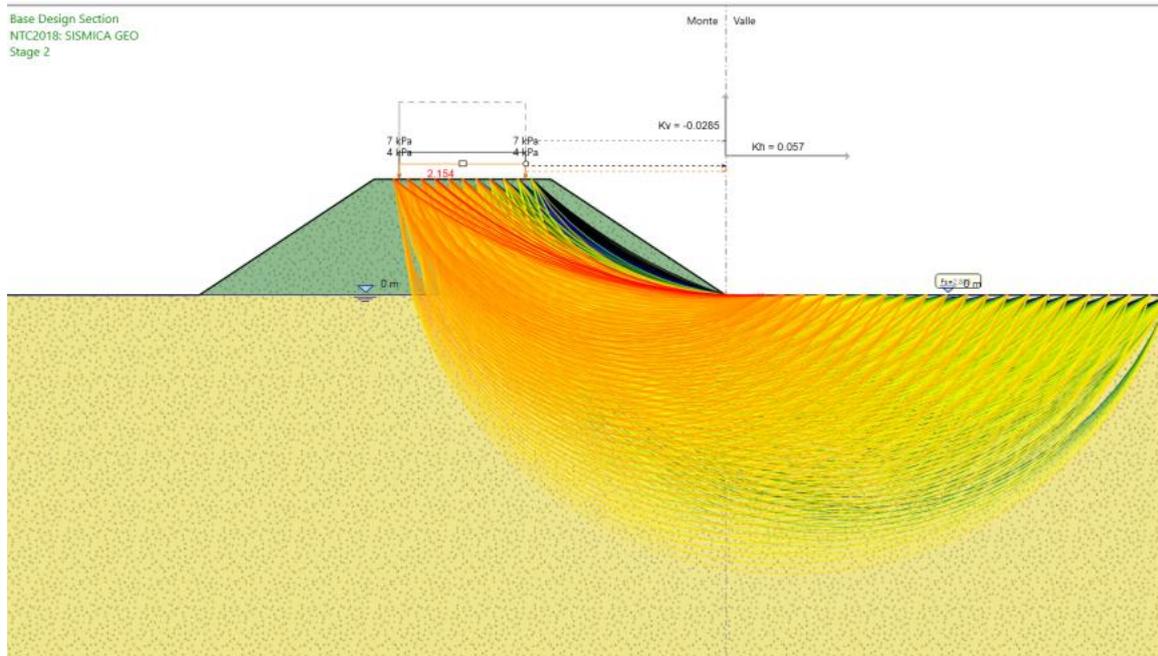


Figura 29: Rilevato F – analisi sismica in condizioni non drenate.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>GEOTECNICA</b>					
	Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO 40	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO GE0000 003	REV. B

### 5.5.7 Rilevato G – NV94 sez.17 H=12.00m

Nelle seguenti figure sono mostrati i risultati delle verifiche di stabilità delle scarpate sia in condizioni statiche che sismiche (viene riportata la verifica più gravosa valutata con  $\pm K_v$ ).

Fattori di Sicurezza		
	Condizioni drenate	Condizioni non drenate
Analisi statica (FS $\geq$ 1.1)	1.129	1.216
Analisi sismica (FS $\geq$ 1.2)	-	1.487

I fattori di sicurezza minimi ottenuti dalle verifiche sono sempre maggiori di quanto prescritto da normativa quindi le verifiche di stabilità sono sempre soddisfatte.

D.S. **Base Design Section** Fase **Stage 1** Eredita le proprietà dalla Fase: ▼

Attivo

Metodo di stabilità del pendio Bishop ▼

Definizione Superficie Critica  ▼

Massimo numero di iterazioni

Passo Conci

Tolleranza FS

Contributo del muro all'analisi di stabilità Ignora muro ▼

Controlla inclinazione base conci vs. cuneo attivo / cuneo passivo

Golden Section Search

Aggiusta forze E tra i conci (solo Bishop)

Applica FS alla resistenza GEO dei rinforzi (geogriglie ecc.)

**Intervalli**

Estremo iniziale sinistra <input type="text" value="20 m"/>	Estremo iniziale destra <input type="text" value="51.1 m"/>
Estremo finale sinistra <input type="text" value="27.1 m"/>	Estremo finale destra <input type="text" value="70 m"/>
Suddivisioni intervallo s <input type="text" value="10"/>	Suddivisioni intervallo d <input type="text" value="20"/>
Raggio Massimo <input type="text" value="40 m"/>	Numero Raggi <input type="text" value="20"/>

Figura 30: Rilevato G – definizione superfici da analizzare.

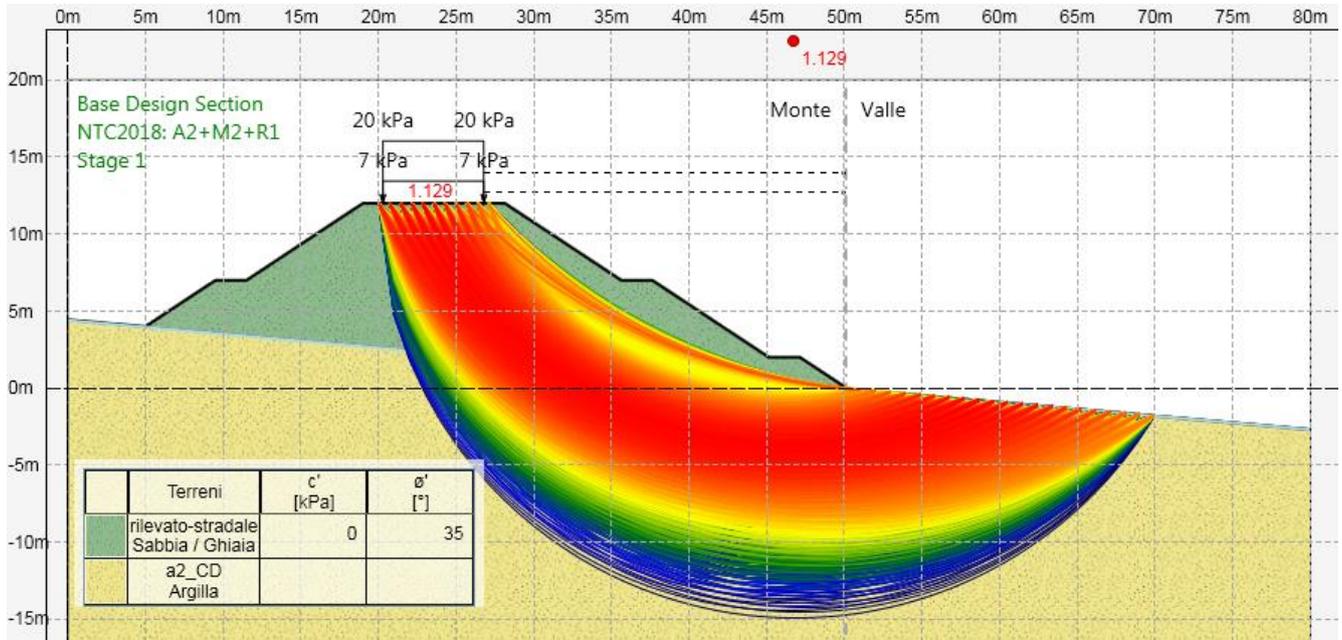


Figura 31: Rilevato G – analisi statica in condizioni drenate.

