



## Sommario

<b>1</b>	<b>GENERALITÀ</b> .....	<b>1</b>
1.1	PREMESSA .....	1
<b>2</b>	<b>NORMATIVE DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</b> .....	<b>3</b>
3.1	CALCESTRUZZI .....	3
3.1.1	<i>Magrone di Fondazione</i> .....	3
3.1.2	<i>Pali di Fondazione</i> .....	3
3.1.3	<i>Strutture in elevazione (Cordoli e paramenti controterra)</i> .....	5
3.2	ACCIAIO .....	6
3.2.1	<i>Acciaio d'armatura</i> .....	6
<b>4</b>	<b>CALCOLO DELLE SPINTE</b> .....	<b>8</b>
4.1	CALCOLO DELLA SPINTA ATTIVA CON COULOMB .....	8
4.2	CALCOLO DELLA SPINTA ATTIVA CON RANKINE .....	8
4.3	CALCOLO DELLA SPINTA ATTIVA CON MONONOBE & OKABE .....	9
4.4	CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI .....	9
4.5	SPINTA IDROSTATICA .....	11
4.6	CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI SU TERRENI .....	12
4.7	TABULATI DI CALCOLO DELL'OPERA .....	22
4.7.1	<i>Muro Tipo "A"</i> .....	22

## 1 GENERALITÀ

### 1.1 Premessa

La presente relazione tecnica illustrativa e di calcolo è relativa al progetto esecutivo delle opere d'arte strutturali minori da realizzarsi nell'ambito dei lavori di ammodernamento e adeguamento alla cat. B del D.M. 05.11.2001, dal km 44+000 alla svincolo con l'A19 dell'Itinerario Agrigento - Caltanissetta – A19 S.S. N°640 "di Porto Empedocle".

Nella presente relazione sono riportate le verifiche relative all'opera di sostegno identificata come MU.77 posta tra le progressive 0+110.000km e 0+150.000km del Tronco 41.

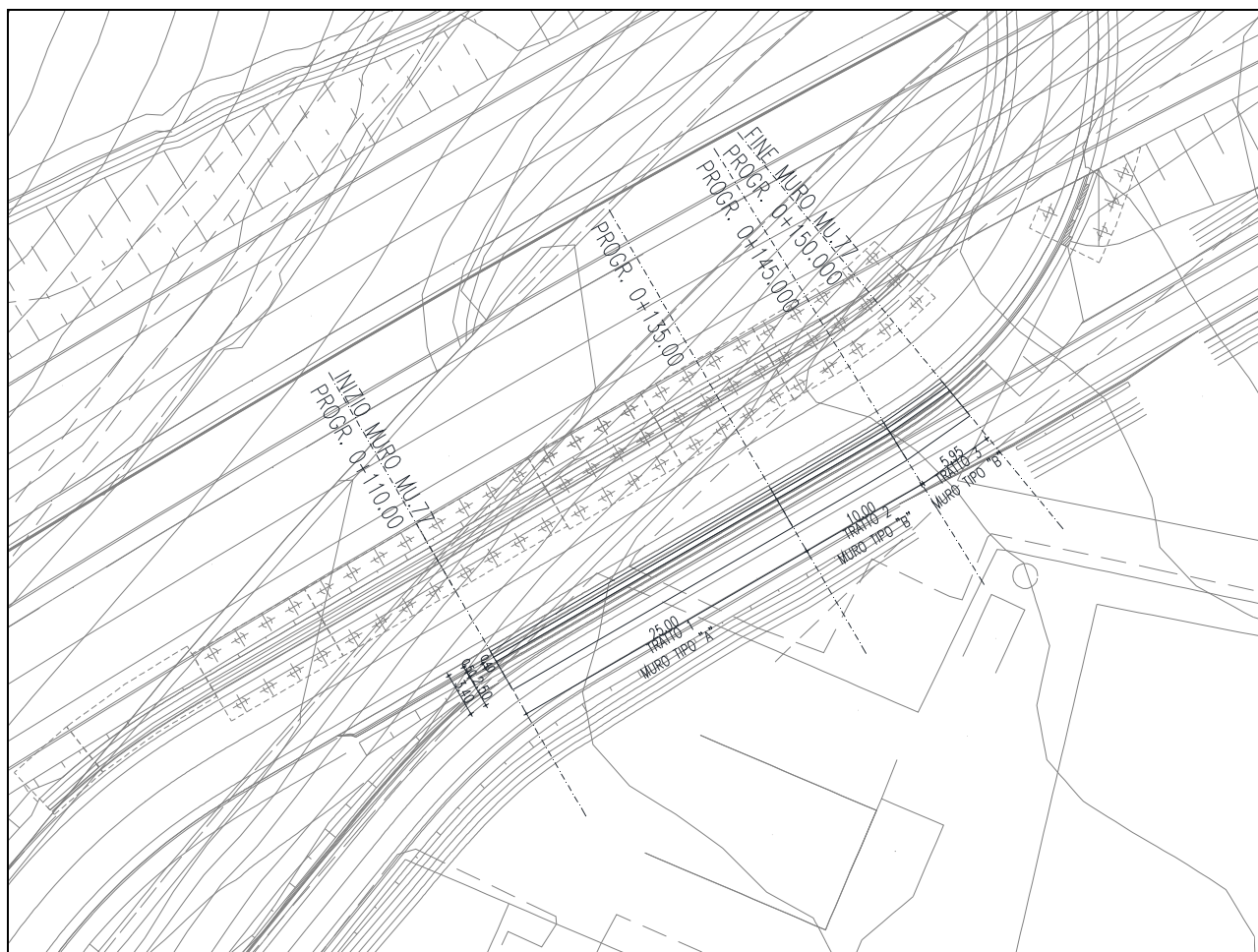


Figura 1.1. Stralcio Planimetrico

## 2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

**[1] Legge nr. 1086 del 05/11/1971.**

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

**[2] Legge nr. 64 del 02/02/1974.**

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

**[3] 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.

**[4] 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.

**[5] 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.

**[6] D.M. 16 Gennaio 1996**

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

**[7] D.M. 16 Gennaio 1996**

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

**[8] 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.

**[9] 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.

**[10] D.M. 14 Gennaio 2008**

Norme Tecniche per le Costruzioni 2008

**[11] Circolare 617 del 02/02/2009**

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### 3.1 Calcestruzzi

##### Legami Costitutivi

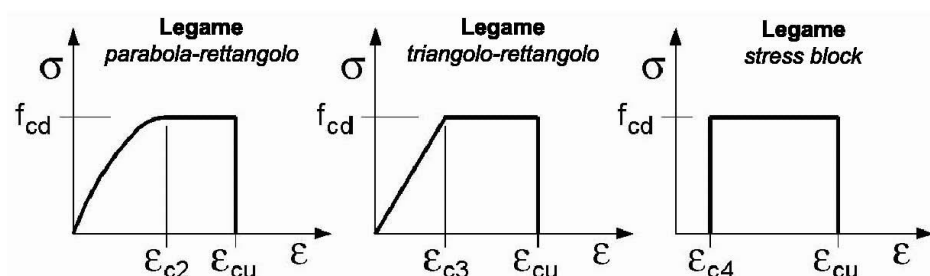
Per classi di resistenza pari o inferiori a C50/60

$$\varepsilon_{c2} = 0.200\%$$

$$\varepsilon_{c3} = 0.175\%$$

$$\varepsilon_{c4} = 0.070\%$$

$$\varepsilon_{cu} = 0.350\%$$



#### 3.1.1 Magrone di Fondazione

##### Caratteristiche Generali

cl-res =	C12\15	Classe di Resistenza
cl-esp =	X0	Classe di Esposizione
Cons =	S1 - Umida	Consistenza

#### 3.1.2 Pali di Fondazione

##### Caratteristiche Generali

cl-res =	C28\35	Classe di Resistenza
cl-esp =	XC2	Classe di Esposizione
Rapporto A/C =	0.5	Rapporto acqua / cemento
aggr max =	30	mm Dimensione nominale massima degli Aggregati
Cons =	S3 - Semifluida	Consistenza
c =	40	mm Copriferro minimo
r =	50	mm Ricoprimento minimo

##### Valori Caratteristici

$R_{ck}$ =	35	MPa	Resistenza caratteristica cubica a compressione
$f_{ck}$ =	29.05	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica a compressione
$f_{ctk,5\%}$ =	1.98	MPa	Resistenza caratteristica a trazione semplice - frattile 5%
$f_{ctk,95\%}$ =	3.69	MPa	Resistenza caratteristica a trazione semplice - frattile 95%
$f_{ctk,5\%}$ =	2.38	MPa	Resistenza caratteristica a trazione per flessione - frattile 5%
$f_{ctk,95\%}$ =	4.42	MPa	Resistenza caratteristica a trazione per flessione - frattile 95%

##### Valori Medi

$f_{cm}$ =	37.05	MPa	Resistenza media cilindrica a compressione
$f_{ctm}$ =	2.83	MPa	Resistenza media a trazione semplice

$f_{cfm} =$	3.402	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
$E_{cm} =$	32588.1078	MPa	Modulo Elastico

#### Resistenze di Calcolo – SLU

$\gamma_c =$	1.5		Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
$\alpha_c =$	0.85		Coefficiente per i carichi di lunga durata

#### Resistenza di calcolo a compressione

$f_{cd} =$	16.46	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione
$f_{cd.sp<50} =$	13.17	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm

#### Resistenza di calcolo a trazione

$f_{ctd} =$	1.32	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice
$f_{ctd.sp<50} =$	1.06	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm
$f_{ctd} =$	1.59	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione pre flessione
$f_{ctd.sp<50} =$	1.27	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione per flessione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm

#### Resistenze di Calcolo - Azioni Eccezionali

$\gamma_c =$	1.00		Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
$\alpha_c =$	0.85		Coefficiente per i carichi di lunga durata

#### Resistenza di calcolo a compressione

$f_{cd} =$	24.69	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione
$f_{cd.sp<50} =$	19.75	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm

#### Resistenza di calcolo a trazione

$f_{ctd} =$	1.98	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice
$f_{ctd.sp<50} =$	1.59	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm
$f_{ctd} =$	2.38	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione pre flessione
$f_{ctd.sp<50} =$	1.91	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione per flessione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm

#### Resistenze di Calcolo - SLE

$\sigma_c =$	17.43	MPa	tens. max calcestruzzo - combinazione rara
$\sigma_c =$	13.0725	MPa	tens. max calcestruzzo - combinazione quasi permanente

#### Tensioni Ammissibili

$R_{ck} =$	35		Resistenza caratteristica cubica a compressione
$E_c =$	33722	MPa	Modulo Elastico
$\gamma_c =$	25	kN/m <sup>3</sup>	Peso Specifico
$f_{cd} =$	18.15625	MPa	Tensione di Snervamento
$\sigma_{amm\ c} =$	11.0	MPa	Tensione Ammissibile
$\tau_{c0} =$	0.667	MPa	t in assenza armatura a taglio

$\tau_{c1} =$	1.971	MPa	t in presenza di armatura a taglio
$n =$	15		Coff. Omogenizzazione

### 3.1.3 Strutture in elevazione (Cordoli e paramenti controterra)

#### Caratteristiche Generali

cl-res =	C28\35		Classe di Resistenza
cl-esp =	XC2		Classe di Esposizione
Rapporto A/C =	0.6		Rapporto acqua / cemento
aggr max =	30	mm	Dimensione nominale massima degli Aggregati
Cons =	S3 - Semifluida		Consistenza
c =	40	mm	Copriferro minimo
r =	40	mm	Ricoprimento minimo

#### Valori Caratteristici

$R_{ck} =$	35	MPa	Resistenza caratteristica cubica a compressione
$f_{ck} =$	29.05	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica a compressione
$f_{ctk.5\%} =$	1.98	MPa	Resistenza caratteristica a trazione semplice - frattile 5%
$f_{ctk.95\%} =$	3.69	MPa	Resistenza caratteristica a trazione semplice - frattile 95%
$f_{ctk.5\%} =$	2.38	MPa	Resistenza caratteristica a trazione per flessione - frattile 5%
$f_{ctk.95\%} =$	4.42	MPa	Resistenza caratteristica a trazione per flessione - frattile 95%

#### Valori Medi

$f_{cm} =$	37.05	MPa	Resistenza media cilindrica a compressione
$f_{ctm} =$	2.83	MPa	Resistenza media a trazione semplice
$f_{ctm} =$	3.402	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
$E_{cm} =$	32588.1078	MPa	Modulo Elastico

#### Resistenze di Calcolo - SLU

$\gamma_c =$	1.5		Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
$\alpha_c =$	0.85		Coefficiente per i carichi di lunga durata

#### Resistenza di calcolo a compressione

$f_{cd} =$	16.46	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione
$f_{cd.sp<50} =$	13.17	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm

#### Resistenza di calcolo a trazione

$f_{ctd} =$	1.32	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice
$f_{ctd.sp<50} =$	1.06	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm
$f_{ctd} =$	1.59	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione pre flessione
$f_{ctd.sp<50} =$	1.27	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione per flessione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm

#### Resistenze di Calcolo - Azioni Eccezionali

$\gamma_c =$	1.00		Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
--------------	------	--	--

$\alpha_c = 0.85$  Coefficiente per i carichi di lunga durata

**Resistenza di calcolo a compressione**

$f_{cd} = 24.69$  MPa Resistenza di Calcolo a compressione

$f_{cd.sp<50} = 19.75$  MPa Resistenza di Calcolo a compressione ridotta per elementi piani con  $Sp < 50$  mm

**Resistenza di calcolo a trazione**

$f_{ctd} = 1.98$  MPa Resistenza di Calcolo a trazione semplice

$f_{ctd.sp<50} = 1.59$  MPa Resistenza di Calcolo a trazione semplice ridotta per elementi piani con  $Sp < 50$  mm

$f_{ctd} = 2.38$  MPa Resistenza di Calcolo a trazione pre flessione

$f_{ctd.sp<50} = 1.91$  MPa Resistenza di Calcolo a trazione per flessione ridotta per elementi piani con  $Sp < 50$  mm

