



## **RELAZIONE DI CALCOLO**

### Normative di riferimento:

**NTC 2008** - Norme tecniche per le costruzioni - D.M. 14 Gennaio 2008.

**CIRCOLARE 2 febbraio 2009**, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27).

### 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:

$$P_t = K_a \cdot \gamma_t \cdot z$$

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

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

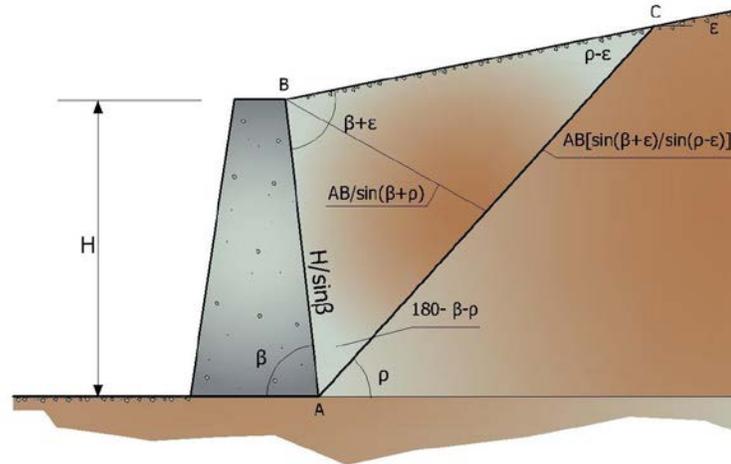
Avendo indicato con:

$$K_a = \frac{\sin^2(\beta - \varphi)}{\sin^2\beta \cdot \sin(\beta + \delta) \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi) \cdot \sin(\varphi - \varepsilon)}{\sin(\beta + \delta) \cdot \sin(\beta - \varepsilon)}} \right]^2}$$

Valori limite di  $K_a$ :

$\delta < (\beta - \varphi - \varepsilon)$  secondo Muller-Breslau

- $\gamma_t$       Peso unità di volume del terreno;
- $\beta$         Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;
- $\varphi$         Angolo di resistenza al taglio del terreno;
- $\delta$         Angolo di attrito terra-muro;
- $\varepsilon$         Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, positiva se antioraria;
- $H$         Altezza della parete.



Cuneo di rottura usato per la derivazione dell'equazione di Coulomb relativa alla pressione attiva.

### Calcolo della spinta attiva con Rankine

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

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

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:

$$K_a = \cos\varepsilon \frac{\cos\varepsilon - \sqrt{\cos^2\varepsilon - \cos^2\varphi}}{\cos\varepsilon + \sqrt{\cos^2\varepsilon - \cos^2\varphi}}$$

### 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  $\varepsilon$ , 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  $\vartheta$  tale che:

$$\tan\vartheta = \left( \frac{k_h}{1 \pm k_h} \right)$$

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

## Calcolo coefficienti sismici

Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti  $k_h$  e  $k_v$  in dipendenza di vari fattori:

$$k_h = \beta_m \cdot \left( \frac{a_{\max}}{g} \right); k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

$\beta_m$  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.

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

$S$  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:

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

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.

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

$$k_h = \frac{a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S}{g}$$

$a_{gR}$  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);

$a_g = a_{gR} \gamma_I$  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:

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

Dove:

$Q$  = Carico agente sul terrapieno.

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

$$S_c = P_c \cdot H$$

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:

$$P_q = K_a \cdot Q \cdot \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \varepsilon)}$$

Per integrazione, una spinta pari a  $S_q$ :

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

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:

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

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  $\vartheta$  della formula di Mononobe & Okabe così come di seguito:

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

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.

### 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:

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

Con risultante pari a:

$$S_w = \frac{1}{2} \gamma_w \cdot H^2$$

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:

$$P_t = K_p \cdot \gamma_t \cdot z$$

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

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

Avendo indicato con:

$$K_p = \frac{\sin^2(\varphi + \beta)}{\sin^2\beta \cdot \sin(\beta - \delta) \cdot \left[ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi) \cdot \sin(\varphi + \varepsilon)}{\sin(\beta - \delta) \cdot \sin(\beta - \varepsilon)}} \right]^2}$$

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

$$\delta < \beta - \varphi - \varepsilon$$

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

$$K_p = \frac{\cos\varepsilon + \sqrt{\cos^2\varepsilon - \cos^2\varphi}}{\cos\varepsilon - \sqrt{\cos^2\varepsilon - \cos^2\varphi}}$$

### Carico limite di fondazioni superficiali su terreni

#### *VESIC - Analisi a breve termine*

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:

$$\frac{R}{A'} \leq (2 + \pi) \cdot c_u \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q$$

Dove:

$A' = B'L'$  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;

$s_c = 0.2 \cdot \left( \frac{B'}{L'} \right)$  per fondazioni rettangolari, il valore di  $s_c$  viene assunto pari ad 1 per fondazioni nastroforni

$d_c$  Fattore di profondità;

$$d_c = 0.4 \cdot K \quad \text{con } K = \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} \leq 1 \text{ altrimenti } K = \arctan \frac{D}{B}$$

$i_c$  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.

