

# INGEOART s.r.l.

● **STUDIO TECNICO BONACCI**

Piazza Stazione, 3 - 28844 VILLADOSSOLA (VB) - P.I. 01383610035  
Tel. 0324/5795 - Fax 0324/579530 - email : info@ingeoart.it

PROVINCIA DEL VERBANO-CUSIO-OSSOLA

COMUNE DI MONTECRESTESE

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PISTA  
AGRO-SILVO-PASTORALE AGARINA-MERLATA

**CALCOLI ESECUTIVI DELLE STRUTTURE**

FIRMA DEL TECNICO:

ANDREA ING. BONACCI  
FIRMATO DIGITALMENTE

REP.: 067-2017

FILE:  
testalini\_DEF-ESE

ELABORATO:  
6

REV.	DESCRIZIONE	DIS.	DATA	CONTR.
1	Studio di fattibilità	M.C.	10.06.17	ANDREA
2	Pratica ambientale	M.C.	23.06.17	ANDREA
3	Pratica Aut. L.R. 45/89	M.C.	23.08.17	ANDREA
4	Progetto Definitivo-Esecutivo	M.C.	23.08.17	ANDREA

DATA  
AGOSTO 2017

AGGIORNAMENTO

## ***INDICE***

1. RELAZIONE TECNICO-STRUTTURALE .....	2
1.1 Breve descrizione delle opere.....	2
1.2 Normative di riferimento .....	2
1.3 Calcolo della spinta sul muro .....	3
1.4 Verifiche scogliere a monte della strada .....	10
1.5 Verifiche scogliere a valle della strada.....	17

# 1. RELAZIONE TECNICO-STRUTTURALE

## 1.1 Breve descrizione delle opere

Si procede alla verifica strutturale delle opere predisposte nel progetto per il ripristino e la messa in sicurezza della strada agro-silvo-pastorale che collega l'Alpe Agarina e la località Merlata, nel Comune di Montecrestese, più precisamente all'interno della Valle Agarina, non molto distante dal confine Italo-Svizzero.

Il progetto di straordinaria manutenzione alla strada agro-silvo-pastorale Agarina-Merlata si compone di una serie di interventi per la stabilizzazione ed il consolidamento delle scarpate e la messa in sicurezza del piano viario.

Tali interventi vengono identificati sulla planimetria generale, nonché sulla relazione generale, con lettere a partire da "A" fino ad "I". Si è quindi scelto di andare a verificare le situazioni più gravose che corrispondono a:

1. Intervento "C" - Lunghezza 6.00 ml - Costruzione di una scogliera di controripa in massi semisquadrati con altezza di circa 6 metri per consolidare un tratto di scarpata instabile in fase di erosione compresa tra due porzioni rocciose emergenti;
2. Intervento "H" - L'intervento si compone di una scogliera di sostegno in massi e soprastante protezione in blocchi - Costruzione scogliera di sostegno in massi semisquadrati per consolidare un tratto di scarpata di valle instabile e franosa, avente un'altezza fuori terra di circa 3,5 metri ed una lunghezza di 30.00 m.

Ai sensi del **D.M. 14 gennaio 2008** l'intervento risulta essere del tipo **opera geotecnica** definita al **cap. 6** delle N.T.C.

Si è proceduto alla verifica delle sezioni più svantaggiose con il programma di calcolo *Max 10.0 Analisi e Calcolo Muri di sostegno* della *Aztec Informatica*, applicando il metodo di Culmann.

Le caratteristiche dimensionali degli elementi strutturali sono riportati negli elaborati grafici allegati al progetto.

## 1.2 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.

---

**INGEOART** s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)  
tel. 0324579511 fax 0324579530 [info@ingeoart.it](mailto:info@ingeoart.it) [www.ingeoart.it](http://www.ingeoart.it)  
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035  
Capitale sociale 10.400,00 € i.v.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)

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

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

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

## 1.3 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

---

**INGEOART** s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)  
tel. 0324579511 fax 0324579530 [info@ingeoart.it](mailto:info@ingeoart.it) [www.ingeoart.it](http://www.ingeoart.it)  
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035  
Capitale sociale 10.400,00 € i.v.

incrementati i carichi permanenti 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 lasciati inalterati i carichi. Operando in tal modo si ottengono valori delle spinte (azioni) maggiorate e valori di resistenza ridotti e pertanto nelle verifiche globali è possibile fare riferimento a coefficienti di sicurezza unitari.

## 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 prispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C) e resistenza per coesione lungo la parete (A);
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

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

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

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

## Spinta in presenza di sisma

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

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

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

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

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

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

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

Terreno a bassa permeabilità

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

**INGEOART** s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)  
tel. 0324579511 fax 0324579530 [info@ingeoart.it](mailto:info@ingeoart.it) [www.ingeoart.it](http://www.ingeoart.it)  
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035  
Capitale sociale 10.400,00 € i.v.