**Resistenze di Calcolo – SLE**

$\sigma_c = 17.43$  MPa tens. max calcestruzzo - combinazione rara

$\sigma_c = 13.0725$  MPa tens. max calcestruzzo - combinazione quasi permanente

**Tensioni Ammissibili**

$Rck = 35$  Resistenza caratteristica cubica a compressione

$E_c = 33722$  MPa Modulo Elastico

$\gamma_c = 25$  kN/m<sup>3</sup> Peso Specifico

$f_{cd} = 18.15625$  MPa Tensione di Snervamento

$\sigma_{amm c} = 11.0$  MPa Tensione Ammissibile

$\tau_{c0} = 0.667$  MPa t in assenza armatura a taglio

$\tau_{c1} = 1.971$  MPa t in presenza di armatura a taglio

$n = 15$  Coff. Omogenizzazione

**3.2 Acciaio**

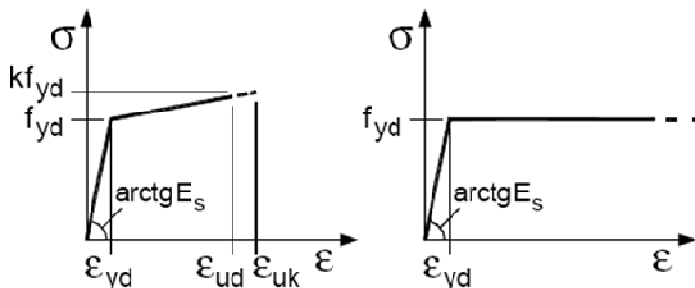
**3.2.1 Acciaio d'armatura**

**Legami Costitutivi**

$\epsilon_{ud} = 0.9 \epsilon_{uk}$

$\epsilon_{uk} = 0.9(A_{gt})_k$

$k = (f_t / f_y)_k$



**Valori Caratteristici**

$f_{y,nom} = 450$  MPa Valore nominale della tensione di snervamento

$f_{t,nom} = 540$  MPa Valore nominale della tensione di rottura



$E_s = 206000$  MPa Modulo Elastico

**Requisiti prescritti**

$f_{yk,5\%} \geq f_{y,nom}$		Valore caratteristici con frattile 5% della tensione di snervamento (da prove su campioni in numero significativo)
$f_{tk,5\%} \geq f_{t,nom}$		Valore caratteristici con frattile 5% della tensione di rottura (da prove su campioni in numero significativo)
$(f_y / f_{y,nom})_{k,10\%} \leq 1.25$		Valore caratteristico con frattile del 10% del rapporto tra la tensione di snervamento effettiva, riscontrata sulla barra, ed il relativo valore nominale
$(f_t / f_y)_{k,10\%} \geq 1.25$		Valore caratteristico con frattile del 10% del rapporto tra la tensione di rottura effettiva e la tensione di snervamento
$< 1.35$		
$(A_{gt})_{k,10\%} \geq 7.5 \%$		Valore caratteristico con frattile 10% dell'allungamento al massimo sforzo
$\varnothing < 12$ mm	4 $\varnothing$	
$12 \leq \varnothing \leq 16$ mm	5 $\varnothing$	Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza formazione di cricche:
$16 < \varnothing \leq 25$ mm	8 $\varnothing$	
$25 < \varnothing \leq 40$ mm	10 $\varnothing$	

**Resistenze di Calcolo - SLU**

$\gamma_s = 1.15$		Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio
$f_{yd} = 391.30$	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione
$\epsilon_{yd} = 0.190\%$	MPa	Deformazione a snervamento per trazione

**Resistenze di Calcolo - SLE**

$\gamma_s = 1.00$		Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
$f_{yd} = 450.00$	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione
$\epsilon_{yd} = 0.218\%$		Deformazione a snervamento per trazione
$\sigma_s = 360.00$	MPa	Deformazione a snervamento per trazione

**Tensioni Ammissibili**

Tipo =	<b>Feb44k</b>		
$E_s = 206000$	MPa	Modulo Elastico	
$\gamma_c = 78.50$	kN/m <sup>3</sup>	Peso Specifico	
$f_{yk} = 430.00$	MPa	Tensione caratteristica di snervamento	
$\sigma_{amm s} = 255.00$	MPa	Tensione Ammissibile	

## 4 CALCOLO DELLE SPINTE

### 4.1 Calcolo della spinta attiva con Coulomb

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di *Coulomb* è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura nell'ipotesi di parete ruvida.

Per terreno omogeneo ed asciutto il diagramma delle pressioni si presenta lineare con distribuzione:

$$P_t = K_a \times \gamma_t \times z$$

La spinta  $S_t$  è applicata ad  $1/3 H$  di valore

$$S_t = \frac{1}{2} \gamma_t H^2 K_a$$

Avendo indicato con:

$$K_a = \frac{\sin^2(\beta - \phi)}{\sin^2\beta \times \sin(\beta + \delta) \times \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi) \times \sin(\phi - \epsilon)}{\sin(\beta + \delta) \times \sin(\beta - \epsilon)}} \right]^2}$$

Valori limite di  $K_a$ :

$\delta < (\beta - \phi - \epsilon)$  secondo Muller-Breslau

$\gamma_t$  Peso unità di volume del terreno;

$\beta$  Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;

$\phi$  Angolo di resistenza al taglio del terreno;

$\delta$  Angolo di attrito terra-muro;

$\epsilon$  Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, positiva se antioraria;

H Altezza della parete.

### 4.2 Calcolo della spinta attiva con Rankine

Se  $\epsilon = \delta = 0$  e  $\beta = 90^\circ$  (muro con parete verticale liscia e terrapieno con superficie orizzontale) la spinta  $S_t$  si semplifica nella forma:

$$S_t = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \frac{(1 - \sin \phi)}{(1 + \sin \phi)} = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

che coincide con l'equazione di Rankine per il calcolo della spinta attiva del terreno con terrapieno orizzontale.

In effetti Rankine adottò essenzialmente le stesse ipotesi fatte da Coulomb, ad eccezione del fatto che trascurò l'attrito terra-muro e la presenza di coesione. Nella sua formulazione generale l'espressione di  $K_a$  di Rankine si presenta come segue:

$$K_a = \cos \epsilon \frac{\cos \epsilon - \sqrt{\cos^2 \epsilon - \cos^2 \phi}}{\cos \epsilon + \sqrt{\cos^2 \epsilon - \cos^2 \phi}}$$

### 4.3 Calcolo della spinta attiva con Mononobe & Okabe

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di *Mononobe & Okabe* riguarda la valutazione della spinta in condizioni sismiche con il metodo pseudo-statico. Esso è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura in una configurazione fittizia di calcolo nella quale l'angolo  $\epsilon$ , di inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, e l'angolo  $\beta$ , di inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede, vengono aumentati di una quantità  $\theta$  tale che:

$$\operatorname{tg} \theta = k_h / (1 \pm k_v)$$

con  $k_h$  coefficiente sismico orizzontale e  $k_v$  verticale.

### 4.4 Calcolo coefficienti sismici

Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti  $K_h$  e  $K_v$  in dipendenza di vari fattori:  $K_h = \beta_m \times (a_{max}/g)$   $K_v = \pm 0,5 \times K_h$

$\beta_m$  coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito; per i muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno il coefficiente  $\beta_m$  assume valore unitario. Per i muri liberi di traslare o ruotare intorno al piede, si può assumere che l'incremento di spinta dovuto al sisma agisca nello stesso punto di quella statica. Negli altri casi, in assenza di studi specifici, si assume che tale incremento sia applicato a metà altezza del muro.

$a_{max}$  accelerazione orizzontale massima attesa al sito;  
 $g$  accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S S_T a_g$$

$S$  coefficiente comprendente l'effetto di amplificazione stratigrafica  $S_s$  e di amplificazione topografica  $S_T$ .  
 $a_g$  accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - PVR)$$

Con  $V_R$  vita di riferimento della costruzione e  $PVR$  probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso  $V_R$  dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

#### OPCM 3274

I coefficienti sismici orizzontale  $K_h$  e verticale  $K_v$  che interessano tutte le masse vengono calcolati come:

$$k_h = S (a_g/g) / r \quad k_v = 0,5 k_h$$

in cui  $S(a_g/g)$  rappresenta il valore dell'accelerazione sismica massima del terreno per le varie categorie di profilo stratigrafico.

Suolo	di	tipo	A	-	S=1;
Suolo	di	tipo	B	-	S=1.25;
Suolo	di	tipo	C	-	S=1.25;
Suolo	di	tipo	E	-	S=1.25;
Suolo di tipo D - S=1.35.					

Al fattore  $r$  viene può essere assegnato il valore  $r = 2$  nel caso di opere sufficientemente flessibili (muri liberi a gravità), mentre in tutti gli altri casi viene posto pari a 1 (muri in c.a. resistenti a flessione, muri in c.a. su pali o tirantati, muri di cantinato).

### D.M. 88

L'applicazione del **D.M. 88** e successive modifiche ed integrazioni è consentito mediante l'inserimento del coefficiente sismico orizzontale  $K_h$  in funzione delle Categorie Sismiche secondo il seguente schema: I Cat.  $K_h=0.1$ ; II Cat.  $K_h=0.07$ ; III Cat.  $K_h=0.04$ ;

### Eurocodice 8

Per l'applicazione dell'**Eurocodice 8** (progettazione geotecnica in campo sismico) il coefficiente sismico orizzontale viene così definito:

$$K_h = a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S / (g)$$

$a_{gR}$ : accelerazione di picco di riferimento su suolo rigido affiorante,

$\gamma_I$ : fattore di importanza,

S: soil factor e dipende dal tipo di terreno (da A ad E).

$$a_g = a_{gR} \cdot \gamma_I$$

è la "design ground acceleration on type A ground".

Il coefficiente sismico verticale  $K_v$  è definito in funzione di  $K_h$ , e vale:

$$K_v = \pm 0.5 \cdot K_h$$

### Effetto dovuto alla coesione

La coesione induce delle pressioni negative costanti pari a:

$$P_c = -2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

Non essendo possibile stabilire a priori quale sia il decremento indotto nella spinta per effetto della coesione, è stata calcolata un'altezza critica  $Z_c$  come segue:

$$Z_c = \frac{2 \times c}{\gamma} \times \frac{1}{\sqrt{K_A}} - \frac{Q \times \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \epsilon)}}{\gamma}$$

dove

Q = Carico agente sul terrapieno;

Se  $Z_c < 0$  è possibile sovrapporre direttamente gli effetti, con decremento pari a:

$$S_c = P_c \times H$$

con punto di applicazione pari a  $H/2$ ;

### Carico uniforme sul terrapieno

Un carico Q, uniformemente distribuito sul piano campagna induce delle pressioni costanti pari a:

$$P_q = K_A \times Q \times \sin \beta / \sin(\beta + \epsilon)$$

Per integrazione, una spinta pari a  $S_q$ :

$$S_q = K_a \cdot Q \cdot H \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \epsilon)}$$

Con punto di applicazione ad  $H/2$ , avendo indicato con  $K_a$  il coefficiente di spinta attiva secondo *Muller-Breslau*.

### Spinta attiva in condizioni sismiche

In presenza di sisma la forza di calcolo esercitata dal terrapieno sul muro è data da:

$$E_d = \frac{1}{2} \gamma (1 \pm k_v) K H^2 + E_{ws} + E_{wd}$$

dove:

H altezza muro

$k_v$  coefficiente sismico verticale

$\gamma$  peso per unità di volume del terreno

K coefficienti di spinta attiva totale (statico + dinamico)

$E_{ws}$  spinta idrostatica dell'acqua

$E_{wd}$  spinta idrodinamica.

Per terreni impermeabili la spinta idrodinamica  $E_{wd} = 0$ , ma viene effettuata una correzione sulla valutazione dell'angolo  $\theta$  della formula di Mononobe & Okabe così come di seguito:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\gamma_{\text{sat}}}{\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \mp k_v}$$

Nei terreni ad elevata permeabilità in condizioni dinamiche continua a valere la correzione di cui sopra, ma la spinta idrodinamica assume la seguente espressione:

$$E_{wd} = \frac{7}{12} k_h \gamma_w H^2$$

Con H' altezza del livello di falda misurato a partire dalla base del muro.

## 4.5 Spinta idrostatica

La falda con superficie distante  $H_w$  dalla base del muro induce delle pressioni idrostatiche normali alla parete che, alla profondità z, sono espresse come segue:

$$P_w(z) = \gamma_w \times z$$

Con risultante pari a:

$$S_w = 1/2 \times \gamma_w \times H^2$$

La spinta del terreno immerso si ottiene sostituendo  $\gamma_t$  con  $\gamma'_t$  ( $\gamma'_t = \gamma_{\text{saturo}} - \gamma_w$ ), peso efficace del materiale immerso in acqua.

### Resistenza passiva

Per terreno omogeneo il diagramma delle pressioni risulta lineare del tipo:

$$P_t = K_p \times \gamma_t \times z$$

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

$$S_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot H^2 \cdot K_p$$

Avendo indicato con:

$$K_p = \frac{\text{sen}^2(\phi + \beta)}{\text{sen}^2\beta \times \text{sen}(\beta - \delta) \times \left[ 1 - \sqrt{\frac{\text{sen}(\delta + \phi) \times \text{sen}(\phi + \epsilon)}{\text{sen}(\beta - \delta) \times \text{sen}(\beta - \epsilon)}} \right]^2}$$

(Muller-Breslau) con valori limiti di  $\delta$  pari a:

$$\delta < \beta - \phi - \epsilon$$

L'espressione di  $K_p$  secondo la formulazione di Rankine assume la seguente forma:

$$K_p = \frac{\cos \epsilon + \sqrt{\cos^2 \epsilon - \cos^2 \phi}}{\cos \epsilon - \sqrt{\cos^2 \epsilon - \cos^2 \phi}}$$

#### 4.6 Carico limite di fondazioni superficiali su terreni

##### Vesic

Affinché la fondazione di un muro possa resistere il carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$V_d \leq R_d$$

Dove  $V_d$  è il carico di progetto, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso del muro; mentre  $R_d$  è il carico limite di progetto della fondazione nei confronti di carichi normali, tenendo conto anche dell'effetto di carichi inclinati o eccentrici.

Nella valutazione analitica del carico limite di progetto  $R_d$  si devono considerare le situazioni a breve e a lungo termine nei terreni a grana fine. Il carico limite di progetto in condizioni non drenate si calcola come:

$$R/A' = (2 + \pi) c_u s_c i_c + q$$

Dove:

$A' = B' L'$  l'area della fondazione efficace di progetto, intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico.