### **VESIC - Analisi a lungo termine**

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

$$\frac{R}{A'} \leq c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot d_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot d_\gamma$$

Dove:

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

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \varphi'$$

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

#### **Fattori di forma**

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

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \left( \frac{B'}{L'} \right) \quad \text{per forma rettangolare}$$

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

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

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

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

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \tan \varphi'}$$

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

**Fattori di profondità**

$$d_c = 1 + 0.4K$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot K$$

$$\text{con } K = \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} \leq 1 \text{ altrimenti } K = \arctan \frac{D}{B}$$

$$d_\gamma = 1$$

**HANSEN - Analisi a breve termine**

$$\frac{R}{A'} \leq (2 + \pi) \cdot c_u (1 + s_c + d_c - i_c) + q$$

Dove:

$A' = B' L'$  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,  $s_c = 0$  per fondazioni nastroformi;

$d_c$  Fattore di profondità;

$$d_c = 0.4 \cdot K \text{ con } K = \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} \leq 1 \text{ altrimenti } K = \arctan \frac{D}{B}$$

$i_c$  Fattore correttivo di inclinazione del carico;

$$i_c = 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}}$$

- $A_f$  Area efficace della fondazione;
- $c_a$  Aderenza alla base, pari alla coesione o ad una sua frazione.

### **HANSEN- Analisi a lungo termine**

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

$$\frac{R}{A'} \leq c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot d_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot d_\gamma$$

Dove:

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

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \varphi'$$

$$N_\gamma = 1.5 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \varphi'$$

### **Fattori di forma**

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

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \left( \frac{B'}{L'} \right) \quad \text{per forma rettangolare}$$

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

$$s_c = s_q = s_\gamma = 1 \quad \text{per fondazione nastroforme}$$

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

$$i_q = \left( 1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cot \varphi'} \right)^3$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cot \varphi'} \right)^3$$

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



## Calcolo delle spinte per le verifiche globali

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

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

### Dati generali

Data	11/07/2016
Condizioni ambientali	Ordinarie
Zona	valmontone
Lat./Long. [WGS84]	41,774504/12,919046
Normativa GEO	NTC 2008
Normativa STR	NTC 2008
Spinta	Mononobe e Okabe [M.O. 1929]

### Dati generali muro

Altezza muro	70,0 cm
Spessore testa muro	30,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	30,0 cm
Sporgenza mensola a monte	30,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	30,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	30,0 cm

### 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:	B
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	0,54	2,52	0,26
S.L.D.	50,0	0,7	2,44	0,27
S.L.V.	475,0	1,64	2,51	0,29
S.L.C.	975,0	2,07	2,48	0,3

### 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.	0,648	1,0	0,0661	0,033
S.L.D.	0,84	1,0	0,0857	0,0428
S.L.V.	1,968	1,0	0,2007	0,1003
S.L.C.	2,4645	1,0	0,2513	0,1257

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

#### Conglomerati

Nr.	Classe Calcestruzzo	fck.cubi [Mpa]	Ec [Mpa]	fck [Mpa]	fcd [Mpa]	fctd [Mpa]	fctm [Mpa]
1	C20/25	25	30550,21	20	11,55	1,05	2,25
2	C25/30	30	32089,96	25	14,44	1,21	2,61
3	C28/35	35	32936,31	28	16,17	1,31	2,81
4	C40/50	51	35913,83	40	20,22	1,52	3,26

#### Acciai:

Nr.	Classe acciaio	Es [Mpa]	fyk [Mpa]	fyd [Mpa]	ftk [Mpa]	ftd [Mpa]	ep_tk	epd_ult	B1*B2 iniziale	B1*B2 finale
1	B450C	203940	458,87	399,01	550,64	399,01	.075	.0675	1	0,5
2	B450C*	203940	458,87	399,01	550,64	458,87	.075	.0675	1	0,5
3	B450C**	203940	458,87	399,01	467,33	406,35	.012	.01	1	0,5
4	S235H	214137	244,73	212,81	367,09	212,81	0,012	0,01	1	0,5
5	S275H	214137	285,52	248,3	438,47	248,3	0,012	0,01	1	0,5
6	S355H	214137	367,09	319,17	520,05	367,09	0,012	0,01	1	0,5

