

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

CONSORZIO:

HIRPINIA - ORSARA AV

SOCI:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



## PROGETTO ESECUTIVO

### ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA PIAZZALI

RI11 – PIAZZALE FINESTRA DI EMERGENZA

Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo

APPALTATORE	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE	PROGETTISTA
Consorzio HIRPINIA - ORSARA AV Il Direttore Tecnico Ing. P. M. Gianvecchio 09/06/2022	Il Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche Ing. G. Cassani	 Ing. R.Zanon

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	SCALA:
IF3A	02	E	ZZ	CL	RI1105	003	A	-

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	G.Pepe	09/06/2022	L.Ongaro	09/06/2022	A.Callerio	09/06/2022	Ing. R.Zanon
								09/06/2022

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV   WEBUILD ITALIA   PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI M-INGEGNERIA                      GCF    ELETTRI-FER	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo	<b>COMMESSA</b> IF3A	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> E ZZ CL	<b>DOCUMENTO</b> RH1105 003	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 2 di 72

## Indice

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>6</b>
2.1	<b>NORMATIVA .....</b>	<b>6</b>
2.2	<b>DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>7</b>
3.1	<b>CALCESTRUZZO PER MAGRONE .....</b>	<b>7</b>
3.2	<b>CALCESTRUZZO .....</b>	<b>7</b>
3.3	<b>ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO .....</b>	<b>7</b>
3.4	<b>COPRIFERRO .....</b>	<b>9</b>
3.5	<b>REQUISITI DI LIMITAZIONE DELLA FESSURAZIONE E TENSIONALI .....</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>AZIONI SISMICHE .....</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>CARICHI PERMANENTI .....</b>	<b>14</b>
6.1	<b>SPINTA DELLE TERRE .....</b>	<b>14</b>
6.2	<b>COEFFICIENTI DI SPINTA DEL TERRAPIENO .....</b>	<b>14</b>
6.3	<b>FALDA .....</b>	<b>14</b>
6.4	<b>AZIONI VARIABILI .....</b>	<b>14</b>
6.4.1	<b>AZIONE DEL VENTO .....</b>	<b>14</b>
6.4.2	<b>CARICO DA TRAFFICO SUL RILEVATO .....</b>	<b>17</b>
6.5	<b>VERIFICHE ESEGUITE .....</b>	<b>18</b>
6.5.1	<b>METODOLOGIE DI ANALISI .....</b>	<b>19</b>
<b>7</b>	<b>ANALISI MURO TIPO H .....</b>	<b>21</b>
7.1	<b>TERRENI .....</b>	<b>21</b>
7.2	<b>IPOSTESI DI CALCOLO .....</b>	<b>22</b>
7.2.1	<b>STRATIGRAFIA .....</b>	<b>23</b>
7.2.2	<b>ELENCO DELLE CONDIZIONI DI CARICO .....</b>	<b>23</b>
7.2.3	<b>RISULTATI DI CALCOLO .....</b>	<b>27</b>
7.2.4	<b>SOLLECITAZIONI E VERIFICHE STRUTTURALI MURO .....</b>	<b>28</b>
7.3	<b>INCIDENZA .....</b>	<b>44</b>
7.4	<b>VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO (SLD) .....</b>	<b>45</b>

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV   WEBUILD ITALIA   PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI</b> <b>M-INGEGNERIA                      GCF                      ELETTRI-FER</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF3A</b>	<b>LOTTO</b> <b>02</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>RI1105 003</b>	<b>REV.</b> <b>A</b> <b>FOGLIO</b> <b>3 di 72</b>

<b>8</b>	<b>ANALISI MURO TIPO G .....</b>	<b>46</b>
8.1	<b>TERRENI .....</b>	<b>46</b>
8.2	<b>IPOTESI DI CALCOLO .....</b>	<b>47</b>
8.2.1	<b>STRATIGRAFIA .....</b>	<b>48</b>
8.2.2	<b>ELENCO DELLE CONDIZIONI DI CARICO .....</b>	<b>48</b>
8.2.3	<b>RISULTATI DI CALCOLO.....</b>	<b>50</b>
8.2.4	<b>SOLLECITAZIONI E VERIFICHE STRUTTURALI MURO.....</b>	<b>52</b>
8.3	<b>INCIDENZA .....</b>	<b>70</b>
8.4	<b>VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO (SLD).....</b>	<b>71</b>

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>M-INGEGNERIA</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>	COMMESSA <b>IF3A</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>RI1105 003</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>4 di 72</b>

## 1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento dei muri di recinzione, indicati in planimetria come muro tipo G e muro tipo H del piazzale RI11 ubicato lungo la tratta Hirpinia Orsara .

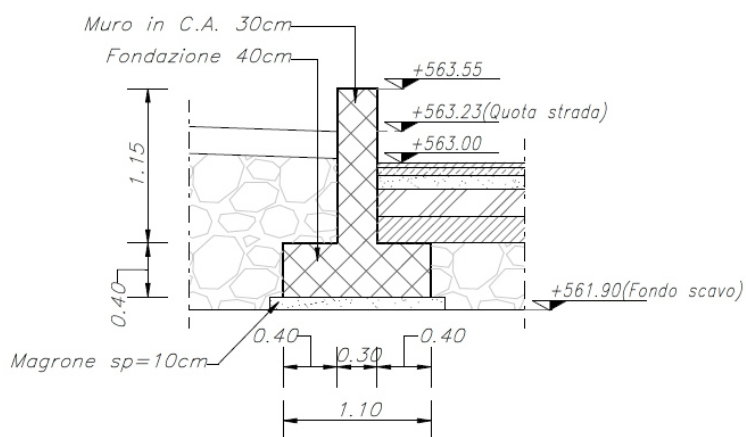
Si riportano nel seguito le due tipologie di muro aventi altezza del paramento massima pari 1.55 m (tipo H) e 3.1 m (tipo G)

Il peso della recinzione è trascurabile ai fini del calcolo (circa 30 kg/ml).

*SEZIONE H-H*

*Scala 1 : 50*

*SEZIONE TIPOLOGICA MURO TIPO "H"*



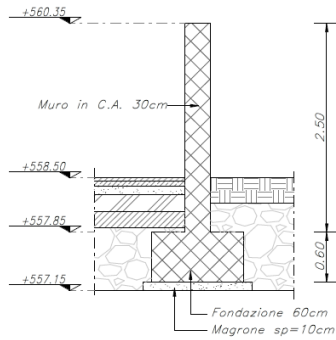
**Figura 1: Sezione di calcolo muro tipo H**

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI</b> <b>M-INGEGNERIA                      GCF                      ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>	COMMESSA <b>IF3A</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>RI1105 003</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>5 di 72</b>

*SEZIONE G-G*

*Scala 1 : 50*

*SEZIONE TIPOLOGICA MURO TIPO "G"*



<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>M-INGEGNERIA</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF3A</b>	<b>LOTTO</b> <b>02</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>RI1105 003</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>6 di 72</b>

## 2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

### 2.1 NORMATIVA

La progettazione è conforme alle normative vigenti nonché alle istruzioni dell'Ente FF.SS.

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la seguente:

- Rif. [1] - Nuove norme tecniche per le costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);
- Rif. [2] - Circolare del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.;
- Rif. [3] - Eurocodice 2: Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Parte 1.1: Regole generali e regole per gli edifici.
- Rif. [4] - UNI ENV 1992-1-1 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- Rif. [5] - UNI EN 206-1/2001 - Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità;
- Rif. [6] - UNI EN 1998-5 – Fondazioni ed opere di sostegno.
- Rif. [7] REGOLAMENTO (UE) N. 1299/2014 DELLA COMMISSIONE del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea
- Rif. [8] RFI DTC SI CS MA IFS 001 E del 31.12.2020 – Manuale di progettazione delle opere civili-Parte II – Sez- 3 – Corpo stradale ;
- Rif. [9] RFI DTC SI PS MA IFS 001 E del 31.12.2020 – Manuale di progettazione delle opere civili-Parte II – Sez- 2 – Ponti e strutture;
- Rif. [10] UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica parte 1: regole generali;
- Rif. [11] UNI EN 1997-1: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica –Parte 5; Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;

### 2.2 DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO

- Rif. [12] IF3A.0.2.E.ZZ.PA.RI.11.0.0.001.B Planimetria di progetto e tracciamento
- Rif. [13] IF3A.0.2.E.ZZ.RI.RI.11.0.0.001.B Relazione idraulica
- Rif. [14] IF3A.0.2.E.ZZ.CL.RI.11.0.5.001.B Opere di sostegno - Relazione di calcolo
- Rif. [15] IF3A.0.2.E.ZZ.CL.RI.11.0.5.002.B Opere di sostegno su pali - Relazione di calcolo
- Rif. [16] IF3A.0.2.E.ZZ.PA.RI.11.0.0.002.B Planimetria idraulica
- Rif. [17] IF3A.0.2.E.ZZ.F7.RI.11.0.0.001.B Profili rete di drenaggio
- Rif. [18] IF3A.0.2.E.ZZ.WZ.RI.11.0.0.001.B Sezioni trasversali
- Rif. [19] IF3A.0.2.E.ZZ.PA.RI.11.0.5.001.B Opere di sostegno - Carpenteria - Pianta e tracciamento
- Rif. [20] IF3A.0.2.E.ZZ.WB.RI.11.0.5.001.B Opere di sostegno - Carpenteria - Sezioni tipologiche
- Rif. [21] IF3A.0.2.E.ZZ.P9.RI.11.0.0.001.A Pianta scavi

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RH1105 003	REV. FOGLIO A 7 di 72

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### 3.1 CALCESTRUZZO PER MAGRONE

Per il magrone di sottofondazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo di classe  $R_{ck}$  15.

#### 3.2 CALCESTRUZZO

Per la realizzazione della fondazione e del paramento si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza C30/37 ( $R_{ck} \geq 37$  N/mm<sup>2</sup>) che presenta le seguenti caratteristiche:

- Resistenza caratteristica a compressione (cilindrica)  $\rightarrow f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 30.71$  N/mm<sup>2</sup>
- Resistenza media a compressione  $\rightarrow f_{cm} = f_{ck} + 8 = 38.71$  N/mm<sup>2</sup>
- Modulo elastico  $\rightarrow E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 33019$  N/mm<sup>2</sup>
- Resistenza di calcolo a compressione N/mm<sup>2</sup>  $\rightarrow f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 0.85^* f_{ck} / 1.5 = 17.40$
- Resistenza a trazione media  $\rightarrow f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 2.94$  N/mm<sup>2</sup>
- Resistenza a trazione  $\rightarrow f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 2.05$  N/mm<sup>2</sup>
- Resistenza a trazione di calcolo  $\rightarrow f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.37$  N/mm<sup>2</sup>
- Resistenza a compressione (comb. Rara)  $\rightarrow \sigma_c = 0.55 \times f_{ck} = 16.89$  N/mm<sup>2</sup>
- Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente)  $\rightarrow \sigma_c = 0.40 \times f_{ck} = 12.28$  N/mm<sup>2</sup>

#### 3.3 ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO

Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio del tipo B450C saldabile, controllato in stabilimento e che presentano le seguenti caratteristiche:

Proprietà	Requisito
Limite di snervamento $f_y$	$\geq 450$ MPa
Limite di rottura $f_t$	$\geq 540$ MPa
Allungamento totale al carico massimo $A_{gt}$	$\geq 7.5\%$
Rapporto $f_t/f_y$	$1,15 \leq R_m/R_e \leq 1,35$
Rapporto $f_{y \text{ misurato}} / f_{y \text{ nom}}$	$\leq 1,25$

- Tensione di snervamento caratteristica  $\rightarrow f_{yk} \geq 450$  N/mm<sup>2</sup>
- Tensione caratteristica a rottura  $\rightarrow f_{tk} \geq 540$  N/mm<sup>2</sup>

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>																
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>M-INGEGNERIA</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ CL</td> <td>RI1105 003</td> <td>A</td> <td>8 di 72</td> </tr> </table>					COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ CL	RI1105 003	A	8 di 72
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO												
IF3A	02	E ZZ CL	RI1105 003	A	8 di 72												

- Tensione in condizione di esercizio (comb. Rara)
 $\rightarrow \sigma_s = 0.75 * f_{yk} = 337.50 \text{ N/mm}^2$
- Fattore di sicurezza acciaio
 $\rightarrow \gamma_s = 1.15$
- Resistenza a trazione di calcolo
 $\rightarrow f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.30 \text{ N/mm}^2$



APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RH1105 003	REV. FOGLIO A 9 di 72

### 3.4 COPRIFERRO

Secondo quanto riportato nel manuale di progettazione rfi parte II sezione 2 “ponti e strutture” al paragrafo 2.5.2.2.3.1 e nel “capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili parte II – sezione 6 opere in conglomerato cementizio e in acciaio”.

Si utilizza un valore di copriferro C=40mm (valutato al netto dell’armatura più esterna) classe di esposizione dei muri XC3.

G**	1	Muri di controripa/sottoscarpa in c.a. (armatura $\geq 30$ Kg/mc)	XC3	0.55	C30/37	S3, S4	CEM III,IV,V	Rck
-----	---	---	-----	------	--------	--------	--------------	-----

Elemento strutturale	Copriferro minimo
Pali (di paratie o opere di sostegno), diaframmi e relativi cordoli di collegamento gettati in opera	60mm
Pali/diaframmi di fondazione gettati in opera	60mm
Pali di fondazione prefabbricati	60mm
Solettoni di fondazione, fondazioni armate	40mm
Fondazioni non armate (pozzi, sottoplinte, ecc.)	40mm
Cunette canalette e cordoli	40mm
Opere in elevazione in viste (pile, spalle, pulvini, baggioli)	40mm
Opere in elevazione con superfici interrate o non ispezionabili	40mm
Solette estradosso	35mm
Solette intradosso (getto in opera)	35mm
Impalcati armatura ordinaria	40mm
Impalcati in C.A.P. - cavi pre-tesi	Max ( $3\phi_{TR}$ ; 50mm)
Impalcati in C.A.P. cavi post-tesi	Max ( $\phi_G$ ; 60mm)
Predalles prefabbricate con funzioni strutturali	25mm
Predalles senza funzioni strutturali	Max ( $\phi_{inf}$ ; 20mm)

Tabella 2.5.2.2.3.2.-1

Condizioni ambientali ( ordinarie §4.1.2.2.4.3).

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Gruppo di armature ( ): poco sensibile.

### 3.5 REQUISITI DI LIMITAZIONE DELLA FESSURAZIONE E TENSIONALI

Le verifiche agli SLE tengono conto delle seguenti limitazioni:

- stato limite delle tensioni in esercizio;
- stato limite di fessurazione.



<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>M-INGEGNERIA</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF3A</b>	<b>LOTTO</b> <b>02</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>RI1105 003</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>11 di 72</b>

## 5 AZIONI SISMICHE

In condizioni sismiche, il rispetto degli stati limite si considera conseguito quando:

- nei confronti degli stati limite di esercizio siano rispettate le verifiche relative allo Stato Limite di Danno;
- nei confronti degli stati limite ultimi siano rispettate le verifiche relative allo Stato Limite di salvaguardia della Vita.

Gli stati limite, sia di esercizio sia ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni che l'opera a realizzarsi deve assolvere durante un evento sismico; nel caso di specie per la funzione che l'opera deve espletare nella sua vita utile, è significativo calcolare lo Stato Limite di Danno (SLD) per l'esercizio e lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per lo stato limite ultimo.

Per la definizione dell'azione sismica si assumono i seguenti parametri di base:

- Categoria di suolo:                                      **C**;
- Categoria topografica:                                      **T<sub>1</sub>**;
- Vita nominale:    **V<sub>N</sub> = 75 anni**;
- Classe d'uso :    **III**;
- Coeff. d'uso:    **c<sub>u</sub> = 1.5**;
- Periodo di riferimento per l'azione sismica:                      **V<sub>R</sub> = V<sub>N</sub> x c<sub>u</sub> = 112.5 anni**;

I parametri che definiscono l'azione sismica, calcolati mediante il documento excel Spettri-NTC.ver.1.0.3.xls fornito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, vengono di seguito riportati:

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV   WEBUILD ITALIA   PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI M-INGEGNERIA                      GCF    ELETTRI-FER	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA          II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RH1105 003	REV. A	FOGLIO 12 di 72

Per la definizione dell'azione sismica sono necessarie delle valutazioni preliminari relative alle seguenti caratteristiche proprie della costruzione (2.4 – NTC2018):

- Vita Nominale ( $V_N$ );
- Classe d'uso ( $C_u$ );
- Periodo di Riferimento ( $V_R$ ).

Si attribuisce una vita nominale  $V_N = 75$  anni e la classe d'uso III con coefficiente d'uso  $C_u=1,5$ , in conformità ai seguenti riferimenti normativi:

- DM 17/01/2018 par. 2.4;
- Circ. 21/01/2019, par. C2.4.1 e C2.4.2;
- Decreto 21/10/2003 P.C.M. Dipartimento della Prot. Civile (all.1);

Il periodo di riferimento da considerare per il calcolo dell'azione sismica sarà quindi

$$V_R = C_u \times V_N = 112,5 \text{ anni.}$$

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$ , nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente, con riferimento a prefissata probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$  (3.2 – NTC2018).

La normativa NTC2018 definisce le forme spettrali, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$  – Accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  – Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_C^*$  - Periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nei confronti delle azioni sismiche si definiscono due stati limite di esercizio e due ultimi, che sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso (3.2.1 – NTC2018), ai quali corrispondono i seguenti valori dei parametri precedentemente definiti:

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può far riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III – NTC2018).

Il terreno su cui insiste la costruzione è stato assimilato ad un sottosuolo di *categoria C*.

Nel caso in esame si può assumere una categoria topografica  $T_2$  (Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 30^\circ$ ).

Per omogeneità di calcolo e per maggiore sicurezza, gli spettri di progetto agli stati limite SLD, SLV e SLO sono stati determinati facendo riferimento al punto di coordinate

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV   WEBUILD ITALIA   PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI</b> <b>M-INGEGNERIA                      GCF                      ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI1105 003	REV. A	FOGLIO 13 di 72

- Longitudine: 15.0865°,
- Latitudine: 41.0865°,

Per il quale l'accelerazione risulta massima per i muri di recinzione presenti sui tre piazzali della tratta. Risulta per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) quanto segue.

Tabella 1: Sintesi dei parametri sismici

### Parametri e punti dello spettro di r

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.381 g
$F_0$	2.289
$T_C$	0.419 s
$S_S$	1.177
$C_C$	1.400
$S_T$	1.000
$q$	1.000

#### Parametri dipendenti

$S$	1.177
$\eta$	1.000
$T_B$	0.195 s
$T_C$	0.586 s
$T_D$	3.123 s

Si sottolinea che concordemente a quanto previsto da normativa il coefficiente  $\beta_m$  è stato aumentato del 50% per le verifiche a ribaltamento.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI1105 003	REV. FOGLIO A 14 di 72

## 6 CARICHI PERMANENTI

### 6.1 SPINTA DELLE TERRE

Terreno da rilevato stradale :

- $\gamma_k = 19.00 \text{ kN/m}^3$  peso dell'unità di volume;
- $\varphi_k = 35^\circ$  angolo di resistenza al taglio;
- $c_k = 0$  coesione efficace.
- $C_u = 0 \text{ kPa}$  coesione non drenata

Angolo di attrito terreno-superficie ideale verticale a tergo del muro  $\delta \text{ sup id} = 0$

### 6.2 COEFFICIENTI DI SPINTA DEL TERRAPIENO

Per il muro la spinta geostatica è calcolata con il coefficiente di spinta attiva  $K_a$  in condizioni statiche e secondo la teoria di Mononobe-Okabe in condizioni sismiche.

### 6.3 FALDA

La falda è posta al di sotto del volume di influenza dell'opera esaminata.

### 6.4 AZIONI VARIABILI

#### 6.4.1 Azione del Vento

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici. Per le costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte alle azioni statiche equivalenti definite al punto 3.3.3 – NTC2018. Per il calcolo dell'azione statica equivalente dovuta al vento, si è fatto riferimento ad un sito posto in zona 3, con altezza sul livello del mare pari  $a_s > a_0 = 500 \text{ m}$ .

A seguire si riporta il calcolo dell'azione del vento che insiste sulla tratta Hirpinia – Orsara.

Pressione del vento:

La pressione del vento, considerata come azione statica agente normalmente alle superfici, è data dall'espressione:

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

dove

- $q_b$  - Pressione cinetica di riferimento
- $c_e$  - Coefficiente di esposizione
- $c_p$  - Coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico)
- $c_d$  - Coefficiente dinamico che si assume unitario.

Pressione cinetica di riferimento:

La pressione cinetica di riferimento  $q_b$  in ( $\text{N/m}^2$ ) è data dall'espressione:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$$

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI</b> <b>M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RH1105 003	REV. A	FOGLIO 15 di 72

dove:

- $v_b$  - Velocità di riferimento del vento;
- $\rho$  – Densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a  $1.25 \text{ kg/m}^3$ .

In mancanza di indagini statistiche adeguate, la velocità di riferimento del vento  $v_b(T_R)$  riferita ad un generico periodo di ritorno  $T_R$  può essere valutata, nel campo compreso tra 10 e 500 anni, con l'espressione:

$$V_b(T_R) = \alpha \cdot v_b$$

dove:

$v_b$  – Velocità di riferimento del vento associata ad un periodo di ritorno di 50 anni;

$\alpha_R$  – Coefficiente posto in un diagramma in funzione di  $T_R$  espresso in anni;

Il periodo di ritorno  $T_R$  al quale si è fatto affidamento per la valutazione della velocità di riferimento del vento risulta pari a 100 anni (in accordo con il periodo di riferimento  $V_R$  della struttura).

Coefficiente di esposizione:

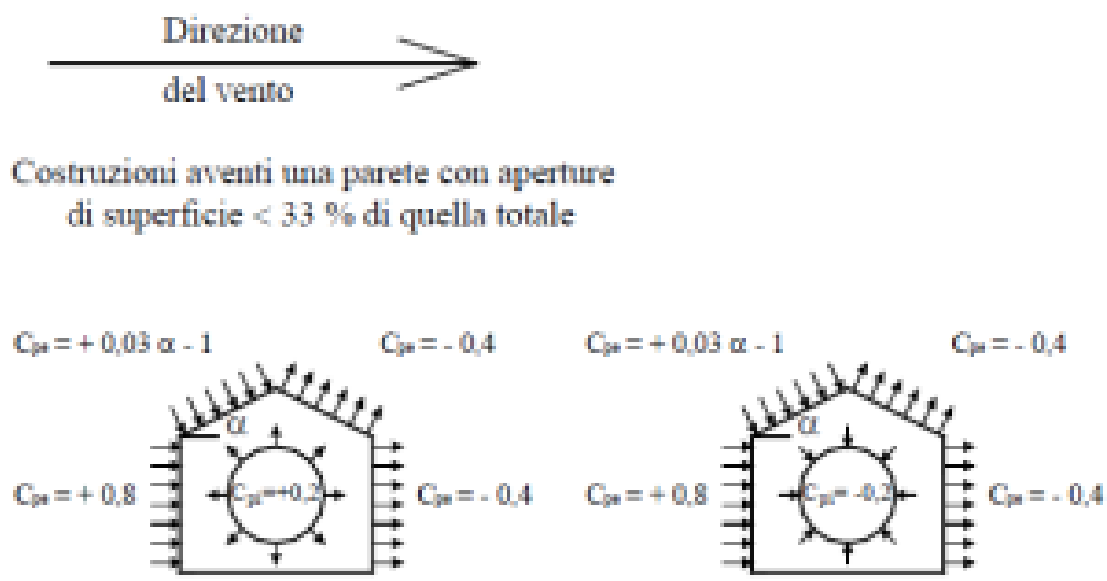
Il coefficiente d'esposizione  $c_e$  dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. Per il caso in esame considerando zona 3, classe di rugosità del terreno D e categoria d'esposizione del sito II, il coefficiente di esposizione, per un'altezza massima del fabbricato di 3,10 m, risulta pari ad 1,93.

