



PROTEZIONE CIVILE  
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile



IL VICE SEGRETARIO GENERALE  
Dott.ssa Pierina Martinelli

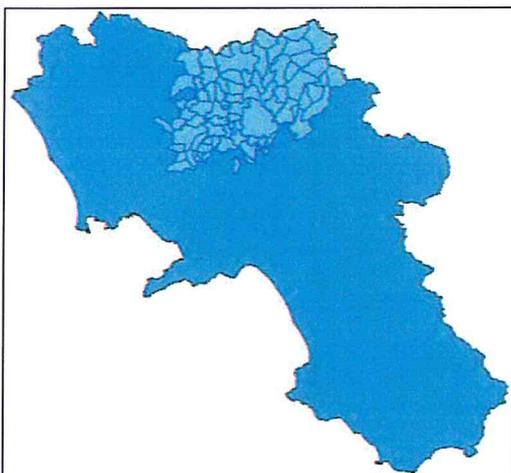
Il Segretario Generale  
Dr. Franco Nardone

## Commissario Delegato

O.c.d.p.c. n. 298 del 17.11.2015 e n. 303 del 03.12.2015

*Interventi urgenti di cui all'articolo 1, comma 3 lett.c)  
dell'ODPC n. 298/2015 finanziati ai sensi degli artt. 3 del  
ODPC 298/2015 e 303/2015*

### RIPRISTINO TOTALE FUNZIONALITA' DEL PONTE SUL FIUME UFITA IN LOCALITA' APICE SCALO CON RELATIVA DIFESA IDRAULICA (PROGETTO ESECUTIVO)



Soggetto Attuatore del Commissario  
Delegato  
PROVINCIA di BENEVENTO

**Codice intervento:**

00/U/107

#### Progetto di revisione



Ing. Gianfranco Gallina

Ing. Giuseppe D'Onofrio

Ing. Pierpaolo Mastrogiacomo

#### Responsabile Unico del Procedimento

Ing. Gennaro Fusco



#### Studio geologico

Dott. Geol. Claudio SACCO

**PROGETTO ESECUTIVO**

Art. 33 D.P.R. 5.10.2010 n. 207

**Titolo Elaborato:**

RELAZIONE TECNICA GENERALE SCHEMI GRAFICI E DI MODELLAZIONE  
DEFINIZIONE DELLA STRUTTURA, VERIFICHE STRUTTURALI, GEOTECNICA  
E SULLE FONDAZIONI GABBIONATA H=3,00M

COMUNE di  
APICE

Codice elaborato:  
STR8  
Scala:

# RELAZIONE TECNICA GENERALE SCHEMI GRAFICI E DI MODELLAZIONE DEFINIZIONE DELLA STRUTTURA, VERIFICHE STRUTTURALI, GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI GABBIONATA H=3,00m

## PREMESSA

Le opere da eseguirsi nel comune di Apice (BN) constano nella realizzazione del nuovo ponte sul fiume Ufita in sostituzione di quello esistente danneggiato a seguito della piena del Fiume Ufita conseguenza delle intense precipitazioni piovose abbattutesi sulla provincia di Benevento il 02.12.2013. Il nuovo ponte sarà realizzato in località Apice Scalo sulla strada provinciale n. 163 e delle opere di sostegno da realizzarsi a tergo della spalla B.

Il comune di Apice (BN), attualmente, risulta individuato nella zona sismica 1. I parametri sismici di riferimento in base alle NTC 2008 sono riportati nella relazione di calcolo delle opere.

I rilevamenti geologici effettuati nelle aree oggetto di studio, la lettura delle foto aeree, nonché la consultazione della letteratura geologica esistente, hanno permesso di riconoscere e cartografare formazioni, complessi e tipi litologici dei terreni affioranti.

L'area in esame risulta ubicata in località Apice Scalo a cavallo del confine tra i comuni di Apice e S. Arcangelo Trimonte e più precisamente nell'alveo del Fiume Ufita.

Nelle aree in esame affiorano estesamente Argille e Marne siltose, grigie e vari colori, con intercalazioni di calcari e calcari marnosi avana o verdastri, di calcareniti verdastre, con liste di selce bruna, di arenarie talora grossolane riferibili all'Oligocene-Miocene, in contatto con argille ed argille sabbiose grigio giallastre, sabbie ed arenarie giallastre puddinghe e argille sabbiose di età Pliocenica.

I parametri meccanici e geotecnici presi a base delle verifiche fanno riferimento alla media dei valori di laboratorio dei sondaggi effettuati.

**Il calcolo strutturale è stato redatto considerando:**

**Combinazioni SLU (SLC) con accelerazione al suolo  $ag$  5,031 [m/s<sup>2</sup>]**

**Combinazioni SLE (SLO) con accelerazione al suolo  $ag$  1,476 [m/s<sup>2</sup>]**

## DESCRIZIONE GEOMORFOLOGICA

Nel sito in oggetto si evince un complesso stratigrafico-strutturale costituito da uno strato più superficiale di terreno alterato e degradato, al di sotto di tale strato fa seguito uno strato di ciottolame arrotondato di vari natura etero metrico frammisto a sabbia limo e ghiaietto, ai quali fanno seguito sabbia grossolana giallo ocra, con interstrati limosi e ciottolosi, poggiati su uno strato di più compatto di argilla siltosa e marnosa grigio plumbeo con frammisto pezzame litico e sabbia limosa grigia di consistenza compatta.

Al fine di caratterizzare il sito dal punto di vista geotecnico e per acquisire una serie di parametri geologici e geotecnici per la realizzazione dell'intervento, oltre alla consultazione della bibliografia tecnico-scientifica esistente e al rilevamento geologico di superficie con particolare riguardo alle caratteristiche litostratigrafiche ed idrogeologiche, si è fatto riferimento alle prove di laboratorio eseguite su campioni di terreno prelevati in sito.

Per maggiori particolari sulle indagini eseguite sulla stratigrafia del luogo si rimanda alla relazione geologica allegata redatta dal dott. Geol. Claudio Sacco tecnico regolarmente iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Campania, al n° 290.

Oltre alle prove di laboratorio si è fatto riferimento alla prova Down-hole eseguita nel sondaggio S1 del febbraio 2015 nel quale è stato effettuato un foro da sonda della profondità di 36,00 m. Il metodo Down-hole, così come prescritto dalle NTC 14.01.2008 consente la caratterizzazione meccanica del suolo mediante la stima diretta della velocità di propagazione delle onde elastiche sia di compressione  $V_p$  che di taglio  $V_s$ . Dai risultati della prova Down-hole eseguita in sito, si è ricavato un valore della  $V_{s30}=405$  m/s che così come riportato nella tabella 3.2.11 delle NTC 10.01.2008, corrisponde ad una categoria di suolo di tipo B. Esistono, tuttavia, una molteplicità di situazioni geologiche che possono provocare fenomeni di amplificazione sismica locale (incrementi), per cui tale coefficiente deve essere rimodulato in funzione del valore degli incrementi accertati. Da tali considerazioni così come indicato nella relazione geologica, e dalle caratteristiche litologiche accertate, unitamente ai valori di NSPT e di  $C_u$  registrati, si è ritenuto, a vantaggio di sicurezza, di utilizzare nelle calcolazioni di propria competenza una categoria di **suolo di tipo C**.

## CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SUOLO

L'esame delle sezioni litostratigrafiche mette alla luce la generale costituzione del sottosuolo delle aree di intervento, ed in particolar modo la costituzione del sottosuolo di alcune delle aree che in superficie sono sede di fenomeni di dissesto.

Sulla base dei risultati derivanti dalla campagna di indagini geotecniche e dalle prove di laboratorio effettuate sui campioni

prelevati, si può ipotizzare una schematizzazione di sottosuolo, la cui parametrizzazione cautelativa risulta essere la seguente per l'intervento previsto.

L'opera da realizzarsi sarà di contenimento per la strada provinciale SP 163 di collegamento con il nuovo Ponte sul fiume Ufita.

Pertanto l'opera di contenimento costituita da una gabbionata in pietra avente un'altezza di 3,00m fuori terra ed una base di 4,00m per una profondità di 10,00m, avrà la fondazione del tipo diretto costituita da una fila di gabbioni di altezza pari ad 1,00m posti sul terreno costituito da argille coesive, mentre il paramento subirà la spinta del terreno incoerente.

Al fine di procedere ad una corretta calcolazione delle opere da realizzarsi si sono quindi scelti due tipi di terreno interessati dall'intervento proposto:

#### Terreno tipo 1: Terreno incoerente (H=1,00m)

Peso di volume  $\gamma = 1,800 \text{ t/m}^3$

Coesione drenata  $C' = 0,00 \text{ t/m}^2$

Angolo d'attrito  $\phi = 21^\circ$

#### Terreno tipo 2: Sabbia fine debolmente limosa (H=6,00m)

Peso di volume  $\gamma = 1,980 \text{ t/m}^3$

Coesione drenata  $C' = 0,41 \text{ t/m}^2$

Angolo d'attrito  $\phi = 30,0^\circ$

Dai dati acquisiti è stato possibile estrapolare i parametri geotecnici per la realizzazione delle opere di contenimento.