Materiali impiegati realizzazione muro

C25/30 B450C

Copriferro, Elevazione

3,0 cm

Copriferro, Fondazione

3,0 cm

Copriferro, Dente di fondazione

3,0 cm

#### Stratigrafia

Ns	Spessore strato (cm)	Inclinazione dello strato. (°)	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza a taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terra muro (°)	Presenza di falda (S/No)	Litologia	Descrizione
1	400	0	15,60	27	10,00	18	No		Sabbia o sabbia limosa sciolta

#### Carichi distribuiti

Descrizione	Ascissa iniziale (cm)	Ascissa finale (cm)	Valore iniziale (kPa)	Valore finale (kPa)	Profondità (cm)
CARICO	200,0	400,0	4,0	4,0	0,0

### FATTORI DI COMBINAZIONE

#### A1+M1+R1

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,30
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	CARICO	0,00

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	1,00
7	CARICO	0,00

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

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0,90
2	Spinta terreno	1,10
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	CARICO	0,00

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 [STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,2007  
 Coefficiente sismico verticale Kv 0,1003

## CALCOLO SPINTE

## Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato  
 Gamma Peso unità di volume (KN/m<sup>3</sup>);  
 Eps Inclinazione dello strato. (°);  
 Fi Angolo di resistenza a taglio (°);  
 Delta Angolo attrito terra muro;  
 c Coesione (kPa);  
 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

100,0	86,0	15,6	15,0	27,0	18,0	10,0	0,0
86,0	72,0	15,6	15,0	27,0	18,0	10,0	0,0
72,0	58,0	15,6	15,0	27,0	18,0	10,0	0,0
58,0	44,0	15,6	15,0	27,0	18,0	10,0	0,0
44,0	30,0	15,6	15,0	27,0	18,0	10,0	0,0

### 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
18,0	0,43	1,12	0,78	0,41	0,13	0,74	0,24
18,0	0,43	1,12	0,78	0,41	0,13	0,74	0,24
18,0	0,43	1,12	0,78	0,41	0,13	0,74	0,24
18,0	0,43	1,12	0,78	0,41	0,13	0,74	0,24
18,0	0,43	1,12	0,78	0,41	0,13	0,74	0,24

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
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	100,0	86,0	0,11	0,04	93,0	90,67
2	86,0	72,0	0,34	0,11	79,0	78,22
3	72,0	58,0	0,57	0,18	65,0	64,53
4	58,0	44,0	0,79	0,26	51,0	50,67
5	44,0	30,0	1,02	0,33	37,0	36,74

### CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

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

	Quota	Px	Py	Xp	Yp
	86,0	0,27	1,34	45,0	93,0
	72,0	0,54	2,68	45,0	86,0
	58,0	0,81	4,02	45,0	79,0
	44,0	1,07	5,36	45,0	72,0
	30,0	1,34	6,69	45,0	65,0

### Sollecitazioni sul muro

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

Quota	Fx	Fy	M	H
86,0	0,38	1,38	0,02	30,0
72,0	0,99	2,82	0,1	30,0
58,0	1,82	4,35	0,27	30,0
44,0	2,88	5,94	0,56	30,0
30,0	4,17	7,61	1,01	30,0

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

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

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
12Ø14 (18,47)	12Ø14 (18,47)	1,43	179,82	S	142,8	0,0	374,0
12Ø14 (18,47)	12Ø14 (18,47)	2,84	179,99	S	142,8	0,0	144,26
12Ø14 (18,47)	12Ø14 (18,47)	4,26	180,16	S	142,8	0,0	78,28
12Ø14 (18,47)	12Ø14 (18,47)	5,91	180,36	S	142,8	0,0	49,5
12Ø14 (18,47)	12Ø14 (18,47)	7,56	180,56	S	142,8	0,0	34,23

### VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (90,0/0,0)  
 Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (90,0/108,0)  
 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 (KN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
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
108,0	100,0	15,6	15,0	27,0	27,0	10,0	0,0	
100,0	86,0	15,6	15,0	27,0	27,0	10,0	0,0	
86,0	72,0	15,6	15,0	27,0	27,0	10,0	0,0	
72,0	58,0	15,6	15,0	27,0	27,0	10,0	0,0	
58,0	44,0	15,6	15,0	27,0	27,0	10,0	0,0	
44,0	30,0	15,6	15,0	27,0	27,0	10,0	0,0	
30,0	0,0	15,6	15,0	27,0	18,0	10,0	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.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
27,0	0,43	1,25	0,92	0,38	0,19	0,82	0,42
27,0	0,43	1,25	0,92	0,38	0,19	0,82	0,42
27,0	0,43	1,25	0,92	0,38	0,19	0,82	0,42
27,0	0,43	1,25	0,92	0,38	0,19	0,82	0,42
27,0	0,43	1,25	0,92	0,38	0,19	0,82	0,42
27,0	0,43	1,25	0,92	0,38	0,19	0,82	0,42
18,0	0,43	1,12	0,78	0,41	0,13	0,74	0,24

