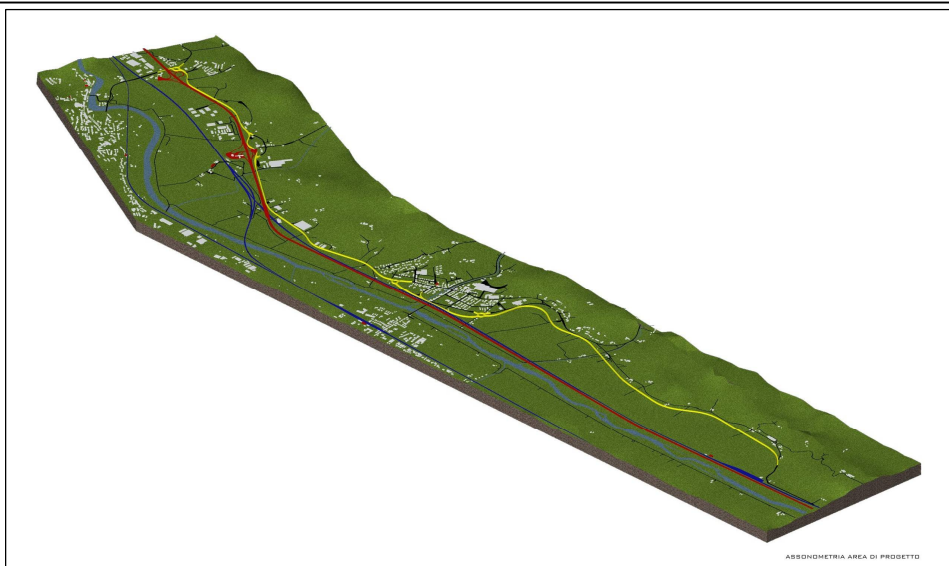


DIREZIONE DELLE POLITICHE MOBILITA'  
INFRASTRUTTURE E TRASPORTO  
PUBBLICO LOCALE

# S.R. n° 69 "Di Val d'Arno" Variante in riva destra d'Arno LOTTO 5

Provincia di Firenze e Arezzo  
Comune di Figline e Incisa Valdarno, Castelfranco  
Piandiscò e San Giovanni Valdarno



## PROGETTO DEFINITIVO

### *Relazione Geotecnica Argini*

NOME FILE: P\_DEF\_MASK\_Lotto 5

C.U.P. D31B1800053002

R.U.P.: Ing. Antonio De Crescenzo

PROGETTISTA:

Ing. Alessio Gensini

EL. N.

**D-B-01-05**

SCALA: -

Data revisione elaborato:

**Luglio 2021**

PROGETTISTI OPERE IDRAULICHE:



**SORGENTE INGEGNERIA**  
STUDIO TECNICO INGEGNERIA AMBIENTALE

Ing. Luca Rosadini  
Ing. Leonardo Marini

SETTORE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE VIABILITA' REGIONALE  
FIRENZE - PRATO - PISTOIA

---

**SOMMARIO**

<b>PREMESSA</b> .....	3
<b>1. VERIFICHE DI STABILITA'</b> .....	4
1.1 Introduzione .....	4
1.2 Parametri geotecnici.....	4
1.3 Calcolo dei coefficienti sismici .....	5
1.4 Verifiche di stabilita' .....	12
<b>2. VERIFICHE DI FILTRAZIONE</b> .....	20
2.1 Introduzione .....	20
2.2 Metodologia di calcolo .....	21
2.3 Geometria e parametri del modello.....	23
2.4 Condizioni al contorno e condizioni iniziali .....	25
2.5 Risultati delle simulazioni argine Casanuova ARG-CA_2 .....	27
2.6 Risultati delle simulazioni argine Volpaie VO_030 .....	30
2.7 Verifiche al sifonamento.....	33
<b>3. STIMA DEI CEDIMENTI</b> .....	35
<b>ALLEGATI</b> .....	37

---

## **PREMESSA**

Questa relazione tecnica è redatta a supporto del Progetto Definitivo "S.R.T. n. 69 Variante in riva destra del fiume Arno – Lotto 5 - Variante Urbinese".

In questa relazione vengono eseguite le verifiche di stabilità secondo NTC 2018 dei rilevati arginali significativi in particolare l'argine in loc. Casanuova II previsto a protezione delle abitazioni esistenti e l'argine destro del Volpaie nel tratto tra rilevato cassa Pizziconi già realizzato e rilevato stradale di progetto.

Sono inoltre eseguite le verifiche di filtrazione ed il calcolo dei cedimenti.

# 1. VERIFICHE DI STABILITA'

## 1.1 INTRODUZIONE

Le verifiche di stabilità sono state eseguite per le sezioni di progetto rappresentative delle condizioni più critiche per altezza e dimensioni dei rilevati arginali di progetto.

## 1.2 PARAMETRI GEOTECNICI

L'area ove insistono le opere di progetto è stata indagata in più fasi per la progettazione della cassa di espansione Pizziconi (1° stralcio 1° lotto Regione Toscana anno 2009) e del tracciato stradale del Lotto 5 (progetto Provincia di Firenze anno 2009)

Per quanto riguarda la parametrizzazione dei terreni utilizzata nelle verifiche di stabilità si fa riferimento ai dati utilizzati nell'ambito del progetto della cassa Pizziconi 1° stralcio 1° lotto aggiornati nel 2017 nella fase di rilascio del nulla osta idraulico.

I parametri geotecnici caratteristici utilizzati nelle verifiche di stabilità sono riportati e riassunti nella tabella successiva.

PARAMETRI GEOTECNICI UTILIZZATI NELLE VERIFICHE DI STABILITA'					
ID	Descrizione	angolo di attrito interno (fi)	C' coesione	Cu coesione non drenata	peso unità di volume
		[°]	[kN/m2]	[kN/m2]	[kN/m3]
ARG	argine di progetto	28	13.72	39.22	19.00
Livello A	terreni di copertura	31	0	0.45	19.50
Livello B	depositi alluvionali fini (limi sabbiosi argillosi) spessore 4m circa	28	9.8	33	20.00
Livello C	alluvioni grossolane (sabbie debolmente limose ghiaie e ciottoli)	31	9.8	0	21

**Tabella 1.** Parametri geotecnici utilizzati nelle verifiche di stabilità.

Per quanto riguarda l'apporto di terreni da costruzione dall'esterno del cantiere viene principalmente previsto l'impiego di terre limose e argillose comprese tra il tipo A6 della classificazione ex-CNR UNI 10006, con contenuto minimo in sabbia del 15% ed il tipo A4 con contenuto massimo in sabbia del 50%, dotate di caratteristiche geotecniche e di permeabilità analoghe o superiori rispetto ai parametri utilizzati nelle verifiche di stabilità e di filtrazione adottati in questo progetto

### **1.3 CALCOLO DEI COEFFICIENTI SISMICI**

Il calcolo dei parametri sismici per l'area in oggetto è stato effettuato con l'ausilio del software Geostru PS che consente di risalire ai parametri e coefficienti spettrali normativi per i vari stati limite SLO, SLD, SLV e SLC in relazione all'ubicazione ed alle caratteristiche e funzione dell'opera da realizzare.

#### **Stati limite**

Gli stati limite di esercizio (SLE) sono:

- Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi (SLU) sono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

#### **Vita nominale**

La vita nominale di un'opera strutturale VN è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I e deve essere precisata nei documenti di progetto.

Per l'opera in oggetto è stata adottata una vita nominale di 100 anni

**Tabella 2.4.I** – Vita nominale  $V_N$  per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva <sup>1</sup>	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

### Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Per l'opera in oggetto è stata adottata una classe d'uso III.

### Periodo di riferimento dell'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ :

$$V_R = V_N \times C_U \quad (2.4.1)$$

Il valore del coefficiente d'uso  $C_U$  è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

Per l'opera in oggetto è il periodo di riferimento per l'azione sismica è 150 anni.

### Categoria di suolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel § 7.11.3 delle NTC. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II).

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

$h_i$  spessore dell' $i$ -esimo strato;

$V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;

$N$  numero di strati;

$H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s.

Per il sito in esame si assume una categoria di sottosuolo tipo C

---

**Categoria topografica**

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III):

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Per il sito dove sarà realizzata l'opera si assume una categoria topografica T1



### Amplificazione stratigrafica

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente  $S = S_s \times S_t$

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  valgono 1. Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  possono essere calcolati, in funzione dei valori di  $F_0$  e  $T_c^*$  relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.IV, nelle quali  $g$  è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

**Tab. 3.2.IV – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$**

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

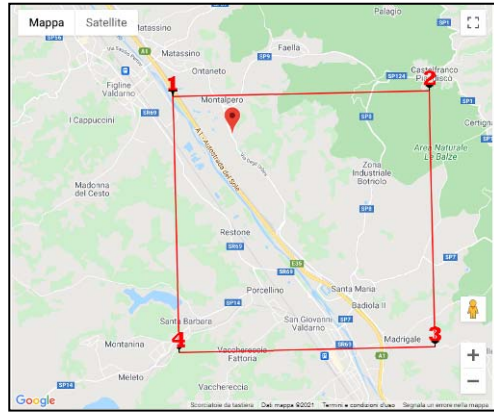
### Amplificazione topografica

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati nella Tab. 3.2.V, in funzione delle categorie topografiche definite in § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

**Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$**

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Nella figura seguente si riporta la schermata con il punto di calcolo ed i vertici della maglia di appartenenza (estratto di Geostru PS) ed il calcolo dei parametri sismici.



**Tipo di elaborazione:** Fronti di scavo e rilevati

**Sito in esame.**  
 latitudine: 43,608321 [°]  
 longitudine: 11,503289 [°]  
 Classe d'uso: III. Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.  
 Vita nominale: 100 [anni]  
 Tipo di interpolazione: Media ponderata

**Siti di riferimento.**

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	20728	43,617730	11,487400	1652,5
Sito 2	20729	43,618890	11,556460	4439,0
Sito 3	20951	43,568900	11,558010	6215,9
Sito 4	20950	43,567750	11,489030	4655,2

**Parametri sismici**  
 Categoria sottosuolo: C  
 Categoria topografica: T1  
 Periodo di riferimento: 150 anni  
 Coefficiente cu: 1,5

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	90	0,065	2,627	0,283
Danno (SLD)	63	151	0,078	2,620	0,291
Salvaguardia della vita (SLV)	10	1424	0,179	2,408	0,311
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	2475	0,212	2,418	0,315

I parametri dell'azione sismica per ciascun stato limite sono:

- $A_g$  accelerazione orizzontale massima al sito  $a_g$
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale  $F_0$
- $T^*c$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale  $T_C^*$

I parametri del calcolo dei coefficienti sismici sono:

- $a_g$  **accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido** valore adimensionale (che può essere espresso in m/s<sup>2</sup> ottenuto moltiplicando per 9.81);
- $g$  è l'accelerazione di gravità;
- l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione  $A_{\max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$ ;
- $S$  = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (SS) e dell'amplificazione topografica (ST), di cui al § 3.2.3.2;
- $A_{\max}$  : **è il valore di accelerazione orizzontale massima attesa nel sito ed è espresso in m/s<sup>2</sup>**
- Coefficiente sismico orizzontale  $k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g}$
- Coefficiente sismico verticale  $k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$

I valori ottenuti sono:

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,500	1,590	1,000	0,000	--	0,963	--
SLD	1,500	1,580	1,000	0,055	0,028	1,151	0,470
SLV	1,440	1,540	1,000	0,098	0,049	2,534	0,380
SLC	1,390	1,540	1,000	0,000	--	2,887	--

Le verifiche di stabilità dei rilevati sono state condotte in condizioni statiche applicando NTC2018 punto 6.8.2 "opere in materiali sciolti e fronti di scavo" verifiche di sicurezza SLU e in condizioni sismiche con lo stato limite ultimo SLV applicando il punto 7.11.4 "fronti di scavo e rilevati".

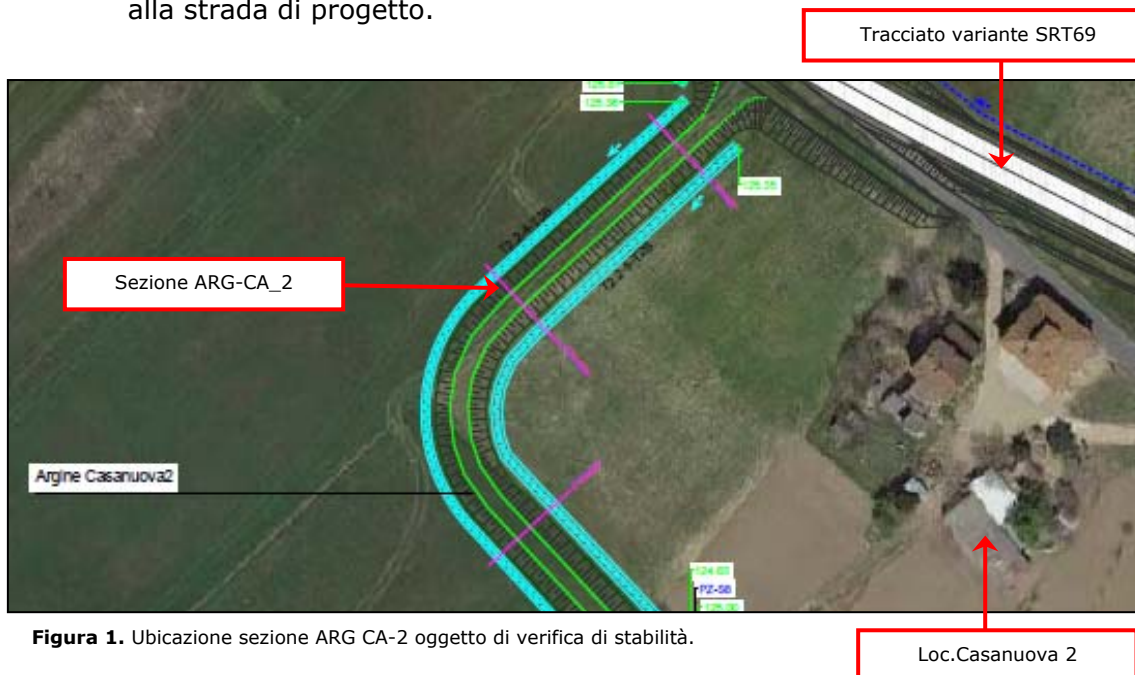
## 1.4 VERIFICHE DI STABILITA'

Le verifiche in condizioni statiche sono state eseguite applicando il punto 6.8.2 "verifiche di sicurezza SLU" secondo Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1: tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.1 ( $\gamma_R = 1.1$ ).

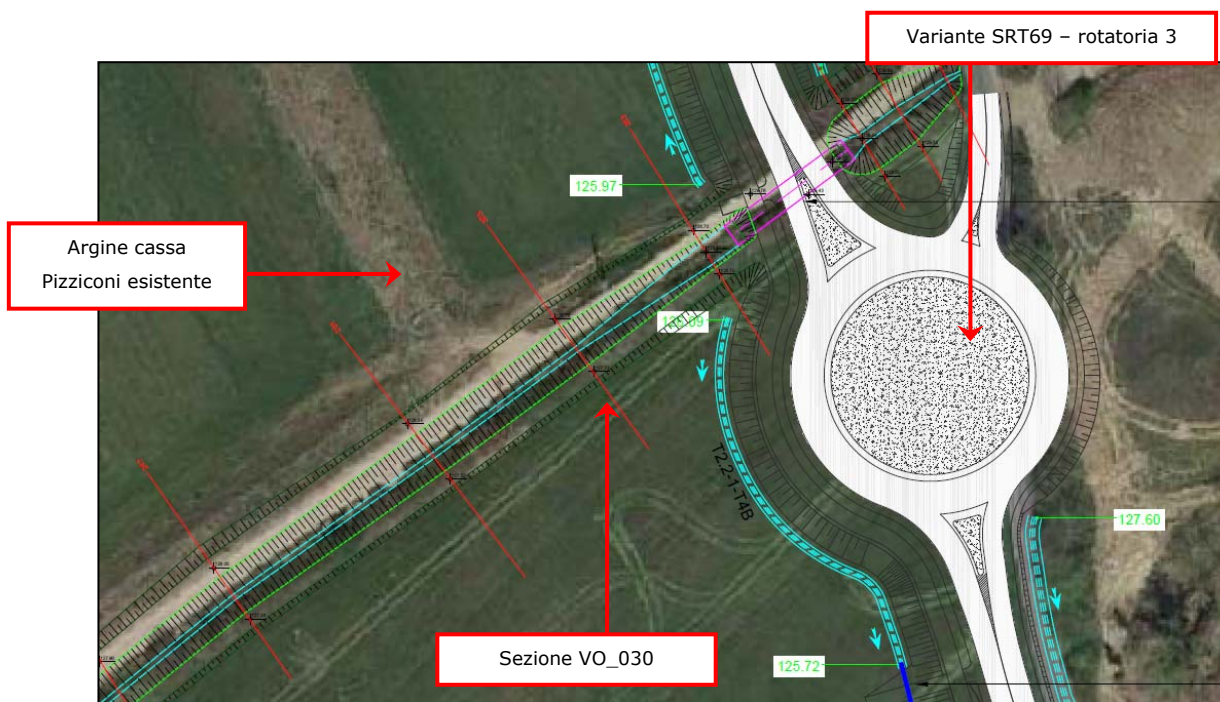
Le verifiche SLU in condizioni sismiche per opere di materiali sciolti devono essere effettuate secondo Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1, adottando valori unitari dei coefficienti parziali dei gruppi A e M per il calcolo delle azioni e dei parametri geotecnici di progetto ed un coefficiente parziale  $\gamma_R = 1.2$ . La stabilità globale deve essere studiata nelle condizioni corrispondenti alle diverse fasi costruttive, al termine della costruzione e in esercizio.

Le verifiche di stabilità globale ai sensi delle NTC2018 sono state eseguite sulle seguenti sezioni di progetto:

- Sezione ARG-CA\_2 che è geometricamente più rappresentativa delle condizioni più critiche per altezza del rilevato arginale previsto a protezione delle abitazioni in loc. Casanuova II;
- Sezione VO\_030 che è alla progressiva 323 del borro delle Volpaie dove nell'ambito delle sistemazioni idrauliche del corso d'acqua legate all'attraversamento del rilevato stradale di progetto viene prevista in destra idraulica la realizzazione di un tratto di argine lungo circa 50 m che si attesterà sul lato di valle all'argine della cassa Pizziconi e sul lato di monte alla strada di progetto.



**Figura 1.** Ubicazione sezione ARG CA-2 oggetto di verifica di stabilità.



**Figura 2.** Ubicazione sezione borro Volpaie VO\_030.

Per quanto riguarda il battente idraulico da utilizzare nelle verifiche di stabilità con massimo invaso, si è fatto riferimento ai risultati delle simulazioni idrauliche contenute nel progetto esecutivo della cassa Pizziconi dove il livello di massimo invaso assunto è di 127.50 m slm. Le arginature della cassa Pizziconi hanno quota di coronamento di 128.50 m slm.

Per quanto riguarda le arginature oggetto di queste verifiche di stabilità la quota di coronamento dell'argine Casanuova II sarà di 128.50 mentre l'argine a chiusura in dx del Volpaie avrà una quota di 128.70 m slm.

In linea ai dettami della specifica normativa D.M. LLPP 24/3/82 per le dighe di ritenuta in materiali sciolti, la stabilità è stata verificata nelle seguenti condizioni (punto H.5):

- i. a termine costruzione in assenza di acqua;
- ii. con il livello di massima piena;
- iii. a rapido svaso.

Tenuto conto delle durate complessivamente modeste dell'evento di piena duecentennale atteso rispetto ai tempi di ricorrenza degli eventi simili, di norma nella seconda e terza condizione di cui sopra non si considera l'azione del sisma, ritenendo improbabile la concomitanza dello stesso con il livello di massimo invaso ed il successivo rapido svaso.

La verifica in condizioni sismiche è stata pertanto condotta in assenza di falda.

Per lo studio della stabilità è stato utilizzato il software "SLOPE" prodotto da Geostru, adottando il metodo di Spencer.

Slope è un programma per l'analisi di stabilità dei pendii in terra con i metodi dell'Equilibrio Limite e consente di analizzare sia superfici di rottura circolari che di forma generica, in presenza di falda, sisma e terreno pluristratificato. Il software prevede anche l'inserimento di opere d'intervento come muri, tiranti, pali, terre rinforzate e sistemazioni a gradoni.

Per l'analisi di stabilità all'equilibrio limite dell'argine oggetto di studio, è stato deciso di utilizzare il metodo di Spencer (1967) definito di tipo rigoroso poiché si basa solo su un numero di assunzioni strettamente necessario; tale metodo, descritto nei passaggi analitici dei reports di verifica allegati, rispetto ai non rigorosi, fornisce risultati più accurati che soddisfano tutte le condizioni di equilibrio sia per i singoli conci che per la massa totale.

