

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI  
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI  
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

DIREZIONE LAVORI:



**APPALTATORE:**

Mandataria



Mandanti



**PROGETTAZIONE:**

MANDATARIA



MANDANTI



**PROGETTO ESECUTIVO**

**LINEA PESCARA - BARI  
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**GI03- USCITA/ACCESSO PEDONALE PK 6+000.00 OPERE PROVVISORIALI IMBOCCO  
RELAZIONE DI GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI**

L'Appaltatore

Ing. Giuguido Babini

**A.A.D'AGOSTINO COSTRUZIONI GENERALI S.r.l.**  
Il Direttore Tecnico

I progettisti (il Direttore della progettazione)

Ing. Massimo Facchini



data

firma (Ing. Giuguido Babini)

data

firma

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA / DISCIPLINA	PROGR	REV	SCALA
<b>L I O B</b>	<b>0 2</b>	<b>E</b>	<b>Z Z</b>	<b>C L</b>	<b>G I 0 3 0 0</b>	<b>0 0 1</b>	<b>C</b>	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	Prima emissione	A. Adiletta	14/12/2022	S. Carozza	16/12/2022	T. Pelella	18/12/2022	
B	Emissione	S. Iovinella	17/03/2023	S. Carozza	20/03/2023	T. Pelella	22/03/2023	
C	Emissione	S. Iovinella	08/09/2023	S. Carozza	08/09/2023	T. Pelella	11/09/2023	



File: LI0B02EZZCLGI0300001C

n. Elab.

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	03	00	001	C	2

## Indice

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>6</b>
<b>2. SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO.....</b>	<b>6</b>
<b>3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>6</b>
3.1 LEGGI E NORMATIVE COGENTI .....	6
<b>4. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>6</b>
4.1 DOCUMENTI REFERENZIATI.....	6
4.2 DOCUMENTI CORRELATI .....	7
<b>5. DESCRIZIONE DELL'OPERA.....</b>	<b>7</b>
5.1 IL TRACCIATO E LE OPERE IN SOTTERRANEO .....	7
<b>6. FASE CONOSCITIVA.....</b>	<b>9</b>
6.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	9
6.2 INDAGINI GEOTECNICHE .....	9
6.3 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA.....	9
6.3.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELL'IMBOCCO LATO TERMOLI DELLA GALLERIA CAMPOMARINO.....	9
6.3.2 DEFINIZIONE DEI VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI UTILIZZATI NELLE ANALISI.....	9
6.3.3 IL REGIME IDRAULICO.....	10
6.4 CARATTERIZZAZIONE DEL SITO E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA.....	10
<b>7. SOLUZIONI PROGETTUALI .....</b>	<b>15</b>
<b>8. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI .....</b>	<b>17</b>
8.1 CALCESTRUZZO.....	17
8.2 CALCESTRUZZO ACCIAIO DI ARMATURA - BARRE.....	17
8.3 ACCIAIO ARMONICO PER TIRANTI.....	18
8.4 ACCIAIO PER TRAVI DI RIPARTIZIONE .....	18

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	03	00	001	C	3

<b>9. ANALISI DEI CARICHI STATICI DI PROGETTO</b> .....	<b>18</b>
9.1 STATICA DELLE TERRE E DELL'ACQUA .....	18
9.2 AZIONE DEL SOVRACCARICO A TERGO DELLA PARATIA.....	20
<b>10. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO</b> .....	<b>20</b>
10.1 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA .....	20
10.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO.....	21
10.3 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE.....	21
10.4 AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA E TOPOGRAFICA.....	22
10.5 ANALISI PSEUDOSTATICA.....	23
10.6 CALCOLO INERZIA SISMICA SUL PALO .....	24
10.7 CALCOLO DELLA SPINTA SISMICA.....	24
<b>11. VERIFICHE AGLI STATI LIMITI</b> .....	<b>24</b>
11.1 VERIFICHE DELLE SEZIONI IN C.A.....	27
11.1.1 VERIFICHE PER GLI STATI LIMITE ULTIMI A FLESSIONE-PRESSOFLESSIONE .....	27
11.1.2 VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI A TAGLIO .....	27
11.1.3 VERIFICHE DEI TIRANTI DI ANCORAGGIO.....	28
11.2 CRITERI DI VERIFICA GEOTECNICA .....	29
<b>12. METODO DI ANALISI – CALCOLO PARATIA</b> .....	<b>30</b>
12.1 CALCOLO DELLA PROFONDITA' DI INFISSIONE .....	31
12.2 CALCOLO DELLE SPINTE .....	31
12.3 SPINTA IN PRESENZA DI FALDA.....	32
12.4 SPINTA IN PRESENZA DI SISMA .....	32
12.5 TIRANTI DI ANCORAGGIO .....	33
12.6 CALCOLO DELLA LUNGHEZZA DI ANCORAGGIO .....	33
12.7 ANALISI AD ELEMENTI FINITI .....	37
12.8 SCHEMATIZZAZIONE DEL TERRENO .....	37
12.9 MODALITA' DI ANALISI E COMPORTAMENTO ELASTO-PLASTICO DEL TERRENO .....	39
12.10 ANALISI PER FASI DI SCAVO .....	40
12.11 VERIFICA ALLA STABILITA' GLOBALE .....	40

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	03	00	001	C	4

12.12 ANALISI DEI PALI .....	41
<b>13. MODELLI DI CALCOLO .....</b>	<b>43</b>
13.1 MODELLO SEZIONE A pk 0+102.50 .....	55
13.1.1 FASI DI CALCOLO .....	57
13.1.2 RISULTATI DELLE ANALISI .....	62
13.1.3 VERIFICHE .....	73
13.2 MODELLO SEZIONE B pk 0+101.90 .....	103
13.2.1 FASI DI CALCOLO .....	105
13.2.2 RISULTATI DELLE ANALISI .....	110
13.2.3 VERIFICHE .....	121
13.3 MODELLO SEZIONE C pk 0+094.93 .....	150
13.3.1 FASI DI CALCOLO .....	153
13.3.2 RISULTATI DELLE ANALISI .....	157
13.3.3 VERIFICHE .....	168
13.4 MODELLO SEZIONE D pk 0+088.00 .....	195
13.4.1 FASI DI CALCOLO .....	197
13.4.2 RISULTATI DELLE ANALISI .....	201
13.4.3 VERIFICHE .....	210
13.5 MODELLO SEZIONE E pk 0+081.00 .....	237
13.5.1 FASI DI CALCOLO .....	239
13.5.2 RISULTATI DELLE ANALISI .....	242
13.5.3 VERIFICHE .....	251
13.6 MODELLO SEZIONE F pk 0+063.10 .....	273
13.6.1 FASI DI CALCOLO .....	276
13.6.2 RISULTATI DELLE ANALISI .....	278
13.6.3 VERIFICHE .....	286
<b>14. INCIDENZE .....</b>	<b>302</b>
<b>15. CONCLUSIONI .....</b>	<b>302</b>
<b>16. ALLEGATO 1 .....</b>	<b>302</b>
<b>17. ALLEGATO 2 .....</b>	<b>302</b>

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

<b>Relazione geotecnica e di calcolo delle opere provvisionali</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>GI</b>	<b>03</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>5</b>

**18. ALLEGATO 3..... 302**

**19. ALLEGATO 4..... 302**

**20. ALLEGATO 5..... 302**

**21. ALLEGATO 6..... 302**

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C

## 1. PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto esecutivo del corpo stradale ferroviario, delle opere d'arte e delle opere interferite relative al raddoppio ferroviario della Linea Bari - Pescara nella tratta Termoli - Ripalta, per uno sviluppo complessivo di 24.930,52 km.

Oggetto della presente relazione sono lo studio, il dimensionamento e la verifica delle opere provvisorie necessarie all'esecuzione delle opere di imbocco Sud della galleria naturale Campomarino.

## 2. SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

Nella presente relazione si affrontano le problematiche progettuali connesse alla realizzazione delle opere provvisorie necessarie all'esecuzione dell'imbocco della finestra di emergenza della galleria Campomarino.

In questo documento vengono descritte e verificate le opere provvisorie e vengono definite le fasi di realizzazione delle stesse. Nello specifico vengono illustrate le soluzioni progettuali adottate, le verifiche di dimensionamento geotecnico e strutturale delle opere di sostegno provvisorie.

## 3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

### 3.1 LEGGI E NORMATIVE COGENTI

Rif. [1] Decreto Ministero delle Infrastrutture e Trasporti 14/01/2008, "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni";

Rif. [2] C.S.LL.PP., Circolare n°617 del 02/02/2009, "Istruzioni per l'applicazione delle "nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14/01/2008".

## 4. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 4.1 DOCUMENTI REFERENZIATI

Sono stati utilizzati come input per il presente documento i seguenti elaborati:

Rif. [3] U.O. Gallerie, documento LI0B02EZZCLGN0100001A "ELABORATI GENERALI - Relazione tecnica delle opere in sotterraneo" datato Agosto 2021;

Rif. [4] U.O. Gallerie, documento LI0B02EZZGEGN0100001A "ELABORATI GENERALI - Relazione geotecnica e di calcolo delle opere in sotterraneo" datato Agosto 2021;

Rif. [5] U.O. Gallerie, documento LI0B02EZZFZGN0100001A "GALLERIA CAMPOMARINO - Profilo geotecnico" datato Agosto 2021;

Rif. [6] U.O. Gallerie, documento LI0B02EZZSPGN0000001A Caratteristiche dei materiali - Note generali, datato Novembre 2018;

Rif.[8] U.O. Gallerie, Relazione geotecnica e di calcolo delle opere provvisorie, documento n° LI0B02EZZGEGN0100001A

Rif. [15] U.O. Gallerie, documento LI0B02EZZL7GN0100001A Fase provvisoria - Planimetria e profilo longitudinale, datato Novembre 2018;

Rif. [18] U.O. Gallerie, documento LI0B02EZZL7GN0100001A Sistemazione definitiva - Planimetria e profilo longitudinale, datato Novembre 2018;

Rif. [19] U.O. Gallerie, documento LI0B02EZZWBGA0200001A Sistemazione definitiva-Sezioni caratteristiche, datato Novembre 2018;

Rif. [20] U.O. Gallerie, documento LI0B02EZZPBGA0200001A Dima - Carpenteria, datato Novembre 2018;

Rif. [21] U.O. Gallerie, documento LI0B02EZZWBG0100002A Concio d'attacco - Carpenteria, scavo e

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	7

consolidamenti, datato Novembre 2018;

Rif. [22] U.O. Gallerie, documento LI0B02EZZWBGA0200002A Galleria artificiale policentrica - Carpenteria, datato Novembre 2018;

Rif. [24] U.O. Gallerie, documento LI0B02EZZDAGA0200001A Schema delle fasi esecutive, datato Novembre 2018.

## 4.2 DOCUMENTI CORRELATI

I documenti correlati, la cui lettura è consigliata per allargare la conoscenza dell'ambito del quale il presente documento si inquadra, sono:

Rif. [25] Bustamante, B. Doix (1985). Une methode pour le calcul des tirants et des micropieux injectes. Bull. Liaison Lab. Ponts et Chaussees, Paris, n. 140, nov-dec 1985 – Ref. 3047, 75-92;

Rif. [26] C. Viggiani (1999). Fondazioni, Hevelius Edizioni;

Rif. [27] A.W. Bishop (1955). The use of the slip circle in the stability analysis of slopes. Geotechnique, 5, 7-17;

Rif. [28] N. Janbu (1954). Stability analysis of slopes with dimensionless parameters. Harvard Soil Mechanics Series;

Rif. [29] 46, 811 pp.N.R. Morgestern & V.E. Price (1965). The analysis of the stability of generalised slip surfaces. Geotechnique, 15, 79-93.

## 5. DESCRIZIONE DELL'OPERA

### 5.1 IL TRACCIATO E LE OPERE IN SOTTERRANEO

Di seguito sono elencate le progressive di riferimento dell'opera d'imbocco (binario dispari):

- da pk 0+053.09 a pk 0+065.09 (L=12.0 m) galleria artificiale – portale a becco di flauto;
- da pk 0+065.09 a pk 0+097.50 (L=32.41 m) galleria artificiale – sezione policentrica;
- da pk 0+097.50 a pk 0+102.50 (L=5.0 m) galleria artificiale – dima d'attacco.

La galleria naturale, da pk 0+102.50 a pk 0+302.50, presenta una copertura massima all'innesto di circa 45 m, ed un andamento altimetrico con pendenza costante pari al 11.6%.

Di seguito si riportano alcune immagini rappresentative delle sezioni di imbocco. Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di riferimento:

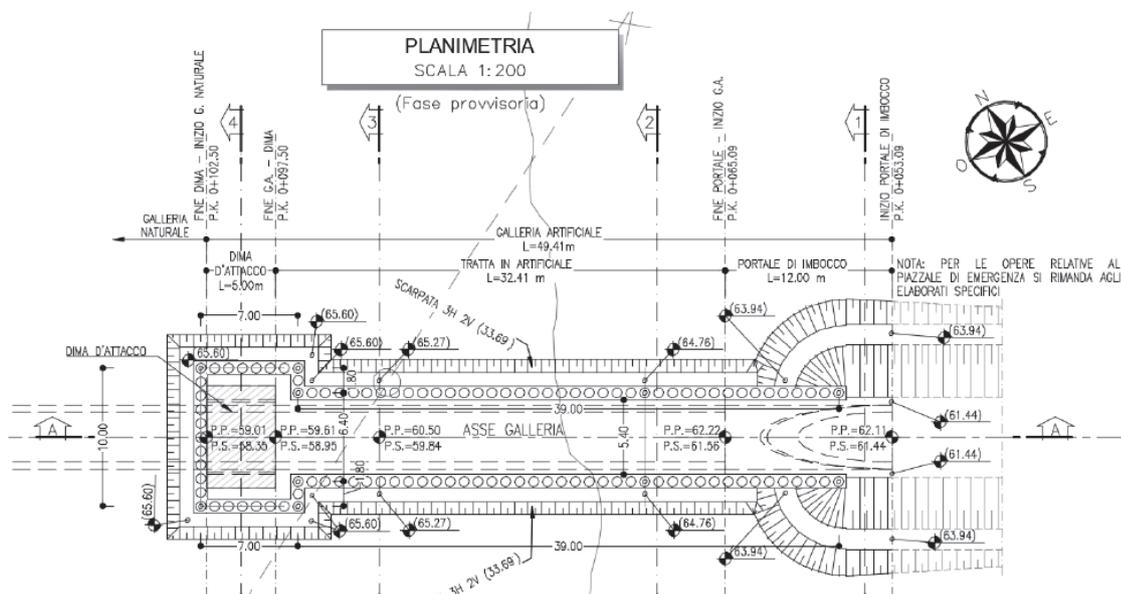


Figura 5.1 – Planimetria imbocco

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	8

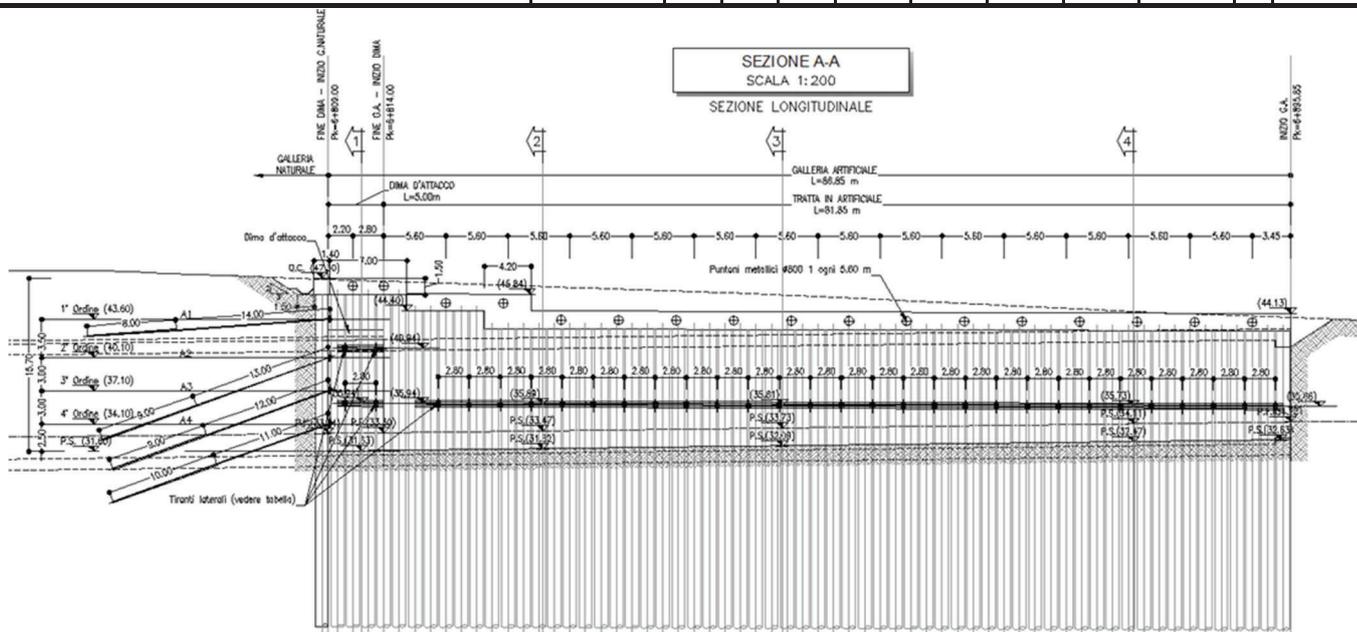


Figura 5.2 – Sviluppata in asse paratia

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C

## 6. FASE CONOSCITIVA

Nella fase conoscitiva si acquisiscono gli elementi necessari alla caratterizzazione e modellazione geologica del sito e alla caratterizzazione e modellazione geotecnica del volume significativo del mezzo interessato dall'opera. Nel seguito si riporta un breve inquadramento geologico e la sintesi della caratterizzazione e modellazione geotecnica con specifico riferimento al volume significativo interessato dalle opere di imbocco della finestra di uscita/accesso pedonale.

### 6.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Per una dettagliata descrizione del modello geologico del sito si rimanda agli elaborati specifici relativi all'inquadramento geologico e geotecnico.

### 6.2 INDAGINI GEOTECNICHE

Per una dettagliata descrizione delle indagini geotecniche eseguite sul sito si rimanda al documento "Relazione geotecnica e di calcolo delle opere in sotterraneo".

### 6.3 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

I risultati delle indagini geotecniche, in sito e di laboratorio, hanno permesso di definire il modello geotecnico, rappresentativo delle condizioni stratigrafiche e delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni interessati dalle opere di imbocco. Il modello geotecnico complessivo dell'opera in sotterraneo è rappresentato nell'elaborato "GN02 – Uscita/Accesso Pedonale pk 6+000,00 Galleria Naturale -Profilo Geotecnico".

#### 6.3.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELL'IMBOCCO LATO TERMOLI DELLA GALLERIA CAMPOMARINO

Nella definizione del modello geotecnico di sottosuolo per le opere di imbocco della galleria di uscita/accesso pedonale sono state individuate la formazione dei Conglomerati di Campomarino (litofacies CGC1 e CGC2) e le sabbie di Serracapriola (SRR). La caratterizzazione geotecnica dei terreni deriva dall'analisi dei risultati delle prove in sito e dalle prove di laboratorio (prove di taglio diretto e prove triassiali) eseguite sui campioni indisturbati dei sondaggi della galleria id linea Campomarino. Le caratteristiche di deformabilità sono state determinate sulla base delle prove dilatometriche eseguite nei fori di sondaggio e delle prove pressiometriche disponibili. L'elaborazione delle prove SPT e la prova Down-hole hanno permesso, inoltre, di stimare la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, individuando una categoria di sottosuolo C (§3.2.2 DM 14/01/2008).

#### 6.3.2 DEFINIZIONE DEI VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI UTILIZZATI NELLE ANALISI

I parametri geotecnici caratteristici utilizzati nelle analisi di simulazione e verifiche, in riferimento alla stratigrafia assunta, sono riportati nelle tabelle che seguono.

I risultati delle indagini geotecniche, in sito e di laboratorio, hanno permesso di definire il modello geotecnico, rappresentativo delle condizioni stratigrafiche e delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni interessati dalle opere di imbocco.

Strato	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c_k$ (KPa)	$\phi'_k$ (°)	E (MPa)
CGC1	20.0	0.0	35.0	50.0
CGC2	20.0	15.0	22.0	40.0
SRR	19.0	0.0	35.0	60.0

Figura 6.1 – Valori caratteristici dei parametri geotecnici utilizzati nelle analisi per l'imbocco

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	10

$\gamma$  = peso di volume naturale  
 $\phi'$  = angolo di resistenza al taglio  
 $c'$  = coesione drenata  
 $E$  = modulo di deformazione

Per il materiale di ritombamento si assumono i seguenti parametri:

$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c_k$ (KPa)	$\phi_k$ (°)	$E$ (MPa)
20.0	0.0	35.0	40.0

Figura 6.2 – Valori caratteristici dei parametri geotecnici utilizzati per il materiale di ritombamento

### 6.3.3 IL REGIME IDRAULICO

Il livello della falda di riferimento è tale da non interessare le opere di imbocco oggetto di questa relazione.

## 6.4 CARATTERIZZAZIONE DEL SITO E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Le opere in progetto per l'imbocco della finestra di uscita/accesso pedonale si trovano nel comune di Campomarino.

Alle strutture di sostegno, si attribuisce una vita nominale  $V_N$  50 anni. Di conseguenza, il periodo di riferimento per la definizione dell'azione sismica,  $V_R$ , si assume pari a 75 anni (DM 14/01/2008).

Con riferimento alla probabilità di superamento dell'azione sismica, PVR, attribuita allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV), nel periodo  $V_R$  dell'opera in progetto, si determina il periodo di ritorno  $T_R$  del sisma di progetto. Sulla base delle coordinate geografiche del sito e del tempo di ritorno del sisma di progetto,  $T_R$ , sopra definito, si ricavano i parametri che caratterizzano il sisma di progetto relativo al sito di riferimento, rigido ed orizzontale (Tabella 1 dell'allegato B del D.M. 14/01/2008):

- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima
- $F_o$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- $T^*_c$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per le opere provvisorie di imbocco il periodo di ritorno si determina con l'espressione:

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

Per tenere conto dei fattori locali del sito, l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito è valutata con la relazione (DM 14/01/2008):

$$a_{\max} = S_s \cdot S_T \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)$$

dove:

$a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	11

$S_S$  è il fattore di amplificazione stratigrafica del terreno, funzione della categoria del sottosuolo di fondazione e dei parametri sismici  $F_0$  e  $a_g/g$  (Tabella 3.2.V del D.M. 14/01/2008);

$S_T$  è il fattore di amplificazione che tiene conto delle condizioni topografiche, il cui valore dipende dalla categoria topografica e dall'ubicazione dell'opera (Tabella 3.2.VI del D.M. 14/01/2008).

I valori delle grandezze necessarie per la definizione dell'azione sismica relativamente alle sezioni di calcolo considerate sono riassunti nelle tabelle che seguono:

**SEZIONE A**

Livello falda dal piano campagna 35 m

*Tabella 1 – Parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto, SEZIONE A*

	SLV	SLE
Accelerazione al suolo $a_g(m/s^2)$	1,141	0,452
Accelerazione al suolo $a_g(\% \text{ di } g)$	0,116	0,046
Fattore amplificatore $F_0$	2,581	2,431
$T_c^*$	0,362	0,302
$S_s$ (Terreno tipo C)	1,500	1,500
Coeff. Amplifi. Topografica S (T1)		1,00
Coefficiente riduzione $\alpha$		0,781
$U_s(m)$		0,090
Coefficiente riduzione $\beta$		0,403
Coefficiente intensità sismica orizzontale $K_h[\%]$	5,485	2,175
Coefficiente intensità sismica orizzontale stabilità globale $K_h[\%]$	5,485	2,175
Coefficiente intensità sismica verticale $K_v=50\% K_h$	2,742	1,087

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	12

**SEZIONE B**

Livello falda dal piano campagna 35 m

*Tabella 2 – Parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto, SEZIONE B*

	SLV	SLE
Accelerazione al suolo $a_g(m/s^2)$	1,141	0,452
Accelerazione al suolo $a_g(\% \text{ di } g)$	0,116	0,046
Fattore amplificatore $F_0$	2,581	2,431
$T_c^*$	0,362	0,302
Ss (Terreno tipo C)	1,500	1,500
Coeff. Amplifi. Topografica S (T1)		1,00
Coefficiente riduzione $\alpha$		0,803
Us(m)		0,085
Coefficiente riduzione $\beta$		0,409
Coefficiente intensità sismica orizzontale $K_h[\%]$	5,726	2,270
Coefficiente intensità sismica orizzontale stabilità globale $K_h[\%]$	5,726	2,270
Coefficiente intensità sismica verticale $K_v=50\% K_h$	2,863	1,135

**SEZIONE C**

Livello falda dal piano campagna 35 m

*Tabella 3 – Parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto, SEZIONE C*

	SLV	SLE
Accelerazione al suolo $a_g(m/s^2)$	1,141	0,452
Accelerazione al suolo $a_g(\% \text{ di } g)$	0,116	0,046
Fattore amplificatore $F_0$	2,581	2,431
$T_c^*$	0,362	0,302
Ss (Terreno tipo C)	1,500	1,500
Coeff. Amplifi. Topografica S (T1)		1,00
Coefficiente riduzione $\alpha$		0,803
Us (m)		0,085
Coefficiente riduzione $\beta$		0,409
Coefficiente intensità sismica orizzontale $K_h[\%]$	5,726	2,270
Coefficiente intensità sismica orizzontale stabilità globale $K_h[\%]$	5,726	2,270
Coefficiente intensità sismica verticale $K_v=50\% K_h$	2,863	1,135

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	13

**SEZIONE D**

Livello falda dal piano campagna 35 m

*Tabella 4 – Parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto, SEZIONE D*

	SLV	SLE
Accelerazione al suolo $a_g(m/s^2)$	1,141	0,452
Accelerazione al suolo $a_g(\% \text{ di } g)$	0,116	0,046
Fattore amplificatore $F_0$	2,581	2,431
$T_c^*$	0,362	0,302
Ss (Terreno tipo C)	1,500	1,500
Coeff. Amplifi. Topografica S (T1)		1,00
Coefficiente riduzione $\alpha$		0,843
Us(m)		0,076
Coefficiente riduzione $\beta$		0,423
Coefficiente intensità sismica orizzontale $K_h[\%]$	6,216	2,465
Coefficiente intensità sismica orizzontale stabilità globale $K_h[\%]$	6,216	2,465
Coefficiente intensità sismica verticale $K_v=50\% K_h$	3,108	1,232

**SEZIONE E**

Livello falda dal piano campagna 35 m

*Tabella 5 – Parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto, SEZIONE E*

	SLV	SLE
Accelerazione al suolo $a_g(m/s^2)$	1,141	0,452
Accelerazione al suolo $a_g(\% \text{ di } g)$	0,116	0,046
Fattore amplificatore $F_0$	2,581	2,431
$T_c^*$	0,362	0,302
Ss (Terreno tipo C)	1,500	1,500
Coeff. Amplifi. Topografica S (T1)		1,00
Coefficiente riduzione $\alpha$		0,934
Us(m)		0,055
Coefficiente riduzione $\beta$		0,468
Coefficiente intensità sismica orizzontale $K_h[\%]$	7,619	3,021
Coefficiente intensità sismica orizzontale stabilità globale $K_h[\%]$	7,619	3,021
Coefficiente intensità sismica verticale $K_v=50\% K_h$	3,809	1,510

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	14

**SEZIONE F**

Livello falda dal piano campagna 35 m

*Tabella 6 – Parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto, SEZIONE F*

	SLV	SLE
Accelerazione al suolo $a_g(m/s^2)$	1,141	0,452
Accelerazione al suolo $a_g(\% \text{ di } g)$	0,116	0,046
Fattore amplificatore $F_0$	2,581	2,431
$T_C^*$	0,362	0,302
Ss (Terreno tipo C)	1,500	1,500
Coeff. Amplifi. Topografica S (T1)		1,00
Coefficiente riduzione $\alpha$		0,934
Us(m)		0,055
Coefficiente riduzione $\beta$		0,468
Coefficiente intensità sismica orizzontale $K_h[\%]$	7,619	3,021
Coefficiente intensità sismica orizzontale stabilità globale $K_h[\%]$	7,619	3,021
Coefficiente intensità sismica verticale $K_v=50\% K_h$	3,809	1,510

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	15

## 7. SOLUZIONI PROGETTUALI

L'imbocco dell'uscita/accesso pedonale della galleria Campomarino, lo scavo risulta essere realizzato nei Conglomerati di Campomarino, interessando sia la litofacies argilloso-limosa (CGC2) che quella conglomeratico sabbiosa (CGC1). Il deposito delle Sabbie di Serracapriola (SRR) risulta profondo e non coinvolto nello scavo.

Le opere di sostegno provvisoria degli scavi della trincea di approccio alla parete di attacco dello scavo in sotterraneo sono costituite da una paratia di pali è costituita da pali rototrivellati Ø800 ad interasse di 1.0 m. Data la morfologia pianeggiante del territorio la paratia ha uno sviluppo di circa 106 m, così da consentire gli idonei scavi per la corretta realizzazione della galleria artificiale, lunga circa 50 m.

La paratia è ancorata con più ordini di tiranti da minimo tre trefoli, con un massimo di tre ordini in corrispondenza della sezione di scavo maggiore. I tiranti di lunghezza compresa tra 17 m e 19 m, sono posti a interasse orizzontale di 2.0 m (salvo alcuni tratti in cui si è adottato un passo minore a causa delle geometrie dell'opera) ed hanno un'inclinazione verticale di 20° ed orizzontale di 5°, tranne i tiranti in corrispondenza del fronte di imbocco, i quali hanno un'inclinazione verticale ed orizzontale variabile per evitare interferenze e detensionamento in fase di scavo della galleria naturale.

È prevista la realizzazione di un fosso di guardia a tergo della paratia che consenta di eseguire le lavorazioni all'asciutto.

La geometria degli scavi, i dettagli sugli elementi che costituiscono la paratia e le caratteristiche dei materiali, sono riportati, in planimetria, profilo e alcune sezioni rappresentative, negli elaborati specifici di progetto.

Si riportano nel seguito le principali fasi esecutive rilevanti dal punto di vista dei calcoli per le verifiche delle opere di sostegno:

- FASE 0. Esecuzione dei pali e scavo fino a quota intradosso cordolo;
- FASE 1. Esecuzione del cordolo di testata;
- FASE 2. Esecuzione dello scavo fino alla quota di progetto per ribassi successivi con immediata esecuzione di spritz-beton fibrorinforzato a protezione, esecuzione dei tiranti di ancoraggio e messa in opera delle travi di ripartizione.

A seguito della realizzazione della paratia e degli sbancamenti, si potrà procedere allo scavo di attacco della galleria naturale. Prima di operare gli scavi dovrà inoltre essere eseguita la dima di attacco, che ha la funzione di definire la geometria di scavo e di costituire un ulteriore elemento di stabilità della parete nella fase di attacco della galleria naturale.

Di seguito si riportano le principali fasi realizzative dell'imbocco:

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	16

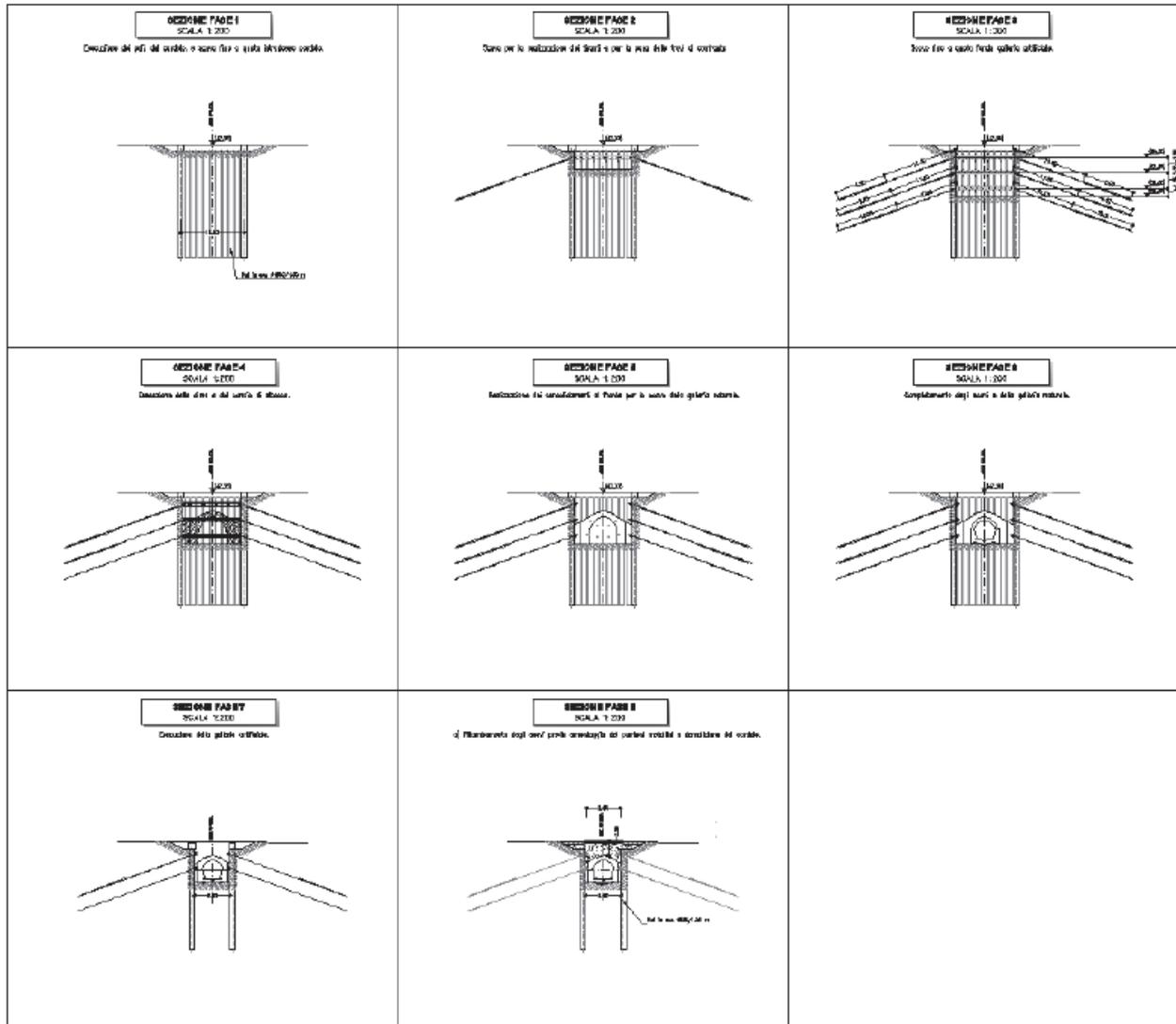


Figura 7.1 – Fasi realizzative

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	17

## 8. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

### 8.1 CALCESTRUZZO

Elemento strutturale: Pali, cordoli di collegamento, rivestimento interno

Classe di resistenza = C25/30

$\gamma_c$  = peso specifico = 25.00 kN/m<sup>3</sup>

$R_{ck}$  = resistenza cubica = 30.00 N/mm<sup>2</sup>

$f_{ck}$  = resistenza cilindrica caratteristica = 0.83 ·  $R_{ck}$  = 24.9 N/mm<sup>2</sup>

$f_{cm}$  = resistenza cilindrica media =  $f_{ck} + 8$  = 32.9 N/mm<sup>2</sup>

$f_{ctm}$  = resistenza a trazione media =  $0.30 \cdot f_{ck}^{2/3}$  = 2.56 N/mm<sup>2</sup>

$f_{cfm}$  = resistenza a traz. per flessione media =  $1.20 \cdot f_{ctm}$  = 3.07 N/mm<sup>2</sup>

$f_{cfk}$  = resistenza a traz. per flessione caratt. =  $0.70 \cdot f_{cfm}$  = 1.79 N/mm<sup>2</sup>

$E_{cm}$  = modulo elast. tra 0 e 0.40 $f_{cm}$  =  $22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3}$  = 31447 N/mm<sup>2</sup>

### 8.2 CALCESTRUZZO ACCIAIO DI ARMATURA - BARRE

Tipo = B 450 C

$\gamma_a$  = peso specifico = 78.50 kN/m<sup>3</sup>

$f_{y \text{ nom}}$  = tensione nominale di snervamento = 450 N/mm<sup>2</sup>

$f_{t \text{ nom}}$  = tensione nominale di rottura = 540 N/mm<sup>2</sup>

$f_{yk \text{ min}}$  = minima tensione caratteristica di snervamento = 450 N/mm<sup>2</sup>

$f_{tk \text{ min}}$  = minima tensione caratteristica di rottura = 540 N/mm<sup>2</sup>

$(f_t/f_y)_{k \text{ min}}$  = minimo rapporto tra i valori caratteristici = 1.15

$(f_t/f_y)_{k \text{ max}}$  = massimo rapporto tra i valori caratteristici = 1.35

$(f_y/f_{y \text{ nom}})_k$  = massimo rapporto tra i valori nominali = 1.25

$(A_{gt})_k$  = allungamento caratteristico sotto carico massimo = 7.5 %

E = modulo di elasticità dell'acciaio = 206000 N/mm<sup>2</sup>

Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche:

$\emptyset < 12 \text{ mm}$  → 4  $\emptyset$ ;

$12 \leq \emptyset \leq 16 \text{ mm}$  → 5  $\emptyset$ ;

$16 < \emptyset \leq 25 \text{ mm}$  → 8  $\emptyset$ ;

$25 < \emptyset \leq 40 \text{ mm}$  → 10  $\emptyset$ .

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	18

### 8.3 ACCIAIO ARMONICO PER TIRANTI

Tipo = Trefoli da 0.6"

$f_{pck\ nom}$  = tensione di rottura caratteristica = 1860 N/mm<sup>2</sup>

$f_{p(1)k}$  = tensione elastica all'1% di deformazione = 1670 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente parziale sicurezza  $\gamma_M = 1,15$

### 8.4 ACCIAIO PER TRAVI DI RIPARTIZIONE

Tipo S 275 JR

Tensione di snervamento caratteristica  $f_{yk} = 275$  MPa

Tensione di rottura caratteristica  $f_{tk} = 430$  MPa

Tensione di snervamento di calcolo  $f_{yd} = f_{yk}/1.05 = 261.9$  MPa

$E = 2100000$  Kg/cm<sup>2</sup>

$G = 850000$  Kg/cm<sup>2</sup>

Peso specifico = 7850 Kg/cm<sup>3</sup>

Coefficiente parziale sicurezza  $\gamma_M = 1,05$

## 9. ANALISI DEI CARICHI STATICI DI PROGETTO

### 9.1 STATICA DELLE TERRE E DELL'ACQUA

La spinta del terreno viene determinata investigando l'interazione statica tra il terreno e la struttura deformabile, a partire da uno stato di spinta a riposo del terreno sulla paratia.

I parametri che identificano il tipo di legge costitutiva possono essere distinti in due sottoclassi: parametri di spinta e parametri di deformabilità del terreno.

I parametri di spinta sono il coefficiente di spinta a riposo  $K_0$ , il coefficiente di spinta attiva  $K_a$  e il coefficiente di spinta passiva  $K_p$ .

Il coefficiente di spinta a riposo fornisce lo stato tensionale presente in sito prima delle operazioni di scavo. Esso lega la tensione orizzontale efficace  $\sigma'_h$  a quella verticale  $\sigma'_v$  attraverso la relazione:

$$\sigma'_h = K_0 \cdot \sigma'_v$$

$K_0$  dipende dalla resistenza del terreno, attraverso il suo angolo di attrito efficace  $\phi'$ , e dalla sua storia geologica. Si può assumere che:

$$K_0 = K^{NC} \cdot (OCR)^m$$

Dove

$$K_0 = 1 - \tan^2(\phi'/2)$$

è il coefficiente di spinta a riposo per un terreno normalconsolidato ( $OCR=1$ ).  $OCR$  è il grado di sovraconsolidazione e  $m$  è un parametro empirico, di solito compreso tra 0.4 e 0.7.

Il coefficiente di spinta attiva e passiva sono dati secondo Rankine per una parete liscia, da:

$$K_a = \tan^2(45 - \phi'/2)$$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	19

$$K_p = \tan^2(45 + \varphi'/2)$$

Per tener conto dell'angolo di attrito  $\delta$  tra paratia e terreno il software Paratie impiega per  $K_a$  e  $K_p$  la formulazione rispettivamente di Coulomb e Caquot – Kerisel.

Formulazione di Coulomb per  $k_a$ :

$$k_a = \frac{\cos^2(\varphi' - \beta)}{\cos^2 \beta \cdot \cos(\beta + \delta) \cdot \left[ 1 + \frac{\sin(\delta + \varphi') \cdot \sin(\varphi' - i)}{\cos(\beta + \delta) \cdot \cos(\beta - i)} \right]^2}$$

dove:

$\varphi'$  è l'angolo di attrito del terreno

$\beta$  è l'angolo d'inclinazione del diaframma rispetto alla verticale

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

$i$  è l'angolo d'inclinazione del terreno a monte della paratia rispetto all'orizzontale

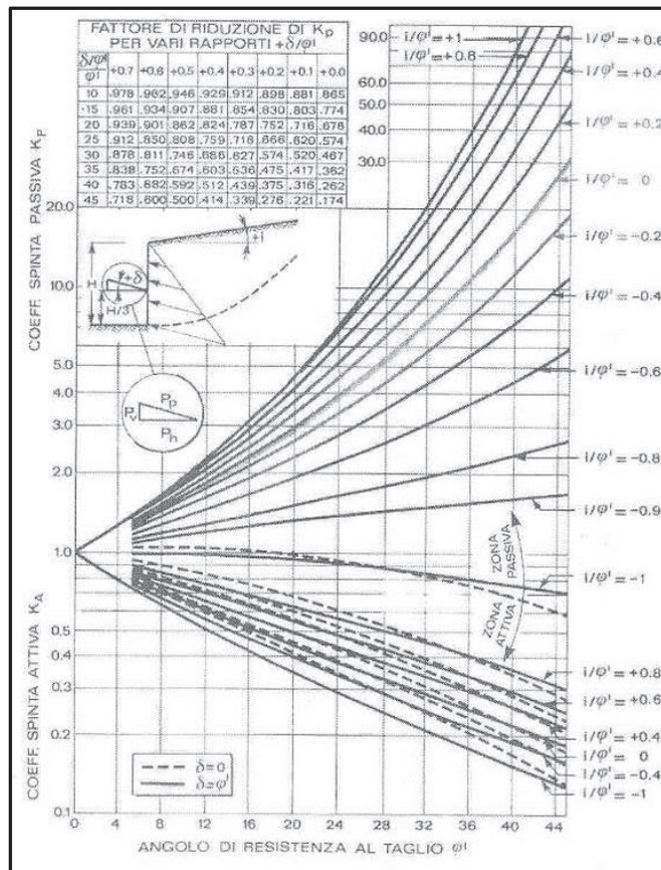


Figura 9.1 – Formulazione di Caquot – Kerisel per  $K_p$  che considera superfici di rottura curvilinee

Il valore limite della tensione orizzontale sarà dato da:

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	20

$$\sigma'_h = K_a \sigma'_v - 2c' \sqrt{K_a}$$

$$\sigma'_h = K_p \sigma'_v + 2c' \sqrt{K_p}$$

a seconda che il collasso avvenga rispettivamente in spinta attiva o passiva.  $c'$  è la coesione drenata del terreno.

## 9.2 AZIONE DEL SOVRACCARICO A TERGO DELLA PARATIA

In fase di scavo provvisorio si adotta un sovraccarico pari a 20 kPa dovuto ai mezzi di cantiere.

## 10. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

### 10.1 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Le strutture di sostegno, saranno progettate come opere provvisorie, e quindi gli si attribuisce una vita nominale  $V_N = 10$  anni. Siccome deve essere  $V_R \geq 35$  anni, di conseguenza il periodo di riferimento per la definizione dell'azione sismica,  $V_R$ , si assume pari a 35 anni con classe d'uso III (DM 14/01/2008) il valore di  $C_U = 1.50$ .

Tabella 2.4.I – Vita nominale  $V_N$  per diversi tipi di opere

Tipi di costruzione		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza	$\geq 100$

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

Fissata la vita di riferimento  $V_R$ , i due parametri  $T_R$  e  $P_{VR}$  sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} = -\frac{C_U \cdot V_N}{\ln(1 - P_{VR})}$$

	STATO LIMITE	$P_{VR}$ : probabilità di superamento nel periodo di riferimento
SLE	SLO - Stato Limite di Operatività	81%
	SLD - Stato Limite di Danno	63%
SLU	SLV - Stato Limite di salvaguardia della Vita	10%
	SLC - Stato Limite di prevenzione del Collasso	5%

Figura 10.1 – Probabilità di superamento  $P_{VR}$  al variare dello stato limite considerato

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	21

## 10.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale. Per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento in accordo a quanto indicato nel § 3.2.2 delle NTC2008. I terreni di progetto possono essere caratterizzati come appartenenti a terreni di **Categoria C**.

## 10.3 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

In condizioni topografiche superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

*Figura 10.2 – Classificazione topografie superficiali*

Le categorie topografiche appena definite si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m. L'area interessata risulta classificabile come **T1**.

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	22

### 10.4 AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA E TOPOGRAFICA

In riferimento a quanto indicato nel §3.2.3.2.1 delle NTC2008 per la definizione dello spettro elastico in accelerazione è necessario valutare il valore del coefficiente  $S = S_S \cdot S_T$  e di  $C_c$  in base alla categoria di sottosuolo e alle condizioni topografiche; si fa riferimento nella valutazione dei coefficienti alle tabelle che sono riportate di seguito.

Categoria sottosuolo	$S_S$	$C_c$
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T_C^*)^{-0.20}$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T_C^*)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T_C^*)^{-0.50}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_C^*)^{-0.40}$

Figura 10.3 – Tabella delle espressioni per  $S_S$  e per  $C_c$

Categoria Topografica	Ubicazione dell'intervento dell'opera	$S_T$
T1	-	1.0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

Figura 10.4 – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	23

**10.5 ANALISI PSEUDOSTATICA**

In condizioni sismiche, nelle analisi eseguite con il metodo pseudostatico, i valori dei coefficienti sismici orizzontali e verticali, nelle verifiche allo stato limite ultimo, possono essere assunti come definito al paragrafo 7.11.6.3.1 delle NTC 2008 e valutati utilizzando i diagrammi di seguito riportati:

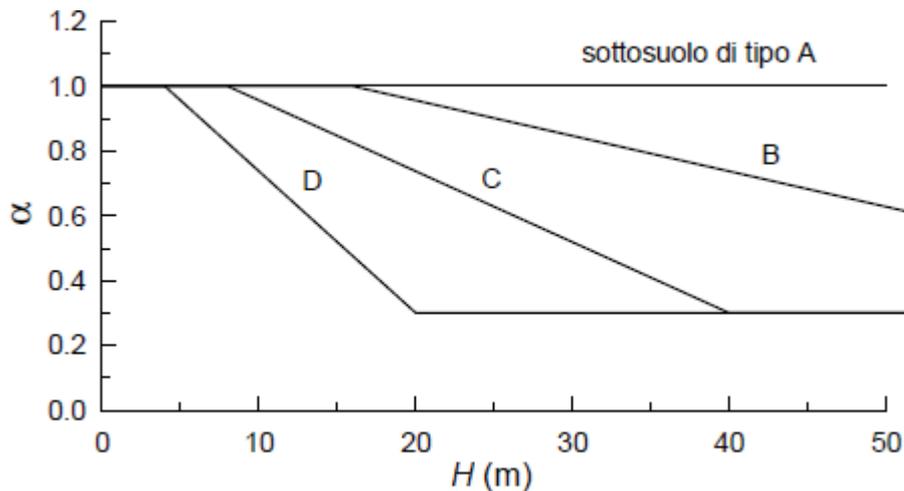


Figura 10.5 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità  $\alpha$

dove

$\alpha$  è il coefficiente di deformabilità

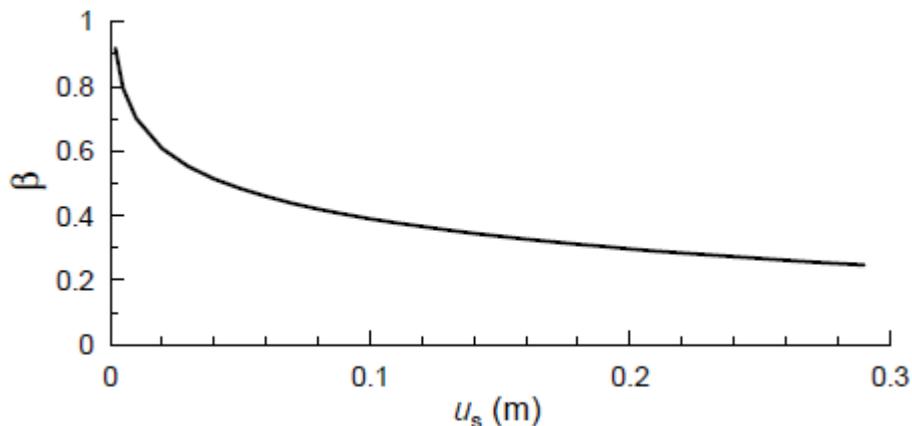


Figura 10.6 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento  $\beta$

dove

$\beta$  è il coefficiente di spostamento

$u_s \leq 0.005H$  rappresenta il massimo spostamento che l'opera può tollerare senza perdite di resistenza

Se  $\alpha \cdot \beta \leq 0.2 \cdot a_{max}/g$  deve assumersi  $k_n = 0.2 \cdot a_{max}/g$ .

Il coefficiente sismico verticale,  $k_v$ , si assume pari a 0 (§7.11.6.3 del DM 14/01/2008).

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C

## 10.6 CALCOLO INERZIA SISMICA SUL PALO

L'inerzia sismica è calcolata dal programma in automatico, attraverso la relazione:  $F_{h, \text{pali}} = a_H \cdot W$

## 10.7 CALCOLO DELLA SPINTA SISMICA

L'effetto del sisma è ottenuto applicando un incremento di spinta del terreno valutato secondo la teoria di Mononobe-Okabe, agente direttamente sulla paratia secondo una distribuzione uniforme sull'intera altezza dell'opera.

$$\Delta S_E = \left[ \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot (K_{aE} - K_a) \right] / H,$$

dove rappresenta il peso dell'unità di volume della formazione con la quale l'opera interagisce, rappresenta l'altezza totale dell'opera (comprensiva del tratto infisso),  $K_{aE}$  e  $K_a$  rappresentano i coefficienti di spinta attiva in condizioni sismiche e statiche rispettivamente.

I coefficienti di spinta attiva sono stati determinati attraverso la relazione di Mononobe (1929) e Okabe (1926). I coefficienti di spinta passiva sono stati determinati attraverso la relazione di Lancellotta (2007). L'angolo di attrito terreno/struttura,  $\delta$ , è stato assunto pari a zero.

## 11. VERIFICHE AGLI STATI LIMITI

Le combinazioni di carico prese in considerazione nelle verifiche sono state definite in base a quanto prescritto dalle NTC-2008 al par.2.5.3:

Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (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 caratteristica rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche delle tensioni d'esercizio:

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

Combinazione caratteristica frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili, da utilizzarsi nelle verifiche a fessurazione:

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

Combinazione quasi permanente, impiegata per gli effetti a lungo termine, da utilizzarsi nelle verifiche a fessurazione:

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

Combinazione sismica, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

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

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_F$ ,  $\gamma_M$  e  $\gamma_R$ , nonché i coefficienti di combinazione  $\psi$  delle azioni, sono dati dalle tabelle NTC2008 5.2.V, 5.2.VI, 6.2.II e 6.4.II che vengono riportate nel seguito.

L'analisi mira a garantire la sicurezza e le prestazioni attese attraverso il conseguimento dei seguenti requisiti:

- sicurezza nei confronti degli Stati Limite di Esercizio.

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	25

- sicurezza nei confronti degli Stati Limite Ultimi

Tali verifiche sono state effettuate applicando il primo approccio progettuale (Approccio 1) che prevede le due seguenti combinazioni di coefficienti:

- Combinazione 1: A1+M1+R1 (STR)
- Combinazione 2: A2+M2+R2 (GEO)

Le verifiche delle strutture di sostegno sono state condotte nei riguardi dei seguenti stati limite ultimi (SLU):

- raggiungimento della resistenza del complesso opera-terreno;
- instabilità globale dell'insieme terreno-opera;
- sfilamento di uno o più ancoraggi;
- raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi,
- raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali.

Per le verifiche di stabilità globale è stato applicato l'Approccio 1 - Combinazione 2 (A2 + M2 + R2 – tab. 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I del DM 14/01/2008).

**Tabella 5.2.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU, eccezionali e sismica**

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 <sup>(5)</sup>	0,20 <sup>(5)</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(6)</sup>	1,00 <sup>(7)</sup>	1,00	1,00	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.  
<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.  
<sup>(3)</sup> Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.  
<sup>(4)</sup> Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.  
<sup>(5)</sup> Aliquota di carico da traffico da considerare.  
<sup>(6)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna  
<sup>(7)</sup> 1,20 per effetti locali

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	26

**Tabella 6.4.II – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche.**

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	$\gamma_b$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale <sup>(*)</sup>	$\gamma_t$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

<sup>(\*)</sup> da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

**Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_\phi$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_c$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_t$	1,0	1,0

	A1+M1+R1
Peso proprio palo	1,00/1,35
Spinta terreno	1,35
Sovraccarico della paratia	1,50

	A2+M2+R1
Peso proprio palo	1,00
Spinta terreno	1,00
Sovraccarico paratia	1,30

	SISMA +M1
Peso proprio palo	1,00
Spinta terreno	1,00
Sovraccarico della paratia	1,00
Inerzia orizzontale:palo+spinta sismica terreno	1,00

	SISMA+M2
Peso proprio palo	1,00
Spinta terreno	1,00
Sovraccarico della paratia	1,00
Inerzia orizzontale:palo+spinta sismica terreno	1,00

<b>Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>GI</b>	<b>02</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>27</b>

## 11.1 VERIFICHE DELLE SEZIONI IN C.A.

Le verifiche di resistenza delle sezioni sono eseguite secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite. I coefficienti di sicurezza adottati sono i seguenti:

- coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo: 1.50;
- coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio in barre: 1.15.

Il paragrafo in oggetto illustra nel dettaglio i criteri generali adottati per le verifiche strutturali condotte nel progetto. Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

- verifiche per gli stati limite ultimi a presso-flessione;
- verifiche per gli stati limite ultimi a taglio;
- verifiche per gli stati limite di esercizio.

### 11.1.1 VERIFICHE PER GLI STATI LIMITE ULTIMI A FLESSIONE-PRESSOFLESSIONE

Allo stato limite ultimo, le verifiche a flessione o presso-flessione vengono condotte confrontando (per le sezioni più significative) le resistenze ultime e le sollecitazioni massime agenti, valutando di conseguenza il corrispondente fattore di sicurezza.

### 11.1.2 VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI A TAGLIO

La verifica allo stato limite ultimo per azioni di taglio è condotta secondo quanto prescritto dal DM14/01/2008, col metodo a traliccio con puntone di calcestruzzo ad inclinazione variabile  $\theta$ .

$$V_{Rsd} = 0.9d \frac{A_{sw}}{s} f_{yk} (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) \text{ sen } \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9db_w \alpha_c v f_{cd} \frac{\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta}{1 + \text{ctg}^2 \theta}$$

con:

d altezza utile sezione [mm]

$b_w$  larghezza minima sezione [mm]

$A_{sw}$  area armatura trasversale [mmq]

s interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]

$\alpha_c$  coefficiente maggiorativo, funzione di  $f_{cd}$  e  $\sigma_{cp}$

$\sigma_{cp}$  tensione media di compressione [N/mmq]

$v=0.5$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	28

**11.1.3 VERIFICHE DEI TIRANTI DI ANCORAGGIO**

La resistenza caratteristica della sezione in acciaio è calcolata secondo la relazione:

$$R_{a,k} = f_{p(1)k} \cdot A_s$$

dove:

$A_s = n \cdot A_t$  area della sezione di armatura;  $A_t$  area del singolo trefolo; n numero di trefoli

$f_{p(1)k}$  tensione caratteristica all'1% di deformazione totale

La resistenza di progetto della sezione risulterà quindi:

$$R_{a,d} = R_{a,k} / \gamma_s$$

con  $\gamma_s = 1.15$ , coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio.

Per la verifica della fondazione dei tiranti, in considerazione della tecnologia realizzativa e delle caratteristiche geotecniche del mezzo al contorno, la resistenza a sfilamento all'interfaccia bulbo di ancoraggio - terreno è stata valutata secondo le indicazioni di Bustamante e Doix '85 e Viggiani '99.

$R_{cal} = \pi \cdot D_s \cdot L_s \cdot s$ , in cui:

$D_s = \alpha \cdot D$  dove D è il diametro della perforazione e  $\alpha$  un coefficiente maggiorativo che tiene conto della tipologia di terreno e del metodo di iniezione;

$L_s$  = lunghezza del bulbo; s = resistenza tangenziale.

Dalle tabelle e grafici riportati nel testo di Bustamante e Doix, considerando iniezioni ripetute (IRS), si considera un valore di  $\alpha$  pari a 1.50 ed un valore di  $f_s$  caratteristici,  $f_s$  minimi,  $f_s$  medi pari a seconda dello strato di terreno considerato nel modello geotecnico del sottosuolo pari a:

**TERRENO CGC1**

	Per calcolo tiranti con il metodo di Bustamante-Doix			Per calcolo tiranti (N.T.C.)		
	Caratteristici	Minimi	Medi			
Tensione tangenziale ( $f_s$ ) [kPa]	150,00	150,00	150,00			
Coeff. di espansione laterale ( $\alpha$ )	1,50					

**TERRENO CGC2**

	Per calcolo tiranti con il metodo di Bustamante-Doix			Per calcolo tiranti (N.T.C.)		
	Caratteristici	Minimi	Medi			
Tensione tangenziale ( $f_s$ ) [kPa]	180,00	180,00	180,00			
Coeff. di espansione laterale ( $\alpha$ )	1,50					

**TERRENO SRR**

	Per calcolo tiranti con il metodo di Bustamante-Doix			Per calcolo tiranti (N.T.C.)		
	Caratteristici	Minimi	Medi			
Tensione tangenziale ( $f_s$ ) [kPa]	250,00	250,00	250,00			
Coeff. di espansione laterale ( $\alpha$ )	1,50					

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	29

Il valore caratteristico della resistenza  $R_{a,k}$  è dato dal minore dei valori ottenuti applicando alla resistenza calcolata  $R_{ca}$  i fattori di correlazione  $\xi_a$  riportati nella Tabella 6.6.II delle NTC08, in funzione del numero  $n$  di verticali di indagine.

$$R_{ak} = \min[(R_{a,c})_{media}/\xi_{a3}; (R_{a,c})_{min}/\xi_{a4}]$$

*Tabella 7 – Fattori di correlazione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate*

numero di verticali indagate	1	2	3	4	$\geq 5$
$\xi_{a3}$	1.80	1.75	1.70	1.65	1.60
$\xi_{a4}$	1.80	1.70	1.65	1.60	1.55

Si è assunto  $\xi_{a3} = 1.80$   $\xi_{a4} = 1.80$  con 1 verticale indagata.

Il valore di progetto  $R_{ad}$  della resistenza si ottiene a partire dal valore caratteristico  $R_{ak}$  applicando il coefficiente parziale  $\gamma_{Ra}$  della Tabella 6.6.II delle NTC08.

*Tabella 8 – Coefficienti parziali per la resistenza degli ancoraggi*

	simbolo $\gamma_R$	coefficiente parziale
temporanei	$\gamma_{Ra,t}$	1.1
permanenti	$\gamma_{Ra,p}$	1.2

## 11.2 CRITERI DI VERIFICA GEOTECNICA

La verifica geotecnica consta della verifica della spinta passiva mobilitata per le combinazioni di carico più gravose e della verifica di stabilità globale del complesso opera-terreno.

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	30

## 12. METODO DI ANALISI – CALCOLO PARATIA

Il calcolo agli elementi finiti delle paratie è stato effettuato utilizzando il codice PAC 2D prodotto dalla “AZTEC”.

Gli effetti nelle opere di sostegno flessibile delle spinte del terreno e di eventuali azioni concentrate sono stati esaminati con l’ausilio del programma di calcolo per l’analisi di strutture di sostegno flessibili PAC 2D.

PAC 2D analizza il comportamento meccanico di una struttura di sostegno flessibile di uno scavo in terreno o roccia, ponendo l’accento sull’aspetto dell’interazione “locale” fra parete e terreno.

Lo studio di una parete flessibile è condotto attraverso una simulazione numerica del reale: il programma stabilisce e risolve un sistema di equazioni algebriche la cui soluzione permette di riprodurre abbastanza realisticamente l’effettivo comportamento dell’opera di sostegno.

Per la soluzione del modello si procede ad un’analisi non lineare secondo un modello “a molle” elasto plastiche” per la parte terreno. La schematizzazione in elementi finiti avviene in questo modo:

- si analizza un problema piano (nel piano Y-Z): i gradi di libertà nodali attivi sono lo spostamento laterale e la rotazione fuori piano: gli spostamenti verticali sono automaticamente vincolati (di conseguenza le azioni assiali nelle pareti verticali non sono calcolate);
- la parete flessibile di sostegno vera e propria è schematizzata da una serie di elementi finiti BEAM verticali;
- il terreno, che spinge contro la parete (da monte e da valle) e che reagisce in modo complesso alle deformazioni della parete, è simulato attraverso un doppio letto di molle elasto-plastiche connesse agli stessi nodi della parete;
- Si è adottato un valore dell’angolo di attrito terreno paratia,  $\delta$ , pari  $2/3 \phi$ . In sismica tale valore è nullo.
- i tiranti, i puntoni, le solette, gli appoggi cedevoli o fissi, sono schematizzati tramite molle puntuali convergenti in alcuni punti (nodi) della parete ove convergono parimenti elementi BEAM ed elementi terreno.

Lo scopo di PAC 2D è lo studio di un problema definito; in altre parole, il programma analizza la risposta, durante le varie fasi realizzative, di una parete caratterizzata in tutte le sue componenti (altezza, infissione e spessore della parete, entità dei tiranti, ecc.). Il problema è ricondotto a uno schema piano in cui viene analizzata una “fetta” di parete di larghezza unitaria, come mostrato nella Figura seguente.

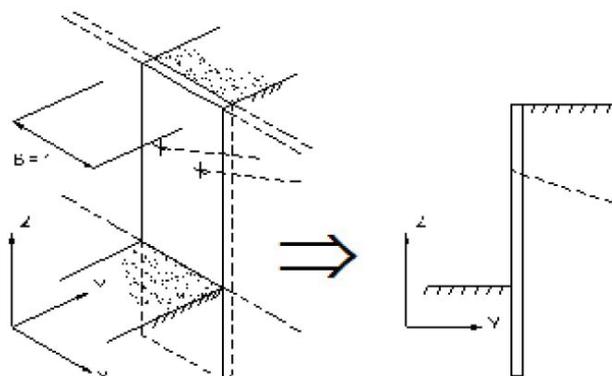


Figura 12.1 – Modellazione della paratia

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	31

## 12.1 CALCOLO DELLA PROFONDITA' DI INFISSIONE

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

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

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

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

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

Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

**K<sub>am</sub>** diagramma della spinta attiva agente da monte

**K<sub>av</sub>** diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata

**K<sub>pm</sub>** diagramma della spinta passiva agente da monte

**K<sub>pv</sub>** diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

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

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

Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione

si può agire con tre modalità:

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

## 12.2 CALCOLO DELLE SPINTE

Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

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

La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il valore della spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann,

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	32

nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

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

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.

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

### 12.3 SPINTA IN PRESENZA DI FALDA

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni 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 efficace

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

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

Il regime di filtrazione della falda può essere *idrostatico* o *idrodinamico*.

Nell'ipotesi di regime idrostatico sia la falda di monte che di valle viene considerata statica, la pressione in un punto a quota  $h$  al di sotto della linea freatica sarà dunque pari a:

$$\gamma_w \times h$$

### 12.4 SPINTA IN PRESENZA DI SISMA

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

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

$$F_i = W \cdot C$$

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

$$DS = S - S_s$$

L'incremento di spinta viene applicato a 1/2 dell'altezza della parete stessa (diagramma rettangolare).

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	33

## 12.5 TIRANTI DI ANCORAGGIO

Le paratie possono essere tirantate, con tiranti attivi o con tiranti passivi, realizzati entrambi tramite perforazione e iniezione del foro con malta in pressione previa sistemazione delle armature opportune.

I tiranti attivi, contrariamente ai tiranti passivi, sono sottoposti ad uno sforzo di pretensione prendendo il contrasto sulla struttura stessa. Il tiro finale sul tirante attivo dipende sia dalla pretensione che dalla deformazione della struttura oltre che dalle cadute di tensione. Nel caso di tiranti passivi il tiro dipende unicamente dalla deformabilità della struttura. L'armatura dei tiranti attivi è costituita da trefoli ad alta resistenza (trefoli per c.a.p.), viceversa i tiranti passivi possono essere armati con trefoli o con tondini o, in alcuni casi, con profilati tubolari.

La capacità di resistenza dei tiranti è legata all'attrito e all'aderenza fra superficie del tirante e terreno.

## 12.6 CALCOLO DELLA LUNGHEZZA DI ANCORAGGIO

La lunghezza di ancoraggio (fondazione) del tirante si calcola determinando la lunghezza massima atta a soddisfare le tre seguenti condizioni:

1. Lunghezza necessaria per garantire l'equilibrio fra tensione tangenziale che si sviluppa fra la superficie laterale del tirante ed il terreno e lo sforzo applicato al tirante;
2. Lunghezza necessaria a garantire l'aderenza malta-armatura;
3. Lunghezza necessaria a garantire la resistenza della malta.

Siano  $N$  lo sforzo nel tirante,  $\delta$  l'angolo d'attrito tirante-terreno,  $c_a$  l'adesione tirante-terreno,  $\gamma$  il peso di volume del terreno,  $D$  ed  $L_f$  il diametro e la lunghezza di ancoraggio (o lunghezza efficace) del tirante ed  $H$  la profondità media al di sotto del piano campagna abbiamo la relazione

$$N = \pi D L_f (\gamma H K_s \tan \delta + c_a)$$

da cui si ricava la lunghezza di ancoraggio  $L_f$

$$L_f = \frac{N}{\pi D (\gamma H K_s \tan \delta + c_a)}$$

$K_s$  rappresenta il coefficiente di spinta

Per quanto riguarda la seconda condizione, la lunghezza necessaria atta a garantire l'aderenza malta-armatura è data dalla relazione

$$L_f = \frac{N}{\pi d \tau_{c0} \omega}$$

dove  $d$  è la somma dei diametri dei trefoli disposti nel tirante,  $\tau_{c0}$  è la resistenza tangenziale limite della malta ed  $\omega$  è un coefficiente correttivo dipendente dal numero di trefoli ( $\omega = 1 - 0.075 [n \text{ trefoli} - 1]$ ).

Per quanto riguarda la verifica della terza condizione si impone che la tensione tangenziale limite tirante-terreno non possa superare la tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo.

Alla lunghezza efficace determinata prendendo il massimo valore di  $L_f$  si deve aggiungere la lunghezza di franco  $L$  che rappresenta la lunghezza del tratto che compreso fra la paratia e la superficie di ancoraggio.

Nel caso di tiranti attivi, cioè tiranti soggetti ad uno stato di pretensione, bisogna considerare le cadute di tensione. A tale scopo è stato introdotto il coefficiente di caduta di tensione  $b$ , che rappresenta il rapporto fra lo sforzo  $N_0$  al momento del tiro e lo sforzo  $N$  in esercizio

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	34

$$\beta = \frac{N_0}{N}$$

La verifica allo sfilamento tra ancoraggio e fondazione viene effettuata con il calcolo della resistenza unitaria con il metodo suggerito da Bustamante e Diox (1985).

In questo metodo la resistenza limite a sfilamento che  $R_{a,c} = \pi D_s L_f q_s$  dipende da  $D_s$ , dove  $D_s = \alpha_d D$  il coefficiente maggiorativo  $\alpha_d$  è funzione del tipo di terreno, dal tipo di perforazione e iniezione effettuata ed è possibile determinarlo dalla tabella riportata:

Terrono	Valori del coefficiente $\alpha_d$		Quantità minima di miscela consigliata $V_s$	Rapporto A/C
	IRS ( $p_i \geq p_i$ )	IGU ( $p_i < p_i$ )		
Ghiaia	1,8	1,3 ÷ 1,4	1,5 $V_s$	1,7 ÷ 2,4
Ghiaia sabbiosa	1,6 ÷ 1,8	1,2 ÷ 1,4	1,5 $V_s$	
Sabbia ghiaiosa	1,5 ÷ 1,6	1,2 ÷ 1,3	1,5 $V_s$	
Sabbia grossa	1,4 ÷ 1,5	1,1 ÷ 1,2	1,5 $V_s$	
Sabbia media	1,4 ÷ 1,5	1,1 ÷ 1,2	1,5 $V_s$	
Sabbia fine	1,4 ÷ 1,5	1,1 ÷ 1,2	1,5 $V_s$	
Sabbia limosa	1,4 ÷ 1,5	1,5 ÷ 2,0	IRS: (1,5 ÷ 2) $V_s$ ; IGU: 1,5 $V_s$	
Limo	1,4 ÷ 1,6	1,1 ÷ 1,2	IRS: 2 $V_s$ ; IGU: 1,5 $V_s$	1,7 ÷ 2,4
Argilla	1,8 ÷ 2,0	1,2	IRS: (2,5 ÷ 3) $V_s$ ; IGU: (1,5 ÷ 2) $V_s$	
Marna	1,8	1,1 ÷ 1,2	(1,5 ÷ 2) $V_s$ per strati compatti	1,7 ÷ 2,4
Calcarei marnosi	1,8	1,1 ÷ 1,2	(2 ÷ 6) $V_s$ o più per strati fratturati	
Calcarei alterati o fratturati	1,8	1,1 ÷ 1,2	(2 ÷ 6) $V_s$ o più per strati poco fratturati	
Roccia alterata e/o fratturata	1,2	1,1	2 $V_s$ o più per strati fratturati	1,7 ÷ 2,4
IRS: iniezione ad alta pressione a più stadi e ripetuta IGU: iniezione a bassa pressione in unica soluzione $p_i$ : pressione limite dalla prova pressiometrica Menard $p_i$ : pressione di iniezione			$V_s = L_f D_s^2 / 4$ $L_f$ : lunghezza della fondazione $D_s$ : diametro reale della fondazione	
<i>Nota: nella tabella sono riportati i valori teorici della quantità in volume della miscela di iniezione nelle diverse condizioni operative ed il rapporto acqua cemento ottimale (da Bustamante e Doix, 1985)</i>				

Tabella 9 – Valori del coefficiente  $\alpha_d$  per la stima del diametro di calcolo del budo di ancoraggio

(AGI, AICAP, Ancoraggio nei Terreni e nelle Rocce, 2012)

Indicazioni per la scelta del valore di s		
TERRENO	Tipo di iniezione	
	IRS	IGU
Da ghiaia a sabbia limosa	SG1	SG2
Limo e argilla	AL1	AL2
Marna, calcare marnoso, calcare tenero fratturato	MC1	MC2
Roccia alterata e/o fratturata	≥ R1	≥ R2

Successivamente i valori della resistenza unitaria possono essere determinati con gli abachi in funzione della tipologia di terreno e dal tipo e dall'entità dell'iniezione effettuata.

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	35

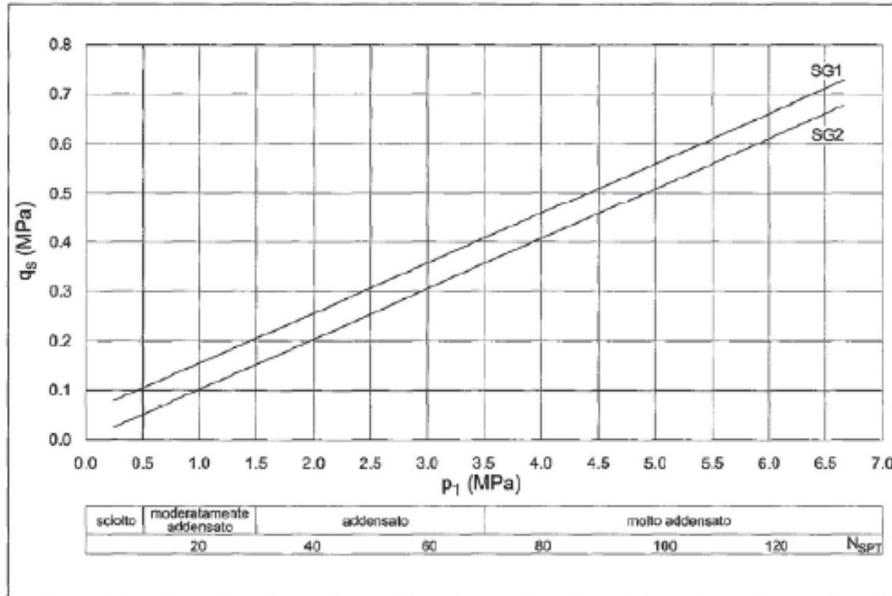


Figura 12.2 – Resistenza unitaria limite per ghiaia e sabbia limosai (AGI, AICAP, Ancoraggio nei terreni e nelle Rocce, 2012)

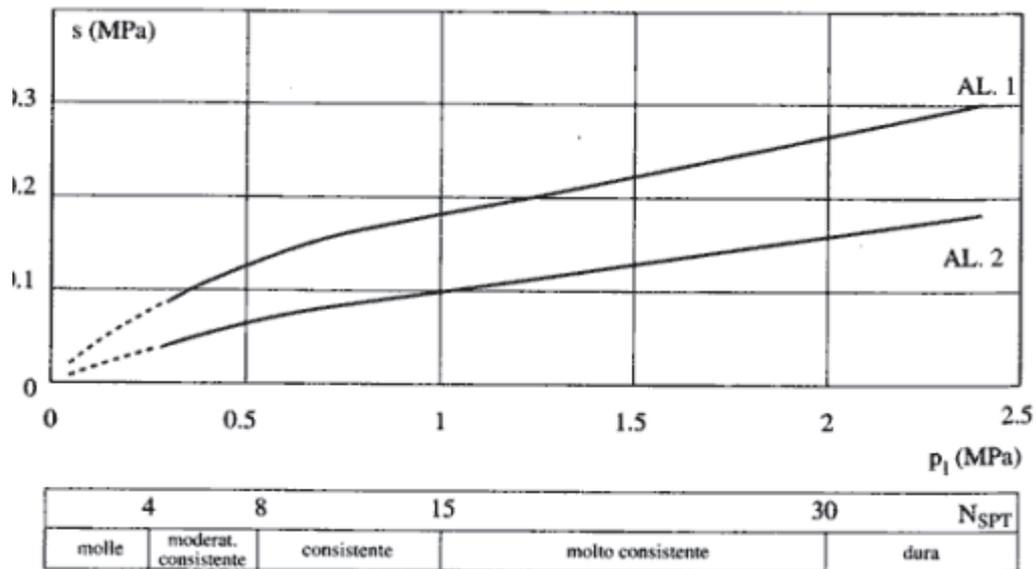


Figura 12.3 - Resistenza unitaria limite per limi e argille (AGI; AICAP; Ancoraggio nei Terreni e nelle Rocce, 2012)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	36

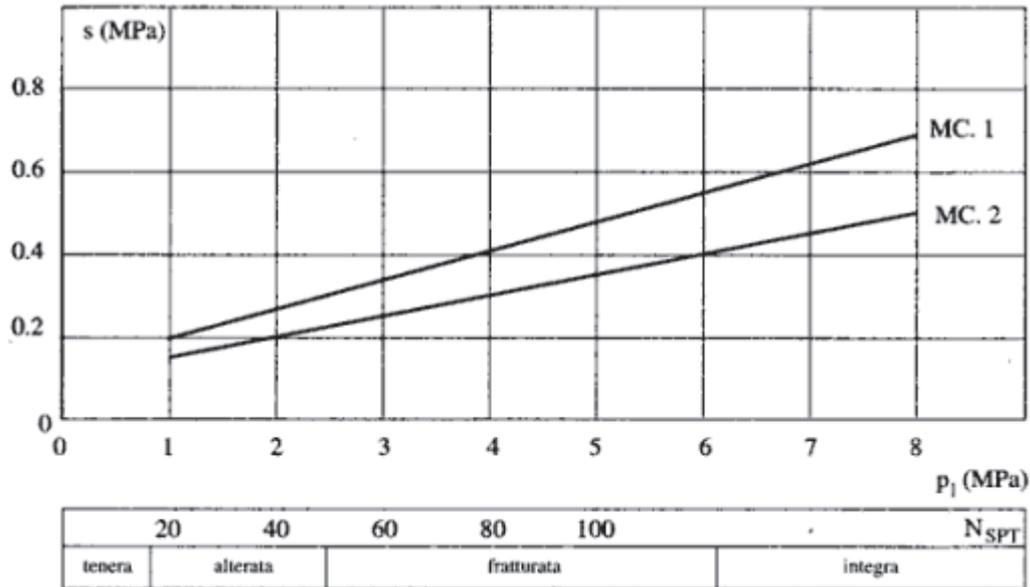


Figura 12.4 – Resistenza unitaria limite per le marne ed i calcari  
(AGI, AICAP, Ancoraggio nei Terreni e nelle Rocce, 2012)

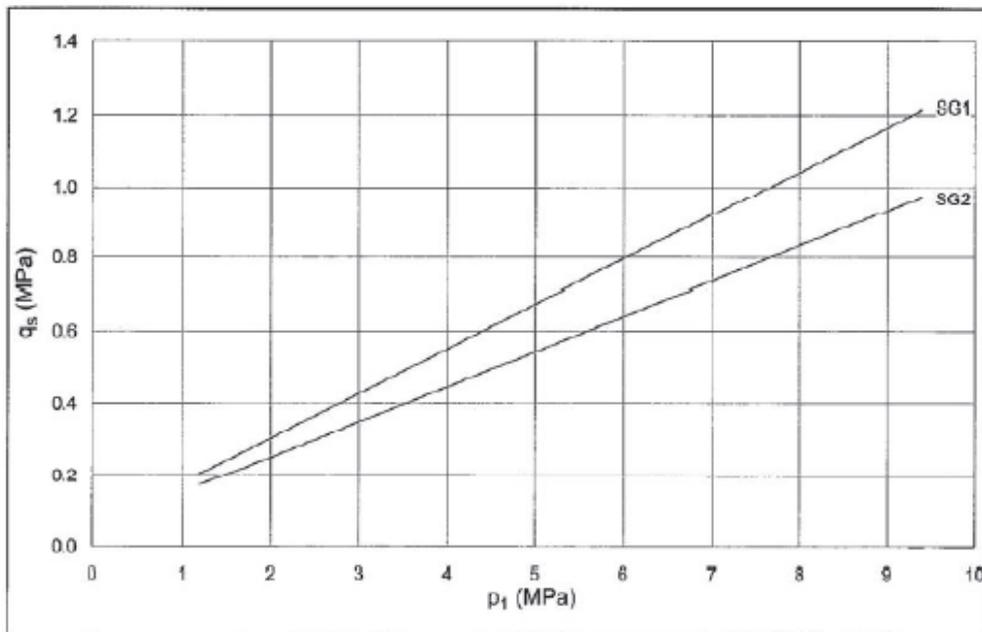


Figura 12.5 – Resistenza unitaria limite per rocce tenere e fratturate  
(AGI, AICAP, Ancoraggio nei Terreni e nelle Rocce, 2012)

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	37

## 12.7 ANALISI AD ELEMENTI FINITI

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

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

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

## 12.8 SCHEMATIZZAZIONE DEL TERRENO

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

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

Il metodo degli elementi finiti è il metodo che più di tutti si fonda su basi teoriche solide e razionali. Di fatto tutto il metodo presuppone che il problema sia affrontato tenendo in conto sia l'aspetto statico e quindi l'equilibrio del problema, sia l'aspetto cinematica e quindi la congruenza degli spostamenti o meglio delle deformazioni. In questo approccio la paratia è modellata come un insieme di travi, con vincolo di continuità tra loro

(elementi beam) vincolati al terreno mediante molle elastiche, la cui rigidità è valutata in funzione delle proprietà elastiche del terreno. Nella figura è mostrato schematicamente il modello utilizzato per l'analisi ad elementi finiti.

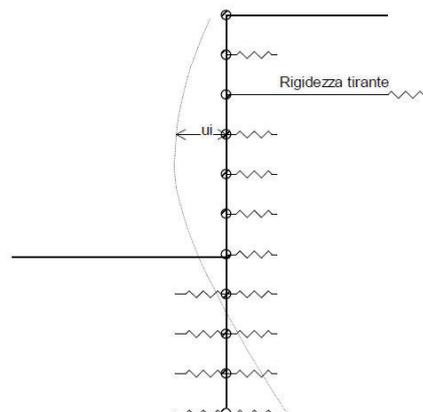


Figura 12.6 – Schema della paratia ad elementi finiti

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	38

Dalla figura 10 il terreno viene schematizzato con delle molle di rigidezza  $K_w$  applicate sui nodi dei concii. La stima della rigidezza  $K_w$  può essere effettuata in due modi:

- Da strato
- Formula binomia

Nel caso da strato il programma in generale considera come rigidezza  $K_w = \frac{P_p - P_a}{\text{Spostamento molla}}$  per ogni

baricentro di strato modellato

$P_0$  = pressione a riposo

$P_p$  = pressione passiva

$P_a$  = pressione attiva

$y$  = Spostamento

Dove lo spostamento limite della molla di default risulta essere di 1,50 cm

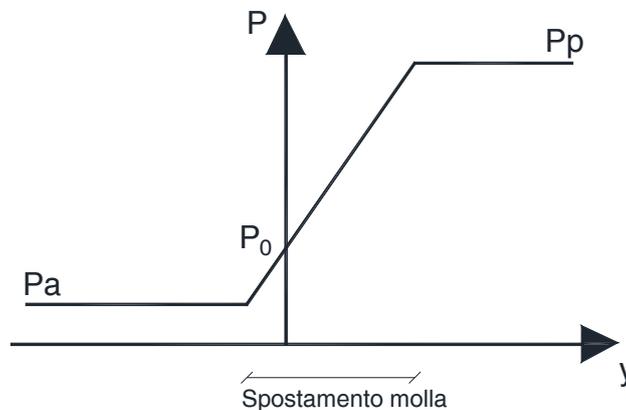


Figura 12.7 – Diagramma pressione – spostamento molla

Nel caso della formula binomia la formula è basata sulla capacità portante delle fondazioni con la seguente formula (Bowles, Fondazioni):

$$K_w = A_s + B_s + Z^n$$

Dove i simboli hanno il seguente significato:

$A_s$  = costante calcolata come segue  $A_s = C \times (c \times N_c + 0,5 \times G \times B \times N_g)$

$B_s$  = coefficiente funzione della profondità  $B_s = C \times G \times N_q$

$Z$  = profondità in esame

$C = 40$  nel sistema internazionale SI

$c$  = coesione del terreno

$N = \pi \times \tan \varphi$

$N_q = \exp[n \times (\tan^2(45^\circ + \varphi/2))]$

$N_c = (N_q - 1) \times \cot \varphi$

$N_g = 1,5 \times (N_q - 1) \times \tan \varphi$

$G$  = peso specifico efficace

$B$  = larghezza fondazione

Mentre i tiranti vengono schematizzati come elementi elastici, con sezione trasversale di area pari ad  $A$  modulo di elasticità  $E$  e lunghezza  $L$ . Per un tratto di paratia di larghezza unitaria, l'azione dei tiranti inclinati di un angolo  $\beta$  vale:

$$F = \frac{A \cdot E}{S \cdot L} \cos \beta$$

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	39

## 12.9 MODALITA' DI ANALISI E COMPORTAMENTO ELASTO-PLASTICO DEL TERRENO

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

$$K \cdot u = p$$

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

Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti, la deformazione è direttamente leggibile, mentre la pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre, dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

Le molle al di sotto della linea di fondo scavo hanno un comportamento asimmetrico. Se lo spostamento della paratia in corrispondenza della molla è diretto verso valle la pressione limite della molla stessa sarà data dalla differenza fra la pressione passiva di valle e la pressione attiva di monte ( $K_{pv} - K_{am}$ ). Se lo spostamento è diretto verso monte la pressione limite sarà data dalla differenza tra la pressione passiva da monte e la pressione attiva da valle ( $K_{pm} - K_{av}$ ).

Per le molle al di sopra della linea di fondo scavo si assume sempre il criterio di rottura per pressione passiva (a compressione). Naturalmente esse vengono rimosse dall'analisi quando vanno in trazione. In particolare saranno immediatamente eliminate durante l'analisi nel caso di una paratia libera (non soggetta a carichi verso monte) mentre avranno una grossa influenza in presenza di tiranti (soprattutto nel caso di tiranti attivi) e di vincoli.

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	40

## 12.10 ANALISI PER FASI DI SCAVO

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

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

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

Le modalità di analisi sono più complicate nel caso di tiranti attivi in quanto è importante conoscere la modalità di tiro: infatti il tirante può essere tesato prima dello scavo, oppure tesato alla fine della corrispondente fase di scavo, oppure al termine di tutto lo scavo. Nella fase in cui il tirante è tesato verrà inserita una molla con uno stato di pretensione pari allo sforzo di tesatura. Nelle fasi successive il tirante verrà considerato come una semplice molla che 'ricorda', naturalmente, lo sforzo della fase precedente. Ovviamente si otterranno soluzioni differenti in funzione della modalità di tiro selezionata.

Nel caso di tiranti attivi, inoltre, è analizzata una fase ulteriore (a lungo termine) nella quale il tiro iniziale è depurato dalle cadute di tensione.

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

## 12.11 VERIFICA ALLA STABILITA' GLOBALE

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

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

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

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

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

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

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

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

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	41

**12.12 ANALISI DEI PALI**

Per l'analisi della capacità portante dei pali occorre determinare alcune caratteristiche del terreno in cui si va ad operare. In particolare bisogna conoscere l'angolo d'attrito  $f$  e la coesione  $c$ . Per pali soggetti a carichi trasversali è necessario conoscere il modulo di reazione laterale o il modulo elastico laterale. La capacità portante di un palo solitamente viene valutata come somma di due contributi: portata di base (o di punta) e portata per attrito laterale lungo il fusto. Cioè si assume valida l'espressione:

$$Q_t = Q_p + Q_l - W_p$$

dove:

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

e le due componenti  $Q_P$  e  $Q_L$  sono calcolate in modo indipendente fra loro.

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

Palo compresso:

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

Palo teso:

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

**Capacità portante di punta**

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

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

dove:

- $A_p$  è l'area portante efficace della punta del palo
- $c$  è la coesione
- $q$  è la pressione geostatica alla quota della punta del palo
- $\gamma$  è il peso specifico del terreno
- $D$  è il diametro del palo

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

**Capacità portante per resistenza laterale**

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

$$Q_l = \int_S \tau_a dS$$

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	42

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

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

dove:

$c_a$  è l'adesione palo-terreno

$d$  è l'angolo di attrito palo-terreno

$\gamma$  è il peso specifico del terreno

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

$L$  è la lunghezza del palo

$P$  è il perimetro del palo

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

Nel nostro caso essendoci innumerevoli incertezze del calcolo della resistenza laterale dovuta alla realizzazione di pali accostati molto vicini tra loro e la quota paratia, lato monte il terreno non partecipa completamente alla resistenza laterale, si ritiene opportuno trascurare quest' ultima.

Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	43

### 13. MODELLI DI CALCOLO

Si sono analizzate 6 sezioni di calcolo per tenere conto in maniera esaustiva delle differenti lunghezze dei pali e differenti ordini dei tiranti, tramite apposite piastre di ripartizione. L'azione concentrata di contrasto dei tiranti è distribuita sui pali dalle travi di collegamento, costituite da un doppio profilato in acciaio S275 della serie IPN. Le caratteristiche peculiari di ciascun modello sono esaminate e sintetizzate riassunte nelle tabelle e nelle figure a seguire:

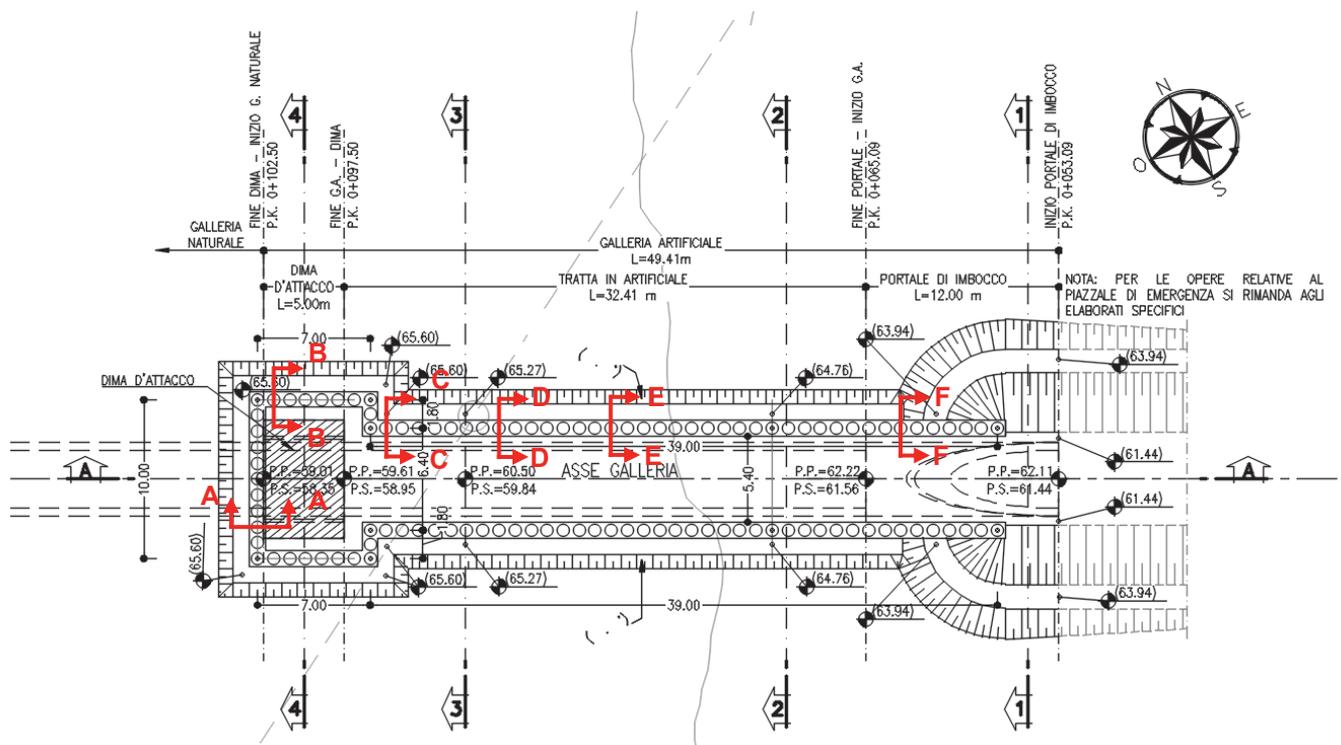


Figura 13.1 – Planimetria, identificazione delle sezioni di calcolo

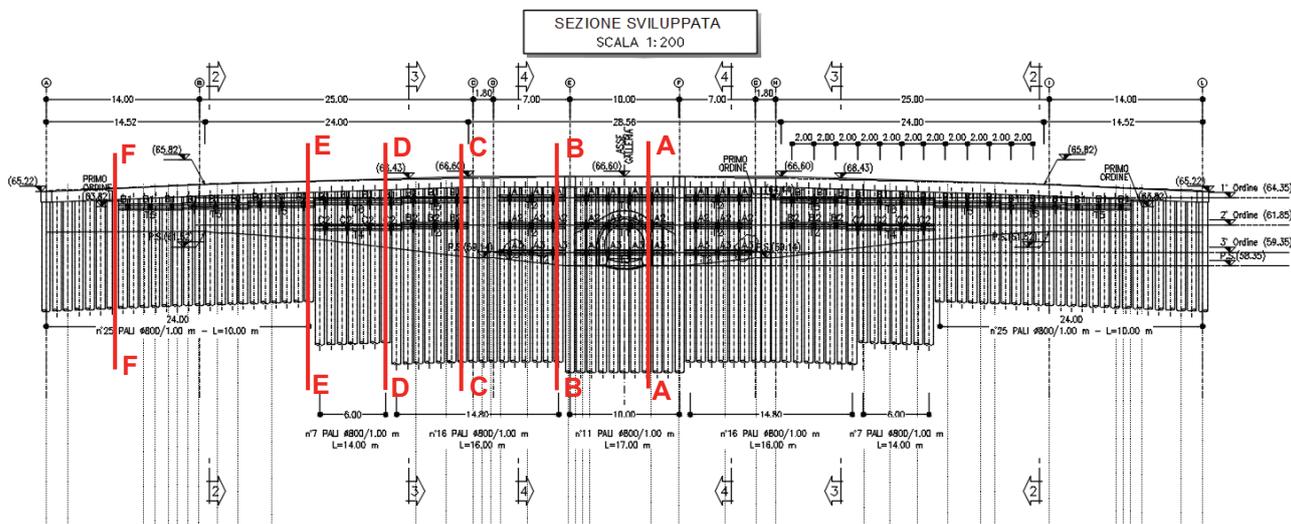


Figura 13.2 – Sviluppata, identificazione delle sezioni di calcolo

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	44

**SEZIONE A – pk 0+102.5**

Tipologia struttura di sostegno	Pali $\Phi$ 800 ad interasse 1.00m
Altezza totale paratia (esclusa $h_{\text{cordolo}}=1\text{m}$ )	$H_{\text{tot}} = 17\text{m}$
Altezza scavo	$H = 7.3\text{m}$
Ordini di tiranti ( $n^\circ$ )	3
Passo orizzontale tiranti	2.00 m
Passo verticale dei tiranti	2.5 m (primo ordine di tiranti a 1,25 m da intradosso cordolo)
Sovraccarichi permanenti a monte	Var. 0 - 40 per simulare pendio monte
Sovraccarichi variabili a monte	$q = 20 \text{ kPa}$

Caratteristiche Geometriche Tiranti							Caratteristiche trefoli e pretensione tiranti				
Ordine	Quota di infissione (m)	i (m)	$\alpha^\circ$	$L_p$ (m)	$L_a$ (m)	$L_{\text{tot}}$ (m)	$D_p$ (m)	$A_{\text{tref}}$ ( $\text{mm}^2$ )	$f_p(1)k$ snervamento / limite elastico	$n_{\text{tref}}$	$N_0$ (KN)
1	1.25	2.00	5	12	6	18	0.16	139	1670	2	100
2	3.75	2.00	20	11	8	19	0.16	139	1670	3	150
3	6.25	2.00	20	10	9	19	0.16	139	1670	4	350

$L_p$  = Lunghezza passiva (tratto non iniettato)  
 $i$  = interasse tiranti  
 $D_p$  = diametro perforazione  
 $A_{\text{tref}}$  = area singolo trefolo

$L_a$  = Lunghezza attiva (bulbo iniettato)  
 $\alpha^\circ$  = inclinazione tirante rispetto all'orizzontale  
 $n_{\text{tref}}$  =  $n^\circ$  trefoli per tirante  
 $N_0$  = Pretensione tirante alla messa in opera

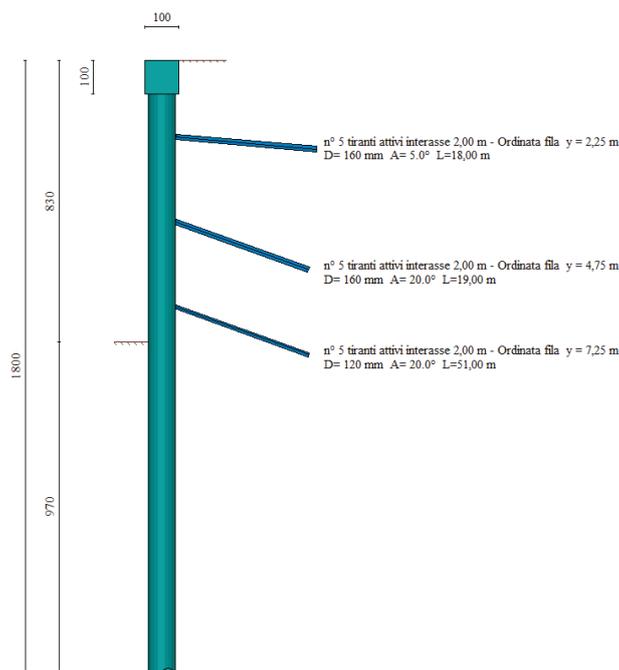


Figura 13.3 – Geometria della paratia, vista laterale

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	45

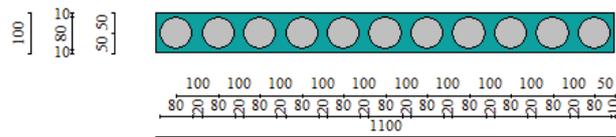
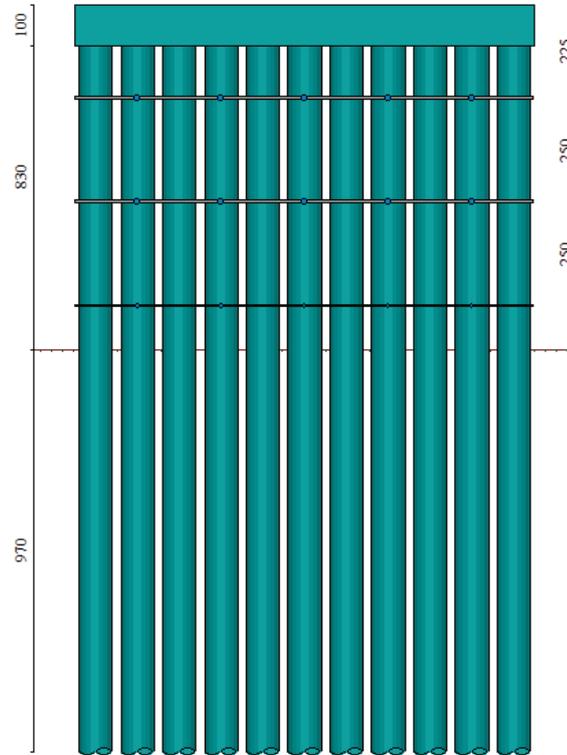


Figura 13.4 – Geometria della paratia, vista frontale

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	46

**SEZIONE B – pk 0+101.9**

Tipologia struttura di sostegno	Pali $\Phi$ 800 ad interasse 1.00m
Altezza totale paratia (esclusa $h_{\text{cordolo}}=1\text{m}$ )	$H_{\text{tot}} = 16\text{m}$
Altezza scavo	$H = 7.3\text{m}$
Ordini di tiranti ( $n^\circ$ )	3
Passo orizzontale tiranti	2.00 m
Passo verticale dei tiranti	2.5 m (primo ordine di tiranti a 1,25 m da intradosso cordolo)
Sovraccarichi permanenti a monte	20 kPa
Sovraccarichi variabili a monte	$q = 20\text{ kPa}$

Caratteristiche Geometriche Tiranti							Caratteristiche trefoli e pretensione tiranti				
Ordine	Quota di infissione (m)	i (m)	$\alpha^\circ$	$L_p$ (m)	$L_a$ (m)	$L_{\text{tot}}$ (m)	$D_p$ (m)	$A_{\text{tref}}$ ( $\text{mm}^2$ )	$f_p(1)k$ snervamento / limite elastico	$n_{\text{tref}}$	$N_0$ (KN)
1	1.25	2.00	5	12	6	18	0.16	139	1670	2	100
2	3.75	2.00	20	11	8	19	0.16	139	1670	3	150
3	6.25	2.00	20	10	9	19	0.16	139	1670	4	350

$L_p$  = Lunghezza passiva (tratto non iniettato)  
 $i$  = interasse tiranti  
 $D_p$  = diametro perforazione  
 $A_{\text{tref}}$  = area singolo trefolo

$L_a$  = Lunghezza attiva (bulbo iniettato)  
 $\alpha^\circ$  = inclinazione tirante rispetto all'orizzontale  
 $n_{\text{tref}}$  =  $n^\circ$  trefoli per tirante  
 $N_0$  = Pretensione tirante alla messa in opera

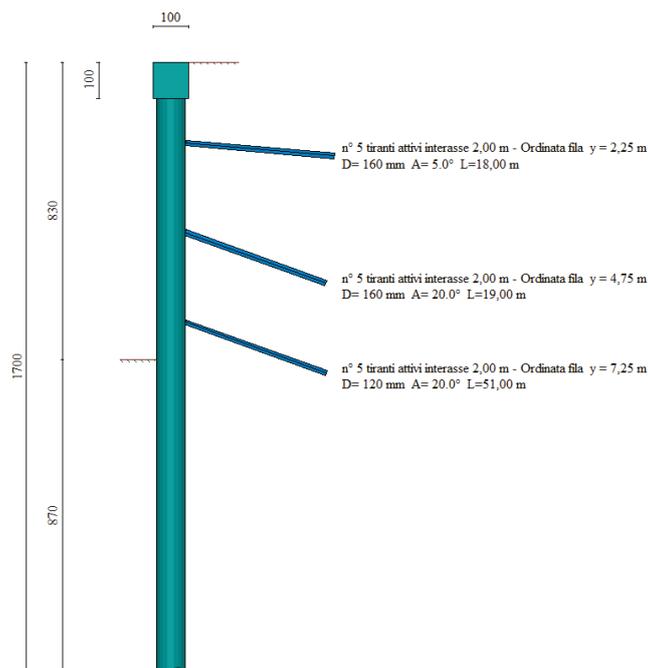


Figura 13.5 – Geometria della paratia, vista laterale

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	47

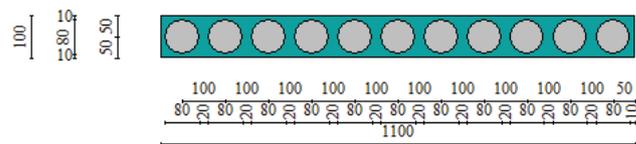
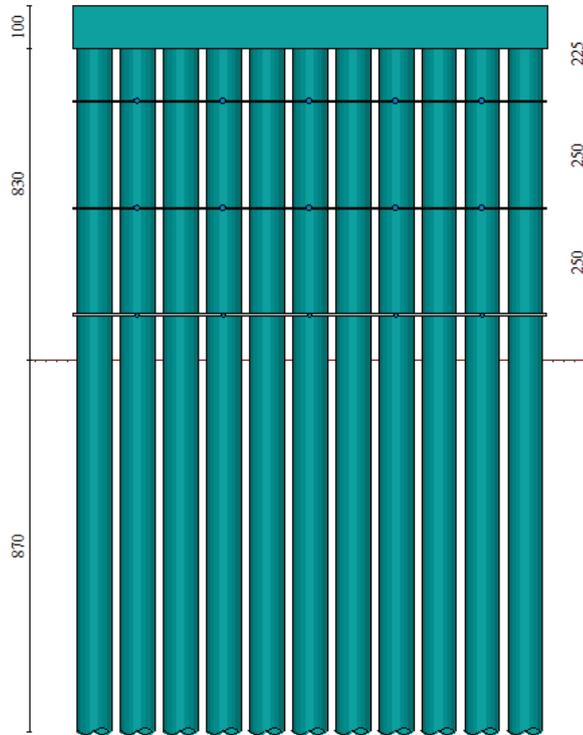


Figura 13.6 – Geometria paratia, vista frontale

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	48

**SEZIONE C – pk 0+094.93**

Tipologia struttura di sostegno	Pali $\Phi$ 800 ad interasse 1.00m
Altezza totale paratia (esclusa $h_{\text{cordolo}}=1\text{m}$ )	$H_{\text{tot}} = 16\text{m}$
Altezza scavo	$H = 6.3\text{m}$
Ordini di tiranti ( $n^\circ$ )	2
Passo orizzontale tiranti	2.00 m
Passo verticale dei tiranti	2.5 m (primo ordine di tiranti a 1,25 m da intradosso cordolo)
Sovraccarichi permanenti a monte	20 kPa
Sovraccarichi variabili a monte	$q = 20 \text{ kPa}$

Caratteristiche Geometriche Tiranti							Caratteristiche trefoli e pretensione tiranti				
Ordine	Quota di infissione (m)	i (m)	$\alpha^\circ$	Lp (m)	La (m)	Ltot (m)	Dp (m)	Atref ( $\text{mm}^2$ )	$f_p(1)k$ snervamento / limite elastico	ntref	$N_0$ (KN)
1	1.25	2.00	20	11	6	17	0.16	139	1670	2	100
2	3.75	2.00	20	10	7	17	0.16	139	1670	3	200

Lp = Lunghezza passiva (tratto non iniettato)  
i = interasse tiranti  
Dp = diametro perforazione  
Atref = area singolo trefolo

La = Lunghezza attiva (bulbo iniettato)  
 $\alpha^\circ$  = inclinazione tirante rispetto all'orizzontale  
ntref =  $n^\circ$  trefoli per tirante  
 $N_0$  = Pretensione tirante alla messa in opera

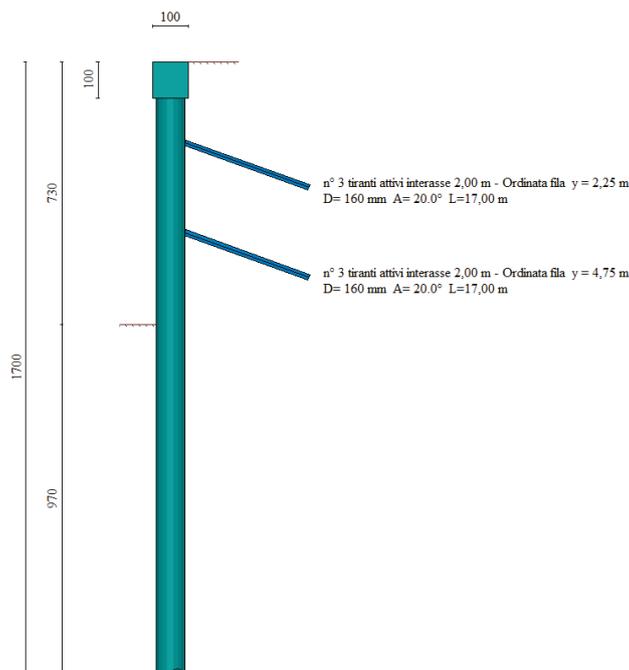


Figura 13.7 – Geometria paratia, vista laterale

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	49

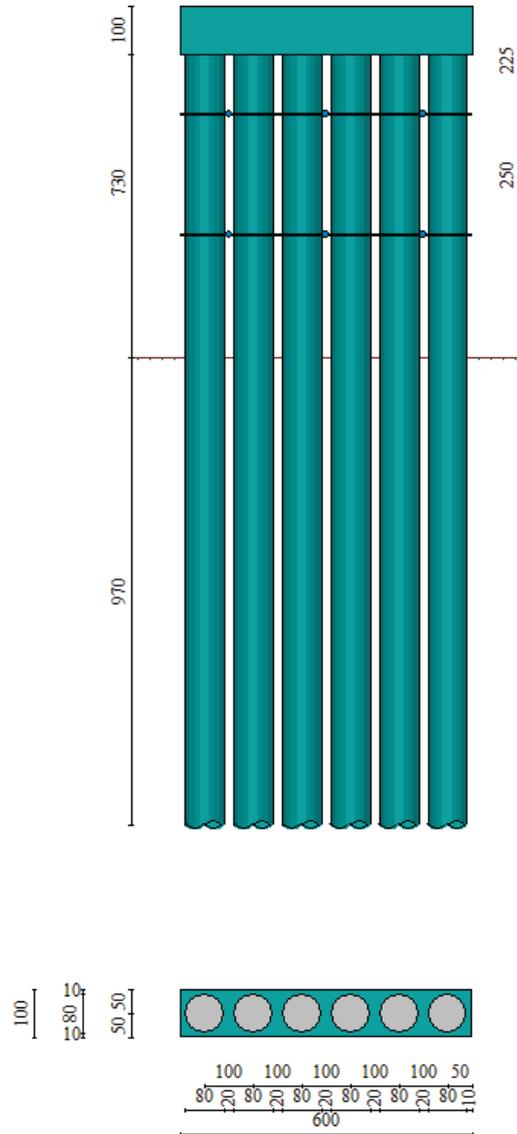


Figura 13.8 – Geometria paratia, vista frontale

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	50

**SEZIONE D – pk 0+088.00**

Tipologia struttura di sostegno	Pali $\Phi$ 800 ad interasse 1.00m
Altezza totale paratia (esclusa $h_{\text{cordolo}}=1\text{m}$ )	$H_{\text{tot}} = 14\text{m}$
Altezza scavo	$H = 5.5\text{m}$
Ordini di tiranti ( $n^\circ$ )	2
Passo orizzontale tiranti	2.00 m
Passo verticale dei tiranti	2.5 m (primo ordine di tiranti a 1,25 m da intradosso cordolo)
Sovraccarichi permanenti a monte	20 kPa
Sovraccarichi variabili a monte	$q = 20\text{ kPa}$

Caratteristiche Geometriche Tiranti							Caratteristiche trefoli e pretensione tiranti				
Ordine	Quota di infissione (m)	i (m)	$\alpha^\circ$	Lp (m)	La (m)	Ltot (m)	Dp (m)	Atref (mm <sup>2</sup> )	$f_p(1)k$ snervamento / limite elastico	n <sub>tref</sub>	N <sub>0</sub> (KN)
1	1.25	2.00	20	11	6	17	0.16	139	1670	2	100
2	3.75	2.00	20	10	7	17	0.16	139	1670	3	250

Lp = Lunghezza passiva (tratto non iniettato)  
i = interasse tiranti  
D<sub>p</sub> = diametro perforazione  
A<sub>tref</sub> = area singolo trefolo

La = Lunghezza attiva (bulbo iniettato)  
 $\alpha^\circ$  = inclinazione tirante rispetto all'orizzontale  
n<sub>tref</sub> = n° trefoli per tirante  
N<sub>0</sub> = Pretensione tirante alla messa in opera

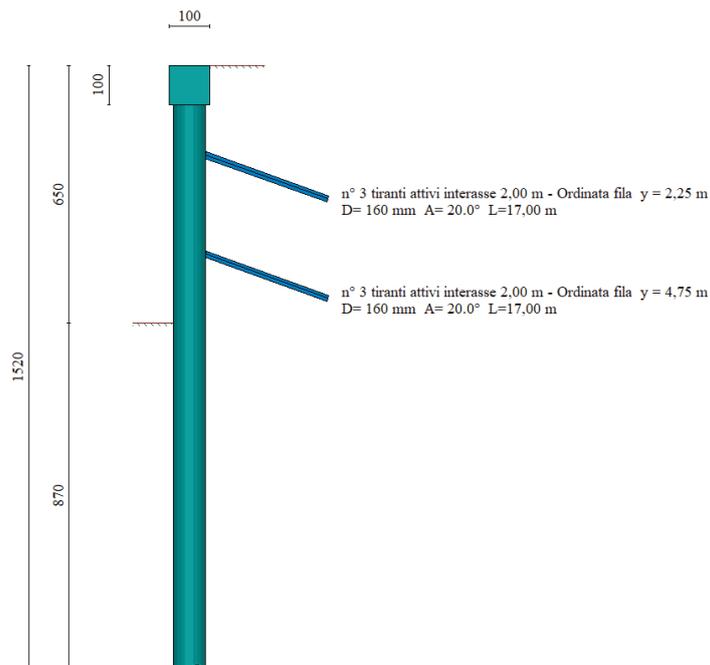


Figura 13.9 – Geometria paratia, vista laterale

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	51

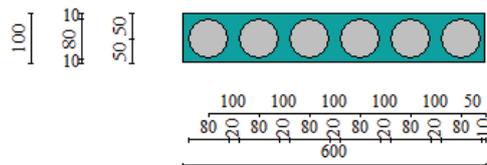
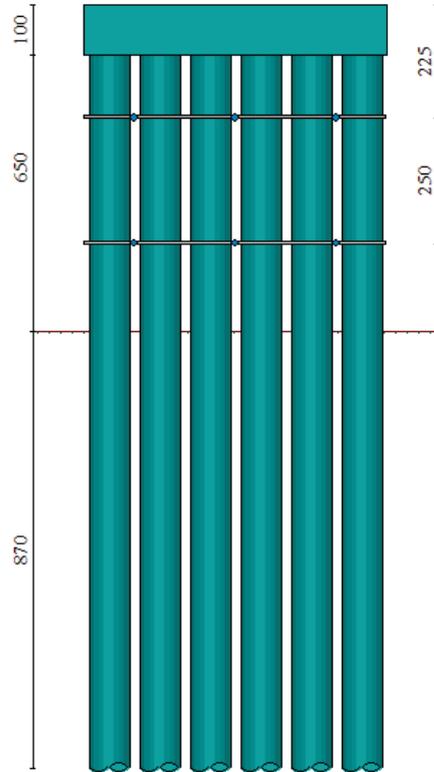


Figura 13.10 – Geometria paratia, vista frontale

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	52

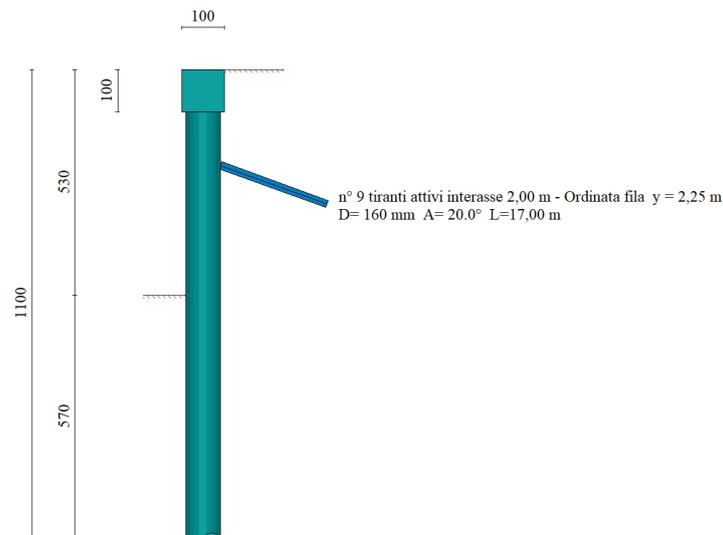
**SEZIONE E – pk 0+081.00**

Tipologia struttura di sostegno	Pali $\Phi$ 800 ad interasse 1.00m
Altezza totale paratia (esclusa $h_{cordolo}=1m$ )	$H_{tot} = 10m$
Altezza scavo	$H = 5.7m$
Ordini di tiranti ( $n^\circ$ )	1
Passo orizzontale tiranti	2.00 m
h ordine di tiranti	1.25 m
Sovraccarichi permanenti a monte	20 kPa
Sovraccarichi variabili a monte	$q = 20$ kPa

Caratteristiche Geometriche Tiranti							Caratteristiche trefoli e pretensione tiranti				
Ordine	Quota di infissione (m)	i (m)	$\alpha^\circ$	$L_p$ (m)	$L_a$ (m)	$L_{tot}$ (m)	$D_p$ (m)	$A_{tref}$ ( $mm^2$ )	$f_p(1)k$ snervamento / limite elastico	$n_{tref}$	$N_0$ (KN)
1	1.25	2.00	20	11	6	17	0.16	139	1670	2	100

$L_p$  = Lunghezza passiva (tratto non iniettato)  
 $i$  =interasse tiranti  
 $D_p$ =diametro perforazione  
 $A_{tref}$  = area singolo trefolo

$L_a$ = Lunghezza attiva (bulbo iniettato)  
 $\alpha^\circ$  = inclinazione tirante rispetto all'orizzontale  
 $n_{tref}$  =  $n^\circ$  trefoli per tirante  
 $N_0$  = Pretensione tirante alla messa in opera



*Figura 13.11 – Geometria paratia – vista laterale*

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	53

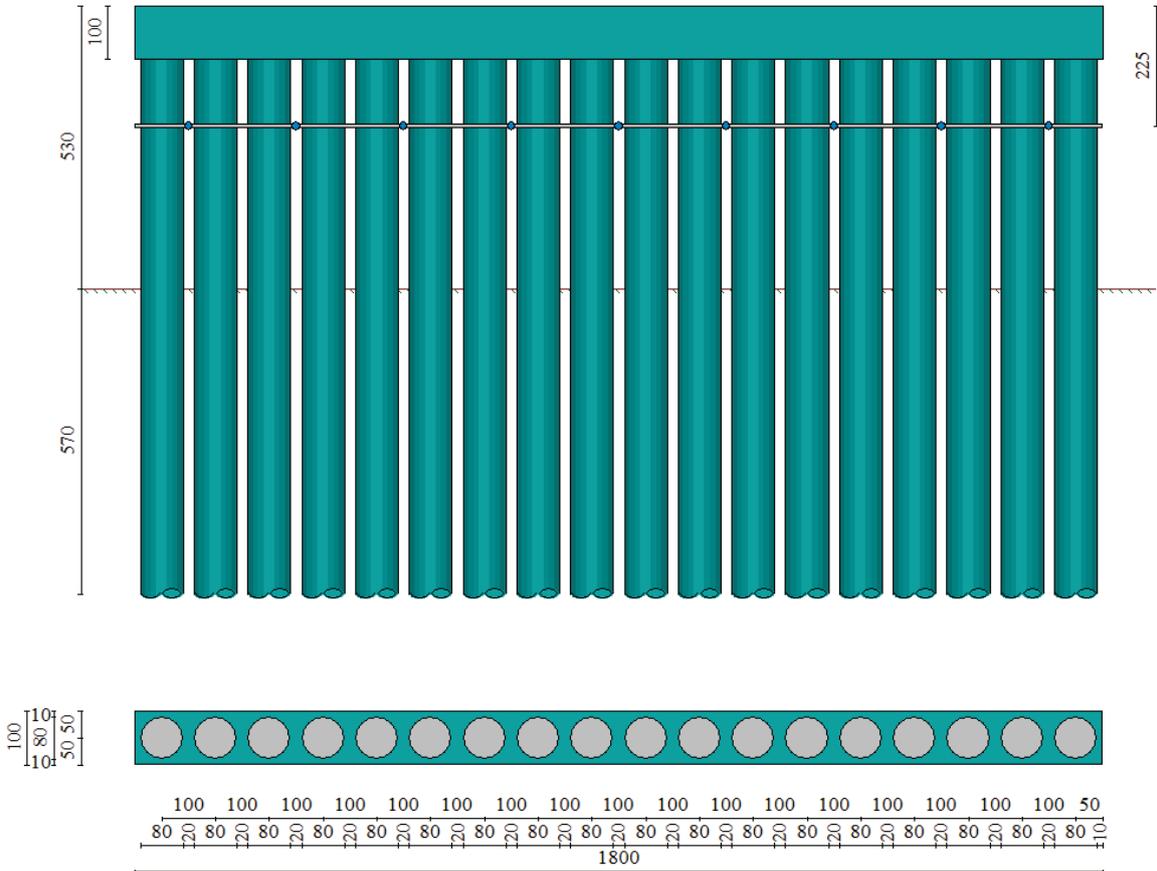


Figura 13.12 – Geometria paratia, vista frontale

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	54

**SEZIONE F – pk 0+063.10**

Tipologia struttura di sostegno	Pali $\Phi$ 800 ad interasse 1.00m
Altezza totale paratia (esclusa $h_{\text{cordolo}}=1\text{m}$ )	$H_{\text{tot}} = 10\text{m}$
Altezza scavo	$H = 3.0\text{m}$
Ordini di tiranti (n°)	nessuno
Sovraccarichi permanenti a monte	20 kPa
Sovraccarichi variabili a monte	$q = 20\text{ kPa}$

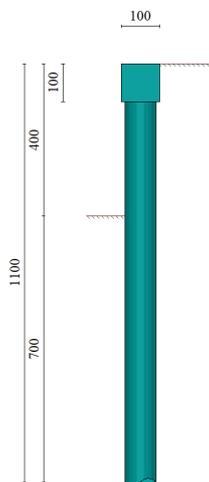


Figura 13.13 – Geometria paratia – vista laterale

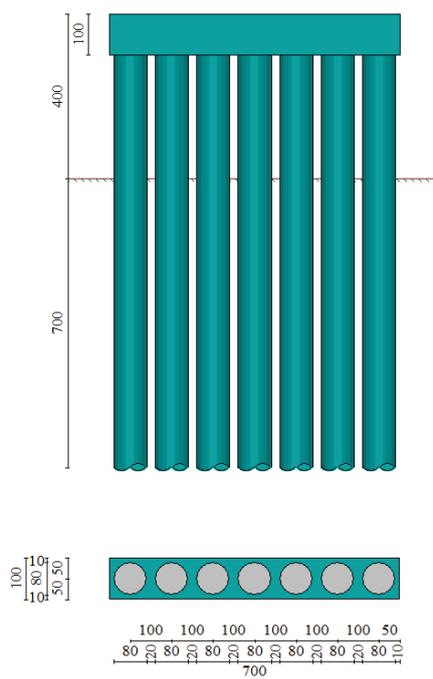


Figura 13.14 – Geometria paratia, vista frontale

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	55

**13.1 MODELLO SEZIONE A pk 0+102.50**

Il modello SEZ A pk 0+102.50 rappresenta la sezione frontale della paratia provvisoria di protezione alla galleria, con pali di lunghezza 17.00 m e cordolo in c.a. di altezza 1.00 m. L'ordine dei tiranti è rappresentato in tabella.

Caratteristiche Geometriche Tiranti							Caratteristiche trefoli e pretensione tiranti				
Ordine	Quota di infissione (m)	i (m)	$\alpha^\circ$	Lp (m)	La (m)	Ltot (m)	Dp (m)	Atref (mm <sup>2</sup> )	f <sub>p(1)k</sub> snervamento / limite elastico	n <sub>tref</sub>	N <sub>0</sub> (KN)
1	1.25	2.00	5	12	6	18	0.16	139	1670	2	100
2	3.75	2.00	20	11	8	19	0.16	139	1670	3	150
3	6.25	2.00	20	10	9	19	0.16	139	1670	4	350

Lp = Lunghezza passiva (tratto non iniettato)  
i = interasse tiranti  
D<sub>p</sub> = diametro perforazione  
A<sub>tref</sub> = area singolo trefolo

La = Lunghezza attiva (bulbo iniettato)  
 $\alpha^\circ$  = inclinazione tirante rispetto all'orizzontale  
n<sub>tref</sub> = n° trefoli per tirante  
N<sub>0</sub> = Pretensione tirante alla messa in opera

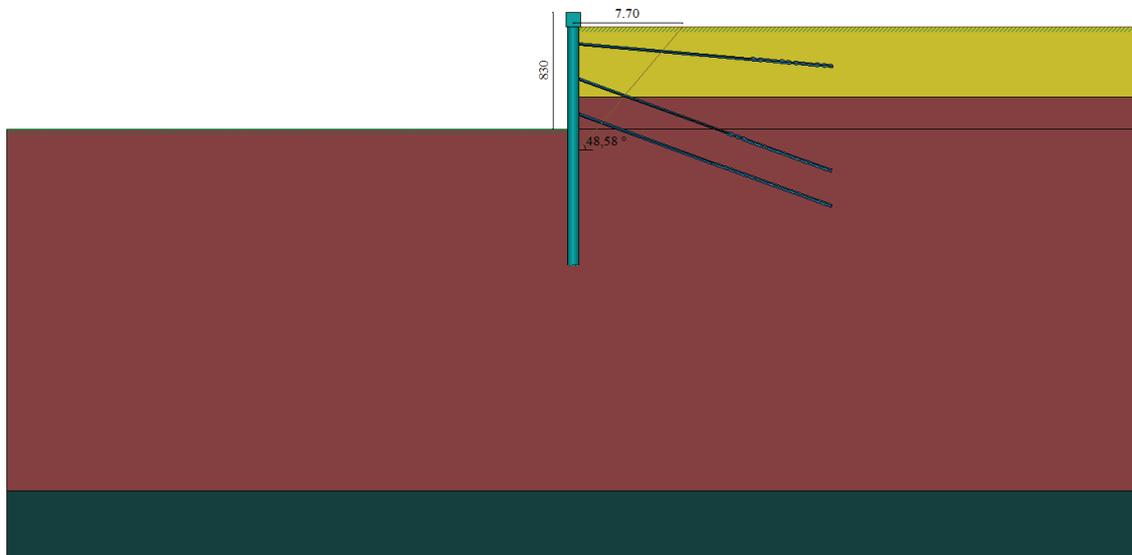


Figura 13.15 – Modello di calcolo

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	56

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

Cesp= coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato

$\tau_1$  = tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [kPa]

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

N°	Descrizione	Cesp	$\tau_1$ [kPa]	
1	CGC1	1.50	150,0	CAR
			150,0	MIN
			150,0	MED
2	CGC2	1.50	180,0	CAR
			180,0	MIN
			180,0	MED
3	SSR	1.50	250,0	CAR
			250,0	MIN
			250,0	MED

**Descrizione stratigrafia**

Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia

sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]

kw costante di Winkler orizzontale espressa in [Kg/cm2/cm] calcolata col metodo a strato

$\alpha$  inclinazione dello strato espressa in [°] (M: strato di monte, V: strato di valle)

Terreno associato allo strato (M: strato di monte, V: strato di valle)

N°	sp [m]	$\alpha_M$ [°]	$\alpha_V$ [°]	$K_{wM}$ [kg/cm2/cm]	$K_{wV}$ [kg/cm2/cm]	Terreno M	Terreno V
1	6,00	0.00	0.00	1.40	1.40	CGC1	CGC1
2	2,30	0.00	0.00	2.13	2.13	CGC2	CGC2
3	25,70	0.00	0.00	5.45	5.45	CGC2	CGC2
4	5,00	0.00	0.00	16.91	16.91	SSR	SSR

Livello falda dal piano campagna 35 m

Tabella 10 – Parametri per analisi sismica adottati sezione A

	SLV	SLE
Accelerazione al suolo $a_g(m/s^2)$	1,141	0,452
Accelerazione al suolo $a_g(\%$ di g)	0,116	0,046
Fattore amplificatore $F_0$	2,581	2,431
$T_c^*$	0,362	0,302
Ss (Terreno tipo C)	1,500	1,500
Coeff. Amplifi. Topografica S (T1)	1,00	

Tabella 11 – Sintesi parametri geotecnici adottati sezione A

SEZIONE A																								
-	Combinazione	Tipo di Terreno	N° Combinazione	$\gamma_s$ [KN/m <sup>3</sup> ]	$c_k$ [Kpa]	$\phi_k$ [°]	$\delta_k$ [°]	$\gamma_d$ [KN/m <sup>3</sup> ]	$c_d$ [Kpa]	$\phi_d$ [°]	$\delta_d$ [°]	$K_0$	$k_{SHVALLE}$	$k_{SHMONTE}$	$k_{SHVALLE}$	$k_{SHMONTE}$	$k_{SHE}$	$k_{SHE}$	$\alpha$	$\beta$	$u_0$ [m]	$k_b$ [%]		
A1+M1	SLU-STR	CGC1	9-10-11-12-13-14-15	20	0	35	23	26	0	35	23	0,426	0,332	0,434	2,20	1,913								
		CGC2		20	15	22	15	26	15	22	15	0,625												
		SRR		19	0	35		24,7	0	35		0,426												
A1+M1+E	SLV-STR	CGC1	16	20	0	35	23	20	0	35	23	0,426						0,423	2,498					
		CGC2		20	15	22	15	20	15	22	15	0,625												
		SRR		19	0	35		19	0	35		0,426												
A2+M2	SLU-GEO	CGC1	17-18-19-20-21-22-23	20	0	35	23	20	0	29,3	19	0,511	0,393	0,499	1,89	1,615								
		CGC2		20	15	22	15	20	12	17,9	12	0,693												
		SRR		19	0	35		19	0	29,3		0,511												
A2+M2+E	SLV-GEO	CGC1	24	20	0	35	23	20	0	29,3	19	0,511						0,501	2,088					
		CGC2		20	15	22	15	20	12	17,9	12	0,693												
		SRR		19	0	35		19	0	29,3		0,511												

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	57

Nella figura sono riportati i parametri per l'analisi sismica; in essa:

$\alpha$  = coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 delle NTC2008);

$\beta$  = coefficiente di spostamento (figura 7.11.3 delle NTC2008);

$k_h = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max}/g$  = coefficiente sismico orizzontale

**13.1.1 FASI DI CALCOLO**

Fasi di scavo

n° identificativo della fase nell'elenco definito

Fase Descrizione dell'i-esima fase

Tempo in cui avviene la fase di scavo

n°	Fase	Tempo	ESE	SLU-STR (A1+M1)	SLV-STR (A1+M1+E)	SLU-GEO (A2+M2)	SLV-GEO (A2+M2+E)
1	Scavo fino alla profondità di 2.75 metri	0					
2	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=2.75]	0	FASE 1	FASE 9	-	FASE 17	-
3	Inserimento condizione di carico nr 2 [Hscavo=2.75]	0					
4	Inserimento tirante 1 (X=2.25) [Hscavo=2.75]	1					
5	Tesatura tirante 1 N=10197 [Hscavo=2.75]	1	FASE 2	FASE 10	-	FASE 18	-
6	Scavo fino alla profondità di 5.25 metri	2	FASE 3	FASE 11	-	FASE 19	-
7	Inserimento tirante 2 (X=4.75) [Hscavo=5.25]	3					
8	Tesatura tirante 2 N=15296 [Hscavo=5.25]	3	FASE 4	FASE 12	-	FASE 20	-
9	Scavo fino alla profondità di 7.75 metri	4	FASE 5	FASE 13	-	FASE 21	-
10	Inserimento tirante 3 (X=7.25) [Hscavo=7.75]	5					
11	Tesatura tirante 3 N=35690 [Hscavo=7.75]	5	FASE 6	FASE 14	-	FASE 22	-
12	Scavo fino alla profondità di 8.30 metri	6	FASE 7	FASE 15	-	FASE 23	-
13	Inserimento sisma	7	FASE 8	-	FASE 16	-	FASE 24

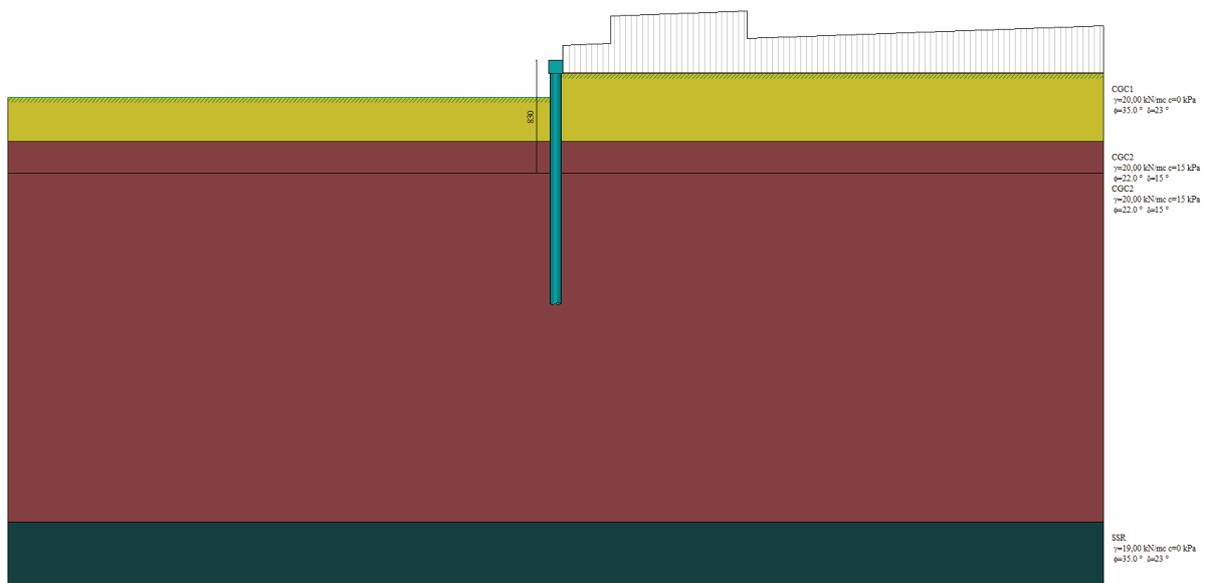


Figura 13.16 - Tempo 0 (Fase 1-9-17)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	58

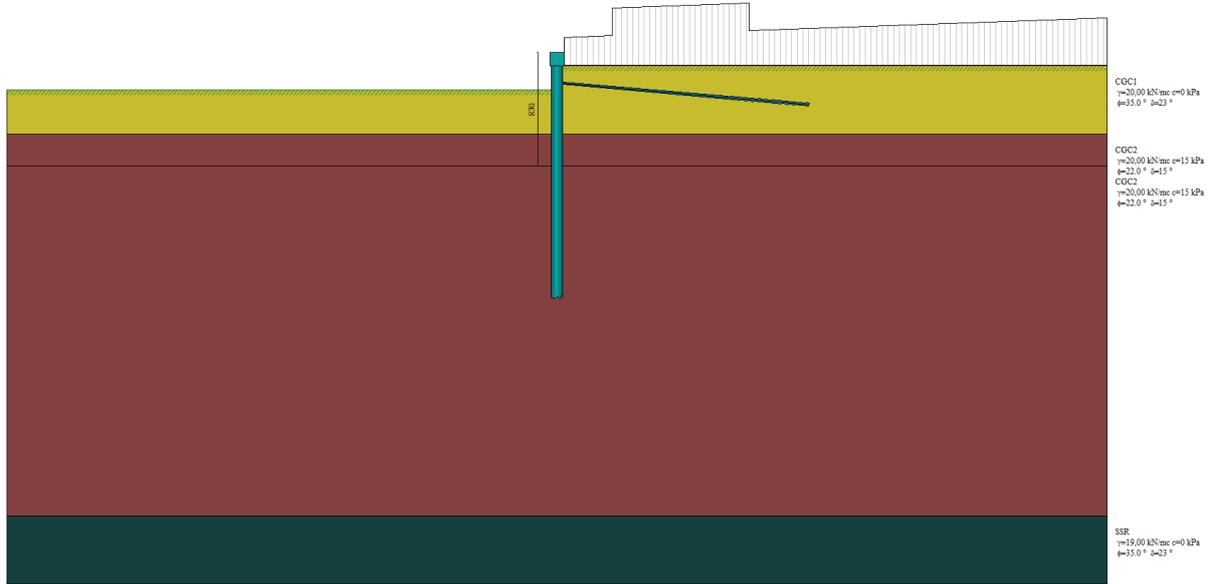


Figura 13.17 – Tempo 1 (Fase 2-10-18)

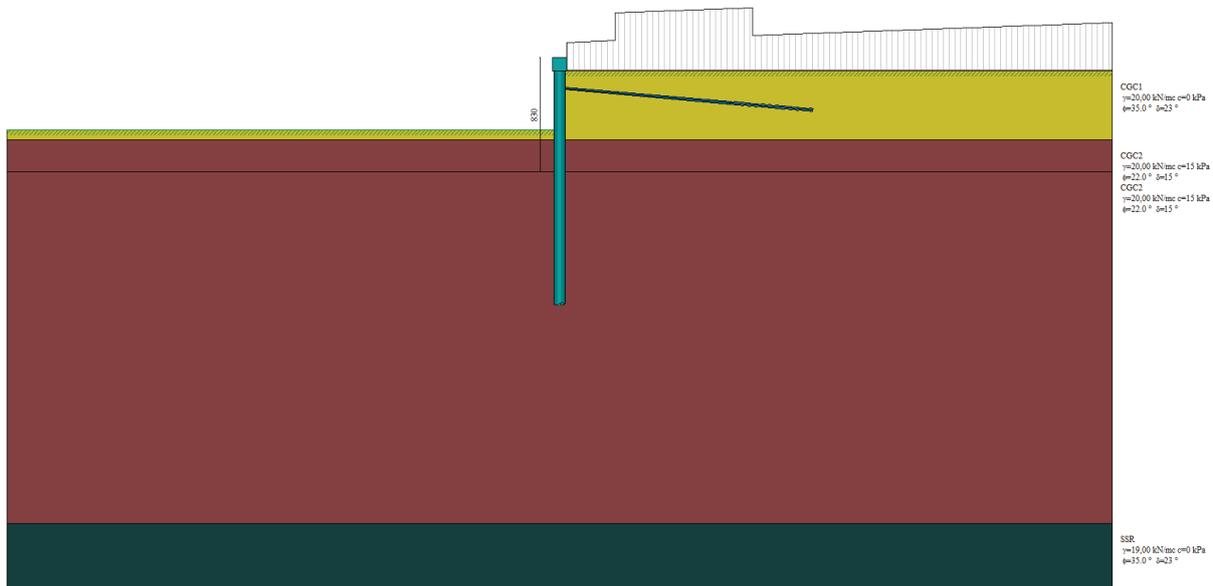


Figura 13.18 – Tempo 2 (Fase 3-11-19)

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	59

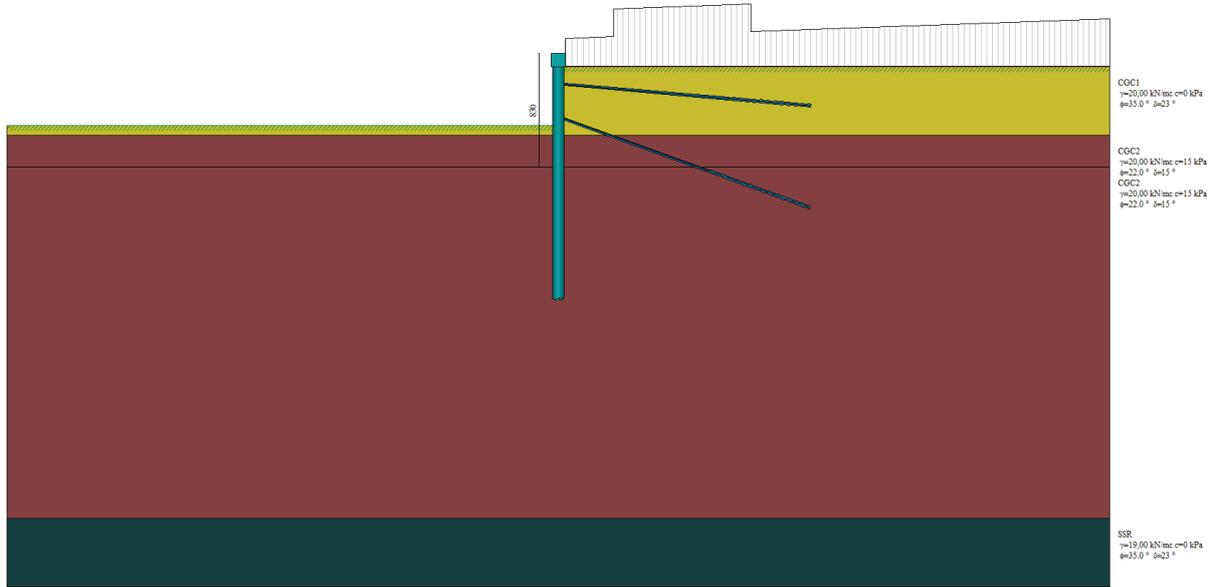


Figura 13.19 – Tempo 3 (Fase 4-12-20)

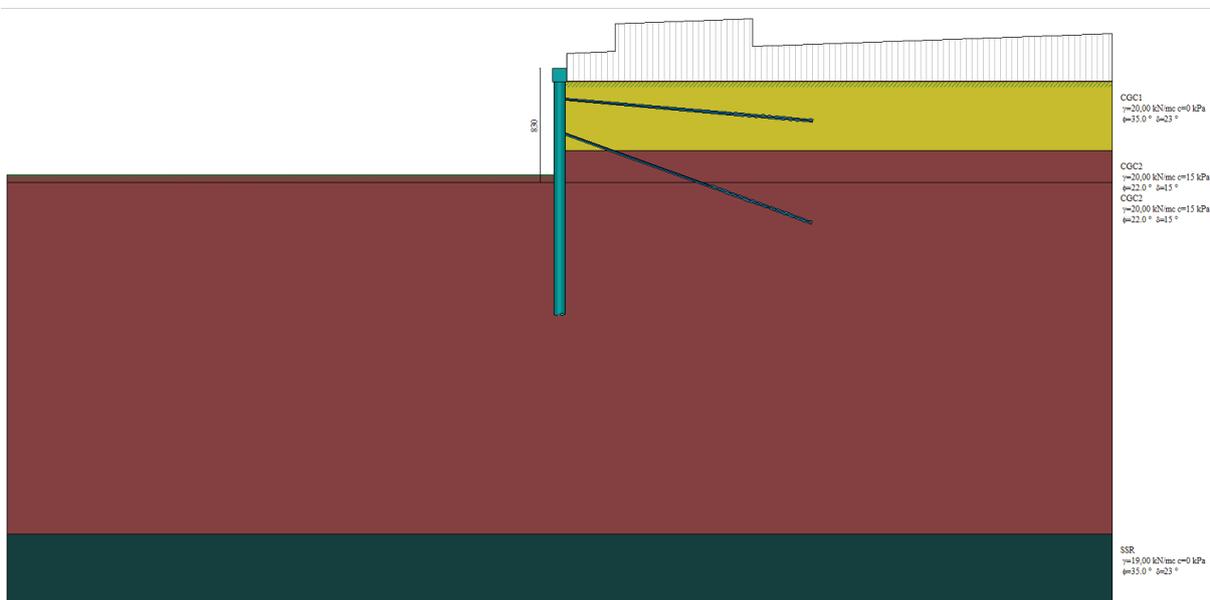


Figura 13.20 – Tempo 4 (Fase 5-13-21)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	60

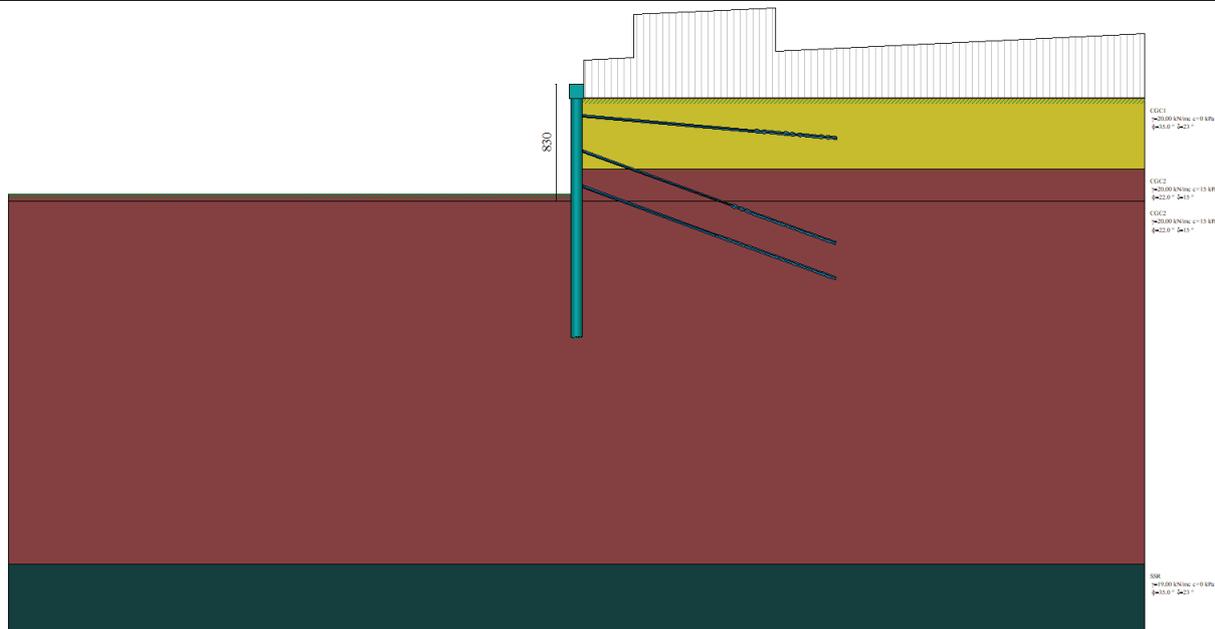


Figura 13.21 – Tempo 5 (Fase 6-14-22)

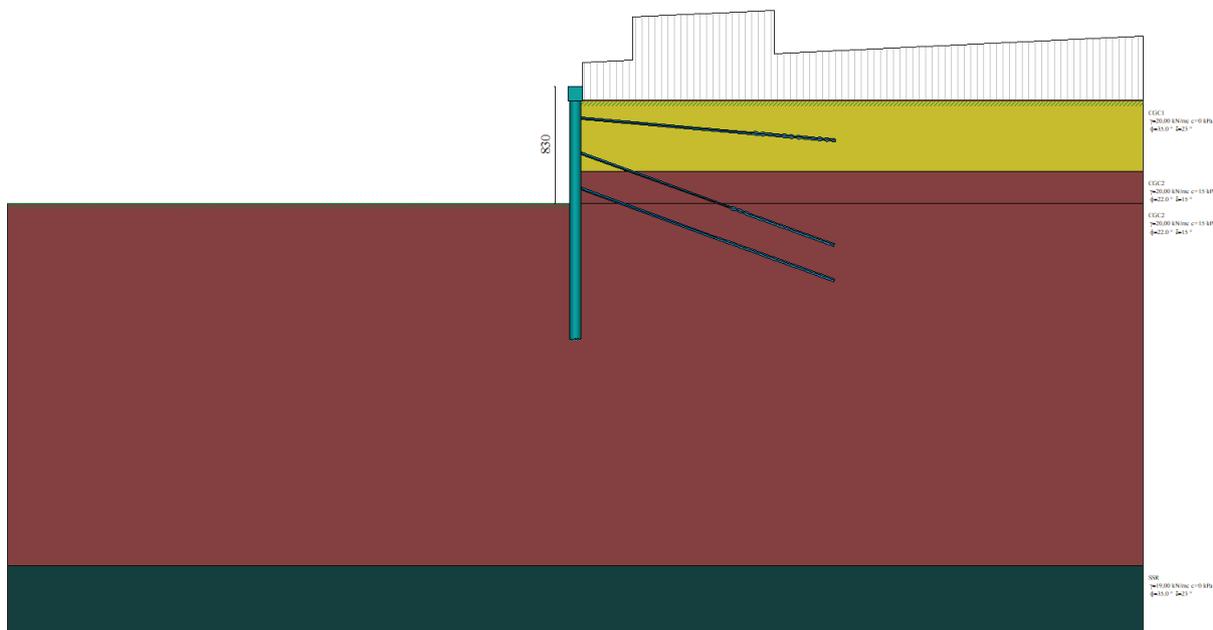


Figura 13.22 – Tempo 6 (Fase 7-15-23)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	61

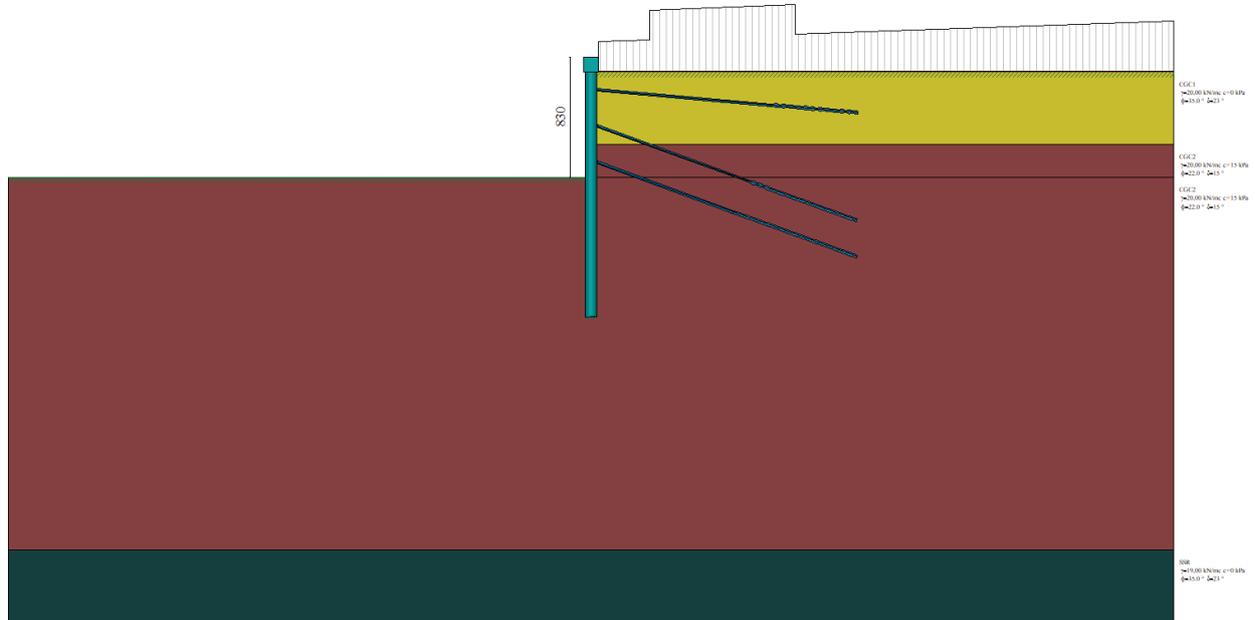


Figura 13.23 – Tempo 7 (Fase 8-16-24)

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	62

**13.1.2 RISULTATI DELLE ANALISI**

Nelle figure seguenti si riportano i diagrammi del momento flettente – taglio – sforzo normale del singolo palo della paratia nelle combinazioni A1+M1 senza e con sisma, combinazioni A2+M2 senza e con sisma e Inviluppo.

Momento Flettente [kN m]

Taglio [kN]

Sforzo Normale [kN]

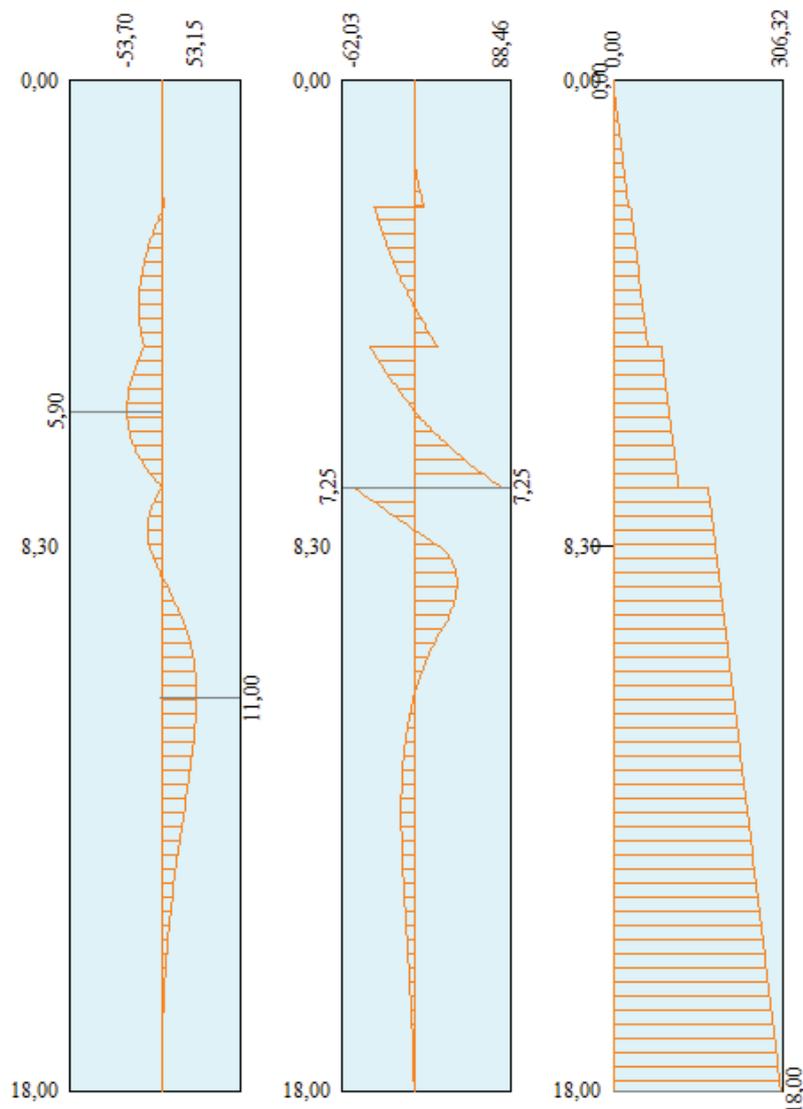


Figura 13.24 – Diagramma in combinazione SLU-STR (A1+M1-FASE 15)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	63

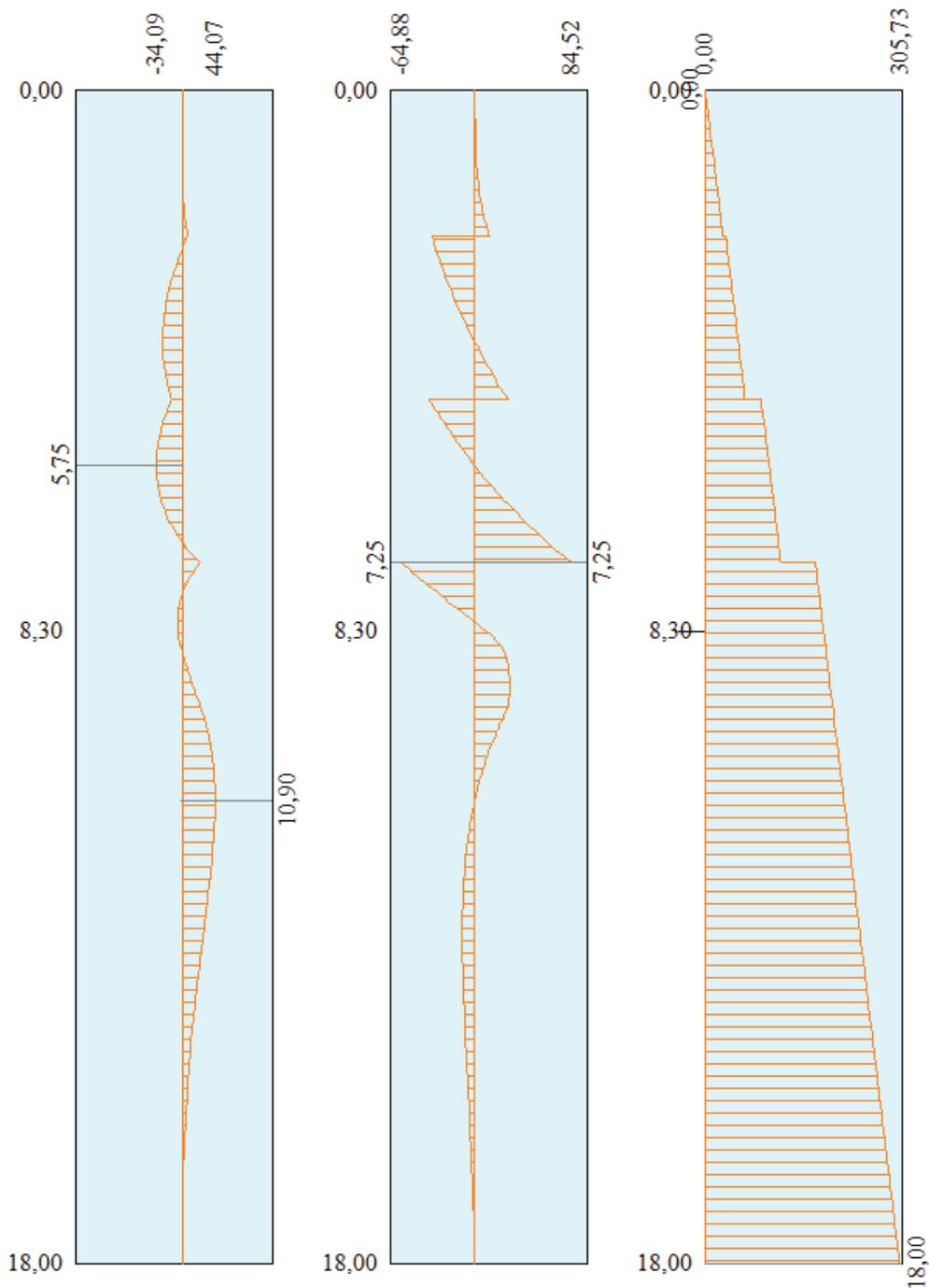


Figura 13.25 – Diagramma in combinazione SLV-STR (A1+M1+SISMA- FASE 16)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	64

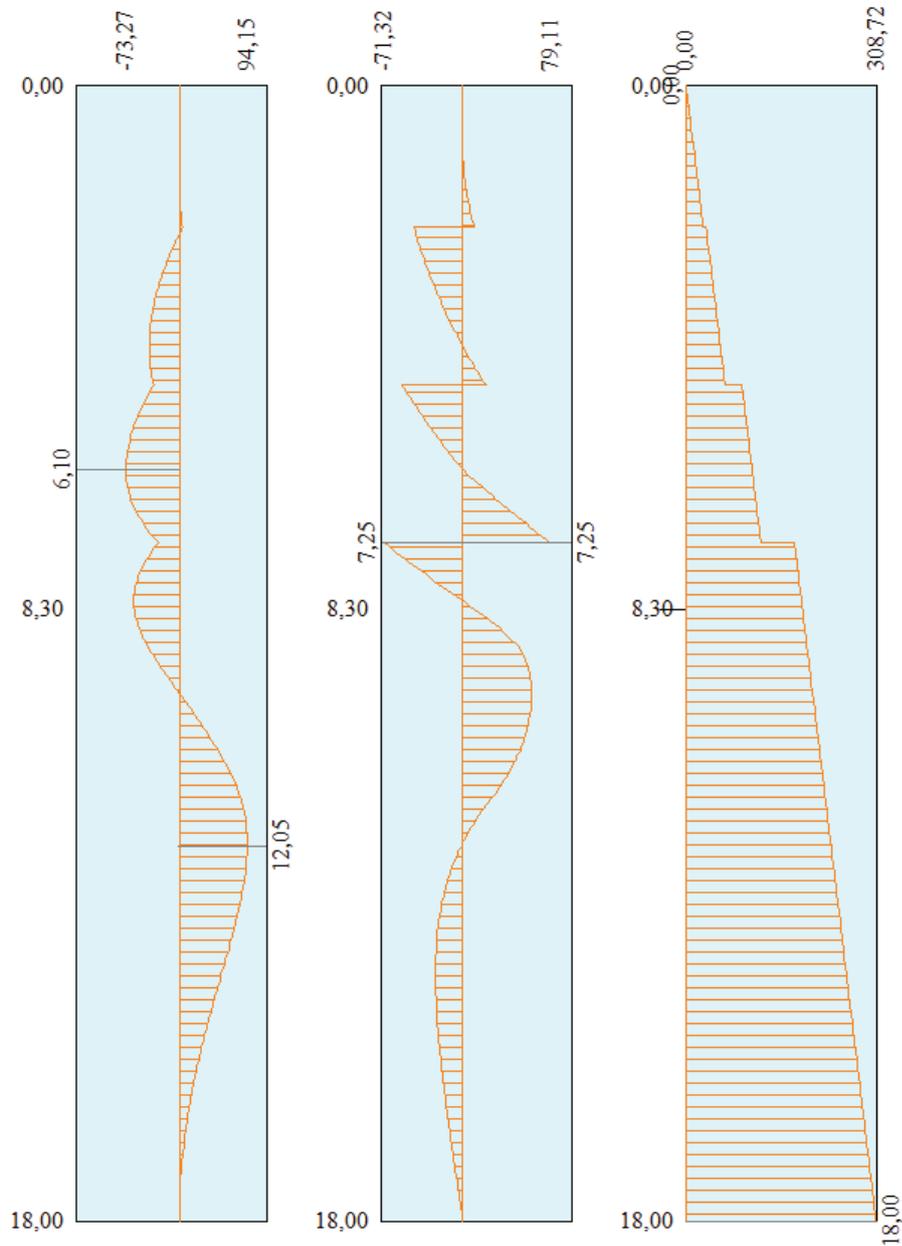


Figura 13.26 – Diagramma in combinazione SLU-GEO (A2+M2 - FASE 23)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	65

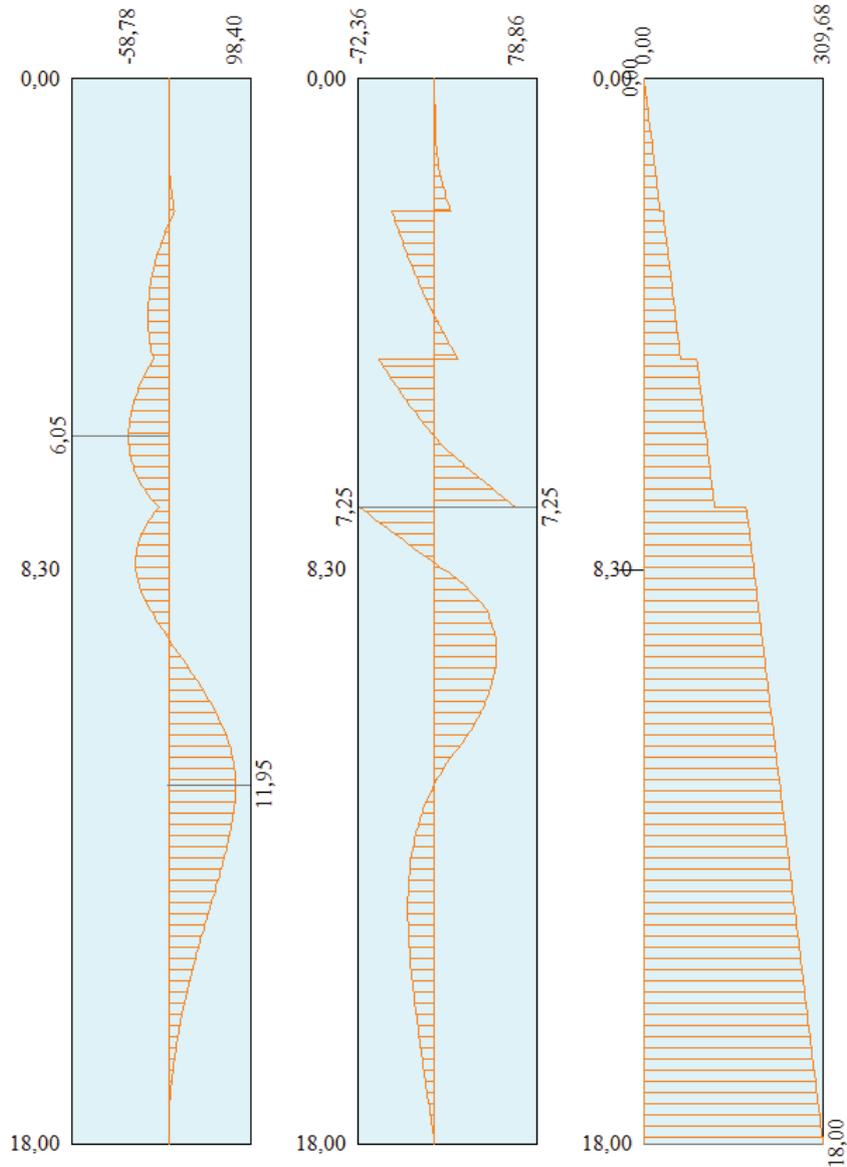


Figura 13.27 – Diagramma in combinazione SLV-GEO (A2+M2+SISMA - FASE 24)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	66

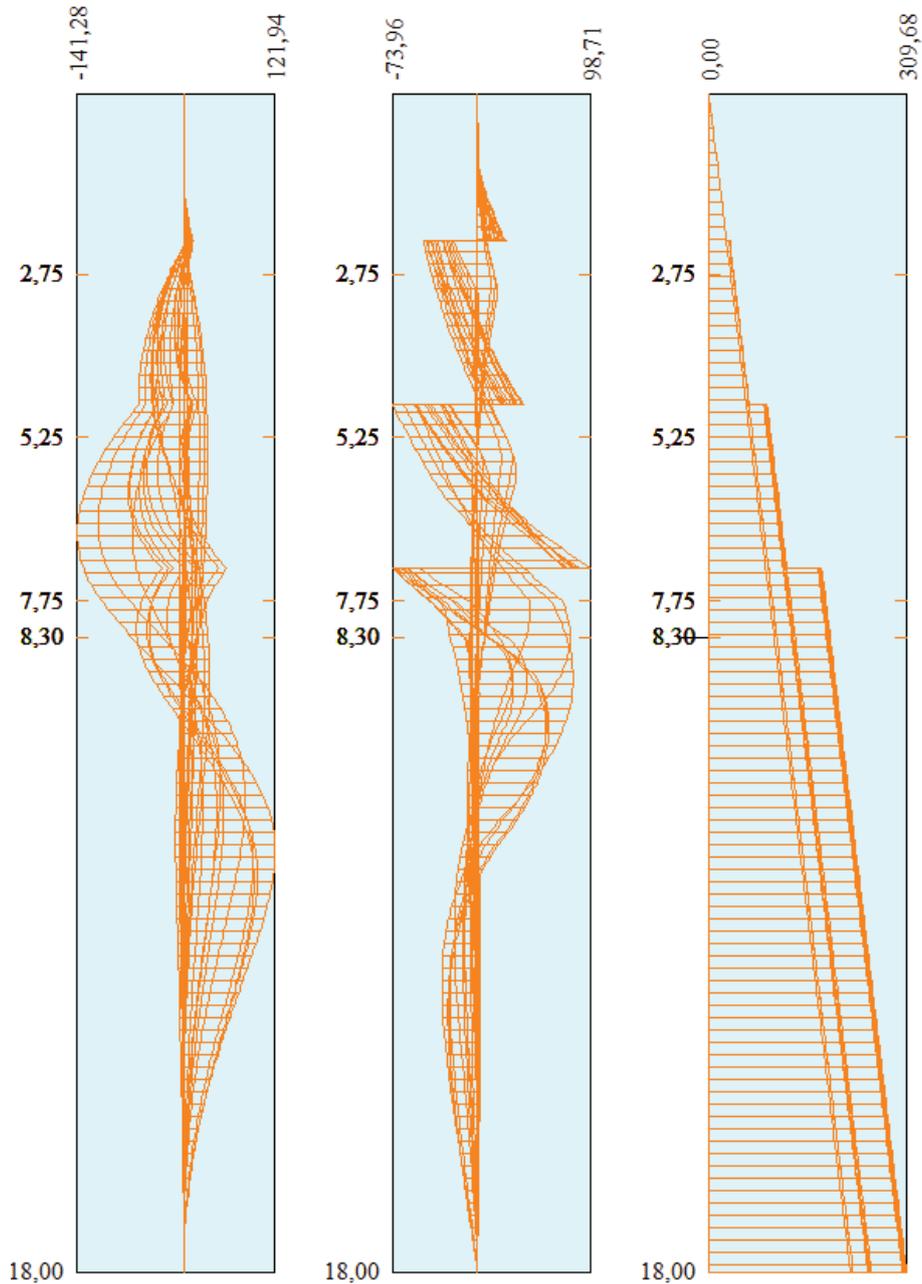


Figura 13.28 – Diagramma involucro sollecitazioni

Incremento dovuto al sisma Fase 8 ESE  $\Delta S= 10.50$  kN

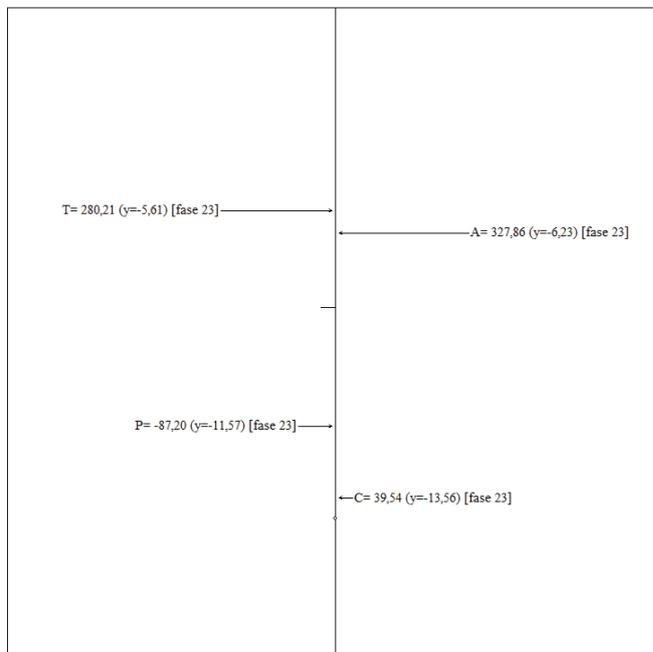
Incremento dovuto al sisma Fase 16 SLV-STR (A1+M1+SISMA)  $\Delta S= 29.94$  kN

Incremento dovuto al sisma Fase 24 SLV-GEO (A2+M2+SISMA)  $\Delta S= 43,20$  kN

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	67

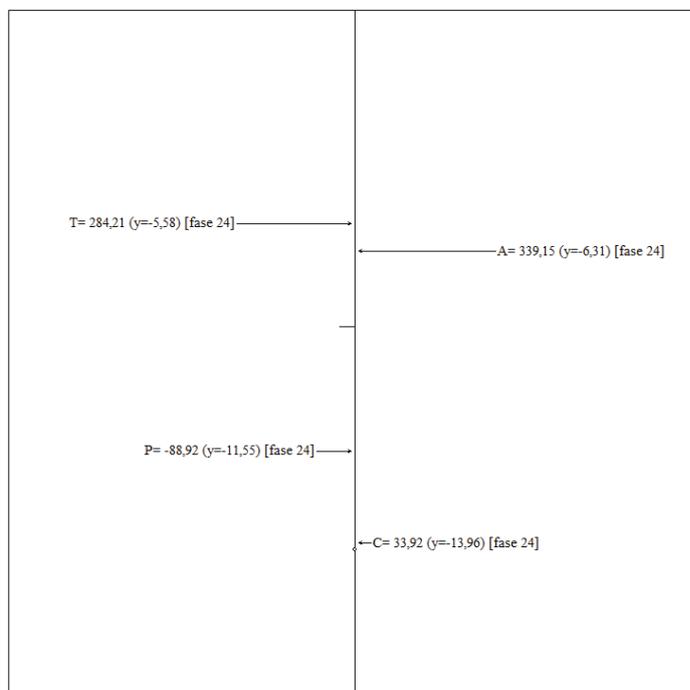
Forze agenti sulla paratia



A - Spinta Attiva  
C - Controspinta  
P - Resistenza passiva  
T - Risultante tiro tiranti

Figura 13.29 – Risultanti della spinta attiva e passiva in assenza di sisma (Combinazione A2+M2-Fase 23)

Forze agenti sulla paratia

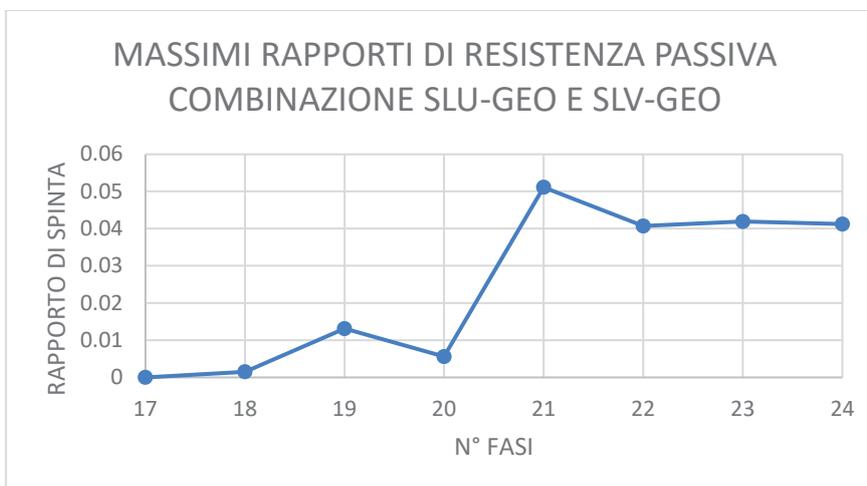
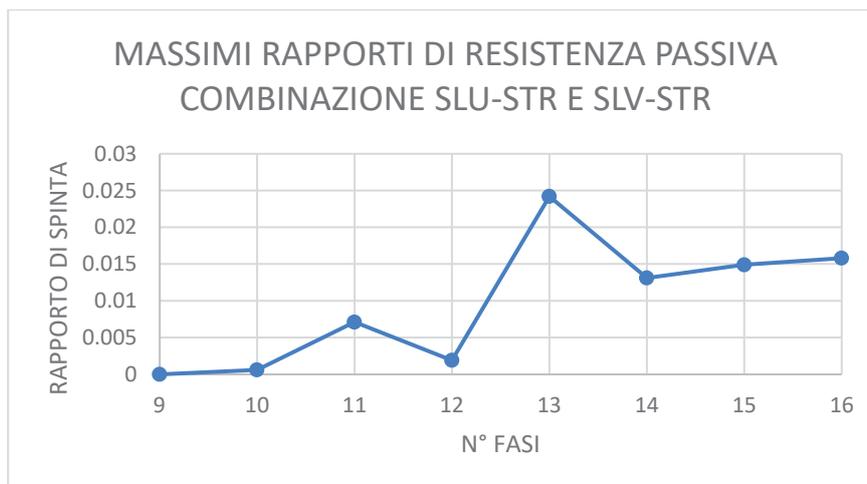


A - Spinta Attiva  
C - Controspinta  
P - Resistenza passiva  
T - Risultante tiro tiranti

Figura 13.30 – Risultanti della spinta attiva e passiva in presenza di sisma (Combinazione A2+M2+SISMA-Fase 24)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	68



**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E ZZ	CL	GI	02	00	001	C	69	

n°	Fase	Tempo	ESE	SLU-STR (A1+M1)	SLV-STR (A1+M1+E)	SLU-GEO (A2+M2)	SLV-GEO (A2+M2+E)
1	Scavo fino alla profondità di 2.75 metri	0					
2	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=2.75]	0	FASE 1	FASE 9	-	FASE 17	-
3	Inserimento condizione di carico nr 2 [Hscavo=2.75]	0					
4	Inserimento tirante 1 (X=2.25) [Hscavo=2.75]	1					
5	Tesatura tirante 1 N=10197 [Hscavo=2.75]	1	FASE 2	FASE 10	-	FASE 18	-
6	Scavo fino alla profondità di 5.25 metri	2	FASE 3	FASE 11	-	FASE 19	-
7	Inserimento tirante 2 (X=4.75) [Hscavo=5.25]	3					
8	Tesatura tirante 2 N=15296 [Hscavo=5.25]	3	FASE 4	FASE 12	-	FASE 20	-
9	Scavo fino alla profondità di 7.75 metri	4	FASE 5	FASE 13	-	FASE 21	-
10	Inserimento tirante 3 (X=7.25) [Hscavo=7.75]	5					
11	Tesatura tirante 3 N=35690 [Hscavo=7.75]	5	FASE 6	FASE 14	-	FASE 22	-
12	Scavo fino alla profondità di 8.30 metri	6	FASE 7	FASE 15	-	FASE 23	-
13	Inserimento sisma	7	FASE 8	-	FASE 16	-	FASE 24

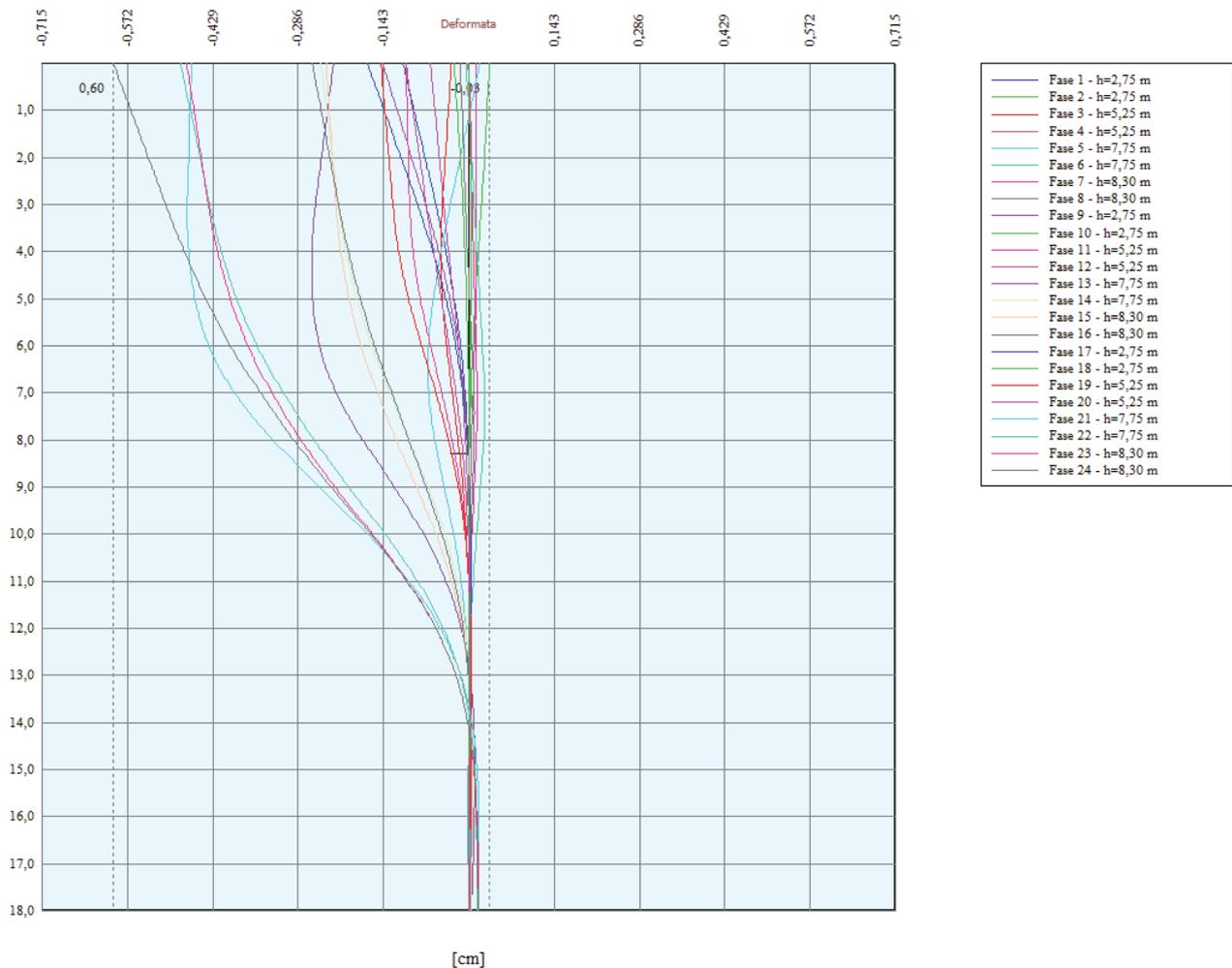


Figura 13.31 – Involuppo spostamenti

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	70

**risultati tiranti**

Simbologia adottata

N sforzo su ogni tirante della fila espresso in [KN]

Af area di armatura in ogni tirante espressa in [cmq]

L lunghezza totale di progetto del tirante espressa in [m]

Lf lunghezza di fondazione di progetto del tirante espressa in [m]

$\sigma_f$  tensione di trazione nell'acciaio del tirante espressa in [kPa]

u spostamento orizzontale del tirante della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]

R1, R2, R3 resistenza nei tre meccanismi considerati (sfilamento della fondazione, aderenza malta-armatura, resistenza malta) espressa in [kg]

FS Fattore di sicurezza (rapporto min(R1, R2, R3)/N)

**Fase n° 1 - ESE** non sono presenti tiranti

**Fase n° 2 - ESE** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	100,00	2,78	14,10	2,10	359712	-0,02514	689,89	836,83	5400,52	6.899

**Fase n° 3 - ESE** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	103,13	2,78	14,10	2,10	370973	0,04073	689,89	836,83	5400,52	6.690

**Fase n° 4 - ESE** n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	100,57	2,78	14,10	2,10	361774	-0,01291	689,89	836,83	5400,52	6.860
2	150,00	4,17	13,60	2,60	359712	-0,01198	1099,31	1551,20	7200,69	7.329

**Fase n° 5 - ESE** n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	102,05	2,78	14,10	2,10	367101	0,01826	689,89	836,83	5400,52	6.760
2	155,02	4,17	13,60	2,60	371759	0,05652	1099,31	1551,20	7200,69	7.091

**Fase n° 6 - ESE** n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	100,89	2,78	14,10	2,10	362921	-0,00588	689,89	836,83	5400,52	6.838
2	149,53	4,17	13,60	2,60	358577	-0,01709	1099,31	1551,20	7200,69	7.352
3	350,00	5,56	15,60	5,60	629496	-0,02695	1235,02	2143,11	8100,78	3.529

**Fase n° 7 - ESE** n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	100,95	2,78	14,10	2,10	363134	-0,00463	689,89	836,83	5400,52	6.834
2	150,11	4,17	13,60	2,60	359979	-0,00911	1099,31	1551,20	7200,69	7.323
3	351,37	5,56	15,60	5,60	631963	-0,01419	1235,02	2143,11	8100,78	3.515

**Fase n° 8 - ESE** n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	101,52	2,78	14,10	2,10	365197	0,00744	689,89	836,83	5400,52	6.795
2	150,75	4,17	13,60	2,60	361513	-0,00039	1099,31	1551,20	7200,69	7.292

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	71

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
3	351,92	5,56	15,60	5,60	632955	-0,00906	1235,02	2143,11	8100,78	3.509

**Fase n° 1 - SLU - STR** non sono presenti tiranti

**Fase n° 2 - SLU - STR** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	100,00	2,78	14,10	2,10	359712	-0,00293	319,40	836,83	5400,52	3.194

**Fase n° 3 - SLU - STR** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	104,94	2,78	14,10	2,10	377479	0,10099	319,40	836,83	5400,52	3.044

**Fase n° 4 - SLU - STR** n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	102,39	2,78	14,10	2,10	368309	0,04753	319,40	836,83	5400,52	3.119
2	150,00	4,17	13,60	2,60	359712	0,02729	508,94	1551,20	7200,69	3.393

**Fase n° 5 - SLU - STR** n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	112,01	2,78	14,10	2,10	402902	0,24989	319,40	836,83	5400,52	2.852
2	167,31	4,17	13,60	2,60	401214	0,26329	508,94	1551,20	7200,69	3.042

**Fase n° 6 - SLU - STR** n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	110,87	2,78	14,10	2,10	398805	0,22624	319,40	836,83	5400,52	2.881
2	162,00	4,17	13,60	2,60	388490	0,19228	508,94	1551,20	7200,69	3.142
3	350,00	5,56	15,60	5,60	629496	0,12372	571,77	2143,11	8100,78	1.634

**Fase n° 7 - SLU - STR** n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	110,92	2,78	14,10	2,10	398992	0,22734	319,40	836,83	5400,52	2.880
2	162,91	4,17	13,60	2,60	390677	0,20473	508,94	1551,20	7200,69	3.124
3	352,32	5,56	15,60	5,60	633663	0,14526	571,77	2143,11	8100,78	1.623

**Fase n° 8 - SLV - STR** n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	111,02	2,78	14,10	2,10	399340	0,22937	319,40	836,83	5400,52	2.877
2	161,62	4,17	13,60	2,60	387572	0,18706	508,94	1551,20	7200,69	3.149
3	349,78	5,56	15,60	5,60	629103	0,12168	571,77	2143,11	8100,78	1.635

**Fase n° 1 - SLU - GEO** non sono presenti tiranti

**Fase n° 2 - SLU - GEO** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	100,00	2,78	14,10	2,10	359712	0,01306	383,27	836,83	5400,52	3.833

**Fase n° 3 - SLU - GEO** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	105,68	2,78	14,10	2,10	380155	0,13264	383,27	836,83	5400,52	3.627

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	72

**Fase n° 4 - SLU - GEO n° 2 file di tiranti presenti nella fase**

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	103,16	2,78	14,10	2,10	371082	0,07974	383,27	836,83	5400,52	3.715
2	150,00	4,17	13,60	2,60	359712	0,04919	610,73	1551,20	7200,69	4.072

**Fase n° 5 - SLU - GEO n° 2 file di tiranti presenti nella fase**

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	121,73	2,78	14,10	2,10	437892	0,47056	383,27	836,83	5400,52	3.148
2	180,33	4,17	13,60	2,60	432454	0,46283	610,73	1551,20	7200,69	3.387

**Fase n° 6 - SLU - GEO n° 3 file di tiranti presenti nella fase**

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	120,60	2,78	14,10	2,10	433810	0,44700	383,27	836,83	5400,52	3.178
2	175,34	4,17	13,60	2,60	420484	0,39611	610,73	1551,20	7200,69	3.483
3	350,00	5,56	15,60	5,60	629496	0,29817	686,12	2143,11	8100,78	1.960

**Fase n° 7 - SLU - GEO n° 3 file di tiranti presenti nella fase**

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	120,55	2,78	14,10	2,10	433643	0,44603	383,27	836,83	5400,52	3.179
2	176,05	4,17	13,60	2,60	422175	0,40573	610,73	1551,20	7200,69	3.469
3	352,18	5,56	15,60	5,60	633416	0,31843	686,12	2143,11	8100,78	1.948

**Fase n° 8 - SLV - GEO n° 3 file di tiranti presenti nella fase**

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	124,54	2,78	14,10	2,10	448000	0,53001	383,27	836,83	5400,52	3.077
2	179,32	4,17	13,60	2,60	430030	0,45041	610,73	1551,20	7200,69	3.406
3	354,03	5,56	15,60	5,60	636744	0,33565	686,12	2143,11	8100,78	1.938

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	73

**13.1.3 VERIFICHE**

**13.1.3.1 VERIFICHE TIRANTI**

**13.1.3.1.1 VERIFICA GERARCHIA DELLE RESISTENZE**

*Simbologia adottata*

Rg resistenza di progetto allo snervamento, espresso in [kg]  
 R1 resistenza allo sfilamento della fondazione, espressa in [kg]  
 FS Fattore di sicurezza (Rg/R1)

**Fase n° 1 - SLU - STR** non sono presenti tiranti

**Fase n° 2 - SLU - STR** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	403,70	319,40	1.264

**Fase n° 3 - SLU - STR** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	403,70	319,40	1.264

**Fase n° 4 - SLU - STR** n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	403,70	319,40	1.264
2	605,56	508,94	1.190

**Fase n° 5 - SLU - STR** n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	403,70	319,40	1.264
2	605,56	508,94	1.190

**Fase n° 6 - SLU - STR** n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	403,70	319,40	1.264
2	605,56	508,94	1.190
3	807,41	571,77	1.412

**Fase n° 7 - SLU - STR** n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	403,70	319,40	1.264
2	605,56	508,94	1.190
3	807,41	571,77	1.412

**Fase n° 8 - SLV - STR** n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	403,70	319,40	1.264
2	605,56	508,94	1.190
3	807,41	571,77	1.412

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	74

13.1.3.1.2 VERIFICA GERARCHIA DELLE RESISTENZE, VALORI CARATTERISTICI

I valori caratteristici si ricavano moltiplicando i valori di resistenza di progetto coi relativi coefficienti di sicurezza  $\gamma_m=1,15$  e  $\gamma_{Ra}=1,20$

**Fase n° 1 - SLU - STR** non sono presenti tiranti

**Fase n° 2 - SLU - STR** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	464.26	383.28	1.211

**Fase n° 3 - SLU - STR** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	464.26	383.28	1.211

**Fase n° 4 - SLU - STR** n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	464.26	383.28	1.211
2	696.39	610.73	1.140

**Fase n° 5 - SLU - STR** n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	464.26	383.28	1.211
2	696.39	610.73	1.140

**Fase n° 6 - SLU - STR** n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	464.26	383.28	1.211
2	696.39	610.73	1.140
3	928.52	686.12	1.353

**Fase n° 7 - SLU - STR** n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	464.26	383.28	1.211
2	696.39	610.73	1.140
3	928.52	686.12	1.353

**Fase n° 8 - SLV - STR** n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	464.26	383.28	1.211
2	696.39	610.73	1.140
3	928.52	686.12	1.353

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	75

**13.1.3.1.3 VERIFICA DELLA LUNGHEZZA LIBERA IN CONDIZIONI SISMICHE**

Di seguito si riporta la verifica della lunghezza libera in condizioni sismiche,  $L_E$ , secondo le NTC2008 (§7.11.6.4).

$$L_E = L_s \cdot (1 + 1.5 \cdot a_{max}/g)$$

Le verifiche risultano soddisfatte. La lunghezza libera in condizioni statiche,  $L_s$ , è stata determinata in modo tale

che il bulbo di fondazione si collochi al di fuori del cono di spinta attiva; quest'ultimo ha inclinazione sulla verticale di  $45^\circ - \varphi'/2$  (dove  $\varphi' = 22^\circ$  e  $\varphi' = 35^\circ$ ).