- $c_u$  coesione non drenata
- $q$  pressione litostatica totale sul piano di posa
- $s_c$  Fattore di forma

$s_c = 0,2 (B'/L')$  per fondazioni rettangolari

$i_c$  Fattore correttivo per l'inclinazione del carico dovuta ad un carico  $H$ .

$$i_c = 1 - \frac{2H}{A_f \cdot c_a \cdot N_c}$$

$A_f$  area efficace della fondazione

$c_a$  aderenza alla base, pari alla coesione o ad una sua frazione.

Per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue.

$$R/A' = c' N_c s_c i_c + q' N_q s_q i_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma s_\gamma i_\gamma$$

Dove:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi'} \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi'}{2} \right)$$

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

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi'$$

### Fattori di forma

$$s_q = 1 + \left( \frac{B'}{L'} \right) \tan \phi' \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 \left( \frac{B'}{L'} \right) \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'} \quad \text{per forma rettangolare, quadrata o circolare.}$$

### Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a B'

$$i_q = \left( 1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cot \phi'} \right)^m$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cot \phi'} \right)^{m+1}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$m = \frac{2 + \frac{B'}{L'}}{1 + \frac{B'}{L'}}$$

### Sollecitazioni muro

Per il calcolo delle sollecitazioni il muro è stato discretizzato in n-tratti in funzione delle sezioni significative e per ogni tratto sono state calcolate le spinte del terreno (valutate secondo un piano di rottura passante per il paramento lato monte), le risultanti delle forze orizzontali e verticali e le forze inerziali.

### Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

### Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

(a) Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione ( $c$ ) e angolo di resistenza al taglio ( $\phi$ ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.

(b) In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

### **Metodo equilibrio limite (LEM)**

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio ( $\tau$ ) e confrontate con la resistenza disponibile ( $\tau_f$ ), valutata secondo il criterio di rottura di *Coulomb*, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza  $F = \tau_f / \tau$ .

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (*Culman*), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (*Fellenius*, *Bishop*, *Janbu ecc.*).

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.

### **Metodo dei conci**

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a  $n$ , il problema presenta le seguenti incognite:

$n$  valori delle forze normali  $N_j$  agenti sulla base di ciascun concio;

$n$  valori delle forze di taglio alla base del concio  $T_j$

$(n-1)$  forze normali  $E_j$  agenti sull'interfaccia dei conci;

$(n-1)$  forze tangenziali  $X_j$  agenti sull'interfaccia dei conci;

$n$  valori della coordinata  $a$  che individua il punto di applicazione delle  $E_j$ ;

$(n-1)$  valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle  $X_j$ ;

una incognita costituita dal fattore di sicurezza  $F$ .

Complessivamente le incognite sono  $(6n-2)$ .

*mentre le equazioni a disposizione sono:*

Equazioni di equilibrio dei momenti  $n$

Equazioni di equilibrio alla traslazione verticale  $n$

Equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale  $n$

Equazioni relative al criterio di rottura  $n$

Totale numero di equazioni  $4n$



Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a  
 $i = (6n-2)-(4n) = 2n-2$ .

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a  $(n-2)$  in quando si fa l'assunzione che  $N_j$  sia applicato nel punto medio della striscia, ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le  $(n-2)$  indeterminazioni.

**Metodo di FELLENIUS (1927)**

Con questo metodo (valido solo per superfici di scorrimento di forma circolare) vengono trascurate le forze di interstriscia pertanto le incognite si riducono a:

- $n$  valori delle forze normali  $N_j$ ;
  - $n$  valori delle forze da taglio  $T_j$ ;
  - 1 fattore di sicurezza.
- Incognite  $(2n+1)$

- Le equazioni a disposizione sono:
- $n$  equazioni di equilibrio alla traslazione verticale;
  - $n$  equazioni relative al criterio di rottura;
  - 1 equazione di equilibrio dei momenti globale.

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times l_i + (W_i \times \cos \alpha_i - u_i \times l_i) \times \tan \varphi_i \}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

Questa equazione è semplice da risolvere ma si è trovato che fornisce risultati conservativi (fattori di sicurezza bassi) soprattutto per superfici profonde.

**Metodo di BISHOP (1955)**

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali.

Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\sum F_v = 0, \sum M_0 = 0, \text{ Criterio di rottura.}$$

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i \} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

I valori di  $F$  e di  $\Delta X$  per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre  $\Delta X = 0$  ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

**Metodo di JANBU (1967)**

Janbu estese il metodo di Bishop a superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio) a tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\sum \{c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i\} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \tan \alpha_i}$$

Assumendo  $\Delta X_i = 0$  si ottiene il metodo ordinario.

Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{\text{corretto}} = f_0 F$$

dove  $f_0$  è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici.

Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

#### **Metodo di BELL (1968)**

Le forze agenti sul corpo che scivola includono il peso effettivo del terreno,  $W$ , le forze sismiche pseudostatiche orizzontali e verticali  $K_x W$  e  $K_z W$ , le forze orizzontali e verticali  $X$  e  $Z$  applicate esternamente al profilo del pendio, infine, la risultante degli sforzi totali normali e di taglio  $\sigma$  e  $\tau$  agenti sulla superficie potenziale di scivolamento.

Lo sforzo totale normale può includere un eccesso di pressione dei pori  $u$  che deve essere specificata con l'introduzione dei parametri di forza efficace.

In pratica questo metodo può essere considerato come un'estensione del metodo del cerchio di attrito per sezioni omogenee precedentemente descritto da Taylor.

In accordo con la legge della resistenza di Mohr-Coulomb in termini di tensione efficace, la forza di taglio agente sulla base dell' $i$ -esimo concio è data da:

$$T_i = \frac{c_i L_i + (N_i - u_{ci} L_i) \tan \phi_i}{F}$$

in cui

$F$  = il fattore di sicurezza;

$c_i$  = la coesione efficace (o totale) alla base dell' $i$ -esimo concio;

$\phi_i$  = l'angolo di attrito efficace (= 0 con la coesione totale) alla base dell' $i$ -esimo concio;

$L_i$  = la lunghezza della base dell' $i$ -esimo concio;

$u_{ci}$  = la pressione dei pori al centro della base dell' $i$ -esimo concio.

L'equilibrio risulta uguagliando a zero la somma delle forze orizzontali, la somma delle forze verticali e la somma dei momenti rispetto all'origine.

Viene adottata la seguente assunzione sulla variazione della tensione normale agente sulla potenziale superficie di scorrimento:

$$\sigma_{ci} = \left[ C_1 (1 - K_z) \frac{W_i \cos \alpha_i}{L_i} \right] + C_2 f(x_{ci}, y_{ci}, z_{ci})$$

in cui il primo termine dell'equazione include l'espressione:

$W_i \cos \alpha_i / L_i$  = valore dello sforzo normale totale associato con il metodo ordinario dei conci.

Il secondo termine dell'equazione include la funzione:

$$f = \sin 2\pi \left( \frac{x_n - x_{ci}}{x_n - x_0} \right)$$

Dove  $x_0$  ed  $x_n$  sono rispettivamente le ascisse del primo e dell'ultimo punto della superficie di scorrimento, mentre  $x_{ci}$  rappresenta l'ascissa del punto medio della base del concio  $i$ -esimo.

Una parte sensibile di riduzione del peso associata con una accelerazione verticale del terreno  $K_z$  g può essere trasmessa direttamente alla base e ciò è incluso nel fattore  $(1 - K_z)$ .

Lo sforzo normale totale alla base di un concio è dato da:

$$N_i = \sigma_{ci} L_i$$

La soluzione delle equazioni di equilibrio si ricava risolvendo un sistema lineare di tre equazioni ottenute moltiplicando le equazioni di equilibrio per il fattore di sicurezza  $F$ , sostituendo l'espressione di  $N_i$  e moltiplicando ciascun termine della coesione per un coefficiente arbitrario  $C_3$ .

Si assume una relazione di linearità tra detto coefficiente, determinabile tramite la regola di Cramer, ed il fattore di sicurezza  $F$ .

$$F = F(2) + \left( \frac{1 - C_3(2)}{C_3(2) - C_3(1)} \right) (F(2) - F(1))$$

Il corretto valore di  $F$  può essere ottenuto dalla formula di interpolazione lineare:

dove i numeri in parentesi (1) e (2) indicano i valori iniziale e successivo dei parametri  $F$  e  $C_3$ .

Qualsiasi coppia di valori del fattore di sicurezza nell'intorno di una stima fisicamente ragionevole può essere usata per iniziare una soluzione iterativa.

Il numero necessario di iterazioni dipende sia dalla stima iniziale sia dalla desiderata precisione della soluzione; normalmente, il processo converge rapidamente.

### **Metodo di SARMA (1973)**

Il metodo di **Sarma** è un semplice, ma accurato metodo per l'analisi di stabilità dei pendii, che permette di determinare l'accelerazione sismica orizzontale richiesta affinché l'ammasso di terreno, delimitato dalla superficie di scivolamento e dal profilo topografico, raggiunga lo stato di equilibrio limite (accelerazione critica  $K_c$ ) e, nello stesso tempo, consente di ricavare l'usuale fattore di sicurezza ottenuto come per gli altri metodi più comuni della geotecnica.

Si tratta di un metodo basato sul principio dell'equilibrio limite e delle strisce, pertanto viene considerato l'equilibrio di una potenziale massa di terreno in scivolamento suddivisa in  $n$  strisce verticali di spessore sufficientemente piccolo da ritenere ammissibile l'assunzione che lo sforzo normale  $N_j$  agisce nel punto medio della base della striscia.

Le equazioni da prendere in considerazione sono:

- L'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio alla traslazione verticale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio dei momenti.

Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

$$N_i \cos \alpha_j + T_j \sin \alpha_j = W_j - \Delta X_i$$

$$T_j \cos \alpha_j - N_j \sin \alpha_j = K W_j + \Delta E_j$$

Viene, inoltre, assunto che in assenza di forze esterne sulla superficie libera dell'ammasso si ha:

$$\sum \Delta E_j = 0$$

$$\sum \Delta X_j = 0$$

dove  $E_i$  e  $X_i$  rappresentano, rispettivamente, le forze orizzontale e verticale sulla faccia  $i$ -esima del concio generico  $i$ .

L'equazione di equilibrio dei momenti viene scritta scegliendo come punto di riferimento il baricentro dell'intero ammasso; sicché, dopo aver eseguito una serie di posizioni e trasformazioni trigonometriche ed algebriche, nel metodo di **Sarma** la soluzione del problema passa attraverso la risoluzione di due equazioni:

$$* \sum \Delta X_i \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha_i) + \sum \Delta E_i = \sum \Delta_i - K \cdot \sum W_i$$

$$** \sum \Delta X_i \cdot [(y_{mi} - y_G) \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha'_i) + (x'_i - x_G)] = \sum W_i \cdot (x_{mi} - x_G) + \sum \Delta_i \cdot (y_{mi} - y_G)$$

Ma l'approccio risolutivo, in questo caso, è completamente capovolto: il problema infatti impone di trovare un valore di  $K$  (accelerazione sismica) corrispondente ad un determinato fattore di sicurezza; ed in particolare, trovare il valore dell'accelerazione  $K$  corrispondente al fattore di sicurezza  $F = 1$ , ossia l'*accelerazione critica*.

Si ha pertanto:

$$K = K_c \text{ accelerazione critica se } F = 1$$

$$F = F_s \text{ fattore di sicurezza in condizioni statiche se } K = 0$$

La seconda parte del problema del Metodo di Sarma è quella di trovare una distribuzione di forze interne  $X_i$  ed  $E_i$  tale da verificare l'equilibrio del concio e quello globale dell'intero ammasso, senza violazione del criterio di rottura.

E' stato trovato che una soluzione accettabile del problema si può ottenere assumendo la seguente distribuzione per le forze  $X_i$ :

$$\Delta X_i = \lambda \cdot \Delta Q_i = \lambda \cdot (Q_{i+1} - Q_i)$$

dove  $Q_i$  è una funzione nota, in cui vengono presi in considerazione i parametri geotecnici medi sulla  $i$ -esima faccia del concio  $i$ , e  $\lambda$  rappresenta un'incognita.

La soluzione completa del problema si ottiene pertanto, dopo alcune iterazioni, con i valori di  $K_c$ ,  $\lambda$  e  $F$ , che permettono di ottenere anche la distribuzione delle forze di interstriscia.

### Metodo di SPENCER

Il metodo è basato sull'assunzione:

- a) le forze d'interfaccia lungo le superfici di divisione dei singoli conci sono orientate parallelamente fra loro ed inclinate rispetto all'orizzontale di un angolo  $\theta$ .
- b) tutti i momenti sono nulli  $M_j = 0 \quad i=1, \dots, n$

Sostanzialmente il metodo soddisfa tutte le equazioni della statica ed equivale al metodo di Morgenstern e Price quando la funzione  $f(x) = 1$ .

Imponendo l'equilibrio dei momenti rispetto al centro dell'arco descritto dalla superficie di scivolamento si ha:

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

dove:

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

forza d'interazione fra i conci;

R = raggio dell'arco di cerchio;

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

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

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

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

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

$$2) \quad \sum Q_i = 0$$

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

### Metodo di MORGENSTERN e PRICE

Si stabilisce una relazione tra le componenti delle forze di interfaccia del tipo  $X = \lambda f(x)E$ , dove  $\lambda$  è un fattore di scala e  $f(x)$ , funzione della posizione di E e di X, definisce una relazione tra la variazione della forza X e

della forza E all'interno della massa scivolante. La funzione f(x) è scelta arbitrariamente (costante, sinusoidale, semisinusoidale, trapezia, spezzata...) e influenza poco il risultato, ma va verificato che i valori ricavati per le incognite siano fisicamente accettabili.

La particolarità del metodo è che la massa viene suddivisa in strisce infinitesime alle quali vengono imposte le equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale e di rottura sulla base delle strisce stesse. Si perviene ad una prima equazione differenziale che lega le forze d'interfaccia incognite E, X, il coefficiente di sicurezza F<sub>S</sub>, il peso della striscia infinitesima dW e la risultante delle pressioni neutra alla base dU.

Si ottiene la cosiddetta "equazione delle forze":

$$c' \sec^2 \frac{\alpha}{F_s} + tg \varphi' \left( \frac{dW}{dx} - \frac{dX}{dx} - tg \alpha \frac{dE}{dx} - \sec \alpha \frac{dU}{dx} \right) =$$

$$= \frac{dE}{dx} - tg \alpha \left( \frac{dX}{dx} - \frac{dW}{dx} \right)$$

Una seconda equazione, detta "equazione dei momenti", viene scritta imponendo la condizione di equilibrio alla rotazione rispetto alla mezzzeria della base:

$$X = \frac{d(E_\gamma)}{dx} - \gamma \frac{dE}{dx}$$

queste due equazioni vengono estese per integrazione a tutta la massa interessata dallo scivolamento.