Coefficiente dinamico:

Il coefficiente dinamico tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alla risposta dinamica della struttura. Esso è assunto cautelativamente pari ad 1.

Coefficiente di forma (o aerodinamico):

Per la determinazione del coefficiente di forma si fa riferimento a quanto riportato nel paragrafo 3.3.10.1 della Circolare del 21/01/2019 in relazione a quanto riassunto nella figura seguente:



Per il carico sopravvento si assume  $c_p = + 0,8$ ;

per il carico sottovento si assume  $c_p = - 0,4$ ;

in copertura si assume  $c_p = - 0,4$ ;

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RH1105 003	REV. A	FOGLIO 16 di 72

per costruzioni che hanno una parete con aperture di superficie minore di 1/3 di quella totale, la pressione interna si assumerà  $c_{pi} = \pm 0,2$ .

Azione tangenziale del vento:

L'azione tangente per unità di superficie parallela alla direzione del vento è data dall'espressione:

$$p_f = q_b \cdot c_e \cdot c_f$$

dove:

$q_b$ ,  $c_e$  sono stati definiti precedentemente;

$c_f$  - Coefficiente d'attrito, funzione della scabrezza della superficie sulla quale il vento esercita l'azione tangente.

Dati i coefficienti d'attrito riportati in tabella C3.3.1 (Circolare 2009) si assume un valore di 0.02, relativo a superficie scabra (cemento a faccia scabra...). Pertanto, sviluppando l'espressione relativa all'azione tangenziale del vento si ottiene un valore ampiamente trascurabile rispetto alle altre azioni in gioco.

<b>Azione Tangenziale Vento</b>		
$q_b$	0.49	kN/m <sup>2</sup>
$c_e$	1.93	
$c_f$	0.02	
<b><math>p_f</math></b>	<b>0.0189</b>	kN/m <sup>2</sup>

Si riporta di seguito il prospetto delle caratteristiche assunte per la determinazione della pressione normale del vento secondo normativa:

<b>Azione Normale Vento</b>		
Zona	3	
$a_s$	571	m
$a_0$	500	m
$v_{b,0}$	27	m/s
$K_a$	0.02	1/s
$v_b(T_R)$	27.00	m/s
$q_b$	0.545	kN/m <sup>2</sup>
Categoria di esposizione sito	II	
$k_r$	0.19	
$z_0$	0.05	m
$z_{min}$	4	m
$c_e(z_{min})$	1.80	
$z$ (altezza costruzione sul suolo)	3.10	m
$c_d$	1	
$c_e(z)$	1.80	
$\alpha$ (Inclinazione copertura)	0	°
$c_{p1}$ (Copertura) = -0,4 + 0,2	- 0.2	
$c_{p2}$ (Elementi Verticali - Sopravento) = 0,8 + 0,2	+ 1.0	
$c_{p3}$ (Elementi Verticali - Sottovento) = -0,4 + 0,2	- 0.2	
<b><math>p_1</math></b> (Pressione vento in copertura)	<b>- 0,21</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b><math>p_2</math></b> (Pressione vento elementi verticali - Sopravento)	<b>+ 1,05</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b><math>p_3</math></b> (Pressione vento elementi verticali - Sottovento)	<b>- 0,21</b>	kN/m <sup>2</sup>



<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV   WEBUILD ITALIA   PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI</b> <b>M-INGEGNERIA                      GCF                      ELETTRI-FER</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ CL</td> <td>RI1105 003</td> <td>A</td> <td>17 di 72</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ CL	RI1105 003	A	17 di 72
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF3A	02	E ZZ CL	RI1105 003	A	17 di 72													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>																		

La pressione del vento è di  $Q_{k\_wind} = 1.05 \text{ kN/m}^2$  sopravento e  $0.21 \text{ kN/m}^2$  sotto vento

#### 6.4.2 Carico da traffico sul rilevato

Si considera il seguente sovraccarico stradale a monte del muro:

$q = 20 \text{ kPa}$

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RH1105 003	REV. FOGLIO A 18 di 72

## 6.5 VERIFICHE ESEGUITE

In linea con quanto riportato nel quadro normativo vigente, le azioni descritte nei paragrafi precedenti, sono combinate nel modo seguente:

combinazione fondamentale (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

combinazione sismica:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

combinazione eccezionale:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

combinazione Rara (SLE irreversibile):

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

combinazione Frequente (SLE reversibile):

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

combinazione Quasi Permanente (SLE per gli effetti a lungo termine):

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Sono prese in considerazione le seguenti verifiche agli stati limite ultimi:

SLU di tipo Geotecnico (GEO), relative a condizioni di collasso per carico limite dell'insieme fondazione – terreno;

SLU di tipo strutturale (STR), relative a condizioni di raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Le verifiche sono svolte considerando il seguente approccio:

Approccio 2: A1 + M1 + R3

Tale approccio prevede un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali che nelle verifiche geotecniche secondo quanto riportato nelle tabelle seguenti:

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Tabella 6-1 Coefficienti parziali per i carichi

I coefficienti R3 per le verifiche in condizioni statiche sono riepilogati nella seguente tabella.

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RH1105 003	REV. FOGLIO A 19 di 72

**Tabella 6-2. Coefficienti parziali sulla resistenza per la verifica delle fondazioni dirette dei muri di sostegno- condizioni statiche**

*Tab. 6.5.I - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno*

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$
Ribaltamento	$\gamma_R = 1,15$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,4$

I coefficienti  $R_3$  per le verifiche in condizioni sismiche sono riepilogati nella seguente tabella.

**Tabella 6-3. Coefficienti parziali sulla resistenza per la verifica delle fondazioni dirette dei muri di sostegno- condizioni sismiche**

*Tab. 7.11.III - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche degli stati limite (SLV) dei muri di sostegno.*

Verifica	Coefficiente parziale $\gamma_R$
Carico limite	1.2
Scorrimento	1.0
Ribaltamento	1.0
Resistenza del terreno a valle	1.2

Sono state esaminate per completezza sia combinazioni di carico in cui il peso del muro e del terrapieno sono considerate come “carichi favorevoli”, sia combinazioni in cui gli stessi pesi sono considerati sfavorevoli.

Si riassumono nella seguente tabella, in maniera schematica, le combinazioni esaminate.

### 6.5.1 Metodologie di analisi

#### **Determinazione della spinta sul muro (Metodo di Culmann):**

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

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

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

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

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

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV    WEBUILD ITALIA    PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A              NET ENGINEERING      PINI</b> <b>M-INGEGNERIA              GCF                      ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>	COMMESSA <b>IF3A</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>RI1105 003</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>20 di 72</b>

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Terreno a bassa permeabilità

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

Terreno a permeabilità elevata

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

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

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

dove il coefficiente  $A$  vale

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

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

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

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

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

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

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

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

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI</b> <b>M-INGEGNERIA                      GCF                      ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI1105 003	REV. A	FOGLIO 21 di 72

## 7 ANALISI MURO TIPO H

### 7.1 TERRENI

#### *Simbologia adottata*

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

#### Condizioni drenate

<b>Descrizione</b>	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	<b>c</b>	<b>c<sub>a</sub></b>
Rilevato	19.00	19.00	35.00	0.00	0.000	0.000
Rilevato 2	19.00	19.00	35.00	35.00	0.000	0.000

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>M-INGEGNERIA</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI1105 003	REV. A	FOGLIO 22 di 72

## 7.2 IPOTESI DI CALCOLO

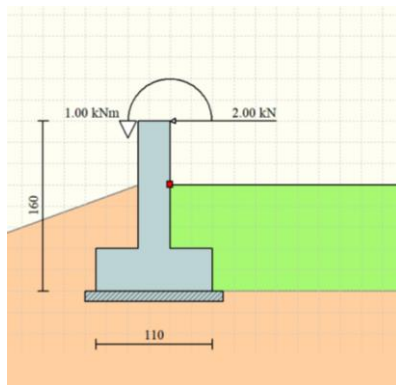


Figura 2 –Muro - Modello di calcolo

### Descrizione

### Muro a mensola in c.a.

Altezza del paramento	1.40 [m]
Spessore in sommità	0.30 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.30 [m]
Inclinazione paramento esterno	0.00 [°]
Inclinazione paramento interno	0.00 [°]
Lunghezza del muro	10.00 [m]

### Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0.40 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0.40 [m]
Lunghezza totale fondazione	1.10 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [°]
Spessore fondazione	0.40 [m]
Spessore magrone	0.10 [m]

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI1105 003	REV. FOGLIO A 23 di 72

### 7.2.1 Stratigrafia

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	<b>c</b>	<b>C<sub>a</sub></b>
RILEVATO	19.00	19.00	35.00	23.33	0.0	0.0
BASE	19.00	19.00	35.00	35.00	0.0	0.0

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 35.00 [°]

Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento 0.60 [m]

### 7.2.2 Elenco delle condizioni di carico

*Simbologia adottata*

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

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione

$\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

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

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

#### Combinazione n° 2 - EQU (A1-M1-R3)

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

#### Combinazione n° 3 - GEO (A2-M2-R2)

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

#### Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
VENTO	1.50	1.00	Sfavorevole
TRAFFICO	1.50	0.75	Sfavorevole

#### Combinazione n° 5 - EQU (A1-M1-R3)

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

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV   WEBUILD ITALIA   PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A              NET ENGINEERING              PINI</b> <b>M-INGEGNERIA              GCF                              ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>	COMMESSA <b>IF3A</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>RI1105 003</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>24 di 72</b>

VENTO	1.50	1.00	Sfavorevole
TRAFFICO	1.50	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
VENTO	1.30	1.00	Sfavorevole
TRAFFICO	1.30	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
VENTO	1.50	0.60	Sfavorevole
TRAFFICO	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
VENTO	1.50	0.60	Sfavorevole
TRAFFICO	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
VENTO	1.30	0.60	Sfavorevole
TRAFFICO	1.30	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - STR (A1-M1-R3) H - V

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

Combinazione n° 11 - STR (A1-M1-R3) H + V

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

Combinazione n° 12 - EQU (A1-M1-R3) H - V

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



<b>APPALTATORE:</b> Consorzio Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI</b> <b>M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>	COMMESSA <b>IF3A</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>RI1105 003</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>25 di 72</b>

Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
----------------	------	----	-------------

Combinazione n° 13 - EQU (A1-M1-R3) H + V

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

Combinazione n° 14 - GEO (A2-M2-R2) H + V

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

Combinazione n° 15 - GEO (A2-M2-R2) H - V

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

Combinazione n° 16 - STR (A1-M1-R3) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
TRAFFICO	1.00	0.60	Sfavorevole

Combinazione n° 17 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
TRAFFICO	1.00	0.60	Sfavorevole

Combinazione n° 18 - EQU (A1-M1-R3) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
TRAFFICO	1.00	0.60	Sfavorevole

Combinazione n° 19 - EQU (A1-M1-R3) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
TRAFFICO	1.00	0.60	Sfavorevole

Combinazione n° 20 - GEO (A2-M2-R2) H + V

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI</b> <b>M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>	COMMESSA <b>IF3A</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>RI1105 003</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>26 di 72</b>

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
TRAFFICO	1.00	0.60	Sfavorevole

Combinazione n° 21 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
TRAFFICO	1.00	0.60	Sfavorevole

Combinazione n° 22 - SLEQ

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

Combinazione n° 23 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
VENTO	1.00	0.20	Sfavorevole

Combinazione n° 24 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
TRAFFICO	1.00	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 25 - SLER

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
VENTO	1.00	1.00	Sfavorevole
TRAFFICO	1.00	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 26 - SLER

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
TRAFFICO	1.00	1.00	Sfavorevole
VENTO	1.00	0.60	Sfavorevole

Impostazioni di analisi

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI1105 003	REV. FOGLIO A 27 di 72

Metodo verifica sezioni

Stato limite

### 7.2.3 Risultati di calcolo

I calcoli sono stati eseguiti con il codice di calcolo MAX ver 15.

*Simbologia adottata*

*C* Identificativo della combinazione

*Tipo* Tipo combinazione

*Sisma* Combinazione sismica

*CS<sub>SCO</sub>* Coeff. di sicurezza allo scorrimento

*CS<sub>RIB</sub>* Coeff. di sicurezza al ribaltamento

*CS<sub>QLIM</sub>* Coeff. di sicurezza a carico limite

*CS<sub>STAB</sub>* Coeff. di sicurezza a stabilità globale

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		6.502		10.352	
2 - EQU (A1-M1-R3)			17.735		
3 - GEO (A2-M2-R2)					1.888
4 - STR (A1-M1-R3)		2.244		3.510	
5 - EQU (A1-M1-R3)			2.554		
6 - GEO (A2-M2-R2)					1.651
7 - STR (A1-M1-R3)		2.333		4.019	
8 - EQU (A1-M1-R3)			3.434		
9 - GEO (A2-M2-R2)					1.591
10 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.992		4.910	
11 - STR (A1-M1-R3)	H + V	2.329		5.026	
12 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		2.102		
13 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		3.303		
14 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.477
15 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.353
16 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.745		2.997	
17 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.527		2.801	
18 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		1.967		
19 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		2.875		
20 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.388
21 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.274

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>M-INGEGNERIA</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI1105 003	REV. A	FOGLIO 28 di 72

## 7.2.4 Sollecitazioni e verifiche strutturali muro

### 7.2.4.1 PARAMENTO

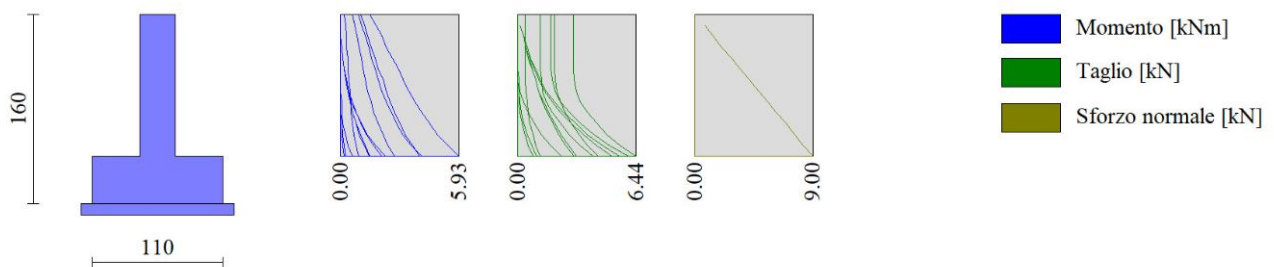


Figura 3 – Involuppo diagrammi di sollecitazione del paramento del muro condizioni SLU-SLV

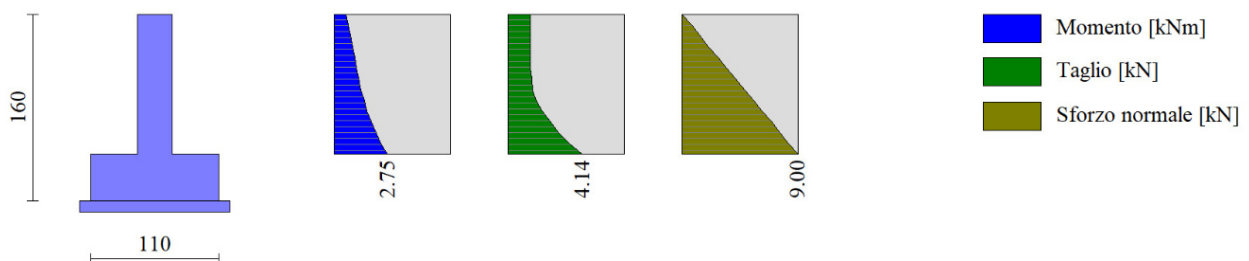


Figura 4 – diagrammi di sollecitazione del paramento del muro condizione SLE RARA

La verifica strutturale alla base del paramento è stata svolta con il codice RC SEC.

Verifica strutturale alla base del paramento.

Sezione paramento: 30cm

Copriferro C=40mm

Armatura verticale interna ed esterna:  $\Phi 12/200$

Armatura longitudinale interna ed esterna:  $\Phi 10/200$

Armatura a taglio:  $\Phi 10/400 \times 400$

La verifica è stata svolta in RC-Sec

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV   WEBUILD ITALIA   PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI</b> <b>M-INGEGNERIA                      GCF                      ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF3A</b>	<b>LOTTO</b> <b>02</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>RI1105 003</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>29 di 72</b>

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resis. compr. di progetto fcd:	17.0 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.90 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	18.0 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	18.0 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	13.5 MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1*\beta_2$ :	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$ :	0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Calcestruzzo: C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	30.0
3	50.0	30.0
4	50.0	0.0

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>												
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>M-INGEGNERIA</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b>													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ CL</td> <td>RI1105 003</td> <td>A</td> <td>30 di 72</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ CL	RI1105 003	A	30 di 72
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF3A	02	E ZZ CL	RI1105 003	A	30 di 72								

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.0	8.0	12
2	-42.0	22.0	12
3	42.0	22.0	12
4	42.0	8.0	12

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	12
2	2	3	3	12

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	40.00	0.00	0.00	0.00

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV   WEBUILD ITALIA   PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI</b> <b>M-INGEGNERIA                      GCF                      ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF3A</b>	<b>LOTTO</b> <b>02</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>RI1105 003</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>31 di 72</b>

N                      Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)

Mx                      Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

My                      Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	10.00	0.00

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N                      Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)

Mx                      Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

My                      Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	10.00 (45.11)	0.00 (0.00)

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N                      Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)

Mx                      Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

My                      Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	10.00 (45.11)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RH1105 003	REV. A	FOGLIO 32 di 72

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm

Interferro netto minimo barre longitudinali: 12.8 cm

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm <sup>2</sup> ]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	0.00	40.00	0.00	0.00	46.74	0.00	1.17	11.3(9.0)

#### METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00063	-50.0	30.0	-0.00031	-42.0	22.0	-0.00196	-42.0	8.0

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.



<b>APPALTATORE:</b> Consorzio Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI</b> <b>M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>	COMMESSA <b>IF3A</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>RI1105 003</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>33 di 72</b>

x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000117538	-0.002896801		

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.93	50.0	30.0	-84.2	-42.0	8.0	541	5.7

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$

Ver. Esito della verifica  
 e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
 k2 = 0.5 per flessione;  $= (e1 + e2) / (2 * e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
 e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
 Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
 sr max Massima distanza tra le fessure [mm]  
 wk Apertura fessure in mm calcolata = sr max\*(e\_sm - e\_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
 Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
-------	-----	----	----	----	---	----	-------------	--------	----	---------	---------

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI</b> <b>M-INGEGNERIA                      GCF                      ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF3A</b>	<b>LOTTO</b> <b>02</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>RI1105 003</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>34 di 72</b>

1      S      -0.00063      0.00000      0.500      12.0      74                      0.00025 (0.00025)      447      0.113 (990.00)      45.11      0.00

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.93	50.0	30.0	-84.2	-42.0	8.0	541	5.7

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00063	0.00000	0.500	12.0	74	0.00025 (0.00025)	447	0.113 (0.20)	45.11	0.00

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.93	50.0	30.0	-84.2	-42.0	8.0	541	5.7

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00063	0.00000	0.500	12.0	74	0.00025 (0.00025)	447	0.113 (0.20)	45.11	0.00

**VERIFICA A TAGLIO**

La verifica a taglio è stata eseguita attraverso un foglio excel.

La verifica è soddisfatta in assenza di armatura a taglio, tuttavia si prevede la seguente armatura a taglio :  
spilli Ø10/40x40 quinconce

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RH1105 003	REV. FOGLIO A 35 di 72

### VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE IN C.A. SECONDO T.U. 14/01/2008 § 4.1.2.1.3

#### • Caratteristiche della sezione

$b_w = 1000$ mm larghezza	$f_{yk} = 450$ MPa	resist. caratteristica
$h = 300$ mm altezza	$\gamma_s = 1.15$	coeff. sicurezza
$c = 70$ mm copriferro	$f_{yd} = 391.3$ MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 30$ MPa resist. caratteristica	Armadura longitudinale tesa:	
$\gamma_c = 1.50$ coeff. sicurezza	$A_{sl,1} = 5 \text{ } \emptyset 12$	$= 5.65 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$ coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 0 \text{ } \emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$d = 230$ mm altezza utile	$A_{sl,3} = 0 \text{ } \emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 17.00$ MPa resist. di calcolo		$5.65 \text{ cm}^2$

#### • Sollecitazioni (compressione <0, trazione >0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = 0.0 \text{ kN} \quad V_{ed} = 20.0 \text{ kN}$$

#### • Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 1.933 < 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{min} = 0.515$$

$$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.002 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = 0.00 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

$$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 103.8 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 118.5 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 118.5 \text{ kN} \quad \text{assunto pari alla resistenza minima}$$

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV   WEBUILD ITALIA   PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI</b> <b>M-INGEGNERIA                      GCF                      ELETTRI-FER</b>							<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ CL</td> <td>RI1105 003</td> <td>A</td> <td>36 di 72</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF3A	02	E ZZ CL	RI1105 003	A	36 di 72													

#### **7.2.4.2 FONDAZIONE**

**Figura 5 – Involuppo diagrammi di sollecitazione della fondazione del muro (kPa/ kN) condizione SLU-SLV**

**Figura 6 –diagrammi di sollecitazione della fondazione del muro (kPa/ kN) condizione SLE RARA**

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV   WEBUILD ITALIA   PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI</b> <b>M-INGEGNERIA                      GCF                      ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>	COMMESSA <b>IF3A</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>RI1105 003</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>37 di 72</b>

Verifica strutturale alla base della fondazione.

Sezione fondazione: 40cm

Copriferro C=40mm

Armatura trasversale interna ed esterna:  $\Phi 12/100$

Armatura longitudinale interna ed esterna:  $\Phi 10/200$

Armatura a taglio:  $\Phi 10/400 \times 400$

La verifica è stata svolta in RC-Sec

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resis. compr. di progetto fcd:	17.0 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.90 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	18.0 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	18.0 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	13.5 MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta 1^* \beta 2$ :	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta 1^* \beta 2$ :	0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Calcestruzzo:	C30/37

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI</b> <b>M-INGEGNERIA                      GCF                      ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF3A</b>	<b>LOTTO</b> <b>02</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>RI1105 003</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>38 di 72</b>

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	40.0
3	50.0	40.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.0	8.0	14
2	-42.0	32.0	14
3	42.0	32.0	14
4	42.0	8.0	14

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	14
2	2	3	8	14

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>M-INGEGNERIA</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF3A</b>	<b>LOTTO</b> <b>02</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>RI1105 003</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>39 di 72</b>

Vx                                      Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	40.00	0.00	0.00	0.00

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N                                      Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx                                      Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My                                      Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	20.00	0.00

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N                                      Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx                                      Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My                                      Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	20.00 (86.98)	0.00 (0.00)

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N                                      Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx                                      Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My                                      Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
---------	---	----	----

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RH1105 003	REV. A FOGLIO 40 di 72

1 0.00 20.00 (86.98) 0.00 (0.00)

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.3 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.9 cm

## VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	0.00	40.00	0.00	0.00	171.31	0.00	4.28	30.8(12.0)

## METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------



APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RH1105 003	REV. A	FOGLIO 41 di 72

1	0.00082	-50.0	40.0	0.00012	42.0	32.0	-0.00196	-42.0	8.0
---	---------	-------	------	---------	------	------	----------	-------	-----

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000086648	-0.002649684		

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.33	-50.0	40.0	-45.8	-42.0	8.0	995	15.4

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$

Ver. Esito della verifica

e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata

e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata

k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]

kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]

k2 = 0.5 per flessione;  $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]

k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali

k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali

Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]

Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa

e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI1105 003	REV. A	FOGLIO 42 di 72

Tra parentesi: valore minimo =  $0.6 S_{max} / E_s$  [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]

sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr_{max} * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00031	0.00000	0.500	14.0	73	0.00014 (0.00014)	402	0.055 (990.00)	86.98	0.00

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.33	-50.0	40.0	-45.8	-42.0	8.0	995	15.4

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00031	0.00000	0.500	14.0	73	0.00014 (0.00014)	402	0.055 (0.20)	86.98	0.00

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.33	-50.0	40.0	-45.8	-42.0	8.0	995	15.4

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00031	0.00000	0.500	14.0	73	0.00014 (0.00014)	402	0.055 (0.20)	86.98	0.00

#### VERIFICA A TAGLIO

La verifica a taglio è stata eseguita attraverso un foglio excel.