Terreno a permeabilità elevata

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

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

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

dove il coefficiente  $A$  vale

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

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

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

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

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

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

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

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

## Verifica a ribaltamento

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

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

Deve quindi essere verificata la seguente disuguaglianza

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

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

---

**INGEOART** s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)  
tel. 0324579511 fax 0324579530 [info@ingeoart.it](mailto:info@ingeoart.it) [www.ingeoart.it](http://www.ingeoart.it)  
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035  
Capitale sociale 10.400,00 € i.v.

fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro  $\delta$  è positivo, ribaltante se  $\delta$  è negativo.  $\delta$  è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.

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

## Verifica a scorrimento

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

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

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

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

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

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

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

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

## Verifica al carico limite

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

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

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

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

---

**INGEOART** s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)  
tel. 0324579511 fax 0324579530 [info@ingeoart.it](mailto:info@ingeoart.it) [www.ingeoart.it](http://www.ingeoart.it)  
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035  
Capitale sociale 10.400,00 € i.v.

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$Q_u = c N_c d_{cic} + q N_q d_{qiq} + 0.5 \gamma B N_\gamma d_{\gamma i_\gamma}$$

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.

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

$$A = e^{\pi \tan \phi}$$

$$N_q = A \tan^2(45^\circ + \phi/2)$$

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

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

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

$$K_p = \tan^2(45^\circ + \phi/2)$$

I fattori  $d$  e  $i$  che compaiono nella formula sono rispettivamente i fattori di profondità ed i fattori di inclinazione del carico espressi dalle seguenti relazioni:

#### Fattori di profondità

$$d_q = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$$

$$d_q = d_\gamma = 1 \quad \text{per } \phi = 0$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p} \quad \text{per } \phi > 0$$

#### Fattori di inclinazione

Indicando con  $\theta$  l'angolo che la risultante dei carichi forma con la verticale ( espresso in gradi ) e con  $\phi$  l'angolo d'attrito del terreno di posa abbiamo:

$$i_c = i_q = (1 - \theta/90)^2$$

**INGEOART** s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)  
tel. 0324579511 fax 0324579530 [info@ingeoart.it](mailto:info@ingeoart.it) [www.ingeoart.it](http://www.ingeoart.it)  
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035  
Capitale sociale 10.400,00 € i.v.



$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ}\right)^2 \quad \text{per } \phi > 0$$

$$i_\gamma = 0 \quad \text{per } \phi = 0$$

## Verifica alla stabilità globale

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

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

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

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

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + [W_i \cos \alpha_i - u_i l_i] \tan \phi_i \right)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \alpha_i}$$

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

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

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

## Normativa

N.T.C. 2008

### Simbologia adottata

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

**INGEOART** s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)  
tel. 0324579511 fax 0324579530 [info@ingeoart.it](mailto:info@ingeoart.it) [www.ingeoart.it](http://www.ingeoart.it)  
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035  
Capitale sociale 10.400,00 € i.v.

## Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>EQU</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	0.90	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.10	1.30	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.50	1.50	1.30

### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$		1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_c$		1.00	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$		1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$		1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$		1.00	1.00

## Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>EQU</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.00	1.00	1.00

### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$		1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_c$		1.00	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$		1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$		1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$		1.00	1.00

## FONDAZIONE SUPERFICIALE

### Coefficienti parziali $\gamma_R$ per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

<i>Verifica</i>	<i>Coefficienti parziali</i>		
	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>
Capacità portante della fondazione	1.00	1.00	1.40
Scorrimento	1.00	1.00	1.10
Resistenza del terreno a valle	1.00	1.00	1.40
Stabilità globale		1.10	
Coeff. di combinazione	$\Psi_0 = 0.70$	$\Psi_1 = 0.50$	$\Psi_2 = 0.20$

## 1.4 Verifiche scogliere a monte della strada

Viene svolta la verifica della scogliera di controripa, realizzata in massi semisquadrati, relativa alla situazione più gravosa tra quelle in progetto e corrispondente all'intervento denominato Intervento "C" (vedi §1.1 "Breve descrizione delle opere").

### Geometria muro e fondazione

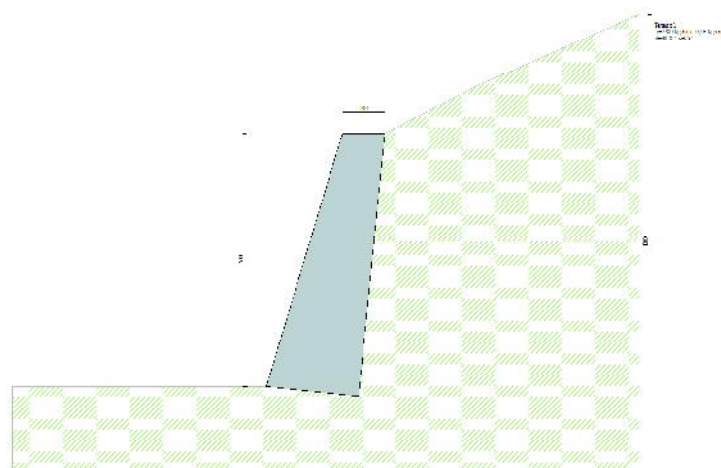
#### Descrizione

#### Muro a gravità in pietrame

Altezza del paramento	6,00 [m]
Spessore in sommità	1,00 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	2,18 [m]
Inclinazione paramento esterno	16,70 [°]
Inclinazione paramento interno	-5,71 [°]
Lunghezza del muro	1,00 [m]

#### Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0,00 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0,00 [m]
Lunghezza totale fondazione	2,18 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	5,71 [°]
Spessore fondazione	0,00 [m]
Spessore magrone	0,00 [m]



### Materiali utilizzati per la struttura

#### Pietrame

Peso specifico	2700,0 [kg/mc]
Tensione ammissibile a compressione $\sigma_c$	30,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Angolo di attrito interno $\phi_p$	45,00 [°]
Resistenza a taglio $\tau_p$	0,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]

**INGEOART** s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)  
tel. 0324579511 fax 0324579530 [info@ingeoart.it](mailto:info@ingeoart.it) [www.ingeoart.it](http://www.ingeoart.it)  
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035  
Capitale sociale 10.400,00 € i.v.

## Geometria profilo terreno a monte del muro

### Simbologia adottata e sistema di riferimento

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

N numero ordine del punto

X ascissa del punto espressa in [m]

Y ordinata del punto espressa in [m]

A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	2,23	1,15	27,28
2	6,00	2,80	23,64

## Terreno a valle del muro

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

## Descrizione terreni

### Simbologia adottata

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

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c	$c_a$
Terreno 1	1900	2000	38.00	25.33	0,000	0,000

Nella tavola di progetto rappresentante i particolari delle opere, relativamente all'intervento "C", è stata rappresentata la presenza di roccia in maniera indicativa. Dato che non si ha certezza della posizione della roccia affiorante, la verifica è stata condotta a vantaggio di sicurezza, adottando i parametri di un terreno sciolto.

## Stratigrafia

### Simbologia adottata

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

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	8,00	0,00	2,42	0,00	Terreno

**INGEOART** s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)  
tel. 0324579511 fax 0324579530 [info@ingeoart.it](mailto:info@ingeoart.it) [www.ingeoart.it](http://www.ingeoart.it)  
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035  
Capitale sociale 10.400,00 € i.v.

# Descrizione combinazioni di carico

## Simbologia adottata

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

### Combinazione n°1 SLU (Caso A1-M1)

	$\gamma$	$\Psi$	$C$
Peso proprio	1,30	1.00	1,30
Spinta terreno	1,30	1.00	1,30

### Combinazione n°2 SLU (Caso A2-M2)

	$\gamma$	$\Psi$	$C$
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

### Combinazione n°3 EQU

	$\gamma$	$\Psi$	$C$
Peso proprio	1,10	1.00	1,10
Spinta terreno	1,10	1.00	1,10

### Combinazione n°4 STAB

	$\gamma$	$\Psi$	$C$
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

### Combinazione n°5 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. ne gativo

	$\gamma$	$\Psi$	$C$
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

### Combinazione n°6 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. po sitivo

	$\gamma$	$\Psi$	$C$
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

### Combinazione n°7 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. po sitivo

	$\gamma$	$\Psi$	$C$
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

### Combinazione n°8 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. ne gativo

	$\gamma$	$\Psi$	$C$
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

### Combinazione n°9 EQU - Sisma Vert. negativo

	$\gamma$	$\Psi$	$C$
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

**INGEOART** s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)  
tel. 0324579511 fax 0324579530 [info@ingeoart.it](mailto:info@ingeoart.it) [www.ingeoart.it](http://www.ingeoart.it)  
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035  
Capitale sociale 10.400,00 € i.v.

Combinazione n° 10 EQU - Sisma Vert. positivo

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 11 STAB - Sisma Vert. positivo

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 12 STAB - Sisma Vert. negativo

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 13 SLE (Quasi Permanente)

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 14 SLE (Frequente)

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 15 SLE (Rara)

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00

## Impostazioni di analisi

### Impostazioni avanzate

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

## Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

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

C	Tipo	Sisma	CS <sub>sco</sub>	CS <sub>rib</sub>	CS <sub>qlim</sub>	CS <sub>stab</sub>
1	A1-M1 - [1]	--	2,37	--	5,35	--
2	A2-M2 - [1]	--	1,53	--	1,46	--
3	EQU - [1]	--	--	2,53	--	--
4	STAB - [1]	--	--	--	--	1,11

**INGEOART** s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)  
tel. 0324579511 fax 0324579530 [info@ingeoart.it](mailto:info@ingeoart.it) [www.ingeoart.it](http://www.ingeoart.it)  
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035  
Capitale sociale 10.400,00 € i.v.