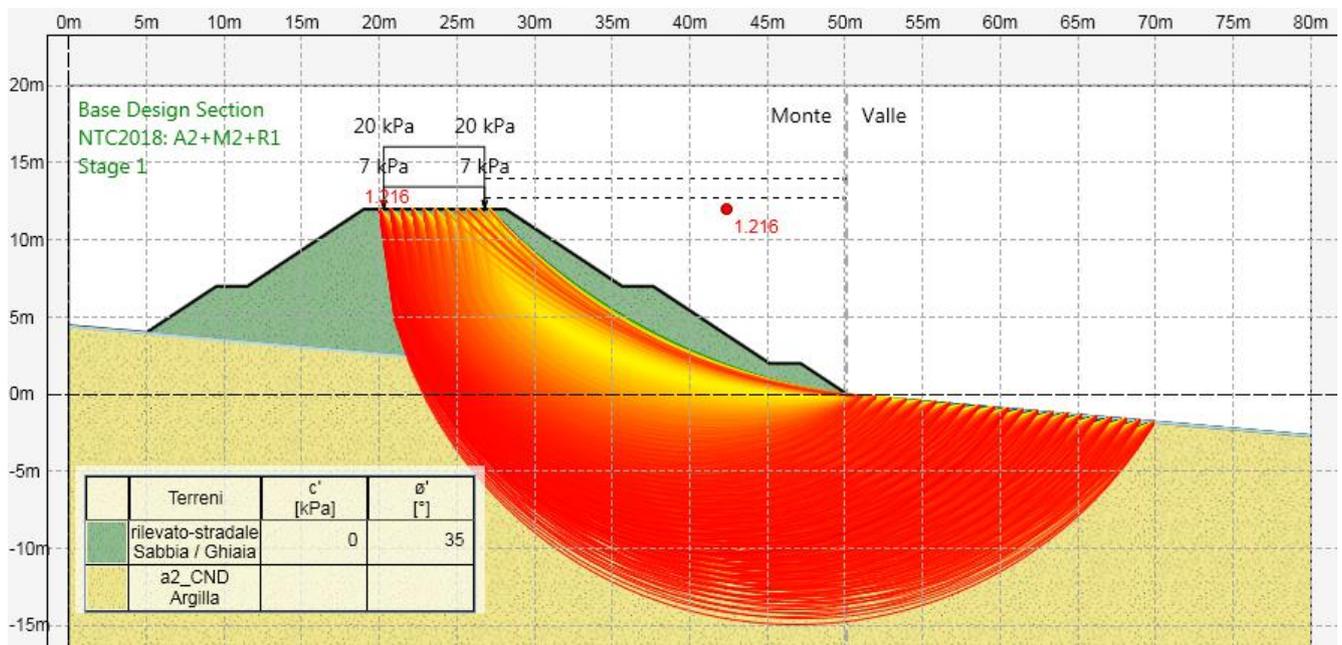


Figura 32: Rilevato G – analisi statica in condizioni non drenate.

Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 29 RH	GE0000 003	B	51 di 64

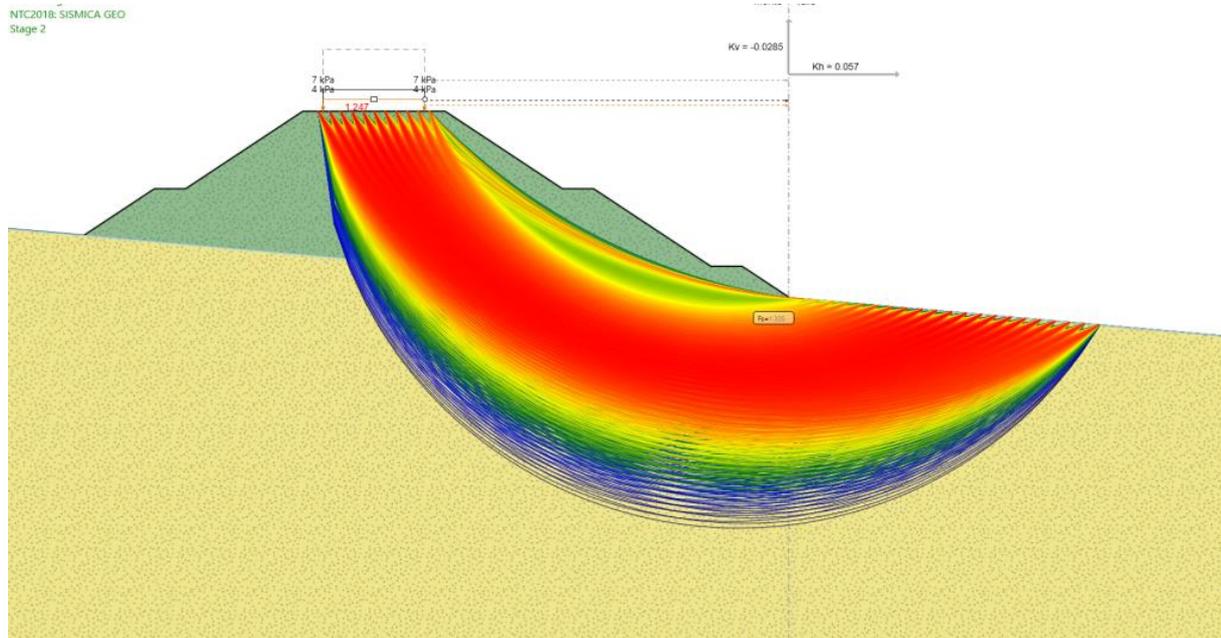


Figura 33: Rilevato G – analisi sismica in condizioni non drenate.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>GEOTECNICA</b>					
	Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO 40	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO GE0000 003	REV. B

### 5.5.8 Rilevato H – NV97 sez.39 H=5.50m

Nelle seguenti figure sono mostrati i risultati delle verifiche di stabilità delle scarpate sia in condizioni statiche che sismiche (viene riportata la verifica più gravosa valutata con  $\pm K_v$ ).

Fattori di Sicurezza		
	Condizioni drenate	Condizioni non drenate
Analisi statica (FS $\geq$ 1.1)	1.124	1.518
Analisi sismica (FS $\geq$ 1.2)	-	1.893

I fattori di sicurezza minimi ottenuti dalle verifiche sono sempre maggiori di quanto prescritto da normativa quindi le verifiche di stabilità sono sempre soddisfatte.