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
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	108,0	100,0	0,04	0,02	104,0	102,67
2	100,0	86,0	0,27	0,14	93,0	91,91
3	86,0	72,0	0,52	0,26	79,0	78,44
4	72,0	58,0	0,77	0,39	65,0	64,62
5	58,0	44,0	1,02	0,52	51,0	50,71
6	44,0	30,0	1,27	0,65	37,0	36,77
7	30,0	0,0	3,5	1,69	15,0	14,5

**SPINTE IN FONDAZIONE****Discretizzazione terreno**

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

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	B	Note
30,0	0,0	15,6	195,0	27,0	18,0	10,0	180,0	

**Coefficienti di spinta ed inclinazioni**

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

μ	Kp	Kpx	Kpy
198,0	2,21	-2,1	-0,68

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
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	30,0	0,0	-9,96	0,0	14,26	0,0

**Sollecitazioni total i**

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	7,37	3,66	-0,59
Peso muro	1,34	6,69	-2,14
Peso fondazione	1,73	8,61	-3,61

Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,66	4,26	-2,74
Spinte fondazione	-9,96	0,0	-1,42
	<b>1,15</b>	<b>23,22</b>	<b>-10,5</b>

Momento stabilizzante	-13,37 kNm
Momento ribaltante	2,88 kNm

**MENSOLA A VALLE**

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

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
30,0	-9,96	-4,8	-0,65	30,0

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

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

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
12Ø14 (18,47)	12Ø14 (18,47)	9,92	180,84	S	142,8	0,0	29,75

**MENSOLA A MONTE**

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

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
60,0	3,5	1,99	-0,85	30,0

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

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

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
12Ø14 (18,47)	12Ø14 (18,47)	3,55	180,08	S	142,8	0,0	71,74

**A2+M2+R2 [GEO+STR]**

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,2007
Coefficiente sismico verticale Kv	0,1003

## CALCOLO SPINTE

## Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
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
100,0	86,0	15,6	15,0	22,18	18,0	8,0	0,0	
86,0	72,0	15,6	15,0	22,18	18,0	8,0	0,0	
72,0	58,0	15,6	15,0	22,18	18,0	8,0	0,0	
58,0	44,0	15,6	15,0	22,18	18,0	8,0	0,0	
44,0	30,0	15,6	15,0	22,18	18,0	8,0	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.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
18,0	0,54	1,16	0,71	0,51	0,17	0,68	0,22
18,0	0,54	1,16	0,71	0,51	0,17	0,68	0,22
18,0	0,54	1,16	0,71	0,51	0,17	0,68	0,22
18,0	0,54	1,16	0,71	0,51	0,17	0,68	0,22
18,0	0,54	1,16	0,71	0,51	0,17	0,68	0,22

## Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
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	100,0	86,0	0,1	0,03	93,0	90,67
2	86,0	72,0	0,31	0,1	79,0	78,22
3	72,0	58,0	0,52	0,17	65,0	64,53
4	58,0	44,0	0,72	0,24	51,0	50,67
5	44,0	30,0	0,93	0,3	37,0	36,74

## CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

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

Quota	Px	Py	Xp	Yp
86,0	0,21	1,03	45,0	93,0
72,0	0,41	2,06	45,0	86,0
58,0	0,62	3,09	45,0	79,0
44,0	0,83	4,12	45,0	72,0

30,0      1,03      5,15      45,0      65,0

### Sollecitazioni sul muro

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

Quota	Fx	Fy	M	H
86,0	0,31	1,06	0,02	30,0
72,0	0,83	2,19	0,08	30,0
58,0	1,55	3,39	0,22	30,0
44,0	2,48	4,66	0,47	30,0
30,0	3,62	5,99	0,85	30,0

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

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

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
12Ø14 (18,47)	12Ø14 (18,47)	1,07	179,78	S	142,8	0,0	460,51
12Ø14 (18,47)	12Ø14 (18,47)	2,13	179,91	S	142,8	0,0	172,67
12Ø14 (18,47)	12Ø14 (18,47)	3,32	180,05	S	142,8	0,0	92,08
12Ø14 (18,47)	12Ø14 (18,47)	4,73	180,22	S	142,8	0,0	57,55
12Ø14 (18,47)	12Ø14 (18,47)	5,91	180,36	S	142,8	0,0	39,46

### VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (90,0/0,0)  
 Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (90,0/108,0)  
 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 (KN/m³);  
 Eps      Inclinazione dello strato. (°);  
 Fi      Angolo di resistenza a taglio (°);  
 Delta      Angolo attrito terra muro;  
 c      Coesione (kPa);  
 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
108,0	100,0	15,6	15,0	22,18	22,18	8,0	0,0	
100,0	86,0	15,6	15,0	22,18	22,18	8,0	0,0	
86,0	72,0	15,6	15,0	22,18	22,18	8,0	0,0	
72,0	58,0	15,6	15,0	22,18	22,18	8,0	0,0	
58,0	44,0	15,6	15,0	22,18	22,18	8,0	0,0	
44,0	30,0	15,6	15,0	22,18	22,18	8,0	0,0	
30,0	0,0	15,6	15,0	22,18	18,0	8,0	0,0	

### 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
22,18	0,54	1,22	0,77	0,5	0,2	0,71	0,29
22,18	0,54	1,22	0,77	0,5	0,2	0,71	0,29
22,18	0,54	1,22	0,77	0,5	0,2	0,71	0,29
22,18	0,54	1,22	0,77	0,5	0,2	0,71	0,29
22,18	0,54	1,22	0,77	0,5	0,2	0,71	0,29
22,18	0,54	1,22	0,77	0,5	0,2	0,71	0,29
18,0	0,54	1,16	0,71	0,51	0,17	0,68	0,22

#### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
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	108,0	100,0	0,04	0,01	104,0	102,67
2	100,0	86,0	0,23	0,1	93,0	91,91
3	86,0	72,0	0,45	0,18	79,0	78,44
4	72,0	58,0	0,67	0,27	65,0	64,62
5	58,0	44,0	0,89	0,36	51,0	50,71
6	44,0	30,0	1,11	0,45	37,0	36,77
7	30,0	0,0	3,08	1,22	15,0	14,37

#### SPINTE IN FONDAZIONE

##### Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	$\beta$	Note
30,0	0,0	15,6	195,0	22,18	18,0	8,0	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
198,0	1,79	-1,7	-0,55

##### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
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	30,0	0,0	-7,3	0,0	14,18	0,0

#### Sollecitazioni total i

Fx Forza in direzione x (kN);  
Fy Forza in direzione y (kN);  
M Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	6,46	2,59	0,03
Peso muro	1,03	5,15	-1,65
Peso fondazione	1,33	6,62	-2,78
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,66	3,28	-2,0
Spinte fondazione	-7,3	0,0	-1,04
	<b>2,18</b>	<b>17,64</b>	<b>-7,43</b>

Momento stabilizzante -10,09 kNm  
Momento ribaltante 2,66 kNm

#### Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	9,48 kN
Sommatoria forze verticali	17,64 kN
Coefficiente di attrito	0,41
Adesione	5,6 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	17,64 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	9,48 kN
Resistenza terreno	19,53 kN
<b>Coeff. sicurezza traslazione Csd</b>	<b>2,06</b>
<b>Traslazione verificata Csd &gt; 1</b>	

#### Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-10,09 kNm
Momento ribaltante	2,66 kNm
<b>Coeff. sicurezza ribaltamento Csv</b>	<b>3,79</b>
<b>Muro verificato a ribaltamento Csv &gt; 1</b>	

#### Carico limite verticale VESIC

Somma forze in direzione x (Fx)	2,18 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	17,64 kN
Somma momenti	-7,43 kNm
Larghezza fondazione	90,0 cm
Lunghezza	10000,0 cm
Eccentricità su B	2,88 cm
Peso unità di volume	15,6 KN/m <sup>3</sup>
Angolo di resistenza al taglio	22,18 °
Coesione	8,0 kPa
Terreno sulla fondazione	30,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	15,6 KN/m <sup>3</sup>
Nq	7,96
Nc	17,08
Ng	7,31
Fattori di forma	
sq	1,0
sc	1,0
sg	1,0
Inclinazione carichi	

iq	0,88
ic	0,86
ig	0,82
Fattori di profondità	
dq	1,11
dc	1,14
dg	1,0
Carico limite verticale (Qlim)	176,72 kN
<b>Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)</b>	<b>10,02</b>

### Carico limite verificato $Csq > 1$

#### Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	42,12 cm
Larghezza della fondazione	90,0 cm
x = 0,0 cm	23,37 kPa
x = 90,0 cm	15,83 kPa

#### MENSOLA A VALLE

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

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
30,0	-7,3	-4,42	-0,62	30,0

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

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

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
12Ø14 (18,47)	12Ø14 (18,47)	7,33	180,53	S	142,8	0,0	32,29

