



REGIONE  
TOSCANA



CITTÀ  
METROPOLITANA  
DI FIRENZE



COMUNE DI  
SCARPERIA  
E SAN PIERO



COMUNE DI  
BARBERINO  
DI MUGELLO

**SOGGETTO PROPONENTE**



Struttura Territoriale Toscana  
Viale dei Mille 36 - Firenze FI  
Stefano Liani, Ingegnere

**SOGGETTO ATTUATORE**



Cafaggiolo Srl  
Viale Nazionale 8 - Barberino di Mugello FI  
Alfredo Mauricio Lowenstein, Legale Rappresentante

**Lavori per la realizzazione della Variante alla  
S.S. 65 della Futa da parte di soggetto privato ai  
sensi dell'art. 20 D.lgs 50/2016  
Valorizzazione della villa medicea di Cafaggiolo**

**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICO/DEFINITIVO**

**VERIFICA DI ASSOGGETTABILITA' A V.I.A.**



Arch. Fabrizio Romozzi - Project Manager  
Attività tecnico amministrativa e di coordinamento

**Cafaggiolo Srl**

Via Nazionale 16  
50031 Barberino di Mugello (FI)  
P.IVA 01998740979  
info@castellodicafaggiolo.com  
castellodicafaggiolo@legalmail.it  
www.castellodicafaggiolo.com

**Advisor**



Dott.ssa  
Antonella Scotese

**Attività di assistenza e  
consulenza legale**



Avv. Giuseppe Giuffrè

PROTOCOLLO

DATA



Via Campo di Marte 8/A - 06124 Perugia (PG)  
tel/fax 075 830563 - 8309014  
info@abacusprogetti.it  
www.abacusprogetti.it

**PROGETTISTA RESPONSABILE**  
Ing. Maurizio Serafini

Ing. Arch. Chiara Pimpinelli  
Ing. Adrian Martin Torres  
Ing. Lorenzo Serafini  
Ing. Roberto Pedicini  
Ing. Sara Berretta  
Geom. Stefania Pifferi



Viale G. Savonarola 15 - 54033 Carrara (MS)  
tel. 0585 87687  
info@tecnocreo.it  
www.tecnocreo.it

**DIRETTORE TECNICO**  
Ing. Matteo Bertoneri

**GEOLOGIA E GEOTECNICA**  
Relazione geotecnica

NOME FILE				REVISIONE	SCALA
04D_GG0201_A				A	-
CODICE ELAB	0	4	D	GG	0201
D					
C					
B					
A	Consegna progetto definitivo	Ottobre 2022	G. Fanelli	M.Serafini	M.Serafini
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

# INDICE

<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1 Introduzione.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 Ubicazione dell'area .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Interventi previsti .....</b>	<b>3</b>
<b>2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE.....</b>	<b>3</b>
<b>3 CAMPAGNA DI INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE E MODELLO GEOTECNICO .....</b>	<b>5</b>
<b>4 MODELLAZIONE SISMICA .....</b>	<b>5</b>
<b>4.1 Pericolosità Sismica, Azione Sismica e Spettri di Risposta Elastici .....</b>	<b>5</b>
<b>4.2 Caratterizzazione Sismica dell'area.....</b>	<b>6</b>
<b>4.3 Parametri Utili al Calcolo dell'Azione Sismica.....</b>	<b>7</b>
<b>5 DOPPIA PARATIA DI PALI .....</b>	<b>8</b>
<b>5.1 Modello geotecnico .....</b>	<b>10</b>
<b>5.2 Azioni.....</b>	<b>11</b>
<b>5.3 Verifiche .....</b>	<b>11</b>
<b>6 GABBIONI.....</b>	<b>13</b>
<b>ALLEGATO 1: OUTPUT DI CALCOLO DELLA PARATIA DI PALI DI VALLE.....</b>	<b>14</b>
<b>ALLEGATO 2: OUTPUT DI CALCOLO DEI GABBIONI.....</b>	<b>15</b>

## **PREMESSA**

### **1.1 INTRODUZIONE**

Il presente elaborato contiene la Relazione Geotecnica relativa ai lavori per la realizzazione della variante stradale della SR 65 della Futa in Loc. Cafaggiolo (Firenze), commissionata dalla Soc. Cafaggiolo Agricola . Lo studio costituisce uno strumento atto a individuare i litotipi interessati dall'intervento relazionati alle caratteristiche geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche del luogo, così da fornire le indicazioni utili ad un'opportuna progettazione delle opere strutturali e di sostegno previste nel progetto.

Si precisa che al momento dell'emissione della presente relazione non sono disponibili i risultati delle indagini geognostiche, di imminente avvio; pertanto la caratterizzazione geotecnica dovrà essere aggiornata in seguito alla conclusione della campagna di indagini geognostiche.

Lo studio ha lo scopo di evidenziare i seguenti aspetti dell'area:

- caratteristiche geomorfologiche;
- caratteristiche geotecniche;
- caratteristiche sismiche.

### **1.2 UBICAZIONE DELL'AREA**

Il nuovo tracciato stradale si propone come alternativa alla SS65 della Futa, strada di importanza nazionale che collega Bologna a Firenze. In particolare la variante stradale in progetto è collocata nei pressi di Cafaggiolo (Firenze) e inizierà a est del Lago di Bilancino, costeggiando il Monte Beccai, terminando nell'intersezione con la SP 129 (Figura 1).



*Figura 1: inquadramento planimetrico della zona oggetto dell'intervento*

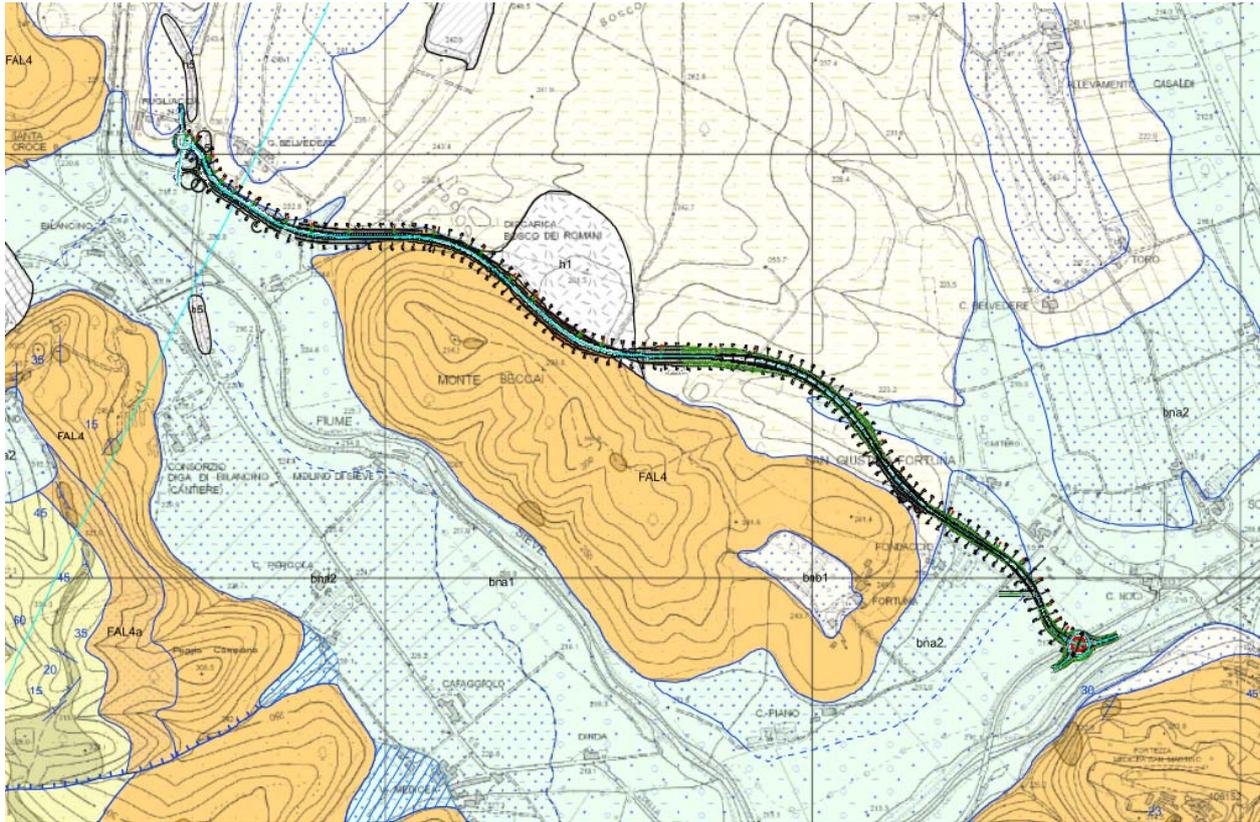
### **1.3 INTERVENTI PREVISTI**

Lungo il tracciato sono previste le seguenti opere:

- Un ponte di 38 m e uno di 22 m;
- Due sottovia stradali;
- Due passi faunistici;
- Terre rinforzate
- Gabbioni
- Doppia paratia di pali;
- Due attraversamenti idraulici.

## **2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE**

In Figura 2 è mostrata la sovrapposizione tra la Carta Geologica Carg e il tracciato in progetto.



**DEPOSITI OLOCENICI**

	h1	Depositi antropici Discariche per inerti e rifiuti solidi
	h5	Depositi antropici Terreni di riporto, bonifica per colmata
	bna1,2...n	Depositi alluvionali terrazzati
	bna1,2...n (GSL)	Depositi alluvionali terrazzati
	bna1,2...n (SL)	Depositi alluvionali terrazzati
	bna1,2...n (SLG)	Depositi alluvionali terrazzati
	bna1,2...n (GS)	Depositi alluvionali terrazzati
	bna1,2...n (SL)	Depositi alluvionali terrazzati
	b2a	Depositi eluvio-colluviali

**DEPOSITI PLEISTOCENICI**

	bnb1,2...n (SL)	Depositi alluvionali terrazzati
	e2b	Depositi palustri
	e3b	Depositi palustri

**UNITA' TETTONICHE TOSCANE  
 UNITA' DI CERVAROLA-FALTERONA**

	FAL5	ARENARIE DI M. FALTERONA Membro di fosso delle valli Miocene inf.
	FAL4	ARENARIE DI M. FALTERONA Membro di Lonanno Miocene inf.
	FAL4a	ARENARIE DI M. FALTERONA Membro di Galiga Miocene inf.

Figura 2: Carta Geologica della Regione Umbria

Come si può notare, la parte centrale del tracciato è in affiancamento alla formazione litoide **FAL4** (Arenarie di M. Falterona), costituente il M. Beccai, caratterizzata da Siltiti, argilliti e marne prevalenti,  $A/P < 1/4$ , con presenza di sottili livelli di arenarie fini il cui spessore non supera mai i 20 cm. La potenza è di qualche decina di metri.

Il resto del tracciato attraversa unità geologiche più recenti come i depositi palustri (**e2b**), formati da limi e argille limose. Infine, nel tratto finale, i litotipi interessati dall'opera sono i depositi alluvionali terrazzati, distinti tra **bn1** (Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla con frazione fine abbondante) e **bn2** (argille ghiaiose, sabbiose o limose).

### 3 CAMPAGNA DI INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE E MODELLO GEOTECNICO

Le indagini geognostiche sono state programmate in modo da definire correttamente il modello geotecnico nell'area in cui sarà realizzata la variante in oggetto. Al momento della consegna del progetto definitivo le indagini geognostiche non sono ancora state svolte. Pertanto, in questa fase, si farà riferimento a dati bibliografici per la caratterizzazione geotecnica e per la stima degli spessori dei terreni in sito, che sarà aggiornata nel successivo step progettuale, non appena disponibili i risultati della campagna di indagini geognostiche.

Si considerano nei calcoli delle opere strutturali il seguente modello geotecnico:

	<i>Spessore</i>	<i>Coesione</i>	<i>Angolo d'attrito</i>	<i>Peso specifico</i>
<i>Depositi alluvionali</i>	Fino a 5 m	12 kPa	24°	19 kN/m <sup>3</sup>
<i>Arenarie</i>	-	100 kPa	22°	23 kN/m <sup>3</sup>

Lo spessore dei depositi alluvionali varia in funzione della posizione, riducendosi fino ad annullarsi in adiacenza al M. Beccai dove la formazione arenacea litoide è sub-affiorante.

## 4 MODELLAZIONE SISMICA

### 4.1 PERICOLOSITÀ SISMICA, AZIONE SISMICA E SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI

Per definire la pericolosità sismica di un sito sono necessari i seguenti parametri geografici e temporali: i valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$  (in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale), le coordinate geografiche dei nodi del reticolo di riferimento, i periodi di ritorno per le diverse probabilità di superamento.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito dell'INGV, presi in considerazione nel presente elaborato.

Una volta calcolata l'entità dell'accelerazione di picco  $a_g$  attesa per un determinato sito, risulta possibile definire le ordinate dello spettro di risposta elastico da utilizzare nella progettazione.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, tenendo conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

## 4.2 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA

La zona sismica per il territorio di Barberino di Mugello, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Deliberazione della Giunta Regionale Toscana n. 421 del 26 maggio 2014 è indicata come **Zona sismica 2: zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti.**

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima ( $a_g$ ) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Zona sismica	Descrizione	accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [ag]	accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [ag]	numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$a_g > 0,25 \text{ g}$	0,35 g	703
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25 \text{ g}$	0,25 g	2.224
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15 \text{ g}$	0,15 g	3.002
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$a_g \leq 0,05 \text{ g}$	0,05 g	1.982

### 4.3 PARAMETRI UTILI AL CALCOLO DELL'AZIONE SISMICA

Le caratteristiche dell'opera oggetto di progettazione (con **vita nominale** di progetto  $V_N \geq 100$  anni) vengono inserite in **classe d'uso III** (*Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza*), cui corrisponde un coefficiente d'uso  $C_U = 1.5$ . Da cui si ricava il *periodo di riferimento* per l'azione sismica  $V_R$  dato da:

$$V_R = V_N * C_U = 100 * 1.5 = 150 \text{ anni}$$

Nella presente progettazione sono stati ipotizzati i seguenti parametri sismici:

Categoria di sottosuolo	A
Categoria topografica	T2



A favore di sicurezza non è stato modellato il carico stradale di valle, che svolge un'azione stabilizzante nei confronti di un eventuale cinematismo di collasso della paratia.

I pali saranno armati con  $16\phi 16$  e con staffe  $\phi 10/15$ , mentre il cordolo avrà ferri  $\phi 14$  e staffe  $\phi 8/20$  (Figura 5).

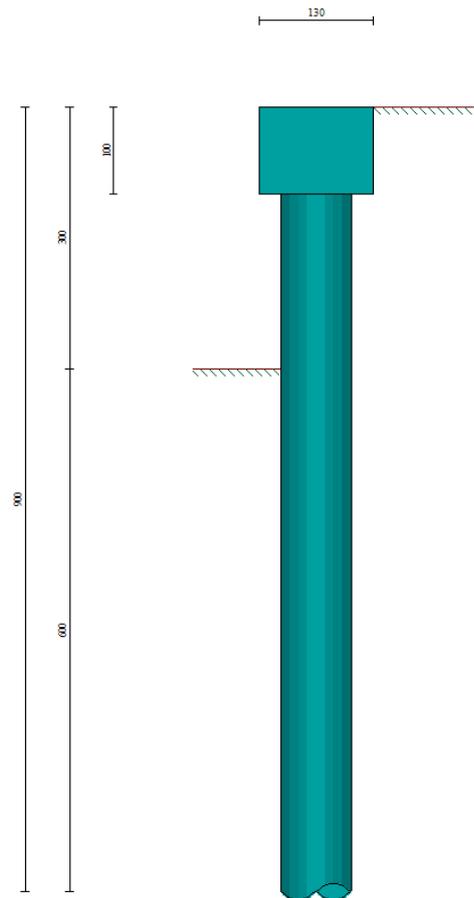


Figura 4: sezione del palo di fondazione e del cordolo di collegamento

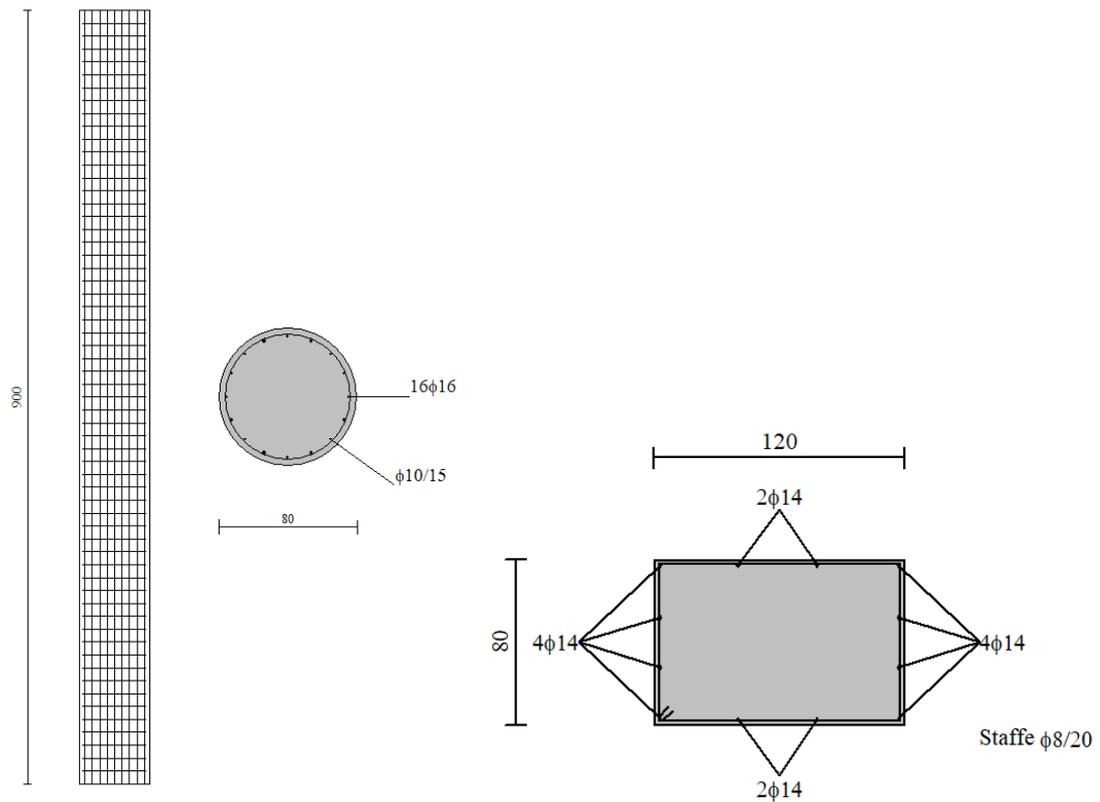


Figura 5: armature del palo di fondazione e del cordolo di collegamento

## 5.1 MODELLO GEOTECNICO

I terreni di riferimento sono quasi esclusivamente rocciosi, costituiti dalle arenarie della formazione di M. Falterona, con proprietà fisico-meccaniche molto buone. A favore di sicurezza, nel modello è stato comunque considerato uno strato superficiale di depositi alluvionali di alcuni metri (Figura 6).

I parametri geotecnici impiegati nei calcoli sono quelli descritti al Cap. 3.

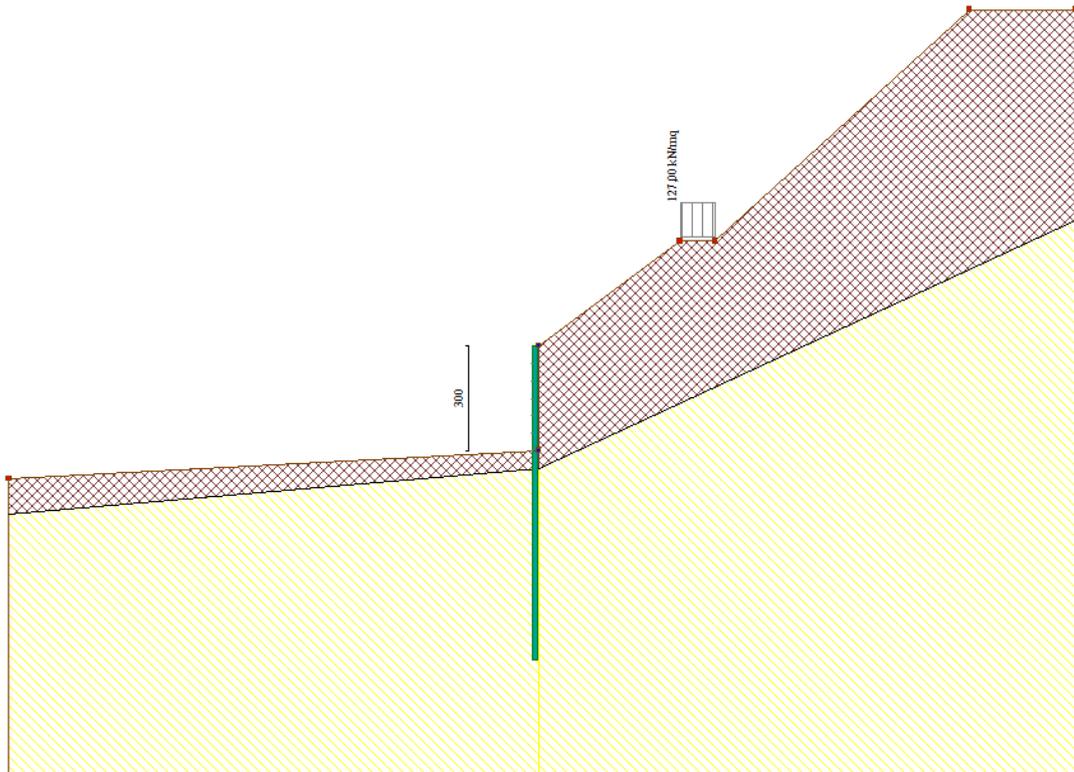


Figura 6: modello di calcolo della paratia di valle

## 5.2 AZIONI

Le azioni considerate sono riferite al peso proprio dell'opera, alla spinta del terrapieno e all'azione sismica.

La presenza della paratia di monte è stata modellata come un carico verticale di 127 kN/m.

## 5.3 VERIFICHE

Di seguito sono mostrati i risultati sintetici ottenuti per le combinazioni di calcolo considerate:

Elenco Combinazioni			
Combinazioni generate			
N°	Caso	Sisma	
◆ 1	A1-M1	Assente	
2	A2-M2	Assente	
3	A2-M2	H +V [0,00]	
4	SLER	Assente	
5	SLEF	Assente	
6	SLEQ	Assente	

Risultati Analisi		
Combinazione 1 [A1-M1]		
Spinta sulla paratia [kN]	94,102	Y[m]= 1,987
Carichi esterni [kN]	0,000	Y[m]= 0,000
Spinta falda [kN]	---	Y[m]= ---
Resistenza passiva [kN]	-153,446	Y[m]= 4,332
Controspinta [kN]	59,345	Y[m]= 8,050
Sforzo tiranti [kN]	---	Y[m]= ---
Reazioni vincolari [kN]	0,000	Y[m]= 0,00
Reazioni puntoni [kN]	---	Y[m]= ---
Spostamento massimo [cm]	0,756	Y[m]= 0,000
Profondità di infissione [m]		6,000
Punto di nullo [m]		0,271
Punto di inversione [m]	pv	0,550
Centro di rotazione [m]		3,333
Percentuale molle plasticizzate		8,26(3,80)
Coef. sicurezza stabilità globale	--	

Risultati Analisi		
Combinazione 2 [A2-M2]		
Spinta sulla paratia [kN]	115,617	Y[m]= 2,139
Carichi esterni [kN]	0,000	Y[m]= 0,000
Spinta falda [kN]	---	Y[m]= ---
Resistenza passiva [kN]	-184,447	Y[m]= 4,352
Controspinta [kN]	68,831	Y[m]= 8,069
Sforzo tiranti [kN]	---	Y[m]= ---
Reazioni vincolari [kN]	0,000	Y[m]= 0,00
Reazioni puntoni [kN]	---	Y[m]= ---
Spostamento massimo [cm]	0,886	Y[m]= 0,000
Profondità di infissione [m]		6,000
Punto di nullo [m]		0,486
Punto di inversione [m]	pv	0,550
Centro di rotazione [m]		3,376
Percentuale molle plasticizzate		9,09(6,47)
Coef. sicurezza stabilità globale	2,784	

Risultati Analisi		
Combinazione 3 [A2-M2 S] -SISMICA		
Spinta sulla paratia [kN]	185,389	Y[m]= 2,200
Carichi esterni [kN]	0,000	Y[m]= 0,000
Spinta falda [kN]	---	Y[m]= ---
Resistenza passiva [kN]	-295,069	Y[m]= 4,387
Controspinta [kN]	109,680	Y[m]= 8,084
Sforzo tiranti [kN]	---	Y[m]= ---
Reazioni vincolari [kN]	0,000	Y[m]= 0,00
Reazioni puntoni [kN]	---	Y[m]= ---
Spostamento massimo [cm]	1,417	Y[m]= 0,000
Profondità di infissione [m]		6,000
Punto di nullo [m]		0,493
Punto di inversione [m]	pv	0,750
Centro di rotazione [m]		3,410
Percentuale molle plasticizzate		12,40(10,46)
Coef. sicurezza stabilità globale	3,007	

Risultati Analisi		
Combinazione 4 [SLER]		
Spinta sulla paratia [kN]	58,744	Y[m]= 2,101
Carichi esterni [kN]	0,000	Y[m]= 0,000
Spinta falda [kN]	---	Y[m]= ---
Resistenza passiva [kN]	-93,167	Y[m]= 4,301
Controspinta [kN]	34,423	Y[m]= 8,056
Sforzo tiranti [kN]	---	Y[m]= ---
Reazioni vincolari [kN]	0,000	Y[m]= 0,00
Reazioni puntoni [kN]	---	Y[m]= ---
Spostamento massimo [cm]	0,436	Y[m]= 0,000
Profondità di infissione [m]		6,000
Punto di nullo [m]		0,007
Punto di inversione [m]	pv	0,550
Centro di rotazione [m]		3,345
Percentuale molle plasticizzate		5,79(2,64)
Coef. sicurezza stabilità globale	--	

Risultati Analisi		
Combinazione 5 [SLEF]		
Spinta sulla paratia [kN]	58,744	Y[m]= 2,101
Carichi esterni [kN]	0,000	Y[m]= 0,000
Spinta falda [kN]	---	Y[m]= ---
Resistenza passiva [kN]	-93,167	Y[m]= 4,301
Controspinta [kN]	34,423	Y[m]= 8,056
Sforzo tiranti [kN]	---	Y[m]= ---
Reazioni vincolari [kN]	0,000	Y[m]= 0,00
Reazioni puntoni [kN]	---	Y[m]= ---
Spostamento massimo [cm]	0,436	Y[m]= 0,000
Profondità di infissione [m]		6,000
Punto di nullo [m]		0,007
Punto di inversione [m]	pv	0,550
Centro di rotazione [m]		3,345
Percentuale molle plasticizzate		5,79(2,64)
Coef. sicurezza stabilità globale	--	

Risultati Analisi		
Combinazione 6 [SLEQ]		
Spinta sulla paratia [kN]	58,744	Y[m]= 2,101
Carichi esterni [kN]	0,000	Y[m]= 0,000
Spinta falda [kN]	---	Y[m]= ---
Resistenza passiva [kN]	-93,167	Y[m]= 4,301
Controspinta [kN]	34,423	Y[m]= 8,056
Sforzo tiranti [kN]	---	Y[m]= ---
Reazioni vincolari [kN]	0,000	Y[m]= 0,00
Reazioni puntoni [kN]	---	Y[m]= ---
Spostamento massimo [cm]	0,436	Y[m]= 0,000
Profondità di infissione [m]		6,000
Punto di nullo [m]		0,007
Punto di inversione [m]	pv	0,550
Centro di rotazione [m]		3,345
Percentuale molle plasticizzate		5,79(2,64)
Coef. sicurezza stabilità globale	--	

Il dettaglio dei calcoli eseguiti è contenuto nell'output di calcolo del programma, in allegato alla presente relazione come allegato 1.