La verifica è soddisfatta in assenza di armatura a taglio, tuttavia si prevede la seguente armatura a taglio :  
spilli Ø10/40x40 a quinconce

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RH1105 003	REV. FOGLIO A 43 di 72

### VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE IN C.A. SECONDO T.U. 14/01/2008 § 4.1.2.1.3

#### • Caratteristiche della sezione

$b_w = 1000$	mm larghezza	$f_{yk} = 450$	MPa	resist. caratteristica
$h = 400$	mm altezza	$\gamma_s = 1.15$		coeff. sicurezza
$c = 70$	mm copriferro	$f_{yd} = 391.3$	MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 30$	MPa resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:		
$\gamma_c = 1.50$	coeff. sicurezza	$A_{sl,1} = 10$	Ø	12 = 11.31 cm <sup>2</sup>
$\alpha_{cc} = 0.85$	coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 0$	Ø	0 = 0.00 cm <sup>2</sup>
$d = 330$	mm altezza utile	$A_{sl,3} = 0$	Ø	0 = 0.00 cm <sup>2</sup>
$f_{cd} = 17.00$	MPa resist. di calcolo			11.31 cm <sup>2</sup>

#### • Sollecitazioni (compressione <0, trazione >0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = 0.0 \text{ kN} \quad V_{ed} = 40.0 \text{ kN}$$

#### • Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 1.778 < 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{min} = 0.455$$

$$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.003 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = 0.00 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

$$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 153.1 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 150.0 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 153.1 \text{ kN} \quad \text{valore di calcolo}$$

la sezione è verificata in assenza di armature per il taglio

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER	
PROGETTO ESECUTIVO Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IF3A 02 E ZZ CL RH1105 003 A 44 di 72

### 7.3 INCIDENZA

Si riporta l'incidenza del muro.

Paramento: 150 kg/m<sup>3</sup>

Fondazione: 150 kg/m<sup>3</sup>

Di seguito si riporta il calcolo

Caratteristiche geometriche				Armatura		diametro	peso	lunghezza	numero	peso totale
Spessore	L1	L2	V	Pos.	lato terreno	mm	kg/m	m	-	kg
m	m	m	m <sup>3</sup>	Pos. 1	lato terreno verticali	10	0.62	1.1	10	6.82
0.3	1	1	0.3	Pos. 1	lato esterno verticali	10	0.62	1.1	10	6.82
				Pos. 2	lato terreno orizzontali	10	0.62	1.1	10	6.82
				Pos. 2	lato esterno orizzontali	10	0.62	1.1	10	6.82
				Pos. 3	Chiusure testa spalmata 1,40m di altezza del paramento*	10	0.62	0.93	10	5.76
				Pos. 4	Spilli	10	0.62	0.5	25	7.75
									totale	40.79
					Coefficiente per sfrido		1.1		incidenza	kN/m <sup>3</sup>
									incidenza	kN/m <sup>3</sup>
									computata	150.00
<b>Fondazione</b>										
Caratteristiche geometriche				Armatura		diametro	peso	lunghezza	numero	peso totale
Spessore	L1	L2	V	Pos.	lato terreno	mm	kg/m	m	-	kg
m	m	m	m <sup>3</sup>	Pos. 5	lato terreno trasversali	12	0.89	1.1	10	9.79
0.4	1	1	0.4	Pos. 5	lato esterno trasversali	12	0.89	1.1	10	9.79
				Pos. 6	lato terreno longitudinali	12	0.89	1.1	10	9.79
				Pos. 6	lato esterno longitudinali	12	0.89	1.1	10	9.79
				Pos. 7	Chiusure laterali spalmate su 2,70m**	12	0.89	0.59	10	5.27
				Pos. 8	Spilli	10	0.62	0.6	6.25	2.33
				Pos. 9	riprese spalmata su 2,70m di fondazione	10	0.62	0.42	20	5.21
									totale	51.97
					Coefficiente per sfrido		1.2		incidenza	149.41
									incidenza	kN/m <sup>3</sup>
									computata	150.00
									INCIDENZA	kN/m <sup>3</sup>
									MEDIA	150.00

Si evidenzia che le armature previste sono assolutamente congruenti con i minimi imposti e dichiarati al cap. 4 delle NTC 2018.

Area minima ferro paramento (zona tesa) = 0.15% A<sub>totale</sub>

Area ferro paramento = 0.18 %

Area minima ferro fondazione = 0.20 % A<sub>totale</sub>

Area ferro fondazione = 0.25%

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RH1105 003	REV. FOGLIO A 45 di 72

## 7.4 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO (SLD)

Le verifiche allo stato limite di danno (SLD) da effettuare sull'opera in esame, vengono condotte valutando gli spostamenti indotti sull'opera da un sisma con tempo di ritorno TR = 113 anni, corrispondente alla probabilità di superamento del 63 % nella vita di riferimento dell'opera VR=112.5 anni.

La stima degli spostamenti indotti dal sisma viene effettuata attraverso la formula di Rampello.

$$d = (S_S \cdot S_T \cdot B) \cdot e^{A(a_c/a_{max})}$$

Essendo:

A e B due coefficienti che sono funzione del valore di ag (accelerazione massima al sito) e della categoria di sottosuolo sul quale l'opera poggia.

Sottosuolo	Cat. A		Cat. B		Cat. C, D, E	
	A	B	A	B	A	B
$a_{max}/g$						
0.3 – 0.4	-7.5	1.21	-7.9	1.06	-7.4	0.56
0.2 – 0.3	-7.42	1.28	-7.79	1.11	-7.54	0.58
0.1 – 0.2	-7.48	0.65	-7.86	0.73	-8.05	0.86
$\leq 0.1$	-7.87	0.28	-7.86	0.3	-8.07	0.44

ac il valore dell'accelerazione critica, ossia quel valore dell'accelerazione del suolo in corrispondenza del quale si manifestano i primi spostamenti relativi permanenti tra muro e terreno. Si determina imponendo pari all'unità il rapporto Rd/Ed nella verifica a scorrimento.

Nel caso in esame si ha:

$$S_s = 1.5$$

$$S_t = 1.2$$

$$A = -7.54$$

$$B = 0.58$$

$$a_c = 0.4$$

$$a_{max} = 0.221$$

si trova pertanto

$$d = 1.23 \times 10^{-6} < 0.02$$

La verifica è pertanto soddisfatta.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI</b> <b>M-INGEGNERIA                      GCF                      ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI1105 003	REV. A	FOGLIO 46 di 72

## 8 ANALISI MURO TIPO G

### 8.1 TERRENI

#### *Simbologia adottata*

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

#### Condizioni drenate

<b>Descrizione</b>	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	<b>c</b>	<b><math>c_a</math></b>
Rilevato	19.00	19.00	35.00	0.00	0.000	0.000
Rilevato 2	19.00	19.00	35.00	35.00	0.000	0.000

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV   WEBUILD ITALIA   PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI</b> <b>M-INGEGNERIA                      GCF                      ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI1105 003	REV. A	FOGLIO 47 di 72

## 8.2 IPOTESI DI CALCOLO

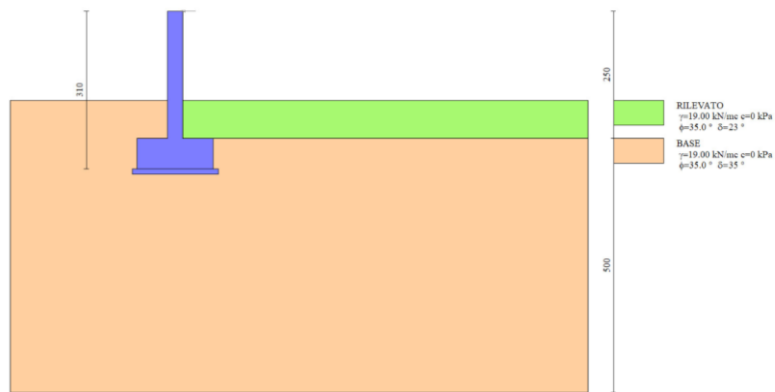


Figura 7 –Muro - Modello di calcolo

### Descrizione

### Muro a mensola in c.a.

#### Paramento

Materiale	ClS Armato	
Altezza paramento	2.50	[m]
Altezza paramento libero	1.75	[m]
Spessore in sommità	0.30	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.30	[m]
Inclinazione paramento esterno	0.00	[°]
Inclinazione paramento interno	0.00	[°]

#### Fondazione

Materiale	ClS Armato	
Lunghezza mensola di valle	0.60	[m]
Lunghezza mensola di monte	0.60	[m]
Lunghezza totale	1.50	[m]
Inclinazione piano di posa	0.00	[°]
Spessore	0.60	[m]
Spessore magrone	0.10	[m]

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI</b> <b>M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI1105 003	REV. A	FOGLIO 48 di 72

### 8.2.1 Stratigrafia

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	<b>c</b>	<b>c<sub>a</sub></b>
RILEVATO	19.00	19.00	35.00	23.33	0.0	0.0
BASE	19.00	19.00	35.00	35.00	0.0	0.0

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 35.00 [°]

Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento 0.60 [m]

### 8.2.2 Elenco delle condizioni di carico

*Simbologia adottata*

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

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione

$\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
VENTO	1.50	1.00	Sfavorevole
TRAFFICO	1.50	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
VENTO	1.50	0.60	Sfavorevole
TRAFFICO	1.50	1.00	Sfavorevole

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

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

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3) H - V

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

Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2)

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



APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RH1105 003	REV. A FOGLIO 49 di 72

Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
VENTO	1.30	1.00	Sfavorevole
TRAFFICO	1.30	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
VENTO	1.30	0.60	Sfavorevole
TRAFFICO	1.30	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2) H + V

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

Combinazione n° 8 - GEO (A2-M2-R2) H - V

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

Combinazione n° 9 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
VENTO	1.50	1.00	Sfavorevole
TRAFFICO	1.50	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
VENTO	1.50	0.60	Sfavorevole
TRAFFICO	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - EQU (A1-M1-R3) H + V

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

Combinazione n° 12 - EQU (A1-M1-R3) H - V

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

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV   WEBUILD ITALIA   PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI</b> <b>M-INGEGNERIA                      GCF                      ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>	COMMESSA <b>IF3A</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>RI1105 003</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>50 di 72</b>

Combinazione n° 13 - SLER

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
VENTO	1.00	1.00	Sfavorevole
TRAFFICO	1.00	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 14 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
VENTO	1.00	0.20	Sfavorevole

Combinazione n° 15 - SLEQ

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

Combinazione n° 16 - SLER

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
VENTO	1.00	0.60	Sfavorevole
TRAFFICO	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 17 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
TRAFFICO	1.00	0.75	Sfavorevole

Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

**Stato limite**

### 8.2.3 Risultati di calcolo

I calcoli sono stati eseguiti con il codice di calcolo MAX ver 15.

*Simbologia adottata*

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV   WEBUILD ITALIA   PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI</b> <b>M-INGEGNERIA                      GCF                      ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF3A</b>	<b>LOTTO</b> <b>02</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>RI1105 003</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>51 di 72</b>

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

<b>Cmb</b>	<b>Sismica</b>	<b>FS<sub>SCO</sub></b>	<b>FS<sub>RIB</sub></b>	<b>FS<sub>QLIM</sub></b>	<b>FS<sub>STAB</sub></b>
1 - STR (A1-M1-R3)		3.309		16.880	
2 - STR (A1-M1-R3)		3.322		16.361	
3 - STR (A1-M1-R3)	H + V	2.564		15.047	
4 - STR (A1-M1-R3)	H - V	2.200		14.841	
5 - GEO (A2-M2-R2)					4.519
6 - GEO (A2-M2-R2)					3.753
7 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				4.701
8 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				3.969
9 - EQU (A1-M1-R3)			3.723		
10 - EQU (A1-M1-R3)			4.895		
11 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		2.990		
12 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		1.991		

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV    WEBUILD ITALIA    PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A              NET ENGINEERING      PINI</b> <b>M-INGEGNERIA              GCF                      ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI1105 003	REV. A	FOGLIO 52 di 72

## 8.2.4 Sollecitazioni e verifiche strutturali muro

### 8.2.4.1 PARAMENTO

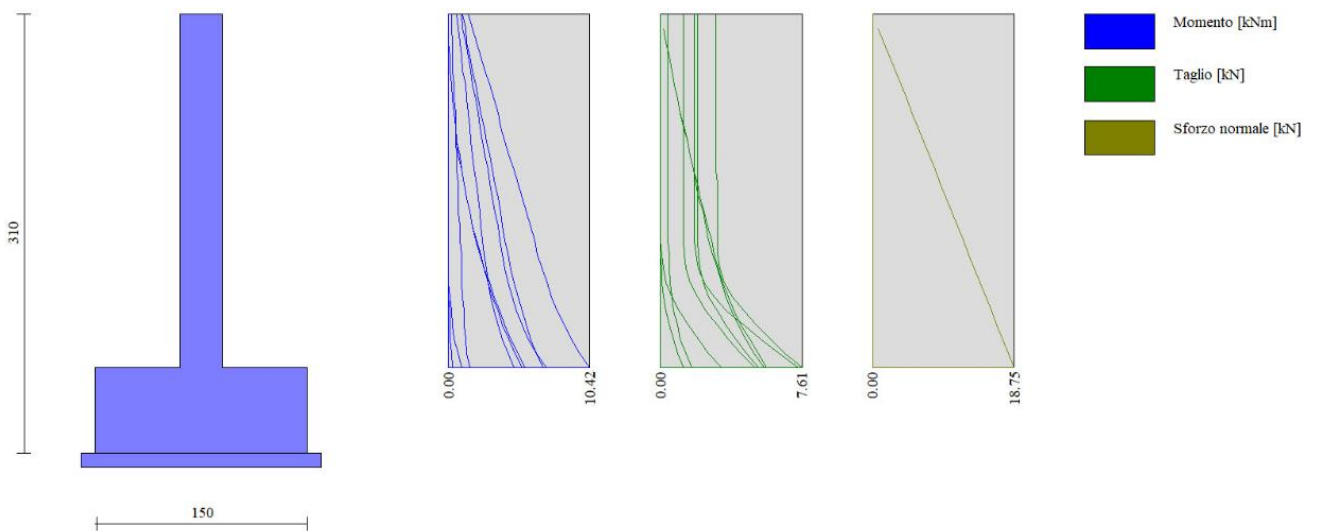


Figura 8 – Involuppo diagrammi di sollecitazione del paramento del muro condizioni SLU-SLV

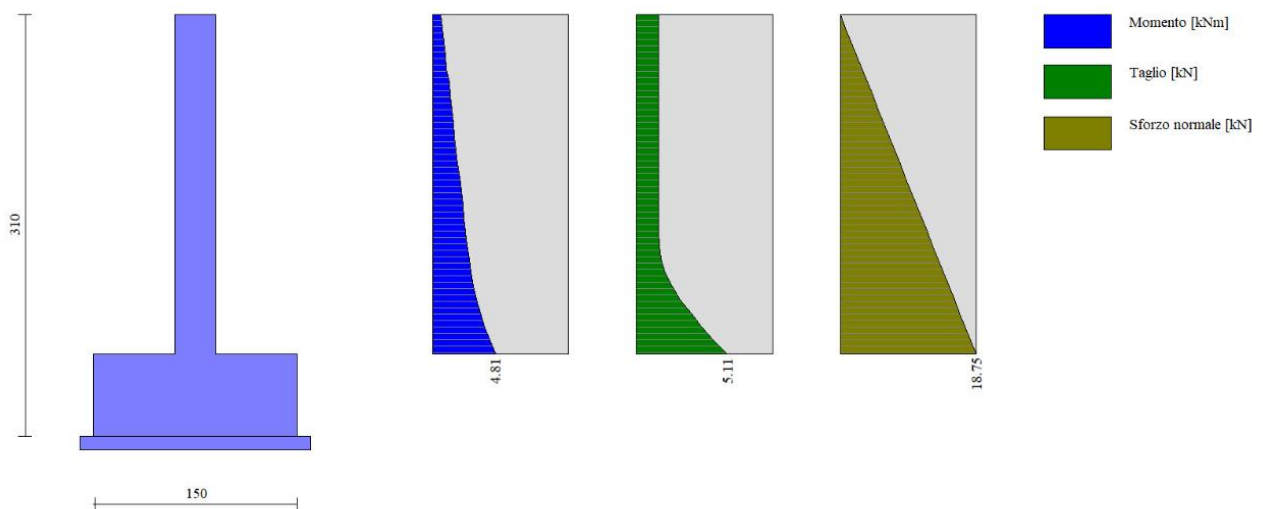


Figura 9 – diagrammi di sollecitazione del paramento del muro condizione SLE RARA

La verifica strutturale alla base del paramento è stata svolta con il codice RC SEC.

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV   WEBUILD ITALIA   PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI</b> <b>M-INGEGNERIA                      GCF                      ELETTRI-FER</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF3A</b>	<b>LOTTO</b> <b>02</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>RI1105 003</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>53 di 72</b>

Verifica strutturale alla base del paramento.

Sezione paramento: 30cm

Copriferro C=40mm

Armatura verticale interna ed esterna:  $\Phi 14/100$

Armatura longitudinale interna ed esterna:  $\Phi 10/200$

Armatura a taglio:  $\Phi 10/400 \times 400$

La verifica è stata svolta in RC-Sec

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA - ORSARA AV   WEBUILD ITALIA   PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI M-INGEGNERIA                      GCF    ELETTRI-FER	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI1105 003	REV. A                      FOGLIO 54 di 72

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resis. compr. di progetto fcd:	17.0 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.90 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	18.0 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	18.0 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	13.5 MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1*\beta_2$ :	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$ :	0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Calcestruzzo: C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	30.0
3	50.0	30.0
4	50.0	0.0

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>M-INGEGNERIA</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>					
<b>COMMESSA</b> <b>IF3A</b>	<b>LOTTO</b> <b>02</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>RI1105 003</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>55 di 72</b>

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.0	8.0	14
2	-42.0	22.0	14
3	42.0	22.0	14
4	42.0	8.0	14

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	14
2	2	3	8	14

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	40.00	0.00	0.00	0.00

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV   WEBUILD ITALIA   PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI</b> <b>M-INGEGNERIA                      GCF                      ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF3A</b>	<b>LOTTO</b> <b>02</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>RI1105 003</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>56 di 72</b>

N                      Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)

Mx                      Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

My                      Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	10.00	0.00

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N                      Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)

Mx                      Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

My                      Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	10.00 (47.87)	0.00 (0.00)

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N                      Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)

Mx                      Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

My                      Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	10.00 (47.87)	0.00 (0.00)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**



<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV   WEBUILD ITALIA   PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI</b> <b>M-INGEGNERIA                      GCF                      ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF3A</b>	<b>LOTTO</b> <b>02</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>RH1105 003</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>57 di 72</b>

Copriferro netto minimo barre longitudinali:                      7.3    cm

Interferro netto minimo barre longitudinali:                      7.9    cm

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	0.00	40.00	0.00	0.00	115.85	0.00	2.90	30.8(9.0)

#### METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00110	-50.0	30.0	-0.00001	-42.0	22.0	-0.00196	-42.0	8.0

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c                      Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI</b> <b>M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>	COMMESSA <b>IF3A</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>RI1105 003</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>58 di 72</b>

x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000138986	-0.003068387		

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.29	-50.0	30.0	-33.6	-42.0	8.0	795	15.4

### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$

Ver. Esito della verifica  
 e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
 k2 = 0.5 per flessione;  $= (e1 + e2) / (2 * e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
 e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
 Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
 sr max Massima distanza tra le fessure [mm]  
 wk Apertura fessure in mm calcolata = sr max\*(e\_sm - e\_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
 Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
-------	-----	----	----	----	---	----	-------------	--------	----	---------	---------

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI</b> <b>M-INGEGNERIA                      GCF                      ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>	COMMESSA <b>IF3A</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>RI1105 003</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>59 di 72</b>

1	S	-0.00026	0.00000	0.500	14.0	73		0.00010 (0.00010)	371	0.037 (990.00)	47.87	0.00
---	---	----------	---------	-------	------	----	--	-------------------	-----	----------------	-------	------

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.29	-50.0	30.0	-33.6	-42.0	8.0	795	15.4

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00026	0.00000	0.500	14.0	73	0.00010 (0.00010)	371	0.037 (0.20)	47.87	0.00

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.29	-50.0	30.0	-33.6	-42.0	8.0	795	15.4

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00026	0.00000	0.500	14.0	73	0.00010 (0.00010)	371	0.037 (0.20)	47.87	0.00

**VERIFICA A TAGLIO**

La verifica a taglio è stata eseguita attraverso un foglio excel.

La verifica è soddisfatta in assenza di armatura a taglio, tuttavia si prevede la seguente armatura a taglio :  
 spilli Ø10/40x40 quinconce

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RH1105 003	REV. FOGLIO A 60 di 72

### VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE IN C.A. SECONDO T.U. 14/01/2008 § 4.1.2.1.3

#### • Caratteristiche della sezione

$b_w = 1000$ mm larghezza	$f_{yk} = 450$ MPa	resist. caratteristica
$h = 300$ mm altezza	$\gamma_s = 1.15$	coeff. sicurezza
$c = 70$ mm copriferro	$f_{yd} = 391.3$ MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 30$ MPa resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:	
$\gamma_c = 1.50$ coeff. sicurezza	$A_{sl,1} = 10 \text{ } \emptyset 14$	$= 15.39 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$ coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 0 \text{ } \emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$d = 230$ mm altezza utile	$A_{sl,3} = 0 \text{ } \emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 17.00$ MPa resist. di calcolo		$15.39 \text{ cm}^2$

#### • Sollecitazioni (compressione <0, trazione >0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = 0.0 \text{ kN} \quad V_{ed} = 20.0 \text{ kN}$$

#### • Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 1.933 < 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{min} = 0.515$$

$$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.007 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = 0.00 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

$$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

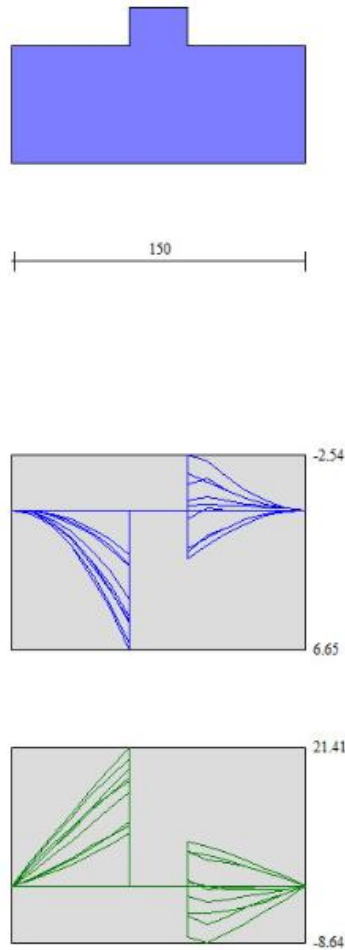
$$V_{Rd} = 145.0 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 118.5 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 145.0 \text{ kN} \quad \text{valore di calcolo}$$

la sezione è verificata in assenza di armature per il taglio

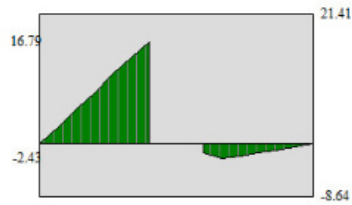
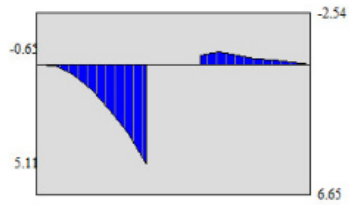
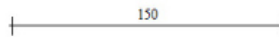
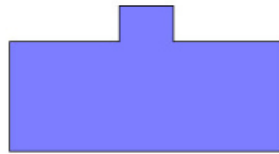
<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>M-INGEGNERIA</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF3A</b>	<b>LOTTO</b> <b>02</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>RI1105 003</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>61 di 72</b>

**8.2.4.2 FONDAZIONE**



**Figura 10 – Involuppo diagrammi di sollecitazione della fondazione del muro (kPa/ kN) condizione SLU-SLV**

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>M-INGEGNERIA</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF3A</b>	<b>LOTTO</b> <b>02</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>RI1105 003</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>62 di 72</b>
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>						



**Figura 11 –diagrammi di sollecitazione della fondazione del muro (kPa/ kN) condizione SLE RARA**

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI1105 003	REV. FOGLIO A 63 di 72

Verifica strutturale alla base della fondazione.