#### MENSOLA A MONTE

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

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
60,0	3,08	2,95	-0,85	30,0

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

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);

Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
12Ø14 (18,47)	12Ø14 (18,47)	3,08	180,02	S	142,8	0,0	48,43

**EQU+M2 [GEO+STR]**

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,2007
Coefficiente sismico verticale Kv	0,1003

**CALCOLO SPINTE****Discretizzazione terreno**

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coazione (kPa);
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
100,0	86,0	15,6	15,0	22,18	18,0	8,0	0,0	
86,0	72,0	15,6	15,0	22,18	18,0	8,0	0,0	
72,0	58,0	15,6	15,0	22,18	18,0	8,0	0,0	
58,0	44,0	15,6	15,0	22,18	18,0	8,0	0,0	
44,0	30,0	15,6	15,0	22,18	18,0	8,0	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.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
18,0	0,54	1,16	0,71	0,51	0,17	0,68	0,22
18,0	0,54	1,16	0,71	0,51	0,17	0,68	0,22
18,0	0,54	1,16	0,71	0,51	0,17	0,68	0,22
18,0	0,54	1,16	0,71	0,51	0,17	0,68	0,22
18,0	0,54	1,16	0,71	0,51	0,17	0,68	0,22

**Spinte risultanti e punto di applicazione**

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
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	100,0	86,0	0,1	0,0	93,0	86,0
2	86,0	72,0	0,31	0,0	79,0	72,0
3	72,0	58,0	0,52	0,0	65,0	58,0
4	58,0	44,0	0,72	0,0	51,0	44,0
5	44,0	30,0	0,93	0,0	37,0	30,0

### CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

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

Quota	Px	Py	Xp	Yp
86,0	0,19	0,93	45,0	93,0
72,0	0,37	1,85	45,0	86,0
58,0	0,56	2,78	45,0	79,0
44,0	0,74	3,71	45,0	72,0
30,0	0,93	4,63	45,0	65,0

### Sollecitazioni sul muro

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

Quota	Fx	Fy	M	H
86,0	0,29	0,93	0,02	30,0
72,0	0,79	1,85	0,1	30,0
58,0	1,49	2,78	0,25	30,0
44,0	2,4	3,71	0,53	30,0
30,0	3,52	4,63	0,94	30,0

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

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

Afv	Afr	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
12Ø14 (18,47)	12Ø14 (18,47)	0,95	179,76	S	142,8	0,0	493,39
12Ø14 (18,47)	12Ø14 (18,47)	1,9	179,88	S	142,8	0,0	181,76
12Ø14 (18,47)	12Ø14 (18,47)	2,84	179,99	S	142,8	0,0	95,92
12Ø14 (18,47)	12Ø14 (18,47)	3,79	180,1	S	142,8	0,0	59,53
12Ø14 (18,47)	12Ø14 (18,47)	4,61	180,2	S	142,8	0,0	40,62

### VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (90,0/0,0)  
 Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (90,0/108,0)  
 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 (KN/m³);  
 Eps      Inclinazione dello strato. (°);  
 Fi      Angolo di resistenza a taglio (°);  
 Delta      Angolo attrito terra muro;  
 c      Coesione (kPa);  
 β      Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);  
 Note      Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	$\beta$	Note
108,0	100,0	15,6	15,0	22,18	22,18	8,0	0,0	
100,0	86,0	15,6	15,0	22,18	22,18	8,0	0,0	
86,0	72,0	15,6	15,0	22,18	22,18	8,0	0,0	
72,0	58,0	15,6	15,0	22,18	22,18	8,0	0,0	
58,0	44,0	15,6	15,0	22,18	22,18	8,0	0,0	
44,0	30,0	15,6	15,0	22,18	22,18	8,0	0,0	
30,0	0,0	15,6	15,0	22,18	18,0	8,0	0,0	

#### 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
22,18	0,54	1,22	0,77	0,5	0,2	0,71	0,29
22,18	0,54	1,22	0,77	0,5	0,2	0,71	0,29
22,18	0,54	1,22	0,77	0,5	0,2	0,71	0,29
22,18	0,54	1,22	0,77	0,5	0,2	0,71	0,29
22,18	0,54	1,22	0,77	0,5	0,2	0,71	0,29
22,18	0,54	1,22	0,77	0,5	0,2	0,71	0,29
18,0	0,54	1,16	0,71	0,51	0,17	0,68	0,22

#### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
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	108,0	100,0	0,04	0,0	104,0	100,0
2	100,0	86,0	0,23	0,0	93,0	86,0
3	86,0	72,0	0,45	0,0	79,0	72,0
4	72,0	58,0	0,67	0,0	65,0	58,0
5	58,0	44,0	0,89	0,0	51,0	44,0
6	44,0	30,0	1,11	0,0	37,0	30,0
7	30,0	0,0	3,08	0,0	15,0	0,0