D.S. **Base Design Section** Fase **Stage 1** Eredita le proprietà dalla Fase: ▼

Attivo

Metodo di stabilità del pendio Bishop ▼

Definizione Superficie Critica  ▼

Massimo numero di iterazioni

Passo Conci

Tolleranza FS

Contributo del muro all'analisi di stabilità Ignora muro ▼

Controlla inclinazione base conci vs. cuneo attivo / cuneo passivo

Golden Section Search

Aggiusta forze E tra i conci (solo Bishop)

Applica FS alla resistenza GEO dei rinforzi (geogriglie ecc.)

---

Intervalli

Estremo iniziale sinistra <input type="text" value="19.25 m"/>	Estremo iniziale destra <input type="text" value="39.1 m"/>
Estremo finale sinistra <input type="text" value="28.85 m"/>	Estremo finale destra <input type="text" value="60 m"/>
Suddivisioni intervallo s <input type="text" value="10"/>	Suddivisioni intervallo d <input type="text" value="20"/>
Raggio Massimo <input type="text" value="30 m"/>	Numero Raggi <input type="text" value="10"/>

Figura 34: Rilevato H – definizione superfici da analizzare.

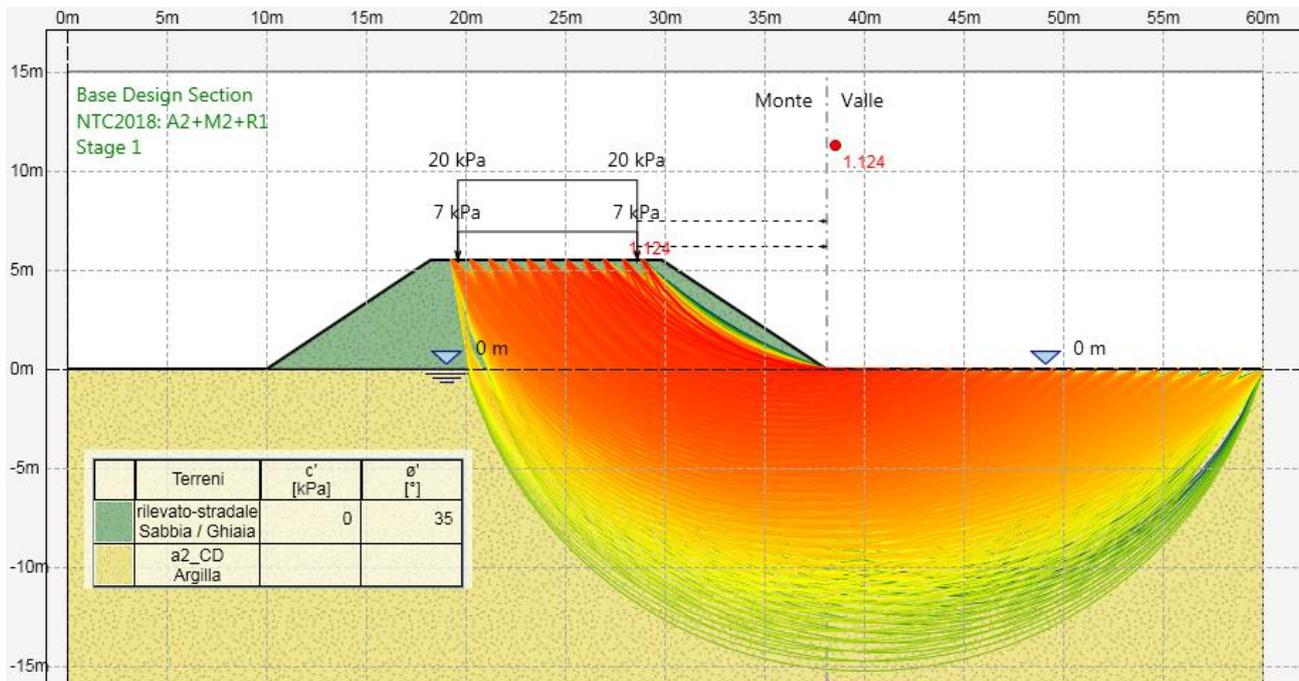


Figura 35: Rilevato H – analisi statica in condizioni drenate.

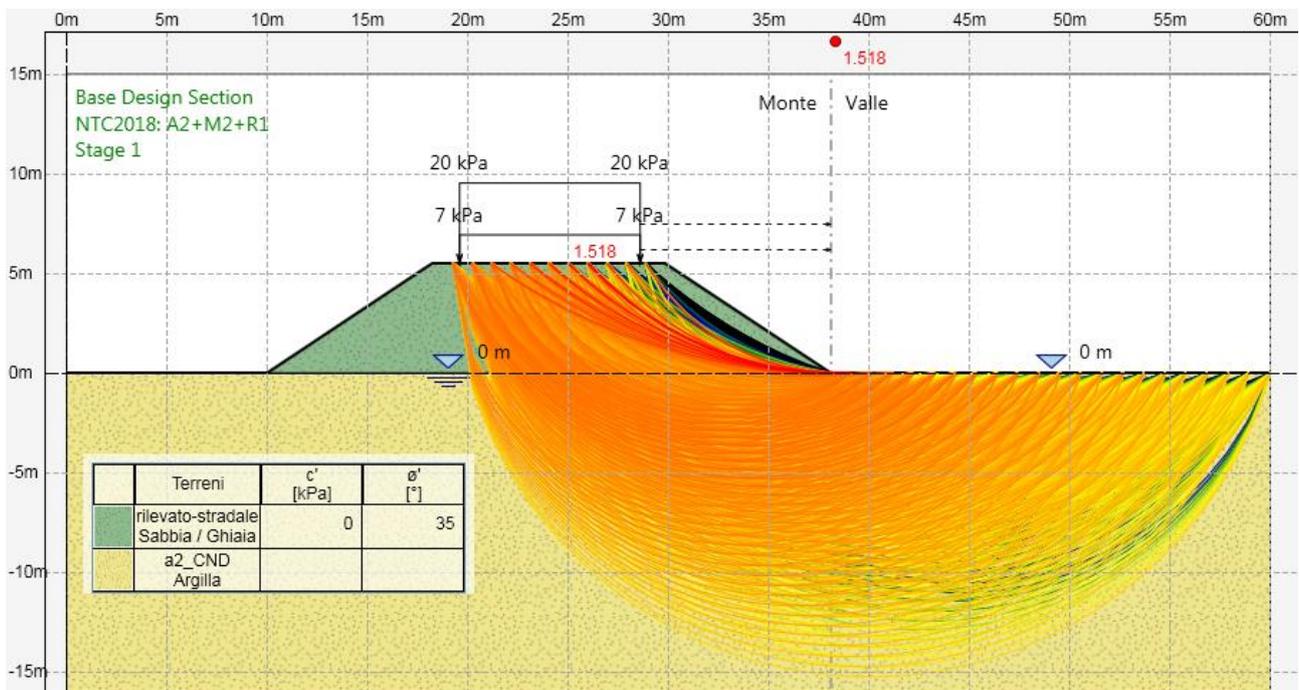


Figura 36: Rilevato H – analisi statica in condizioni non drenate.

Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 29 RH	GE0000 003	B	54 di 64

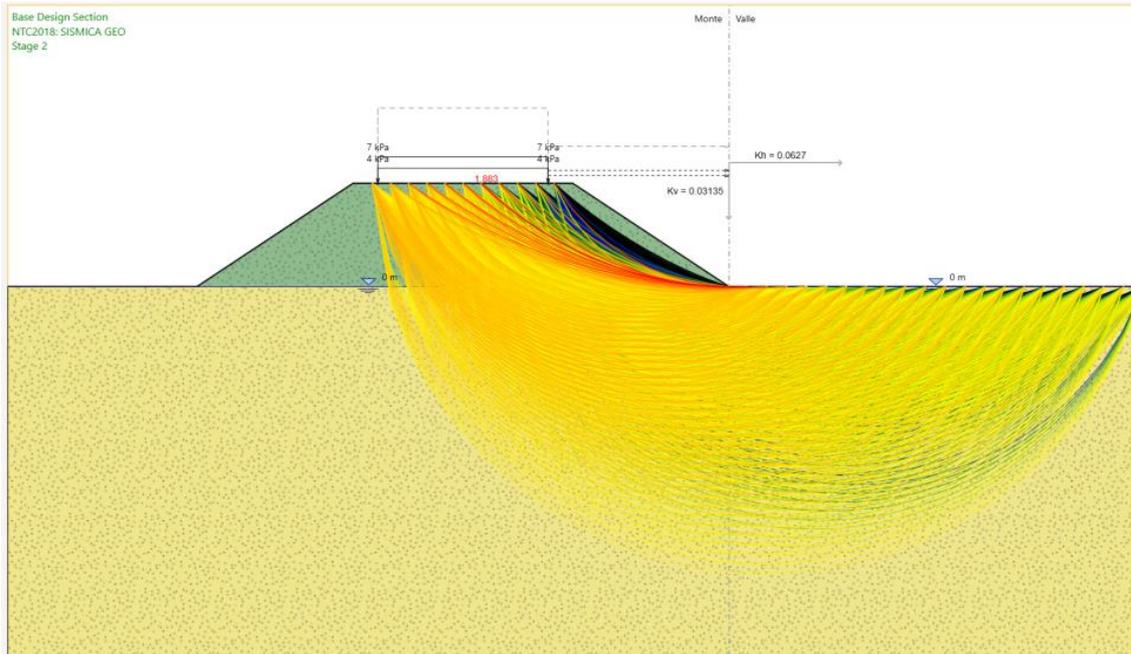


Figura 37: Rilevato H – analisi sismica in condizioni non drenate.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>GEOTECNICA</b>					
	Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO 40	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO GE0000 003	REV. B

### 5.5.9 Trincea A – NV04A sez.13 H=5.00m

Nelle seguenti figure sono mostrati i risultati delle verifiche di stabilità sia in condizioni statiche che sismiche (viene riportata la verifica più gravosa valutata con  $\pm K_v$ ).

Fattori di Sicurezza		
	Condizioni drenate	Condizioni non drenate
Analisi statica (FS $\geq 1.1$ )	1.254	1.726
Analisi sismica (FS $\geq 1.2$ )	-	2.119

I fattori di sicurezza minimi ottenuti dalle verifiche sono sempre maggiori di quanto prescritto da normativa quindi le verifiche di stabilità sono sempre soddisfatte.

D.S. **Base Design Section** Fase **Stage 1** Eredita le proprietà dalla Fase: ▼

Attivo

Metodo di stabilità del pendio Bishop ▼

Definizione Superficie Critica  ▼

Massimo numero di iterazioni

Passo Conci

Tolleranza FS

Contributo del muro all'analisi di stabilità Ignora muro ▼

Controlla inclinazione base conci vs. cuneo attivo / cuneo passivo

Golden Section Search

Aggiusta forze E tra i conci (solo Bishop)

Applica FS alla resistenza GEO dei rinforzi (geogriglie ecc.)

---

Intervalli

Estremo iniziale sinistra <input style="width: 50px;" type="text" value="4 m"/>	Estremo iniziale destra <input style="width: 50px;" type="text" value="23.5 m"/>
Estremo finale sinistra <input style="width: 50px;" type="text" value="14 m"/>	Estremo finale destra <input style="width: 50px;" type="text" value="40 m"/>
Suddivisioni intervallo s <input style="width: 50px;" type="text" value="10"/>	Suddivisioni intervallo d <input style="width: 50px;" type="text" value="20"/>
Raggio Massimo <input style="width: 50px;" type="text" value="20 m"/>	Numero Raggi <input style="width: 50px;" type="text" value="10"/>

Figura 38: Trincea A – definizione superfici da analizzare.

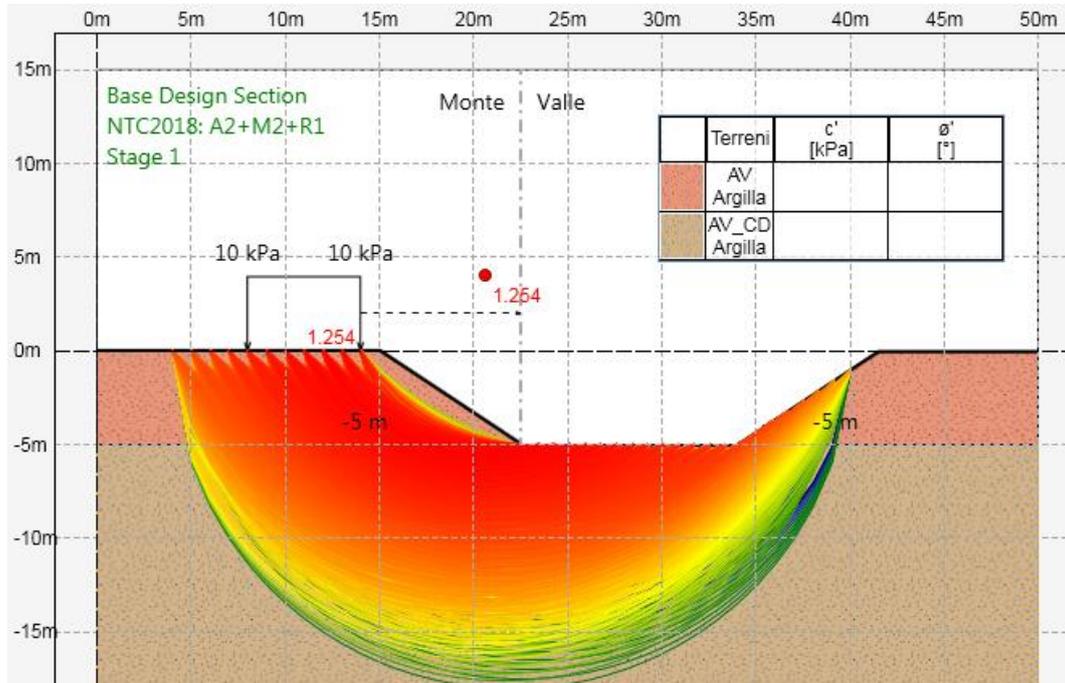


Figura 39: Trincea A – analisi statica in condizioni drenate.