## 6 GABBIONI

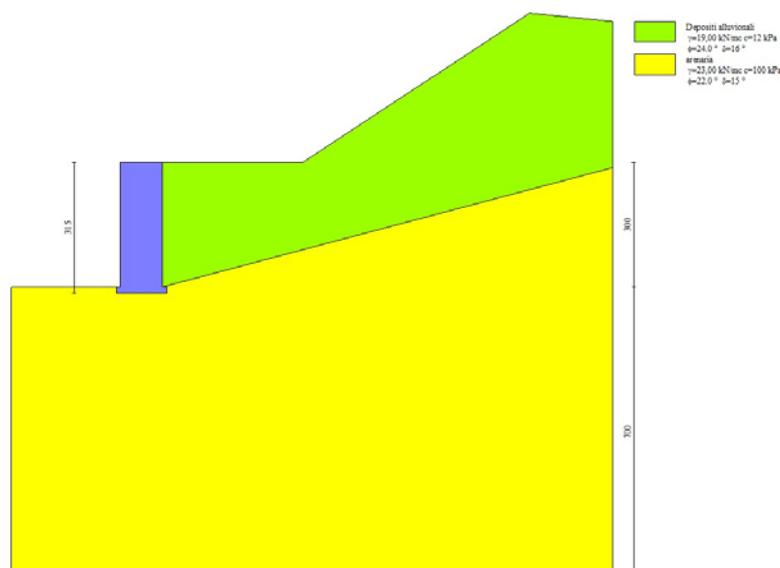
Lungo il tracciato, per uno sviluppo di 215 m, è previsto l'impiego di gabbionature come opere di sostegno poste a lato della carreggiata, sul lato opposto al Monte Beccai, dalla sezione 39 alla sezione 43 (si veda l'elaborato grafico Sezioni Trasversali per un maggior dettaglio).

In particolare, saranno impiegati n. 3 ordini di gabbioni sovrapposti di dimensioni 1x1 m, sfalsati in altezza di 20 cm.

Le verifiche geotecniche dei gabbioni sono state eseguite con il software di calcolo MAX16 della ditta Aztec Informatica e sono allegate alla presente relazione come allegato 2.

La stratigrafia considerata nelle verifiche è mostrata nella seguente Figura. I parametri geotecnici associati ai singoli strati sono quelli contenuti nel modello geotecnico (Cap. 3). Il substrato di riferimento è costituito, come per la verifica della paratia di pali, dalle arenarie. Nei primi metri di terreno di monte sono stati considerati cautelativamente i depositi alluvionali, ma nella realtà lo spessore degli stessi è inferiore a quello considerato nei calcoli visto che le sezioni stradali in cui saranno posti i gabbioni sono il risultato di scavi importanti, fino a 8 m circa (lo strato superficiale occupato dai depositi alluvionali sarà quindi asportato durante lo scavo).

Tutte le verifiche condotte ai sensi del D.M. 17-01-2018 risultano soddisfatte.



## **ALLEGATO 1: OUTPUT DI CALCOLO DELLA PARATIA DI PALI DI VALLE**

## 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 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018).
- Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018

## Richiami teorici

### Metodo di analisi

#### *Calcolo della profondità di infissione*

Nel caso generale l'equilibrio della paratia è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la contropinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione.

Nel caso di paratia tirantata nell'equilibrio della struttura intervengono gli sforzi dei tiranti (diretti verso monte); in questo caso, se la paratia non è sufficientemente infissa, la contropinta sarà assente.

Pertanto, il primo passo da compiere nella progettazione è il calcolo della profondità di infissione necessaria ad assicurare l'equilibrio fra i carichi agenti (spinta attiva, resistenza passiva, contropinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).

Nel calcolo classico delle paratie si suppone che essa sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (*Centro di rotazione*) posto al di sotto della linea di fondo scavo (per paratie non tirantate).

Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla paratia. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.

Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

$K_{am}$	diagramma della spinta attiva agente da monte
$K_{av}$	diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata
$K_{pm}$	diagramma della spinta passiva agente da monte
$K_{pv}$	diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

$$D_m = K_{pm} - K_{av} \quad \text{e} \quad D_v = K_{pv} - K_{am}$$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla paratia. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.

Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione si può agire con tre modalità:

1. applicazione di un coefficiente moltiplicativo alla profondità di infissione strettamente necessaria per l'equilibrio
2. riduzione della spinta passiva tramite un coefficiente di sicurezza
3. riduzione delle caratteristiche del terreno tramite coefficienti di sicurezza su  $\tan(\phi)$  e sulla coesione

#### *Calcolo delle spinte*

### **Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)**

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb: cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea o spezzata (nel caso di terreno stratificato).

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 valore della 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).

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 nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.

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

### **Spinta in presenza di sisma**

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

Il metodo di Mononobe-Okabe considera nell'equilibrio del cuneo spingente la forza di inerzia dovuta al sisma. Indicando con  $W$  il peso del cuneo e con  $C$  il coefficiente di intensità sismica la forza di inerzia valutata come

$$F_i = W \cdot C$$

Indicando con  $S$  la spinta calcolata in condizioni statiche e con  $S_s$  la spinta totale in condizioni sismiche l'incremento di spinta è ottenuto come

$$DS = S \cdot S_s$$

L'incremento di spinta viene applicato a 1/3 dell'altezza della parete stessa (diagramma triangolare con vertice in alto).

### Analisi ad elementi finiti

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare (si fa riferimento ad un metro di larghezza) con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia  $I$  e l'area  $A$  per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia.

La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta  $L$  la lunghezza libera del tirante,  $A_r$  l'area di armatura nel tirante ed  $E_s$  il modulo elastico dell'acciaio è inserito un elemento di lunghezza pari ad  $L$ , area  $A_r$ , inclinazione pari a quella del tirante e modulo elastico  $E_s$ . La parte interrata della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza, come visto sopra, pari a circa 5 centimetri.

I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

### Schematizzazione del terreno

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidezza della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo,  $k$ , è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo  $[F/L^3]$ . È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se  $m$  è l'interesse fra le molle (in cm) e  $b$  è la larghezza della paratia in direzione longitudinale ( $b=100$  cm) l'area equivalente della molla sarà  $A_m = m \cdot b$ .

Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidezza flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidezza di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidezza degli elementi della paratia (elementi a rigidezza flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidezza dei tiranti (solo rigidezza assiale) e delle molle (rigidezza assiale).

### Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno

A questo punto vediamo come è effettuata l'analisi. Un tipo di analisi molto semplice e veloce sarebbe l'analisi elastica (peraltro disponibile nel programma **PAC**). Ma si intuisce che considerare il terreno con un comportamento infinitamente elastico è una approssimazione alquanto grossolana. Occorre quindi introdurre qualche correttivo che meglio ci aiuti a modellare il terreno. Fra le varie soluzioni possibili una delle più praticabili e che fornisce risultati soddisfacenti è quella di considerare il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Rimane da scegliere il criterio di plasticizzazione del terreno (molle). Si può fare riferimento ad un criterio di tipo cinematico: la resistenza della molla cresce con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore  $X_{max}$ ; una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Un altro criterio può essere di tipo statico: si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al raggiungimento di una pressione  $p_{max}$ . Tale pressione  $p_{max}$  può essere imposta pari al valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla. D'altronde un ulteriore criterio si può ottenere dalla combinazione dei due descritti precedentemente: plasticizzazione o per raggiungimento dello spostamento limite o per raggiungimento della pressione passiva. Dal punto di vista strettamente numerico è chiaro che l'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche). Questo comporta un aggravio computazionale non indifferente. L'entità di tale aggravio dipende poi dalla particolare tecnica adottata per la soluzione. Nel caso di analisi elastica lineare il problema si risolve immediatamente con la soluzione del sistema fondamentale ( $K$  matrice di rigidezza,  $u$  vettore degli spostamenti nodali,  $p$  vettore dei carichi nodali)

$$Ku = p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale  $p_0$ , fino a raggiungere il carico totale  $p$ . Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassembleta escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidezza è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassetto e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*).

Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti, la deformazione è direttamente leggibile, mentre la

pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre, dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

### Analisi per fasi di scavo

L'analisi della paratia per fasi di scavo consente di ottenere informazioni dettagliate sullo stato di sollecitazione e deformazione dell'opera durante la fase di realizzazione. In ogni fase lo stato di sollecitazione e di deformazione dipende dalla 'storia' dello scavo (soprattutto nel caso di paratie tirantate o vincolate).

Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, tenendo conto delle deformazioni dello stato precedente. Ad esempio, se sono presenti dei tiranti passivi si inserirà nell'analisi della fase la 'molla' che lo rappresenta. Indicando con  $u$  ed  $u_0$  gli spostamenti nella fase attuale e nella fase precedente, con  $s$  ed  $s_0$  gli sforzi nella fase attuale e nella fase precedente e con  $K$  la matrice di rigidezza della 'struttura' la relazione sforzi-deformazione è esprimibile nella forma

$$s = s_0 + K(u - u_0)$$

In sostanza analizzare la paratia per fasi di scavo oppure 'direttamente' porta a risultati abbastanza diversi sia per quanto riguarda lo stato di deformazione e sollecitazione dell'opera sia per quanto riguarda il tiro dei tiranti.

### Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1,10.

È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare.

In particolare, il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_{i=0}^n \left[ \frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \varphi_i}{m} \right]}{\sum_{i=0}^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine  $m$  è espresso da

$$m = \left( 1 + \frac{\tan \varphi_i \tan \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione  $n$  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,  $c_i$  e  $\varphi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $\eta$ . Quindi essa è risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $\eta$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare fin quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

### Analisi dei pali

Per l'analisi della capacità portante dei pali occorre determinare alcune caratteristiche del terreno in cui si va ad operare. In particolare bisogna conoscere l'angolo d'attrito  $\phi$  e la coesione  $c$ . Per pali soggetti a carichi trasversali è necessario conoscere il modulo di reazione laterale o il modulo elastico laterale.

La capacità portante di un palo solitamente viene valutata come somma di due contributi: portata di base (o di punta) e portata per attrito laterale lungo il fusto. Cioè si assume valida l'espressione:

$$Q_t = Q_p + Q_l - W_p$$

dove:

$Q_T$	portanza totale del palo
$Q_P$	portanza di base del palo
$Q_L$	portanza per attrito laterale del palo
$W_P$	peso proprio del palo

e le due componenti  $Q_p$  e  $Q_l$  sono calcolate in modo indipendente fra loro.

Dalla capacità portante del palo si ricava il carico ammissibile del palo  $Q_A$  applicando il coefficiente di sicurezza della portanza alla punta  $\eta_p$  ed il coefficiente di sicurezza della portanza per attrito laterale  $\eta_l$ .

Palo compresso:

$$Q_d = \frac{Q_p}{\eta_p} + \frac{Q_l}{\eta_l} - W_p$$

Palo tesò:

$$Q_d = \frac{Q_l}{\eta_l} - W_p$$

#### Capacità portante di punta

In generale la capacità portante di punta viene calcolata tramite l'espressione:

$$Q_p = A_p \left( cN'_c + qN'_q + \frac{1}{2} B\gamma N'_\gamma \right)$$

dove:

$A_p$  è l'area portante efficace della punta del palo

$c$  è la coesione

$q$  è la pressione geostatica alla quota della punta del palo

$\gamma$  è il peso specifico del terreno

$D$  è il diametro del palo

$N'_c$ ,  $N'_q$ ,  $N'_\gamma$  sono i coefficienti di capacità portante corretti per tener conto degli effetti di forma e di profondità.

#### Capacità portante per resistenza laterale

La resistenza laterale è data dall'integrale esteso a tutta la superficie laterale del palo delle tensioni tangenziali palo-terreno in condizioni limite:

$$Q_l = \int_S \tau_a dS$$

dove  $\tau_a$  è dato dalla nota relazione di Coulomb

$$\tau_a = c_a + \sigma_h \tan \delta$$

dove:

$c_a$  è l'adesione palo-terreno

$\delta$  è l'angolo di attrito palo-terreno

$\gamma$  è il peso specifico del terreno

$z$  è la generica quota a partire dalla testa del palo

$L$  è la lunghezza del palo

$P$  è il perimetro del palo

$K_s$  è il coefficiente di spinta che dipende dalle caratteristiche meccaniche e fisiche del terreno dal suo stato di addensamento e dalle modalità di realizzazione del palo.

## Dati

### Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di pali**

Altezza fuori terra	3,00	[m]
Profondità di infissione	6,00	[m]
Altezza totale della paratia	9,00	[m]
Lunghezza paratia	194,00	[m]
Numero di file di pali	1	
Interasse fra i pali della fila	1,20	[m]
Diametro dei pali	80,00	[cm]
Numero totale di pali	161	
Numero di pali per metro lineare	0.83	

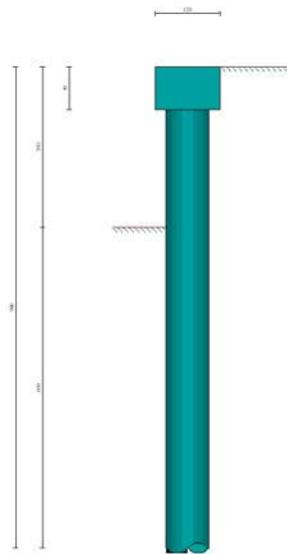


Fig. 1 - Sezione

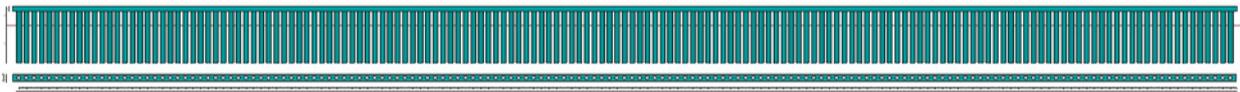


Fig. 2 - Pianta/Prospetto

## Geometria cordoli

### Simbologia adottata

n° numero d'ordine del cordolo  
Y posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

### Cordoli in calcestruzzo

B Base della sezione del cordolo espresso in [cm]  
H Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

### Cordoli in acciaio

A Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cm<sup>2</sup>]  
W Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm<sup>3</sup>]

N°	Y [m]	Tipo	B [cm]	H [cm]	A [cm <sup>2</sup> ]	W [cm <sup>3</sup> ]
1	0,00	Calcestruzzo	120,00	80,00	--	--

## Geometria profilo terreno

### Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, 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 [°]

### Profilo di monte

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
2	4,00	3,00	36.87
3	5,00	3,00	0.00
4	12,20	9,60	42.51
5	15,20	9,60	0.00

### Profilo di valle

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-15,00	-3,80	0.00
2	0,00	-3,00	36.87

## Descrizione terreni

### Simbologia adottata

n° numero d'ordine  
Descrizione Descrizione del terreno  
 $\gamma$  peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]  
 $\gamma_{sat}$  peso di volume saturo del terreno espresso [kN/mc]  
 $\phi$  angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]  
 $\delta$  angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]  
c coesione del terreno espressa in [kPa]  
ca adesione terreno/paratia espressa in [kPa]

### Parametri per il calcolo dei tiranti secondo il metodo di Bustamante-Doix

Cesp coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato  
 $\tau_1$  tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [kPa]

I parametri medi e minimi vengono usati per il calcolo di portanza di progetto dei pali e per la resistenza di progetto a sfilamento dei tiranti

N°	Descrizione	$\gamma$ [kN/mc]	$\gamma_{sat}$ [kN/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [kPa]	ca [kPa]	Cesp	$\tau_1$ [kPa]	
1	Arenaria	23,000	23,000	22.00	14.50	100,0	50,0	1.00	0,0	CAR
				22.00	14.50	100,0	50,0			MIN
				22.00	14.50	100,0	50,0			MED
2	Depositi alluvionali	19,000	19,000	24.00	16.00	12,0	6,0	1.00	0,0	CAR
				24.00	16.00	12,0	6,0			MIN
				24.00	16.00	12,0	6,0			MED

## Descrizione stratigrafia

### Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia  
sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]  
kw costante di Winkler orizzontale espressa in [Kg/cm<sup>2</sup>/cm]  
 $\alpha$  inclinazione dello strato espressa in [°] (M: strato di monte, V: strato di valle)  
Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte, V: strato di valle)

N°	sp [m]	$\alpha_M$ [°]	$\alpha_V$ [°]	Kw <sub>M</sub> [kg/cm <sup>2</sup> /cm]	Kw <sub>V</sub> [kg/cm <sup>2</sup> /cm]	Terreno M	Terreno V
1	3,50	25.00	5.00	0.80	0.80	Depositi alluvionali	Depositi alluvionali

N°	sp [m]	$\alpha_M$ [°]	$\alpha_V$ [°]	$K_{WM}$ [kg/cmq/cm]	$K_{WV}$ [kg/cmq/cm]	Terreno M	Terreno V
2	15,00	0,00	0,00	5,76	5,76	Arenaria	Arenaria

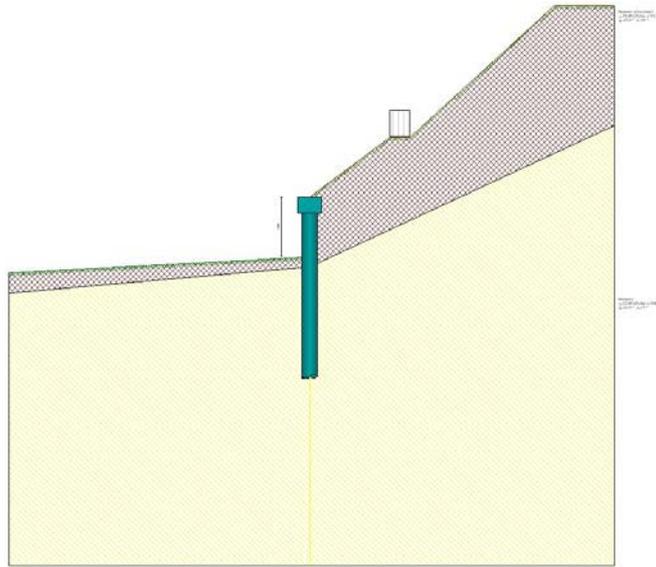


Fig. 3 - Stratigrafia

### Caratteristiche materiali utilizzati

#### Simbologia adottata

$\gamma_{cls}$	Peso specifico cls, espresso in [kN/mc]
Classe cls	Classe di appartenenza del calcestruzzo
Rck	Rigidezza cubica caratteristica, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
Acciaio	Tipo di acciaio
n	Coeff. di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo

Descrizione	$\gamma_{cls}$ [kN/mc]	Classe cls	Rck [kPa]	E [kPa]	Acciaio	n
Paratia	24,52	C20/25	25000	30200389	B450C	15,00
Cordolo/Muro	24,52	C20/25	25000	30200389	B450C	15,00

Coeff. di omogeneizzazione cls teso/compresso 1.00

### Condizioni di carico

#### Simbologia e convenzioni adottate

Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

Ig	Indice di gruppo
$F_x$	Forza orizzontale espressa in [kN], positiva da monte verso valle
$F_y$	Forza verticale espressa in [kN], positiva verso il basso
M	Momento espresso in [kNm], positivo ribaltante
$Q_i, Q_r$	Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kN/mq]
$V_i, V_s$	Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kN/mq], positivi da monte verso valle
R	Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kN]

#### Condizione n° 1 - Permanente - Condizione 1

Carico distribuito sul profilo	$X_i = 4,00$	$X_r = 5,00$	$Q_i = 127,00$	$Q_r = 127,00$
--------------------------------	--------------	--------------	----------------	----------------

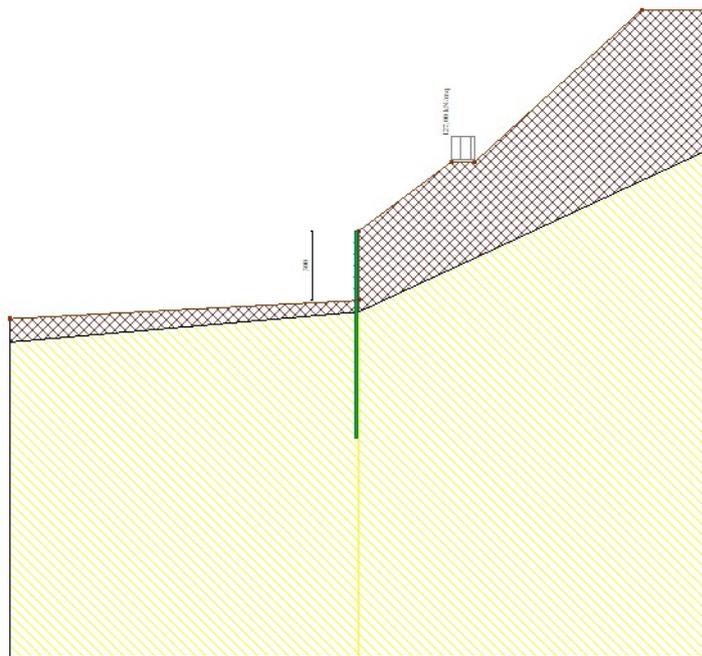


Fig. 4 - Carichi (Condizione n° 1)

### Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

#### Combinazione n° 1 - SLU - STR (A1-M1-R1)

Condizione	Fav/Sfav	$\gamma$	$\Psi$
Spinta terreno	SFAV	1.30	
Condizione 1	SFAV	1.30	1.00

#### Combinazione n° 2 - SLU - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	$\gamma$	$\Psi$
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00

#### Combinazione n° 3 - SLV - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	$\gamma$	$\Psi$
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00

#### Combinazione n° 4 - SLE - Rara

Condizione	Fav/Sfav	$\gamma$	$\Psi$
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00

#### Combinazione n° 5 - SLE - Frequente

Condizione	Fav/Sfav	$\gamma$	$\Psi$
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00

#### Combinazione n° 6 - SLE - Quasi permanente

Condizione	Fav/Sfav	$\gamma$	$\Psi$
------------	----------	----------	--------



	$w_2 = 0.30$
	$w_3 = 0.40$
Metodo di calcolo aperture delle fessure	Circ.Min. 252 (15/10/96) o NTC 2008 - I° Formulazione
Calcolo momento fessurazione	Formazione
Resistenza a trazione per	Trazione

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico	Rara	$\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.80 f_{yk}$
	Quasi permanente	$\sigma_c < 0.45 f_{ck}$ - $\sigma_f < 1.00 f_{yk}$
	Frequente	$\sigma_c < 1.00 f_{ck}$ - $\sigma_f < 1.00 f_{yk}$

Impostazioni di analisi**Analisi per Combinazioni di Carico.**Rottura del terreno:

Pressione passiva

Influenza  $\delta$  (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva  $K_a$  e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale:

Metodo:	Metodo di Bishop
Maglia dei centri	Passo maglia <b>Automatica</b>
Resistenza a taglio paratia	<b><math>V_{Rd}</math></b>

Impostazioni analisi sismica**Identificazione del sito**

Latitudine	44.001045
Longitudine	11.238543
Comune	Barberino Di Mugello
Provincia	Firenze
Regione	Toscana
Punti di interpolazione del reticolo	18949 - 18948 - 19170 - 19171

**Tipo di opera**

Tipo di costruzione	Opera ordinaria
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	II - Normali affollamenti e industrie non pericolose
Vita di riferimento	50 anni

**Combinazioni/Fase**

	<b>SLU</b>	<b>SLE</b>
Accelerazione al suolo $[m/s^2]$	1.885	0.759
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale $F_0$	2.396	2.446
Valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione $T_c^*$ [sec]	0.286	0.264
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.200	1.200
Tipo di sottosuolo	A	
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.000	1.000
Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo ( $\alpha$ )	1.000	1.000
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza $U_s$ [m]	0.035	0.035
Coefficiente di riduzione per spostamento massimo ( $\beta$ )	0.660	0.660
Prodotto $\alpha \beta$	0.660 > 0.2	0.660 > 0.2
Coefficiente di intensità sismica [%]	15.209	6.125
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale (kv)	0.00	
Coefficiente di riduzione ( $\beta_s$ )	0.380	0.470
Coefficiente di intensità sismica nella verifica di stabilità [%]	8.763	4.365

Inerzia massa strutturale **Non considerata**

Influenza sisma nella spinta attiva da monte

---

Forma diagramma incremento sismico: Triangolare con vertice in alto.