5	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	3,72	--	6,29	--
6	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	3,71	--	6,27	--
7	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1,50	--	1,40	--
8	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1,50	--	1,41	--
9	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	2,77	--	--
10	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	2,78	--	--
11	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,11
12	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,11
13	SLEQ - [1]	--	3,85	--	6,31	--
14	SLEF - [1]	--	3,85	--	6,31	--
15	SLER - [1]	--	3,85	--	6,31	--

## Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (esprese in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (esprese in [m]) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

### Tipo di analisi

Calcolo della spinta

Calcolo del carico limite

Calcolo della stabilità globale

Calcolo della spinta in condizioni di

metodo di Culmann

metodo di Meyerhof

metodo di Fellenius

Spinta attiva

### Sisma

Accelerazione al suolo  $a_g =$

0.07 [m/s<sup>2</sup>]

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)

1.60

Coefficiente di amplificazione topografica (St)

1.20

Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )

0.18

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale

0.50

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)

$k_h = (a_g/g * \beta_m * St * S) = 0.26$

Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)

$k_v = 0.50 * k_h = 0.13$

Forma diagramma incremento sismico

Stessa forma diagramma statico

Partecipazione spinta passiva (percento)

0,0

Lunghezza del muro

1,00 [m]

Peso muro

26568,16 [kg]

Baricentro del muro

X=-1,18 Y=-3,44

### Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta

X = -0,62 Y = -6,22

Punto superiore superficie di spinta

X = 0,00 Y = 0,00

Altezza della superficie di spinta

6,22 [m]

Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)

-5,71 [°]

### COMBINAZIONE n°3

Valore della spinta statica

12170,25 [kg]

Componente orizzontale della spinta statica

11753,89 [kg]

**INGEOART** s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)  
tel. 0324579511 fax 0324579530 [info@ingeoart.it](mailto:info@ingeoart.it) [www.ingeoart.it](http://www.ingeoart.it)  
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035  
Capitale sociale 10.400,00 € i.v.

Componente verticale della spinta statica	3156,09	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,43	[m]	Y = -4,30	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,74	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	49,78	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00	[m]	Y = 0,00	[m]

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	11753,89	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	29724,25	[kg]		
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	19946,03	[kgm]		
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	50547,50	[kgm]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	30746,20	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	8738,20	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,10	[m]		
Risultante in fondazione	31963,81	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	15,87	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	3053,82	[kgm]		

#### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.53
--	------

#### COMBINAZIONE n° 7

Valore della spinta statica	10842,33	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	10471,41	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	2811,73	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,43	[m]	Y = -4,32	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,74	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	49,97	[°]		

Incremento sismico della spinta	126,59	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,43	[m]	Y = -4,32	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	49,78	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00	[m]	Y = 0,00	[m]
Inerzia del muro	70,20	[kg]		
Inerzia verticale del muro	35,10	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	10663,86	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	29447,81	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	30362,68	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	7681,09	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,04	[m]		
Risultante in fondazione	31319,19	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	14,20	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	1328,35	[kgm]		
Carico ultimo della fondazione	42545,98	[kg]		

**INGEOART** s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)  
tel. 0324579511 fax 0324579530 [info@ingeoart.it](mailto:info@ingeoart.it) [www.ingeoart.it](http://www.ingeoart.it)  
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035  
Capitale sociale 10.400,00 € i.v.



### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,19	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,5532	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	1,2206	[kg/cm <sup>2</sup> ]

### Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 35.51$	$N'_c = 25.19$
$N_q = 23.19$	$N'_q = 16.45$
$N_\gamma = 22.05$	$N'_\gamma = 6.83$

### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.50
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	1.40

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 11

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
Origine in testa al muro (spigolo contro terra)  
W peso della striscia espresso in [kg]  
 $\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
 $\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]  
b larghezza della striscia espressa in [m]  
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36  
Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -4,20 Y[m]= 0,47

Raggio del cerchio R[m]= 7,58

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -8,18

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3,30

Larghezza della striscia dx[m]= 0,46

Coefficiente di sicurezza C= 1.11

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W \sin \alpha$	$b/\cos \alpha$	$\phi$	c	u
1	2622.33	74.97	2532.58	1.77	32.01	0.024	0.000
2	3609.15	64.26	3251.11	1.06	32.01	0.024	0.000
3	4152.03	57.07	3484.97	0.85	32.01	0.024	0.000
4	4505.06	51.11	3506.63	0.73	32.01	0.024	0.000
5	4753.40	45.86	3410.96	0.66	32.01	0.024	0.000
6	4927.83	41.06	3236.94	0.61	32.01	0.024	0.000
7	5044.59	36.60	3007.57	0.57	32.01	0.024	0.000
8	5745.59	32.38	3077.05	0.54	32.01	0.024	0.000
9	7454.52	28.35	3540.31	0.52	32.01	0.024	0.000
10	7494.32	24.48	3104.92	0.50	32.01	0.024	0.000
11	5868.65	20.71	2075.70	0.49	32.01	0.024	0.000

**INGEOART** s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)  
tel. 0324579511 fax 0324579530 [info@ingeoart.it](mailto:info@ingeoart.it) [www.ingeoart.it](http://www.ingeoart.it)  
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035  
Capitale sociale 10.400,00 € i.v.