Il metodo di calcolo soddisfa tutte le equazioni di equilibrio ed è applicabile a superfici di qualsiasi forma, ma implica necessariamente l'uso di un calcolatore.

### Valutazione dell'azione sismica

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

Essendo:

- F<sub>H</sub> e F<sub>V</sub> rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;

- W: peso concio
- $K_x$ : Coefficiente sismico orizzontale
- $K_y$ : Coefficiente sismico verticale

#### **Ricerca della superficie di scorrimento critica**

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia  $m \times n$  e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

## 4.7 Tabulati di calcolo dell'opera

### 4.7.1 Muro Tipo "A"

Le spinte sono state valutate ipotizzando un piano di rottura passante per l'estradosso della mensola di fondazione lato monte, tale piano è stato discretizzato in *n-tratti*.

#### Convenzione segni

**Forze verticali** positive se dirette dall'alto verso il basso;  
**Forze orizzontali** positive se dirette da monte verso valle;  
**Coppie** positive se antiorarie;  
**Angoli** positivi se antiorari.

#### Dati generali

Lat./Long. [WGS84]	37,540646/14,101831
Normativa	NTC 2008
Spinta	Mononobe e Okabe [M.O. 1929]

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

##### Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

##### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,29	2,49	0,22
S.L.D.	50,0	0,36	2,52	0,27
S.L.V.	475,0	0,78	2,58	0,42
S.L.C.	975,0	0,97	2,63	0,48

#### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,435	0,18	0,008	0,004
S.L.D.	0,54	0,18	0,0099	0,005
S.L.V.	1,17	0,18	0,0215	0,0107
S.L.C.	1,455	0,18	0,0267	0,0134

#### Dati generali muro

Altezza muro	355,0 cm
--------------	----------



PROGETTO ESECUTIVO

Spessore testa muro	40,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	50,0 cm
Sporgenza mensola a monte	250,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	60,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	60,0 cm

Caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati

Classe conglomerato Rck 350	
Fattore parziale di sicurezza calcestruzzo	1,6
Resistenza a compressione di calcolo fcd	154,33 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione di calcolo fctd	12,4 Kg/cm <sup>2</sup>
Acciaio Tipo B450C	
Modulo elastico	2141404 Kg/cm <sup>2</sup>
Fattore parziale di sicurezza acciaio	1,15
f <sub>yk</sub> (Tensione caratteristica snervamento)	4486,751 Kg/cm <sup>2</sup>
f <sub>yd</sub> (Resistenza ultima di calcolo)	3901,52 Kg/cm <sup>2</sup>
Deformazione ultima di calcolo	0,07
Copriferro, Elevazione	3,0 cm
Copriferro, Fondazione	3,0 cm
Copriferro, Dente di fondazione	3,0 cm

Stratigrafia

DH	Passo minimo	
Eps	Inclinazione dello strato.	
Gamma		Peso unità di volume
Fi	Angolo di resistenza a taglio	
c	Coesione	
Delta	Angolo di attrito terra muro	
P.F.	Presenza di falda (Si/No)	

N	DH (cm)	Ep (°)	Gamma (Kg/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Delta (°)	P. F.	Litologia	Descrizione
1	675	0	2020,00	20	0,26	13	No		TRV1: argille marnose sommitali alte
2	750	0	2030,00	19	0,36	13	No		TRV2a
3	990	0	2050,00	22	0,23	15	No		TRV2b

Carichi distribuiti

Descrizione	Ascissa iniziale (cm)	Ascissa finale (cm)	Valore iniziale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Valore finale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Profondità (cm)
q	75,0	575,0	0,2	0,2	0,0

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R1

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,30

PROGETTO ESECUTIVO

2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,30
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	1,00
7	q	1,50

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

A2+M2+R2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	q	1,30

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

EQU+M2 (Ribaltamento)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0,90
2	Spinta terreno	1,10
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,50
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	q	1,50

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1

PROGETTO ESECUTIVO

2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

SLO

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0,90
2	Spinta terreno	1,10
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,50
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	q	0,20

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

SLD

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0,90
2	Spinta terreno	1,10
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,50
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	q	0,20

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

SLV

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0,90
2	Spinta terreno	1,10
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,50
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	q	0,20

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1,25

PROGETTO ESECUTIVO

2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

SLC

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0,90
2	Spinta terreno	1,10
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,50
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	q	0,20

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

**A1+M1+R1**

**CALCOLO SPINTE**

**Discretizzazione terreno**

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (Kg/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (Kg/cm <sup>2</sup> );
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
415,0	344,0	2020,0	0,0	19,75	13,2	0,26	0,0	
344,0	273,0	2020,0	0,0	19,75	13,2	0,26	0,0	
273,0	202,0	2020,0	0,0	19,75	13,2	0,26	0,0	
202,0	131,0	2020,0	0,0	19,75	13,2	0,26	0,0	
131,0	60,0	2020,0	0,0	19,75	13,2	0,26	0,0	

**Coefficienti di spinta ed inclinazioni**

PROGETTO ESECUTIVO

$\mu$  Angolo di direzione della spinta.  
 Ka Coefficiente di spinta attiva.  
 Kd Coefficiente di spinta dinamica.  
 Dk Coefficiente di incremento dinamico.  
 Kax, Kay Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.  
 Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
13,2	0,44	0,0	0,0	0,43	0,1	0,0	0,0
13,2	0,44	0,0	0,0	0,43	0,1	0,0	0,0
13,2	0,44	0,0	0,0	0,43	0,1	0,0	0,0
13,2	0,44	0,0	0,0	0,43	0,1	0,0	0,0
13,2	0,44	0,0	0,0	0,43	0,1	0,0	0,0

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Qi Quota inizio strato.  
 Qf Quota inizio strato.  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kg);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	415,0	344,0	916,91	215,06	379,5	379,5
2	344,0	273,0	916,91	215,06	308,5	308,5
3	273,0	202,0	916,91	215,06	237,5	237,5
4	202,0	131,0	916,91	215,06	166,5	166,5
5	131,0	60,0	916,91	215,06	95,5	95,5

**CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia )**

Py Peso del muro (kg);  
 Px Forza inerziale (kg);  
 Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
344,0	0,0	941,09	70,0	379,5
273,0	0,0	1882,18	70,0	344,0
202,0	0,0	2823,27	70,0	308,5
131,0	0,0	3764,36	70,0	273,0
60,0	0,0	4705,45	70,0	237,5

**Sollecitazioni sul muro**

Quota Origine ordinata minima del muro (cm).  
 Fx Forza in direzione x (kg);  
 Fy Forza in direzione y (kg);  
 M Momento (kgm);  
 H Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
344,0	916,91	1156,15	282,49	40,0
273,0	1833,81	2312,3	1215,98	40,0

PROGETTO ESECUTIVO

202,0	2750,72	3468,45	2800,48	40,0
131,0	3667,63	4624,6	5035,98	40,0
60,0	4584,53	5780,75	7922,49	40,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U. )

Afv	Area dei ferri lato valle.
Afm	Area dei ferri lato monte.
Nu	Sforzo normale ultimo (kg);
Mu	Momento flettente ultimo (kgm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kg);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kg);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kg);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	1158,18	13965,53	S	15174,76	0,0	16,56
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	2307,98	14163,97	S	15335,18	0,0	8,37
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	3469,37	14364,35	S	15495,59	0,0	5,64
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	4621,49	14563,01	S	15656,01	0,0	4,27
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	5773,09	14760,49	S	15816,43	0,0	3,45

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (340,0/0,0)  
 Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (340,0/415,0)  
 Centro di rotazione (xro,yro) = (0,0/0,0)

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (Kg/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (Kg/cm²);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
415,0	344,0	2020,0	0,0	19,75	19,75	0,26	0,0	
344,0	273,0	2020,0	0,0	19,75	19,75	0,26	0,0	
273,0	202,0	2020,0	0,0	19,75	19,75	0,26	0,0	
202,0	131,0	2020,0	0,0	19,75	19,75	0,26	0,0	
131,0	60,0	2020,0	0,0	19,75	19,75	0,26	0,0	
60,0	0,0	2020,0	0,0	19,75	13,2	0,26	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.

PROGETTO ESECUTIVO

Kax, Kay Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.  
 Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
19,75	0,43	0,0	0,0	0,41	0,15	0,0	0,0
19,75	0,43	0,0	0,0	0,41	0,15	0,0	0,0
19,75	0,43	0,0	0,0	0,41	0,15	0,0	0,0
19,75	0,43	0,0	0,0	0,41	0,15	0,0	0,0
19,75	0,43	0,0	0,0	0,41	0,15	0,0	0,0
13,2	0,44	0,0	0,0	0,43	0,1	0,0	0,0

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Qi Quota inizio strato.  
 Qf Quota inizio strato.  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kg);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	415,0	344,0	863,85	310,15	379,5	379,5
2	344,0	273,0	863,85	310,15	308,5	308,5
3	273,0	202,0	863,85	310,15	237,5	237,5
4	202,0	131,0	863,85	310,15	166,5	166,5
5	131,0	60,0	863,85	310,15	95,5	95,5
6	60,0	0,0	777,18	371,22	29,92	29,01

**SPINTE IN FONDAZIONE**

**Discretizzazione terreno**

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato  
 Gamma Peso unità di volume (Kg/m<sup>3</sup>);  
 Eps Inclinazione dello strato. (°);  
 Fi Angolo di resistenza a taglio (°);  
 Delta Angolo attrito terra muro;  
 c Coesione (Kg/cm<sup>2</sup>);  
 $\beta$  Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);  
 Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	$\beta$	Note
60,0	0,0	2020,0	180,0	19,75	13,2	0,26	180,0	

**Coefficienti di spinta ed inclinazioni**

$\mu$  Angolo di direzione della spinta.  
 Kp Coefficiente di resistenza passiva.  
 Kpx, Kpy Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

$\mu$	Kp	Kpx	Kpy
193,2	0,61	-0,59	-0,14

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

PROGETTO ESECUTIVO

Qi Quota inizio strato.  
 Qf Quota inizio strato.  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kg);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	60,0	0,0	0,0	0,0	30,0	30,0

**Sollecitazioni totali**

Fx Forza in direzione x (kg);  
 Fy Forza in direzione y (kg);  
 M Momento (kgm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	5096,44	1921,99	3955,98
Peso muro	0,0	4705,45	-3293,82
Peso fondazione	0,0	6759,95	-11491,91
Sovraccarico	0,0	7500,0	-16125,0
Terr. fondazione	0,0	23305,75	-50107,36
Spinte fondazione	0,0	0,0	0,0
	<b>5096,44</b>	<b>44193,14</b>	<b>-77062,11</b>

Momento stabilizzante -87552,86 kgm  
 Momento ribaltante 10490,75 kgm

**Verifica alla traslazione**

Sommatoria forze orizzontali	5096,44 kg
Sommatoria forze verticali	44193,14 kg
Coefficiente di attrito	0,36
Adesione	0,18 Kg/cm <sup>2</sup>
Angolo piano di scorrimento	-360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	44193,14 kg
Forze parall. al piano di scorrimento	5096,44 kg
Resistenza terreno	22054,96 kg
<b>Coeff. sicurezza traslazione Csd</b>	<b>4,33</b>
<b>Traslazione verificata Csd &gt; 1</b>	

**Verifica al ribaltamento**

Momento stabilizzante	-87552,86 kgm
Momento ribaltante	10490,75 kgm
<b>Coeff. sicurezza ribaltamento Csv</b>	<b>8,35</b>
<b>Muro verificato a ribaltamento Csv &gt; 1</b>	

**Carico limite - Metodo di Vesic (1973)**

Somma forze in direzione x	5096,44 kg
Somma forze in direzione y (Fy)	44193,14 kg
Somma momenti	-77062,11 kgm



PROGETTO ESECUTIVO

Larghezza fondazione	340,0 cm
Lunghezza	2500,0 cm
Eccentricità su B	4,38 cm
Peso unità di volume	2020,0 Kg/m <sup>3</sup>
Angolo di resistenza al taglio	19,75 °
Coesione	0,26 Kg/cm <sup>2</sup>
Terreno sulla fondazione	60,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	2020,0 Kg/m <sup>3</sup>
Nq	6,24
Nc	14,6
Ng	5,2
sq	1,05
sc	1,06
sg	0,95
iq	0,86
ic	0,84
ig	0,8
Carico limite verticale (Qlim)	177663,2 kg
<b>Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)</b>	<b>4,02</b>
<b>Carico limite verificato Csq&gt;1</b>	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	174,38 cm
Larghezza della fondazione	340,0 cm
x = 0,0 cm Tensione...	1,2 Kg/cm <sup>2</sup>
x = 340,0 cm	Tensione... 1,4 Kg/cm <sup>2</sup>

MENSOLA A VALLE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kg);
Fy	Forza in direzione y (kg);
M	Momento (kgm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
50,0	0,0	-5076,89	-1263,15	60,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U. )

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kg);
Mu	Momento flettente ultimo (kgm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kg);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kg);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kg);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
6Ø16 (12,06)	6Ø16 (12,06)	-0,21	25751,87	S	22705,59	0,0	4,47

PROGETTO ESECUTIVO

MENSOLA A MONTE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);  
 Fx Forza in direzione x (kg);  
 Fy Forza in direzione y (kg);  
 M Momento (kgm);  
 H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
90,0	777,18	-839,96	-590,5	60,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi Area dei ferri inferiori.  
 Afs Area dei ferri superiori.  
 Nu Sforzo normale ultimo (kg);  
 Mu Momento flettente ultimo (kgm);  
 Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kg);  
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kg);  
 Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu Taglio di calcolo (kg);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
6Ø16 (12,06)	6Ø16 (12,06)	782,72	25962,22	S	22816,34	0,0	27,18

A2+M2+R2

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato  
 Gamma Peso unità di volume (Kg/m³);  
 Eps Inclinazione dello strato. (°);  
 Fi Angolo di resistenza a taglio (°);  
 Delta Angolo attrito terra muro;  
 c Coesione (Kg/cm²);  
 β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);  
 Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
415,0	344,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	
344,0	273,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	
273,0	202,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	
202,0	131,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	
131,0	60,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.