## Risultati

### Analisi della paratia

#### L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 60 elementi fuori terra e 120 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incrementi di carico.

Altezza fuori terra della paratia	3,00	[m]
Profondità di infissione	6,00	[m]
Altezza totale della paratia	9,00	[m]

### Analisi della spinta

#### Pressioni terreno

##### Simbologia adottata

Sono riportati i valori delle pressioni in corrispondenza delle sezioni di calcolo
Y ordinata rispetto alla testa della paratia espressa in [m] e positiva verso il basso.
Le pressioni sono tutte espresse in [Pa]
$\sigma_{am}$ sigma attiva da monte
$\sigma_{av}$ sigma attiva da valle
$\sigma_{pm}$ sigma passiva da monte
$\sigma_{pv}$ sigma passiva da valle
$\delta_a$ inclinazione spinta attiva espressa in [°]
$\delta_p$ inclinazione spinta passiva espressa in [°]

#### Combinazione n° 1 - SLU - STR

n°	Y [m]	$\sigma_{am}$ [Pa]	$\sigma_{av}$ [Pa]	$\sigma_{pm}$ [Pa]	$\sigma_{pv}$ [Pa]	$\delta_a$ [°]	$\delta_p$ [°]
1	0,00	0	0	137325	0	16,00	0,00
2	0,10	0	0	156798	0	16,00	0,00
3	0,20	0	0	176270	0	16,00	0,00
4	0,30	0	0	195011	0	16,00	0,00
5	0,40	0	0	213720	0	16,00	0,00
6	0,50	0	0	232405	0	16,00	0,00
7	0,60	0	0	251069	0	16,00	0,00
8	0,70	0	0	269715	0	16,00	0,00
9	0,80	0	0	288347	0	16,00	0,00
10	0,90	39220	0	306967	0	16,00	0,00
11	1,00	39800	0	325576	0	16,00	0,00
12	1,10	40380	0	344176	0	16,00	0,00
13	1,20	41502	0	362769	0	16,00	0,00
14	1,30	42092	0	381354	0	16,00	0,00
15	1,40	42012	0	399935	0	16,00	0,00
16	1,50	42534	0	418509	0	16,00	0,00
17	1,60	43005	0	437080	0	16,00	0,00
18	1,70	43524	0	455646	0	16,00	0,00
19	1,80	44892	0	474209	0	16,00	0,00
20	1,90	45469	0	492769	0	16,00	0,00
21	2,00	45121	0	511326	0	16,00	0,00
22	2,10	45680	0	529880	0	16,00	0,00
23	2,20	46213	0	550846	0	16,00	0,00
24	2,30	46459	0	581707	0	16,00	0,00
25	2,40	47229	0	622051	0	16,00	0,00
26	2,50	47199	0	666260	0	16,00	0,00
27	2,60	47616	0	714740	0	16,00	0,00
28	2,70	48038	0	767389	0	16,00	0,00
29	2,80	48723	0	825082	0	16,00	0,00
30	2,90	49406	0	888583	0	16,00	0,00
31	3,00	49102	0	958730	33736	16,00	0,00
32	3,10	49457	0	1036519	39301	16,00	0,00
33	3,20	49952	0	1121929	44865	16,00	0,00
34	3,30	50913	0	1217688	50259	16,00	0,00
35	3,40	51034	0	1319110	55383	16,00	0,00
36	3,48	50533	0	1398658	59158	16,00	0,00
37	3,50	25358	0	1807905	174526	16,00	0,00
38	3,52	0	0	2228645	290028	14,50	0,00
39	3,60	0	0	1960408	294207	14,50	0,00
40	3,70	0	0	1510552	299908	14,50	0,00
41	3,80	0	0	1381187	305919	14,50	0,00
42	3,90	0	0	1404501	311933	14,50	0,00
43	4,00	0	0	1427902	317948	14,50	0,00
44	4,10	0	0	1451377	323963	14,50	0,00
45	4,20	0	0	1474916	329978	14,50	0,00
46	4,30	0	0	1498510	335994	14,50	0,00
47	4,40	0	0	1522152	342009	14,50	0,00
48	4,50	0	0	1545835	348025	14,50	0,00
49	4,60	0	0	1569554	354040	14,50	0,00
50	4,70	0	0	1593304	360055	14,50	0,00
51	4,80	0	0	1617081	366071	14,50	0,00

n°	Y [m]	$\sigma_{am}$ [Pa]	$\sigma_{av}$ [Pa]	$\sigma_{pm}$ [Pa]	$\sigma_{pv}$ [Pa]	$\delta_a$ [°]	$\delta_p$ [°]
52	4,90	0	0	1640881	372086	14,50	0,00
53	5,00	0	0	1664702	378102	14,50	0,00
54	5,10	0	0	1688541	384117	14,50	0,00
55	5,20	0	0	1712395	390132	14,50	0,00
56	5,30	0	0	1736262	396148	14,50	0,00
57	5,40	0	0	1760142	402163	14,50	0,00
58	5,50	0	0	1784031	408178	14,50	0,00
59	5,60	0	0	1807929	414194	14,50	0,00
60	5,70	0	0	1831835	420209	14,50	0,00
61	5,80	0	0	1851295	426224	14,50	0,00
62	5,90	0	0	1764138	432239	14,50	0,00
63	6,00	0	0	1666427	438254	14,50	0,00
64	6,10	0	0	1661303	444270	14,50	0,00
65	6,20	0	0	1641717	450285	14,50	0,00
66	6,30	0	0	1612032	456300	14,50	0,00
67	6,40	0	0	1601532	462315	14,50	0,00
68	6,50	0	0	1605137	468330	14,50	0,00
69	6,60	0	0	1609235	474345	14,50	0,00
70	6,70	0	0	1630237	480360	14,50	0,00
71	6,80	0	0	1661017	486375	14,50	0,00
72	6,90	0	0	1674088	492390	14,50	0,00
73	7,00	0	0	1676602	498405	14,50	0,00
74	7,10	0	0	1679604	504420	14,50	0,00
75	7,20	0	0	1683030	510435	14,50	0,00
76	7,30	0	0	1686826	516450	14,50	0,00
77	7,40	0	0	1690949	522465	14,50	0,00
78	7,50	0	0	1695359	528479	14,50	0,00
79	7,60	0	0	1700024	534494	14,50	0,00
80	7,70	0	0	1704917	540509	14,50	0,00
81	7,80	0	0	1710013	546524	14,50	0,00
82	7,90	0	0	1715290	552539	14,50	0,00
83	8,00	0	0	1720732	558553	14,50	0,00
84	8,10	4191	0	1726321	564568	14,50	0,00
85	8,20	9314	0	1732044	570583	14,50	0,00
86	8,30	11160	0	1737888	576598	14,50	0,00
87	8,40	12978	0	1743843	582612	14,50	0,00
88	8,50	14786	0	1749898	588627	14,50	0,00
89	8,60	16568	0	1756045	594642	14,50	0,00
90	8,70	18321	0	1762276	600656	14,50	0,00
91	8,80	20074	0	1768584	606671	14,50	0,00
92	8,90	21803	0	1774964	612686	14,50	0,00
93	9,00	23517	0	1781408	618700	14,50	0,00

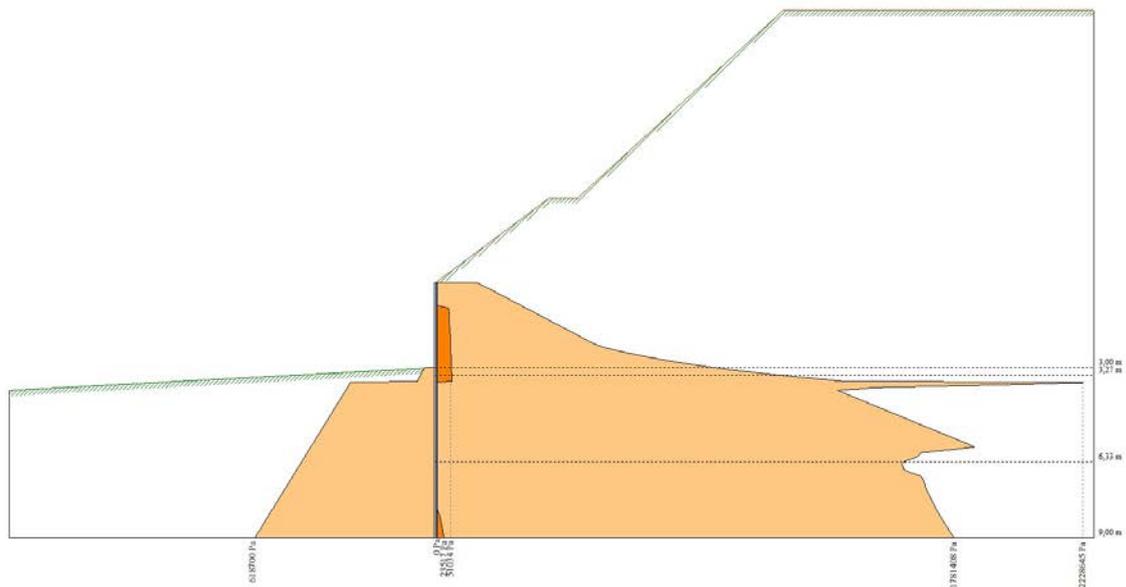


Fig. 5 - Spinte terreno (Combinazione n° 1)

## Combinazione n° 2 - SLU - GEO

n°	Y [m]	$\sigma_{am}$ [Pa]	$\sigma_{av}$ [Pa]	$\sigma_{pm}$ [Pa]	$\sigma_{pv}$ [Pa]	$\delta_a$ [°]	$\delta_p$ [°]
1	0,00	0	0	86138	0	12,92	0,00
2	0,10	0	0	96894	0	12,92	0,00
3	0,20	0	0	107650	0	12,92	0,00
4	0,30	0	0	117942	0	12,92	0,00
5	0,40	0	0	128209	0	12,92	0,00
6	0,50	0	0	138456	0	12,92	0,00
7	0,60	31398	0	148686	0	12,92	0,00

n°	Y [m]	$\sigma_{am}$ [Pa]	$\sigma_{av}$ [Pa]	$\sigma_{pm}$ [Pa]	$\sigma_{pv}$ [Pa]	$\delta_a$ [°]	$\delta_p$ [°]
8	0,70	31917	0	158901	0	12,92	0,00
9	0,80	32435	0	169103	0	12,92	0,00
10	0,90	32971	0	179295	0	12,92	0,00
11	1,00	33450	0	189477	0	12,92	0,00
12	1,10	33953	0	199650	0	12,92	0,00
13	1,20	34407	0	209817	0	12,92	0,00
14	1,30	34890	0	219977	0	12,92	0,00
15	1,40	36147	0	230132	0	12,92	0,00
16	1,50	36661	0	240281	0	12,92	0,00
17	1,60	36323	0	250426	0	12,92	0,00
18	1,70	36807	0	260567	0	12,92	0,00
19	1,80	37494	0	270705	0	12,92	0,00
20	1,90	37763	0	280839	0	12,92	0,00
21	2,00	39049	0	290970	0	12,92	0,00
22	2,10	39097	0	301099	0	12,92	0,00
23	2,20	39304	0	311226	0	12,92	0,00
24	2,30	39552	0	321350	0	12,92	0,00
25	2,40	39605	0	331472	0	12,92	0,00
26	2,50	41079	0	341593	0	12,92	0,00
27	2,60	41477	0	351712	0	12,92	0,00
28	2,70	39033	0	361871	0	12,92	0,00
29	2,80	56515	0	374795	0	12,92	0,00
30	2,90	76901	0	392473	0	12,92	0,00
31	3,00	77991	0	412848	25004	12,92	0,00
32	3,10	79077	0	434361	28670	12,92	0,00
33	3,20	80160	0	457119	32335	12,92	0,00
34	3,30	81238	0	481324	35874	12,92	0,00
35	3,40	82258	0	505809	39235	12,92	0,00
36	3,48	83007	0	523927	41712	12,92	0,00
37	3,50	41637	0	754984	128099	12,92	0,00
38	3,52	0	0	991305	214588	11,69	0,00
39	3,60	0	0	1023450	217365	11,69	0,00
40	3,70	0	0	1069330	221155	11,69	0,00
41	3,80	0	0	1120376	225151	11,69	0,00
42	3,90	0	0	1175022	229149	11,69	0,00
43	4,00	0	0	1233327	233148	11,69	0,00
44	4,10	0	0	1295139	237146	11,69	0,00
45	4,20	0	0	1361602	241145	11,69	0,00
46	4,30	0	0	1172114	245143	11,69	0,00
47	4,40	0	0	935145	249142	11,69	0,00
48	4,50	0	0	928271	253141	11,69	0,00
49	4,60	0	0	940921	257139	11,69	0,00
50	4,70	0	0	953598	261138	11,69	0,00
51	4,80	0	0	966297	265137	11,69	0,00
52	4,90	0	0	979015	269135	11,69	0,00
53	5,00	0	0	991750	273134	11,69	0,00
54	5,10	0	0	1004499	277132	11,69	0,00
55	5,20	0	0	1017260	281131	11,69	0,00
56	5,30	0	0	1030032	285129	11,69	0,00
57	5,40	0	0	1042812	289128	11,69	0,00
58	5,50	0	0	1055601	293126	11,69	0,00
59	5,60	0	0	1068395	297125	11,69	0,00
60	5,70	0	0	1081195	301123	11,69	0,00
61	5,80	0	0	1093999	305121	11,69	0,00
62	5,90	0	0	1106807	309120	11,69	0,00
63	6,00	0	0	1119618	313118	11,69	0,00
64	6,10	0	0	1132431	317116	11,69	0,00
65	6,20	0	0	1145246	321114	11,69	0,00
66	6,30	0	0	1158063	325112	11,69	0,00
67	6,40	0	0	1170880	329111	11,69	0,00
68	6,50	0	0	1183698	333109	11,69	0,00
69	6,60	0	0	1196516	337107	11,69	0,00
70	6,70	0	0	1209334	341105	11,69	0,00
71	6,80	0	0	1222151	345103	11,69	0,00
72	6,90	0	0	1234968	349101	11,69	0,00
73	7,00	0	0	1247785	353099	11,69	0,00
74	7,10	0	0	1260600	357097	11,69	0,00
75	7,20	0	0	1218847	361095	11,69	0,00
76	7,30	0	0	1159647	365093	11,69	0,00
77	7,40	0	0	1149084	369091	11,69	0,00
78	7,50	170	0	1152643	373089	11,69	0,00
79	7,60	1230	0	1168283	377087	11,69	0,00
80	7,70	3003	0	1181867	381085	11,69	0,00
81	7,80	4755	0	1183169	385082	11,69	0,00
82	7,90	6493	0	1183931	389080	11,69	0,00
83	8,00	8208	0	1185086	393078	11,69	0,00
84	8,10	9891	0	1186585	397076	11,69	0,00
85	8,20	11550	0	1188383	401073	11,69	0,00
86	8,30	13196	0	1190447	405071	11,69	0,00
87	8,40	14836	0	1192746	409069	11,69	0,00
88	8,50	16446	0	1195253	413067	11,69	0,00
89	8,60	18033	0	1197947	417064	11,69	0,00
90	8,70	19607	0	1200808	421062	11,69	0,00
91	8,80	21176	0	1203820	425060	11,69	0,00
92	8,90	22723	0	1206967	429057	11,69	0,00
93	9,00	24257	0	1210237	433055	11,69	0,00

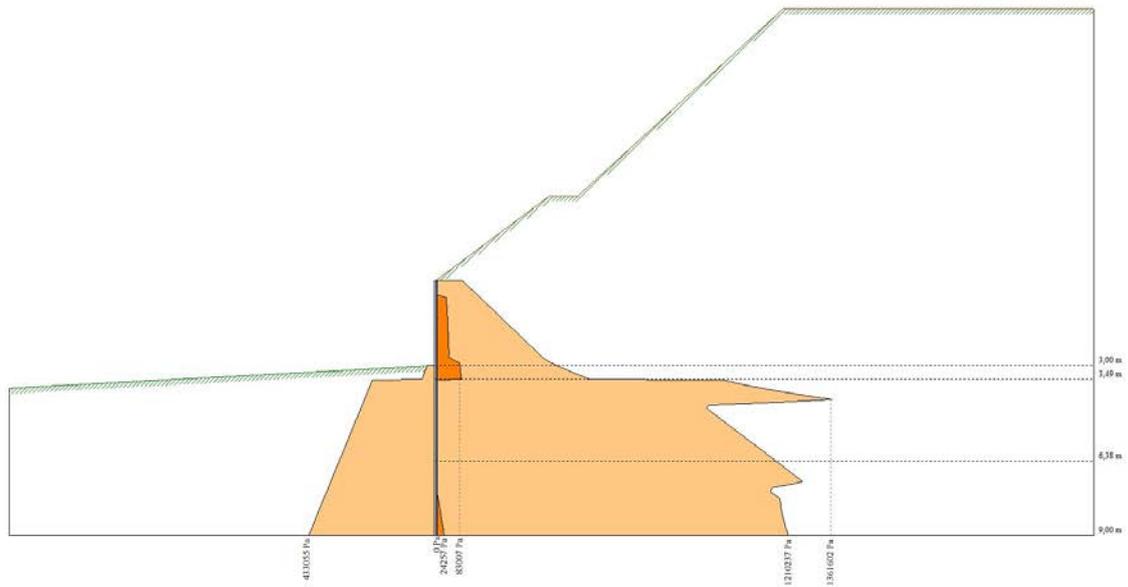


Fig. 6 - Spinte terreno (Combinazione n° 2)

Combinazione n° 3 - SLV - GEO

n°	Y [m]	$\sigma_{am}$ [Pa]	$\sigma_{av}$ [Pa]	$\sigma_{pm}$ [Pa]	$\sigma_{pv}$ [Pa]	$\delta_a$ [°]	$\delta_p$ [°]
1	0,00	0	0	86138	0	16,00	0,00
2	0,10	1251	0	96894	0	16,00	0,00
3	0,20	2502	0	107650	0	16,00	0,00
4	0,30	3753	0	117942	0	16,00	0,00
5	0,40	5004	0	128209	0	16,00	0,00
6	0,50	6255	0	138456	0	16,00	0,00
7	0,60	38905	0	148686	0	16,00	0,00
8	0,70	40674	0	158901	0	16,00	0,00
9	0,80	42444	0	169103	0	16,00	0,00
10	0,90	44230	0	179295	0	16,00	0,00
11	1,00	45961	0	189477	0	16,00	0,00
12	1,10	47715	0	199650	0	16,00	0,00
13	1,20	49420	0	209817	0	16,00	0,00
14	1,30	51154	0	219977	0	16,00	0,00
15	1,40	53662	0	230132	0	16,00	0,00
16	1,50	55427	0	240281	0	16,00	0,00
17	1,60	56340	0	250426	0	16,00	0,00
18	1,70	58075	0	260567	0	16,00	0,00
19	1,80	60014	0	270705	0	16,00	0,00
20	1,90	61533	0	280839	0	16,00	0,00
21	2,00	64070	0	290970	0	16,00	0,00
22	2,10	65370	0	301099	0	16,00	0,00
23	2,20	66827	0	311226	0	16,00	0,00
24	2,30	68327	0	321350	0	16,00	0,00
25	2,40	69630	0	331472	0	16,00	0,00
26	2,50	72355	0	341593	0	16,00	0,00
27	2,60	74005	0	351712	0	16,00	0,00
28	2,70	72812	0	361871	0	16,00	0,00
29	2,80	91545	0	374795	0	16,00	0,00
30	2,90	113182	0	392473	0	16,00	0,00
31	3,00	115523	0	412848	25004	16,00	0,00
32	3,10	117861	0	434361	28670	16,00	0,00
33	3,20	120194	0	457119	32335	16,00	0,00
34	3,30	122523	0	481324	35874	16,00	0,00
35	3,40	124794	0	505809	39235	16,00	0,00
36	3,48	126544	0	523927	41712	16,00	0,00
37	3,50	85425	0	754984	128099	16,00	0,00
38	3,52	0	0	991305	214588	14,50	0,00
39	3,60	0	0	1023450	217365	14,50	0,00
40	3,70	0	0	1069330	221155	14,50	0,00
41	3,80	0	0	1120376	225151	14,50	0,00
42	3,90	0	0	1175022	229149	14,50	0,00
43	4,00	0	0	1233327	233148	14,50	0,00
44	4,10	0	0	1295139	237146	14,50	0,00
45	4,20	0	0	1361602	241145	14,50	0,00
46	4,30	0	0	1172114	245143	14,50	0,00
47	4,40	0	0	935145	249142	14,50	0,00
48	4,50	0	0	928271	253141	14,50	0,00
49	4,60	0	0	940921	257139	14,50	0,00
50	4,70	0	0	953598	261138	14,50	0,00
51	4,80	0	0	966297	265137	14,50	0,00
52	4,90	0	0	979015	269135	14,50	0,00
53	5,00	0	0	991750	273134	14,50	0,00
54	5,10	0	0	1004499	277132	14,50	0,00

n°	Y [m]	$\sigma_{am}$ [Pa]	$\sigma_{av}$ [Pa]	$\sigma_{pm}$ [Pa]	$\sigma_{pv}$ [Pa]	$\delta_a$ [°]	$\delta_p$ [°]
55	5,20	0	0	1017260	281131	14.50	0.00
56	5,30	0	0	1030032	285129	14.50	0.00
57	5,40	0	0	1042812	289128	14.50	0.00
58	5,50	0	0	1055601	293126	14.50	0.00
59	5,60	0	0	1068395	297125	14.50	0.00
60	5,70	0	0	1081195	301123	14.50	0.00
61	5,80	0	0	1093999	305121	14.50	0.00
62	5,90	0	0	1106807	309120	14.50	0.00
63	6,00	0	0	1119618	313118	14.50	0.00
64	6,10	0	0	1132431	317116	14.50	0.00
65	6,20	0	0	1145246	321114	14.50	0.00
66	6,30	0	0	1158063	325112	14.50	0.00
67	6,40	0	0	1170880	329111	14.50	0.00
68	6,50	0	0	1183698	333109	14.50	0.00
69	6,60	0	0	1196516	337107	14.50	0.00
70	6,70	0	0	1209334	341105	14.50	0.00
71	6,80	0	0	1222151	345103	14.50	0.00
72	6,90	0	0	1234968	349101	14.50	0.00
73	7,00	0	0	1247785	353099	14.50	0.00
74	7,10	0	0	1260600	357097	14.50	0.00
75	7,20	0	0	1273417	361095	14.50	0.00
76	7,30	0	0	1286233	365093	14.50	0.00
77	7,40	0	0	1299048	369091	14.50	0.00
78	7,50	170	0	1311864	373089	14.50	0.00
79	7,60	1230	0	1324679	377087	14.50	0.00
80	7,70	3003	0	1337494	381085	14.50	0.00
81	7,80	4755	0	1350309	385082	14.50	0.00
82	7,90	6493	0	1363123	389080	14.50	0.00
83	8,00	8208	0	1375937	393078	14.50	0.00
84	8,10	9891	0	1388750	397076	14.50	0.00
85	8,20	11550	0	1401563	401073	14.50	0.00
86	8,30	13196	0	1414375	405071	14.50	0.00
87	8,40	14836	0	1427187	409069	14.50	0.00
88	8,50	16446	0	1440000	413067	14.50	0.00
89	8,60	18033	0	1452811	417064	14.50	0.00
90	8,70	19607	0	1465623	421062	14.50	0.00
91	8,80	21176	0	1478434	425060	14.50	0.00
92	8,90	22723	0	1491245	429057	14.50	0.00
93	9,00	24257	0	1504055	433055	14.50	0.00

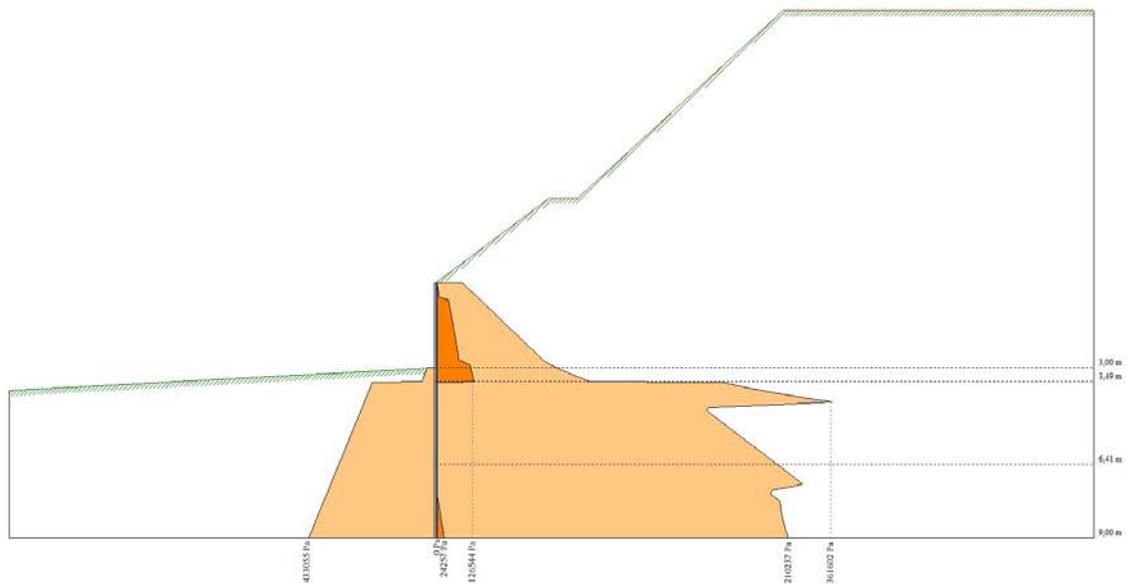


Fig. 7 - Spinte terreno (Combinazione n° 3)