Di seguito si riporta una descrizione sintetica del modello.

**Metodo di Spencer (1967)**

Il metodo è basato sull'assunzione:

1. le forze d'interfaccia lungo le superfici di divisione dei singoli conci sono orientate parallelamente fra loro ed inclinate rispetto all'orizzontale di un angolo  $\theta$ ;
2. tutti i momenti sono nulli  $M_i = 0$  con  $i=1, \dots, n$ .

Sostanzialmente il metodo soddisfa tutte le equazioni della statica ed equivale al metodo di Morgenstern e Price quando la funzione  $f(x) = 1$ . Imponendo l'equilibrio dei momenti rispetto al centro dell'arco descritto dalla superficie di scivolamento si ha:

$$1) \sum Q_i R \cos(\alpha - \theta) = 0$$

dove:

$$Q_i = \frac{\frac{c}{F_s} (W \cos \alpha - \gamma_w h) \sec \alpha + \frac{tg \alpha}{F_s} - W \sin \alpha}{\cos(\alpha - \theta) \left[ \frac{F_s + tg \phi tg(\alpha - \theta)}{F_s} \right]}$$

forza d'interazione fra i conci;

**R** = raggio dell'arco di cerchio;

**$\theta$**  = angolo d'inclinazione della forza  $Q_i$  rispetto all'orizzontale.

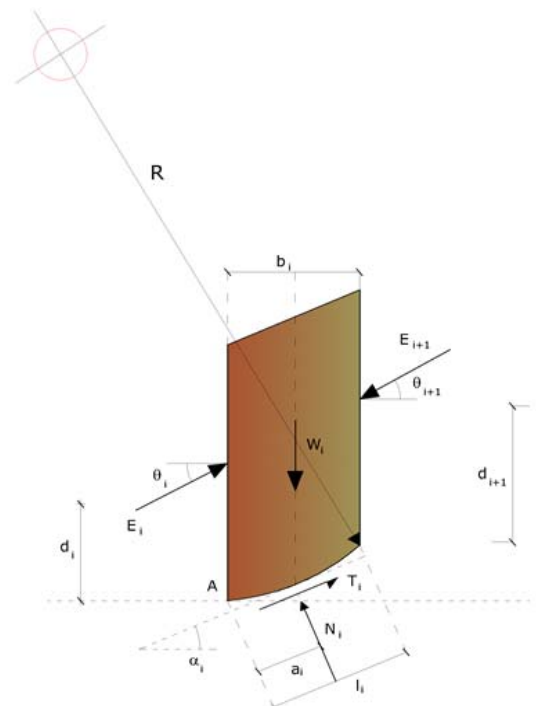
Imponendo l'equilibrio delle forze orizzontali e verticali si ha rispettivamente:

$$\sum (Q_i \cos \theta) = 0$$

$$\sum (Q_i \sin \theta) = 0$$

Con l'assunzione delle forze  $Q_i$  parallele fra loro, si può anche scrivere:

$$2) \sum Q_i = 0$$



Il metodo propone di calcolare due coefficienti di sicurezza: il primo ( $F_{sm}$ ) ottenibile dalla 1), legato all'equilibrio dei momenti; il secondo ( $F_{sf}$ ) dalla 2) legato all'equilibrio delle forze. In pratica si procede risolvendo la 1) e la 2) per un dato intervallo di valori dell'angolo  $\theta$ , considerando come valore unico del coefficiente di sicurezza quello per cui si abbia:

$$F_{sm} = F_{sf}$$

Le verifiche in condizioni sismiche sono state eseguite inserendo i parametri di amplificazione  $k_h$  e  $k_v$  (SLV) ricavati dall'inquadramento sismico sito dipendente per la categoria di sottosuolo C e la categoria topografica T1.

Nelle verifiche è stato considerato anche un carico variabile sfavorevole A2, opportunamente amplificato, pari a  $5 \text{ kN/m}^2$ , distribuito in testa all'argine e riconducibile al transito e stazionamento di mezzi meccanici.

La superficie di filtrazione all'interno del corpo arginale nelle condizioni di massimo invaso è stata valutata sulla base dei risultati ottenuti nelle verifiche di filtrazione.

Essa si sviluppa dal livello di massima piena lato fiume e si estende lato campagna all'interno della stratigrafia fino a raccordarsi con il livello medio della falda che cautelativamente viene assunto a 2 m dal piano campagna.

La verifica in condizione di rapido svaso si ipotizza cautelativamente che il rilevato arginale rimanga totalmente saturo al di sotto della linea di filtrazione di massimo invaso, mentre il livello idrico scende a livello di fondo alveo.

La tabella seguente riporta i risultati delle verifiche di stabilità eseguite per le varie sezioni e per i vari scenari di riferimento ciascuno con il relativo coefficiente di sicurezza.

RISULTATI VERIFICHE DI STABILITA'		
SCENARIO	CONDIZIONI DI ANALISI	COEFFICIENTI DI SICUREZZA
SEZ. ARG-CA-2 - fine lavori	statiche drenate (a lungo termine) + carico accidentale	2.22
SEZ. ARG-CA-2 - massimo invaso	statiche drenate (a lungo termine) + carico accidentale	1.97
SEZ. ARG-CA-2 - rapido svaso	statiche non drenate (a breve termine) + carico accidentale	1.49
SEZ. ARG-CA-2 - fine lavori	sismiche drenate (a lungo termine) + carico accidentale	2.10

**Tabella 2.** Risultati verifiche di stabilità argine Casanuova II sezione ARG-CA\_2.

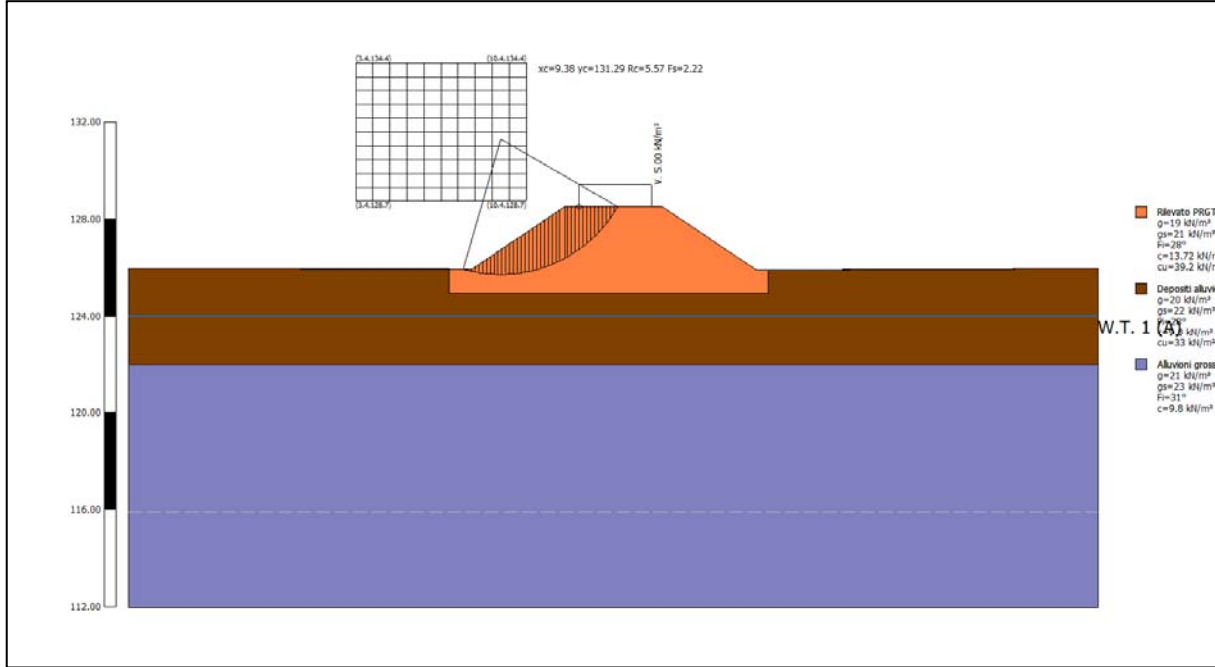
RISULTATI VERIFICHE DI STABILITA'		
SCENARIO	CONDIZIONI DI ANALISI	COEFFICIENTI DI SICUREZZA
SEZ. ARG-VO-030 - fine lavori	statiche drenate (a lungo termine) + carico accidentale	1.78
SEZ. ARG-VO-030 - massimo invaso	statiche drenate (a lungo termine) + carico accidentale	1.61
SEZ. ARG-VO-030 - rapido svaso	statiche non drenate (a breve termine) + carico accidentale	1.93
SEZ. ARG-VO-030 - fine lavori	sismiche drenate (a lungo termine) + carico accidentale	1.70

**Tabella 3.** Risultati verifiche di stabilità argine DX Volpaie sezione VO-030.

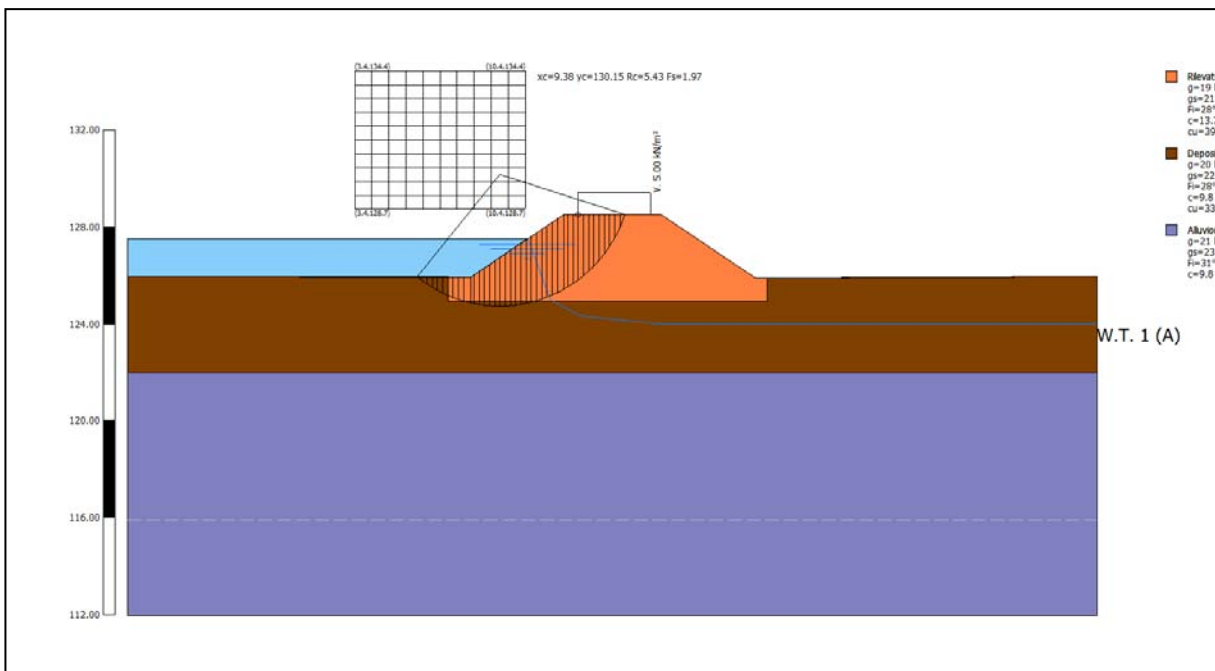
Le verifiche di stabilità dello stato finale dei lavori risultano conformi alla normativa vigente.

Di seguito si riportano i risultati grafici delle simulazioni eseguite mentre in allegato vengono riportati i tabulati di output di Slope.

SEZ. ARG-CA-2 - fine lavori      statiche drenate (a lungo termine) + carico accidentale      2.22

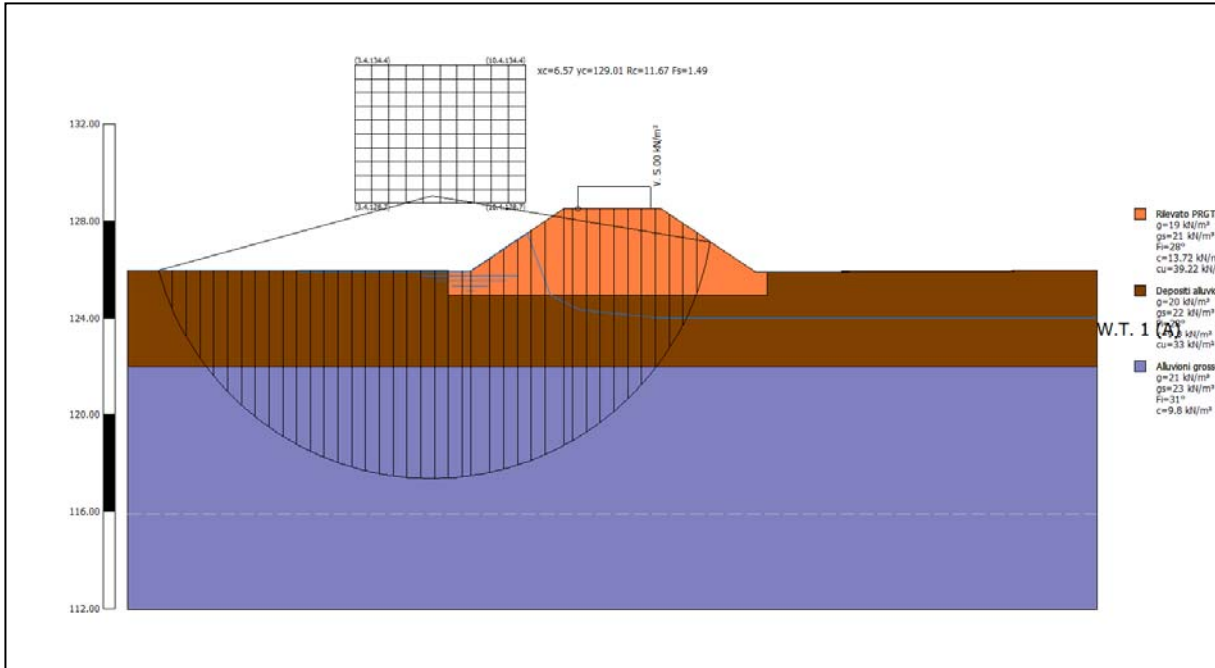


SEZ. ARG-CA-2 - massimo invaso      statiche drenate (a lungo termine) + carico accidentale      1.97

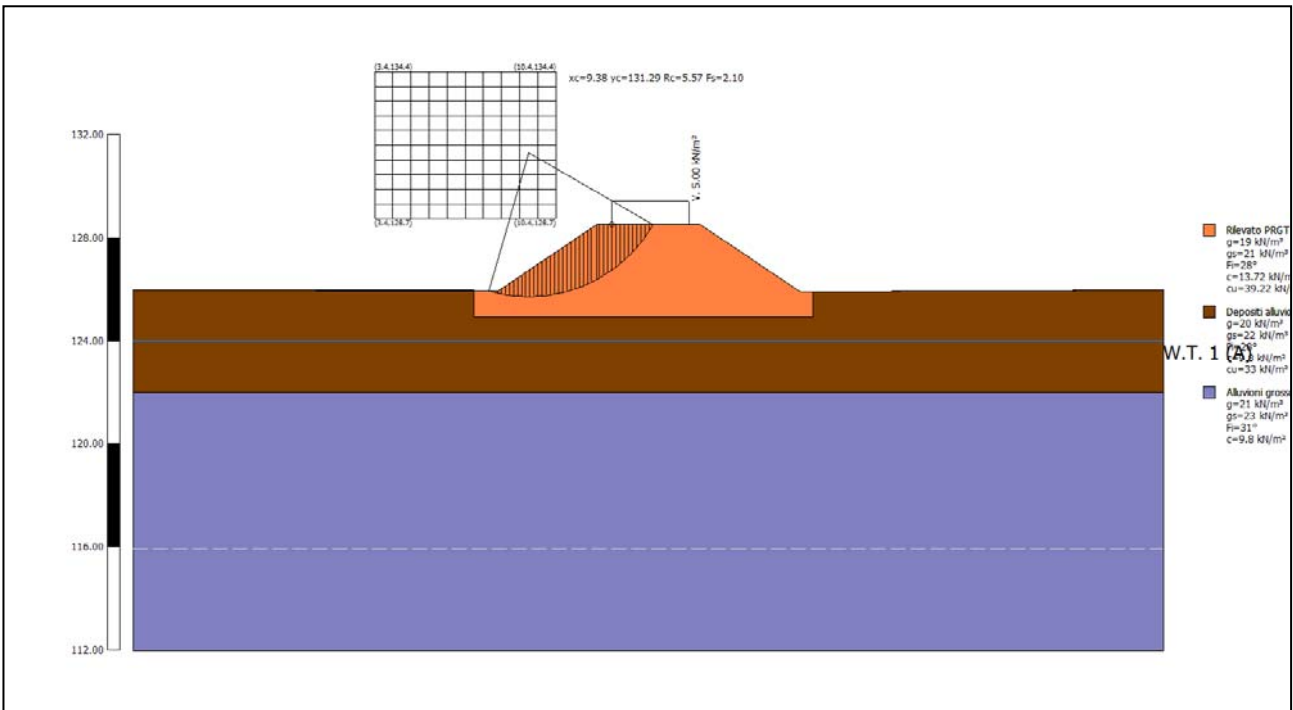




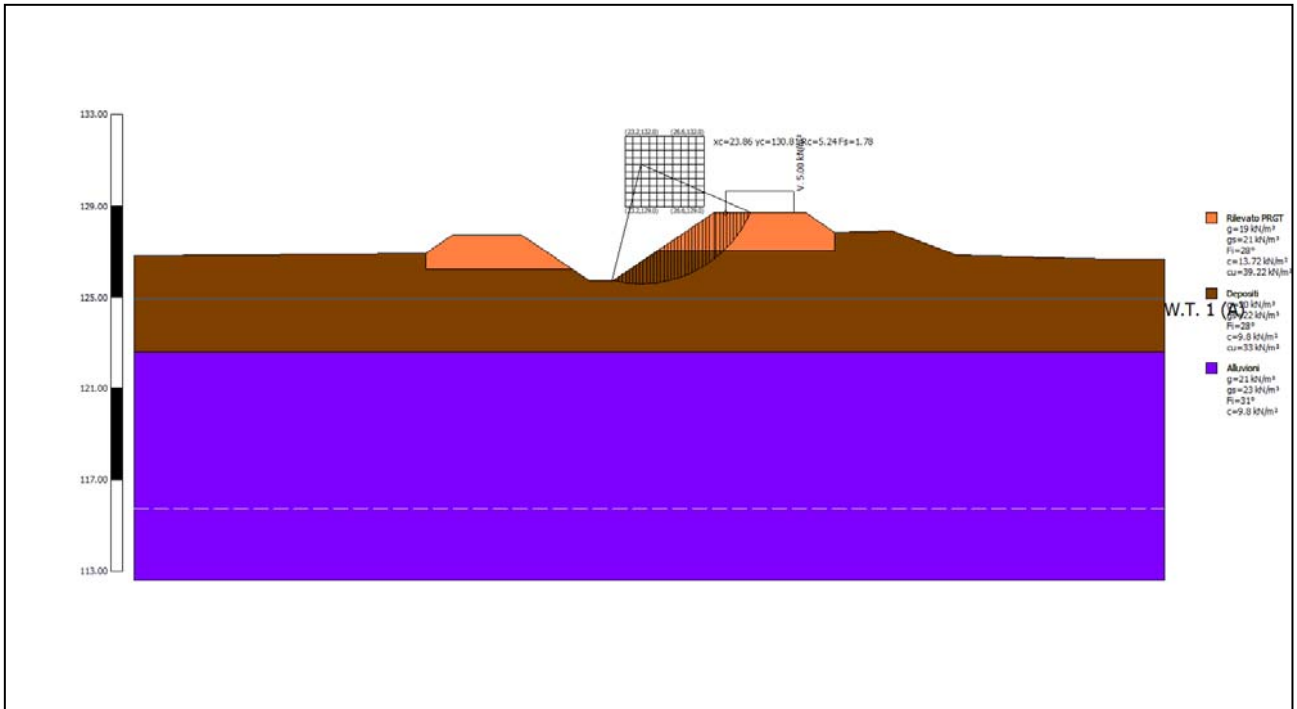
SEZ. ARG-CA-2 - rapido svaso	statiche non drenate (a breve termine) + carico accidentale	1.49
------------------------------	---	------