12	4089.88	17.04	1198.70	0.48	32.01	0.024	0.000
13	2283.23	13.44	530.82	0.47	32.01	0.024	0.000
14	948.28	9.90	163.00	0.47	32.01	0.024	0.000
15	931.20	6.39	103.64	0.46	32.01	0.024	0.000
16	963.82	2.91	48.87	0.46	32.01	0.024	0.000
17	972.02	-0.57	-9.62	0.46	32.01	0.024	0.000
18	955.87	-4.04	-67.38	0.46	32.01	0.024	0.000
19	915.19	-7.53	-119.97	0.46	32.01	0.024	0.000
20	849.53	-11.05	-162.84	0.47	32.01	0.024	0.000
21	758.11	-14.61	-191.26	0.47	32.01	0.024	0.000
22	639.81	-18.23	-200.18	0.48	32.01	0.024	0.000
23	493.05	-21.93	-184.15	0.50	32.01	0.024	0.000
24	315.74	-25.73	-137.06	0.51	32.01	0.024	0.000
25	105.01	-29.65	-51.95	0.53	32.01	0.024	0.000

$\Sigma W_i = 71398,22$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 35149,38$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 35580,07$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 3598,40$  [kg]

## 1.5 Verifiche scogliere a valle della strada

Viene svolta la verifica della scogliera di sostegno, realizzata in massi semisquadrati, relativa alla situazione più gravosa tra quelle in progetto e corrispondente all'intervento denominato Intervento "H" (vedi §1.1 "Breve descrizione delle opere").

## Geometria muro e fondazione

### Descrizione

### Muro a gravità in pietrame

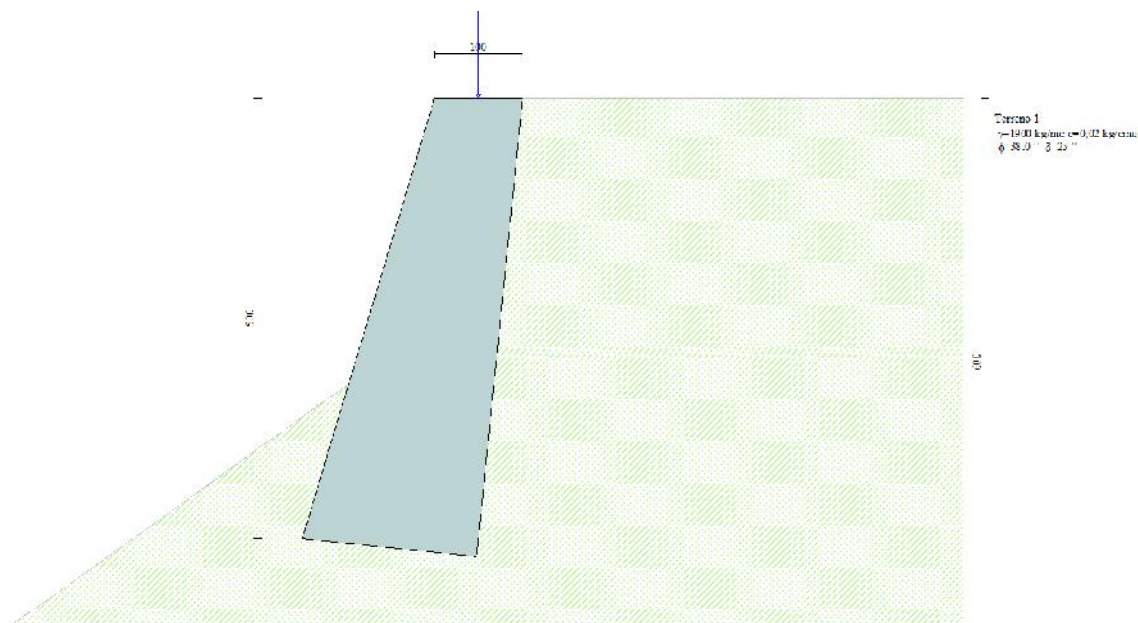
Altezza del paramento	5,00 [m]
Spessore in sommità	1,00 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1,98 [m]
Inclinazione paramento esterno	16,70 [°]
Inclinazione paramento interno	-5,71 [°]
Lunghezza del muro	1,00 [m]

### Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0,00 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0,00 [m]
Lunghezza totale fondazione	1,98 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	5,71 [°]
Spessore fondazione	0,00 [m]
Spessore magrone	0,00 [m]

**INGEOART** s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)  
tel. 0324579511 fax 0324579530 [info@ingeoart.it](mailto:info@ingeoart.it) [www.ingeoart.it](http://www.ingeoart.it)  
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035  
Capitale sociale 10.400,00 € i.v.



## Materiali utilizzati per la struttura

### Pietrame

Peso specifico	2700,0 [kg/mc]
Tensione ammissibile a compressione $\sigma_c$	30,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Angolo di attrito interno $\phi_p$	45,00 [°]
Resistenza a taglio $\tau_p$	0,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]

## Geometria profilo terreno a monte del muro

### Simbologia adottata e sistema di riferimento

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

N numero ordine del punto

X ascissa del punto espressa in [m]

Y ordinata del punto espressa in [m]

A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	5,00	0,00	0,00

## Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	35,55 [°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento	1,75 [m]

**INGEOART** s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)  
tel. 0324579511 fax 0324579530 [info@ingeoart.it](mailto:info@ingeoart.it) [www.ingeoart.it](http://www.ingeoart.it)  
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035  
Capitale sociale 10.400,00 € i.v.