## Combinazione n° 4 - SLE - Rara

n°	Y [m]	$\sigma_{am}$ [Pa]	$\sigma_{av}$ [Pa]	$\sigma_{pm}$ [Pa]	$\sigma_{pv}$ [Pa]	$\delta_a$ [°]	$\delta_p$ [°]
1	0,00	0	0	137311	0	16.00	0.00
2	0,10	0	0	152461	0	16.00	0.00
3	0,20	0	0	167611	0	16.00	0.00
4	0,30	0	0	182043	0	16.00	0.00
5	0,40	0	0	196453	0	16.00	0.00
6	0,50	0	0	210846	0	16.00	0.00
7	0,60	0	0	225223	0	16.00	0.00
8	0,70	0	0	239587	0	16.00	0.00
9	0,80	0	0	253939	0	16.00	0.00
10	0,90	0	0	268282	0	16.00	0.00

n°	Y [m]	$\sigma_{am}$ [Pa]	$\sigma_{av}$ [Pa]	$\sigma_{pm}$ [Pa]	$\sigma_{pv}$ [Pa]	$\delta_a$ [°]	$\delta_p$ [°]
11	1,00	0	0	282616	0	16,00	0,00
12	1,10	0	0	296943	0	16,00	0,00
13	1,20	30738	0	311263	0	16,00	0,00
14	1,30	30676	0	325576	0	16,00	0,00
15	1,40	30614	0	339885	0	16,00	0,00
16	1,50	30974	0	354189	0	16,00	0,00
17	1,60	31294	0	368488	0	16,00	0,00
18	1,70	31652	0	382784	0	16,00	0,00
19	1,80	32627	0	397077	0	16,00	0,00
20	1,90	33032	0	411366	0	16,00	0,00
21	2,00	32761	0	425653	0	16,00	0,00
22	2,10	33153	0	439937	0	16,00	0,00
23	2,20	33523	0	458078	0	16,00	0,00
24	2,30	33627	0	485325	0	16,00	0,00
25	2,40	34207	0	519142	0	16,00	0,00
26	2,50	34249	0	555874	0	16,00	0,00
27	2,60	34507	0	596144	0	16,00	0,00
28	2,70	34772	0	639894	0	16,00	0,00
29	2,80	35263	0	687882	0	16,00	0,00
30	2,90	35753	0	740623	0	16,00	0,00
31	3,00	35381	0	798834	33736	16,00	0,00
32	3,10	35750	0	863491	38056	16,00	0,00
33	3,20	36125	0	934529	42376	16,00	0,00
34	3,30	36789	0	1014107	46525	16,00	0,00
35	3,40	36979	0	1098210	50466	16,00	0,00
36	3,48	36153	0	1164838	53371	16,00	0,00
37	3,50	17960	0	1579587	168510	16,00	0,00
38	3,52	0	0	1768548	283744	14,50	0,00
39	3,60	0	0	1389400	286948	14,50	0,00
40	3,70	0	0	1220426	291328	14,50	0,00
41	3,80	0	0	1239039	295951	14,50	0,00
42	3,90	0	0	1257697	300576	14,50	0,00
43	4,00	0	0	1276393	305203	14,50	0,00
44	4,10	0	0	1295118	309830	14,50	0,00
45	4,20	0	0	1313866	314457	14,50	0,00
46	4,30	0	0	1332631	319084	14,50	0,00
47	4,40	0	0	1351410	323711	14,50	0,00
48	4,50	0	0	1370199	328339	14,50	0,00
49	4,60	0	0	1388994	332966	14,50	0,00
50	4,70	0	0	1407795	337593	14,50	0,00
51	4,80	0	0	1426597	342221	14,50	0,00
52	4,90	0	0	1445401	346848	14,50	0,00
53	5,00	0	0	1464203	351475	14,50	0,00
54	5,10	0	0	1483004	356103	14,50	0,00
55	5,20	0	0	1501803	360730	14,50	0,00
56	5,30	0	0	1520597	365357	14,50	0,00
57	5,40	0	0	1539388	369984	14,50	0,00
58	5,50	0	0	1558174	374612	14,50	0,00
59	5,60	0	0	1568455	379239	14,50	0,00
60	5,70	0	0	1480114	383866	14,50	0,00
61	5,80	0	0	1389599	388493	14,50	0,00
62	5,90	0	0	1387610	393121	14,50	0,00
63	6,00	0	0	1386680	397748	14,50	0,00
64	6,10	0	0	1372208	402375	14,50	0,00
65	6,20	0	0	1353497	407002	14,50	0,00
66	6,30	0	0	1350847	411629	14,50	0,00
67	6,40	0	0	1354619	416256	14,50	0,00
68	6,50	0	0	1358661	420883	14,50	0,00
69	6,60	0	0	1375586	425510	14,50	0,00
70	6,70	0	0	1398522	430137	14,50	0,00
71	6,80	0	0	1408034	434765	14,50	0,00
72	6,90	0	0	1411006	439392	14,50	0,00
73	7,00	0	0	1414241	444019	14,50	0,00
74	7,10	0	0	1417706	448646	14,50	0,00
75	7,20	0	0	1421373	453273	14,50	0,00
76	7,30	0	0	1425218	457900	14,50	0,00
77	7,40	0	0	1429223	462527	14,50	0,00
78	7,50	0	0	1433369	467154	14,50	0,00
79	7,60	0	0	1437641	471780	14,50	0,00
80	7,70	0	0	1442028	476407	14,50	0,00
81	7,80	0	0	1446516	481034	14,50	0,00
82	7,90	0	0	1451097	485661	14,50	0,00
83	8,00	0	0	1455762	490288	14,50	0,00
84	8,10	0	0	1460502	494915	14,50	0,00
85	8,20	0	0	1465311	499542	14,50	0,00
86	8,30	0	0	1470183	504169	14,50	0,00
87	8,40	0	0	1475112	508796	14,50	0,00
88	8,50	0	0	1480094	513422	14,50	0,00
89	8,60	0	0	1485124	518049	14,50	0,00
90	8,70	0	0	1490199	522676	14,50	0,00
91	8,80	0	0	1495314	527303	14,50	0,00
92	8,90	0	0	1500467	531930	14,50	0,00
93	9,00	0	0	1505654	536557	14,50	0,00

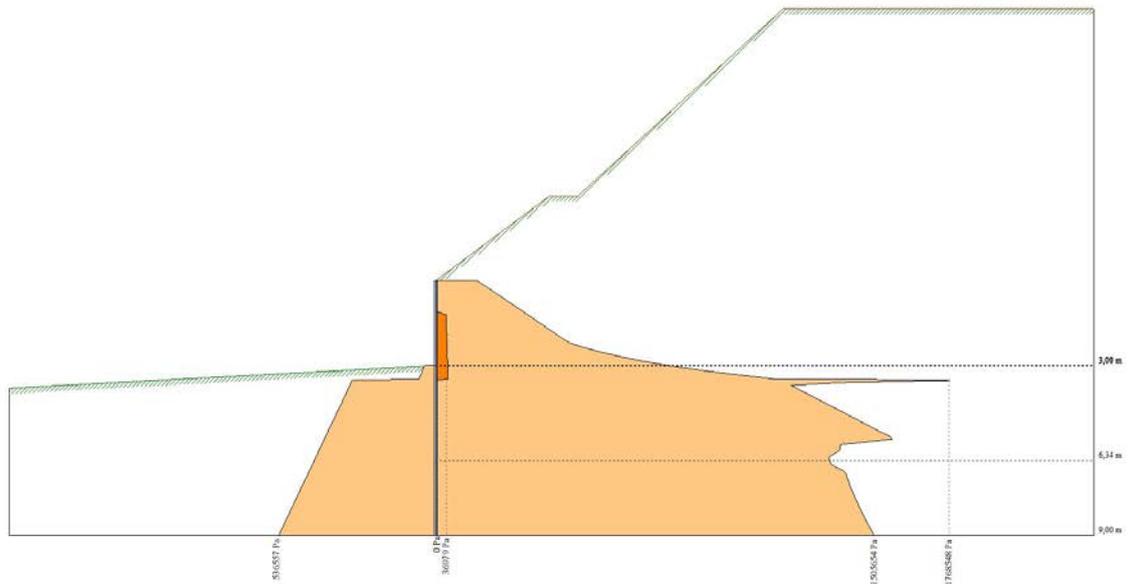


Fig. 8 - Spinte terreno (Combinazione n° 4)

Combinazione n° 5 - SLE - Frequente

n°	Y [m]	$\sigma_{am}$ [Pa]	$\sigma_{av}$ [Pa]	$\sigma_{pm}$ [Pa]	$\sigma_{pv}$ [Pa]	$\delta_a$ [°]	$\delta_p$ [°]
1	0,00	0	0	137311	0	16,00	0,00
2	0,10	0	0	152461	0	16,00	0,00
3	0,20	0	0	167611	0	16,00	0,00
4	0,30	0	0	182043	0	16,00	0,00
5	0,40	0	0	196453	0	16,00	0,00
6	0,50	0	0	210846	0	16,00	0,00
7	0,60	0	0	225223	0	16,00	0,00
8	0,70	0	0	239587	0	16,00	0,00
9	0,80	0	0	253939	0	16,00	0,00
10	0,90	0	0	268282	0	16,00	0,00
11	1,00	0	0	282616	0	16,00	0,00
12	1,10	0	0	296943	0	16,00	0,00
13	1,20	30738	0	311263	0	16,00	0,00
14	1,30	30676	0	325576	0	16,00	0,00
15	1,40	30614	0	339885	0	16,00	0,00
16	1,50	30974	0	354189	0	16,00	0,00
17	1,60	31294	0	368488	0	16,00	0,00
18	1,70	31652	0	382784	0	16,00	0,00
19	1,80	32627	0	397077	0	16,00	0,00
20	1,90	33032	0	411366	0	16,00	0,00
21	2,00	32761	0	425653	0	16,00	0,00
22	2,10	33153	0	439937	0	16,00	0,00
23	2,20	33523	0	458078	0	16,00	0,00
24	2,30	33627	0	485325	0	16,00	0,00
25	2,40	34207	0	519142	0	16,00	0,00
26	2,50	34249	0	555874	0	16,00	0,00
27	2,60	34507	0	596144	0	16,00	0,00
28	2,70	34772	0	639894	0	16,00	0,00
29	2,80	35263	0	687882	0	16,00	0,00
30	2,90	35753	0	740623	0	16,00	0,00
31	3,00	35381	0	798834	33736	16,00	0,00
32	3,10	35750	0	863491	38056	16,00	0,00
33	3,20	36125	0	934529	42376	16,00	0,00
34	3,30	36789	0	1014107	46525	16,00	0,00
35	3,40	36979	0	1098210	50466	16,00	0,00
36	3,48	36153	0	1164838	53371	16,00	0,00
37	3,50	17960	0	1579587	168510	16,00	0,00
38	3,52	0	0	1768548	283744	14,50	0,00
39	3,60	0	0	1389400	286948	14,50	0,00
40	3,70	0	0	1220426	291328	14,50	0,00
41	3,80	0	0	1239039	295951	14,50	0,00
42	3,90	0	0	1257697	300576	14,50	0,00
43	4,00	0	0	1276393	305203	14,50	0,00
44	4,10	0	0	1295118	309830	14,50	0,00
45	4,20	0	0	1313866	314457	14,50	0,00
46	4,30	0	0	1332631	319084	14,50	0,00
47	4,40	0	0	1351410	323711	14,50	0,00
48	4,50	0	0	1370199	328339	14,50	0,00
49	4,60	0	0	1388994	332966	14,50	0,00
50	4,70	0	0	1407795	337593	14,50	0,00
51	4,80	0	0	1426597	342221	14,50	0,00
52	4,90	0	0	1445401	346848	14,50	0,00
53	5,00	0	0	1464203	351475	14,50	0,00
54	5,10	0	0	1483004	356103	14,50	0,00

n°	Y [m]	$\sigma_{am}$ [Pa]	$\sigma_{av}$ [Pa]	$\sigma_{pm}$ [Pa]	$\sigma_{pv}$ [Pa]	$\delta_a$ [°]	$\delta_p$ [°]
55	5,20	0	0	1501803	360730	14,50	0,00
56	5,30	0	0	1520597	365357	14,50	0,00
57	5,40	0	0	1539388	369984	14,50	0,00
58	5,50	0	0	1558174	374612	14,50	0,00
59	5,60	0	0	1568455	379239	14,50	0,00
60	5,70	0	0	1480114	383866	14,50	0,00
61	5,80	0	0	1389599	388493	14,50	0,00
62	5,90	0	0	1387610	393121	14,50	0,00
63	6,00	0	0	1386680	397748	14,50	0,00
64	6,10	0	0	1372208	402375	14,50	0,00
65	6,20	0	0	1353497	407002	14,50	0,00
66	6,30	0	0	1350847	411629	14,50	0,00
67	6,40	0	0	1354619	416256	14,50	0,00
68	6,50	0	0	1358661	420883	14,50	0,00
69	6,60	0	0	1375586	425510	14,50	0,00
70	6,70	0	0	1398522	430137	14,50	0,00
71	6,80	0	0	1408034	434765	14,50	0,00
72	6,90	0	0	1411006	439392	14,50	0,00
73	7,00	0	0	1414241	444019	14,50	0,00
74	7,10	0	0	1417706	448646	14,50	0,00
75	7,20	0	0	1421373	453273	14,50	0,00
76	7,30	0	0	1425218	457900	14,50	0,00
77	7,40	0	0	1429223	462527	14,50	0,00
78	7,50	0	0	1433369	467154	14,50	0,00
79	7,60	0	0	1437641	471780	14,50	0,00
80	7,70	0	0	1442028	476407	14,50	0,00
81	7,80	0	0	1446516	481034	14,50	0,00
82	7,90	0	0	1451097	485661	14,50	0,00
83	8,00	0	0	1455762	490288	14,50	0,00
84	8,10	0	0	1460502	494915	14,50	0,00
85	8,20	0	0	1465311	499542	14,50	0,00
86	8,30	0	0	1470183	504169	14,50	0,00
87	8,40	0	0	1475112	508796	14,50	0,00
88	8,50	0	0	1480094	513422	14,50	0,00
89	8,60	0	0	1485124	518049	14,50	0,00
90	8,70	0	0	1490199	522676	14,50	0,00
91	8,80	0	0	1495314	527303	14,50	0,00
92	8,90	0	0	1500467	531930	14,50	0,00
93	9,00	0	0	1505654	536557	14,50	0,00

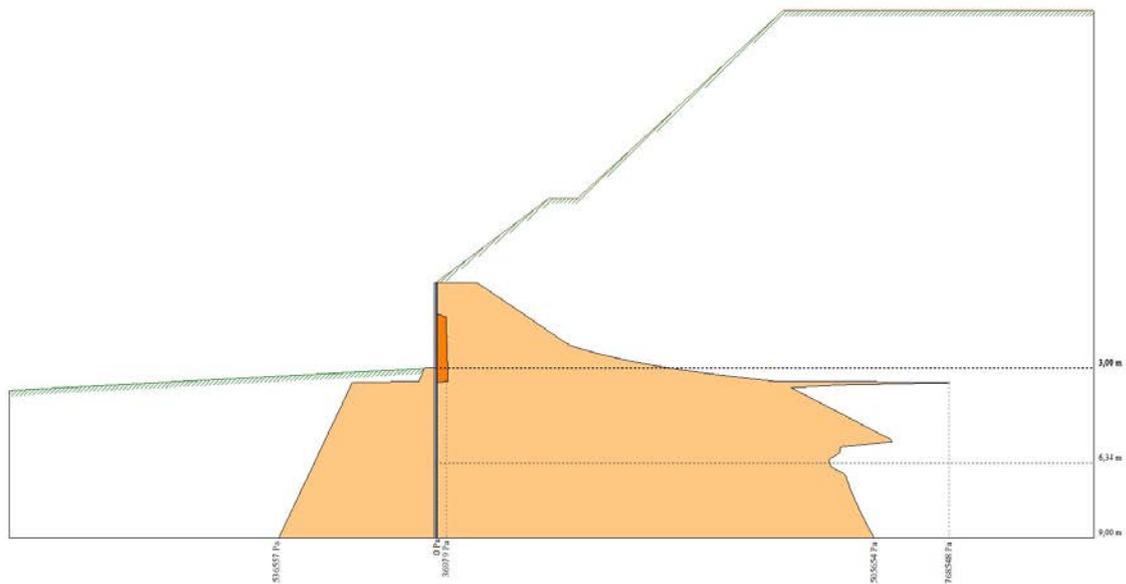


Fig. 9 - Spinte terreno (Combinazione n° 5)

## Combinazione n° 6 - SLE - Quasi permanente

n°	Y [m]	$\sigma_{am}$ [Pa]	$\sigma_{av}$ [Pa]	$\sigma_{pm}$ [Pa]	$\sigma_{pv}$ [Pa]	$\delta_a$ [°]	$\delta_p$ [°]
1	0,00	0	0	137311	0	16,00	0,00
2	0,10	0	0	152461	0	16,00	0,00
3	0,20	0	0	167611	0	16,00	0,00
4	0,30	0	0	182043	0	16,00	0,00
5	0,40	0	0	196453	0	16,00	0,00
6	0,50	0	0	210846	0	16,00	0,00
7	0,60	0	0	225223	0	16,00	0,00
8	0,70	0	0	239587	0	16,00	0,00
9	0,80	0	0	253939	0	16,00	0,00
10	0,90	0	0	268282	0	16,00	0,00

n°	Y [m]	$\sigma_{am}$ [Pa]	$\sigma_{av}$ [Pa]	$\sigma_{pm}$ [Pa]	$\sigma_{pv}$ [Pa]	$\delta_a$ [°]	$\delta_p$ [°]
11	1,00	0	0	282616	0	16,00	0,00
12	1,10	0	0	296943	0	16,00	0,00
13	1,20	30738	0	311263	0	16,00	0,00
14	1,30	30676	0	325576	0	16,00	0,00
15	1,40	30614	0	339885	0	16,00	0,00
16	1,50	30974	0	354189	0	16,00	0,00
17	1,60	31294	0	368488	0	16,00	0,00
18	1,70	31652	0	382784	0	16,00	0,00
19	1,80	32627	0	397077	0	16,00	0,00
20	1,90	33032	0	411366	0	16,00	0,00
21	2,00	32761	0	425653	0	16,00	0,00
22	2,10	33153	0	439937	0	16,00	0,00
23	2,20	33523	0	458078	0	16,00	0,00
24	2,30	33627	0	485325	0	16,00	0,00
25	2,40	34207	0	519142	0	16,00	0,00
26	2,50	34249	0	555874	0	16,00	0,00
27	2,60	34507	0	596144	0	16,00	0,00
28	2,70	34772	0	639894	0	16,00	0,00
29	2,80	35263	0	687882	0	16,00	0,00
30	2,90	35753	0	740623	0	16,00	0,00
31	3,00	35381	0	798834	33736	16,00	0,00
32	3,10	35750	0	863491	38056	16,00	0,00
33	3,20	36125	0	934529	42376	16,00	0,00
34	3,30	36789	0	1014107	46525	16,00	0,00
35	3,40	36979	0	1098210	50466	16,00	0,00
36	3,48	36153	0	1164838	53371	16,00	0,00
37	3,50	17960	0	1579587	168510	16,00	0,00
38	3,52	0	0	1768548	283744	14,50	0,00
39	3,60	0	0	1389400	286948	14,50	0,00
40	3,70	0	0	1220426	291328	14,50	0,00
41	3,80	0	0	1239039	295951	14,50	0,00
42	3,90	0	0	1257697	300576	14,50	0,00
43	4,00	0	0	1276393	305203	14,50	0,00
44	4,10	0	0	1295118	309830	14,50	0,00
45	4,20	0	0	1313866	314457	14,50	0,00
46	4,30	0	0	1332631	319084	14,50	0,00
47	4,40	0	0	1351410	323711	14,50	0,00
48	4,50	0	0	1370199	328339	14,50	0,00
49	4,60	0	0	1388994	332966	14,50	0,00
50	4,70	0	0	1407795	337593	14,50	0,00
51	4,80	0	0	1426597	342221	14,50	0,00
52	4,90	0	0	1445401	346848	14,50	0,00
53	5,00	0	0	1464203	351475	14,50	0,00
54	5,10	0	0	1483004	356103	14,50	0,00
55	5,20	0	0	1501803	360730	14,50	0,00
56	5,30	0	0	1520597	365357	14,50	0,00
57	5,40	0	0	1539388	369984	14,50	0,00
58	5,50	0	0	1558174	374612	14,50	0,00
59	5,60	0	0	1568455	379239	14,50	0,00
60	5,70	0	0	1480114	383866	14,50	0,00
61	5,80	0	0	1389599	388493	14,50	0,00
62	5,90	0	0	1387610	393121	14,50	0,00
63	6,00	0	0	1386680	397748	14,50	0,00
64	6,10	0	0	1372208	402375	14,50	0,00
65	6,20	0	0	1353497	407002	14,50	0,00
66	6,30	0	0	1350847	411629	14,50	0,00
67	6,40	0	0	1354619	416256	14,50	0,00
68	6,50	0	0	1358661	420883	14,50	0,00
69	6,60	0	0	1375586	425510	14,50	0,00
70	6,70	0	0	1398522	430137	14,50	0,00
71	6,80	0	0	1408034	434765	14,50	0,00
72	6,90	0	0	1411006	439392	14,50	0,00
73	7,00	0	0	1414241	444019	14,50	0,00
74	7,10	0	0	1417706	448646	14,50	0,00
75	7,20	0	0	1421373	453273	14,50	0,00
76	7,30	0	0	1425218	457900	14,50	0,00
77	7,40	0	0	1429223	462527	14,50	0,00
78	7,50	0	0	1433369	467154	14,50	0,00
79	7,60	0	0	1437641	471780	14,50	0,00
80	7,70	0	0	1442028	476407	14,50	0,00
81	7,80	0	0	1446516	481034	14,50	0,00
82	7,90	0	0	1451097	485661	14,50	0,00
83	8,00	0	0	1455762	490288	14,50	0,00
84	8,10	0	0	1460502	494915	14,50	0,00
85	8,20	0	0	1465311	499542	14,50	0,00
86	8,30	0	0	1470183	504169	14,50	0,00
87	8,40	0	0	1475112	508796	14,50	0,00
88	8,50	0	0	1480094	513422	14,50	0,00
89	8,60	0	0	1485124	518049	14,50	0,00
90	8,70	0	0	1490199	522676	14,50	0,00
91	8,80	0	0	1495314	527303	14,50	0,00
92	8,90	0	0	1500467	531930	14,50	0,00
93	9,00	0	0	1505654	536557	14,50	0,00

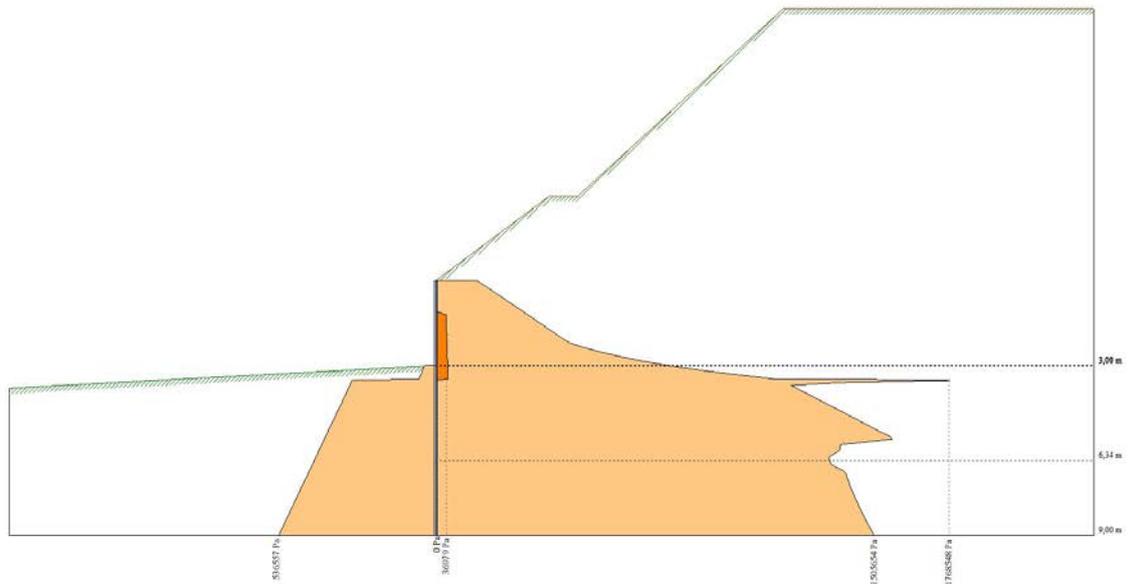


Fig. 10 - Spinte terreno (Combinazione n° 6)