PROFONDITA' DEL CENTRO DI ROTAZIONE DAL FONDO SCAVO
5.83 m

$L_{progetto}$ [m]	$L_s$ [m]	$a_{max}/g$ [-]	$L_E$ [m]	$L_{progetto} > L_E$
12	7.16	0.116	8.51	verificato
11	5.49	0.116	6.53	verificato
10	4.05	0.116	4.84	verificato

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	76

**13.1.3.2 VERIFICHE GEOTECNICHE**

**13.1.3.2.1 VERIFICA PORTANZA PALO**

*Simbologia adottata*

- n° Indice della Combinazione/Fase  
 Tipo Tipo della Combinazione/Fase  
 $P_{p,med}$ ,  $P_{p,min}$  Portanza di punta media e minima, espressa in [kN]  
 $P_{L,med}$ ,  $P_{L,min}$  Portanza laterale media e minima, espressa in [kN]  
 $P_d$  Portanza di progetto, espressa in [kN]  
 $N$  Sforzo normale alla base del palo, espressa in [kN]  
 $FS$  Fattore di sicurezza (rapporto  $P_d/N$ )

n°	Tipo	$P_{p,med}$ [kN]	$P_{L,med}$ [kN]	$P_{p,min}$ [kN]	$P_{L,min}$ [kN]	$P_d$ [kN]	$N$ [kN]	$FS$
1	SLU - STR	2374,93	0,00	2374,93	0,00	1397,02	221,82	6.298
2	SLU - STR	2374,93	0,00	2374,93	0,00	1397,02	225,79	6.187
3	SLU - STR	2031,12	0,00	2031,12	0,00	1194,78	225,98	5.287
4	SLU - STR	2031,12	0,00	2031,12	0,00	1194,78	249,20	4.794
5	SLU - STR	1687,30	0,00	1687,30	0,00	992,53	252,27	3.934
6	SLU - STR	1687,30	0,00	1687,30	0,00	992,53	305,81	3.246
7	SLU - STR	1611,66	0,00	1611,66	0,00	948,04	306,32	3.095
8	SLV - STR	1611,66	0,00	1611,66	0,00	948,04	305,73	3.101
1	SLU - GEO	2374,93	0,00	2374,93	0,00	821,78	221,82	3.705
2	SLU - GEO	2374,93	0,00	2374,93	0,00	821,78	225,79	3.640
3	SLU - GEO	2031,12	0,00	2031,12	0,00	702,81	226,01	3.110
4	SLU - GEO	2031,12	0,00	2031,12	0,00	702,81	249,23	2.820
5	SLU - GEO	1687,30	0,00	1687,30	0,00	583,84	254,68	2.292
6	SLU - GEO	1687,30	0,00	1687,30	0,00	583,84	308,27	1.894
7	SLU - GEO	1611,66	0,00	1611,66	0,00	557,67	308,72	1.806
8	SLV - GEO	1611,66	0,00	1611,66	0,00	702,25	309,68	2.268

**13.1.3.2.2 VERIFICA STABILITA' GLOBALE (METODO DI FELLENIUS)**

*Simbologia adottata*

- n° Indice della combinazione/fase  
 Tipo Tipo della combinazione/fase  
 $(X_c; Y_c)$  Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]  
 $R$  Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]  
 $(X_v; Y_v)$  Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]  
 $(X_m; Y_m)$  Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]  
 $FS$  Coefficiente di sicurezza  
 $R$  Coefficiente di sicurezza richiesto

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	$X_c, Y_c$ [m]	$R$ [m]	$X_v, Y_v$ [m]	$X_m, Y_m$ [m]	$FS$	$R$
1	SLU - GEO	-3,60; 0,00	18,36	-21,76; -2,70	14,74; -1,00	4.695	1.100
2	SLU - GEO	-1,80; 0,00	18,09	-19,68; -2,72	16,27; -1,00	4.716	1.100
3	SLU - GEO	-1,80; 0,00	18,09	-19,12; -5,22	16,27; -1,00	2.648	1.100
4	SLU - GEO	-1,80; 0,00	18,09	-19,12; -5,22	16,27; -1,00	2.670	1.100
5	SLU - GEO	-3,60; 0,00	18,36	-20,25; -7,74	14,74; -1,00	1.785	1.100
6	SLU - GEO	-3,60; 0,00	18,36	-20,25; -7,74	14,74; -1,00	1.841	1.100
7	SLU - GEO	-3,60; 0,00	18,36	-19,98; -8,28	14,74; -1,00	1.703	1.100
8	SLV - GEO	-3,60; 0,00	18,36	-19,98; -8,28	14,74; -1,00	1.518	1.200

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	77

Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo

**Simbologia adottata**

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

**Fase n° 8 - SLV - GEO**

Numero di strisce 51  
Sisma verticale verso il basso.

**Caratteristiche delle strisce**

N°	Wl [kN]	$\alpha$ [°]	L [m]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	(Ctn; Ctt) [kN]
1	7,8235	-60.60	1,35	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
2	22,6405	-56.56	1,20	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
3	35,4230	-52.91	1,10	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
4	46,6697	-49.56	1,02	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
5	56,6904	-46.42	0,96	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
6	65,6937	-43.45	0,91	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
7	73,8277	-40.63	0,87	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
8	81,2025	-37.92	0,84	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
9	87,9022	-35.30	0,81	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
10	93,9925	-32.77	0,79	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
11	99,5262	-30.31	0,77	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
12	104,5457	-27.90	0,75	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
13	109,0862	-25.56	0,73	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
14	113,1765	-23.25	0,72	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
15	116,8407	-20.99	0,71	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
16	120,0990	-18.76	0,70	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
17	122,9681	-16.55	0,69	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
18	125,4623	-14.38	0,68	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
19	127,5931	-12.22	0,68	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
20	129,3703	-10.08	0,67	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
21	130,8014	-7.96	0,67	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
22	131,8926	-5.85	0,67	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
23	132,6485	-3.74	0,66	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
24	133,0721	-1.64	0,66	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
25	133,1651	0.46	0,66	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
26	132,9280	2.56	0,66	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
27	132,3597	4.66	0,66	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
28	239,9084	6.79	0,68	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
29	248,9977	8.96	0,69	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
30	247,4908	11.14	0,69	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
31	245,6087	13.34	0,70	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
32	243,3421	15.56	0,70	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
33	242,0651	17.80	0,71	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
34	251,5357	20.07	0,72	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
35	248,0345	22.37	0,73	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
36	244,0850	24.72	0,75	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
37	239,6624	27.10	0,76	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
38	234,7369	29.54	0,78	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
39	229,2724	32.05	0,80	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
40	223,2249	34.62	0,82	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
41	216,5399	37.27	0,85	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
42	209,1493	40.02	0,89	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
43	200,9657	42.89	0,93	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
44	191,8752	45.90	0,97	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
45	181,7239	49.08	1,03	17.91	12,0	0,0	(79,42; 30,36)
46	170,2951	52.48	1,11	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
47	157,2671	56.17	1,22	17.91	12,0	0,0	(35,34; 8,70)
48	137,2708	60.27	1,37	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
49	109,9793	64.97	1,60	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
50	86,4975	70.77	2,06	23.58	6,0	0,0	(0,00; 0,00)
51	45,4336	80.32	4,03	29.26	0,1	0,0	(15,33; 1,25)

Resistenza a taglio paratia = 0,0000 [kN]

$\Sigma W_l = 7512,3631$  [kN]

$\Sigma W_l \sin\alpha_i = 1566,7710$  [kN]

$\Sigma W_l \cos\alpha_i \tan\phi_i = 2028,6020$  [kN]

$\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i = 506,1571$  [kN]

Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	78

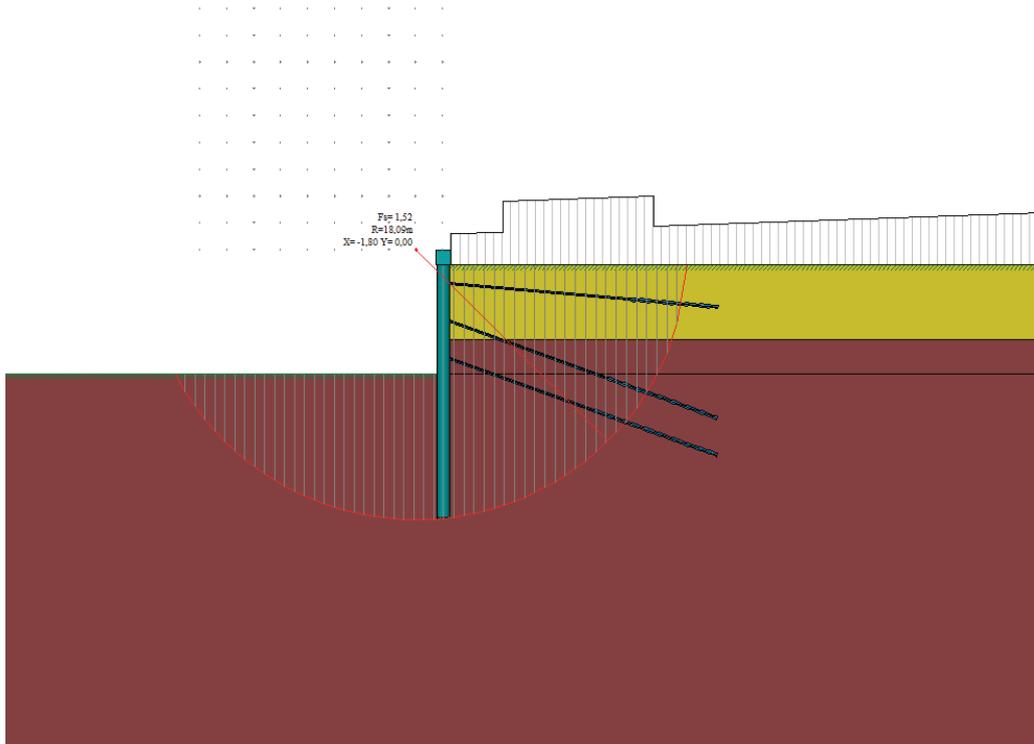


Figura 13.32 – Verifica di stabilità globale FS minimo.FS=1.52

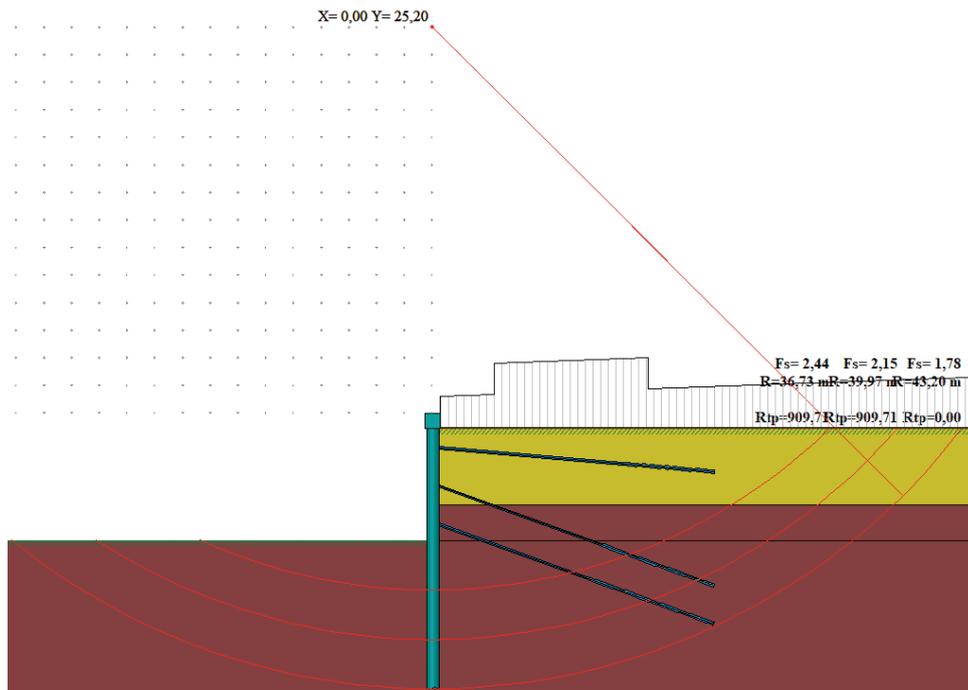


Figura 13.33.1 – Valore FS della ipotetica superficie di scorrimento esterno ai bulbi.FS=1.78

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	79

**13.1.3.2.3 VERIFICHE DI CORPO RIGIDO**

*Simbologia adottata*

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

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

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

n°	Tipo	S Y [kN]	R Y [kN]	W Y [kN]	T Y [kN]	P Y [kN]	V Y [kN]	C Y [kN]	Mr [kNm]	Ms [kNm]	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>SCO</sub>
1	ESE	1092,8239 12,65	5875,9369 12,68	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	5844,7578	31263,3669	5.349	5.377
2	ESE	1092,8239 12,65	5875,9369 12,68	0,0000 0,00	45,2816 2,25	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	5844,7578	31976,5517	5.471	5.418
3	ESE	1092,8239 12,65	4176,1771 13,57	0,0000 0,00	46,6992 2,25	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	5844,7578	19227,7108	3.290	3.864
4	ESE	1092,8239 12,65	4176,1771 13,57	0,0000 0,00	109,6110 3,71	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	5844,7578	20058,3980	3.432	3.922
5	ESE	1092,8239 12,65	2814,7757 14,37	0,0000 0,00	112,4272 3,72	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	5844,7578	11829,2161	2.024	2.679
6	ESE	1092,8239 12,65	2814,7757 14,37	0,0000 0,00	259,0497 5,75	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	5844,7578	13396,9071	2.292	2.813
7	ESE	1092,8239 12,65	2546,7007 14,55	0,0000 0,00	259,9122 5,75	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	5844,7578	11959,6835	2.046	2.568
8	ESE	1102,7148 12,58	2546,7007 14,55	0,0000 0,00	260,6806 5,75	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	5974,1177	11969,9257	2.004	2.546
9	SLU - STR	1501,6525 12,62	7476,8927 12,69	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	8072,2302	39676,6414	4.915	4.979
10	SLU - STR	1501,6525 12,62	7476,8927 12,69	0,0000 0,00	45,2816 2,25	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	8072,2302	40389,8263	5.004	5.009
11	SLU - STR	1501,6525 12,62	5267,4930 13,62	0,0000 0,00	47,5181 2,25	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	8072,2302	23826,5668	2.952	3.539
12	SLU - STR	1501,6525 12,62	5267,4930 13,62	0,0000 0,00	110,4337 3,70	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	8072,2302	24657,3123	3.055	3.581
13	SLU - STR	1501,6525 12,62	3521,1229 14,42	0,0000 0,00	122,1804 3,71	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	8072,2302	14336,2134	1.776	2.426
14	SLU - STR	1501,6525 12,62	3521,1229 14,42	0,0000 0,00	268,8950 5,67	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	8072,2302	15905,1510	1.970	2.524
15	SLU - STR	1501,6525 12,62	3179,9699 14,61	0,0000 0,00	270,2975 5,68	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	8072,2302	14113,1416	1.748	2.298
16	SLV - STR	1121,0178 12,46	2546,7007 14,55	0,0000 0,00	268,7054 5,67	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	6213,4960	12089,2859	1.946	2.511
17	SLU - GEO	1410,2201 12,54	4957,2926 12,73	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	7699,6895	26122,2413	3.393	3.515
18	SLU - GEO	1410,2201 12,54	4957,2926 12,73	0,0000 0,00	45,2816 2,25	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	7699,6895	26835,4261	3.485	3.547
19	SLU - GEO	1410,2201 12,54	3523,0097 13,60	0,0000 0,00	47,8550 2,25	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	7699,6895	16245,6229	2.110	2.532
20	SLU - GEO	1410,2201 12,54	3523,0097 13,60	0,0000 0,00	110,7828 3,70	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	7699,6895	17076,5619	2.218	2.577
21	SLU - GEO	1410,2201 12,54	2364,0724 14,40	0,0000 0,00	132,1494 3,71	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	7699,6895	10397,6698	1.350	1.770
22	SLU - GEO	1410,2201 12,54	2364,0724 14,40	0,0000 0,00	279,0000 5,60	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	7699,6895	11968,4134	1.554	1.874
23	SLU - GEO	1410,2201 12,54	2136,6454 14,59	0,0000 0,00	280,2110 5,61	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	7699,6895	10767,4453	1.398	1.714
24	SLV - GEO	1421,5866 12,34	2136,6454 14,59	0,0000 0,00	284,2080 5,58	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	8053,0487	10822,9471	1.344	1.703

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	80

**13.1.3.3 VERIFICHE STRUTTURALI DELLA SEZIONE IN C.A.**

Si riporta di seguito la verifica a presso-flessione e a taglio della sezione in c.a. per le sollecitazioni massime riportate in figura.

I pali hanno un'armatura corrente di 16 $\phi$ 18. L'armatura trasversale è invece costituita da una spirale  $\phi$ 10/20.

Il cordolo in c.a. risulta essere armato con 14+14 $\phi$ 16 sul piano verticale e 16+16 $\phi$ 16 sul piano orizzontale, mentre le staffe sono  $\phi$ 10/20 a 2 bracci piano verticale e 2 bracci piano orizzontale.

**13.1.3.3.1 VERIFICHE SLU**

**13.1.3.3.1.1 DOMINI M-N**

Di seguito sono riportati per ogni tratto di armatura i diagrammi di interazione  $M_u-N_u$  della sezione; sono stati calcolati 16 punti per ogni sezione analizzata.

Per la costruzione dei diagrammi limiti si sono assunti i seguenti valori:

Tensione caratteristica cubica del cls	$R_{bk} = 30000$ [kPa]
Tensione caratteristica cilindrica del cls (0.83x $R_{bk}$ )	$R_{ck} = 254$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Fattore di riduzione per carico di lunga permanenza	$\psi = 0.85$
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	$f_{yk} = 450000$ [kPa]
Coefficiente di sicurezza cls	$\gamma_c = 1.50$
Coefficiente di sicurezza acciaio	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo del cls ( $\psi R_{ck}/\gamma_c$ )	$R_c^* = 144$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Resistenza di calcolo dell'acciaio ( $f_{yk}/\gamma_s$ )	$R_s^* = 3990$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s = 2100000$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Deformazione ultima del calcestruzzo	$\epsilon_{cu} = 0.0035$ (0.35%)
Deformazione del calcestruzzo al limite elastoplastico	$\epsilon_{ck} = 0.0020$ (0.20%)
Deformazione ultima dell'acciaio	$\epsilon_{yu} = 0.0100$ (1.00%)
Deformazione dell'acciaio al limite elastico ( $R_s^*/E_s$ )	$\epsilon_{yk} = 0.0015$ (0.19%)

*Legame costitutivo del calcestruzzo*

Per il legame costitutivo del calcestruzzo si assume il diagramma parabola-rettangolo espresso dalle seguenti relazioni:

*Tratto parabolico:*  $0 < \epsilon_c < \epsilon_{ck}$

$$\sigma_c = \frac{R_c^* (2\epsilon_c \epsilon_{ck} - \epsilon_c^2)}{\epsilon_{ck}^2}$$

*Tratto rettangolare:*  $\epsilon_{ck} < \epsilon_c < \epsilon_{cu}$

$$\sigma_c = R_c^*$$

*Legame costitutivo dell'acciaio*

Per l'acciaio si assume un comportamento elastico-perfettamente plastico espresso dalle seguenti relazioni:

$$\sigma_s = E_s \epsilon_s \quad \text{per } 0 < \epsilon_s < \epsilon_{sy}$$

$$\sigma_s = R_s^* \quad \text{per } \epsilon_{sy} < \epsilon_s < \epsilon_{su}$$

N°	$N_u$ [kN]	$M_u$ [kNm]
1	-1593,1972	0,0000
2	0,0000	475,6076
3	968,9553	678,0047
4	1453,4330	746,8777
5	1937,9106	805,6064
6	2422,3883	840,4538
7	2906,8660	859,1678
8	3391,3436	857,6519
9	3875,8213	833,0126
10	4360,2989	799,2089
11	4844,7766	756,7915
12	5329,2543	704,2476
13	5813,7319	637,4027
14	6298,2096	557,7372
15	6782,6872	464,4339
16	7267,1649	0,0000
17	7267,1649	0,0000

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	81

N°	N <sub>u</sub> [kN]	M <sub>u</sub> [kNm]
18	6782,6872	-464,4339
19	6298,2096	-557,7372
20	5813,7319	-637,4027
21	5329,2543	-704,2476
22	4844,7766	-756,7915
23	4360,2989	-799,2089
24	3875,8213	-833,0126
25	3391,3436	-857,6519
26	2906,8660	-859,1678
27	2422,3883	-840,4538
28	1937,9106	-805,6064
29	1453,4330	-746,8777
30	968,9553	-678,0047
31	0,0000	-475,6076
32	-1593,1972	0,0000

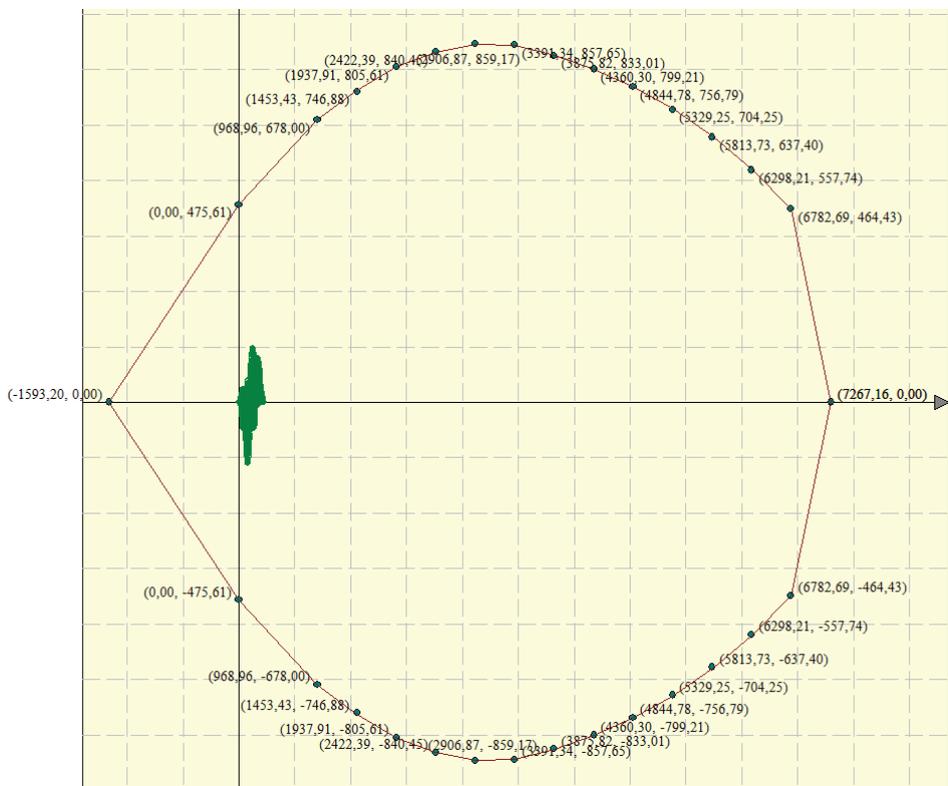


Figura 13.34 – Dominio M-N sezione palo-armatura in c.a.

Tabella 12 – Sollecitazioni massime del singolo palo

COMBINAZIONE		PROFONDITA' [m]	M <sub>palo</sub> [kNm]	N <sub>palo</sub> [kN]	PROFONDITA' [m]	T <sub>palo</sub> [kN]
SLU-STR (A1+M1)	FASE 13	6.55	113.58	111.17	8.30	81.26
SLU-GEO (A2+M2)	FASE 21	6.70	141.28	115.43	8.90	83.70
SLV-STR (A1+M1+SISMA)	FASE 16	10.90	44.07	218.23	7.25	84.52
SLV-GEO (A2+M2+SISMA)	FASE 24	11.95	98.40	235.12	7.25	78.86

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	82

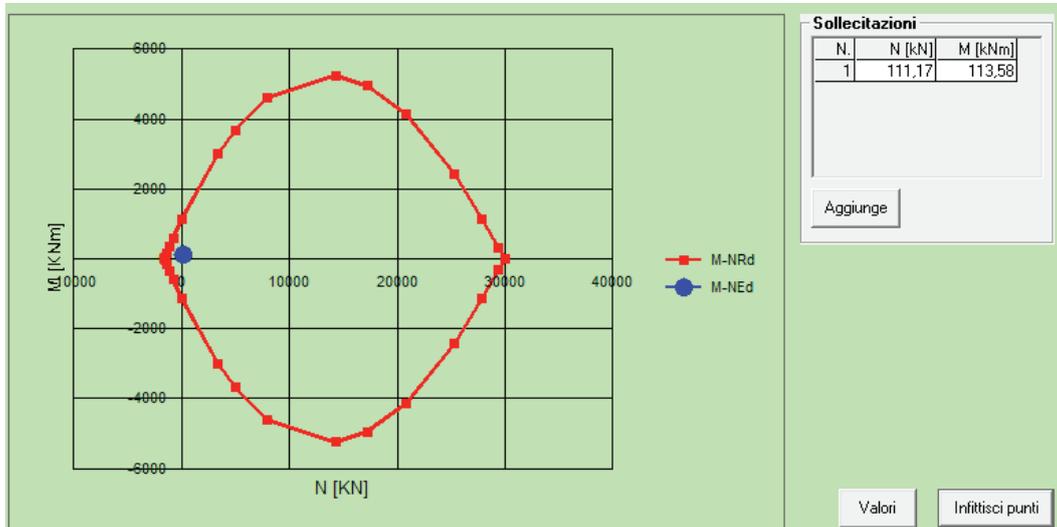


Figura 13.35 – SLU-STR (A1+M1), FASE 13

$M_{Ed} = 113.58 \text{ kNm}$   
 $N (M_{Ed}) = 111.17 \text{ kN}$   
 $M_U = 1204 \text{ kNm}$   
 $FS = 10.60$

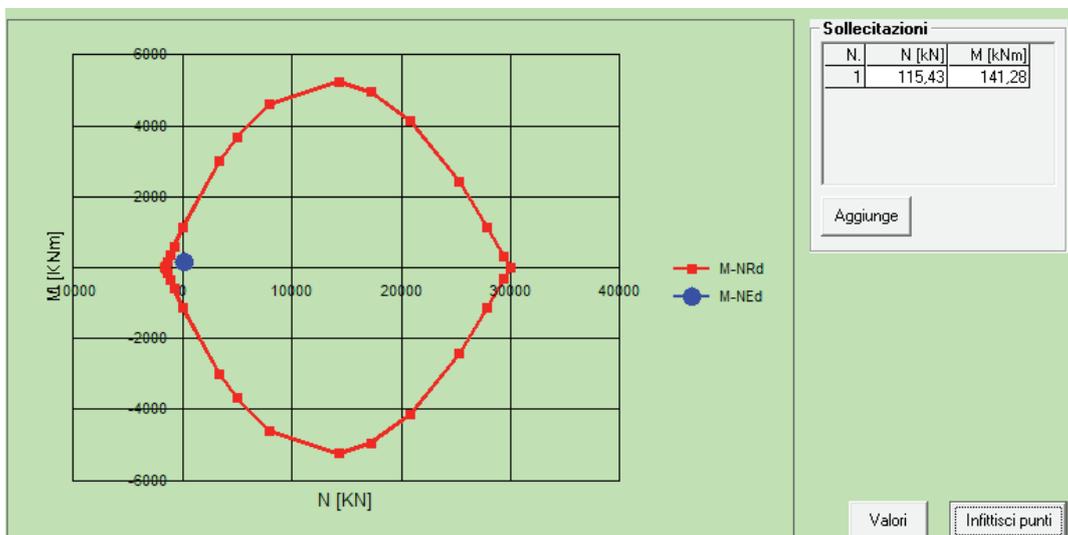


Figura 13.36 – SLU-GEO (A2+M2), FASE 21

$M_{Ed} = 141.28 \text{ kNm}$   
 $N (M_{Ed}) = 115.43 \text{ kN}$   
 $M_U = 1207 \text{ kNm}$   
 $FS = 8.54$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	83

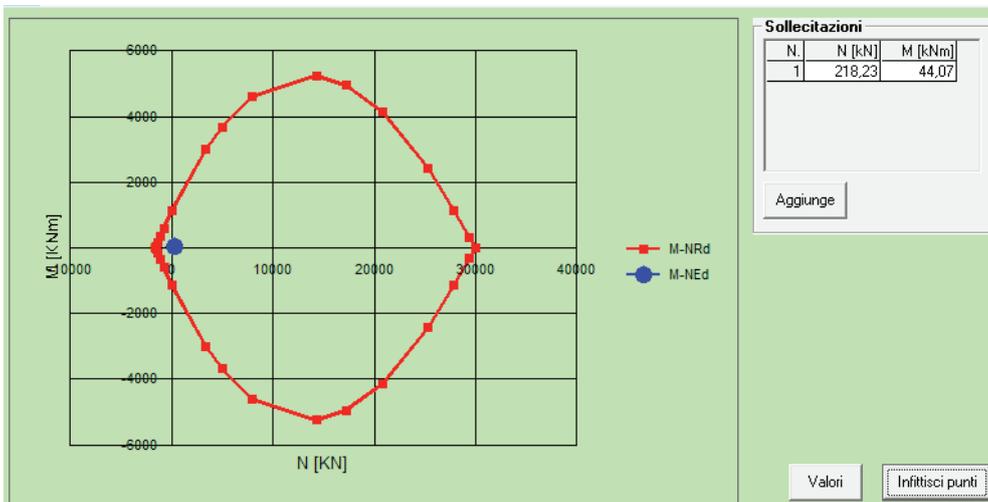


Figura 13.37 – SLV-STR (A1+M1+SISMA), FASE 16

$M_{Ed} = 44.07 \text{ kNm}$   
 $N (M_{Ed}) = 218.23 \text{ kN}$   
 $M_U = 1274 \text{ kNm}$   
 $FS = 28$

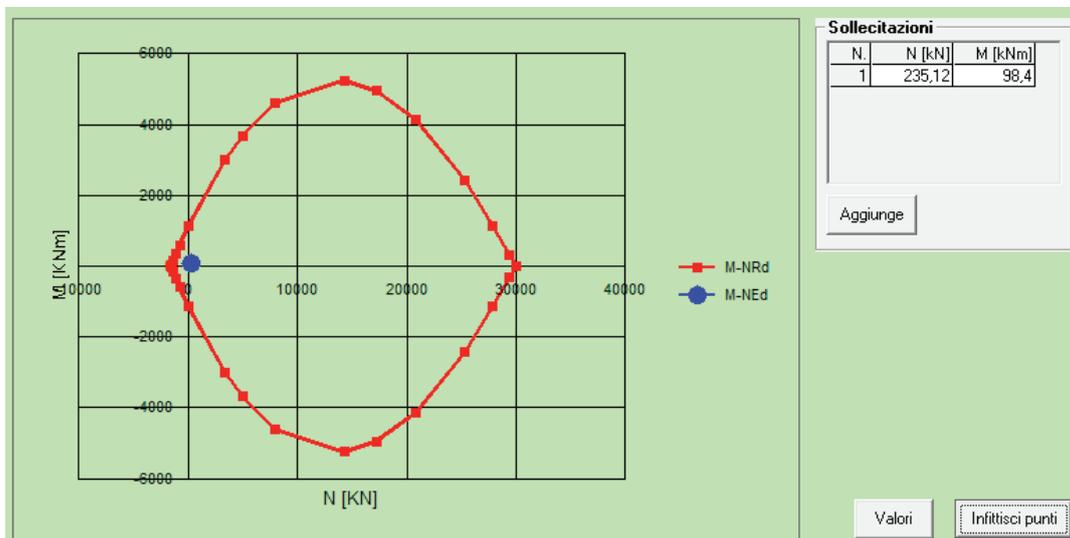


Figura 13.38 – SLV-GEO (A2+M2+SISMA), FASE 24

$M_{Ed} = 98.40 \text{ kNm}$   
 $N (M_{Ed}) = 235.12 \text{ kN}$   
 $M_U = 1285 \text{ kNm}$   
 $FS = 13.06$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	84

13.1.3.3.1.2 VERIFICA A TAGLIO DEL SINGOLO PALO SEZIONE CIRCOLARE

Si prende in considerazione il valore massimo dell' involuppo della sollecitazione tagliante:  
Tmax= 98.71 kN

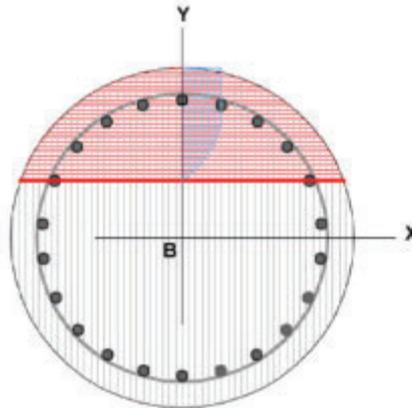


Figura 13.39 – Modello palo per verifica sezione circolare a taglio

Diametro palo[cm]	80	Carico assiale [kN]	0	
Diametro staffe [cm]	68	diametro ferri lon.[mm]	18	
Copriferro staffe [cm]	6,00	$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	25,00	
$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	450,00	$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	14,17	
<b>Armatura trasversale</b>				
diametro staffe [mm]	10,00	passo [cm]	20,00	
Area staffe [mm <sup>2</sup> ]	157	numero braccia elicoidali	2	
<b>Verifica a Taglio</b>				
$\cot\theta$ per $V_{Rsd} = V_{Rcd}$	$\cotg\theta$	$\alpha_c$	$V_{Rsd}$ [kN]	$V_{Rcd}$ [kN]
4,1759	2,5000	1,00	415,59	1056,93
<b>Taglio Resistente di Progetto <math>V_{Rd}</math> [kN]</b>				<b>415,59</b>
<b>Taglio di Progetto <math>V_d</math> [kN]</b>				<b>98,71</b>
<b>FS</b>				<b>4,21</b>

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	85

13.1.3.3.2 VERIFICHE SLE

13.1.3.3.2.1 VERIFICA TENSIONI

*Simbologia adottata*

- n° numero d'ordine della sezione  
 Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]  
 Af area di armatura espressa in [cmq]  
 $\sigma_c$  tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]  
 $\sigma_f$  tensione nell'acciaio espressa in [kPa]

Af [cmq]	$\sigma_c$ [kPa]	cmb	$\sigma_f$ [kPa]	cmb
40,72	2264	5	48856	5

13.1.3.3.2.2 VERIFICA FESSURAZIONE

*Simbologia adottata*

- Tipo Tipo della Combinazione/Fase  
 Oggetto Muro/Paratia  
 Y Ordinata sezione, espresso in [m]  
 M Momento agente, espresso in [kgm]  
 Mf Momento prima fessurazione, espresso in [kgm]  
 s Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]  
 $\epsilon_{sm}$  Deformazione nelle fessure, espressa in [%]  
 Wlim Apertura limite fessure, espressa in [mm]  
 Wk Ampiezza fessure, espressa in [mm]

Oggetto	n° - Tipo	Y [m]	M [kNm]	Mf [kNm]	s [mm]	$\epsilon_{sm}$ [%]	Wlim [mm]	Wk [mm]
Paratia	5 - ESE	6,70	-68,16	-187,83	0,000	0.0000	0,200	0,000

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	86

**13.1.3.4 VERIFICHE DELLA TRAVE DI RIPARTIZIONE**

Il calcolo del cordolo con tiranti fa riferimento ad un metodo suggerito da Joseph E. BOWLES (Fondazioni, progetto e analisi – cap. 13 paratie a mensole e ancorate) il quale considera, per il progetto del cordolo, uno schema di trave su appoggi con carico uniformemente distribuito:

Si considera una trave continua con appoggi nel piano orizzontale con interasse dei Tiranti e appoggi nel piano verticale con interasse dei pali della paratia.

$Q_o = N_o \times n^\circ \text{Tiranti} / \text{Lunghezza paratia}$ , dove gli appoggi sono le posizioni dei tiranti

Mentre il carico uniformemente distribuito nel piano verticale viene calcolato con la seguente formula

$Q_v = N_v \times n^\circ \text{Pali} / \text{Lunghezza paratia}$ , dove gli appoggi sono i pali

Di seguito si riporta il calcolo dei carichi equivalenti distribuiti sui cordoli in acciaio che saranno poi modellati tridimensionilmente.

1° ordine di tiranti				
forza tirante	inclinazione	lunghezza paratia	n. tiranti	n. pali
[kN]	[°]	[m]	[-]	[-]
124.54	5	8.00	4	9

	N totale	
	[kN]	[kN/m]
componente verticale	10.85	$Q_v$ 12.21
componente orizzontale	124.07	$Q_o$ 62.03

2° ordine di tiranti				
forza tirante	inclinazione	lunghezza paratia	n. tiranti	n. pali
[kN]	[°]	[m]	[-]	[-]
179.32	20	8.00	4	9

	N totale	
	[kN]	[kN/m]
componente verticale	61.33	$Q_v$ 69.00
componente orizzontale	168.51	$Q_o$ 84.25

3° ordine di tiranti				
forza tirante	inclinazione	lunghezza paratia	n. tiranti	n. pali
[kN]	[°]	[m]	[-]	[-]
354.03	20	8.00	4	9

	N totale	
	[kN]	[kN/m]
componente verticale	121.09	$Q_v$ 136.22
componente orizzontale	332.68	$Q_o$ 166.34

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>GI</b>	<b>02</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>87</b>

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	88

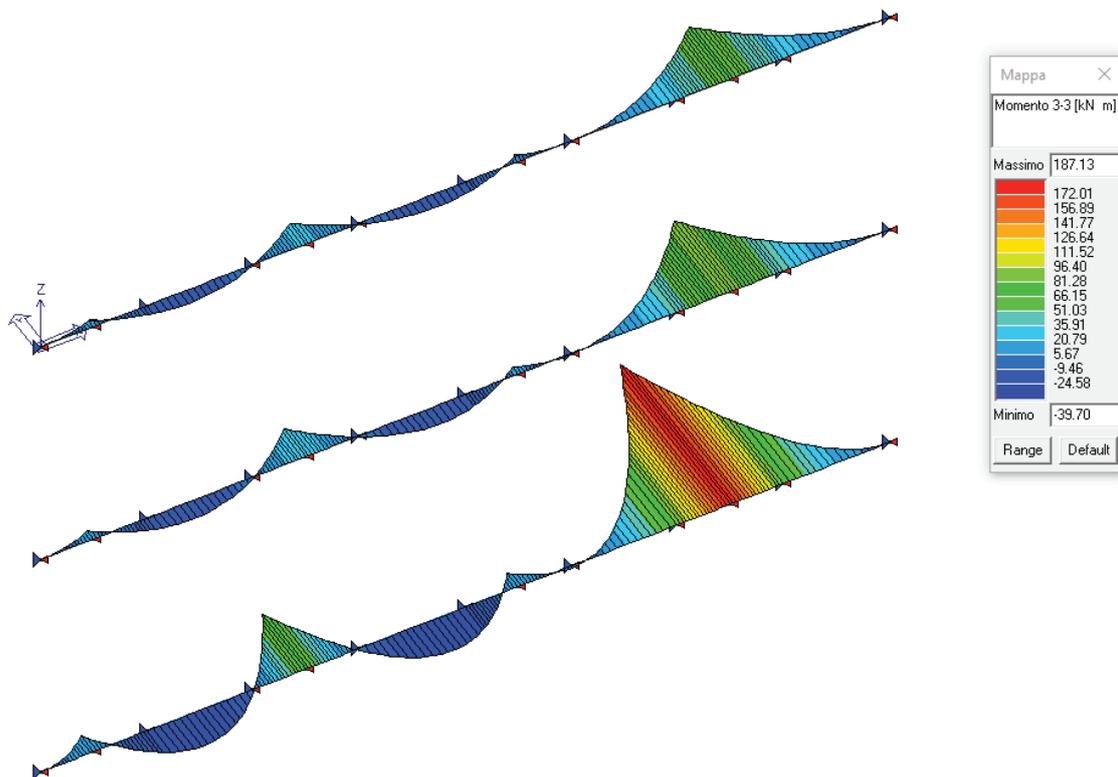


Figura 13.40 – Diagramma momenti sul piano orizzontale

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	89

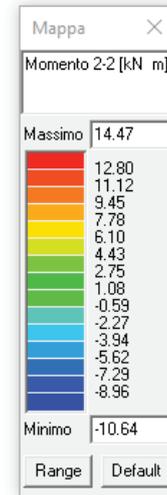
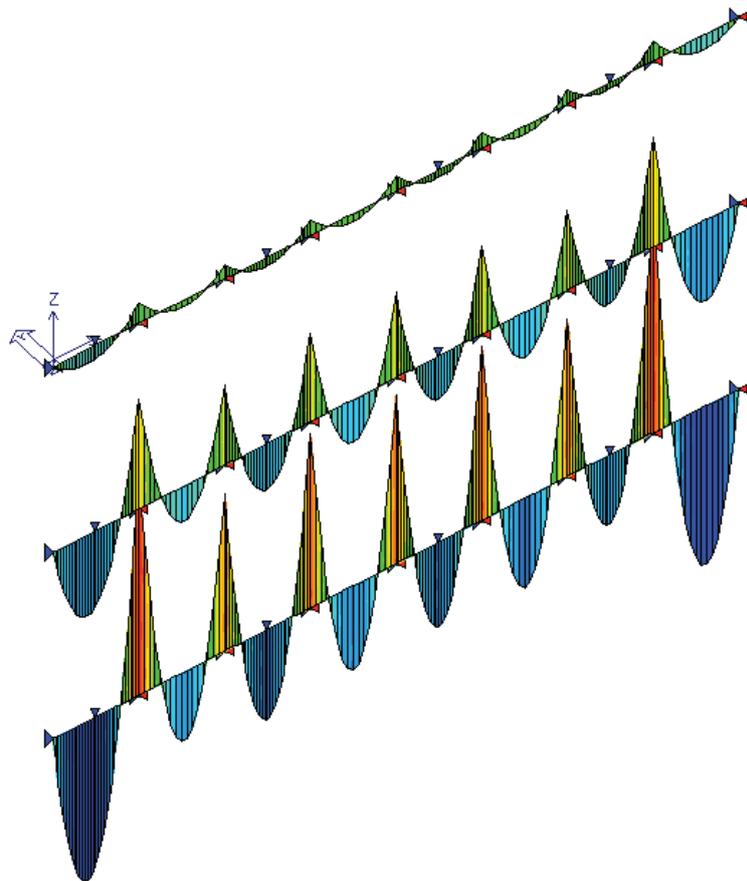


Figura 13.41 – Diagramma momenti sul piano verticale

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	90

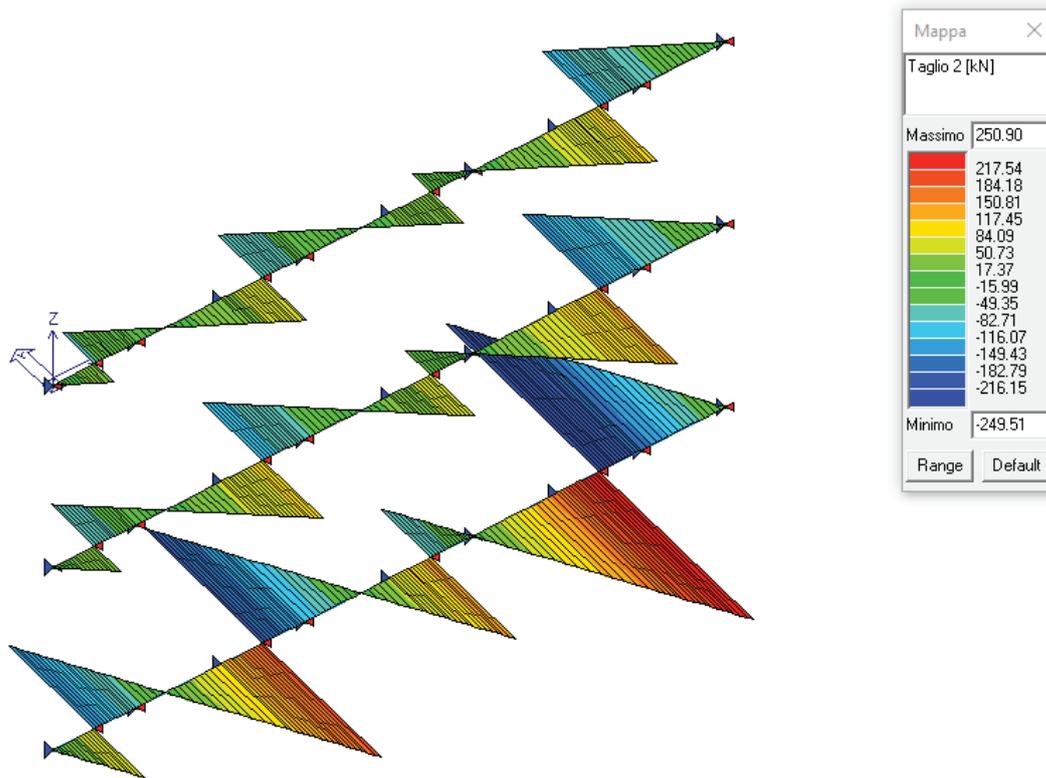


Figura 13.42 – Diagramma del taglio sul piano orizzontale

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	91

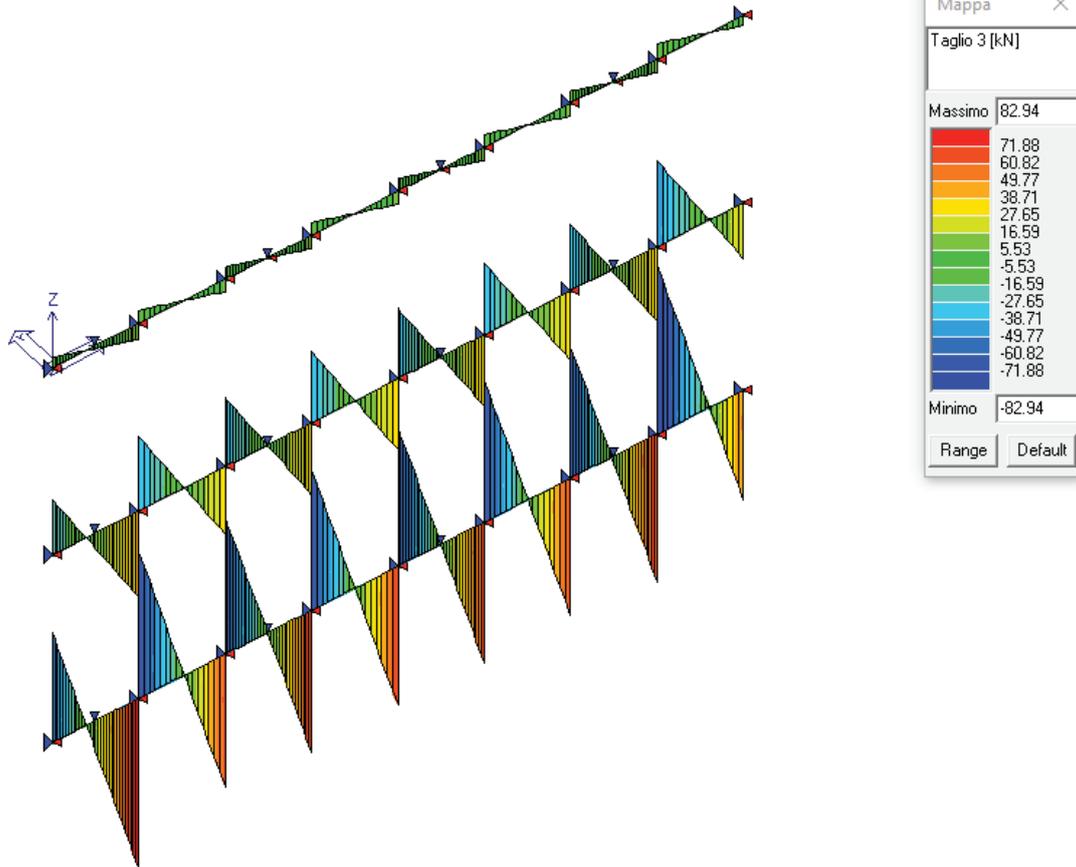


Figura 13.43 – Diagramma del taglio sul piano verticale

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	92

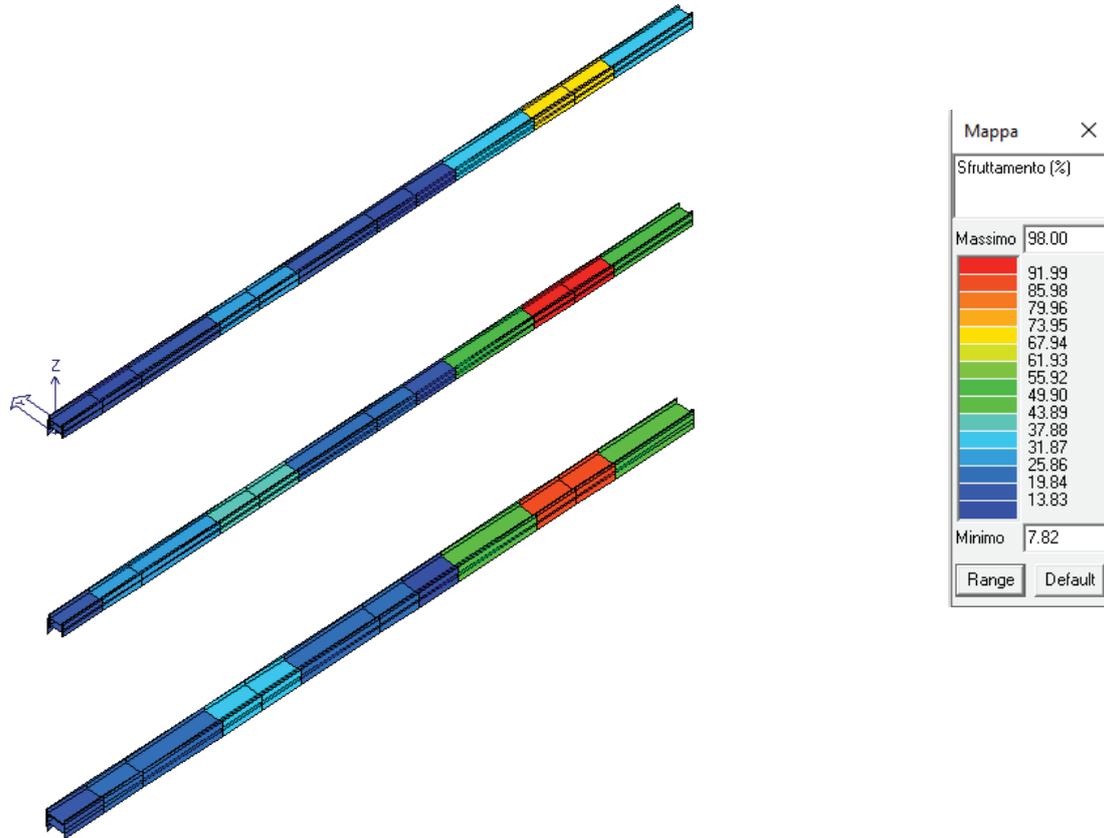


Figura 13.44 –Mappa cromatica dei valori di sfruttamento degli elementi strutturali espressi, in percentuale, come il maggiore dei tre rapporti tra le tensioni massime (resistenza, stabilità, svergolamento) e quelle limite di progetto

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	93

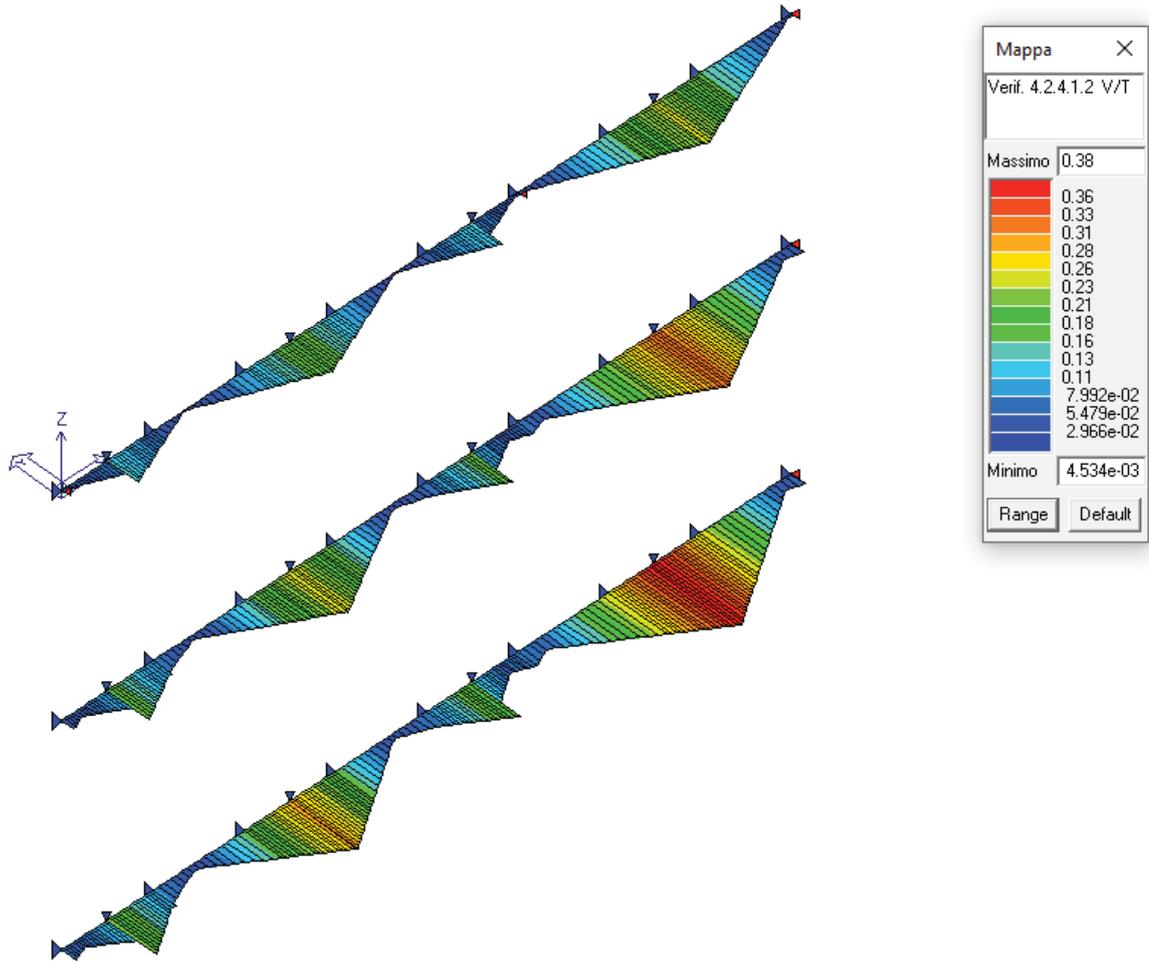


Figura 13.45 Verifica a taglio e torsione degli elementi espressi mediante i valori di  $V_{Ed}/V_c, R_d$  (oppure  $T_{Ed}/T_{Rd}$  se questa dovesse risultare più restrittiva). La verifica è da considerarsi soddisfatta se il valore è inferiore a 1.

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	94

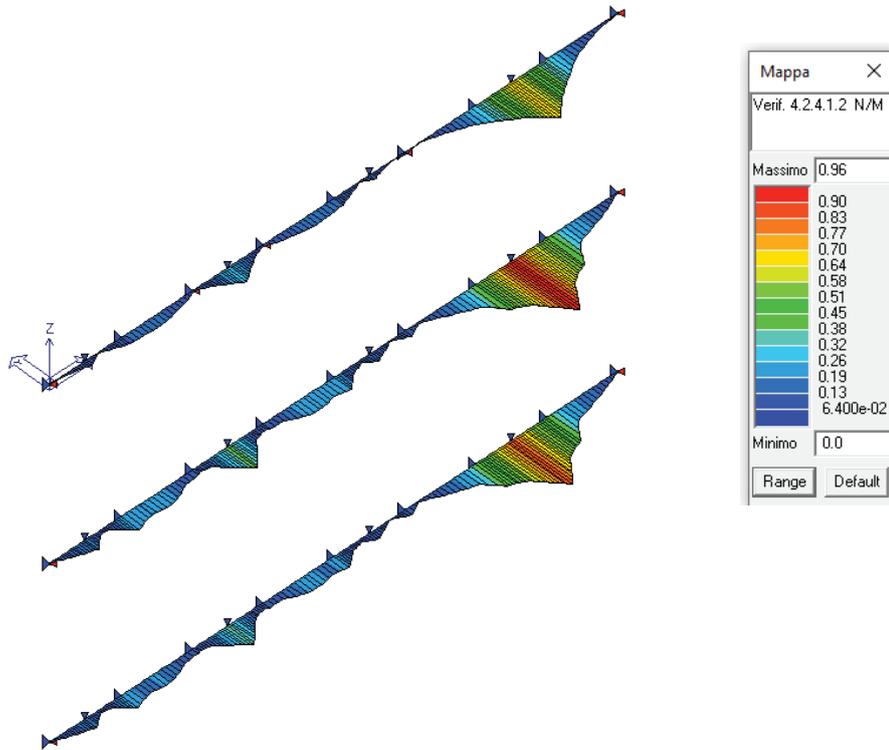


Figura 13.46 Permette la visualizzazione dei risultati ottenuti dalla verifica a presso/tenso flessione degli elementi. La verifica tiene conto del fattore di riduzione per taglio  $p$  (formula 4.2.41). La verifica è da considerarsi soddisfatta se il valore è inferiore a 1.

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	95

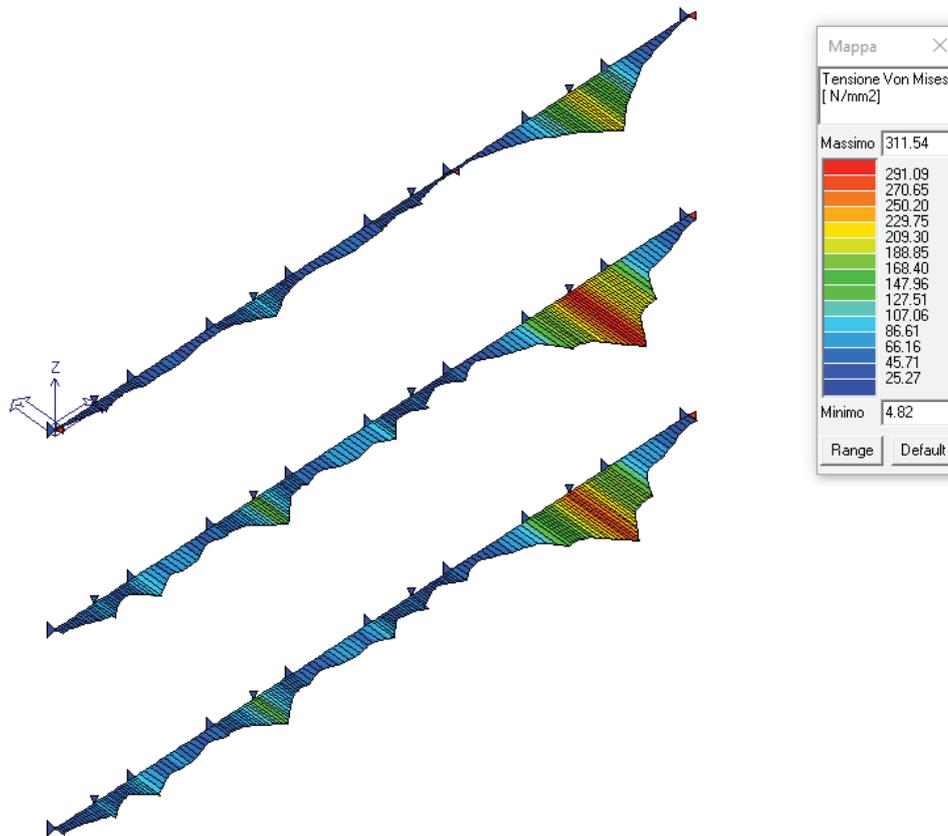


Figura 13.47 Visualizzazione della radice quadrata della somma degli sforzi di tensioni piani, espresso come dalla formula 4.2.4 da confrontare con  $f_{yk}/\gamma_{M0}$ :

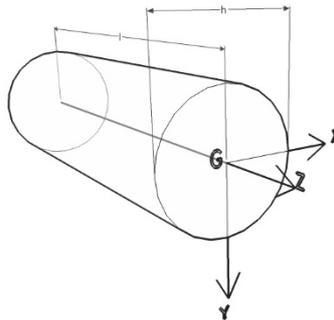
$$\sigma = \sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{x,Ed} \cdot \sigma_{z,Ed} + 3\tau_{Ed}^2}$$

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	96

**13.1.3.5 VERIFICA DEL CORDOLO**

La sezione trasversale del cordolo è verificata a pressoflessione deviata ( $M_{x,Ed}$ ,  $M_{y,Ed}$ ), a taglio nel piano verticale ( $V_{v,Ed}$ ) e a taglio nel piano orizzontale ( $V_{h,Ed}$ ), in riferimento alle sollecitazioni derivanti da due distinti schemi di carico.



*Figura 13.48 – Sistema di riferimento del solido trave*

Nel primo schema di carico, nel piano verticale, si analizza il cordolo schematizzato come trave continua su più appoggi, costituiti dai pali, e caricato dal solo peso proprio  $Q_v$ . Dallo schema in questione si estrae la massima sollecitazione flettente nel piano verticale ( $M_{x,Ed}$ ) e la massima sollecitazione tagliante nel piano verticale ( $V_{v,Ed}$ ).

Nel secondo schema di carico, nel piano orizzontale, si assume analogamente il cordolo come trave continua su più appoggi costituiti dai pali, ma caricato, questa volta, da un carico distribuito ( $Q_h$ ) rappresentato dalla sollecitazione tagliante di involuppo, all'intradosso del cordolo, derivante dall'analisi geotecnica della paratia. Da questo secondo schema di carico, si estrae la massima sollecitazione flettente nel piano orizzontale ( $M_{y,Ed}$ ) e la massima sollecitazione tagliante nel piano orizzontale ( $V_{h,Ed}$ ).

Si riporta di seguito la verifica a presso-flessione e a taglio della sezione in c.a. per le sollecitazioni massime riportate in figura.

I pali hanno un'armatura corrente di  $16\phi 18$ . L'armatura trasversale è invece costituita da una spirale  $\phi 10/20$ .

Il cordolo in c.a. risulta essere armato con  $15+15\phi 16$  sul piano verticale e  $4+4\phi 16$  sul piano orizzontale, mentre le staffe sono  $\phi 10/20$  a 2 bracci piano verticale e 2 bracci piano orizzontale.

Durante la fase di realizzazione della dima di attacco alcuni pali verranno demoliti.

Lo schema statico che ne consegue risulta essere costituito da appoggi a simulare i pali ancora integri, e da forze concentrate che rappresentano il peso proprio dei pali demoliti che sono collegati al cordolo stesso.

A seguire l'analisi dei carichi e le verifiche.

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	97

**PESO PROPRIO CORDOLO**

$\gamma_{cls}$	25.00	kN/m <sup>3</sup>
<b>B</b>	1.00	m
<b>H</b>	1.00	m
$Q_{vk}$	25.00	kN/m
$Q_{vd}$	32.50	kN/m

**CARATTERISTICHE  
GEOMETRICHE PALO**

<b>D</b>	0.80	m
$A_{palo}$	0.50	m <sup>2</sup>

**PESO PROPRIO PALI TAGLIATI**

<b>L<sub>1</sub></b>	4.06	m	<b>F<sub>1k</sub></b>	51.02	kN	<b>F<sub>1d</sub></b>	76.53	kN
<b>L<sub>2</sub></b>	3.49	m	<b>F<sub>2k</sub></b>	43.86	kN	<b>F<sub>2d</sub></b>	65.78	kN
<b>L<sub>3</sub></b>	3.26	m	<b>F<sub>3k</sub></b>	40.97	kN	<b>F<sub>3d</sub></b>	61.45	kN
<b>L<sub>4</sub></b>	3.49	m	<b>F<sub>4k</sub></b>	43.86	kN	<b>F<sub>4d</sub></b>	65.78	kN
<b>L<sub>5</sub></b>	4.06	m	<b>F<sub>5k</sub></b>	51.02	kN	<b>F<sub>5d</sub></b>	76.53	kN

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	98

**CARICO VERTICALE**

$Q_v = 32.50 \text{ kN/m}$

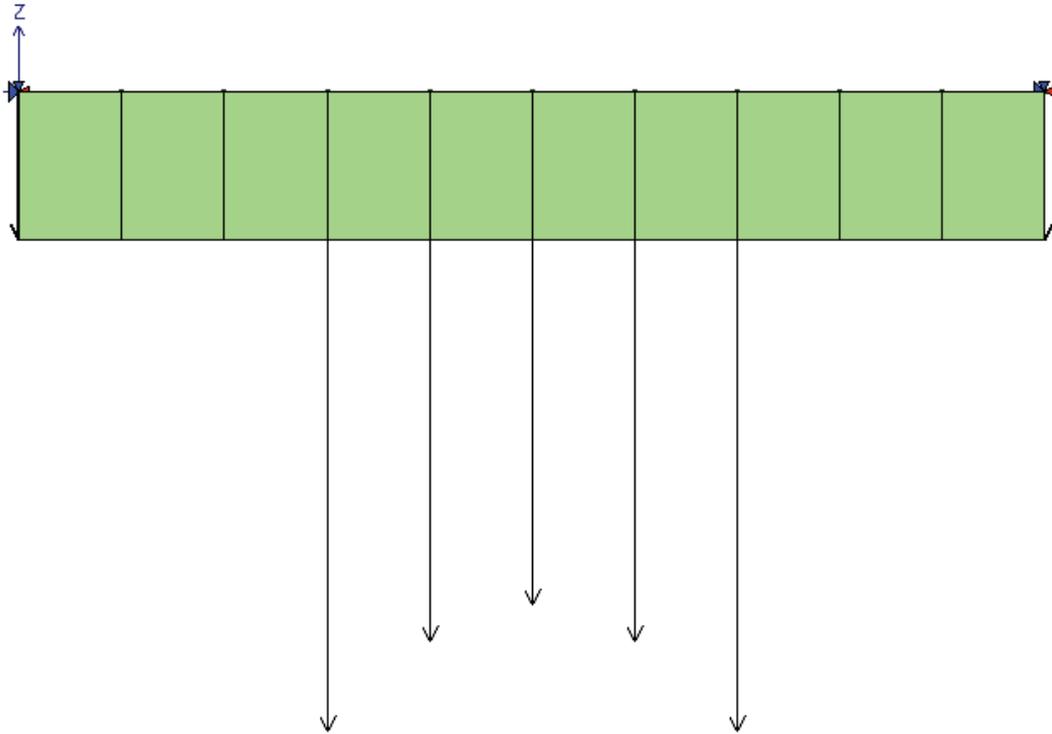


Figura 13.49 – Schema statico cordolo della sezione 1

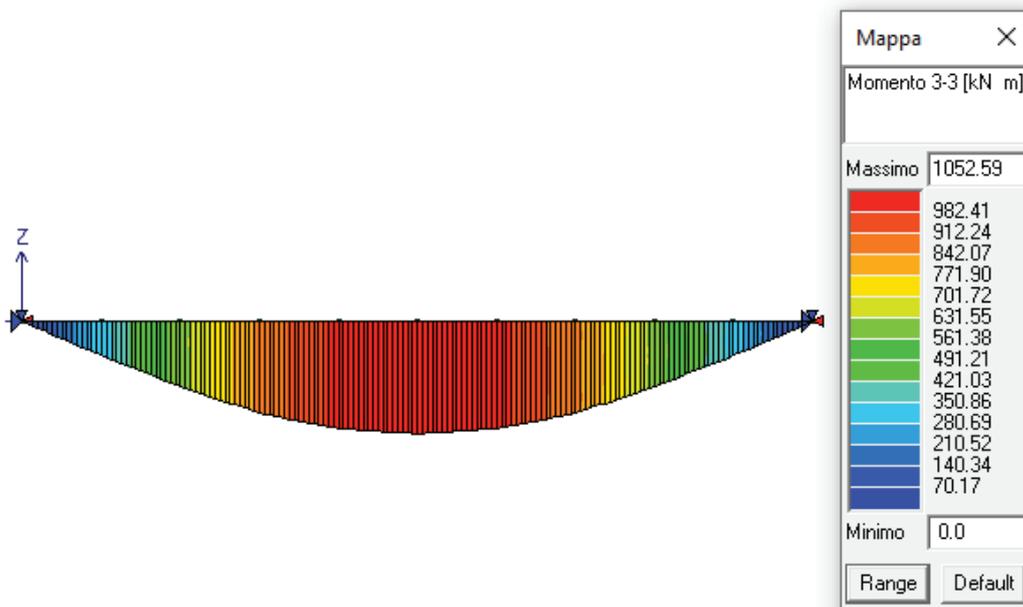


Figura 13.50 – Sollecitazione momento flettente piano verticale

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	99

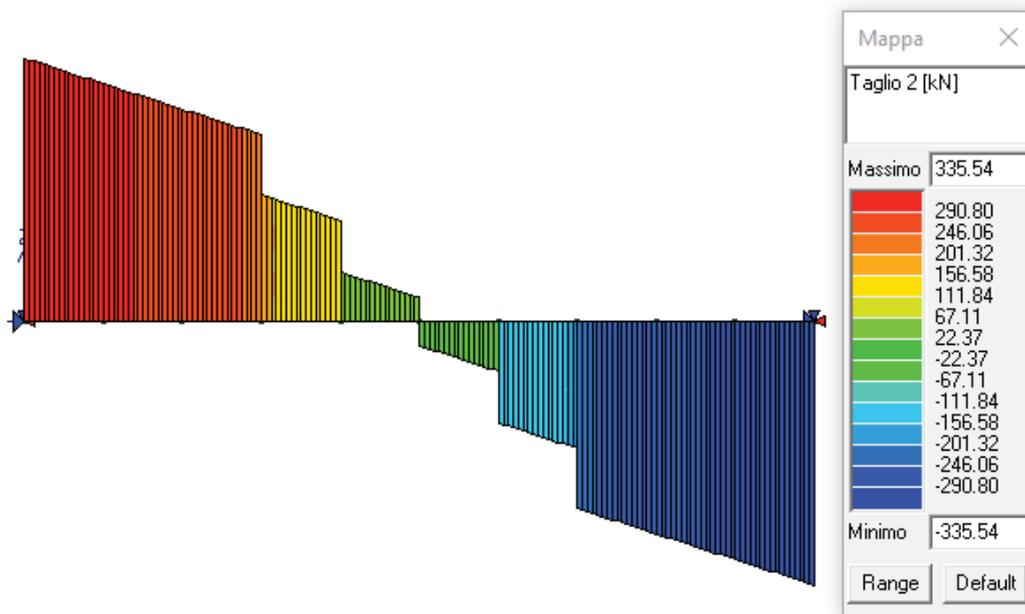


Figura 13.51 – Sollecitazione del taglio piano verticale

**Sollecitazioni massime derivanti dallo schema di piano verticale**

$M_{x,Ed} = 1052.59 \text{ kNm}$

$V_{v,Ed} = 335.54 \text{ kN}$

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	100

**CARICO ORIZZONTALE**

$Q_h = 0.68 \text{ kN/m}$



Figura 13.52 – Schema statico

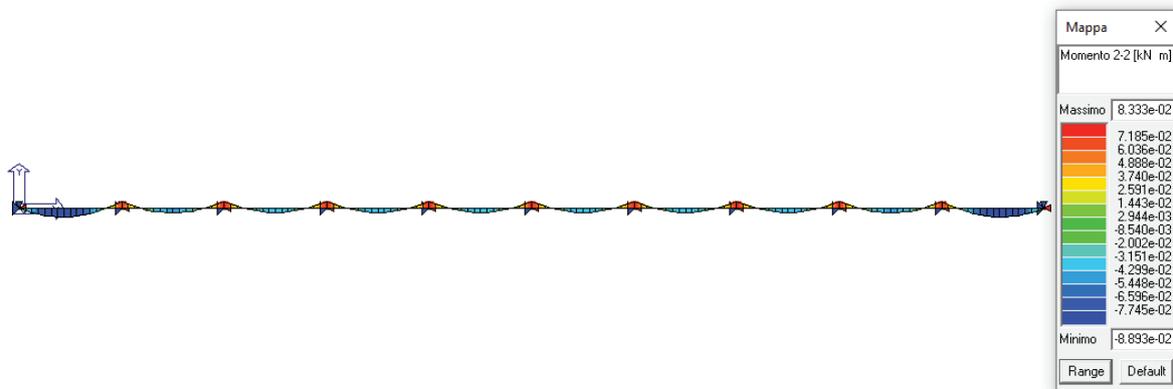


Figura 13.53 – Sollecitazione momento flettente piano orizzontale

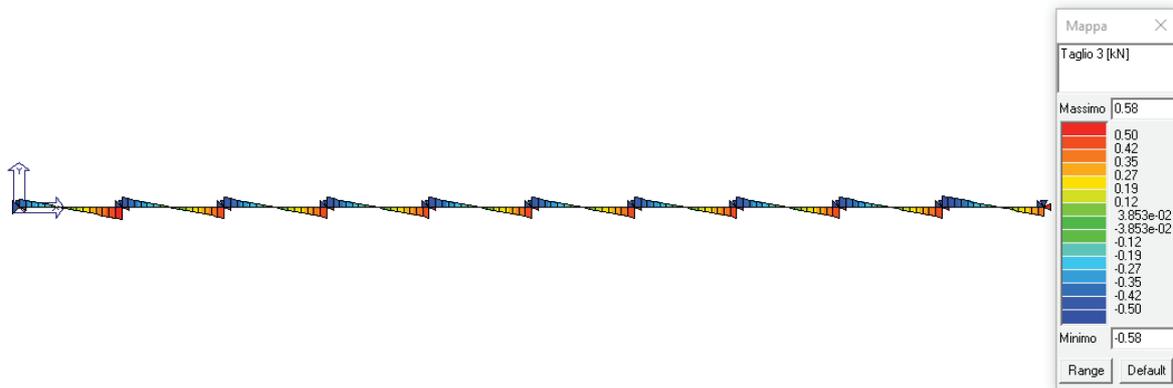


Figura 13.54 – Sollecitazione del taglio piano orizzontale, cordolo sezione 1

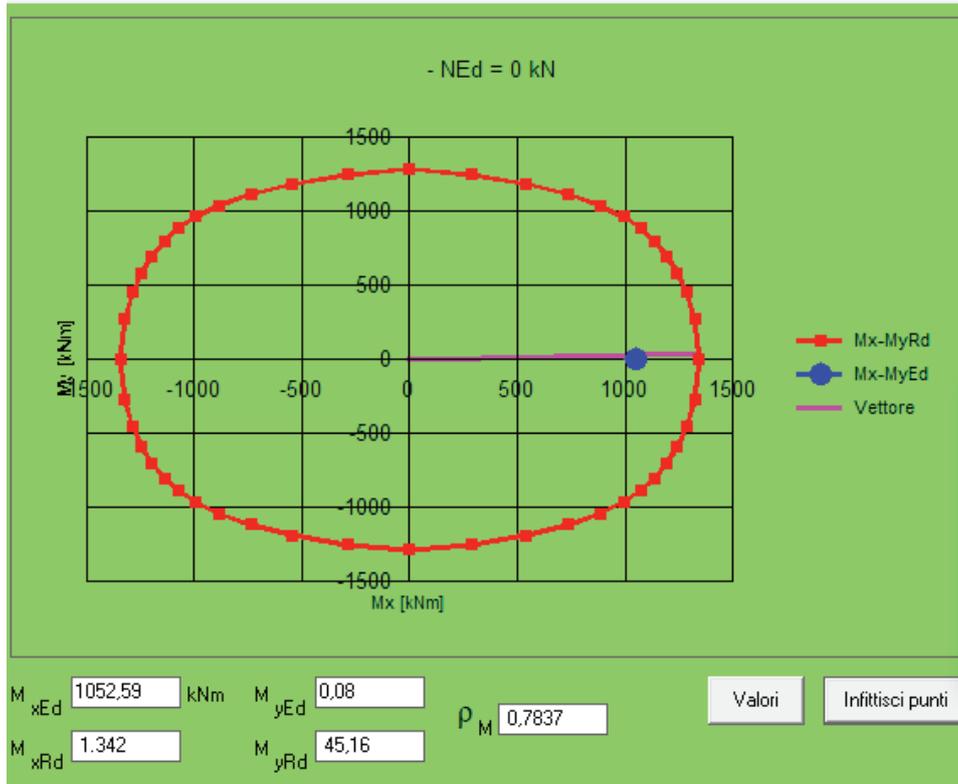
**Sollecitazioni massime derivanti dallo schema di carico piano orizzontale**

$M_{y,Ed} = 0.08 \text{ kNm}$

$V_{h,Ed} = 0.58 \text{ kN}$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	101



**Verifica a taglio nel piano verticale**

Dati sezione e materiale			
Base [cm]	100,00	Carico assiale [kN]	0
Altezza [cm]	100,00	diametro ferri lon.[mm]	16
Copriferro [cm]	4,00	$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	25,00
$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	450,00	$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	14,17
Armatura trasversale			
diametro staffe [mm]	10,00	passo [cm]	20,00
Area staffe [mm <sup>2</sup> ]	157	numero braccia	2
Verifica a Taglio			
cot $\theta$ per $V_{Rsd} = V_{Rcd}$	cotg $\theta$	$\alpha_c$	$V_{Rsd}$ [kN]
4,6955	2,5000	1,00	651,38
<b>Taglio Resistente di Progetto <math>V_{Rd}</math> [kN]</b>			<b>651,38</b>
<b>Taglio di Progetto <math>V_d</math> [kN]</b>			<b>335,54</b>
FS			<b>1,94</b>

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	102

Verifica a taglio nel piano orizzontale

Dati sezione e materiale				
Base [cm]	100,00	Carico assiale [kN]	0	
Altezza [cm]	100,00	diametro ferri lon.[mm]	16	
Copriferro [cm]	4,00	$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	25,00	
$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	450,00	$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	14,17	
Armatura trasversale				
diametro staffe [mm]	10,00	passo [cm]	20,00	
Area staffe [mm <sup>2</sup> ]	157		numero braccia	2
Verifica a Taglio				
$\cot\theta$ per $V_{Rsd} = V_{Rcd}$	$\cotg\theta$	$\alpha_c$	$V_{Rsd}$ [kN]	$V_{Rcd}$ [kN]
4,6955	2,5000	1,00	651,38	2070,78
<b>Taglio Resistente di Progetto <math>V_{Rd}</math> [kN]</b>				<b>651,38</b>
<b>Taglio di Progetto <math>V_d</math> [kN]</b>				<b>0,58</b>
<b>VERIFICA</b>				<b>OK</b>

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	103

**13.2 MODELLO SEZIONE B pk 0+101.90**

Il modello SEZ B pk 0+101.90 rappresenta la sezione laterale della paratia provvisoria di protezione alla galleria, con pali di lunghezza 16 m con cordolo in c.a. altezza 1,00 m. La paratia prevede tre ordini di tiranti. Di seguito se ne tabellano le caratteristiche:

Caratteristiche Geometriche Tiranti							Caratteristiche trefoli e pretensione tiranti				
Ordine	Quota di infissione (m)	i (m)	$\alpha^\circ$	Lp (m)	La (m)	Ltot (m)	Dp (m)	A <sub>tref</sub> (mm <sup>2</sup> )	f <sub>p</sub> (1)k snervamento / limite elastico	n <sub>tref</sub>	N <sub>0</sub> (KN)
1	1.25	2.00	5	12	6	18	0.16	139	1670	2	100
2	3.75	2.00	20	11	8	19	0.16	139	1670	3	150
3	6.25	2.00	20	10	9	19	0.16	139	1670	4	350

Lp = Lunghezza passiva (tratto non iniettato)  
i = interasse tiranti  
D<sub>p</sub> = diametro perforazione  
A<sub>tref</sub> = area singolo trefolo

La = Lunghezza attiva (bulbo iniettato)  
 $\alpha^\circ$  = inclinazione tirante rispetto all'orizzontale  
n<sub>tref</sub> = n° trefoli per tirante  
N<sub>0</sub> = Pretensione tirante alla messa in opera

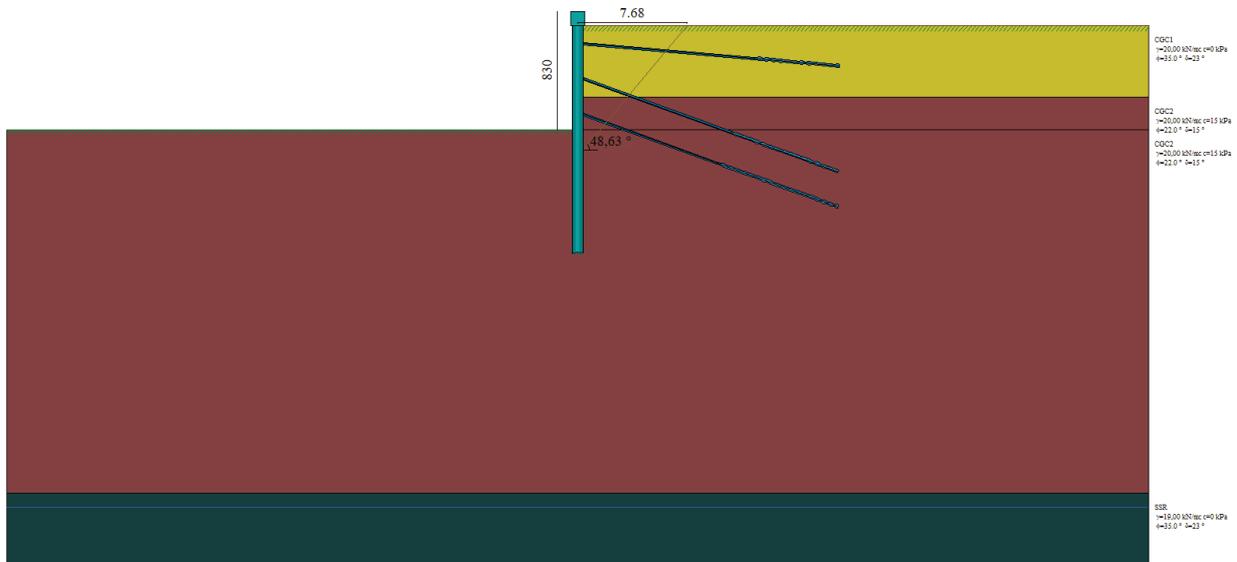


Figura 13.55 – Modello di calcolo

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

Cesp = coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato

$\tau_1$  = tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [kPa]

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

N°	Descrizione	Cesp	$\tau_1$ [kPa]	
1	CGC1	1.50	150,0	CAR
			150,0	MIN
			150,0	MED
2	CGC2	1.50	180,0	CAR
			180,0	MIN
			180,0	MED

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	104

N°	Descrizione	Cesp	$\tau$ [kPa]
3	SSR	1.50	250,0 250,0 250,0

**Descrizione stratigrafia**

Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia

sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]

kw costante di Winkler orizzontale espressa in [Kg/cm<sup>2</sup>/cm] calcolata col metodo a strato

$\alpha$  inclinazione dello strato espressa in [°] (M: strato di monte, V: strato di valle)

Terreno associato allo strato (M: strato di monte, V: strato di valle)

N°	sp [m]	$\alpha_M$ [°]	$\alpha_V$ [°]	Kw <sub>M</sub> [kg/cm <sup>2</sup> /cm]	Kw <sub>V</sub> [kg/cm <sup>2</sup> /cm]	Terreno M	Terreno V
1	6,00	0.00	0.00	1.40	1.40	CGC1	CGC1
2	2,30	0.00	0.00	2.13	2.13	CGC2	CGC2
3	25,70	0.00	0.00	5.45	5.45	CGC2	CGC2
4	5,00	0.00	0.00	16.91	16.91	SSR	SSR

Livello falda dal piano campagna 35 m

Tabella 13 – Parametri per analisi sismica

	SLV	SLE
Accelerazione al suolo $a_g$ (m/s <sup>2</sup> )	1,141	0,452
Accelerazione al suolo $a_g$ (% di g)	0,116	0,046
Fattore amplificatore $F_0$	2,581	2,431
$T_c^*$	0,362	0,302
Ss (Terreno tipo C)	1,500	1,500
Coeff. Amplifi. Topografica S (T1)	1,00	

Tabella 14 – Sintesi parametri geotecnici adottati sezione B

SEZIONE B																								
-	Combinazione	Tipo di Terreno	N° Combinazione	$\gamma_s$ [KN/m <sup>3</sup> ]	$c_k$ [Kpa]	$\phi_k$ [°]	$\delta_k$ [°]	$\gamma_G$ [KN/m <sup>3</sup> ]	$c_G$ [Kpa]	$\phi_G$ [°]	$\delta_G$ [°]	$K_G$	$k_{h1}$ VALLE	$k_{h1}$ MONTE	$k_{ph1}$ VALLE	$k_{ph1}$ MONTE	$k_{hE}$	$k_{phE}$	$\alpha$	$\beta$	$u_s$ [m]	$k_h$ [%]		
A1+M1	SLU-STR	CGC1	9-10-11-12-13-14-15	20	0	35	23	26	0	35	23	0,426	0,324	0,430	2,20	1,816								
		CGC2		20	15	22	15	26	15	22	15	0,625												
		SRR		19	0	35		24,7	0	35		0,426												
A1+M1+E	SLV-STR	CGC1	16	20	0	35	23	20	0	35	23	0,426												
		CGC2		20	15	22	15	20	15	22	15	0,625												
		SRR		19	0	35		19	0	35		0,426												
A2+M2	SLU-GEO	CGC1	17-18-19-20-21-22-23	20	0	35	23	20	0	29,3	19	0,511	0,384	0,500	1,89	1,532								
		CGC2		20	15	22	15	20	12	17,9	12	0,693												
		SRR		19	0	35		19	0	29,3		0,511												
A2+M2+E	SLV-GEO	CGC1	24	20	0	35	23	20	0	29,3	19	0,511												
		CGC2		20	15	22	15	20	12	17,9	12	0,693												
		SRR		19	0	35		19	0	29,3		0,511												

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	105

**13.2.1 FASI DI CALCOLO**

Fasi di scavo

n° identificativo della fase nell'elenco definito

Fase Descrizione dell'i-esima fase

Tempo in cui avviene la fase di scavo

n°	Fase	Tempo	ESE	SLU-STR (A1+M1)	SLV-STR (A1+M1+E)	SLU-GEO (A2+M2)	SLV-GEO (A2+M2+E)
1	Scavo fino alla profondità di 2.75 metri	0					
2	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=2.75]	0	FASE 1	FASE 9	-	FASE 17	-
3	Inserimento condizione di carico nr 2 [Hscavo=2.75]	0					
4	Inserimento tirante 1 (X=2.25) [Hscavo=2.75]	1					
5	Tesatura tirante 1 N=10197 [Hscavo=2.75]	1	FASE 2	FASE 10	-	FASE 18	-
6	Scavo fino alla profondità di 5.25 metri	2	FASE 3	FASE 11	-	FASE 19	-
7	Inserimento tirante 2 (X=4.75) [Hscavo=5.25]	3					
8	Tesatura tirante 2 N=15296 [Hscavo=5.25]	3	FASE 4	FASE 12	-	FASE 20	-
9	Scavo fino alla profondità di 7.75 metri	4	FASE 5	FASE 13	-	FASE 21	-
10	Inserimento tirante 3 (X=7.25) [Hscavo=7.75]	5					
11	Tesatura tirante 3 N=35690 [Hscavo=7.75]	5	FASE 6	FASE 14	-	FASE 22	-
12	Scavo fino alla profondità di 8.30 metri	6	FASE 7	FASE 15	-	FASE 23	-
13	Inserimento sisma	7	FASE 8	-	FASE 16	-	FASE 24

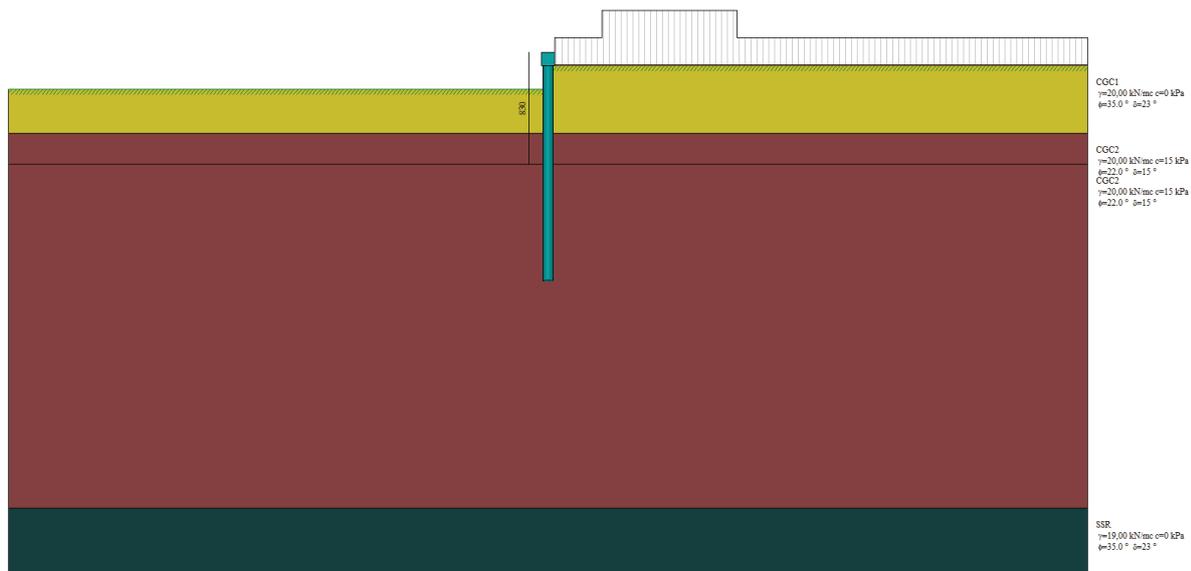


Figura 13.56 – Tempo 0 (Fase 1-9-17)

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	106

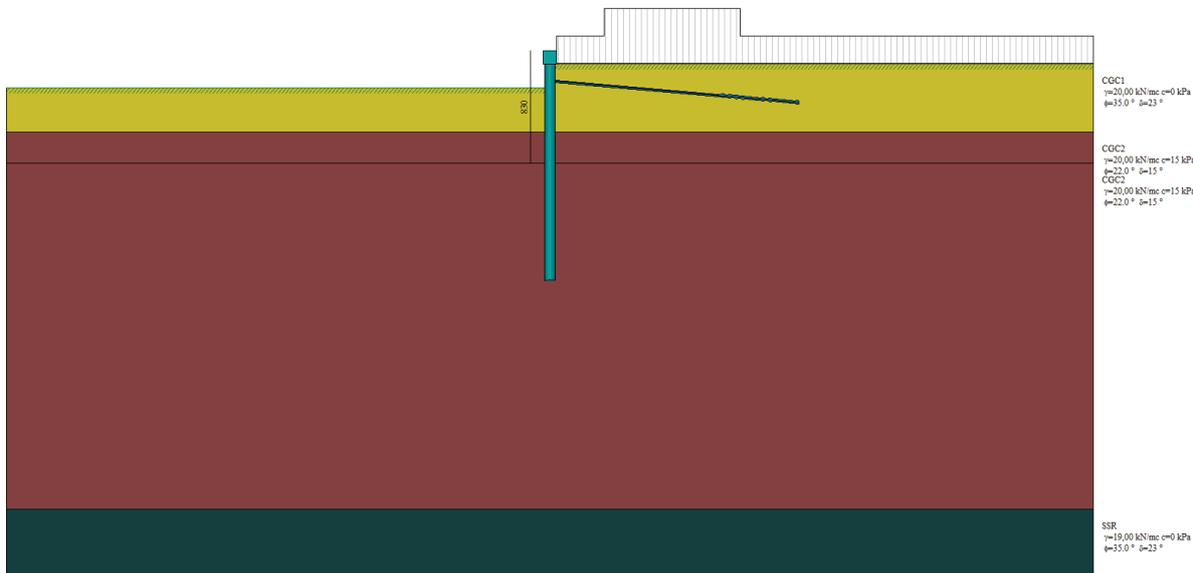


Figura 13.57 – Tempo 1 (Fase 2-10-18)

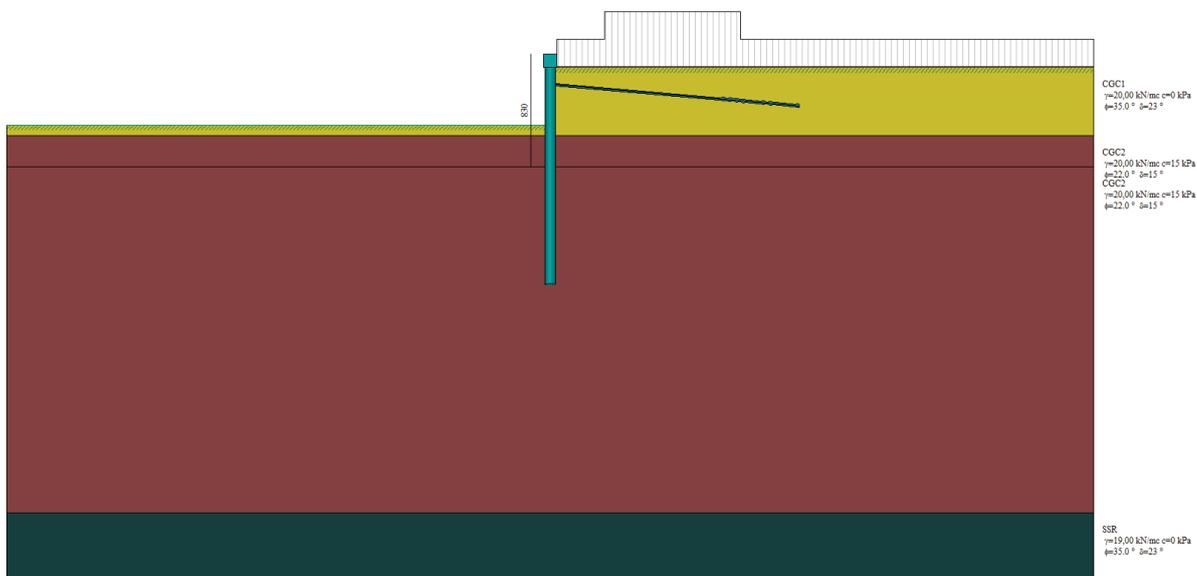


Figura 13.58 – Tempo 2 (Fase 3-11-19)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	107

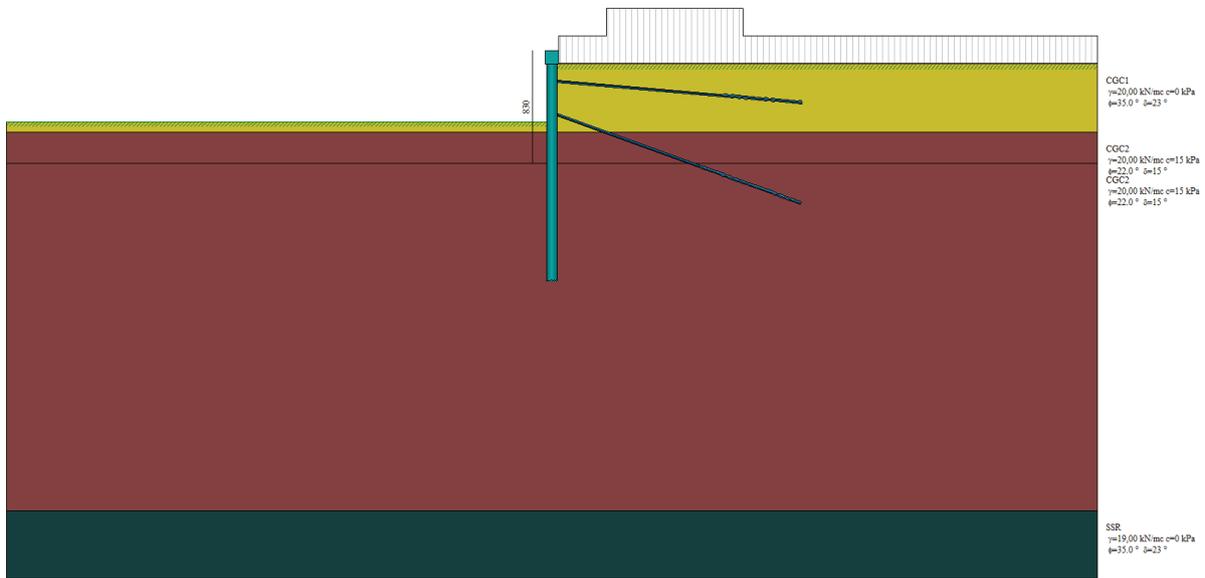


Figura 13.59 – Tempo 3 (Fase 4-12-20)

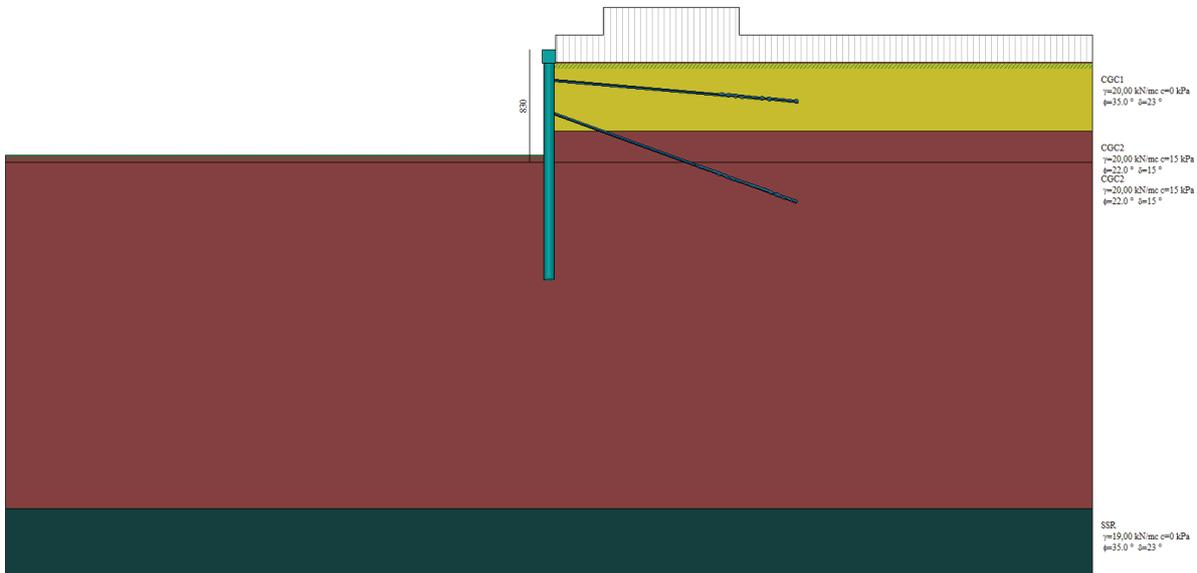


Figura 13.60 – Tempo 4 (Fase 5-13-21)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	108

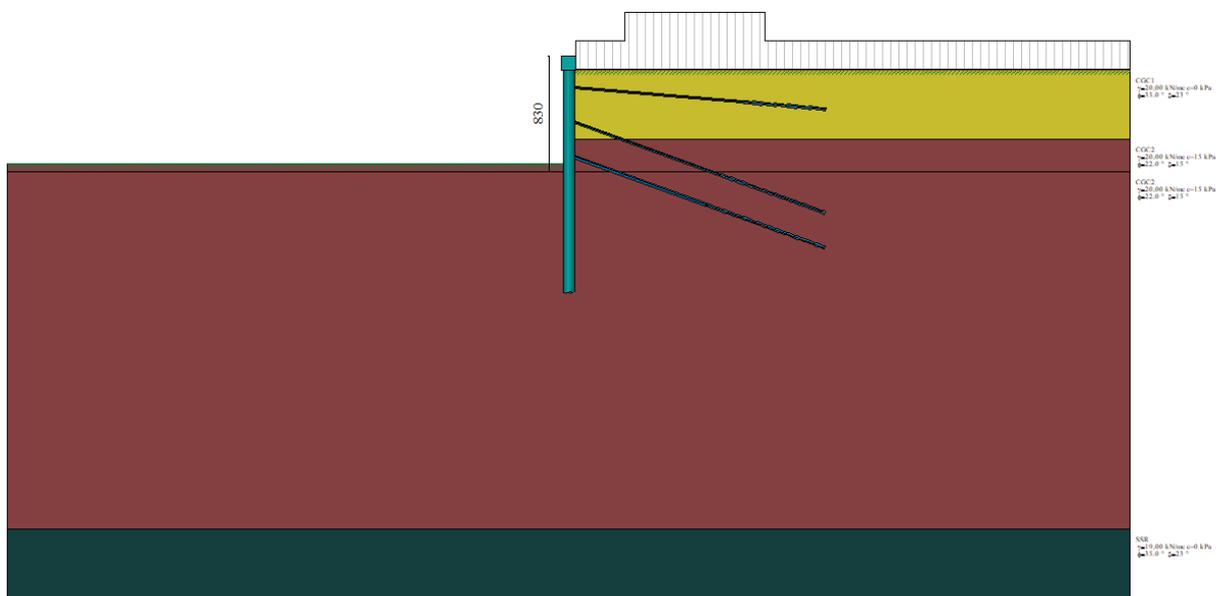


Figura 13.61 – Tempo 5 (Fase 6-14-22)

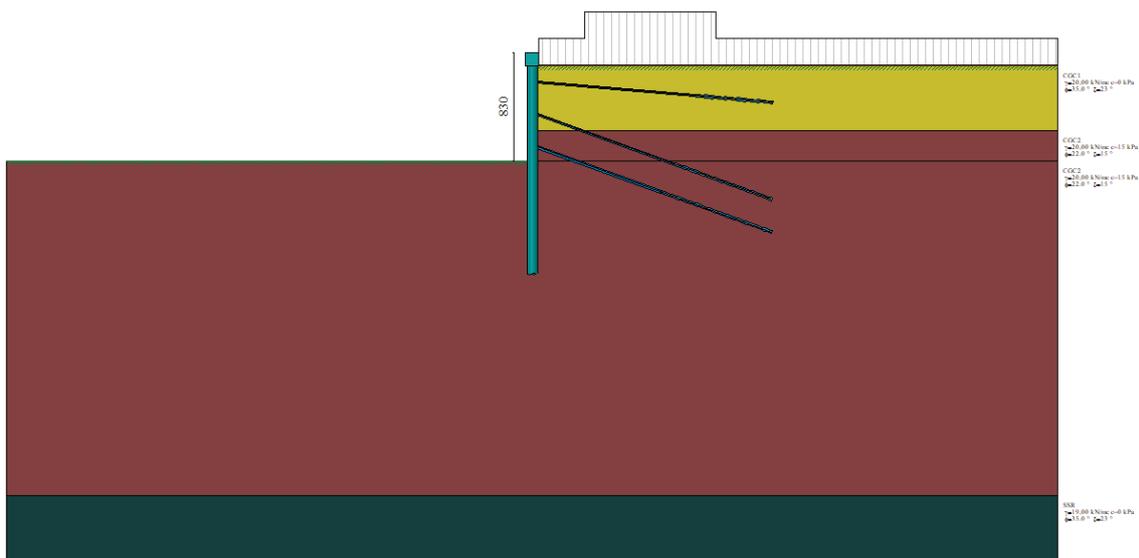


Figura 13.62 – Tempo 6 (Fase 7-15-23)

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	109

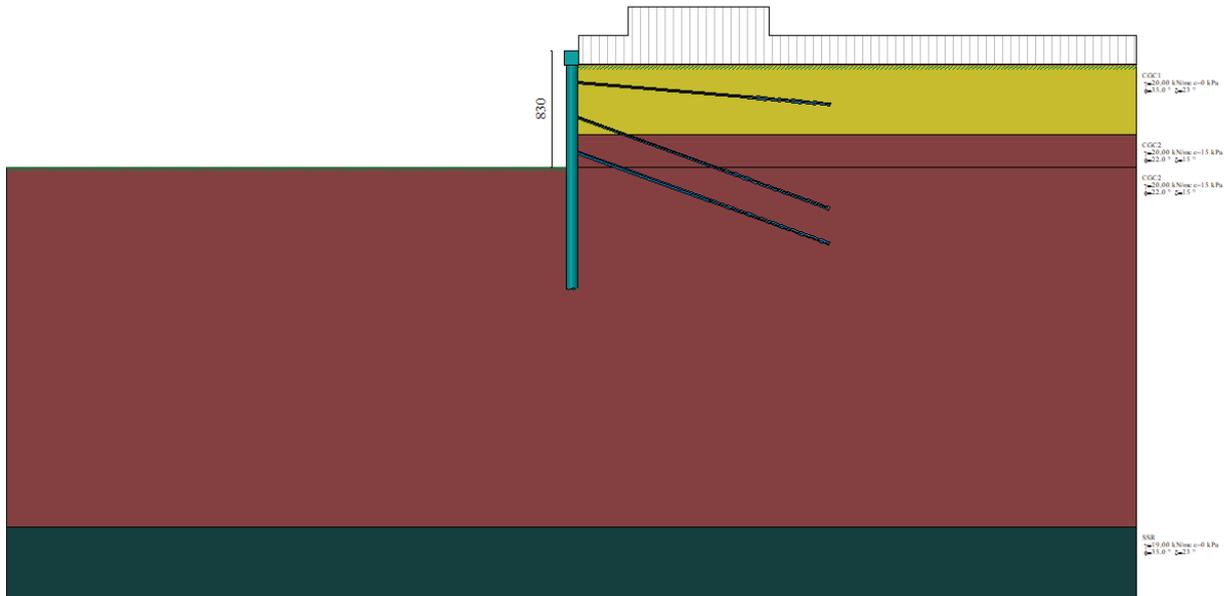


Figura 13.63 – Tempo 7 (Fase 8-16-24)

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	110

**13.2.2 RISULTATI DELLE ANALISI**

Nelle figure seguenti si riportano i diagrammi del momento flettente – taglio – sforzo normale del singolo palo della paratia nelle combinazioni A1+M1 senza e con sisma, combinazioni A2+M2 senza e con sisma e Inviluppo.