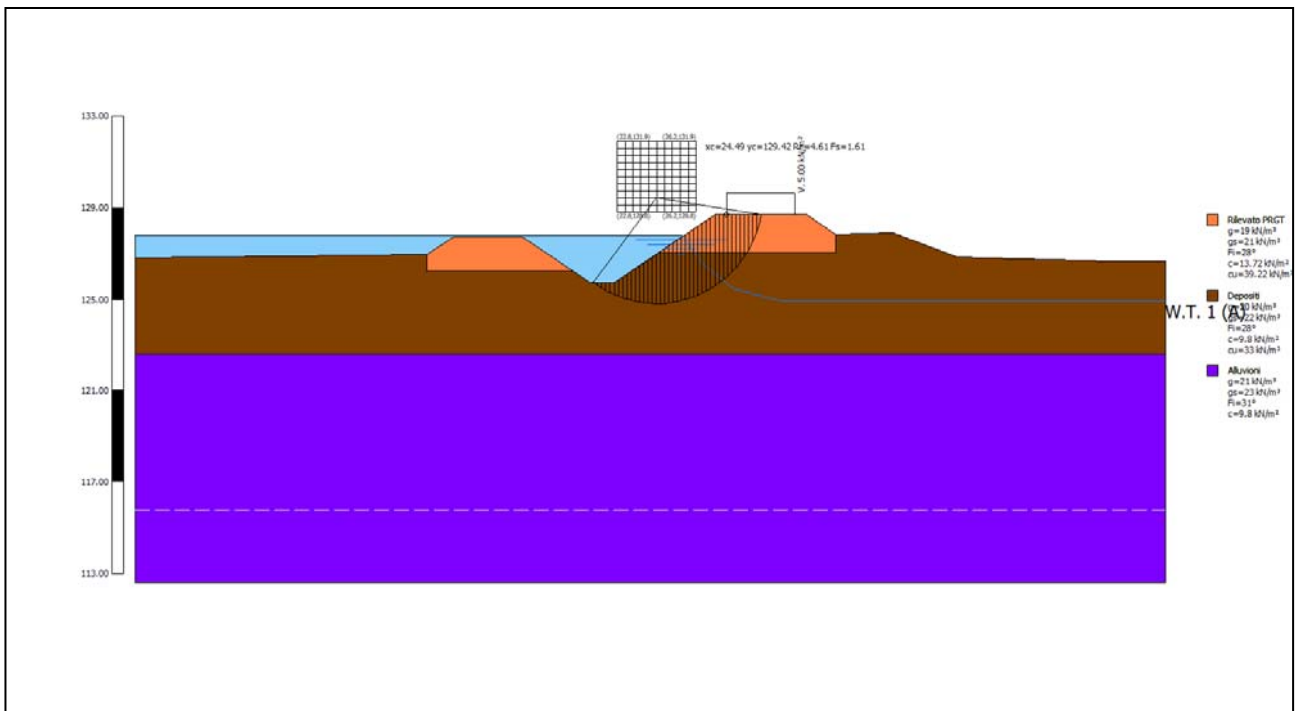
SEZ. ARG-CA-2 - fine lavori	sismiche drenate (a lungo termine) + carico accidentale	2.10
-----------------------------	---	------



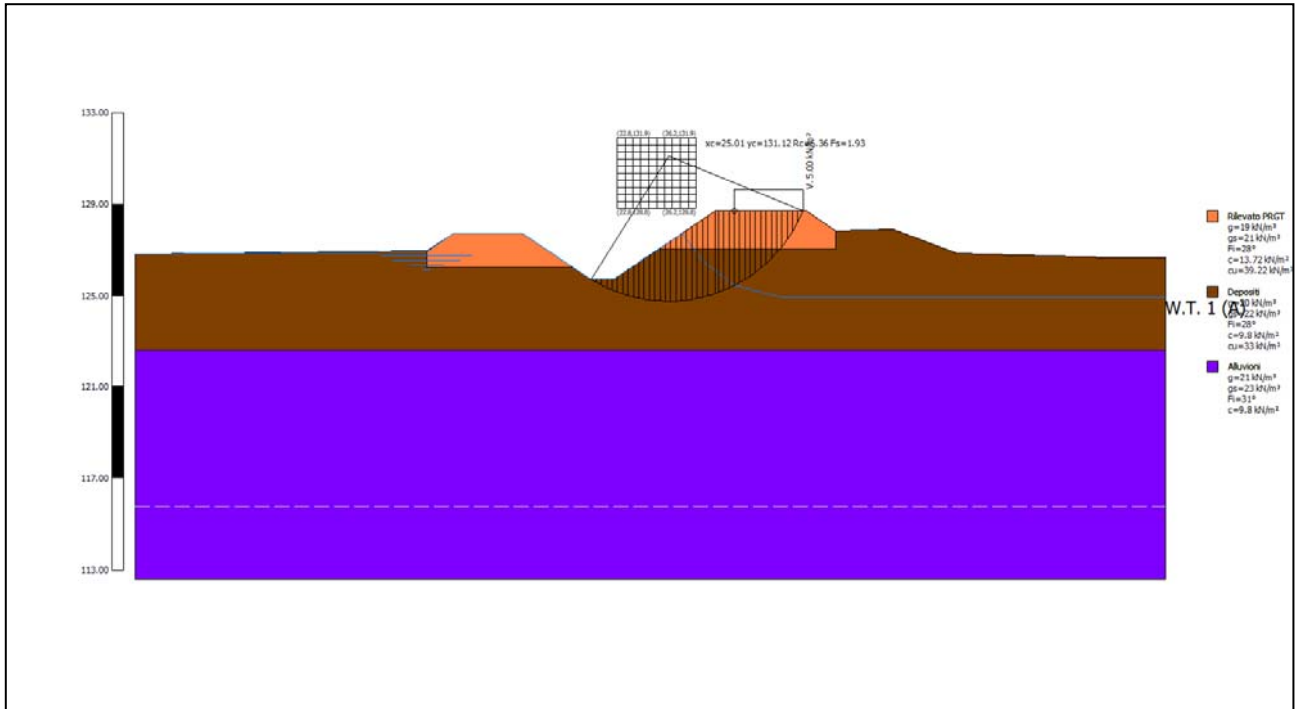
SEZ. ARG-VO-030 - fine lavori	statiche drenate (a lungo termine) + carico accidentale	1.78
-------------------------------	---	------



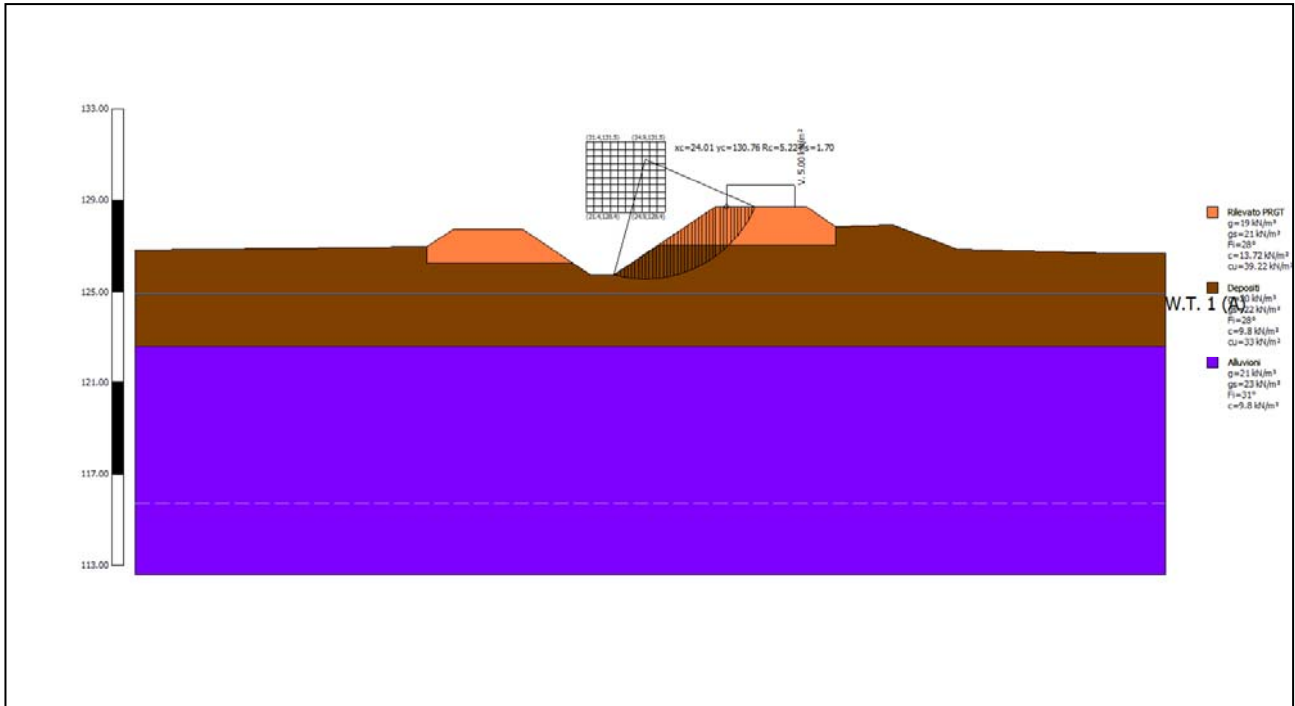
SEZ. ARG-VO-030 - massimo invaso	statiche drenate (a lungo termine) + carico accidentale	1.61
----------------------------------	---	------



SEZ. ARG-VO-030 - rapido svaso	statiche non drenate (a breve termine) + carico accidentale	1.93
--------------------------------	---	------



SEZ. ARG-VO-030 - fine lavori	sismiche drenate (a lungo termine) + carico accidentale	1.70
-------------------------------	---	------



---

## 2. VERIFICHE DI FILTRAZIONE

### 2.1 INTRODUZIONE

Come già esposto nel capitolo precedente le sezioni di rilevati arginali di progetto più significative sono

- Sezione ARG-CA\_2 che è geometricamente più rappresentativa delle condizioni più critiche per altezza del rilevato arginale previsto a protezione delle abitazioni in loc. Casanuova II;
- Sezione VO\_030 che è alla progressiva 323m del borro delle Volpaie dove nell'ambito delle sistemazioni idrauliche del corso d'acqua legate all'attraversamento del rilevato stradale di progetto viene prevista in destra idraulica la realizzazione di un tratto di argine lungo circa 50 m che si attesterà sul lato di valle all'argine della cassa Pizziconi e sul lato di monte alla strada di progetto.

Tali sezioni sono le più significative anche in relazione a fenomeni di filtrazione.

Le verifiche di filtrazione vengono condotte per valutare fenomeni di destabilizzazione dei rilevati derivanti da processi di sifonamento. Questo fenomeno è indotto dai flussi di filtrazione che se caratterizzati da elevati gradienti e con linee di flusso che attraversano il corpo arginale, possono portare alla mobilitazione e asportazione delle particelle con conseguente e progressiva destabilizzazione e/o collasso della difesa arginale.

Nel caso del rilevato arginale di progetto previsto a protezione della località Casanuova 2 l'opera avrà uno sviluppo lineare di circa 430 m e si attesterà sul rilevato stradale di progetto. Il paramento esterno (lato cassa) in caso di invaso della cassa Pizziconi sarà interessato dalla presenza di un massimo livello idrico di 127.50 m slm considerando che la quota del piano campagna è di circa 126.00 m slm si tratta di un battente di circa 1.5 m mentre la quota di coronamento dell'argine, posta a 128.50 m slm si eleva di circa 2.5 m rispetto al piano campagna.

Nell'ambito degli interventi di sistemazione idraulica del borro Volpaie viene previsto di realizzare a tergo della sponda destra un adeguamento arginale per raccordare l'argine della cassa esistente al rilevato stradale. Questo argine si svilupperà per circa 50 m, interessando le sezioni trasversali 323 e 353, ed avrà una quota di coronamento di 128.70 (analoga alla quota dell'argine della cassa) per il suo

intero sviluppo. In questo caso sul paramento sx dell'argine il massimo tirante idrico deriva dal massimo livello in alveo previsto alla sezione VO\_030 per lo scenario  $T_r=200$  anni con condizione di valle cassa al massimo invaso che è pari a 127.60 m slm.

## 2.2 METODOLOGIA DI CALCOLO

Le verifiche a filtrazione dei rilevati arginali sono state eseguite mediante il software VS2DTI del U.S. Geological Survey, che consente di modellare il regime di filtrazione in moto vario all'interno di un mezzo poroso, risolvendo l'equazione di Richards sulla base delle assegnate condizioni al contorno.

Il codice di calcolo VS2DTI risolve l'equazione di Richards con uno schema alle differenze finite, discretizzando il dominio di calcolo con una griglia regolare a maglia rettangolare con dimensioni definite dall'utente.

Per mezzi parzialmente saturi sia la saturazione effettiva  $S_e$  (pari al rapporto tra la differenza di contenuto volumetrico di acqua  $\Theta$  e quello residuo  $\Theta_r$  e la differenza tra il contenuto volumetrico residuo e quello a saturazione  $\Theta_s$ ) che la permeabilità relativa  $K_r$  sono funzione del carico piezometrico  $h$ . Nel caso in esame si sono adottate le relazioni di Van Genuchten (1980) che valuta la saturazione effettiva  $S_e$  come:

$$S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \frac{1}{\left(1 + (\alpha \cdot h)^\beta\right)^\gamma}$$

in cui  $\alpha$  è un indice caratteristico del mezzo poroso inversamente proporzionale al diametro dei pori  $[1/L]$ ,  $\beta$  è un parametro caratteristico del suolo,  $\gamma = 1 - 1/\beta$  ed  $h$  è l'altezza di pressione (carico piezometrico).

La permeabilità relativa  $K_r$  è data dalla relazione:

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

I valori dei parametri caratteristici di Van Genuchten  $\alpha$  e  $\beta$  variano in funzione del tipo di suolo in esame.

L'EPA (United States Environmental Protection Agency) ha elaborato il modello UNSODA Unsaturated Soil Hydraulic Database per la caratterizzazione dei parametri di filtrazione in terreni non saturi utilizzando i parametri caratteristici ricavati da Carsel e Parrish riportati nella figura seguente seguente e che saranno utilizzati

nell'ambito di queste verifiche per la determinazione dei parametri caratteristici dei terreni in esame.

Texture class	$\theta_r$	$\theta_s$	$\alpha$ 1/cm	$n$	$K_s$ cm/d
Sand	0.045	0.43	0.145	2.68	712.80
Loamy sand	0.057	0.41	0.124	2.28	350.16
Sandy loam	0.065	0.41	0.075	1.89	106.08
Loam	0.078	0.43	0.036	1.56	24.96
Silt	0.034	0.46	0.016	1.37	6.00
Silt loam	0.067	0.45	0.020	1.41	10.80
Sandy clay loam	0.100	0.39	0.059	1.48	31.44
Clay loam	0.095	0.41	0.019	1.31	6.24
Silty clay loam	0.089	0.43	0.010	1.23	1.68
Sandy clay	0.100	0.38	0.027	1.23	2.88
Silty clay	0.070	0.36	0.005	1.09	0.48
Clay	0.068	0.38	0.008	1.09	4.80

Figura 3. EPA-UNSODA model - parametri caratteristici filtrazione in mezzo non saturo.

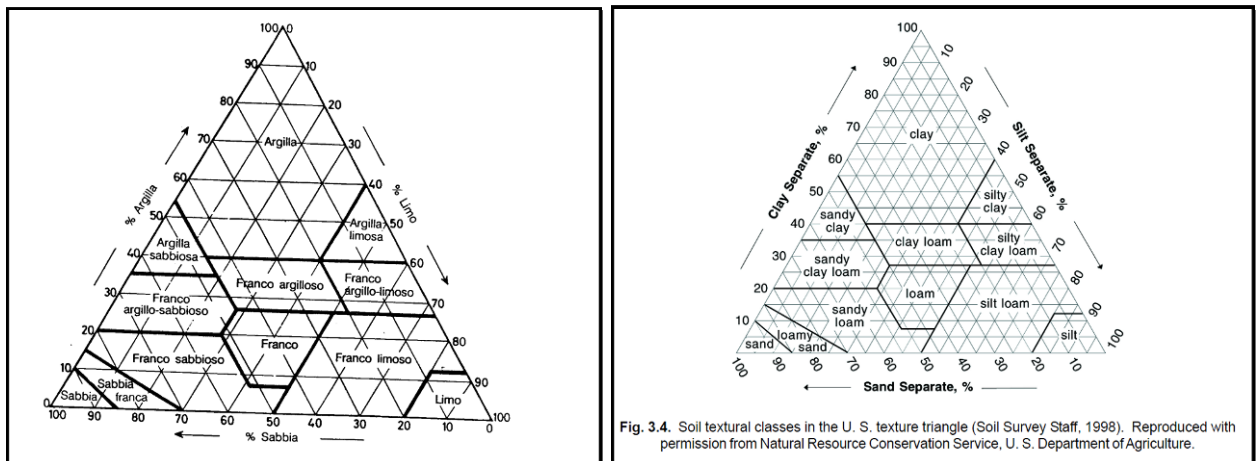


Figura 4. Soil textural classes.

## 2.3 GEOMETRIA E PARAMETRI DEL MODELLO

Le verifiche di filtrazione saranno eseguite per le sezioni ARG-CA\_2 e VO\_030.

La parametrizzazione dei terreni in sito è stata eseguita sulla base di informazioni e dati derivanti dalla campagna geognostica eseguita a supporto del progetto esecutivo Cassa Pizziconi 1° stralcio 1° lotto. In particolare si dispone di dati relativi alle stratigrafie utilizzate nelle verifiche di filtrazione eseguite nell'ambito di tale progetto e nella fase di rilascio del nulla osta idraulico. Viene identificato uno strato superficiale di spessore pari a circa 4 m classificato "depositi fini e riporti" mentre più in profondità è identificato uno strato di depositi grossolani.

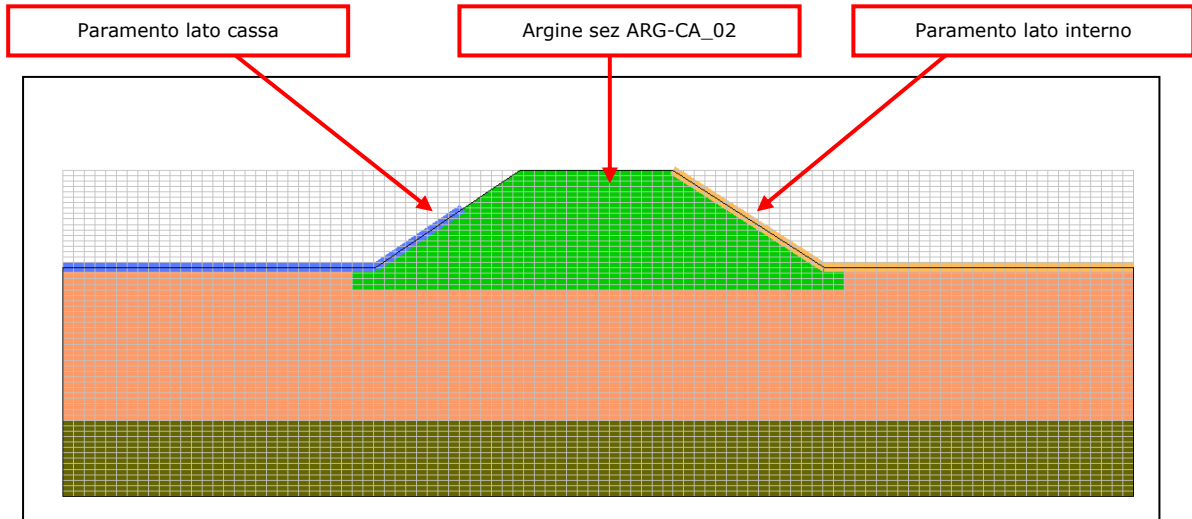
Per quanto riguarda i terreni da costruzione provenienti da cava di prestito, il progetto prevede che questi materiali siano dotati di determinate caratteristiche in termini di classificazione (viene principalmente previsto l'impiego di terre limose e argillose comprese tra il tipo A6 della classificazione ex-CNR UNI 10006, con contenuto minimo in sabbia del 15% ed il tipo A4 con contenuto massimo in sabbia del 50%) ed in termini di caratteristiche geotecniche (angolo di resistenza al taglio, coesione, coesione non drenata e coefficiente di permeabilità K). Per quanto riguarda la permeabilità del materiale proveniente da cava di prestito viene prescritto che il terreno, posato in opera ed opportunamente costipato, abbia un coefficiente di permeabilità non superiore a  $1.00 \times 10^{-6}$  m/s ( $K \leq 1.00 \times 10^{-6}$  m/s).