PROGETTO ESECUTIVO

Ka Coefficiente di spinta attiva.  
 Kd Coefficiente di spinta dinamica.  
 Dk Coefficiente di incremento dinamico.  
 Kax, Kay Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.  
 Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
13,2	0,5	0,0	0,0	0,49	0,12	0,0	0,0
13,2	0,5	0,0	0,0	0,49	0,12	0,0	0,0
13,2	0,5	0,0	0,0	0,49	0,12	0,0	0,0
13,2	0,5	0,0	0,0	0,49	0,12	0,0	0,0
13,2	0,5	0,0	0,0	0,49	0,12	0,0	0,0

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Qi Quota inizio strato.  
 Qf Quota inizio strato.  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kg);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	415,0	344,0	905,82	212,46	379,5	379,5
2	344,0	273,0	905,82	212,46	308,5	308,5
3	273,0	202,0	905,82	212,46	237,5	237,5
4	202,0	131,0	905,82	212,46	166,5	166,5
5	131,0	60,0	1114,67	261,44	92,9	92,9

**CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia )**

Py Peso del muro (kg);  
 Px Forza inerziale (kg);  
 Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
344,0	0,0	723,92	70,0	379,5
273,0	0,0	1447,83	70,0	344,0
202,0	0,0	2171,75	70,0	308,5
131,0	0,0	2895,66	70,0	273,0
60,0	0,0	3619,58	70,0	237,5

**Sollecitazioni sul muro**

Quota Origine ordinata minima del muro (cm).  
 Fx Forza in direzione x (kg);  
 Fy Forza in direzione y (kg);  
 M Momento (kgm);  
 H Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
344,0	905,82	936,37	279,07	40,0
273,0	1811,64	1872,75	1201,28	40,0
202,0	2717,45	2809,12	2766,62	40,0

PROGETTO ESECUTIVO

131,0	3623,27	3745,5	4975,08	40,0
60,0	4737,94	4730,86	7862,08	40,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U. )

Afv	Area dei ferri lato valle.
Afm	Area dei ferri lato monte.
Nu	Sforzo normale ultimo (kg);
Mu	Momento flettente ultimo (kgm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kg);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kg);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kg);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	926,9	13925,6	S	15144,27	0,0	16,73
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	1872,36	14088,79	S	15274,19	0,0	8,44
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	2810,38	14250,66	S	15404,11	0,0	5,67
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	3740,96	14411,19	S	15534,03	0,0	4,29
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	4739,51	14583,25	S	15670,75	0,0	3,31

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (340,0/0,0)  
 Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (340,0/415,0)  
 Centro di rotazione (xro,yro) = (0,0/0,0)

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (Kg/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (Kg/cm²);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
415,0	344,0	2020,0	0,0	16,03	16,03	0,21	0,0	
344,0	273,0	2020,0	0,0	16,03	16,03	0,21	0,0	
273,0	202,0	2020,0	0,0	16,03	16,03	0,21	0,0	
202,0	131,0	2020,0	0,0	16,03	16,03	0,21	0,0	
131,0	60,0	2020,0	0,0	16,03	16,03	0,21	0,0	
60,0	0,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.

PROGETTO ESECUTIVO

Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
16,03	0,5	0,0	0,0	0,48	0,14	0,0	0,0
16,03	0,5	0,0	0,0	0,48	0,14	0,0	0,0
16,03	0,5	0,0	0,0	0,48	0,14	0,0	0,0
16,03	0,5	0,0	0,0	0,48	0,14	0,0	0,0
16,03	0,5	0,0	0,0	0,48	0,14	0,0	0,0
13,2	0,5	0,0	0,0	0,49	0,12	0,0	0,0

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Qi Quota inizio strato.  
 Qf Quota inizio strato.  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kg);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	415,0	344,0	882,09	253,36	379,5	379,5
2	344,0	273,0	882,09	253,36	308,5	308,5
3	273,0	202,0	882,09	253,36	237,5	237,5
4	202,0	131,0	882,09	253,36	166,5	166,5
5	131,0	60,0	1073,18	308,25	92,91	92,91
6	60,0	0,0	1274,66	407,28	28,6	28,97

**SPINTE IN FONDAZIONE**

**Discretizzazione terreno**

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato  
 Gamma Peso unità di volume (Kg/m³);  
 Eps Inclinazione dello strato. (°);  
 Fi Angolo di resistenza a taglio (°);  
 Delta Angolo attrito terra muro;  
 c Coesione (Kg/cm²);  
 $\beta$  Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);  
 Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	$\beta$	Note
60,0	0,0	2020,0	180,0	16,03	13,2	0,21	180,0	

**Coefficienti di spinta ed inclinazioni**

$\mu$  Angolo di direzione della spinta.  
 Kp Coefficiente di resistenza passiva.  
 Kpx, Kpy Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

$\mu$	Kp	Kpx	Kpy
193,2	0,53	-0,51	-0,12

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

PROGETTO ESECUTIVO

Qi Quota inizio strato.  
 Qf Quota inizio strato.  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kg);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	60,0	0,0	0,0	0,0	30,0	30,0

**Sollecitazioni totali**

Fx Forza in direzione x (kg);  
 Fy Forza in direzione y (kg);  
 M Momento (kgm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	5876,21	1728,98	5115,59
Peso muro	0,0	3619,58	-2533,71
Peso fondazione	0,0	5199,96	-8839,93
Sovraccarico	0,0	6500,0	-13975,0
Terr. fondazione	0,0	17927,5	-38544,13
Spinte fondazione	0,0	0,0	0,0
	<b>5876,21</b>	<b>34976,02</b>	<b>-58777,18</b>

Momento stabilizzante -69771,29 kgm  
 Momento ribaltante 10994,11 kgm

**Verifica alla traslazione**

Sommatoria forze orizzontali 5876,21 kg  
 Sommatoria forze verticali 34976,02 kg  
 Coefficiente di attrito 0,29  
 Adesione 0,15 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Angolo piano di scorrimento -360,0 °  
 Forze normali al piano di scorrimento 34976,02 kg  
 Forze parall. al piano di scorrimento 5876,21 kg  
 Resistenza terreno 14996,54 kg  
**Coeff. sicurezza traslazione Csd 2,55**

**Traslazione verificata Csd>1**

**Verifica al ribaltamento**

Momento stabilizzante -69771,29 kgm  
 Momento ribaltante 10994,11 kgm  
**Coeff. sicurezza ribaltamento Csv 6,35**

**Muro verificato a ribaltamento Csv>1**

**Carico limite - Metodo di Vesic (1973)**

Somma forze in direzione x 5876,21 kg  
 Somma forze in direzione y (Fy) 34976,02 kg  
 Somma momenti -58777,18 kgm  
 Larghezza fondazione 340,0 cm

PROGETTO ESECUTIVO

Lunghezza	2500,0 cm
Eccentricità su B	1,95 cm
Peso unità di volume	2020,0 Kg/m <sup>3</sup>
Angolo di resistenza al taglio	16,03 °
Coesione	0,21 Kg/cm <sup>2</sup>
Terreno sulla fondazione	60,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	2020,0 Kg/m <sup>3</sup>
Nq	4,35
Nc	11,65
Ng	3,07
sq	1,04
sc	1,05
sg	0,95
iq	0,82
ic	0,77
ig	0,74
Carico limite verticale (Qlim)	105374,4 kg
<b>Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)</b>	<b>3,01</b>
<b>Carico limite verificato Csq&gt;1</b>	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	168,05 cm
Larghezza della fondazione	340,0 cm
x = 0,0 cm Tensione...	1,06 Kg/cm <sup>2</sup>
x = 340,0 cm	Tensione... 0,99 Kg/cm <sup>2</sup>

MENSOLA A VALLE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kg);
Fy	Forza in direzione y (kg);
M	Momento (kgm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
50,0	0,0	-4529,3	-1132,33	60,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U. )

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kg);
Mu	Momento flettente ultimo (kgm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kg);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kg);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kg);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
6Ø16 (12,06)	6Ø16 (12,06)	-0,21	25751,87	S	22705,59	0,0	5,02

PROGETTO ESECUTIVO

MENSOLA A MONTE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);  
 Fx Forza in direzione x (kg);  
 Fy Forza in direzione y (kg);  
 M Momento (kgm);  
 H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
90,0	1274,66	4495,98	-8079,37	60,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi Area dei ferri inferiori.  
 Afs Area dei ferri superiori.  
 Nu Sforzo normale ultimo (kg);  
 Mu Momento flettente ultimo (kgm);  
 Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kg);  
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kg);  
 Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu Taglio di calcolo (kg);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
6Ø16 (12,06)	6Ø16 (12,06)	1266,33	26092,14	S	22887,23	0,0	5,09

EQU+M2 (Ribaltamento)

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato  
 Gamma Peso unità di volume (Kg/m³);  
 Eps Inclinazione dello strato. (°);  
 Fi Angolo di resistenza a taglio (°);  
 Delta Angolo attrito terra muro;  
 c Coesione (Kg/cm²);  
 β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);  
 Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
415,0	344,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	
344,0	273,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	
273,0	202,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	
202,0	131,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	
131,0	60,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.  
 Ka Coefficiente di spinta attiva.



PROGETTO ESECUTIVO

Kd Coefficiente di spinta dinamica.  
 Dk Coefficiente di incremento dinamico.  
 Kax, Kay Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.  
 Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
13,2	0,5	0,0	0,0	0,49	0,12	0,0	0,0
13,2	0,5	0,0	0,0	0,49	0,12	0,0	0,0
13,2	0,5	0,0	0,0	0,49	0,12	0,0	0,0
13,2	0,5	0,0	0,0	0,49	0,12	0,0	0,0
13,2	0,5	0,0	0,0	0,49	0,12	0,0	0,0

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Qi Quota inizio strato.  
 Qf Quota inizio strato.  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kg);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	415,0	344,0	1045,18	245,14	379,5	379,5
2	344,0	273,0	1045,18	245,14	308,5	308,5
3	273,0	202,0	1045,18	245,14	237,5	237,5
4	202,0	131,0	1045,18	245,14	166,5	166,5
5	131,0	60,0	1274,91	294,13	93,0	93,19

**CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia )**

Py Peso del muro (kg);  
 Px Forza inerziale (kg);  
 Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
344,0	0,0	651,52	70,0	379,5
273,0	0,0	1303,05	70,0	344,0
202,0	0,0	1954,57	70,0	308,5
131,0	0,0	2606,1	70,0	273,0
60,0	0,0	3257,62	70,0	237,5

**Sollecitazioni sul muro**

Quota Origine ordinata minima del muro (cm).  
 Fx Forza in direzione x (kg);  
 Fy Forza in direzione y (kg);  
 M Momento (kgm);  
 H Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
344,0	1045,18	896,67	322,01	40,0
273,0	2090,35	1793,34	1386,09	40,0
202,0	3135,52	2690,0	3192,25	40,0
131,0	4180,7	3586,67	5740,48	40,0

PROGETTO ESECUTIVO

60,0      5455,61      4532,33      9070,7      40,0

**Armature - Verifiche sezioni (S.L.U. )**

Afv      Area dei ferri lato valle.  
 Afrm      Area dei ferri lato monte.  
 Nu      Sforzo normale ultimo (kg);  
 Mu      Momento flettente ultimo (kgm);  
 Vcd      Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kg);  
 Vwd      Resistenza a taglio piegati (kg);  
 Sic. VT      Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu      Taglio di calcolo (kg);

Afv	Afrm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	903,74	13921,61	S	15138,76	0,0	14,49
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	1791,94	14074,91	S	15263,17	0,0	7,31
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	2696,39	14230,99	S	15387,59	0,0	4,91
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	3582,61	14383,88	S	15512,0	0,0	3,71
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	4529,48	14547,19	S	15643,21	0,0	2,87

**VERIFICHE GLOBALI**

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (340,0/0,0)  
 Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (340,0/415,0)  
 Centro di rotazione (xro,yro) = (0,0/0,0)

**Discretizzazione terreno**

Qi      Quota iniziale strato (cm);  
 Qf      Quota finale strato  
 Gamma      Peso unità di volume (Kg/m³);  
 Eps      Inclinazione dello strato. (°);  
 Fi      Angolo di resistenza a taglio (°);  
 Delta      Angolo attrito terra muro;  
 c      Coesione (Kg/cm²);  
 β      Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);  
 Note      Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
415,0	344,0	2020,0	0,0	16,03	16,03	0,21	0,0	
344,0	273,0	2020,0	0,0	16,03	16,03	0,21	0,0	
273,0	202,0	2020,0	0,0	16,03	16,03	0,21	0,0	
202,0	131,0	2020,0	0,0	16,03	16,03	0,21	0,0	
131,0	60,0	2020,0	0,0	16,03	16,03	0,21	0,0	
60,0	0,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	

**Coefficienti di spinta ed inclinazioni**

μ      Angolo di direzione della spinta.  
 Ka      Coefficiente di spinta attiva.  
 Kd      Coefficiente di spinta dinamica.  
 Dk      Coefficiente di incremento dinamico.  
 Kax, Kay      Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.  
 Dkx, Dky      Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

PROGETTO ESECUTIVO

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
16,03	0,5	0,0	0,0	0,48	0,14	0,0	0,0
16,03	0,5	0,0	0,0	0,48	0,14	0,0	0,0
16,03	0,5	0,0	0,0	0,48	0,14	0,0	0,0
16,03	0,5	0,0	0,0	0,48	0,14	0,0	0,0
16,03	0,5	0,0	0,0	0,48	0,14	0,0	0,0
13,2	0,5	0,0	0,0	0,49	0,12	0,0	0,0

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Qi Quota inizio strato.  
 Qf Quota inizio strato.  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kg);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	415,0	344,0	1017,8	292,34	379,5	379,5
2	344,0	273,0	1017,8	292,34	308,5	308,5
3	273,0	202,0	1017,8	292,34	237,5	237,5
4	202,0	131,0	1017,8	292,34	166,5	166,5
5	131,0	60,0	1228,0	347,23	93,01	93,2
6	60,0	0,0	1443,35	434,9	28,64	29,04

**SPINTE IN FONDAZIONE**

**Discretizzazione terreno**

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato  
 Gamma Peso unità di volume (Kg/m³);  
 Eps Inclinazione dello strato. (°);  
 Fi Angolo di resistenza a taglio (°);  
 Delta Angolo attrito terra muro;  
 c Coesione (Kg/cm²);  
 $\beta$  Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);  
 Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	$\beta$	Note
60,0	0,0	2020,0	180,0	16,03	13,2	0,21	180,0	

**Coefficienti di spinta ed inclinazioni**

$\mu$  Angolo di direzione della spinta.  
 Kp Coefficiente di resistenza passiva.  
 Kpx, Kpy Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

$\mu$	Kp	Kpx	Kpy
193,2	0,53	-0,51	-0,12

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Qi Quota inizio strato.