## INDAGINI GEOLOGICHE

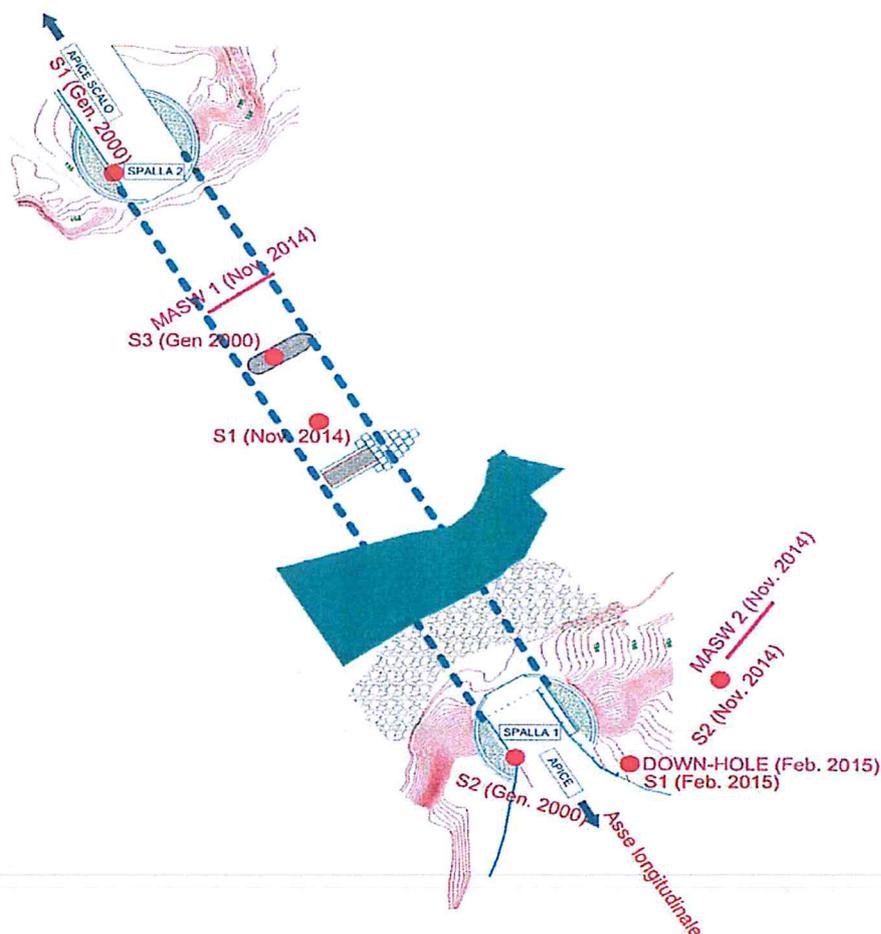


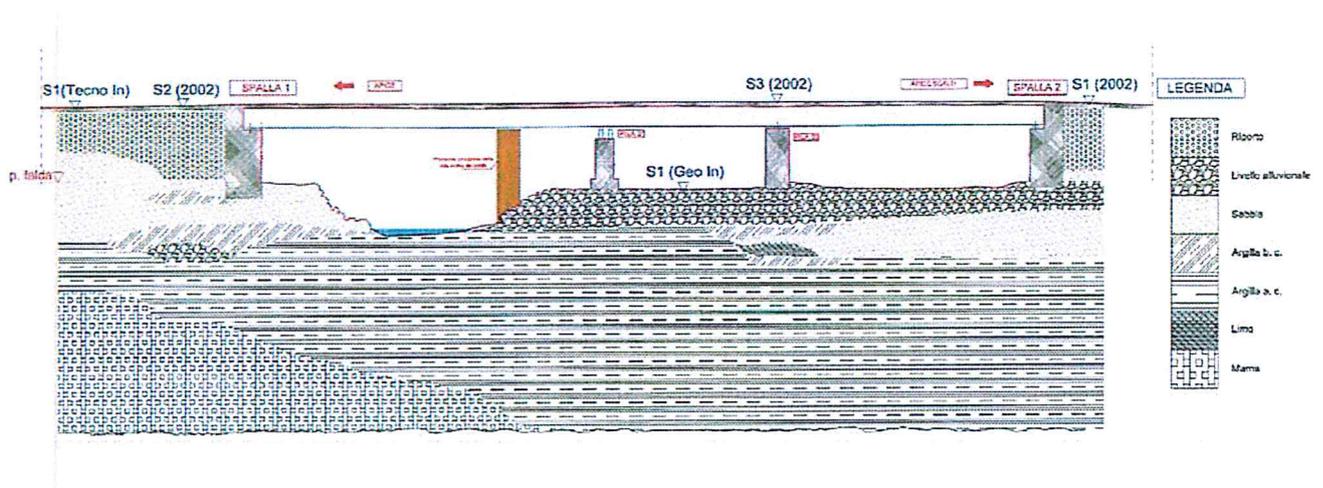
Immagine: planimetria della zona con indicate le posizioni delle verticali di indagine

Sono state eseguite tre campagne di indagini del sottosuolo in periodi differenti a partire dal Gennaio del 2000 e fino al Febbraio del 2015.

Di seguito si riportano le campagne di indagini effettuate con indicazione delle verticali indagate:

- 1) Prima Campagna indagini Gennaio 2000 per conto dell'Amministrazione Provinciale di Benevento eseguite dal Dott. Geol. Nicola Colangelo ed annessa al progetto dei "Lavori di ristrutturazione per il Ponte sul fiume Ufita" durante la quale furono eseguite le seguenti indagini:
  - I. N° 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, spinti fino alla profondità di 22,00m denominati sondaggi S1 in prossimità della spalla 2, S2 in prossimità della spalla 1 e del sondaggio S3 in prossimità della Pila 2;
  - II. N° 7 prove penetrometriche dinamiche SPT eseguite a diverse profondità.
- 2) Seconda Campagna indagini Novembre 2014 per conto dell'Amministrazione Provinciale di Benevento eseguite dall'Impresa GEO-IN S.r.l., con sede in Benevento ed annesse allo Studio Geologico Tecnico Preliminare durante la quale furono eseguite le seguenti indagini:
  - I. N° 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, di cui il primo S1 realizzato in prossimità della Pila 1 spinto fino alla profondità di 25,00m, e S2 posto in adiacenza alla Spalla 1 con una profondità di perforazione di 10,00m;
  - II. N° 1 prova penetrometrica dinamica SPT eseguita in foro del sondaggio S1;
  - III. N° 2 Prospezione sismiche superficiali tipo MSW.
- 3) Terza ed ultima Campagna indagini del Febbraio 2015 per conto dell'Amministrazione Provinciale di Benevento eseguite dall'Impresa Tecno IN S.p.A., con sede in Napoli, ed eseguite nell'ambito del progetto di ricerca Strit durante la quale furono eseguite le seguenti indagini:
  - I. N° 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo, denominato S1 realizzato in prossimità della Pila 1 spinto fino alla profondità di 36,00m;
  - II. N° 6 prove penetrometriche dinamiche SPT eseguita in foro del sondaggio S1;
  - III. N° 3 Prove di laboratorio su 3 campioni prelevati tra le profondità di 17,90m e 25,50m ed eseguiti dalla Tecno In S.p.A. i cui laboratori risultano autorizzati con Concessione ministeriale n. 53363 del 06.05.2005.
  - IV. N. 1 Indagine dinamica in foro Down-Hole.

Di seguito si riporta la stratigrafia del suolo così come ottenuta dai sondaggi effettuati.



## PROBLEMI GEOTECNICI E SCELTE TIPOLOGICHE

Per la caratterizzazione geotecnica dei termini litologici costituenti la successione riportata precedentemente, si fa specifico riferimento alle prove penetrometriche dinamiche effettuate lungo la verticale di perforazione del sondaggio ed ai risultati delle prove di laboratorio (di cui alla allegata relazione geologica redatto dal dott. Geol. Claudio Sacco tecnico regolarmente iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Campania, al n° 290).

Trattandosi di opere di sostegno quali gabbionate di pietrame a secco ed essendo le caratteristiche lito-meccaniche del terreno di fondazione idonee a sostenere le pressioni generate dalle fondazioni dell'opera si è optato per delle fondazioni di tipo dirette. I metodi di calcolo, i calcoli stessi, e le verifiche di stabilità del terreno di fondazione e delle opere di sostegno degli scavi sono inclusi nelle relazioni di calcolo delle opere, di cui costituiscono parte integrante, e di seguito si riportano per brevità le verifiche effettuate nelle condizioni critiche.

Le verifiche di equilibrio limite ultimo richiedono il rispetto della seguente condizione:

$E_d < R_d$

$E_d$  = azioni o effetto delle azioni di progetto

$R_d$  = azioni o effetto delle azioni resistenti del sistema geotecnico

In entrambi i termini:

le azioni si moltiplicano per il coefficienti  $\gamma_f$

i parametri geotecnici si dividono per i coefficienti  $\gamma_m$

in più la resistenza globale si divide per i coefficienti  $\gamma_r$  (che sono in pratica coefficienti di sicurezza globale:  $R/E > \gamma_r$ )

Le verifiche effettuate così come previsto dalle NTC 2008 sono:

- *SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU)*
  - o stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;
  - o scorrimento sul piano di posa;
  - o collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
  - o ribaltamento;
- *SLU di tipo strutturale (STR)*
  - o raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali,

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale

Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali

## GIUNTI STRUTTURALI

Le opere in progetto non presentano giunti strutturali essendo la fondazione della gabbionata continua.

## Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.  
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.  
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.  
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.  
Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996  
Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche
- D.M. 16 Gennaio 1996  
Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'
- D.M. 16 Gennaio 1996  
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)
- Circolare 617 del 02/02/2009  
- Circolare C.S.L.P. 02/02/2009 n.617 - Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale

Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione e verifica in diverse sezioni al ribaltamento, allo scorrimento ed allo schiacciamento.

## Calcolo della spinta sul muro

### Valori caratteristici e valori di calcolo

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali  $\gamma$ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

### Metodo di Culmann

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $\rho$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;

- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio ( $W$ ), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura ( $R$  e  $C$ ) e resistenza per coesione lungo la parete ( $A$ );
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta  $S$  sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno. Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta  $S$  rispetto all'ordinata  $z$ . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

## Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta  $\varepsilon$  l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e  $\beta$  l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta  $S'$  considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove  $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$  essendo  $k_h$  il coefficiente sismico orizzontale e  $k_v$  il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di  $k_h$ .

In presenza di falda a monte,  $\theta$  assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

$$\theta = \arctg[(\gamma_{sat}/(\gamma_{sat}-\gamma_w)) * (k_h/(1 \pm k_v))]$$

Terreno a permeabilità elevata

$$\theta = \arctg[(\gamma/(\gamma_{sat}-\gamma_w)) * (k_h/(1 \pm k_v))]$$

Detta  $S$  la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente  $A$  vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2\beta \cos\theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente  $A$  si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di  $\theta$ .

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente  $A$  viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{iH} = k_h W \quad F_{iV} = \pm k_v W$$

dove  $W$  è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

## Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante  $M_r$ ) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante  $M_s$ ) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto  $M_s/M_r$  sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_r$ .

Eseguendo il calcolo mediante gli eurocodici si può impostare  $\eta_r \geq 1.0$ .

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$

Il momento ribaltante  $M_r$  è dato dalla componente orizzontale della spinta  $S$ , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro  $\delta$  è positivo, ribaltante se  $\delta$  è negativo.  $\delta$  è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

## Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento  $F_r$  e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro  $F_s$  risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_s$ .

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_s \geq 1.0$ .

$$\frac{F_r}{F_s} \geq \eta_s$$

Le forze che intervengono nella  $F_s$  sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta  $N$  la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con  $\delta_f$  l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con  $c_a$  l'adesione terreno-fondazione e con  $B_r$  la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_f + c_a B_r$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione,  $\delta_f$ , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di  $\delta_f$  pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

## Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a  $\eta_q$ . Cioè, detto  $Q_u$ , il carico limite ed  $R$  la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_q \geq 1.0$ .