Sezione fondazione: 40cm

Copriferro C=40mm

Armatura trasversale interna ed esterna:  $\Phi 14/100$

Armatura longitudinale interna ed esterna:  $\Phi 10/200$

Armatura a taglio:  $\Phi 10/400 \times 400$

La verifica è stata svolta in RC-Sec

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resis. compr. di progetto fcd:	17.0 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.90 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	18.0 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	18.0 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	13.5 MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta 1^* \beta 2$ :	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta 1^* \beta 2$ :	0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Calcestruzzo:	C30/37

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI</b> <b>M-INGEGNERIA                      GCF                      ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF3A</b>	<b>LOTTO</b> <b>02</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>RI1105 003</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>64 di 72</b>

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	40.0
3	50.0	40.0
4	50.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.0	8.0	14
2	-42.0	32.0	14
3	42.0	32.0	14
4	42.0	8.0	14

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	14
2	2	3	8	14

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y



<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>M-INGEGNERIA</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF3A</b>	<b>LOTTO</b> <b>02</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>RI1105 003</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>65 di 72</b>

Vx                                      Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	40.00	0.00	0.00	0.00

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N                                      Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)

Mx                                      Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

My                                      Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	20.00	0.00

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N                                      Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)

Mx                                      Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

My                                      Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	20.00 (86.98)	0.00 (0.00)

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N                                      Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)

Mx                                      Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

My                                      Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
---------	---	----	----

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RH1105 003	REV. A FOGLIO 66 di 72

1 0.00 20.00 (86.98) 0.00 (0.00)

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.3 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.9 cm

## VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	0.00	40.00	0.00	0.00	171.31	0.00	4.28	30.8(12.0)

## METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RH1105 003	REV. A	FOGLIO 67 di 72

1	0.00082	-50.0	40.0	0.00012	-42.0	32.0	-0.00196	-42.0	8.0
---	---------	-------	------	---------	-------	------	----------	-------	-----

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000086648	-0.002649684		

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.33	-50.0	40.0	-45.8	-42.0	8.0	995	15.4

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$

Ver. Esito della verifica

e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata

e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata

k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]

kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]

k2 = 0.5 per flessione;  $=(e1 + e2)/(2*e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]

k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali

k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali

Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]

Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa

e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI</b> <b>M-INGEGNERIA                      GCF                      ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>	COMMESSA <b>IF3A</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>RI1105 003</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>68 di 72</b>

Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]

sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00031	0.00000	0.500	14.0	73	0.00014 (0.00014)	402	0.055 (990.00)	86.98	0.00

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.33	-50.0	40.0	-45.8	-42.0	8.0	995	15.4

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00031	0.00000	0.500	14.0	73	0.00014 (0.00014)	402	0.055 (0.20)	86.98	0.00

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.33	-50.0	40.0	-45.8	-42.0	8.0	995	15.4

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00031	0.00000	0.500	14.0	73	0.00014 (0.00014)	402	0.055 (0.20)	86.98	0.00

#### VERIFICA A TAGLIO

La verifica a taglio è stata eseguita attraverso un foglio excel.

La verifica è soddisfatta in assenza di armatura a taglio, tuttavia si prevede la seguente armatura a taglio :  
 spilli Ø10/40x40 a quinconce

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>				
PROGETTO ESECUTIVO Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RH1105 003	REV. FOGLIO A 69 di 72

### VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE IN C.A. SECONDO T.U. 14/01/2008 § 4.1.2.1.3

#### • Caratteristiche della sezione

$b_w = 1000$ mm larghezza	$f_{yk} = 450$ MPa	resist. caratteristica
$h = 400$ mm altezza	$\gamma_s = 1.15$	coeff. sicurezza
$c = 70$ mm copriferro	$f_{yd} = 391.3$ MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 30$ MPa resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:	
$\gamma_c = 1.50$ coeff. sicurezza	$A_{sl,1} = 10 \text{ } \emptyset 14$	$= 15.39 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$ coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 0 \text{ } \emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$d = 330$ mm altezza utile	$A_{sl,3} = 0 \text{ } \emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 17.00$ MPa resist. di calcolo		$15.39 \text{ cm}^2$

#### • Sollecitazioni (compressione <0, trazione >0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = 0.0 \text{ kN} \quad V_{ed} = 40.0 \text{ kN}$$

#### • Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 1.778 < 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{min} = 0.455$$

$$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.005 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = 0.00 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

$$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 169.7 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 150.0 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 169.7 \text{ kN} \quad \text{valore di calcolo}$$

la sezione è verificata in assenza di armature per il taglio

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI</b>				<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI</b> <b>M-INGEGNERIA GCF ELETTRI-FER</b>									
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo									

### 8.3 INCIDENZA

Si riporta l'incidenza del muro.

Paramento: 135 kg/m<sup>3</sup>

Fondazione: 120 kg/m<sup>3</sup>

Di seguito si riporta il calcolo

Paramento										
Caratteristiche geometriche				Armatura		diametro	peso	lunghezza	numero	peso totale
						mm	kg/m	m	-	kg
Spessore	L1	L2	V	Pos. 1	lato terreno verticali	14	1.21	1.1	5	6.66
m	m	m	m <sup>3</sup>	Pos. 1	lato esterno verticali	14	1.21	1.1	5	6.66
0.3	1	1	0.3	Pos. 2	lato terreno orizzontali	10	0.62	1.1	7.5	5.12
				Pos. 2	lato esterno orizzontali	10	0.62	1.1	7.5	5.12
				Pos. 3	Chiusure testa spalama 1,40m di altezza del paramento*	12	0.89	1.21	5	5.40
				Pos. 4	Spilli	10	0.62	0.5	25	7.75
									totale	36.69
					Coefficiente per sfrido	1.1		incidenza	kN/m <sup>3</sup>	134.54
								incidenza computata	kN/m <sup>3</sup>	135.00

Fondazione										
Caratteristiche geometriche				Armatura		diametro	peso	lunghezza	numero	peso totale
						mm	kg/m	m	-	kg
Spessore	L1	L2	V	Pos. 5	lato terreno trasversali	14	1.21	1.1	10	13.31
m	m	m	m <sup>3</sup>	Pos. 5	lato esterno trasversali	14	1.21	1.1	10	13.31
0.4	1	1	0.6	Pos. 6	lato terreno longitudinali	12	0.89	1.1	10	9.79
				Pos. 6	lato esterno longitudinali	12	0.89	1.1	10	9.79
				Pos. 7	Chiusure laterali spalmate su 2,70m**	14	0.89	0.59	10	5.27
				Pos. 8	Spilli	10	0.62	0.6	25	9.30
				Pos. 9	ripresе spalmata su 2,70m di fondazione	14	1.21	0.42	10	5.08
									totale	65.86
					Coefficiente per sfrido	1.1		incidenza		120.74
								incidenza computata	kN/m <sup>3</sup>	120.00
								INCIDENZA MEDIA	kN/m <sup>3</sup>	127.50

Si evidenzia che le armature previste sono assolutamente congruenti con i minimi imposti e dichiarati al cap. 4 delle NTC 2018.

Area minima ferro paramento (zona tesa) = 0.15% A<sub>totale</sub>

Area ferro paramento = 0.18 %

Area minima ferro fondazione = 0.20 % A<sub>totale</sub>

Area ferro fondazione = 0.25%

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA - ORSARA AV   WEBUILD ITALIA   PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI</b> <b>M-INGEGNERIA                      GCF                      ELETTRI-FER</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RH1105 003	REV. A	FOGLIO 71 di 72

## 8.4 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO (SLD)

Le verifiche allo stato limite di danno (SLD) da effettuare sull'opera in esame, vengono condotte valutando gli spostamenti indotti sull'opera da un sisma con tempo di ritorno TR = 113 anni, corrispondente alla probabilità di superamento del 63 % nella vita di riferimento dell'opera VR=112.5 anni.

La stima degli spostamenti indotti dal sisma viene effettuata attraverso la formula di Rampello.

$$d = (S_S \cdot S_T \cdot B) \cdot e^{A(a_c/a_{max})}$$

Essendo:

A e B due coefficienti che sono funzione del valore di ag (accelerazione massima al sito) e della categoria di sottosuolo sul quale l'opera poggia.

Sottosuolo	Cat. A		Cat. B		Cat. C, D, E	
	A	B	A	B	A	B
$a_{max}/g$						
0.3 – 0.4	-7.5	1.21	-7.9	1.06	-7.4	0.56
0.2 – 0.3	-7.42	1.28	-7.79	1.11	-7.54	0.58
0.1 – 0.2	-7.48	0.65	-7.86	0.73	-8.05	0.86
$\leq 0.1$	-7.87	0.28	-7.86	0.3	-8.07	0.44

ac il valore dell'accelerazione critica, ossia quel valore dell'accelerazione del suolo in corrispondenza del quale si manifestano i primi spostamenti relativi permanenti tra muro e terreno. Si determina imponendo pari all'unità il rapporto Rd/Ed nella verifica a scorrimento.

Nel caso in esame si ha:

$$S_s = 1.5$$

$$S_t = 1.2$$

$$A = -7.54$$

$$B = 0.58$$

$$a_c = 0.4$$

$$a_{max} = 0.221$$

si trova pertanto

$$d = 1.23 \times 10^{-6} < 0.02$$

La verifica è pertanto soddisfatta.

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA - ORSARA AV   WEBUILD ITALIA   PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI</b> <b>M-INGEGNERIA                      GCF    ELETTRI-FER</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Opere in c.a. agli ingressi – Relazione di calcolo</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF3A</b>	<b>LOTTO</b> <b>02</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>RI1105 003</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>72 di 72</b>



Progetto:  
Ditta:  
Comune:  
Progettista:  
Direttore dei Lavori:  
Impresa:

## **Normative di riferimento**

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

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

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

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

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

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

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

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

- D.M. 9 Gennaio 1996

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

- D.M. 16 Gennaio 1996

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

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

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

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

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

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

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018)

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

## Richiami teorici

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

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

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

Se il muro è a gravità: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione e verifica in diverse sezioni al ribaltamento, allo scorrimento ed allo schiacciamento.

## Calcolo della spinta sul muro

### *Valori caratteristici e valori di calcolo*

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

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

### *Metodo di Culmann*

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

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

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

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

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

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

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

### *Spinta in presenza di falda*

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

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

### *Spinta in presenza di sisma*

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

Italiana).

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

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

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

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

Terreno a bassa permeabilità

Terreno a permeabilità elevata

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

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

dove il coefficiente  $A$  vale

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

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

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

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

$$F_{IH} = k_h W \quad F_{IV} = \pm k_v W$$

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

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

### Verifica a ribaltamento

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

Deve quindi essere verificata la seguente diseuguaglianza:

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

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

### Verifica a scorrimento

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

$\eta_s$

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

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

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

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

### Verifica al carico limite

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

Le espressioni di Hansen per il calcolo della capacità portante si differenziano a secondo se siamo in presenza di un terreno puramente coesivo ( $\phi=0$ ) o meno e si esprimono nel modo seguente:

Caso generale  $\phi > 0$

Caso di terreno puramente coesivo  $\phi = 0$

I fattori che compaiono in queste espressioni sono espressi da:

- N fattori di capacità portante
- s fattori di forma
- d fattori di profondità
- i fattori di inclinazione del carico
- b fattori di inclinazione del piano di fondazione (base inclinata), con  $\eta$  inclinazione del piano di posa
- g fattori di inclinazione del terreno (fondazione su pendio), con  $\beta$  pendenza del pendio

Fattori di capacità portante				
Fattori di forma				
Fattori di profondità				
Fattori di inclinazione del carico				
				per
				per
Fattori di inclinazione del piano di fondazione (base inclinata)				
Fattori di inclinazione del terreno (fondazione su pendio)				

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

Dove il coeff.  $k$  assume la seguente espressione:

se	se	
----	----	--

Indichiamo con  $V$  e  $H$  le componenti del carico rispettivamente perpendicolare e parallela alla base e con  $A_f$  l'area efficace della fondazione ottenuta come  $A_f = B' \times L'$  ( $B'$  e  $L'$  sono legate alle dimensioni effettive della fondazione  $B$ ,  $L$  e all'eccentricità del carico  $e_B$ ,  $e_L$  dalle relazioni  $B' = B - 2e_B$ ,  $L' = L - 2e_L$ ) e con  $\eta$  l'angolo di inclinazione della fondazione espresso in gradi ( $\eta=0$  per fondazione orizzontale). Per poter applicare la formula di Hansen devono risultare verificate le seguenti condizioni:

--	--	--	--

### Riduzione per eccentricità del carico

Nel caso in cui il carico al piano di posa della fondazione risulta eccentrico, Bowles propone di moltiplicare la capacità portante ultima per i termini  $B'$  ed  $L'$  (area ridotta della fondazione) al posto di  $B$  ed  $L$  dove:

$$B' = B - 2.0 e_x \quad L' = L - 2.0 e_y$$

essendo  $e_x$  ed  $e_y$  le eccentricità del carico.

La portanza espressa nell'unità di misura delle forze diventa:

### Riduzione per effetto piastra

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

Il termine sul peso di volume diventa:

### Verifica alla stabilità globale

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

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 25.

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

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

dove il termine  $m$  è espresso da

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

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

## Dati

### Materiali

#### Simbologia adottata

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

#### Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	$\gamma$	R <sub>ck</sub>	E	$\nu$	n	ntc
				[kN/mc]	[kPa]	[kPa]			
1	Cls Armato	C28/35	B450C	25.0000	35000	32587986	0.30	15.00	0.50

#### Acciai

Descr	f <sub>yk</sub>	f <sub>uk</sub>
	[kPa]	[kPa]
B450C	449936	539963

### Geometria profilo terreno a monte del muro

#### Simbologia adottata

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

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	0.00	0.00	0.000
2	0.00	-0.60	-89.905
3	7.00	-0.60	0.000
4	8.00	-0.60	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 20.000 [°]

### Geometria muro

#### Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro 10.00 [m]

#### Paramento

Materiale	Cls Armato	
Altezza paramento	1.20	[m]
Altezza paramento libero	0.60	[m]
Spessore in sommità	0.30	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.30	[m]
Inclinazione paramento esterno	0.00	[°]
Inclinazione paramento interno	0.00	[°]

#### Fondazione

Materiale	Cls Armato	
Lunghezza mensola di valle	0.40	[m]
Lunghezza mensola di monte	0.40	[m]
Lunghezza totale	1.10	[m]
Inclinazione piano di posa	0.00	[°]
Spessore	0.40	[m]
Spessore magrone	0.10	[m]

Fig. 1 - Sezione quotata del muro

## Descrizione terreni

### Parametri di resistenza

#### Simbologia adottata

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

n°	Descr	$\gamma$	$\gamma_{sat}$	$\phi$	$\delta$	c	$c_a$	Cesp	$\tau_l$
		[kN/mc]	[kN/mc]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]		[kPa]
1	RILEVATO	19.0000	19.0000	35.000	23.333	0	0	---	---
2	BASE	19.0000	19.0000	35.000	35.000	0	0	---	---

## Stratigrafia

#### Simbologia adottata

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

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

Kststa, Kstsis Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H	$\alpha$	Terreno	Kw	Ks	Cesp	Kststa	Kstsis
	[m]	[°]		[Kg/cm <sup>2</sup> ]				
1	1.60	0.000	RILEVATO	---	---	---	---	---
2	5.00	0.000	BASE	---	---	---	---	---

Fig. 2 - Stratigrafia

## Condizioni di carico

#### Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.	
Carichi orizzontali positivi verso sinistra.	
Momento positivo senso antiorario.	
X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F <sub>x</sub>	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
F <sub>y</sub>	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
M	Momento espresso in [kNm]
X <sub>i</sub>	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X <sub>f</sub>	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q <sub>i</sub>	Intensità del carico per x=X <sub>i</sub> espressa in [kN]
Q <sub>f</sub>	Intensità del carico per x=X <sub>f</sub> espressa in [kN]



Condizione n° 1 (VENTO) - VARIABILE

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=0.60 - \Psi_1=0.20 - \Psi_2=0.00$

*Carichi sul muro*

n°	Tipo	Dest	X; Y [m]	Fx [kN]	Fy [kN]	M [kNm]	Xi [m]	Xf [m]	Qi [kN]	Qf [kN]
1	Concentrato	Paramento	0.00; 0.00	2.0000	0.0000	1.0000				

Condizione n° 2 (TRAFFICO) - VARIABILE

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=0.75 - \Psi_1=0.75 - \Psi_2=0.00$

*Carichi sul terreno*

n°	Tipo	X [m]	Fx [kN]	Fy [kN]	M [kNm]	Xi [m]	Xf [m]	Qi [kN]	Qf [kN]
1	Distribuito					0.10	5.00	20.0000	20.0000

Normativa

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

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

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

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

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

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

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

Descrizione combinazioni di carico

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

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

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

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \Psi_{0,2} Q_{k2} + \Psi_{0,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

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

- Combinazione quasi permanente, impiegata per gli effetti di lungo periodo:

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

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

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

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

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

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

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

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

Combinazione n° 2 - EQU (A1-M1-R3)

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

Combinazione n° 3 - GEO (A2-M2-R2)

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

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
VENTO	1.50	1.00	Sfavorevole
TRAFFICO	1.50	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
VENTO	1.50	1.00	Sfavorevole
TRAFFICO	1.50	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
VENTO	1.30	1.00	Sfavorevole
TRAFFICO	1.30	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
VENTO	1.50	0.60	Sfavorevole
TRAFFICO	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
VENTO	1.50	0.60	Sfavorevole
TRAFFICO	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
VENTO	1.30	0.60	Sfavorevole
TRAFFICO	1.30	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - STR (A1-M1-R3) H - V

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

Combinazione n° 11 - STR (A1-M1-R3) H + V

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

Combinazione n° 12 - EQU (A1-M1-R3) H - V

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

Combinazione n° 13 - EQU (A1-M1-R3) H + V

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

Combinazione n° 14 - GEO (A2-M2-R2) H + V

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

Combinazione n° 15 - GEO (A2-M2-R2) H - V

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

Combinazione n° 16 - STR (A1-M1-R3) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
TRAFFICO	1.00	0.60	Sfavorevole

Combinazione n° 17 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
TRAFFICO	1.00	0.60	Sfavorevole

Combinazione n° 18 - EQU (A1-M1-R3) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
TRAFFICO	1.00	0.60	Sfavorevole

Combinazione n° 19 - EQU (A1-M1-R3) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
TRAFFICO	1.00	0.60	Sfavorevole

Combinazione n° 20 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
TRAFFICO	1.00	0.60	Sfavorevole

Combinazione n° 21 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
TRAFFICO	1.00	0.60	Sfavorevole

Combinazione n° 22 - SLEQ

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

Combinazione n° 23 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
VENTO	1.00	0.20	Sfavorevole

Combinazione n° 24 - SLEF

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

Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
TRAFFICO	1.00	0.75	Sfavorevole

#### Combinazione n° 25 - SLER

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
VENTO	1.00	1.00	Sfavorevole
TRAFFICO	1.00	0.75	Sfavorevole

#### Combinazione n° 26 - SLER

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
TRAFFICO	1.00	1.00	Sfavorevole
VENTO	1.00	0.60	Sfavorevole

#### Dati sismici

	Simbolo	U.M.		SLU	SLE
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]		3.546	1.187
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]		0.361	0.121
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.326	2.355
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.426	0.340
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		C	1.195	1.500
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T2	1.200	

Stato limite ...	Coeff. di riduzione $\beta_m$	kh	kv
Ultimo	0.380	19.706	9.853
Ultimo - Ribaltamento	0.570	29.559	14.779
Esercizio	0.470	10.237	5.118

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

## Opzioni di calcolo

### Spinta

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

### Capacità portante

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

### Stabilità globale

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

### Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	NO
Considera terreno sulla fondazione di valle	NO
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

### Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

### Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti

## Risultati per combinazione

### Spinta e forze

#### Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	3.02	23.33	2.77	1.20	0.40	-1.27
	Peso/Inerzia muro			0.00	20.00/0.00	-0.15	-1.04
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	4.57/0.00	0.20	-0.90
4	Spinta statica	8.52	23.33	7.82	3.37	0.40	-1.16
	Peso/Inerzia muro			0.00	20.00/0.00	-0.15	-1.04
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	11.32/0.00	0.20	-0.90
	Risultante forze sul muro			3.00	0.00	--	--
7	Spinta statica	10.35	23.33	9.51	4.10	0.40	-1.15
	Peso/Inerzia muro			0.00	20.00/0.00	-0.15	-1.04
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	13.57/0.00	0.20	-0.90
	Risultante forze sul muro			1.80	0.00	--	--
10	Spinta statica	2.32	23.33	2.13	0.92	0.40	-1.27
	Incremento di spinta sismica		1.11	1.02	0.44	0.40	-1.27
	Peso/Inerzia muro			3.94	20.00/-1.97	-0.15	-1.04
	Peso/Inerzia terrapieno			0.90	4.57/-0.45	0.20	-0.90
11	Spinta statica	2.32	23.33	2.13	0.92	0.40	-1.27
	Incremento di spinta sismica		1.50	1.38	0.60	0.40	-1.27
	Peso/Inerzia muro			3.94	20.00/1.97	-0.15	-1.04
	Peso/Inerzia terrapieno			0.90	4.57/0.45	0.20	-0.90
16	Spinta statica	5.26	23.33	4.83	2.08	0.40	-1.17
	Incremento di spinta sismica		3.40	3.12	1.35	0.40	-1.27
	Peso/Inerzia muro			3.94	20.00/1.97	-0.15	-1.04
	Peso/Inerzia terrapieno			1.61	8.17/0.80	0.20	-0.90
17	Spinta statica	5.26	23.33	4.83	2.08	0.40	-1.17
	Incremento di spinta sismica		2.52	2.31	1.00	0.40	-1.27
	Peso/Inerzia muro			3.94	20.00/-1.97	-0.15	-1.04
	Peso/Inerzia terrapieno			1.61	8.17/-0.80	0.20	-0.90
22	Spinta statica	2.32	23.33	2.13	0.92	0.40	-1.27
	Peso/Inerzia muro			0.00	20.00/0.00	-0.15	-1.04
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	4.57/0.00	0.20	-0.90
23	Spinta statica	2.32	23.33	2.13	0.92	0.40	-1.27
	Peso/Inerzia muro			0.00	20.00/0.00	-0.15	-1.04
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	4.57/0.00	0.20	-0.90
	Risultante forze sul muro			0.40	0.00	--	--
24	Spinta statica	5.99	23.33	5.50	2.37	0.40	-1.16
	Peso/Inerzia muro			0.00	20.00/0.00	-0.15	-1.04
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	9.07/0.00	0.20	-0.90
25	Spinta statica	5.99	23.33	5.50	2.37	0.40	-1.16
	Peso/Inerzia muro			0.00	20.00/0.00	-0.15	-1.04
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	9.07/0.00	0.20	-0.90
	Risultante forze sul muro			2.00	0.00	--	--
26	Spinta statica	7.21	23.33	6.62	2.86	0.40	-1.15
	Peso/Inerzia muro			0.00	20.00/0.00	-0.15	-1.04
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	10.57/0.00	0.20	-0.90
	Risultante forze sul muro			1.20	0.00	--	--

Fig. 3 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 7)



Fig. 4 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 7)



Fig. 5 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 16)



Fig. 6 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 16)