PROGETTO ESECUTIVO

Qf Quota inizio strato.  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kg);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	60,0	0,0	0,0	0,0	30,0	30,0

**Sollecitazioni totali**

Fx Forza in direzione x (kg);  
 Fy Forza in direzione y (kg);  
 M Momento (kgm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	6742,53	1951,49	6034,84
Peso muro	0,0	3257,62	-2280,34
Peso fondazione	0,0	4679,96	-7955,94
Sovraccarico	0,0	7500,0	-16125,0
Terr. fondazione	0,0	17927,5	-38544,13
Spinte fondazione	0,0	0,0	0,0
	<b>6742,53</b>	<b>35316,58</b>	<b>-58870,56</b>

Momento stabilizzante	-71540,48	kgm
Momento ribaltante	12669,92	kgm

**Verifica alla traslazione**

Sommatoria forze orizzontali	6742,53 kg
Sommatoria forze verticali	35316,58 kg
Coefficiente di attrito	0,29
Adesione	0,15 Kg/cm <sup>2</sup>
Angolo piano di scorrimento	-360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	35316,58 kg
Forze parall. al piano di scorrimento	6742,53 kg
Resistenza terreno	15094,36 kg
<b>Coeff. sicurezza traslazione Csd</b>	<b>2,24</b>
<b>Traslazione verificata Csd&gt;1</b>	

**Verifica al ribaltamento**

Momento stabilizzante	-71540,48 kgm
Momento ribaltante	12669,92 kgm
<b>Coeff. sicurezza ribaltamento Csv</b>	<b>5,65</b>
<b>Muro verificato a ribaltamento Csv&gt;1</b>	

**Carico limite - Metodo di Vesic (1973)**

Somma forze in direzione x	6742,53 kg
Somma forze in direzione y (Fy)	35316,58 kg
Somma momenti	-58870,56 kgm
Larghezza fondazione	340,0 cm
Lunghezza	2500,0 cm

PROGETTO ESECUTIVO

Eccentricità su B	3,31 cm
Peso unità di volume	2020,0 Kg/m <sup>3</sup>
Angolo di resistenza al taglio	16,03 °
Coesione	0,21 Kg/cm <sup>2</sup>
Terreno sulla fondazione	60,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	2020,0 Kg/m <sup>3</sup>
Nq	4,35
Nc	11,65
Ng	3,07
sq	1,04
sc	1,05
sg	0,95
iq	0,8
ic	0,74
ig	0,71
Carico limite verticale (Qlim)	100070,6 kg
<b>Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)</b>	<b>2,83</b>
<b>Carico limite verificato Csq&gt;1</b>	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	166,69 cm
Larghezza della fondazione	340,0 cm
x = 0,0 cm Tensione...	1,1 Kg/cm <sup>2</sup>
x = 340,0 cm	Tensione... 0,98 Kg/cm <sup>2</sup>

MENSOLA A VALLE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kg);
Fy	Forza in direzione y (kg);
M	Momento (kgm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
50,0	0,0	-4763,77	-1196,4	60,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U. )

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kg);
Mu	Momento flettente ultimo (kgm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kg);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kg);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kg);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
6Ø16 (12,06)	6Ø16 (12,06)	-0,21	25751,87	S	22705,59	0,0	4,77

PROGETTO ESECUTIVO

MENSOLA A MONTE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);  
 Fx Forza in direzione x (kg);  
 Fy Forza in direzione y (kg);  
 M Momento (kgm);  
 H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
90,0	1443,35	5254,14	-9486,86	60,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi Area dei ferri inferiori.  
 Afs Area dei ferri superiori.  
 Nu Sforzo normale ultimo (kg);  
 Mu Momento flettente ultimo (kgm);  
 Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kg);  
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kg);  
 Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu Taglio di calcolo (kg);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
6Ø16 (12,06)	6Ø16 (12,06)	1453,16	26142,33	S	22911,27	0,0	4,36

SLO

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,008  
 Coefficiente sismico verticale Kv 0,004

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato  
 Gamma Peso unità di volume (Kg/m³);  
 Eps Inclinazione dello strato. (°);  
 Fi Angolo di resistenza a taglio (°);  
 Delta Angolo attrito terra muro;  
 c Coesione (Kg/cm²);  
 β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);  
 Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
415,0	344,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	
344,0	273,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	
273,0	202,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	
202,0	131,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	
131,0	60,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.

PROGETTO ESECUTIVO

Ka Coefficiente di spinta attiva.  
 Kd Coefficiente di spinta dinamica.  
 Dk Coefficiente di incremento dinamico.  
 Kax, Kay Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.  
 Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
13,2	0,5	0,51	0,01	0,49	0,12	0,01	0,0
13,2	0,5	0,51	0,01	0,49	0,12	0,01	0,0
13,2	0,5	0,51	0,01	0,49	0,12	0,01	0,0
13,2	0,5	0,51	0,01	0,49	0,12	0,01	0,0
13,2	0,5	0,51	0,01	0,49	0,12	0,01	0,0

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Qi Quota inizio strato.  
 Qf Quota inizio strato.  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kg);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	415,0	344,0	146,28	32,69	379,14	379,5
2	344,0	273,0	155,17	32,69	308,16	308,5
3	273,0	202,0	164,06	32,69	237,18	237,5
4	202,0	131,0	172,94	32,69	166,2	166,5
5	131,0	60,0	411,57	81,67	87,63	87,19

**CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia )**

Py Peso del muro (kg);  
 Px Forza inerziale (kg);  
 Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

	Quota	Px	Py	Xp	Yp
	344,0	5,21	651,52	70,0	379,5
	273,0	10,42	1303,05	70,0	344,0
	202,0	15,64	1954,57	70,0	308,5
	131,0	20,85	2606,1	70,0	273,0
	60,0	26,06	3257,62	70,0	237,5

**Sollecitazioni sul muro**

Quota Origine ordinata minima del muro (cm).  
 Fx Forza in direzione x (kg);  
 Fy Forza in direzione y (kg);  
 M Momento (kgm);  
 H Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
344,0	151,49	684,21	46,72	40,0
273,0	311,87	1368,42	204,15	40,0
202,0	481,14	2052,63	478,6	40,0

PROGETTO ESECUTIVO

131,0	659,3	2736,84	876,4	40,0
60,0	1076,08	3470,04	1443,75	40,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U. )

Afv	Area dei ferri lato valle.
Afm	Area dei ferri lato monte.
Nu	Sforzo normale ultimo (kg);
Mu	Momento flettente ultimo (kgm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kg);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kg);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kg);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	683,57	13883,6	S	15109,28	0,0	99,8
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	1365,96	14001,39	S	15204,22	0,0	48,78
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	2055,97	14120,48	S	15299,15	0,0	31,82
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	2742,0	14238,86	S	15394,08	0,0	23,36
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	3469,37	14364,35	S	15495,81	0,0	14,41

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (340,0/0,0)  
 Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (340,0/415,0)  
 Centro di rotazione (xro,yro) = (0,0/0,0)

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (Kg/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (Kg/cm²);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
415,0	344,0	2020,0	0,0	16,03	16,03	0,21	0,0	
344,0	273,0	2020,0	0,0	16,03	16,03	0,21	0,0	
273,0	202,0	2020,0	0,0	16,03	16,03	0,21	0,0	
202,0	131,0	2020,0	0,0	16,03	16,03	0,21	0,0	
131,0	60,0	2020,0	0,0	16,03	16,03	0,21	0,0	
60,0	0,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.



PROGETTO ESECUTIVO

Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
16,03	0,5	0,5	0,01	0,48	0,14	0,01	0,0
16,03	0,5	0,5	0,01	0,48	0,14	0,01	0,0
16,03	0,5	0,5	0,01	0,48	0,14	0,01	0,0
16,03	0,5	0,5	0,01	0,48	0,14	0,01	0,0
16,03	0,5	0,5	0,01	0,48	0,14	0,01	0,0
13,2	0,5	0,51	0,01	0,49	0,12	0,01	0,0

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Qi Quota inizio strato.  
 Qf Quota fine strato.  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kg);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	415,0	344,0	142,66	38,98	379,13	379,5
2	344,0	273,0	151,6	38,98	308,15	308,5
3	273,0	202,0	160,53	38,98	237,17	237,5
4	202,0	131,0	169,46	38,98	166,19	166,5
5	131,0	60,0	388,6	93,87	87,51	87,01
6	60,0	0,0	720,88	255,36	27,23	28,36

**SPINTE IN FONDAZIONE**

**Discretizzazione terreno**

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato  
 Gamma Peso unità di volume (Kg/m³);  
 Eps Inclinazione dello strato. (°);  
 Fi Angolo di resistenza a taglio (°);  
 Delta Angolo attrito terra muro;  
 c Coesione (Kg/cm²);  
 $\beta$  Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);  
 Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	$\beta$	Note
60,0	0,0	2020,0	180,0	16,03	13,2	0,21	180,0	

**Coefficienti di spinta ed inclinazioni**

$\mu$  Angolo di direzione della spinta.  
 Kp Coefficiente di resistenza passiva.  
 Kpx, Kpy Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

$\mu$	Kp	Kpx	Kpy
193,2	0,53	-0,51	-0,12

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

PROGETTO ESECUTIVO

Qi Quota inizio strato.  
 Qf Quota inizio strato.  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kg);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	60,0	0,0	0,0	0,0	30,0	30,0

**Sollecitazioni totali**

Fx Forza in direzione x (kg);  
 Fy Forza in direzione y (kg);  
 M Momento (kgm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	1733,73	505,14	489,27
Peso muro	26,06	3257,62	-2218,44
Peso fondazione	37,44	4679,96	-7944,71
Sovraccarico	8,0	1000,0	-2116,8
Terr. fondazione	143,42	17927,5	-38203,5
Spinte fondazione	0,0	0,0	0,0
	<b>1948,65</b>	<b>27370,23</b>	<b>-49994,18</b>

Momento stabilizzante -52647,88 kgm  
 Momento ribaltante 2653,7 kgm

**Verifica alla traslazione**

Sommatoria forze orizzontali 1948,65 kg  
 Sommatoria forze verticali 27370,23 kg  
 Coefficiente di attrito 0,29  
 Adesione 0,15 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Angolo piano di scorrimento -360,0 °  
 Forze normali al piano di scorrimento 27370,23 kg  
 Forze parall. al piano di scorrimento 1948,65 kg  
 Resistenza terreno 12811,93 kg  
**Coeff. sicurezza traslazione Csd 6,57**

**Traslazione verificata Csd>1**

**Verifica al ribaltamento**

Momento stabilizzante -52647,88 kgm  
 Momento ribaltante 2653,7 kgm  
**Coeff. sicurezza ribaltamento Csv 19,84**

**Muro verificato a ribaltamento Csv>1**

**Carico limite - Metodo di Vesic (1973)**

Somma forze in direzione x 1948,65 kg  
 Somma forze in direzione y (Fy) 27370,23 kg  
 Somma momenti -49994,18 kgm  
 Larghezza fondazione 340,0 cm

PROGETTO ESECUTIVO

Lunghezza	2500,0 cm
Eccentricità su B	12,66 cm
Peso unità di volume	2020,0 Kg/m <sup>3</sup>
Angolo di resistenza al taglio	16,03 °
Coesione	0,21 Kg/cm <sup>2</sup>
Terreno sulla fondazione	60,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	2020,0 Kg/m <sup>3</sup>
Nq	4,35
Nc	11,65
Ng	3,07
sq	1,04
sc	1,05
sg	0,95
iq	0,93
ic	0,91
ig	0,89
Carico limite verticale (Qlim)	114297,8 kg
<b>Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)</b>	<b>4,18</b>
<b>Carico limite verificato Csq&gt;1</b>	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	182,66 cm
Larghezza della fondazione	340,0 cm
x = 0,0 cm Tensione...	0,63 Kg/cm <sup>2</sup>
x = 340,0 cm	Tensione... 0,98 Kg/cm <sup>2</sup>

MENSOLA A VALLE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kg);
Fy	Forza in direzione y (kg);
M	Momento (kgm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
50,0	0,0	-2569,77	-632,67	60,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U. )

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kg);
Mu	Momento flettente ultimo (kgm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kg);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kg);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kg);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
6Ø16 (12,06)	6Ø16 (12,06)	-0,21	25751,87	S	22705,59	0,0	8,84

PROGETTO ESECUTIVO

MENSOLA A MONTE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);  
 Fx Forza in direzione x (kg);  
 Fy Forza in direzione y (kg);  
 M Momento (kgm);  
 H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
90,0	720,88	1558,79	-1214,39	60,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi Area dei ferri inferiori.  
 Afs Area dei ferri superiori.  
 Nu Sforzo normale ultimo (kg);  
 Mu Momento flettente ultimo (kgm);  
 Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kg);  
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kg);  
 Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu Taglio di calcolo (kg);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
6Ø16 (12,06)	6Ø16 (12,06)	720,22	25945,43	S	22808,32	0,0	14,64

SLD

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,0099  
 Coefficiente sismico verticale Kv 0,005

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato  
 Gamma Peso unità di volume (Kg/m³);  
 Eps Inclinazione dello strato. (°);  
 Fi Angolo di resistenza a taglio (°);  
 Delta Angolo attrito terra muro;  
 c Coesione (Kg/cm²);  
 ß Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);  
 Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
415,0	344,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	
344,0	273,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	
273,0	202,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	
202,0	131,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	
131,0	60,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

PROGETTO ESECUTIVO

$\mu$	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
13,2	0,5	0,51	0,01	0,49	0,12	0,01	0,0
13,2	0,5	0,51	0,01	0,49	0,12	0,01	0,0
13,2	0,5	0,51	0,01	0,49	0,12	0,01	0,0
13,2	0,5	0,51	0,01	0,49	0,12	0,01	0,0
13,2	0,5	0,51	0,01	0,49	0,12	0,01	0,0

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kg);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	415,0	344,0	147,98	32,69	379,06	379,5
2	344,0	273,0	159,04	32,69	308,09	308,5
3	273,0	202,0	170,11	32,69	237,12	237,5
4	202,0	131,0	181,17	32,69	166,14	166,5
5	131,0	60,0	421,98	81,67	87,8	87,19

**CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia )**

Py	Peso del muro (kg);
Px	Forza inerziale (kg);
Xp, Yp	Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
344,0	6,45	651,52	70,0	379,5
273,0	12,9	1303,05	70,0	344,0
202,0	19,35	1954,57	70,0	308,5
131,0	25,8	2606,1	70,0	273,0
60,0	32,25	3257,62	70,0	237,5

**Sollecitazioni sul muro**

Quota	Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx	Forza in direzione x (kg);
Fy	Forza in direzione y (kg);
M	Momento (kgm);
H	Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
344,0	154,43	684,21	47,63	40,0
273,0	319,92	1368,42	208,83	40,0

PROGETTO ESECUTIVO

202,0	496,48	2052,63	491,46	40,0
131,0	684,1	2736,84	903,37	40,0
60,0	1112,53	3470,04	1492,34	40,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U. )

Afv	Area dei ferri lato valle.
Afm	Area dei ferri lato monte.
Nu	Sforzo normale ultimo (kg);
Mu	Momento flettente ultimo (kgm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kg);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kg);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kg);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	683,57	13883,6	S	15109,28	0,0	97,91
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	1365,96	14001,39	S	15204,22	0,0	47,56
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	2055,97	14120,48	S	15299,15	0,0	30,84
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	2742,0	14238,86	S	15394,08	0,0	22,52
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	3469,37	14364,35	S	15495,81	0,0	13,94

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (340,0/0,0)  
 Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (340,0/415,0)  
 Centro di rotazione (xro,yro) = (0,0/0,0)

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (Kg/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (Kg/cm²);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
415,0	344,0	2020,0	0,0	16,03	16,03	0,21	0,0	
344,0	273,0	2020,0	0,0	16,03	16,03	0,21	0,0	
273,0	202,0	2020,0	0,0	16,03	16,03	0,21	0,0	
202,0	131,0	2020,0	0,0	16,03	16,03	0,21	0,0	
131,0	60,0	2020,0	0,0	16,03	16,03	0,21	0,0	
60,0	0,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.