*Terzaghi* ha proposto la seguente espressione per il calcolo della capacità portante di una fondazione superficiale.

$$q_u = cN_c s_c + qN_q + 0.5B\gamma N_\gamma s_\gamma$$

La simbologia adottata è la seguente:

c	coesione del terreno in fondazione;
$\phi$	angolo di attrito del terreno in fondazione;
$\gamma$	peso di volume del terreno in fondazione;
B	larghezza della fondazione;
D	profondità del piano di posa;
q	pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I fattori di capacità portante sono espressi dalle seguenti relazioni:

$$N_q = \frac{e^{2(0.75\pi - \phi/2)\tan(\phi)}}{2\cos^2(45 + \phi/2)}$$

$$N_c = (N_q - 1)\tan\phi$$

$$N_\gamma = \frac{\tan\phi}{2} \left( \frac{K_{p\gamma}}{\cos^2\phi} - 1 \right)$$

I fattori di forma  $s_c$  e  $s_\gamma$  che compaiono nella espressione di  $q_u$  dipendono dalla forma della fondazione. In particolare valgono 1 per fondazioni nastriformi o rettangolari allungate e valgono rispettivamente 1.3 e 0.8 per fondazioni quadrate.

Il termine  $K_{p\gamma}$ , che compare nell'espressione di  $N_\gamma$ , non ha un'espressione analitica. Pertanto si assume per  $N_\gamma$  l'espressione proposta da Meyerhof

$$N_\gamma = (N_q - 1)\tan(1.4\phi)$$

## Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\eta_g$

Eseguito il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_g \geq 1.0$

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_1^n \left( \frac{c_i b_i}{\cos\alpha_i} + [W_i \cos\alpha_i - u_i l_i] \tan\phi_i \right)}{\sum_1^n W_i \sin\alpha_i}$$

dove  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima e  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Inoltre  $u_i$  ed  $l_i$  rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ( $l_i = b_i / \cos\alpha_i$ ).

Quindi, assunto un cerchio di tentativo lo si suddivide in  $n$  strisce e dalla formula precedente si ricava  $\eta$ . Questo procedimento viene eseguito per il numero di centri prefissato e viene assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

**Normativa****N.T.C. 2008 - Approccio 2***Simbologia adottata*

$\gamma_{Gsfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{Gfav}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{Qsfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{Qfav}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{tan\phi'}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
$\gamma_c$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
$\gamma_{cu}$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
$\gamma_{qu}$	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
$\gamma_\gamma$	Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce

**Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche**Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		A1	A2	EQU	HYD
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00	0,90	0,90
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,30	1,00	1,10	1,30
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,50	1,30	1,50	1,50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		M1	M2	M2	M1
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1,00	1,25	1,25	1,00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40	1,40	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1,00	1,00	1,00	1,00

**Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche**Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		A1	A2	EQU	HYD
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00	1,00	0,90
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,00	1,00	1,00	1,30
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,00	1,00	1,00	1,50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		M1	M2	M2	M1
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1,00	1,25	1,25	1,00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40	1,40	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1,00	1,00	1,00	1,00

**FONDAZIONE SUPERFICIALE****Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO***Verifica**Coefficienti parziali*

	R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione	1,00	1,00	1,40
Scorrimento	1,00	1,00	1,10
Resistenza del terreno a valle	1,00	1,00	1,40
Stabilità globale		1,10	

## Geometria muro e fondazione

Descrizione

Muro a gradoni in pietra

### Descrizione dei gradoni

#### Simbologia adottata

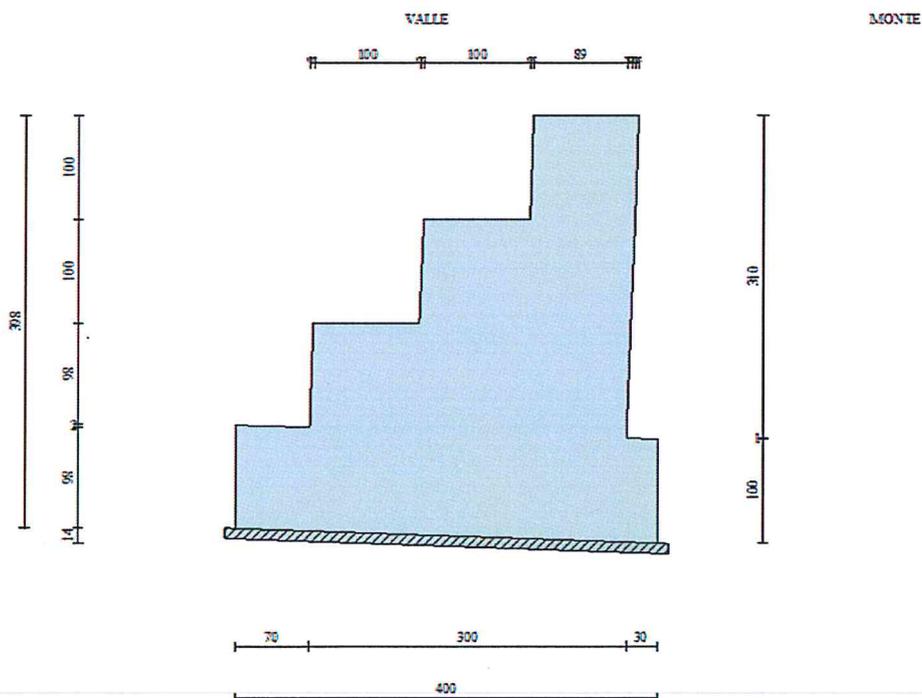
Nr.	numero d'ordine del gradone (a partire dall'alto)
Bs	base superiore del gradone espressa in [m]
Bi	base inferiore del gradone espressa in [m]
Hg	altezza del gradone espressa in [m]
$\alpha_e$	inclinazione esterna del gradone espressa in [°]
$\alpha_i$	inclinazione interna del gradone espressa in [°]

Nr.	Bs	Bi	Hg	$\alpha_e$	$\alpha_i$
1	1,00	1,00	1,00	2,00	-2,00
2	2,00	2,00	1,00	2,00	-2,00
3	3,00	3,00	1,00	2,00	-2,00

Altezza del paramento 3,00 [m]

### Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0,70 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0,30 [m]
Lunghezza totale fondazione	4,00 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	2,00 [°]
Spessore fondazione	1,00 [m]
Spessore magrone	0,10 [m]



## Materiali utilizzati per la struttura

### Pietrame

Peso specifico	2100,0 [kg/mc]
Tensione ammissibile a compressione $\sigma_c$	30,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Angolo di attrito interno $\phi_p$	45,00 [°]
Resistenza a taglio $\tau_p$	2,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]

## Geometria profilo terreno a monte del muro

### Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto

X ascissa del punto espressa in [m]

Y ordinata del punto espressa in [m]

A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	20,00	0,00	0,00

## Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	0,00	[°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento	0,00	[m]

## Descrizione terreni

### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\gamma_s$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
$\phi$	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$c_a$	Adesione terra-muro espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c	$c_a$
Terreno alterato	1700	1900	21.00	14.00	0,000	0,000
argilla ad ele.cons	1980	2030	30.00	20.00	0,410	0,270
Drenaggio	1900	2000	33.00	22.00	0,000	0,000

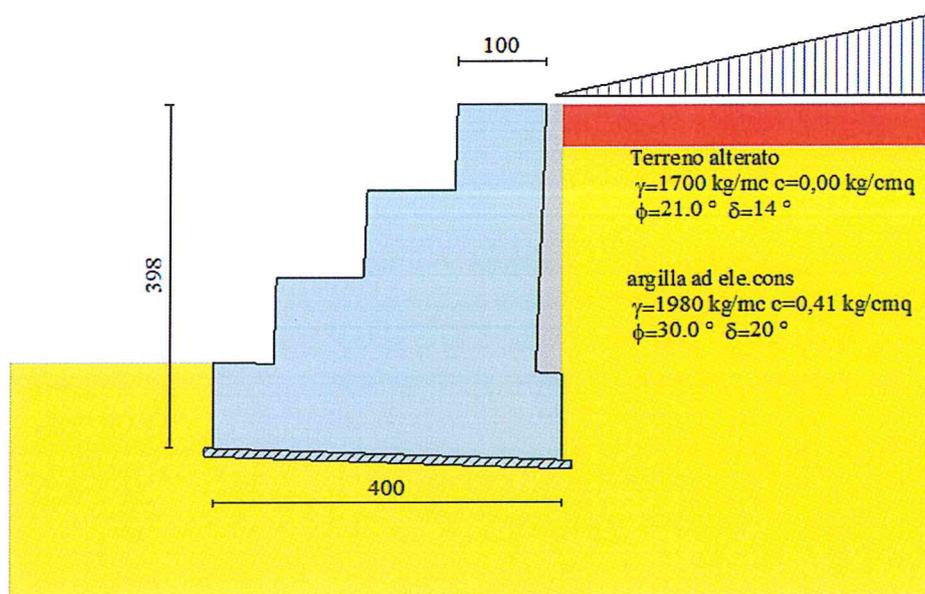
## Stratigrafia

### Simbologia adottata

N	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
a	Inclinazione espressa in [°]
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Terreno	Terreno dello strato

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	0,50	0,00	0,00	0,00	Terreno alterato

2	6,00	0,00	10,42	0,00	argilla ad ele.cons
Terreno di riempimento (drenante)					Drenaggio



Profilo stratigrafico

### Condizioni di carico

Si è ipotizzato a favore di sicurezza la presenza di terreno vegetale sistemato a scarpata a monte dell'opera di sostegno, il cui carico agente verrà schematizzato, come un carico triangolare permanente agente sul profilo del terreno a monte del paramento. Come terreno per il calcolo del carico, si è utilizzato un  $\gamma=2000 \text{ Kg/m}^3$  corrispondente al terreno vegetale, avente un'altezza pari a 4,25m ad una distanza di 10,00m dal paramento, da cui si ricava:

**Carico triangolare agente per metro lineare di paramento** (a 10,00m muro a gradoni):  $2000 \text{ Kg/m}^3 \times 4,25\text{m} \times 1,00\text{m} = 8500 \text{ Kg/m}$

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

$X$  Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]

$F_x$  Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kg]

$F_y$  Componente verticale del carico concentrato espressa in [kg]

$M$  Momento espresso in [kgm]

$X_i$  Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]

$X_f$  Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]

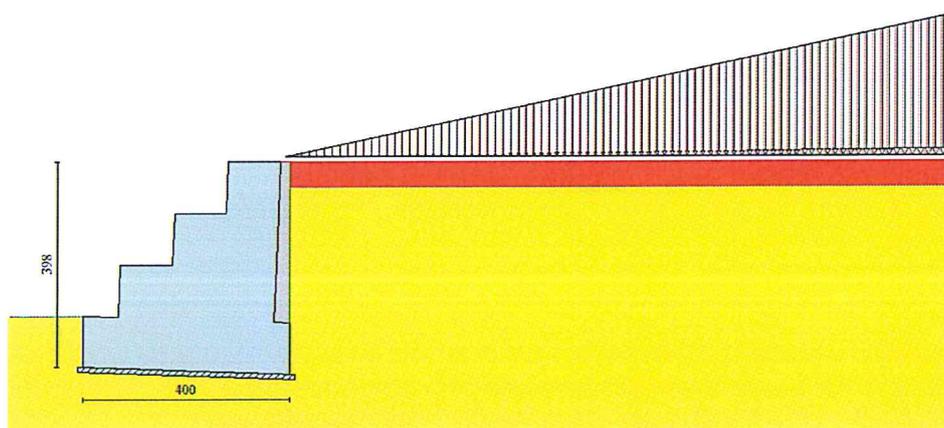
$Q_i$  Intensità del carico per  $x=X_i$  espressa in [kg/m]