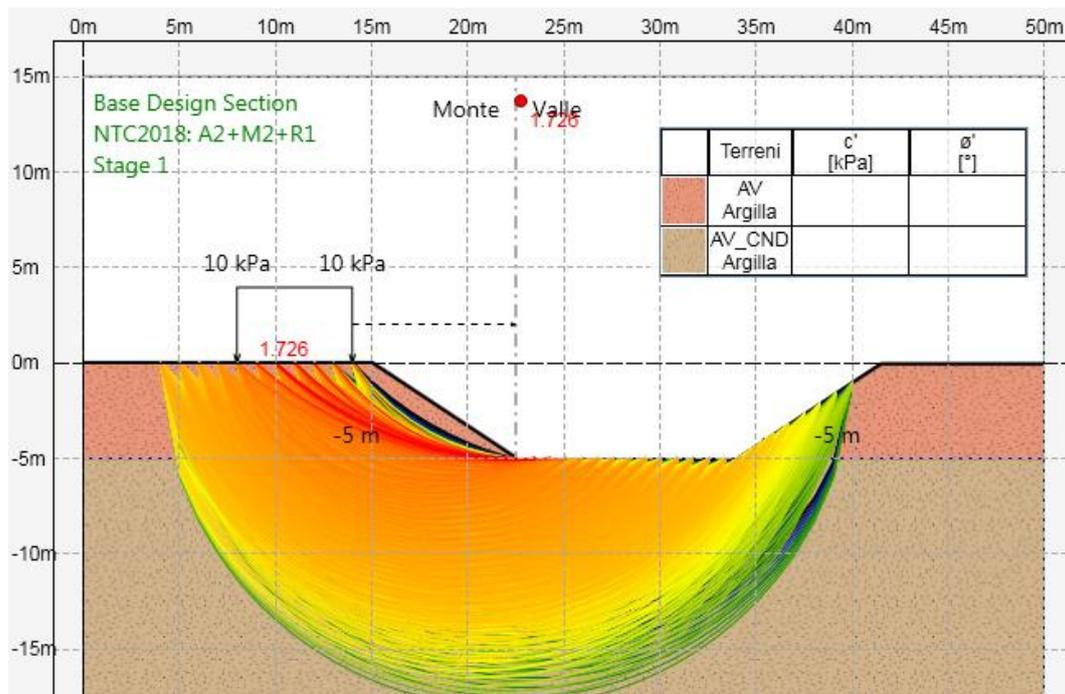


Figura 40: Trincea A – analisi statica in condizioni non drenate.

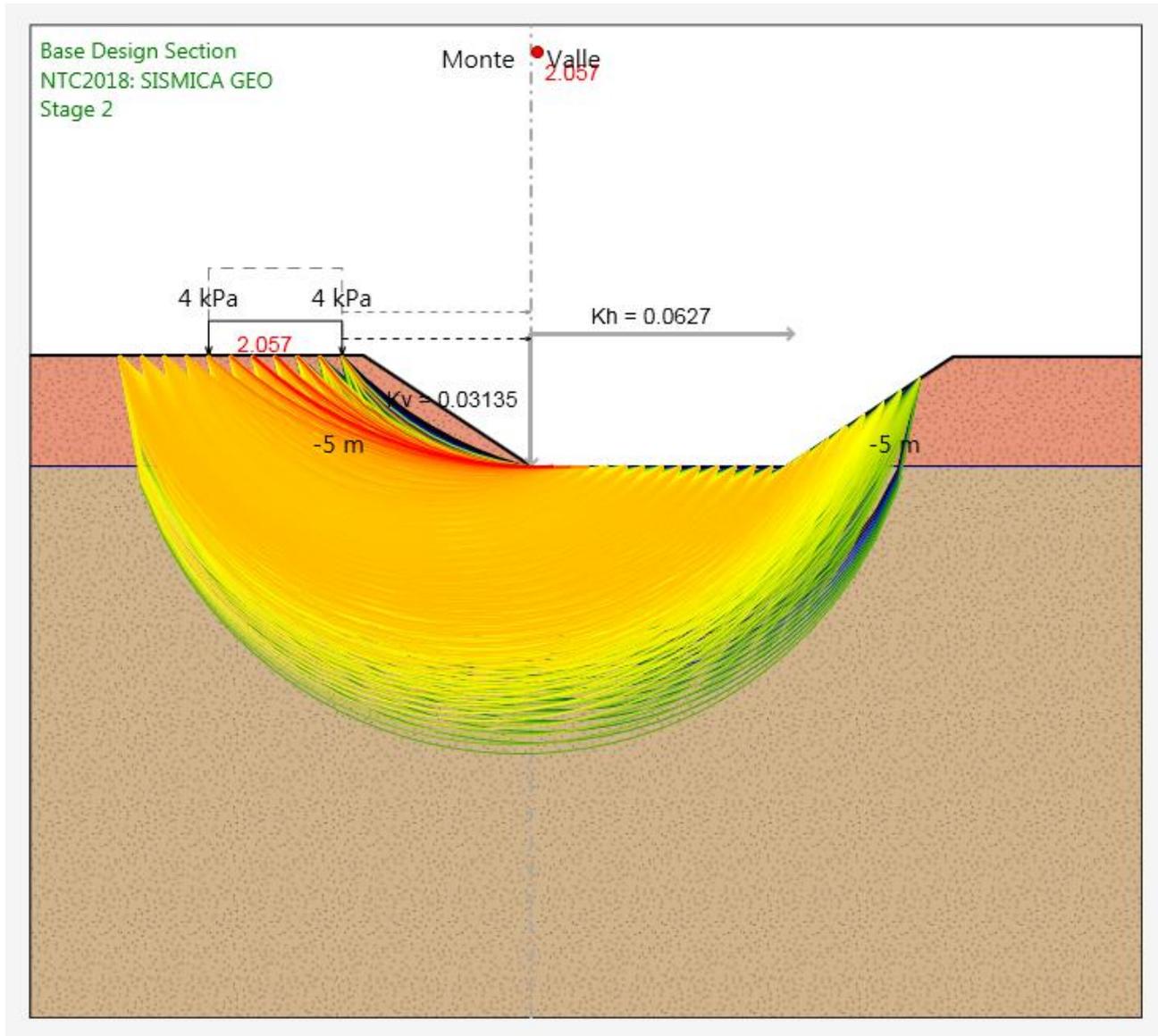


Figura 41: Trincea A – analisi sismica in condizioni non drenate.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>GEOTECNICA</b>					
	Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO 40	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO GE0000 003	REV. B

### 5.5.10 Trincea B – NV06 sez.7 H=5.00m

Nelle seguenti figure sono mostrati i risultati delle verifiche di stabilità sia in condizioni statiche che sismiche (viene riportata la verifica più gravosa valutata con  $\pm K_v$ ).