PROGETTO ESECUTIVO

Kax, Kay Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.  
 Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
16,03	0,5	0,51	0,01	0,48	0,14	0,01	0,0
16,03	0,5	0,51	0,01	0,48	0,14	0,01	0,0
16,03	0,5	0,51	0,01	0,48	0,14	0,01	0,0
16,03	0,5	0,51	0,01	0,48	0,14	0,01	0,0
16,03	0,5	0,51	0,01	0,48	0,14	0,01	0,0
13,2	0,5	0,51	0,01	0,49	0,12	0,01	0,0

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Qi Quota inizio strato.  
 Qf Quota inizio strato.  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kg);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	415,0	344,0	144,37	38,98	379,04	379,5
2	344,0	273,0	155,49	38,98	308,08	308,5
3	273,0	202,0	166,61	38,98	237,11	237,5
4	202,0	131,0	177,73	38,98	166,13	166,5
5	131,0	60,0	399,06	93,87	87,68	87,01
6	60,0	0,0	731,42	255,36	27,26	28,36

**SPINTE IN FONDAZIONE**

**Discretizzazione terreno**

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato  
 Gamma Peso unità di volume (Kg/m<sup>3</sup>);  
 Eps Inclinazione dello strato. (°);  
 Fi Angolo di resistenza a taglio (°);  
 Delta Angolo attrito terra muro;  
 c Coesione (Kg/cm<sup>2</sup>);  
 $\beta$  Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);  
 Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	$\beta$	Note
60,0	0,0	2020,0	180,0	16,03	13,2	0,21	180,0	

**Coefficienti di spinta ed inclinazioni**

$\mu$  Angolo di direzione della spinta.  
 Kp Coefficiente di resistenza passiva.  
 Kpx, Kpy Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

$\mu$	Kp	Kpx	Kpy
193,2	0,52	-0,51	-0,12

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

PROGETTO ESECUTIVO

Qi Quota inizio strato.  
 Qf Quota inizio strato.  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kg);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	60,0	0,0	0,0	0,0	30,0	30,0

**Sollecitazioni totali**

Fx Forza in direzione x (kg);  
 Fy Forza in direzione y (kg);  
 M Momento (kgm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	1774,69	505,14	548,4
Peso muro	32,25	3257,62	-2203,74
Peso fondazione	46,33	4679,96	-7942,04
Sovraccarico	9,9	1000,0	-2108,92
Terr. fondazione	177,48	17927,5	-38122,61
Spinte fondazione	0,0	0,0	0,0
	<b>2040,65</b>	<b>27370,23</b>	<b>-49828,89</b>

Momento stabilizzante -52647,88 kgm  
 Momento ribaltante 2818,99 kgm

**Verifica alla traslazione**

Sommatoria forze orizzontali	2040,65 kg
Sommatoria forze verticali	27370,23 kg
Coefficiente di attrito	0,29
Adesione	0,15 Kg/cm <sup>2</sup>
Angolo piano di scorrimento	-360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	27370,23 kg
Forze parall. al piano di scorrimento	2040,65 kg
Resistenza terreno	12811,93 kg
<b>Coeff. sicurezza traslazione Csd</b>	<b>6,28</b>
<b>Traslazione verificata Csd &gt; 1</b>	

**Verifica al ribaltamento**

Momento stabilizzante	-52647,88 kgm
Momento ribaltante	2818,99 kgm
<b>Coeff. sicurezza ribaltamento Csv</b>	<b>18,68</b>
<b>Muro verificato a ribaltamento Csv &gt; 1</b>	

**Carico limite - Metodo di Vesic (1973)**

Somma forze in direzione x	2040,65 kg
Somma forze in direzione y (Fy)	27370,23 kg
Somma momenti	-49828,89 kgm



PROGETTO ESECUTIVO

Larghezza fondazione	340,0 cm
Lunghezza	2500,0 cm
Eccentricità su B	12,06 cm
Peso unità di volume	2020,0 Kg/m <sup>3</sup>
Angolo di resistenza al taglio	16,03 °
Coesione	0,21 Kg/cm <sup>2</sup>
Terreno sulla fondazione	60,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	2020,0 Kg/m <sup>3</sup>
Nq	4,35
Nc	11,65
Ng	3,07
sq	1,04
sc	1,05
sg	0,95
iq	0,92
ic	0,9
ig	0,89
Carico limite verticale (Qlim)	114319,8 kg
<b>Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)</b>	<b>4,18</b>
<b>Carico limite verificato Csq&gt;1</b>	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	182,06 cm
Larghezza della fondazione	340,0 cm
x = 0,0 cm Tensione...	0,63 Kg/cm <sup>2</sup>
x = 340,0 cm	Tensione... 0,98 Kg/cm <sup>2</sup>

MENSOLA A VALLE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kg);
Fy	Forza in direzione y (kg);
M	Momento (kgm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
50,0	0,0	-2606,77	-641,81	60,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U. )

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kg);
Mu	Momento flettente ultimo (kgm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kg);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kg);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kg);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
6Ø16 (12,06)	6Ø16 (12,06)	-0,21	25751,87	S	22705,59	0,0	8,71

PROGETTO ESECUTIVO

MENSOLA A MONTE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);  
 Fx Forza in direzione x (kg);  
 Fy Forza in direzione y (kg);  
 M Momento (kgm);  
 H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
90,0	731,42	1614,79	-1351,88	60,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi Area dei ferri inferiori.  
 Afs Area dei ferri superiori.  
 Nu Sforzo normale ultimo (kg);  
 Mu Momento flettente ultimo (kgm);  
 Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kg);  
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kg);  
 Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu Taglio di calcolo (kg);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
6Ø16 (12,06)	6Ø16 (12,06)	735,85	25949,63	S	22809,82	0,0	14,13

SLV

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,0215  
 Coefficiente sismico verticale Kv 0,0107

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato  
 Gamma Peso unità di volume (Kg/m³);  
 Eps Inclinazione dello strato. (°);  
 Fi Angolo di resistenza a taglio (°);  
 Delta Angolo attrito terra muro;  
 c Coesione (Kg/cm²);  
 β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);  
 Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
415,0	344,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	
344,0	273,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	
273,0	202,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	
202,0	131,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	
131,0	60,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

PROGETTO ESECUTIVO

$\mu$  Angolo di direzione della spinta.  
 Ka Coefficiente di spinta attiva.  
 Kd Coefficiente di spinta dinamica.  
 Dk Coefficiente di incremento dinamico.  
 Kax, Kay Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.  
 Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
13,2	0,5	0,52	0,02	0,49	0,12	0,02	0,01
13,2	0,5	0,52	0,02	0,49	0,12	0,02	0,01
13,2	0,5	0,52	0,02	0,49	0,12	0,02	0,01
13,2	0,5	0,52	0,02	0,49	0,12	0,02	0,01
13,2	0,5	0,52	0,02	0,49	0,12	0,02	0,01

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Qi Quota inizio strato.  
 Qf Quota inizio strato.  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kg);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	415,0	344,0	158,45	32,69	378,58	379,5
2	344,0	273,0	182,95	32,69	307,71	308,5
3	273,0	202,0	207,46	32,69	236,8	237,5
4	202,0	131,0	231,97	32,69	165,87	166,5
5	131,0	60,0	486,22	81,67	88,65	87,19

**CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)**

Py Peso del muro (kg);  
 Px Forza inerziale (kg);  
 Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
344,0	14,01	651,52	70,0	379,5
273,0	28,02	1303,05	70,0	344,0
202,0	42,02	1954,57	70,0	308,5
131,0	56,03	2606,1	70,0	273,0
60,0	70,04	3257,62	70,0	237,5

**Sollecitazioni sul muro**

Quota Origine ordinata minima del muro (cm).  
 Fx Forza in direzione x (kg);  
 Fy Forza in direzione y (kg);  
 M Momento (kgm);  
 H Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
344,0	172,45	684,21	53,23	40,0

PROGETTO ESECUTIVO

273,0	369,42	1368,42	237,61	40,0
202,0	590,88	2052,63	570,53	40,0
131,0	836,86	2736,84	1069,39	40,0
60,0	1337,09	3470,04	1791,51	40,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U. )

Afv	Area dei ferri lato valle.
Afm	Area dei ferri lato monte.
Nu	Sforzo normale ultimo (kg);
Mu	Momento flettente ultimo (kgm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kg);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kg);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kg);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	683,57	13883,6	S	15109,28	0,0	87,67
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	1365,96	14001,39	S	15204,22	0,0	41,18
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	2055,97	14120,48	S	15299,15	0,0	25,91
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	2742,0	14238,86	S	15394,08	0,0	18,41
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	3469,37	14364,35	S	15495,81	0,0	11,6

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (340,0/0,0)  
 Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (340,0/415,0)  
 Centro di rotazione (xro,yro) = (0,0/0,0)

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (Kg/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (Kg/cm²);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
415,0	344,0	2020,0	0,0	16,03	16,03	0,21	0,0	
344,0	273,0	2020,0	0,0	16,03	16,03	0,21	0,0	
273,0	202,0	2020,0	0,0	16,03	16,03	0,21	0,0	
202,0	131,0	2020,0	0,0	16,03	16,03	0,21	0,0	
131,0	60,0	2020,0	0,0	16,03	16,03	0,21	0,0	
60,0	0,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.

PROGETTO ESECUTIVO

Dk Coefficiente di incremento dinamico.  
 Kax, Kay Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.  
 Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
16,03	0,5	0,52	0,03	0,48	0,14	0,02	0,01
16,03	0,5	0,52	0,03	0,48	0,14	0,02	0,01
16,03	0,5	0,52	0,03	0,48	0,14	0,02	0,01
16,03	0,5	0,52	0,03	0,48	0,14	0,02	0,01
16,03	0,5	0,52	0,03	0,48	0,14	0,02	0,01
13,2	0,5	0,52	0,02	0,49	0,12	0,02	0,01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.  
 Qf Quota inizio strato.  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kg);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	415,0	344,0	154,91	38,98	378,56	379,5
2	344,0	273,0	179,56	38,98	307,69	308,5
3	273,0	202,0	204,21	38,98	236,79	237,5
4	202,0	131,0	228,86	38,98	165,86	166,5
5	131,0	60,0	463,72	93,87	88,6	87,01
6	60,0	0,0	796,55	255,36	27,43	28,36

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato  
 Gamma Peso unità di volume (Kg/m³);  
 Eps Inclinazione dello strato. (°);  
 Fi Angolo di resistenza a taglio (°);  
 Delta Angolo attrito terra muro;  
 c Coesione (Kg/cm²);  
 $\beta$  Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);  
 Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	$\beta$	Note
60,0	0,0	2020,0	180,0	16,03	13,2	0,21	180,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

$\mu$  Angolo di direzione della spinta.  
 Kp Coefficiente di resistenza passiva.  
 Kpx, Kpy Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

$\mu$	Kp	Kpx	Kpy
193,2	0,52	-0,51	-0,12

PROGETTO ESECUTIVO

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Qi Quota inizio strato.  
 Qf Quota inizio strato.  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kg);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	60,0	0,0	0,0	0,0	30,0	30,0

**Sollecitazioni totali**

Fx Forza in direzione x (kg);  
 Fy Forza in direzione y (kg);  
 M Momento (kgm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	2027,81	505,14	913,87
Peso muro	70,04	3257,62	-2113,99
Peso fondazione	100,62	4679,96	-7925,75
Sovraccarico	21,5	1000,0	-2060,78
Terr. fondazione	385,44	17927,5	-37628,7
Spinte fondazione	0,0	0,0	0,0
	<b>2605,4</b>	<b>27370,23</b>	<b>-48815,35</b>

Momento stabilizzante -52647,88 kgm  
 Momento ribaltante 3832,53 kgm

**Verifica alla traslazione**

Sommatoria forze orizzontali 2605,4 kg  
 Sommatoria forze verticali 27370,23 kg  
 Coefficiente di attrito 0,29  
 Adesione 0,15 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Angolo piano di scorrimento -360,0 °  
 Forze normali al piano di scorrimento 27370,23 kg  
 Forze parall. al piano di scorrimento 2605,4 kg  
 Resistenza terreno 12811,93 kg  
**Coeff. sicurezza traslazione Csd 4,92**  
**Traslazione verificata Csd>1**

**Verifica al ribaltamento**

Momento stabilizzante -52647,88 kgm  
 Momento ribaltante 3832,53 kgm  
**Coeff. sicurezza ribaltamento Csv 13,74**  
**Muro verificato a ribaltamento Csv>1**

**Carico limite - Metodo di Vesic (1973)**

Somma forze in direzione x 2605,4 kg  
 Somma forze in direzione y (Fy) 27370,23 kg