## Verifiche geotecniche

### Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

#### Simbologia adottata

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

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>SUPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		6.502		10.352			
2 - EQU (A1-M1-R3)			17.735				
3 - GEO (A2-M2-R2)					2.967		
4 - STR (A1-M1-R3)		2.244		3.510			
5 - EQU (A1-M1-R3)			2.554				
6 - GEO (A2-M2-R2)					1.883		
7 - STR (A1-M1-R3)		2.333		4.019			
8 - EQU (A1-M1-R3)			3.434				
9 - GEO (A2-M2-R2)					1.728		
10 - STR (A1-M1-R3)	H - V	2.058		5.147			
11 - STR (A1-M1-R3)	H + V	2.388		5.212			
12 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		2.172				
13 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		3.394				
14 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				2.145		
15 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.958		
16 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.782		3.124			
17 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.571		2.962			
18 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		2.024				
19 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		2.940				
20 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.729		
21 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.601		

### Verifica a scorrimento fondazione

#### Simbologia adottata

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

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR (A1-M1-R3)	18.04	0.00	0.00	--	--	18.04	2.77	6.502
4 - STR (A1-M1-R3)	24.29	0.00	0.00	--	--	24.29	10.82	2.244
7 - STR (A1-M1-R3)	26.37	0.00	0.00	--	--	26.37	11.31	2.333



10 - STR (A1-M1-R3) H - V	16.46	0.00	0.00	--	--	16.46	8.00	2.058
11 - STR (A1-M1-R3) H + V	19.96	0.00	0.00	--	--	19.96	8.36	2.388
16 - STR (A1-M1-R3) H + V	24.07	0.00	0.00	--	--	24.07	13.50	1.782
17 - STR (A1-M1-R3) H - V	19.94	0.00	0.00	--	--	19.94	12.69	1.571

## Verifica a carico limite

### Simbologia adottata

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

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR (A1-M1-R3)	25.76	266.70	190.50	10.352
4 - STR (A1-M1-R3)	34.69	121.76	86.97	3.510
7 - STR (A1-M1-R3)	37.67	151.38	108.13	4.019
10 - STR (A1-M1-R3) H - V	23.51	120.98	100.82	5.147
11 - STR (A1-M1-R3) H + V	28.50	148.55	123.79	5.212
16 - STR (A1-M1-R3) H + V	34.37	107.38	89.48	3.124
17 - STR (A1-M1-R3) H - V	28.47	84.34	70.28	2.962

## Dettagli calcolo portanza

### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gy	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, by	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sy	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, py	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
ry	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B\gamma N$ , viene moltiplicato per questo
D	Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
B'	Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
H	Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
γ	Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
φ	Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
c	Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo "--" sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Hansen).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	ry	D	B' H	γ	φ	c
									[m]	[m]	[kN/mc]	[°]	[kPa]
1	46.124	0.751	1.311	0.864	1.000	--	--	1.000	0.85	1.10	19.00	35.00	0
	33.296	0.758	1.198	0.366	1.000	--	--						
	33.921	0.676	1.000	0.366	1.000	--	--						
4	46.124	0.411	1.311	0.864	1.000	--	--	1.000	0.85	1.10	19.00	35.00	0
	33.296	0.428	1.198	0.366	1.000	--	--						
	33.921	0.292	1.000	0.366	1.000	--	--						
7	46.124	0.426	1.311	0.864	1.000	--	--	1.000	0.85	1.10	19.00	35.00	0
	33.296	0.443	1.198	0.366	1.000	--	--						
	33.921	0.307	1.000	0.366	1.000	--	--						
10	46.124	0.375	1.311	0.864	1.000	--	--	1.000	0.85	1.10	19.00	35.00	0
	33.296	0.394	1.198	0.366	1.000	--	--						
	33.921	0.257	1.000	0.366	1.000	--	--						
11	46.124	0.436	1.311	0.864	1.000	--	--	1.000	0.85	1.10	19.00	35.00	0
	33.296	0.453	1.198	0.366	1.000	--	--						
	33.921	0.317	1.000	0.366	1.000	--	--						
16	46.124	0.314	1.311	0.864	1.000	--	--	1.000	0.85	1.10	19.00	35.00	0
	33.296	0.335	1.198	0.366	1.000	--	--						
	33.921	0.200	1.000	0.366	1.000	--	--						
17	46.124	0.261	1.311	0.864	1.000	--	--	1.000	0.85	1.10	19.00	35.00	0
	33.296	0.283	1.198	0.366	1.000	--	--						
	33.921	0.154	1.000	0.366	1.000	--	--						

## Verifica a ribaltamento

### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
----	---------------------

Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]  
 Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]  
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)  
 La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
2 - EQU (A1-M1-R3)	16.42	0.93	17.735
5 - EQU (A1-M1-R3)	24.90	9.75	2.554
8 - EQU (A1-M1-R3)	27.72	8.07	3.434
12 - EQU (A1-M1-R3) H - V	17.03	7.84	2.172
13 - EQU (A1-M1-R3) H + V	19.43	5.72	3.394
18 - EQU (A1-M1-R3) H - V	22.70	11.22	2.024
19 - EQU (A1-M1-R3) H + V	25.79	8.77	2.940

### Verifica stabilità globale muro + terreno

#### Simbologia adottata

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

Ic	C [m]	R [m]	FS
3 - GEO (A2-M2-R2)	-1.18; 0.79	2.87	2.967
6 - GEO (A2-M2-R2)	-1.18; 1.18	3.21	1.883
9 - GEO (A2-M2-R2)	-1.18; 1.18	3.21	1.728
14 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-1.18; 1.18	3.21	2.145
15 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-1.18; 1.18	3.21	1.958
20 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-1.18; 1.18	3.21	1.729
21 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-1.18; 1.18	3.21	1.601

### Dettagli strisce verifiche stabilità

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Origine in testa al muro (spigolo contro terra)  
 W peso della striscia espresso in [kN]  
 Qy carico sulla striscia espresso in [kN]  
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
 φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]  
 b larghezza della striscia espressa in [m]  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]  
 Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

#### Combinazione n° 3 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [kN]	Qy [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	0.41	0.00	1.35 - 0.17	56.332	29.256	0	0.0	
2	1.17	0.00	0.17	52.404	29.256	0	0.0	
3	1.81	0.00	0.17	47.156	29.256	0	0.0	
4	2.35	0.00	0.17	42.390	29.256	0	0.0	
5	2.81	0.00	0.17	37.965	29.256	0	0.0	
6	3.37	0.00	0.17	33.794	29.256	0	0.0	
7	3.95	0.00	0.17	29.819	29.256	0	0.0	
8	4.35	0.00	0.17	25.996	29.256	0	0.0	
9	7.63	0.00	0.17	22.296	29.256	0	0.0	
10	7.01	0.00	0.17	18.691	29.256	0	0.0	
11	4.70	0.00	0.17	15.161	29.256	0	0.0	
12	4.63	0.00	0.17	11.690	29.256	0	0.0	
13	4.17	0.00	0.17	8.262	29.256	0	0.0	
14	3.99	0.00	0.17	4.864	29.256	0	0.0	
15	3.82	0.00	0.17	1.482	29.256	0	0.0	
16	3.62	0.00	0.17	-1.894	29.256	0	0.0	
17	3.39	0.00	0.17	-5.276	29.256	0	0.0	

18	3.13	0.00	0.17	-8.678	29.256	0	0.0
19	2.83	0.00	0.17	-12.110	29.256	0	0.0
20	2.50	0.00	0.17	-15.588	29.256	0	0.0
21	2.13	0.00	0.17	-19.125	29.256	0	0.0
22	1.72	0.00	0.17	-22.741	29.256	0	0.0
23	1.28	0.00	0.17	-26.455	29.256	0	0.0
24	0.79	0.00	0.17	-30.294	29.256	0	0.0
25	0.25	0.00	-2.88 - 0.17	-31.413	29.256	0	0.0

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [kN]	Qy [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	0.37	3.42	1.50 - 0.18	51.870	29.256	0	0.0	
2	1.08	3.42	0.18	48.955	29.256	0	0.0	
3	1.71	3.42	0.18	44.369	29.256	0	0.0	
4	2.24	3.42	0.18	40.121	29.256	0	0.0	
5	2.70	3.42	0.18	36.125	29.256	0	0.0	
6	3.10	3.42	0.18	32.325	29.256	0	0.0	
7	3.75	3.42	0.18	28.678	29.256	0	0.0	
8	4.16	3.34	0.18	25.156	29.256	0	0.0	
9	5.91	0.00	0.18	21.732	29.256	0	0.0	
10	7.90	0.00	0.18	18.389	29.256	0	0.0	
11	4.83	0.00	0.18	15.109	29.256	0	0.0	
12	4.68	0.00	0.18	11.880	29.256	0	0.0	
13	4.38	0.00	0.18	8.689	29.256	0	0.0	
14	4.02	0.00	0.18	5.524	29.256	0	0.0	
15	3.84	0.00	0.18	2.377	29.256	0	0.0	
16	3.64	0.00	0.18	-0.764	29.256	0	0.0	
17	3.40	0.00	0.18	-3.906	29.256	0	0.0	
18	3.13	0.00	0.18	-7.061	29.256	0	0.0	
19	2.83	0.00	0.18	-10.237	29.256	0	0.0	
20	2.49	0.00	0.18	-13.445	29.256	0	0.0	
21	2.12	0.00	0.18	-16.698	29.256	0	0.0	
22	1.71	0.00	0.18	-20.006	29.256	0	0.0	
23	1.27	0.00	0.18	-23.386	29.256	0	0.0	
24	0.78	0.00	0.18	-26.855	29.256	0	0.0	
25	0.24	0.00	-2.89 - 0.18	-27.899	29.256	0	0.0	

Combinazione n° 9 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [kN]	Qy [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	0.37	4.57	1.50 - 0.18	51.870	29.256	0	0.0	
2	1.08	4.57	0.18	48.955	29.256	0	0.0	
3	1.71	4.57	0.18	44.369	29.256	0	0.0	
4	2.24	4.57	0.18	40.121	29.256	0	0.0	
5	2.70	4.57	0.18	36.125	29.256	0	0.0	
6	3.10	4.57	0.18	32.325	29.256	0	0.0	
7	3.75	4.57	0.18	28.678	29.256	0	0.0	
8	4.16	4.45	0.18	25.156	29.256	0	0.0	
9	5.91	0.00	0.18	21.732	29.256	0	0.0	
10	7.90	0.00	0.18	18.389	29.256	0	0.0	
11	4.83	0.00	0.18	15.109	29.256	0	0.0	
12	4.68	0.00	0.18	11.880	29.256	0	0.0	
13	4.38	0.00	0.18	8.689	29.256	0	0.0	
14	4.02	0.00	0.18	5.524	29.256	0	0.0	
15	3.84	0.00	0.18	2.377	29.256	0	0.0	
16	3.64	0.00	0.18	-0.764	29.256	0	0.0	
17	3.40	0.00	0.18	-3.906	29.256	0	0.0	
18	3.13	0.00	0.18	-7.061	29.256	0	0.0	
19	2.83	0.00	0.18	-10.237	29.256	0	0.0	
20	2.49	0.00	0.18	-13.445	29.256	0	0.0	
21	2.12	0.00	0.18	-16.698	29.256	0	0.0	
22	1.71	0.00	0.18	-20.006	29.256	0	0.0	
23	1.27	0.00	0.18	-23.386	29.256	0	0.0	
24	0.78	0.00	0.18	-26.855	29.256	0	0.0	
25	0.24	0.00	-2.89 - 0.18	-27.899	29.256	0	0.0	

Combinazione n° 14 - GEO (A2-M2-R2) H + V

n°	W	Qy	b	α	φ	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]
1	0.37	0.00	1.50 - 0.18	51.870	35.000	0	0.0	
2	1.08	0.00	0.18	48.955	35.000	0	0.0	
3	1.71	0.00	0.18	44.369	35.000	0	0.0	
4	2.24	0.00	0.18	40.121	35.000	0	0.0	
5	2.70	0.00	0.18	36.125	35.000	0	0.0	
6	3.10	0.00	0.18	32.325	35.000	0	0.0	
7	3.75	0.00	0.18	28.678	35.000	0	0.0	
8	4.16	0.00	0.18	25.156	35.000	0	0.0	
9	5.91	0.00	0.18	21.732	35.000	0	0.0	
10	7.90	0.00	0.18	18.389	35.000	0	0.0	
11	4.83	0.00	0.18	15.109	35.000	0	0.0	
12	4.68	0.00	0.18	11.880	35.000	0	0.0	
13	4.38	0.00	0.18	8.689	35.000	0	0.0	
14	4.02	0.00	0.18	5.524	35.000	0	0.0	
15	3.84	0.00	0.18	2.377	35.000	0	0.0	
16	3.64	0.00	0.18	-0.764	35.000	0	0.0	
17	3.40	0.00	0.18	-3.906	35.000	0	0.0	
18	3.13	0.00	0.18	-7.061	35.000	0	0.0	
19	2.83	0.00	0.18	-10.237	35.000	0	0.0	
20	2.49	0.00	0.18	-13.445	35.000	0	0.0	
21	2.12	0.00	0.18	-16.698	35.000	0	0.0	
22	1.71	0.00	0.18	-20.006	35.000	0	0.0	
23	1.27	0.00	0.18	-23.386	35.000	0	0.0	
24	0.78	0.00	0.18	-26.855	35.000	0	0.0	
25	0.24	0.00	-2.89 - 0.18	-27.899	35.000	0	0.0	

Combinazione n° 15 - GEO (A2-M2-R2) H - V

n°	W	Qy	b	α	φ	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]
1	0.37	0.00	1.50 - 0.18	51.870	35.000	0	0.0	
2	1.08	0.00	0.18	48.955	35.000	0	0.0	
3	1.71	0.00	0.18	44.369	35.000	0	0.0	
4	2.24	0.00	0.18	40.121	35.000	0	0.0	
5	2.70	0.00	0.18	36.125	35.000	0	0.0	
6	3.10	0.00	0.18	32.325	35.000	0	0.0	
7	3.75	0.00	0.18	28.678	35.000	0	0.0	
8	4.16	0.00	0.18	25.156	35.000	0	0.0	
9	5.91	0.00	0.18	21.732	35.000	0	0.0	
10	7.90	0.00	0.18	18.389	35.000	0	0.0	
11	4.83	0.00	0.18	15.109	35.000	0	0.0	
12	4.68	0.00	0.18	11.880	35.000	0	0.0	
13	4.38	0.00	0.18	8.689	35.000	0	0.0	
14	4.02	0.00	0.18	5.524	35.000	0	0.0	
15	3.84	0.00	0.18	2.377	35.000	0	0.0	
16	3.64	0.00	0.18	-0.764	35.000	0	0.0	
17	3.40	0.00	0.18	-3.906	35.000	0	0.0	
18	3.13	0.00	0.18	-7.061	35.000	0	0.0	
19	2.83	0.00	0.18	-10.237	35.000	0	0.0	
20	2.49	0.00	0.18	-13.445	35.000	0	0.0	
21	2.12	0.00	0.18	-16.698	35.000	0	0.0	
22	1.71	0.00	0.18	-20.006	35.000	0	0.0	
23	1.27	0.00	0.18	-23.386	35.000	0	0.0	
24	0.78	0.00	0.18	-26.855	35.000	0	0.0	
25	0.24	0.00	-2.89 - 0.18	-27.899	35.000	0	0.0	

Combinazione n° 20 - GEO (A2-M2-R2) H + V

n°	W	Qy	b	α	φ	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]
1	0.37	2.11	1.50 - 0.18	51.870	35.000	0	0.0	
2	1.08	2.11	0.18	48.955	35.000	0	0.0	
3	1.71	2.11	0.18	44.369	35.000	0	0.0	
4	2.24	2.11	0.18	40.121	35.000	0	0.0	
5	2.70	2.11	0.18	36.125	35.000	0	0.0	
6	3.10	2.11	0.18	32.325	35.000	0	0.0	
7	3.75	2.11	0.18	28.678	35.000	0	0.0	
8	4.16	2.05	0.18	25.156	35.000	0	0.0	
9	5.91	0.00	0.18	21.732	35.000	0	0.0	
10	7.90	0.00	0.18	18.389	35.000	0	0.0	

11	4.83	0.00	0.18	15.109	35.000	0	0.0
12	4.68	0.00	0.18	11.880	35.000	0	0.0
13	4.38	0.00	0.18	8.689	35.000	0	0.0
14	4.02	0.00	0.18	5.524	35.000	0	0.0
15	3.84	0.00	0.18	2.377	35.000	0	0.0
16	3.64	0.00	0.18	-0.764	35.000	0	0.0
17	3.40	0.00	0.18	-3.906	35.000	0	0.0
18	3.13	0.00	0.18	-7.061	35.000	0	0.0
19	2.83	0.00	0.18	-10.237	35.000	0	0.0
20	2.49	0.00	0.18	-13.445	35.000	0	0.0
21	2.12	0.00	0.18	-16.698	35.000	0	0.0
22	1.71	0.00	0.18	-20.006	35.000	0	0.0
23	1.27	0.00	0.18	-23.386	35.000	0	0.0
24	0.78	0.00	0.18	-26.855	35.000	0	0.0
25	0.24	0.00	-2.89 - 0.18	-27.899	35.000	0	0.0

Combinazione n° 21 - GEO (A2-M2-R2) H - V

n°	W [kN]	Qy [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	0.37	2.11	1.50 - 0.18	51.870	35.000	0	0.0	
2	1.08	2.11	0.18	48.955	35.000	0	0.0	
3	1.71	2.11	0.18	44.369	35.000	0	0.0	
4	2.24	2.11	0.18	40.121	35.000	0	0.0	
5	2.70	2.11	0.18	36.125	35.000	0	0.0	
6	3.10	2.11	0.18	32.325	35.000	0	0.0	
7	3.75	2.11	0.18	28.678	35.000	0	0.0	
8	4.16	2.05	0.18	25.156	35.000	0	0.0	
9	5.91	0.00	0.18	21.732	35.000	0	0.0	
10	7.90	0.00	0.18	18.389	35.000	0	0.0	
11	4.83	0.00	0.18	15.109	35.000	0	0.0	
12	4.68	0.00	0.18	11.880	35.000	0	0.0	
13	4.38	0.00	0.18	8.689	35.000	0	0.0	
14	4.02	0.00	0.18	5.524	35.000	0	0.0	
15	3.84	0.00	0.18	2.377	35.000	0	0.0	
16	3.64	0.00	0.18	-0.764	35.000	0	0.0	
17	3.40	0.00	0.18	-3.906	35.000	0	0.0	
18	3.13	0.00	0.18	-7.061	35.000	0	0.0	
19	2.83	0.00	0.18	-10.237	35.000	0	0.0	
20	2.49	0.00	0.18	-13.445	35.000	0	0.0	
21	2.12	0.00	0.18	-16.698	35.000	0	0.0	
22	1.71	0.00	0.18	-20.006	35.000	0	0.0	
23	1.27	0.00	0.18	-23.386	35.000	0	0.0	
24	0.78	0.00	0.18	-26.855	35.000	0	0.0	
25	0.24	0.00	-2.89 - 0.18	-27.899	35.000	0	0.0	

Fig. 7 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 21)

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

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

Paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.09	0.69	0.00	0.00
3	-0.18	1.38	0.00	0.00
4	-0.28	2.08	0.00	0.00
5	-0.37	2.77	0.00	0.00

6	-0.46	3.46	0.01	0.00
7	-0.55	4.15	0.02	0.00
8	-0.65	4.85	0.05	0.00
9	-0.74	5.54	0.11	0.01
10	-0.83	6.23	0.21	0.03
11	-0.92	6.92	0.35	0.05
12	-1.02	7.62	0.54	0.09
13	-1.11	8.31	0.77	0.15
14	-1.20	9.00	1.06	0.24

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	0.00	0.00	3.00	1.50
2	-0.09	0.69	3.00	1.78
3	-0.18	1.38	3.00	2.05
4	-0.28	2.08	3.00	2.33
5	-0.37	2.77	3.00	2.61
6	-0.46	3.46	3.01	2.89
7	-0.55	4.15	3.07	3.17
8	-0.65	4.85	3.19	3.45
9	-0.74	5.54	3.43	3.76
10	-0.83	6.23	3.81	4.09
11	-0.92	6.92	4.30	4.47
12	-1.02	7.62	4.90	4.89
13	-1.11	8.31	5.61	5.37
14	-1.20	9.00	6.44	5.93

Combinazione n° 7 - STR (A1-M1-R3)

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	0.00	0.00	1.80	0.90
2	-0.09	0.69	1.80	1.07
3	-0.18	1.38	1.80	1.23
4	-0.28	2.08	1.80	1.40
5	-0.37	2.77	1.80	1.56
6	-0.46	3.46	1.82	1.73
7	-0.55	4.15	1.89	1.90
8	-0.65	4.85	2.04	2.08
9	-0.74	5.54	2.34	2.28
10	-0.83	6.23	2.81	2.52
11	-0.92	6.92	3.42	2.81
12	-1.02	7.62	4.16	3.16
13	-1.11	8.31	5.03	3.58
14	-1.20	9.00	6.04	4.09

Combinazione n° 10 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.09	0.69	0.14	0.01
3	-0.18	1.38	0.28	0.03
4	-0.28	2.08	0.43	0.06
5	-0.37	2.77	0.58	0.11
6	-0.46	3.46	0.74	0.17
7	-0.55	4.15	0.92	0.24
8	-0.65	4.85	1.11	0.34
9	-0.74	5.54	1.32	0.45
10	-0.83	6.23	1.57	0.58
11	-0.92	6.92	1.86	0.74
12	-1.02	7.62	2.19	0.93
13	-1.11	8.31	2.56	1.15
14	-1.20	9.00	2.97	1.40

Combinazione n° 11 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]

1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.09	0.69	0.14	0.01
3	-0.18	1.38	0.29	0.03
4	-0.28	2.08	0.44	0.06
5	-0.37	2.77	0.60	0.11
6	-0.46	3.46	0.76	0.17
7	-0.55	4.15	0.95	0.25
8	-0.65	4.85	1.14	0.34
9	-0.74	5.54	1.37	0.46
10	-0.83	6.23	1.64	0.60
11	-0.92	6.92	1.94	0.76
12	-1.02	7.62	2.29	0.96
13	-1.11	8.31	2.68	1.19
14	-1.20	9.00	3.11	1.46

Combinazione n° 16 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.09	0.69	0.15	0.01
3	-0.18	1.38	0.31	0.03
4	-0.28	2.08	0.49	0.06
5	-0.37	2.77	0.69	0.12
6	-0.46	3.46	0.92	0.19
7	-0.55	4.15	1.19	0.29
8	-0.65	4.85	1.51	0.41
9	-0.74	5.54	1.92	0.57
10	-0.83	6.23	2.43	0.77
11	-0.92	6.92	3.03	1.02
12	-1.02	7.62	3.72	1.33
13	-1.11	8.31	4.50	1.71
14	-1.20	9.00	5.38	2.17

Combinazione n° 17 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.09	0.69	0.14	0.01
3	-0.18	1.38	0.30	0.03
4	-0.28	2.08	0.47	0.06
5	-0.37	2.77	0.66	0.11
6	-0.46	3.46	0.87	0.18
7	-0.55	4.15	1.11	0.28
8	-0.65	4.85	1.41	0.39
9	-0.74	5.54	1.79	0.54
10	-0.83	6.23	2.27	0.73
11	-0.92	6.92	2.83	0.96
12	-1.02	7.62	3.48	1.25
13	-1.11	8.31	4.22	1.61
14	-1.20	9.00	5.04	2.03

Combinazione n° 22 - SLEQ

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.09	0.69	0.00	0.00
3	-0.18	1.38	0.00	0.00
4	-0.28	2.08	0.00	0.00
5	-0.37	2.77	0.00	0.00
6	-0.46	3.46	0.00	0.00
7	-0.55	4.15	0.02	0.00
8	-0.65	4.85	0.04	0.00
9	-0.74	5.54	0.08	0.01
10	-0.83	6.23	0.16	0.02
11	-0.92	6.92	0.27	0.04
12	-1.02	7.62	0.41	0.07
13	-1.11	8.31	0.59	0.12
14	-1.20	9.00	0.81	0.18