## Descrizione terreni

### Simbologia adottata

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

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c	$c_a$
Terreno 1	1900	2000	38.00	25.33	0,000	0,000

## Stratigrafia

### Simbologia adottata

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

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	6,00	0,00	3,20	0,00	Terreno 1

## Condizioni di carico

### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
$F_x$	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kg]
$F_y$	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kg]
M	Momento espresso in [kgm]
$X_i$	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
$X_f$	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
$Q_i$	Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kg/m]
$Q_f$	Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kg/m]
D / C	Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

### Condizione n°1 (Condizione 1)

C	Paramento	$X=-0,50$	$Y=0,00$	$F_x=0,00$	$F_y=1512,00$	$M=0,00$
---	-----------	-----------	----------	------------	---------------	----------

### Condizione n°2 (Condizione 2)

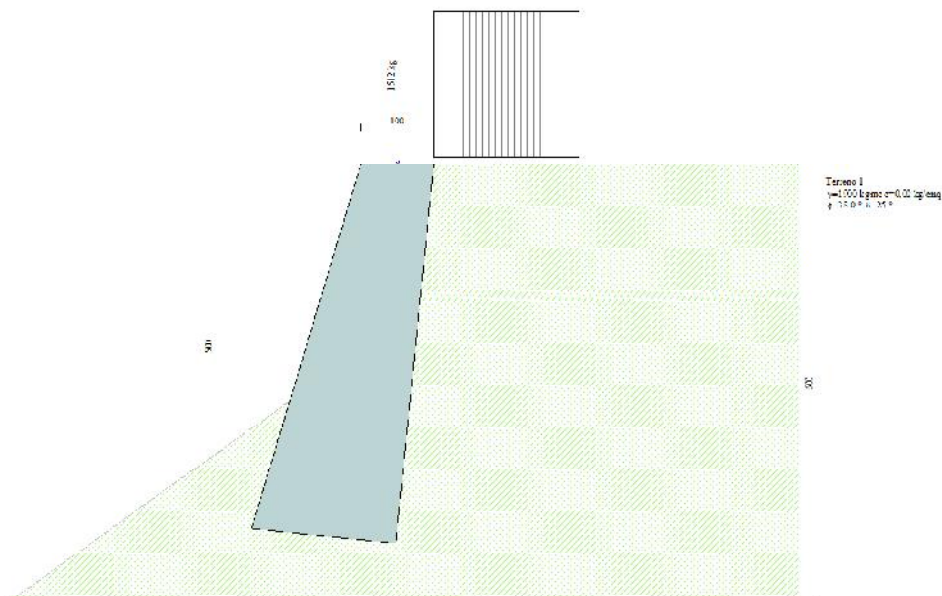
D	Profilo	$X_i=0,00$	$X_f=2,00$	$Q_i=2000,00$	$Q_f=2000,00$
---	---------	------------	------------	---------------	---------------

La struttura sarà soggetta ad un carico permanente legato alla presenza, al di sopra del muro di sostegno, di blocchi semisquadrati di cava aventi dimensioni di 2.00 x 0.70 x 0.80 m, utilizzati per protezione sul bordo esterno del tratto stradale corrispondente.

**INGEOART** s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)  
tel. 0324579511 fax 0324579530 [info@ingeoart.it](mailto:info@ingeoart.it) [www.ingeoart.it](http://www.ingeoart.it)  
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035  
Capitale sociale 10.400,00 € i.v.

Sul terreno, in corrispondenza della sezione stradale, agirà invece un carico variabile distribuito (di impronta pari a 2.00 m) legato al passaggio dei mezzi di trasporto sulla strada stessa, ipotizzato pari a 2000 kg/m (ricordiamo infatti che le verifiche vengono svolte per una striscia unitaria di muro).



## Descrizione combinazioni di carico

### Simbologia adottata

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

### Combinazione n°1 SLU (Caso A1-M1)

	$\gamma$	$\Psi$	$C$
Peso proprio	1,30	1,00	1,30
Spinta terreno	1,30	1,00	1,30
Condizione 1	1,30	1,00	1,30

### Combinazione n°2 SLU (Caso A2-M2)

	$\gamma$	$\Psi$	$C$
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	1,00	1,00	1,00

### Combinazione n°3 EQU

	$\gamma$	$\Psi$	$C$
Peso proprio	1,10	1,00	1,10
Spinta terreno	1,10	1,00	1,10
Condizione 1	1,10	1,00	1,10

**INGEOART** s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)  
tel. 0324579511 fax 0324579530 [info@ingeoart.it](mailto:info@ingeoart.it) [www.ingeoart.it](http://www.ingeoart.it)  
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035  
Capitale sociale 10.400,00 € i.v.

Combinazione n°4 STAB

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n°5 SLU (Caso A1-M1)

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1,30	1.00	1,30
Spinta terreno	1,30	1.00	1,30
Condizione 1	1.30	1.00	1.30
Condizione 2	1.50	1.00	1.50

Combinazione n°6 SLU (Caso A2-M2)

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00
Condizione 2	1.30	1.00	1.30

Combinazione n°7 EQU

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1,10	1.00	1,10
Spinta terreno	1,10	1.00	1,10
Condizione 1	1.10	1.00	1.10
Condizione 2	1.50	1.00	1.50

Combinazione n°8 STAB

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00
Condizione 2	1.30	1.00	1.30

Combinazione n°9 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. po sitivo

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n°10 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. n egativo

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n°11 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. p ositivo

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

---

**INGEOART** s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)  
tel. 0324579511 fax 0324579530 [info@ingeoart.it](mailto:info@ingeoart.it) [www.ingeoart.it](http://www.ingeoart.it)  
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035  
Capitale sociale 10.400,00 € i.v.