Fattori di Sicurezza		
	Condizioni drenate	Condizioni non drenate
Analisi statica (FS $\geq$ 1.1)	1.295	1.626
Analisi sismica (FS $\geq$ 1.2)	-	1.91

I fattori di sicurezza minimi ottenuti dalle verifiche sono sempre maggiori di quanto prescritto da normativa quindi le verifiche di stabilità sono sempre soddisfatte.

D.S. **Base Design Section** Fase **Stage 1** Eredita le proprietà dalla Fase: ▼

Attivo

Metodo di stabilità del pendio Bishop ▼

Definizione Superficie Critica  ▼

Massimo numero di iterazioni

Passo Conci

Tolleranza FS

Contributo del muro all'analisi di stabilità Ignora muro ▼

Controlla inclinazione base conci vs. cuneo attivo / cuneo passivo

Golden Section Search

Aggiusta forze E tra i conci (solo Bishop)

Applica FS alla resistenza GEO dei rinforzi (geogriglie ecc.)

Intervalli

Estremo iniziale sinistra	<input type="text" value="9 m"/>	Estremo iniziale destra	<input type="text" value="28.5 m"/>
Estremo finale sinistra	<input type="text" value="19 m"/>	Estremo finale destra	<input type="text" value="45 m"/>
Suddivisioni intervallo s	<input type="text" value="10"/>	Suddivisioni intervallo d	<input type="text" value="20"/>
Raggio Massimo	<input type="text" value="30 m"/>	Numero Raggi	<input type="text" value="10"/>

Figura 42: Trincea B – definizione superfici da analizzare.

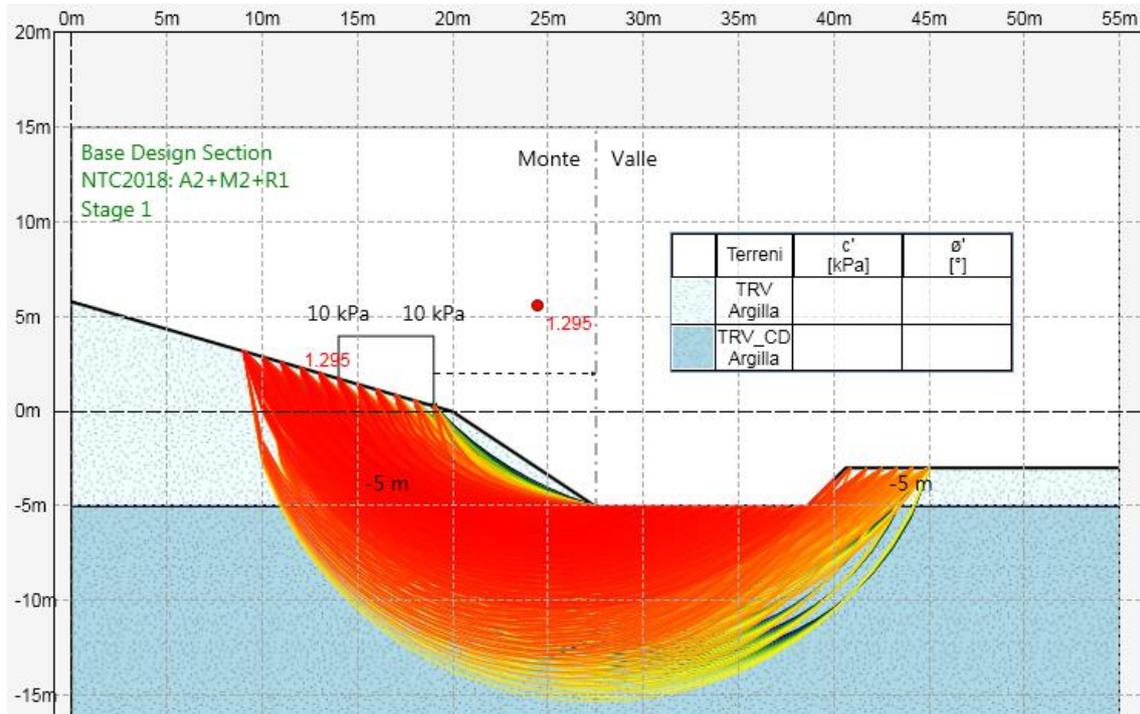


Figura 43: Trincea B – analisi statica in condizioni drenate.

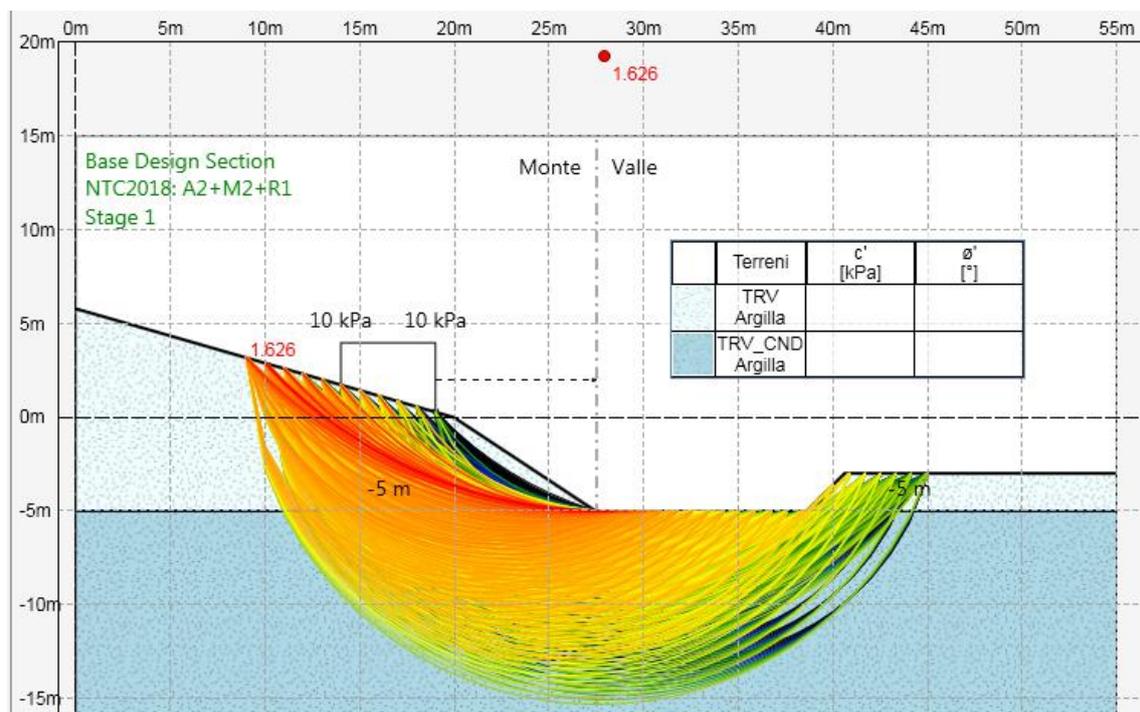


Figura 44: Trincea B – analisi statica in condizioni non drenate.

Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 29 RH	GE0000 003	B	60 di 64

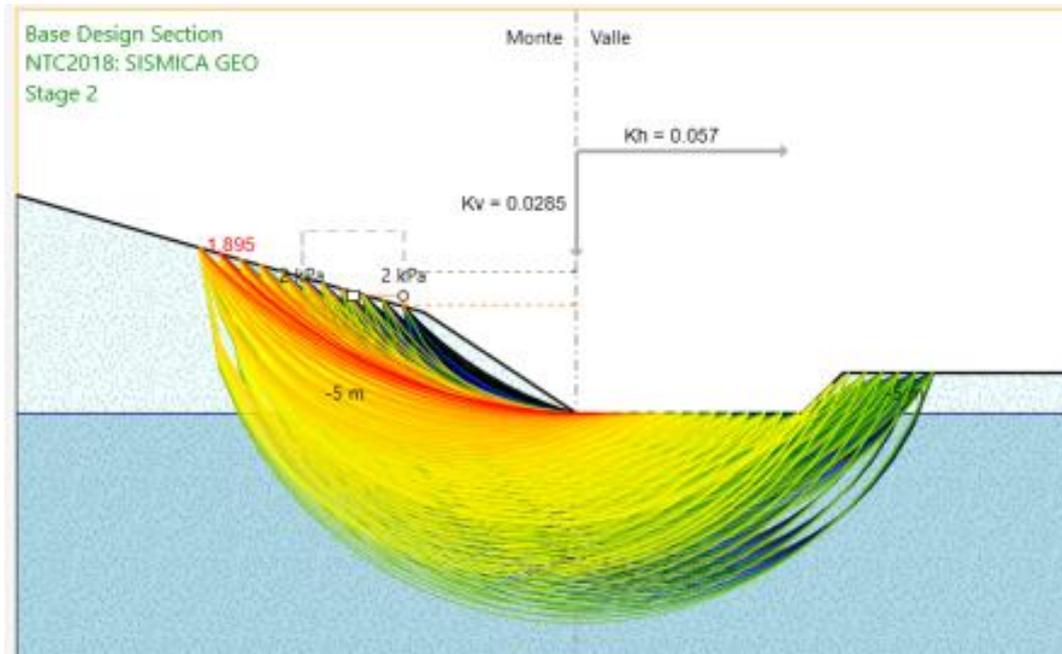


Figura 45: Trincea B – analisi sismica in condizioni non drenate.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - ENNA (LOTTO 4a)</b> <b>GEOTECNICA</b>					
	Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO 40	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO GE0000 003	REV. B

### 5.5.11 Trincea C – NV05E sez.7 H=9.00m

Nelle seguenti figure sono mostrati i risultati delle verifiche di stabilità sia in condizioni statiche che sismiche (viene riportata la verifica più gravosa valutata con  $\pm K_v$ ).

Fattori di Sicurezza		
	Condizioni drenate	Condizioni non drenate
Analisi statica (FS $\geq$ 1.1)	1.188	1.389
Analisi sismica (FS $\geq$ 1.2)	-	1.709

I fattori di sicurezza minimi ottenuti dalle verifiche sono sempre maggiori di quanto prescritto da normativa quindi le verifiche di stabilità sono sempre soddisfatte.

D.S. **Base Design Section** Fase **Stage 1** Eredita le proprietà dalla Fase: ▼

Attivo

Metodo di stabilità del pendio Bishop ▼

Definizione Superficie Critica  ▼

Massimo numero di iterazioni

Passo Conci

Tolleranza FS

Contributo del muro all'analisi di stabilità Ignora muro ▼

Controlla inclinazione base conci vs. cuneo attivo / cuneo passivo

Golden Section Search

Aggiusta forze E tra i conci (solo Bishop)

Applica FS alla resistenza GEO dei rinforzi (geogriglie ecc.)

---

Intervalli

Estremo iniziale sinistra <input style="width: 50px;" type="text" value="9 m"/>	Estremo iniziale destra <input style="width: 50px;" type="text" value="36.5 m"/>
Estremo finale sinistra <input style="width: 50px;" type="text" value="19 m"/>	Estremo finale destra <input style="width: 50px;" type="text" value="55 m"/>
Suddivisioni intervallo s <input style="width: 50px;" type="text" value="10"/>	Suddivisioni intervallo d <input style="width: 50px;" type="text" value="20"/>
Raggio Massimo <input style="width: 50px;" type="text" value="30 m"/>	Numero Raggi <input style="width: 50px;" type="text" value="10"/>

Figura 46: Trincea C – definizione superfici da analizzare.

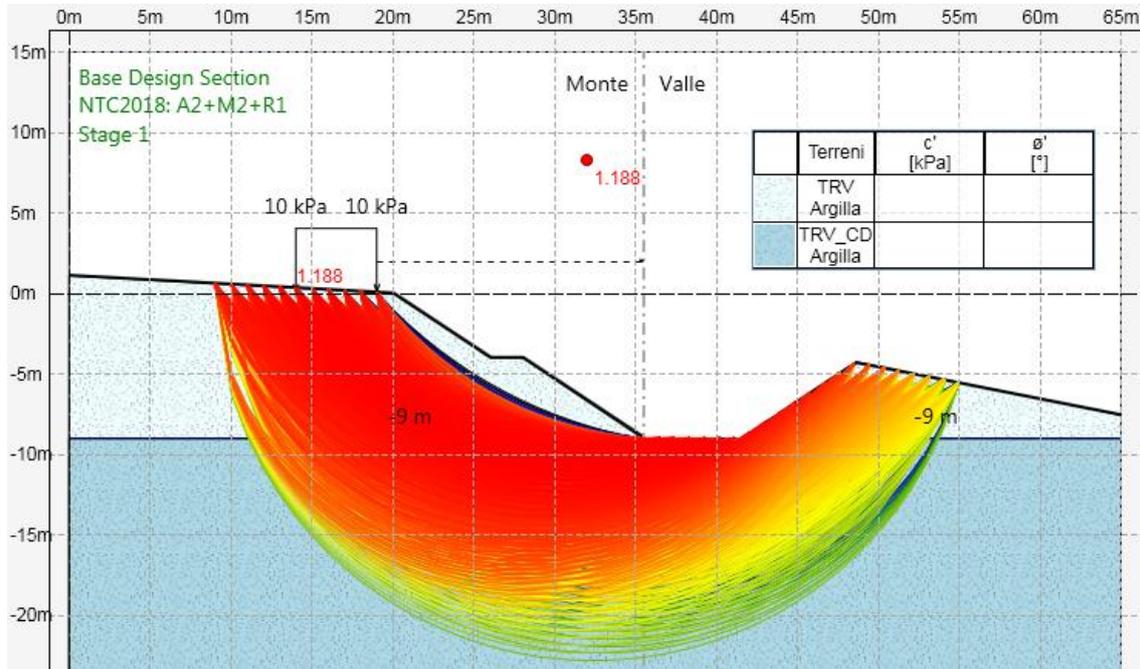


Figura 47: Trincea C – analisi statica in condizioni drenate.