$Q_f$  Intensità del carico per  $x=X_f$  espressa in [kg/m]

$D/C$  Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

#### Condizione n° 1 (Profilo terreno)

D	Profilo	$X_i=0,10$	$X_f=20,00$	$Q_i=0,00$	$Q_f=8500,00$
---	---------	------------	-------------	------------	---------------



Condizione di carico permanente terreno scarpata

## Descrizione combinazioni di carico

### Simbologia adottata

F/S Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione

$\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

#### Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Profilo terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

#### Combinazione n° 2 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Profilo terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

#### Combinazione n° 3 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Profilo terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

#### Combinazione n° 4 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Profilo terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

#### Combinazione n° 5 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Profilo terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 6 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Profilo terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 7 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30
Profilo terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 8 - Caso EQU (SLU)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	0,90	1.00	0,90
Peso proprio terrapieno	FAV	0,90	1.00	0,90
Spinta terreno	SFAV	1,10	1.00	1,10
Profilo terreno	SFAV	1.10	1.00	1.10

Combinazione n° 9 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Profilo terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 10 - Quasi Permanente (SLE)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
Profilo terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 11 - Frequente (SLE)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
Profilo terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 12 - Rara (SLE)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
Profilo terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 13 - Quasi Permanente (SLE) - Sisma Vert. positivo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
Profilo terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 14 - Quasi Permanente (SLE) - Sisma Vert. negativo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
Profilo terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 15 - Frequente (SLE) - Sisma Vert. positivo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
Profilo terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 16 - Frequente (SLE) - Sisma Vert. negativo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
Profilo terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 17 - Rara (SLE) - Sisma Vert. positivo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
Profilo terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 18 - Rara (SLE) - Sisma Vert. negativo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
Profilo terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

**Impostazioni di analisi**

Calcolo della portanza metodo di Terzaghi

Coefficiente correttivo su  $N_{\gamma}$  per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1,00

Coefficiente correttivo su  $N_{\gamma}$  per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1,00

**Impostazioni avanzate**

Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni

Influenza del terreno sulla fondazione di valle nelle verifiche e nel calcolo delle sollecitazioni

Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

## Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

### Simbologia adottata

<b>C</b>	Identificativo della combinazione
<b>Tipo</b>	Tipo combinazione
<b>Sisma</b>	Combinazione sismica
<b>CS<sub>SCO</sub></b>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
<b>CS<sub>RIB</sub></b>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
<b>CS<sub>QLIM</sub></b>	Coeff. di sicurezza a carico limite
<b>CS<sub>STAB</sub></b>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

<b>C</b>	<b>Tipo</b>	<b>Sisma</b>	<b>CS<sub>SCO</sub></b>	<b>CS<sub>RIB</sub></b>	<b>CS<sub>QLIM</sub></b>	<b>CS<sub>STAB</sub></b>
1	A1-M1 - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	1,15	--	19,80	--
2	A1-M1 - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	1,15	--	19,80	--
3	EQU - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	--	1,10	--	--
4	EQU - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	--	1,10	--	--
5	STAB - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,69
6	STAB - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,69
7	A1-M1 - [2]	--	99,99	--	37,37	--
8	EQU - [2]	--	--	24,81	--	--
9	STAB - [2]	--	--	--	--	3,97
10	SLEQ - [1]	--	99,99	--	36,93	--
11	SLEF - [1]	--	99,99	--	36,93	--
12	SLER - [1]	--	99,99	--	36,93	--
13	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	22,52	--	39,04	--
14	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	22,52	--	39,04	--
15	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	22,52	--	39,04	--
16	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	22,52	--	39,04	--
17	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	22,52	--	39,04	--
18	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	22,52	--	39,04	--

## Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :  
 Origine in testa al muro (spigolo di monte)  
 Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte  
 Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto  
 Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle  
 Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

### Tipo di analisi

Calcolo della spinta	metodo di Culmann
Calcolo del carico limite	metodo di Terzaghi
Calcolo della stabilità globale	metodo di Fellenius
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta a riposo

## COEFFICIENTI ADOTTATI PER LA VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Al fine di procedere alla valutazione delle condizioni di sicurezza del sito così come indicato dalla normativa vigente (NTC2008) al paragrafo 6.3, è necessario definire l'entità della sollecitazione sismica attesa sul terreno in esame. Pertanto come indicato al par. 3.2 delle NTC2008, è stato in primo luogo definito il periodo di riferimento  $V_R$  durante il quale la struttura di stabilizzazione dovrà rispettare e conservare quelle caratteristiche di resistenza, sicurezza e durabilità, sia in riferimento al modo di esplicarsi delle azioni (azioni dirette, quali forze e carichi, azioni impresse, quali spostamenti o variazioni termiche, azioni di degrado esogeno ed endogeno), sia correlata alla risposta strutturale (azioni statiche, quasi-statiche e dinamiche), sia in funzione della variabilità nel tempo dell'intensità propria (azioni gravitazionali da pesi propri, carichi permanenti e variabili o accidentali, azioni eccezionali ed azioni sismiche).

### Vita nominale e classe d'uso

Per il terreno considerato e per l'opera da realizzarsi, al fine di garantire gli adeguati margini di sicurezza è stato

assunto un valore della vita nominale pari a  $V_N=50$  anni corrispondente ad un'opera rientrante nella tipologia **2 (Opere ordinarie)** riferita ad *opere di importanza strategica*, trattandosi di un intervento a servizio di una via di comunicazione di importanza strategica come l'autostrada.

Con riferimento alle conseguenze di un'improvvisa interruzione di operatività o di un eventuale collasso, gli interventi previsti rientrano nella **classe d'uso III (Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi)** a cui corrisponde un coefficiente d'uso  $C_U = 1.5$ .

Ne consegue che il periodo di riferimento per l'azione sismica è definibile come:

$$V_R = V_N \times C_U = 75 \text{ anni.}$$

Le probabilità di superamento  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$ , sono stabilite dalla norma in funzione dei differenti stati limite. In funzione dei valori del periodo di riferimento  $V_R$  e della probabilità di superamento  $P_{VR}$ , si definisce il periodo di ritorno  $T_R$  mediante la relazione:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Il sito in oggetto ricade nel comune di Apice (BN) per il cui territorio la mappatura di microzonazione sismica fornisce i valori dei parametri di pericolosità sismica  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  indicati in tabella VIII.

**Tabella VIII – Parametri sismici di sito in condizioni standard**

Parametri sismici	$T_R$ [anni]	$a_g$ [m/s <sup>2</sup> ]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	45	0,777	2,348	0,291
SLD	75	1,026	2,320	0,317
SLV	712	3,125	2,293	0,388
SLC	1462	4,155	2,341	0,412

● ID Punto 1 = 31879	● 31878 ● 31879
○ ID Punto 2 = 31878	
○ ID Punto 3 = 32100	
○ ID Punto 4 = 32101	● 32100 ● 32101

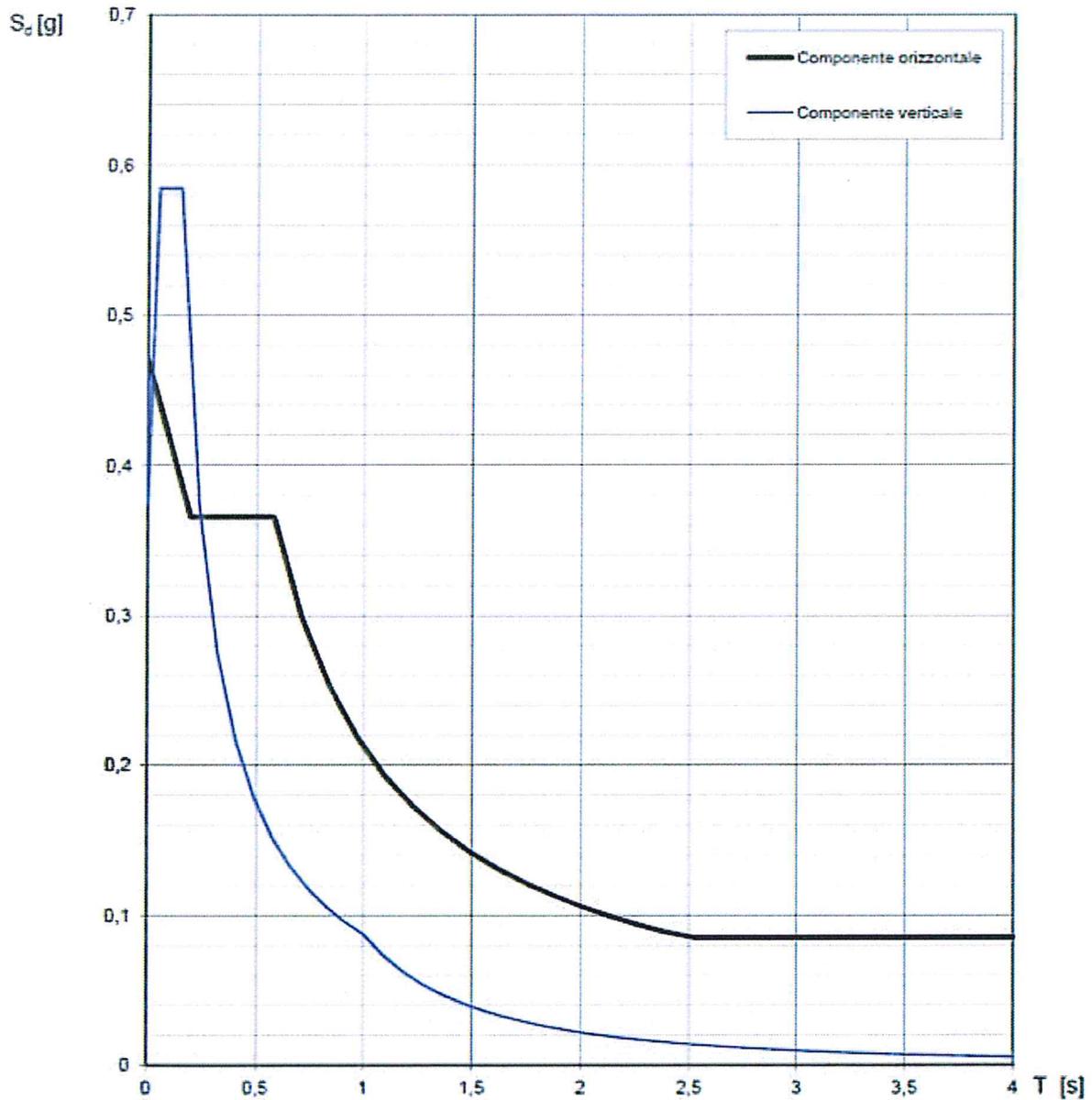
Dati sismici rilevati correttamente.