Momento Flettente [KN m]

Taglio [Kg]

Sforzo Normale [KN]

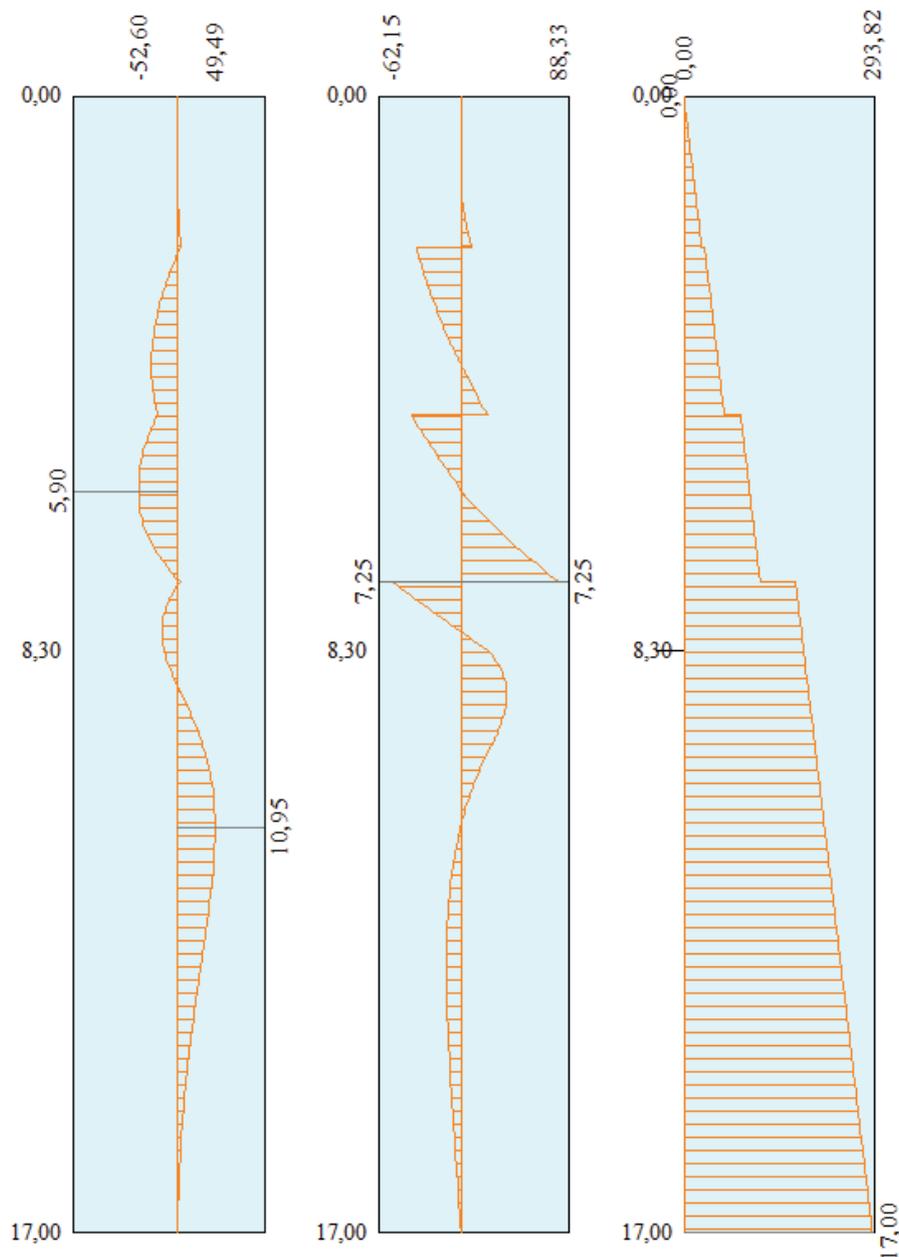


Figura 13.64 – Diagramma in combinazione SLU-STR (A1+M1- FASE 15)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	111

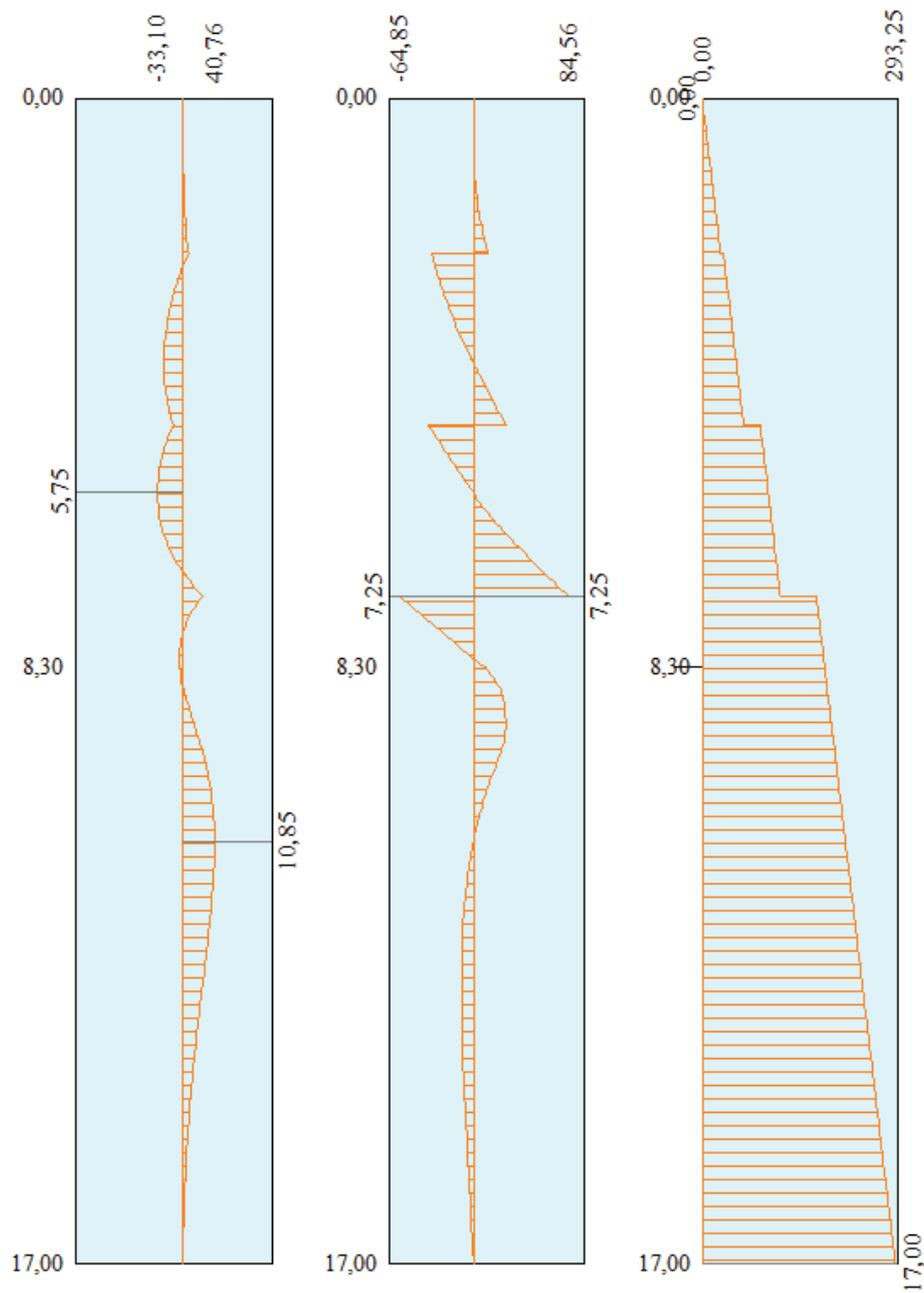


Figura 13.65 – Diagramma in combinazione SLV-STR (A1+M1+SISMA – FASE 16)

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	112

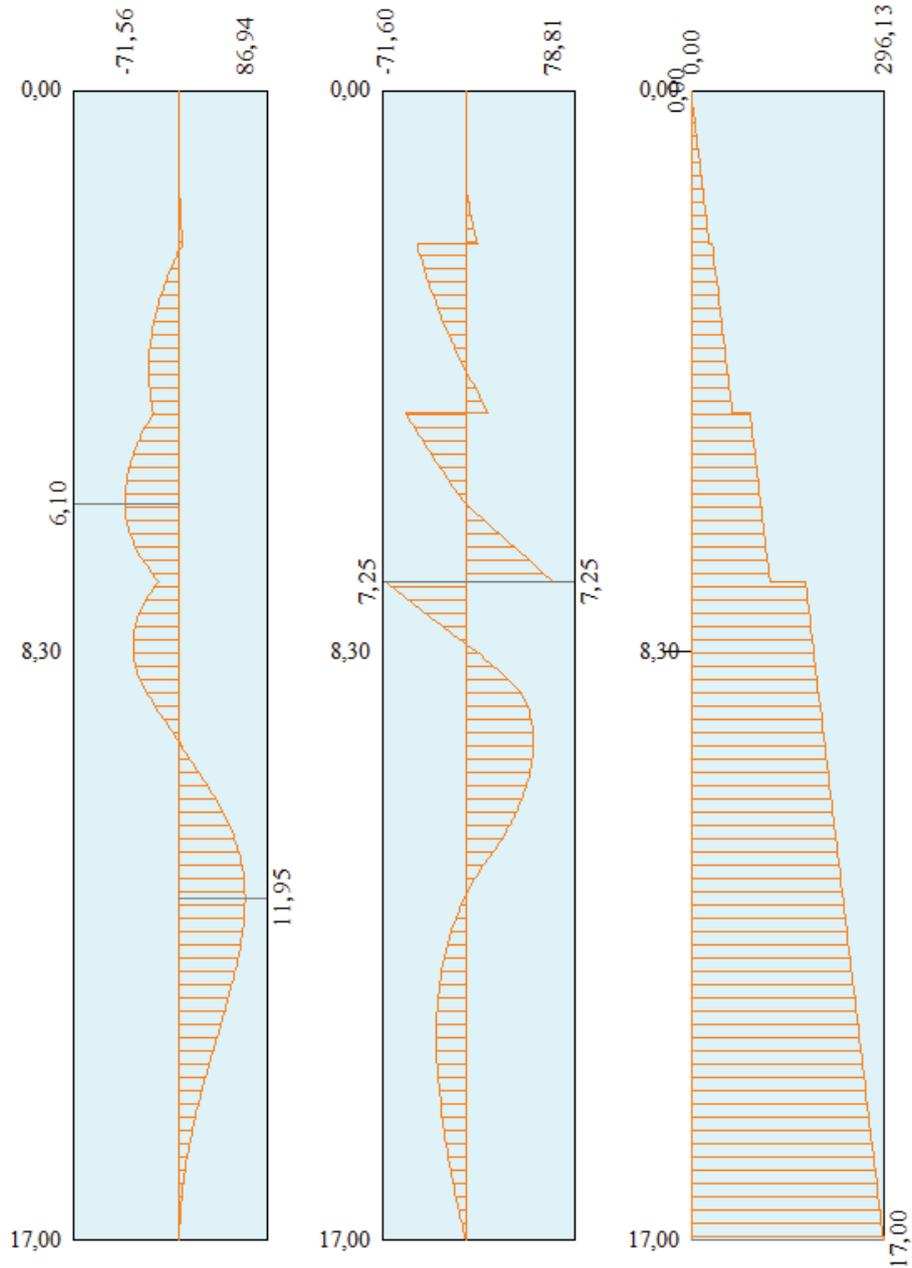


Figura 13.66 – Diagramma in combinazione SLU-GEO (A2+M2- FASE 23)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	113

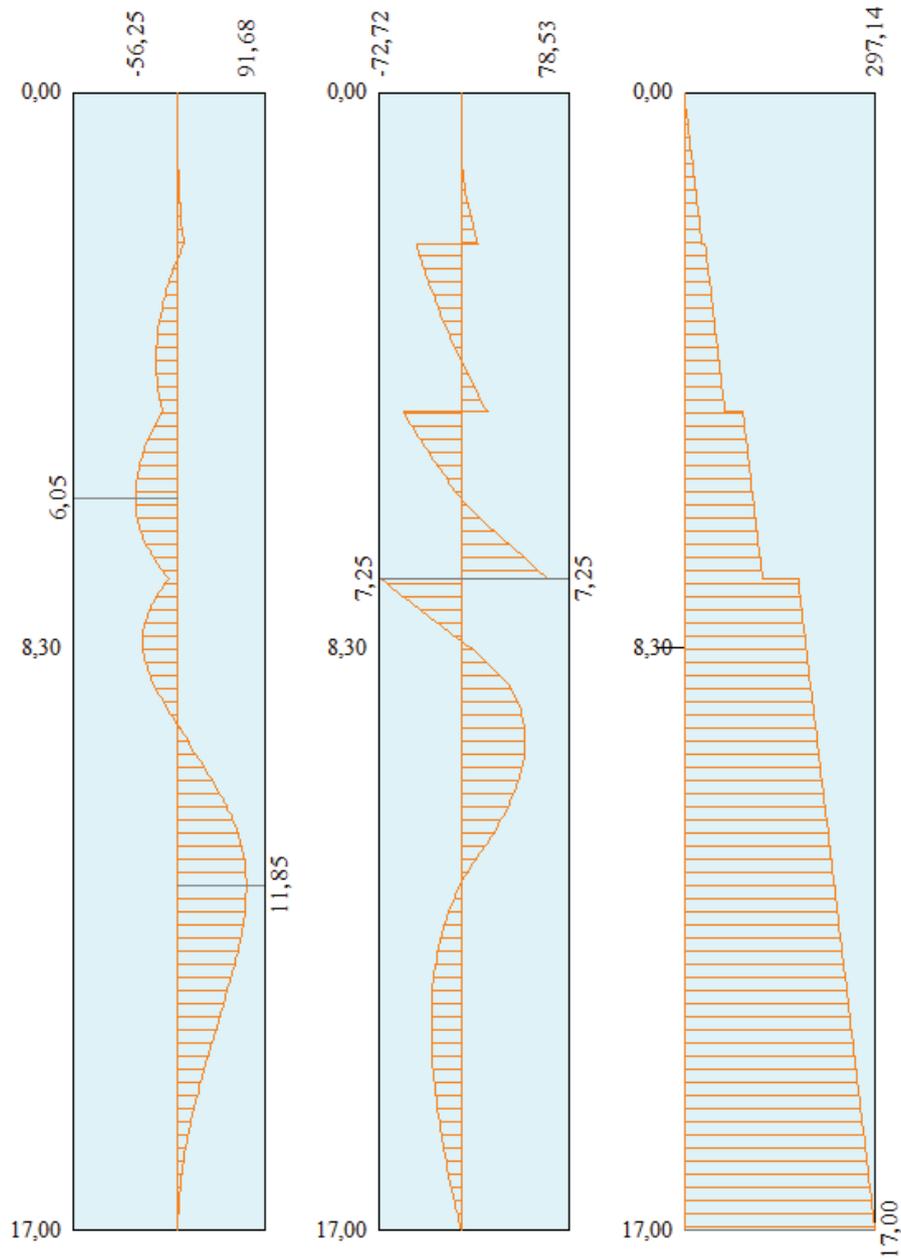


Figura 13.67 – Diagramma in combinazione SLU-GEO (A2+M2+SISMA- FASE 24)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	114

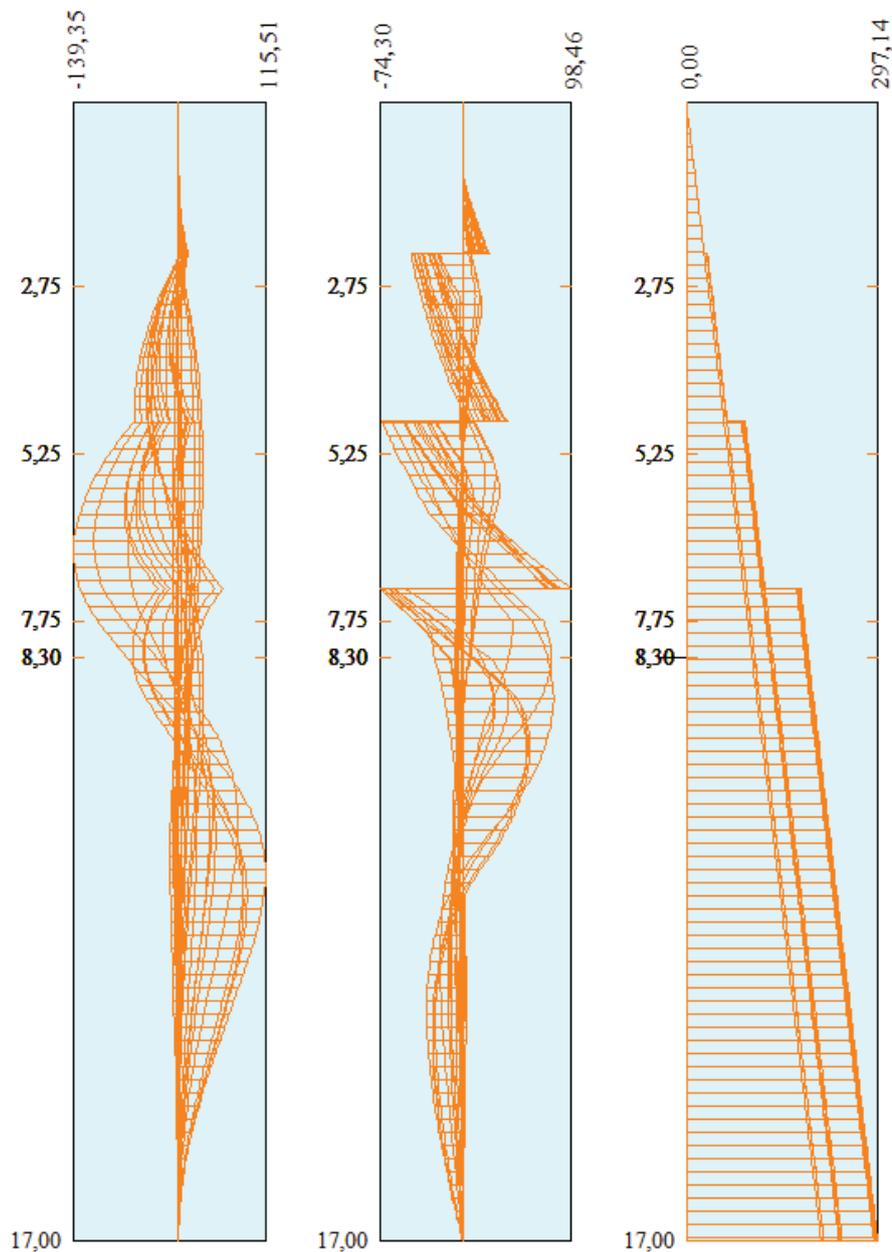


Figura 13.68 – Diagramma involuppo sollecitazioni

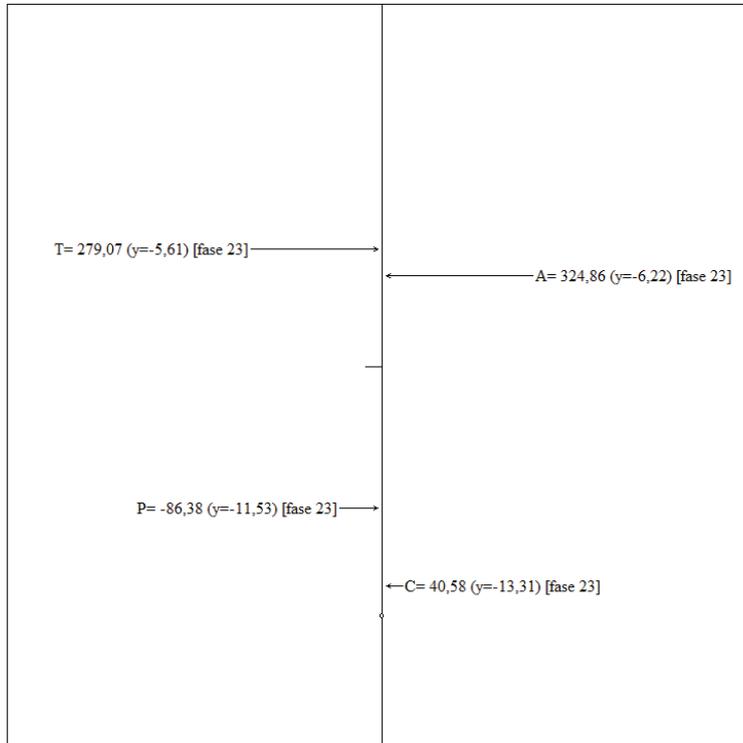
Incremento dovuto al sisma Fase 8 ESE  $\Delta S = 10.60$  kN

Incremento dovuto al sisma Fase 16 A1+M1+SISMA  $\Delta S = 30.17$  kN

Incremento dovuto al sisma Fase 24 A2+M2+SISMA  $\Delta S = 44.46$  kN

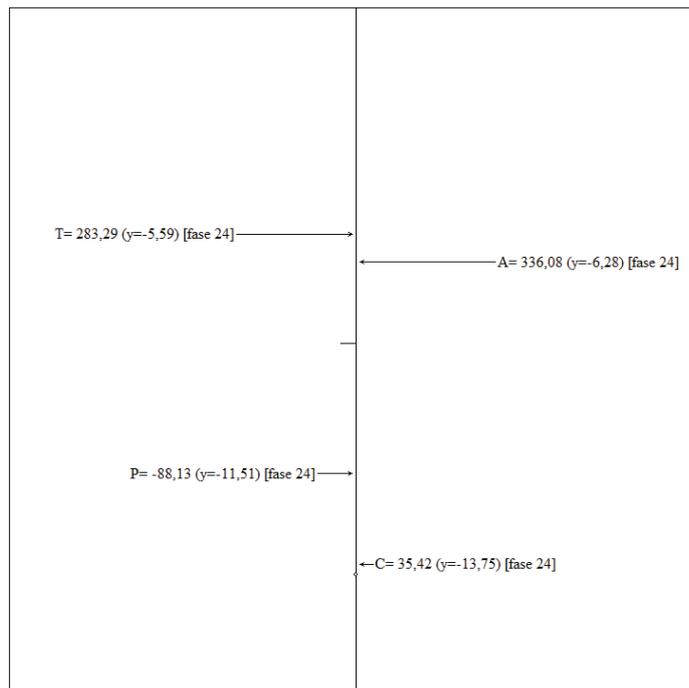
**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	115



A - Spinta Attiva  
C - Controspinta  
P - Resistenza passiva  
T - Risultante tiro tiranti

Figura 13.69 – Risultanti della spinta attiva e passiva in assenza di sisma (combinazione A2+M2-Fase 23)

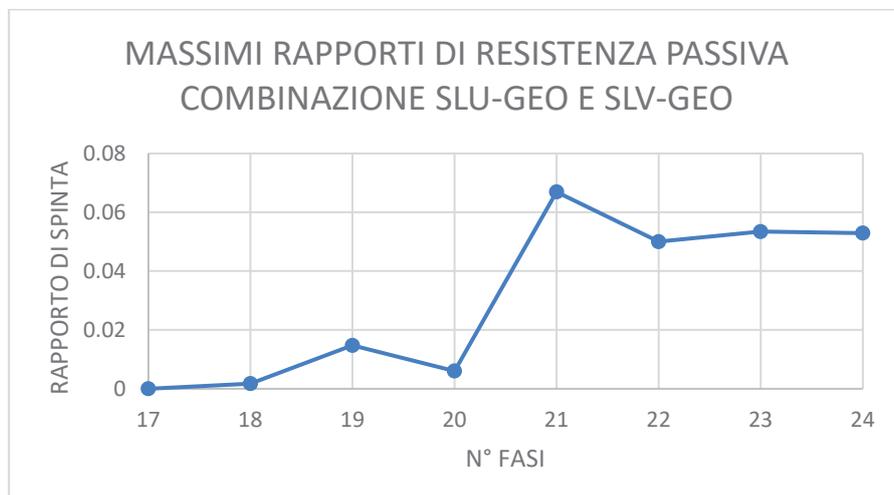
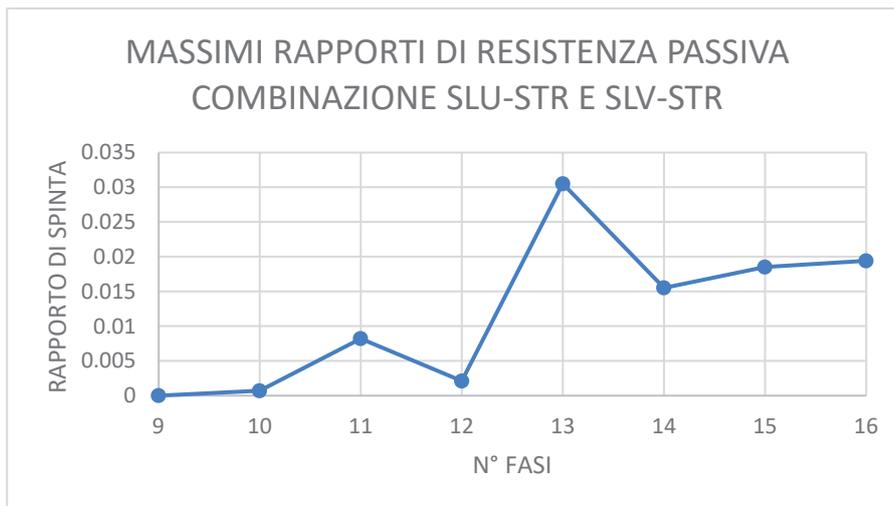


A - Spinta Attiva  
C - Controspinta  
P - Resistenza passiva  
T - Risultante tiro tiranti

Figura 13.70 – Risultanti della spinta attiva e passiva in presenza di sisma (combinazione A2+M2+SISMA-Fase 24)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

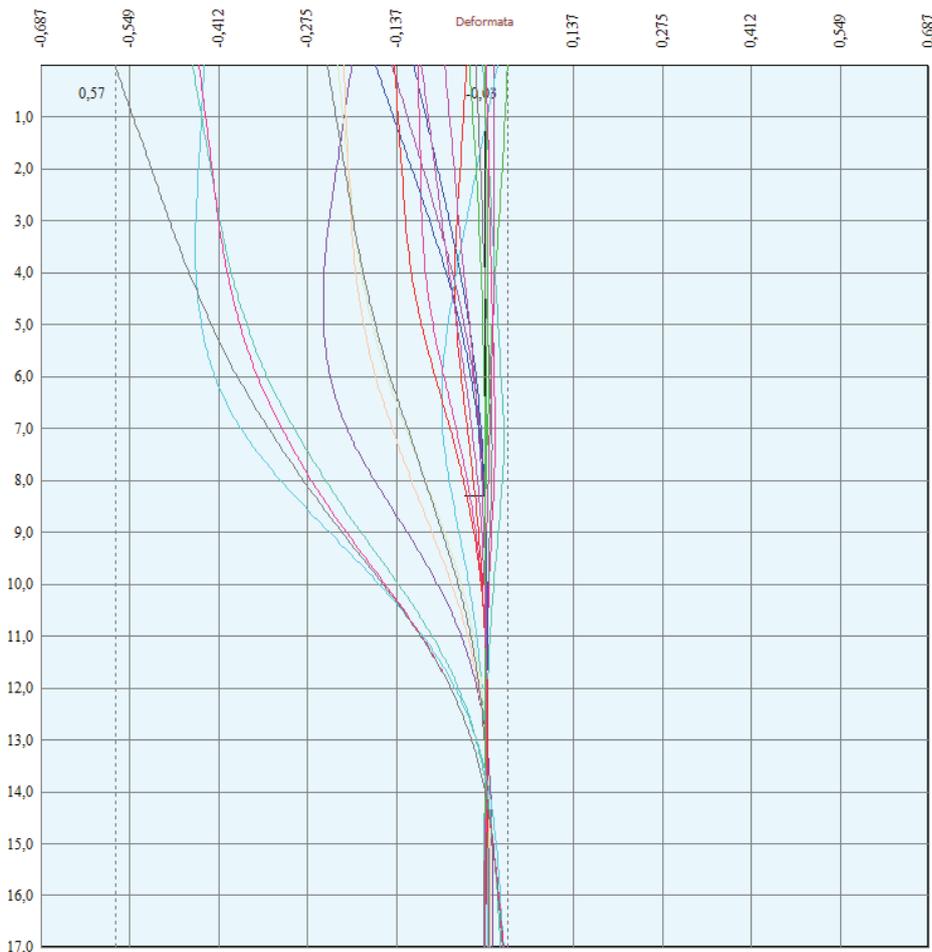
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	116



**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	117

n°	Fase	Tempo	ESE	SLU-STR (A1+M1)	SLV-STR (A1+M1+E)	SLU-GEO (A2+M2)	SLV-GEO (A2+M2+E)
1	Scavo fino alla profondità di 2.75 metri	0					
2	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=2.75]	0	FASE 1	FASE 9	-	FASE 17	-
3	Inserimento condizione di carico nr 2 [Hscavo=2.75]	0					
4	Inserimento tirante 1 (X=2.25) [Hscavo=2.75]	1					
5	Tesatura tirante 1 N=10197 [Hscavo=2.75]	1	FASE 2	FASE 10	-	FASE 18	-
6	Scavo fino alla profondità di 5.25 metri	2	FASE 3	FASE 11	-	FASE 19	-
7	Inserimento tirante 2 (X=4.75) [Hscavo=5.25]	3					
8	Tesatura tirante 2 N=15296 [Hscavo=5.25]	3	FASE 4	FASE 12	-	FASE 20	-
9	Scavo fino alla profondità di 7.75 metri	4	FASE 5	FASE 13	-	FASE 21	-
10	Inserimento tirante 3 (X=7.25) [Hscavo=7.75]	5					
11	Tesatura tirante 3 N=35690 [Hscavo=7.75]	5	FASE 6	FASE 14	-	FASE 22	-
12	Scavo fino alla profondità di 8.30 metri	6	FASE 7	FASE 15	-	FASE 23	-
13	Inserimento sisma	7	FASE 8	-	FASE 16	-	FASE 24



- Fase 1 - h=2,75 m
- Fase 2 - h=2,75 m
- Fase 3 - h=5,25 m
- Fase 4 - h=5,25 m
- Fase 5 - h=7,75 m
- Fase 6 - h=7,75 m
- Fase 7 - h=8,30 m
- Fase 8 - h=8,30 m
- Fase 9 - h=2,75 m
- Fase 10 - h=2,75 m
- Fase 11 - h=5,25 m
- Fase 12 - h=5,25 m
- Fase 13 - h=7,75 m
- Fase 14 - h=7,75 m
- Fase 15 - h=8,30 m
- Fase 16 - h=8,30 m
- Fase 17 - h=2,75 m
- Fase 18 - h=2,75 m
- Fase 19 - h=5,25 m
- Fase 20 - h=5,25 m
- Fase 21 - h=7,75 m
- Fase 22 - h=7,75 m
- Fase 23 - h=8,30 m
- Fase 24 - h=8,30 m

[cm]

Figura 13.71 – Involuppo spostamenti

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	118

**Risultati tiranti**

Simbologia adottata

N sforzo su ogni tirante della fila espresso in [kN]

Af area di armatura in ogni tirante espressa in [cmq]

L lunghezza totale di progetto del tirante espressa in [m]

Lf lunghezza di fondazione di progetto del tirante espressa in [m]

$\sigma_f$  tensione di trazione nell'acciaio del tirante espressa in [kPa]

u spostamento orizzontale del tirante della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]

R1, R2, R3 resistenza nei tre meccanismi considerati (sfilamento della fondazione, aderenza malta-armatura, resistenza malta) espressa in [kg]

FS Fattore di sicurezza (rapporto min(R1, R2, R3)/N)

**Fase n° 1 - ESE** non sono presenti tiranti

**Fase n° 2 - ESE** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	100,00	2,78	14,10	2,10	359712	-0,02537	689,89	836,83	5400,52	6.899

**Fase n° 3 - ESE** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	103,10	2,78	14,10	2,10	370870	0,03990	689,89	836,83	5400,52	6.691

**Fase n° 4 - ESE** n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	100,55	2,78	14,10	2,10	361673	-0,01374	689,89	836,83	5400,52	6.862
2	150,00	4,17	13,60	2,60	359712	-0,01261	1099,31	1551,20	7200,69	7.329

**Fase n° 5 - ESE** n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	101,99	2,78	14,10	2,10	366877	0,01670	689,89	836,83	5400,52	6.764
2	154,92	4,17	13,60	2,60	371504	0,05443	1099,31	1551,20	7200,69	7.096

**Fase n° 6 - ESE** n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	100,83	2,78	14,10	2,10	362706	-0,00740	689,89	836,83	5400,52	6.842
2	149,43	4,17	13,60	2,60	358342	-0,01918	1099,31	1551,20	7200,69	7.357
3	350,00	5,56	15,60	5,60	629496	-0,02879	1235,02	2143,11	8100,78	3.529

**Fase n° 7 - ESE** n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	100,89	2,78	14,10	2,10	362917	-0,00617	689,89	836,83	5400,52	6.838
2	150,01	4,17	13,60	2,60	359730	-0,01129	1099,31	1551,20	7200,69	7.328
3	351,36	5,56	15,60	5,60	631939	-0,01616	1235,02	2143,11	8100,78	3.515

**Fase n° 8 - ESE** n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	101,48	2,78	14,10	2,10	365035	0,00622	689,89	836,83	5400,52	6.798
2	150,66	4,17	13,60	2,60	361306	-0,00232	1099,31	1551,20	7200,69	7.296
3	351,93	5,56	15,60	5,60	632960	-0,01088	1235,02	2143,11	8100,78	3.509

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	119

Fase n° 1 - SLU - STR non sono presenti tiranti

Fase n° 2 - SLU - STR n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	100,00	2,78	14,10	2,10	359712	-0,00322	319,40	836,83	5400,52	3.194

Fase n° 3 - SLU - STR n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	104,87	2,78	14,10	2,10	377241	0,09930	319,40	836,83	5400,52	3.046

Fase n° 4 - SLU - STR n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	102,32	2,78	14,10	2,10	368073	0,04584	319,40	836,83	5400,52	3.121
2	150,00	4,17	13,60	2,60	359712	0,02614	508,94	1551,20	7200,69	3.393

Fase n° 5 - SLU - STR n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	111,21	2,78	14,10	2,10	400021	0,23273	319,40	836,83	5400,52	2.872
2	166,43	4,17	13,60	2,60	399122	0,25023	508,94	1551,20	7200,69	3.058

Fase n° 6 - SLU - STR n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	110,07	2,78	14,10	2,10	395926	0,20906	319,40	836,83	5400,52	2.902
2	161,11	4,17	13,60	2,60	386352	0,17884	508,94	1551,20	7200,69	3.159
3	350,00	5,56	15,60	5,60	629496	0,11471	571,77	2143,11	8100,78	1.634

Fase n° 7 - SLU - STR n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	110,12	2,78	14,10	2,10	396120	0,21020	319,40	836,83	5400,52	2.900
2	162,01	4,17	13,60	2,60	388515	0,19115	508,94	1551,20	7200,69	3.141
3	352,28	5,56	15,60	5,60	633600	0,13593	571,77	2143,11	8100,78	1.623

Fase n° 8 - SLV - STR n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	110,28	2,78	14,10	2,10	396689	0,21353	319,40	836,83	5400,52	2.896
2	160,78	4,17	13,60	2,60	385564	0,17436	508,94	1551,20	7200,69	3.165
3	349,80	5,56	15,60	5,60	629130	0,11282	571,77	2143,11	8100,78	1.635

Fase n° 1 - SLU - GEO non sono presenti tiranti

Fase n° 2 - SLU - GEO n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	100,00	2,78	14,10	2,10	359712	0,01249	383,27	836,83	5400,52	3.833

Fase n° 3 - SLU - GEO n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	105,46	2,78	14,10	2,10	379370	0,12747	383,27	836,83	5400,52	3.634

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	120

**Fase n° 4 - SLU - GEO n° 2 file di tiranti presenti nella fase**

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	102,94	2,78	14,10	2,10	370299	0,07457	383,27	836,83	5400,52	3.723
2	150,00	4,17	13,60	2,60	359712	0,04616	610,73	1551,20	7200,69	4.072

**Fase n° 5 - SLU - GEO n° 2 file di tiranti presenti nella fase**

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	120,50	2,78	14,10	2,10	433462	0,44405	383,27	836,83	5400,52	3.181
2	178,99	4,17	13,60	2,60	429232	0,44147	610,73	1551,20	7200,69	3.412

**Fase n° 6 - SLU - GEO n° 3 file di tiranti presenti nella fase**

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	119,37	2,78	14,10	2,10	429385	0,42050	383,27	836,83	5400,52	3.211
2	174,01	4,17	13,60	2,60	417283	0,37475	610,73	1551,20	7200,69	3.510
3	350,00	5,56	15,60	5,60	629496	0,28304	686,12	2143,11	8100,78	1.960

**Fase n° 7 - SLU - GEO n° 3 file di tiranti presenti nella fase**

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	119,33	2,78	14,10	2,10	429233	0,41961	383,27	836,83	5400,52	3.212
2	174,71	4,17	13,60	2,60	418961	0,38429	610,73	1551,20	7200,69	3.496
3	352,15	5,56	15,60	5,60	633356	0,30299	686,12	2143,11	8100,78	1.948

**Fase n° 8 - SLV - GEO n° 3 file di tiranti presenti nella fase**

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	123,54	2,78	14,10	2,10	444394	0,50829	383,27	836,83	5400,52	3.102
2	178,17	4,17	13,60	2,60	427263	0,43151	610,73	1551,20	7200,69	3.428
3	354,10	5,56	15,60	5,60	636874	0,32119	686,12	2143,11	8100,78	1.938

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	121

**13.2.3 VERIFICHE**

**13.2.3.9 VERIFICHE TIRANTI**

**13.2.3.9.1 VERIFICA GERARCHIA DELLE RESISTENZE**

*Simbologia adottata*

Rg resistenza di progetto allo snervamento, espresso in [kg]  
R1 resistenza allo sfilamento della fondazione, espressa in [kg]  
FS Fattore di sicurezza (Rg/R1)

**Fase n° 1 - SLU - STR** non sono presenti tiranti

**Fase n° 2 - SLU - STR** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	403,70	319,40	1.264

**Fase n° 3 - SLU - STR** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	403,70	319,40	1.264

**Fase n° 4 - SLU - STR** n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	403,70	319,40	1.264
2	605,56	508,94	1.190

**Fase n° 5 - SLU - STR** n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	403,70	319,40	1.264
2	605,56	508,94	1.190

**Fase n° 6 - SLU - STR** n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	403,70	319,40	1.264
2	605,56	508,94	1.190
3	807,41	571,77	1.412

**Fase n° 7 - SLU - STR** n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	403,70	319,40	1.264
2	605,56	508,94	1.190
3	807,41	571,77	1.412

**Fase n° 8 - SLV - STR** n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	403,70	319,40	1.264
2	605,56	508,94	1.190
3	807,41	571,77	1.412

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	122

13.2.3.9.2 VERIFICA GERARCHIA DELLE RESISTENZE, VALORI CARATTERISTICI

I valori caratteristici si ricavano moltiplicando i valori di resistenza di progetto coi relativi coefficienti di sicurezza  $\gamma_m=1,15$  e  $\gamma_{Ra}=1,20$

**Fase n° 1 - SLU - STR** non sono presenti tiranti

**Fase n° 2 - SLU - STR** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	464.255	383.28	1.211

**Fase n° 3 - SLU - STR** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	464.255	383.28	1.211

**Fase n° 4 - SLU - STR** n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	464.255	383.28	1.211
2	696.394	610.728	1.140

**Fase n° 5 - SLU - STR** n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	464.255	383.28	1.211
2	696.394	610.728	1.140

**Fase n° 6 - SLU - STR** n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	464.255	383.28	1.211
2	696.394	610.728	1.140
3	928.521	686.124	1.353

**Fase n° 7 - SLU - STR** n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	464.255	383.28	1.211
2	696.394	610.728	1.140
3	928.521	686.124	1.353

**Fase n° 8 - SLV - STR** n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	464.255	383.28	1.211
2	696.394	610.728	1.140
3	928.521	686.124	1.353

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	123

13.2.3.9.3 VERIFICA DELLA LUNGHEZZA LIBERA IN CONDIZIONI SISMICHE

Di seguito si riporta la verifica della lunghezza libera in condizioni sismiche,  $L_E$ , secondo le NTC2008 (§7.11.6.4).

$$L_E = L_s \cdot (1 + 1.5 \cdot a_{max}/g)$$

Le verifiche risultano soddisfatte. La lunghezza libera in condizioni statiche,  $L_s$ , è stata determinata in modo tale

che il bulbo di fondazione si collochi al di fuori del cuneo di spinta attiva; quest'ultimo ha inclinazione sulla verticale

di  $45^\circ - \varphi'/2$  (dove  $\varphi' = 22^\circ$  e  $\varphi' = 35^\circ$ ).

**PROFONDITA' DEL CENTRO DI  
ROTAZIONE DAL FONDO  
SCAVO**

5.70 m

$L_{progetto}$ [m]	$L_s$ [m]	$a_{max}/g$ [-]	$L_E$ [m]	$L_{progetto} > L_E$
12	7,18	0,116	8,43	verificato
11	5,48	0,116	6,43	verificato
10	4,03	0,116	4,73	verificato

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	124

**13.2.3.10 VERIFICHE GEOTECNICHE**

**13.2.3.10.1 VERIFICA PORTANZA PALO**

*Simbologia adottata*

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

n°	Tipo	P <sub>p,med</sub> [kN]	P <sub>L,med</sub> [kN]	P <sub>p,min</sub> [kN]	P <sub>L,min</sub> [kN]	P <sub>d</sub> [kN]	N [kN]	FS
1	SLU - STR	2237,41	0,00	2237,41	0,00	1316,12	209,50	6.282
2	SLU - STR	2237,41	0,00	2237,41	0,00	1316,12	213,46	6.166
3	SLU - STR	1893,59	0,00	1893,59	0,00	1113,88	213,66	5.213
4	SLU - STR	1893,59	0,00	1893,59	0,00	1113,88	236,87	4.702
5	SLU - STR	1549,78	0,00	1549,78	0,00	911,63	239,78	3.802
6	SLU - STR	1549,78	0,00	1549,78	0,00	911,63	293,32	3.108
7	SLU - STR	1474,14	0,00	1474,14	0,00	867,14	293,82	2.951
8	SLV - STR	1474,14	0,00	1474,14	0,00	867,14	293,25	2.957
1	SLU - GEO	2237,41	0,00	2237,41	0,00	774,19	209,50	3.695
2	SLU - GEO	2237,41	0,00	2237,41	0,00	774,19	213,46	3.627
3	SLU - GEO	1893,59	0,00	1893,59	0,00	655,22	213,68	3.066
4	SLU - GEO	1893,59	0,00	1893,59	0,00	655,22	236,90	2.766
5	SLU - GEO	1549,78	0,00	1549,78	0,00	536,25	242,10	2.215
6	SLU - GEO	1549,78	0,00	1549,78	0,00	536,25	295,69	1.814
7	SLU - GEO	1474,14	0,00	1474,14	0,00	510,08	296,13	1.722
8	SLV - GEO	1474,14	0,00	1474,14	0,00	642,33	297,14	2.162

**13.2.3.10.2 VERIFICA STABILITA' GLOBALE (METODO DI FELLENIUS)**

*Simbologia adottata*

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

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X <sub>c</sub> , Y <sub>c</sub> [m]	R [m]	X <sub>v</sub> , Y <sub>v</sub> [m]	X <sub>m</sub> , Y <sub>m</sub> [m]	FS	R
1	SLU - GEO	-3,40; 0,00	17,34	-20,53; -2,69	13,92; -1,00	4.502	1.100
2	SLU - GEO	-3,40; 0,00	17,34	-20,53; -2,69	13,92; -1,00	4.540	1.100
3	SLU - GEO	-1,70; 0,00	17,08	-17,96; -5,23	15,36; -1,00	2.538	1.100
4	SLU - GEO	-3,40; 0,00	17,34	-19,93; -5,22	13,92; -1,00	2.571	1.100
5	SLU - GEO	-3,40; 0,00	17,34	-18,92; -7,73	13,92; -1,00	1.698	1.100
6	SLU - GEO	-3,40; 0,00	17,34	-18,92; -7,73	13,92; -1,00	1.773	1.100
7	SLU - GEO	-1,70; 0,00	17,08	-16,64; -8,29	15,36; -1,00	1.634	1.100
8	SLV - GEO	-1,70; 0,00	17,08	-16,64; -8,29	15,36; -1,00	1.458	1.200

*Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo*

*Simbologia adottata*

- Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)  
 Le strisce sono numerate da monte verso valle  
 N° numero d'ordine della striscia  
 W peso della striscia espresso in [kg]  
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (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]  
 L sviluppo della base della striscia espressa in [m] (L=b/cosα)  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]  
 C<sub>tn</sub>, C<sub>tt</sub> contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kg]

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	125

**Fase n° 8 - SLV - GEO**

Numero di strisce 51  
Sisma verticale verso il basso.

**Caratteristiche delle strisce**

N°	Wi [kN]	$\alpha$ [°]	L [m]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	(Ctn; Ctt) [kN]
1	6,8281	-58.90	1,24	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
2	19,8197	-54.95	1,11	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
3	31,0979	-51.37	1,03	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
4	41,0553	-48.04	0,96	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
5	49,9428	-44.92	0,90	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
6	57,9328	-41.96	0,86	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
7	65,1494	-39.13	0,83	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
8	71,6858	-36.42	0,80	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
9	77,6136	-33.79	0,77	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
10	82,9894	-31.25	0,75	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
11	87,8585	-28.77	0,73	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
12	92,2577	-26.34	0,71	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
13	96,2174	-23.97	0,70	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
14	99,7624	-21.64	0,69	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
15	102,9138	-19.35	0,68	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
16	105,6888	-17.09	0,67	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
17	108,1018	-14.86	0,66	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
18	110,1649	-12.65	0,66	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
19	111,8877	-10.46	0,65	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
20	113,2784	-8.28	0,65	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
21	114,3430	-6.12	0,64	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
22	115,0862	-3.96	0,64	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
23	115,5111	-1.81	0,64	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
24	115,6197	0.34	0,64	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
25	115,4123	2.48	0,64	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
26	114,8882	4.63	0,64	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
27	204,1974	6.75	0,62	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
28	213,4205	8.83	0,62	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
29	212,0672	10.92	0,63	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
30	210,4184	13.03	0,63	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
31	208,4670	15.15	0,64	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
32	206,2043	17.30	0,64	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
33	209,8359	19.47	0,65	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
34	213,3455	21.68	0,66	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
35	210,0783	23.91	0,67	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
36	206,4446	26.19	0,68	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
37	202,4231	28.51	0,70	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
38	197,9887	30.88	0,72	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
39	193,1108	33.32	0,74	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
40	187,7522	35.82	0,76	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
41	181,8671	38.41	0,78	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
42	175,3981	41.09	0,82	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
43	168,2719	43.89	0,85	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
44	160,3929	46.83	0,90	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
45	151,6321	49.93	0,95	17.91	12,0	0,0	(92,67; 33,85)
46	141,8078	53.26	1,03	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
47	130,6504	56.87	1,12	17.91	12,0	0,0	(42,42; 9,90)
48	117,7256	60.87	1,26	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
49	99,4495	65.47	1,48	17.91	12,0	0,0	(0,00; 0,00)
50	69,7043	71.14	1,90	29.26	0,1	0,0	(0,00; 0,00)
51	35,4855	80.35	3,67	29.26	0,1	0,0	(21,62; 1,76)

Resistenza a taglio paratia = 0,0000 [kN]

$\Sigma W_i = 6531,2459$  [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 1452,3500$  [kN]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 1763,7837$  [kN]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 461,7519$  [kN]

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	126

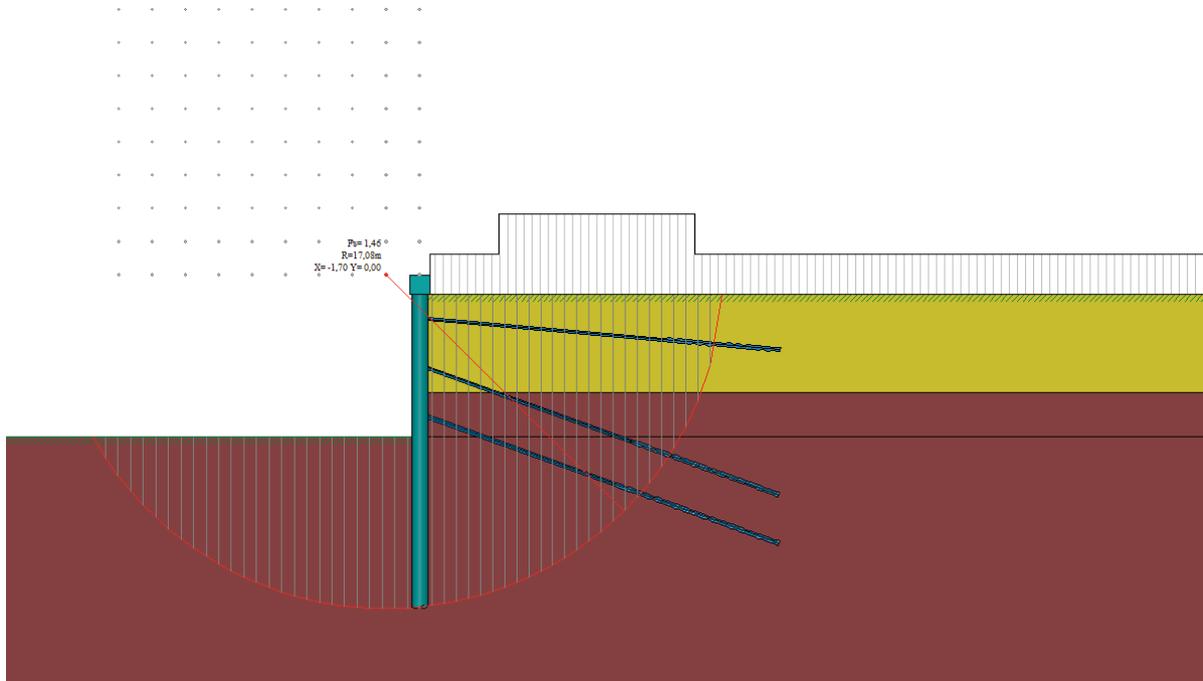


Figura 13.72 – Verifica di stabilità globale FS minimo.FS=1.46

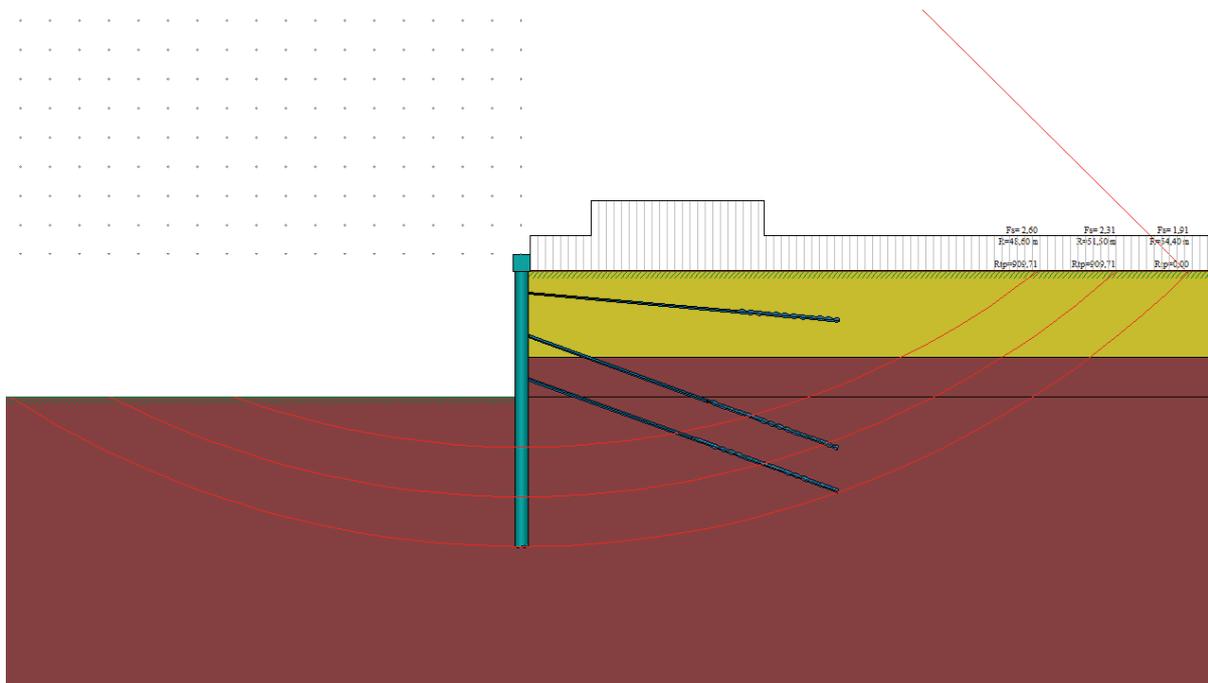


Figura 13.73.1 – Valore FS della ipotetica superficie di scorrimento esterno ai bulbi.FS=1.91

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	127

**13.2.3.10.3 VERIFICHE DI CORPO RIGIDO**

*Simbologia adottata*

- n° Indice della combinazione/fase
- Tipo Tipo della combinazione/fase
- S Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kg]
- R Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kg]
- W Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kg]
- T Reazione tiranti espresso in [kg]
- P Reazione puntoni espresso in [kg]
- V Reazione vincoli espresso in [kg]
- C Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kg]
- Y Punto di applicazione, espresso in [m]
- Mr Momento ribaltante, espresso in [kgm]
- Ms Momento stabilizzante, espresso in [kgm]
- FS<sub>RIB</sub> Fattore di sicurezza a ribaltamento
- FS<sub>SCO</sub> Fattore di sicurezza a scorrimento

I punti di applicazione delle azioni sono riferiti alla testa della paratia.  
La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S Y [kN]	R Y [kN]	W Y [kN]	T Y [kN]	P Y [kN]	V Y [kN]	C Y [kN]	Mr [kNm]	Ms [kNm]	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>SCO</sub>
1	ESE	952,9308 11,98	5178,6580 12,02	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	4782,8118	25809,3507	5.396	5.434
2	ESE	952,9308 11,98	5178,6580 12,02	0,0000 0,00	45,2816 2,25	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	4782,8118	26477,2540	5.536	5.482
3	ESE	952,9308 11,98	3588,7974 12,91	0,0000 0,00	46,6862 2,25	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	4782,8118	15360,6240	3.212	3.815
4	ESE	952,9308 11,98	3588,7974 12,91	0,0000 0,00	109,5984 3,71	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	4782,8118	16128,4048	3.372	3.881
5	ESE	952,9308 11,98	2337,2954 13,71	0,0000 0,00	112,3537 3,72	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	4782,8118	9191,0830	1.922	2.571
6	ESE	952,9308 11,98	2337,2954 13,71	0,0000 0,00	258,9810 5,75	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	4782,8118	10612,2134	2.219	2.725
7	ESE	952,9308 11,98	2093,3983 13,89	0,0000 0,00	259,8347 5,75	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	4782,8118	9427,6027	1.971	2.469
8	ESE	962,9060 11,91	2093,3983 13,89	0,0000 0,00	260,6245 5,75	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	4903,8087	9437,3389	1.924	2.445
9	SLU - STR	1312,7481 11,96	6583,7730 12,03	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	6613,9675	32740,2400	4.950	5.015
10	SLU - STR	1312,7481 11,96	6583,7730 12,03	0,0000 0,00	45,2816 2,25	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	6613,9675	33408,1432	5.051	5.050
11	SLU - STR	1312,7481 11,96	4517,2425 12,96	0,0000 0,00	47,4881 2,25	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	6613,9675	18965,8837	2.868	3.477
12	SLU - STR	1312,7481 11,96	4517,2425 12,96	0,0000 0,00	110,4040 3,70	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	6613,9675	19733,7171	2.984	3.525
13	SLU - STR	1312,7481 11,96	2913,7415 13,76	0,0000 0,00	121,4453 3,71	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	6613,9675	11052,0457	1.671	2.312
14	SLU - STR	1312,7481 11,96	2913,7415 13,76	0,0000 0,00	268,1517 5,68	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	6613,9675	12474,1688	1.886	2.424
15	SLU - STR	1312,7481 11,96	2604,0198 13,95	0,0000 0,00	269,5359 5,68	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	6613,9675	11002,8680	1.664	2.189
16	SLV - STR	981,3359 11,78	2093,3983 13,89	0,0000 0,00	268,0203 5,68	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	5127,3584	9540,1732	1.861	2.406
17	SLU - GEO	1234,0521 11,88	4363,4834 12,07	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	6320,3877	21524,2869	3.406	3.536
18	SLU - GEO	1234,0521 11,88	4363,4834 12,07	0,0000 0,00	45,2816 2,25	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	6320,3877	22192,1902	3.511	3.573
19	SLU - GEO	1234,0521 11,88	3023,6162 12,94	0,0000 0,00	47,7562 2,25	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	6320,3877	12975,9897	2.053	2.489
20	SLU - GEO	1234,0521 11,88	3023,6162 12,94	0,0000 0,00	110,6843 3,70	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	6320,3877	13744,0042	2.175	2.540
21	SLU - GEO	1234,0521 11,88	1959,0946 13,74	0,0000 0,00	131,0178 3,71	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	6320,3877	8132,2312	1.287	1.694
22	SLU - GEO	1234,0521 11,88	1959,0946 13,74	0,0000 0,00	277,8730 5,61	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	6320,3877	9556,1823	1.512	1.813
23	SLU - GEO	1234,0521 11,88	1752,4391 13,92	0,0000 0,00	279,0693 5,61	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	6320,3877	8568,8264	1.356	1.646
24	SLV - GEO	1249,3616 11,66	1752,4391 13,92	0,0000 0,00	283,2919 5,59	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	6675,9028	8623,2364	1.292	1.629

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	128

**13.2.3.11 VERIFICHE STRUTTURALI DELLE SEZIONI IN C.A.**

Si riporta di seguito la verifica a presso-flessione e a taglio della sezione in c.a. per le sollecitazioni massime riportate in figura.

I pali hanno un'armatura corrente di 16φ18. L'armatura trasversale è invece costituita da una spirale φ10/20.

Il cordolo in c.a. risulta armato con 4φ16+4φ16 e staffe φ10/25 a 2 bracci piano verticale e 2 bracci piano orizzontale.

**13.2.3.11.1 VERIFICHE SLU**

**13.2.3.11.1.1 DOMINI M-N**

Di seguito sono riportati per ogni tratto di armatura i diagrammi di interazione  $M_u-N_u$  della sezione; sono stati calcolati 16 punti per ogni sezione analizzata.

Per la costruzione dei diagrammi limiti si sono assunti i seguenti valori:

Tensione caratteristica cubica del cls	$R_{bk} = 30000$ [kPa]
Tensione caratteristica cilindrica del cls ( $0.83 \times R_{bk}$ )	$R_{ck} = 254$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Fattore di riduzione per carico di lunga permanenza	$\psi = 0.85$
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	$f_{yk} = 450000$ [kPa]
Coefficiente di sicurezza cls	$\gamma_c = 1.50$
Coefficiente di sicurezza acciaio	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo del cls ( $\psi R_{ck} / \gamma_c$ )	$R_c^* = 144$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Resistenza di calcolo dell'acciaio ( $f_{yk} / \gamma_s$ )	$R_s^* = 3990$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s = 2100000$ (Kg/cm <sup>2</sup> )

Deformazione ultima del calcestruzzo	$\epsilon_{cu} = 0.0035$ (0.35%)
Deformazione del calcestruzzo al limite elastoplastico	$\epsilon_{ck} = 0.0020$ (0.20%)
Deformazione ultima dell'acciaio	$\epsilon_{yu} = 0.0100$ (1.00%)
Deformazione dell'acciaio al limite elastico ( $R_s^* / E_s$ )	$\epsilon_{yk} = 0.0015$ (0.19%)

*Legame costitutivo del calcestruzzo*

Per il legame costitutivo del calcestruzzo si assume il diagramma parabola-rettangolo espresso dalle seguenti relazioni:

*Tratto parabolico:*  $0 < \epsilon_c < \epsilon_{ck}$

$$\sigma_c = \frac{R_c^* (2\epsilon_c \epsilon_{ck} - \epsilon_c^2)}{\epsilon_{ck}^2}$$

*Tratto rettangolare:*  $\epsilon_{ck} < \epsilon_c < \epsilon_{cu}$

$$\sigma_c = R_c^*$$

*Legame costitutivo dell'acciaio*

Per l'acciaio si assume un comportamento elastico-perfettamente plastico espresso dalle seguenti relazioni:

$$\sigma_s = E_s \epsilon_s \quad \text{per } 0 < \epsilon_s < \epsilon_{sy}$$

$$\sigma_s = R_s^* \quad \text{per } \epsilon_{sy} < \epsilon_s < \epsilon_{su}$$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	129

N°	N <sub>u</sub> [kN]	M <sub>u</sub> [kNm]
1	-1593,1972	0,0000
2	0,0000	475,6076
3	968,9553	678,0047
4	1453,4330	746,8777
5	1937,9106	805,6064
6	2422,3883	840,4538
7	2906,8660	859,1678
8	3391,3436	857,6519
9	3875,8213	833,0126
10	4360,2989	799,2089
11	4844,7766	756,7915
12	5329,2543	704,2476
13	5813,7319	637,4027
14	6298,2096	557,7372
15	6782,6872	464,4339
16	7267,1649	0,0000
17	7267,1649	0,0000
18	6782,6872	-464,4339
19	6298,2096	-557,7372
20	5813,7319	-637,4027
21	5329,2543	-704,2476
22	4844,7766	-756,7915
23	4360,2989	-799,2089
24	3875,8213	-833,0126
25	3391,3436	-857,6519
26	2906,8660	-859,1678
27	2422,3883	-840,4538
28	1937,9106	-805,6064
29	1453,4330	-746,8777
30	968,9553	-678,0047
31	0,0000	-475,6076
32	-1593,1972	0,0000

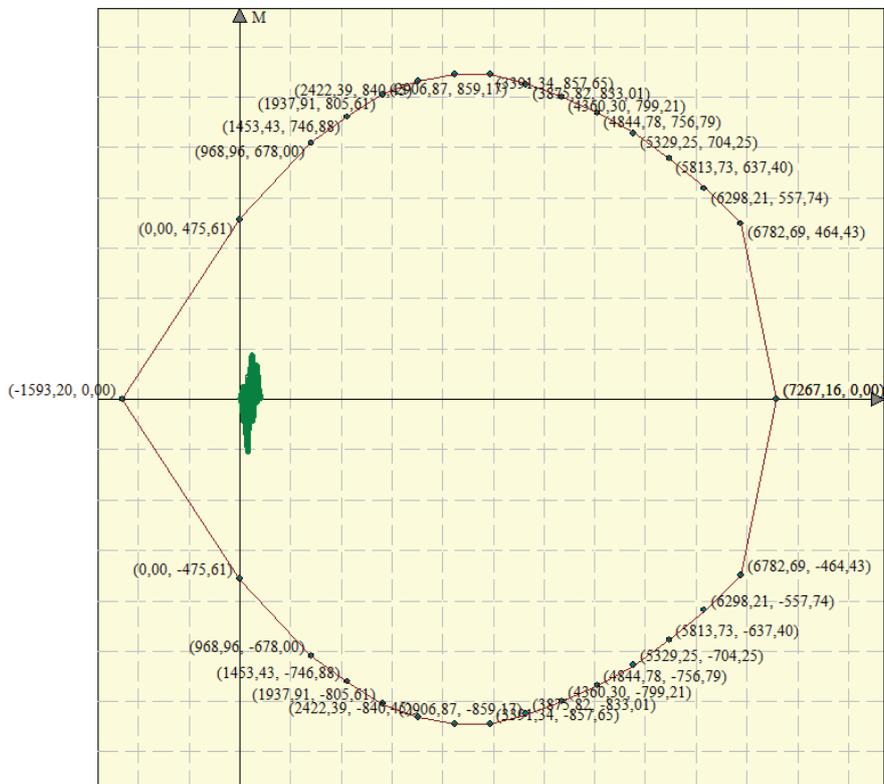


Figura 13.74 – Dominio M-N, sezione palo, armatura in c.a.

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	130

Tabella 15 – Sollecitazioni massime del singolo palo

COMBINAZIONE		PROFONDITA'[m]	M <sub>palo</sub> [kNm]	N <sub>palo</sub> [kN]	PROFONDITA'[m]	T <sub>palo</sub> [kN]
SLU-STR (A1+M1)	FASE 13	6.55	112.55	110.99	8.25	79.98
SLU-GEO (A2+M2)	FASE 21	6.70	139.35	115.17	8.90	82.18
SLV-STR (A1+M1+SISMA)	FASE 16	10.85	40.76	217.46	7.25	84.56
SLV-GEO (A2+M2+SISMA)	FASE 24	11.85	91.68	221.35	7.25	78.53

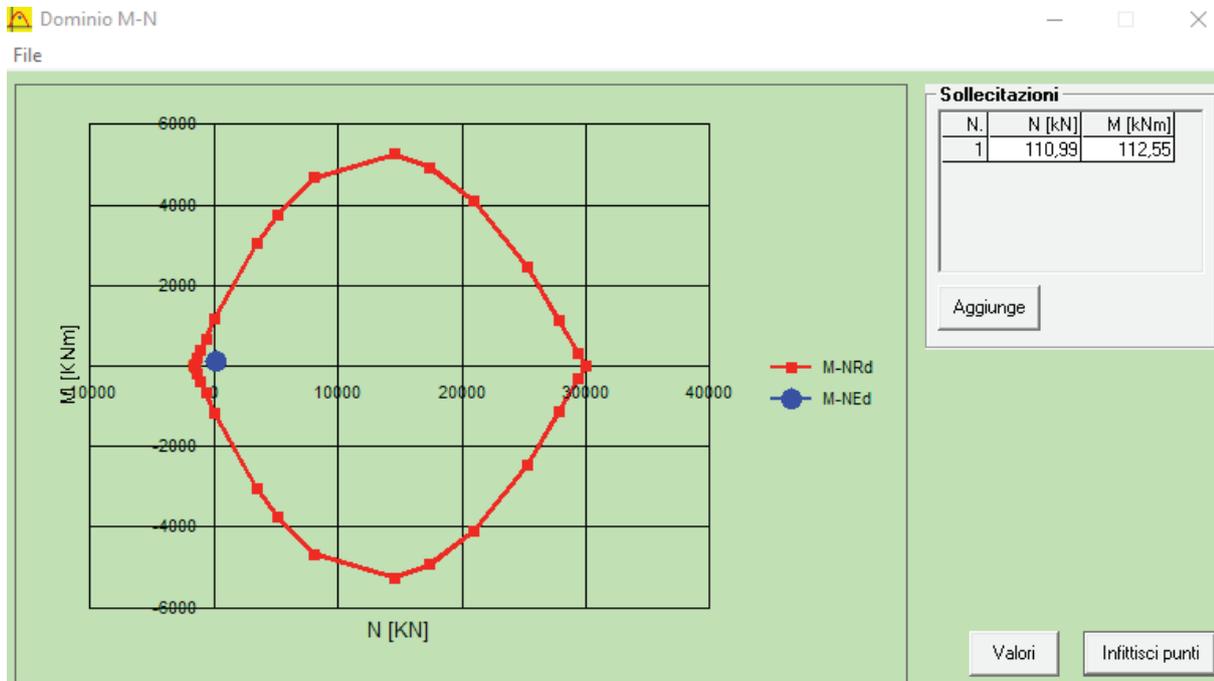


Figura 13.75 – SLU-STR (A1+M1), FASE 13

$M_{Ed} = 112.55$  kNm  
 $N (M_{Ed}) = 110.99$  kN  
 $M_U = 1213$  kNm  
 $FS = 10.78$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	131

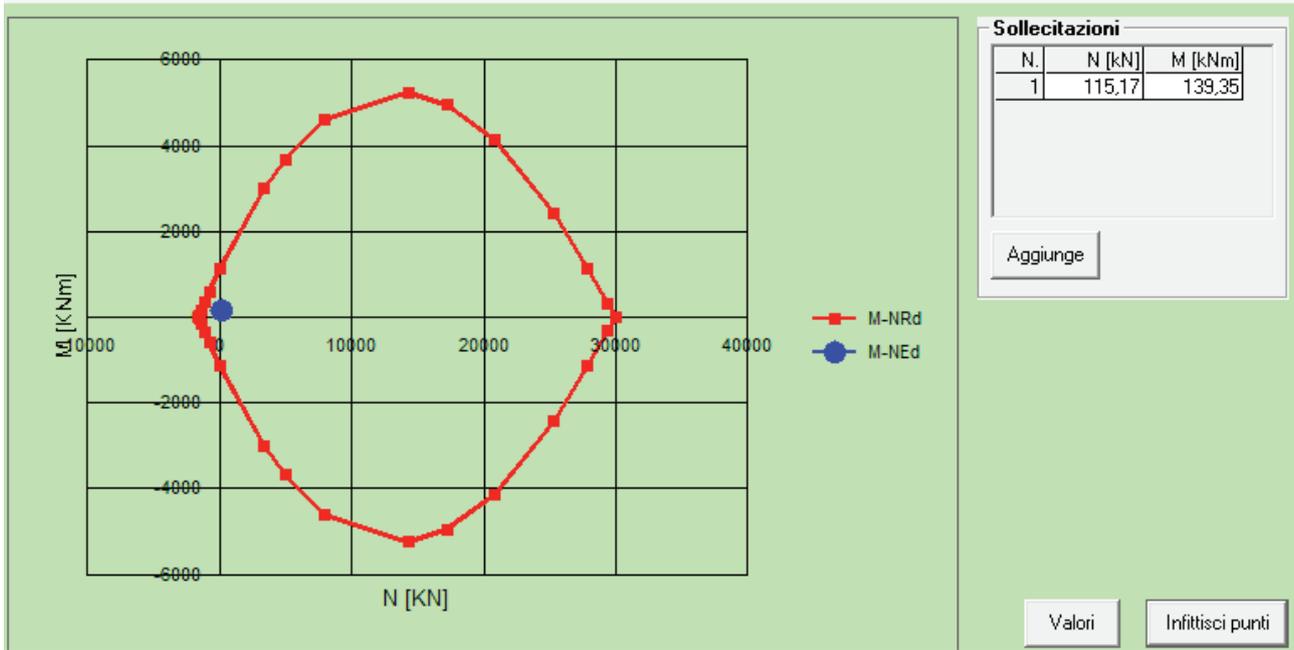


Figura 13.76 – SLU-GEO (A2+M2), FASE 21

**M<sub>Ed</sub> = 139.35 kNm**  
**N (M<sub>Ed</sub>) = 115.17 kN**  
**M<sub>U</sub> = 1206 kNm**  
**FS = 8.65**

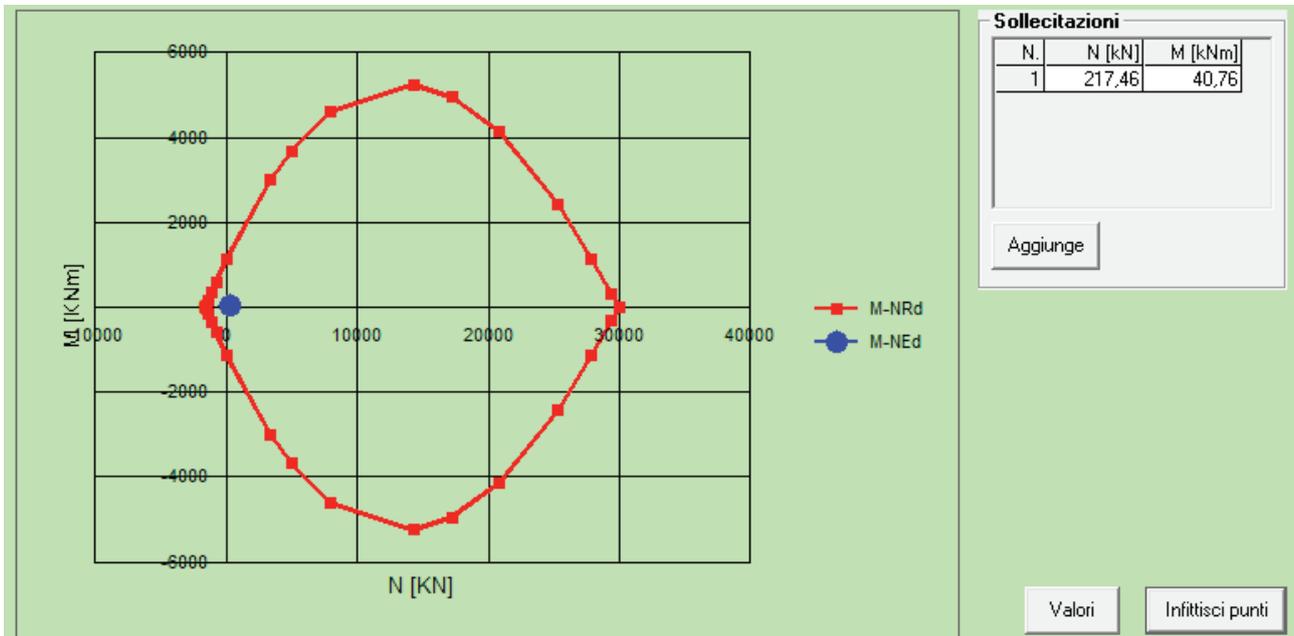


Figura 13.77 – SLV-STR (A1+M1+SISMA), FASE 16

**M<sub>Ed</sub> = 40.76 kNm**  
**N (M<sub>Ed</sub>) = 217.46 kN**  
**M<sub>U</sub> = 1273 kNm**  
**FS = 31.23**

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	132

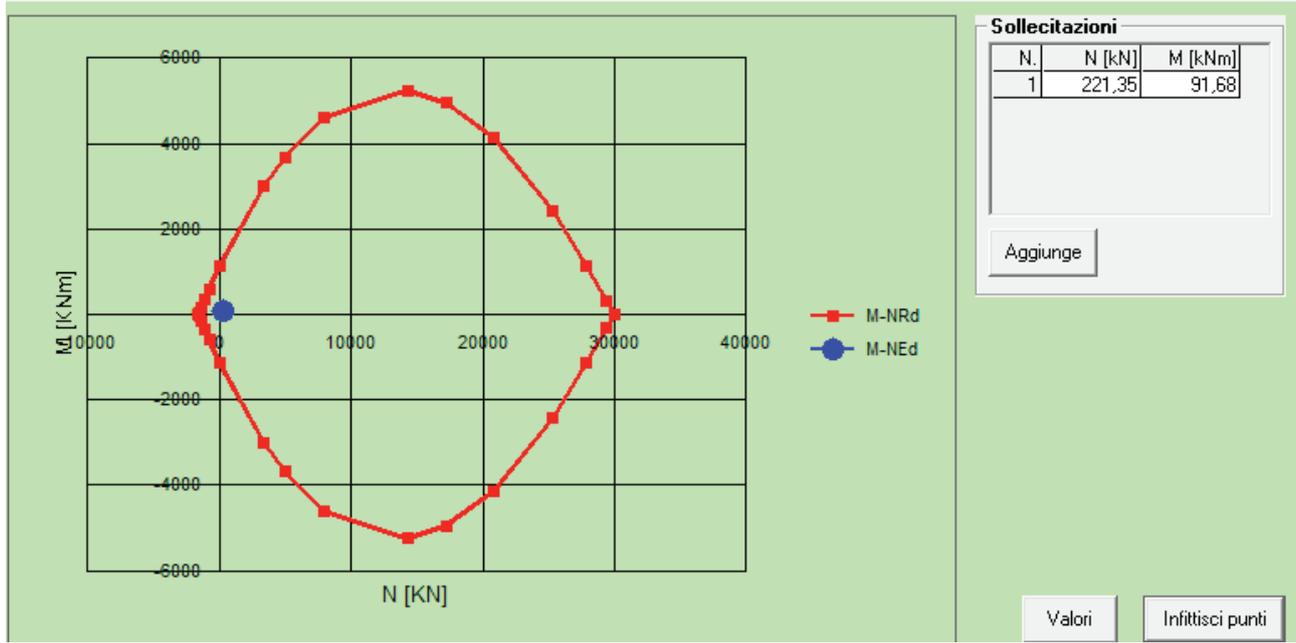


Figura 13.78 – SLV-GEO (A2+M2+SISMA), FASE 24

$M_{Ed} = 91.68 \text{ kNm}$   
 $N (M_{Ed}) = 221.35 \text{ kN}$   
 $M_U = 1276 \text{ kNm}$   
 $FS = 13.92$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	133

13.2.3.11.1.2 VERIFICA A TAGLIO DEL SINGOLO PALO SEZIONE CIRCOLARE

Si prende in considerazione il valore massimo dell'inviluppo della sollecitazione tagliante  
Tmax= 98.46 kN

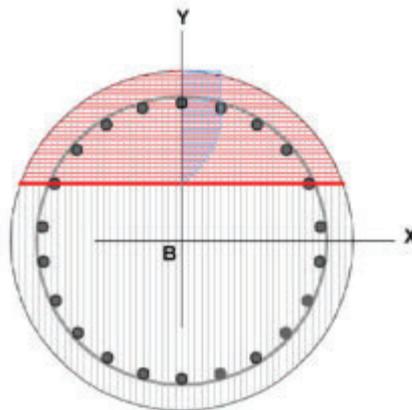


Figura 13.79 – Modello palo per la verifica della sezione circolare a taglio

Diametro palo[cm]	80	Carico assiale [kN]	0	
Diametro staffe [cm]	6,00	diametro ferri lon.[mm]	18	
Copriferro staffe [cm]	6,00	$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	25,00	
$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	450,00	$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	14,17	
<b>Armatura trasversale</b>				
diametro staffe [mm]	10,00	passo [cm]	20,00	
Area staffe [mm <sup>2</sup> ]	157	numero braccia elicoidali	2	
<b>Verifica a Taglio</b>				
cot $\theta$ per $V_{Rsd} = V_{Rcd}$	cotg $\theta$	$\alpha_c$	$V_{Rsd}$ [kN]	$V_{Rcd}$ [kN]
4,1759	2,5000	1,00	415,59	1056,93
<b>Taglio Resistente di Progetto <math>V_{Rd}</math> [kN]</b>				<b>415,59</b>
<b>Taglio di Progetto <math>V_d</math> [kN]</b>				<b>98,46</b>
<b>FS</b>				<b>4,22</b>

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	134

13.2.3.11.2 VERIFICHE SLE  
13.2.3.11.2.1 VERIFICA TENSIONI

*Simbologia adottata*

n° numero d'ordine della sezione

Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]

Af area di armatura espressa in [cmq]

$\sigma_c$  tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]

$\sigma_f$  tensione nell'acciaio espressa in [kPa]

Af [cmq]	$\sigma_c$ [kPa]	cmb	$\sigma_f$ [kPa]	cmb
40,72	2220	5	47474	5

13.2.3.11.2.2 VERIFICA FESSURAZIONE

*Simbologia adottata*

Tipo Tipo della Combinazione/Fase

Oggetto Muro/Paratia

Y Ordinata sezione, espresso in [m]

M Momento agente, espresso in [kgm]

Mf Momento prima fessurazione, espresso in [kgm]

S Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]

$\varepsilon_{sm}$  Deformazione nelle fessure, espressa in [%]

wlim Apertura limite fessure, espressa in [mm]

wk Ampiezza fessure, espressa in [mm]

Oggetto	n° - Tipo	Y [m]	M [kNm]	Mf [kNm]	S [mm]	$\varepsilon_{sm}$ [%]	wlim [mm]	wk [mm]
Paratia	5 - ESE	6,70	-66,93	-187,83	0,000	0,0000	0,200	0,000

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	135

**13.2.3.12 VERIFICHE DELLA TRAVE DI RIPARTIZIONE**

Il calcolo del cordolo con tiranti fa riferimento ad un metodo suggerito da Joseph E. BOWLES (Fondazioni, progetto e analisi – cap. 13 paratie a mensole e ancorate) il quale considera, per il progetto del cordolo, uno schema di trave su appoggi con carico uniformemente distribuito:

Si considera una trave continua con appoggi nel piano orizzontale con interasse dei Tiranti e appoggi nel piano verticale con interasse dei pali della paratia.