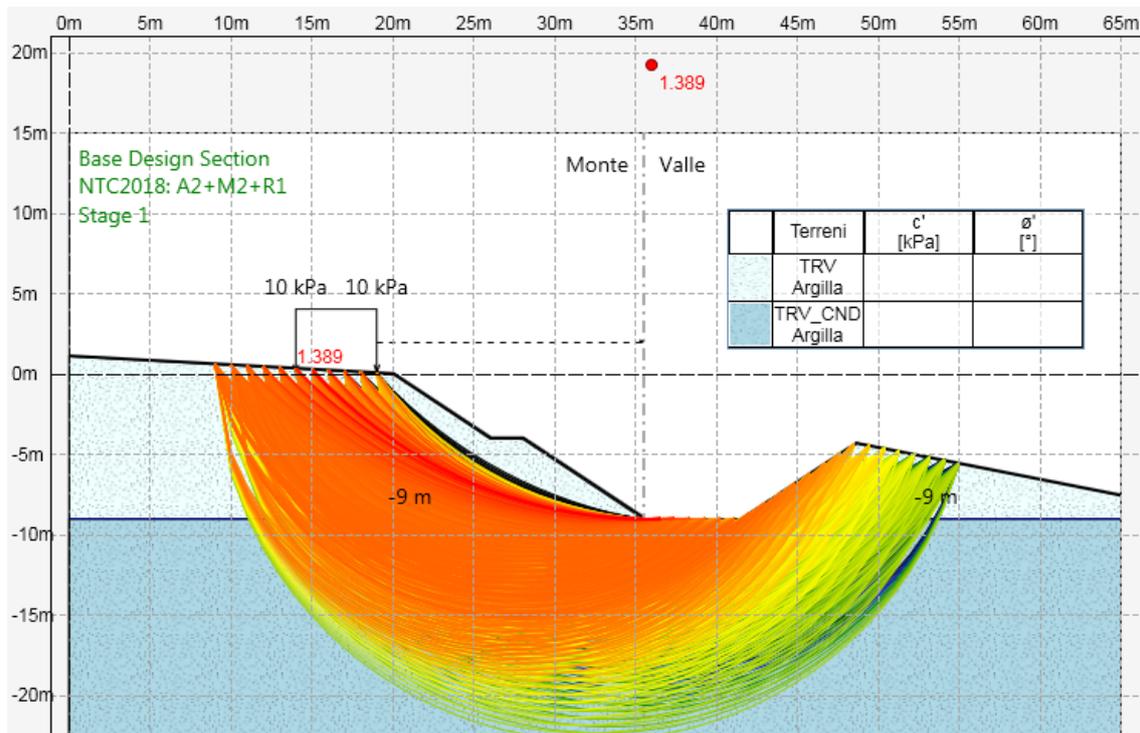


Figura 48: Trincea C – analisi statica in condizioni non drenate.

Relazione di stabilità rilevati e trincee e calcolo dei cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 29 RH	GE0000 003	B	63 di 64

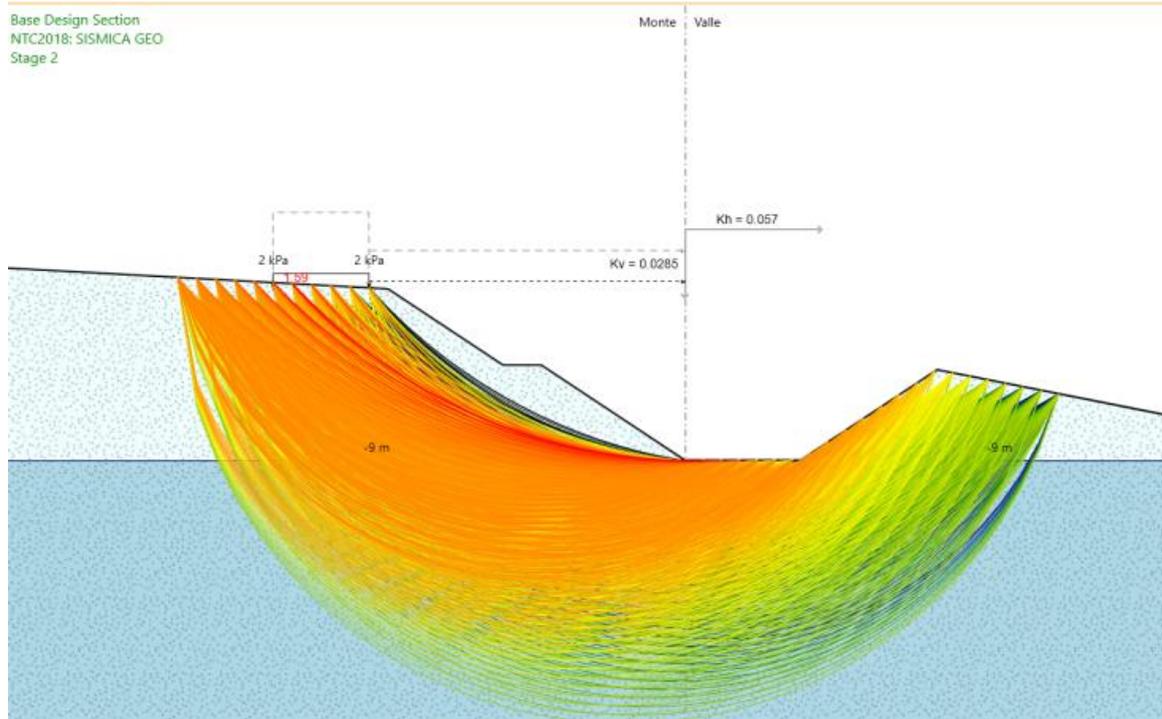


Figura 49: Trincea C – analisi sismica in condizioni non drenate.

## 6 PIANO DI POSA RILEVATI

Sulla base dei risultati delle indagini eseguite, sono stati definiti gli spessori di bonifica per il piano di posa di rilevati.

RILEVATO	PK	BONIFICA	RILEVATO	PK	BONIFICA
NV04A		50 cm	NV02		50 cm
NV04B		50 cm	NV98		50 cm
NV04C		50 cm	NV90		50 cm
NV04D		50 cm	NV91		50 cm
NV05A		50 cm	NV93		50 cm
NV05B		50 cm	NV94		50 cm
NV05C		50 cm	NV95		50 cm
NV05D			N96		50 cm
NV05E	0+000 – 0+950	50 cm	NV97	0+000 – 0+125	100 cm
	0+950 – 1+100	100 cm		0+480 – 0+625	100 cm
	1+100 – 1+426	50 cm		0+625 – 0+963	50 cm
NV01		50 cm	PT94		100 cm
NV06		50 cm	PT95		100 cm