Parametri utilizzati per le verifiche di filtrazione									
Sezione ARG-CA_2		Kh/Kz	Kh	Kh	$e_s$ (porosity)	$e_r$ (residual moisture content)	$\alpha$	$\beta$	colore strato
ID	Tipologia di suolo	[-]	[m/s]	[m/h]	[cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> ]	[cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> ]	[1/m]	[-]	
Argine di progetto	franco sabbioso argilloso	1	1.00E-06	0.0036	0.39	0.1	5.9	1.48	
Strato 1	Depositi fini e riporti	1	1.00E-05	0.0360	0.450	0.067	2.000	1.410	
Strato 2	Depositi grossolani	1	2.00E-04	0.7200	0.41	0.057	12.4	2.28	
Strato 3	-	-	-	-	-	-	-	-	

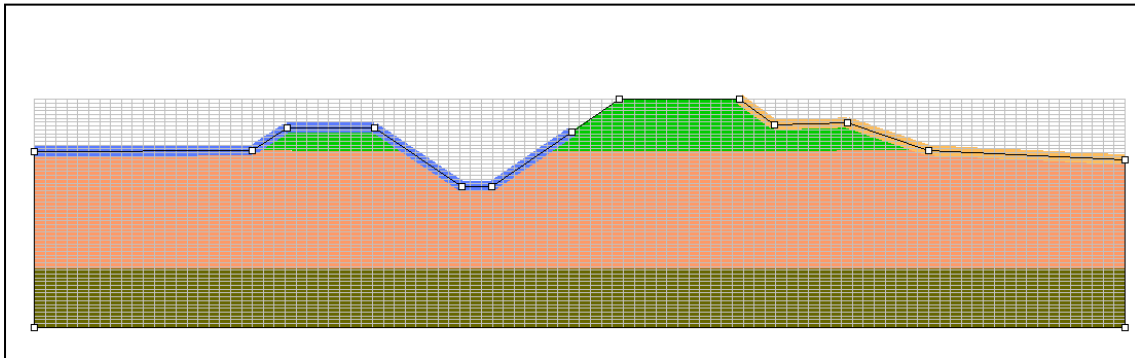
Parametri utilizzati per le verifiche di filtrazione									
Sezione VO_030		Kh/Kz	Kh	Kh	$e_s$ (porosity)	$e_r$ (residual moisture content)	$\alpha$	$\beta$	colore strato
ID	Tipologia di suolo	[-]	[m/s]	[m/h]	[cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> ]	[cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> ]	[1/m]	[-]	
Argine di progetto	franco sabbioso argilloso	1	1.00E-06	0.0036	0.39	0.1	5.9	1.48	
Strato 1	Depositi fini e riporti	1	1.00E-05	0.0360	0.450	0.067	2.000	1.410	
Strato 2	Depositi grossolani	1	2.00E-04	0.7200	0.41	0.057	12.4	2.28	
Strato 3	-	-	-	-	-	-	-	-	

**Tabella 4.** Parametri utilizzati nelle verifiche di filtrazione.

Le sezioni di calcolo sono state discretizzate con una griglia alle differenze finite. Per ogni sezione di verifica devono infatti essere definite le caratteristiche ottimali della griglia in termini di stabilità ed accuratezza di calcolo. Le sezioni di calcolo sono riportati nelle seguenti figure.



**Figura 5.** Geometria sezione argine ARG-CA\_02



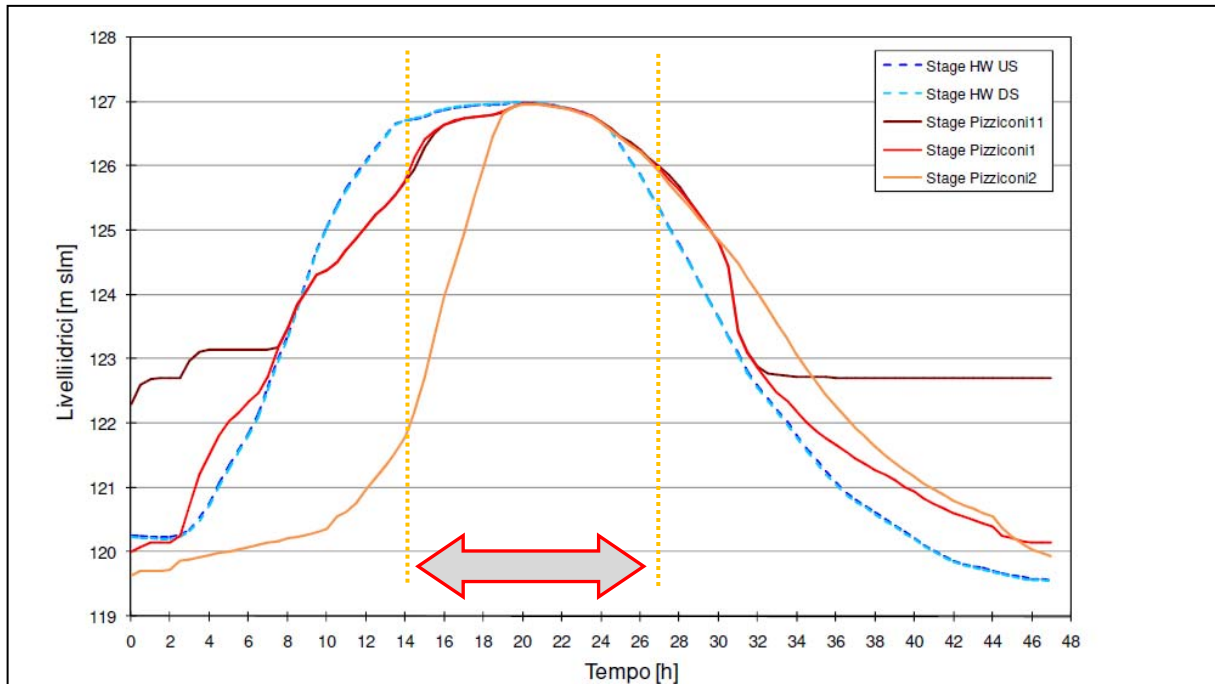
**Figura 6.** Geometria sezione borro Volpaie sezione VO\_030

Per quanto riguarda il coefficiente di filtrazione viene assunta una essenziale condizione di isotropia ponendo  $K_h=K_v$  per tutte le tipologie di terreno.



## 2.4 CONDIZIONI AL CONTORNO E CONDIZIONI INIZIALI

La figura seguente è estratta dalla relazione idrologico-idraulica del "1° Stralcio/III° lotto – Cassa d'espansione Restone e adeguamento argini tra t.Cesto e t.Ponterosso" emessa in marzo 2019 e riporta gli idrogrammi dei livelli massimi invasati nei vari moduli della cassa Pizziconi per il tempo di ritorno di 200 anni e durata di 18 ore. Il modulo della cassa che interessa i rilevati di progetto è il Pizziconi 11.



**Figura 7.** Idrogrammi dei livelli invasati nei vari moduli della cassa Pizziconi per il tempo di ritorno di 200 anni e durata di 18 ore.

Gli idrogrammi mostrano che per questo scenario di progetto le zone con quota superiore a 126 m s.l.m. della cassa Pizziconi 11 vengono interessate dall'invaso per un tempo che va da 14 a 27 ore per complessive 13 ore consecutive. La tabella seguente, estratta dal citato elaborato, riporta i livelli e volumi massimi (inviluppo) invasati in ciascun modulo della cassa Pizziconi per le varie durate del tempo di ritorno di 200 anni.

d [ore]	Pizziconi_11 H <sub>w</sub> [m s.l.m.]	Pizziconi_11 V [m <sup>3</sup> ]	Pizziconi_1 H <sub>w</sub> [m s.l.m.]	Pizziconi_1 V [m <sup>3</sup> ]	Pizziconi_2 H <sub>w</sub> [m s.l.m.]	Pizziconi_2 V [m <sup>3</sup> ]
12	126.78	422.3	126.78	670.5	126.76	1971.5
18	126.97	514.1	126.97	733.3	126.96	2049.0
24	126.99	523.8	126.99	740.0	126.99	2057.7
36	125.92	94.4	125.92	391.8	125.92	1643.7
critica	125.27	22.7	125.27	198.7	122.13	414.4

**Figura 8.** Livelli e volumi massimi (inviluppo) invasati in ciascun modulo della cassa Pizziconi per le varie durate del tempo di ritorno di 200 anni.

Per quanto riguarda la sezione di verifica ARG-CA\_02, cautelativamente, si assume come condizione al contorno utilizzata nelle verifiche di filtrazione un battente pari a 127.50 m slm per una durata di evento pari a 20 ore.

Per quanto riguarda la sezione di verifica VO\_030 si segnala che i livelli di massimo invaso nel modello della cassa di espansione non variano poiché anche questo argine ricade nel perimetro del modulo Pizziconi 11. In questo caso specifico però il massimo livello idrico da assegnare come condizione al contorno deriva dal massimo livello atteso in alveo del Volpaie alla sez. VO\_030 per lo scenario  $Tr=200$  anni con condizione di valle al massimo invaso che risulta 127.60. La durata dell'evento anche in questo caso viene assunta cautelativamente pari a 20 ore.

Nel caso dell'argine ARG\_CA-2 si attribuisce la presenza di un'altezza piezometrica  $h$  variabile da 1.5 a 1.0m, rispettivamente sul piano campagna interno alla cassa e sul paramento lato cassa.

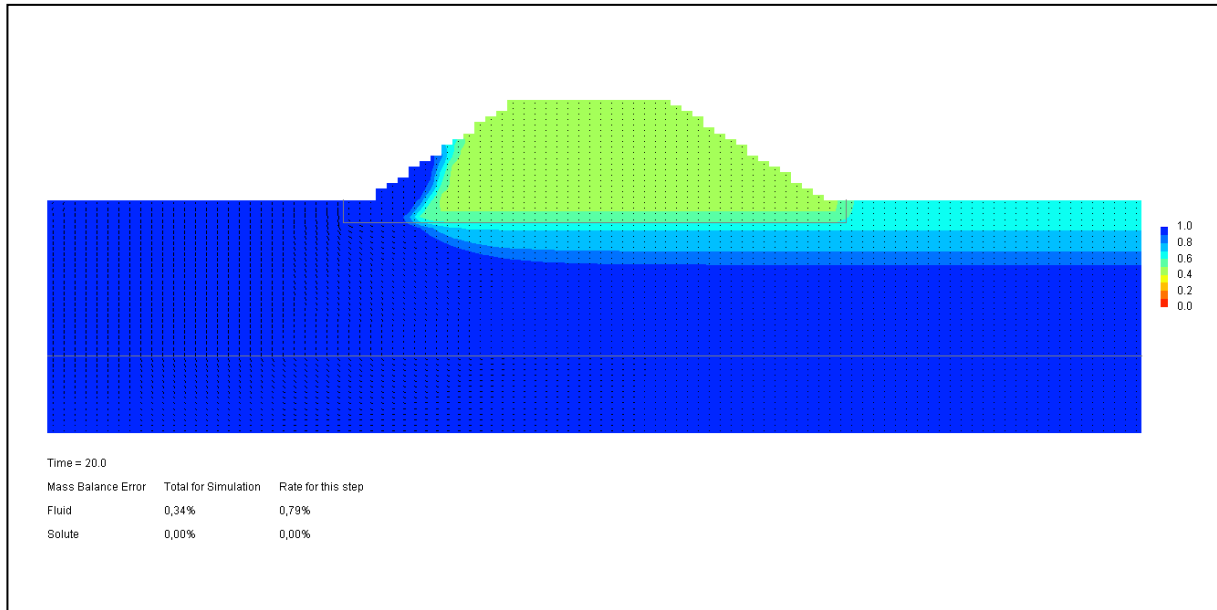
Nel caso dell'argine VO\_030 si attribuisce la presenza di un'altezza piezometrica  $h$  variabile da 1.0 a 2.0m, rispettivamente sul piano campagna interno alla cassa e sul fondo alveo del Volpaie; sul paramento della scarpata lato cassa si assume  $h=1.5m$ .

In entrambe le sezioni di verifica lungo il paramento lato campagna è stata adottata una condizione al contorno tipo "seepage", ovvero viene considerata la possibilità che l'acqua possa lasciare il sistema per filtrazione dal corpo arginale.

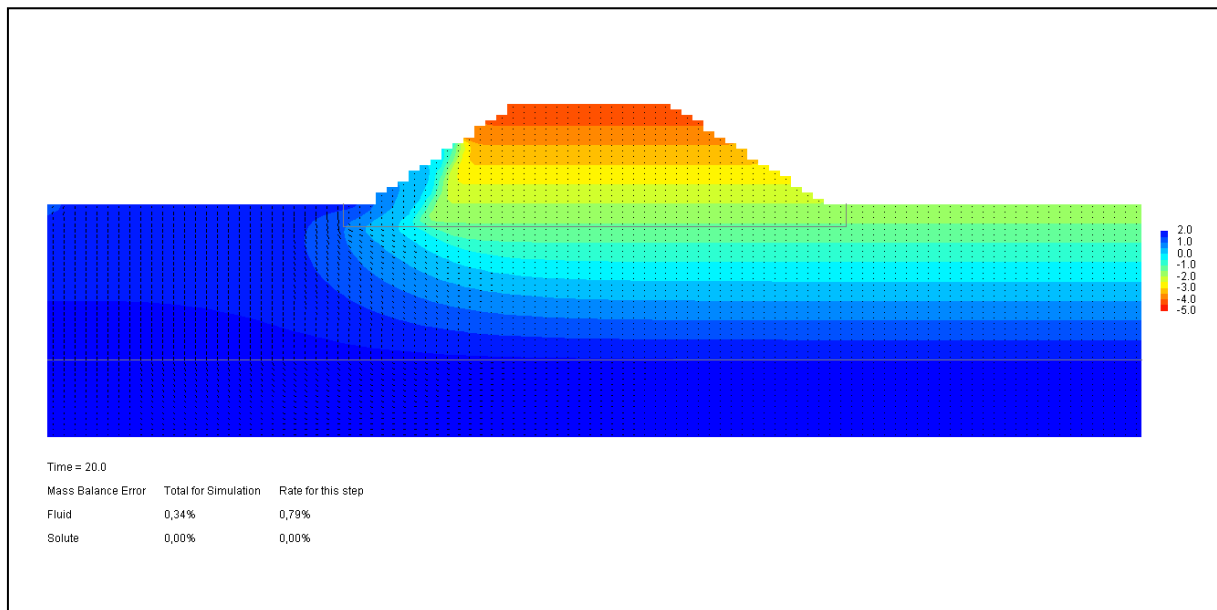
Le condizioni iniziali del modello sono date dalla quota della falda freatica e dall'altezza stimata di risalita capillare (minimum pressure head) al di sopra di essa stimata da dati di letteratura in funzione della granulometria del suolo). In analogia con le verifiche di filtrazione eseguite nell'ambito del progetto esecutivo cassa Pizziconi si è ritenuto di assegnare 2.0m di profondità minima alla falda, ciò anche in considerazione della elevata probabilità che un evento di piena significativo si verifichi nella stagione umida.

## 2.5 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI ARGINE CASANUOVA ARG-CA\_2

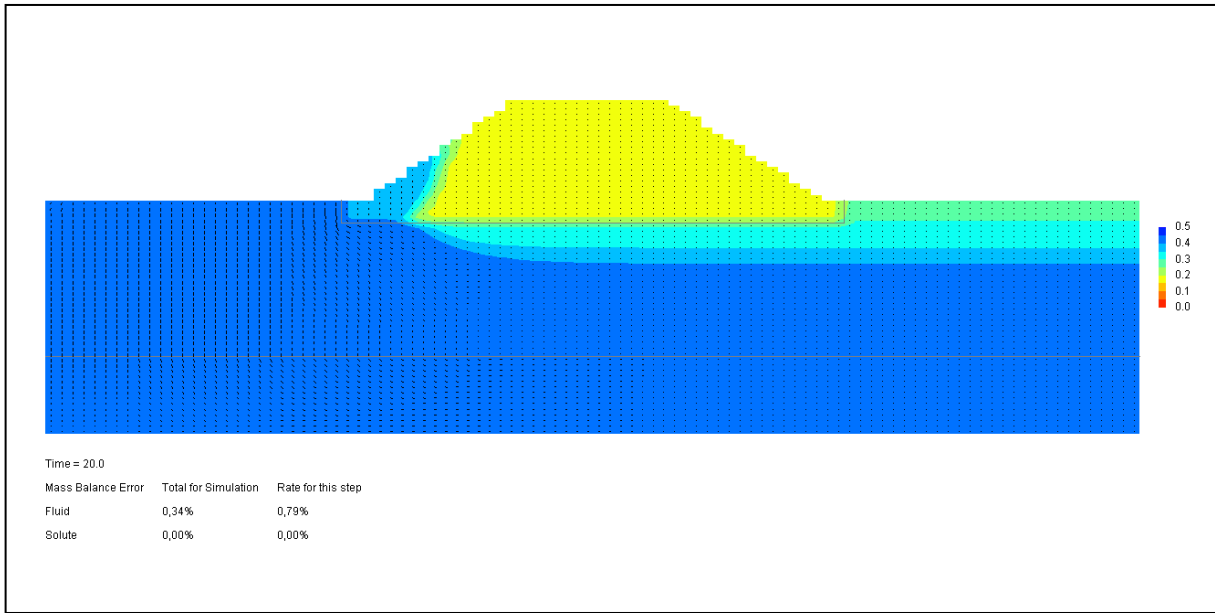
I risultati delle simulazioni eseguite con il codice di calcolo VS2DTI per la sezione in esame sono riportati nelle figure seguenti dove si trova l'andamento della linea di saturazione, della distribuzione delle pressioni neutre, dell'umidità e del campo velocità di filtrazione.



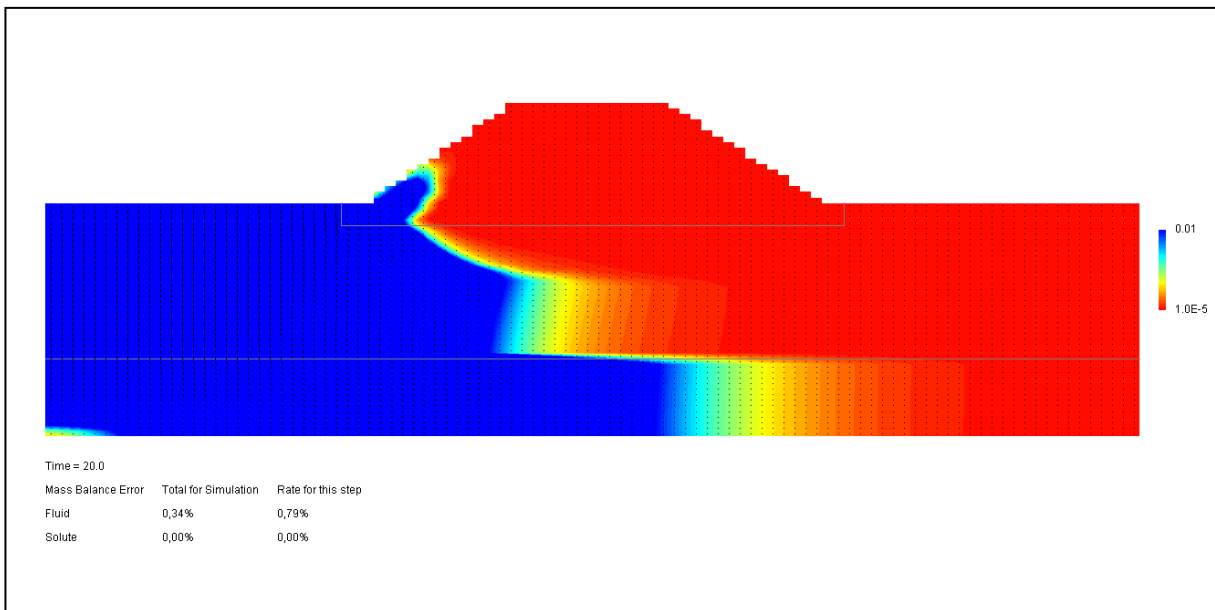
**Figura 9.** Risultati simulazioni ARG-CA\_2 - saturazione (saturation). [-]



**Figura 10.** Risultati simulazioni ARG-CA\_2 - carico piezometrico (pressure head) [m]



**Figura 11.** Risultati simulazioni ARG-CA\_2- umidità (moisture) [-]

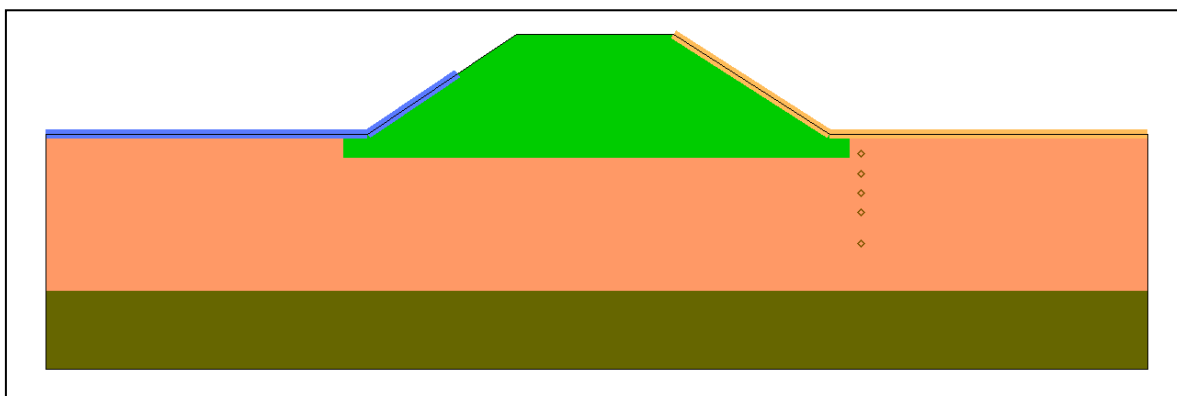


**Figura 12.** Risultati simulazioni ARG-CA\_2- velocità di filtrazione (velocity) [m/h]

Nota: le unità di misura impostate nel codice di calcolo VS2DTI sono: lunghezze in metri, tempi in ore. Ad esempio, le velocità di filtrazione di 0.036 e 0.0036 m/h equivalgono rispettivamente a  $1.00 \times 10^{-5}$  e  $1.00 \times 10^{-6}$  m/s.