## Sisma

Località	Apice, Apice Scalo (BN)
Latitudine	41.1391°
Longitudine	14.9272°
Zona sismica	1
Tipo di costruzione	2
Vita nominale VN	50 anni
Classe d'uso	III
Vita di Riferimento VR	75 anni

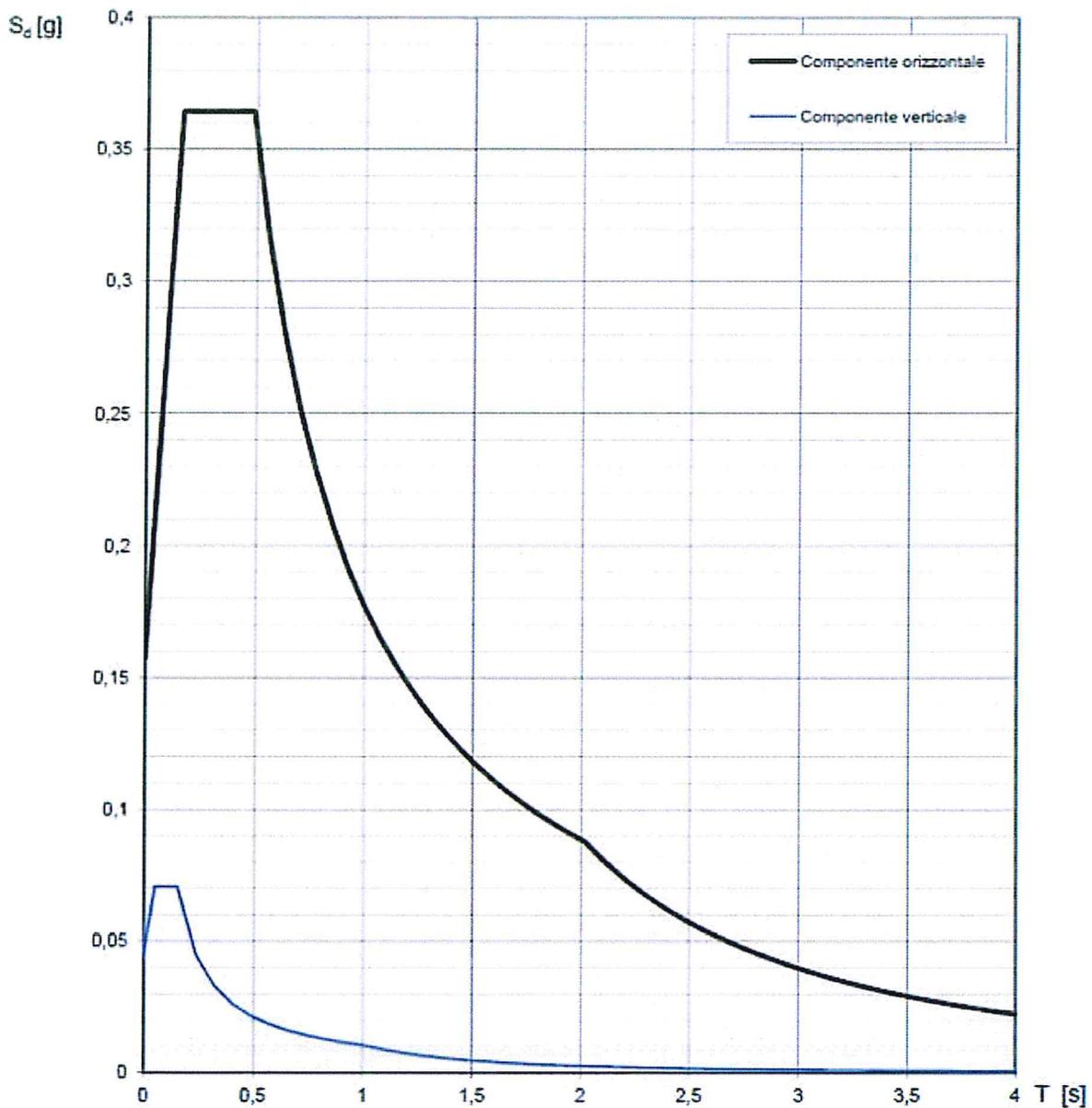
**Combinazioni SLU (SLC)**

Accelerazione al suolo $a_g$	5.03 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.00
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )	1.00
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.00
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 51.28$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.00 * k_h = 0.00$

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLC**

**Combinazioni SLE (SLD)**

Accelerazione al suolo $a_g$	1.48 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.49
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )	1.00
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.00
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_m * St * S) = 22.44$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.00 * k_h = 0.00$

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD**

Forma diagramma incremento sismico	Stessa forma diagramma statico
Partecipazione spinta passiva (percento)	100,0
Lunghezza del muro	10,00 [m]
Peso muro	21322,65 [kg]
Baricentro del muro	X=-1,46 Y=-2,53
<u>Superficie di spinta</u>	
Punto inferiore superficie di spinta	X = 0,19 Y = -4,12
Punto superiore superficie di spinta	X = 0,34 Y = 0,00
Altezza della superficie di spinta	4,12 [m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	-2,00 [°]

COMBINAZIONE n° 1

Valore della spinta statica	512,26	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	501,06	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	106,50	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,33	[m]	Y = -0,28	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	14,00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55,00	[°]		
Incremento sismico della spinta	5527,93	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,33	[m]	Y = -0,28	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	33,18	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	2026,64	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,11	[m]	Y = -1,59	[m]
Inerzia del muro	10934,83	[kg]		
Inerzia verticale del muro	0,00	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	1039,31	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		
<u>Risultanti</u>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	17882,34	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	24605,11	[kg]		
Resistenza passiva a valle del muro	-2970,00	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	25215,54	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	17010,76	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	1,09	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	2,74	[m]		
Risultante in fondazione	30416,93	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	34,00	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	27387,79	[kgm]		
Carico ultimo della fondazione	499193,94	[kg]		
<u>Tensioni sul terreno</u>				
Lunghezza fondazione reagente	2,74	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,8407	[kg/cm <sup>2</sup> ]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,0000	[kg/cm <sup>2</sup> ]		

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 37.16$	$N_q = 22.46$	$N_\gamma = 19.32$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 37.16$	$N'_q = 22.46$	$N'_\gamma = 19.32$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.15
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	19.80

## Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

### Combinazione n° 1

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,29	100,00	715	26	623	3,71	0,09	357	87	33,23	4,11
2	0,71	100,00	1908	383	1890	20,09	0,43	964	606	11,59	1,59
3	1,00	200,00	2727	-434	2801	15,93	0,07	3784	1280	15,26	2,96
4	1,43	200,00	4768	828	4385	17,37	0,36	5860	2828	10,21	2,07
5	1,86	200,00	6738	2770	5776	41,11	0,76	7897	5012	8,09	1,58
6	2,16	300,00	8417	789	6825	9,38	0,33	16968	6895	10,02	2,46
7	2,63	300,00	11531	4127	8713	35,79	0,66	21777	10574	8,21	2,06
8	3,10	300,00	14816	8635	10689	58,28	1,08	26575	15152	7,00	1,75

### COMBINAZIONE n° 2

Valore della spinta statica	512,26	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	501,06	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	106,50	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,33	[m]	Y = -0,28	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	14,00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55,00	[°]		
Incremento sismico della spinta	5527,93	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,33	[m]	Y = -0,28	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	33,18	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	2026,64	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,11	[m]	Y = -1,59	[m]
Inerzia del muro	10934,83	[kg]		
Inerzia verticale del muro	0,00	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	1039,31	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		
<b>Risultanti</b>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	17882,34	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	24605,11	[kg]		
Resistenza passiva a valle del muro	-2970,00	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	25215,54	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	17010,76	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	1,09	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	2,74	[m]		
Risultante in fondazione	30416,93	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	34,00	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	27387,79	[kgm]		
Carico ultimo della fondazione	499193,94	[kg]		
<b>Tensioni sul terreno</b>				
Lunghezza fondazione reagente	2,74	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,8407	[kg/cm <sup>2</sup> ]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,0000	[kg/cm <sup>2</sup> ]		

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 37.16$	$N_q = 22.46$	$N_\gamma = 19.32$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 37.16$	$N'_q = 22.46$	$N'_\gamma = 19.32$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.15
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	19.80

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni**Combinazione n° 2

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,29	100,00	715	26	623	3,71	0,09	357	87	33,23	4,11
2	0,71	100,00	1908	383	1890	20,09	0,43	964	606	11,59	1,59
3	1,00	200,00	2727	-434	2801	15,93	0,07	3784	1280	15,26	2,96
4	1,43	200,00	4768	828	4385	17,37	0,36	5860	2828	10,21	2,07
5	1,86	200,00	6738	2770	5776	41,11	0,76	7897	5012	8,09	1,58
6	2,16	300,00	8417	789	6825	9,38	0,33	16968	6895	10,02	2,46
7	2,63	300,00	11531	4127	8713	35,79	0,66	21777	10574	8,21	2,06
8	3,10	300,00	14816	8635	10689	58,28	1,08	26575	15152	7,00	1,75

COMBINAZIONE n° 3

Valore della spinta statica	527,92	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	521,01	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	85,14	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,33	[m]	Y = -0,28	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	11,28	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	51,66	[°]		
Incremento sismico della spinta	11007,33	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,33	[m]	Y = -0,28	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	20,73	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	2026,64	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,11	[m]	Y = -1,59	[m]
Inerzia del muro	10934,83	[kg]		
Inerzia verticale del muro	0,00	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	1039,31	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	23358,42	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	25209,52	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-2419,76	[kg]

Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	60430,74	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	65721,25	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	26011,12	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	22462,35	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	1,80	[m]
Lunghezza fondazione reagente	0,61	[m]
Risultante in fondazione	34367,65	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	40,81	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	46715,92	[kgm]

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento 1.09

**COMBINAZIONE n° 4**

Valore della spinta statica	527,92	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	521,01	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	85,14	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,33	[m]	Y = -0,28	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	11,28	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	51,66	[°]		
Incremento sismico della spinta	11007,33	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,33	[m]	Y = -0,28	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	20,73	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	2026,64	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,11	[m]	Y = -1,59	[m]
Inerzia del muro	10934,83	[kg]		
Inerzia verticale del muro	0,00	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	1039,31	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	23358,42	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	25209,52	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-2419,76	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	60430,74	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	65721,25	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	26011,12	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	22462,35	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	1,80	[m]
Lunghezza fondazione reagente	0,61	[m]
Risultante in fondazione	34367,65	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	40,81	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	46715,92	[kgm]

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento 1.10

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 5

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kg]  
 $\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
 $\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]  
 b larghezza della striscia espressa in [m]  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0,00 Y[m]= 2,89