#### SPINTE IN FONDAZIONE

##### Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	$\beta$	Note
30,0	0,0	15,6	195,0	22,18	18,0	8,0	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
198,0	1,79	-1,7	-0,55

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.  
Qf Quota inizio strato.  
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);  
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	30,0	0,0	-7,3	0,0	14,18	0,0

### Sollecitazioni totali

Fx Forza in direzione x (kN);  
Fy Forza in direzione y (kN);  
M Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	6,46	0,0	2,37
Peso muro	0,93	4,63	-1,48
Peso fondazione	1,2	5,96	-2,5
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,66	3,28	-2,0
Spinte fondazione	-7,3	0,0	-1,04
	<b>1,94</b>	<b>13,87</b>	<b>-4,65</b>

Momento stabilizzante -7,22 kNm  
Momento ribaltante 2,57 kNm

### Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	9,25 kN
Sommatoria forze verticali	13,87 kN
Coefficiente di attrito	0,41
Adesione	5,6 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	13,87 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	9,25 kN
Resistenza terreno	17,99 kN
<b>Coeff. sicurezza traslazione Csd</b>	<b>1,95</b>
<b>Traslazione verificata Csd &gt; 1</b>	

### Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-7,22 kNm
Momento ribaltante	2,57 kNm
<b>Coeff. sicurezza ribaltamento Csv</b>	<b>2,81</b>
<b>Muro verificato a ribaltamento Csv &gt; 1</b>	

### Carico limite verticale VESIC

Somma forze in direzione x (Fx)	1,94 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	13,87 kN
Somma momenti	-4,65 kNm
Larghezza fondazione	90,0 cm
Lunghezza	10000,0 cm
Eccentricità su B	11,46 cm

Peso unità di volume	15,6 KN/m <sup>3</sup>
Angolo di resistenza al taglio	22,18 °
Coesione	8,0 kPa
Terreno sulla fondazione	30,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	15,6 KN/m <sup>3</sup>
Nq	7,96
Nc	17,08
Ng	7,31
Fattori di forma	
sq	1,0
sc	1,0
sg	1,0
Inclinazione carichi	
iq	0,86
ic	0,84
ig	0,8
Fattori di profondità	
dq	1,14
dc	1,18
dg	1,0
Carico limite verticale (Qlim)	136,01 kN
<b>Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)</b>	<b>9,81</b>

### Carico limite verificato Csq > 1

#### Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	33,54 cm
Larghezza della fondazione	90,0 cm
x = 0,0 cm	27,18 kPa
x = 90,0 cm	3,64 kPa

#### MENSOLA A VALLE

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

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
30,0	-7,3	-4,99	-0,74	30,0

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

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

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
12Ø14 (18,47)	12Ø14 (18,47)	7,33	180,53	S	142,8	0,0	28,64

#### MENSOLA A MONTE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);

M Momento (kNm);  
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
60,0	3,08	3,0	-0,51	30,0

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

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

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
12Ø14 (18,47)	12Ø14 (18,47)	3,08	180,02	S	142,8	0,0	47,65