I risultati delle simulazioni mostrano che nella sezione di verifica non si ha flusso di acqua sul piano campagna a tergo dell'arginatura di progetto inoltre la superficie piezometrica risulta ampiamente contenuta nel corpo arginale

Per un'analisi di maggior dettaglio del valore delle pressioni interstiziali risulta utile definire dei punti di controllo (observation points). Tali punti di controllo sono stati posti, a varie profondità, lungo la verticale per il piede esterno dell'arginatura. La sezione posta lungo la verticale del piede esterno dell'argine risulta infatti la più critica nei riguardi dei fenomeni di sifonamento.



**Figura 13.** ARG-CA\_2 - Ubicazione "observation points".

<b>Sezione ARG-CA_2 - risultati observation points</b>			
Punto	Z da PC ext [m]	H [m]	U [m]
A	0.53	-4.56	-1.49
B	0.96	-4.56	-1.07
C	1.53	-4.56	-0.49
D	1.96	-4.56	-0.07

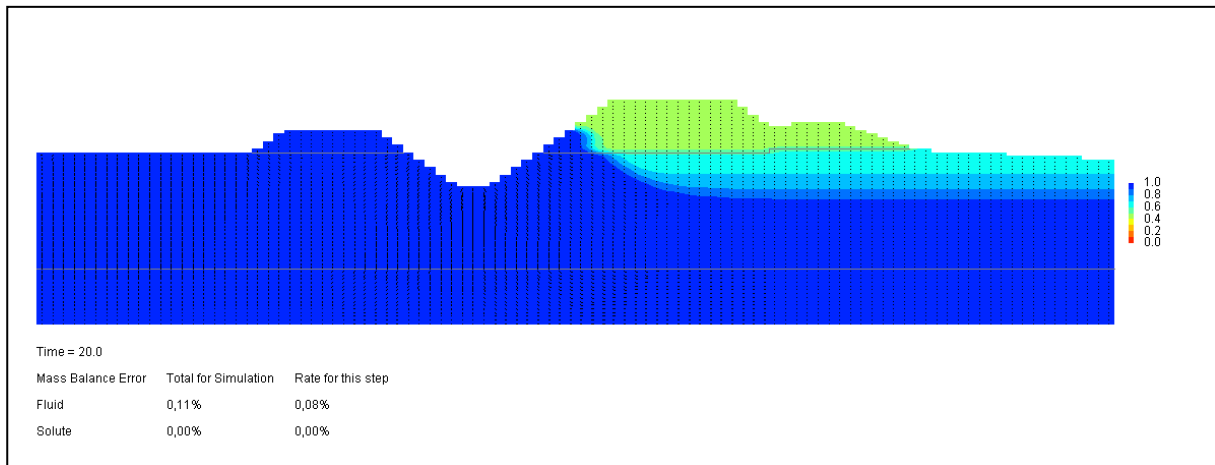
**Tabella 5.** Risultati simulazioni VS2DTI su "observation points" la colonna U è il carico piezometrico.

Per la sezione di verifica le pressioni restano per tutto il tempo negative per tutte le profondità in esame.

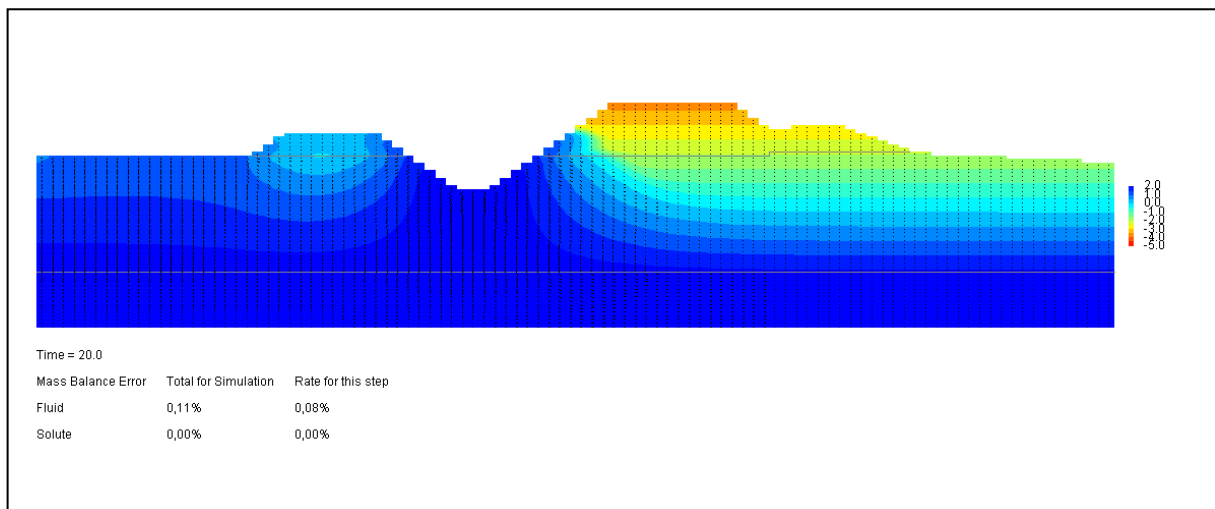
La profondità massima dal piano campagna dei punti di osservazione è stata fissata in 1.96 m, ma le profondità più significative sono quelle comprese tra 0 ed 1.5 dal P.C. in quanto per i fenomeni di sifonamento hanno interesse gli strati superficiali del piano campagna, attraverso i quali possono aversi fenomeni di risorgenza.

## 2.6 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI ARGINE VOLPAIE VO\_030

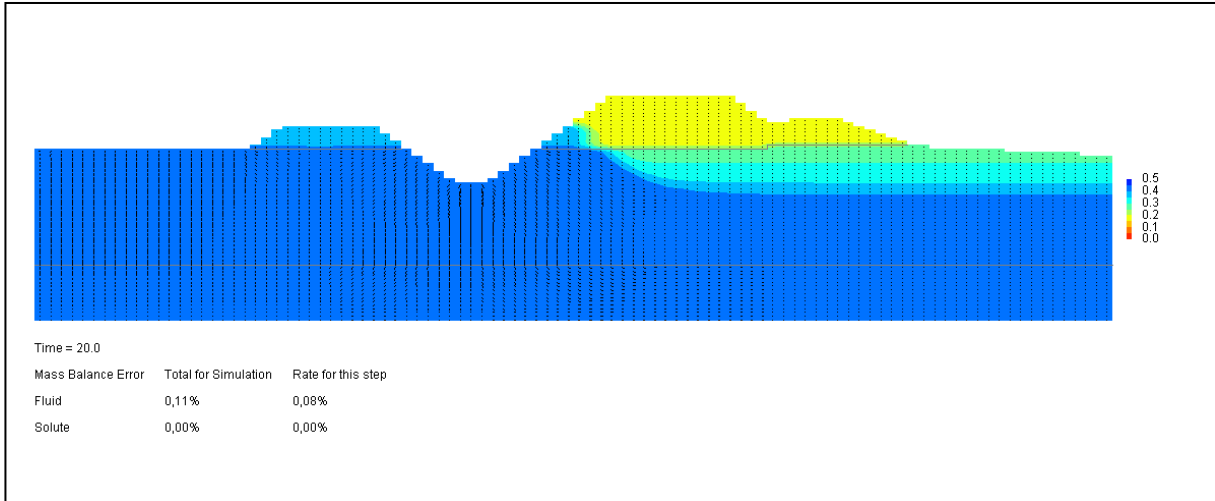
I risultati delle simulazioni eseguite con il codice di calcolo VS2DTI per la sezione in esame sono riportati nelle figure seguenti dove si trova l'andamento della linea di saturazione, della distribuzione delle pressioni neutre, dell'umidità e del campo velocità di filtrazione.



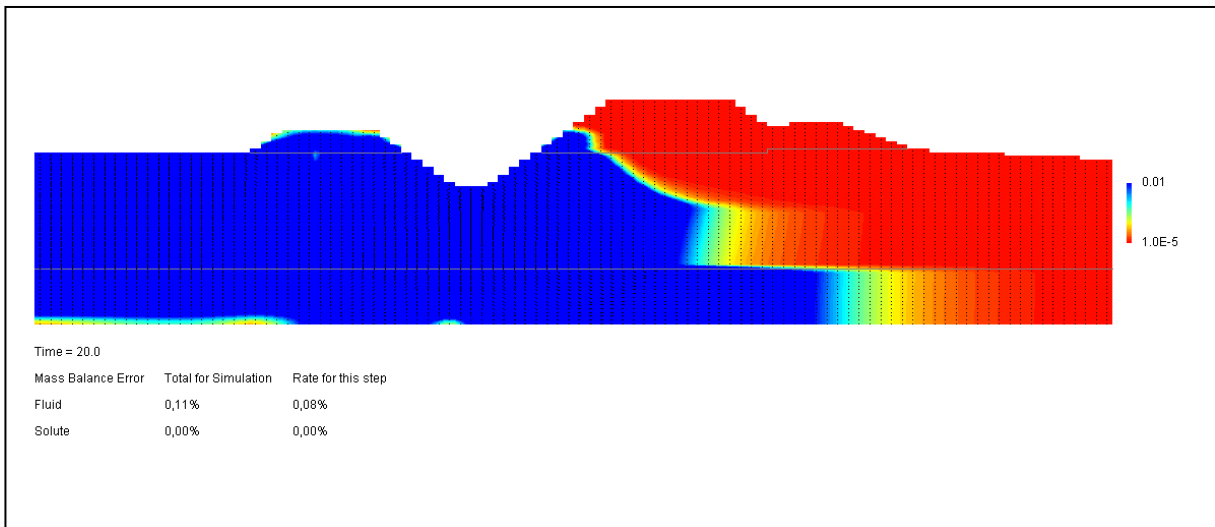
**Figura 14.** Risultati simulazioni VO\_030 - saturazione (saturation). [-]



**Figura 15.** Risultati simulazioni VO\_030 - carico piezometrico (pressure head) [m]



**Figura 16.** Risultati simulazioni VO\_030- umidità (moisture) [-]

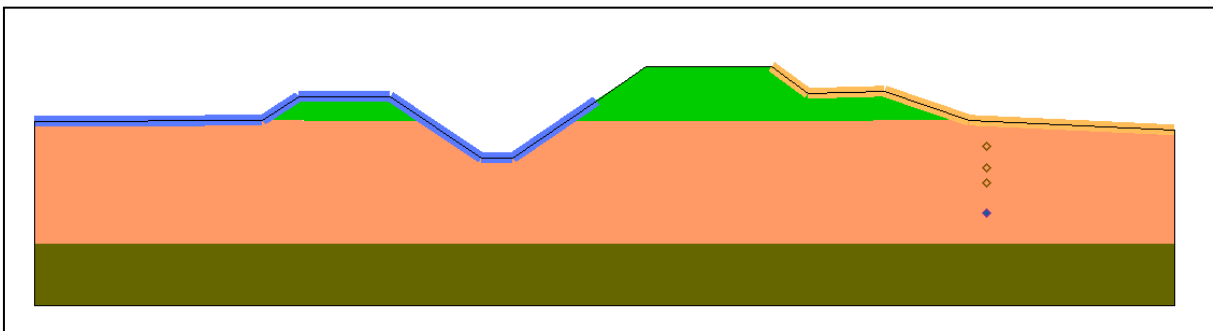


**Figura 17.** Risultati simulazioni VO\_030- velocità di filtrazione (velocity) [m/h]

Nota: le unità di misura impostate nel codice di calcolo VS2DTI sono: lunghezze in metri, tempi in ore. Ad esempio, le velocità di filtrazione di 0.036 e 0.0036 m/h equivalgono rispettivamente a  $1.00 \times 10^{-5}$  e  $1.00 \times 10^{-6}$  m/s.

I risultati delle simulazioni mostrano che nella sezione di verifica non si ha flusso di acqua sul piano campagna a tergo dell'arginatura di progetto inoltre la superficie piezometrica risulta ampiamente contenuta nel corpo arginale

Per un'analisi di maggior dettaglio del valore delle pressioni interstiziali risulta utile definire dei punti di controllo (observation points). Tali punti di controllo sono stati posti, a varie profondità, lungo la verticale per il piede esterno dell'arginatura. La sezione posta lungo la verticale del piede esterno dell'argine risulta infatti la più critica nei riguardi dei fenomeni di sifonamento.



**Figura 18.** VO\_030 - Ubicazione "observation points".

Sezione ARG-CA_2 - risultati observation points			
Punto	Z da PC ext [m]	H [m]	U [m]
A	0.76	-3.78	-1.25
B	1.54	-3.78	-0.47
C	2.06	-3.78	0.05
D	2.96	-3.78	0.96

**Tabella 6.** Risultati simulazioni VS2DTI su "observation points" la colonna U è il carico piezometrico.

Per la sezione di verifica le pressioni restano negative per le profondità sino a 1.5 m dal PC mentre per profondità più elevate diventano positive.

La profondità massima dal piano campagna dei punti di osservazione è stata fissata in 2.96 m, ma le profondità più significative sono quelle comprese tra 0 ed 1.5 dal P.C. in quanto per i fenomeni di sifonamento hanno interesse gli strati superficiali del piano campagna, attraverso i quali possono aversi fenomeni di risorgenza.



## 2.7 VERIFICHE AL SIFONAMENTO

Per le verifiche di stabilità al sifonamento deve risultare che il valore dell'azione destabilizzante  $u_{DST,D}$  non superi il valore di progetto della tensione totale stabilizzante  $\sigma_{STB,D}$  tenendo conto dei coefficienti parziali indicati dalle NTC 2018 tab. 6.2.III.

$$u_{DST,D} \leq \sigma_{STB,D}$$

La pressione interstiziale è data dalle simulazioni effettuate con VS2DTI. La tensione totale stabilizzante è funzione del carico litostatico sul punto di verifica.

$$u_{DST,D} = 1.5 \cdot u_{\max} \cdot \gamma_w$$

$$\sigma_{STB,D} = 0.9 \cdot z \cdot \gamma_t$$

Nel punto 6.2.4.2 "Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi idraulici" delle NTC 2018 viene riportato:

*"In condizioni di flusso prevalentemente verticale:*

*a) nel caso di frontiera di efflusso libera, la verifica a sifonamento si esegue controllando che il gradiente idraulico  $i$  risulti non superiore al gradiente idraulico critico  $i_c$  diviso per un coefficiente parziale  $\gamma_R = 3$ , se si assume come effetto delle azioni il gradiente idraulico medio, e per un coefficiente parziale  $\gamma_R = 2$  nel caso in cui si consideri il gradiente idraulico di efflusso;*

*b) in presenza di un carico imposto sulla frontiera di efflusso, la verifica si esegue controllando che la pressione interstiziale in eccesso rispetto alla condizione idrostatica risulti non superiore alla tensione verticale efficace calcolata in assenza di filtrazione, divisa per un coefficiente parziale  $\gamma_R = 2$ .*

*In tutti gli altri casi il progettista deve valutare gli effetti delle forze di filtrazione e garantire adeguati livelli di sicurezza, da prefissare e giustificare esplicitamente."*

Sulla base di queste indicazioni si ritiene opportuno adottare un coefficiente di sicurezza cautelativo  $\gamma_R = FS = 3$ .

In presenza di condizioni non sature o di saturazione per effetto delle forze di capillarità la verifica a sifonamento risulta automaticamente soddisfatta (la pressione interstiziale  $u$  è minore di 0).

Si osserva inoltre che le simulazioni condotte evidenziano l'assenza di flussi di acqua in uscita sul piano campagna, la linea di filtrazione (zona satura) durante il transitorio non interessa il piede esterno degli argini a valle di entrambe le sezioni analizzate, per cui non si possono verificare fenomeni di sifonamento e non è necessario effettuare la verifica idraulica a sifonamento.

Verificando comunque il rispetto di quanto previsto dalla normativa per il punto OBS-C e OBS-D, relativi alla sezione di verifica VO\_030, dove i valori di pressione interstiziale sono positivi ed in cui si ha una pressione interstiziale maggiore di 0 si ha:

<b>Sezione Volpaie VO_030 - verifiche sifonamento</b>					
	Z [m]	U max [m]	$u_{DST,D}$	$\sigma_{STB,D}$	$\sigma_{STB,D}/u_{DST,D}$
	[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[-]
OBS - C	2.055	0.05	0.7	35.1	50.52
OBS - D	2.963	0.96	14.1	50.7	3.60
$\gamma_w =$	9.81	[kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_t =$	19	[kN/m <sup>3</sup> ]

**Tabella 7.** Verifiche di sifonamento - risultati.

Le verifiche risultano quindi soddisfatte.

### 3. STIMA DEI CEDIMENTI

La stima dei cedimenti è stata effettuata per l'argine podere Casanuova II codificata ARG-CA\_2, che è la sezione di progetto più critiche per altezza e dimensioni del rilevato arginale.

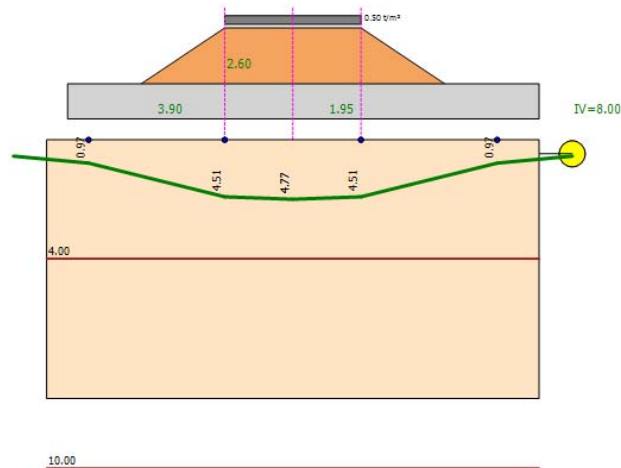
La stima dei cedimenti è stata effettuata tramite l'applicativo Loadcap prodotto da Geostru Software s.a.s che utilizza il metodo edometrico.

La sezione ARG-CA\_2 è stata schematizzata considerando un'altezza del rilevato di 3.60 m rispetto al piano campagna, una larghezza della base del rilevato di 12.00 m e una larghezza del coronamento di 4.0 m. Il carico applicato è pari a 5.0 KN/mq su una striscia di 4.0 m il peso di volume del rilevato è assunto pari a 1.9 KN/m<sup>3</sup> e il piano di imposta si è considerato ad una profondità di 1.0 metri dal piano campagna.

I parametri geotecnici utilizzati sono quelli utilizzati nella progettazione esecutiva della cassa di espansione Pizziconi.

Si riporta di seguito il risultato del calcolo, specificando il valore del cedimento in corrispondenza dell'asse, del bordo, del piede del rilevato stesso e di un ulteriore punto di controllo posizionato a 8 metri dall'asse del rilevato.