Combinazione n° 23 - SLEF

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	0.00	0.00	0.40	0.20
2	-0.09	0.69	0.40	0.24
3	-0.18	1.38	0.40	0.27
4	-0.28	2.08	0.40	0.31
5	-0.37	2.77	0.40	0.35
6	-0.46	3.46	0.40	0.39
7	-0.55	4.15	0.42	0.42
8	-0.65	4.85	0.44	0.46
9	-0.74	5.54	0.48	0.50
10	-0.83	6.23	0.56	0.55
11	-0.92	6.92	0.67	0.61
12	-1.02	7.62	0.81	0.68
13	-1.11	8.31	0.99	0.76
14	-1.20	9.00	1.21	0.86

Combinazione n° 24 - SLEF

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.09	0.69	0.00	0.00
3	-0.18	1.38	0.00	0.00
4	-0.28	2.08	0.00	0.00
5	-0.37	2.77	0.00	0.00
6	-0.46	3.46	0.01	0.00
7	-0.55	4.15	0.05	0.00
8	-0.65	4.85	0.13	0.01
9	-0.74	5.54	0.30	0.03
10	-0.83	6.23	0.56	0.07
11	-0.92	6.92	0.90	0.14
12	-1.02	7.62	1.32	0.24
13	-1.11	8.31	1.82	0.38
14	-1.20	9.00	2.40	0.58

Combinazione n° 25 - SLER

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	0.00	0.00	2.00	1.00
2	-0.09	0.69	2.00	1.18
3	-0.18	1.38	2.00	1.37
4	-0.28	2.08	2.00	1.55
5	-0.37	2.77	2.00	1.74
6	-0.46	3.46	2.01	1.92
7	-0.55	4.15	2.05	2.11
8	-0.65	4.85	2.13	2.30
9	-0.74	5.54	2.30	2.51
10	-0.83	6.23	2.56	2.73
11	-0.92	6.92	2.90	2.98
12	-1.02	7.62	3.32	3.27
13	-1.11	8.31	3.82	3.60
14	-1.20	9.00	4.40	3.98

Combinazione n° 26 - SLER

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	0.00	0.00	1.20	0.60
2	-0.09	0.69	1.20	0.71
3	-0.18	1.38	1.20	0.82
4	-0.28	2.08	1.20	0.93
5	-0.37	2.77	1.20	1.04
6	-0.46	3.46	1.21	1.15
7	-0.55	4.15	1.26	1.27
8	-0.65	4.85	1.37	1.39
9	-0.74	5.54	1.57	1.52



10	-0.83	6.23	1.89	1.68
11	-0.92	6.92	2.31	1.88
12	-1.02	7.62	2.83	2.11
13	-1.11	8.31	3.43	2.40
14	-1.20	9.00	4.14	2.75

↓ ■■■■  
Fig. 8 - Paramento (Inviluppo)

*Fondazione*

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0.70	0.00	0.00	0.00
2	-0.60	0.00	0.74	0.04
3	-0.50	0.00	1.61	0.15
4	-0.40	0.00	2.59	0.36
5	-0.30	0.00	3.69	0.67
6	0.00	0.00	1.11	0.29
7	0.10	0.00	1.02	0.18
8	0.20	0.00	0.80	0.09
9	0.30	0.00	0.46	0.02
10	0.40	0.00	0.00	0.00

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0.70	0.00	0.00	0.00
2	-0.60	0.00	3.93	0.20
3	-0.50	0.00	7.50	0.77
4	-0.40	0.00	10.71	1.69
5	-0.30	0.00	13.58	2.90
6	0.00	0.00	-9.03	-1.99
7	0.10	0.00	-8.99	-1.43
8	0.20	0.00	-6.35	-0.66
9	0.30	0.00	-3.35	-0.17
10	0.40	0.00	0.00	0.00

Combinazione n° 7 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0.70	0.00	0.00	0.00
2	-0.60	0.00	2.90	0.15
3	-0.50	0.00	5.71	0.58
4	-0.40	0.00	8.43	1.29
5	-0.30	0.00	11.04	2.26
6	0.00	0.00	-6.58	-1.36
7	0.10	0.00	-7.33	-1.12
8	0.20	0.00	-4.98	-0.50
9	0.30	0.00	-2.54	-0.13
10	0.40	0.00	0.00	0.00

Combinazione n° 10 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0.70	0.00	0.00	0.00
2	-0.60	0.00	1.90	0.10
3	-0.50	0.00	3.66	0.38
4	-0.40	0.00	5.25	0.82
5	-0.30	0.00	6.70	1.42
6	0.00	0.00	-2.17	-0.51
7	0.10	0.00	-1.85	-0.31
8	0.20	0.00	-1.39	-0.15

9	0.30	0.00	-0.77	-0.04
10	0.40	0.00	0.00	0.00

Combinazione n° 11 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	-0.70	0.00	0.00	0.00
2	-0.60	0.00	2.23	0.11
3	-0.50	0.00	4.34	0.44
4	-0.40	0.00	6.31	0.98
5	-0.30	0.00	8.16	1.70
6	0.00	0.00	0.00	-0.07
7	0.10	0.00	-0.19	-0.06
8	0.20	0.00	-0.25	-0.03
9	0.30	0.00	-0.19	-0.01
10	0.40	0.00	0.00	0.00

Combinazione n° 16 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	-0.70	0.00	0.00	0.00
2	-0.60	0.00	2.76	0.14
3	-0.50	0.00	5.39	0.55
4	-0.40	0.00	7.90	1.21
5	-0.30	0.00	10.28	2.12
6	0.00	0.00	-1.44	-0.35
7	0.10	0.00	-2.17	-0.35
8	0.20	0.00	-1.57	-0.17
9	0.30	0.00	-0.85	-0.04
10	0.40	0.00	0.00	0.00

Combinazione n° 17 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	-0.70	0.00	0.00	0.00
2	-0.60	0.00	2.44	0.12
3	-0.50	0.00	4.71	0.48
4	-0.40	0.00	6.81	1.06
5	-0.30	0.00	8.74	1.84
6	0.00	0.00	-4.20	-0.93
7	0.10	0.00	-4.30	-0.68
8	0.20	0.00	-3.04	-0.32
9	0.30	0.00	-1.61	-0.08
10	0.40	0.00	0.00	0.00

Combinazione n° 22 - SLEQ

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	-0.70	0.00	0.00	0.00
2	-0.60	0.00	0.69	0.03
3	-0.50	0.00	1.51	0.14
4	-0.40	0.00	2.45	0.34
5	-0.30	0.00	3.51	0.64
6	0.00	0.00	2.46	0.56
7	0.10	0.00	2.04	0.33
8	0.20	0.00	1.48	0.16
9	0.30	0.00	0.80	0.04
10	0.40	0.00	0.00	0.00

Combinazione n° 23 - SLEF

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	-0.70	0.00	0.00	0.00
2	-0.60	0.00	1.07	0.05
3	-0.50	0.00	2.19	0.22

4	-0.40	0.00	3.35	0.49
5	-0.30	0.00	4.57	0.89
6	0.00	0.00	1.40	0.31
7	0.10	0.00	1.13	0.18
8	0.20	0.00	0.80	0.08
9	0.30	0.00	0.43	0.02
10	0.40	0.00	0.00	0.00

Combinazione n° 24 - SLEF

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	-0.70	0.00	0.00	0.00
2	-0.60	0.00	0.92	0.04
3	-0.50	0.00	2.03	0.19
4	-0.40	0.00	3.32	0.46
5	-0.30	0.00	4.80	0.86
6	0.00	0.00	1.00	0.30
7	0.10	0.00	-0.09	0.03
8	0.20	0.00	0.13	0.03
9	0.30	0.00	0.16	0.01
10	0.40	0.00	0.00	0.00

Combinazione n° 25 - SLER

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	-0.70	0.00	0.00	0.00
2	-0.60	0.00	2.81	0.14
3	-0.50	0.00	5.43	0.56
4	-0.40	0.00	7.86	1.22
5	-0.30	0.00	10.10	2.12
6	0.00	0.00	-4.30	-0.96
7	0.10	0.00	-4.64	-0.74
8	0.20	0.00	-3.28	-0.34
9	0.30	0.00	-1.74	-0.09
10	0.40	0.00	0.00	0.00

Combinazione n° 26 - SLER

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	-0.70	0.00	0.00	0.00
2	-0.60	0.00	2.13	0.11
3	-0.50	0.00	4.24	0.43
4	-0.40	0.00	6.34	0.95
5	-0.30	0.00	8.41	1.69
6	0.00	0.00	-2.67	-0.54
7	0.10	0.00	-3.53	-0.53
8	0.20	0.00	-2.37	-0.24
9	0.30	0.00	-1.19	-0.06
10	0.40	0.00	0.00	0.00

Fig. 9 - Fondazione (Inviluppo)

## Risultati per inviluppo

### Spinta e forze

#### Simbologia adottata

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

Ic	A	V [kN]	I [°]	C <sub>x</sub> [kN]	C <sub>y</sub> [kN]	P <sub>x</sub> [m]	P <sub>y</sub> [m]
7	Spinta statica	10.35	23.33	9.51	4.10	0.40	-1.15
	Peso/Inerzia muro			0.00	20.00/0.00	-0.15	-1.04
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	13.57/0.00	0.20	-0.90
	Risultante forze sul muro			1.80	0.00	--	--



Fig. 10 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 7)



Fig. 11 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 7)

### Verifiche geotecniche

#### Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

#### Simbologia adottata

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

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>SUPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		6.502		10.352			
2 - EQU (A1-M1-R3)			17.735				
3 - GEO (A2-M2-R2)					2.967		
4 - STR (A1-M1-R3)		2.244		3.510			
5 - EQU (A1-M1-R3)			2.554				
6 - GEO (A2-M2-R2)					1.883		
7 - STR (A1-M1-R3)		2.333		4.019			
8 - EQU (A1-M1-R3)			3.434				
9 - GEO (A2-M2-R2)					1.728		
10 - STR (A1-M1-R3)	H - V	2.058		5.147			
11 - STR (A1-M1-R3)	H + V	2.388		5.212			
12 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		2.172				
13 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		3.394				
14 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				2.145		
15 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.958		
16 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.782		3.124			
17 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.571		2.962			
18 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		2.024				
19 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		2.940				
20 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.729		
21 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.601		

### Verifica a scorrimento fondazione

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
----	---------------------

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

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
17 - STR (A1-M1-R3) H - V	19.94	0.00	0.00	--	--	19.94	12.69	1.571

## Verifica a carico limite

### Simbologia adottata

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

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	
17 - STR (A1-M1-R3) H - V	28.47	84.34	70.28	2.962

## Dettagli calcolo portanza

### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gy	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, by	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sy	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, py	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
r <sub>γ</sub>	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5B <sub>y</sub> N <sub>y</sub> viene moltiplicato per questo fattore
D	Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
B'	Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
H	Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
γ	Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
φ	Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
c	Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Hansen).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	r <sub>γ</sub>	D	B' H	γ	φ	c
									[m]	[m]	[kN/mc]	[°]	[kPa]
17	46.124 33.296 33.921	0.261 0.283 0.154	1.311 1.198 1.000	0.864 0.366 0.366	1.000 1.000 1.000	-- -- --	-- -- --	1.000	0.85	1.10 1.06	19.00	35.00	0

## Verifica a ribaltamento

### Simbologia adottata

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

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms	Mr	FS
	[kNm]	[kNm]	
18 - EQU (A1-M1-R3) H - V	22.70	11.22	2.024

## Verifica stabilità globale muro + terreno

### Simbologia adottata

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

FS

Fattore di sicurezza

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
21 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-1.18; 1.18	3.21	1.601

## Dettagli strisce verifiche stabilità

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

Qy carico sulla striscia espresso in [kN]

 $\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario) $\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]

b larghezza della striscia espressa in [m]

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

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

n°	W	Qy	b	$\alpha$	$\phi$	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]
1	0.37	2.11	1.50 - 0.18	51.870	35.000	0	0.0	
2	1.08	2.11	0.18	48.955	35.000	0	0.0	
3	1.71	2.11	0.18	44.369	35.000	0	0.0	
4	2.24	2.11	0.18	40.121	35.000	0	0.0	
5	2.70	2.11	0.18	36.125	35.000	0	0.0	
6	3.10	2.11	0.18	32.325	35.000	0	0.0	
7	3.75	2.11	0.18	28.678	35.000	0	0.0	
8	4.16	2.05	0.18	25.156	35.000	0	0.0	
9	5.91	0.00	0.18	21.732	35.000	0	0.0	
10	7.90	0.00	0.18	18.389	35.000	0	0.0	
11	4.83	0.00	0.18	15.109	35.000	0	0.0	
12	4.68	0.00	0.18	11.880	35.000	0	0.0	
13	4.38	0.00	0.18	8.689	35.000	0	0.0	
14	4.02	0.00	0.18	5.524	35.000	0	0.0	
15	3.84	0.00	0.18	2.377	35.000	0	0.0	
16	3.64	0.00	0.18	-0.764	35.000	0	0.0	
17	3.40	0.00	0.18	-3.906	35.000	0	0.0	
18	3.13	0.00	0.18	-7.061	35.000	0	0.0	
19	2.83	0.00	0.18	-10.237	35.000	0	0.0	
20	2.49	0.00	0.18	-13.445	35.000	0	0.0	
21	2.12	0.00	0.18	-16.698	35.000	0	0.0	
22	1.71	0.00	0.18	-20.006	35.000	0	0.0	
23	1.27	0.00	0.18	-23.386	35.000	0	0.0	
24	0.78	0.00	0.18	-26.855	35.000	0	0.0	
25	0.24	0.00	-2.89 - 0.18	-27.899	35.000	0	0.0	

Fig. 12 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 21)

## Sollecitazioni

### Elementi calcolati a trave

#### Simbologia adottata

N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.

T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle

M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

## Paramento

n°	X	Nmin	Nmax	Tmin	Tmax	Mmin	Mmax
	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	1.50
2	-0.09	0.69	0.69	0.00	3.00	0.00	1.78
3	-0.18	1.38	1.38	0.00	3.00	0.00	2.05
4	-0.28	2.08	2.08	0.00	3.00	0.00	2.33
5	-0.37	2.77	2.77	0.00	3.00	0.00	2.61

6	-0.46	3.46	3.46	0.00	3.01	0.00	2.89
7	-0.55	4.15	4.15	0.02	3.07	0.00	3.17
8	-0.65	4.85	4.85	0.04	3.19	0.00	3.45
9	-0.74	5.54	5.54	0.08	3.43	0.01	3.76
10	-0.83	6.23	6.23	0.16	3.81	0.02	4.09
11	-0.92	6.92	6.92	0.27	4.30	0.04	4.47
12	-1.02	7.62	7.62	0.41	4.90	0.07	4.89
13	-1.11	8.31	8.31	0.59	5.61	0.12	5.37
14	-1.20	9.00	9.00	0.81	6.44	0.18	5.93

Fig. 13 - Paramento

*Fondazione*

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	-0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.60	0.00	0.00	0.69	3.93	0.03	0.20
3	-0.50	0.00	0.00	1.51	7.50	0.14	0.77
4	-0.40	0.00	0.00	2.45	10.71	0.34	1.69
5	-0.30	0.00	0.00	3.51	13.58	0.64	2.90
6	0.00	0.00	0.00	-9.03	2.46	-1.99	0.56
7	0.10	0.00	0.00	-8.99	2.04	-1.43	0.33
8	0.20	0.00	0.00	-6.35	1.48	-0.66	0.16
9	0.30	0.00	0.00	-3.35	0.80	-0.17	0.04
10	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fig. 14 - Fondazione

## Elenco ferri

### Simbologia adottata

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

### Computo metrico

	U.M.	Quantità	Prezzo unitario [Euro]	Importo [Euro]
Calcestruzzo in elevazione	[mc]	0.36	72.30	26.03
Calcestruzzo in fondazione	[mc]	0.44	61.97	27.27
Calcestruzzo magro	[mc]	1.30	46.48	60.42
Casseformi	[mq]	24.00	13.94	334.56
Scavo a sezione obbligata	[mc]	9.40	9.30	87.41
<b>Totale muro</b>				<b>535.69</b>
<b>Totale</b>				<b>535.69</b>



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

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

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

#### Tipo di analisi svolta

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

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

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del D.M. 17/07/2018.

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

#### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno
Versione	15.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	NET ENGINEERING S.P.A.
Licenza	AIR011090

#### Affidabilità dei codici di calcolo

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

#### Modalità di presentazione dei risultati

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

#### Informazioni generali sull'elaborazione

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

#### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

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

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

Luogo e data

---

Il progettista  
( )

---

## Indice

<a href="#">Normative di riferimento</a>	
<a href="#">Richiami teorici</a>	
<a href="#">Calcolo della spinta sul muro</a>	
<a href="#">Valori caratteristici e valori di calcolo</a>	
<a href="#">Metodo di Culmann</a>	
<a href="#">Spinta in presenza di falda</a>	
<a href="#">Spinta in presenza di sisma</a>	
<a href="#">Verifica a ribaltamento</a>	
<a href="#">Verifica a scorrimento</a>	
<a href="#">Verifica al carico limite</a>	
<a href="#">Riduzione per eccentricità del carico</a>	
<a href="#">Riduzione per effetto piastra</a>	
<a href="#">Verifica alla stabilità globale</a>	
<a href="#">Dati</a>	
<a href="#">Materiali</a>	
<a href="#">Calcestruzzo armato</a>	
<a href="#">Acciai</a>	
<a href="#">Geometria profilo terreno a monte del muro</a>	
<a href="#">Geometria muro</a>	
<a href="#">Geometria paramento e fondazione</a>	
<a href="#">Descrizione terreni</a>	
<a href="#">Stratigrafia</a>	
<a href="#">Condizioni di carico</a>	
<a href="#">Normativa</a>	
<a href="#">Descrizione combinazioni di carico</a>	
<a href="#">Dati sismici</a>	
<a href="#">Opzioni di calcolo</a>	
<a href="#">Risultati per combinazione</a>	
<a href="#">Spinta e forze</a>	
<a href="#">Verifiche geotecniche</a>	
<a href="#">Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati</a>	
<a href="#">Verifica a scorrimento fondazione</a>	
<a href="#">Verifica a carico limite</a>	
<a href="#">Dettagli calcolo portanza</a>	
<a href="#">Verifica a ribaltamento</a>	
<a href="#">Verifica stabilità globale muro + terreno</a>	
<a href="#">Dettagli strisce verifiche stabilità</a>	
<a href="#">Sollecitazioni</a>	
<a href="#">Paramento</a>	
<a href="#">Fondazione</a>	
<a href="#">Risultati per inviluppo</a>	
<a href="#">Spinta e forze</a>	
<a href="#">Verifiche geotecniche</a>	
<a href="#">Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati</a>	
<a href="#">Verifica a scorrimento fondazione</a>	
<a href="#">Verifica a carico limite</a>	
<a href="#">Dettagli calcolo portanza</a>	
<a href="#">Verifica a ribaltamento</a>	
<a href="#">Verifica stabilità globale muro + terreno</a>	
<a href="#">Dettagli strisce verifiche stabilità</a>	
<a href="#">Sollecitazioni</a>	
<a href="#">Paramento</a>	
<a href="#">Fondazione</a>	
<a href="#">Elenco ferri</a>	
<a href="#">Computo metrico</a>	
<a href="#">Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)</a>	

Progetto:  
Ditta:  
Comune:  
Progettista:  
Direttore dei Lavori:  
Impresa:

## **Normative di riferimento**

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

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

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

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

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

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

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

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

- D.M. 9 Gennaio 1996

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

- D.M. 16 Gennaio 1996

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

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

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

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

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

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

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018)

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

## Richiami teorici

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

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

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

Se il muro è a gravità: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione e verifica in diverse sezioni al ribaltamento, allo scorrimento ed allo schiacciamento.

## Calcolo della spinta sul muro

### *Valori caratteristici e valori di calcolo*

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

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

### *Metodo di Culmann*

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

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

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

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

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

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

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

### *Spinta in presenza di falda*

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

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

### *Spinta in presenza di sisma*

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

Italiana).

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

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

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

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

Terreno a bassa permeabilità

Terreno a permeabilità elevata

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

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

dove il coefficiente  $A$  vale

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

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

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

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

$$F_{IH} = k_h W \quad F_{IV} = \pm k_v W$$

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

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

### Verifica a ribaltamento

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

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza:

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

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

### Verifica a scorrimento

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

$\eta_s$

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

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

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

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

### Verifica al carico limite

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

Le espressioni di Hansen per il calcolo della capacità portante si differenziano a secondo se siamo in presenza di un terreno puramente coesivo ( $\phi=0$ ) o meno e si esprimono nel modo seguente:

Caso generale  $\phi > 0$

Caso di terreno puramente coesivo  $\phi = 0$

I fattori che compaiono in queste espressioni sono espressi da:

- N fattori di capacità portante
- s fattori di forma
- d fattori di profondità
- i fattori di inclinazione del carico
- b fattori di inclinazione del piano di fondazione (base inclinata), con  $\eta$  inclinazione del piano di posa
- g fattori di inclinazione del terreno (fondazione su pendio), con  $\beta$  pendenza del pendio

Fattori di capacità portante				
Fattori di forma				
Fattori di profondità				
Fattori di inclinazione del carico				
				per
				per
Fattori di inclinazione del piano di fondazione (base inclinata)				
Fattori di inclinazione del terreno (fondazione su pendio)				

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

Dove il coeff.  $k$  assume la seguente espressione:



se	se	
----	----	--

Indichiamo con  $V$  e  $H$  le componenti del carico rispettivamente perpendicolare e parallela alla base e con  $A_f$  l'area efficace della fondazione ottenuta come  $A_f = B' \times L'$  ( $B'$  e  $L'$  sono legate alle dimensioni effettive della fondazione  $B$ ,  $L$  e all'eccentricità del carico  $e_B$ ,  $e_L$  dalle relazioni  $B' = B - 2e_B$ ,  $L' = L - 2e_L$ ) e con  $\eta$  l'angolo di inclinazione della fondazione espresso in gradi ( $\eta=0$  per fondazione orizzontale). Per poter applicare la formula di Hansen devono risultare verificate le seguenti condizioni:

--	--	--	--

### Riduzione per eccentricità del carico

Nel caso in cui il carico al piano di posa della fondazione risulta eccentrico, Bowles propone di moltiplicare la capacità portante ultima per i termini  $B'$  ed  $L'$  (area ridotta della fondazione) al posto di  $B$  ed  $L$  dove:

$$B' = B - 2.0 e_x \quad L' = L - 2.0 e_y$$

essendo  $e_x$  ed  $e_y$  le eccentricità del carico.

La portanza espressa nell'unità di misura delle forze diventa:

### Riduzione per effetto piastra

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

Il termine sul peso di volume diventa:

### Verifica alla stabilità globale

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

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 25.