### Pressioni orizzontali agenti sulla paratia

#### Simbologia adottata

n° numero d'ordine della sezione  
 Y ordinata della sezione espressa in [m]  
 P pressione sulla paratia espressa in [Pa] positiva da monte verso valle

#### Combinazione n° 1 - SLU - STR

n°	Y [m]	P [Pa]
1	0,00	0,0000
2	0,05	0,0000
3	0,10	0,0000
4	0,15	0,0000
5	0,20	0,0000
6	0,25	0,0000
7	0,30	0,0000
8	0,35	0,0000
9	0,40	0,0000
10	0,45	0,0000
11	0,50	0,0000
12	0,55	0,0000
13	0,60	0,0000
14	0,65	0,0000
15	0,70	0,0000
16	0,75	0,0000
17	0,80	0,0000
18	0,85	18,8504
19	0,90	37,7007
20	0,95	37,9794
21	1,00	38,2582
22	1,05	38,5369
23	1,10	38,8156
24	1,15	39,3551
25	1,20	39,8946
26	1,25	40,1780
27	1,30	40,4615
28	1,35	40,4229
29	1,40	40,3844
30	1,45	40,6354
31	1,50	40,8864
32	1,55	41,1128
33	1,60	41,3392
34	1,65	41,5885
35	1,70	41,8377
36	1,75	42,4953
37	1,80	43,1528
38	1,85	43,4304
39	1,90	43,7079
40	1,95	43,5404
41	2,00	43,3729
42	2,05	43,6418
43	2,10	43,9106
44	2,15	44,1665

n°	Y [m]	P [Pa]
45	2,20	44,4224
46	2,25	44,5410
47	2,30	44,6595
48	2,35	45,0293
49	2,40	45,3990
50	2,45	45,3846
51	2,50	45,3701
52	2,55	45,5710
53	2,60	45,7719
54	2,65	45,9747
55	2,70	46,1775
56	2,75	46,5067
57	2,80	46,8359
58	2,85	47,1640
59	2,90	47,4921
60	2,95	47,3462
61	3,00	47,2003
62	3,00	13,4644
7	3,30	-1,3184
8	3,35	-3,8221
9	3,40	-6,3258
10	3,45	-8,9864
11	3,50	-74,9892
12	3,55	-128,1215
13	3,60	-124,5390
14	3,65	-120,9988
15	3,70	-117,5020
16	3,75	-114,0496
17	3,80	-110,6425
18	3,85	-107,2815
19	3,90	-103,9673
20	3,95	-100,7007
21	4,00	-97,4822
22	4,05	-94,3124
23	4,10	-91,1917
24	4,15	-88,1206
25	4,20	-85,0993
26	4,25	-82,1282
27	4,30	-79,2074
28	4,35	-76,3372
29	4,40	-73,5175
30	4,45	-70,7485
31	4,50	-68,0302
32	4,55	-65,3625
33	4,60	-62,7452
34	4,65	-60,1783
35	4,70	-57,6615
36	4,75	-55,1946
37	4,80	-52,7774
38	4,85	-50,4095
39	4,90	-48,0906
40	4,95	-45,8203
41	5,00	-43,5981
42	5,05	-41,4237
43	5,10	-39,2964
44	5,15	-37,2159
45	5,20	-35,1816
46	5,25	-33,1929
47	5,30	-31,2492
48	5,35	-29,3499
49	5,40	-27,4944
50	5,45	-25,6820
51	5,50	-23,9121
52	5,55	-22,1839
53	5,60	-20,4967
54	5,65	-18,8498
55	5,70	-17,2426
56	5,75	-15,6741
57	5,80	-14,1437
58	5,85	-12,6506
59	5,90	-11,1939
60	5,95	-9,7730
61	6,00	-8,3869
62	6,05	-7,0349
63	6,10	-5,7162
64	6,15	-4,4300
65	6,20	-3,1753
66	6,25	-1,9515
67	6,30	-0,7576
68	6,35	0,4071
69	6,40	1,5436
70	6,45	2,6526
71	6,50	3,7349
72	6,55	4,7915
73	6,60	5,8230
74	6,65	6,8304
75	6,70	7,8145
76	6,75	8,7761
77	6,80	9,7159
78	6,85	10,6348
79	6,90	11,5336
80	6,95	12,4130
81	7,00	13,2739

n°	Y [m]	P [Pa]
82	7,05	14,1171
83	7,10	14,9432
84	7,15	15,7530
85	7,20	16,5473
86	7,25	17,3269
87	7,30	18,0923
88	7,35	18,8444
89	7,40	19,5838
90	7,45	20,3112
91	7,50	21,0273
92	7,55	21,7328
93	7,60	22,4281
94	7,65	23,1141
95	7,70	23,7913
96	7,75	24,4603
97	7,80	25,1216
98	7,85	25,7758
99	7,90	26,4235
100	7,95	27,0652
101	8,00	27,7014
102	8,05	28,3325
103	8,10	28,9591
104	8,15	29,5815
105	8,20	30,2003
106	8,25	30,8157
107	8,30	31,4283
108	8,35	32,0383
109	8,40	32,6460
110	8,45	33,2519
111	8,50	33,8562
112	8,55	34,4591
113	8,60	35,0610
114	8,65	35,6620
115	8,70	36,2623
116	8,75	36,8622
117	8,80	37,4617
118	8,85	38,0609
119	8,90	38,6601
120	8,95	39,2592
121	9,00	39,8582

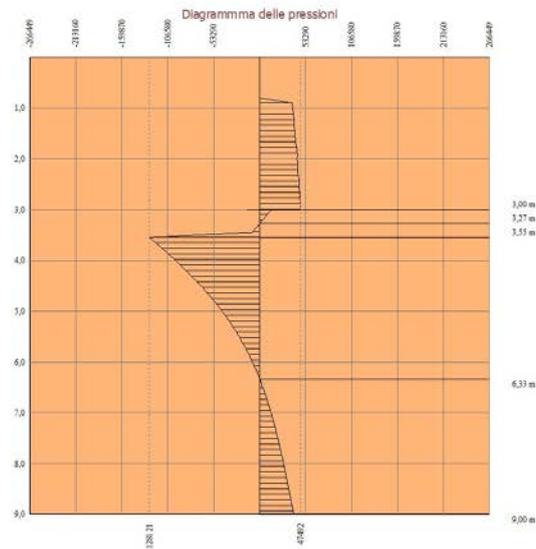


Fig. 11 - Pressioni terreno (Combinazione n° 1)

## Combinazione n° 2 - SLU - GEO

n°	Y [m]	P [Pa]
1	0,00	0,0000
2	0,05	0,0000
3	0,10	0,0000
4	0,15	0,0000
5	0,20	0,0000
6	0,25	0,0000
7	0,30	0,0000
8	0,35	0,0000
9	0,40	0,0000

n°	Y [m]	P [Pa]
10	0,45	0,0000
11	0,50	0,0000
12	0,55	15,3016
13	0,60	30,6033
14	0,65	30,8560
15	0,70	31,1088
16	0,75	31,3616
17	0,80	31,6143
18	0,85	31,8751
19	0,90	32,1359
20	0,95	32,3698
21	1,00	32,6036
22	1,05	32,8485
23	1,10	33,0935
24	1,15	33,3147
25	1,20	33,5359
26	1,25	33,7714
27	1,30	34,0068
28	1,35	34,6196
29	1,40	35,2323
30	1,45	35,4826
31	1,50	35,7329
32	1,55	35,5684
33	1,60	35,4038
34	1,65	35,6393
35	1,70	35,8748
36	1,75	36,2100
37	1,80	36,5451
38	1,85	36,6759
39	1,90	36,8067
40	1,95	37,4334
41	2,00	38,0601
42	2,05	38,0838
43	2,10	38,1074
44	2,15	38,2080
45	2,20	38,3086
46	2,25	38,4297
47	2,30	38,5509
48	2,35	38,5764
49	2,40	38,6020
50	2,45	39,3204
51	2,50	40,0388
52	2,55	40,2330
53	2,60	40,4273
54	2,65	39,2360
55	2,70	38,0447
56	2,75	46,5643
57	2,80	55,0839
58	2,85	65,0189
59	2,90	74,9538
60	2,95	75,4853
61	3,00	76,0169
62	3,00	51,0128
11	3,50	-87,3257
12	3,55	-152,6650
13	3,60	-148,4779
14	3,65	-144,3379
15	3,70	-140,2464
16	3,75	-136,2046
17	3,80	-132,2137
18	3,85	-128,2748
19	3,90	-124,3887
20	3,95	-120,5564
21	4,00	-116,7786
22	4,05	-113,0561
23	4,10	-109,3895
24	4,15	-105,7792
25	4,20	-102,2259
26	4,25	-98,7297
27	4,30	-95,2912
28	4,35	-91,9105
29	4,40	-88,5878
30	4,45	-85,3232
31	4,50	-82,1167
32	4,55	-78,9684
33	4,60	-75,8783
34	4,65	-72,8461
35	4,70	-69,8717
36	4,75	-66,9549
37	4,80	-64,0954
38	4,85	-61,2929
39	4,90	-58,5470
40	4,95	-55,8573
41	5,00	-53,2235
42	5,05	-50,6449
43	5,10	-48,1210
44	5,15	-45,6514
45	5,20	-43,2353
46	5,25	-40,8723
47	5,30	-38,5615
48	5,35	-36,3024
49	5,40	-34,0942
50	5,45	-31,9363

n°	Y [m]	P [Pa]
51	5,50	-29,8277
52	5,55	-27,7678
53	5,60	-25,7557
54	5,65	-23,7906
55	5,70	-21,8717
56	5,75	-19,9981
57	5,80	-18,1689
58	5,85	-16,3833
59	5,90	-14,6403
60	5,95	-12,9391
61	6,00	-11,2786
62	6,05	-9,6581
63	6,10	-8,0765
64	6,15	-6,5329
65	6,20	-5,0263
66	6,25	-3,5558
67	6,30	-2,1204
68	6,35	-0,7191
69	6,40	0,6489
70	6,45	1,9847
71	6,50	3,2892
72	6,55	4,5635
73	6,60	5,8084
74	6,65	7,0249
75	6,70	8,2140
76	6,75	9,3766
77	6,80	10,5137
78	6,85	11,6262
79	6,90	12,7150
80	6,95	13,7810
81	7,00	14,8253
82	7,05	15,8486
83	7,10	16,8518
84	7,15	17,8359
85	7,20	18,8017
86	7,25	19,7500
87	7,30	20,6818
88	7,35	21,5978
89	7,40	22,4988
90	7,45	23,3857
91	7,50	24,2592
92	7,55	25,1202
93	7,60	25,9692
94	7,65	26,8072
95	7,70	27,6348
96	7,75	28,4527
97	7,80	29,2615
98	7,85	30,0620
99	7,90	30,8547
100	7,95	31,6403
101	8,00	32,4194
102	8,05	33,1926
103	8,10	33,9603
104	8,15	34,7232
105	8,20	35,4816
106	8,25	36,2362
107	8,30	36,9873
108	8,35	37,7354
109	8,40	38,4809
110	8,45	39,2242
111	8,50	39,9655
112	8,55	40,7053
113	8,60	41,4438
114	8,65	42,1812
115	8,70	42,9179
116	8,75	43,6539
117	8,80	44,3896
118	8,85	45,1250
119	8,90	45,8603
120	8,95	46,5954
121	9,00	47,3306

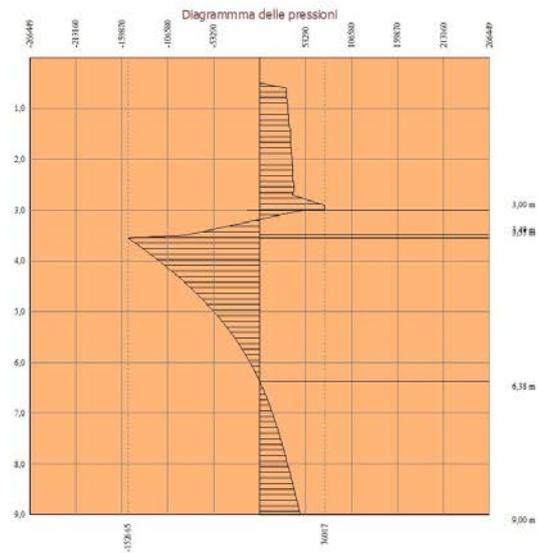


Fig. 12 - Pressioni terreno (Combinazione n° 2)

## Combinazione n° 3 - SLV - GEO

n°	Y [m]	P [Pa]
1	0,00	0,0000
2	0,05	0,6013
3	0,10	1,2026
4	0,15	1,8039
5	0,20	2,4052
6	0,25	3,0065
7	0,30	3,6078
8	0,35	4,2091
9	0,40	4,8104
10	0,45	5,4117
11	0,50	6,0130
12	0,55	21,7052
13	0,60	37,3975
14	0,65	38,2481
15	0,70	39,0986
16	0,75	39,9492
17	0,80	40,7998
18	0,85	41,6503
19	0,90	42,5009
20	0,95	43,3514
21	1,00	44,2020
22	1,05	45,0525
23	1,10	45,9031
24	1,15	46,7536
25	1,20	47,6042
26	1,25	48,4547
27	1,30	49,3053
28	1,35	50,1558
29	1,40	51,0064
30	1,45	51,8569
31	1,50	52,7075
32	1,55	53,5580
33	1,60	54,4086
34	1,65	55,2591
35	1,70	56,1097
36	1,75	56,9602
37	1,80	57,8108
38	1,85	58,6613
39	1,90	59,5119
40	1,95	60,3624
41	2,00	61,2130
42	2,05	62,0635
43	2,10	62,9141
44	2,15	63,7646
45	2,20	64,6152
46	2,25	65,4657
47	2,30	66,3163
48	2,35	67,1668
49	2,40	68,0174
50	2,45	68,8679
51	2,50	69,7185
52	2,55	70,5690
53	2,60	71,4196
54	2,65	72,2701

n°	Y [m]	P [Pa]
55	2,70	69,9911
56	2,75	78,9947
57	2,80	87,9983
58	2,85	98,3977
59	2,90	108,7971
60	2,95	109,9227
61	3,00	111,0482
62	3,00	86,0441
11	3,50	-45,3958
12	3,55	-215,6295
13	3,60	-217,3655
14	3,65	-219,2604
15	3,70	-221,1552
16	3,75	-222,0412
17	3,80	-215,6340
18	3,85	-209,3075
19	3,90	-203,0633
20	3,95	-196,9030
21	4,00	-190,8279
22	4,05	-184,8392
23	4,10	-178,9380
24	4,15	-173,1253
25	4,20	-167,4019
26	4,25	-161,7686
27	4,30	-156,2258
28	4,35	-150,7741
29	4,40	-145,4139
30	4,45	-140,1454
31	4,50	-134,9688
32	4,55	-129,8842
33	4,60	-124,8915
34	4,65	-119,9906
35	4,70	-115,1813
36	4,75	-110,4633
37	4,80	-105,8363
38	4,85	-101,2997
39	4,90	-96,8531
40	4,95	-92,4959
41	5,00	-88,2274
42	5,05	-84,0469
43	5,10	-79,9535
44	5,15	-75,9465
45	5,20	-72,0249
46	5,25	-68,1878
47	5,30	-64,4341
48	5,35	-60,7629
49	5,40	-57,1729
50	5,45	-53,6631
51	5,50	-50,2323
52	5,55	-46,8793
53	5,60	-43,6027
54	5,65	-40,4014
55	5,70	-37,2739
56	5,75	-34,2190
57	5,80	-31,2352
58	5,85	-28,3212
59	5,90	-25,4756
60	5,95	-22,6968
61	6,00	-19,9835
62	6,05	-17,3341
63	6,10	-14,7473
64	6,15	-12,2213
65	6,20	-9,7549
66	6,25	-7,3464
67	6,30	-4,9943
68	6,35	-2,6971
69	6,40	-0,4533
70	6,45	1,7388
71	6,50	3,8806
72	6,55	5,9736
73	6,60	8,0194
74	6,65	10,0196
75	6,70	11,9756
76	6,75	13,8890
77	6,80	15,7612
78	6,85	17,5938
79	6,90	19,3883
80	6,95	21,1462
81	7,00	22,8688
82	7,05	24,5577
83	7,10	26,2142
84	7,15	27,8399
85	7,20	29,4360
86	7,25	31,0040
87	7,30	32,5453
88	7,35	34,0610
89	7,40	35,5527
90	7,45	37,0215
91	7,50	38,4687
92	7,55	39,8955
93	7,60	41,3033
94	7,65	42,6930
95	7,70	44,0660

n°	Y [m]	P [Pa]
96	7,75	45,4232
97	7,80	46,7659
98	7,85	48,0950
99	7,90	49,4117
100	7,95	50,7168
101	8,00	52,0113
102	8,05	53,2963
103	8,10	54,5724
104	8,15	55,8407
105	8,20	57,1019
106	8,25	58,3568
107	8,30	59,6061
108	8,35	60,8504
109	8,40	62,0906
110	8,45	63,3271
111	8,50	64,5605
112	8,55	65,7914
113	8,60	67,0202
114	8,65	68,2473
115	8,70	69,4731
116	8,75	70,6980
117	8,80	71,9223
118	8,85	73,1461
119	8,90	74,3696
120	8,95	75,5931
121	9,00	76,8165

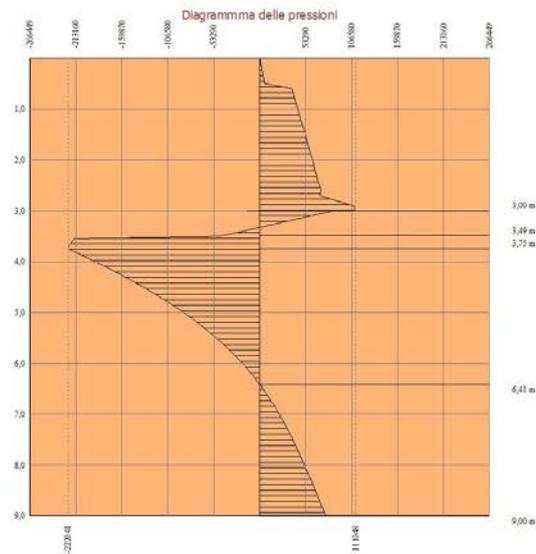


Fig. 13 - Pressioni terreno (Combinazione n° 3)

## Combinazione n° 4 - SLE - Rara

n°	Y [m]	P [Pa]
1	0,00	0,0000
2	0,05	0,0000
3	0,10	0,0000
4	0,15	0,0000
5	0,20	0,0000
6	0,25	0,0000
7	0,30	0,0000
8	0,35	0,0000
9	0,40	0,0000
10	0,45	0,0000
11	0,50	0,0000
12	0,55	0,0000
13	0,60	0,0000
14	0,65	0,0000
15	0,70	0,0000
16	0,75	0,0000
17	0,80	0,0000
18	0,85	0,0000
19	0,90	0,0000
20	0,95	0,0000
21	1,00	0,0000
22	1,05	0,0000
23	1,10	0,0000

n°	Y [m]	P [Pa]
24	1,15	14,7735
25	1,20	29,5469
26	1,25	29,5171
27	1,30	29,4873
28	1,35	29,4574
29	1,40	29,4276
30	1,45	29,6006
31	1,50	29,7737
32	1,55	29,9276
33	1,60	30,0815
34	1,65	30,2536
35	1,70	30,4258
36	1,75	30,8943
37	1,80	31,3628
38	1,85	31,5575
39	1,90	31,7522
40	1,95	31,6221
41	2,00	31,4920
42	2,05	31,6801
43	2,10	31,8683
44	2,15	32,0464
45	2,20	32,2246
46	2,25	32,2746
47	2,30	32,3247
48	2,35	32,6035
49	2,40	32,8823
50	2,45	32,9022
51	2,50	32,9221
52	2,55	33,0462
53	2,60	33,1702
54	2,65	33,2978
55	2,70	33,4254
56	2,75	33,6614
57	2,80	33,8973
58	2,85	34,1324
59	2,90	34,3675
60	2,95	34,1888
61	3,00	34,0101
62	3,00	0,2743
2	3,05	-1,7081
3	3,10	-3,6906
4	3,15	-5,6704
5	3,20	-7,6502
6	3,25	-9,4056
7	3,30	-11,1610
8	3,35	-11,5509
9	3,40	-11,2502
10	3,45	-10,9525
11	3,50	-43,8327
12	3,55	-74,9011
13	3,60	-72,8182
14	3,65	-70,7597
15	3,70	-68,7260
16	3,75	-66,7178
17	3,80	-64,7357
18	3,85	-62,7801
19	3,90	-60,8514
20	3,95	-58,9502
21	4,00	-57,0767
22	4,05	-55,2313
23	4,10	-53,4142
24	4,15	-51,6257
25	4,20	-49,8660
26	4,25	-48,1353
27	4,30	-46,4337
28	4,35	-44,7612
29	4,40	-43,1181
30	4,45	-41,5042
31	4,50	-39,9196
32	4,55	-38,3643
33	4,60	-36,8383
34	4,65	-35,3413
35	4,70	-33,8735
36	4,75	-32,4345
37	4,80	-31,0243
38	4,85	-29,6427
39	4,90	-28,2894
40	4,95	-26,9644
41	5,00	-25,6672
42	5,05	-24,3978
43	5,10	-23,1557
44	5,15	-21,9407
45	5,20	-20,7526
46	5,25	-19,5909
47	5,30	-18,4553
48	5,35	-17,3456
49	5,40	-16,2612
50	5,45	-15,2019
51	5,50	-14,1672
52	5,55	-13,1568
53	5,60	-12,1702
54	5,65	-11,2071
55	5,70	-10,2669

n°	Y [m]	P [Pa]
56	5,75	-9,3493
57	5,80	-8,4538
58	5,85	-7,5800
59	5,90	-6,7274
60	5,95	-5,8956
61	6,00	-5,0841
62	6,05	-4,2923
63	6,10	-3,5199
64	6,15	-2,7664
65	6,20	-2,0313
66	6,25	-1,3141
67	6,30	-0,6144
68	6,35	0,0684
69	6,40	0,7348
70	6,45	1,3851
71	6,50	2,0200
72	6,55	2,6398
73	6,60	3,2451
74	6,65	3,8363
75	6,70	4,4139
76	6,75	4,9784
77	6,80	5,5302
78	6,85	6,0699
79	6,90	6,5979
80	6,95	7,1146
81	7,00	7,6204
82	7,05	8,1160
83	7,10	8,6016
84	7,15	9,0777
85	7,20	9,5448
86	7,25	10,0033
87	7,30	10,4535
88	7,35	10,8960
89	7,40	11,3311
90	7,45	11,7592
91	7,50	12,1807
92	7,55	12,5959
93	7,60	13,0053
94	7,65	13,4093
95	7,70	13,8081
96	7,75	14,2021
97	7,80	14,5916
98	7,85	14,9770
99	7,90	15,3587
100	7,95	15,7367
101	8,00	16,1116
102	8,05	16,4836
103	8,10	16,8528
104	8,15	17,2197
105	8,20	17,5844
106	8,25	17,9472
107	8,30	18,3083
108	8,35	18,6679
109	8,40	19,0262
110	8,45	19,3834
111	8,50	19,7397
112	8,55	20,0952
113	8,60	20,4500
114	8,65	20,8044
115	8,70	21,1583
116	8,75	21,5120
117	8,80	21,8655
118	8,85	22,2188
119	8,90	22,5721
120	8,95	22,9253
121	9,00	23,2786

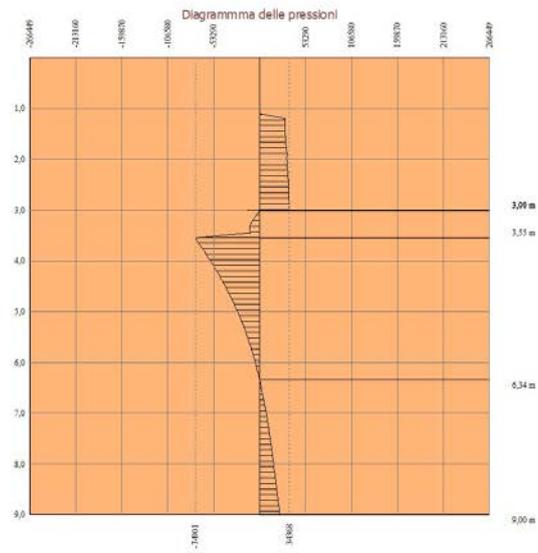


Fig. 14 - Pressioni terreno (Combinazione n° 4)