CALCOLO DEI CEDIMENTI							
Riferimento zona				ARG-CA_2			
Carico statico sul rilevato				0.5	t/m <sup>2</sup>		
1/2 Larghezza rettangolo				1.95	m		
Larghezza base triangolo				3.9	m		
Imposta piano di posa sbancamento				1	m		
Peso unità volume sbancamento				2	t/m <sup>3</sup>		
Incremento netto al piano di posa				6.9	t/m <sup>2</sup>		
Distanza asse - IV punto a scelta				8	m		
DISTANZA PIANO DI POSA --> SUBSTRATO				8	m		
Altezza rilevato				2.6	m		
Peso unità volume rilevato				1.9	t/m <sup>3</sup>		
Peso unità volume fondazione rilevato				1.9	t/m <sup>3</sup>		
Cedimenti per ogni strato							
Strato	Spessore DH strato m	Modulo edometrico Kg/cm <sup>2</sup>	Grado di consolidazione OCR	Asse (cm)	Bordo esterno (cm)	Piede (cm)	IV Punto (cm)
1	4	31	1	7.754	7.345	1.305	0.213
2	4	98	3	0.862	0.809	0.352	0.146
Cedimenti totali							
Asse	8.616		cm				
Bordo	8.154		cm				
Piede	1.657		cm				
IV Punto	0.359		cm				



**Figura 19.** Risultati calcolo cedimenti sezione argine Casanuova II ARG-CA\_2.

Considerate le caratteristiche geotecniche e giaciture dei terreni in cui saranno realizzate le arginature, le dimensioni dell'opera in progetto e nelle ipotesi considerate, i cedimenti sono da considerarsi compatibili con la funzionalità dell'opera di progetto.

Dovranno comunque tenersi in conto i valori dei cedimenti sopra riportati per la definizione ultima della livelletta di progetto della sommità arginale.

## **ALLEGATI**

**1 – VERIFICHE DI STABILITA' ARGINE CASANUOVA SEZIONE ARG-CA\_2**

**2 – VERIFICHE DI STABILITA' ARGINE DX VOLPAIE SEZIONE ARG-VO-030**

**1 – VERIFICHE DI STABILITA' ARGINE CASANUOVA SEZIONE ARG-CA\_2**

SEZ. ARG-CA-2 - fine lavori	statiche drenate (a lungo termine) + carico accidentale	2.22
-----------------------------	---	------

### Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

Lat./Long.	43.608108/11.502015
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	40.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	3.4 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	128.73 m
Ascissa vertice destro superiore xs	10.44 m
Ordinata vertice destro superiore ys	134.42 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

### Coefficienti sismici [N.T.C.]

#### Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100.0 [anni]
Vita di riferimento:	150.0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90.0	0.64	2.63	0.28
S.L.D.	151.0	0.76	2.62	0.29
S.L.V.	1424.0	1.76	2.41	0.31
S.L.C.	2475.0	2.08	2.42	0.32

### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Classe III
--------	------------

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.96	1.0	0.0979	0.0489
S.L.D.	1.14	0.47	0.0546	0.0273
S.L.V.	2.5352	0.38	0.0982	0.0491
S.L.C.	2.8954	1.0	0.2953	0.1476

**Vertici profilo**

Nr	X (m)	y (m)
1	-5.97	125.96
2	8.18	125.93
3	12.03	128.5
4	16.03	128.5
5	19.92	125.9
6	34.03	125.96

**Falda**

Nr.	X (m)	y (m)
1	-5.97	124.0
2	34.03	124.0

**Vertici strato .....1**

N	X (m)	y (m)
1	-5.97	125.96
2	7.27	125.95
3	7.25	124.92
4	20.42	124.92
5	20.42	125.9
6	34.03	125.96

**Vertici strato .....2**

N	X (m)	y (m)
1	-5.97	121.96
2	34.03	121.96

**Coefficienti parziali azioni**

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.3
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	0.0

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

**Stratigrafia**

Strato	Coesione (kN/m <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kN/m <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (kN/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	13.72	39.2	28	19	21	Rilevato PRGT	
2	9.8	33	28	20	22	Depositi alluvionali fini	
3	9.8	0	31	21	23	Alluvioni grossolane	



**Carichi distribuiti**

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m <sup>2</sup> )
1	12.6	128.5	15.6	128.5	5

**Risultati analisi pendio [NTC 2018]**

Fs minimo individuato	2.22
Ascissa centro superficie	9.38 m
Ordinata centro superficie	131.29 m
Raggio superficie	5.57 m

**xc = 9.38 yc = 131.289 Rc = 5.572 Fs=2.221**

Lambda = 0.312

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)
1	0.16	-15.23	0.17	0.07
2	0.18	-13.43	0.19	0.23
3	0.13	-11.74	0.14	0.37
4	0.16	-10.21	0.16	0.82
5	0.16	-8.55	0.16	1.22
6	0.16	-6.89	0.16	1.61
7	0.16	-5.24	0.16	1.98
8	0.16	-3.66	0.16	2.34
9	0.16	-1.96	0.16	2.69
10	0.16	-0.32	0.16	3.02
11	0.16	1.33	0.16	3.33
12	0.16	2.9	0.16	3.64
13	0.16	4.61	0.16	3.93
14	0.16	6.25	0.16	4.2
15	0.16	7.85	0.16	4.46
16	0.16	9.57	0.16	4.71
17	0.16	11.17	0.16	4.94
18	0.16	12.91	0.16	5.16
19	0.16	14.53	0.16	5.37
20	0.16	16.3	0.17	5.55
21	0.16	17.95	0.17	5.73
22	0.16	19.68	0.17	5.88
23	0.16	21.5	0.17	6.02
24	0.16	23.21	0.17	6.15
25	0.16	25.01	0.18	6.25
26	0.21	27.17	0.24	8.44
27	0.11	28.99	0.12	4.24
28	0.16	30.57	0.18	6.08
29	0.16	32.49	0.19	5.78
30	0.16	34.46	0.19	5.54
31	0.16	36.47	0.2	6.16
32	0.16	38.54	0.2	5.79
33	0.16	40.66	0.21	5.39
34	0.16	42.86	0.22	4.96
35	0.16	45.1	0.23	4.49
36	0.16	47.51	0.24	3.99

37	0.16	50.0	0.25	3.44
38	0.16	52.62	0.26	2.84
39	0.16	55.38	0.28	2.18
40	0.16	58.42	0.3	0.79

**Sforzi sui conci**

Nr.	Xi (kN)	Ei (kN)	Xi-1 (kN)	Ei-1 (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)	Ui (kN)
1	0.31	0.98	0.0	0.0	-0.49	0.66	0.0
2	0.63	2.01	0.31	0.98	-0.33	0.79	0.0
3	0.95	3.06	0.63	2.01	-0.17	0.59	0.0
4	1.33	4.26	0.95	3.06	0.23	0.77	0.0
5	1.73	5.55	1.33	4.26	0.62	0.83	0.0
6	2.15	6.91	1.73	5.55	1.02	0.9	0.0
7	2.58	8.29	2.15	6.91	1.42	0.97	0.0
8	3.02	9.69	2.58	8.29	1.81	1.03	0.0
9	3.45	11.06	3.02	9.69	2.21	1.1	0.0
10	3.86	12.39	3.45	11.06	2.59	1.17	0.0
11	4.26	13.66	3.86	12.39	2.97	1.23	0.0
12	4.63	14.87	4.26	13.66	3.32	1.29	0.0
13	4.98	15.97	4.63	14.87	3.66	1.35	0.0
14	5.29	16.97	4.98	15.97	3.98	1.41	0.0
15	5.56	17.85	5.29	16.97	4.27	1.47	0.0
16	5.79	18.59	5.56	17.85	4.54	1.52	0.0
17	5.98	19.19	5.79	18.59	4.78	1.56	0.0
18	6.12	19.63	5.98	19.19	5.0	1.6	0.0
19	6.21	19.92	6.12	19.63	5.18	1.64	0.0
20	6.24	20.03	6.21	19.92	5.33	1.67	0.0
21	6.22	19.97	6.24	20.03	5.45	1.7	0.0
22	6.14	19.72	6.22	19.97	5.53	1.72	0.0
23	6.01	19.28	6.14	19.72	5.57	1.74	0.0
24	5.81	18.66	6.01	19.28	5.58	1.75	0.0
25	5.56	17.84	5.81	18.66	5.55	1.76	0.0
26	5.05	16.2	5.56	17.84	7.21	2.32	0.0
27	4.88	15.65	5.05	16.2	3.59	1.17	0.0
28	4.48	14.38	4.88	15.65	4.93	1.69	0.0
29	4.06	13.04	4.48	14.38	4.51	1.63	0.0
30	3.63	11.65	4.06	13.04	4.14	1.59	0.0
31	3.06	9.83	3.63	11.65	4.33	1.64	0.0
32	2.49	8.0	3.06	9.83	3.83	1.58	0.0
33	1.93	6.21	2.49	8.0	3.34	1.52	0.0
34	1.4	4.48	1.93	6.21	2.86	1.47	0.0
35	0.9	2.88	1.4	4.48	2.39	1.43	0.0
36	0.46	1.47	0.9	2.88	1.95	1.4	0.0
37	0.1	0.31	0.46	1.47	1.55	1.38	0.0
38	-0.16	-0.5	0.1	0.31	1.23	1.39	0.0
39	-0.26	-0.84	-0.16	-0.5	1.02	1.44	0.0
40	0.0	0.0	-0.26	-0.84	0.99	1.54	0.0

SEZ. ARG-CA-2 - massimo invasivo	statiche drenate (a lungo termine) + carico accidentale	1.97
----------------------------------	---	------

### Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

Lat./Long.	43.608108/11.502015
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	40.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	3.4 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	128.73 m
Ascissa vertice destro superiore xs	10.44 m
Ordinata vertice destro superiore ys	134.42 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

### Coefficienti sismici [N.T.C.]

#### Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100.0 [anni]
Vita di riferimento:	150.0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90.0	0.64	2.63	0.28
S.L.D.	151.0	0.76	2.62	0.29
S.L.V.	1424.0	1.76	2.41	0.31
S.L.C.	2475.0	2.08	2.42	0.32

### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Classe III
--------	------------

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.96	1.0	0.0979	0.0489
S.L.D.	1.14	0.47	0.0546	0.0273
S.L.V.	2.5352	0.38	0.0982	0.0491
S.L.C.	2.8954	1.0	0.2953	0.1476

**Vertici profilo**

Nr	X (m)	y (m)
1	-5.97	125.96
2	8.18	125.93
3	12.03	128.5
4	16.03	128.5
5	19.92	125.9
6	34.03	125.96

**Falda**

Nr.	X (m)	y (m)
1	-5.97	127.5
2	10.53	127.5
3	11.48	125.0
4	12.74	124.33
5	16.11	124.0
6	25.63	124.0
7	34.03	124.0

**Vertici strato .....1**

N	X (m)	y (m)
1	-5.97	125.96
2	7.27	125.95
3	7.25	124.92
4	20.42	124.92
5	20.42	125.9
6	34.03	125.96

**Vertici strato .....2**

N	X (m)	y (m)
1	-5.97	121.96
2	34.03	121.96

**Coefficienti parziali azioni**

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.3
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

**Stratigrafia**

Strato	Coesione (kN/m <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kN/m <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (kN/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	13.7	39.2	28	19	21	Rilevato

						PRGT	
2	9.8	33	28	20	22	Depositi alluvionali fini	
3	9.8	0	31	21	23	Alluvioni grossolane	

**Carichi distribuiti**

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m <sup>2</sup> )
1	12.6	128.5	15.6	128.5	5

**Risultati analisi pendio [NTC 2018]**

Fs minimo individuato	1.97
Ascissa centro superficie	9.38 m
Ordinata centro superficie	130.15 m
Raggio superficie	5.43 m

**xc = 9.38 yc = 130.15 Rc = 5.43 Fs=1.967**

Lambda = 0.199

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)
1	0.21	-37.67	0.27	0.23
2	0.21	-34.86	0.26	0.64
3	0.21	-32.15	0.25	1.01
4	0.21	-29.48	0.25	1.34
5	0.21	-26.96	0.24	1.65
6	0.21	-24.37	0.24	1.92
7	0.21	-21.96	0.23	1.98
8	0.21	-19.5	0.23	2.17
9	0.21	-17.13	0.22	2.34
10	0.29	-14.33	0.3	3.39
11	0.14	-12.03	0.14	1.81
12	0.21	-10.12	0.22	3.14
13	0.21	-7.79	0.22	3.57
14	0.21	-5.57	0.22	3.98
15	0.21	-3.21	0.22	4.37
16	0.21	-1.01	0.21	4.74
17	0.21	1.3	0.22	5.08
18	0.21	3.55	0.22	5.4
19	0.21	5.81	0.22	5.7
20	0.21	8.13	0.22	5.98
21	0.21	10.41	0.22	6.23
22	0.21	12.71	0.22	12.03
23	0.21	15.08	0.22	12.13
24	0.21	17.43	0.23	12.18
25	0.21	19.81	0.23	12.2
26	0.21	22.27	0.23	12.17
27	0.21	24.73	0.24	12.38
28	0.27	27.59	0.3	15.69
29	0.16	30.15	0.19	9.32
30	0.21	32.5	0.25	11.96

31	0.21	35.22	0.26	11.5
32	0.21	38.03	0.27	12.12
33	0.21	41.0	0.28	11.4
34	0.21	44.07	0.3	10.59
35	0.21	47.35	0.32	9.69
36	0.21	50.8	0.34	8.68
37	0.21	54.55	0.37	7.53
38	0.21	58.68	0.41	6.2
39	0.21	63.41	0.48	4.62
40	0.21	69.1	0.6	1.99

**Sforzi sui conci**

Nr.	Xi (kN)	Ei (kN)	Xi-1 (kN)	Ei-1 (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)	Ui (kN)
1	0.44	2.23	0.0	0.0	-1.53	0.68	0.0
2	0.94	4.75	0.44	2.23	-1.33	0.69	0.0
3	1.48	7.44	0.94	4.75	-1.03	0.72	0.0
4	2.03	10.22	1.48	7.44	-0.68	0.76	0.0
5	2.59	13.04	2.03	10.22	-0.31	0.81	0.0
6	3.14	15.83	2.59	13.04	0.09	0.87	0.0
7	3.75	18.89	3.14	15.83	0.13	1.2	0.0
8	4.34	21.84	3.75	18.89	0.51	1.26	0.0
9	4.9	24.67	4.34	21.84	0.87	1.31	0.0
10	5.44	27.41	4.9	24.67	2.07	1.49	0.0
11	5.79	29.19	5.44	27.41	1.05	0.73	0.0
12	6.24	31.41	5.79	29.19	2.26	1.24	0.0
13	6.67	33.6	6.24	31.41	2.81	1.34	0.0
14	7.09	35.72	6.67	33.6	3.34	1.44	0.0
15	7.49	37.73	7.09	35.72	3.85	1.54	0.0
16	7.86	39.61	7.49	37.73	4.33	1.63	0.0
17	8.2	41.33	7.86	39.61	4.78	1.72	0.0
18	8.51	42.86	8.2	41.33	5.18	1.8	0.0
19	8.77	44.18	8.51	42.86	5.54	1.87	0.0
20	8.99	45.28	8.77	44.18	5.85	1.94	0.0
21	9.16	46.14	8.99	45.28	6.11	1.99	0.0
22	9.04	45.54	9.16	46.14	6.29	2.03	5.3
23	8.87	44.7	9.04	45.54	7.5	2.28	4.01
24	8.72	43.95	8.87	44.7	8.73	2.86	2.68
25	8.53	42.99	8.72	43.95	9.9	3.1	1.35
26	8.3	41.81	8.53	42.99	11.03	3.35	0.0
27	7.96	40.11	8.3	41.81	10.84	3.33	0.0
28	7.33	36.91	7.96	40.11	12.99	4.09	0.0
29	6.97	35.13	7.33	36.91	7.47	2.41	0.0
30	6.36	32.04	6.97	35.13	8.95	3.05	0.0
31	5.68	28.64	6.36	32.04	7.98	2.9	0.0
32	4.85	24.43	5.68	28.64	7.61	2.88	0.0
33	3.97	20.02	4.85	24.43	6.37	2.69	0.0
34	3.08	15.51	3.97	20.02	5.11	2.52	0.0
35	2.19	11.01	3.08	15.51	3.87	2.37	0.0
36	1.33	6.71	2.19	11.01	2.69	2.25	0.0
37	0.57	2.85	1.33	6.71	1.66	2.2	0.0
38	-0.04	-0.22	0.57	2.85	0.92	2.28	0.0
39	-0.37	-1.87	-0.04	-0.22	0.74	2.58	0.0
40	0.0	0.0	-0.37	-1.87	2.32	3.51	0.0

SEZ. ARG-CA-2 - rapido svaso	statiche non drenate (a breve termine) + carico accidentale	1.49
------------------------------	---	------

### Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

Lat./Long.	43.608108/11.502015
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	40.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	3.4 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	128.73 m
Ascissa vertice destro superiore xs	10.44 m
Ordinata vertice destro superiore ys	134.42 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

### Coefficienti sismici [N.T.C.]

#### Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100.0 [anni]
Vita di riferimento:	150.0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90.0	0.64	2.63	0.28
S.L.D.	151.0	0.76	2.62	0.29
S.L.V.	1424.0	1.76	2.41	0.31
S.L.C.	2475.0	2.08	2.42	0.32

### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Classe III
--------	------------

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.96	1.0	0.0979	0.0489
S.L.D.	1.14	0.47	0.0546	0.0273
S.L.V.	2.5352	0.38	0.0982	0.0491
S.L.C.	2.8954	1.0	0.2953	0.1476

**Vertici profilo**

Nr	X (m)	y (m)
1	-5.97	125.96
2	8.18	125.93
3	12.03	128.5
4	16.03	128.5
5	19.92	125.9
6	34.03	125.96

**Falda**

Nr.	X (m)	y (m)
1	-5.97	125.95
2	8.17	125.93
3	10.52	127.5
4	11.48	124.92
5	12.73	124.33
6	16.11	124.0
7	34.03	124.0

**Vertici strato .....1**

N	X (m)	y (m)
1	-5.97	125.96
2	7.27	125.95
3	7.25	124.92
4	20.42	124.92
5	20.42	125.9
6	34.03	125.96

**Vertici strato .....2**

N	X (m)	y (m)
1	-5.97	121.96
2	34.03	121.96

**Coefficienti parziali azioni**

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.3
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

**Stratigrafia**

Strato	Coesione (kN/m <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kN/m <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (kN/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	13.72	39.22	28	19	21	Rilevato



						PRGT	
2	9.8	33	28	20	22	Depositi alluvionali fini	
3	9.8	0	31	21	23	Alluvioni grossolane	

**Carichi distribuiti**

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m <sup>2</sup> )
1	12.6	128.5	15.6	128.5	5

**Risultati analisi pendio [NTC 2018]**

Fs minimo individuato	1.49
Ascissa centro superficie	6.57 m
Ordinata centro superficie	129.01 m
Raggio superficie	11.67 m

$x_c = 6.566$   $y_c = 129.014$   $R_c = 11.667$   $F_s = 1.492$

$\Lambda = -0.073$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)
1	0.57	-70.59	1.71	11.29
2	0.57	-63.27	1.27	27.78
3	0.57	-57.55	1.06	40.26
4	0.57	-52.64	0.94	50.46
5	0.57	-48.24	0.85	59.45
6	0.57	-44.19	0.79	67.21
7	0.57	-40.4	0.75	73.97
8	0.57	-36.82	0.71	79.91
9	0.57	-33.4	0.68	85.14
10	0.57	-30.11	0.66	89.74
11	0.57	-26.93	0.64	93.77
12	0.57	-23.82	0.62	97.3
13	0.57	-20.81	0.61	100.34
14	0.57	-17.84	0.6	102.94
15	0.57	-14.92	0.59	105.12
16	0.57	-12.05	0.58	106.9
17	0.57	-9.2	0.58	108.29
18	0.57	-6.38	0.57	109.29
19	0.57	-3.58	0.57	109.93
20	0.57	-0.77	0.57	110.2
21	0.57	2.02	0.57	110.11
22	0.57	4.83	0.57	109.07
23	0.35	7.09	0.35	65.96
24	0.79	9.92	0.8	153.78
25	0.57	13.33	0.59	114.09
26	0.57	16.23	0.59	116.67
27	0.57	19.16	0.6	118.84
28	0.57	22.15	0.61	120.52
29	0.78	25.79	0.87	166.98
30	0.36	28.92	0.41	76.5

31	0.57	31.57	0.67	120.0
32	0.57	34.92	0.69	116.5
33	0.57	38.41	0.73	110.96
34	0.57	42.07	0.77	104.65
35	0.57	45.97	0.82	97.46
36	0.57	50.16	0.89	87.85
37	0.57	54.77	0.99	75.49
38	0.57	59.99	1.14	59.86
39	0.57	66.26	1.41	41.36
40	0.57	75.23	2.23	17.61