$Q_0 = N_0 \times n^\circ \text{Tiranti} / \text{Lunghezza paratia}$ , dove gli appoggi sono le posizioni dei tiranti

Mentre il carico uniformemente distribuito nel piano verticale viene calcolato con la seguente formula

$Q_v = N_v \times n^\circ \text{Pali} / \text{Lunghezza paratia}$ , dove gli appoggi sono i pali

Di seguito si riporta il calcolo dei carichi equivalenti distribuiti sui cordoli in acciaio modellati tridimensionalmente.

1° ordine di tiranti				
forza tirante	inclinazione	lunghezza paratia	n. tiranti	n. pali
[kN]	[°]	[m]	[-]	[-]
123.54	5	6.00	3	6

	N totale [kN]	[kN/m]
componente verticale	10.77	$Q_v$ 10.77
componente orizzontale	123.07	$Q_o$ 61.53

2° ordine di tiranti				
forza tirante	inclinazione	lunghezza paratia	n. tiranti	n. pali
[kN]	[°]	[m]	[-]	[-]
178.17	20	6.00	3	6

	N totale [kN]	[kN/m]
componente verticale	60.94	$Q_v$ 60.94
componente orizzontale	167.43	$Q_o$ 83.71

3° ordine di tiranti				
forza tirante	inclinazione	lunghezza paratia	n. tiranti	n. pali
[kN]	[°]	[m]	[-]	[-]
354.1	20	6.00	3	6

	N totale [kN]	[kN/m]
componente verticale	121.11	$Q_v$ 121.11
componente orizzontale	332.75	$Q_o$ 166.37

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>GI</b>	<b>02</b>	<b>00</b>	<b>001</b>	<b>C</b>	<b>136</b>

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	137

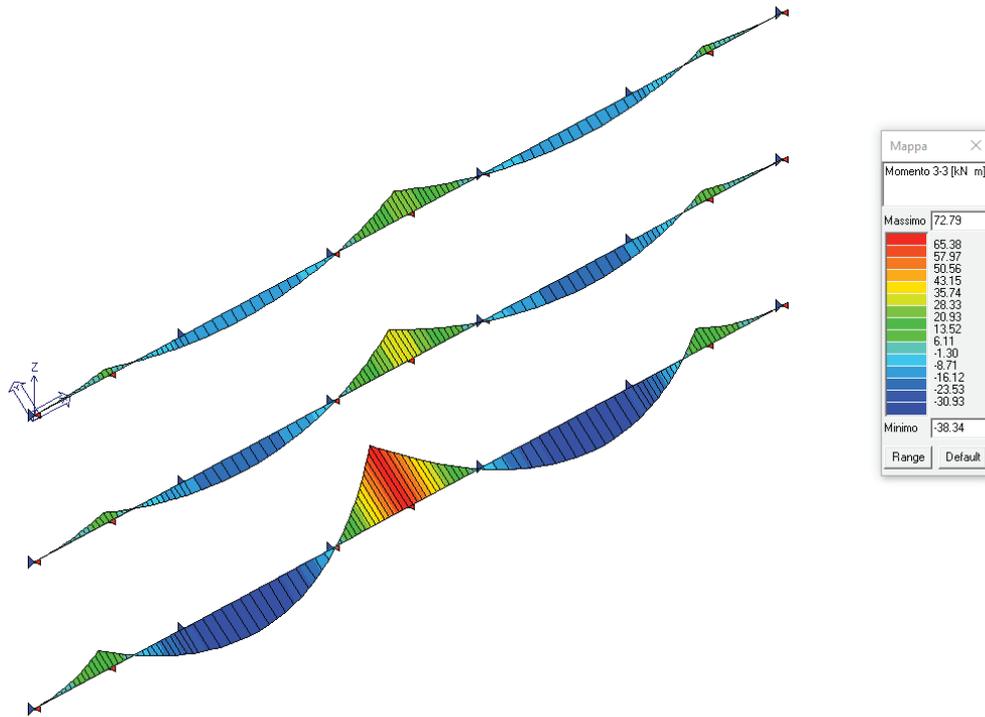


Figura 13.80 – Momento flettente sul piano orizzontale

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	138

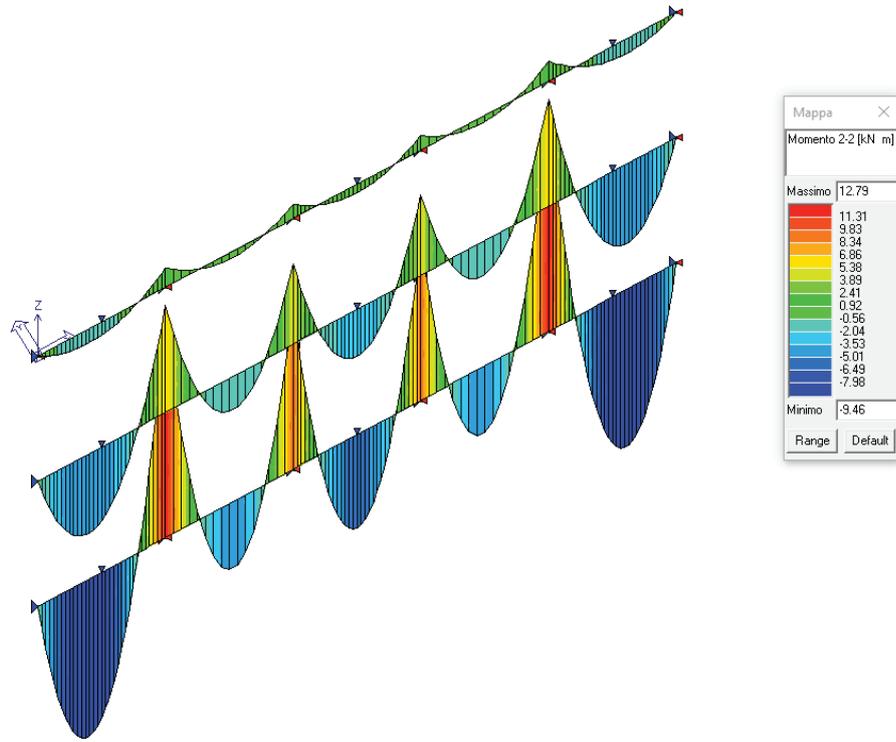


Figura 13.81 – Momento flettente sul piano verticale

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	139

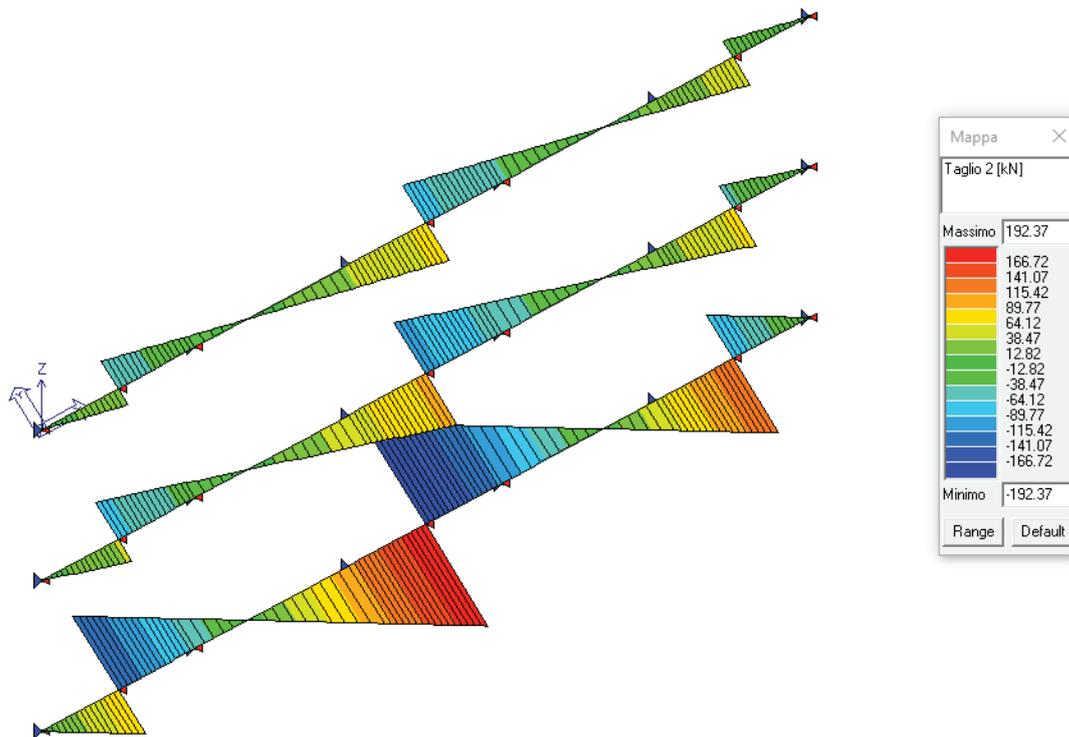


Figura 13.82 – Sollecitazione Taglio sul piano orizzontale

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	140

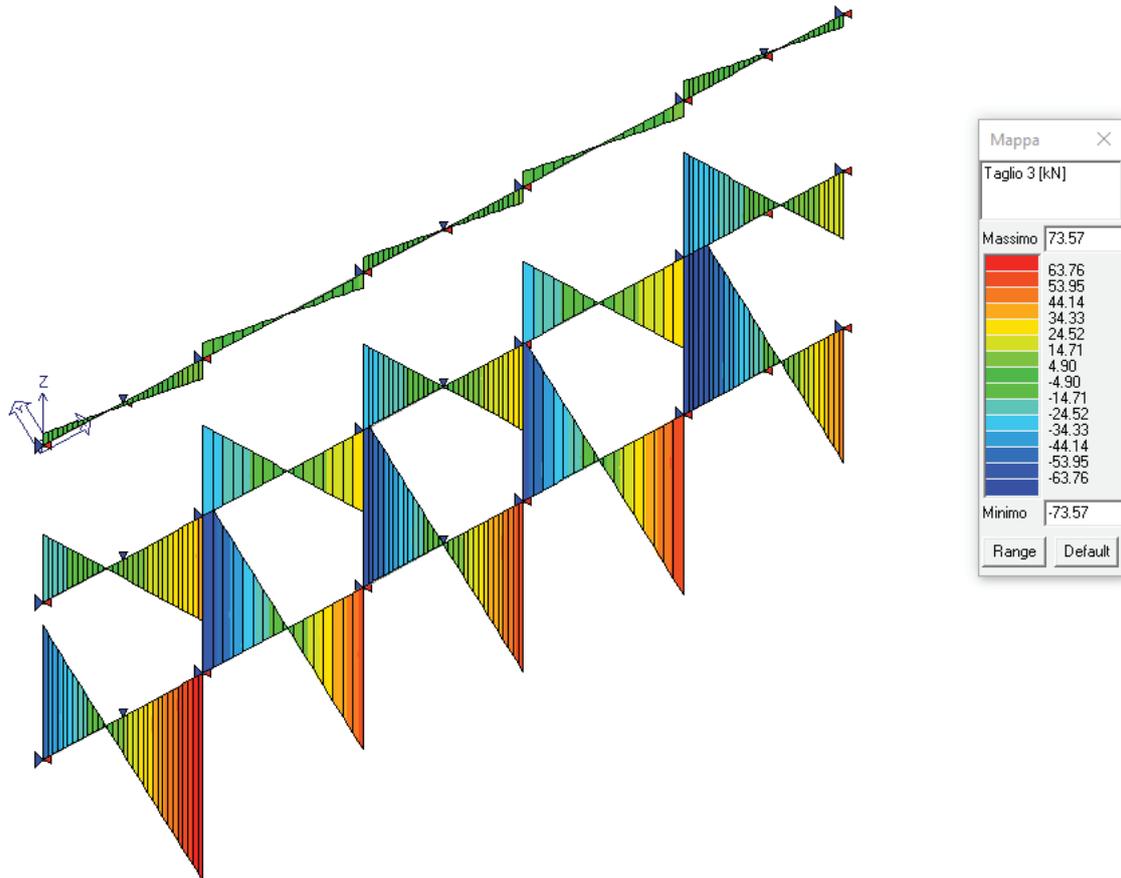


Figura 13.83 – Sollecitazione Taglio sul piano verticale

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	141

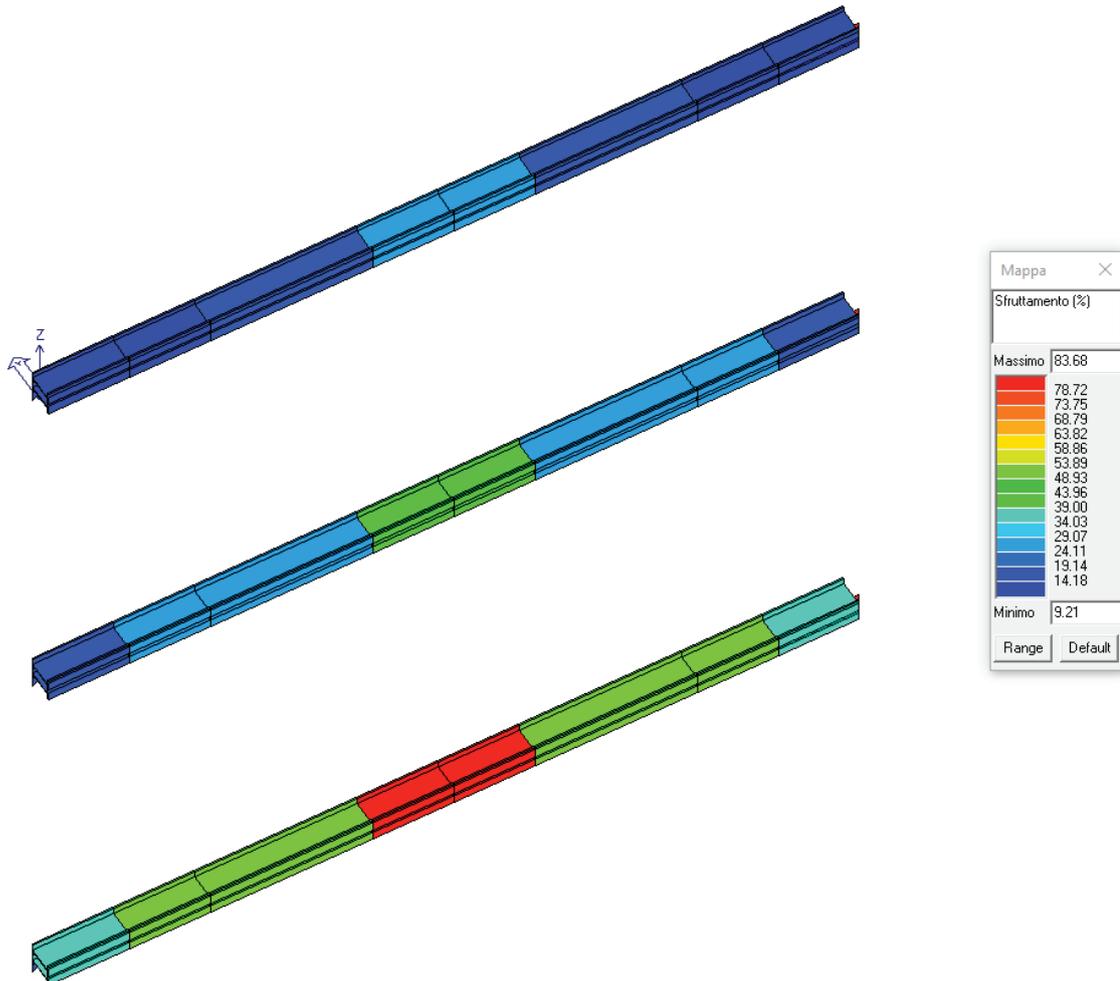


Figura 13.84 –Mappa cromatica dei valori di sfruttamento degli elementi strutturali espressi, in percentuale, come il maggiore dei tre rapporti tra le tensioni massime (resistenza, stabilità, svergolamento) e quelle limite di progetto

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	142

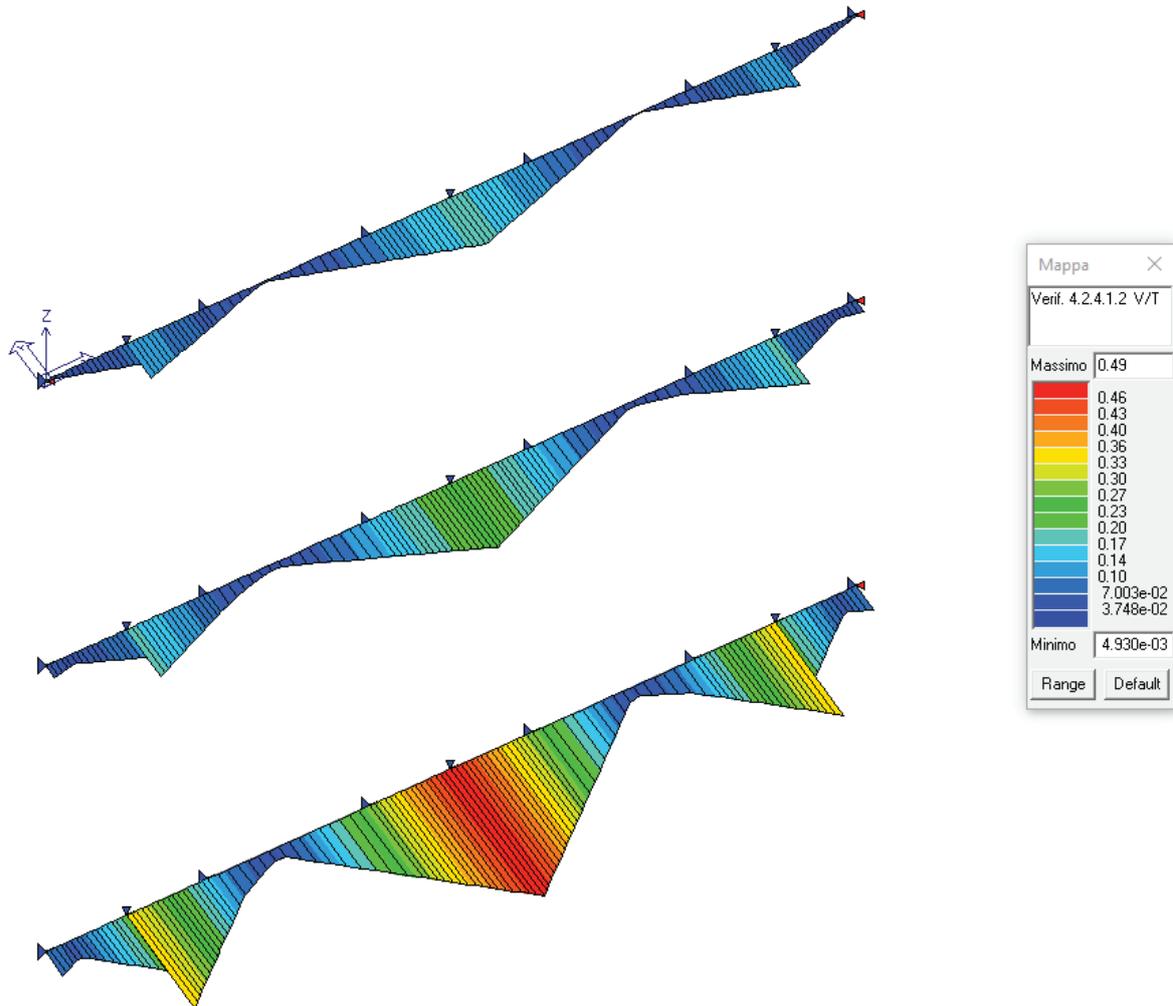


Figura 13.85 Verifica a taglio e torsione degli elementi espressi mediante i valori di  $VEd/Vc,Rd$  (oppure  $TEd/TRd$  se questa dovesse risultare più restrittiva). La verifica è da considerarsi soddisfatta se il valore è inferiore a 1.

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	143

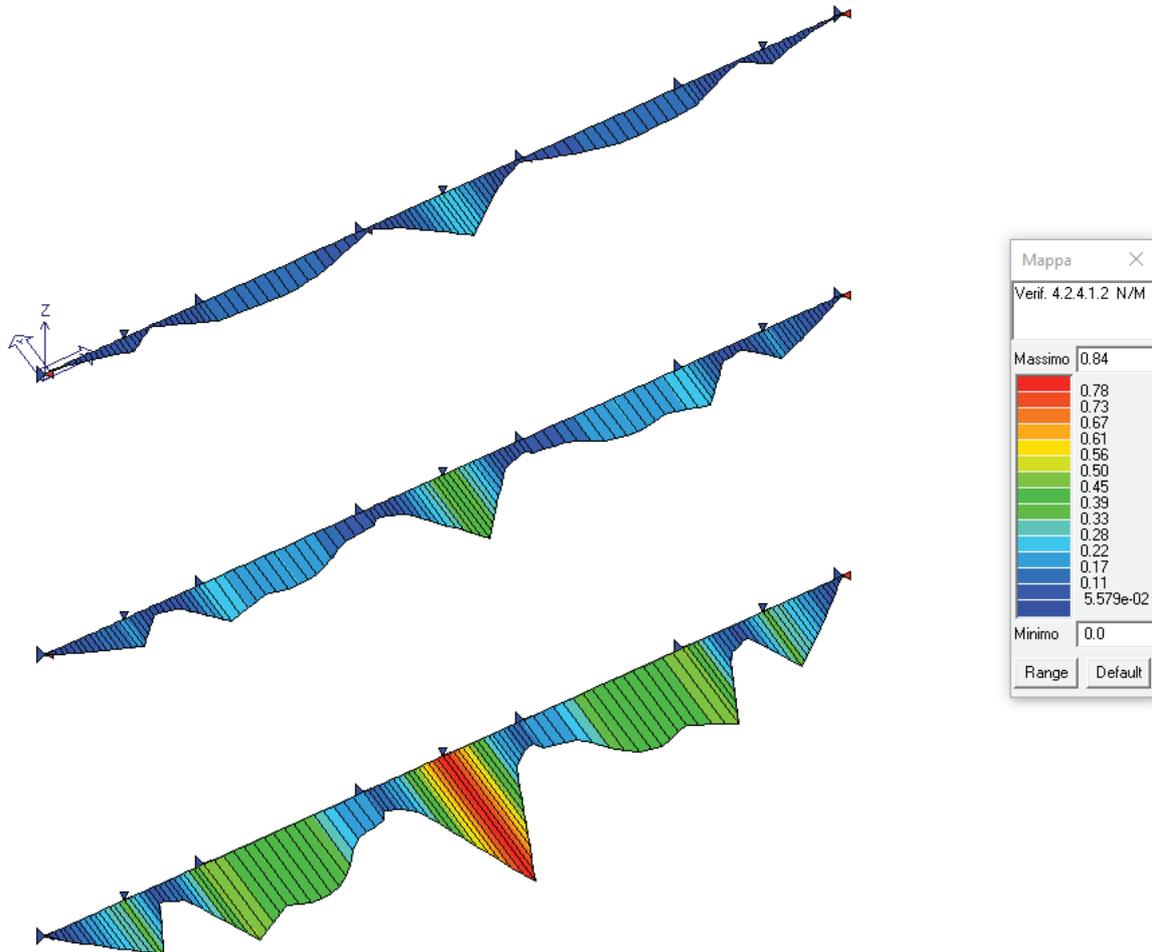


Figura 13.86 Permette la visualizzazione dei risultati ottenuti dalla verifica a presso/tenso flessione degli elementi. La verifica tiene conto del fattore di riduzione per taglio  $p$  (formula 4.2.41). La verifica è da considerarsi soddisfatta se il valore è inferiore a 1.

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	144

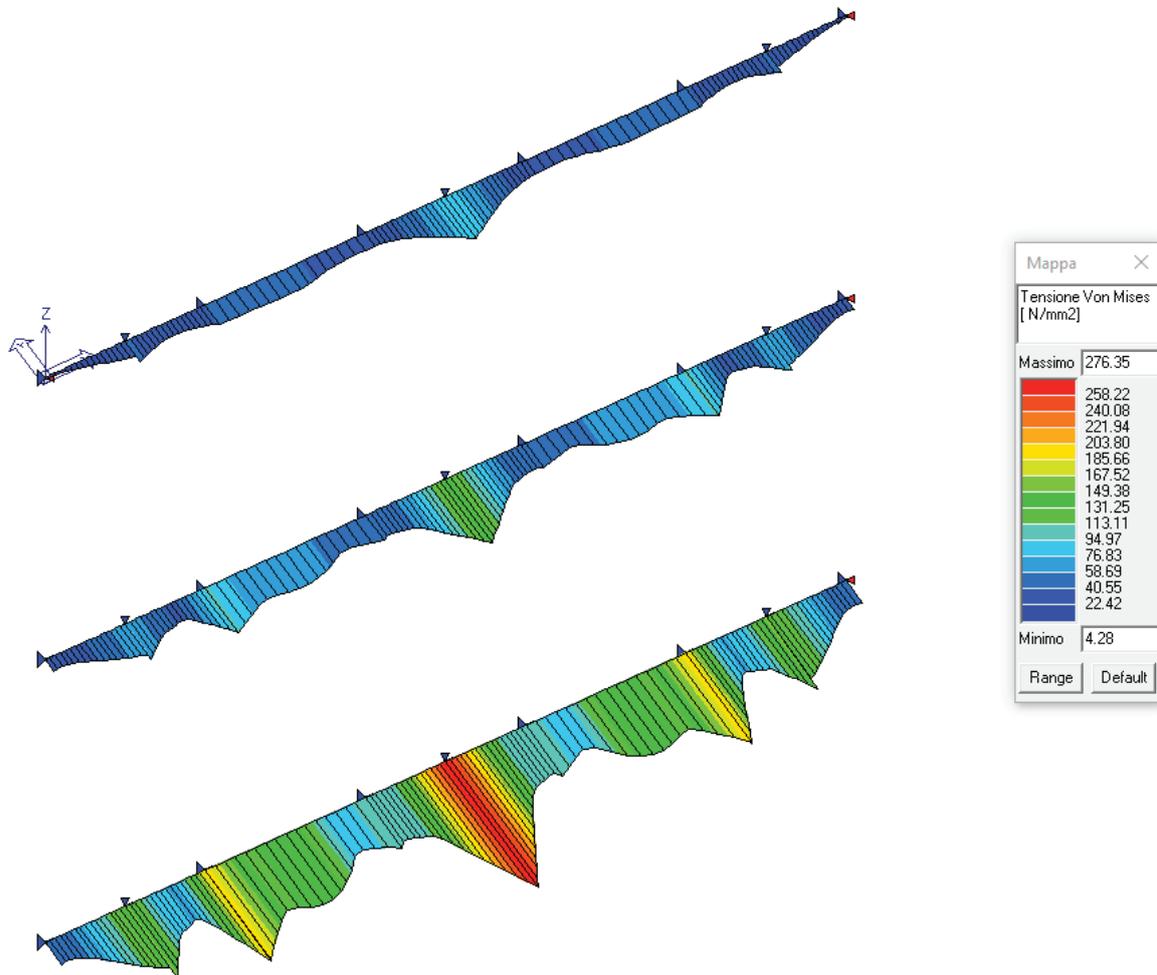


Figura 13.87 Visualizzazione della radice quadrata della somma degli sforzi di tensioni piani, espresso come dalla formula 4.2.4 da confrontare con  $f_{yk}/\gamma_{MO}$ :

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{x,Ed} \cdot \sigma_{z,Ed} + 3\tau_{Ed}^2}$$

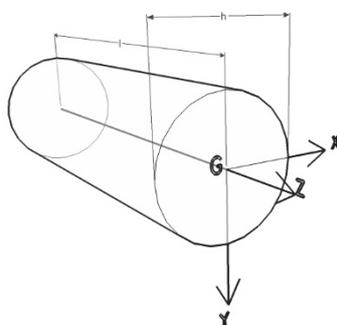
**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	145

**13.2.3.13 VERIFICA DEL CORDOLO**

Il cordolo della sezione B è un elemento in c.a. di forma quadrangolare (100x100 cm) armato in direzione longitudinale con 4+4 $\phi$ 16 sul piano verticale e 4+4 $\phi$ 16 sul piano orizzontale, mentre le staffe  $\phi$ 10/25 a due bracci verticalmente e due bracci orizzontalmente.

La sezione trasversale del cordolo è verificata a pressoflessione deviata ( $M_{x,Ed}$ ,  $M_{y,Ed}$ ), a taglio nel piano verticale ( $V_{v,Ed}$ ) e a taglio nel piano orizzontale ( $V_{h,Ed}$ ), in riferimento alle sollecitazioni derivanti da due distinti schemi di carico.



*Figura 13.88 – Sistema di riferimento del solido trave*

Nel primo schema di carico (SCHEMA A), ragionando nel piano verticale, si analizza il cordolo schematizzato come trave continua su più appoggi, costituiti dai pali, e caricato dal solo peso proprio. Dallo schema in questione si estrae la massima sollecitazione flettente nel piano verticale ( $M_{x,Ed}$ ) e la massima sollecitazione tagliante nel piano verticale ( $V_{v,Ed}$ ).

Nel secondo schema di carico (SCHEMA B), considerando il piano orizzontale, si assume analogamente il cordolo come trave continua su più appoggi costituiti dai pali, ma caricato, questa volta, da un carico distribuito ( $q_h$ ) rappresentato dalla sollecitazione tagliante di involucro, all'intradosso del cordolo, derivante dall'analisi geotecnica della paratia. Da questo secondo schema di carico, si estrae la massima sollecitazione flettente nel piano orizzontale ( $M_{y,Ed}$ ) e la massima sollecitazione tagliante nel piano orizzontale ( $V_{h,Ed}$ ).

Si riportano a seguire i grafici e i dati relativi alle verifiche.

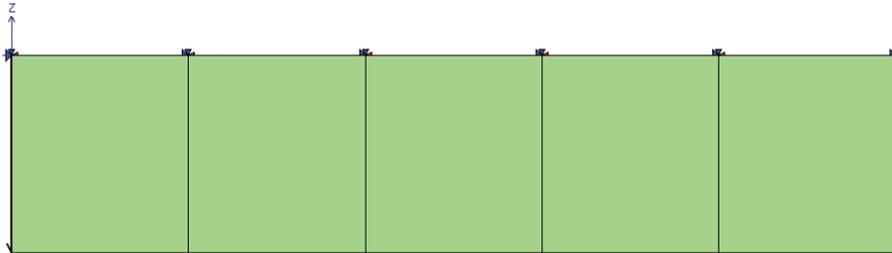
PESO PROPRIO CORDOLO	
$\gamma_{cls}$	25.00 kN/m <sup>3</sup>
<b>B</b>	1.00 m
<b>H</b>	1.00 m
$Q_{vk}$	25.00 kN/m
$Q_{vd}$	32.50 kN/m

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

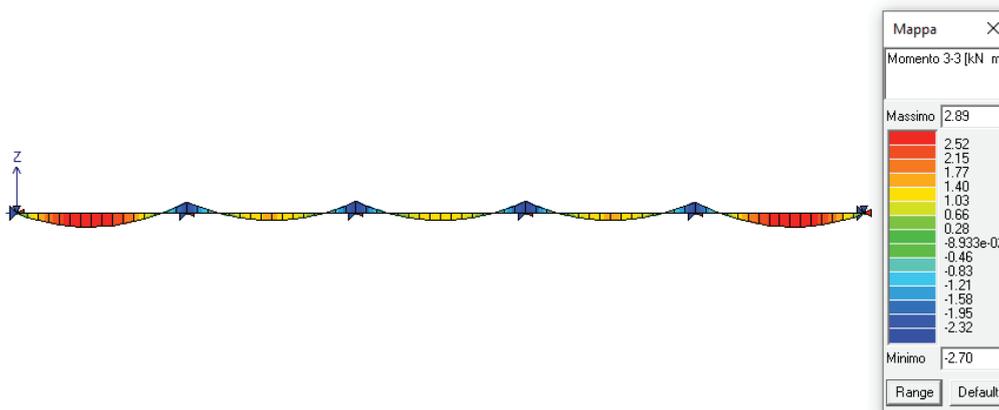
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	146

**SCHEMA A**

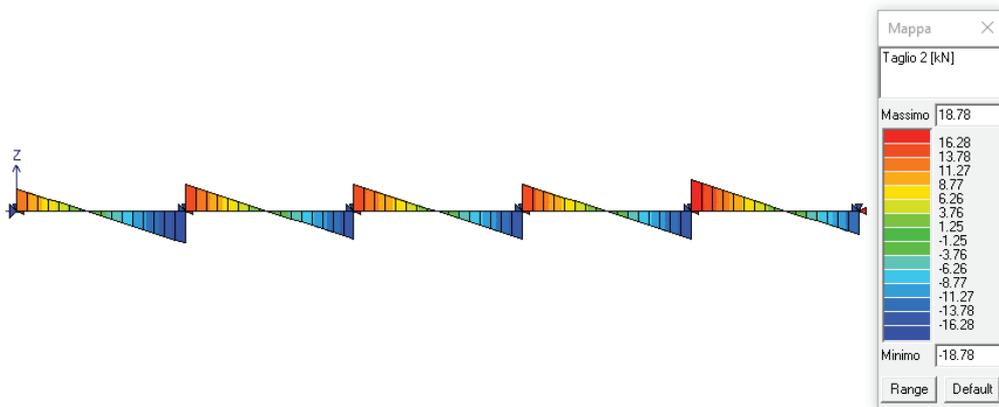
$q_v = 32.50 \text{ kN/m}$



**Momento flettente**



**Taglio**



**Sollecitazioni massime derivanti dallo schema di carico A (piano verticale)**

$M_{x,Ed} = 2.89 \text{ kNm}$

$V_{v,Ed} = 18.78 \text{ kN}$

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

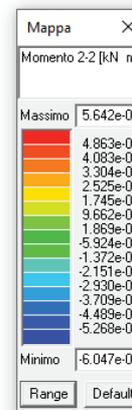
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	147

**SCHEMA B**

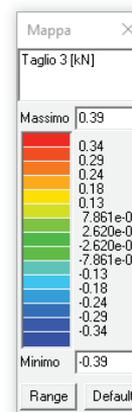
$q_h = 0.72 \text{ kN/m}$



**Momento flettente**



**Taglio**



**Sollecitazioni massime derivanti dallo schema di carico B (piano orizzontale)**

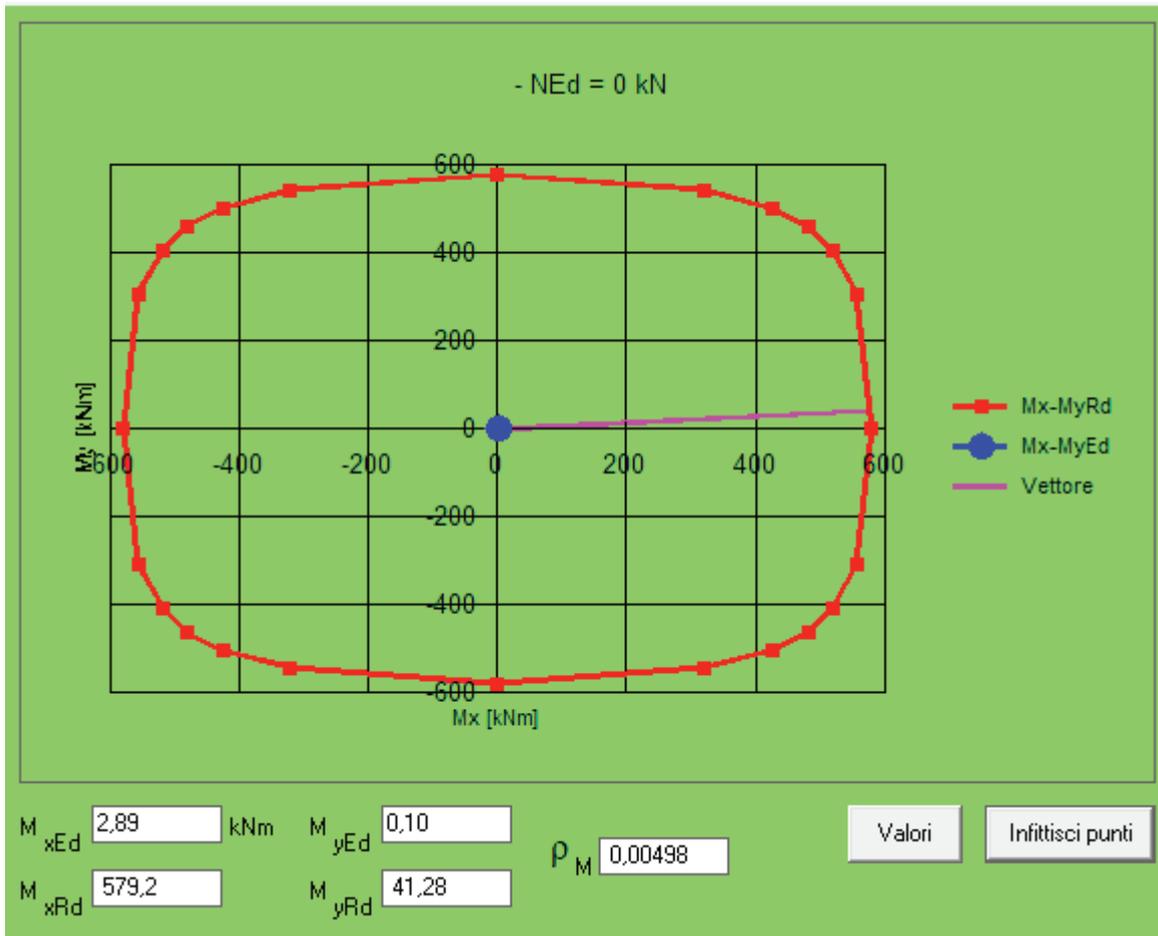
$M_{y,Ed} = 0.10 \text{ kNm}$

$V_{h,Ed} = 0.40 \text{ kN}$

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	148

Verifica a pressoflessione deviata



Verifica a taglio nel piano verticale

Dati sezione e materiale				
Base [cm]	100,00	Carico assiale [kN]	0	
Altezza [cm]	100,00	diametro ferri lon.[mm]	16	
Copriferro [cm]	4,00	$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	25,00	
$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	450,00	$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	14,17	
Armatura trasversale				
diametro staffe [mm]	10,00	passo [cm]	25,00	
Area staffe [mm <sup>2</sup> ]	157		numero braccia	2
Verifica a Taglio				
cot $\theta$ per $V_{Rsd} = V_{Rcd}$	cotg $\theta$	$\alpha_c$	$V_{Rsd}$ [kN]	$V_{Rcd}$ [kN]
5,2735	2,5000	1,00	521,11	2070,78
<b>Taglio Resistente di Progetto <math>V_{Rd}</math> [kN]</b>				<b>521,11</b>
<b>Taglio di Progetto <math>V_d</math> [kN]</b>				<b>18,78</b>
<b>FS</b>				<b>27,75</b>

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	149

Verifica a taglio nel piano orizzontale

Dati sezione e materiale				
Base [cm]	100,00	Carico assiale [kN]	0	
Altezza [cm]	100,00	diametro ferri lon.[mm]	16	
Copriferro [cm]	4,00	$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	25,00	
$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	450,00	$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	14,17	
Armatura trasversale				
diametro staffe [mm]	10,00	passo [cm]	25,00	
Area staffe [mm <sup>2</sup> ]	157		numero braccia	2
Verifica a Taglio				
$\cot\theta$ per $V_{Rsd} = V_{Rcd}$	$\cotg\theta$	$\alpha_c$	$V_{Rsd}$ [kN]	$V_{Rcd}$ [kN]
5,2735	2,5000	1,00	521,11	2070,78
<b>Taglio Resistente di Progetto <math>V_{Rd}</math> [kN]</b>				<b>521,11</b>
<b>Taglio di Progetto <math>V_d</math> [kN]</b>				<b>0,40</b>
<b>VERIFICA</b>				<b>OK</b>

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	150

### 13.3 MODELLO SEZIONE C pk 0+094.93

Il modello SEZ C pk 0+094.93 rappresenta la sezione laterale della paratia provvisoria di protezione al tratto di galleria artificiale che dovrà essere realizzato. La paratia ha pali di lunghezza 16 m con cordolo in c.a. di altezza 1,00 m.

Di seguito si riporta la tabella relativa alle caratteristiche dei tiranti.

Caratteristiche Geometriche Tiranti							Caratteristiche trefoli e pretensione tiranti				
Ordine	Quota di infissione (m)	i (m)	$\alpha^\circ$	Lp (m)	La (m)	Ltot (m)	Dp (m)	Atref (mm <sup>2</sup> )	f <sub>p(1)k</sub> snervamento / limite elastico	n <sub>tref</sub>	N <sub>0</sub> (KN)
1	1.25	2.00	20	11	6	17	0.16	139	1670	2	100
2	3.75	2.00	20	10	7	17	0.16	139	1670	3	200

L<sub>p</sub> = Lunghezza passiva (tratto non iniettato)  
i = interasse tiranti  
D<sub>p</sub> = diametro perforazione  
A<sub>tref</sub> = area singolo trefolo

L<sub>a</sub> = Lunghezza attiva (bulbo iniettato)  
 $\alpha^\circ$  = inclinazione tirante rispetto all'orizzontale  
n<sub>tref</sub> = n° trefoli per tirante  
N<sub>0</sub> = Pretensione tirante alla messa in opera

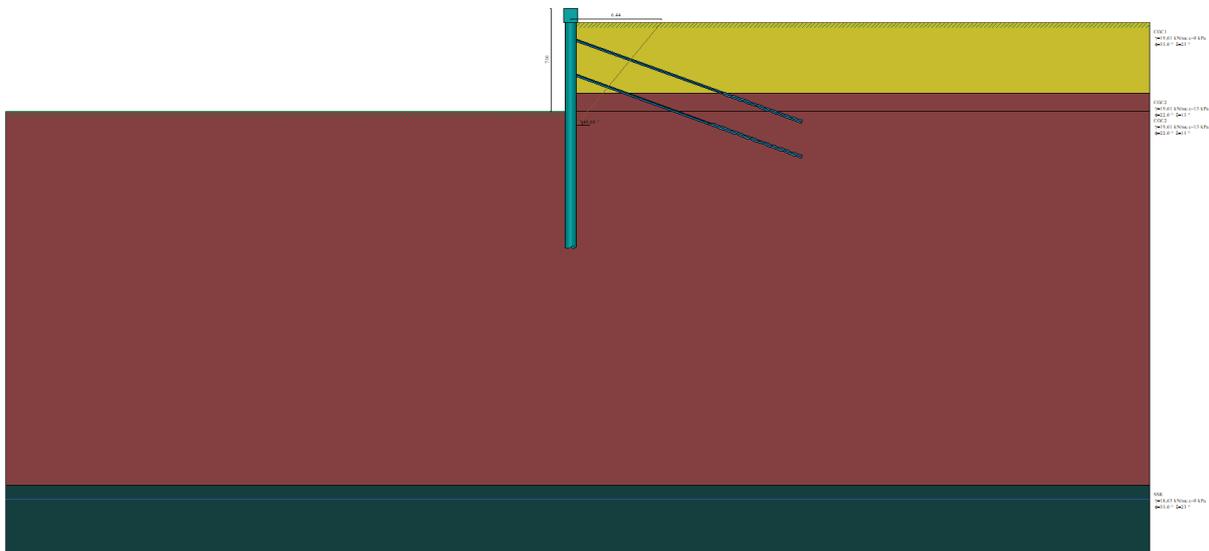


Figura 13.89 – Modello di calcolo

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	151

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

Cesp= coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato

$\tau_i$ = tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [kPa]

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

N°	Descrizione	Cesp	$\tau_i$ [kPa]	
1	CGC1	1.50	150,0	CAR
			150,0	MIN
			150,0	MED
2	CGC2	1.50	180,0	CAR
			180,0	MIN
			180,0	MED
3	SSR	1.50	250,0	CAR
			250,0	MIN
			250,0	MED

**Descrizione stratigrafia**

Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia

sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]

kw costante di Winkler orizzontale espressa in [Kg/cm<sup>2</sup>/cm] calcolata col metodo a strato

$\alpha$  inclinazione dello strato espressa in [°] (M: strato di monte, V: strato di valle)

Terreno associato allo strato (M: strato di monte, V: strato di valle)

N°	sp [m]	$\alpha_M$ [°]	$\alpha_V$ [°]	Kw <sub>M</sub> [kg/cm <sup>2</sup> /cm]	Kw <sub>V</sub> [kg/cm <sup>2</sup> /cm]	Terreno M	Terreno V
1	6,00	0.00	0.00	1.37	1.37	CGC1	CGC1
2	1,30	0.00	0.00	1.99	1.99	CGC2	CGC2
3	26,70	0.00	0.00	5.24	5.24	CGC2	CGC2
4	5,00	0.00	0.00	16.59	16.59	SSR	SSR

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	152

Livello falda dal piano campagna 35 m

Tabella 16 – Parametri per analisi sismica

	SLV	SLE
Accelerazione al suolo $a_g$ (m/s <sup>2</sup> )	1,141	0,452
Accelerazione al suolo $a_g$ (% di g)	0,116	0,046
Fattore amplificatore $F_0$	2,581	2,431
$T_C^*$	0,362	0,302
Ss (Terreno tipo C)	1,500	1,500
Coeff. Amplifi. Topografica S (T1)	1,00	

Tabella 17 – Sintesi parametri geotecnici adottati sezione C

SEZIONE C																								
-	Combinazione	Tipo di Terreno	N° Combinazione	$\gamma_k$ [KN/m <sup>3</sup> ]	$c_k$ [Kpa]	$\varphi_{sk}$ [°]	$\delta_{sk}$ [°]	$\gamma_d$ [KN/m <sup>3</sup> ]	$c_d$ [Kpa]	$\varphi_{d0}$ [°]	$\delta_{d0}$ [°]	$K_d$	$k_{RHVALLE}$	$k_{RHMONTE}$	$k_{RHVALLE}$	$k_{RHMONTE}$	$k_{RHIE}$	$k_{RHE}$	$\alpha$	$\beta$	$u_s$ [m]	$k_{fi}$ [%]		
A1+M1	SLU-STR	CGC1	7-8-9-10-11	20	0	35	23	26	0	35	23	0,426	0,324	0,421	2,157	1,811	X	X	X	X	0,803	0,409	0,085	5,726
		CGC2		20	15	22	15	26	15	22	15	0,625												
		SRR		19	0	35	X	24,7	0	35	X	0,426												
A1+M1+E	SLV-STR	CGC1	12	20	0	35	23	20	0	35	23	0,426	X	X	X	X	X	X	0,418	2,527	0,803	0,409	0,085	5,726
		CGC2		20	15	22	15	20	15	22	15	0,625												
		SRR		19	0	35	X	19	0	35	X	0,426												
A2+M2	SLU-GEO	CGC1	13-14-15-16-17	20	0	35	23	20	0	29,3	19	0,511	0,384	0,491	1,854	1,528	X	X	X	X	0,803	0,409	0,085	5,726
		CGC2		20	15	22	15	20	12	17,9	12	0,693												
		SRR		19	0	35	X	19	0	29,3	X	0,511												
A2+M2+E	SLV-GEO	CGC1	18	20	0	35	23	20	0	29,3	19	0,511	X	X	X	X	X	X	0,497	2,106	0,803	0,409	0,085	5,726
		CGC2		20	15	22	15	20	12	17,9	12	0,693												
		SRR		19	0	35	X	19	0	29,3	X	0,511												

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	153

**13.3.1 FASI DI CALCOLO**

Fasi di scavo  
 Simbologia adottata  
 n° identificativo della fase nell'elenco definito  
 Fase Descrizione dell'i-esima fase  
 Tempo in cui avviene la fase di scavo

n°	Fase	Tempo	ESE	SLU-STR (A1+M1)	SLV-STR (A1+M1+E)	SLV-GEO (A2+M2)	SLV-GEO (A2+M2+E)
1	Scavo fino alla profondità di 2.75 metri	0					
2	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=2.75]	0	FASE 1	FASE 7	-	FASE 13	-
3	Inserimento condizione di carico nr 2 [Hscavo=2.75]	0					
4	Inserimento tirante 1 (X=2.25) [Hscavo=2.75]	1					
5	Tesatura tirante 1 N=10197 [Hscavo=2.75]	1	FASE 2	FASE 8	-	FASE 14	-
6	Scavo fino alla profondità di 5.25 metri	2	FASE 3	FASE 9	-	FASE 15	-
7	Inserimento tirante 2 (X=4.75) [Hscavo=5.25]	3					
8	Tesatura tirante 2 N=20394 [Hscavo=5.25]	3	FASE 4	FASE 10	-	FASE 16	-
9	Scavo fino alla profondità di 7.30 metri	4	FASE 5	FASE 11	-	FASE 17	-
10	Inserimento sisma	5	FASE 6	-	FASE 12	-	FASE 18

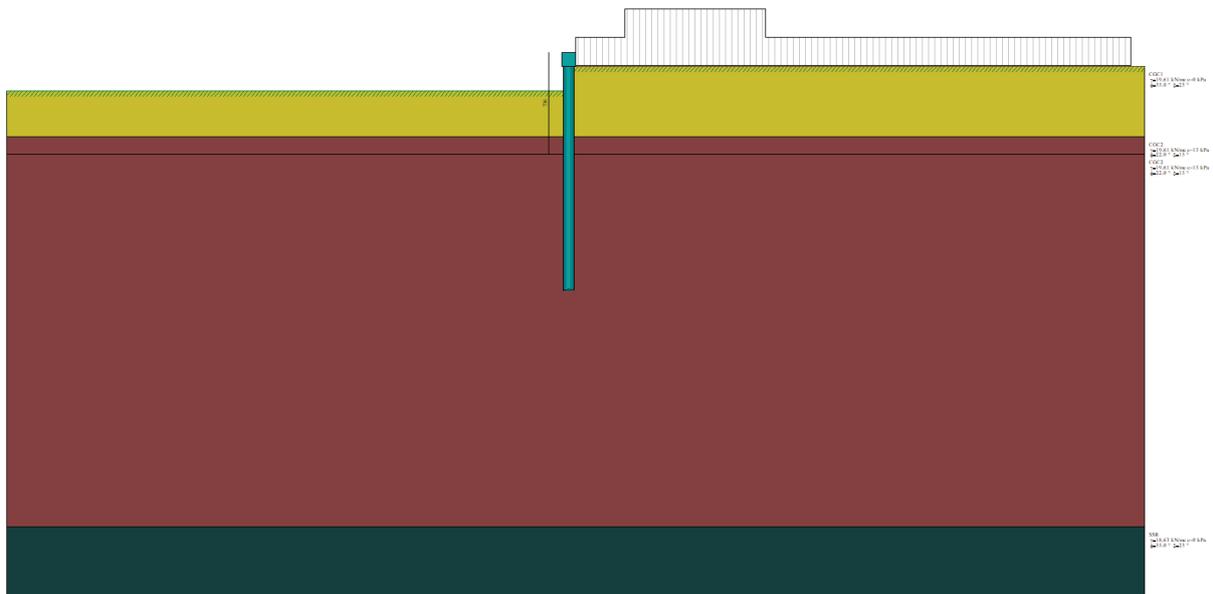


Figura 13.90 – Tempo 0 (Fase 1-7-13)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	154

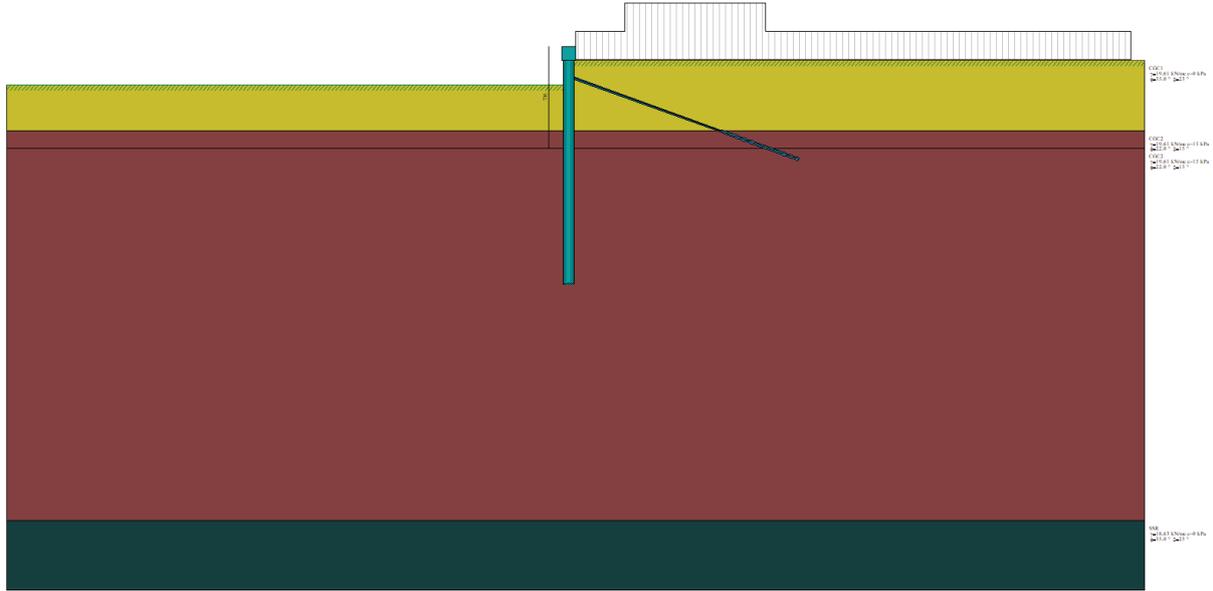


Figura 13.91 – Tempo 1 (Fase 2-8-14)

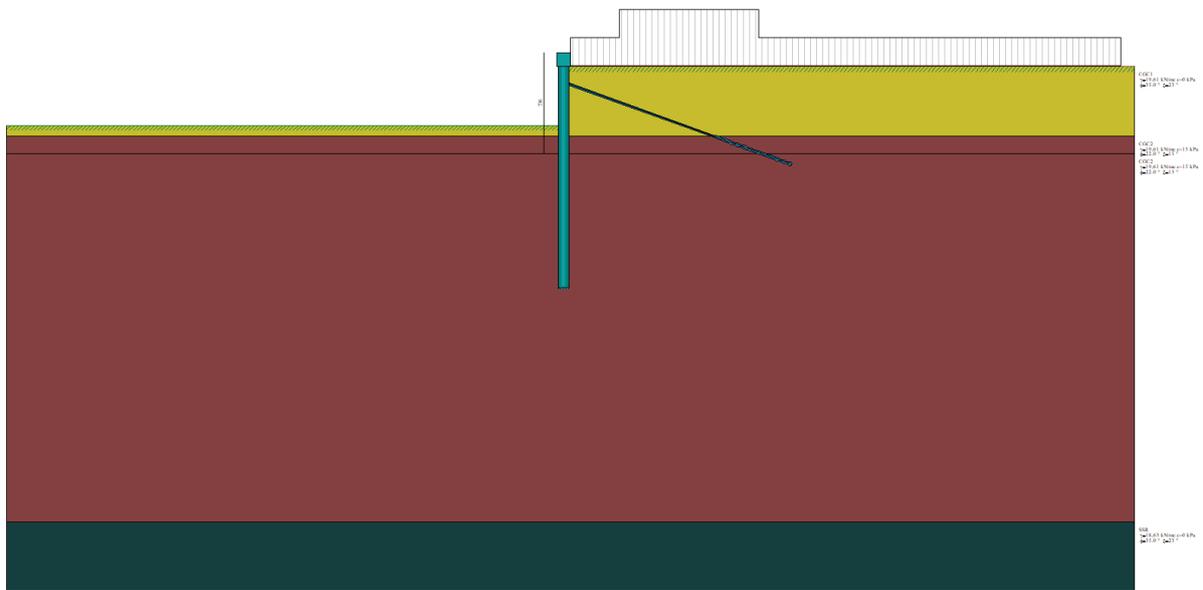


Figura 13.92 – Tempo 2 (Fase 3-9-15)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	155

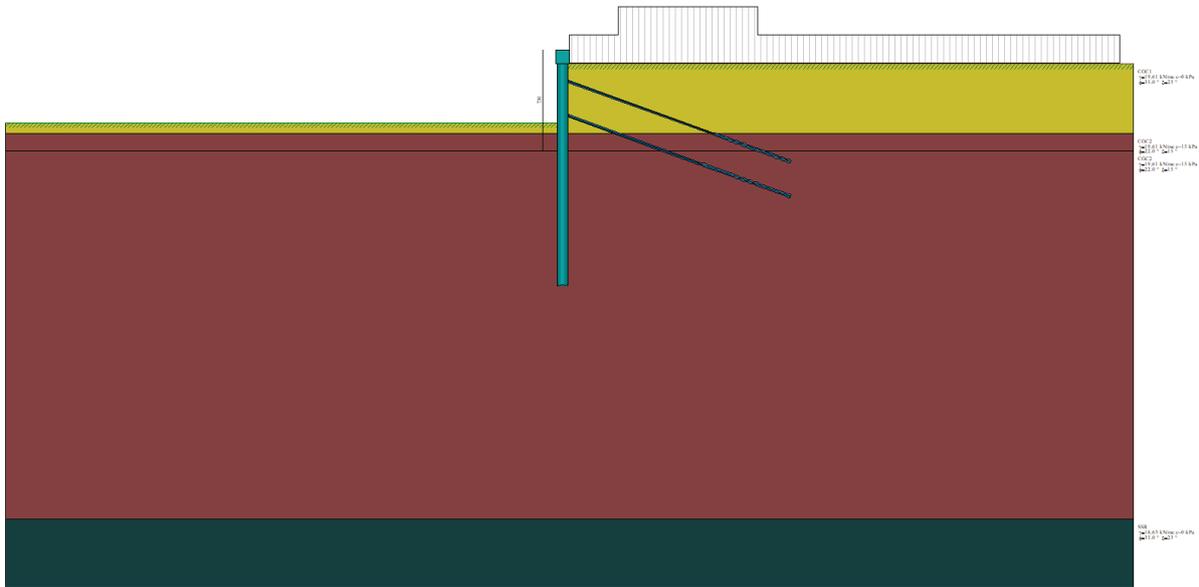


Figura 13.93 – Tempo 3 (Fase 4-10-16)

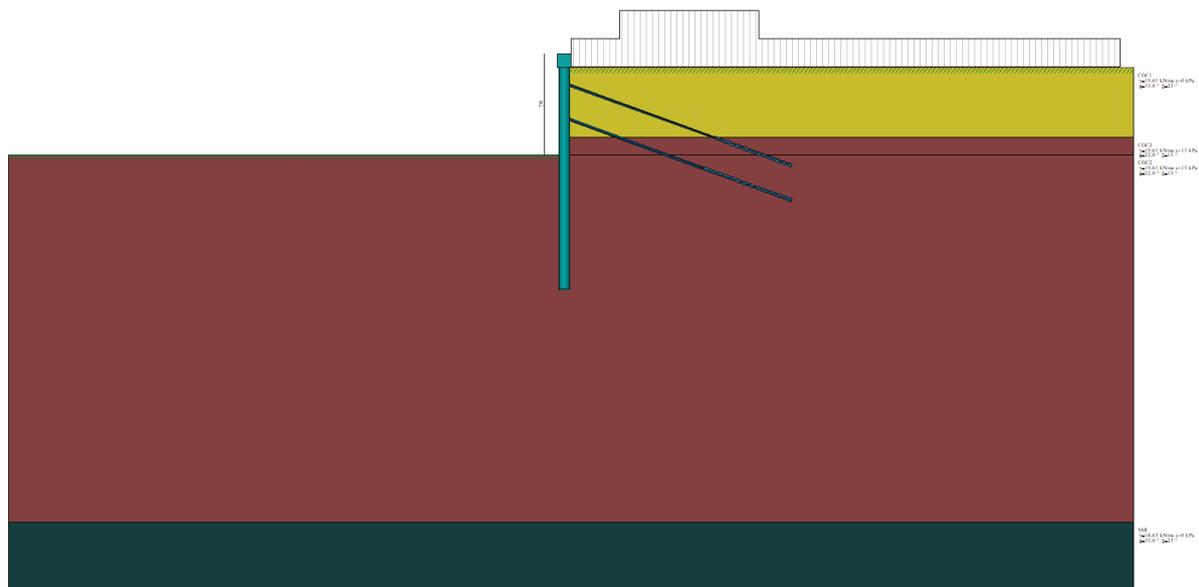
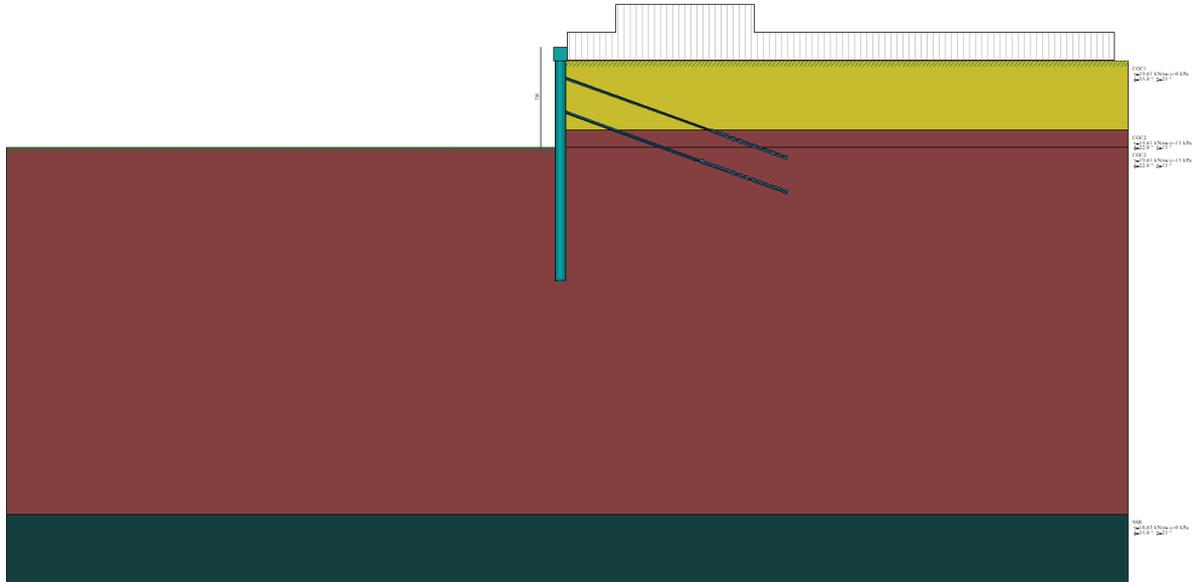


Figura 13.94 – Tempo 4 (Fase 5-11-17)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	156



*Figura 13.95 – Tempo 5 (Fase 6-12-18)*

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	157

**13.3.2 RISULTATI DELLE ANALISI**

Nelle figure seguenti si riportano i diagrammi del momento flettente – taglio – sforzo normale del singolo palo della paratia nelle combinazioni A1+M1 senza e con sisma, combinazioni A2+M2 senza e con sisma e Inviluppo.

Momento Flettente [KN m]

Taglio [KN]

Sforzo Normale [KN]

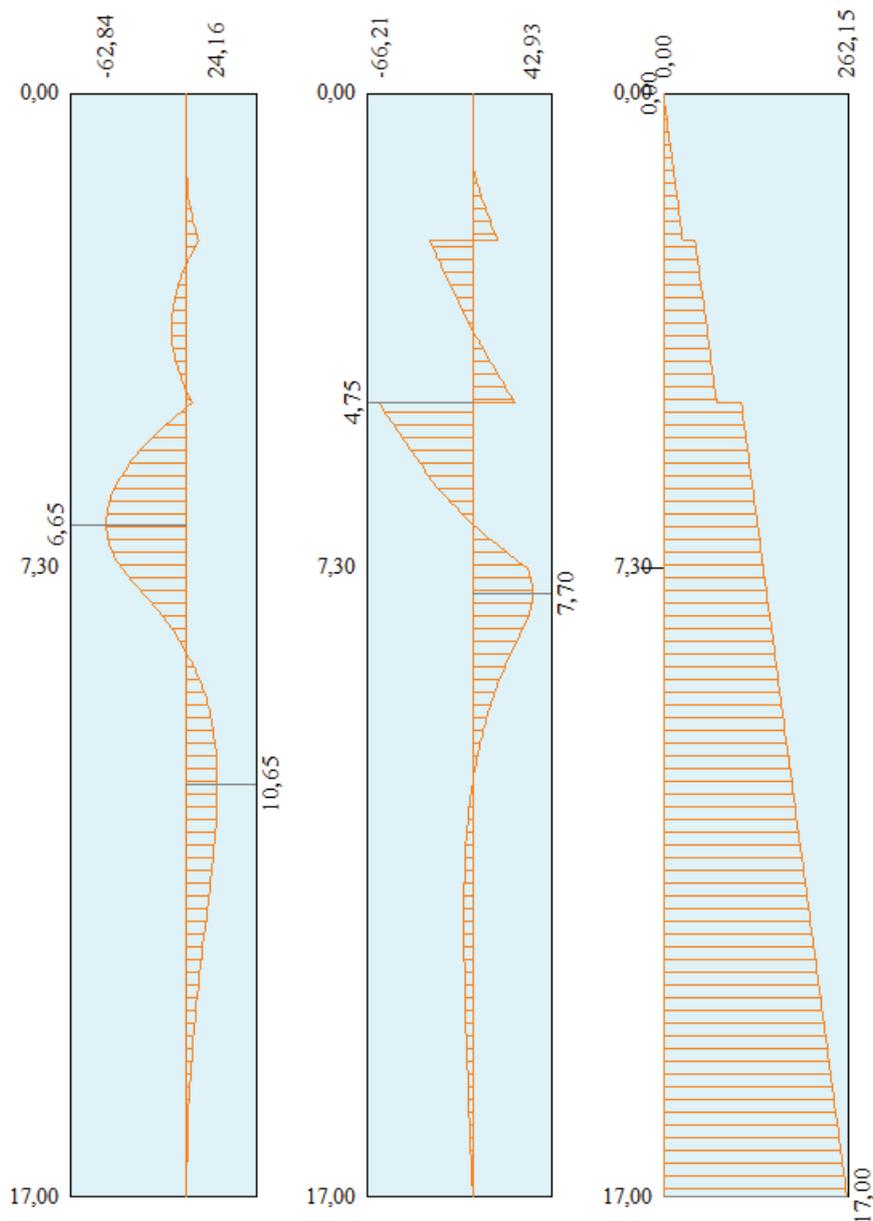


Figura 13.96 – Diagramma in combinazione SLU-STR (A1+M1- FASE 11)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	158

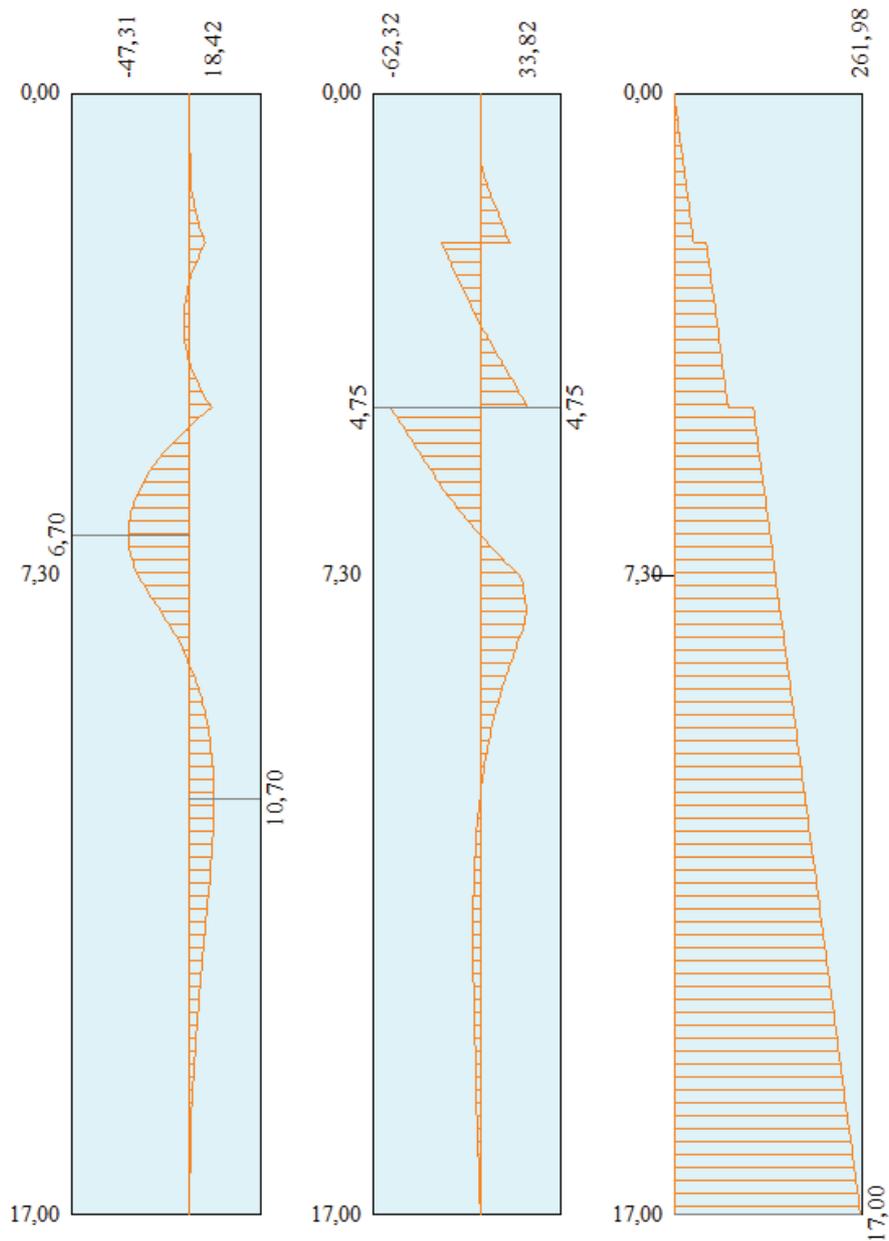


Figura 13.97 – Diagramma in combinazione SLV-STR (A1+M1+SISMA- FASE 12)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	159

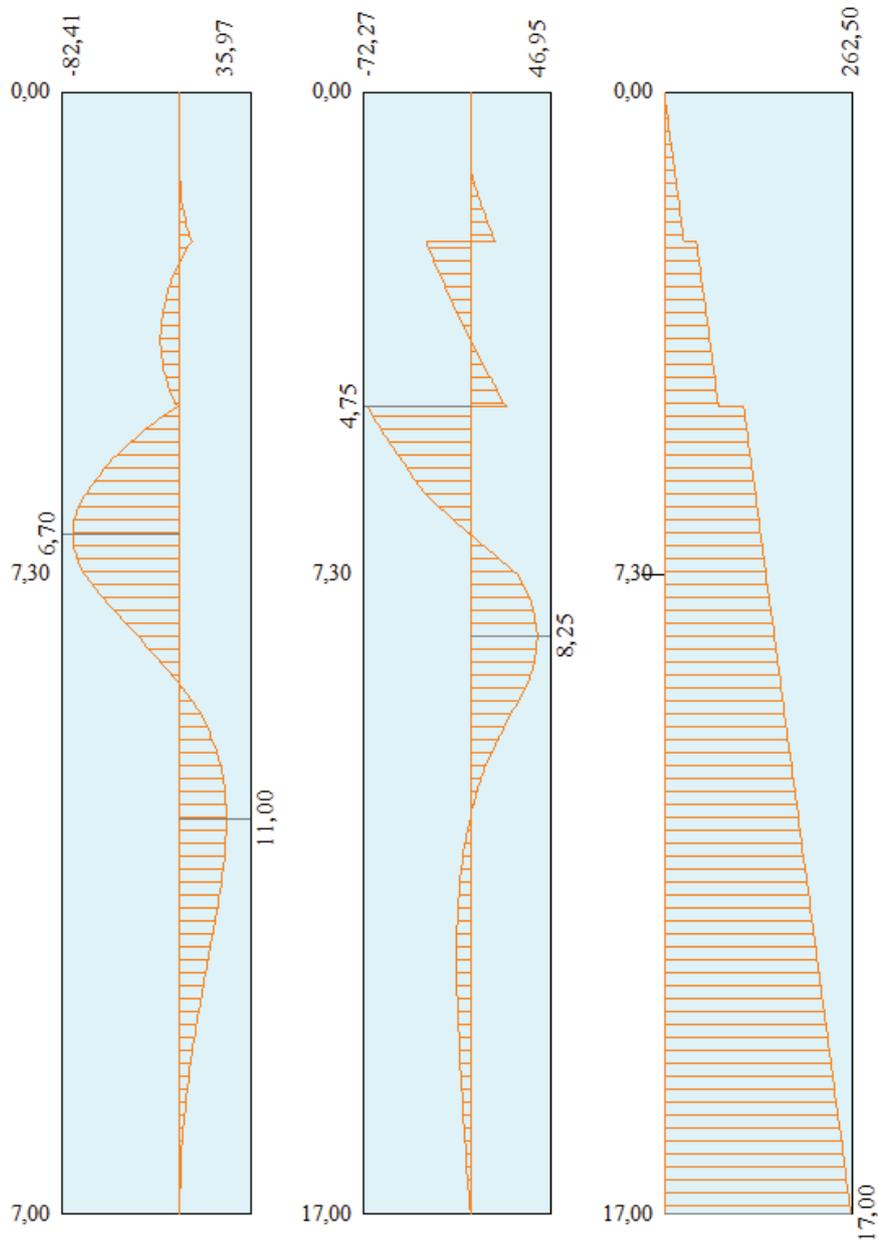


Figura 13.98 – Diagramma in combinazione SLU-GEO (A2+M2- FASE 17)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	160

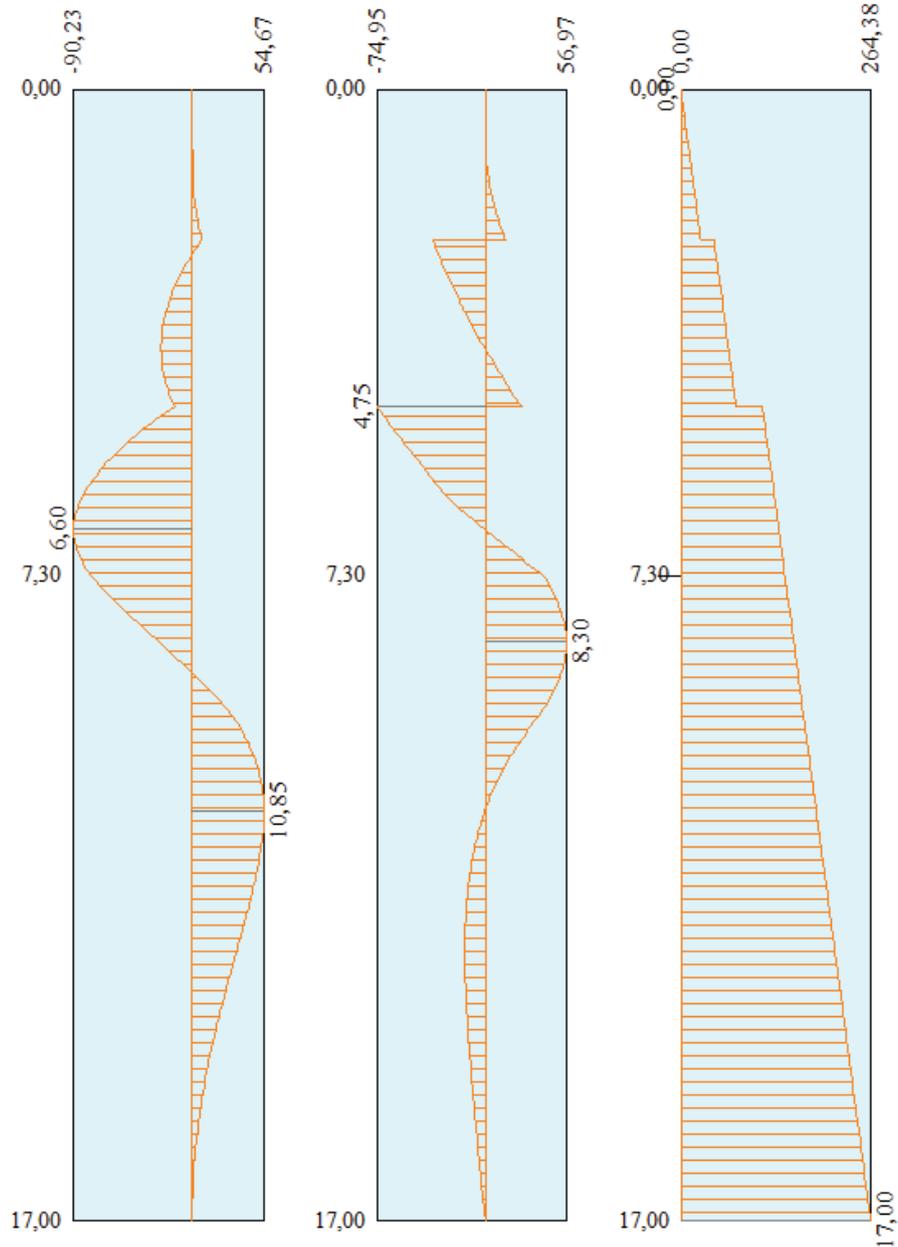


Figura 13.99 – Diagramma in combinazione SLV-GEO (A2+M2+SISMA- FASE 18)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	161

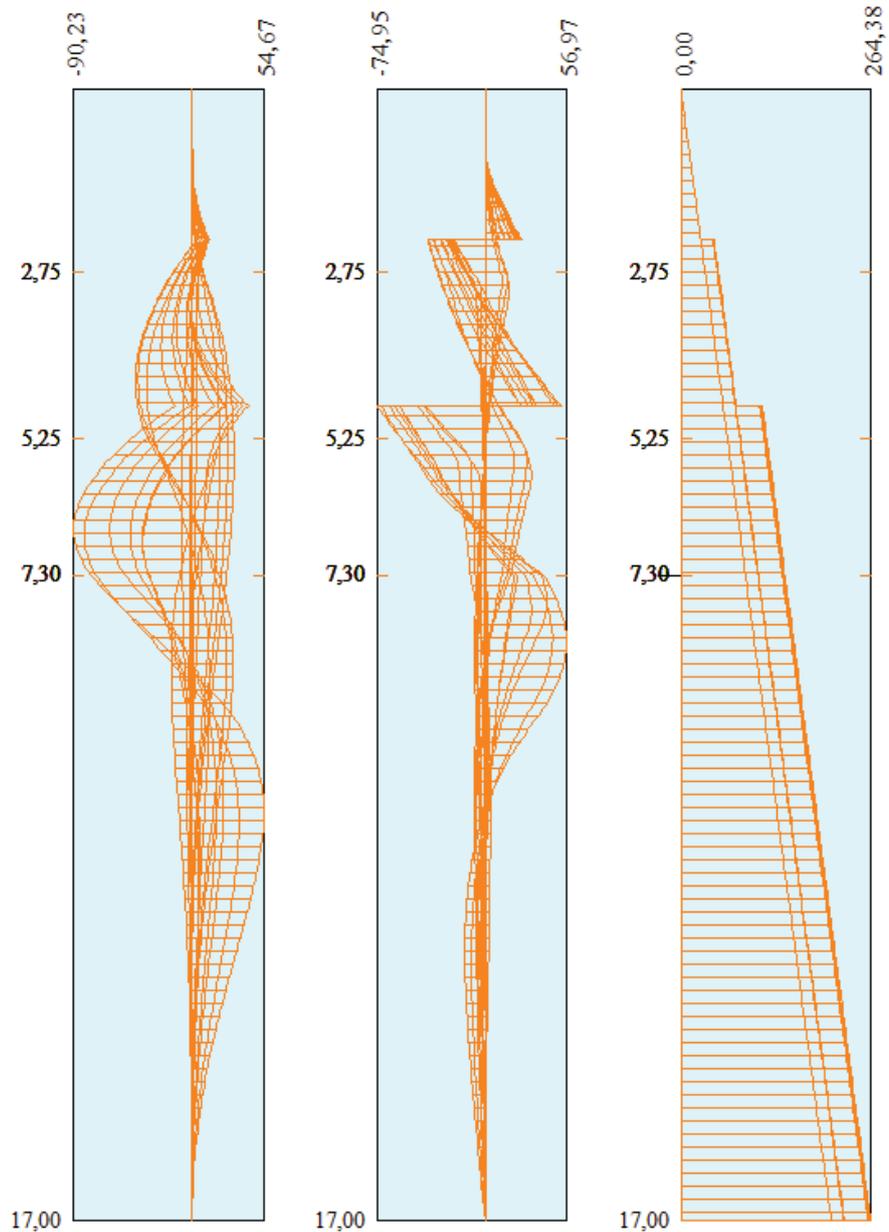


Figura 13.100 – Diagrammi di involucro delle sollecitazioni

Incremento dovuto al sisma Fase 6 ESE  $\Delta S= 7.61$  kN

Incremento dovuto al sisma Fase 12 A1+M1+SISMA  $\Delta S= 21.53$  kN

Incremento dovuto al sisma Fase 18 A2+M2+SISMA  $\Delta S= 31.46$  kN

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	162

Forze agenti sulla paratia

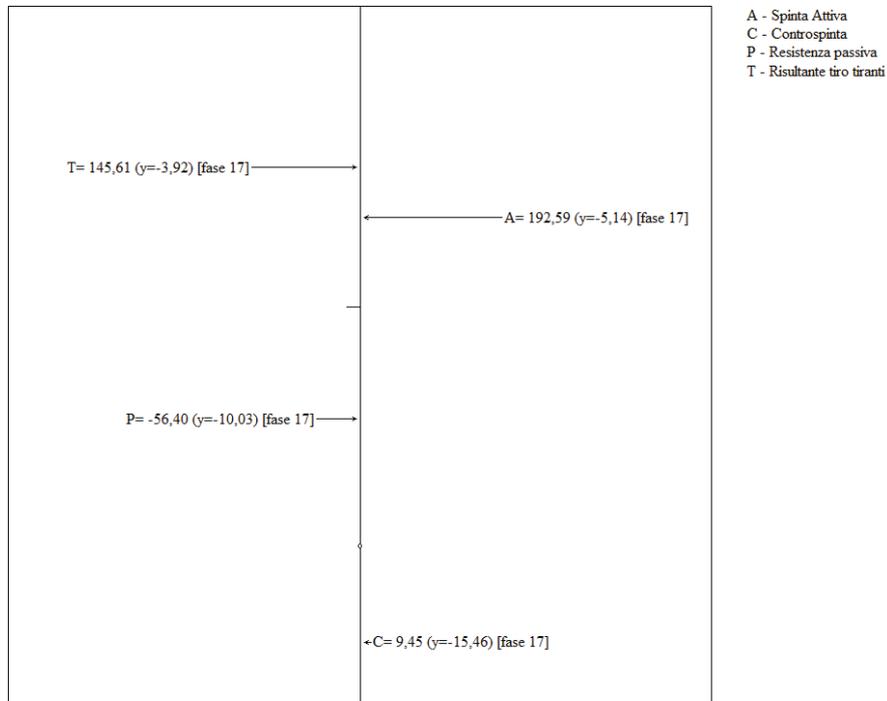


Figura 13.101 – Risultanti della spinta attiva e passiva in assenza di sisma (combinazione A2+M2-Fase 17)

Forze agenti sulla paratia

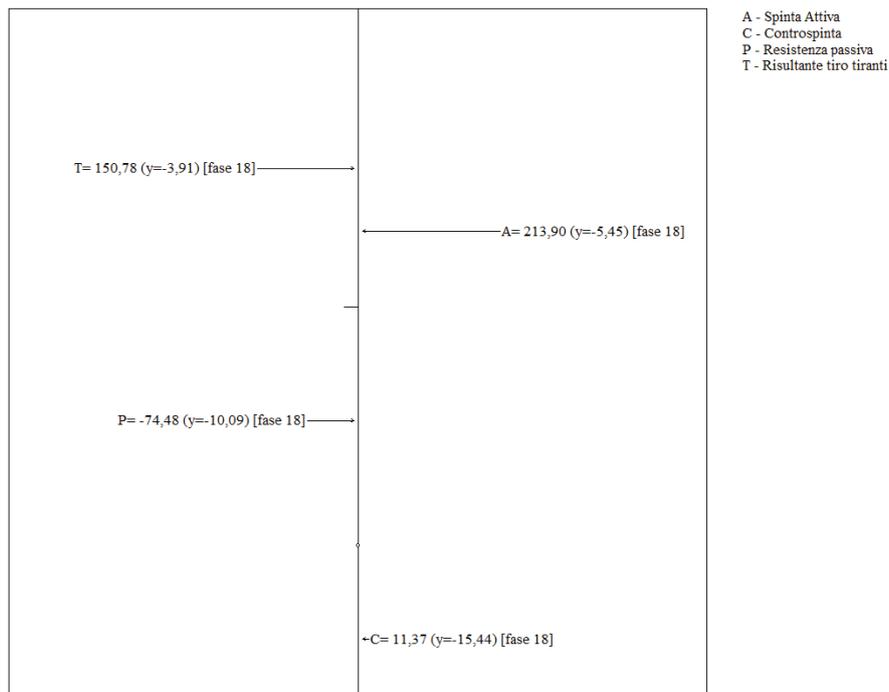
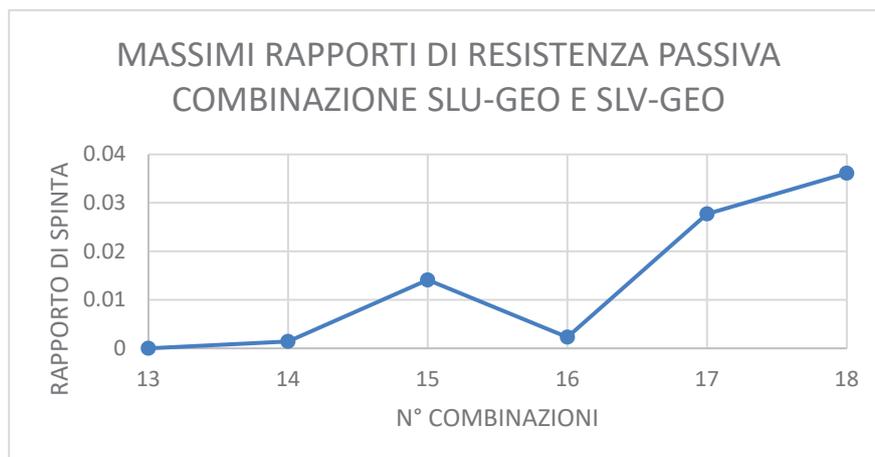
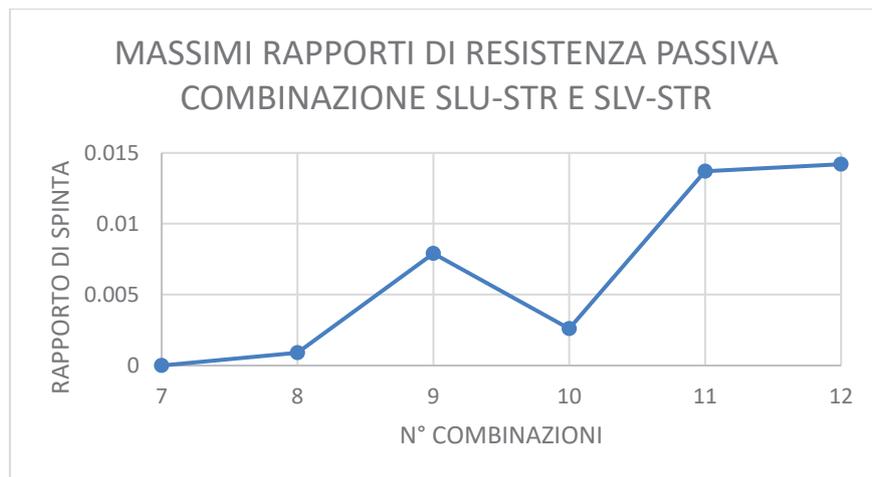
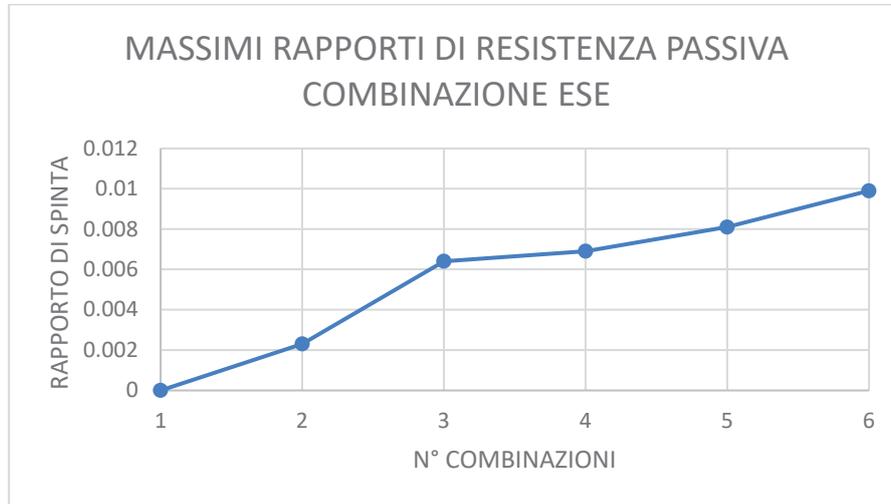


Figura 13.102 – Risultanti della spinta attiva e passiva in presenza di sisma (combinazione A2+M2+SISMA-Fase 18)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	163



**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	164

n°	Fase	Tempo	ESE	SLU-STR (A1+M1)	SLV-STR (A1+M1+E)	SLV-GEO (A2+M2)	SLV-GEO (A2+M2+E)
1	Scavo fino alla profondità di 2.75 metri	0					
2	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=2.75]	0	FASE 1	FASE 7	-	FASE 13	-
3	Inserimento condizione di carico nr 2 [Hscavo=2.75]	0					
4	Inserimento tirante 1 (X=2.25) [Hscavo=2.75]	1	FASE 2	FASE 8	-	FASE 14	-
5	Tesatura tirante 1 N=10197 [Hscavo=2.75]	1					
6	Scavo fino alla profondità di 5.25 metri	2	FASE 3	FASE 9	-	FASE 15	-
7	Inserimento tirante 2 (X=4.75) [Hscavo=5.25]	3	FASE 4	FASE 10	-	FASE 16	-
8	Tesatura tirante 2 N=20394 [Hscavo=5.25]	3					
9	Scavo fino alla profondità di 7.30 metri	4	FASE 5	FASE 11	-	FASE 17	-
10	Inserimento sisma	5	FASE 6	-	FASE 12	-	FASE 18

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	165

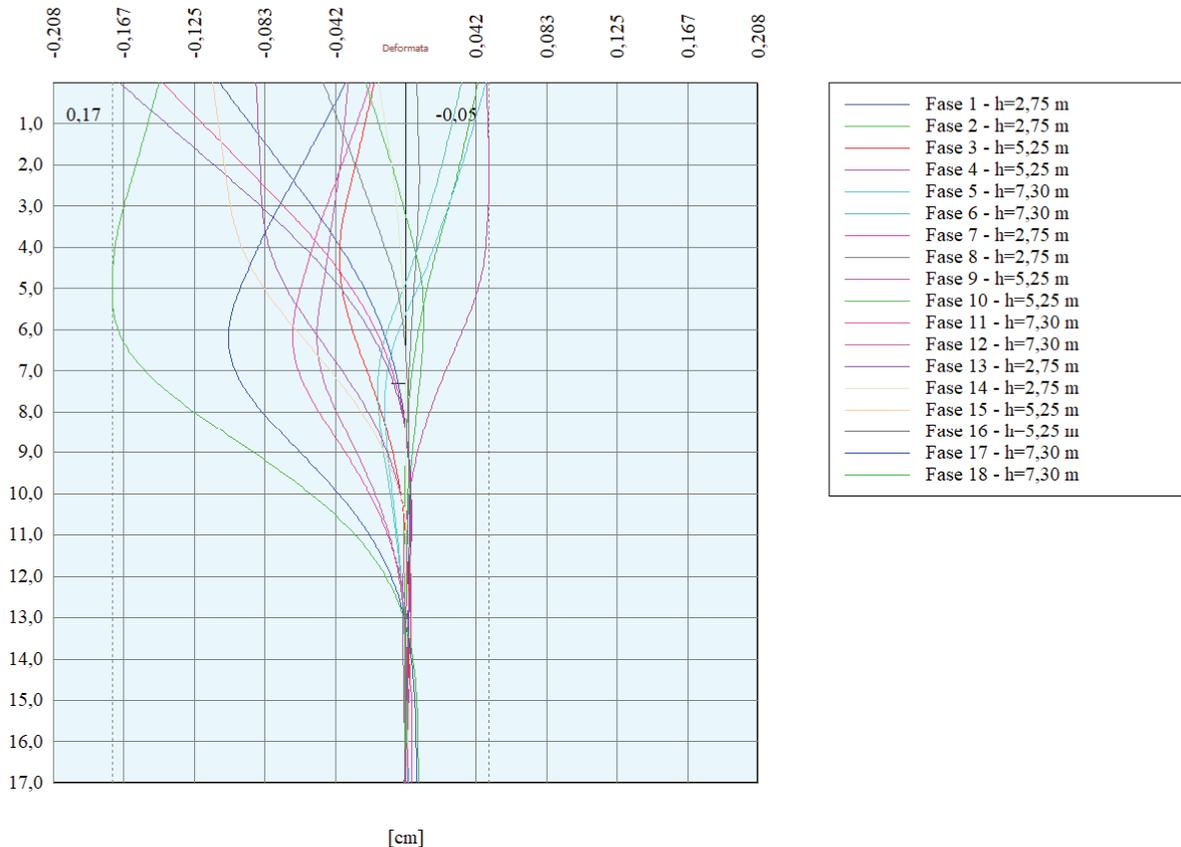


Figura 13.103 – Involuppo spostamenti

**Risultati tiranti**

Simbologia adottata

- N sforzo su ogni tirante della fila espresso in [kg]
- Af area di armatura in ogni tirante espressa in [cmq]
- L lunghezza totale di progetto del tirante espressa in [m]
- Lf lunghezza di fondazione di progetto del tirante espressa in [m]
- $\sigma_f$  tensione di trazione nell'acciaio del tirante espressa in [kPa]
- u spostamento orizzontale del tirante della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]
- R1, R2, R3 resistenza nei tre meccanismi considerati (sfilamento della fondazione, aderenza malta-armatura, resistenza malta) espressa in [kg]
- FS Fattore di sicurezza (rapporto  $\min(R1, R2, R3)/N$ )

**Fase n° 1 - ESE** non sono presenti tiranti

**Fase n° 2 - ESE** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	100,00	2,78	12,60	1,60	359712	-0,03041	827,87	836,83	5400,52	8.279

**Fase n° 3 - ESE** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	166

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	103,01	2,78	12,60	1,60	370539	0,03115	827,87	836,83	5400,52	8.037

**Fase n° 4 - ESE n° 2 file di tiranti presenti nella fase**

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	99,04	2,78	12,60	1,60	356262	-0,04906	827,87	836,83	5400,52	8.359
2	200,00	4,17	13,20	3,20	479616	-0,04431	963,59	1357,30	6300,60	4.818

**Fase n° 5 - ESE n° 2 file di tiranti presenti nella fase**

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	99,91	2,78	12,60	1,60	359378	-0,03133	827,87	836,83	5400,52	8.286
2	202,79	4,17	13,20	3,20	486318	-0,00967	963,59	1357,30	6300,60	4.752

**Fase n° 6 - ESE n° 2 file di tiranti presenti nella fase**

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	100,48	2,78	12,60	1,60	361423	-0,01970	827,87	836,83	5400,52	8.240
2	203,49	4,17	13,20	3,20	487977	-0,00109	963,59	1357,30	6300,60	4.735

**Fase n° 1 - SLU - STR non sono presenti tiranti**

**Fase n° 2 - SLU - STR n° 1 file di tiranti presenti nella fase**

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	100,00	2,78	12,60	1,60	359712	-0,00801	383,27	836,83	5400,52	3.833

**Fase n° 3 - SLU - STR n° 1 file di tiranti presenti nella fase**

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	104,59	2,78	12,60	1,60	376210	0,08579	383,27	836,83	5400,52	3.665

**Fase n° 4 - SLU - STR n° 2 file di tiranti presenti nella fase**

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	100,66	2,78	12,60	1,60	362075	0,00638	383,27	836,83	5400,52	3.808
2	200,00	4,17	13,20	3,20	479616	-0,00911	446,11	1357,30	6300,60	2.231

**Fase n° 5 - SLU - STR n° 2 file di tiranti presenti nella fase**

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	102,29	2,78	12,60	1,60	367965	0,03990	383,27	836,83	5400,52	3.747
2	205,60	4,17	13,20	3,20	493050	0,06035	446,11	1357,30	6300,60	2.170

**Fase n° 6 - SLV - STR n° 2 file di tiranti presenti nella fase**

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	102,27	2,78	12,60	1,60	367891	0,03948	383,27	836,83	5400,52	3.748
2	204,61	4,17	13,20	3,20	490680	0,04809	446,11	1357,30	6300,60	2.180

**Fase n° 1 - SLU - GEO non sono presenti tiranti**

**Fase n° 2 - SLU - GEO n° 1 file di tiranti presenti nella fase**

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	100,00	2,78	12,60	1,60	359712	0,00740	459,93	836,83	5400,52	4.599

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	167

**Fase n° 3 - SLU - GEO n° 1 file di tiranti presenti nella fase**

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	104,83	2,78	12,60	1,60	377092	0,10621	459,93	836,83	5400,52	4.387

**Fase n° 4 - SLU - GEO n° 2 file di tiranti presenti nella fase**

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	100,93	2,78	12,60	1,60	363043	0,02730	459,93	836,83	5400,52	4.557
2	200,00	4,17	13,20	3,20	479616	0,00644	535,33	1357,30	6300,60	2.677

**Fase n° 5 - SLU - GEO n° 2 file di tiranti presenti nella fase**

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	102,74	2,78	12,60	1,60	369585	0,06453	459,93	836,83	5400,52	4.476
2	207,16	4,17	13,20	3,20	496784	0,09519	535,33	1357,30	6300,60	2.584

**Fase n° 6 - SLV - GEO n° 2 file di tiranti presenti nella fase**

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	107,46	2,78	12,60	1,60	386535	0,16093	459,93	836,83	5400,52	4.280
2	213,46	4,17	13,20	3,20	511884	0,17327	535,33	1357,30	6300,60	2.508

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	168

**13.3.3 VERIFICHE**

**13.3.3.9 VERIFICHE TIRANTI**

**13.3.3.9.1 VERIFICA GERARCHIA DELLE RESISTENZE**

*Simbologia adottata*

Rg resistenza di progetto allo snervamento, espresso in [kN]  
R1 resistenza allo sfilamento della fondazione, espressa in [kN]  
FS Fattore di sicurezza (Rg/R1)

**Fase n° 1 - SLU - STR** non sono presenti tiranti

**Fase n° 2 - SLU - STR** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	403,70	383,27	1.053

**Fase n° 3 - SLU - STR** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	403,70	383,27	1.053

**Fase n° 4 - SLU - STR** n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	403,70	383,27	1.053
2	605,56	446,11	1.357

**Fase n° 5 - SLU - STR** n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	403,70	383,27	1.053
2	605,56	446,11	1.357

**Fase n° 6 - SLV - STR** n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	403,70	383,27	1.053
2	605,56	446,11	1.357

**13.3.3.9.2 VERIFICA GERARCHIA DELLE RESISTENZE, VALORI CARATTERISTICI**

I valori caratteristici si ricavano moltiplicandi i valori di resistenza di progetto coi relativi coefficienti di sicurezza  $\gamma_m=1,15$  e  $\gamma_{Ra}=1,20$

**Fase n° 1 - SLU - STR** non sono presenti tiranti

**Fase n° 2 - SLU - STR** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	464.26	459.92	1.010

**Fase n° 3 - SLU - STR** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	464.26	459.92	1.010

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	169

**Fase n° 4 - SLU - STR** n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	464,26	459,92	1.010
2	696,39	535,33	1.301

**Fase n° 5 - SLU - STR** n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	464,26	459,92	1.010
2	696,39	535,33	1.301

**Fase n° 6 - SLV - STR** n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	464,26	459,92	1.010
2	696,39	535,33	1.301

**13.3.3.9.3 VERIFICA DELLA LUNGHEZZA LIBERA IN CONDIZIONI SISMICHE**

Di seguito si riporta la verifica della lunghezza libera in condizioni sismiche,  $L_E$ , secondo le NTC2008 (§7.11.6.4).

$$L_E = L_s \cdot (1 + 1.5 \cdot a_{max}/g)$$

Le verifiche risultano soddisfatte. La lunghezza libera in condizioni statiche,  $L_s$ , è stata determinata in modo tale

che il bulbo di fondazione si collochi al di fuori del cono di spinta attiva; quest'ultimo ha inclinazione sulla verticale

di  $45^\circ - \varphi'/2$  (dove  $\varphi' = 22^\circ$  e  $35^\circ$ ).