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

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

dove il termine  $m$  è espresso da

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

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

## Dati

### Materiali

#### Simbologia adottata

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

#### Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	$\gamma$	R <sub>ck</sub>	E	$\nu$	n	ntc
				[kN/mc]	[kPa]	[kPa]			
1	Cls Armato	C28/35	B450C	25.0000	35000	32587986	0.30	15.00	0.50

#### Acciai

Descr	f <sub>yk</sub>	f <sub>uk</sub>
	[kPa]	[kPa]
B450C	449936	539963

### Geometria profilo terreno a monte del muro

#### Simbologia adottata

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

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	0.00	0.00	0.000
2	0.00	-1.75	-89.967
3	7.00	-1.75	0.000
4	8.00	-1.75	0.000

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

### Geometria muro

#### Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro 10.00 [m]

#### Paramento

Materiale	Cls Armato	
Altezza paramento	2.50	[m]
Altezza paramento libero	1.75	[m]
Spessore in sommità	0.30	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.30	[m]
Inclinazione paramento esterno	0.00	[°]
Inclinazione paramento interno	0.00	[°]

#### Fondazione

Materiale	Cls Armato	
Lunghezza mensola di valle	0.60	[m]
Lunghezza mensola di monte	0.60	[m]
Lunghezza totale	1.50	[m]
Inclinazione piano di posa	0.00	[°]
Spessore	0.60	[m]
Spessore magrone	0.10	[m]

Fig. 1 - Sezione quotata del muro

## Descrizione terreni

### Parametri di resistenza

#### Simbologia adottata

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

n°	Descr	$\gamma$ [kN/mc]	$\gamma_{sat}$ [kN/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [kPa]	$c_a$ [kPa]	Cesp	$\tau_l$ [kPa]
1	RILEVATO	19.0000	19.0000	35.000	23.333	0	0	---	---
2	BASE	19.0000	19.0000	35.000	35.000	0	0	---	---

## Stratigrafia

#### Simbologia adottata

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

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

Kststa, Kstsis Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	$\alpha$ [°]	Terreno	Kw [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks	Cesp	Kststa	Kstsis
1	2.50	0.000	RILEVATO	---	---	---	---	---
2	5.00	0.000	BASE	---	---	---	---	---

Fig. 2 - Stratigrafia

## Condizioni di carico

#### Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.	
Carichi orizzontali positivi verso sinistra.	
Momento positivo senso antiorario.	
X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F <sub>x</sub>	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
F <sub>y</sub>	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
M	Momento espresso in [kNm]
X <sub>i</sub>	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X <sub>f</sub>	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q <sub>i</sub>	Intensità del carico per x=X <sub>i</sub> espressa in [kN]
Q <sub>f</sub>	Intensità del carico per x=X <sub>f</sub> espressa in [kN]

Condizione n° 1 (VENTO) - VARIABILE

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=0.60 - \Psi_1=0.20 - \Psi_2=0.00$

*Carichi sul muro*

n°	Tipo	Dest	X; Y [m]	Fx [kN]	Fy [kN]	M [kNm]	Xi [m]	Xf [m]	Qi [kN]	Qf [kN]
1	Concentrato	Paramento	0.00; 0.00	2.0000	0.0000	1.0000				

Fig. 3 - Carichi sul muro

Condizione n° 2 (TRAFFICO) - VARIABILE

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=0.75 - \Psi_1=0.75 - \Psi_2=0.00$

*Carichi sul terreno*

n°	Tipo	X [m]	Fx [kN]	Fy [kN]	M [kNm]	Xi [m]	Xf [m]	Qi [kN]	Qf [kN]
1	Distribuito					0.10	5.00	20.0000	20.0000

Fig. 4 - Carichi sul terreno

Normativa

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

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

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

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

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

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

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

Descrizione combinazioni di carico

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

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

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

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \Psi_{0,2} Q_{k2} + \Psi_{0,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

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

- Combinazione quasi permanente, impiegata per gli effetti di lungo periodo:

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

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

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

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

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

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

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
VENTO	1.50	1.00	Sfavorevole
TRAFFICO	1.50	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
VENTO	1.50	0.60	Sfavorevole
TRAFFICO	1.50	1.00	Sfavorevole

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

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

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3) H - V

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

Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2)

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

TRAFFICO	1.30	0.75	Sfavorevole
----------	------	------	-------------

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
VENTO	1.30	0.60	Sfavorevole
TRAFFICO	1.30	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2) H + V

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

Combinazione n° 8 - GEO (A2-M2-R2) H - V

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

Combinazione n° 9 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
VENTO	1.50	1.00	Sfavorevole
TRAFFICO	1.50	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
VENTO	1.50	0.60	Sfavorevole
TRAFFICO	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - EQU (A1-M1-R3) H + V

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

Combinazione n° 12 - EQU (A1-M1-R3) H - V

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

Combinazione n° 13 - SLER

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
VENTO	1.00	1.00	Sfavorevole
TRAFFICO	1.00	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 14 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
------------	----------	--------	---------

Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
VENTO	1.00	0.20	Sfavorevole

#### Combinazione n° 15 - SLEQ

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

#### Combinazione n° 16 - SLER

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
VENTO	1.00	0.60	Sfavorevole
TRAFFICO	1.00	1.00	Sfavorevole

#### Combinazione n° 17 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
TRAFFICO	1.00	0.75	Sfavorevole

#### Dati sismici

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	3.546	1.187
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.361	0.121
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.326	2.355
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.426	0.340
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		C	1.195
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T2	1.200

Stato limite ...	Coeff. di riduzione $\beta_m$	kh	kv
Ultimo	0.380	19.706	9.853
Ultimo - Ribaltamento	0.570	29.559	14.779
Esercizio	0.470	10.237	5.118

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

## Opzioni di calcolo

### Spinta

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

### Capacità portante

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

### Stabilità globale

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

### Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	NO
Considera terreno sulla fondazione di valle	NO
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

### Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

### Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti



## Risultati per combinazione

### Spinta e forze

#### Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V	I	Cx	Cy	Px	Py
		[kN]	[°]	[kN]	[kN]	[m]	[m]
1	Spinta statica	13.01	29.81	11.29	6.47	0.60	-2.52
	Peso/Inerzia muro			0.00	41.25/0.00	-0.15	-2.10
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	19.82/0.00	0.30	-2.12
	Risultante forze sul muro			3.00	0.00	--	--
2	Spinta statica	15.50	29.61	13.47	7.66	0.60	-2.51
	Peso/Inerzia muro			0.00	41.25/0.00	-0.15	-2.10
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	23.57/0.00	0.30	-2.12
	Risultante forze sul muro			1.80	0.00	--	--
3	Spinta statica	4.28	31.54	3.65	2.24	0.60	-2.65
	Incremento di spinta sismica		2.95	2.51	1.54	0.60	-2.65
	Peso/Inerzia muro			8.13	41.25/4.06	-0.15	-2.10
	Peso/Inerzia terrapieno			1.69	8.57/0.84	0.30	-2.12
4	Spinta statica	4.28	31.57	3.64	2.24	0.60	-2.65
	Incremento di spinta sismica		2.26	1.92	1.18	0.60	-2.65
	Peso/Inerzia muro			8.13	41.25/-4.06	-0.15	-2.10
	Peso/Inerzia terrapieno			1.69	8.57/-0.84	0.30	-2.12
13	Spinta statica	9.25	29.91	8.01	4.61	0.60	-2.53
	Peso/Inerzia muro			0.00	41.25/0.00	-0.15	-2.10
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	16.07/0.00	0.30	-2.12
	Risultante forze sul muro			2.00	0.00	--	--
14	Spinta statica	4.28	31.45	3.65	2.23	0.60	-2.65
	Peso/Inerzia muro			0.00	41.25/0.00	-0.15	-2.10
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	8.57/0.00	0.30	-2.12
	Risultante forze sul muro			0.40	0.00	--	--
15	Spinta statica	4.28	31.45	3.65	2.23	0.60	-2.65
	Peso/Inerzia muro			0.00	41.25/0.00	-0.15	-2.10
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	8.57/0.00	0.30	-2.12
16	Spinta statica	10.90	29.71	9.47	5.40	0.60	-2.52
	Peso/Inerzia muro			0.00	41.25/0.00	-0.15	-2.10
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	18.57/0.00	0.30	-2.12
	Risultante forze sul muro			1.20	0.00	--	--
17	Spinta statica	9.25	29.91	8.01	4.61	0.60	-2.53
	Peso/Inerzia muro			0.00	41.25/0.00	-0.15	-2.10
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	16.07/0.00	0.30	-2.12

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

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

Fig. 7 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 3)

Fig. 8 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 3)

## Verifiche geotecniche

### Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

#### Simbologia adottata

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

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>UPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		3.309		16.880			
2 - STR (A1-M1-R3)		3.322		16.361			
3 - STR (A1-M1-R3)	H + V	2.564		15.047			
4 - STR (A1-M1-R3)	H - V	2.200		14.841			
5 - GEO (A2-M2-R2)					4.519		
6 - GEO (A2-M2-R2)					3.753		
7 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				4.701		
8 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				3.969		
9 - EQU (A1-M1-R3)			3.723				
10 - EQU (A1-M1-R3)			4.895				
11 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		2.990				
12 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		1.991				

### Verifica a scorrimento fondazione

#### Simbologia adottata

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

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR (A1-M1-R3)	47.29	0.00	0.00	--	--	47.29	14.29	3.309
2 - STR (A1-M1-R3)	50.75	0.00	0.00	--	--	50.75	15.27	3.322
3 - STR (A1-M1-R3) H + V	40.97	0.00	0.00	--	--	40.97	15.98	2.564
4 - STR (A1-M1-R3) H - V	33.84	0.00	0.00	--	--	33.84	15.38	2.200

### Verifica a carico limite

#### Simbologia adottata

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

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR (A1-M1-R3)	67.54	1139.99	814.28	16.880
2 - STR (A1-M1-R3)	72.47	1185.75	846.96	16.361
3 - STR (A1-M1-R3) H + V	58.51	880.35	733.62	15.047
4 - STR (A1-M1-R3) H - V	48.33	717.25	597.71	14.841

## Dettagli calcolo portanza

#### Simbologia adottata

n° Indice combinazione  
 Nc, Nq, Ny Fattori di capacità portante  
 ic, iq, iy Fattori di inclinazione del carico  
 dc, dq, dy Fattori di profondità del piano di posa  
 gc, gq, gy Fattori di inclinazione del profilo topografico  
 bc, bq, by Fattori di inclinazione del piano di posa  
 sc, sq, sy Fattori di forma della fondazione  
 pc, pq, py Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic  
 r<sub>γ</sub> Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5B<sub>γ</sub>N<sub>γ</sub> viene moltiplicato per questo fattore  
 D Affondamento del piano di posa, espresso in [m]  
 B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]  
 H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]  
 γ Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]  
 φ Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]  
 c Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Hansen).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	r <sub>γ</sub>	D	B' H	γ	φ	c
									[m]	[m]	[kN/mc]	[°]	[kPa]
1	46.124	0.558	1.360	1.000	1.000	--	--	1.000	1.35	1.50	19.00	35.00	0
	33.296	0.572	1.229	1.000	1.000	--	--						
	33.921	0.449	1.000	1.000	1.000	--	--						
2	46.124	0.560	1.360	1.000	1.000	--	--	1.000	1.35	1.50	19.00	35.00	0
	33.296	0.573	1.229	1.000	1.000	--	--						
	33.921	0.450	1.000	1.000	1.000	--	--						
3	46.124	0.464	1.360	1.000	1.000	--	--	1.000	1.35	1.50	19.00	35.00	0
	33.296	0.480	1.229	1.000	1.000	--	--						
	33.921	0.346	1.000	1.000	1.000	--	--						
4	46.124	0.402	1.360	1.000	1.000	--	--	1.000	1.35	1.50	19.00	35.00	0
	33.296	0.420	1.229	1.000	1.000	--	--						
	33.921	0.284	1.000	1.000	1.000	--	--						

### Verifica a ribaltamento

#### Simbologia adottata

n° Indice combinazione  
 Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]  
 Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]  
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)  
 La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms	Mr	FS
	[kNm]	[kNm]	
9 - EQU (A1-M1-R3)	64.42	17.30	3.723
10 - EQU (A1-M1-R3)	70.71	14.45	4.895
11 - EQU (A1-M1-R3) H + V	54.51	18.23	2.990
12 - EQU (A1-M1-R3) H - V	47.99	24.10	1.991

### Verifica stabilità globale muro + terreno

#### Simbologia adottata

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

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
5 - GEO (A2-M2-R2)	-0.65; 0.00	3.35	4.519
6 - GEO (A2-M2-R2)	-0.65; 0.00	3.35	3.753
7 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-1.18; 1.18	4.64	4.701
8 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-1.18; 1.18	4.64	3.969

### Dettagli strisce verifiche stabilità

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Origine in testa al muro (spigolo contro terra)  
 W peso della striscia espresso in [kN]  
 Qy carico sulla striscia espresso in [kN]  
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)

$\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]  
 b larghezza della striscia espressa in [m]  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]  
 Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

**Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2)**

n°	W [kN]	Qy [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	0.69	4.48	2.22 - 0.23	53.866	29.256	0	0.0	
2	1.95	4.48	0.23	49.019	29.256	0	0.0	
3	3.00	4.48	0.23	43.328	29.256	0	0.0	
4	3.87	4.48	0.23	38.135	29.256	0	0.0	
5	4.59	4.48	0.23	33.292	29.256	0	0.0	
6	5.19	4.48	0.23	28.707	29.256	0	0.0	
7	5.69	4.48	0.23	24.317	29.256	0	0.0	
8	6.89	4.48	0.23	20.074	29.256	0	0.0	
9	7.26	4.48	0.23	15.944	29.256	0	0.0	
10	11.32	1.00	0.23	11.898	29.256	0	0.0	
11	18.36	0.00	0.23	7.912	29.256	0	0.0	
12	7.79	0.00	0.23	3.964	29.256	0	0.0	
13	7.82	0.00	0.23	0.035	29.256	0	0.0	
14	7.44	0.00	0.23	-3.894	29.256	0	0.0	
15	6.86	0.00	0.23	-7.842	29.256	0	0.0	
16	6.68	0.00	0.23	-11.828	29.256	0	0.0	
17	6.44	0.00	0.23	-15.872	29.256	0	0.0	
18	6.11	0.00	0.23	-20.001	29.256	0	0.0	
19	5.70	0.00	0.23	-24.241	29.256	0	0.0	
20	5.20	0.00	0.23	-28.629	29.256	0	0.0	
21	4.60	0.00	0.23	-33.210	29.256	0	0.0	
22	3.88	0.00	0.23	-38.047	29.256	0	0.0	
23	3.02	0.00	0.23	-43.233	29.256	0	0.0	
24	1.97	0.00	0.23	-48.913	29.256	0	0.0	
25	0.67	0.00	-3.52 - 0.23	-54.309	29.256	0	0.0	

**Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2)**

n°	W [kN]	Qy [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	0.69	5.97	2.22 - 0.23	53.866	29.256	0	0.0	
2	1.95	5.97	0.23	49.019	29.256	0	0.0	
3	3.00	5.97	0.23	43.328	29.256	0	0.0	
4	3.87	5.97	0.23	38.135	29.256	0	0.0	
5	4.59	5.97	0.23	33.292	29.256	0	0.0	
6	5.19	5.97	0.23	28.707	29.256	0	0.0	
7	5.69	5.97	0.23	24.317	29.256	0	0.0	
8	6.89	5.97	0.23	20.074	29.256	0	0.0	
9	7.26	5.97	0.23	15.944	29.256	0	0.0	
10	11.32	1.33	0.23	11.898	29.256	0	0.0	
11	18.36	0.00	0.23	7.912	29.256	0	0.0	
12	7.79	0.00	0.23	3.964	29.256	0	0.0	
13	7.82	0.00	0.23	0.035	29.256	0	0.0	
14	7.44	0.00	0.23	-3.894	29.256	0	0.0	
15	6.86	0.00	0.23	-7.842	29.256	0	0.0	
16	6.68	0.00	0.23	-11.828	29.256	0	0.0	
17	6.44	0.00	0.23	-15.872	29.256	0	0.0	
18	6.11	0.00	0.23	-20.001	29.256	0	0.0	
19	5.70	0.00	0.23	-24.241	29.256	0	0.0	
20	5.20	0.00	0.23	-28.629	29.256	0	0.0	
21	4.60	0.00	0.23	-33.210	29.256	0	0.0	
22	3.88	0.00	0.23	-38.047	29.256	0	0.0	
23	3.02	0.00	0.23	-43.233	29.256	0	0.0	
24	1.97	0.00	0.23	-48.913	29.256	0	0.0	
25	0.67	0.00	-3.52 - 0.23	-54.309	29.256	0	0.0	

**Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2) H + V**

n°	W [kN]	Qy [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	0.85	0.00	2.44 - 0.29	47.035	35.000	0	0.0	
2	2.46	0.00	0.29	43.316	35.000	0	0.0	

3	3.84	0.00	0.29	38.580	35.000	0	0.0
4	5.01	0.00	0.29	34.140	35.000	0	0.0
5	6.01	0.00	0.29	29.925	35.000	0	0.0
6	6.85	0.00	0.29	25.883	35.000	0	0.0
7	8.23	0.00	0.29	21.975	35.000	0	0.0
8	9.18	0.00	0.29	18.172	35.000	0	0.0
9	17.63	0.00	0.29	14.451	35.000	0	0.0
10	16.51	0.00	0.29	10.792	35.000	0	0.0
11	10.25	0.00	0.29	7.176	35.000	0	0.0
12	9.93	0.00	0.29	3.590	35.000	0	0.0
13	9.41	0.00	0.29	0.017	35.000	0	0.0
14	9.36	0.00	0.29	-3.555	35.000	0	0.0
15	9.21	0.00	0.29	-7.141	35.000	0	0.0
16	8.96	0.00	0.29	-10.756	35.000	0	0.0
17	8.61	0.00	0.29	-14.415	35.000	0	0.0
18	8.14	0.00	0.29	-18.136	35.000	0	0.0
19	7.56	0.00	0.29	-21.937	35.000	0	0.0
20	6.86	0.00	0.29	-25.844	35.000	0	0.0
21	6.02	0.00	0.29	-29.885	35.000	0	0.0
22	5.02	0.00	0.29	-34.098	35.000	0	0.0
23	3.85	0.00	0.29	-38.535	35.000	0	0.0
24	2.47	0.00	0.29	-43.268	35.000	0	0.0
25	0.83	0.00	-4.79 - 0.29	-47.299	35.000	0	0.0

Combinazione n° 8 - GEO (A2-M2-R2) H - V

n°	W [kN]	Qy [kN]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	0.85	0.00	2.44 - 0.29	47.035	35.000	0	0.0	
2	2.46	0.00	0.29	43.316	35.000	0	0.0	
3	3.84	0.00	0.29	38.580	35.000	0	0.0	
4	5.01	0.00	0.29	34.140	35.000	0	0.0	
5	6.01	0.00	0.29	29.925	35.000	0	0.0	
6	6.85	0.00	0.29	25.883	35.000	0	0.0	
7	8.23	0.00	0.29	21.975	35.000	0	0.0	
8	9.18	0.00	0.29	18.172	35.000	0	0.0	
9	17.63	0.00	0.29	14.451	35.000	0	0.0	
10	16.51	0.00	0.29	10.792	35.000	0	0.0	
11	10.25	0.00	0.29	7.176	35.000	0	0.0	
12	9.93	0.00	0.29	3.590	35.000	0	0.0	
13	9.41	0.00	0.29	0.017	35.000	0	0.0	
14	9.36	0.00	0.29	-3.555	35.000	0	0.0	
15	9.21	0.00	0.29	-7.141	35.000	0	0.0	
16	8.96	0.00	0.29	-10.756	35.000	0	0.0	
17	8.61	0.00	0.29	-14.415	35.000	0	0.0	
18	8.14	0.00	0.29	-18.136	35.000	0	0.0	
19	7.56	0.00	0.29	-21.937	35.000	0	0.0	
20	6.86	0.00	0.29	-25.844	35.000	0	0.0	
21	6.02	0.00	0.29	-29.885	35.000	0	0.0	
22	5.02	0.00	0.29	-34.098	35.000	0	0.0	
23	3.85	0.00	0.29	-38.535	35.000	0	0.0	
24	2.47	0.00	0.29	-43.268	35.000	0	0.0	
25	0.83	0.00	-4.79 - 0.29	-47.299	35.000	0	0.0	

Fig. 9 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 6)

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

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

Paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	0.00	0.00	3.00	1.50
2	-0.10	0.75	3.00	1.80
3	-0.20	1.50	3.00	2.10
4	-0.30	2.25	3.00	2.40
5	-0.40	3.00	3.00	2.70
6	-0.50	3.75	3.00	3.00
7	-0.60	4.50	3.00	3.30
8	-0.70	5.25	3.00	3.60
9	-0.80	6.00	3.00	3.90
10	-0.90	6.75	3.00	4.20
11	-1.00	7.50	3.01	4.50
12	-1.10	8.25	3.01	4.80
13	-1.20	9.00	3.01	5.10
14	-1.30	9.75	3.01	5.40
15	-1.40	10.50	3.01	5.71
16	-1.50	11.25	3.01	6.01
17	-1.60	12.00	3.02	6.31
18	-1.70	12.75	3.07	6.61
19	-1.80	13.50	3.19	6.92
20	-1.90	14.25	3.46	7.26
21	-2.00	15.00	3.88	7.62
22	-2.10	15.75	4.45	8.04
23	-2.20	16.50	5.14	8.52
24	-2.30	17.25	5.90	9.07
25	-2.40	18.00	6.73	9.70
26	-2.50	18.75	7.61	10.42

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3)

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	0.00	0.00	1.80	0.90
2	-0.10	0.75	1.80	1.08
3	-0.20	1.50	1.80	1.26
4	-0.30	2.25	1.80	1.44
5	-0.40	3.00	1.80	1.62
6	-0.50	3.75	1.80	1.80
7	-0.60	4.50	1.80	1.98
8	-0.70	5.25	1.80	2.16
9	-0.80	6.00	1.80	2.34
10	-0.90	6.75	1.80	2.52
11	-1.00	7.50	1.81	2.70
12	-1.10	8.25	1.81	2.88
13	-1.20	9.00	1.81	3.06
14	-1.30	9.75	1.81	3.24
15	-1.40	10.50	1.81	3.43
16	-1.50	11.25	1.81	3.61
17	-1.60	12.00	1.82	3.79
18	-1.70	12.75	1.89	3.97
19	-1.80	13.50	2.04	4.17
20	-1.90	14.25	2.38	4.39
21	-2.00	15.00	2.91	4.65
22	-2.10	15.75	3.61	4.97
23	-2.20	16.50	4.46	5.38
24	-2.30	17.25	5.38	5.87
25	-2.40	18.00	6.37	6.46
26	-2.50	18.75	7.42	7.14

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

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	0.75	0.15	0.01
3	-0.20	1.50	0.30	0.03
4	-0.30	2.25	0.46	0.07
5	-0.40	3.00	0.61	0.12
6	-0.50	3.75	0.77	0.19
7	-0.60	4.50	0.93	0.28

8	-0.70	5.25	1.10	0.38
9	-0.80	6.00	1.27	0.50
10	-0.90	6.75	1.44	0.63
11	-1.00	7.50	1.61	0.78
12	-1.10	8.25	1.79	0.95
13	-1.20	9.00	1.96	1.14
14	-1.30	9.75	2.15	1.35
15	-1.40	10.50	2.33	1.57
16	-1.50	11.25	2.52	1.81
17	-1.60	12.00	2.71	2.07
18	-1.70	12.75	2.91	2.35
19	-1.80	13.50	3.12	2.65
20	-1.90	14.25	3.37	2.98
21	-2.00	15.00	3.65	3.33
22	-2.10	15.75	3.98	3.71
23	-2.20	16.50	4.35	4.13
24	-2.30	17.25	4.77	4.58
25	-2.40	18.00	5.23	5.08
26	-2.50	18.75	5.74	5.63

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	0.75	0.15	0.01
3	-0.20	1.50	0.30	0.03
4	-0.30	2.25	0.45	0.07
5	-0.40	3.00	0.61	0.12
6	-0.50	3.75	0.76	0.19
7	-0.60	4.50	0.92	0.27
8	-0.70	5.25	1.08	0.37
9	-0.80	6.00	1.25	0.49
10	-0.90	6.75	1.41	0.62
11	-1.00	7.50	1.58	0.77
12	-1.10	8.25	1.75	0.94
13	-1.20	9.00	1.92	1.12
14	-1.30	9.75	2.09	1.32
15	-1.40	10.50	2.26	1.54
16	-1.50	11.25	2.44	1.77
17	-1.60	12.00	2.62	2.03
18	-1.70	12.75	2.81	2.30
19	-1.80	13.50	3.01	2.59
20	-1.90	14.25	3.25	2.90
21	-2.00	15.00	3.52	3.24
22	-2.10	15.75	3.83	3.61
23	-2.20	16.50	4.19	4.01
24	-2.30	17.25	4.59	4.45
25	-2.40	18.00	5.04	4.93
26	-2.50	18.75	5.53	5.46