Raggio del cerchio R[m]= 7,85

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5,20

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 7,31

Larghezza della striscia dx[m]= 0,50

Coefficiente di sicurezza C= 1.69

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	1939,73	63.92	1742,25	1,14	21.01	0,17	0,00
2	2700,06	56.76	2258,37	0,91	24.79	0,33	0,00
3	3272,46	50.56	2527,15	0,79	24.79	0,33	0,00
4	3715,34	45.09	2631,49	0,71	24.79	0,33	0,00
5	4065,83	40.12	2620,00	0,65	24.79	0,33	0,00
6	4344,40	35.49	2522,17	0,61	24.79	0,33	0,00
7	4563,72	31.11	2358,29	0,58	24.79	0,33	0,00
8	4732,26	26.93	2143,51	0,56	24.79	0,33	0,00
9	4855,92	22.90	1889,83	0,54	24.79	0,33	0,00
10	4938,97	18.99	1607,19	0,53	24.79	0,33	0,00
11	4984,51	15.17	1304,17	0,52	24.79	0,33	0,00
12	4994,80	11.41	988,40	0,51	24.79	0,33	0,00
13	4971,45	7.71	666,81	0,50	24.79	0,33	0,00
14	4915,56	4.04	345,92	0,50	24.79	0,33	0,00
15	4970,82	0.38	32,90	0,50	24.79	0,33	0,00
16	5129,23	-3.28	-293,06	0,50	24.79	0,33	0,00
17	4707,25	-6.94	-569,06	0,50	24.79	0,33	0,00
18	3967,49	-10.64	-732,59	0,51	24.79	0,33	0,00
19	3547,76	-14.38	-881,29	0,52	24.79	0,33	0,00
20	2659,75	-18.19	-830,29	0,53	24.79	0,33	0,00
21	2240,34	-22.08	-842,23	0,54	24.79	0,33	0,00
22	1204,01	-26.09	-529,42	0,56	24.79	0,33	0,00
23	890,82	-30.23	-448,53	0,58	24.79	0,33	0,00
24	563,18	-34.56	-319,50	0,61	24.79	0,33	0,00
25	190,88	-39.13	-120,47	0,64	24.79	0,33	0,00

$\Sigma W_i = 89066,55$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 20072,02$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 36723,82$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 47551,81$  [kg]

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 6

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kg]

$\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)

$\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0,00 Y[m]= 2,89

Raggio del cerchio R[m]= 7,85

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5,20

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 7,31

Larghezza della striscia dx[m]= 0,50

Coefficiente di sicurezza C= 1.69

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	1939,73	63.92	1742,25	1,14	21.01	0,17	0,00
2	2700,06	56.76	2258,37	0,91	24.79	0,33	0,00
3	3272,46	50.56	2527,15	0,79	24.79	0,33	0,00
4	3715,34	45.09	2631,49	0,71	24.79	0,33	0,00
5	4065,83	40.12	2620,00	0,65	24.79	0,33	0,00
6	4344,40	35.49	2522,17	0,61	24.79	0,33	0,00
7	4563,72	31.11	2358,29	0,58	24.79	0,33	0,00
8	4732,26	26.93	2143,51	0,56	24.79	0,33	0,00
9	4855,92	22.90	1889,83	0,54	24.79	0,33	0,00
10	4938,97	18.99	1607,19	0,53	24.79	0,33	0,00
11	4984,51	15.17	1304,17	0,52	24.79	0,33	0,00
12	4994,80	11.41	988,40	0,51	24.79	0,33	0,00
13	4971,45	7.71	666,81	0,50	24.79	0,33	0,00
14	4915,56	4.04	345,92	0,50	24.79	0,33	0,00
15	4970,82	0.38	32,90	0,50	24.79	0,33	0,00
16	5129,23	-3.28	-293,06	0,50	24.79	0,33	0,00
17	4707,25	-6.94	-569,06	0,50	24.79	0,33	0,00
18	3967,49	-10.64	-732,59	0,51	24.79	0,33	0,00
19	3547,76	-14.38	-881,29	0,52	24.79	0,33	0,00
20	2659,75	-18.19	-830,29	0,53	24.79	0,33	0,00
21	2240,34	-22.08	-842,23	0,54	24.79	0,33	0,00
22	1204,01	-26.09	-529,42	0,56	24.79	0,33	0,00
23	890,82	-30.23	-448,53	0,58	24.79	0,33	0,00
24	563,18	-34.56	-319,50	0,61	24.79	0,33	0,00
25	190,88	-39.13	-120,47	0,64	24.79	0,33	0,00

$\Sigma W_i = 89066,55$  [kg]

$\Sigma W_i \sin\alpha_i = 20072,02$  [kg]

$\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i = 36723,82$  [kg]

$\Sigma c b_i / \cos\alpha_i = 47551,81$  [kg]

### COMBINAZIONE n° 7

Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica	665,93	[kg]
Componente orizzontale della spinta statica	651,38	[kg]
Componente verticale della spinta statica	138,46	[kg]

Punto d'applicazione della spinta	X = 0,33	[m]	Y = -0,28	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	14,00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	54,00	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	2030,18	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,11	[m]	Y = -1,59	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	651,38	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	23491,29	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-2970,00	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	23499,70	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	-170,70	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,39	[m]
Lunghezza fondazione reagente	4,00	[m]
Risultante in fondazione	23500,32	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	-0,42	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-9228,23	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	878245,14	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	4,00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,2414	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,9339	[kg/cm <sup>2</sup> ]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 37.16$	$N_q = 22.46$	$N_\gamma = 19.32$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 37.16$	$N'_q = 22.46$	$N'_\gamma = 19.32$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	99.99
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	37.37

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni**Combinazione n° 7

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cm <sup>2</sup> ]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,29	100,00	656	-10	155	1,59	0,06	360	21	133,26	17,32
2	0,71	100,00	1735	44	645	2,54	0,20	1007	180	33,69	5,59
3	1,00	200,00	2460	-1031	988	41,90	0,28	3913	416	42,98	9,41
4	1,43	200,00	4396	-703	1362	16,00	0,11	6036	924	32,59	6,53
5	1,86	200,00	6295	-229	1635	3,63	0,28	8112	1570	28,32	5,17
6	2,16	300,00	7942	-3310	1780	41,67	0,04	17329	2083	38,17	8,32
7	2,63	300,00	11008	-2682	2005	24,36	0,19	22202	2979	35,41	7,45
8	3,10	300,00	14245	-1677	2230	11,77	0,36	27064	3982	33,29	6,80

COMBINAZIONE n° 8

Valore della spinta statica	688,01	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	677,45	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	120,12	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,31	[m]	Y = -0,84	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	12,05	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	51,29	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	1826,34	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,11	[m]	Y = -1,59	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	677,45	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	21136,84	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-2177,78	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	2125,48	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	52737,11	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	21147,60	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	-62,29	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,39	[m]
Lunghezza fondazione reagente	4,00	[m]
Risultante in fondazione	21147,69	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	-0,17	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-8329,28	[kgm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	24.81
--	-------

**Stabilità globale muro + terreno**Combinazione n° 9

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kg]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1,93 Y[m]= 2,89

Raggio del cerchio R[m]= 7,32

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -6,29

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 4,81

Larghezza della striscia dx[m]= 0,44

Coefficiente di sicurezza C= 3.97

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha$ (°)	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	1180,36	62.44	1046,42	0,96	20.25	0,14	0,00
2	1742,34	56.14	1446,80	0,80	24.79	0,33	0,00
3	2183,79	50.30	1680,17	0,69	24.79	0,33	0,00
4	2530,40	45.12	1792,89	0,63	24.79	0,33	0,00
5	2807,94	40.37	1818,89	0,58	24.79	0,33	0,00
6	3031,06	35.95	1779,34	0,55	24.79	0,33	0,00
7	3209,08	31.76	1689,02	0,52	24.79	0,33	0,00
8	3348,29	27.75	1559,08	0,50	24.79	0,33	0,00
9	3453,15	23.89	1398,36	0,49	24.79	0,33	0,00
10	3526,91	20.14	1214,24	0,47	24.79	0,33	0,00

11	3597,29	16.48	1020,23	0,46	24.79	0,33	0,00
12	3940,37	12.88	878,49	0,46	24.79	0,33	0,00
13	4018,07	9.34	652,07	0,45	24.79	0,33	0,00
14	3255,64	5.83	330,85	0,45	24.79	0,33	0,00
15	3167,74	2.35	129,76	0,44	24.79	0,33	0,00
16	2663,60	-1.13	-52,46	0,44	24.79	0,33	0,00
17	2218,54	-4.61	-178,27	0,45	24.79	0,33	0,00
18	1975,83	-8.11	-278,62	0,45	24.79	0,33	0,00
19	1173,86	-11.63	-236,74	0,45	24.79	0,33	0,00
20	1048,91	-15.21	-275,17	0,46	24.79	0,33	0,00
21	907,81	-18.84	-293,23	0,47	24.79	0,33	0,00
22	760,20	-22.56	-291,67	0,48	24.79	0,33	0,00
23	582,42	-26.38	-258,80	0,50	24.79	0,33	0,00
24	371,53	-30.33	-187,64	0,51	24.79	0,33	0,00
25	123,57	-34.45	-69,91	0,54	24.79	0,33	0,00

$\Sigma W_i = 56818,71$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 16314,10$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 23324,30$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 41444,47$  [kg]

#### COMBINAZIONE n° 10

Valore della spinta statica	512,26	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	501,06	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	106,50	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,33	[m]	Y = -0,28	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	14,00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55,00	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	2026,64	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,11	[m]	Y = -1,59	[m]

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	501,06	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	23455,79	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-2970,00	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	23458,96	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	-319,68	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,41	[m]
Lunghezza fondazione reagente	4,00	[m]
Risultante in fondazione	23461,14	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	-0,78	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-9720,02	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	866413,27	[kg]

#### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	4,00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,2219	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,9514	[kg/cm <sup>2</sup> ]

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 37.16$	$N_q = 22.46$	$N_\gamma = 19.32$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
I coefficienti $N'$ tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 37.16$	$N'_q = 22.46$	$N'_\gamma = 19.32$

#### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	99.99
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	36.93

## Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

### Combinazione n° 10

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro  
Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,29	100,00	654	-10	149	1,50	0,06	357	20	138,91	17,66
2	0,71	100,00	1692	41	528	2,44	0,19	964	156	41,07	6,17
3	1,00	200,00	2396	-1033	812	43,12	0,28	3784	349	52,21	10,84
4	1,43	200,00	4309	-773	1123	17,93	0,10	5860	768	39,45	7,63
5	1,86	200,00	6189	-393	1344	6,35	0,25	7897	1300	34,37	6,08
6	2,16	300,00	7823	-3494	1453	44,66	0,03	16968	1720	46,68	9,86
7	2,63	300,00	10868	-3003	1622	27,63	0,16	21777	2448	43,70	8,89
8	3,10	300,00	14084	-2163	1790	15,36	0,33	26575	3256	41,38	8,16