## Combinazione n° 5 - SLE - Frequente

n°	Y [m]	P [Pa]
1	0,00	0,0000
2	0,05	0,0000
3	0,10	0,0000
4	0,15	0,0000
5	0,20	0,0000
6	0,25	0,0000
7	0,30	0,0000
8	0,35	0,0000
9	0,40	0,0000
10	0,45	0,0000
11	0,50	0,0000
12	0,55	0,0000
13	0,60	0,0000
14	0,65	0,0000
15	0,70	0,0000
16	0,75	0,0000
17	0,80	0,0000
18	0,85	0,0000
19	0,90	0,0000
20	0,95	0,0000
21	1,00	0,0000
22	1,05	0,0000
23	1,10	0,0000
24	1,15	14,7735
25	1,20	29,5469
26	1,25	29,5171
27	1,30	29,4873
28	1,35	29,4574
29	1,40	29,4276
30	1,45	29,6006
31	1,50	29,7737
32	1,55	29,9276
33	1,60	30,0815
34	1,65	30,2536
35	1,70	30,4258
36	1,75	30,8943
37	1,80	31,3628
38	1,85	31,5575
39	1,90	31,7522
40	1,95	31,6221
41	2,00	31,4920
42	2,05	31,6801
43	2,10	31,8683
44	2,15	32,0464
45	2,20	32,2246
46	2,25	32,2746
47	2,30	32,3247
48	2,35	32,6035
49	2,40	32,8823
50	2,45	32,9022
51	2,50	32,9221
52	2,55	33,0462
53	2,60	33,1702
54	2,65	33,2978

n°	Y [m]	P [Pa]
55	2,70	33,4254
56	2,75	33,6614
57	2,80	33,8973
58	2,85	34,1324
59	2,90	34,3675
60	2,95	34,1888
61	3,00	34,0101
62	3,00	0,2743
2	3,05	-1,7081
3	3,10	-3,6906
4	3,15	-5,6704
5	3,20	-7,6502
6	3,25	-9,4056
7	3,30	-11,1610
8	3,35	-11,5509
9	3,40	-11,2502
10	3,45	-10,9525
11	3,50	-43,8327
12	3,55	-74,9011
13	3,60	-72,8182
14	3,65	-70,7597
15	3,70	-68,7260
16	3,75	-66,7178
17	3,80	-64,7357
18	3,85	-62,7801
19	3,90	-60,8514
20	3,95	-58,9502
21	4,00	-57,0767
22	4,05	-55,2313
23	4,10	-53,4142
24	4,15	-51,6257
25	4,20	-49,8660
26	4,25	-48,1353
27	4,30	-46,4337
28	4,35	-44,7612
29	4,40	-43,1181
30	4,45	-41,5042
31	4,50	-39,9196
32	4,55	-38,3643
33	4,60	-36,8383
34	4,65	-35,3413
35	4,70	-33,8735
36	4,75	-32,4345
37	4,80	-31,0243
38	4,85	-29,6427
39	4,90	-28,2894
40	4,95	-26,9644
41	5,00	-25,6672
42	5,05	-24,3978
43	5,10	-23,1557
44	5,15	-21,9407
45	5,20	-20,7526
46	5,25	-19,5909
47	5,30	-18,4553
48	5,35	-17,3456
49	5,40	-16,2612
50	5,45	-15,2019
51	5,50	-14,1672
52	5,55	-13,1568
53	5,60	-12,1702
54	5,65	-11,2071
55	5,70	-10,2669
56	5,75	-9,3493
57	5,80	-8,4538
58	5,85	-7,5800
59	5,90	-6,7274
60	5,95	-5,8956
61	6,00	-5,0841
62	6,05	-4,2923
63	6,10	-3,5199
64	6,15	-2,7664
65	6,20	-2,0313
66	6,25	-1,3141
67	6,30	-0,6144
68	6,35	0,0684
69	6,40	0,7348
70	6,45	1,3851
71	6,50	2,0200
72	6,55	2,6398
73	6,60	3,2451
74	6,65	3,8363
75	6,70	4,4139
76	6,75	4,9784
77	6,80	5,5302
78	6,85	6,0699
79	6,90	6,5979
80	6,95	7,1146
81	7,00	7,6204
82	7,05	8,1160
83	7,10	8,6016
84	7,15	9,0777
85	7,20	9,5448
86	7,25	10,0033

n°	Y [m]	P [Pa]
87	7,30	10,4535
88	7,35	10,8960
89	7,40	11,3311
90	7,45	11,7592
91	7,50	12,1807
92	7,55	12,5959
93	7,60	13,0053
94	7,65	13,4093
95	7,70	13,8081
96	7,75	14,2021
97	7,80	14,5916
98	7,85	14,9770
99	7,90	15,3587
100	7,95	15,7367
101	8,00	16,1116
102	8,05	16,4836
103	8,10	16,8528
104	8,15	17,2197
105	8,20	17,5844
106	8,25	17,9472
107	8,30	18,3083
108	8,35	18,6679
109	8,40	19,0262
110	8,45	19,3834
111	8,50	19,7397
112	8,55	20,0952
113	8,60	20,4500
114	8,65	20,8044
115	8,70	21,1583
116	8,75	21,5120
117	8,80	21,8655
118	8,85	22,2188
119	8,90	22,5721
120	8,95	22,9253
121	9,00	23,2786

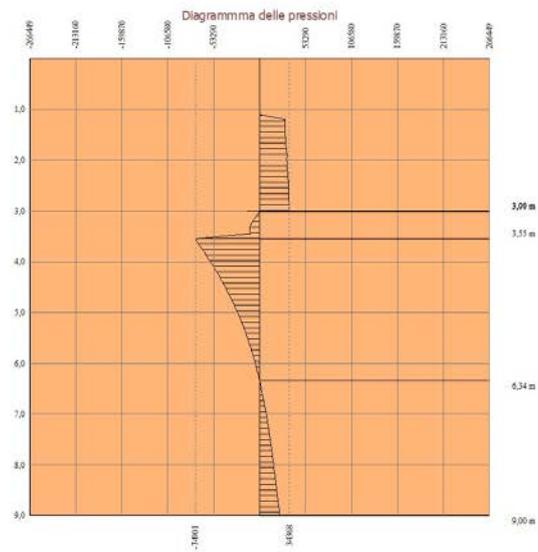


Fig. 15 - Pressioni terreno (Combinazione n° 5)

**Combinazione n° 6 - SLE - Quasi permanente**

n°	Y [m]	P [Pa]
1	0,00	0,0000
2	0,05	0,0000
3	0,10	0,0000
4	0,15	0,0000
5	0,20	0,0000
6	0,25	0,0000
7	0,30	0,0000
8	0,35	0,0000
9	0,40	0,0000
10	0,45	0,0000
11	0,50	0,0000
12	0,55	0,0000
13	0,60	0,0000
14	0,65	0,0000

n°	Y [m]	P [Pa]
15	0,70	0,0000
16	0,75	0,0000
17	0,80	0,0000
18	0,85	0,0000
19	0,90	0,0000
20	0,95	0,0000
21	1,00	0,0000
22	1,05	0,0000
23	1,10	0,0000
24	1,15	14,7735
25	1,20	29,5469
26	1,25	29,5171
27	1,30	29,4873
28	1,35	29,4574
29	1,40	29,4276
30	1,45	29,6006
31	1,50	29,7737
32	1,55	29,9276
33	1,60	30,0815
34	1,65	30,2536
35	1,70	30,4258
36	1,75	30,8943
37	1,80	31,3628
38	1,85	31,5575
39	1,90	31,7522
40	1,95	31,6221
41	2,00	31,4920
42	2,05	31,6801
43	2,10	31,8683
44	2,15	32,0464
45	2,20	32,2246
46	2,25	32,2746
47	2,30	32,3247
48	2,35	32,6035
49	2,40	32,8823
50	2,45	32,9022
51	2,50	32,9221
52	2,55	33,0462
53	2,60	33,1702
54	2,65	33,2978
55	2,70	33,4254
56	2,75	33,6614
57	2,80	33,8973
58	2,85	34,1324
59	2,90	34,3675
60	2,95	34,1888
61	3,00	34,0101
62	3,00	0,2743
2	3,05	-1,7081
3	3,10	-3,6906
4	3,15	-5,6704
5	3,20	-7,6502
6	3,25	-9,4056
7	3,30	-11,1610
8	3,35	-11,5509
9	3,40	-11,2502
10	3,45	-10,9525
11	3,50	-43,8327
12	3,55	-74,9011
13	3,60	-72,8182
14	3,65	-70,7597
15	3,70	-68,7260
16	3,75	-66,7178
17	3,80	-64,7357
18	3,85	-62,7801
19	3,90	-60,8514
20	3,95	-58,9502
21	4,00	-57,0767
22	4,05	-55,2313
23	4,10	-53,4142
24	4,15	-51,6257
25	4,20	-49,8660
26	4,25	-48,1353
27	4,30	-46,4337
28	4,35	-44,7612
29	4,40	-43,1181
30	4,45	-41,5042
31	4,50	-39,9196
32	4,55	-38,3643
33	4,60	-36,8383
34	4,65	-35,3413
35	4,70	-33,8735
36	4,75	-32,4345
37	4,80	-31,0243
38	4,85	-29,6427
39	4,90	-28,2894
40	4,95	-26,9644
41	5,00	-25,6672
42	5,05	-24,3978
43	5,10	-23,1557
44	5,15	-21,9407
45	5,20	-20,7526
46	5,25	-19,5909

n°	Y [m]	P [Pa]
47	5,30	-18,4553
48	5,35	-17,3456
49	5,40	-16,2612
50	5,45	-15,2019
51	5,50	-14,1672
52	5,55	-13,1568
53	5,60	-12,1702
54	5,65	-11,2071
55	5,70	-10,2669
56	5,75	-9,3493
57	5,80	-8,4538
58	5,85	-7,5800
59	5,90	-6,7274
60	5,95	-5,8956
61	6,00	-5,0841
62	6,05	-4,2923
63	6,10	-3,5199
64	6,15	-2,7664
65	6,20	-2,0313
66	6,25	-1,3141
67	6,30	-0,6144
68	6,35	0,0684
69	6,40	0,7348
70	6,45	1,3851
71	6,50	2,0200
72	6,55	2,6398
73	6,60	3,2451
74	6,65	3,8363
75	6,70	4,4139
76	6,75	4,9784
77	6,80	5,5302
78	6,85	6,0699
79	6,90	6,5979
80	6,95	7,1146
81	7,00	7,6204
82	7,05	8,1160
83	7,10	8,6016
84	7,15	9,0777
85	7,20	9,5448
86	7,25	10,0033
87	7,30	10,4535
88	7,35	10,8960
89	7,40	11,3311
90	7,45	11,7592
91	7,50	12,1807
92	7,55	12,5959
93	7,60	13,0053
94	7,65	13,4093
95	7,70	13,8081
96	7,75	14,2021
97	7,80	14,5916
98	7,85	14,9770
99	7,90	15,3587
100	7,95	15,7367
101	8,00	16,1116
102	8,05	16,4836
103	8,10	16,8528
104	8,15	17,2197
105	8,20	17,5844
106	8,25	17,9472
107	8,30	18,3083
108	8,35	18,6679
109	8,40	19,0262
110	8,45	19,3834
111	8,50	19,7397
112	8,55	20,0952
113	8,60	20,4500
114	8,65	20,8044
115	8,70	21,1583
116	8,75	21,5120
117	8,80	21,8655
118	8,85	22,2188
119	8,90	22,5721
120	8,95	22,9253
121	9,00	23,2786

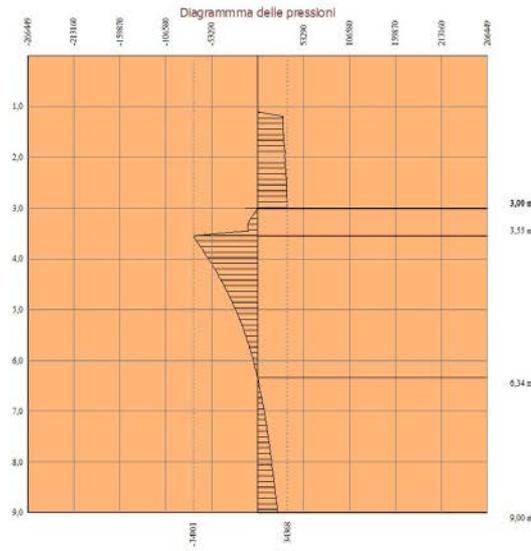


Fig. 16 - Pressioni terreno (Combinazione n° 6)

**Forze agenti sulla paratia**

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

*Simbologia adottata*

- n° Indice della Combinazione/Fase
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- Pa Spinta attiva, espressa in [kN]
- Is Incremento sismico della spinta, espressa in [kN]
- Pw Spinta della falda, espressa in [kN]
- Pp Resistenza passiva, espressa in [kN]
- Pc Controspinta, espressa in [kN]

n°	Tipo	Pa [kN]	Y <sub>Pa</sub> [m]	Is [kN]	Y <sub>Is</sub> [m]	Pw [kN]	Y <sub>Pw</sub> [m]	Pp [kN]	Y <sub>Pp</sub> [m]	Pc [kN]	Y <sub>Pc</sub> [m]
1	SLU - STR	94,10	1,99	--	--	--	--	-153,45	4,33	59,34	8,05
2	SLU - GEO	115,62	2,14	--	--	--	--	-184,45	4,35	68,83	8,07
3	SLV - GEO	108,76	2,34	76,63	2,00	--	--	-295,07	4,39	109,68	8,08
4	SLE - Rara	58,74	2,10	--	--	--	--	-93,17	4,30	34,42	8,06
5	SLE - Frequente	58,74	2,10	--	--	--	--	-93,17	4,30	34,42	8,06
6	SLE - Quasi permanente	58,74	2,10	--	--	--	--	-93,17	4,30	34,42	8,06

*Simbologia adottata*

- n° Indice della Combinazione/Fase
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- Rc Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kN]
- Rt Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kN]
- Rv Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kN]
- Rp Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kN]

n°	Tipo	Rc [kN]	Y <sub>Rc</sub> [m]	Rt [kN]	Y <sub>Rt</sub> [m]	Rv [kN]	Y <sub>Rv</sub> [m]	Rp [kN]	Y <sub>Rp</sub> [m]
1	SLU - STR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	SLU - GEO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	SLV - GEO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	SLE - Rara	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	SLE - Frequente	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	SLE - Quasi permanente	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

*Simbologia adottata*

- n° Indice della Combinazione/Fase
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- P<sub>NUL</sub> Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
- P<sub>INV</sub> Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
- C<sub>ROT</sub> Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
- MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
- R/R<sub>MAX</sub> Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]

n°	Tipo	P <sub>NUL</sub> [m]	P <sub>INV</sub> [m]	C <sub>ROT</sub> [m]	MP [%]	R/R <sub>MAX</sub> [%]
1	SLU - STR	3,27	3,55	6,33	8,26	3,80
2	SLU - GEO	3,49	3,55	6,38	9,09	6,47
3	SLV - GEO	3,49	3,75	6,41	12,40	10,46

n°	Tipo	P <sub>NUL</sub> [m]	P <sub>INV</sub> [m]	C <sub>ROT</sub> [m]	MP [%]	R/R <sub>MAX</sub> [%]
4	SLE - Rara	3,01	3,55	6,34	5,79	2,64
5	SLE - Frequente	3,01	3,55	6,34	5,79	2,64
6	SLE - Quasi permanente	3,01	3,55	6,34	5,79	2,64

## Verifiche geotecniche

### Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
P <sub>P,med</sub> , P <sub>P,min</sub>	Portanza di punta media e minima, espressa in [kN]
P <sub>L,med</sub> , P <sub>L,min</sub>	Portanza laterale media e minima, espressa in [kN]
P <sub>d</sub>	Portanza di progetto, espressa in [kN]
N	Sforzo normale alla base del palo, espressa in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto Pd/N)

n°	Tipo	P <sub>P,med</sub> [kN]	P <sub>L,med</sub> [kN]	P <sub>P,min</sub> [kN]	P <sub>L,min</sub> [kN]	P <sub>d</sub> [kN]	N [kN]	FS
1	SLU - STR	2137,28	698,69	2137,28	698,69	1288,66	110,91	11.619

## Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

### Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
M	momento flettente massimo e minimo espresso in [kNm]
N	sforzo normale massimo e minimo espresso in [kN] (positivo di compressione)
T	taglio massimo e minimo espresso in [kN]

n°	Tipo	M [kNm]	Y <sub>M</sub> [m]	T [kN]	Y <sub>T</sub> [m]	N [kN]	Y <sub>N</sub> [m]	
1	SLU - STR	180,64	4,40	94,10	3,25	92,05	9,00	MAX
		0,00	0,80	-59,34	6,30	0,00	0,00	MIN
2	SLU - GEO	207,44	4,45	115,62	3,45	92,05	9,00	MAX
		0,00	0,50	-68,83	6,35	0,00	0,00	MIN
3	SLV - GEO	327,94	4,50	185,39	3,45	92,05	9,00	MAX
		0,00	0,00	-109,68	6,40	0,00	0,00	MIN
4	SLE - Rara	104,50	4,45	58,74	3,00	92,05	9,00	MAX
		0,00	1,10	-34,42	6,30	0,00	0,00	MIN
5	SLE - Frequente	104,50	4,45	58,74	3,00	92,05	9,00	MAX
		0,00	1,10	-34,42	6,30	0,00	0,00	MIN
6	SLE - Quasi permanente	104,50	4,45	58,74	3,00	92,05	9,00	MAX
		0,00	1,10	-34,42	6,30	0,00	0,00	MIN

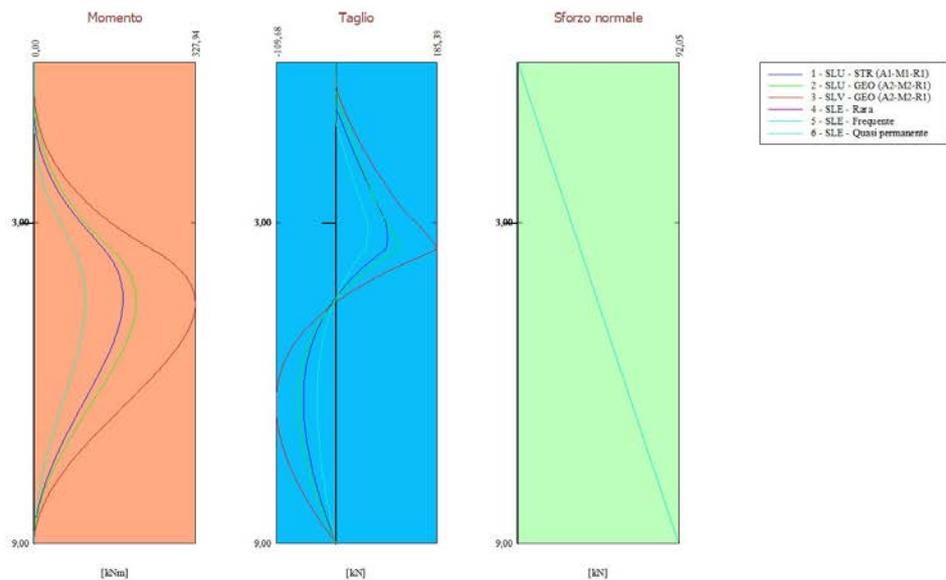


Fig. 17 - Sollecitazioni (Inviluppo)

## Spostamenti massimi e minimi della paratia

### Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
----	--------------------------------

Tipo Tipo della combinazione/fase  
 Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]  
 U spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle  
 V spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U [cm]	Y <sub>U</sub> [m]	V [cm]	Y <sub>V</sub> [m]	
1	SLU - STR	0,7556	0,00	0,0033	0,00	MAX
		-0,0705	9,00	0,0000	0,00	MIN
2	SLU - GEO	0,8855	0,00	0,0033	0,00	MAX
		-0,0837	9,00	0,0000	0,00	MIN
3	SLV - GEO	1,4170	0,00	0,0033	0,00	MAX
		-0,1359	9,00	0,0000	0,00	MIN
4	SLE - Rara	0,4365	0,00	0,0033	0,00	MAX
		-0,0412	9,00	0,0000	0,00	MIN
5	SLE - Frequente	0,4365	0,00	0,0033	0,00	MAX
		-0,0412	9,00	0,0000	0,00	MIN
6	SLE - Quasi permanente	0,4365	0,00	0,0033	0,00	MAX
		-0,0412	9,00	0,0000	0,00	MIN

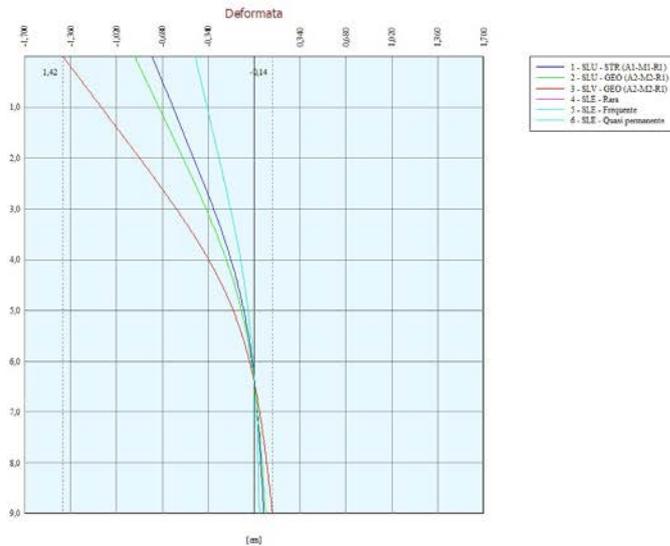


Fig. 18 - Spostamenti (Inviluppo)

## Verifica a spostamento

### Simbologia adottata

n° Indice combinazione/Fase  
 Tipo Tipo combinazione/Fase  
 U<sub>lim</sub> spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]  
 U spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	U <sub>lim</sub> [cm]	U [cm]
1	SLU - STR	3,5000	0,7556
2	SLU - GEO	3,5000	0,8855
3	SLV - GEO	3,5000	1,4170
4	SLE - Rara	3,5000	0,4365
5	SLE - Frequente	3,5000	0,4365
6	SLE - Quasi permanente	3,5000	0,4365

## Verifiche di corpo rigido

### Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase  
 Tipo Tipo della combinazione/fase  
 S Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kN]  
 R Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kN]  
 W Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kN]  
 T Reazione tiranti espresso in [kN]  
 P Reazione puntoni espresso in [kN]  
 V Reazione vincoli espresso in [kN]  
 C Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kN]  
 Y Punto di applicazione, espresso in [m]  
 M<sub>r</sub> Momento ribaltante, espresso in [kNm]  
 M<sub>s</sub> Momento stabilizzante, espresso in [kNm]  
 F<sub>S<sub>RI</sub>B</sub> Fattore di sicurezza a ribaltamento

$FS_{SCO}$  Fattore di sicurezza a scorrimento

I punti di applicazione delle azioni sono riferiti alla testa della paratia.

La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S Y [kN]	R Y [kN]	W Y [kN]	T Y [kN]	P Y [kN]	V Y [kN]	C Y [kN]	Mr [kNm]	Ms [kNm]	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>SCO</sub>
3	SLV - GEO	226,9343 2,87	1837,5481 6,59	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	1391,0551	4428,1259	3.183	8.097

## Stabilità globale

### Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
(X <sub>C</sub> ; Y <sub>C</sub> )	Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R	Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
(X <sub>V</sub> ; Y <sub>V</sub> )	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
(X <sub>M</sub> ; Y <sub>M</sub> )	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
FS	Coefficiente di sicurezza
R	Coefficiente di sicurezza richiesto

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X <sub>C</sub> , Y <sub>C</sub> [m]	R [m]	X <sub>V</sub> , Y <sub>V</sub> [m]	X <sub>M</sub> , Y <sub>M</sub> [m]	FS	R
2	SLU - GEO	0,00; 8,10	17,10	-12,42; -3,65	17,04; 6,67	2.784	1.100
3	SLV - GEO	0,00; 8,10	17,10	-12,42; -3,65	17,04; 6,67	3.007	1.200

## Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte	
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto	
Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)	
Le strisce sono numerate da monte verso valle	
N°	numero d'ordine della striscia
W	peso della striscia espresso in [kN]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
L	sviluppo della base della striscia espressa in [m] ( $L=b/\cos\alpha$ )
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
Ctn, Ctt	contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kN]

## Combinazione n° 2 - SLU - GEO

Numero di strisce 51

### Caratteristiche delle strisce

N°	Wl [kN]	$\alpha$ [°]	L [m]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	(Ctn; Ctt) [kN]
1	3,0682	-45.26	0,80	19.61	9,6	0,0	(0,00; 0,00)
2	9,3624	-42.63	0,77	18.76	44,8	0,0	(0,00; 0,00)
3	16,0609	-40.10	0,74	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
4	22,4173	-37.67	0,71	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
5	28,2832	-35.32	0,69	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
6	33,7017	-33.03	0,67	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
7	38,7078	-30.80	0,66	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
8	43,3307	-28.62	0,64	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
9	47,5947	-26.48	0,63	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
10	51,5201	-24.39	0,62	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
11	55,1243	-22.33	0,61	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
12	58,4220	-20.29	0,60	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
13	61,4257	-18.29	0,59	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
14	64,1460	-16.31	0,59	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
15	66,5919	-14.34	0,58	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
16	68,7711	-12.40	0,58	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
17	70,6901	-10.47	0,57	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
18	72,3540	-8.55	0,57	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
19	73,7671	-6.64	0,57	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
20	74,9329	-4.74	0,57	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
21	75,8537	-2.84	0,57	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
22	76,5311	-0.95	0,56	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
23	116,1179	0.98	0,59	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
24	121,4086	2.95	0,59	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
25	126,4251	4.93	0,59	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
26	131,1656	6.91	0,59	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
27	135,6269	8.90	0,59	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
28	139,8050	10.90	0,60	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
29	157,9677	12.91	0,60	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
30	218,5059	14.94	0,61	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
31	180,9906	16.99	0,61	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
32	146,2710	19.06	0,62	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
33	150,0205	21.15	0,63	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)

N°	W <sub>i</sub> [kN]	α [°]	L [m]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	(C <sub>tn</sub> ; C <sub>tt</sub> ) [kN]
34	153,4331	23.28	0,64	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
35	156,4931	25.44	0,65	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
36	159,1818	27.64	0,66	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
37	161,4773	29.89	0,68	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
38	163,3530	32.19	0,69	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
39	164,7772	34.55	0,71	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
40	165,7114	36.98	0,74	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
41	166,1084	39.48	0,76	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
42	165,9088	42.09	0,79	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
43	164,8686	44.80	0,83	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
44	158,9643	47.65	0,87	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
45	150,4084	50.66	0,93	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
46	140,7658	53.89	1,00	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
47	129,7634	57.38	1,09	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
48	116,9638	61.26	1,22	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
49	101,5762	65.70	1,43	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
50	81,8076	71.14	1,82	17.91	80,0	0,0	(0,00; 0,00)
51	50,9690	79.69	3,28	19.61	9,6	0,0	(0,00; 0,00)