Combinazione n° 12 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 13 EQU - Sisma Vert. positivo

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 14 EQU - Sisma Vert. negativo

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 15 STAB - Sisma Vert. positivo

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 16 STAB - Sisma Vert. negativo

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 17 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	1,00	1,00	1,00
Condizione 2	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 18 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	1,00	1,00	1,00
Condizione 2	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 19 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	1,00	1,00	1,00
Condizione 2	1,00	1,00	1,00



Combinazione n°20 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	1,00	1,00	1,00
Condizione 2	1,00	1,00	1,00

Combinazione n°21 EQU - Sisma Vert. negativo

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	1,00	1,00	1,00
Condizione 2	1,00	1,00	1,00

Combinazione n°22 EQU - Sisma Vert. positivo

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	1,00	1,00	1,00
Condizione 2	1,00	1,00	1,00

Combinazione n°23 STAB - Sisma Vert. positivo

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	1,00	1,00	1,00
Condizione 2	1,00	1,00	1,00

Combinazione n°24 STAB - Sisma Vert. negativo

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	1,00	1,00	1,00
Condizione 2	1,00	1,00	1,00

Combinazione n°25 SLE (Quasi Permanente)

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	1,00	1,00	1,00
Condizione 2	1,00	0,20	0,20

Combinazione n°26 SLE (Frequente)

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	1,00	1,00	1,00
Condizione 2	1,00	0,50	0,50

Combinazione n°27 SLE (Rara)

	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso proprio	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	1,00	1,00	1,00



Condizione 2 1.00 1.00 1.00

## Impostazioni di analisi

### Impostazioni avanzate

Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.0

## Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

### Simbologia adottata

**C** Identificativo della combinazione  
**Tipo** Tipo combinazione  
**Sisma** Combinazione sismica  
**CS<sub>sco</sub>** Coeff. di sicurezza allo scorrimento  
**CS<sub>rib</sub>** Coeff. di sicurezza al ribaltamento  
**CS<sub>qlim</sub>** Coeff. di sicurezza a carico limite  
**CS<sub>stab</sub>** Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS <sub>sco</sub>	CS <sub>rib</sub>	CS <sub>qlim</sub>	CS <sub>stab</sub>
1	A1-M1 - [1]	--	5,06	--	17,48	--
2	A2-M2 - [1]	--	3,39	--	7,58	--
3	EQU - [1]	--	--	4,54	--	--
4	STAB - [1]	--	--	--	--	1,19
5	A1-M1 - [2]	--	2,74	--	18,19	--
6	A2-M2 - [2]	--	1,93	--	7,13	--
7	EQU - [2]	--	--	2,37	--	--
8	STAB - [2]	--	--	--	--	1,10
9	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	9,28	--	18,59	--
10	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	9,30	--	18,63	--
11	A2-M2 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	3,28	--	7,58	--
12	A2-M2 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	3,29	--	7,60	--
13	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	4,88	--	--
14	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	4,87	--	--
15	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,19
16	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,19
17	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	4,44	--	19,52	--
18	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	4,45	--	19,56	--
19	A2-M2 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	2,12	--	7,89	--
20	A2-M2 - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	2,12	--	7,91	--
21	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	2,93	--	--
22	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	2,93	--	--
23	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,12
24	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,12
25	SLEQ - [1]	--	8,29	--	18,79	--
26	SLEF - [1]	--	6,46	--	19,13	--
27	SLER - [1]	--	4,60	--	19,52	--

**INGEOART** s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)  
tel. 0324579511 fax 0324579530 [info@ingeoart.it](mailto:info@ingeoart.it) [www.ingeoart.it](http://www.ingeoart.it)  
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035  
Capitale sociale 10.400,00 € i.v.

# Analisi della spinta e verifiche

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

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

## Tipo di analisi

Calcolo della spinta	metodo di Culmann
Calcolo del carico limite	metodo di Meyerhof
Calcolo della stabilità globale	metodo di Fellenius
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

## Sisma

Accelerazione al suolo $a_g =$	0.07 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.60
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.20
Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )	0.18
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_m * St * S) = 0.26$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h = 0.13$
Forma diagramma incremento sismico	Stessa forma diagramma statico

Partecipazione spinta passiva (percento)	0,0
Lunghezza del muro	1,00 [m]

Peso muro	20785,50 [kg]
Baricentro del muro	X=-1,06 Y=-2,84

## Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = -0,52	Y = -5,20
Punto superiore superficie di spinta	X = 0,00	Y = 0,00
Altezza della superficie di spinta	5,20 [m]	
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	-5,71 [°]	

## COMBINAZIONE n°6

Valore della spinta statica	7592,74	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	7332,99	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	1969,01	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,31	[m]	Y = -3,08	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,74	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	62,03	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00	[m]	Y = 0,00	[m]

## Risultanti carichi esterni

Componente dir. Y	1512	[kg]
-------------------	------	------

**INGEOART** s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)  
 tel. 0324579511 fax 0324579530 [info@ingeoart.it](mailto:info@ingeoart.it) [www.ingeoart.it](http://www.ingeoart.it)  
 C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035  
 Capitale sociale 10.400,00 € i.v.