### COMBINAZIONE n° 11

Valore della spinta statica	512,26	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	501,06	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	106,50	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,33	[m]	Y = -0,28	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	14,00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55,00	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	2026,64	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,11	[m]	Y = -1,59	[m]

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	501,06	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	23455,79	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-2970,00	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	23458,96	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	-319,68	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,41	[m]
Lunghezza fondazione reagente	4,00	[m]
Risultante in fondazione	23461,14	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	-0,78	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-9720,02	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	866413,27	[kg]

#### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	4,00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,2219	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,9514	[kg/cm <sup>2</sup> ]

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coef. capacità portante</b>	$N_c = 37.16$	$N_q = 22.46$	$N_\gamma = 19.32$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			

$N'_c = 37.16$	$N'_q = 22.46$	$N'_\gamma = 19.32$
----------------	----------------	---------------------

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	99.99
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	36.93

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni****Combinazione n° 11**

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,29	100,00	654	-10	149	1,50	0,06	357	20	138,91	17,66
2	0,71	100,00	1692	41	528	2,44	0,19	964	156	41,07	6,17
3	1,00	200,00	2396	-1033	812	43,12	0,28	3784	349	52,21	10,84
4	1,43	200,00	4309	-773	1123	17,93	0,10	5860	768	39,45	7,63
5	1,86	200,00	6189	-393	1344	6,35	0,25	7897	1300	34,37	6,08
6	2,16	300,00	7823	-3494	1453	44,66	0,03	16968	1720	46,68	9,86
7	2,63	300,00	10868	-3003	1622	27,63	0,16	21777	2448	43,70	8,89
8	3,10	300,00	14084	-2163	1790	15,36	0,33	26575	3256	41,38	8,16

**COMBINAZIONE n° 12**

Valore della spinta statica	512,26	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	501,06	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	106,50	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,33	[m]	Y = -0,28	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	14,00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55,00	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	2026,64	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,11	[m]	Y = -1,59	[m]

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	501,06	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	23455,79	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-2970,00	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	23458,96	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	-319,68	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,41	[m]
Lunghezza fondazione reagente	4,00	[m]
Risultante in fondazione	23461,14	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	-0,78	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-9720,02	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	866413,27	[kg]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	4,00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,2219	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,9514	[kg/cm <sup>2</sup> ]

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 37.16$	$N_q = 22.46$	$N_\gamma = 19.32$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 37.16$	$N'_q = 22.46$	$N'_\gamma = 19.32$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	99.99
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	36.93

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni****Combinazione n° 12**

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,29	100,00	654	-10	149	1,50	0,06	357	20	138,91	17,66
2	0,71	100,00	1692	41	528	2,44	0,19	964	156	41,07	6,17
3	1,00	200,00	2396	-1033	812	43,12	0,28	3784	349	52,21	10,84
4	1,43	200,00	4309	-773	1123	17,93	0,10	5860	768	39,45	7,63
5	1,86	200,00	6189	-393	1344	6,35	0,25	7897	1300	34,37	6,08
6	2,16	300,00	7823	-3494	1453	44,66	0,03	16968	1720	46,68	9,86
7	2,63	300,00	10868	-3003	1622	27,63	0,16	21777	2448	43,70	8,89
8	3,10	300,00	14084	-2163	1790	15,36	0,33	26575	3256	41,38	8,16

**COMBINAZIONE n° 13**

Valore della spinta statica	512,26	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	501,06	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	106,50	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,33	[m]	Y = -0,28	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	14,00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55,00	[°]		
Incremento sismico della spinta	56,21	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,33	[m]	Y = -0,28	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	53,43	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	2026,64	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,11	[m]	Y = -1,59	[m]
Inerzia del muro	1148,30	[kg]		
Inerzia verticale del muro	0,00	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	109,14	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	1813,48	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	23467,48	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-2970,00	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	23516,55	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	991,53	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,32	[m]
Lunghezza fondazione reagente	4,00	[m]

Risultante in fondazione	23537,44	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	2,41	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-7524,30	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	918004,78	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	4,00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,3058	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,8704	[kg/cmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 37.16$	$N_q = 22.46$	$N_\gamma = 19.32$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 37.16$	$N'_q = 22.46$	$N'_\gamma = 19.32$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	22.52
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	39.04

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni**Combinazione n° 13

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro  
Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzamento normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,29	100,00	658	-6	193	0,87	0,06	357	26	107,30	13,52
2	0,71	100,00	1707	75	650	4,38	0,22	964	197	33,40	4,89
3	1,00	200,00	2418	-972	988	40,20	0,27	3784	433	42,93	8,74
4	1,43	200,00	4341	-619	1420	14,26	0,12	5860	953	31,22	6,15
5	1,86	200,00	6227	-93	1755	1,50	0,30	7897	1637	26,34	4,82
6	2,16	300,00	7864	-3082	1958	39,18	0,06	16968	2194	34,65	7,73
7	2,63	300,00	10914	-2318	2301	21,24	0,21	21777	3203	30,82	6,80
8	3,10	300,00	14135	-1121	2652	7,93	0,40	26575	4374	27,95	6,08

COMBINAZIONE n° 14

Valore della spinta statica	512,26	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	501,06	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	106,50	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,33	[m]	Y = -0,28	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	14,00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55,00	[°]		
Incremento sismico della spinta	56,21	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,33	[m]	Y = -0,28	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	53,43	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	2026,64	[kg]		

Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,11	[m]	Y = -1,59	[m]
Inerzia del muro	1148,30	[kg]		
Inerzia verticale del muro	0,00	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	109,14	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	1813,48	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	23467,48	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-2970,00	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	23516,55	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	991,53	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,32	[m]
Lunghezza fondazione reagente	4,00	[m]
Risultante in fondazione	23537,44	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	2,41	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-7524,30	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	918004,78	[kg]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	4,00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,3058	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,8704	[kg/cm <sup>2</sup> ]

**Fattori per il calcolo della capacità portante****Coeff. capacità portante** $N_c = 37.16$  $N_q = 22.46$  $N_\gamma = 19.32$ **Fattori forma** $s_c = 1,00$  $s_q = 1,00$  $s_\gamma = 1,00$ 

I coefficienti  $N'$  tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

 $N'_c = 37.16$  $N'_q = 22.46$  $N'_\gamma = 19.32$ **COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento

22.52

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo

39.04

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni****Combinazione n° 14**

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cm <sup>2</sup> ]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,29	100,00	658	-6	193	0,87	0,06	357	26	107,30	13,52
2	0,71	100,00	1707	75	650	4,38	0,22	964	197	33,40	4,89
3	1,00	200,00	2418	-972	988	40,20	0,27	3784	433	42,93	8,74
4	1,43	200,00	4341	-619	1420	14,26	0,12	5860	953	31,22	6,15
5	1,86	200,00	6227	-93	1755	1,50	0,30	7897	1637	26,34	4,82
6	2,16	300,00	7864	-3082	1958	39,18	0,06	16968	2194	34,65	7,73
7	2,63	300,00	10914	-2318	2301	21,24	0,21	21777	3203	30,82	6,80
8	3,10	300,00	14135	-1121	2652	7,93	0,40	26575	4374	27,95	6,08

COMBINAZIONE n° 15

Valore della spinta statica	512,26	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	501,06	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	106,50	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,33	[m]	Y = -0,28	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	14,00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55,00	[°]		
Incremento sismico della spinta	56,21	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,33	[m]	Y = -0,28	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	53,43	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	2026,64	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,11	[m]	Y = -1,59	[m]
Inerzia del muro	1148,30	[kg]		
Inerzia verticale del muro	0,00	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	109,14	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	1813,48	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	23467,48	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-2970,00	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	23516,55	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	991,53	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,32	[m]
Lunghezza fondazione reagente	4,00	[m]
Risultante in fondazione	23537,44	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	2,41	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-7524,30	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	918004,78	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	4,00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,3058	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,8704	[kg/cm <sup>2</sup> ]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 37.16$	$N_q = 22.46$	$N_\gamma = 19.32$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 37.16$	$N'_q = 22.46$	$N'_\gamma = 19.32$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	22.52
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	39.04

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni**Combinazione n° 15

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cm <sup>2</sup> ]
M <sub>s</sub>	momento stabilizzante [kgm]
M <sub>r</sub>	momento ribaltante [kgm]
C <sub>s</sub>	coeff. di sicurezza allo scorrimento
C <sub>r</sub>	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,29	100,00	658	-6	193	0,87	0,06	357	26	107,30	13,52
2	0,71	100,00	1707	75	650	4,38	0,22	964	197	33,40	4,89
3	1,00	200,00	2418	-972	988	40,20	0,27	3784	433	42,93	8,74
4	1,43	200,00	4341	-619	1420	14,26	0,12	5860	953	31,22	6,15
5	1,86	200,00	6227	-93	1755	1,50	0,30	7897	1637	26,34	4,82
6	2,16	300,00	7864	-3082	1958	39,18	0,06	16968	2194	34,65	7,73
7	2,63	300,00	10914	-2318	2301	21,24	0,21	21777	3203	30,82	6,80
8	3,10	300,00	14135	-1121	2652	7,93	0,40	26575	4374	27,95	6,08

**COMBINAZIONE n° 16**

Valore della spinta statica	512,26	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	501,06	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	106,50	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,33	[m]	Y = -0,28	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	14,00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55,00	[°]		

Incremento sismico della spinta	56,21	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,33	[m]	Y = -0,28	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	53,43	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	2026,64	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,11	[m]	Y = -1,59	[m]
Inerzia del muro	1148,30	[kg]		
Inerzia verticale del muro	0,00	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	109,14	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	1813,48	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	23467,48	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-2970,00	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	23516,55	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	991,53	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,32	[m]
Lunghezza fondazione reagente	4,00	[m]
Risultante in fondazione	23537,44	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	2,41	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-7524,30	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	918004,78	[kg]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	4,00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,3058	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,8704	[kg/cm <sup>2</sup> ]

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 37.16$	$N_q = 22.46$	$N_\gamma = 19.32$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 37.16$	$N'_q = 22.46$	$N'_\gamma = 19.32$
----------------	----------------	---------------------

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	22.52
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	39.04

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni****Combinazione n° 16**

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sfuerzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sfuerzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,29	100,00	658	-6	193	0,87	0,06	357	26	107,30	13,52
2	0,71	100,00	1707	75	650	4,38	0,22	964	197	33,40	4,89
3	1,00	200,00	2418	-972	988	40,20	0,27	3784	433	42,93	8,74
4	1,43	200,00	4341	-619	1420	14,26	0,12	5860	953	31,22	6,15
5	1,86	200,00	6227	-93	1755	1,50	0,30	7897	1637	26,34	4,82
6	2,16	300,00	7864	-3082	1958	39,18	0,06	16968	2194	34,65	7,73
7	2,63	300,00	10914	-2318	2301	21,24	0,21	21777	3203	30,82	6,80
8	3,10	300,00	14135	-1121	2652	7,93	0,40	26575	4374	27,95	6,08