**PROFONDITA' DEL CENTRO DI  
ROTAZIONE DAL FONDO  
SCAVO**

7.30 m

$L_{progetto}$ [m]	$L_s$ [m]	$a_{max}/g$ [-]	$L_E$ [m]	$L_{progetto} > L_E$
11	7,02	0,116	8,24	verificato
10	5,79	0,116	6,80	verificato

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	170

**13.3.3.10 VERIFICHE GEOTECNICHE**

**13.3.3.10.1 VERIFICA PORTANZA PALO**

*Simbologia adottata*

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

n°	Tipo	P <sub>P,med</sub> [kN]	P <sub>L,med</sub> [kN]	P <sub>P,min</sub> [kN]	P <sub>L,min</sub> [kN]	P <sub>d</sub> [kN]	N [kN]	FS
1	SLU - STR	2199,55	0,00	2199,55	0,00	1293,85	209,50	6.176
2	SLU - STR	2199,55	0,00	2199,55	0,00	1293,85	226,60	5.710
3	SLU - STR	1862,37	0,00	1862,37	0,00	1095,51	227,39	4.818
4	SLU - STR	1862,37	0,00	1862,37	0,00	1095,51	260,92	4.199
5	SLU - STR	1585,89	0,00	1585,89	0,00	932,88	262,15	3.558
6	SLV - STR	1585,89	0,00	1585,89	0,00	932,88	261,98	3.561
1	SLU - GEO	2199,55	0,00	2199,55	0,00	761,09	209,50	3.633
2	SLU - GEO	2199,55	0,00	2199,55	0,00	761,09	226,60	3.359
3	SLU - GEO	1862,37	0,00	1862,37	0,00	644,42	227,43	2.834
4	SLU - GEO	1862,37	0,00	1862,37	0,00	644,42	260,96	2.469
5	SLU - GEO	1585,89	0,00	1585,89	0,00	548,75	262,50	2.090
6	SLV - GEO	1585,89	0,00	1585,89	0,00	691,02	264,38	2.614

**13.3.3.10.2 VERIFICA STABILITA' GLOBALE (METODO DI FELLENIUS)**

*Simbologia adottata*

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

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X <sub>c</sub> , Y <sub>c</sub> [m]	R [m]	X <sub>v</sub> , Y <sub>v</sub> [m]	X <sub>m</sub> , Y <sub>m</sub> [m]	FS	R
1	SLU - GEO	-3,40; 0,00	17,34	-20,53; -2,69	13,92; -1,00	4.473	1.100
2	SLU - GEO	-3,40; 0,00	17,34	-20,53; -2,69	13,92; -1,00	4.500	1.100
3	SLU - GEO	-3,40; 0,00	17,34	-19,93; -5,22	13,92; -1,00	2.526	1.100
4	SLU - GEO	-1,70; 0,00	17,08	-17,96; -5,23	15,36; -1,00	2.565	1.100
5	SLU - GEO	-3,40; 0,00	17,34	-19,13; -7,29	13,92; -1,00	1.811	1.100
6	SLV - GEO	-3,40; 0,00	17,34	-19,13; -7,29	13,92; -1,00	1.601	1.200

*Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo*

*Simbologia adottata*

- Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)  
 Le strisce sono numerate da monte verso valle  
 N° numero d'ordine della striscia  
 W peso della striscia espresso in [kg]  
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (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]  
 L sviluppo della base della striscia espressa in [m] (L=b/cosα)  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]  
 C<sub>tn</sub>, C<sub>tt</sub> contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kg]

**Fase n° 6 - SLV - GEO**

Numero di strisce 51  
 Sisma verticale verso il basso.

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	171

**Caratteristiche delle strisce**

n°	W [kN]	$\alpha$ [°]	L [m]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	(Ctn; Ctt) [kN]
1	8,1026	-62,77	1,44	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
2	23,3095	-58,31	1,26	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
3	36,1763	-54,36	1,13	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
4	47,3570	-50,77	1,04	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
5	57,2309	-47,43	0,98	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
6	66,0423	-44,30	0,92	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
7	73,9595	-41,32	0,88	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
8	81,1043	-38,48	0,84	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
9	87,5683	-35,74	0,81	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
10	93,4220	-33,10	0,79	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
11	98,7212	-30,53	0,77	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
12	103,5105	-28,03	0,75	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
13	107,8263	-25,59	0,73	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
14	111,6983	-23,19	0,72	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
15	115,1514	-20,84	0,71	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
16	118,2058	-18,52	0,70	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
17	120,8787	-16,24	0,69	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
18	123,1840	-13,98	0,68	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
19	125,1334	-11,74	0,67	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
20	126,7363	-9,52	0,67	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
21	128,0003	-7,32	0,67	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
22	128,9310	-5,12	0,66	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
23	129,5326	-2,94	0,66	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
24	129,8078	-0,76	0,66	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
25	129,7578	1,43	0,66	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
26	129,3824	3,61	0,66	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
27	128,6799	5,80	0,66	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
28	127,6473	7,99	0,67	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
29	126,2798	10,20	0,67	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
30	200,3037	12,38	0,65	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
31	208,4252	14,53	0,65	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
32	206,2307	16,70	0,66	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
33	203,7098	18,90	0,67	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
34	200,8504	21,12	0,68	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
35	197,6375	23,38	0,69	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
36	202,6142	25,68	0,70	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
37	202,7292	28,03	0,72	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
38	198,3360	30,42	0,73	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
39	193,4948	32,88	0,75	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
40	188,1686	35,41	0,78	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
41	182,3113	38,02	0,80	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
42	175,8654	40,72	0,83	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
43	168,7576	43,54	0,87	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
44	160,8918	46,51	0,92	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
45	152,1384	49,64	0,98	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
46	142,3154	52,99	1,05	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
47	131,1521	56,63	1,15	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
48	118,2125	60,66	1,29	17,91	12,0	0,0	55,61; 9,14
49	102,6995	65,30	1,51	17,91	12,0	0,0	25,15; 2,07
50	82,7621	71,01	1,94	23,58	6,0	0,0	0,00; 0,00
51	48,3294	80,33	3,77	29,26	0,1	0,0	0,00; 0,00

Resistenza a taglio paratia = 0,0000 [kN]

$\Sigma W_i = 6551,2731$  [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 1257,8499$  [kN]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 1801,9651$  [kN]

$\Sigma c_b / \cos \alpha_i = 494,7349$  [kN]

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	172

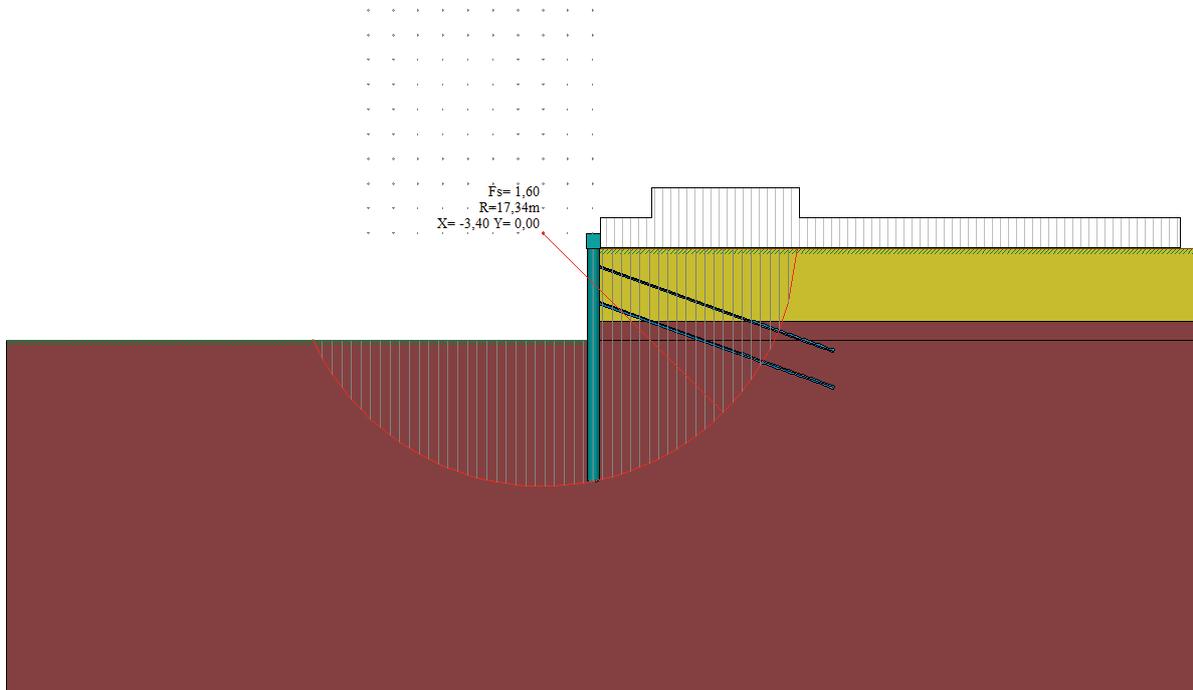


Figura 13.104 – Verifica della stabilità globale FS minimo.FS=1.60

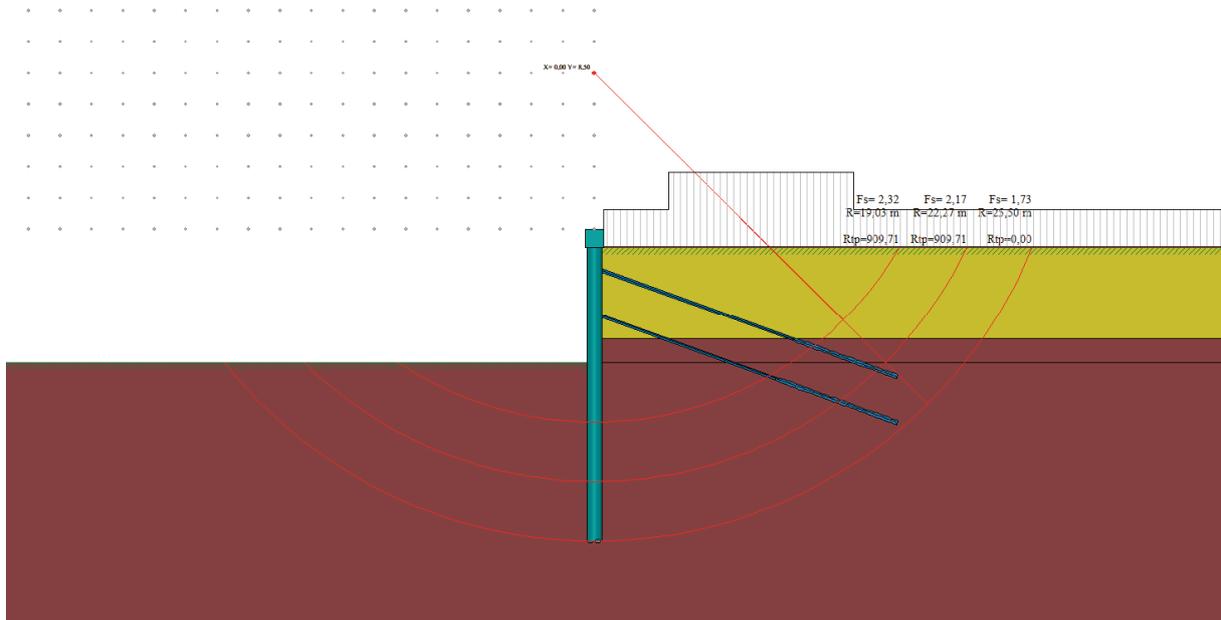


Figura 13.105.1 – Valore FS della ipotetica superficie di scorrimento esterno ai bulbi.FS=1.73

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	173

13.3.3.10.3 VERIFICHE DI CORPO RIGIDO

*Simbologia adottata*

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

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

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

n°	Tipo	S Y	R Y	W Y	T Y	P Y	V Y	C Y	Mr	Ms	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>SCO</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]		
1	ESE	934,1162 11,98	5088,1713 12,02	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	4689,7870	25363,0205	5.408	5.447
2	ESE	934,1162 11,98	5088,1713 12,02	0,0000 0,00	46,9846 2,25	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	4689,7870	26056,0439	5.556	5.497
3	ESE	934,1162 11,98	3529,0074 12,91	0,0000 0,00	48,3988 2,25	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	4689,7870	15154,4810	3.231	3.830
4	ESE	934,1162 11,98	3529,0074 12,91	0,0000 0,00	140,5032 3,92	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	4689,7870	16278,0976	3.471	3.928
5	ESE	934,1162 11,98	2505,9194 13,55	0,0000 0,00	142,2232 3,92	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	4689,7870	10507,2046	2.240	2.835
6	ESE	941,3043 11,92	2505,9194 13,55	0,0000 0,00	142,8153 3,92	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	4781,2258	10515,1250	2.199	2.814
7	SLU - STR	1288,2809 11,96	6466,1404 12,03	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	6493,0275	32160,0107	4.953	5.019
8	SLU - STR	1288,2809 11,96	6466,1404 12,03	0,0000 0,00	46,9846 2,25	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	6493,0275	32853,0340	5.060	5.056
9	SLU - STR	1288,2809 11,96	4439,5155 12,95	0,0000 0,00	49,1395 2,25	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	6493,0275	18689,4156	2.878	3.484
10	SLU - STR	1288,2809 11,96	4439,5155 12,95	0,0000 0,00	141,2625 3,91	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	6493,0275	19813,3062	3.051	3.556
11	SLU - STR	1288,2809 11,96	3126,9542 13,61	0,0000 0,00	144,6639 3,92	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	6493,0275	12506,7370	1.926	2.540
12	SLV - STR	954,4435 11,82	2505,9194 13,55	0,0000 0,00	144,1900 3,92	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	4948,3649	10534,0774	2.129	2.777
13	SLU - GEO	1211,5959 11,88	4286,2730 12,07	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	6208,5775	21147,2159	3.406	3.538
14	SLU - GEO	1211,5959 11,88	4286,2730 12,07	0,0000 0,00	46,9846 2,25	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	6208,5775	21840,2392	3.518	3.576
15	SLU - GEO	1211,5959 11,88	2972,2780 12,94	0,0000 0,00	49,2548 2,25	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	6208,5775	12799,6086	2.062	2.494
16	SLU - GEO	1211,5959 11,88	2972,2780 12,94	0,0000 0,00	141,3889 3,91	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	6208,5775	13923,6640	2.243	2.570
17	SLU - GEO	1211,5959 11,88	2101,6098 13,58	0,0000 0,00	145,6070 3,92	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	6208,5775	9087,6600	1.464	1.855
18	SLV - GEO	1214,4884 11,70	2101,6098 13,58	0,0000 0,00	150,7795 3,91	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	6441,0218	9156,5575	1.422	1.855

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	174

**13.3.3.11 VERIFICHE STRUTTURALI DELLA SEZIONE IN C.A.**

Si riporta di seguito la verifica a presso-flessione e a taglio della sezione in c.a. per le sollecitazioni massime riportate in figura.

I pali hanno un'armatura corrente di 16φ18. L'armatura trasversale è invece costituita da una spirale φ10/20.

Il cordolo in c.a. risulta armato con 4φ16+4φ16 e staffe φ10/25 a 2 bracci piano verticale e 2 bracci piano orizzontale.

**13.3.3.11.1 VERIFICHE SLU**

**13.3.3.11.1.1 DOMINI M-N**

Di seguito sono riportati per ogni tratto di armatura i diagrammi di interazione  $M_u-N_u$  della sezione; sono stati calcolati 16 punti per ogni sezione analizzata.

Per la costruzione dei diagrammi limiti si sono assunti i seguenti valori:

Tensione caratteristica cubica del cls	$R_{bk} = 30000$ [kPa]
Tensione caratteristica cilindrica del cls ( $0.83 \times R_{bk}$ )	$R_{ck} = 254$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Fattore di riduzione per carico di lunga permanenza	$\psi = 0.85$
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	$f_{yk} = 450000$ [kPa]
Coefficiente di sicurezza cls	$\gamma_c = 1.50$
Coefficiente di sicurezza acciaio	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo del cls ( $\psi R_{ck} / \gamma_c$ )	$R_c^* = 144$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Resistenza di calcolo dell'acciaio ( $f_{yk} / \gamma_s$ )	$R_s^* = 3990$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s = 2100000$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Deformazione ultima del calcestruzzo	$\epsilon_{cu} = 0.0035$ (0.35%)
Deformazione del calcestruzzo al limite elastoplastico	$\epsilon_{ck} = 0.0020$ (0.20%)
Deformazione ultima dell'acciaio	$\epsilon_{yu} = 0.0100$ (1.00%)
Deformazione dell'acciaio al limite elastico ( $R_s^* / E_s$ )	$\epsilon_{yk} = 0.0015$ (0.19%)

*Legame costitutivo del calcestruzzo*

Per il legame costitutivo del calcestruzzo si assume il diagramma parabola-rettangolo espresso dalle seguenti relazioni:

*Tratto parabolico:*  $0 \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{ck}$

$$\sigma_c = \frac{R_c^* (2\epsilon_c \epsilon_{ck} - \epsilon_c^2)}{\epsilon_{ck}^2}$$

*Tratto rettangolare:*  $\epsilon_{ck} < \epsilon_c \leq \epsilon_{cu}$

$$\sigma_c = R_c^*$$

*Legame costitutivo dell'acciaio*

Per l'acciaio si assume un comportamento elastico-perfettamente plastico espresso dalle seguenti relazioni:

$$\sigma_s = E_s \epsilon_s \quad \text{per } 0 \leq \epsilon_s \leq \epsilon_{sy}$$

$$\sigma_s = R_s^* \quad \text{per } \epsilon_{sy} < \epsilon_s \leq \epsilon_{su}$$

Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	175

Valori del dominio M-N del palo

N°	N <sub>u</sub> [kN]	M <sub>u</sub> [kNm]
1	-1593,1972	0,0000
2	0,0000	475,6076
3	968,9553	678,0047
4	1453,4330	746,8777
5	1937,9106	805,6064
6	2422,3883	840,4538
7	2906,8660	859,1678
8	3391,3436	857,6519
9	3875,8213	833,0126
10	4360,2989	799,2089
11	4844,7766	756,7915
12	5329,2543	704,2476
13	5813,7319	637,4027
14	6298,2096	557,7372
15	6782,6872	464,4339
16	7267,1649	0,0000
17	7267,1649	0,0000
18	6782,6872	-464,4339
19	6298,2096	-557,7372
20	5813,7319	-637,4027
21	5329,2543	-704,2476
22	4844,7766	-756,7915
23	4360,2989	-799,2089
24	3875,8213	-833,0126
25	3391,3436	-857,6519
26	2906,8660	-859,1678
27	2422,3883	-840,4538
28	1937,9106	-805,6064
29	1453,4330	-746,8777
30	968,9553	-678,0047
31	0,0000	-475,6076
32	-1593,1972	0,0000

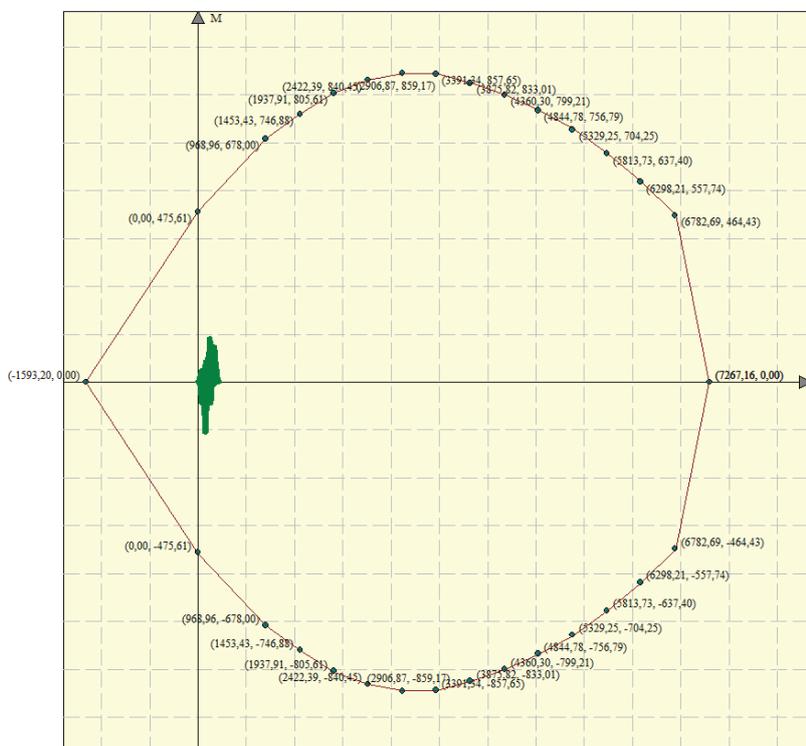


Figura 13.106 – Dominio M-N, sezione palo, armatura in c.a.

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	176

Tabella 18 – Sollecitazioni massime del singolo palo

COMBINAZIONE		PROFONDITA'[m]	M <sub>palo</sub> [KNm]	N <sub>palo</sub> [KN]	PROFONDITA'[m]	T <sub>palo</sub> [KN]
SLU-STR (A1+M1)	FASE 11	6.65	61.26	136.62	4.75	68.65
SLU-GEO (A2+M2)	FASE 17	6.75	79.04	200.00	4.75	74.50
SLV-STR (A1+M1+SISMA)	FASE 12	6.75	45.92	137.33	4.75	64.23
SLV-GEO (A2+M2+SISMA)	FASE 18	6.70	87.07	200.00	4.75	79.67

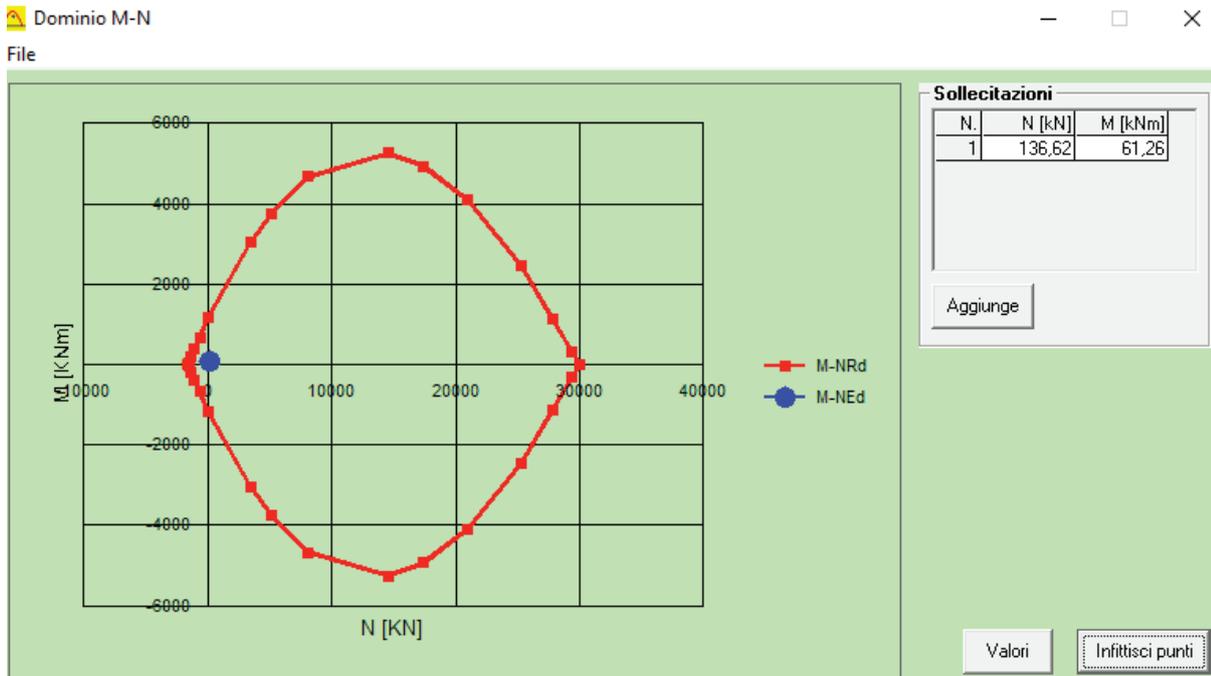


Figura 13.107 – SLU-STR (A1+M1), FASE 11

$M_{Ed} = 61.26 \text{ kNm}$   
 $N (M_{Ed}) = 136.62 \text{ kN}$   
 $M_U = 1230 \text{ kNm}$   
 $FS = 20.08$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	177

Dominio M-N

File

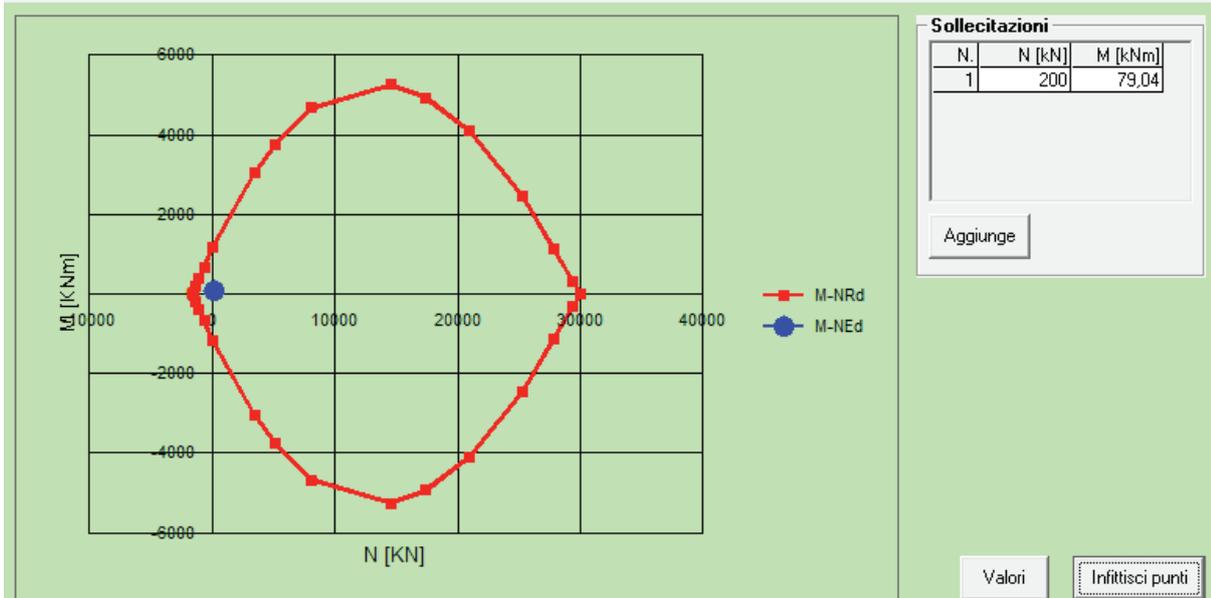


Figura 13.108 – SLU-GEO (A2+M2), FASE 17

$M_{Ed} = 79.04$  kNm  
 $N (M_{Ed}) = 200.00$  kN  
 $M_U = 1272$  kNm  
 $FS = 16.09$

Dominio M-N

File

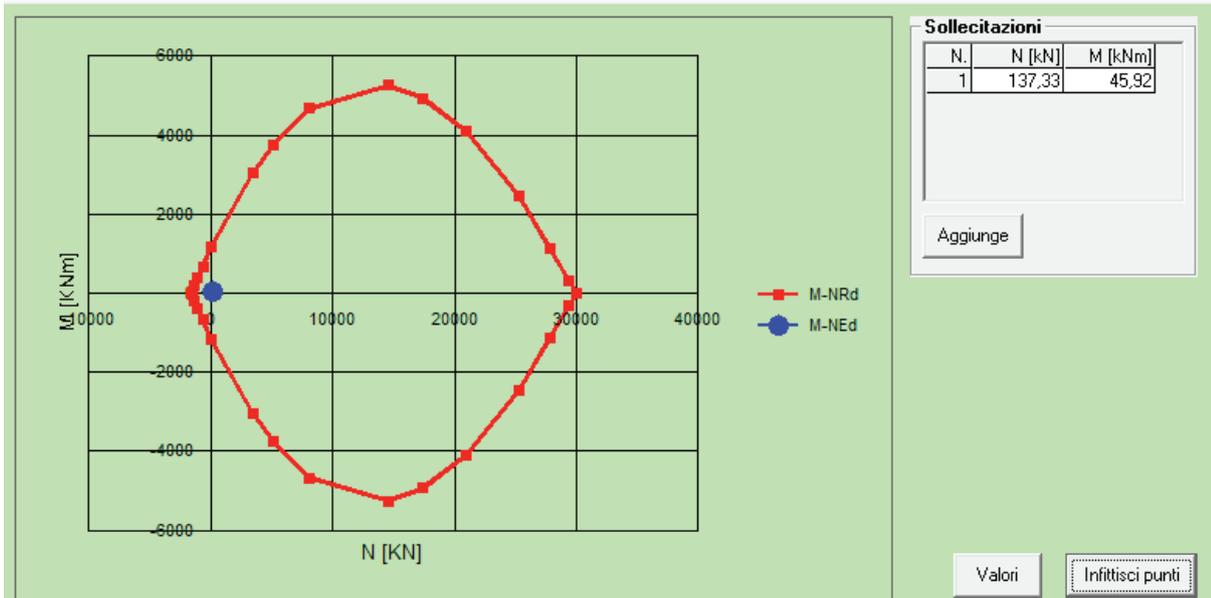


Figura 13.109 – SLV-STR (A1+M1+SISMA), FASE 12

$M_{Ed} = 45.92$  kNm  
 $N (M_{Ed}) = 137.33$  kN  
 $M_U = 1231$  kNm  
 $FS = 26.81$

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	178

Dominio M-N

File

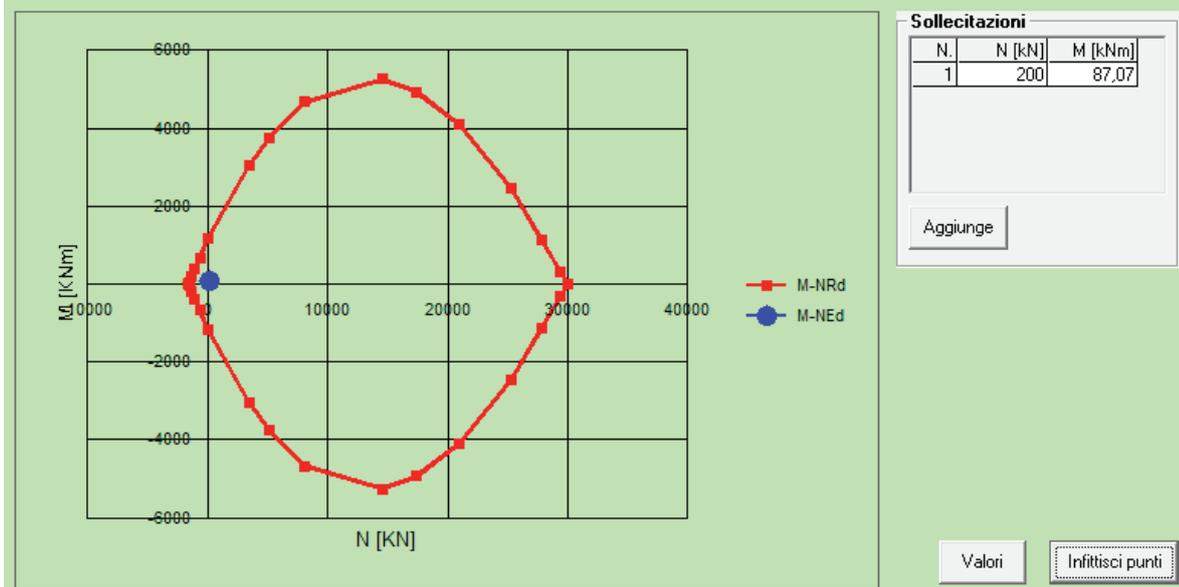


Figura 13.110 – SLV-GEO (A2+M2+SISMA), FASE 18

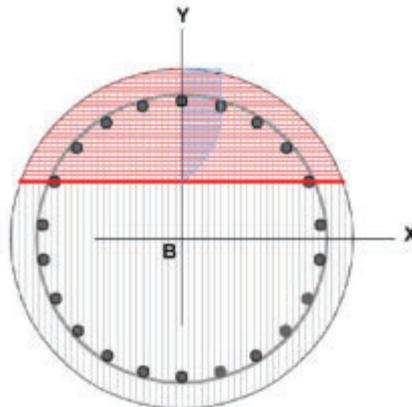
$M_{Ed} = 87.07 \text{ kNm}$   
 $N (M_{Ed}) = 200.00 \text{ kN}$   
 $M_U = 1272 \text{ kNm}$   
 $FS = 14.61$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	179

13.3.3.11.1.2 VERIFICA A TAGLIO DEL SINGOLO PALO SEZIONE CIRCOLARE

Si prende in considerazione il valore massimo dell' involuppo della sollecotazione tagliante  
Tmax= 79.67 kN



Diametro palo[cm]	80	Carico assiale [kN]	0	
Diametro staffe [cm]	68	diametro ferri lon.[mm]	18	
Copriferro staffe [cm]	6,00	$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	25,00	
$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	450,00	$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	14,17	
<b>Armatura trasversale</b>				
diametro staffe [mm]	10,00	passo [cm]	20,00	
Area staffe [mm <sup>2</sup> ]	157	numero braccia elicoidali	2	
<b>Verifica a Taglio</b>				
$\cot\theta$ per $V_{Rsd} = V_{Rcd}$	$\cotg\theta$	$\alpha_c$	$V_{Rsd}$ [kN]	$V_{Rcd}$ [kN]
4,1759	2,5000	1,00	415,59	1056,93
<b>Taglio Resistente di Progetto <math>V_{Rd}</math> [kN]</b>				<b>415,59</b>
<b>Taglio di Progetto <math>V_d</math> [kN]</b>				<b>79,67</b>
<b>FS</b>				<b>5,22</b>

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	180

13.3.3.11.2 VERIFICHE SLE

13.3.3.11.2.1 VERIFICA TENSIONI

*Simbologia adottata*

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

A <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	cmb	σ <sub>f</sub>	cmb
[cmq]	[kPa]		[kPa]	
40,72	1416	4	29278	4

13.3.3.11.2.2 VERIFICA FESSURAZIONE

*Simbologia adottata*

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

Oggetto	n° - Tipo	Y	M	M <sub>f</sub>	s	ε <sub>sm</sub>	W <sub>lim</sub>	W <sub>k</sub>
		[m]	[kNm]	[kNm]	[mm]	[%]	[mm]	[mm]
Paratia	4 - ESE	4,75	42,93	184,22	0,000	0,0000	0,200	0,000

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	181

13.3.3.11.3 **VERIFICHE DELLA TRAVE DI RIPARTIZIONE**

Il calcolo del cordolo con tiranti fa riferimento ad un metodo suggerito da Joseph E. BOWLES (Fondazioni, progetto e analisi – cap. 13 paratie a mensole e ancorate) il quale considera, per il progetto del cordolo, uno schema di trave su appoggi con carico uniformemente distribuito:

Si considera una trave continua con appoggi nel piano orizzontale con interasse dei Tiranti e appoggi nel piano verticale con interasse dei pali della paratia.

$Q_0 = N_0 \times n^\circ \text{Tiranti} / \text{Lunghezza paratia}$ , dove gli appoggi sono le posizioni dei tiranti

Mentre il carico uniformemente distribuito nel piano verticale viene calcolato con la seguente formula

$Q_v = N_v \times n^\circ \text{Pali} / \text{Lunghezza paratia}$ , dove gli appoggi sono i pali

Di seguito si riporta il calcolo dei carichi equivalenti distribuiti sui cordoli in acciaio modellati tridimensionalmente.

1° ordine di tiranti				
forza tirante	inclinazione	lunghezza paratia	n. tiranti	n. pali
[kN]	[°]	[m]	[-]	[-]
107,46	20	5,00	3	6

	N totale [kN]	[kN/m]
componente verticale	36,75	$Q_v$ 44,10
componente orizzontale	100,98	$Q_o$ 60,59

2° ordine di tiranti				
forza tirante	inclinazione	lunghezza paratia	n. tiranti	n. pali
[kN]	[°]	[m]	[-]	[-]
213,46	20	5,00	3	6

	N totale [kN]	[kN/m]
componente verticale	73,01	$Q_v$ 87,61
componente orizzontale	200,59	$Q_o$ 120,35

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	182

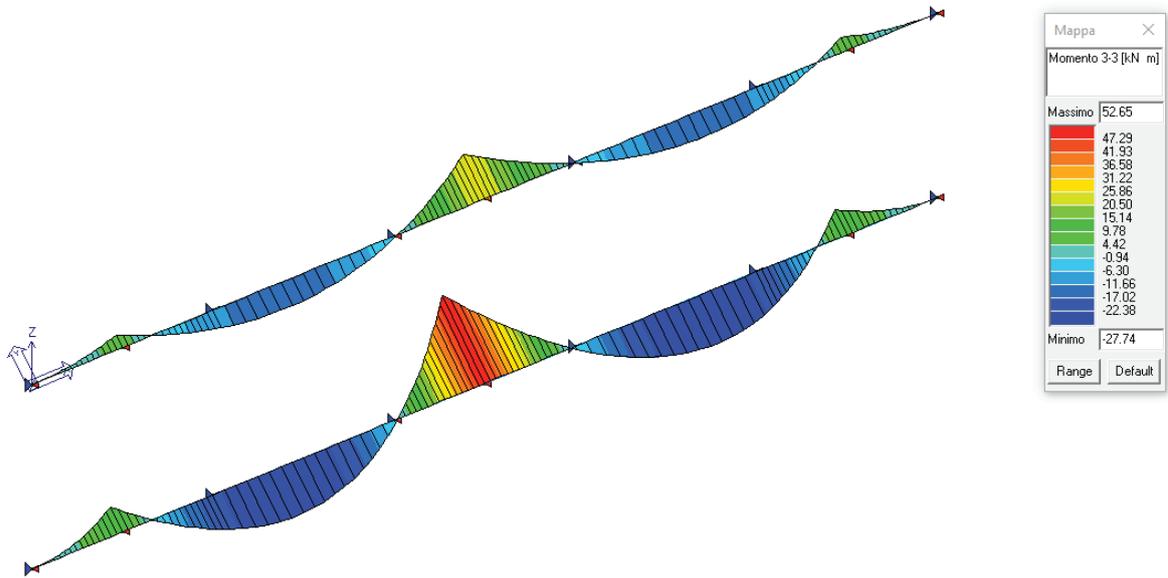


Figura 13.111 – Diagramma momento flettente sul piano orizzontale

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	183

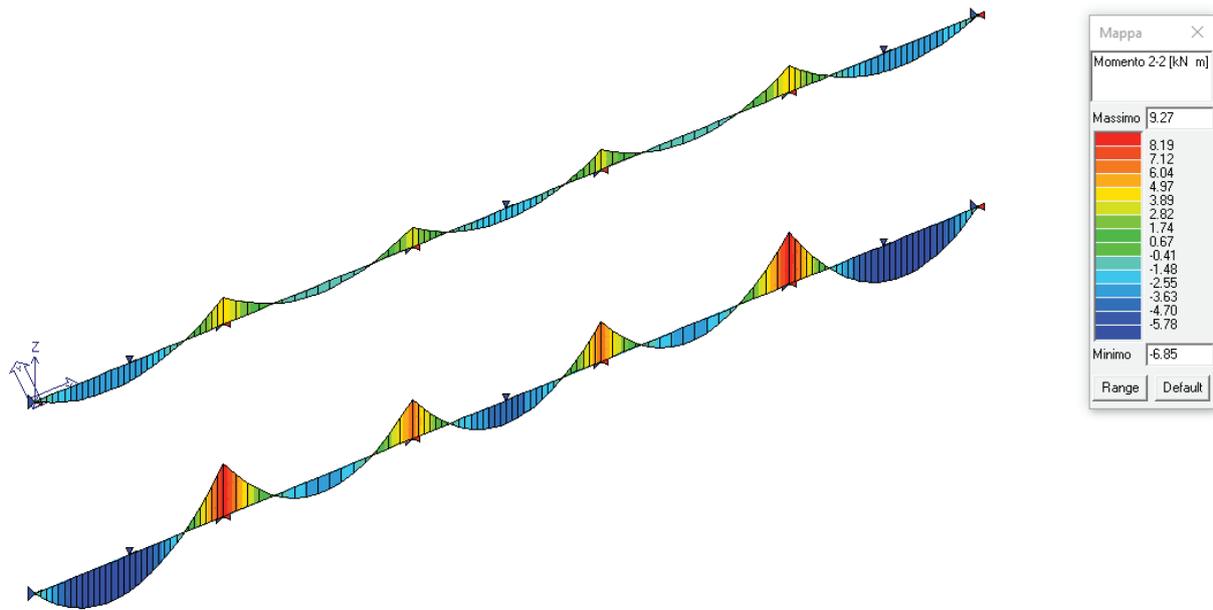


Figura 13.112 – Diagramma momento flettente sul piano verticale

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	184

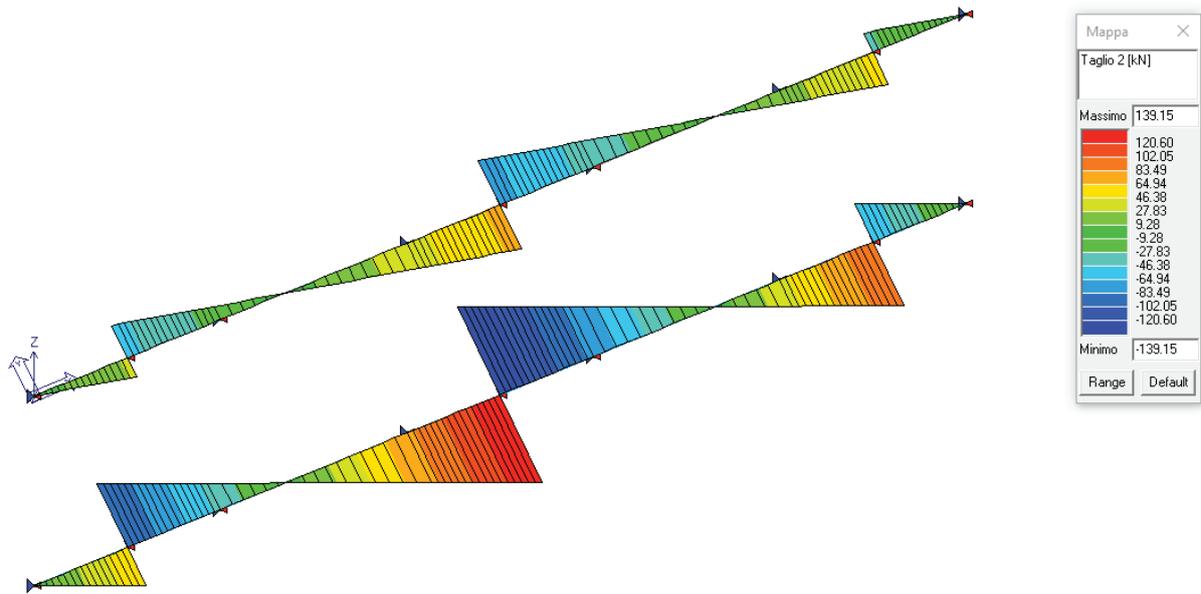


Figura 13.113 – Diagramma del taglio sul piano orizzontale

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	185

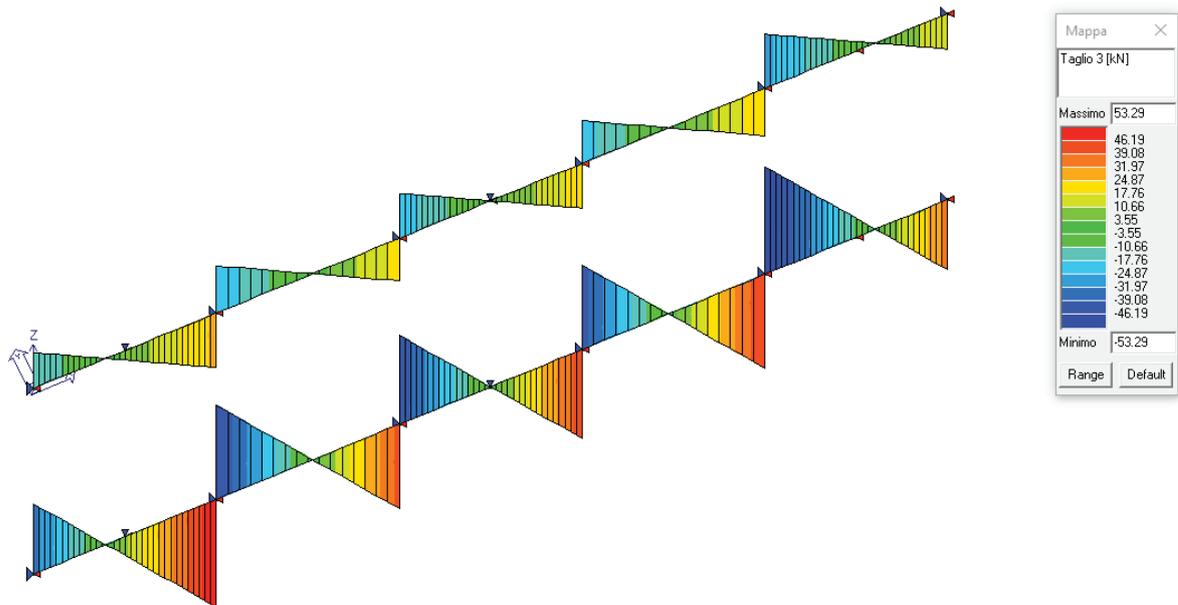


Figura 13.114 – Diagramma del taglio sul piano verticale

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	186



Figura 13.115 –Mappa cromatica dei valori di sfruttamento degli elementi strutturali espressi, in percentuale, come il maggiore dei tre rapporti tra le tensioni massime (resistenza, stabilità, svergolamento) e quelle limite di progetto

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	187

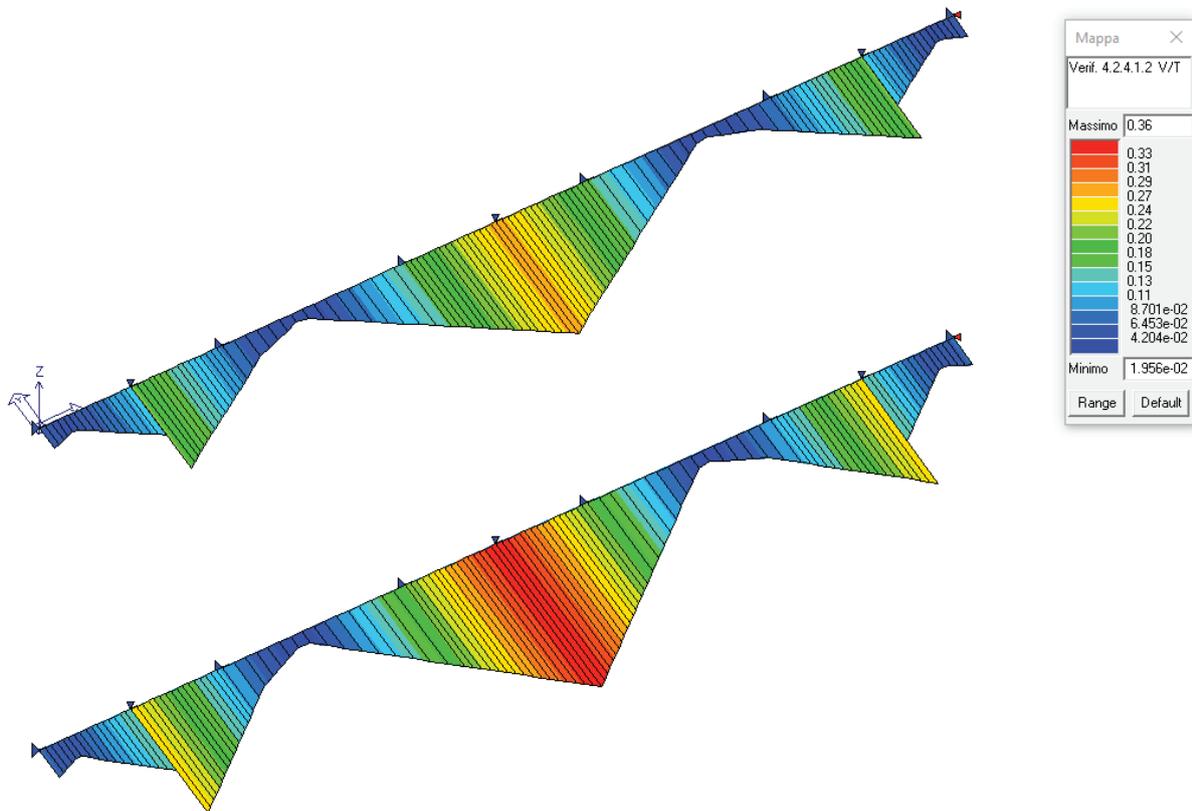


Figura 13.116 Verifica a taglio e torsione degli elementi espressi mediante i valori di  $VEd/V_{c,Rd}$  (oppure  $TEd/TR_{d}$  se questa dovesse risultare più restrittiva). La verifica è da considerarsi soddisfatta se il valore è inferiore a 1.

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	188

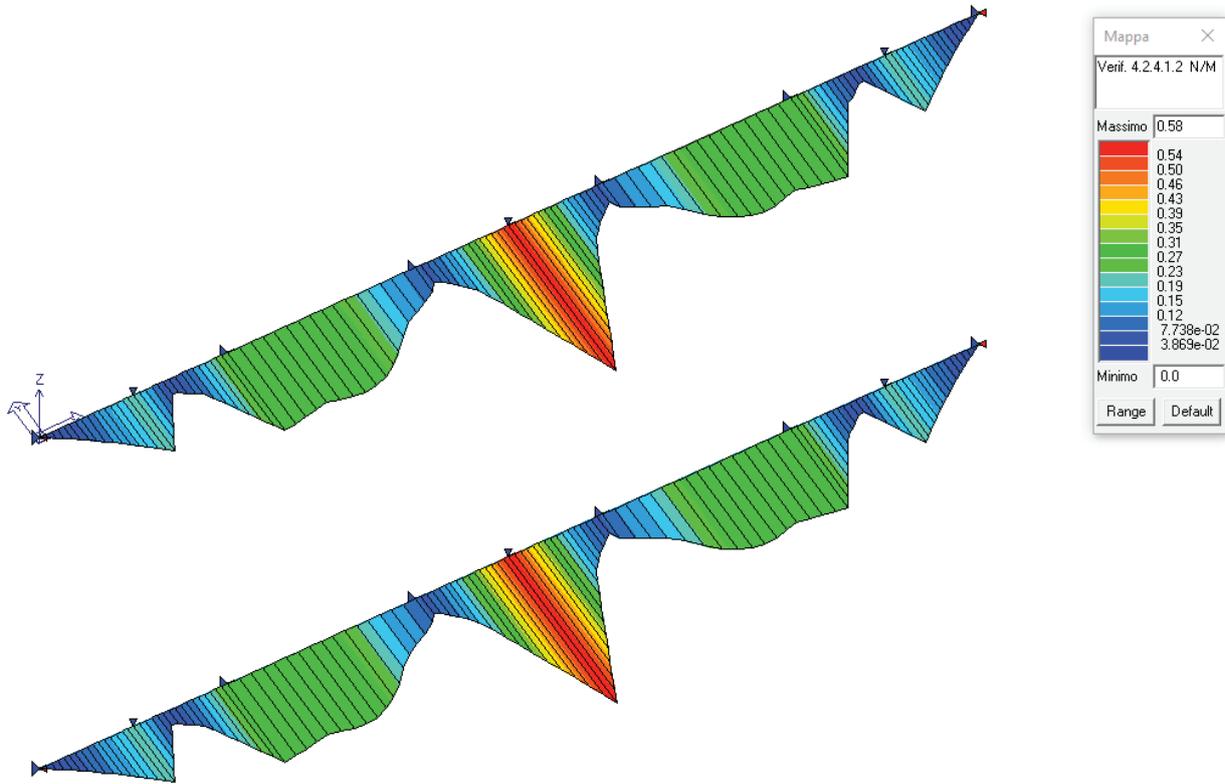


Figura 13.117 Permette la visualizzazione dei risultati ottenuti dalla verifica a presso/tenso flessione degli elementi. La verifica tiene conto del fattore di riduzione per taglio  $\rho$  (formula 4.2.41). La verifica è da considerarsi soddisfatta se il valore è inferiore a 1.

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	189

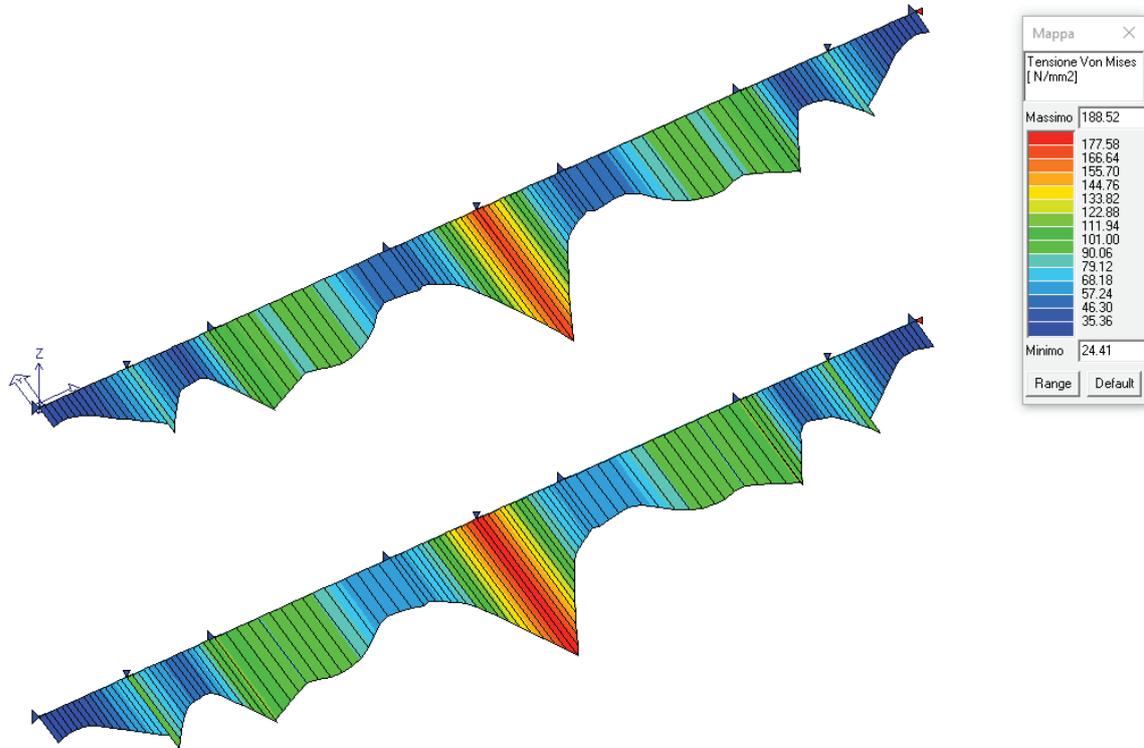


Figura 13.118 Visualizzazione della radice quadrata della somma degli sforzi di tensioni piani, espresso come dalla formula 4.2.4 da confrontare con  $f_{yk}/\gamma_{MO}$ :

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{x,Ed} \cdot \sigma_{z,Ed} + 3\tau_{Ed}^2}$$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	190

13.3.3.11.4 VERIFICA DEL CORDOLO

Il cordolo della sezione C è un elemento in c.a. di forma quadrangolare (100x100 cm) armato in direzione longitudinale con 4+4 $\phi$ 16 sul piano verticale e 4+4 $\phi$ 16 sul piano orizzontale, mentre le staffe  $\phi$ 10/25 a due bracci verticalmente e due bracci orizzontalmente.

La sezione trasversale del cordolo è verificata a pressoflessione deviata ( $M_{x,Ed}$ ,  $M_{y,Ed}$ ), a taglio nel piano verticale ( $V_{v,Ed}$ ) e a taglio nel piano orizzontale ( $V_{h,Ed}$ ), in riferimento alle sollecitazioni derivanti da due distinti schemi di carico.

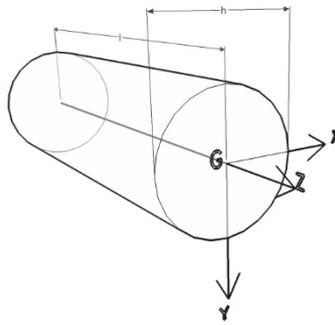


Figura 13.119 – Sistema di riferimento del solido trave

Nel primo schema di carico (SCHEMA A), ragionando nel piano verticale, si analizza il cordolo schematizzato come trave continua su più appoggi, costituiti dai pali, e caricato dal solo peso proprio. Dallo schema in questione si estrae la massima sollecitazione flettente nel piano verticale ( $M_{x,Ed}$ ) e la massima sollecitazione tagliante nel piano verticale ( $V_{v,Ed}$ ).

Nel secondo schema di carico (SCHEMA B), considerando il piano orizzontale, si assume analogamente il cordolo come trave continua su più appoggi costituiti dai pali, ma caricato, questa volta, da un carico distribuito ( $q_h$ ) rappresentato dalla sollecitazione tagliante di involuppo, all'intradosso del cordolo, derivante dall'analisi geotecnica della paratia, e da forze concentrate ( $F_h$ ) che costituiscono la massima reazione dei puntoni. Da questo secondo schema di carico, si estrae la massima sollecitazione flettente nel piano orizzontale ( $M_{y,Ed}$ ) e la massima sollecitazione tagliante nel piano orizzontale ( $V_{h,Ed}$ ).

Si riportano a seguire i grafici e i dati relativi alle verifiche.

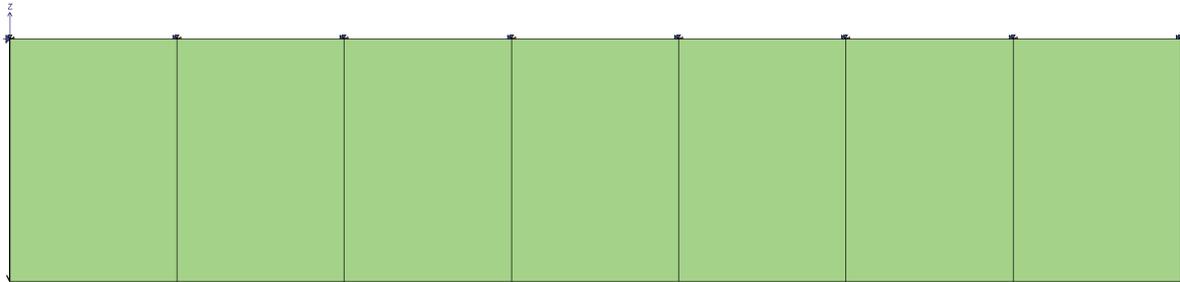
PESO PROPRIO CORDOLO		
$\gamma_{dis}$	25.00	kN/m <sup>3</sup>
<b>B</b>	1.00	m
<b>H</b>	1.00	m
$Q_{vk}$	25.00	kN/m
$Q_{vd}$	32.50	kN/m

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

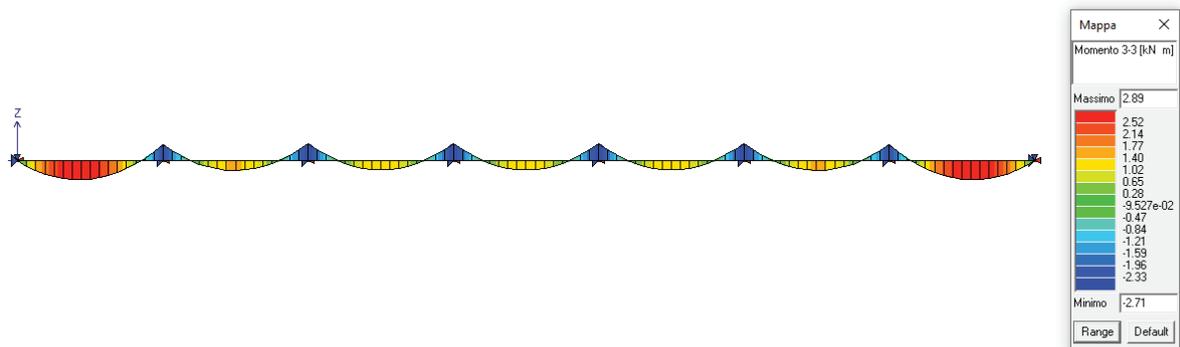
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	191

**SCHEMA A**

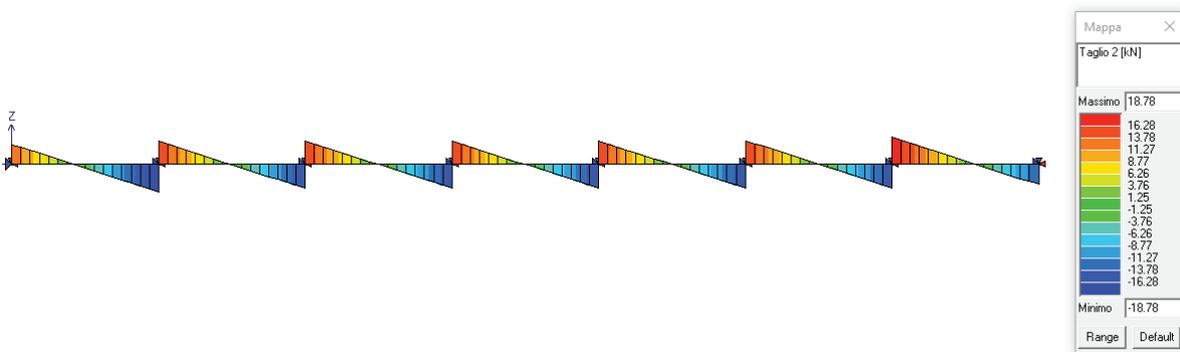
$q_v = 32.50 \text{ kN/m}$



**Momento flettente**



**Taglio**



**Sollecitazioni massime derivanti dallo schema di carico A (piano verticale)**

$M_{x,Ed} = 2.89 \text{ kNm}$

$V_{v,Ed} = 18.78 \text{ kN}$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

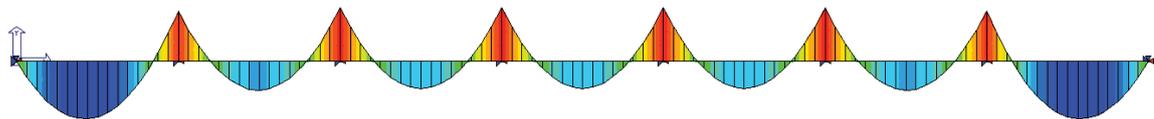
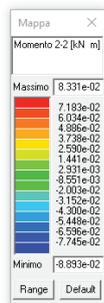
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	192

**SCHEMA B**

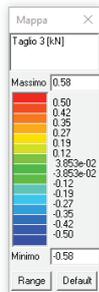
$q_h = 0.70 \text{ kN/m}$



**Momento flettente**



**Taglio**



**Sollecitazioni massime derivanti dallo schema di carico B (piano orizzontale)**

$M_{y,Ed} = 0.09 \text{ kNm}$

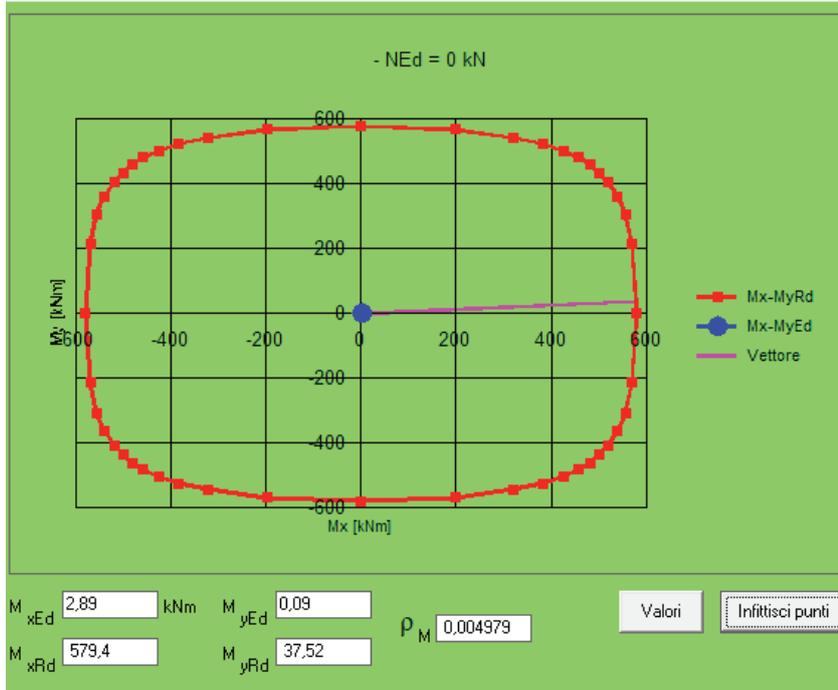
$V_{h,Ed} = 0.58 \text{ kN}$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	193

**Verifica a pressoflessione deviata**

File



**Verifica a taglio nel piano verticale**

Dati sezione e materiale				
Base [cm]	100,00	Carico assiale [kN]	0	
Altezza [cm]	100,00	diametro ferri lon.[mm]	16	
Copriferro [cm]	4,00	$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	25,00	
$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	450,00	$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	14,17	
Armatura trasversale				
diametro staffe [mm]	10,00	passo [cm]	25,00	
Area staffe [mm <sup>2</sup> ]	157	numero braccia	2	
Verifica a Taglio				
cot $\theta$ per $V_{Rsd} = V_{Rcd}$	cotg $\theta$	$\alpha_c$	$V_{Rsd}$ [kN]	$V_{Rcd}$ [kN]
5,2735	2,5000	1,00	521,11	2070,78
<b>Taglio Resistente di Progetto <math>V_{v,Rd}</math> [kN]</b>				<b>521.11</b>
<b>Taglio di Progetto <math>V_{v,Ed}</math> [kN]</b>				<b>18.78</b>
<b>FS</b>				<b>27.75</b>

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	194

**Verifica a taglio nel piano orizzontale**

Dati sezione e materiale				
Base [cm]	100,00	Carico assiale [kN]	0	
Altezza [cm]	100,00	diametro ferri lon.[mm]	16	
Copriferro [cm]	4,00	$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	25,00	
$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	450,00	$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	14,17	
Armatura trasversale				
diametro staffe [mm]	10,00	passo [cm]	25,00	
Area staffe [mm <sup>2</sup> ]	157	numero braccia	2	
Verifica a Taglio				
$\cot\theta$ per $V_{Rsd} = V_{Rcd}$	$\cot\theta$	$\alpha_c$	$V_{Rsd}$ [kN]	$V_{Rcd}$ [kN]
5,2735	2,5000	1,00	521,11	2070,78
<b>Taglio Resistente di Progetto <math>V_{h,Rd}</math> [kN]</b>				<b>521.11</b>
<b>Taglio di Progetto <math>V_{h,Ed}</math> [kN]</b>				<b>0.58</b>
<b>VERIFICA</b>				<b>OK</b>

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	195

**13.4 MODELLO SEZIONE D pk 0+088.00**

Il modello SEZ D 0+088.00 rappresenta la sezione laterale del tratto di paratia provvisoria a protezione della galleria artificiale che dovrà essere realizzata. La paratia ha pali di lunghezza 14 m con cordolo in c.a. di altezza 1.00 m.

Di seguito si riporta la tabella relativa alle caratteristiche dei tiranti.

Caratteristiche Geometriche Tiranti							Caratteristiche trefoli e pretensione tiranti				
Ordine	Quota di infissione (m)	i (m)	$\alpha^\circ$	Lp (m)	La (m)	Ltot (m)	Dp (m)	Atref (mm <sup>2</sup> )	f <sub>p(1)k</sub> snervamento / limite elastico	n <sub>tref</sub>	N <sub>0</sub> (KN)
1	1.25	2.00	5	12	6	18	0.16	139	1670	2	100
2	3.75	2.00	20	11	8	19	0.16	139	1670	3	150

L<sub>p</sub> = Lunghezza passiva (tratto non iniettato)  
i = interasse tiranti  
D<sub>p</sub> = diametro perforazione  
A<sub>tref</sub> = area singolo trefolo

L<sub>a</sub> = Lunghezza attiva (bulbo iniettato)  
 $\alpha^\circ$  = inclinazione tirante rispetto all'orizzontale  
n<sub>tref</sub> = n° trefoli per tirante  
N<sub>0</sub> = Pretensione tirante alla messa in opera

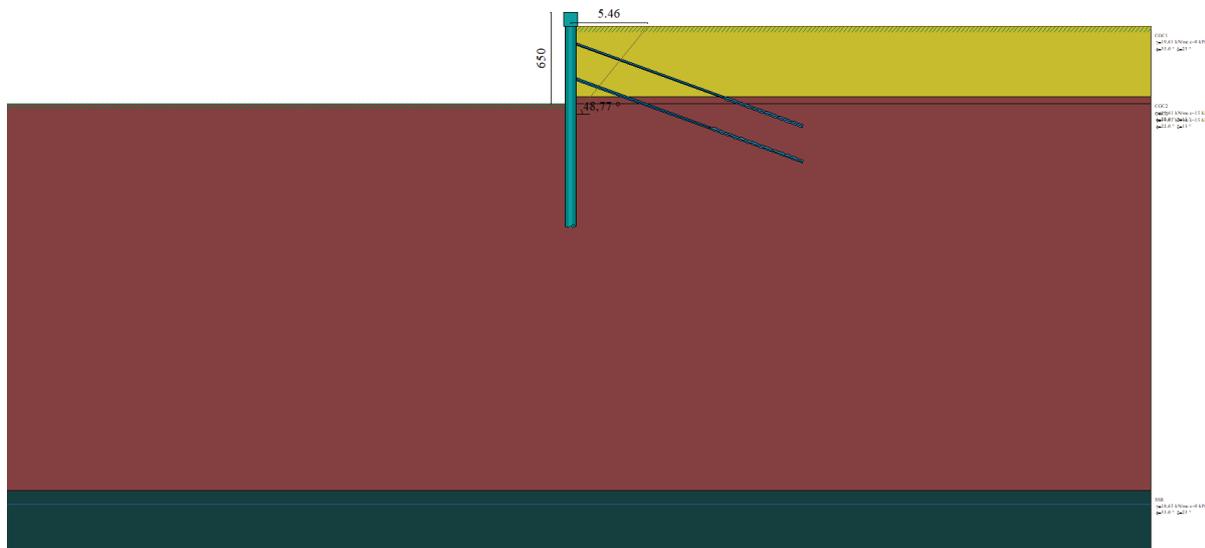


Figura 13.120 – Modello di calcolo

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	196

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

Cesp= coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato

$\tau_l$ = tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [kPa]

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

N°	Descrizione	Cesp	$\tau_l$ [kPa]	
1	CGC1	1.50	150,0	CAR
			150,0	MIN
			150,0	MED
2	CGC2	1.50	180,0	CAR
			180,0	MIN
			180,0	MED
3	SSR	1.50	250,0	CAR
			250,0	MIN
			250,0	MED

**Descrizione stratigrafia**

Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia

sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]

kw costante di Winkler orizzontale espressa in [Kg/cm<sup>2</sup>/cm] calcolata col metodo a strato

$\alpha$  inclinazione dello strato espressa in [°] (M: strato di monte, V: strato di valle)

Terreno associato allo strato (M: strato di monte, V: strato di valle)

N°	sp [m]	$\alpha_M$ [°]	$\alpha_V$ [°]	K <sub>wM</sub> [kg/cm <sup>2</sup> /cm]	K <sub>wV</sub> [kg/cm <sup>2</sup> /cm]	Terreno M	Terreno V
1	6,00	0.00	0.00	1.37	1.37	CGC1	CGC1
2	0,50	0.00	0.00	1.89	1.89	CGC2	CGC2
3	27,50	0.00	0.00	5.15	5.15	CGC2	CGC2
4	5,00	0.00	0.00	16.59	16.59	SSR	SSR

Livello falda dal piano campagna 35 m

Tabella 19 – Parametri per analisi sismica

	SLV	SLE
Accelerazione al suolo $a_g$ (m/s <sup>2</sup> )	1,141	0,452
Accelerazione al suolo $a_g$ (% di g)	0,116	0,046
Fattore amplificatore $F_0$	2,581	2,431
Tc*	0,362	0,302
Ss (Terreno tipo C)	1,500	1,500
Coeff. Amplifi. Topografica S (T1)		1,00

Tabella 20 – Sintesi parametri geotecnici adottati sezione D

SEZIONE D																								
-	Combinazione	Tipo di Terreno	N° Combinazione	$\gamma_s$ [KN/m <sup>3</sup> ]	$c_u$ [Kpa]	$\phi_u$ [°]	$\delta_u$ [°]	$\gamma_d$ [KN/m <sup>3</sup> ]	$c_d$ [Kpa]	$\phi_d$ [°]	$\delta_d$ [°]	$K_0$	$k_{hV}$ VALLE	$k_{hM}$ MONTE	$k_{hV}$ VALLE	$k_{hM}$ MONTE	$k_{hRE}$	$k_{hSE}$	$\alpha$	$\beta$	$u_s$ [m]	$k_b$ [%]		
A1+M1	SLU-STR	CGC1	7-8-9-10-11	20	0	35	23	26	0	35	23	0,426	0,316	0,466	2,157	1,77								
				20	15	22	15	26	15	22	15	0,625												
				19	0	35		24,7	0	35		0,426												
A1+M1+E	SLV-STR	CGC1	12	20	0	35	23	20	0	35	23	0,426						0,410	2,582					
				20	15	22	15	20	15	22	15	0,625												
				19	0	35		19	0	35		0,426												
A2+M2	SLU-GEO	CGC1	13-14-15-16-17	20	0	35	23	20	0	29,3	19	0,511	0,374	0,495	1,854	1,444								
				20	15	22	15	20	12	17,9	12	0,693												
				19	0	35		19	0	29,3		0,511												
A2+M2+E	SLV-GEO	CGC1	18	20	0	35	23	20	0	29,3	19	0,511						0,488	2,145					
				20	15	22	15	20	12	17,9	12	0,693												
				19	0	35		19	0	29,3		0,511												

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	197

**13.4.1 FASI DI CALCOLO**

Fasi di scavo

Simbologia adottata

n° identificativo della fase nell'elenco definito

Fase Descrizione dell'i-esima fase

Tempo in cui avviene la fase di scavo

n°	Fase	Tempo	ESE	SLU-STR (A1+M1)	SLV-STR (A1+M1+E)	SLU-GEO (A2+M2)	SLV-GEO (A2+M2+E)
1	Scavo fino alla profondità di 2.75 metri	0	FASE 1	FASE 7	-	FASE 13	-
2	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=2.75]	0					
3	Inserimento condizione di carico nr 2 [Hscavo=2.75]	0					
4	Inserimento tirante 1 (X=2.25) [Hscavo=2.75]	1	FASE 2	FASE 8	-	FASE 14	-
5	Tesatura tirante 1 N=10197 [Hscavo=2.75]	1					
6	Scavo fino alla profondità di 5.25 metri	2	FASE 3	FASE 9	-	FASE 15	-
7	Inserimento tirante 2 (X=4.75) [Hscavo=5.25]	3					
8	Tesatura tirante 2 N=25493 [Hscavo=5.25]	3	FASE 4	FASE 10	-	FASE 16	-
9	Scavo fino alla profondità di 6.50 metri	4	FASE 5	FASE 11	-	FASE 17	-
10	Inserimento sisma	5	FASE 6	-	FASE 12	-	FASE 18

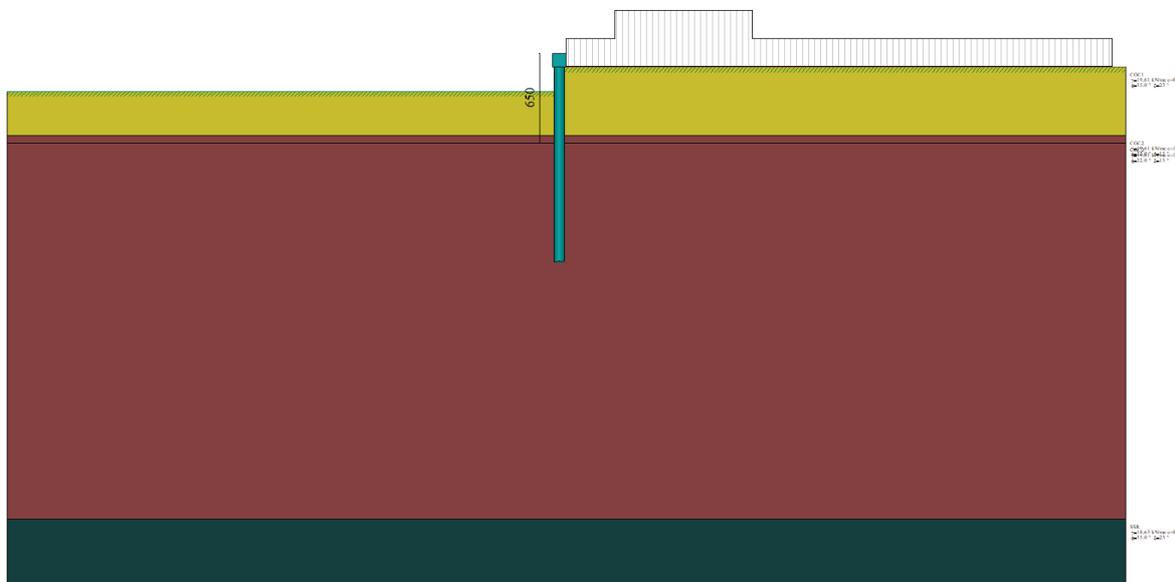


Figura 13.121 – Tempo 0 (Fase 1-7-13)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	198

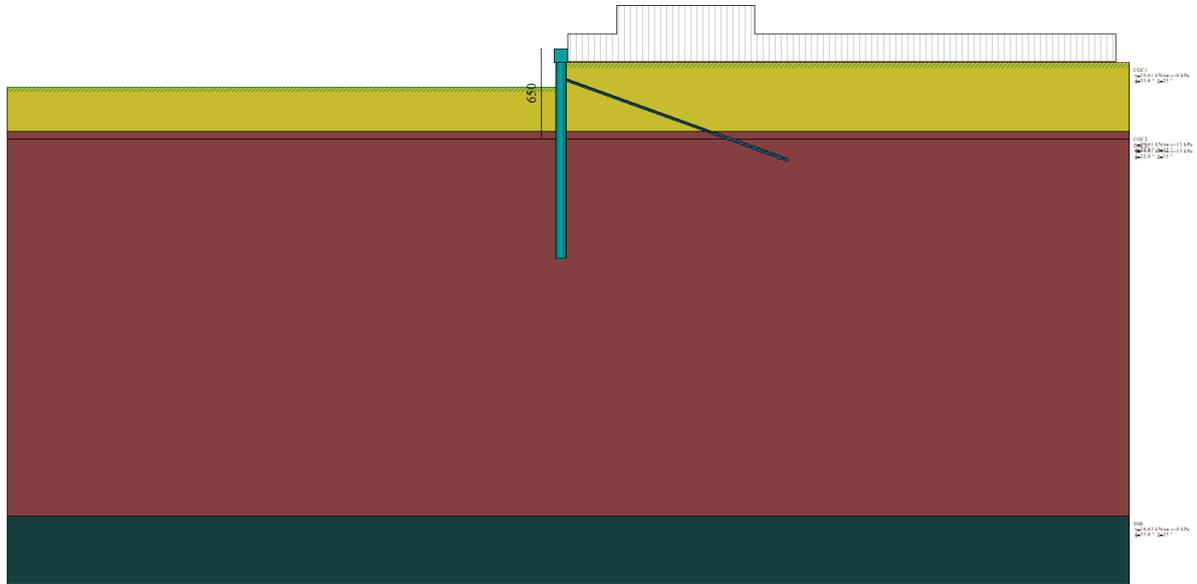


Figura 13.122 – Tempo 1 (Fase 2-8-14)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	199

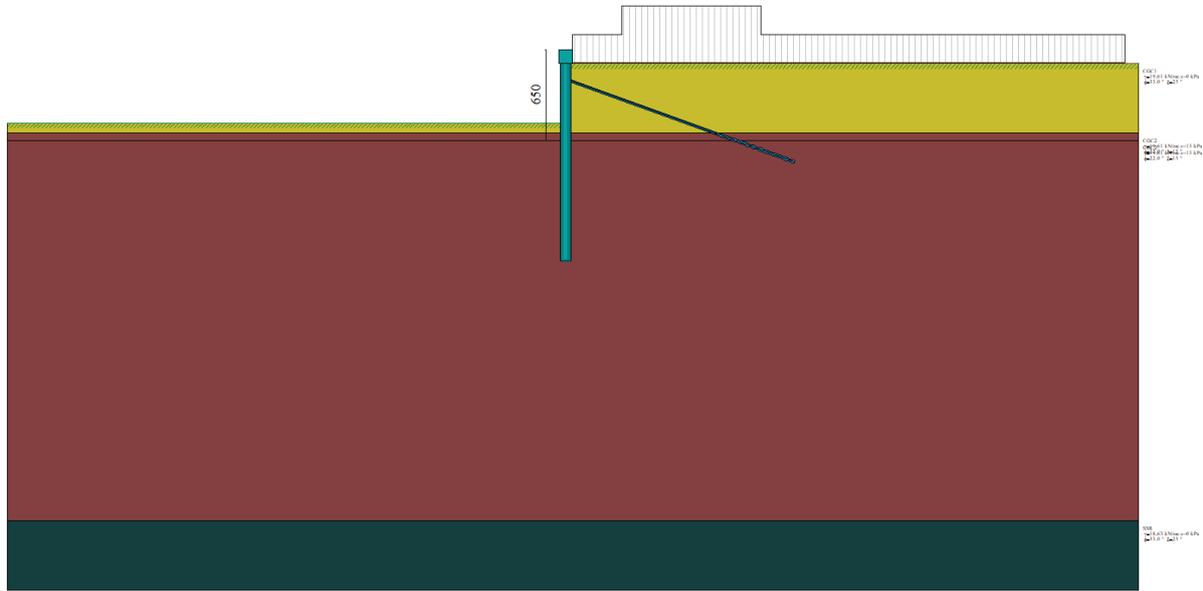


Figura 13.123 – Tempo 2 (Fase 3-9-15)

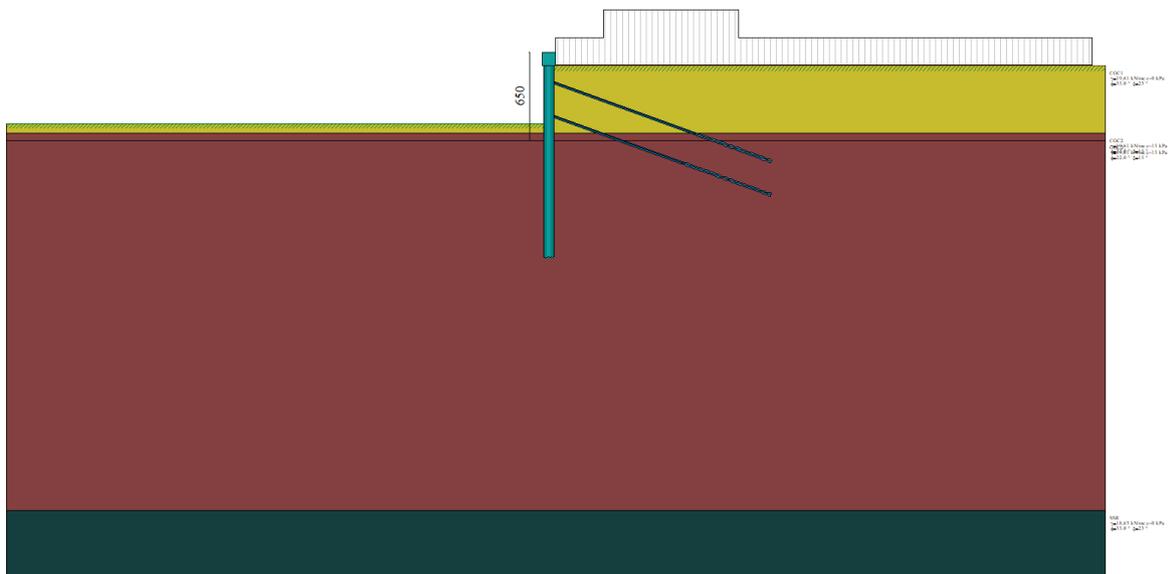


Figura 13.124 – Tempo 3 (Fase 4-10-16)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	200

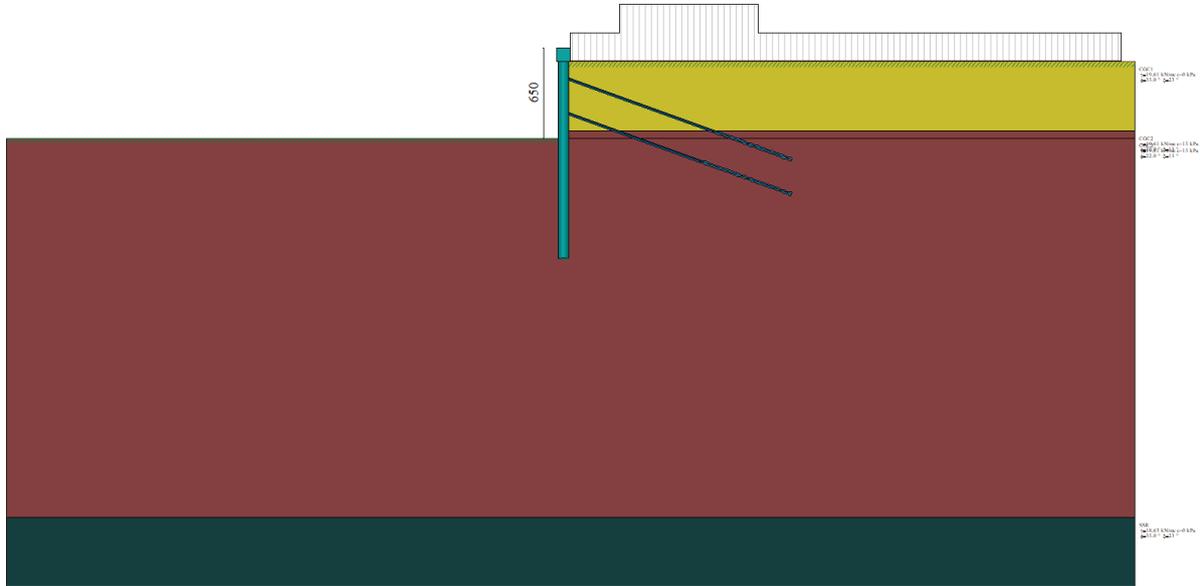


Figura 13.125 – Tempo 4 (Fase 5-11-17)

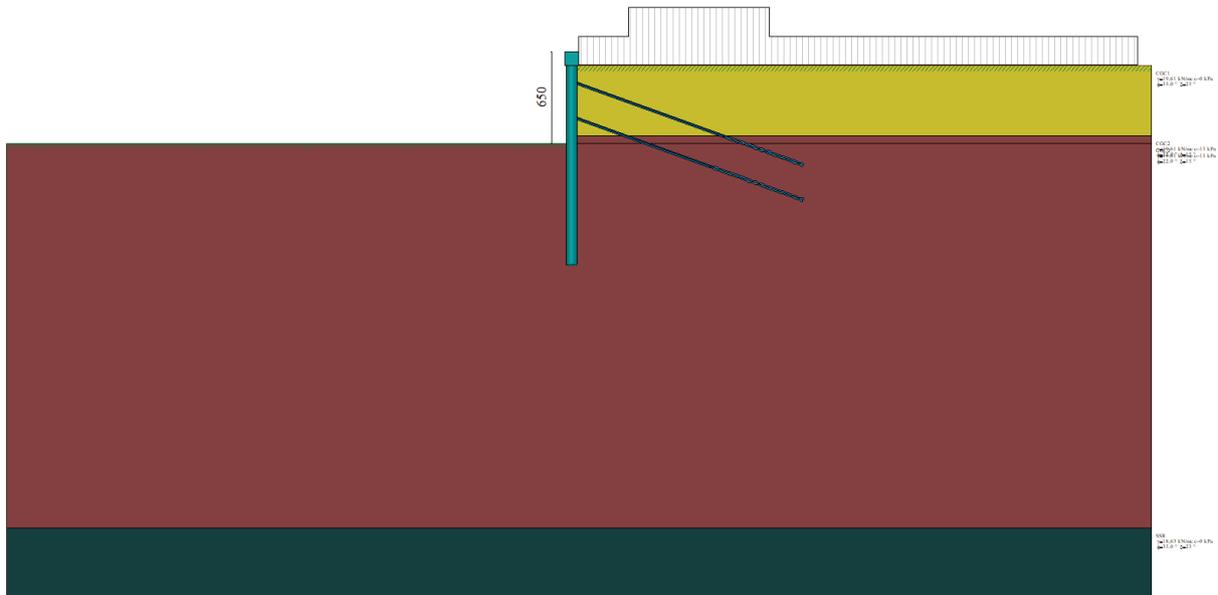


Figura 13.126 – Tempo 5 (Fase 6-12-18)

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	201

**13.4.2 RISULTATI DELLE ANALISI**

Nelle figure seguenti si riportano i diagrammi del momento flettente – taglio – sforzo normale del singolo palo della paratia nelle combinazioni A1+M1 senza e con sisma, combinazioni A2+M2 senza e con sisma e Inviluppo.