Combinazione n° 13 - SLER

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	0.00	2.00	1.00
2	-0.10	0.75	2.00	1.20
3	-0.20	1.50	2.00	1.40
4	-0.30	2.25	2.00	1.60
5	-0.40	3.00	2.00	1.80
6	-0.50	3.75	2.00	2.00
7	-0.60	4.50	2.00	2.20
8	-0.70	5.25	2.00	2.40
9	-0.80	6.00	2.00	2.60
10	-0.90	6.75	2.00	2.80
11	-1.00	7.50	2.00	3.00
12	-1.10	8.25	2.01	3.20
13	-1.20	9.00	2.01	3.40
14	-1.30	9.75	2.01	3.60
15	-1.40	10.50	2.01	3.80
16	-1.50	11.25	2.01	4.00
17	-1.60	12.00	2.02	4.21

18	-1.70	12.75	2.05	4.41
19	-1.80	13.50	2.13	4.62
20	-1.90	14.25	2.32	4.84
21	-2.00	15.00	2.61	5.08
22	-2.10	15.75	3.01	5.36
23	-2.20	16.50	3.49	5.69
24	-2.30	17.25	4.03	6.06
25	-2.40	18.00	4.61	6.50
26	-2.50	18.75	5.24	6.99

Combinazione n° 14 - SLEF

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	0.00	0.40	0.20
2	-0.10	0.75	0.40	0.24
3	-0.20	1.50	0.40	0.28
4	-0.30	2.25	0.40	0.32
5	-0.40	3.00	0.40	0.36
6	-0.50	3.75	0.40	0.40
7	-0.60	4.50	0.40	0.44
8	-0.70	5.25	0.40	0.48
9	-0.80	6.00	0.40	0.52
10	-0.90	6.75	0.40	0.56
11	-1.00	7.50	0.40	0.60
12	-1.10	8.25	0.41	0.64
13	-1.20	9.00	0.41	0.68
14	-1.30	9.75	0.41	0.72
15	-1.40	10.50	0.41	0.76
16	-1.50	11.25	0.41	0.80
17	-1.60	12.00	0.41	0.85
18	-1.70	12.75	0.42	0.89
19	-1.80	13.50	0.44	0.93
20	-1.90	14.25	0.50	0.98
21	-2.00	15.00	0.58	1.03
22	-2.10	15.75	0.71	1.09
23	-2.20	16.50	0.88	1.17
24	-2.30	17.25	1.09	1.27
25	-2.40	18.00	1.35	1.39
26	-2.50	18.75	1.64	1.54

Combinazione n° 15 - SLEQ

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	0.75	0.00	0.00
3	-0.20	1.50	0.00	0.00
4	-0.30	2.25	0.00	0.00
5	-0.40	3.00	0.00	0.00
6	-0.50	3.75	0.00	0.00
7	-0.60	4.50	0.00	0.00
8	-0.70	5.25	0.00	0.00
9	-0.80	6.00	0.00	0.00
10	-0.90	6.75	0.00	0.00
11	-1.00	7.50	0.00	0.00
12	-1.10	8.25	0.01	0.00
13	-1.20	9.00	0.01	0.00
14	-1.30	9.75	0.01	0.00
15	-1.40	10.50	0.01	0.00
16	-1.50	11.25	0.01	0.00
17	-1.60	12.00	0.01	0.01
18	-1.70	12.75	0.02	0.01
19	-1.80	13.50	0.04	0.01
20	-1.90	14.25	0.10	0.02
21	-2.00	15.00	0.18	0.03
22	-2.10	15.75	0.31	0.05
23	-2.20	16.50	0.48	0.09
24	-2.30	17.25	0.69	0.15
25	-2.40	18.00	0.95	0.23
26	-2.50	18.75	1.24	0.34



Combinazione n° 16 - SLER

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	0.00	0.00	1.20	0.60
2	-0.10	0.75	1.20	0.72
3	-0.20	1.50	1.20	0.84
4	-0.30	2.25	1.20	0.96
5	-0.40	3.00	1.20	1.08
6	-0.50	3.75	1.20	1.20
7	-0.60	4.50	1.20	1.32
8	-0.70	5.25	1.20	1.44
9	-0.80	6.00	1.20	1.56
10	-0.90	6.75	1.20	1.68
11	-1.00	7.50	1.20	1.80
12	-1.10	8.25	1.21	1.92
13	-1.20	9.00	1.21	2.04
14	-1.30	9.75	1.21	2.16
15	-1.40	10.50	1.21	2.28
16	-1.50	11.25	1.21	2.40
17	-1.60	12.00	1.22	2.53
18	-1.70	12.75	1.26	2.65
19	-1.80	13.50	1.37	2.78
20	-1.90	14.25	1.60	2.93
21	-2.00	15.00	1.96	3.10
22	-2.10	15.75	2.45	3.32
23	-2.20	16.50	3.03	3.60
24	-2.30	17.25	3.68	3.93
25	-2.40	18.00	4.37	4.33
26	-2.50	18.75	5.11	4.81

Combinazione n° 17 - SLEF

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	0.75	0.00	0.00
3	-0.20	1.50	0.00	0.00
4	-0.30	2.25	0.00	0.00
5	-0.40	3.00	0.00	0.00
6	-0.50	3.75	0.00	0.00
7	-0.60	4.50	0.00	0.00
8	-0.70	5.25	0.00	0.00
9	-0.80	6.00	0.00	0.00
10	-0.90	6.75	0.00	0.00
11	-1.00	7.50	0.00	0.00
12	-1.10	8.25	0.01	0.00
13	-1.20	9.00	0.01	0.00
14	-1.30	9.75	0.01	0.00
15	-1.40	10.50	0.01	0.00
16	-1.50	11.25	0.01	0.00
17	-1.60	12.00	0.02	0.01
18	-1.70	12.75	0.05	0.01
19	-1.80	13.50	0.13	0.02
20	-1.90	14.25	0.32	0.04
21	-2.00	15.00	0.61	0.08
22	-2.10	15.75	1.01	0.16
23	-2.20	16.50	1.49	0.29
24	-2.30	17.25	2.03	0.46
25	-2.40	18.00	2.61	0.70
26	-2.50	18.75	3.24	0.99

Fig. 10 - Paramento (Inviluppo)

*Fondazione*

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	-0.90	0.00	0.00	0.00
2	-0.80	0.00	3.88	0.20
3	-0.70	0.00	7.64	0.77
4	-0.60	0.00	11.27	1.72
5	-0.50	0.00	14.77	3.02
6	-0.40	0.00	18.15	4.67
7	-0.30	0.00	21.41	6.65
8	0.00	0.00	-7.76	-2.54
9	0.10	0.00	-8.64	-2.29
10	0.20	0.00	-7.16	-1.50
11	0.30	0.00	-5.56	-0.86
12	0.40	0.00	-3.83	-0.39
13	0.50	0.00	-1.98	-0.10
14	0.60	0.00	0.00	0.00

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3)

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	-0.90	0.00	0.00	0.00
2	-0.80	0.00	2.86	0.14
3	-0.70	0.00	5.78	0.57
4	-0.60	0.00	8.78	1.30
5	-0.50	0.00	11.84	2.33
6	-0.40	0.00	14.97	3.67
7	-0.30	0.00	18.16	5.33
8	0.00	0.00	-4.32	-1.16
9	0.10	0.00	-5.91	-1.41
10	0.20	0.00	-4.59	-0.88
11	0.30	0.00	-3.34	-0.49
12	0.40	0.00	-2.16	-0.21
13	0.50	0.00	-1.05	-0.05
14	0.60	0.00	0.00	0.00

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

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	-0.90	0.00	0.00	0.00
2	-0.80	0.00	3.77	0.19
3	-0.70	0.00	7.35	0.75
4	-0.60	0.00	10.73	1.65
5	-0.50	0.00	13.91	2.89
6	-0.40	0.00	16.90	4.43
7	-0.30	0.00	19.69	6.26
8	0.00	0.00	0.54	-0.18
9	0.10	0.00	-0.02	-0.21
10	0.20	0.00	-0.41	-0.19
11	0.30	0.00	-0.60	-0.13
12	0.40	0.00	-0.60	-0.07
13	0.50	0.00	-0.40	-0.02
14	0.60	0.00	0.00	0.00

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	-0.90	0.00	0.00	0.00
2	-0.80	0.00	3.28	0.17
3	-0.70	0.00	6.34	0.65
4	-0.60	0.00	9.18	1.43
5	-0.50	0.00	11.80	2.48
6	-0.40	0.00	14.19	3.78
7	-0.30	0.00	16.36	5.31
8	0.00	0.00	-4.26	-1.67
9	0.10	0.00	-4.09	-1.26
10	0.20	0.00	-3.72	-0.86
11	0.30	0.00	-3.13	-0.52
12	0.40	0.00	-2.31	-0.25

13	0.50	0.00	-1.27	-0.07
14	0.60	0.00	0.00	0.00

Combinazione n° 13 - SLER

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	-0.90	0.00	0.00	0.00
2	-0.80	0.00	2.89	0.15
3	-0.70	0.00	5.75	0.58
4	-0.60	0.00	8.57	1.29
5	-0.50	0.00	11.35	2.29
6	-0.40	0.00	14.09	3.56
7	-0.30	0.00	16.79	5.11
8	0.00	0.00	-1.32	-0.45
9	0.10	0.00	-2.43	-0.65
10	0.20	0.00	-2.02	-0.42
11	0.30	0.00	-1.57	-0.24
12	0.40	0.00	-1.09	-0.11
13	0.50	0.00	-0.56	-0.03
14	0.60	0.00	0.00	0.00

Combinazione n° 14 - SLEF

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	-0.90	0.00	0.00	0.00
2	-0.80	0.00	1.36	0.07
3	-0.70	0.00	2.81	0.27
4	-0.60	0.00	4.34	0.63
5	-0.50	0.00	5.96	1.15
6	-0.40	0.00	7.67	1.83
7	-0.30	0.00	9.47	2.68
8	0.00	0.00	5.61	1.84
9	0.10	0.00	4.90	1.32
10	0.20	0.00	4.10	0.87
11	0.30	0.00	3.20	0.50
12	0.40	0.00	2.22	0.23
13	0.50	0.00	1.15	0.06
14	0.60	0.00	0.00	0.00

Combinazione n° 15 - SLEQ

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	-0.90	0.00	0.00	0.00
2	-0.80	0.00	1.00	0.05
3	-0.70	0.00	2.14	0.20
4	-0.60	0.00	3.42	0.48
5	-0.50	0.00	4.84	0.89
6	-0.40	0.00	6.39	1.45
7	-0.30	0.00	8.08	2.18
8	0.00	0.00	6.99	2.35
9	0.10	0.00	6.18	1.69
10	0.20	0.00	5.22	1.12
11	0.30	0.00	4.12	0.65
12	0.40	0.00	2.89	0.30
13	0.50	0.00	1.51	0.08
14	0.60	0.00	0.00	0.00

Combinazione n° 16 - SLER

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	-0.90	0.00	0.00	0.00
2	-0.80	0.00	2.21	0.11
3	-0.70	0.00	4.51	0.45
4	-0.60	0.00	6.91	1.02
5	-0.50	0.00	9.39	1.83
6	-0.40	0.00	11.96	2.90
7	-0.30	0.00	14.63	4.23

8	0.00	0.00	0.98	0.47
9	0.10	0.00	-0.61	-0.06
10	0.20	0.00	-0.31	-0.01
11	0.30	0.00	-0.09	0.01
12	0.40	0.00	0.03	0.01
13	0.50	0.00	0.06	0.00
14	0.60	0.00	0.00	0.00

Combinazione n° 17 - SLEF

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-0.90	0.00	0.00	0.00
2	-0.80	0.00	1.10	0.05
3	-0.70	0.00	2.42	0.23
4	-0.60	0.00	3.96	0.54
5	-0.50	0.00	5.72	1.03
6	-0.40	0.00	7.69	1.70
7	-0.30	0.00	9.88	2.57
8	0.00	0.00	5.59	2.08
9	0.10	0.00	3.97	1.22
10	0.20	0.00	3.61	0.84
11	0.30	0.00	3.04	0.50
12	0.40	0.00	2.24	0.24
13	0.50	0.00	1.23	0.06
14	0.60	0.00	0.00	0.00

Fig. 11 - Fondazione (Inviluppo)

## Risultati per inviluppo

### Spinta e forze

#### Simbologia adottata

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

Ic	A	V [kN]	I [°]	C <sub>x</sub> [kN]	C <sub>y</sub> [kN]	P <sub>x</sub> [m]	P <sub>y</sub> [m]
2	Spinta statica	15.50	29.61	13.47	7.66	0.60	-2.51
	Peso/Inerzia muro			0.00	41.25/0.00	-0.15	-2.10
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	23.57/0.00	0.30	-2.12
	Risultante forze sul muro			1.80	0.00	--	--

Fig. 12 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 2)

Fig. 13 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 2)

### Verifiche geotecniche

#### Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

#### Simbologia adottata

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

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>SUPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		3.309		16.880			
2 - STR (A1-M1-R3)		3.322		16.361			
3 - STR (A1-M1-R3)	H + V	2.564		15.047			
4 - STR (A1-M1-R3)	H - V	2.200		14.841			
5 - GEO (A2-M2-R2)					4.519		
6 - GEO (A2-M2-R2)					3.753		
7 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				4.701		
8 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				3.969		
9 - EQU (A1-M1-R3)			3.723				
10 - EQU (A1-M1-R3)			4.895				
11 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		2.990				
12 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		1.991				

### Verifica a scorrimento fondazione

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
R <sub>sa</sub>	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
R <sub>pt</sub>	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
R <sub>ps</sub>	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
R <sub>p</sub>	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
R <sub>t</sub>	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di R <sub>sa</sub> +R <sub>pt</sub> +R <sub>ps</sub> +R <sub>p</sub> ), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	R <sub>sa</sub>	R <sub>pt</sub>	R <sub>ps</sub>	R <sub>p</sub>	R <sub>t</sub>	R	T	FS
----	-----------------	-----------------	-----------------	----------------	----------------	---	---	----

	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
4 - STR (A1-M1-R3) H - V	33.84	0.00	0.00	--	--	33.84	15.38	2.200

### Verifica a carico limite

#### Simbologia adottata

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

	n°	N	Qu	Qd	FS
		[kN]	[kN]	[kN]	
4 - STR (A1-M1-R3) H - V		48.33	717.25	597.71	14.841

### Dettagli calcolo portanza

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gy	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, by	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sy	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, py	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
r <sub>γ</sub>	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5B <sub>γ</sub> N <sub>γ</sub> viene moltiplicato per questo
D	Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
B'	Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
H	Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
γ	Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
φ	Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
c	Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo "--" sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Hansen).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	r <sub>γ</sub>	D	B' H	γ	φ	c
									[m]	[m]	[kN/mc]	[°]	[kPa]
4	46.124 33.296 33.921	0.402 0.420 0.284	1.360 1.229 1.000	1.000 1.000 1.000	1.000 1.000 1.000	-- -- --	-- -- --	1.000	1.35	1.50 1.44	19.00	35.00	0

### Verifica a ribaltamento

#### Simbologia adottata

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

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

	n°	Ms	Mr	FS
		[kNm]	[kNm]	
12 - EQU (A1-M1-R3) H - V		47.99	24.10	1.991

### Verifica stabilità globale muro + terreno

#### Simbologia adottata

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

	Ic	C	R	FS
		[m]	[m]	
6 - GEO (A2-M2-R2)		-0.65; 0.00	3.35	3.753

### Dettagli strisce verifiche stabilità

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

Qy carico sulla striscia espresso in [kN]

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

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

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]

b larghezza della striscia espressa in [m]

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

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

n°	W	Qy	b	$\alpha$	$\phi$	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]
1	0.69	5.97	2.22 - 0.23	53.866	29.256	0	0.0	
2	1.95	5.97	0.23	49.019	29.256	0	0.0	
3	3.00	5.97	0.23	43.328	29.256	0	0.0	
4	3.87	5.97	0.23	38.135	29.256	0	0.0	
5	4.59	5.97	0.23	33.292	29.256	0	0.0	
6	5.19	5.97	0.23	28.707	29.256	0	0.0	
7	5.69	5.97	0.23	24.317	29.256	0	0.0	
8	6.89	5.97	0.23	20.074	29.256	0	0.0	
9	7.26	5.97	0.23	15.944	29.256	0	0.0	
10	11.32	1.33	0.23	11.898	29.256	0	0.0	
11	18.36	0.00	0.23	7.912	29.256	0	0.0	
12	7.79	0.00	0.23	3.964	29.256	0	0.0	
13	7.82	0.00	0.23	0.035	29.256	0	0.0	
14	7.44	0.00	0.23	-3.894	29.256	0	0.0	
15	6.86	0.00	0.23	-7.842	29.256	0	0.0	
16	6.68	0.00	0.23	-11.828	29.256	0	0.0	
17	6.44	0.00	0.23	-15.872	29.256	0	0.0	
18	6.11	0.00	0.23	-20.001	29.256	0	0.0	
19	5.70	0.00	0.23	-24.241	29.256	0	0.0	
20	5.20	0.00	0.23	-28.629	29.256	0	0.0	
21	4.60	0.00	0.23	-33.210	29.256	0	0.0	
22	3.88	0.00	0.23	-38.047	29.256	0	0.0	
23	3.02	0.00	0.23	-43.233	29.256	0	0.0	
24	1.97	0.00	0.23	-48.913	29.256	0	0.0	
25	0.67	0.00	-3.52 - 0.23	-54.309	29.256	0	0.0	

Fig. 14 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 6)

### Sollecitazioni

#### Elementi calcolati a trave

##### Simbologia adottata

N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.

T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle

M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

### Paramento

n°	X	Nmin	Nmax	Tmin	Tmax	Mmin	Mmax
	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	1.50
2	-0.10	0.75	0.75	0.00	3.00	0.00	1.80
3	-0.20	1.50	1.50	0.00	3.00	0.00	2.10
4	-0.30	2.25	2.25	0.00	3.00	0.00	2.40
5	-0.40	3.00	3.00	0.00	3.00	0.00	2.70
6	-0.50	3.75	3.75	0.00	3.00	0.00	3.00
7	-0.60	4.50	4.50	0.00	3.00	0.00	3.30
8	-0.70	5.25	5.25	0.00	3.00	0.00	3.60
9	-0.80	6.00	6.00	0.00	3.00	0.00	3.90
10	-0.90	6.75	6.75	0.00	3.00	0.00	4.20
11	-1.00	7.50	7.50	0.00	3.01	0.00	4.50
12	-1.10	8.25	8.25	0.01	3.01	0.00	4.80
13	-1.20	9.00	9.00	0.01	3.01	0.00	5.10

14	-1.30	9.75	9.75	0.01	3.01	0.00	5.40
15	-1.40	10.50	10.50	0.01	3.01	0.00	5.71
16	-1.50	11.25	11.25	0.01	3.01	0.00	6.01
17	-1.60	12.00	12.00	0.01	3.02	0.01	6.31
18	-1.70	12.75	12.75	0.02	3.07	0.01	6.61
19	-1.80	13.50	13.50	0.04	3.19	0.01	6.92
20	-1.90	14.25	14.25	0.10	3.46	0.02	7.26
21	-2.00	15.00	15.00	0.18	3.88	0.03	7.62
22	-2.10	15.75	15.75	0.31	4.45	0.05	8.04
23	-2.20	16.50	16.50	0.48	5.14	0.09	8.52
24	-2.30	17.25	17.25	0.69	5.90	0.15	9.07
25	-2.40	18.00	18.00	0.95	6.73	0.23	9.70
26	-2.50	18.75	18.75	1.24	7.61	0.34	10.42

Fig. 15 - Paramento

*Fondazione*

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	-0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.80	0.00	0.00	1.00	3.88	0.05	0.20
3	-0.70	0.00	0.00	2.14	7.64	0.20	0.77
4	-0.60	0.00	0.00	3.42	11.27	0.48	1.72
5	-0.50	0.00	0.00	4.84	14.77	0.89	3.02
6	-0.40	0.00	0.00	6.39	18.15	1.45	4.67
7	-0.30	0.00	0.00	8.08	21.41	2.18	6.65
8	0.00	0.00	0.00	-7.76	6.99	-2.54	2.35
9	0.10	0.00	0.00	-8.64	6.18	-2.29	1.69
10	0.20	0.00	0.00	-7.16	5.22	-1.50	1.12
11	0.30	0.00	0.00	-5.56	4.12	-0.86	0.65
12	0.40	0.00	0.00	-3.83	2.89	-0.39	0.30
13	0.50	0.00	0.00	-1.98	1.51	-0.10	0.08
14	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fig. 16 - Fondazione



## Elenco ferri

### Simbologia adottata

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

### Computo metrico

	U.M.	Quantità	Prezzo unitario [Euro]	Importo [Euro]
Calcestruzzo in elevazione	[mc]	0.75	72.30	54.22
Calcestruzzo in fondazione	[mc]	0.90	61.97	55.77
Calcestruzzo magro	[mc]	1.70	46.48	79.02
Casseformi	[mq]	50.00	13.94	697.00
Scavo a sezione obbligata	[mc]	20.25	9.30	188.33
<b>Totale muro</b>				<b>1074.34</b>
<b>Totale</b>				<b>1074.34</b>

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

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

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

#### Tipo di analisi svolta

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

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

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del D.M. 17/07/2018.

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

#### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno
Versione	15.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	NET ENGINEERING S.P.A.
Licenza	AIR011090

#### Affidabilità dei codici di calcolo

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

#### Modalità di presentazione dei risultati

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

#### Informazioni generali sull'elaborazione

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

#### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

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

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

Luogo e data

---

Il progettista  
( )

---

## Indice

<a href="#">Normative di riferimento</a>	
<a href="#">Richiami teorici</a>	
<a href="#">Calcolo della spinta sul muro</a>	
<a href="#">Valori caratteristici e valori di calcolo</a>	
<a href="#">Metodo di Culmann</a>	
<a href="#">Spinta in presenza di falda</a>	
<a href="#">Spinta in presenza di sisma</a>	
<a href="#">Verifica a ribaltamento</a>	
<a href="#">Verifica a scorrimento</a>	
<a href="#">Verifica al carico limite</a>	
<a href="#">Riduzione per eccentricità del carico</a>	
<a href="#">Riduzione per effetto piastra</a>	
<a href="#">Verifica alla stabilità globale</a>	
<a href="#">Dati</a>	
<a href="#">Materiali</a>	
<a href="#">Calcestruzzo armato</a>	
<a href="#">Acciai</a>	
<a href="#">Geometria profilo terreno a monte del muro</a>	
<a href="#">Geometria muro</a>	
<a href="#">Geometria paramento e fondazione</a>	
<a href="#">Descrizione terreni</a>	
<a href="#">Stratigrafia</a>	
<a href="#">Condizioni di carico</a>	
<a href="#">Normativa</a>	
<a href="#">Descrizione combinazioni di carico</a>	
<a href="#">Dati sismici</a>	
<a href="#">Opzioni di calcolo</a>	
<a href="#">Risultati per combinazione</a>	
<a href="#">Spinta e forze</a>	
<a href="#">Verifiche geotecniche</a>	
<a href="#">Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati</a>	
<a href="#">Verifica a scorrimento fondazione</a>	
<a href="#">Verifica a carico limite</a>	
<a href="#">Dettagli calcolo portanza</a>	
<a href="#">Verifica a ribaltamento</a>	
<a href="#">Verifica stabilità globale muro + terreno</a>	
<a href="#">Dettagli strisce verifiche stabilità</a>	
<a href="#">Sollecitazioni</a>	
<a href="#">Paramento</a>	
<a href="#">Fondazione</a>	
<a href="#">Risultati per inviluppo</a>	
<a href="#">Spinta e forze</a>	
<a href="#">Verifiche geotecniche</a>	
<a href="#">Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati</a>	
<a href="#">Verifica a scorrimento fondazione</a>	
<a href="#">Verifica a carico limite</a>	
<a href="#">Dettagli calcolo portanza</a>	
<a href="#">Verifica a ribaltamento</a>	
<a href="#">Verifica stabilità globale muro + terreno</a>	
<a href="#">Dettagli strisce verifiche stabilità</a>	
<a href="#">Sollecitazioni</a>	
<a href="#">Paramento</a>	
<a href="#">Fondazione</a>	
<a href="#">Elenco ferri</a>	
<a href="#">Computo metrico</a>	
<a href="#">Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)</a>	