PROGETTO ESECUTIVO

Somma momenti	-48815,35 kgm
Larghezza fondazione	340,0 cm
Lunghezza	2500,0 cm
Eccentricità su B	8,35 cm
Peso unità di volume	2020,0 Kg/m <sup>3</sup>
Angolo di resistenza al taglio	16,03 °
Coesione	0,21 Kg/cm <sup>2</sup>
Terreno sulla fondazione	60,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	2020,0 Kg/m <sup>3</sup>
Nq	4,35
Nc	11,65
Ng	3,07
sq	1,04
sc	1,05
sg	0,95
iq	0,91
ic	0,88
ig	0,86
Carico limite verticale (Qlim)	114425,0 kg
<b>Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)</b>	<b>4,18</b>
<b>Carico limite verificato Csq&gt;1</b>	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	178,35 cm
Larghezza della fondazione	340,0 cm
x = 0,0 cm Tensione...	0,69 Kg/cm <sup>2</sup>
x = 340,0 cm	Tensione... 0,92 Kg/cm <sup>2</sup>

MENSOLA A VALLE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kg);
Fy	Forza in direzione y (kg);
M	Momento (kgm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
50,0	0,0	-2830,77	-700,65	60,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U. )

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kg);
Mu	Momento flettente ultimo (kgm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kg);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kg);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kg);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
-----	-----	----	----	------	-----	-----	---------

PROGETTO ESECUTIVO

6Ø16 (12,06)                      6Ø16 (12,06)                      -0,21    25751,87                      S    22705,59                      0,0    8,02

MENSOLA A MONTE

Xprogr.    Ascissa progressiva (cm);  
 Fx        Forza in direzione x (kg);  
 Fy        Forza in direzione y (kg);  
 M        Momento (kgm);  
 H        Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
90,0	796,55	1962,79	-2206,25	60,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi        Area dei ferri inferiori.  
 Afs        Area dei ferri superiori.  
 Nu        Sforzo normale ultimo (kg);  
 Mu        Momento flettente ultimo (kgm);  
 Vcd        Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kg);  
 Vwd        Resistenza a taglio piegati (kg);  
 Sic. VT    Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu        Taglio di calcolo (kg);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
6Ø16 (12,06)	6Ø16 (12,06)	798,35	25966,42	S	22819,1	0,0	11,63

SLC

Coefficiente sismico orizzontale Kh    0,0267  
 Coefficiente sismico verticale Kv        0,0134

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi        Quota iniziale strato (cm);  
 Qf        Quota finale strato  
 Gamma    Peso unità di volume (Kg/m³);  
 Eps        Inclinazione dello strato. (°);  
 Fi        Angolo di resistenza a taglio (°);  
 Delta     Angolo attrito terra muro;  
 c        Coesione (Kg/cm²);  
 β        Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);  
 Note     Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
415,0	344,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	
344,0	273,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	
273,0	202,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	
202,0	131,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	
131,0	60,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	



PROGETTO ESECUTIVO

**Coefficienti di spinta ed inclinazioni**

$\mu$	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
13,2	0,5	0,53	0,03	0,49	0,12	0,03	0,01
13,2	0,5	0,53	0,03	0,49	0,12	0,03	0,01
13,2	0,5	0,53	0,03	0,49	0,12	0,03	0,01
13,2	0,5	0,53	0,03	0,49	0,12	0,03	0,01
13,2	0,5	0,53	0,03	0,49	0,12	0,03	0,01

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kg);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	415,0	344,0	163,36	32,69	378,38	379,5
2	344,0	273,0	194,18	32,69	307,56	308,5
3	273,0	202,0	225,0	32,69	236,69	237,5
4	202,0	131,0	255,82	32,69	165,79	166,5
5	131,0	60,0	516,38	81,67	88,98	87,19

**CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)**

Py	Peso del muro (kg);
Px	Forza inerziale (kg);
Xp, Yp	Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
344,0	17,4	651,52	70,0	379,5
273,0	34,79	1303,05	70,0	344,0
202,0	52,19	1954,57	70,0	308,5
131,0	69,58	2606,1	70,0	273,0
60,0	86,98	3257,62	70,0	237,5

**Sollecitazioni sul muro**

Quota	Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx	Forza in direzione x (kg);
Fy	Forza in direzione y (kg);
M	Momento (kgm);
H	Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
-------	----	----	---	---

PROGETTO ESECUTIVO

344,0	180,76	684,21	55,81	40,0
273,0	392,34	1368,42	250,9	40,0
202,0	634,73	2052,63	607,14	40,0
131,0	907,95	2736,84	1146,44	40,0
60,0	1441,73	3470,04	1930,57	40,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U. )

Afv	Area dei ferri lato valle.
Afm	Area dei ferri lato monte.
Nu	Sforzo normale ultimo (kg);
Mu	Momento flettente ultimo (kgm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kg);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kg);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kg);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	683,57	13883,6	S	15109,28	0,0	83,64
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	1365,96	14001,39	S	15204,22	0,0	38,78
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	2055,97	14120,48	S	15299,15	0,0	24,12
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	2742,0	14238,86	S	15394,08	0,0	16,97
5Ø16 (10,05)	5Ø16 (10,05)	3469,37	14364,35	S	15495,81	0,0	10,76

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (340,0/0,0)  
 Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (340,0/415,0)  
 Centro di rotazione (xro,yro) = (0,0/0,0)

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (Kg/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (Kg/cm²);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
415,0	344,0	2020,0	0,0	16,03	16,03	0,21	0,0	
344,0	273,0	2020,0	0,0	16,03	16,03	0,21	0,0	
273,0	202,0	2020,0	0,0	16,03	16,03	0,21	0,0	
202,0	131,0	2020,0	0,0	16,03	16,03	0,21	0,0	
131,0	60,0	2020,0	0,0	16,03	16,03	0,21	0,0	
60,0	0,0	2020,0	0,0	16,03	13,2	0,21	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.

PROGETTO ESECUTIVO

Kd Coefficiente di spinta dinamica.  
 Dk Coefficiente di incremento dinamico.  
 Kax, Kay Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.  
 Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
16,03	0,5	0,52	0,03	0,48	0,14	0,03	0,01
16,03	0,5	0,52	0,03	0,48	0,14	0,03	0,01
16,03	0,5	0,52	0,03	0,48	0,14	0,03	0,01
16,03	0,5	0,52	0,03	0,48	0,14	0,03	0,01
16,03	0,5	0,52	0,03	0,48	0,14	0,03	0,01
13,2	0,5	0,53	0,03	0,49	0,12	0,03	0,01

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Qi Quota inizio strato.  
 Qf Quota inizio strato.  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kg);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	415,0	344,0	159,86	38,98	378,35	379,5
2	344,0	273,0	190,87	38,98	307,54	308,5
3	273,0	202,0	221,88	38,98	236,67	237,5
4	202,0	131,0	252,88	38,98	165,77	166,5
5	131,0	60,0	494,1	93,87	88,95	87,01
6	60,0	0,0	827,16	255,36	27,49	28,36

**SPINTE IN FONDAZIONE**

**Discretizzazione terreno**

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato  
 Gamma Peso unità di volume (Kg/m³);  
 Eps Inclinazione dello strato. (°);  
 Fi Angolo di resistenza a taglio (°);  
 Delta Angolo attrito terra muro;  
 c Coesione (Kg/cm²);  
 $\beta$  Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);  
 Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	$\beta$	Note
60,0	0,0	2020,0	180,0	16,03	13,2	0,21	180,0	

**Coefficienti di spinta ed inclinazioni**

$\mu$  Angolo di direzione della spinta.  
 Kp Coefficiente di resistenza passiva.  
 Kpx, Kpy Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

$\mu$	Kp	Kpx	Kpy
193,2	0,52	-0,5	-0,12

PROGETTO ESECUTIVO

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Qi Quota inizio strato.  
 Qf Quota inizio strato.  
 Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kg);  
 Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	60,0	0,0	0,0	0,0	30,0	30,0

**Sollecitazioni totali**

Fx Forza in direzione x (kg);  
 Fy Forza in direzione y (kg);  
 M Momento (kgm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	2146,74	505,14	1085,59
Peso muro	86,98	3257,62	-2073,76
Peso fondazione	124,96	4679,96	-7918,45
Sovraccarico	26,7	1000,0	-2039,2
Terr. fondazione	478,66	17927,5	-37407,3
Spinte fondazione	0,0	0,0	0,0
	<b>2864,04</b>	<b>27370,23</b>	<b>-48353,11</b>

Momento stabilizzante	-52647,88	kgm
Momento ribaltante	4294,77	kgm

**Verifica alla traslazione**

Sommatoria forze orizzontali	2864,04 kg
Sommatoria forze verticali	27370,23 kg
Coefficiente di attrito	0,29
Adesione	0,15 Kg/cm <sup>2</sup>
Angolo piano di scorrimento	-360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	27370,23 kg
Forze parall. al piano di scorrimento	2864,04 kg
Resistenza terreno	12811,93 kg
<b>Coeff. sicurezza traslazione Csd</b>	<b>4,47</b>
<b>Traslazione verificata Csd&gt;1</b>	

**Verifica al ribaltamento**

Momento stabilizzante	-52647,88 kgm
Momento ribaltante	4294,77 kgm
<b>Coeff. sicurezza ribaltamento Csv</b>	<b>12,26</b>
<b>Muro verificato a ribaltamento Csv&gt;1</b>	

**Carico limite - Metodo di Vesic (1973)**

Somma forze in direzione x	2864,04 kg
----------------------------	------------

PROGETTO ESECUTIVO

Somma forze in direzione y (Fy)	27370,23 kg
Somma momenti	-48353,11 kgm
Larghezza fondazione	340,0 cm
Lunghezza	2500,0 cm
Eccentricità su B	6,66 cm
Peso unità di volume	2020,0 Kg/m <sup>3</sup>
Angolo di resistenza al taglio	16,03 °
Coesione	0,21 Kg/cm <sup>2</sup>
Terreno sulla fondazione	60,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	2020,0 Kg/m <sup>3</sup>
Nq	4,35
Nc	11,65
Ng	3,07
sq	1,04
sc	1,05
sg	0,95
iq	0,9
ic	0,87
ig	0,85
Carico limite verticale (Qlim)	114451,9 kg
<b>Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)</b>	<b>4,18</b>
<b>Carico limite verificato Csq&gt;1</b>	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	176,66 cm
Larghezza della fondazione	340,0 cm
x = 0,0 cm Tensione...	0,71 Kg/cm <sup>2</sup>
x = 340,0 cm	Tensione... 0,9 Kg/cm <sup>2</sup>

MENSOLA A VALLE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kg);
Fy	Forza in direzione y (kg);
M	Momento (kgm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
50,0	0,0	-2932,77	-725,95	60,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U. )

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kg);
Mu	Momento flettente ultimo (kgm);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kg);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kg);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kg);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
-----	-----	----	----	------	-----	-----	---------

PROGETTO ESECUTIVO

6Ø16 (12,06)                      6Ø16 (12,06)                      -0,21      25751,87                      S      22705,59                      0,0      7,75

MENSOLA A MONTE

Xprogr.      Ascissa progressiva (cm);  
 Fx            Forza in direzione x (kg);  
 Fy            Forza in direzione y (kg);  
 M            Momento (kgm);  
 H            Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
90,0	827,16	2120,79	-2576,79	60,0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi            Area dei ferri inferiori.  
 Afs            Area dei ferri superiori.  
 Nu            Sforzo normale ultimo (kg);  
 Mu            Momento flettente ultimo (kgm);  
 Vcd           Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kg);  
 Vwd           Resistenza a taglio piegati (kg);  
 Sic. VT       Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).  
 Vsdu          Taglio di calcolo (kg);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
6Ø16 (12,06)	6Ø16 (12,06)	829,59	25974,81	S	22823,46	0,0	10,77

Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

=====

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	3,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

=====

Maglia dei Centri

=====

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	0,47 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	9,59 m
Ascissa vertice destro superiore xs	10,53 m
Ordinata vertice destro superiore ys	19,66 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

=====

Vertici profilo

N	X	y

PROGETTO ESECUTIVO

	m	m
1	-10,0	5,6
2	5,0	5,6
3	5,5	5,6
4	5,9	9,15
5	5,9	9,15
6	19,9	9,15
7	25,23	9,15

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

N	X m	y m
1	-10,0	2,4
2	5,9	2,4
3	25,23	2,4

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

N	X m	y m
1	-10,0	-5,1
2	5,9	-5,1
3	25,23	-5,1

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

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

**Stratigrafia**

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm <sup>2</sup> )	cu (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (kN/m <sup>3</sup> )	Gs (kN/m <sup>3</sup> )	K (Kg/cm <sup>3</sup> )	Litologia
1	0,26		19,75	19,80975	19,80975	4,00	TRV1: argille marnose sommitali alte
2	0,36		19,3	19,90782	19,90782	0,00	TRV2a
3	0,23		21,66	20,10395	20,10395	0,00	TRV2b

**Carichi distribuiti**

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm <sup>2</sup> )
1	6,65	9,15	11,65	9,15	0,26

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

Fs minimo individuato	1,77
Ascissa centro superficie	6,0 m
Ordinata centro superficie	10,1 m
Raggio superficie	5,92 m

PROGETTO ESECUTIVO

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ;  
 Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla  
 superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

**Analisi dei concii. Superficie...xc = 6,003 yc = 10,097 Rc = 5,919 Fs=1,7737**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0,97	-34,8	1,18	7,16	0,0	0,0	0,21	16,0	0,0	19,3	15,2
2	0,97	-24,0	1,06	17,58	0,0	0,0	0,21	16,0	0,0	25,9	14,9
3	0,97	-14,0	1,0	23,95	0,0	0,0	0,21	16,0	0,0	28,3	14,6
4	0,84	-5,1	0,84	23,22	0,0	0,0	0,21	16,0	0,0	24,4	12,4
5	1,1	4,3	1,1	116,94	0,0	0,0	0,21	16,0	0,0	115,1	28,5
6	0,97	14,6	1,0	116,54	0,0	0,0	0,21	16,0	0,0	113,4	27,2
7	0,97	24,6	1,07	109,96	0,0	0,0	0,21	16,0	0,0	108,5	27,1
8	0,97	35,5	1,19	99,27	0,0	0,0	0,21	16,0	0,0	102,3	27,5
9	0,97	48,3	1,46	82,77	0,0	0,0	0,21	16,0	0,0	92,1	28,8
10	0,97	68,1	2,6	49,81	0,0	0,0	0,21	16,0	0,0	48,3	34,3