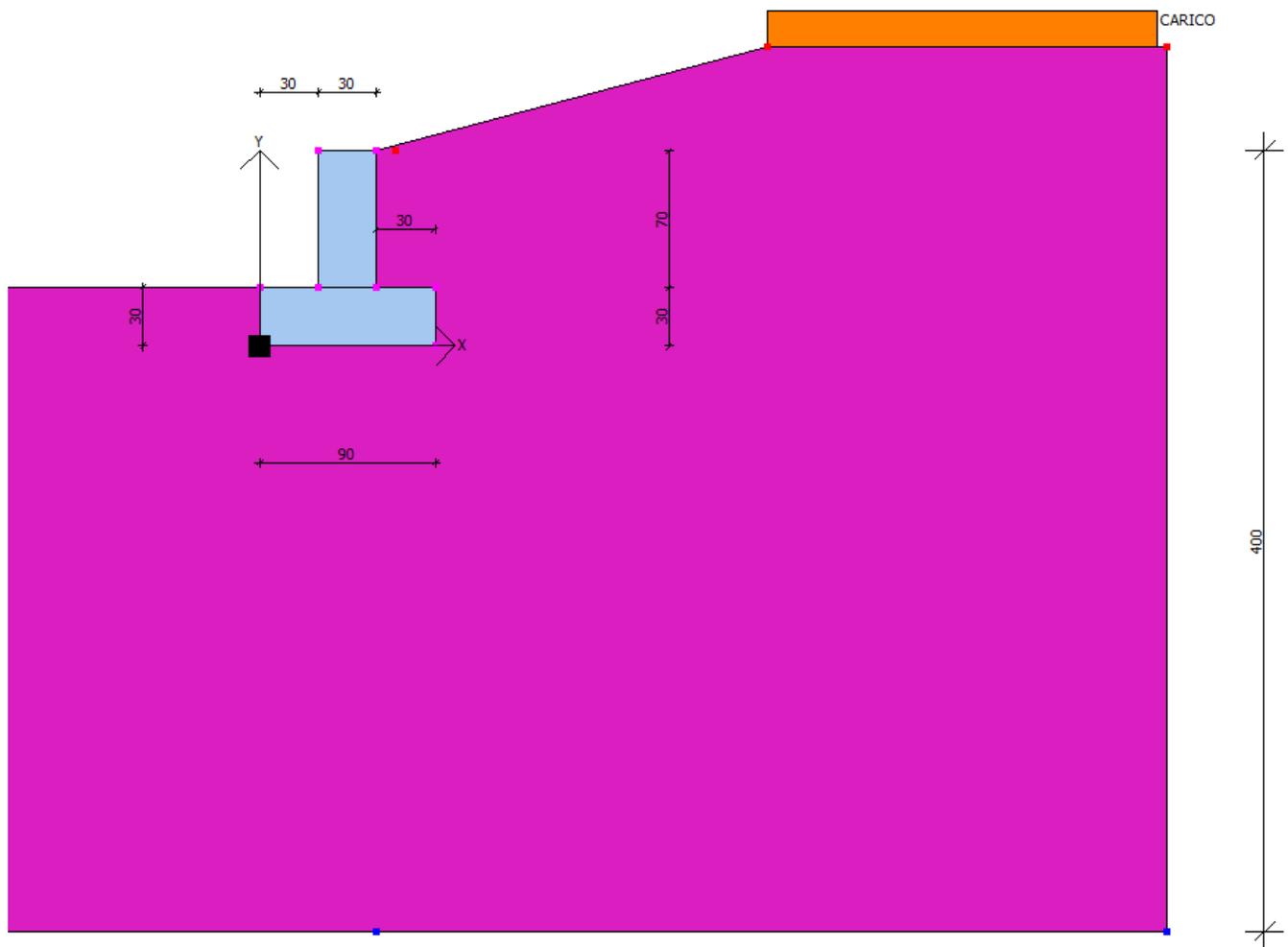


Figura 1 MODELLO GEOTECNICO

## **ANALISI DI STABILITA' GLOBALE**

### Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	4,21 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	6,62 m
Ascissa vertice destro superiore xs	6,39 m
Ordinata vertice destro superiore ys	8,81 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0,2007
Coefficiente azione sismica verticale	0,1003

### Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	2,0	5,3
2	5,0	5,3
3	5,3	5,3
4	5,6	6,0
5	5,6	6,0
6	7,6	6,54
7	9,65	6,54

### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

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

### Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia	
1	0,102		27	1590,757	1590,757	Sabbia o sabbia limosa sciolta	

**Carichi distribuiti**

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm <sup>2</sup> )
1	7,6	6,535898	9,6	6,535898	5,302525E-03

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

Fs minimo individuato	2,21
Ascissa centro superficie	6,17 m
Ordinata centro superficie	8,15 m
Raggio superficie	3,79 m

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

$$x_c = 6,174 \quad y_c = 8,153 \quad R_c = 3,787 \quad F_s = 2,209$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0,59	-35,6	0,73	219,3	44,01	22,0	0,08	22,2	0,0	532,2	366,8
2	0,59	-25,1	0,65	543,33	109,05	54,5	0,08	22,2	0,0	781,0	385,4
3	0,73	-14,5	0,76	949,4	190,54	95,22	0,08	22,2	0,0	1105,0	483,3
4	0,45	-5,3	0,45	1192,5	239,34	119,61	0,08	22,2	0,0	1234,2	394,7
5	0,59	2,6	0,59	1712,74	343,75	171,79	0,08	22,2	0,0	1690,4	530,5
6	0,59	11,7	0,6	1796,23	360,5	180,16	0,08	22,2	0,0	1722,5	540,8
7	0,37	19,2	0,39	1115,16	223,81	111,85	0,08	22,2	0,0	1062,6	339,6
8	0,82	29,2	0,93	2243,26	450,22	225,0	0,08	22,2	0,0	2154,8	742,7
9	0,59	42,4	0,8	1154,41	231,69	115,79	0,08	22,2	0,0	1106,5	499,7
10	0,59	56,6	1,07	511,85	102,73	51,34	0,08	22,2	0,0	256,8	443,8