Momento Flettente [KN m]

Taglio [KN]

Sforzo Normale [KN]

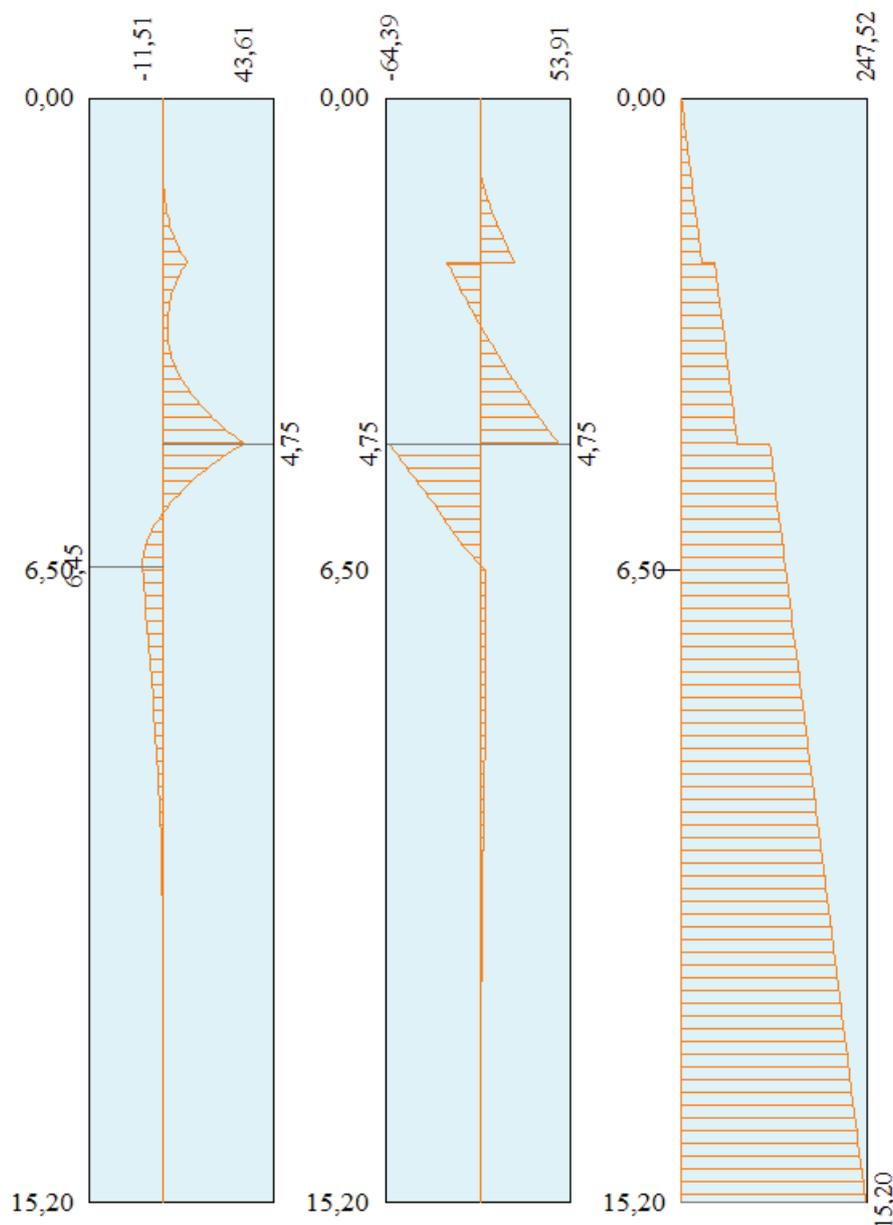


Figura 13.127 – Diagramma in combinazione SLU-STR (A1+M1-FASE 11)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	202

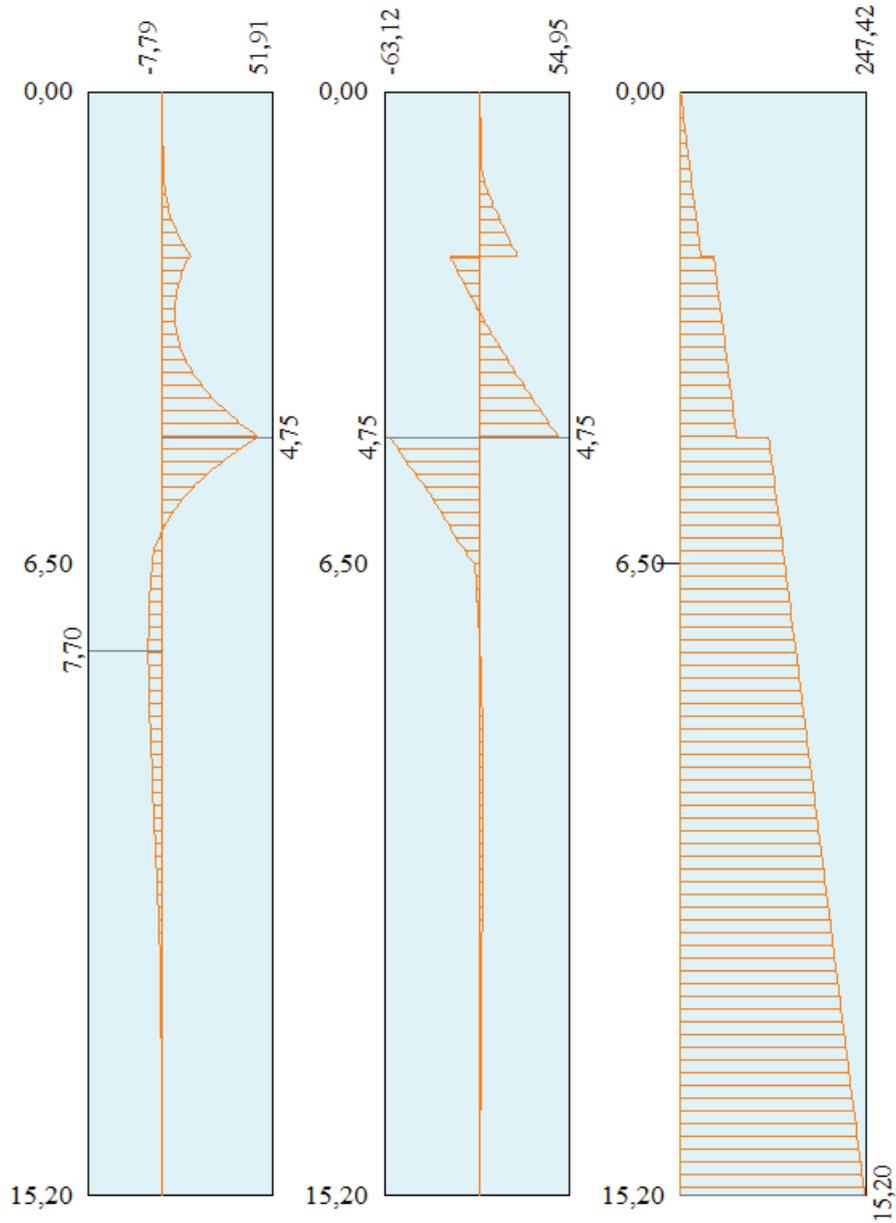


Figura 13.128 – Diagramma in combinazione SLV-STR (A1+M1+SISMA-FASE 12)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	203

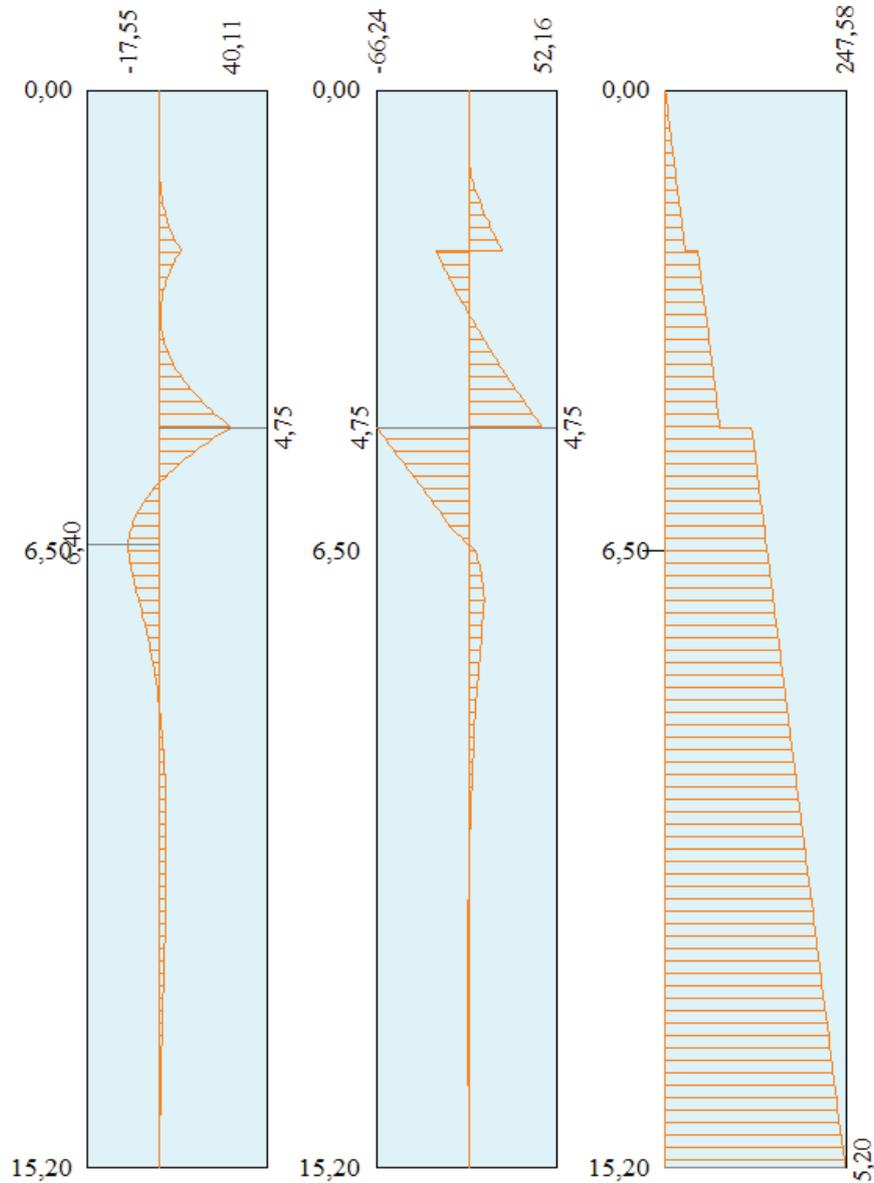


Figura 13.129 – Diagramma in combinazione SLU-GEO (A2+M2-FASE 17)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	204

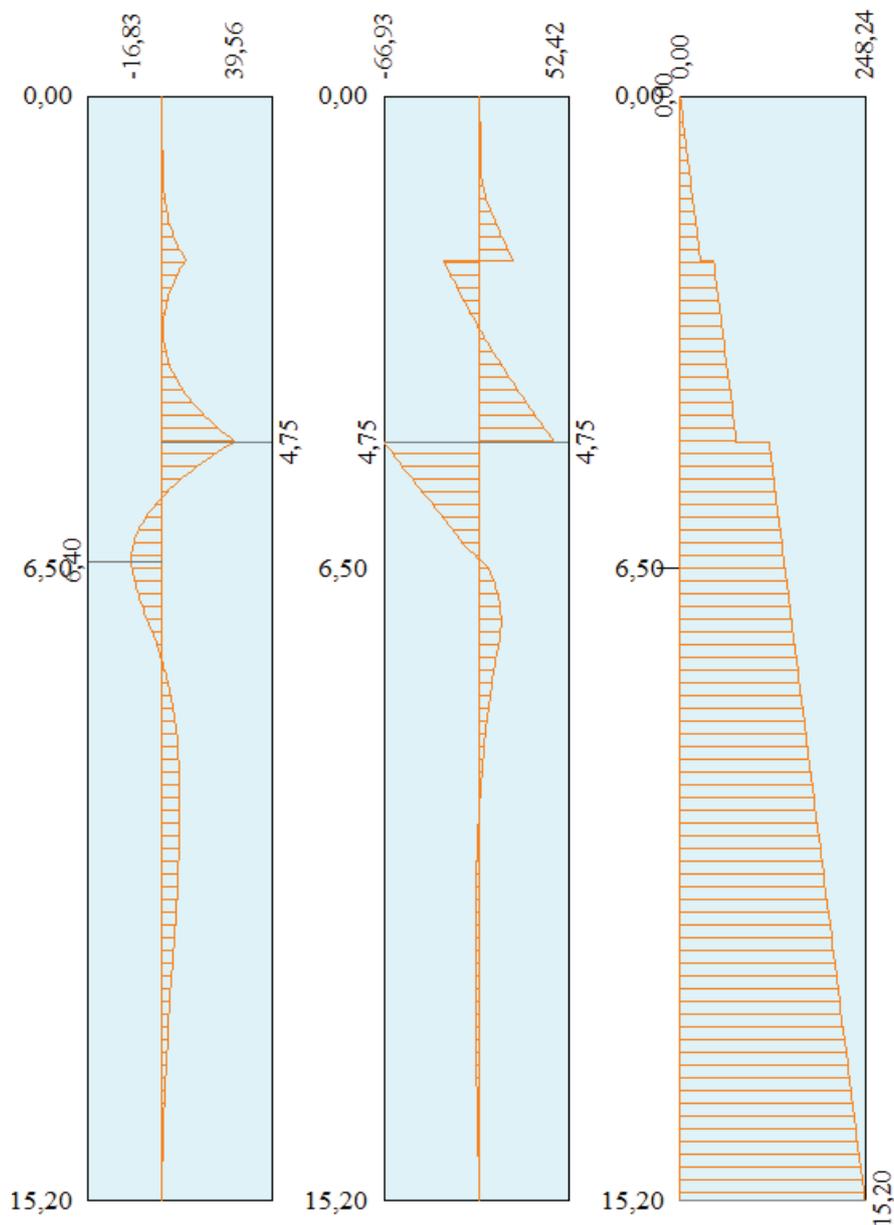


Figura 13.130 – Diagramma in combinazione SLV-GEO (A2+M2+SISMA - FASE 18)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	205

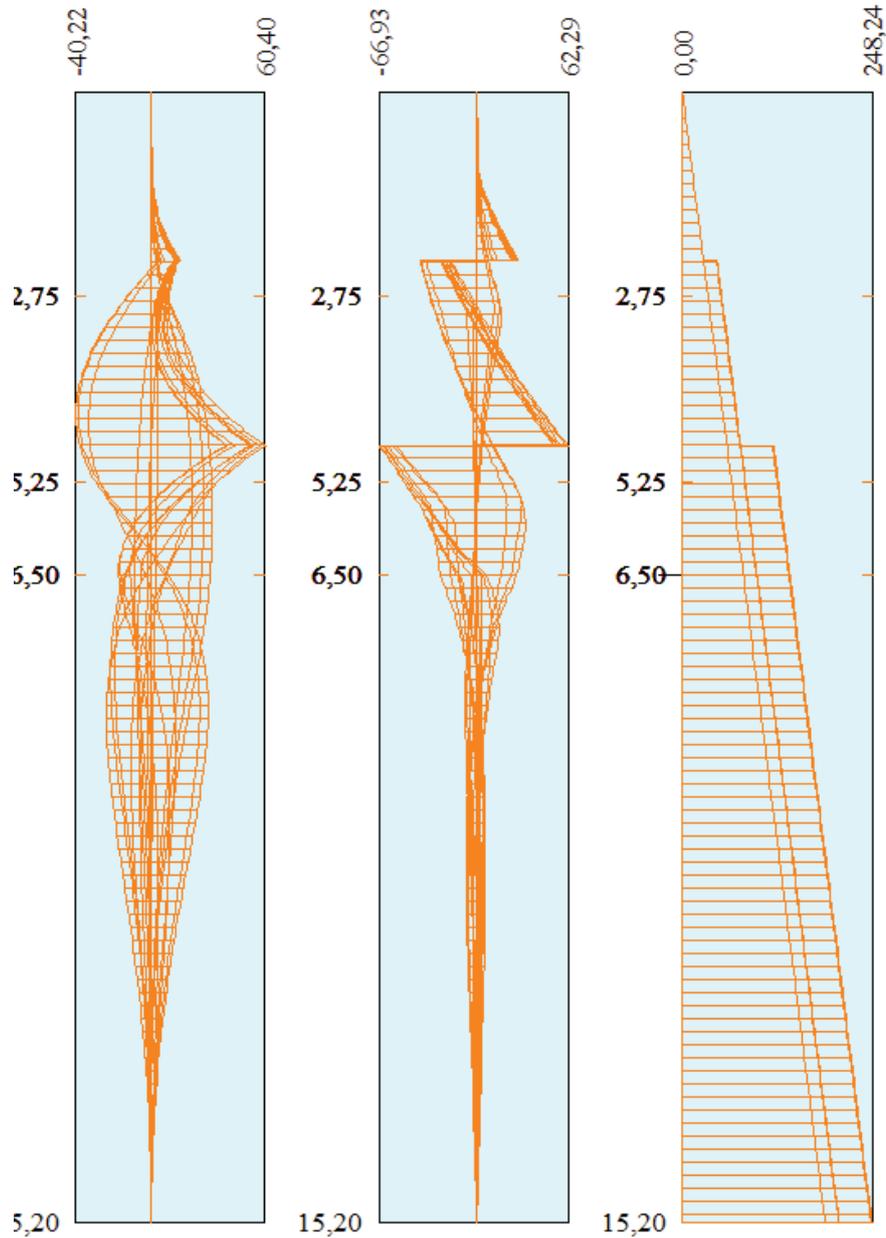


Figura 13.131 – Diagramma involuppo sollecitazioni

Incremento dovuto al sisma Fase 5 ESE  $\Delta S = 5.58$  kN

Incremento dovuto al sisma Fase 10 A1+M1+SISMA  $\Delta S = 16.14$  kN

Incremento dovuto al sisma Fase 15 A2+M2+SISMA  $\Delta S = 25.32$  kN

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	206

Forze agenti sulla paratia

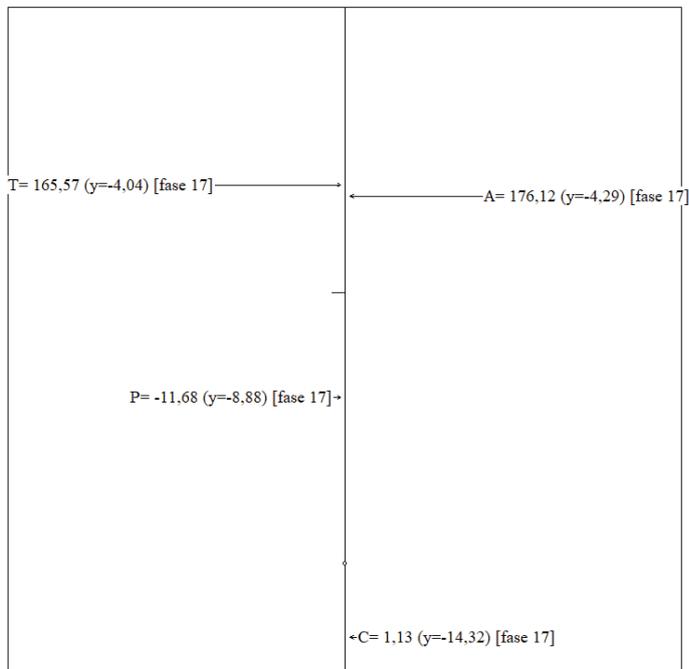


Figura 13.132 – Risultanti della spinta attiva e passiva in assenza di sisma (combinazione A2+M2 – FASE 17)

Forze agenti sulla paratia

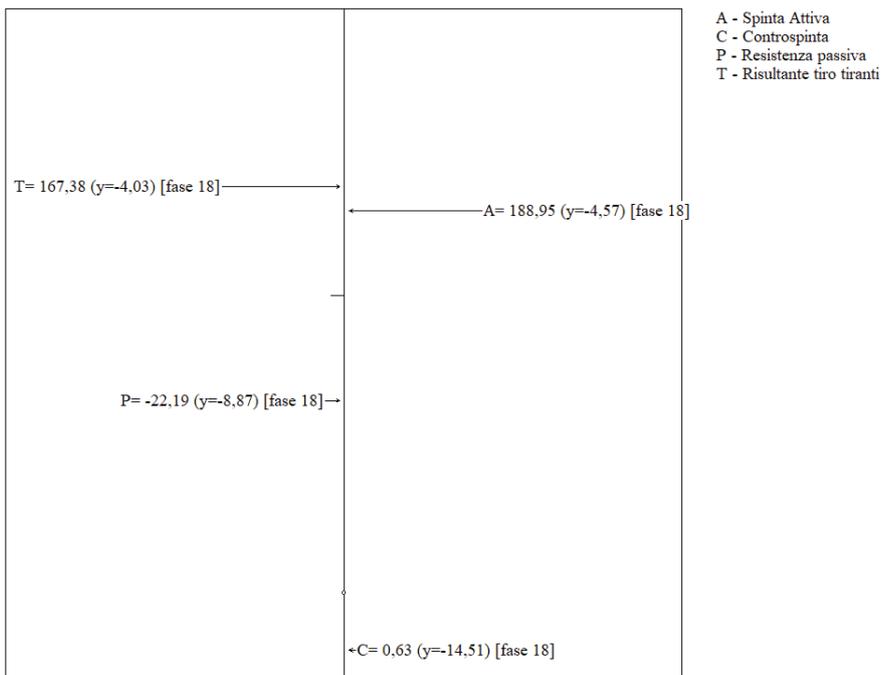
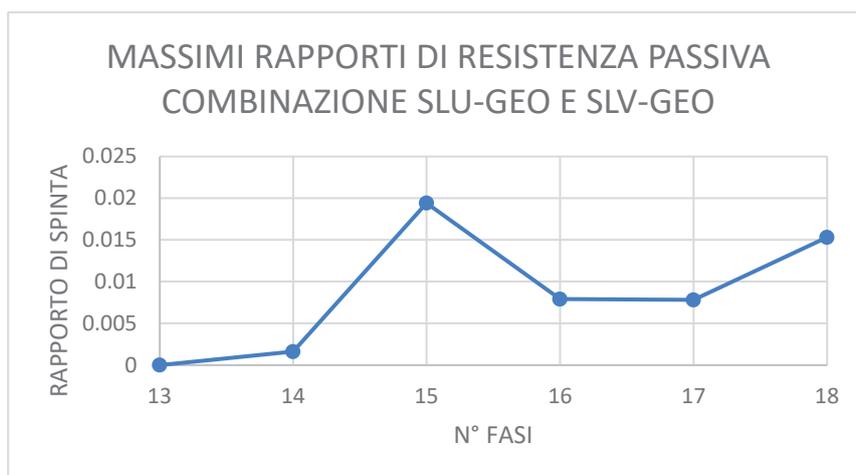
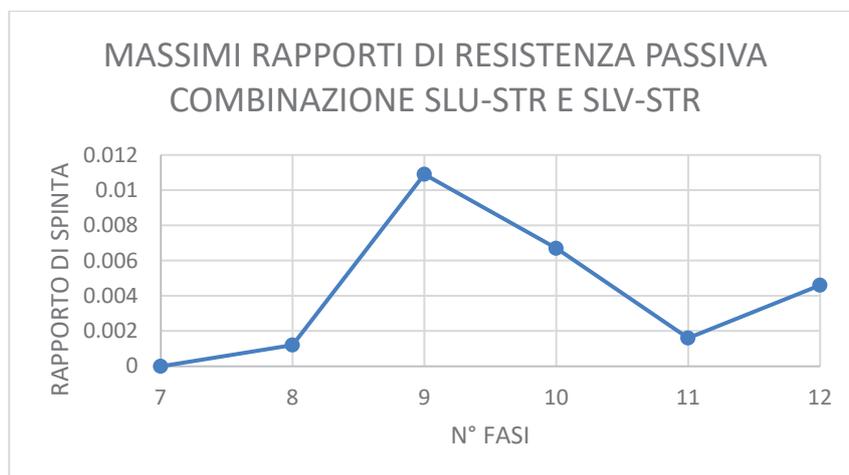
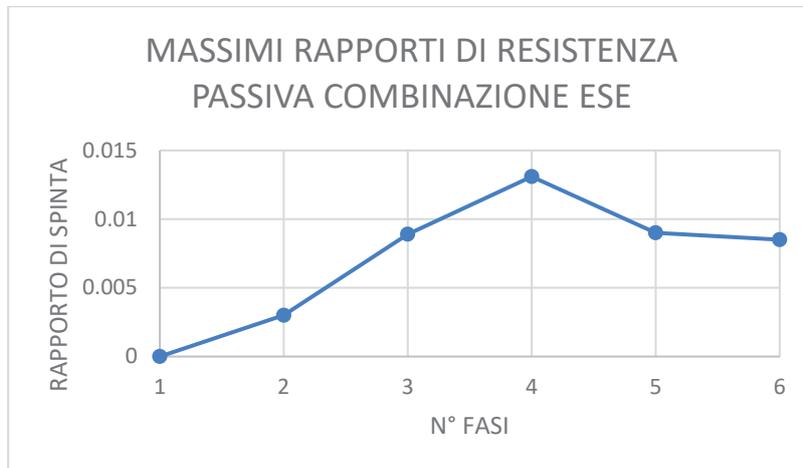


Figura 13.133 – Risultanti della spinta attiva e passiva in presenza di sisma (combinazione A2+M2+SISMA – FASE 18)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

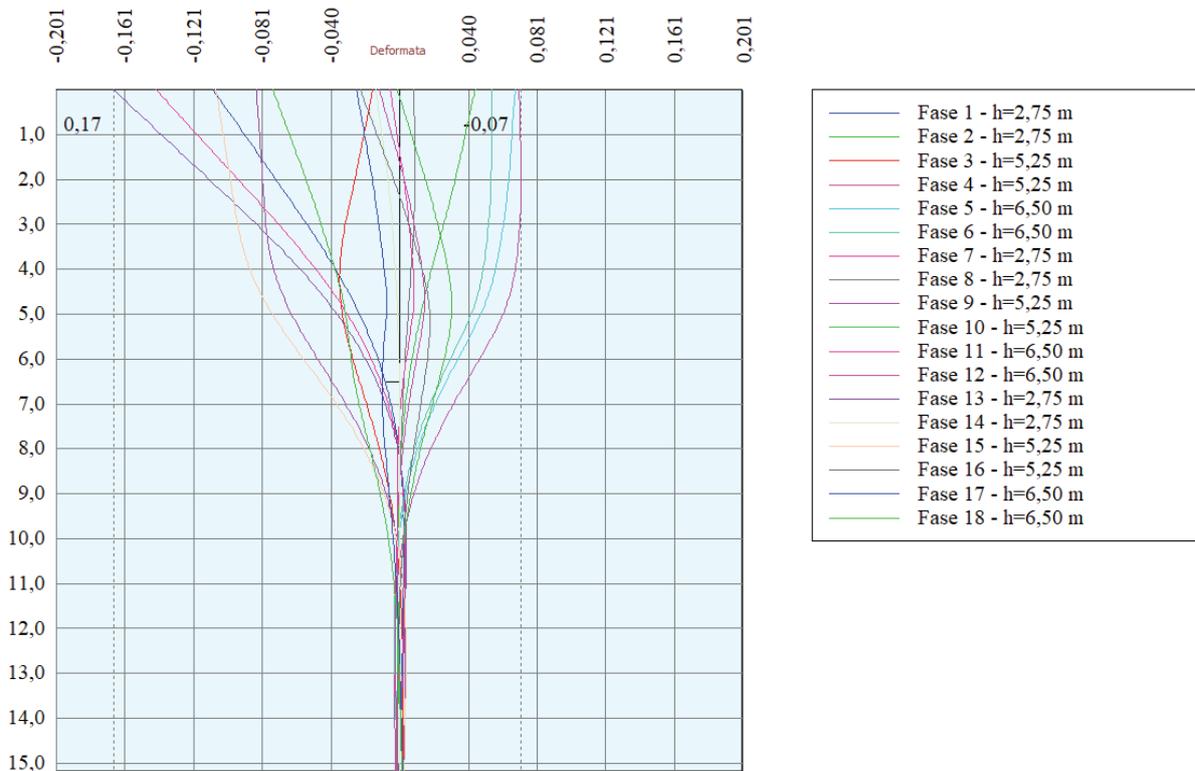
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	207



**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	208

n°	Fase	Tempo	ESE	SLU-STR (A1+M1)	SLV-STR (A1+M1+E)	SLU-GEO (A2+M2)	SLV-GEO (A2+M2+E)
1	Scavo fino alla profondità di 2.75 metri	0	FASE 1	FASE 7	-	FASE 13	-
2	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=2.75]	0					
3	Inserimento condizione di carico nr 2 [Hscavo=2.75]	0					
4	Inserimento tirante 1 (X=2.25) [Hscavo=2.75]	1	FASE 2	FASE 8	-	FASE 14	-
5	Tesatura tirante 1 N=10197 [Hscavo=2.75]	1					
6	Scavo fino alla profondità di 5.25 metri	2	FASE 3	FASE 9	-	FASE 15	-
7	Inserimento tirante 2 (X=4.75) [Hscavo=5.25]	3	FASE 4	FASE 10	-	FASE 16	-
8	Tesatura tirante 2 N=25493 [Hscavo=5.25]	3					
9	Scavo fino alla profondità di 6.50 metri	4	FASE 5	FASE 11	-	FASE 17	-
10	Inserimento sisma	5	FASE 6	-	FASE 12	-	FASE 18



[cm]

Figura 13.134 – Involuppo spostamenti

**Risultati tiranti**

Simbologia adottata

N sforzo su ogni tirante della fila espresso in [kg]

Af area di armatura in ogni tirante espressa in [cmq]

L lunghezza totale di progetto del tirante espressa in [m]

Lf lunghezza di fondazione di progetto del tirante espressa in [m]

$\sigma_f$  tensione di trazione nell'acciaio del tirante espressa in [kPa]

u spostamento orizzontale del tirante della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]

R1, R2, R3 resistenza nei tre meccanismi considerati (sfilamento della fondazione, aderenza malta-

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	209

armatura, resistenza malta) espressa in [kg]

FS Fattore di sicurezza (rapporto  $\min(R1, R2, R3)/N$ )

**Fase n° 1 - ESE** non sono presenti tiranti

**Fase n° 2 - ESE** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	100,00	2,78	12,60	1,60	359712	-0,03104	827,87	836,83	5400,52	8.279

**Fase n° 3 - ESE** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	102,87	2,78	12,60	1,60	370033	0,02764	827,87	836,83	5400,52	8.048

**Fase n° 4 - ESE** n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	98,00	2,78	12,60	1,60	352500	-0,07101	827,87	836,83	5400,52	8.448
2	250,00	4,17	14,00	4,00	599520	-0,06308	963,59	1357,30	6300,60	3.854

**Fase n° 5 - ESE** n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	98,37	2,78	12,60	1,60	353866	-0,06325	827,87	836,83	5400,52	8.416
2	251,02	4,17	14,00	4,00	601963	-0,05045	963,59	1357,30	6300,60	3.839

**Fase n° 6 - ESE** n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	98,86	2,78	12,60	1,60	355609	-0,05333	827,87	836,83	5400,52	8.374
2	251,51	4,17	14,00	4,00	603149	-0,04432	963,59	1357,30	6300,60	3.831

**Fase n° 1 - SLU - STR** non sono presenti tiranti

**Fase n° 2 - SLU - STR** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	100,00	2,78	12,60	1,60	359712	-0,00901	383,27	836,83	5400,52	3.833

**Fase n° 3 - SLU - STR** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	104,34	2,78	12,60	1,60	375338	0,07983	383,27	836,83	5400,52	3.673

**Fase n° 4 - SLU - STR** n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	99,55	2,78	12,60	1,60	358109	-0,01709	383,27	836,83	5400,52	3.850
2	250,00	4,17	14,00	4,00	599520	-0,03052	446,11	1357,30	6300,60	1.784

**Fase n° 5 - SLU - STR** n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	100,23	2,78	12,60	1,60	360528	-0,00333	383,27	836,83	5400,52	3.824
2	251,80	4,17	14,00	4,00	603832	-0,00823	446,11	1357,30	6300,60	1.772

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	210

Fase n° 6 - SLV - STR n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	100,18	2,78	12,60	1,60	360361	-0,00428	383,27	836,83	5400,52	3.826
2	251,30	4,17	14,00	4,00	602628	-0,01445	446,11	1357,30	6300,60	1.775

Fase n° 1 - SLU - GEO non sono presenti tiranti

Fase n° 2 - SLU - GEO n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	100,00	2,78	12,60	1,60	359712	0,00613	459,93	836,83	5400,52	4.599

Fase n° 3 - SLU - GEO n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	104,50	2,78	12,60	1,60	375896	0,09815	459,93	836,83	5400,52	4.401

Fase n° 4 - SLU - GEO n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	99,70	2,78	12,60	1,60	358639	0,00106	459,93	836,83	5400,52	4.613
2	250,00	4,17	14,00	4,00	599520	-0,01711	535,33	1357,30	6300,60	2.141

Fase n° 5 - SLU - GEO n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	100,38	2,78	12,60	1,60	361083	0,01496	459,93	836,83	5400,52	4.582
2	252,00	4,17	14,00	4,00	604326	0,00773	535,33	1357,30	6300,60	2.124

Fase n° 6 - SLV - GEO n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	102,21	2,78	12,60	1,60	367675	0,05245	459,93	836,83	5400,52	4.500
2	254,02	4,17	14,00	4,00	609167	0,03276	535,33	1357,30	6300,60	2.107

### 13.4.3 VERIFICHE

#### 13.4.3.9 VERIFICHE TIRANTI

##### 13.4.3.9.1 VERIFICA GERARCHIA DELLE RESISTENZE

*Simbologia adottata*

- Rg resistenza di progetto allo snervamento, espresso in [kN]
- R1 resistenza allo sfilamento della fondazione, espressa in [kN]
- FS Fattore di sicurezza (Rg/R1)

Fase n° 1 - SLU - STR non sono presenti tiranti

Fase n° 2 - SLU - STR n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	403,70	383,27	1.053

Fase n° 3 - SLU - STR n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	403,70	383,27	1.053

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	211

**Fase n° 4 - SLU - STR** n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	403,70	383,27	1.053
2	605,56	446,11	1.357

**Fase n° 5 - SLU - STR** n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	403,70	383,27	1.053
2	605,56	446,11	1.357

**Fase n° 6 - SLV - STR** n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	403,70	383,27	1.053
2	605,56	446,11	1.357

**13.4.3.9.2 VERIFICA GERARCHIA DELLE RESISTENZE, VALORI CARATTERISTICI**

I valori caratteristici si ricavano moltiplicandi i valori di resistenza di progetto coi relativi coefficienti di sicurezza  $\gamma_m=1,15$  e  $\gamma_{Ra}=1,20$

**Fase n° 1 - SLU - STR** non sono presenti tiranti

**Fase n° 2 - SLU - STR** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	464,26	459,92	1,009

**Fase n° 3 - SLU - STR** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	464,26	459,92	1,009

**Fase n° 4 - SLU - STR** n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	464,26	459,92	1,009
2	696,39	535,33	1,301

**Fase n° 5 - SLU - STR** n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	464,26	459,92	1,009
2	696,39	535,33	1,301

**Fase n° 6 - SLV - STR** n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	464,26	459,92	1,009
2	696,39	535,33	1,301

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	212

13.4.3.9.3 VERIFICA DELLA LUNGHEZZA LIBERA IN CONDIZIONI SISMICHE

Di seguito si riporta la verifica della lunghezza libera in condizioni sismiche,  $L_E$ , secondo le NTC2008 (§7.11.6.4).

$$L_E = L_S \cdot (1 + 1.5 \cdot a_{max}/g)$$

Le verifiche risultano soddisfatte. La lunghezza libera in condizioni statiche,  $L_S$ , è stata determinata in modo tale

che il bulbo di fondazione si collochi al di fuori del cuneo di spinta attiva; quest'ultimo ha inclinazione sulla verticale

di  $45^\circ - \varphi'/2$  (dove  $\varphi' = 22^\circ$  e  $35^\circ$ ).

PROFONDITA' DEL CENTRO DI ROTAZIONE DAL FONDO SCAVO
6.70 m

$L_{progetto}$ [m]	$L_S$ [m]	$a_{max}/g$ [-]	$L_E$ [m]	$L_{progetto} > L_E$
11	6,21	0,116	7,29	verificato
10	5,01	0,116	5,88	verificato

13.4.3.10 VERIFICHE GEOTECNICHE

13.4.3.10.1 VERIFICA PORTANZA PALO

*Simbologia adottata*

n° Indice della Combinazione/Fase

Tipo Tipo della Combinazione/Fase

$P_{P,med}$ ,  $P_{P,min}$  Portanza di punta media e minima, espressa in [kN]

$P_{L,med}$ ,  $P_{L,min}$  Portanza laterale media e minima, espressa in [kN]

$P_d$  Portanza di progetto, espressa in [kN]

N Sforzo normale alla base del palo, espressa in [kN]

FS Fattore di sicurezza (rapporto  $P_d/N$ )

n°	Tipo	$P_{P,med}$ [kN]	$P_{L,med}$ [kN]	$P_{P,min}$ [kN]	$P_{L,min}$ [kN]	$P_d$ [kN]	N [kN]	FS
1	SLU - STR	1956,78	0,00	1956,78	0,00	1151,05	187,32	6.145
2	SLU - STR	1956,78	0,00	1956,78	0,00	1151,05	204,42	5.631
3	SLU - STR	1619,61	0,00	1619,61	0,00	952,71	205,16	4.644
4	SLU - STR	1619,61	0,00	1619,61	0,00	952,71	247,10	3.856
5	SLU - STR	1451,02	0,00	1451,02	0,00	853,54	247,52	3.448
6	SLV - STR	1451,02	0,00	1451,02	0,00	853,54	247,42	3.450
1	SLU - GEO	1956,78	0,00	1956,78	0,00	677,09	187,32	3.615
2	SLU - GEO	1956,78	0,00	1956,78	0,00	677,09	204,42	3.312
3	SLU - GEO	1619,61	0,00	1619,61	0,00	560,42	205,19	2.731
4	SLU - GEO	1619,61	0,00	1619,61	0,00	560,42	247,12	2.268
5	SLU - GEO	1451,02	0,00	1451,02	0,00	502,08	247,58	2.028
6	SLV - GEO	1451,02	0,00	1451,02	0,00	632,25	248,24	2.547

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	213

13.4.3.10.2 VERIFICA STABILITA' GLOBALE (METODO DI FELLENIUS)

*Simbologia adottata*

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

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X <sub>c</sub> , Y <sub>c</sub> [m]	R [m]	X <sub>v</sub> , Y <sub>v</sub> [m]	X <sub>m</sub> , Y <sub>m</sub> [m]	FS	R
1	SLU - GEO	-1,52; 0,00	15,28	-16,56; -2,70	13,73; -1,00	3.882	1.100
2	SLU - GEO	-1,52; 0,00	15,28	-16,56; -2,70	13,73; -1,00	3.914	1.100
3	SLU - GEO	-1,52; 0,00	15,28	-15,88; -5,22	13,73; -1,00	2.210	1.100
4	SLU - GEO	-1,52; 0,00	15,28	-15,88; -5,22	13,73; -1,00	2.277	1.100
5	SLU - GEO	-1,52; 0,00	15,28	-15,35; -6,49	13,73; -1,00	1.832	1.100
6	SLV - GEO	-1,52; 0,00	15,28	-15,35; -6,49	13,73; -1,00	1.611	1.200

*Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo*

*Simbologia adottata*

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

**Fase n° 6 - SLV - GEO**

Numero di strisce 51  
Sisma verticale verso il basso.

**Caratteristiche delle strisce**

n°	W [kN]	α [°]	L [m]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	(Ctn; Ctt) [kN]
1	5,9421	-62,56	1,23	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
2	17,1655	-58,22	1,08	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
3	26,7055	-54,37	0,98	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
4	35,0216	-50,85	0,90	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
5	42,3842	-47,58	0,84	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
6	48,9686	-44,50	0,80	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
7	54,8968	-41,58	0,76	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
8	60,2571	-38,79	0,73	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
9	65,1165	-36,10	0,70	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
10	69,5265	-33,50	0,68	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
11	73,5280	-30,98	0,66	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
12	77,1539	-28,52	0,65	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
13	80,4311	-26,12	0,63	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
14	83,3815	-23,77	0,62	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
15	86,0235	-21,46	0,61	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
16	88,3723	-19,18	0,60	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
17	90,4406	-16,94	0,59	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
18	92,2390	-14,72	0,59	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
19	93,7763	-12,53	0,58	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
20	95,0596	-10,35	0,58	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
21	96,0948	-8,19	0,57	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
22	96,8864	-6,04	0,57	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
23	97,4378	-3,90	0,57	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
24	97,7515	-1,76	0,57	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
25	97,8286	0,37	0,57	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
26	97,6695	2,50	0,57	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
27	97,2736	4,64	0,57	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
28	160,4023	6,79	0,58	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
29	169,5140	8,96	0,58	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
30	168,3761	11,14	0,58	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
31	166,9833	13,33	0,59	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
32	165,3292	15,55	0,59	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	214

n°	W [kN]	$\alpha$ [°]	L [m]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	(Ctn; Ctt) [kN]
33	163,4059	17,79	0,60	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
34	161,3001	20,06	0,61	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
35	170,1532	22,36	0,62	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
36	167,3559	24,70	0,63	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
37	164,2372	27,09	0,64	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
38	160,7770	29,53	0,66	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
39	156,9507	32,03	0,67	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
40	152,7285	34,60	0,70	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
41	148,0735	37,25	0,72	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
42	142,9395	40,00	0,75	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
43	137,2673	42,86	0,78	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
44	130,9797	45,87	0,82	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
45	123,9726	49,05	0,87	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
46	116,0993	52,44	0,94	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
47	107,1425	56,13	1,03	17,91	12,0	0,0	71,83; 17,74
48	96,7520	60,22	1,15	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
49	84,2892	64,91	1,35	17,91	12,0	0,0	26,23; 2,34
50	68,2778	70,68	1,73	29,26	0,1	0,0	0,00; 0,00
51	41,0027	79,95	3,28	29,26	0,1	0,0	0,00; 0,00

Resistenza a taglio paratia = 0,0000 [kN]

$\Sigma W_i = 5291,6418$  [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 1035,8454$  [kN]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 1465,9198$  [kN]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 423,6758$  [kN]

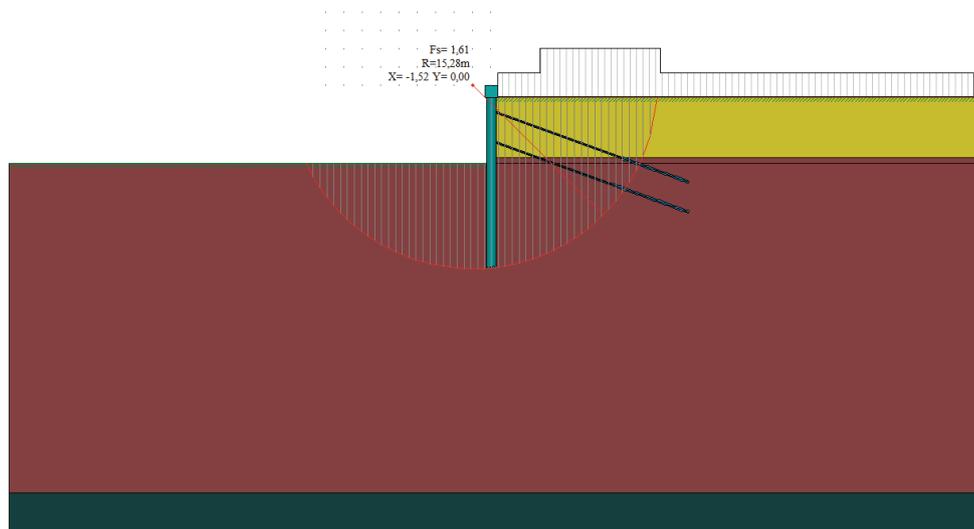


Figura 13.135 – Verifica di stabilità globale FS minimo.FS=1.61

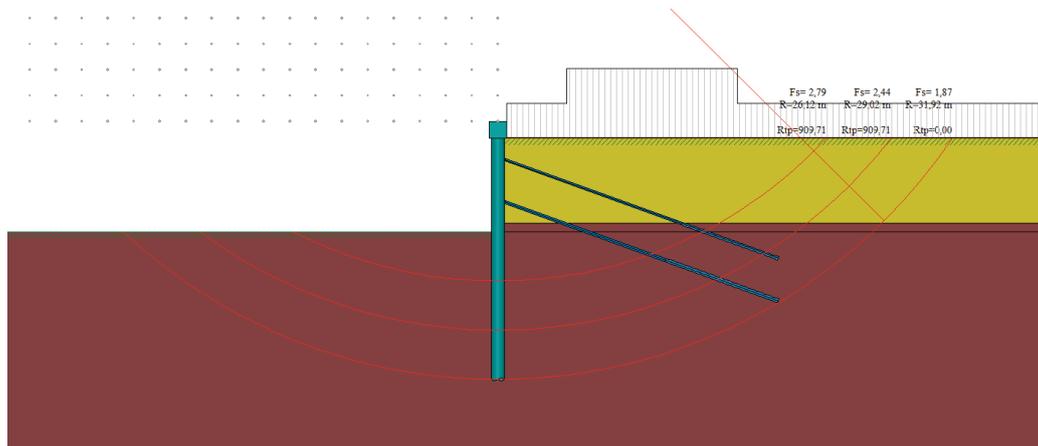


Figura 13.136.1 – Valore FS della ipotetica superficie di scorrimento esterno ai bulbi.FS=1.87

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	215

13.4.3.10.3 VERIFICHE CORPO RIGIDO

*Simbologia adottata*

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

I punti di applicazione delle azioni sono riferiti alla testa della paratia.  
La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S	R	W	T	P	V	C	Mr	Ms	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>SCO</sub>
		Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y				
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]			
1	ESE	727,5806	3964,4087	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	3218,5118	17348,8325	5.390	5.449
		10,78	10,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
2	ESE	727,5806	3964,4087	0,0000	46,9846	0,0000	0,0000	0,0000	3218,5118	17957,2835	5.579	5.513
		10,78	10,82	0,00	2,25	0,00	0,00	0,00				
3	ESE	727,5806	2599,2419	0,0000	48,3327	0,0000	0,0000	0,0000	3218,5118	9664,8175	3.003	3.639
		10,78	11,72	0,00	2,25	0,00	0,00	0,00				
4	ESE	727,5806	2599,2419	0,0000	163,5042	0,0000	0,0000	0,0000	3218,5118	10862,6342	3.375	3.797
		10,78	11,72	0,00	4,05	0,00	0,00	0,00				
5	ESE	727,5806	2060,5152	0,0000	164,1611	0,0000	0,0000	0,0000	3218,5118	8243,4618	2.561	3.058
		10,78	12,09	0,00	4,05	0,00	0,00	0,00				
6	ESE	732,7356	2060,5152	0,0000	164,6212	0,0000	0,0000	0,0000	3277,4493	8248,8389	2.517	3.037
		10,73	12,09	0,00	4,04	0,00	0,00	0,00				
7	SLU - STR	1007,4704	5029,2665	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	4459,6452	21984,8169	4.930	4.992
		10,77	10,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
8	SLU - STR	1007,4704	5029,2665	0,0000	46,9846	0,0000	0,0000	0,0000	4459,6452	22593,2679	5.066	5.039
		10,77	10,83	0,00	2,25	0,00	0,00	0,00				
9	SLU - STR	1007,4704	3254,8378	0,0000	49,0256	0,0000	0,0000	0,0000	4459,6452	11820,0241	2.650	3.279
		10,77	11,76	0,00	2,25	0,00	0,00	0,00				
10	SLU - STR	1007,4704	3254,8378	0,0000	164,2368	0,0000	0,0000	0,0000	4459,6452	13018,3554	2.919	3.394
		10,77	11,76	0,00	4,04	0,00	0,00	0,00				
11	SLU - STR	1007,4704	2561,2718	0,0000	165,3975	0,0000	0,0000	0,0000	4459,6452	9677,5642	2.170	2.706
		10,77	12,14	0,00	4,04	0,00	0,00	0,00				
12	SLV - STR	742,5010	2060,5152	0,0000	165,1398	0,0000	0,0000	0,0000	3389,0990	8255,8101	2.436	2.998
		10,64	12,09	0,00	4,04	0,00	0,00	0,00				
13	SLU - GEO	951,7474	3330,2517	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	4292,2401	14405,7789	3.356	3.499
		10,69	10,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
14	SLU - GEO	951,7474	3330,2517	0,0000	46,9846	0,0000	0,0000	0,0000	4292,2401	15014,2299	3.498	3.548
		10,69	10,87	0,00	2,25	0,00	0,00	0,00				
15	SLU - GEO	951,7474	2182,9217	0,0000	49,0986	0,0000	0,0000	0,0000	4292,2401	8166,0161	1.903	2.345
		10,69	11,75	0,00	2,25	0,00	0,00	0,00				
16	SLU - GEO	951,7474	2182,9217	0,0000	164,3061	0,0000	0,0000	0,0000	4292,2401	9364,2993	2.182	2.466
		10,69	11,75	0,00	4,04	0,00	0,00	0,00				
17	SLU - GEO	951,7474	1724,1889	0,0000	165,5669	0,0000	0,0000	0,0000	4292,2401	7159,2080	1.668	1.986
		10,69	12,12	0,00	4,04	0,00	0,00	0,00				
18	SLV - GEO	953,3286	1724,1889	0,0000	167,3764	0,0000	0,0000	0,0000	4463,4193	7180,2700	1.609	1.984
		10,52	12,12	0,00	4,03	0,00	0,00	0,00				

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	216

**13.4.3.11 VERIFICHE STRUTTURALI DELLA SEZIONE IN C.A.**

**13.4.3.11.1 VERIFICHE SLU**

Si riportano di seguito la verifica a presso-flessione e la verifica a taglio della sezione in c.a. per le sollecitazioni massime riportate in figura.

I pali hanno un'armatura corrente di 16φ18. L'armatura trasversale è invece costituita da una spirale φ10/20. Il cordolo in c.a. risulta armato in direzione longitudinale con 4+4φ16 sul piano verticale e 4+4φ16 sul piano orizzontale, mentre le staffe φ10/25 a due bracci verticalmente e due bracci orizzontalmente.

**13.4.3.11.1.1 DOMINI M-N**

Di seguito sono riportati per ogni tratto di armatura i diagrammi di interazione  $M_u-N_u$  della sezione; sono stati calcolati 16 punti per ogni sezione analizzata.

Per la costruzione dei diagrammi limiti si sono assunti i seguenti valori:

Tensione caratteristica cubica del cls	$R_{bk} = 30000$ [kPa]
Tensione caratteristica cilindrica del cls ( $0.83 \times R_{bk}$ )	$R_{ck} = 254$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Fattore di riduzione per carico di lunga permanenza	$\psi = 0.85$
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	$f_{yk} = 450000$ [kPa]
Coefficiente di sicurezza cls	$\gamma_c = 1.50$
Coefficiente di sicurezza acciaio	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo del cls ( $\psi R_{ck} / \gamma_c$ )	$R_c^* = 144$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Resistenza di calcolo dell'acciaio ( $f_{yk} / \gamma_s$ )	$R_s^* = 3990$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s = 2100000$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Deformazione ultima del calcestruzzo	$\epsilon_{cu} = 0.0035$ (0.35%)
Deformazione del calcestruzzo al limite elastoplastico	$\epsilon_{ck} = 0.0020$ (0.20%)
Deformazione ultima dell'acciaio	$\epsilon_{yu} = 0.0100$ (1.00%)
Deformazione dell'acciaio al limite elastico ( $R_s^* / E_s$ )	$\epsilon_{yk} = 0.0015$ (0.19%)

*Legame costitutivo del calcestruzzo*

Per il legame costitutivo del calcestruzzo si assume il diagramma parabola-rettangolo espresso dalle seguenti relazioni:

*Tratto parabolico:*  $0 < \epsilon_c < \epsilon_{ck}$

$$\sigma_c = \frac{R_c^* (2\epsilon_c \epsilon_{ck} - \epsilon_c^2)}{\epsilon_{ck}^2}$$

*Tratto rettangolare:*  $\epsilon_{ck} < \epsilon_c < \epsilon_{cu}$

$$\sigma_c = R_c^*$$

*Legame costitutivo dell'acciaio*

Per l'acciaio si assume un comportamento elastico-perfettamente plastico espresso dalle seguenti relazioni:

$$\sigma_s = E_s \epsilon_s \quad \text{per } 0 < \epsilon_s < \epsilon_{sy}$$

$$\sigma_s = R_s^* \quad \text{per } \epsilon_{sy} < \epsilon_s < \epsilon_{su}$$

Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	217

Valori del dominio M-N del palo

N°	N <sub>u</sub> [kN]	M <sub>u</sub> [kNm]
1	-1593,1972	0,0000
2	0,0000	475,6076
3	968,9553	678,0047
4	1453,4330	746,8777
5	1937,9106	805,6064
6	2422,3883	840,4538
7	2906,8660	859,1678
8	3391,3436	857,6519
9	3875,8213	833,0126
10	4360,2989	799,2089
11	4844,7766	756,7915
12	5329,2543	704,2476
13	5813,7319	637,4027
14	6298,2096	557,7372
15	6782,6872	464,4339
16	7267,1649	0,0000
17	7267,1649	0,0000
18	6782,6872	-464,4339
19	6298,2096	-557,7372
20	5813,7319	-637,4027
21	5329,2543	-704,2476
22	4844,7766	-756,7915
23	4360,2989	-799,2089
24	3875,8213	-833,0126
25	3391,3436	-857,6519
26	2906,8660	-859,1678
27	2422,3883	-840,4538
28	1937,9106	-805,6064
29	1453,4330	-746,8777
30	968,9553	-678,0047
31	0,0000	-475,6076
32	-1593,1972	0,0000

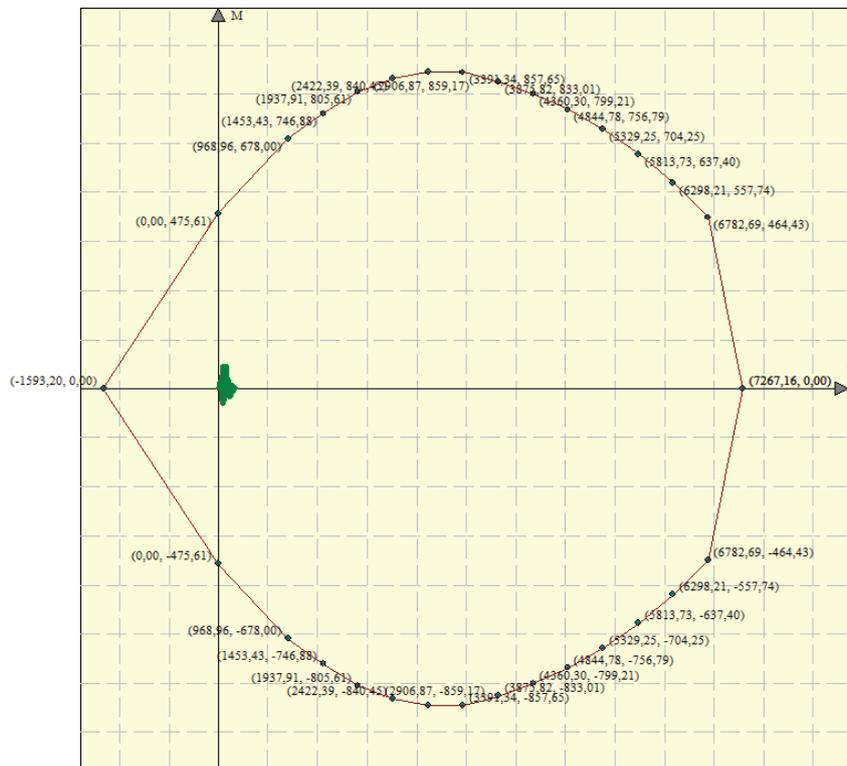


Figura 13.137 – Dominio M-N, sezione palo, armatura in c.a.

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	218

Tabella 21 – Sollecitazioni massime del singolo palo

COMBINAZIONE		PROFONDITA'[m]	M <sub>palo</sub> [KNm]	N <sub>palo</sub> [KN]	PROFONDITA'[m]	T <sub>palo</sub> [KN]
SLU-STR (A1+M1)	FASE 10	4.75	57.22	118.31	4.75	62.29
SLU-GEO (A2+M2)	FASE 16	4.75	53.84	80.00	4.75	60.91
SLV-STR (A1+M1+SISMA)	FASE 12	4.75	51.91	118.64	4.75	54.95
SLV-GEO (A2+M2+SISMA)	FASE 18	4.75	39.56	120.00	4.75	52.42

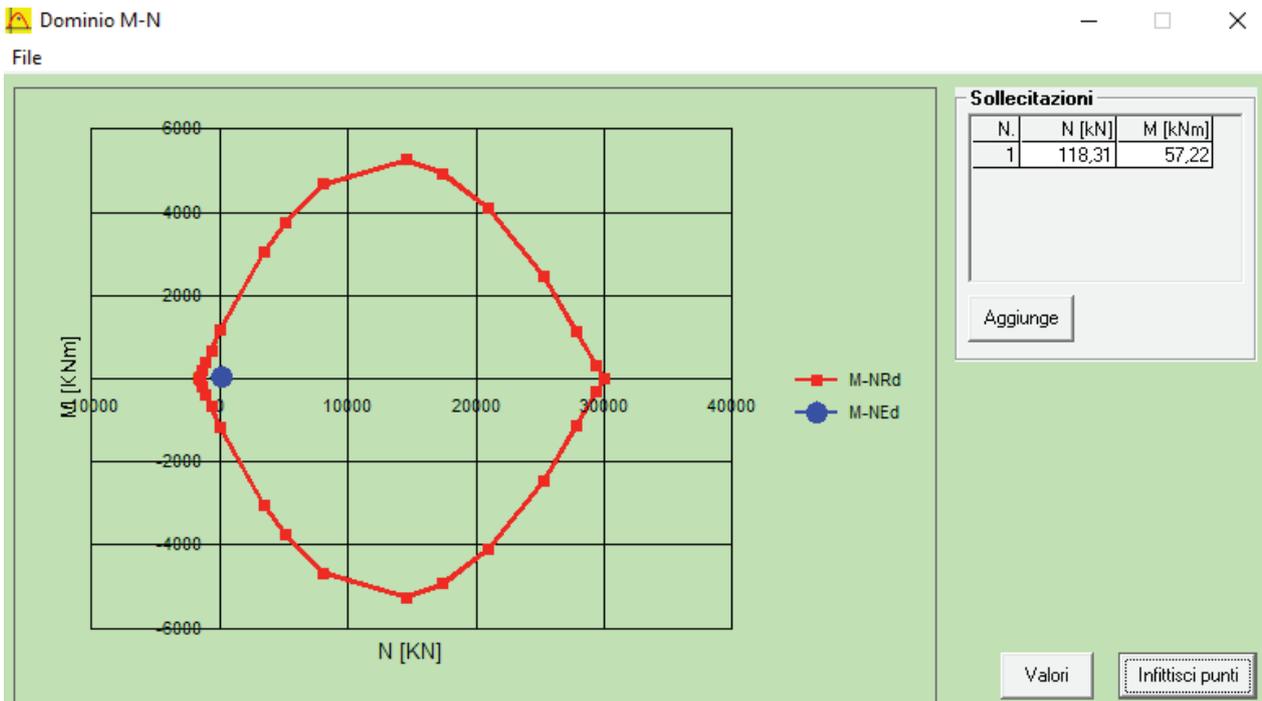


Figura 13.138 – SLU-STR (A1+M1), FASE 10

$M_{Ed} = 57.22$  kNm  
 $N (M_{Ed}) = 118.31$  kN  
 $M_u = 1218$  kNm  
 $FS = 21.29$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	219

☑ Dominio M-N

File

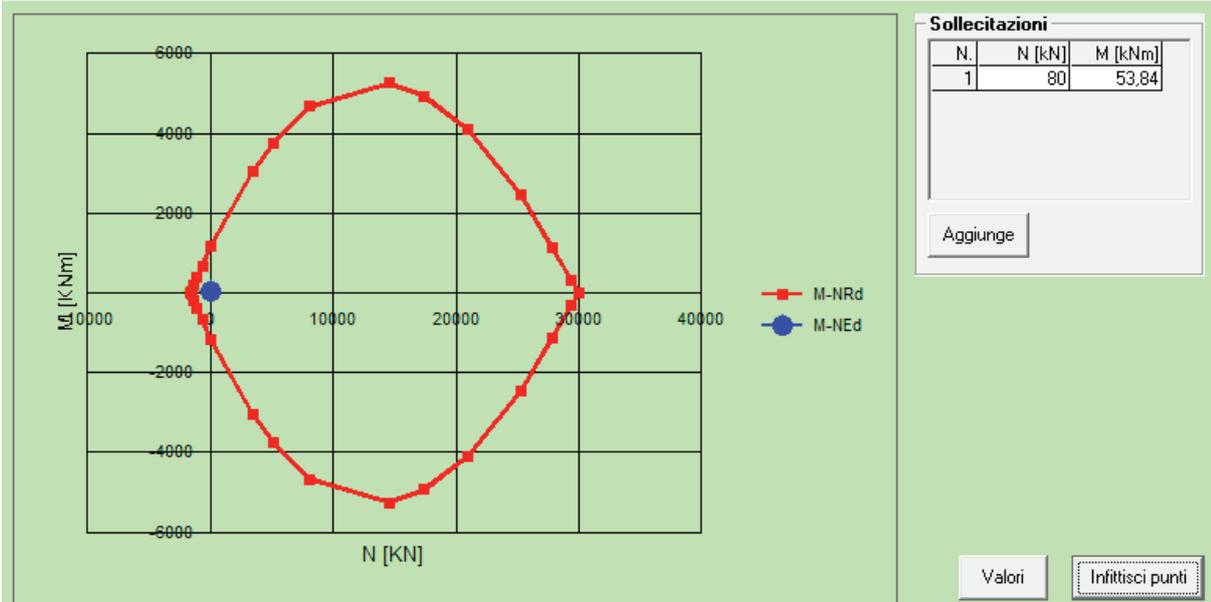


Figura 13.139 – SLU-GEO (A2+M2), FASE 16

$M_{Ed} = 53.84$  kNm  
 $N (M_{Ed}) = 80.00$  kN  
 $M_U = 1193$  kNm  
 $FS = 22.16$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	220

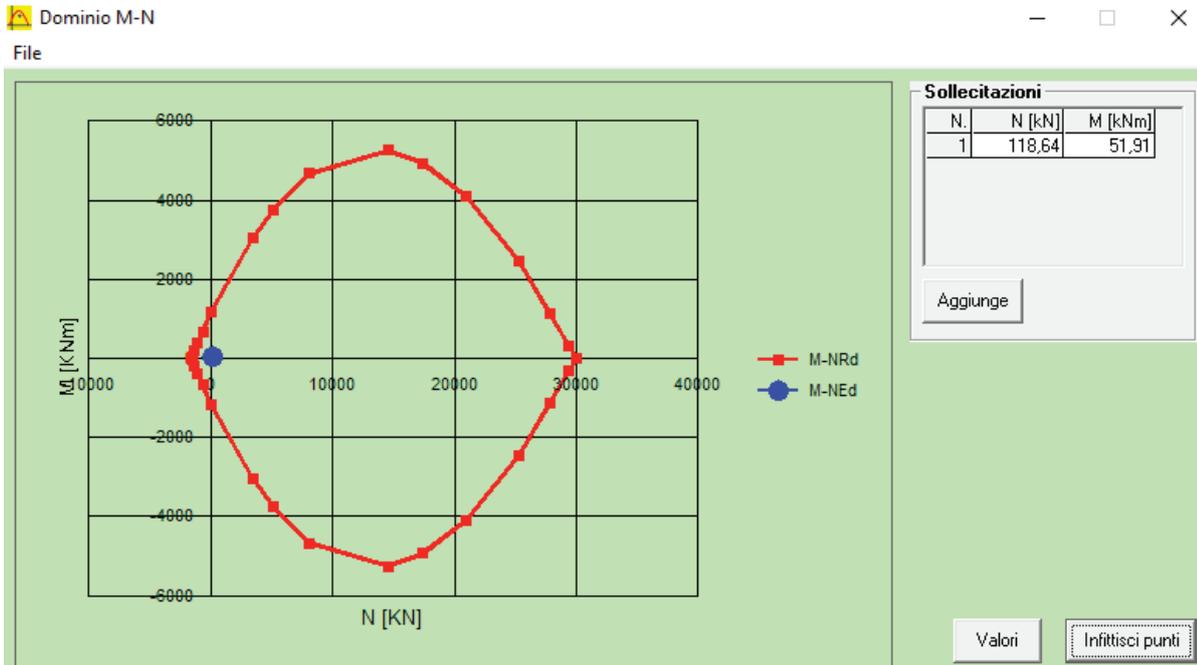


Figura 13.140 – SLV-STR (A1+M1+SISMA), FASE 12

$M_{Ed} = 51.91 \text{ kNm}$   
 $N (M_{Ed}) = 118.64 \text{ kN}$   
 $M_U = 1218 \text{ kNm}$   
 $FS = 23.46$

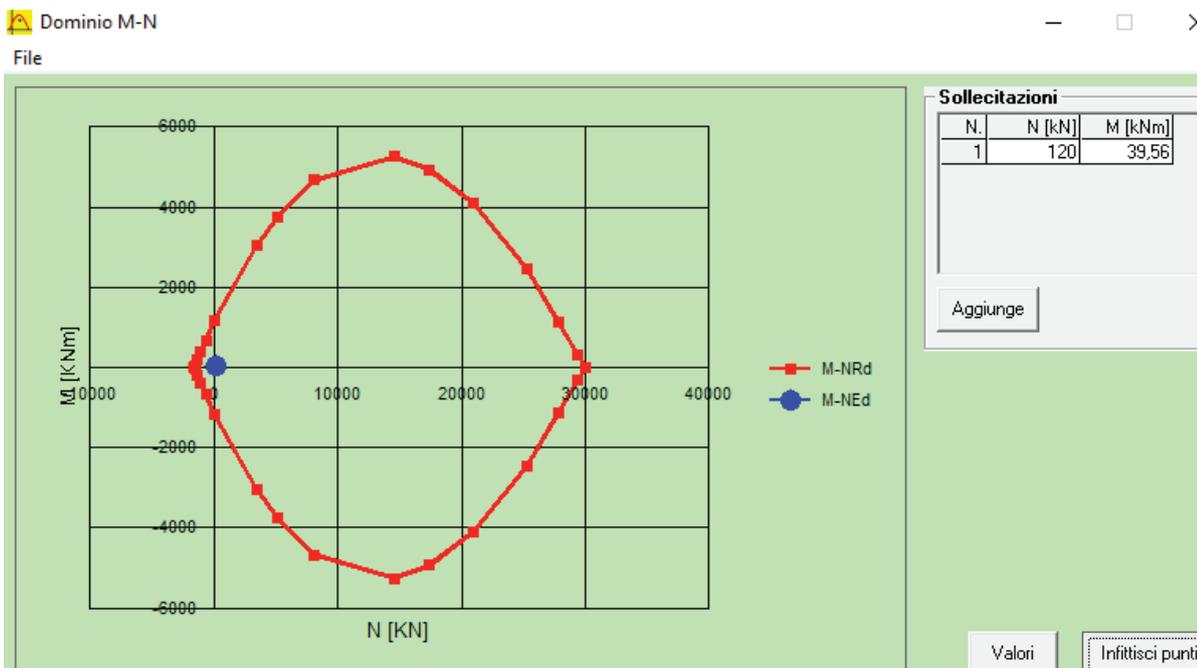


Figura 13.141 – SLV-GEO (A2+M2+SISMA), FASE 18

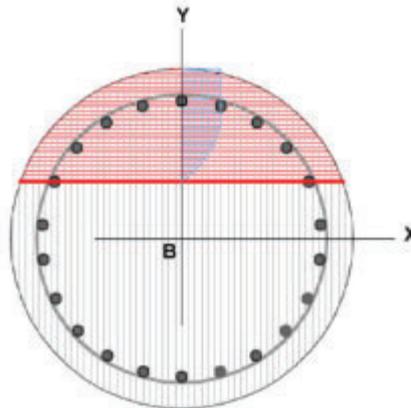
$M_{Ed} = 39.56 \text{ kNm}$   
 $N (M_{Ed}) = 120.00 \text{ kN}$   
 $M_U = 1219 \text{ kNm}$   
 $FS = 30.81$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	221

13.4.3.11.1.2 VERIFICA A TAGLIO DEL SINGOLO PALO SEZIONE CIRCOLARE

Si prende in considerazione il valore massimo dell'involuppo della sollecitazione tagliante  
Tmax=66.93 kN



Diametro palo[cm]	80	Carico assiale [kN]	0	
Diametro staffe [cm]	68	diametro ferri lon.[mm]	18	
Copriferro staffe [cm]	6,00	$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	25,00	
$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	450,00	$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	14,17	
<b>Armatura trasversale</b>				
diametro staffe [mm]	10,00	passo [cm]	20,00	
Area staffe [mm <sup>2</sup> ]	157	numero braccia elicoidali	2	
<b>Verifica a Taglio</b>				
$\cot\theta$ per $V_{Rsd} = V_{Rcd}$	$\cot\theta$	$\alpha_c$	$V_{Rsd}$ [kN]	$V_{Rcd}$ [kN]
4,1759	2,5000	1,00	415,59	1056,93
<b>Taglio Resistente di Progetto <math>V_{Rd}</math> [kN]</b>				<b>415,59</b>
<b>Taglio di Progetto <math>V_d</math> [kN]</b>				<b>66,93</b>
<b>FS</b>				<b>6,21</b>

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	222

13.4.3.11.2 VERIFICHE SLE

13.4.3.11.2.1 VERIFICA TENSIONI

*Simbologia adottata*

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

A <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	cmb	σ <sub>f</sub>	cmb
[cmq]	[kPa]		[kPa]	
40,72	2041	4	49129	4

13.4.3.11.2.2 VERIFICA FESSURAZIONE

*Simbologia adottata*

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

Oggetto	n° - Tipo	Y	M	M <sub>f</sub>	s	ε <sub>sm</sub>	W <sub>lim</sub>	W <sub>k</sub>
		[m]	[kNm]	[kNm]	[mm]	[%]	[mm]	[mm]
Paratia	4 - ESE	4,75	60,40	184,20	0,000	0.0000	0,200	0,000

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	223

**13.4.3.12 VERIFICHE STRUTTURALI DELLA TRAVE DI RIPARTIZIONE**

Il calcolo del cordolo con tiranti fa riferimento ad un metodo suggerito da Joseph E. BOWLES (Fondazioni, progetto e analisi – cap. 13 paratie a mensole e ancorate) il quale considera, per il progetto del cordolo, uno schema di trave su appoggi con carico uniformemente distribuito:

Si considera una trave continua con appoggi nel piano orizzontale con interasse dei Tiranti e appoggi nel piano verticale con interasse dei pali della paratia.

$Q_0 = N_0 \times n^\circ \text{Tiranti} / \text{Lunghezza paratia}$ , dove gli appoggi sono le posizioni dei tiranti

Mentre il carico uniformemente distribuito nel piano verticale viene calcolato con la seguente formula

$Q_v = N_v \times n^\circ \text{Pali} / \text{Lunghezza paratia}$ , dove gli appoggi sono i pali

Di seguito si riporta il calcolo dei carichi equivalenti distribuiti sui cordoli in acciaio modellati tridimensionalmente.

1° ordine di tiranti				
forza tirante	inclinazione	lunghezza paratia	n. tiranti	n. pali
[kN]	[°]	[m]	[-]	[-]
102.21	20	7.00	4	8

	N totale	
	[kN]	[kN/m]
componente verticale	34.96	$Q_v$ 39.95
componente orizzontale	96.05	$Q_o$ 54.88

2° ordine di tiranti				
forza tirante	inclinazione	lunghezza paratia	n. tiranti	n. pali
[kN]	[°]	[m]	[-]	[-]
254.02	20	7.00	4	8

	N totale	
	[kN]	[kN/m]
componente verticale	86.88	$Q_v$ 99.29
componente orizzontale	238.70	$Q_o$ 136.40

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	224

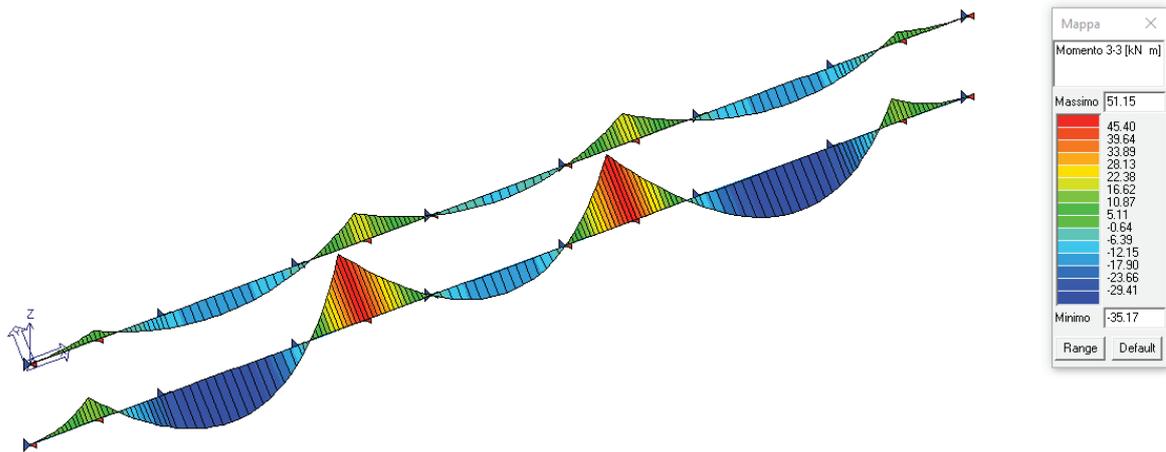


Figura 13.142 – Diagramma momento flettente sul piano orizzontale

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	225

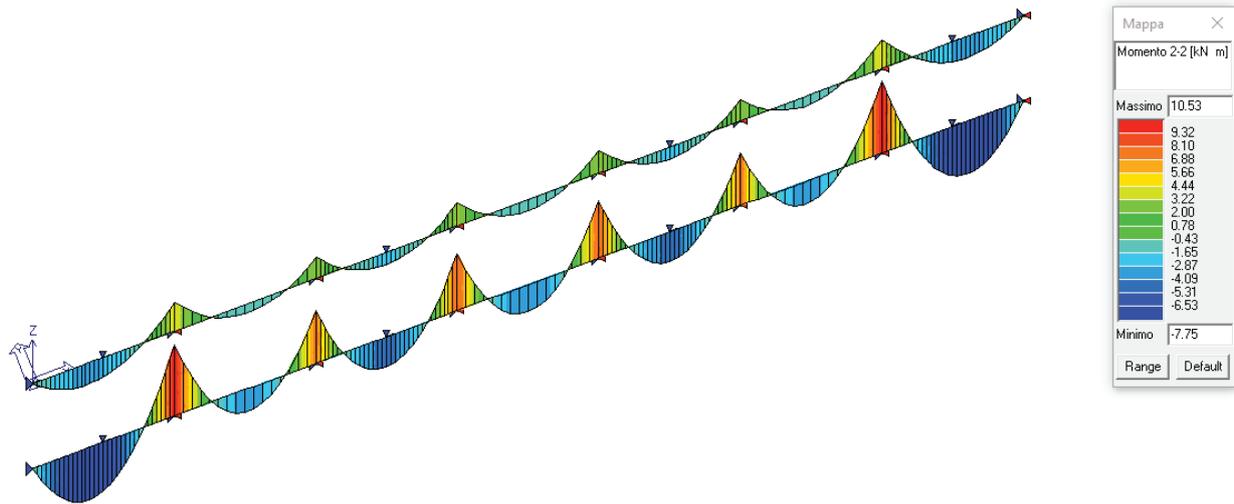


Figura 13.143 – Diagramma momento flettente sul piano verticale

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	226

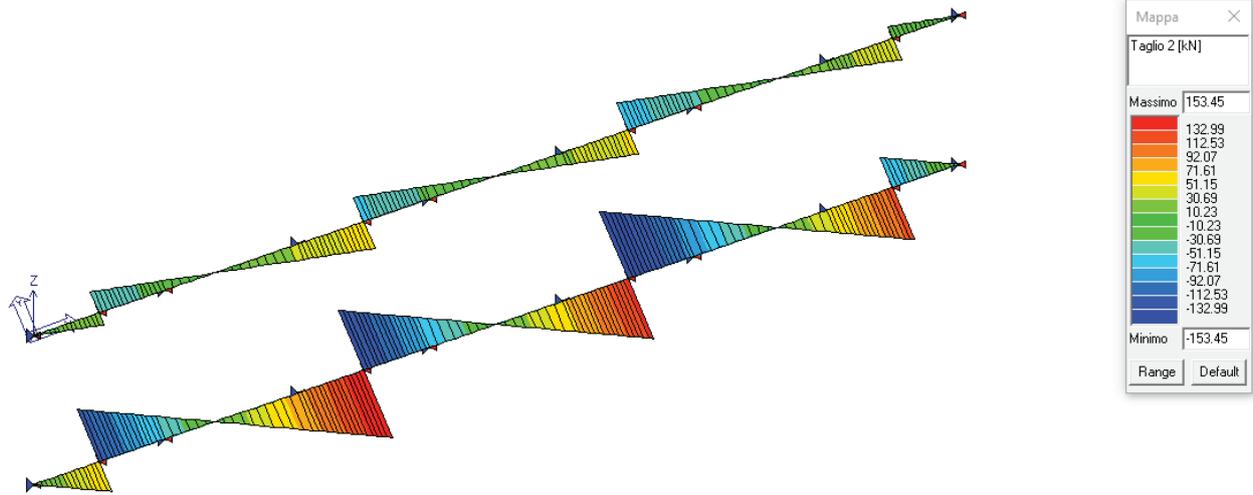


Figura 13.144 – Diagramma del taglio sul piano orizzontale

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	227

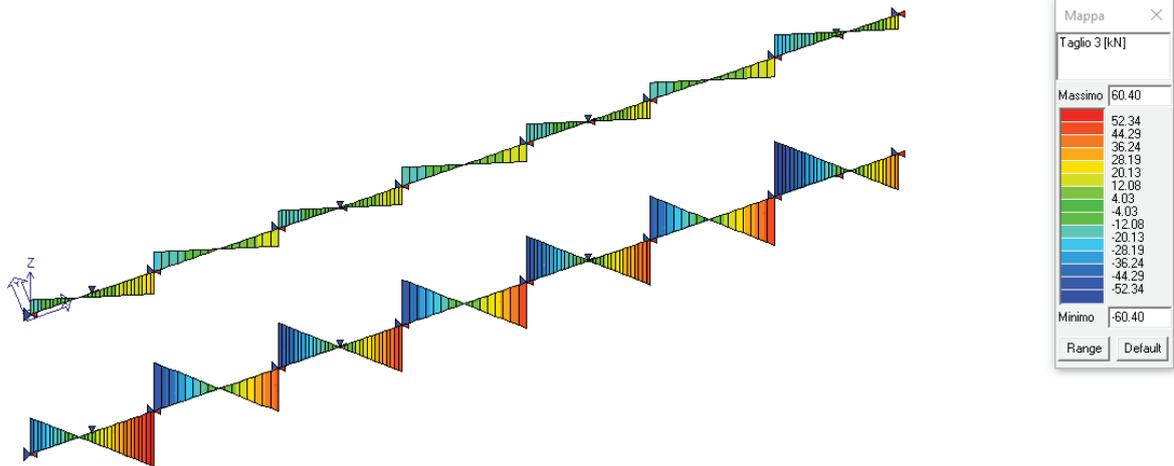


Figura 13.145 – Diagramma del taglio sul piano verticale

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	228

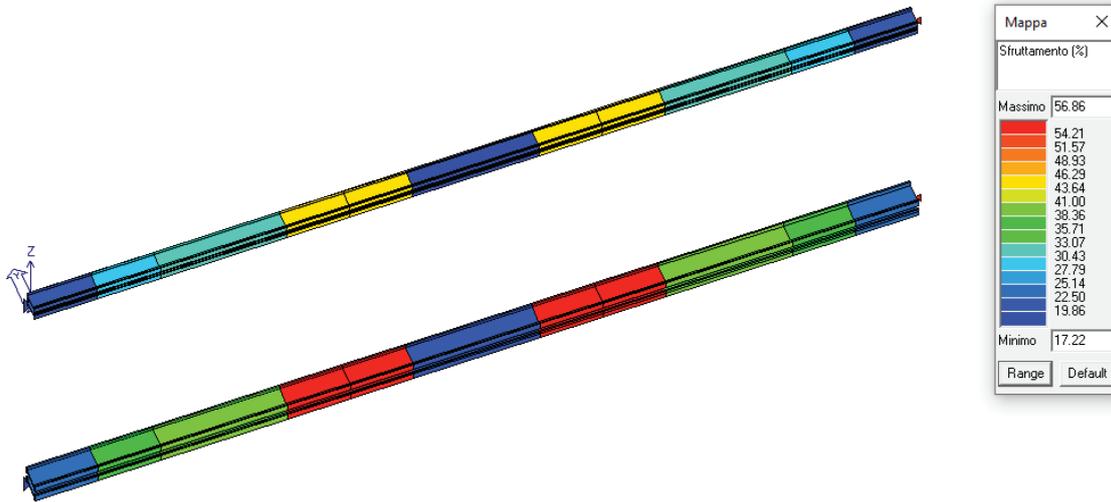


Figura 13.146 –Mappa cromatica dei valori di sfruttamento degli elementi strutturali espressi, in percentuale, come il maggiore dei tre rapporti tra le tensioni massime (resistenza, stabilità, svergolamento) e quelle limite di progetto

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	229

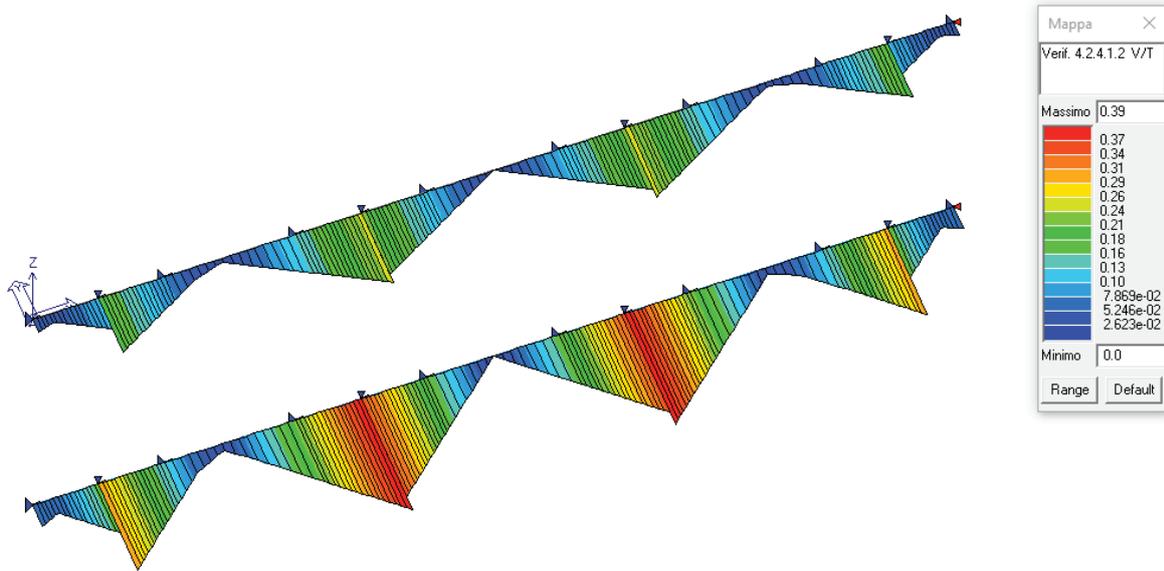


Figura 13.147 Verifica a taglio e torsione degli elementi espressi mediante i valori di  $VEd/Vc,Rd$  (oppure  $TEd/TRd$  se questa dovesse risultare più restrittiva). La verifica è da considerarsi soddisfatta se il valore è inferiore a 1.

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	230

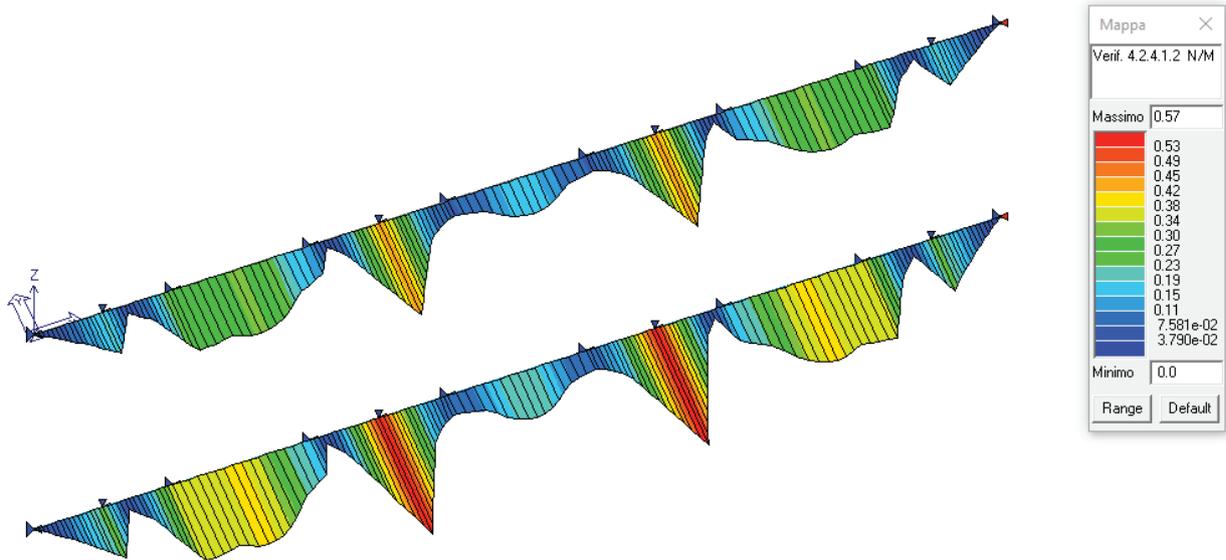


Figura 13.148 Permette la visualizzazione dei risultati ottenuti dalla verifica a presso/tenso flessione degli elementi. La verifica tiene conto del fattore di riduzione per taglio  $\rho$  (formula 4.2.41). La verifica è da considerarsi soddisfatta se il valore è inferiore a 1.

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	231

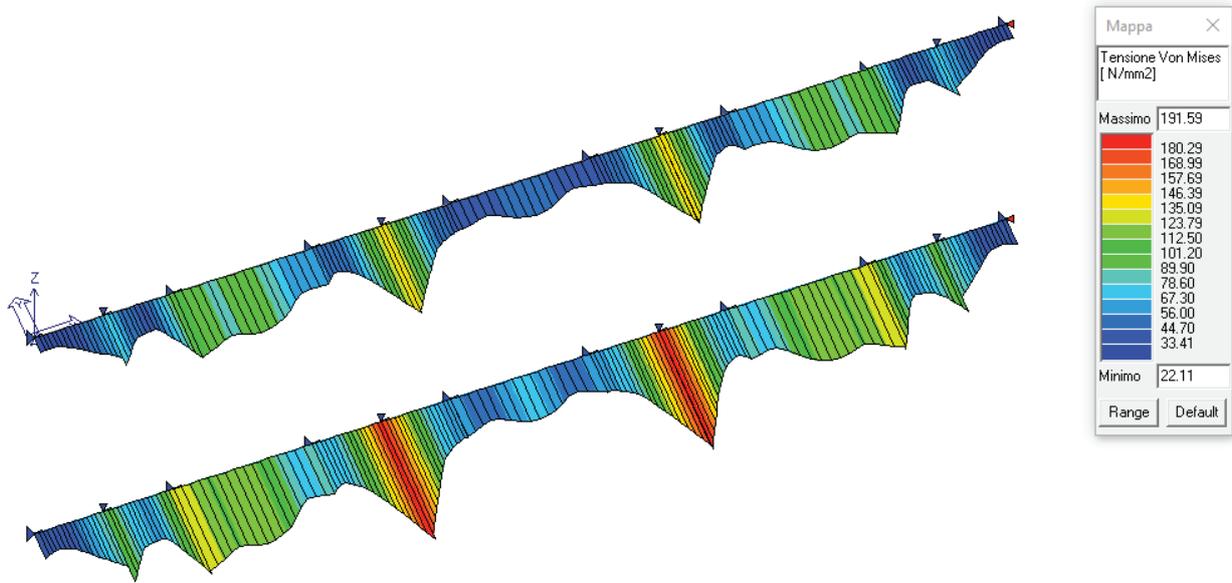


Figura 13.149 Visualizzazione della radice quadrata della somma degli sforzi di tensioni piani, espresso come dalla formula 4.2.4 da confrontare con  $f_{yk}/\gamma_{MO}$ :

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{x,Ed} \cdot \sigma_{z,Ed} + 3\tau_{Ed}^2}$$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	232

**13.4.3.13 VERIFICA DEL CORDOLO**

Il cordolo della sezione D è un elemento in c.a. di forma quadrangolare (100x100 cm) armato in direzione longitudinale con 4+4 $\phi$ 16 sul piano verticale e 4+4 $\phi$ 16 sul piano orizzontale, mentre le staffe  $\phi$ 10/25 a due bracci verticalmente e due bracci orizzontalmente.

La sezione trasversale del cordolo è verificata a pressoflessione deviata ( $M_{x,Ed}$ ,  $M_{y,Ed}$ ), a taglio nel piano verticale ( $V_{v,Ed}$ ) e a taglio nel piano orizzontale ( $V_{h,Ed}$ ), in riferimento alle sollecitazioni derivanti da due distinti schemi di carico.

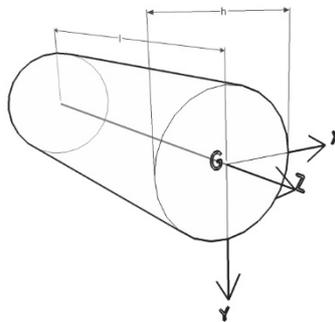


Figura 13.150 – Sistema di riferimento solido trave

Nel primo schema di carico (SCHEMA A), ragionando nel piano verticale, si analizza il cordolo schematizzato come trave continua su più appoggi, costituiti dai pali, e caricato dal solo peso proprio. Dallo schema in questione si estrae la massima sollecitazione flettente nel piano verticale ( $M_{x,Ed}$ ) e la massima sollecitazione tagliante nel piano verticale ( $V_{v,Ed}$ ).