**COMBINAZIONE n° 17**

Valore della spinta statica	512,26	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	501,06	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	106,50	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,33	[m]	Y = -0,28	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	14,00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55,00	[°]		

Incremento sismico della spinta	56,21	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,33	[m]	Y = -0,28	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	53,43	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	2026,64	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,11	[m]	Y = -1,59	[m]
Inerzia del muro	1148,30	[kg]		
Inerzia verticale del muro	0,00	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	109,14	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	1813,48	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	23467,48	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-2970,00	[kg]
Sfuerzo normale sul piano di posa della fondazione	23516,55	[kg]
Sfuerzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	991,53	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,32	[m]
Lunghezza fondazione reagente	4,00	[m]
Risultante in fondazione	23537,44	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	2,41	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-7524,30	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	918004,78	[kg]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	4,00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,3058	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,8704	[kg/cmq]

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 37.16$	$N_q = 22.46$	$N_r = 19.32$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_r = 1,00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 37.16$	$N'_q = 22.46$	$N'_r = 19.32$
----------------	----------------	----------------

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	22.52
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	39.04

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni****Combinazione n° 17**

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,29	100,00	658	-6	193	0,87	0,06	357	26	107,30	13,52
2	0,71	100,00	1707	75	650	4,38	0,22	964	197	33,40	4,89
3	1,00	200,00	2418	-972	988	40,20	0,27	3784	433	42,93	8,74
4	1,43	200,00	4341	-619	1420	14,26	0,12	5860	953	31,22	6,15
5	1,86	200,00	6227	-93	1755	1,50	0,30	7897	1637	26,34	4,82
6	2,16	300,00	7864	-3082	1958	39,18	0,06	16968	2194	34,65	7,73
7	2,63	300,00	10914	-2318	2301	21,24	0,21	21777	3203	30,82	6,80
8	3,10	300,00	14135	-1121	2652	7,93	0,40	26575	4374	27,95	6,08

**COMBINAZIONE n° 18**

Valore della spinta statica	512,26	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	501,06	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	106,50	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,33	[m]	Y = -0,28	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	14,00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55,00	[°]		
Incremento sismico della spinta	56,21	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,33	[m]	Y = -0,28	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	53,43	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	2026,64	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,11	[m]	Y = -1,59	[m]
Inerzia del muro	1148,30	[kg]		
Inerzia verticale del muro	0,00	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	109,14	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	1813,48	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	23467,48	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-2970,00	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	23516,55	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	991,53	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,32	[m]
Lunghezza fondazione reagente	4,00	[m]
Risultante in fondazione	23537,44	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	2,41	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-7524,30	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	918004,78	[kg]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	4,00	[m]
-------------------------------	------	-----

Tensione terreno allo spigolo di valle	0,3058	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,8704	[kg/cmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 37,16$	$N_q = 22,46$	$N_\gamma = 19,32$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 37,16$	$N'_q = 22,46$	$N'_\gamma = 19,32$
----------------	----------------	---------------------

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	22.52
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	39.04

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni**Combinazione n° 18

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,29	100,00	658	-6	193	0,87	0,06	357	26	107,30	13,52
2	0,71	100,00	1707	75	650	4,38	0,22	964	197	33,40	4,89
3	1,00	200,00	2418	-972	988	40,20	0,27	3784	433	42,93	8,74
4	1,43	200,00	4341	-619	1420	14,26	0,12	5860	953	31,22	6,15
5	1,86	200,00	6227	-93	1755	1,50	0,30	7897	1637	26,34	4,82
6	2,16	300,00	7864	-3082	1958	39,18	0,06	16968	2194	34,65	7,73
7	2,63	300,00	10914	-2318	2301	21,24	0,21	21777	3203	30,82	6,80
8	3,10	300,00	14135	-1121	2652	7,93	0,40	26575	4374	27,95	6,08

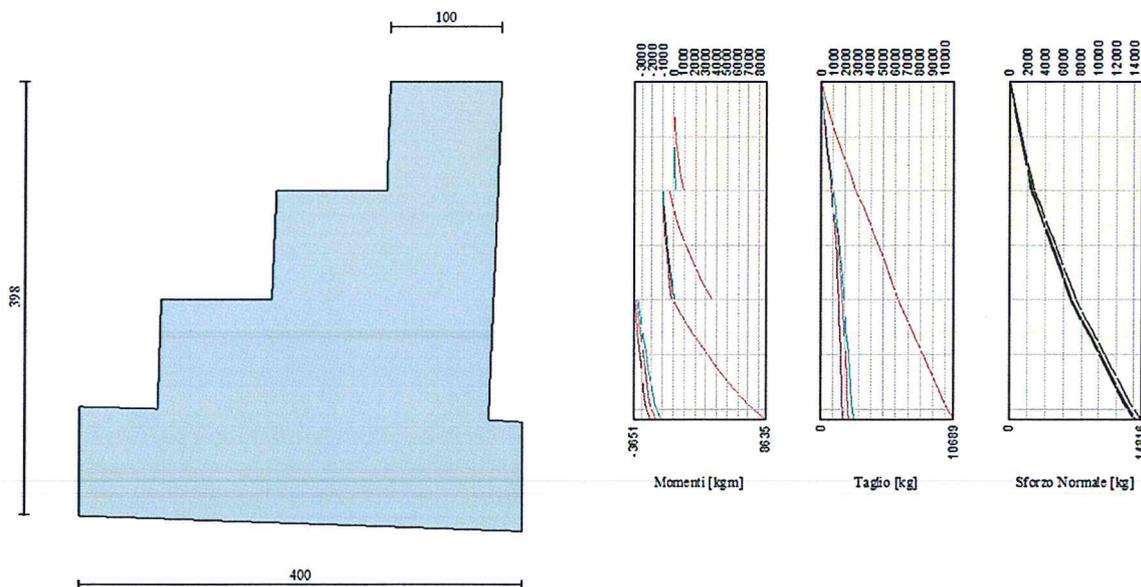


Diagramma involuppo delle sollecitazioni paramento

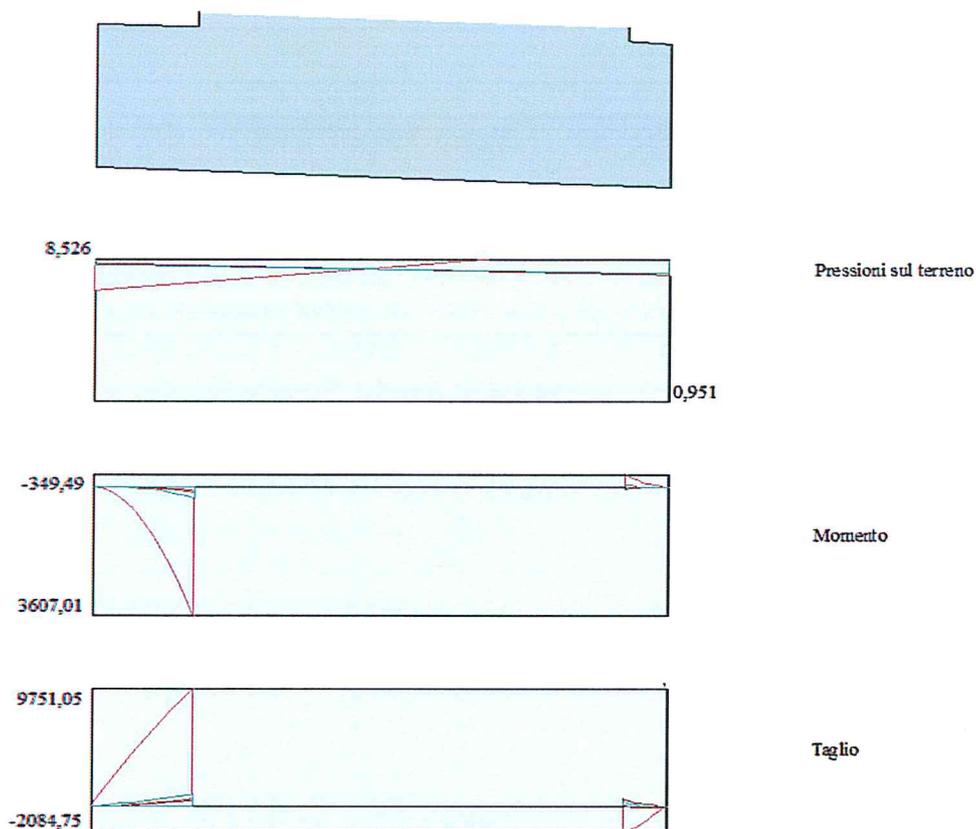
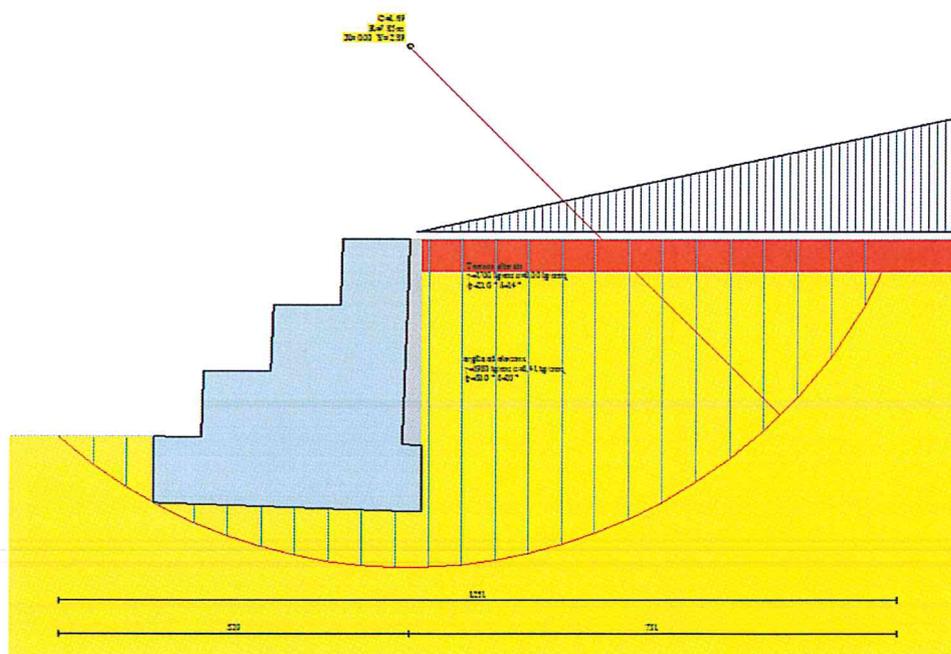


Diagramma involucro delle sollecitazioni in fondazione



Cerchio critico con coefficiente di sicurezza minimo Cs=1,69