Resistenza a taglio paratia = 0,0000 [kN]

$\Sigma W_i = 5289,4927$  [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 1700,0463$  [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 1711,6097$  [kN]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 5.69$

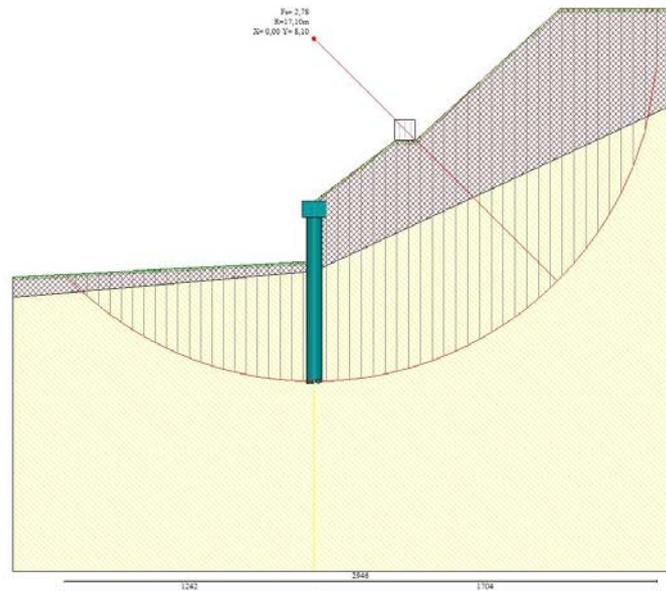


Fig. 19 - Stabilità globale (Combinazione n° 2)

### Verifica armatura paratia (Involuppo sezioni critiche)

#### Verifica a flessione

##### Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
A <sub>f</sub>	area di armatura del palo espressa in [cmq]
M	momento flettente agente sul palo espresso in [kNm]
N	sforzo normale agente sul palo espresso in [kN] (positivo di compressione)
M <sub>u</sub>	momento ultimo di riferimento espresso in [kNm]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kN]
F <sub>s</sub>	coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

n° - Tipo	Y [m]	A <sub>f</sub> [cmq]	M [kNm]	N [kN]	M <sub>u</sub> [kNm]	N <sub>u</sub> [kN]	F <sub>S</sub>
3 - SLV - GEO	4,50	32,17	395,16	55,46	405,47	56,90	1.026

#### Verifica a taglio

**Simbologia adottata**

n°	numero d'ordine della sezione
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
A <sub>sw</sub>	area dell'armatura trasversale, espressa in [cmq]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]
V <sub>Ed</sub>	taglio agente sul palo, espresso in [kN]
V <sub>Rd</sub>	taglio resistente, espresso in [kN]
FS	coefficiente di sicurezza (rapporto tra V <sub>Rd</sub> / V <sub>Ed</sub> )
cotgθ	inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato B = 68,28 cm

n° - Tipo	Y [m]	A <sub>sw</sub> [cmq]	s [cm]	V <sub>Ed</sub> [kN]	V <sub>Rd</sub> [kN]	FS	cotgθ
3 - SLV - GEO	3,45	1,57	15,00	223,39	601,91	2,694	2,50

**Verifica tensioni****Simbologia adottata**

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
A <sub>f</sub>	area di armatura espressa in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ <sub>f</sub>	tensione nell'acciaio espressa in [kPa]

A <sub>f</sub> [cmq]	σ <sub>c</sub> [kPa]	cmb	σ <sub>f</sub> [kPa]	cmb
32,17	4512	6	155833	4

**Verifica fessurazione****Simbologia adottata**

Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Oggetto	Muro/Paratia
Y	Ordinata sezione, espresso in [m]
M	Momento agente, espresso in [kNm]
M <sub>f</sub>	Momento prima fessurazione, espresso in [kNm]
s	Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]
ε <sub>sm</sub>	Deformazione nelle fessure, espressa in [%]
W <sub>lim</sub>	Apertura limite fessure, espressa in [mm]
W <sub>k</sub>	Ampiezza fessure, espressa in [mm]

Oggetto	n° - Tipo	Y [m]	M [kNm]	M <sub>f</sub> [kNm]	s [mm]	ε <sub>sm</sub> [%]	W <sub>lim</sub> [mm]	W <sub>k</sub> [mm]
Paratia	6 - SLE - Quasi permanente	4,40	125,89	113,44	189,895	0,0456	0,300	0,147

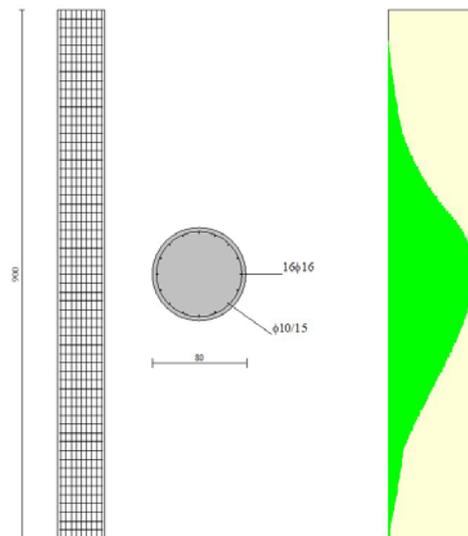


Fig. 20 - Armature - verifiche SLU

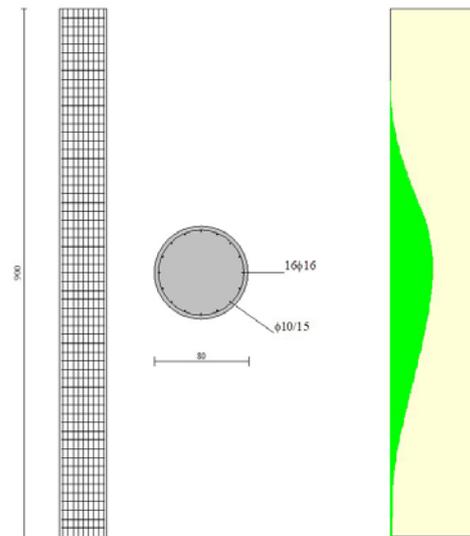


Fig. 21 - Armature - verifiche SLE

### Verifica sezione cordoli

#### *Simbologia adottata*

$M_h$	momento flettente espresso in [kNm] nel piano orizzontale
$T_h$	taglio espresso in [kN] nel piano orizzontale
$M_v$	momento flettente espresso in [kNm] nel piano verticale
$T_v$	taglio espresso in [kN] nel piano verticale

#### **Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)**

$B=120,00$ [cm]	$H=80,00$ [cm]	Staffe $\phi 8/20$	$N_{bh}=2 - N_{bv}=2$
$A_{iv}=6,16$ [cmq]	$A_{ih}=3,08$ [cmq]	$FS=1.03$	$\cotg\theta_h=2.50$
$M_h=266,96$ [kNm]	$M_{uh}=275,76$ [kNm]	$FS_T=7.83$	
$T_h=222,47$ [kN]	$T_{Rh}=1742,65$ [kN]	$FS=10.68$	$\cotg\theta_v=2.23$
$M_v=16,95$ [kNm]	$M_{uv}=181,03$ [kNm]	$FS_{Tv}=43.07$	
$T_v=28,24$ [kN]	$T_R=1216,49$ [kN]		

## Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)

### Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

#### Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni. L'analisi strutturale è condotta con l'analisi statica non-lineare, utilizzando il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato limite indotto dai carichi statici. L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti, schematizzando la struttura in elementi lineari e nodi. Le incognite del problema sono le componenti di spostamento in corrispondenza di ogni nodo (2 spostamenti e 1 rotazione).

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

#### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	PAC - Analisi e Calcolo Paratie
Versione	16.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - Loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	Abacus S.r.l.
Licenza	AIU5389N1

#### Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

#### Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

#### Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

#### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Luogo e data

---

Il progettista  
( )

---

## **ALLEGATO 2: OUTPUT DI CALCOLO DEI GABBIONI**

## 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 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018)
- Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018

## Richiami teorici

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

Se il muro è in calcestruzzo armato: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

Se il muro è a gravità: 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 falda

Nel caso in cui a monte del muro sia presente la falda il diagramma delle pressioni sul muro risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume di galleggiamento

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

dove  $\gamma_{\text{sat}}$  è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e  $\gamma_w$  è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione idrostatica esercitata dall'acqua.

### 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

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta \quad \beta' = \beta + \theta$$

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

$$\theta = \arctan\left(\frac{\gamma_{sat} k_h}{\gamma_{sat} - \gamma_w 1 \pm k_v}\right)$$

Terreno a permeabilità elevata

$$\theta = \arctan\left(\frac{\gamma k_h}{\gamma_{sat} - \gamma_w 1 \pm k_v}\right)$$

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  $\eta_r$ .

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  $\eta_s$

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

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

$$F_r = N \tan \delta_f + c_a B_r$$

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,  $\delta_{fr}$ , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di  $\delta_{fr}$  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:

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

Si adotta per il calcolo del carico limite in fondazione il metodo di MEYERHOF.

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c + qN_q s_q d_q i_q + 0.5B\gamma N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

In questa espressione:

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
N	fattori di capacità portante
d	fattori di profondità del piano di posa
i	fattori di inclinazione del carico

Fattori di capacità portante		$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$	$N_q = e^{\pi \tan \phi} K_p$	$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\phi)$
Fattori di forma	$\phi = 0$	$s_c = 1 + 0.2K_p \frac{B'}{L'}$	$s_q = 1$	$s_\gamma = 1$
	$\phi > 0$	$s_c = 1 + 0.2K_p \frac{B'}{L'}$	$s_q = 1 + 0.1K_p \frac{B'}{L'}$	$s_\gamma = 1 + 0.1K_p \frac{B'}{L'}$
Fattori di profondità	$\phi = 0$	$d_c = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$	$d_q = 1$	$d_\gamma = 1$
	$\phi > 0$	$d_c = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$	$d_q = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$	$d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$
Fattori di inclinazione del carico	$\phi = 0$	$i_c = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_q = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_\gamma = 0$
	$\phi > 0$	$i_c = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_q = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ}\right)^2$

Indichiamo con  $K_p$  il coefficiente di spinta passiva espresso da:

$$K_p = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

### Riduzione per eccentricità del carico

Nel caso in cui il carico al piano di posa della fondazione risulta eccentrico, Meyerhof propone di moltiplicare la capacità portante ultima per un fattore correttivo  $R_e$

$R_e = 1.0 - 2.0 \frac{e}{B}$	per terreni coesivi
$R_e = 1.0 - \sqrt{\frac{e}{B}}$	per terreni incoerenti

con  $e$  eccentricità del carico e  $B$  la dimensione minore della fondazione.

### Riduzione per effetto piastra

Per valori elevati di B (dimensione minore della fondazione), Bowles propone di utilizzare un fattore correttivo  $r_\gamma$  del solo termine sul peso di volume ( $0.5 B \gamma N_\gamma$ ) quando B supera i 2 m.

$$r_\gamma = 1.0 + 0.25 \log \frac{B}{2.0}$$

Il termine sul peso di volume diventa:

$$0.5 B \gamma N_\gamma r_\gamma$$

### Verifica alla stabilità globale

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

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. 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 25.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_{i=0}^n \left[ \frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \varphi_i}{m} \right]}{\sum_{i=0}^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine  $m$  è espresso da

$$m = \left( 1 + \frac{\tan \varphi_i \tan \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b$  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,  $c$  e  $\varphi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u$  è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $\eta$ . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $\eta$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

## Dati

### Materiali

#### Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<u>Calcestruzzo armato</u>	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
$\gamma$	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R <sub>ck</sub>	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
$\nu$	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls tesoro/compresso
<u>Pietrame</u>	
$\gamma$	Peso di volume, espresso in [kN/mc]
$\sigma_{cp}$	Tensione di compressione, espresso in [kPa]
$\phi$	Angolo di attrito interno, espresso in [°]
$\tau_p$	Resistenza a taglio, espressa in [kPa]

### Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	$\gamma$ [kN/mc]	R <sub>ck</sub> [kPa]	E [kPa]	$\nu$	n	ntc
1	Cls Armato	Rck 250	B450C	24,5170	24517	30073438	0.30	15.00	0.50
2	Materiale tiranti	Rck 250	Precomp	24,5170	24517	30073438	0.30	15.00	0.50

### Acciai

Descr	f <sub>yk</sub> [kPa]	f <sub>uk</sub> [kPa]
	0	0

### Pietrame

n°	Descr	$\gamma$ [kN/mc]	$\sigma_{cp}$ [kPa]	$\phi$ [°]	$\tau_p$ [kPa]
4	Pietrame	19,6136	2942	45.00	0

### Geometria profilo terreno a monte del muro

#### Simbologia adottata

(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 [m]	Y [m]	A [°]
1	0,00	0,00	0.000
2	3,35	0,00	0.000
3	8,76	3,60	33.641
4	10,76	3,40	-5.711

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

### Geometria muro

#### Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro 10,00 [m]

#### Paramento

Materiale Pietrame  
 Altezza paramento 3,00 [m]  
 Altezza paramento libero 3,00 [m]

## Geometria gradoni

### Simbologia adottata

n°	indice gradone (a partire dall'alto)
Bs, Bi	Base superiore ed inferiore del gradone, espressa in [m]
H	altezza del gradone, espressa in [m]
Ae, Ai	inclinazione esterna ed interna del gradone espressa in [°]

n°	X [m]	Bs [m]	Bi [m]	H [m]	Ae [°]	Ai [°]
1	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
2	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
3	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00

### Fondazione

Materiale	Pietrame	
Lunghezza mensola di valle	0,10	[m]
Lunghezza mensola di monte	0,10	[m]
Lunghezza totale	1,20	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,15	[m]
Spessore magrone	0,00	[m]

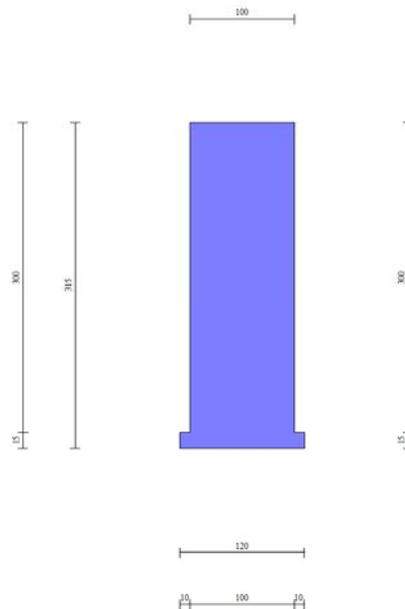


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

## Descrizione terreni

### Parametri di resistenza

#### Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
$\gamma_s$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
$\phi$	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kPa]
$c_a$	Adesione terra-muro espressa in [kPa]
Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix	
Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
$\tau_l$	Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

n°	Descr	$\gamma$ [kN/mc]	$\gamma_{sat}$ [kN/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [kPa]	$c_a$ [kPa]	Cesp	$\tau_l$ [kPa]
1	Rilevato stradale	18,0000	18,0000	30,000	20,000	0	0	---	---
2	arenaria	23,0000	23,0000	22,000	14,670	100	50	---	---
3	Depositi alluvionali	19,0000	19,0000	24,000	16,000	12	6	---	---

## Stratigrafia

### Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
$\alpha$	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
Per calcolo pali (solo se presenti)	
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Cesp	Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')

Kst<sub>sta</sub>, Kst<sub>sis</sub> Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	$\alpha$ [°]	Terreno	Kw [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks	Cesp	Kst <sub>sta</sub>	Kst <sub>sis</sub>
1	3,00	15.000	Depositi alluvionali	---	---	---	---	---
2	7,00	0.000	arenaria	---	---	---	---	---

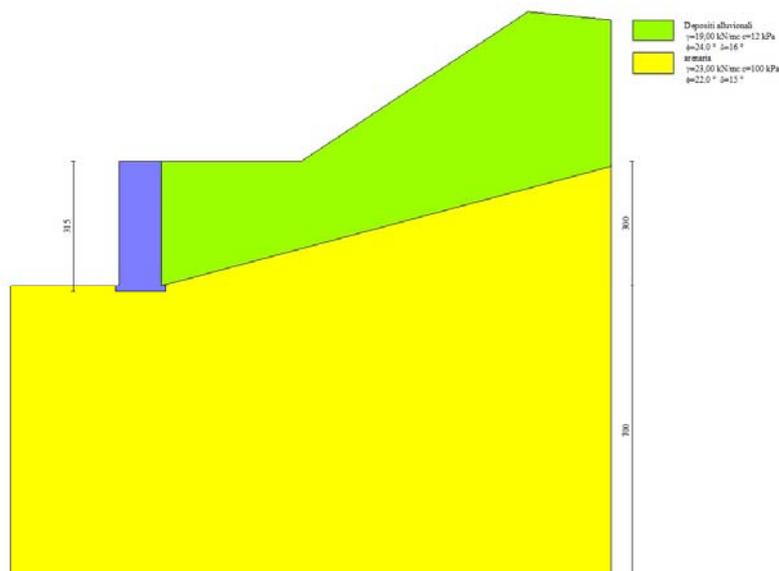


Fig. 2 - Stratigrafia

## Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1, fav}$	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1, sfav}$	1.00	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2, fav}$	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q, sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT, sfav}$	1.00	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi')}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

### Descrizione combinazioni di carico

Con riferimento alle azioni elementari prima determinate, si sono considerate le seguenti combinazioni di carico:

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

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} Q_{k2} + \gamma_{Q3} Q_{k3} + \dots$$

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

$$E + G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

I valori dei coeff.  $\Psi_{0,j}$ ,  $\Psi_{1,j}$ ,  $\Psi_{2,j}$  sono definiti nelle singole condizioni variabili. Per i valori dei coeff.  $\gamma_G$  e  $\gamma_Q$ , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

#### Simbologia adottata

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione  
 $\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

#### Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 7 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 8 - EQU (A1-M1-R3) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 9 - EQU (A1-M1-R3) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

#### Dati sismici

Comune	Barberino Di Mugello
Provincia	Firenze
Regione	Toscana
Latitudine	44.001045
Longitudine	11.238543
Indice punti di interpolazione	18949 - 18948 - 19170 - 19171
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	II
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	50 anni

	Simbolo	U.M.		SLU	SLE
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]		1.885	0.759
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]		0.192	0.077
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.396	2.446
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.286	0.264
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		A	1.000	1.000
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T2	1.200	

Stato limite ...	Coeff. di riduzione $\beta_m$	kh	kv
Ultimo	0.380	8.763	4.382
Ultimo - Ribaltamento	0.570	13.145	6.572
Esercizio	0.470	4.365	2.183

Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**

## Opzioni di calcolo

### Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

### Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza	Meyerhof
Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)	Ponderata
Criterio di riduzione per eccentricità della portanza	Meyerhof
Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)	Nessuna
Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite ( $0.5B\gamma N_\gamma$ )	Larghezza ridotta (B')
Fattori di forma e inclinazione del carico	Solo i fattori di inclinazione
Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato	il fattore di riduzione per comportamento a piastra

### Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
-------------------------------------------	--------

### Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	NO
Considera terreno sulla fondazione di valle	NO
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO
Sezioni verifica muri a gravità	Tutte
Richiesto controllo eccentricità verifiche muro a gravità in cls	

### Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

### Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti

## Risultati per inviluppo

### Spinta e forze

#### Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
C <sub>x</sub> , C <sub>y</sub>	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
P <sub>x</sub> , P <sub>y</sub>	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	C <sub>x</sub> [kN]	C <sub>y</sub> [kN]	P <sub>x</sub> [m]	P <sub>y</sub> [m]
1	Spinta statica	10,08	15,98	9,69	2,78	0,10	-2,49
	Peso/Inerzia muro			0,00	62,37/0,00	-0,50	-1,59
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	5,71/0,00	0,05	-1,50
2	Spinta statica	3,74	15,98	3,60	1,03	0,10	-2,64
	Incremento di spinta sismica		3,79	3,64	1,04	0,10	-2,10
	Peso/Inerzia muro			5,47	62,37/2,73	-0,50	-1,59
	Peso/Inerzia terrapieno			0,50	5,71/0,25	0,05	-1,50