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	7332,99	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	24266,52	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	24875,70	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	4882,25	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,06	[m]
Risultante in fondazione	25350,28	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	11,10	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	1528,71	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	177427,99	[kg]

### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,99	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,4815	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	1,0183	[kg/cm <sup>2</sup> ]

### Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 35.51$	$N'_c = 35.95$
$N_q = 23.19$	$N'_q = 20.65$
$N_\gamma = 22.05$	$N'_\gamma = 10.89$

### **COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.93
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	7.13

### COMBINAZIONE n° 7

Valore della spinta statica	8580,48	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	8286,93	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	2225,16	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,31	[m]	Y = -3,06	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,74	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	62,34	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00	[m]	Y = 0,00	[m]

### Risultanti carichi esterni

Componente dir. Y	1663	[kg]
-------------------	------	------

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	8286,93	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	24673,87	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	16073,45	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	38170,54	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	25375,93	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	5790,93	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,12	[m]
Risultante in fondazione	26028,31	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	12,86	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	3154,50	[kgm]

### **COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.37
--	------

**INGEOART** s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)  
tel. 0324579511 fax 0324579530 [info@ingeoart.it](mailto:info@ingeoart.it) [www.ingeoart.it](http://www.ingeoart.it)  
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035  
Capitale sociale 10.400,00 € i.v.

# Stabilità globale muro + terreno

## Combinazione n°8

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kg]

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

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

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

b larghezza della striscia espressa in [m]

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

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -3,52 Y[m]= 0,00

Raggio del cerchio R[m]= 6,00

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5,41

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2,48

Larghezza della striscia dx[m]= 0,32

Coefficiente di sicurezza C= 1.10

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W \sin \alpha$	$b/\cos \alpha$	$\phi$	c	u
1	576.15	80.67	568.52	1.95	32.01	0.016	0.000
2	1773.58	67.41	1637.53	0.82	32.01	0.016	0.000
3	2595.09	60.43	2257.16	0.64	32.01	0.016	0.000
4	2896.01	54.77	2365.49	0.55	32.01	0.016	0.000
5	3142.16	49.82	2400.65	0.49	32.01	0.016	0.000
6	3350.07	45.34	2382.88	0.45	32.01	0.016	0.000
7	3528.74	41.19	2324.08	0.42	32.01	0.016	0.000
8	3573.64	37.30	2165.48	0.40	32.01	0.016	0.000
9	3511.60	33.60	1943.05	0.38	32.01	0.016	0.000
10	5838.80	30.05	2923.45	0.36	32.01	0.016	0.000
11	4522.59	26.62	2026.46	0.35	32.01	0.016	0.000
12	4175.25	23.29	1651.14	0.34	32.01	0.016	0.000
13	3345.98	20.05	1147.16	0.34	32.01	0.016	0.000
14	2504.41	16.87	726.88	0.33	32.01	0.016	0.000
15	1846.85	13.75	438.88	0.32	32.01	0.016	0.000
16	1482.61	10.66	274.33	0.32	32.01	0.016	0.000
17	1295.51	7.61	171.56	0.32	32.01	0.016	0.000
18	1180.43	4.58	94.23	0.32	32.01	0.016	0.000
19	1055.28	1.56	28.73	0.32	32.01	0.016	0.000
20	920.15	-1.45	-23.35	0.32	32.01	0.016	0.000
21	775.03	-4.47	-60.43	0.32	32.01	0.016	0.000
22	619.85	-7.50	-80.94	0.32	32.01	0.016	0.000
23	454.43	-10.55	-83.24	0.32	32.01	0.016	0.000
24	278.51	-13.64	-65.67	0.32	32.01	0.016	0.000
25	91.72	-16.76	-26.45	0.33	32.01	0.016	0.000

**INGEOART** s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)  
tel. 0324579511 fax 0324579530 [info@ingeoart.it](mailto:info@ingeoart.it) [www.ingeoart.it](http://www.ingeoart.it)  
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035  
Capitale sociale 10.400,00 € i.v.

$\Sigma W_i = 55334,43 \text{ [kg]}$

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 27187,59 \text{ [kg]}$

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 28052,61 \text{ [kg]}$

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 1814,50 \text{ [kg]}$

---

**INGEOART** s.r.l.

Sede legale Piazza Stazione 3 – 28844 Villadossola (VB)  
tel. 0324579511 fax 0324579530 [info@ingeoart.it](mailto:info@ingeoart.it) [www.ingeoart.it](http://www.ingeoart.it)  
C.F. / P.I. / n. Iscriz. Reg. Impr. Verbania 01383610035  
Capitale sociale 10.400,00 € i.v.