**Sforzi sui conci**

Nr.	Xi (kN)	Ei (kN)	Xi-1 (kN)	Ei-1 (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)	Ui (kN)
1	-6.44	87.81	0.0	0.0	-76.93	24.6	4.99
2	-12.56	171.25	-6.44	87.81	-59.28	18.18	12.35
3	-18.59	253.49	-12.56	171.25	-44.56	15.24	17.91
4	-23.51	320.54	-18.59	253.49	-19.7	4.48	22.46
5	-28.44	387.74	-23.51	320.54	-7.25	4.08	26.3
6	-33.27	453.67	-28.44	387.74	5.7	3.79	29.58
7	-37.94	517.34	-33.27	453.67	18.61	3.57	32.46
8	-42.4	578.08	-37.94	517.34	31.14	3.4	35.0
9	-46.6	635.35	-42.4	578.08	43.06	3.26	37.23
10	-50.52	688.74	-46.6	635.35	54.24	3.14	39.2
11	-54.13	737.96	-50.52	688.74	64.54	3.05	40.93
12	-57.41	782.72	-54.13	737.96	73.93	2.97	42.43
13	-60.35	822.84	-57.41	782.72	82.3	2.91	43.7
14	-62.94	858.14	-60.35	822.84	89.64	2.86	44.82
15	-65.17	888.48	-62.94	858.14	95.91	2.81	45.75
16	-67.02	913.74	-65.17	888.48	101.08	2.78	46.51
17	-68.49	933.83	-67.02	913.74	105.14	2.75	47.11
18	-69.58	948.67	-68.49	933.83	108.05	2.74	47.54
19	-70.28	958.23	-69.58	948.67	109.82	2.72	47.82
20	-70.59	962.42	-70.28	958.23	110.44	2.72	47.94
21	-70.5	961.25	-70.59	962.42	109.91	2.72	47.87
22	-70.03	954.74	-70.5	961.25	107.65	2.73	47.68
23	-69.62	949.24	-70.03	954.74	64.38	1.67	28.84
24	-67.83	924.84	-69.62	949.24	145.52	3.84	67.46
25	-66.03	900.25	-67.83	924.84	103.59	2.79	50.22
26	-63.7	868.56	-66.03	900.25	100.94	2.83	51.51
27	-60.83	829.31	-63.7	868.56	96.65	2.88	52.63
28	-57.36	782.01	-60.83	829.31	90.59	2.94	45.22
29	-51.48	701.84	-57.36	782.01	110.18	4.13	48.43
30	-48.52	661.49	-51.48	701.84	44.86	1.96	20.34
31	-43.14	588.21	-48.52	661.49	59.29	3.19	29.5
32	-37.17	506.77	-43.14	588.21	44.02	3.32	27.0
33	-30.66	418.08	-37.17	506.77	26.76	3.47	24.33
34	-23.63	322.2	-30.66	418.08	8.21	3.66	21.31
35	-16.08	219.2	-23.63	322.2	-11.56	3.91	17.94
36	-8.14	111.03	-16.08	219.2	-31.86	4.24	14.11
37	-1.4	19.15	-8.14	111.03	-35.39	14.17	9.65
38	4.56	-62.11	-1.4	19.15	-43.41	16.34	4.7
39	8.39	-114.42	4.56	-62.11	-32.78	20.3	0.0
40	0.0	0.06	8.39	-114.42	117.33	38.1	0.0

SEZ. ARG-CA-2 - fine lavori	sismiche drenate (a lungo termine) + carico accidentale	2.10
-----------------------------	---	------

### Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

Lat./Long.	43.608108/11.502015
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	40.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.2
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	3.4 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	128.73 m
Ascissa vertice destro superiore xs	10.44 m
Ordinata vertice destro superiore ys	134.42 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

### Coefficienti sismici [N.T.C.]

#### Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100.0 [anni]
Vita di riferimento:	150.0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90.0	0.64	2.63	0.28
S.L.D.	151.0	0.76	2.62	0.29
S.L.V.	1424.0	1.76	2.41	0.31
S.L.C.	2475.0	2.08	2.42	0.32

### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Classe III
--------	------------

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.96	1.0	0.0979	0.0489
S.L.D.	1.14	0.47	0.0546	0.0273
S.L.V.	2.5352	0.38	0.0982	0.0491
S.L.C.	2.8954	1.0	0.2953	0.1476

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.098  
 Coefficiente azione sismica verticale 0.049

**Vertici profilo**

Nr	X (m)	y (m)
1	-5.97	125.96
2	8.18	125.93
3	12.03	128.5
4	16.03	128.5
5	19.92	125.9
6	34.03	125.96

**Falda**

Nr.	X (m)	y (m)
1	-5.97	124.0
2	34.03	124.0

**Vertici strato .....1**

N	X (m)	y (m)
1	-5.97	125.96
2	7.27	125.95
3	7.25	124.92
4	20.42	124.92
5	20.42	125.9
6	34.03	125.96

**Vertici strato .....2**

N	X (m)	y (m)
1	-5.97	121.96
2	34.03	121.96

**Coefficienti parziali azioni**

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0  
 Favorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo di resistenza al taglio 1.25  
 Coesione efficace 1.25  
 Coesione non drenata 1.4  
 Riduzione parametri geotecnici terreno No

**Stratigrafia**

Strato	Coesione (kN/m <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kN/m <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (kN/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	13.72	39.22	28	19	21	Rilevato PRGT	
2	9.8	33	28	20	22	Depositi alluvionali	

						fini	
3	9.8	0	31	21	23	Alluvioni grossolane	

**Carichi distribuiti**

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m <sup>2</sup> )
1	12.6	128.5	15.6	128.5	5

**Risultati analisi pendio**

Fs minimo individuato	2.1
Ascissa centro superficie	9.38 m
Ordinata centro superficie	131.29 m
Raggio superficie	5.57 m

$$x_c = 9.38 \quad y_c = 131.289 \quad R_c = 5.572 \quad F_s = 2.102$$

$$\text{Lambda} = 0.442$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)
1	0.16	-15.23	0.17	0.07
2	0.18	-13.43	0.19	0.23
3	0.13	-11.74	0.14	0.37
4	0.16	-10.21	0.16	0.82
5	0.16	-8.55	0.16	1.22
6	0.16	-6.89	0.16	1.61
7	0.16	-5.24	0.16	1.98
8	0.16	-3.66	0.16	2.34
9	0.16	-1.96	0.16	2.69
10	0.16	-0.32	0.16	3.02
11	0.16	1.33	0.16	3.33
12	0.16	2.9	0.16	3.64
13	0.16	4.61	0.16	3.93
14	0.16	6.25	0.16	4.2
15	0.16	7.85	0.16	4.46
16	0.16	9.57	0.16	4.71
17	0.16	11.17	0.16	4.94
18	0.16	12.91	0.16	5.16
19	0.16	14.53	0.16	5.37
20	0.16	16.3	0.17	5.55
21	0.16	17.95	0.17	5.73
22	0.16	19.68	0.17	5.88
23	0.16	21.5	0.17	6.02
24	0.16	23.21	0.17	6.15
25	0.16	25.01	0.18	6.25
26	0.21	27.17	0.24	8.44
27	0.11	28.99	0.12	4.24
28	0.16	30.57	0.18	6.08
29	0.16	32.49	0.19	5.78
30	0.16	34.46	0.19	5.53
31	0.16	36.47	0.2	5.92
32	0.16	38.54	0.2	5.55
33	0.16	40.66	0.21	5.15

34	0.16	42.86	0.22	4.72
35	0.16	45.1	0.23	4.25
36	0.16	47.51	0.24	3.75
37	0.16	50.0	0.25	3.2
38	0.16	52.62	0.26	2.6
39	0.16	55.38	0.28	1.94
40	0.16	58.42	0.3	0.7

**Sforzi sui conci**

Nr.	Xi (kN)	Ei (kN)	Xi-1 (kN)	Ei-1 (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)	Ui (kN)
1	0.58	1.31	0.0	0.0	-0.84	0.72	0.0
2	1.17	2.65	0.58	1.31	-0.64	0.89	0.0
3	1.76	3.99	1.17	2.65	-0.46	0.65	0.0
4	2.41	5.45	1.76	3.99	-0.03	0.87	0.0
5	3.08	6.97	2.41	5.45	0.4	0.96	0.0
6	3.77	8.53	3.08	6.97	0.83	1.05	0.0
7	4.45	10.08	3.77	8.53	1.27	1.14	0.0
8	5.13	11.6	4.45	10.08	1.7	1.23	0.0
9	5.77	13.07	5.13	11.6	2.13	1.32	0.0
10	6.39	14.46	5.77	13.07	2.54	1.4	0.0
11	6.96	15.75	6.39	14.46	2.95	1.49	0.0
12	7.49	16.94	6.96	15.75	3.33	1.57	0.0
13	7.95	18.0	7.49	16.94	3.69	1.65	0.0
14	8.36	18.92	7.95	18.0	4.03	1.72	0.0
15	8.7	19.7	8.36	18.92	4.35	1.79	0.0
16	8.97	20.31	8.7	19.7	4.63	1.85	0.0
17	9.17	20.76	8.97	20.31	4.89	1.91	0.0
18	9.29	21.02	9.17	20.76	5.11	1.97	0.0
19	9.33	21.11	9.29	21.02	5.3	2.01	0.0
20	9.28	21.01	9.33	21.11	5.45	2.05	0.0
21	9.16	20.72	9.28	21.01	5.57	2.09	0.0
22	8.94	20.24	9.16	20.72	5.66	2.11	0.0
23	8.64	19.56	8.94	20.24	5.69	2.13	0.0
24	8.26	18.68	8.64	19.56	5.7	2.14	0.0
25	7.78	17.61	8.26	18.68	5.66	2.15	0.0
26	6.89	15.6	7.78	17.61	7.37	2.85	0.0
27	6.59	14.92	6.89	15.6	3.62	1.43	0.0
28	5.94	13.43	6.59	14.92	5.0	2.06	0.0
29	5.26	11.91	5.94	13.43	4.56	1.99	0.0
30	4.58	10.36	5.26	11.91	4.16	1.93	0.0
31	3.75	8.48	4.58	10.36	4.2	1.96	0.0
32	2.93	6.64	3.75	8.48	3.7	1.89	0.0
33	2.15	4.88	2.93	6.64	3.21	1.82	0.0
34	1.43	3.23	2.15	4.88	2.73	1.76	0.0
35	0.77	1.75	1.43	3.23	2.27	1.71	0.0
36	0.22	0.51	0.77	1.75	1.84	1.67	0.0
37	-0.19	-0.44	0.22	0.51	1.46	1.66	0.0
38	-0.44	-0.99	-0.19	-0.44	1.16	1.67	0.0
39	-0.46	-1.03	-0.44	-0.99	0.97	1.73	0.0
40	0.0	0.0	-0.46	-1.03	0.96	1.86	0.0



## **2 – VERIFICHE DI STABILITA' ARGINE DX VOLPAIE SEZIONE VO\_030**



**Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)**

Lat./Long.	43.608108/11.502015
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	40.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

**Maglia dei Centri**

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	23.17 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	128.96 m
Ascissa vertice destro superiore xs	26.62 m
Ordinata vertice destro superiore ys	132.05 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

**Coefficienti sismici [N.T.C.]****Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100.0 [anni]
Vita di riferimento:	150.0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90.0	0.64	2.63	0.28
S.L.D.	151.0	0.76	2.62	0.29
S.L.V.	1424.0	1.76	2.41	0.31
S.L.C.	2475.0	2.08	2.42	0.32

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera:	Classe III
--------	------------

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.96	1.0	0.0979	0.0489
S.L.D.	1.14	0.47	0.0546	0.0273
S.L.V.	2.5352	0.38	0.0982	0.0491
S.L.C.	2.8954	1.0	0.2953	0.1476

**Vertici profilo**

Nr	X	y
----	---	---

	(m)	(m)
1	1.72	126.82
2	14.47	126.95
3	15.63	127.73
4	18.63	127.73
5	21.62	125.73
6	22.62	125.73
7	27.04	128.7
8	31.04	128.7
9	32.32	127.85
10	34.8	127.9
11	37.61	126.87
12	44.36	126.67
13	46.72	126.67

**Falda**

Nr.	X (m)	y (m)
1	1.72	124.92
2	46.72	124.92

**Vertici strato .....1**

N	X (m)	y (m)
1	1.72	126.82
2	14.47	126.95
3	14.47	126.25
4	20.84	126.25
5	21.62	125.73
6	22.62	125.73
7	24.58	127.05
8	32.32	127.05
9	32.32	127.85
10	34.8	127.9
11	37.61	126.87
12	44.36	126.67
13	46.72	126.67

**Vertici strato .....2**

N	X (m)	y (m)
1	1.72	122.6
2	7.02	122.6
3	44.36	122.6
4	46.72	122.6

**Coefficienti parziali azioni**

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.3
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

**Stratigrafia**

Strato	Coesione	Coesione non	Angolo	Peso unità di	Peso saturo	Litologia
--------	----------	--------------	--------	---------------	-------------	-----------

	(kN/m <sup>2</sup> )	drenata (kN/m <sup>2</sup> )	resistenza al taglio (°)	volume (kN/m <sup>3</sup> )	(kN/m <sup>3</sup> )		
1	13.72	39.22	28	19	21	Rilevato PRGT	
2	9.8	33	28	20	22	Depositi	
3	9.8	0	31	21	23	Alluvioni	

**Carichi distribuiti**

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m <sup>2</sup> )
1	27.55	128.7	30.55	128.7	5

**Risultati analisi pendio [NTC 2018]**

Fs minimo individuato	1.78
Ascissa centro superficie	23.86 m
Ordinata centro superficie	130.81 m
Raggio superficie	5.24 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Ei, Ei-1: Forze agenti normalmente alle facce del concio; Xi, Xi-1: Forze di tipo tagliante applicate sulle facce laterali.

**xc = 23.858 yc = 130.813 Rc = 5.241 Fs=1.778**

Lambda = 0.336

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)
1	0.15	-13.32	0.16	0.14
2	0.15	-11.54	0.15	0.55
3	0.15	-9.89	0.15	0.94
4	0.15	-8.18	0.15	1.33
5	0.15	-6.48	0.15	1.7
6	0.15	-4.86	0.15	2.05
7	0.15	-3.17	0.15	2.39
8	0.15	-1.48	0.15	2.72
9	0.15	0.14	0.15	3.04
10	0.15	1.76	0.15	3.34
11	0.15	3.52	0.15	3.62
12	0.15	5.14	0.15	3.9
13	0.15	6.77	0.15	4.16
14	0.15	8.47	0.15	4.4
15	0.15	10.18	0.15	4.62
16	0.15	11.83	0.16	4.82
17	0.15	13.56	0.16	5.01
18	0.15	15.3	0.16	5.19
19	0.15	16.98	0.16	5.35
20	0.15	18.76	0.16	5.49
21	0.15	20.48	0.16	5.62
22	0.15	22.28	0.16	5.74
23	0.15	24.05	0.17	5.83
24	0.15	25.97	0.17	5.91
25	0.15	27.74	0.17	5.97
26	0.15	29.71	0.17	6.01
27	0.15	31.61	0.18	6.03
28	0.15	33.54	0.18	6.03

29	0.21	36.02	0.26	8.43
30	0.09	38.06	0.11	3.49
31	0.15	39.82	0.2	5.56
32	0.15	41.99	0.2	5.16
33	0.15	44.28	0.21	5.0
34	0.15	46.62	0.22	5.28
35	0.15	49.12	0.23	4.79
36	0.15	51.7	0.24	4.26
37	0.15	54.48	0.26	3.68
38	0.15	57.47	0.28	3.03
39	0.15	60.68	0.31	2.3
40	0.15	64.33	0.35	0.81

**Sforzi sui conci**

Nr.	Xi (kN)	Ei (kN)	Xi-1 (kN)	Ei-1 (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)	Ui (kN)
1	0.3	0.89	0.0	0.0	-0.36	0.55	0.0
2	0.66	1.95	0.3	0.89	-0.03	0.62	0.0
3	1.06	3.15	0.66	1.95	0.33	0.69	0.0
4	1.5	4.45	1.06	3.15	0.7	0.77	0.0
5	1.96	5.81	1.5	4.45	1.08	0.85	0.0
6	2.43	7.21	1.96	5.81	1.45	0.93	0.0
7	2.9	8.62	2.43	7.21	1.84	1.01	0.0
8	3.37	10.02	2.9	8.62	2.22	1.09	0.0
9	3.83	11.37	3.37	10.02	2.58	1.17	0.0
10	4.27	12.68	3.83	11.37	2.94	1.25	0.0
11	4.68	13.9	4.27	12.68	3.28	1.32	0.0
12	5.06	15.04	4.68	13.9	3.6	1.39	0.0
13	5.41	16.08	5.06	15.04	3.91	1.46	0.0
14	5.72	16.99	5.41	16.08	4.18	1.52	0.0
15	5.98	17.77	5.72	16.99	4.43	1.58	0.0
16	6.2	18.42	5.98	17.77	4.64	1.63	0.0
17	6.36	18.92	6.2	18.42	4.83	1.68	0.0
18	6.48	19.25	6.36	18.92	4.98	1.71	0.0
19	6.54	19.43	6.48	19.25	5.11	1.75	0.0
20	6.54	19.44	6.54	19.43	5.2	1.77	0.0
21	6.49	19.27	6.54	19.44	5.26	1.79	0.0
22	6.37	18.93	6.49	19.27	5.29	1.81	0.0
23	6.2	18.42	6.37	18.93	5.28	1.81	0.0
24	5.96	17.71	6.2	18.42	5.22	1.81	0.0
25	5.67	16.84	5.96	17.71	5.14	1.81	0.0
26	5.31	15.78	5.67	16.84	5.01	1.79	0.0
27	4.9	14.55	5.31	15.78	4.85	1.77	0.0
28	4.42	13.15	4.9	14.55	4.65	1.74	0.0
29	3.57	10.62	4.42	13.15	6.02	2.37	0.0
30	3.33	9.89	3.57	10.62	2.49	1.0	0.0
31	2.75	8.16	3.33	9.89	3.61	1.58	0.0
32	2.17	6.46	2.75	8.16	3.13	1.5	0.0
33	1.69	5.01	2.17	6.46	2.92	1.82	0.0
34	1.1	3.27	1.69	5.01	2.76	1.84	0.0
35	0.56	1.67	1.1	3.27	2.28	1.8	0.0
36	0.1	0.29	0.56	1.67	1.84	1.78	0.0
37	-0.26	-0.78	0.1	0.29	1.47	1.79	0.0
38	-0.48	-1.42	-0.26	-0.78	1.21	1.85	0.0
39	-0.49	-1.45	-0.48	-1.42	1.11	1.98	0.0
40	0.0	0.01	-0.49	-1.45	1.45	2.28	0.0

**Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)**

Lat./Long.	43.608108/11.502015
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	40.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

**Maglia dei Centri**

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	22.77 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	128.8 m
Ascissa vertice destro superiore xs	26.22 m
Ordinata vertice destro superiore ys	131.89 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

**Coefficienti sismici [N.T.C.]****Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100.0 [anni]
Vita di riferimento:	150.0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90.0	0.64	2.63	0.28
S.L.D.	151.0	0.76	2.62	0.29
S.L.V.	1424.0	1.76	2.41	0.31
S.L.C.	2475.0	2.08	2.42	0.32

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera:	Classe III
--------	------------

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.96	1.0	0.0979	0.0489
S.L.D.	1.14	0.47	0.0546	0.0273
S.L.V.	2.5352	0.38	0.0982	0.0491
S.L.C.	2.8954	1.0	0.2953	0.1476

**Vertici profilo**

Nr	X	y
----	---	---

	(m)	(m)
1	1.72	126.82
2	14.47	126.95
3	15.63	127.73
4	18.63	127.73
5	21.62	125.73
6	22.62	125.73
7	27.04	128.7
8	31.04	128.7
9	32.32	127.85
10	34.8	127.9
11	37.61	126.87
12	44.36	126.67
13	46.72	126.67

**Falda**

Nr.	X (m)	y (m)
1	1.72	127.8
2	25.6	127.8
3	26.57	126.49
4	27.86	125.48
5	29.93	124.92
6	46.72	124.92

**Vertici strato .....1**

N	X (m)	y (m)
1	1.72	126.82
2	14.47	126.95
3	14.47	126.25
4	20.84	126.25
5	21.62	125.73
6	22.62	125.73
7	24.58	127.05
8	32.32	127.05
9	32.32	127.85
10	34.8	127.9
11	37.61	126.87
12	44.36	126.67
13	46.72	126.67

**Vertici strato .....2**

N	X (m)	y (m)
1	1.72	122.6
2	7.02	122.6
3	44.36	122.6
4	46.72	122.6

**Coefficienti parziali azioni**

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.3
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coazione efficace	1.25
Coazione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

**Stratigrafia**

Strato	Coesione (kN/m <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kN/m <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (kN/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	13.72	39.22	28	19	21	Rilevato PRGT	
2	9.8	33	28	20	22	Depositi	
3	9.8	0	31	21	23	Alluvioni	