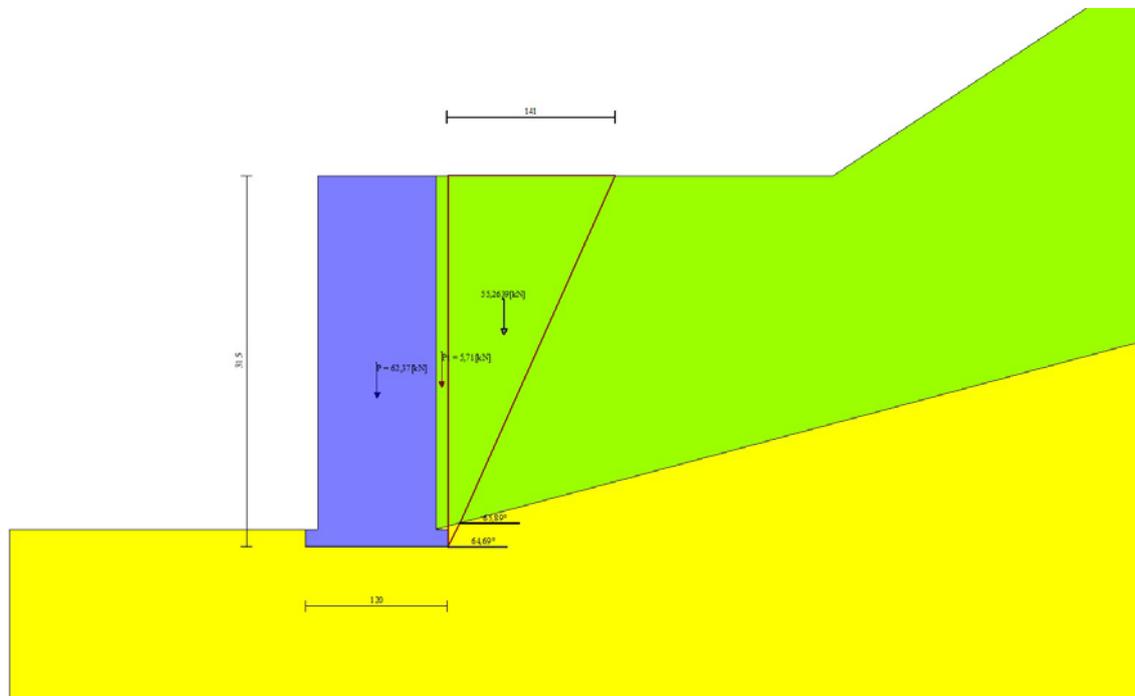


Fig. 3 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

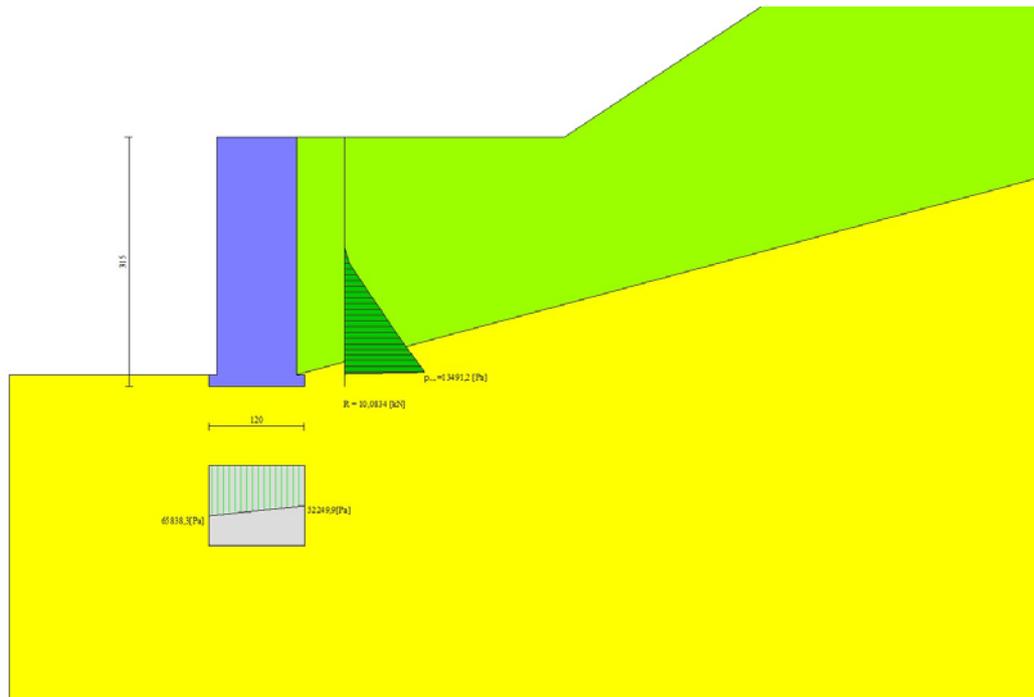


Fig. 4 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

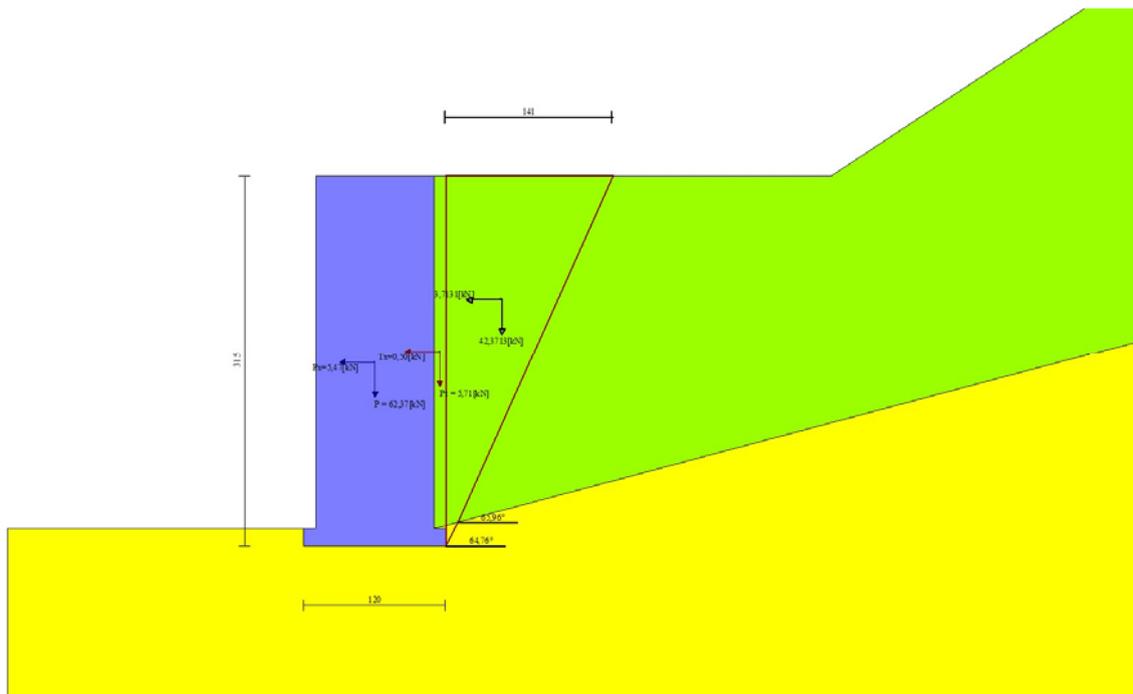


Fig. 5 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

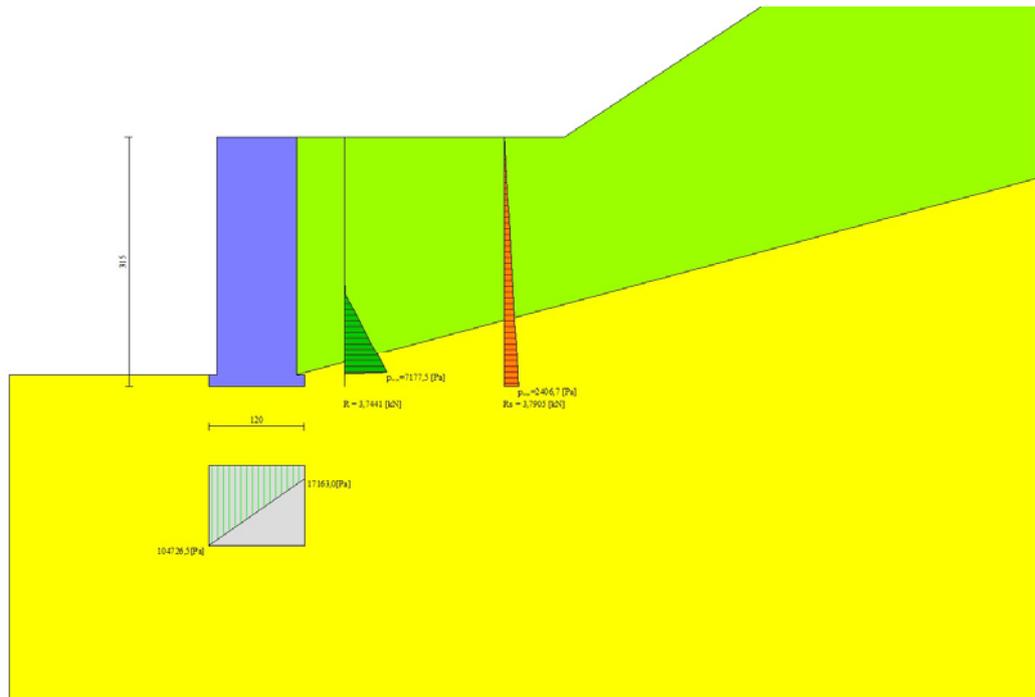


Fig. 6 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

## Risultanti globali

### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
M <sub>r</sub>	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
M <sub>s</sub>	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kN]	T [kN]	M <sub>r</sub> [kNm]	M <sub>s</sub> [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	70,85	9,69	6,43	47,32	0,023
2 - STR (A1-M1-R3)	73,13	13,21	15,03	48,40	0,144
3 - STR (A1-M1-R3)	66,65	11,39	15,04	45,85	0,138
4 - GEO (A2-M2-R2)	70,32	9,77	6,69	46,67	0,031
5 - GEO (A2-M2-R2)	73,13	13,21	15,03	48,40	0,144
6 - GEO (A2-M2-R2)	66,65	11,39	15,04	45,85	0,138
7 - EQU (A1-M1-R3)	70,85	9,69	6,43	47,32	0,023
8 - EQU (A1-M1-R3)	75,25	18,38	22,00	50,12	0,226
9 - EQU (A1-M1-R3)	65,49	15,54	21,91	46,25	0,228

## Verifiche geotecniche

### Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS <sub>SCO</sub>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS <sub>RIB</sub>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS <sub>QLIM</sub>	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS <sub>STAB</sub>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS <sub>HYD</sub>	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS <sub>UPL</sub>	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>UPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		8.103		21.998			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	5.992		15.163			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	6.800		17.066			
4 - GEO (A2-M2-R2)					5.128		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				5.262		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				5.570		
7 - EQU (A1-M1-R3)			7.354				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		2.278				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		2.110				

### Verifica a scorrimento fondazione

**Simbologia adottata**

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa [kN]	Rpt [kN]	Rps [kN]	Rp [kN]	Rt [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	78,55	0,00	0,00	--	--	78,55	9,69	8.103
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	79,15	0,00	0,00	--	--	79,15	13,21	5.992

**Verifica a carico limite****Simbologia adottata**

n°	Indice combinazione
N	Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]
Qu	carico limite del terreno, espresso in [kN]
Qd	Portanza di progetto, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	70,85	1558,63	1113,30	21.998
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	73,13	1108,96	924,13	15.163

**Dettagli calcolo portanza****Simbologia adottata**

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gy	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, by	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sy	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, py	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
Re	Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
Ir, Irc	Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic
r <sub>γ</sub>	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5B <sub>y</sub> N <sub>y</sub> viene moltiplicato per questo fattore

D Affondamento del piano di posa, espresso in [m]  
 B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]  
 H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]  
 γ Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]  
 φ Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]  
 c Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]  
 Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo "--" sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	Ir	Irc	Re	r <sub>γ</sub>
1	16.883	0.834	1.037	--	--	--	--	--	--	0.862	1.000
	7.821	0.834	1.019	--	--	--	--	--	--		
	4.066	0.417	1.019	--	--	--	--	--	--		
2	16.883	0.785	1.037	--	--	--	--	--	--	0.654	1.000
	7.821	0.785	1.019	--	--	--	--	--	--		
	4.066	0.286	1.019	--	--	--	--	--	--		

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [°]	φ [kN/mc]	c [kPa]
1	0,15	1,20	0,89	23,00	22,00	100
2	0,15	1,20	0,89	23,00	22,00	100

**Verifica a ribaltamento****Simbologia adottata**

n°	Indice combinazione
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
7 - EQU (A1-M1-R3)	47,32	6,43	7.354
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	46,25	21,91	2.110

**Verifica stabilità globale muro + terreno**

## Simbologia adottata

Ic	Indice/Tipo combinazione
C	Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]
R	Raggio, espresso in [m]
FS	Fattore di sicurezza

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
4 - GEO (A2-M2-R2)	0,00; 4,50	7,74	5.128
5 - GEO (A2-M2-R2) H + V	0,00; 4,50	7,74	5.262

## Dettagli strisce verifiche stabilità

## Simbologia adottata

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 [kN]

Qy carico sulla striscia espresso in [kN]

Qf carico acqua sulla striscia espresso in [kN]

$\alpha$  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 [kPa]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	3,38	0,00	0,00	7,56 - 0,38	72.261	19.605	10	0,0	
2	8,76	0,00	0,00	0,38	64.792	19.605	10	0,0	
3	12,11	0,00	0,00	0,38	58.770	19.605	10	0,0	
4	14,42	0,00	0,00	0,38	53.678	19.605	10	0,0	
5	16,05	0,00	0,00	0,38	49.150	19.605	10	0,0	
6	17,18	0,00	0,00	0,38	45.007	19.605	10	0,0	
7	17,93	0,00	0,00	0,38	41.147	19.605	10	0,0	
8	18,35	0,00	0,00	0,38	37.503	19.605	10	0,0	
9	18,61	0,00	0,00	0,38	34.030	17.912	80	0,0	
10	18,74	0,00	0,00	0,38	30.695	17.912	80	0,0	
11	18,61	0,00	0,00	0,38	27.472	17.912	80	0,0	
12	19,02	0,00	0,00	0,38	24.341	17.912	80	0,0	
13	20,26	0,00	0,00	0,38	21.286	17.912	80	0,0	
14	21,30	0,00	0,00	0,38	18.293	17.912	80	0,0	
15	22,16	0,00	0,00	0,38	15.351	17.912	80	0,0	
16	22,82	0,00	0,00	0,38	12.450	17.912	80	0,0	
17	23,32	0,00	0,00	0,38	9.581	17.912	80	0,0	
18	23,64	0,00	0,00	0,38	6.737	17.912	80	0,0	
19	23,79	0,00	0,00	0,38	3.909	17.912	80	0,0	
20	23,79	0,00	0,00	0,38	1.090	17.912	80	0,0	
21	24,21	0,00	0,00	0,38	-1.726	17.912	80	0,0	
22	24,00	0,00	0,00	0,38	-4.546	17.912	80	0,0	
23	12,86	0,00	0,00	0,38	-7.377	17.912	80	0,0	
24	0,82	0,00	0,00	0,38	-10.226	17.912	80	0,0	
25	0,25	0,00	0,00	-1,94 - 0,38	-11.752	17.912	80	0,0	

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	3,38	0,00	0,00	7,56 - 0,38	72.261	24.000	12	0,0	
2	8,76	0,00	0,00	0,38	64.792	24.000	12	0,0	
3	12,11	0,00	0,00	0,38	58.770	24.000	12	0,0	
4	14,42	0,00	0,00	0,38	53.678	24.000	12	0,0	
5	16,05	0,00	0,00	0,38	49.150	24.000	12	0,0	
6	17,18	0,00	0,00	0,38	45.007	24.000	12	0,0	
7	17,93	0,00	0,00	0,38	41.147	24.000	12	0,0	
8	18,35	0,00	0,00	0,38	37.503	24.000	12	0,0	
9	18,61	0,00	0,00	0,38	34.030	22.000	100	0,0	
10	18,74	0,00	0,00	0,38	30.695	22.000	100	0,0	
11	18,61	0,00	0,00	0,38	27.472	22.000	100	0,0	
12	19,02	0,00	0,00	0,38	24.341	22.000	100	0,0	
13	20,26	0,00	0,00	0,38	21.286	22.000	100	0,0	
14	21,30	0,00	0,00	0,38	18.293	22.000	100	0,0	
15	22,16	0,00	0,00	0,38	15.351	22.000	100	0,0	
16	22,82	0,00	0,00	0,38	12.450	22.000	100	0,0	
17	23,32	0,00	0,00	0,38	9.581	22.000	100	0,0	
18	23,64	0,00	0,00	0,38	6.737	22.000	100	0,0	
19	23,79	0,00	0,00	0,38	3.909	22.000	100	0,0	
20	23,79	0,00	0,00	0,38	1.090	22.000	100	0,0	
21	24,21	0,00	0,00	0,38	-1.726	22.000	100	0,0	
22	24,00	0,00	0,00	0,38	-4.546	22.000	100	0,0	
23	12,86	0,00	0,00	0,38	-7.377	22.000	100	0,0	
24	0,82	0,00	0,00	0,38	-10.226	22.000	100	0,0	
25	0,25	0,00	0,00	-1,94 - 0,38	-11.752	22.000	100	0,0	

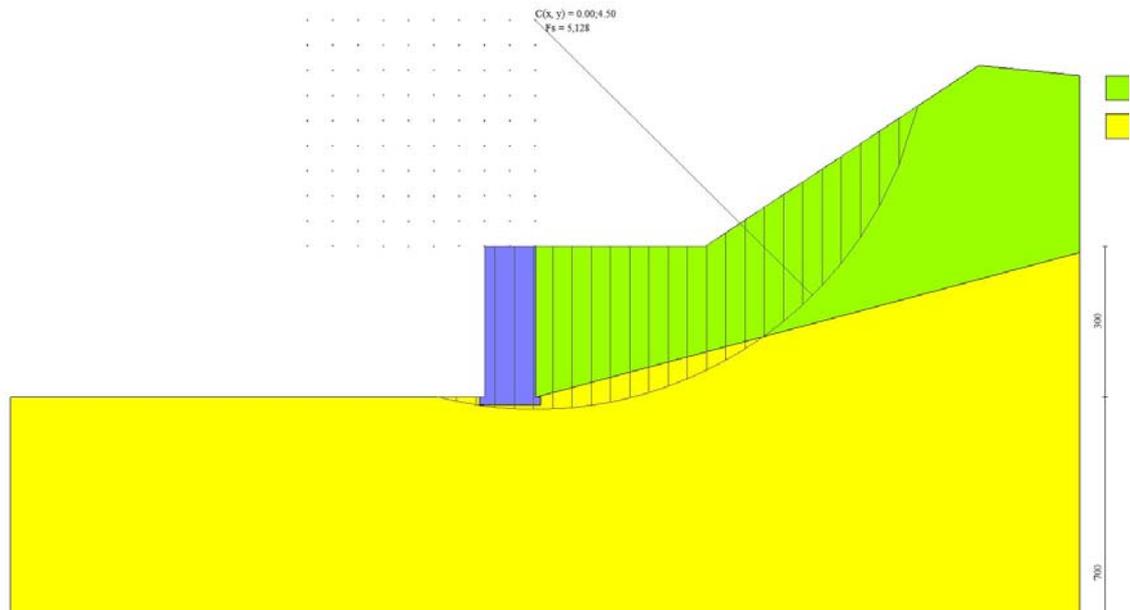


Fig. 7 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 4)

## Sollecitazioni

### Elementi calcolati a trave

#### Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.  
 T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle  
 M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

## Paramento

n°	X [m]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]	T <sub>min</sub> [kN]	T <sub>max</sub> [kN]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,88	2,05	0,00	0,18	0,00	0,01
3	-0,20	3,75	4,09	0,00	0,36	0,00	0,04
4	-0,30	5,63	6,14	0,00	0,55	0,00	0,08
5	-0,40	7,50	8,19	0,00	0,75	0,00	0,15
6	-0,50	9,38	10,24	0,00	0,96	0,00	0,23
7	-0,60	11,25	12,28	0,00	1,18	0,00	0,34
8	-0,70	13,13	14,33	0,00	1,40	0,00	0,47
9	-0,80	15,00	16,38	0,00	1,64	0,00	0,62
10	-0,90	16,88	18,43	0,00	1,88	0,00	0,80
11	-1,00	18,75	20,47	0,00	2,13	0,00	1,00
12	-1,10	20,63	22,52	0,00	2,39	0,00	1,22
13	-1,20	22,51	24,57	0,00	2,65	0,00	1,47
14	-1,30	24,38	26,61	0,00	2,93	0,00	1,75
15	-1,40	26,26	28,66	0,00	3,21	0,00	2,06
16	-1,50	28,13	30,71	0,02	3,50	0,00	2,40
17	-1,60	30,01	32,76	0,08	3,80	0,01	2,76
18	-1,70	31,88	34,80	0,21	4,11	0,02	3,16
19	-1,80	33,76	36,85	0,43	4,42	0,05	3,58
20	-1,90	35,63	38,90	0,74	4,76	0,11	4,04
21	-2,00	37,51	40,95	1,13	5,11	0,20	4,53
22	-2,10	39,38	42,99	1,61	5,52	0,34	5,07
23	-2,20	41,26	45,04	2,18	6,00	0,53	5,64
24	-2,30	43,13	47,09	2,84	6,55	0,78	6,27
25	-2,40	45,01	49,14	3,58	7,19	1,10	6,95
26	-2,50	46,89	51,18	4,41	7,89	1,50	7,71
27	-2,60	48,76	53,23	5,34	8,68	1,98	8,54
28	-2,70	50,64	55,28	6,35	9,54	2,57	9,45
29	-2,80	52,51	57,32	7,45	10,48	3,25	10,45
30	-2,90	54,39	59,37	8,63	11,49	4,06	11,54
31	-3,00	56,26	61,42	9,91	12,58	4,98	12,75

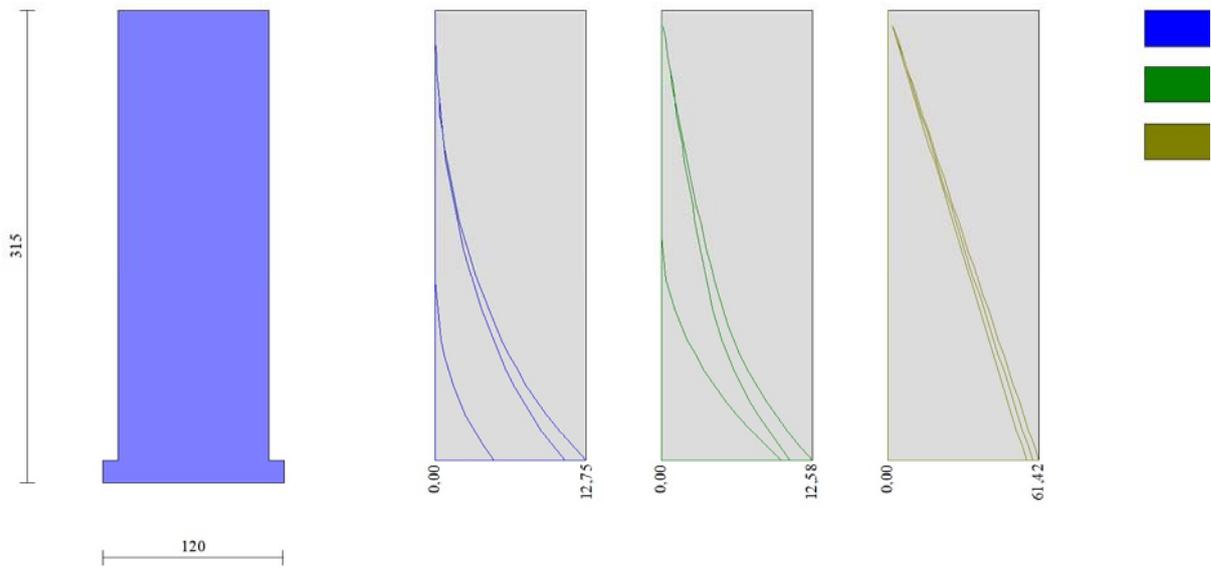


Fig. 8 - Paramento

*Fondazione*

n°	X [m]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]	T <sub>min</sub> [kN]	T <sub>max</sub> [kN]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]
1	-1,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-1,05	0,00	0,00	3,13	5,00	0,08	0,13
3	-1,00	0,00	0,00	6,23	9,81	0,31	0,50
4	0,00	0,00	0,00	-3,95	-2,43	-0,20	-0,12
5	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

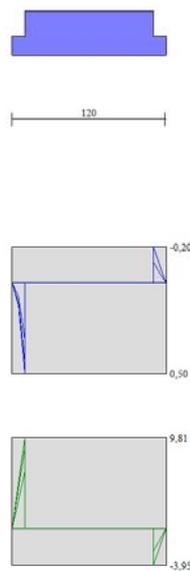


Fig. 9 - Fondazione

Verifiche strutturali*Paramento in pietra*

## Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
As	area sezione reagente espresso in [cmq]
e	eccentricità espresso in [cm]
$\sigma$	tensione espressa in [kPa]
Rt	resistenza ai carichi orizzontali espressa in [kN]
Et	Azione orizzontale espressa in [kN]
FSsco	fattore di sicurezza allo scorrimento (Rt/Et)
Ms	momento stabilizzante espresso in [kNm]
Mr	momento ribaltante espresso in [kNm]
FSrib	fattore di sicurezza a ribaltamento (Ms/Mr)

n°	Y [m]	As [cmq]	e [cm]	$\sigma$ [kPa]	Rt [kN]	Et [kN]	FSsco	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FSrib
1	0,00	10000	0,00	0	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	0,0000	100.000
2	-0,10	10000	0,71	2	1,8325	0,2612	7.016	0,9172	0,0130	70.534
3	-0,20	10000	1,43	4	3,6649	0,5292	6.926	1,8363	0,0525	35.001
4	-0,30	10000	2,17	6	5,4974	0,8039	6.838	2,7574	0,1191	23.160
5	-0,40	10000	2,91	8	7,3298	1,0854	6.753	3,6804	0,2135	17.241
6	-0,50	10000	3,67	10	9,1623	1,3736	6.670	4,6054	0,3364	13.692
7	-0,60	10000	4,44	12	10,9947	1,6687	6.589	5,5323	0,4884	11.327
8	-0,70	10000	5,23	14	12,8272	1,9705	6.510	6,4611	0,6703	9.639
9	-0,80	10000	6,02	16	14,6596	2,2790	6.432	7,3919	0,8827	8.374
10	-0,90	10000	6,83	18	16,4921	2,5943	6.357	8,3246	1,1263	7.391
11	-1,00	10000	7,65	20	18,3245	2,9164	6.283	9,2593	1,4018	6.605
12	-1,10	10000	8,48	22	20,1570	3,2453	6.211	10,1959	1,7099	5.963
13	-1,20	10000	9,33	24	21,9894	3,5809	6.141	11,1344	2,0511	5.428
14	-1,30	10000	10,18	25	23,8219	3,9233	6.072	12,0749	2,4263	4.977
15	-1,40	10000	11,05	27	25,6543	4,2728	5.972	13,0173	2,8360	4.590
16	-1,50	10000	11,94	29	27,4867	4,6293	5.861	13,9616	3,2810	4.255
17	-1,60	10000	12,83	31	29,3191	4,9928	5.755	14,9079	3,7619	3.963
18	-1,70	10000	13,74	33	31,1515	5,3633	5.653	15,8562	4,2794	3.705
19	-1,80	10000	14,66	36	33,0240	5,7408	5.554	16,8063	4,8342	3.477
20	-1,90	10000	15,59	38	34,8964	6,1253	5.452	17,7607	5,4272	3.273
21	-2,00	10000	16,54	40	36,7689	6,5168	5.345	18,7214	6,0604	3.089
22	-2,10	10000	17,60	43	38,6413	6,9143	5.217	19,6959	6,7369	2.924
23	-2,20	10000	18,70	46	40,5137	7,3178	5.060	20,6918	7,4632	2.773
24	-2,30	10000	19,86	50	42,3861	7,7273	4.885	21,7090	8,2467	2.632
25	-2,40	10000	21,07	54	44,2585	8,1428	4.699	22,7505	9,0871	2.494
26	-2,50	10000	22,36	58	46,1309	8,5643	4.508	23,8240	9,9846	2.362
27	-2,60	10000	23,72	63	48,0033	8,9918	4.317	24,9395	10,9391	2.239
28	-2,70	10000	25,17	68	50,0000	9,4253	4.130	26,0960	11,9516	2.122
29	-2,80	10000	26,70	74	52,0000	9,8648	3.948	27,2945	13,0231	2.012
30	-2,90	10000	28,33	81	54,0000	10,3103	3.773	28,5360	14,1546	1.908
31	-3,00	10000	30,05	89	56,0000	10,7618	3.607	29,8215	15,3461	1.811

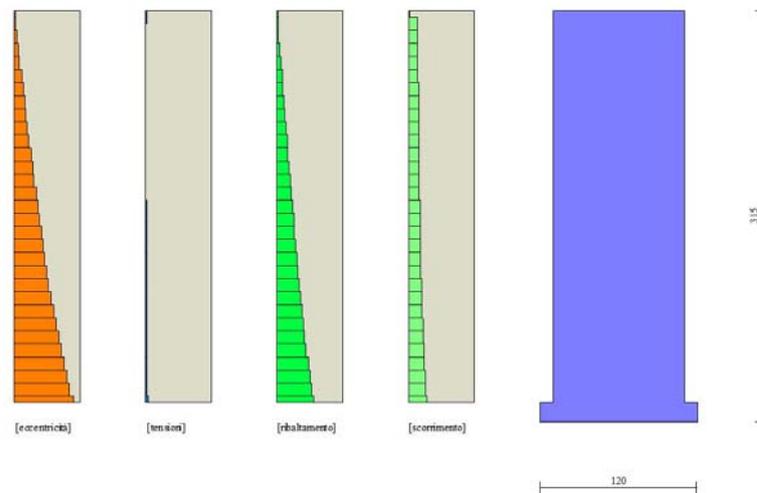


Fig. 10 - Verifiche paramento pietrame (Inviluppo)

## Elenco ferri

### Simbologia adottata

n°	Indice del ferro
nf	numero ferri
D	diametro ferro espresso in [mm]
L	Lunghezza ferro espresso in [m]
P <sub>ferro</sub>	Peso ferro espresso in [kN]

### Computo metrico

	U.M.	Quantità	Prezzo unitario [Euro]	Importo [Euro]
Casseformi	[mq]	6,00	13,94	83,64
Scavo a sezione obbligata	[mc]	1,80	9,30	16,74
Pietrame riempimento	[mc]	31,80	20,00	636,00
<b>Totale muro</b>				<b>736,38</b>
<b>Totale</b>				<b>736,38</b>

## Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)

### Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

#### Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

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.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del D.M. 17/01/2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

#### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno
Versione	15.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	Abacus S.r.l.
Licenza	AIU5389N1

#### Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

#### Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

#### Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

#### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Luogo e data

---

Il progettista  
( )

---