**Carichi distribuiti**

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m <sup>2</sup> )
1	27.55	128.7	30.55	128.7	5

**Risultati analisi pendio [NTC 2018]**

Fs minimo individuato	1.61
Ascissa centro superficie	24.49 m
Ordinata centro superficie	129.42 m
Raggio superficie	4.61 m

$$x_c = 24.493 \quad y_c = 129.42 \quad R_c = 4.611 \quad F_s = 1.614$$

$$\text{Lambda} = 0.211$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)
1	0.18	-35.48	0.22	0.15
2	0.18	-32.72	0.22	0.43
3	0.18	-30.02	0.21	0.67
4	0.18	-27.44	0.21	0.9
5	0.18	-24.92	0.2	1.1
6	0.18	-22.39	0.2	1.45
7	0.18	-19.97	0.19	1.89
8	0.18	-17.59	0.19	2.3
9	0.18	-15.24	0.19	2.69
10	0.18	-12.84	0.19	3.07
11	0.18	-10.54	0.19	3.43
12	0.18	-8.25	0.18	3.77
13	0.18	-5.98	0.18	4.09
14	0.18	-3.65	0.18	4.4
15	0.18	-1.39	0.18	4.69
16	0.18	0.93	0.18	4.97
17	0.18	3.12	0.18	5.21
18	0.18	5.45	0.18	5.43
19	0.18	7.72	0.18	5.63
20	0.18	10.07	0.19	5.82
21	0.18	12.37	0.19	5.99
22	0.18	14.69	0.19	11.17
23	0.18	17.03	0.19	11.3
24	0.18	19.47	0.19	11.39
25	0.18	21.89	0.2	11.45
26	0.18	24.34	0.2	11.47
27	0.18	26.85	0.21	11.45
28	0.18	29.47	0.21	11.43
29	0.19	32.19	0.23	12.03
30	0.17	34.95	0.21	10.41

31	0.18	37.62	0.23	10.48
32	0.18	40.59	0.24	10.1
33	0.18	43.7	0.25	10.46
34	0.18	46.87	0.27	9.79
35	0.18	50.35	0.29	9.03
36	0.18	54.05	0.31	8.17
37	0.18	58.14	0.35	7.17
38	0.18	62.8	0.4	6.04
39	0.18	68.36	0.5	4.65
40	0.18	76.23	0.77	2.07

**Sforzi sui conci**

Nr.	Xi (kN)	Ei (kN)	Xi-1 (kN)	Ei-1 (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)	Ui (kN)
1	0.46	2.17	0.0	0.0	-1.51	0.63	0.0
2	0.94	4.47	0.46	2.17	-1.29	0.65	0.0
3	1.44	6.83	0.94	4.47	-1.03	0.69	0.0
4	1.94	9.22	1.44	6.83	-0.75	0.73	0.0
5	2.45	11.59	1.94	9.22	-0.46	0.78	0.0
6	2.97	14.07	2.45	11.59	-0.08	0.85	0.0
7	3.52	16.68	2.97	14.07	0.36	0.95	0.0
8	4.09	19.37	3.52	16.68	0.84	1.05	0.0
9	4.66	22.09	4.09	19.37	1.33	1.16	0.0
10	5.23	24.78	4.66	22.09	1.84	1.27	0.0
11	5.79	27.44	5.23	24.78	2.33	1.38	0.0
12	6.33	30.01	5.79	27.44	2.82	1.49	0.0
13	6.85	32.48	6.33	30.01	3.3	1.6	0.0
14	7.34	34.81	6.85	32.48	3.75	1.71	0.0
15	7.8	36.99	7.34	34.81	4.18	1.81	0.0
16	8.23	38.99	7.8	36.99	4.58	1.9	0.0
17	8.61	40.82	8.23	38.99	4.91	1.99	0.0
18	8.95	42.43	8.61	40.82	5.22	2.06	0.0
19	9.25	43.82	8.95	42.43	5.48	2.13	0.0
20	9.49	44.98	9.25	43.82	5.69	2.18	0.0
21	9.69	45.91	9.49	44.98	5.86	2.23	0.0
22	9.56	45.29	9.69	45.91	5.66	2.19	4.95
23	9.36	44.35	9.56	45.29	6.1	2.31	4.41
24	9.08	43.06	9.36	44.35	6.47	2.41	3.86
25	8.74	41.44	9.08	43.06	6.79	2.5	3.29
26	8.33	39.49	8.74	41.44	7.05	2.58	2.71
27	7.85	37.21	8.33	39.49	7.25	2.64	2.12
28	7.29	34.57	7.85	37.21	7.21	2.65	1.68
29	6.61	31.35	7.29	34.57	7.52	2.81	1.29
30	5.97	28.31	6.61	31.35	6.46	2.48	0.7
31	5.26	24.94	5.97	28.31	6.47	2.57	0.26
32	4.5	21.32	5.26	24.94	5.89	2.48	0.0
33	3.59	17.01	4.5	21.32	5.25	2.37	0.0
34	2.65	12.56	3.59	17.01	4.08	2.16	0.0
35	1.7	8.04	2.65	12.56	2.89	1.96	0.0
36	0.76	3.61	1.7	8.04	1.76	1.8	0.0
37	-0.11	-0.53	0.76	3.61	0.74	1.71	0.0
38	-0.68	-3.21	-0.11	-0.53	0.64	2.63	0.0
39	-0.91	-4.31	-0.68	-3.21	0.78	3.26	0.0
40	0.0	0.01	-0.91	-4.31	4.47	5.83	0.0



SEZ. ARG-VO-030 - rapido svaso	statiche non drenate (a breve termine) + carico accidentale	1.93
--------------------------------	---	------

### Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

Lat./Long.	43.608108/11.502015
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	40.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	22.77 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	128.8 m
Ascissa vertice destro superiore xs	26.22 m
Ordinata vertice destro superiore ys	131.89 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

### Coefficienti sismici [N.T.C.]

#### Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100.0 [anni]
Vita di riferimento:	150.0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90.0	0.64	2.63	0.28
S.L.D.	151.0	0.76	2.62	0.29
S.L.V.	1424.0	1.76	2.41	0.31
S.L.C.	2475.0	2.08	2.42	0.32

### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Classe III
--------	------------

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.96	1.0	0.0979	0.0489
S.L.D.	1.14	0.47	0.0546	0.0273
S.L.V.	2.5352	0.38	0.0982	0.0491
S.L.C.	2.8954	1.0	0.2953	0.1476

### Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)

1	1.72	126.82
2	14.47	126.95
3	15.63	127.73
4	18.63	127.73
5	21.62	125.73
6	22.62	125.73
7	27.04	128.7
8	31.04	128.7
9	32.32	127.85
10	34.8	127.9
11	37.61	126.87
12	44.36	126.67
13	46.72	126.67

**Falda**

Nr.	X (m)	y (m)
1	1.72	126.82
2	14.46	126.94
3	15.63	127.73
4	18.63	127.73
5	21.62	125.73
6	22.61	125.73
7	25.59	127.73
8	26.56	126.48
9	27.86	125.48
10	29.93	124.92
11	46.72	124.92

**Vertici strato .....1**

N	X (m)	y (m)
1	1.72	126.82
2	14.47	126.95
3	14.47	126.25
4	20.84	126.25
5	21.62	125.73
6	22.62	125.73
7	24.58	127.05
8	32.32	127.05
9	32.32	127.85
10	34.8	127.9
11	37.61	126.87
12	44.36	126.67
13	46.72	126.67

**Vertici strato .....2**

N	X (m)	y (m)
1	1.72	122.6
2	7.02	122.6
3	44.36	122.6
4	46.72	122.6

**Coefficienti parziali azioni**


---



---

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.3
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

---



---

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coazione efficace	1.25
Coazione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

**Stratigrafia**

Strato	Coazione (kN/m <sup>2</sup> )	Coazione non drenata (kN/m <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (kN/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	13.72	39.22	28	19	21	Rilevato PRGT	
2	9.8	33	28	20	22	Depositi	
3	9.8	0	31	21	23	Alluvioni	

**Carichi distribuiti**

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m <sup>2</sup> )
1	27.89	128.7	30.89	128.7	5

**Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]**

Fs minimo individuato	1.93
Ascissa centro superficie	25.01 m
Ordinata centro superficie	131.12 m
Raggio superficie	6.36 m

$$x_c = 25.01 \quad y_c = 131.117 \quad R_c = 6.36 \quad F_s = 1.927$$

$$\text{Lambda} = 0.087$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)
1	0.23	-30.92	0.27	0.36
2	0.23	-28.52	0.26	1.04
3	0.23	-26.13	0.26	1.64
4	0.23	-23.83	0.25	2.19
5	0.23	-21.59	0.25	2.89
6	0.23	-19.36	0.25	4.12
7	0.23	-17.16	0.24	5.3
8	0.23	-14.95	0.24	6.43
9	0.23	-12.84	0.24	7.52
10	0.23	-10.7	0.24	8.55
11	0.23	-8.58	0.23	9.54
12	0.23	-6.47	0.23	10.49
13	0.23	-4.41	0.23	11.39
14	0.23	-2.28	0.23	12.22
15	0.23	-0.19	0.23	13.0
16	0.23	1.86	0.23	13.74
17	0.23	3.99	0.23	14.43
18	0.23	6.05	0.23	15.08
19	0.23	8.16	0.23	15.69
20	0.23	10.28	0.24	16.25
21	0.23	12.41	0.24	16.77
22	0.23	14.6	0.24	17.24
23	0.32	17.14	0.34	24.6
24	0.14	19.31	0.15	10.97
25	0.23	21.14	0.25	17.53
26	0.23	23.41	0.25	17.04

27	0.23	25.67	0.26	16.51
28	0.23	28.04	0.26	17.36
29	0.23	30.4	0.27	16.75
30	0.23	32.89	0.28	16.03
31	0.23	35.38	0.28	15.23
32	0.23	37.99	0.29	14.35
33	0.23	40.69	0.31	13.38
34	0.23	43.51	0.32	12.32
35	0.23	46.46	0.34	11.14
36	0.23	49.59	0.36	9.83
37	0.23	52.93	0.38	8.41
38	0.23	56.56	0.42	6.82
39	0.23	60.56	0.47	4.98
40	0.23	65.19	0.55	2.78

**Sforzi sui conci**

Nr.	Xi (kN)	Ei (kN)	Xi-1 (kN)	Ei-1 (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)	Ui (kN)
1	0.34	3.92	0.0	0.0	-2.0	3.0	0.15
2	0.7	8.02	0.34	3.92	-1.36	2.93	0.45
3	1.07	12.2	0.7	8.02	-0.69	2.87	0.72
4	1.44	16.41	1.07	12.2	-0.03	2.82	0.97
5	1.81	20.68	1.44	16.41	0.77	2.77	1.3
6	2.2	25.16	1.81	20.68	2.03	2.73	1.85
7	2.6	29.74	2.2	25.16	3.33	2.7	2.37
8	3.0	34.33	2.6	29.74	4.64	2.67	2.88
9	3.4	38.84	3.0	34.33	5.94	2.64	3.36
10	3.78	43.19	3.4	38.84	7.22	2.62	3.82
11	4.14	47.32	3.78	43.19	8.46	2.6	4.26
12	4.47	51.16	4.14	47.32	9.66	2.59	4.68
13	4.78	54.65	4.47	51.16	10.78	2.58	5.08
14	5.05	57.73	4.78	54.65	11.82	2.58	5.47
15	5.28	60.35	5.05	57.73	12.77	2.58	5.83
16	5.46	62.47	5.28	60.35	13.62	2.58	6.17
17	5.6	64.05	5.46	62.47	14.37	2.58	6.5
18	5.69	65.04	5.6	64.05	15.01	2.59	6.41
19	5.72	65.42	5.69	65.04	15.55	2.6	5.66
20	5.7	65.14	5.72	65.42	15.96	2.62	4.9
21	5.61	64.17	5.7	65.14	16.25	2.64	4.12
22	5.46	62.47	5.61	64.17	16.4	2.66	3.36
23	5.06	57.83	5.46	62.47	22.52	3.74	3.75
24	4.98	56.9	5.06	57.83	10.13	1.68	1.31
25	4.65	53.21	4.98	56.9	15.32	2.76	1.65
26	4.29	49.05	4.65	53.21	14.32	2.81	1.03
27	3.89	44.48	4.29	49.05	13.26	2.86	0.38
28	3.39	38.8	3.89	44.48	13.09	2.92	0.0
29	2.86	32.74	3.39	38.8	11.84	2.99	0.0
30	2.31	26.39	2.86	32.74	10.47	3.07	0.0
31	1.74	19.86	2.31	26.39	9.1	3.16	0.0
32	1.16	13.25	1.74	19.86	7.7	3.27	0.0
33	0.59	6.71	1.16	13.25	6.32	3.4	0.0
34	0.04	0.44	0.59	6.71	5.01	3.55	0.0
35	-0.47	-5.32	0.04	0.44	3.84	3.74	0.0
36	-0.89	-10.23	-0.47	-5.32	2.91	3.97	0.0
37	-1.11	-12.66	-0.89	-10.23	3.26	5.08	0.0
38	-1.13	-12.88	-1.11	-12.66	3.59	5.55	0.0
39	-0.84	-9.55	-1.13	-12.88	5.2	6.23	0.0
40	0.0	0.02	-0.84	-9.55	9.5	7.3	0.0

**Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)**

Lat./Long.	43.608108/11.502015
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	40.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.2
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

**Maglia dei Centri**

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	21.43 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	128.45 m
Ascissa vertice destro superiore xs	24.87 m
Ordinata vertice destro superiore ys	131.53 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

**Coefficienti sismici [N.T.C.]****Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100.0 [anni]
Vita di riferimento:	150.0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90.0	0.64	2.63	0.28
S.L.D.	151.0	0.76	2.62	0.29
S.L.V.	1424.0	1.76	2.41	0.31
S.L.C.	2475.0	2.08	2.42	0.32

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera:	Classe III
--------	------------

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.96	1.0	0.0979	0.0489
S.L.D.	1.14	0.47	0.0546	0.0273
S.L.V.	2.5352	0.38	0.0982	0.0491
S.L.C.	2.8954	1.0	0.2953	0.1476

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.098
Coefficiente azione sismica verticale	0.049

**Vertici profilo**

Nr	X (m)	y (m)
1	1.72	126.82
2	14.47	126.95
3	15.63	127.73
4	18.63	127.73
5	21.62	125.73
6	22.62	125.73
7	27.04	128.7
8	31.04	128.7
9	32.32	127.85
10	34.8	127.9
11	37.61	126.87
12	44.36	126.67
13	46.72	126.67

**Falda**

Nr.	X (m)	y (m)
1	1.72	124.92
2	46.72	124.92

**Vertici strato .....1**

N	X (m)	y (m)
1	1.72	126.82
2	14.47	126.95
3	14.47	126.25
4	20.84	126.25
5	21.62	125.73
6	22.62	125.73
7	24.58	127.05
8	32.32	127.05
9	32.32	127.85
10	34.8	127.9
11	37.61	126.87
12	44.36	126.67
13	46.72	126.67

**Vertici strato .....2**

N	X (m)	y (m)
1	1.72	122.6
2	7.02	122.6
3	44.36	122.6
4	46.72	122.6

**Coefficienti parziali azioni**

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coazione efficace	1.25
Coazione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

**Stratigrafia**

Strato	Coesione (kN/m <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kN/m <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (kN/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	13.72	39.22	28	19	21	Rilevato PRGT	
2	9.8	33	28	20	22	Depositi	
3	9.8	0	31	21	23	Alluvioni	

**Carichi distribuiti**

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m <sup>2</sup> )
1	27.55	128.7	30.55	128.7	5

**Risultati analisi pendio**

Fs minimo individuato	1.7
Ascissa centro superficie	24.01 m
Ordinata centro superficie	130.76 m
Raggio superficie	5.22 m

**xc = 24.012 yc = 130.763 Rc = 5.222 Fs=1.699**

Lambda = 0.481

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)
1	0.15	-14.59	0.16	0.22
2	0.15	-12.92	0.16	0.66
3	0.15	-11.08	0.16	1.09
4	0.15	-9.46	0.16	1.49
5	0.15	-7.64	0.16	1.89
6	0.15	-5.97	0.16	2.27
7	0.15	-4.3	0.16	2.63
8	0.15	-2.56	0.15	2.98
9	0.15	-0.83	0.15	3.32
10	0.15	0.83	0.15	3.64
11	0.15	2.49	0.15	3.95
12	0.15	4.23	0.16	4.24
13	0.15	5.97	0.16	4.52
14	0.15	7.64	0.16	4.77
15	0.15	9.39	0.16	5.0
16	0.15	11.08	0.16	5.22
17	0.15	12.85	0.16	5.42
18	0.15	14.56	0.16	5.61
19	0.15	16.35	0.16	5.78
20	0.15	18.09	0.16	5.94
21	0.15	19.92	0.16	6.08
22	0.15	21.77	0.17	6.2
23	0.15	23.57	0.17	6.31
24	0.15	25.41	0.17	6.4
25	0.15	27.33	0.17	6.46
26	0.15	29.29	0.18	6.51
27	0.15	31.23	0.18	6.54
28	0.15	33.26	0.19	6.54
29	0.09	34.85	0.11	3.95
30	0.22	37.01	0.27	8.75
31	0.15	39.56	0.2	5.82
32	0.15	41.83	0.21	5.51

33	0.15	44.13	0.22	5.73
34	0.15	46.57	0.23	5.27
35	0.15	49.08	0.24	4.77
36	0.15	51.77	0.25	4.22
37	0.15	54.58	0.27	3.61
38	0.15	57.65	0.29	2.93
39	0.15	61.01	0.32	2.16
40	0.15	64.75	0.36	0.78

**Sforzi sui conci**

Nr.	Xi (kN)	Ei (kN)	Xi-1 (kN)	Ei-1 (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)	Ui (kN)
1	0.63	1.32	0.0	0.0	-0.71	0.58	0.0
2	1.36	2.83	0.63	1.32	-0.35	0.67	0.0
3	2.15	4.46	1.36	2.83	0.05	0.77	0.0
4	2.98	6.18	2.15	4.46	0.47	0.88	0.0
5	3.82	7.94	2.98	6.18	0.92	0.99	0.0
6	4.67	9.7	3.82	7.94	1.36	1.1	0.0
7	5.51	11.44	4.67	9.7	1.81	1.22	0.0
8	6.32	13.12	5.51	11.44	2.25	1.33	0.0
9	7.09	14.72	6.32	13.12	2.69	1.45	0.0
10	7.81	16.21	7.09	14.72	3.11	1.56	0.0
11	8.47	17.6	7.81	16.21	3.51	1.66	0.0
12	9.07	18.84	8.47	17.6	3.9	1.76	0.0
13	9.6	19.93	9.07	18.84	4.26	1.86	0.0
14	10.04	20.86	9.6	19.93	4.57	1.94	0.0
15	10.41	21.62	10.04	20.86	4.86	2.02	0.0
16	10.69	22.2	10.41	21.62	5.11	2.09	0.0
17	10.87	22.59	10.69	22.2	5.33	2.15	0.0
18	10.97	22.79	10.87	22.59	5.52	2.21	0.0
19	10.97	22.79	10.97	22.79	5.66	2.25	0.0
20	10.88	22.59	10.97	22.79	5.77	2.29	0.0
21	10.68	22.19	10.88	22.59	5.84	2.31	0.0
22	10.39	21.58	10.68	22.19	5.87	2.33	0.0
23	10.0	20.78	10.39	21.58	5.85	2.34	0.0
24	9.52	19.77	10.0	20.78	5.8	2.34	0.0
25	8.94	18.57	9.52	19.77	5.7	2.32	0.0
26	8.27	17.17	8.94	18.57	5.55	2.3	0.0
27	7.51	15.59	8.27	17.17	5.36	2.27	0.0
28	6.66	13.83	7.51	15.59	5.13	2.23	0.0
29	6.26	13.0	6.66	13.83	3.03	1.34	0.0
30	4.79	9.94	6.26	13.0	6.15	2.9	0.0
31	3.85	8.0	4.79	9.94	3.82	1.96	0.0
32	2.92	6.06	3.85	8.0	3.35	1.87	0.0
33	1.85	3.84	2.92	6.06	3.15	1.86	0.0
34	1.02	2.13	1.85	3.84	2.74	2.23	0.0
35	0.29	0.6	1.02	2.13	2.25	2.18	0.0
36	-0.32	-0.66	0.29	0.6	1.8	2.15	0.0
37	-0.75	-1.56	-0.32	-0.66	1.43	2.17	0.0
38	-0.94	-1.96	-0.75	-1.56	1.17	2.25	0.0
39	-0.81	-1.68	-0.94	-1.96	1.09	2.43	0.0
40	0.0	-0.01	-0.81	-1.68	1.45	2.82	0.0