Nel secondo schema di carico (SCHEMA B), considerando il piano orizzontale, si assume analogamente il cordolo come trave continua su più appoggi costituiti dai pali, ma caricato, questa volta, da un carico distribuito ( $q_h$ ) rappresentato dalla sollecitazione tagliante di involuppo, all'intradosso del cordolo, derivante dall'analisi geotecnica della paratia. Da questo secondo schema di carico, si estrae la massima sollecitazione flettente nel piano orizzontale ( $M_{y,Ed}$ ) e la massima sollecitazione tagliante nel piano orizzontale ( $V_{h,Ed}$ ).

Si riportano a seguire i grafici e i dati relativi alle verifiche.

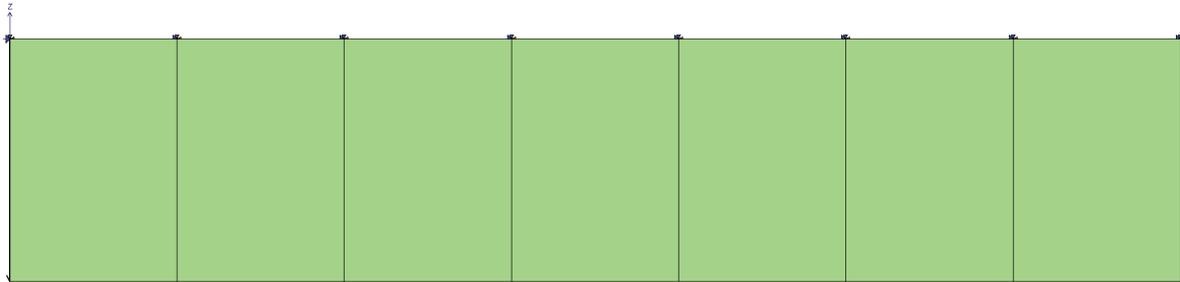
PESO PROPRIO CORDOLO		
$\gamma_{cls}$	25.00	kN/m <sup>3</sup>
B	1.00	m
H	1.00	m
$Q_{vk}$	25.00	kN/m
$Q_{vd}$	32.50	kN/m

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

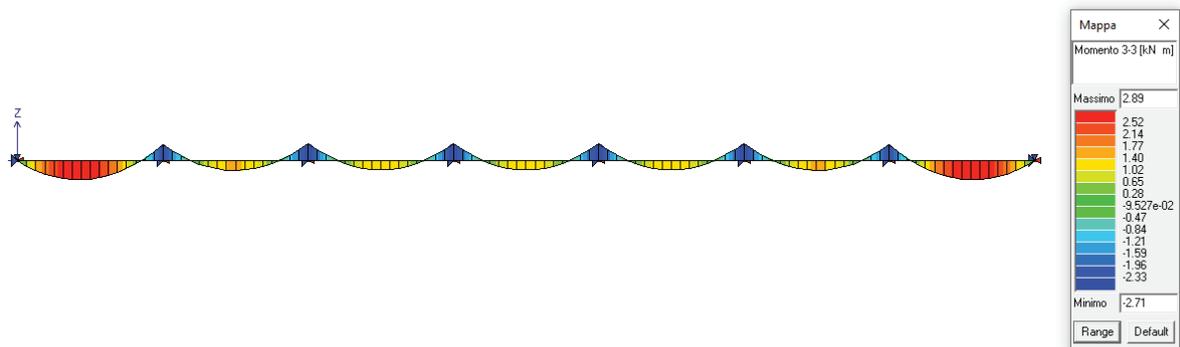
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	233

**SCHEMA A**

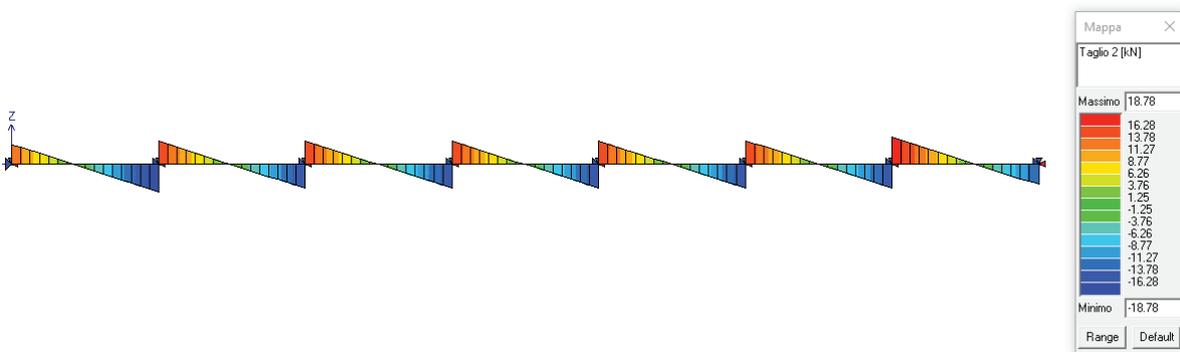
$q_v = 32.50 \text{ kN/m}$



**Momento flettente**



**Taglio**



**Sollecitazioni massime derivanti dallo schema di carico A (piano verticale)**

$M_{x,Ed} = 2.89 \text{ kNm}$

$V_{v,Ed} = 18.78 \text{ kN}$

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

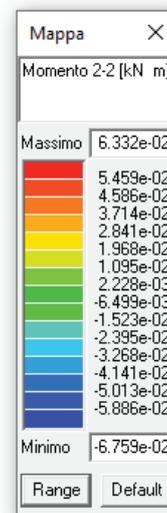
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	234

**SCHEMA B**

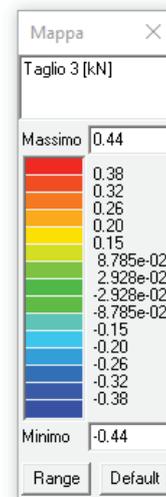
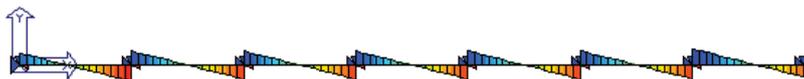
$q_h = 0.76 \text{ kN/m}$



Momento flettente



Taglio



**Sollecitazioni massime derivanti dallo schema di carico B (piano orizzontale)**

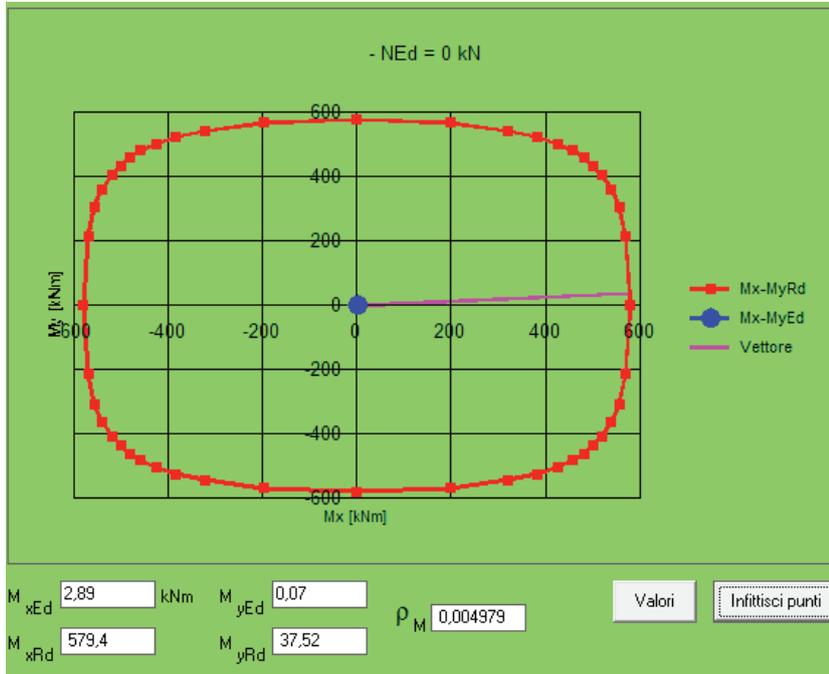
$M_{y,Ed} = 0.07 \text{ kNm}$

$V_{h,Ed} = 0.44 \text{ kN}$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	235

**Verifica a pressoflessione deviata**



**Verifica a taglio nel piano verticale**

Dati sezione e materiale				
Base [cm]	100,00	Carico assiale [kN]	0	
Altezza [cm]	100,00	diametro ferri lon.[mm]	16	
Copriferro [cm]	4,00	$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	25,00	
$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	450,00	$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	14,17	
Armatura trasversale				
diametro staffe [mm]	10,00	passo [cm]	25,00	
Area staffe [mm <sup>2</sup> ]	157	numero braccia	2	
Verifica a Taglio				
cot $\theta$ per $V_{Rsd} = V_{Rsd}$	cotg $\theta$	$\alpha_c$	$V_{Rsd}$ [kN]	$V_{Rcd}$ [kN]
5,2735	2,5000	1,00	521,11	2070,78
<b>Taglio Resistente di Progetto <math>V_{v,Rd}</math> [kN]</b>				<b>521.11</b>
<b>Taglio di Progetto <math>V_{v,Ed}</math> [kN]</b>				<b>18.78</b>
<b>FS</b>				<b>27.75</b>

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	236

**Verifica a taglio nel piano orizzontale**

Dati sezione e materiale				
Base [cm]	100,00	Carico assiale [kN]	0	
Altezza [cm]	100,00	diametro ferri lon.[mm]	16	
Copriferro [cm]	4,00	$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	25,00	
$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	450,00	$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	14,17	
Armatura trasversale				
diametro staffe [mm]	10,00	passo [cm]	25,00	
Area staffe [mm <sup>2</sup> ]	157	numero braccia	2	
Verifica a Taglio				
$\cot\theta$ per $V_{Rsd}=V_{Rsd}$	$\cot\theta$	$\alpha_c$	$V_{Rsd}$ [kN]	$V_{Rcd}$ [kN]
5,2735	2,5000	1,00	521,11	2070,78
<b>Taglio Resistente di Progetto <math>V_{h,Rd}</math> [kN]</b>				<b>521.11</b>
<b>Taglio di Progetto <math>V_{h,Ed}</math> [kN]</b>				<b>0,44</b>
<b>VERIFICA</b>				<b>OK</b>

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	237

**13.5 MODELLO SEZIONE E pk 0+081.00**

Il modello SEZ E 0+081.00 rappresenta la sezione laterale del tratto di paratia provvisoria a protezione della galleria artificiale che dovrà essere realizzata. La paratia ha pali di lunghezza 10 m con cordolo in c.a.a di altezza 1,00 m.

Di seguito si riporta la tabella relativa alle caratteristiche dei tiranti.

Caratteristiche Geometriche Tiranti							Caratteristiche trefoli e pretensione tiranti				
Ordine	Quota di infissione (m)	i (m)	$\alpha^\circ$	Lp (m)	La (m)	Ltot (m)	Dp (m)	A <sub>tref</sub> (mm <sup>2</sup> )	f <sub>p</sub> (1)k snervamento / limite elastico	n <sub>tref</sub>	N <sub>0</sub> (KN)
1	1.25	2.00	20	11	6	17	0.16	139	1670	2	100

Lp = Lunghezza passiva (tratto non iniettato)  
i = interasse tiranti  
D<sub>p</sub> = diametro perforazione  
A<sub>tref</sub> = area singolo trefolo

La = Lunghezza attiva (bulbo iniettato)  
 $\alpha^\circ$  = inclinazione tirante rispetto all'orizzontale  
n<sub>tref</sub> = n° trefoli per tirante  
N<sub>0</sub> = Pretensione tirante alla messa in opera

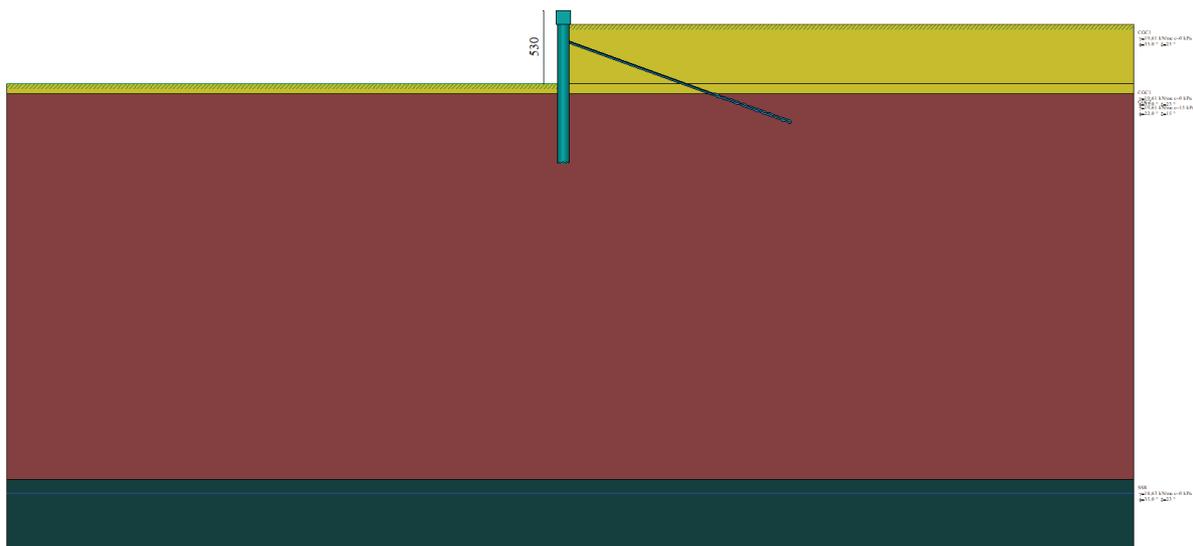


Figura 13.151 – Modello di calcolo

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	238

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

Cesp= coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato

$\tau_l$ = tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [kPa]

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

N°	Descrizione	Cesp	$\tau_l$ [kPa]	
1	CGC1	1.50	150,0	CAR
			150,0	MIN
			150,0	MED
2	CGC2	1.50	180,0	CAR
			180,0	MIN
			180,0	MED
3	SSR	1.50	250,0	CAR
			250,0	MIN
			250,0	MED

**Descrizione stratigrafia**

Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia

sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]

kw costante di Winkler orizzontale espressa in [Kg/cm2/cm] calcolata col metodo a strato

$\alpha$  inclinazione dello strato espressa in [°] (M: strato di monte, V: strato di valle)

Terreno associato allo strato (M: strato di monte, V: strato di valle)

N°	sp [m]	$\alpha_M$ [°]	$\alpha_V$ [°]	K <sub>wM</sub> [kg/cm2/cm]	K <sub>wV</sub> [kg/cm2/cm]	Terreno M	Terreno V
1	5,30	0.00	0.00	1.21	1.21	CGC1	CGC1
2	0,70	0.00	0.00	2.58	2.58	CGC1	CGC1
3	28,00	0.00	0.00	5.09	5.09	CGC2	CGC2
4	5,00	0.00	0.00	16.59	16.59	SSR	SSR

Livello falda dal piano campagna 35 m

Tabella 14 – Parametri per analisi sismica

	SLV	SLE
Accelerazione al suolo $a_g$ (m/s <sup>2</sup> )	1,141	0,452
Accelerazione al suolo $a_g$ (% di g)	0,116	0,046
Fattore amplificatore $F_0$	2,581	2,431
Tc*	0,362	0,302
Ss (Terreno tipo C)	1,500	1,500
Coeff. Amplifi. Topografica S (T1)		1,00

Tabella 23 – Sintesi parametri geotecnici adottati sezione E

SEZIONE E																							
-	Combinazione	Tipo di Terreno	N° Combinazione	$\gamma_s$ [KN/m <sup>3</sup> ]	$c_u$ [Kpa]	$\phi_u$ [°]	$\delta_u$ [°]	$\gamma_v$ [KN/m <sup>3</sup> ]	$c_v$ [Kpa]	$\phi_v$ [°]	$\delta_v$ [°]	$K_0$	$k_{hVALLE}$	$k_{hMONTE}$	$k_{hVALLE}$	$k_{hMONTE}$	$k_{hNE}$	$k_{hSE}$	$\alpha$	$\beta$	$u_s$ [m]	$k_b$ [%]	
A1+M1	SLU-STR	CGC1	5-6-7	20	0	35	23	26	0	35	23	0,426424	0,274	0,519	2,442	2,133							
				20	15	22	15	26	15	22	15	0,625393											
				19	0	35	24,7	0	35	23	0,426424												
A1+M1+E	SLV-STR	CGC1	8	20	0	35	23	20	0	35	23	0,426424											
				20	15	22	15	20	15	22	15	0,625393											
				19	0	35	19	0	35	23	0,426424												
A2+M2	SLU-GEO	CGC2	9-10-11	20	0	35	23	20	0	29,3	19	0,510618	0,326	0,602	2,141	1,824							
				20	15	22	15	20	12	17,9	12	0,692643											
				19	0	35	19	0	29,3	19	0,510618												
A2+M2+E	SLV-GEO	CGC1	12	20	0	35	23	20	0	29,3	19	0,510618											
				20	15	22	15	20	12	17,9	12	0,692643											
				19	0	35	19	0	29,3	19	0,510618												

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	239

**13.5.1 FASI DI CALCOLO**

Fasi di scavo

Simbologia adottata

n° identificativo della fase nell'elenco definito

Fase Descrizione dell'i-esima fase

Tempo in cui avviene la fase di scavo

n°	Fase	Tempo	ESE	SLU-STR (A1+M1)	SLV-STR (A1+M1+E)	SLU-GEO (A2+M2)	SLV-GEO (A2+M2+E)
1	Scavo fino alla profondità di 2.75 metri	0					
2	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=2.75]	0	FASE 1	FASE 5	-	FASE 9	-
3	Inserimento condizione di carico nr 2 [Hscavo=2.75]	0					
4	Inserimento tirante 1 (X=2.25) [Hscavo=2.75]	1					
5	Tesatura tirante 1 N=10197 [Hscavo=2.75]	1	FASE 2	FASE 6	-	FASE 10	-
6	Scavo fino alla profondità di 5.30 metri	2	FASE 3	FASE 7	-	FASE 11	-
7	Inserimento sisma	3	FASE 4	-	FASE 8	-	FASE 12

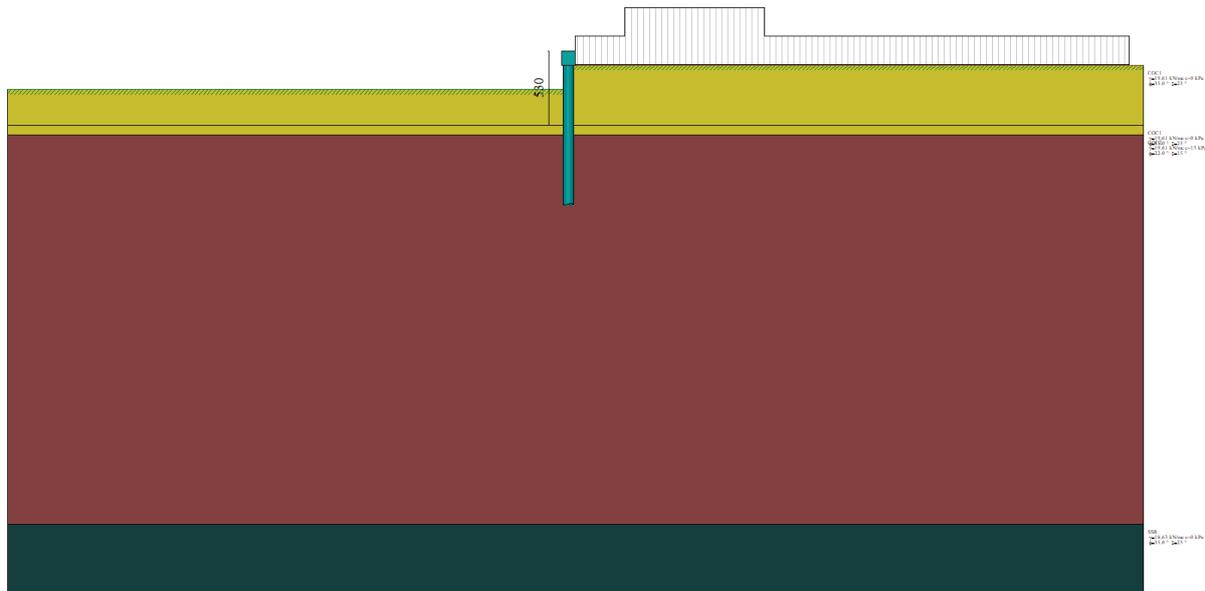


Figura 13.152 – Tempo 0 (Fase 1-5-9)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	240

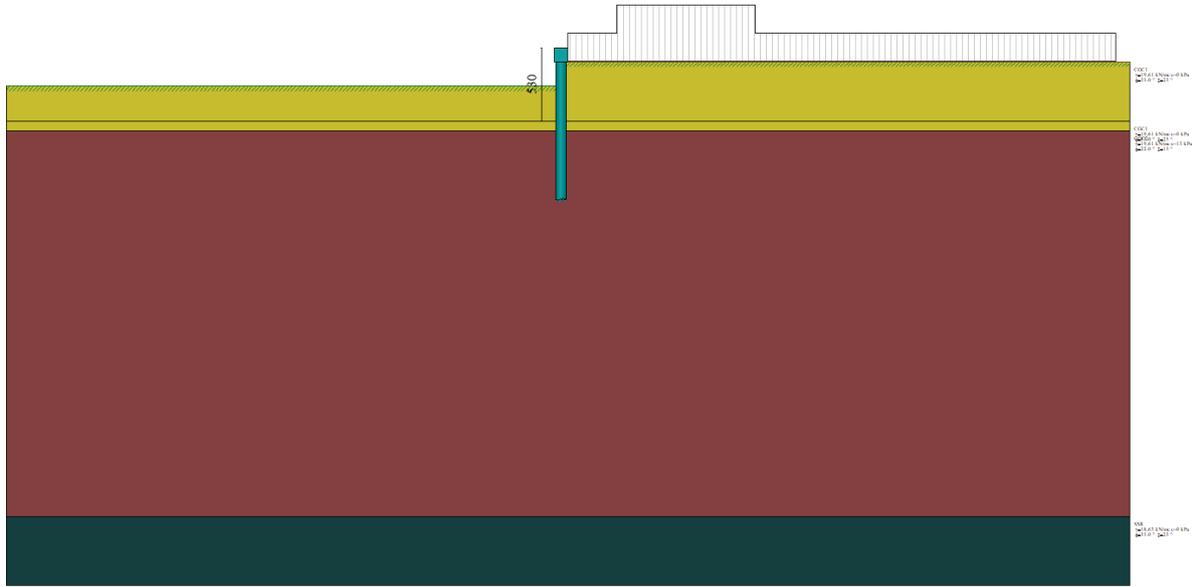


Figura 13.153 – Tempo 1 (Fase 2-6-10)

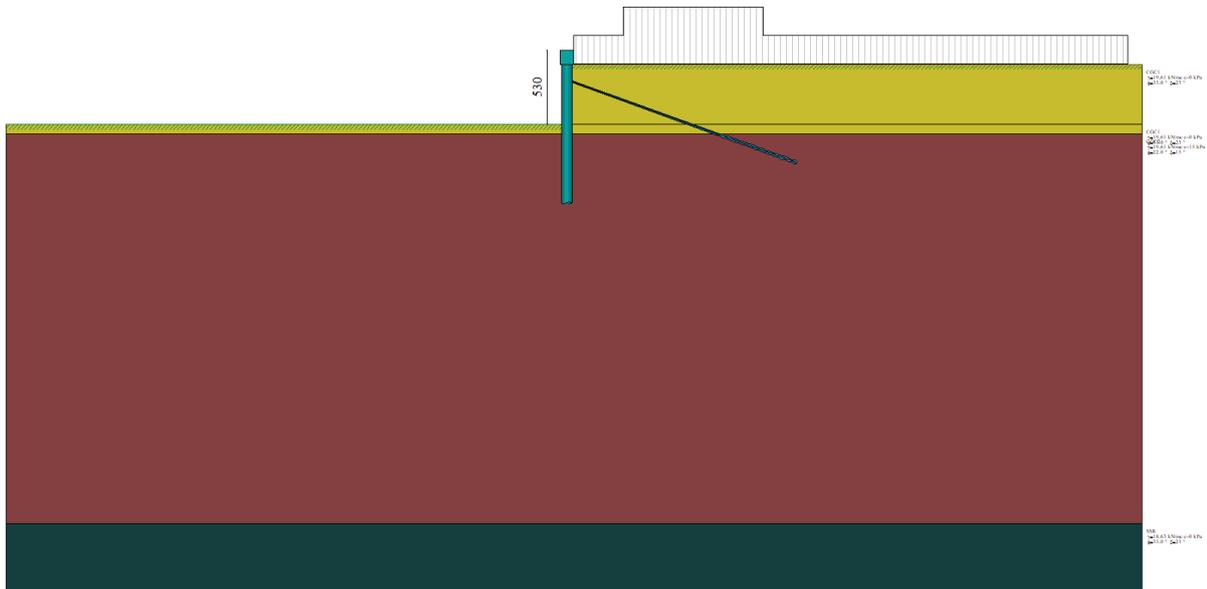
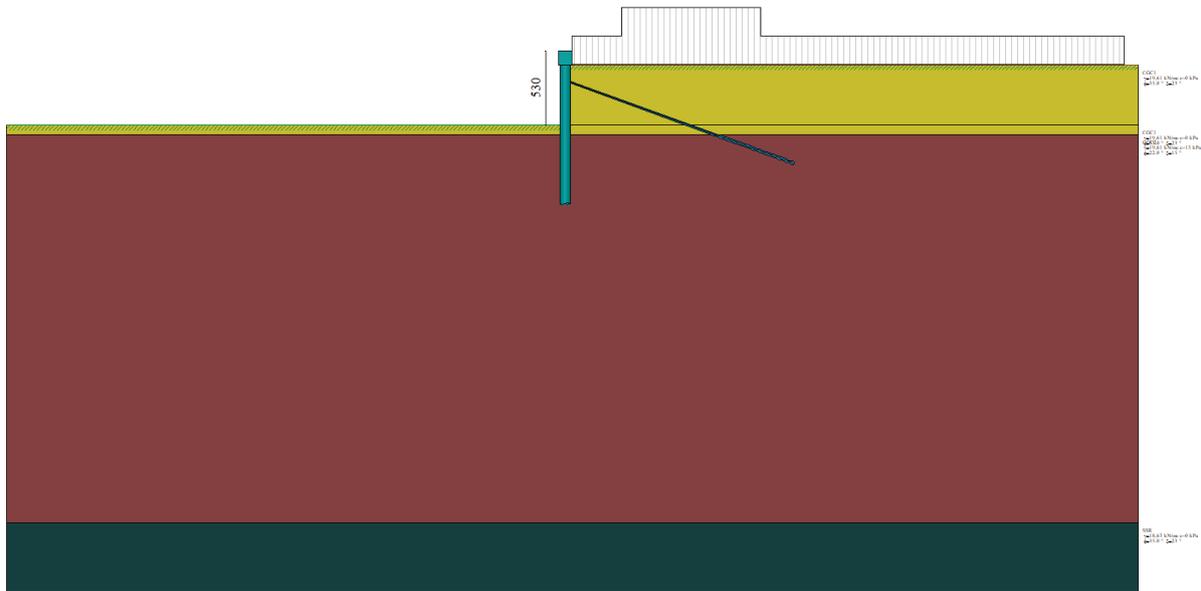


Figura 13.154 – Tempo 2 (Fase 3-7-11)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	241



*Figura 13.155 – Tempo 3 (Fase 4-8-12)*

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	242

**13.5.2 RISULTATI DELLE ANALISI**

Nelle figure seguenti si riportano i diagrammi del momento flettente – taglio – sforzo normale del singolo palo della paratia nelle combinazioni A1+M1 senza e con sisma, combinazioni A2+M2 senza e con sisma e Inviluppo.

Momento Flettente [KN m]

Taglio [KN]

Sforzo Normale [KN]

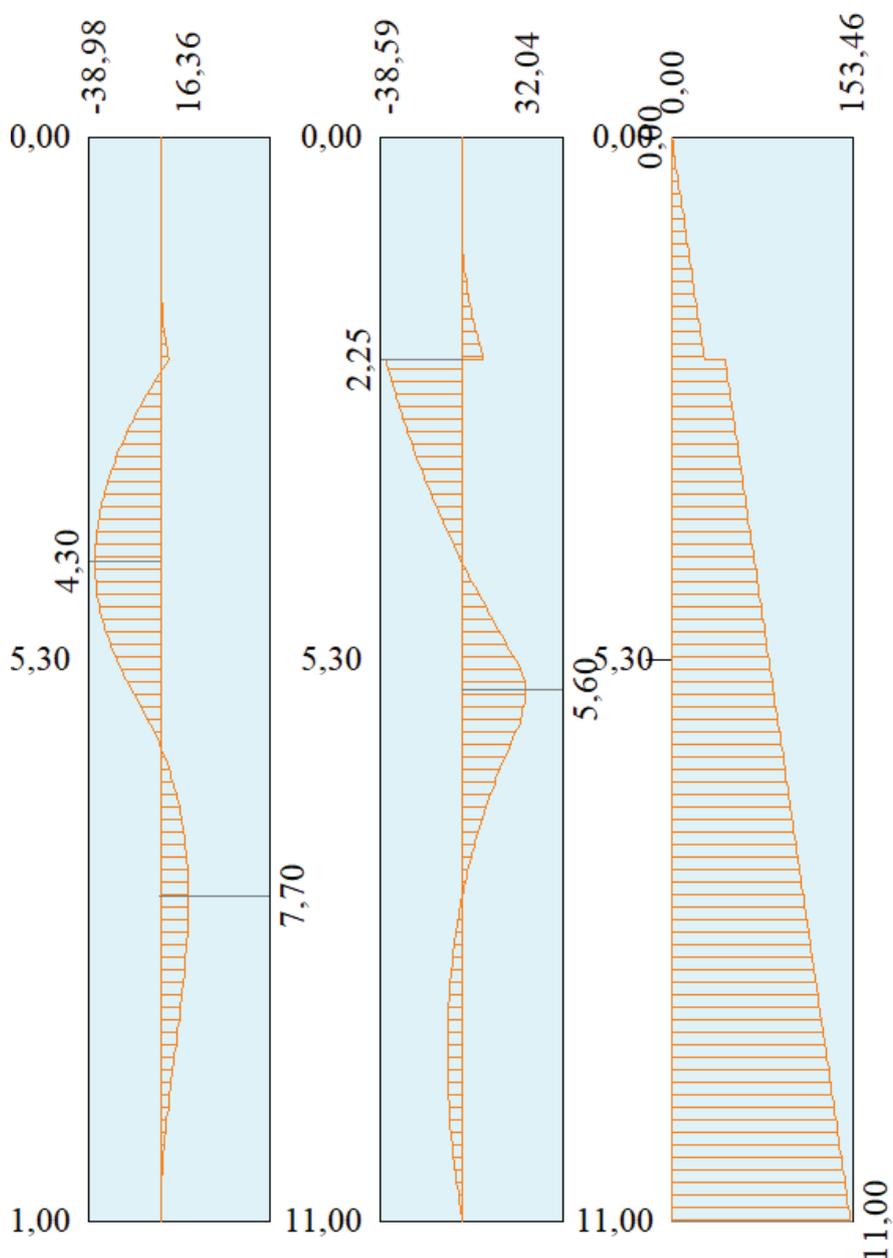


Figura 13.156 – Diagramma in combinazione SLU-STR (A1+M1- FASE 7)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	243

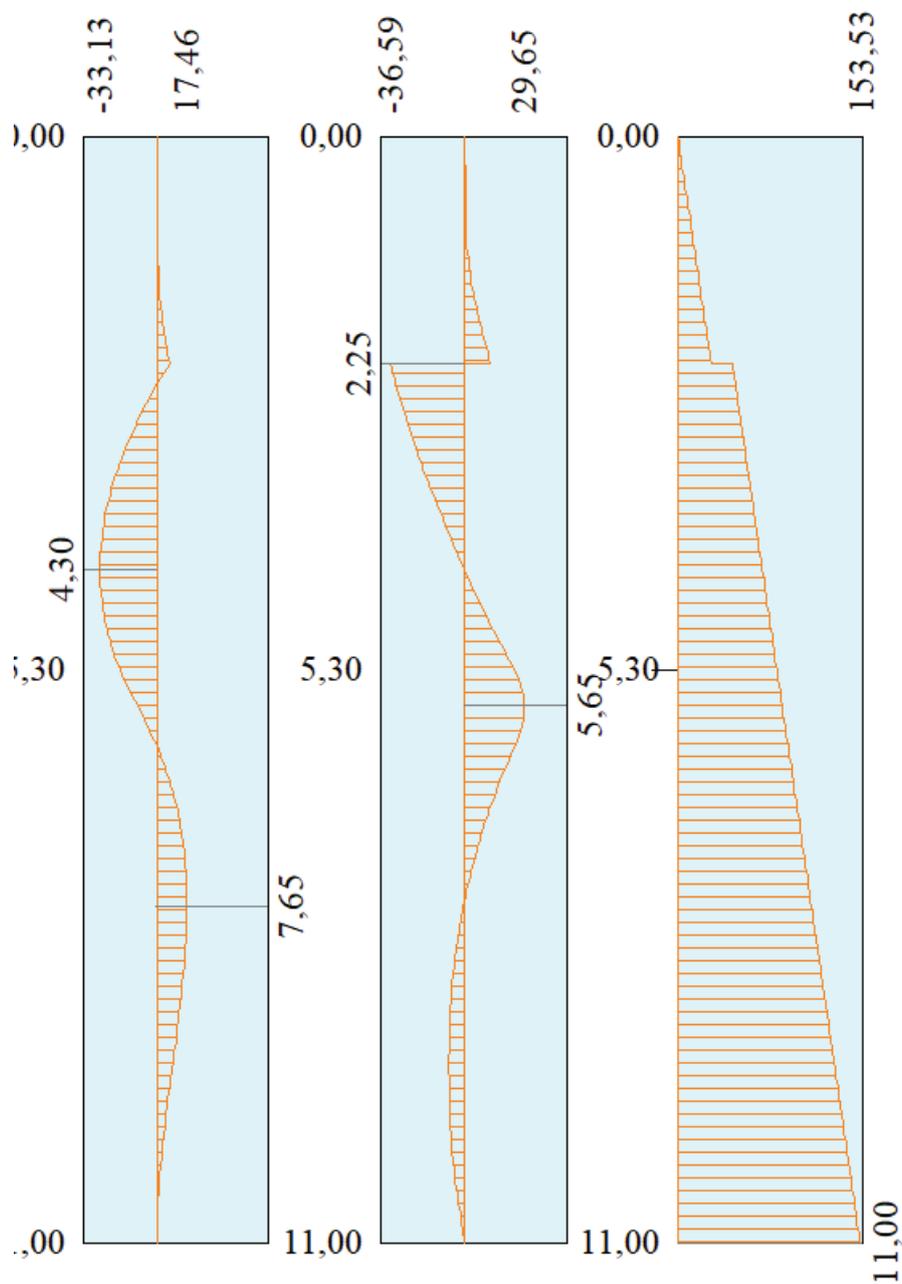


Figura 13.157 – Diagramma in combinazione SLV-STR (A1+M1+SISMA – FASE 8)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	244

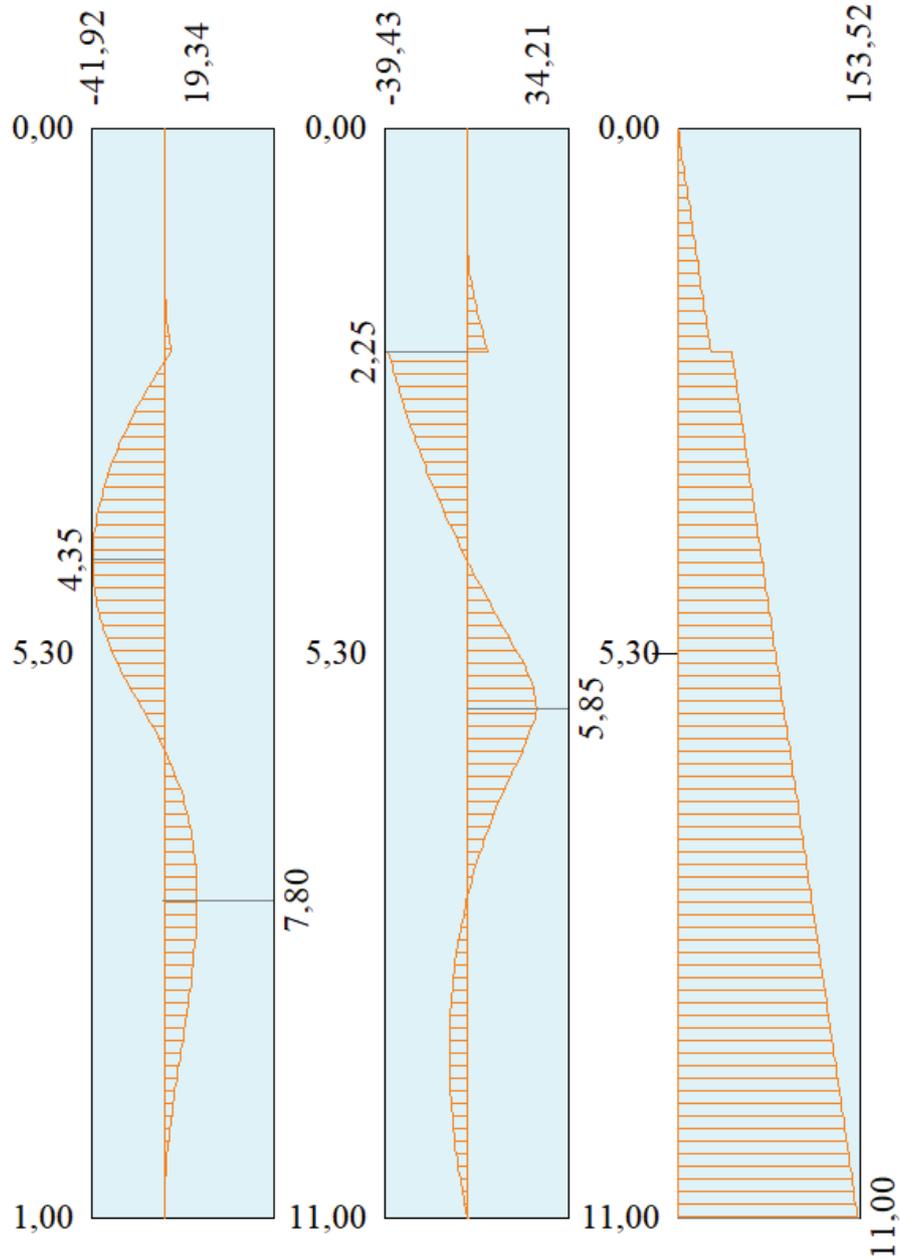


Figura 13.158 – Diagramma in combinazione SLU-GEO (A2+M2 – FASE 11)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	245

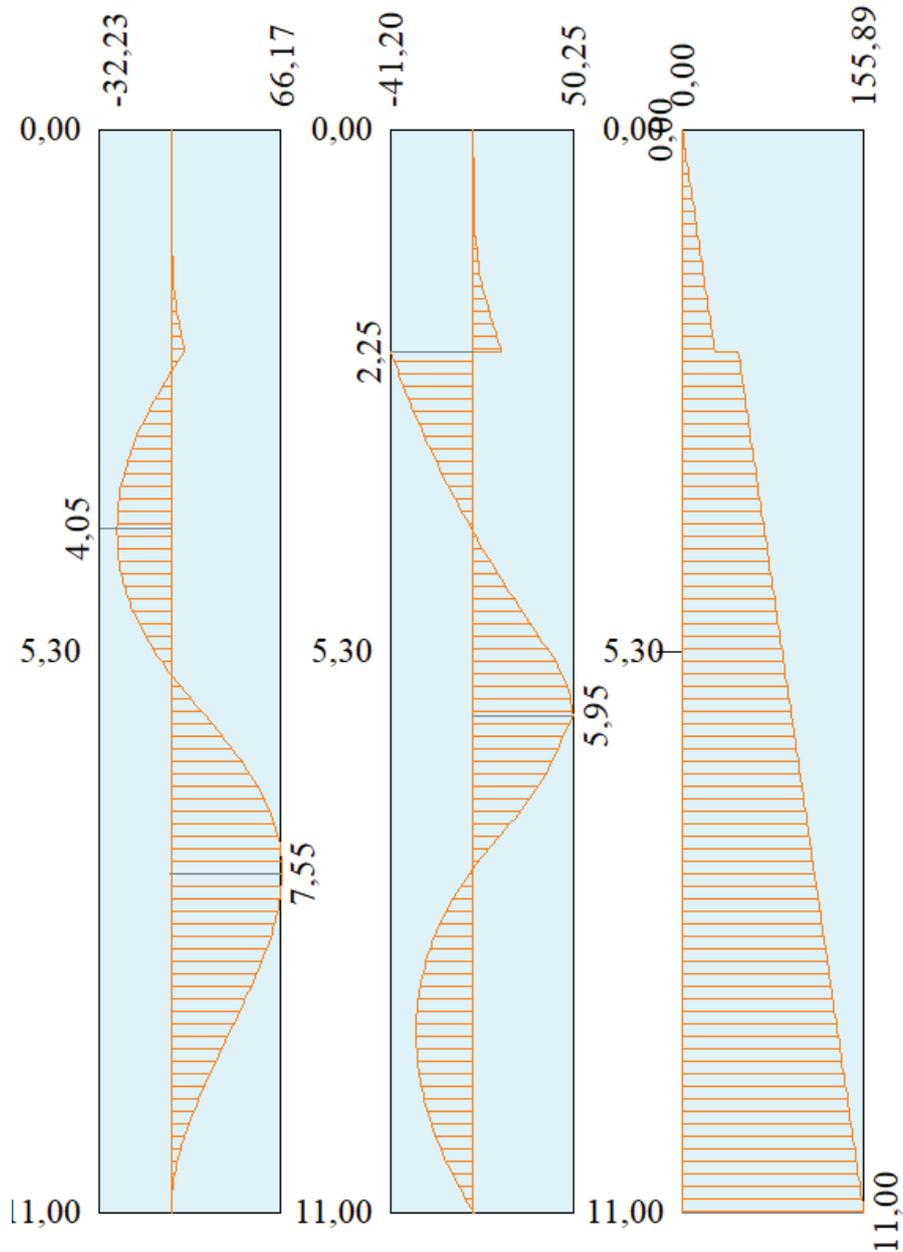


Figura 13.159 – Diagramma in combinazione SLV-GEO (A2+M2+SISMA – FASE 12)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	246

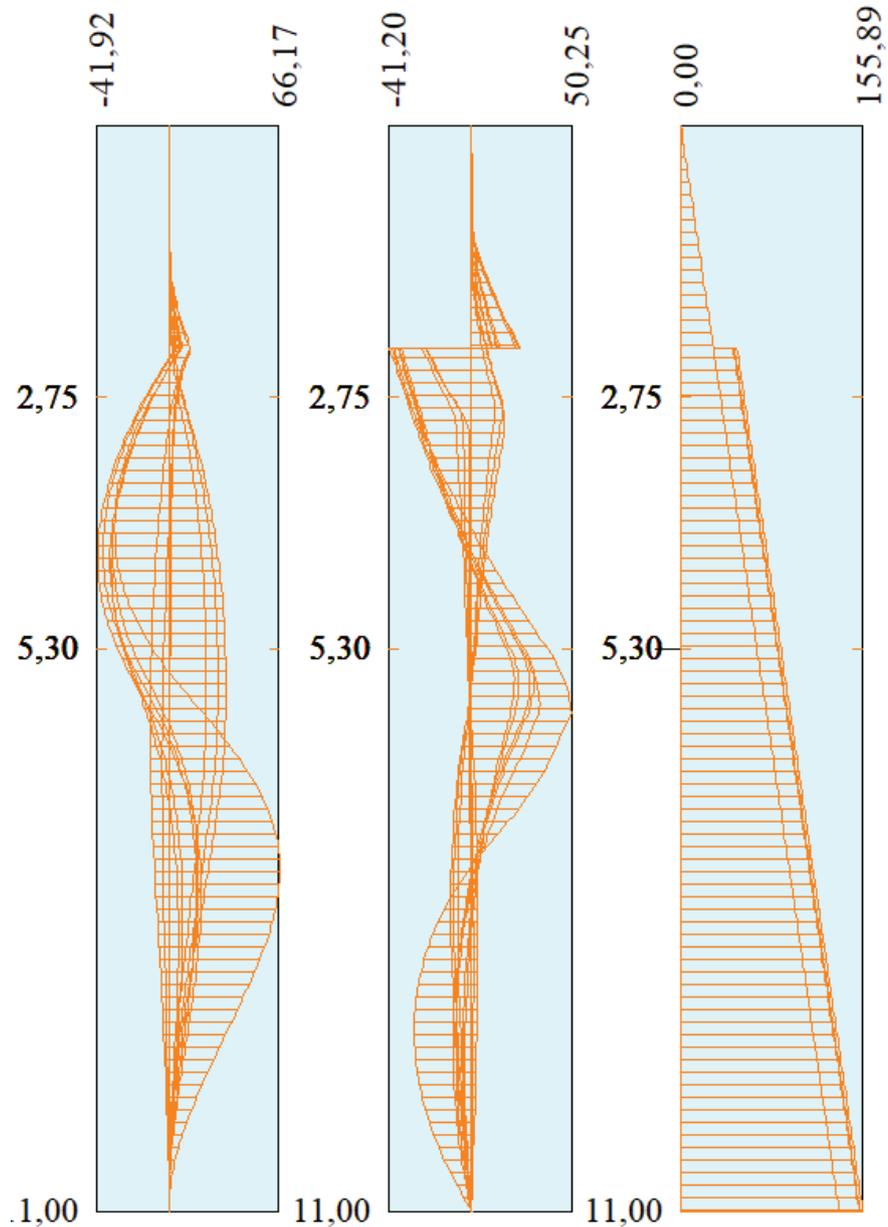


Figura 13.160 – Diagramma involuppo sollecitazioni

Incremento dovuto al sisma Fase 4 ESE  $\Delta S = 4.55$  kN

Incremento dovuto al sisma Fase 8 A1+M1+SISMA  $\Delta S = 13.24$  kN

Incremento dovuto al sisma Fase 12 A2+M2+SISMA  $\Delta S = 20.17$  kN

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	247

Forze agenti sulla paratia

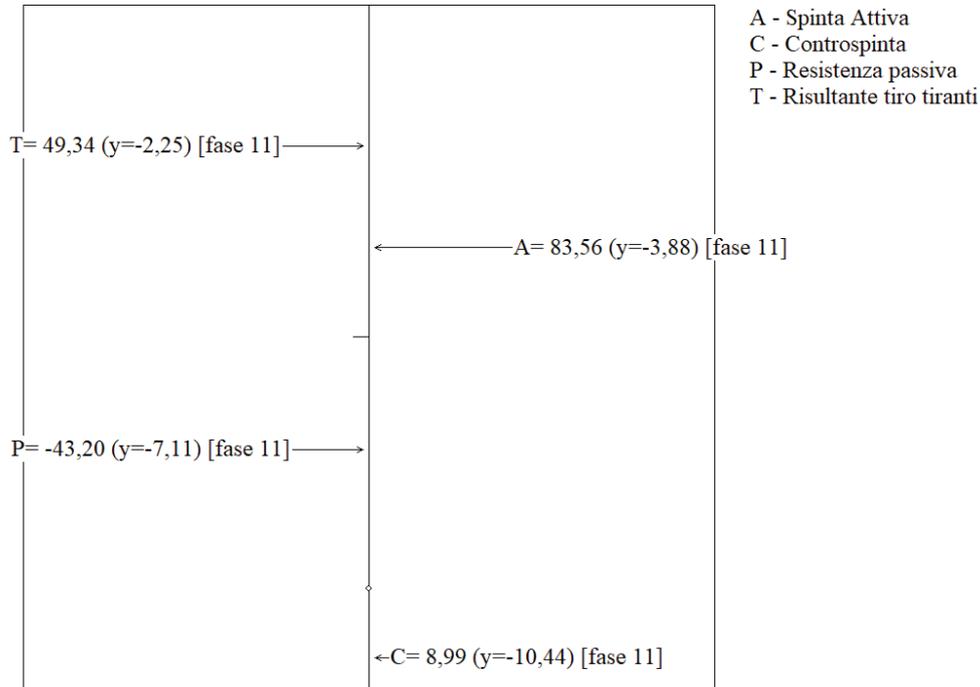


Figura 13.161 – Risultanti della spinta attiva e passiva in assenza di sisma (combinazione A2+M2 – FASE 11)

Forze agenti sulla paratia

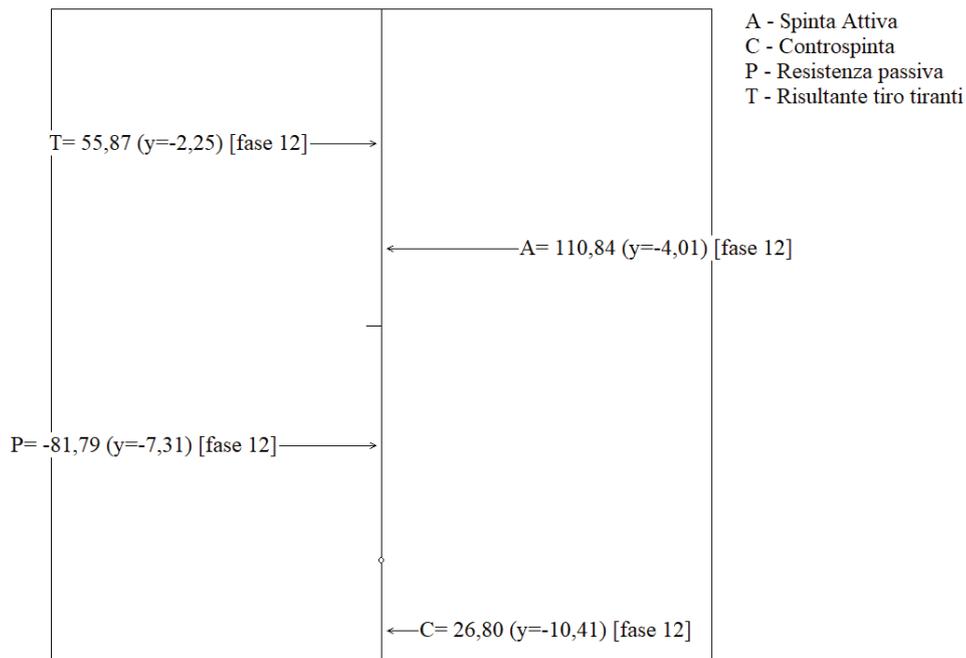
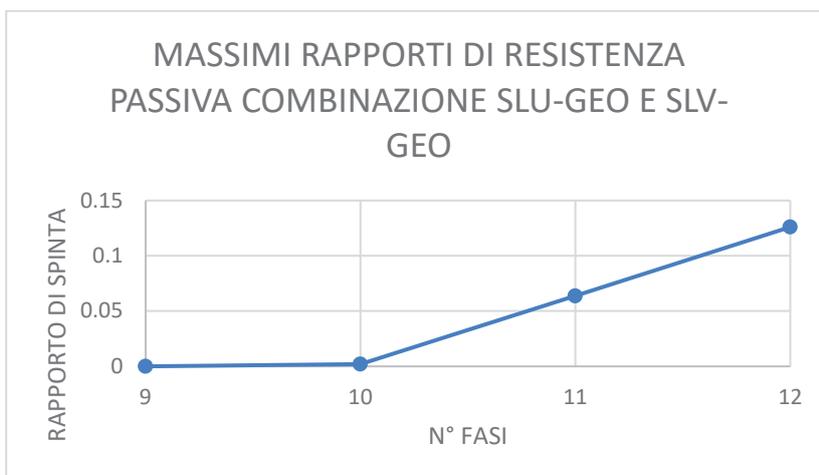
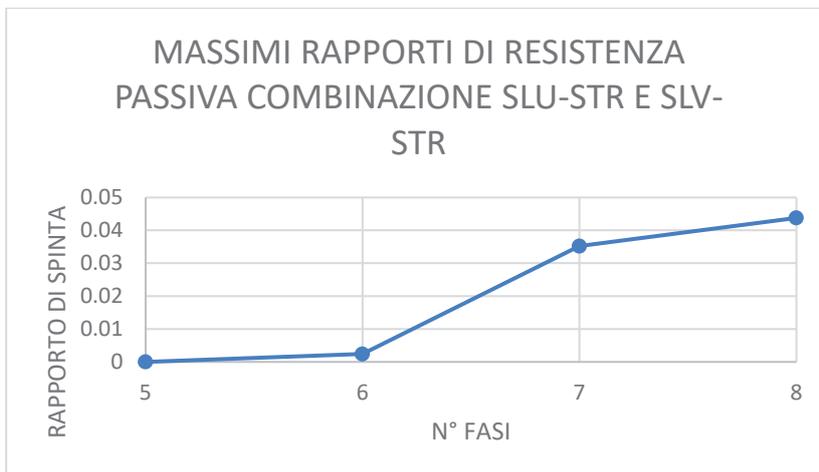
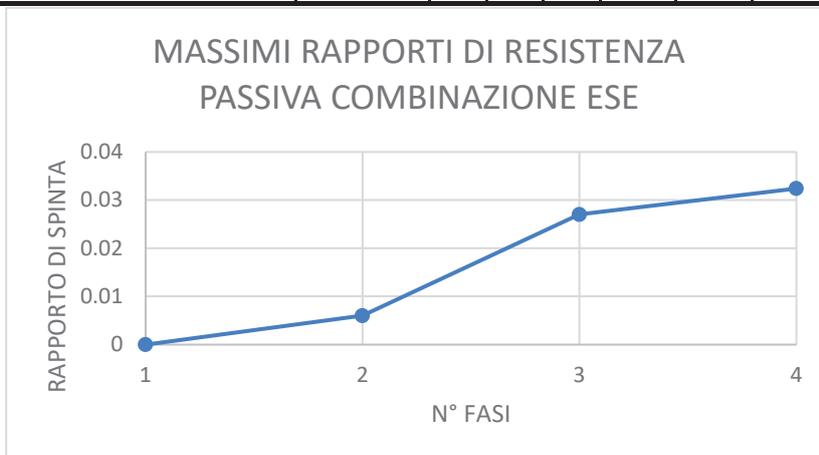


Figura 13.162 – Risultanti della spinta attiva e passiva in presenza di sisma (combinazione A2+M2+SISMA – FASE 12)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

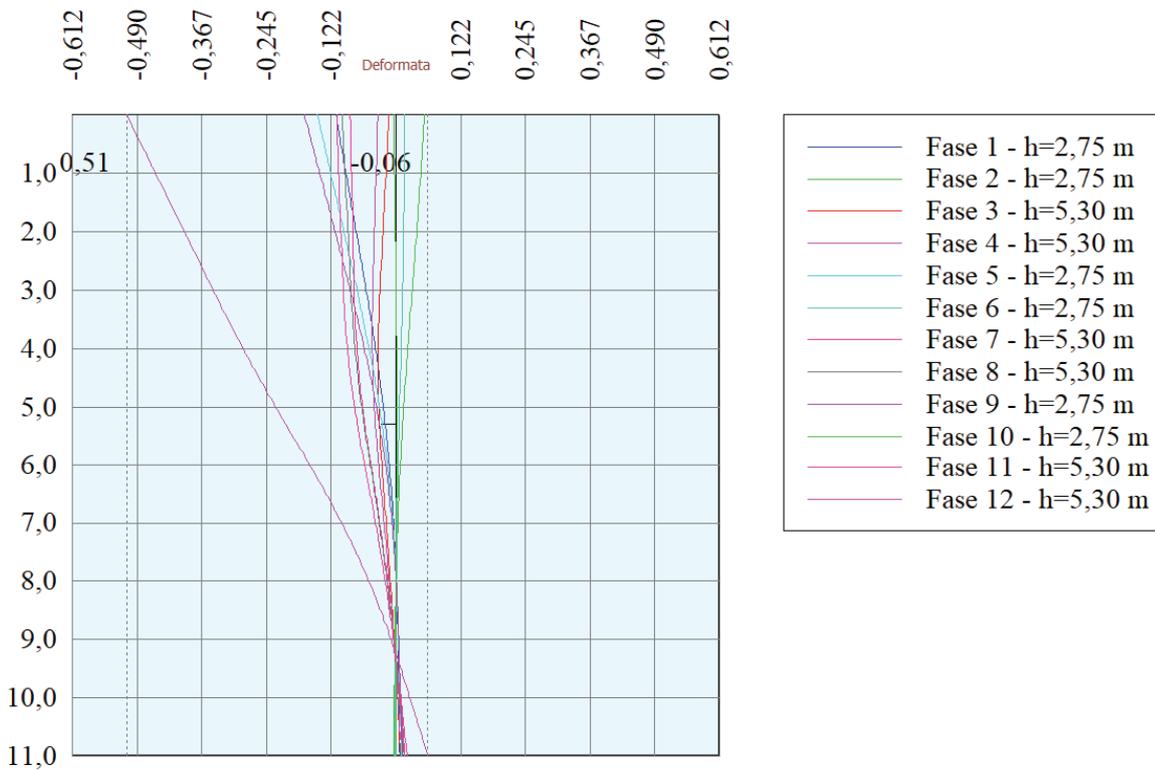
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	248



**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	249

n°	Fase	Tempo	ESE	SLU-STR (A1+M1)	SLV-STR (A1+M1+E)	SLU-GEO (A2+M2)	SLV-GEO (A2+M2+E)
1	Scavo fino alla profondità di 2.75 metri	0	FASE 1	FASE 5	-	FASE 9	-
2	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=2.75]	0					
3	Inserimento condizione di carico nr 2 [Hscavo=2.75]	0					
4	Inserimento tirante 1 (X=2.25) [Hscavo=2.75]	1	FASE 2	FASE 6	-	FASE 10	-
5	Tesatura tirante 1 N=10197 [Hscavo=2.75]	1					
6	Scavo fino alla profondità di 5.30 metri	2	FASE 3	FASE 7	-	FASE 11	-
7	Inserimento sisma	3	FASE 4	-	FASE 8	-	FASE 12



[cm]

Figura 13.163 – Inviluppo spostamenti

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	250

**Risultati tiranti**

Simbologia adottata

N sforzo su ogni tirante della fila espresso in [kg]

Af area di armatura in ogni tirante espressa in [cmq]

L lunghezza totale di progetto del tirante espressa in [m]

Lf lunghezza di fondazione di progetto del tirante espressa in [m]

$\sigma_f$  tensione di trazione nell'acciaio del tirante espressa in [kPa]

u spostamento orizzontale del tirante della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]

R1, R2, R3 resistenza nei tre meccanismi considerati (sfilamento della fondazione, aderenza malta-armatura, resistenza malta) espressa in [kg]

FS Fattore di sicurezza (rapporto  $\min(R1, R2, R3)/N$ )

**Fase n° 1 - ESE** non sono presenti tiranti

**Fase n° 2 - ESE** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	100,00	2,78	12,60	1,60	359712	-0,03725	827,87	836,83	5400,52	8.279

**Fase n° 3 - ESE** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	103,09	2,78	12,60	1,60	370832	0,02597	827,87	836,83	5400,52	8.030

**Fase n° 4 - ESE** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	103,86	2,78	12,60	1,60	373592	0,04166	827,87	836,83	5400,52	7.971

**Fase n° 1 - SLU - STR** non sono presenti tiranti

**Fase n° 2 - SLU - STR** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	100,00	2,78	12,60	1,60	359712	-0,01419	383,27	836,83	5400,52	3.833

**Fase n° 3 - SLU - STR** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	104,66	2,78	12,60	1,60	376485	0,08117	383,27	836,83	5400,52	3.662

**Fase n° 4 - SLV - STR** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	105,06	2,78	12,60	1,60	377930	0,08938	383,27	836,83	5400,52	3.648

**Fase n° 1 - SLU - GEO** non sono presenti tiranti

**Fase n° 2 - SLU - GEO** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	100,00	2,78	12,60	1,60	359712	0,00044	459,93	836,83	5400,52	4.599

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	251

**Fase n° 3 - SLU - GEO** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	105,02	2,78	12,60	1,60	377771	0,10311	459,93	836,83	5400,52	4.379

**Fase n° 4 - SLV - GEO** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kN]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	$\sigma_f$ [kPa]	u [cm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	FS
1	118,90	2,78	12,60	1,60	427714	0,38704	459,93	836,83	5400,52	3.868

### 13.5.3 VERIFICHE

#### 13.5.3.9 VERIFICHE TIRANTI

##### 13.5.3.9.1 VERIFICA DELLA GERARCHIA DELLE RESISTENZE

*Simbologia adottata*

- Rg resistenza di progetto allo snervamento, espresso in [kN]
- R1 resistenza allo sfilamento della fondazione, espressa in [kN]
- FS Fattore di sicurezza (Rg/R1)

**Fase n° 1 - SLU - STR** non sono presenti tiranti

**Fase n° 2 - SLU - STR** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	403,70	383,27	1.053

**Fase n° 3 - SLU - STR** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	403,70	383,27	1.053

**Fase n° 4 - SLV - STR** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	403,70	383,27	1.053

##### 13.5.3.9.2 VERIFICA DELLA GERARCHIA DELLE RESISTENZE, VALORI CARATTERISTICI

I valori caratteristici si ricavano moltiplicando i valori di resistenza di progetto coi relativi coefficienti di sicurezza  $\gamma_m=1,15$  e  $\gamma_{Ra}=1,20$

**Fase n° 1 - SLU - STR** non sono presenti tiranti

**Fase n° 2 - SLU - STR** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	464,26	459,92	1.009

**Fase n° 3 - SLU - STR** n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	464,26	459,92	1.009

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	252

Fase n° 4 - SLV - STR n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	464.26	459.92	1.009

13.5.3.9.3 VERIFICA DELLA LUNGHEZZA LIBERA IN CONDIZIONI SISMICHE

Di seguito si riporta la verifica della lunghezza libera in condizioni sismiche,  $L_E$ , secondo le NTC2008 (§7.11.6.4).

$$L_E = L_S \cdot (1 + 1.5 \cdot a_{max}/g)$$

Le verifiche risultano soddisfatte. La lunghezza libera in condizioni statiche,  $L_S$ , è stata determinata in modo tale

che il bulbo di fondazione si collochi al di fuori del cuneo di spinta attiva; quest'ultimo ha inclinazione sulla verticale

di  $45^\circ - \varphi'/2$  (dove  $\varphi' = 22^\circ$  e  $35^\circ$ ).

PROFONDITA' DEL CENTRO DI ROTAZIONE DAL FONDO SCAVO
4.50 m

$L_{progetto}$ [m]	$L_S$ [m]	$a_{max}/g$ [-]	$L_E$ [m]	$L_{progetto} > L_E$
11	4,16	0,116	4,88	verificato

13.5.3.10 VERIFICHE GEOTECNICHE

13.5.3.10.1 VERIFICA PORTANZA PALO

*Simbologia adottata*

n° Indice della Combinazione/Fase

Tipo Tipo della Combinazione/Fase

$P_{P,med}$ ,  $P_{P,min}$  Portanza di punta media e minima, espressa in [kN]

$P_{L,med}$ ,  $P_{L,min}$  Portanza laterale media e minima, espressa in [kN]

$P_d$  Portanza di progetto, espressa in [kN]

N Sforzo normale alla base del palo, espressa in [kN]

FS Fattore di sicurezza (rapporto  $P_d/N$ )

n°	Tipo	$P_{P,med}$ [kN]	$P_{L,med}$ [kN]	$P_{P,min}$ [kN]	$P_{L,min}$ [kN]	$P_d$ [kN]	N [kN]	FS
1	SLU - STR	1390,33	0,00	1390,33	0,00	817,84	135,56	6.033
2	SLU - STR	1390,33	0,00	1390,33	0,00	817,84	152,66	5.357
3	SLU - STR	1046,41	0,00	1046,41	0,00	615,54	153,46	4.011
4	SLV - STR	1046,41	0,00	1046,41	0,00	615,54	153,53	4.009
1	SLU - GEO	1390,33	0,00	1390,33	0,00	481,08	135,56	3.549
2	SLU - GEO	1390,33	0,00	1390,33	0,00	481,08	152,66	3.151
3	SLU - GEO	1046,41	0,00	1046,41	0,00	362,08	153,52	2.359
4	SLV - GEO	1046,41	0,00	1046,41	0,00	455,95	155,89	2.925

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	253

13.5.3.10.2 VERIFICA STABILITA' GLOBALE (METODO DI FELLENIUS)

*Simbologia adottata*

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

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X <sub>c</sub> , Y <sub>c</sub> [m]	R [m]	X <sub>v</sub> , Y <sub>v</sub> [m]	X <sub>M</sub> , Y <sub>M</sub> [m]	FS	R
1	SLU - GEO	0,00; 1,10	12,10	-11,48; -2,72	11,92; -1,00	2.886	1.100
2	SLU - GEO	0,00; 0,00	11,00	-10,66; -2,71	10,96; -1,00	2.988	1.100
3	SLU - GEO	-1,10; 0,00	11,05	-10,81; -5,28	9,91; -1,00	1.657	1.100
4	SLV - GEO	-1,10; 1,10	12,15	-11,43; -5,29	10,87; -1,00	1.450	1.200

*Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo*

*Simbologia adottata*

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

**Fase n° 4 - SLV - GEO**

Numero di strisce 51  
Sisma verticale verso il basso.

**Caratteristiche delle strisce**

n°	W [kN]	α [°]	L [m]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	(Ctn; Ctt) [kN]
1	2,7543	-56,40	0,79	29,26	0,1	0,0	0,00; 0,00
2	8,1102	-52,81	0,73	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
3	12,8315	-49,50	0,68	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
4	17,0446	-46,40	0,64	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
5	20,8345	-43,47	0,61	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
6	24,2625	-40,67	0,58	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
7	27,3737	-37,99	0,56	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
8	30,2031	-35,40	0,54	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
9	32,7780	-32,89	0,52	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
10	35,1201	-30,45	0,51	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
11	37,2472	-28,08	0,50	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
12	39,1739	-25,75	0,49	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
13	40,9123	-23,47	0,48	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
14	42,4724	-21,22	0,47	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
15	43,8628	-19,01	0,47	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
16	45,0904	-16,83	0,46	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
17	46,1612	-14,68	0,45	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
18	47,0801	-12,54	0,45	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
19	47,8512	-10,43	0,45	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
20	48,4779	-8,32	0,44	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
21	48,9626	-6,23	0,44	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
22	49,3074	-4,15	0,44	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
23	49,5137	-2,07	0,44	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
24	49,5822	0,00	0,44	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
25	49,5134	2,08	0,44	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
26	49,3068	4,15	0,44	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
27	85,1160	6,23	0,44	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
28	92,0428	8,29	0,44	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
29	92,7327	10,37	0,44	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
30	91,9827	12,47	0,45	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
31	91,0898	14,58	0,45	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
32	90,0502	16,71	0,45	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
33	88,8592	18,86	0,46	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
34	87,5112	21,05	0,47	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
35	85,9994	23,26	0,47	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
36	91,3152	25,51	0,48	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	254

n°	W [kN]	$\alpha$ [°]	L [m]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	(Ctn; Ctt) [kN]
37	91,1514	27,81	0,49	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
38	89,0944	30,16	0,50	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
39	86,8313	32,56	0,52	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
40	84,3456	35,03	0,53	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
41	81,6170	37,58	0,55	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
42	78,6201	40,21	0,57	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
43	75,3232	42,96	0,59	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
44	71,6848	45,83	0,62	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
45	67,6498	48,86	0,66	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
46	63,1421	52,09	0,71	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
47	58,0510	55,58	0,77	29,26	0,1	0,0	44,29; 11,39
48	52,2042	59,41	0,85	29,26	0,1	0,0	0,00; 0,00
49	45,3035	63,74	0,98	29,26	0,1	0,0	0,00; 0,00
50	36,7288	68,92	1,21	29,26	0,1	0,0	0,00; 0,00
51	24,6579	75,66	1,76	29,26	0,1	0,0	0,00; 0,00

Resistenza a taglio paratia = 0,0000 [kN]

$\Sigma W_i = 2848,9323$  [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 652,0203$  [kN]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 814,0938$  [kN]

$\Sigma c b_i / \cos \alpha_i = 276,0584$  [kN]

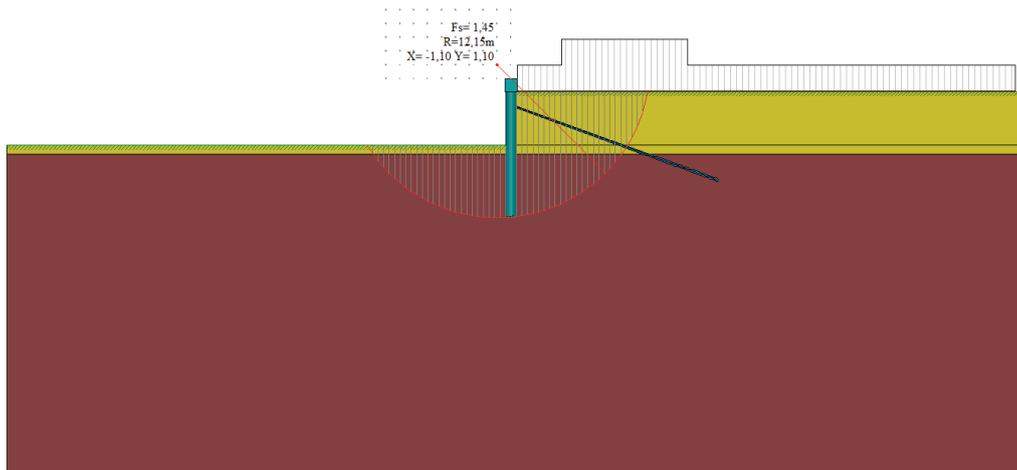


Figura 13.164 – Verifica stabilità globale FS minimo.FS=1.45

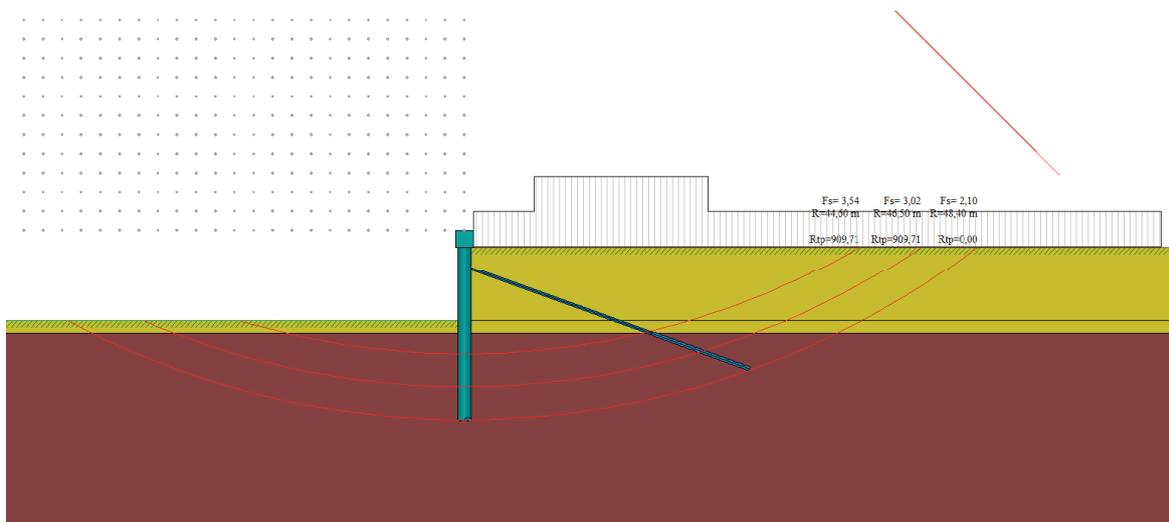


Figura 13.165.1 – Valore FS della ipotetica superficie di scorrimento esterno ai bulbi.FS=2.10

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	255

13.5.3.10.3 VERIFICHE DI CORPO RIGIDO

*Simbologia adottata*

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

I punti di applicazione delle azioni sono riferiti alla testa della paratia.  
La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S Y [kN]	R Y [kN]	W Y [kN]	T Y [kN]	P Y [kN]	V Y [kN]	C Y [kN]	Mr [kNm]	Ms [kNm]	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>SCO</sub>
1	ESE	342,9396 7,92	1885,4877 8,06	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	1056,9429	5537,6579	5.239	5.498
2	ESE	342,9396 7,92	1885,4877 8,06	0,0000 0,00	46,9846 2,25	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	1056,9429	5948,7734	5.628	5.635
3	ESE	342,9396 7,92	959,3423 8,99	0,0000 0,00	48,4370 2,25	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	1056,9429	2348,2764	2.222	2.939
4	ESE	347,2035 7,86	959,3423 8,99	0,0000 0,00	48,7975 2,25	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	1089,3494	2351,4307	2.159	2.904
5	SLU - STR	478,8197 7,96	2382,7100 8,05	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	1453,8801	7029,7524	4.835	4.976
6	SLU - STR	478,8197 7,96	2382,7100 8,05	0,0000 0,00	46,9846 2,25	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	1453,8801	7440,8679	5.118	5.074
7	SLU - STR	478,8197 7,96	1179,0149 9,02	0,0000 0,00	49,1755 2,25	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	1453,8801	2764,9205	1.902	2.565
8	SLV - STR	355,3565 7,76	959,3423 8,99	0,0000 0,00	49,3642 2,25	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	1151,3146	2356,3897	2.047	2.839
9	SLU - GEO	460,9937 7,89	1566,1972 8,11	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	1431,5028	4527,9213	3.163	3.397
10	SLU - GEO	460,9937 7,89	1566,1972 8,11	0,0000 0,00	46,9846 2,25	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	1431,5028	4939,0368	3.450	3.499
11	SLU - GEO	460,9937 7,89	796,2220 9,01	0,0000 0,00	49,3434 2,25	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	1431,5028	2012,9936	1.406	1.834
12	SLV - GEO	468,9503 7,70	796,2220 9,01	0,0000 0,00	55,8668 2,25	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	1548,9229	2070,0737	1.336	1.817

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	256

**13.5.3.11 VERIFICHE STRUTTURALI DELLA SEZIONE IN C.A.**

13.5.3.11.1 VERIFICHE SLU

Si riporta di seguito la verifica a presso-flessione e a taglio della sezione in c.a. per le sollecitazioni massime riportate in figura.

I pali hanno un'armatura corrente di 16 $\phi$ 18. L'armatura trasversale è invece costituita da una spirale  $\phi$ 10/20. Il cordolo in c.a. risulta armato in direzione longitudinale con 4+4 $\phi$ 16 sul piano verticale e 4+4 $\phi$ 16 sul piano orizzontale, mentre le staffe  $\phi$ 10/25 a due bracci verticalmente e due bracci orizzontalmente.

13.5.3.11.1.1 DOMINI M-N

Di seguito sono riportati per ogni tratto di armatura i diagrammi di interazione  $M_u-N_u$  della sezione; sono stati calcolati 16 punti per ogni sezione analizzata.

Per la costruzione dei diagrammi limiti si sono assunti i seguenti valori:

Tensione caratteristica cubica del cls	$R_{bk} = 30000$ [kPa]
Tensione caratteristica cilindrica del cls ( $0.83 \times R_{bk}$ )	$R_{ck} = 254$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Fattore di riduzione per carico di lunga permanenza	$\psi = 0.85$
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	$f_{yk} = 450000$ [kPa]
Coefficiente di sicurezza cls	$\gamma_c = 1.50$
Coefficiente di sicurezza acciaio	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo del cls ( $\psi R_{ck} / \gamma_c$ )	$R_c^* = 144$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Resistenza di calcolo dell'acciaio ( $f_{yk} / \gamma_s$ )	$R_s^* = 3990$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s = 2100000$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Deformazione ultima del calcestruzzo	$\epsilon_{cu} = 0.0035$ (0.35%)
Deformazione del calcestruzzo al limite elastoplastico	$\epsilon_{ck} = 0.0020$ (0.20%)
Deformazione ultima dell'acciaio	$\epsilon_{yk} = 0.0100$ (1.00%)
Deformazione dell'acciaio al limite elastico ( $R_s^* / E_s$ )	$\epsilon_{yk} = 0.0015$ (0.19%)

*Legame costitutivo del calcestruzzo*

Per il legame costitutivo del calcestruzzo si assume il diagramma parabola-rettangolo espresso dalle seguenti relazioni:

*Tratto parabolico:*  $0 < \epsilon_c < \epsilon_{ck}$

$$\sigma_c = \frac{R_c^* (2\epsilon_c \epsilon_{ck} - \epsilon_c^2)}{\epsilon_{ck}^2}$$

*Tratto rettangolare:*  $\epsilon_{ck} < \epsilon_c < \epsilon_{cu}$

$$\sigma_c = R_c^*$$

*Legame costitutivo dell'acciaio*

Per l'acciaio si assume un comportamento elastico-perfettamente plastico espresso dalle seguenti relazioni:

$$\sigma_s = E_s \epsilon_s \quad \text{per } 0 < \epsilon_s < \epsilon_{sy}$$

$$\sigma_s = R_s^* \quad \text{per } \epsilon_{sy} < \epsilon_s < \epsilon_{su}$$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	257

**Valori del dominio M-N del palo**

N°	N <sub>u</sub> [kN]	M <sub>u</sub> [kNm]
1	-1593,1972	0,0000
2	0,0000	475,6076
3	968,9553	678,0047
4	1453,4330	746,8777
5	1937,9106	805,6064
6	2422,3883	840,4538
7	2906,8660	859,1678
8	3391,3436	857,6519
9	3875,8213	833,0126
10	4360,2989	799,2089
11	4844,7766	756,7915
12	5329,2543	704,2476
13	5813,7319	637,4027
14	6298,2096	557,7372
15	6782,6872	464,4339
16	7267,1649	0,0000
17	7267,1649	0,0000
18	6782,6872	-464,4339
19	6298,2096	-557,7372
20	5813,7319	-637,4027
21	5329,2543	-704,2476
22	4844,7766	-756,7915
23	4360,2989	-799,2089
24	3875,8213	-833,0126
25	3391,3436	-857,6519
26	2906,8660	-859,1678
27	2422,3883	-840,4538
28	1937,9106	-805,6064
29	1453,4330	-746,8777
30	968,9553	-678,0047
31	0,0000	-475,6076
32	-1593,1972	0,0000

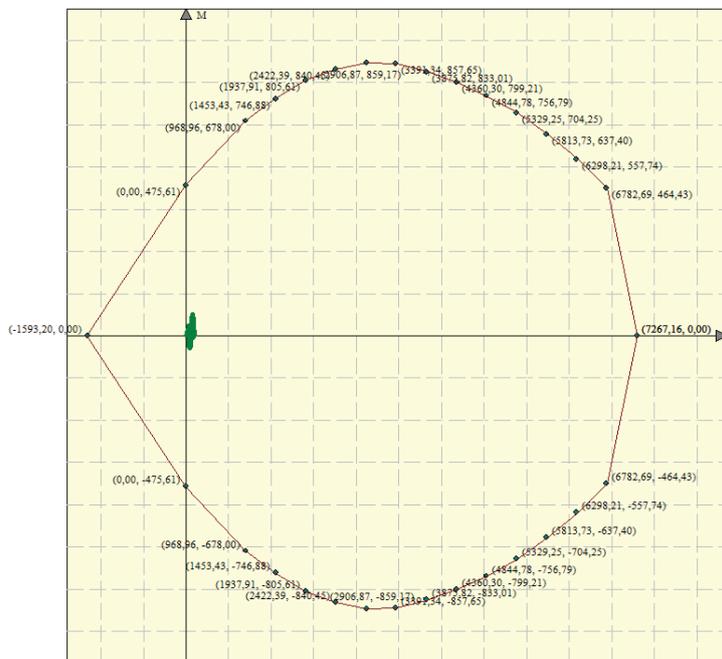


Figura 13.166 – Dominio M-N, sezione palo, armatura in c.a.

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	258

Tabella 154 – Sollecitazioni massime del singolo palo

COMBINAZIONE		PROFONDITA'[m]	M <sub>palo</sub> [kNm]	N <sub>palo</sub> [kN]	PROFONDITA'[m]	T <sub>palo</sub> [kN]
SLU-STR (A1+M1)	FASE 7	4.30	38.98	70.89	2.25	38.59
SLU-GEO (A2+M2)	FASE 11	4.35	41.92	68.75	2.25	39.43
SLV-STR (A1+M1+SISMA)	FASE 8	4.30	33.13	70.96	2.25	36.59
SLV-GEO (A2+M2+SISMA)	FASE 12	7.55	66.17	120.00	5.95	50.25

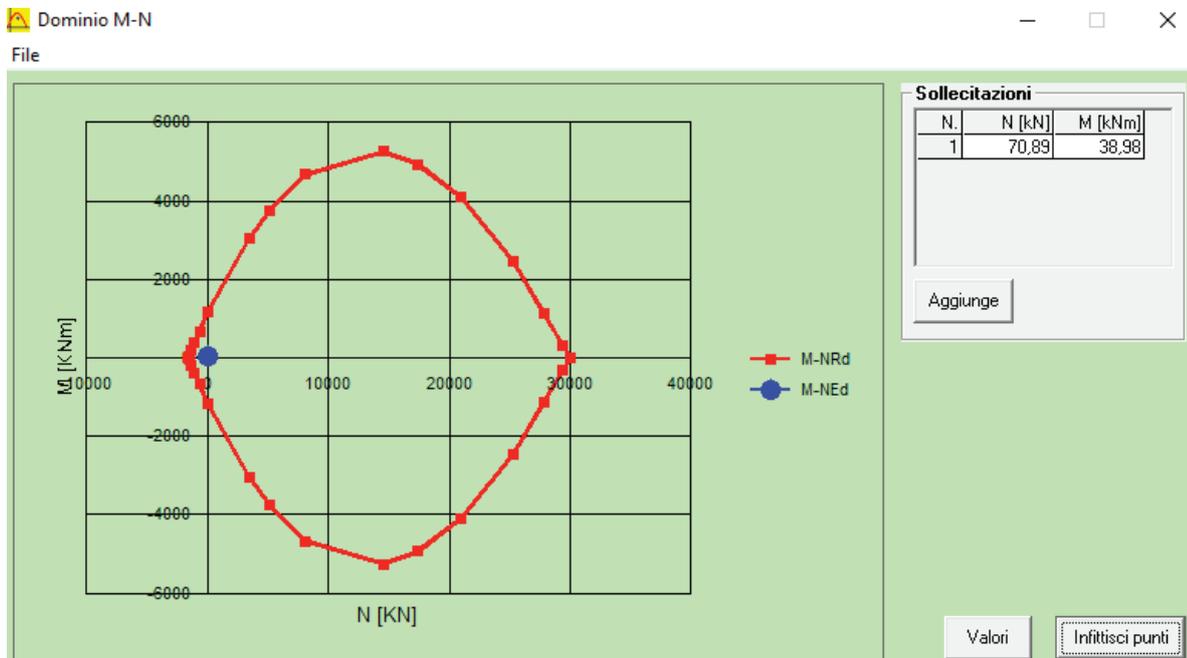


Figura 13.167 – SLU-STR (A1+M1), FASE 7

$M_{Ed} = 38.98 \text{ kNm}$   
 $N (M_{Ed}) = 70.89 \text{ kN}$   
 $M_U = 1187 \text{ kNm}$   
 $FS = 30.45$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	259

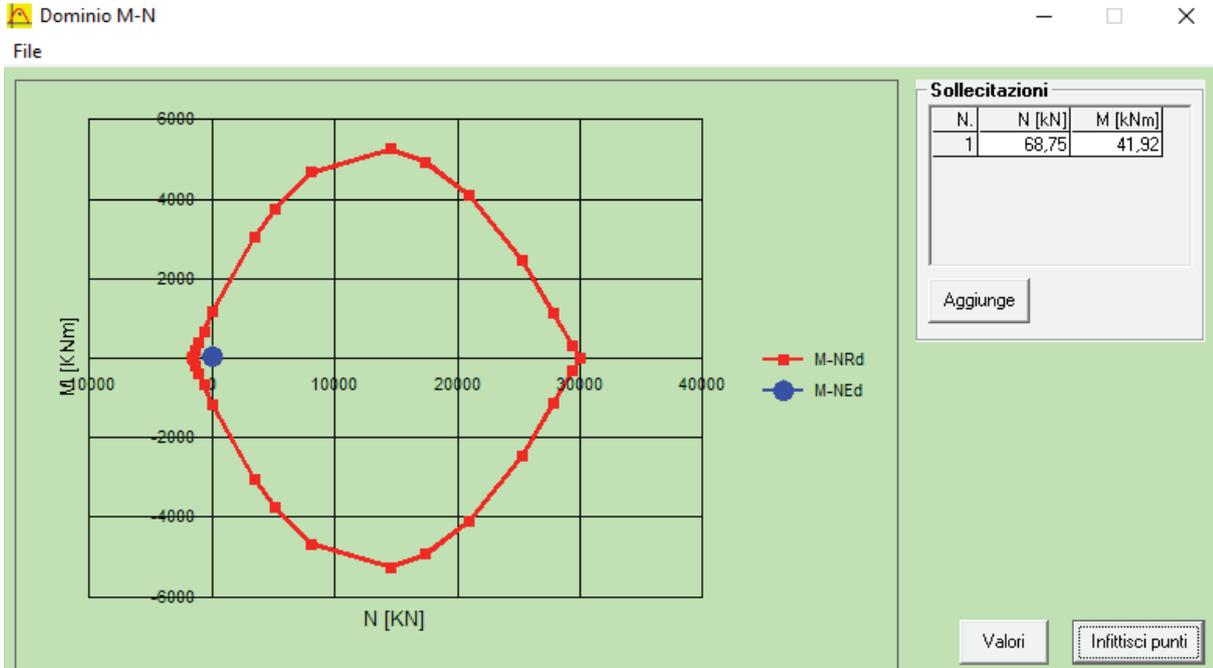


Figura 13.168 – SLU-GEO (A2+M2), FASE 11

$M_{Ed} = 41.92 \text{ kNm}$   
 $N (M_{Ed}) = 68.75 \text{ kN}$   
 $M_U = 1185 \text{ kNm}$   
 $FS = 28.27$

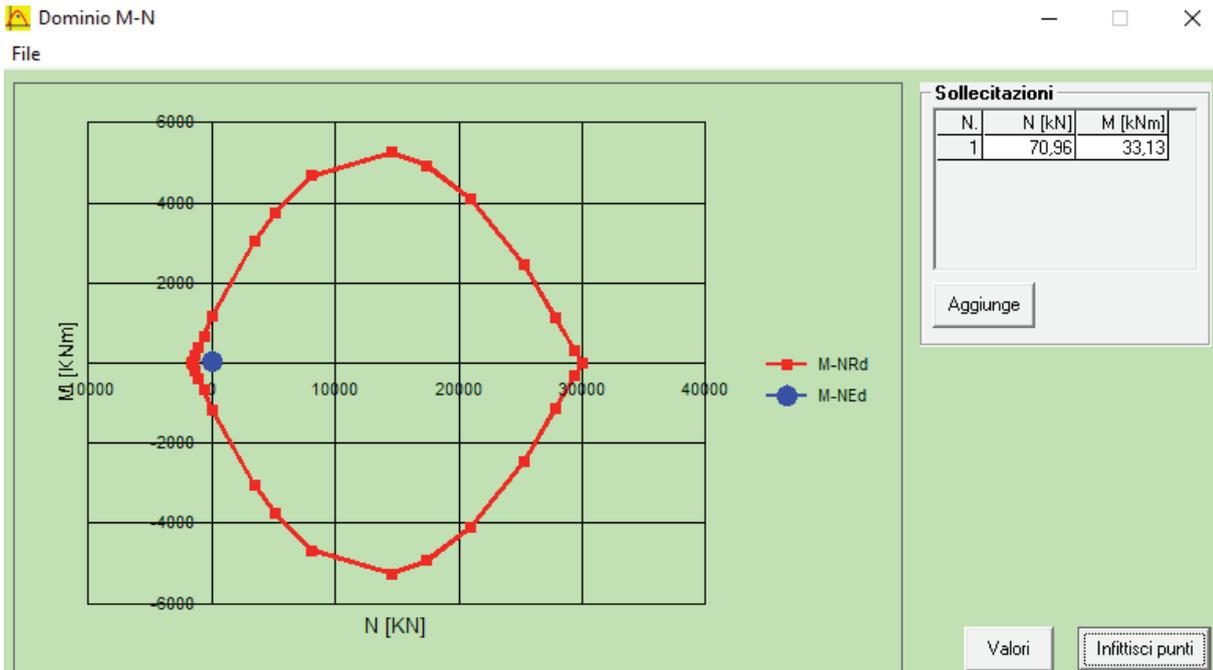


Figura 13.169 – SLV-STR (A1+M1+SISMA), FASE 8

$M_{Ed} = 33.13 \text{ kNm}$   
 $N (M_{Ed}) = 70.96 \text{ kN}$   
 $M_U = 1187 \text{ kNm}$   
 $FS = 35.83$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	260

Dominio M-N

File

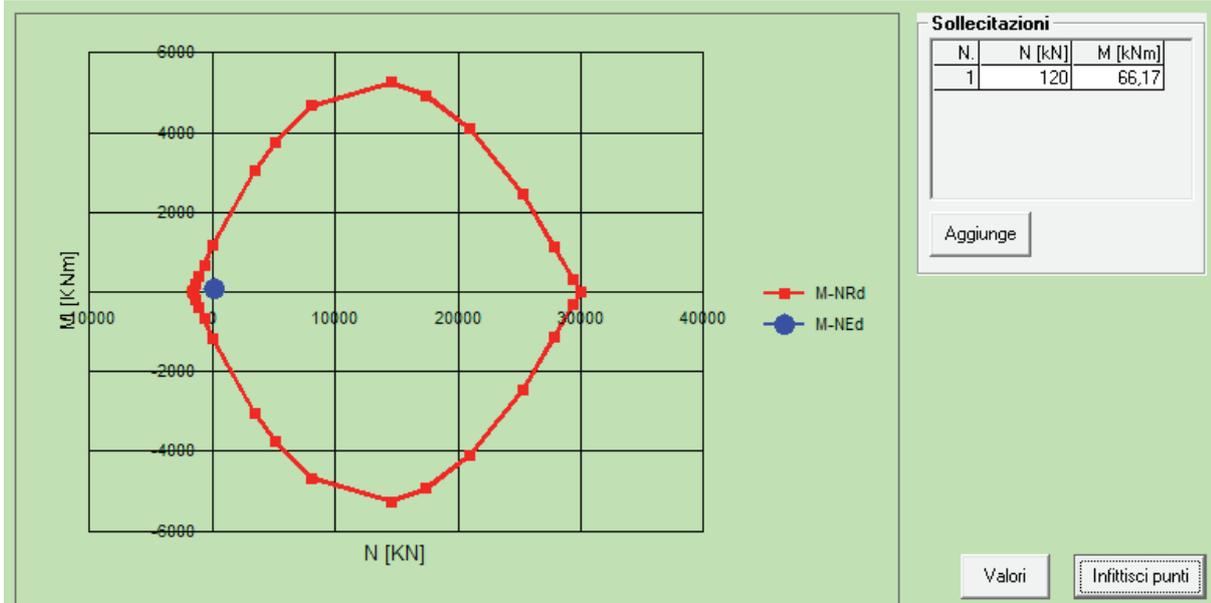


Figura 13.170 – SLV-GEO (A2+M2+SISMA), FASE 12

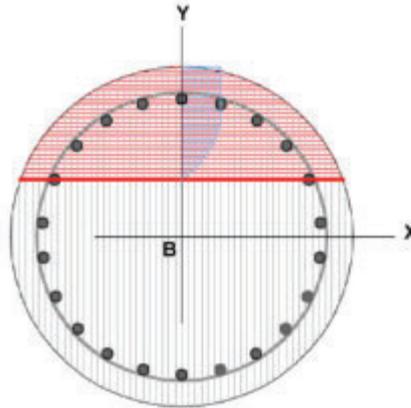
$M_{Ed} = 66.17 \text{ kNm}$   
 $N (M_{Ed}) = 120.00 \text{ kN}$   
 $M_U = 1219 \text{ kNm}$   
 $FS = 18.42$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	261

13.5.3.11.1.2 VERIFICA A TAGLIO DEL SINGOLO PALO SEZIONE CIRCOLARE

Si prende in considerazione il valore massimo dell'involuppo della sollecitazione tagliante  
Tmax= 50.25 kN



Diametro palo[cm]	80	Carico assiale [kN]	0	
Diametro staffe [cm]	68	diametro ferri lon.[mm]	18	
Copriferro staffe [cm]	6,00	$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	25,00	
$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	450,00	$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	14,17	
<b>Armatura trasversale</b>				
diametro staffe [mm]	10,00	passo [cm]	20,00	
Area staffe [mm <sup>2</sup> ]	157	numero braccia elicoidali	2	
<b>Verifica a Taglio</b>				
$\cot\theta$ per $V_{Rsd} = V_{Rcd}$	$\cot\theta$	$\alpha_c$	$V_{Rsd}$ [kN]	$V_{Rcd}$ [kN]
4,1759	2,5000	1,00	415,59	1056,93
<b>Taglio Resistente di Progetto <math>V_{Rd}</math> [kN]</b>				<b>415,59</b>
<b>Taglio di Progetto <math>V_d</math> [kN]</b>				<b>50,25</b>
<b>FS</b>				<b>8,26</b>

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	262

13.5.3.11.2 VERIFICHE SLE

13.5.3.11.2.1 VERIFICA TENSIONI

*Simbologia adottata*

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

A <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	cmb	σ <sub>f</sub>	cmb
[cmq]	[kPa]		[kPa]	
40,72	1125	4	21117	4

13.5.3.11.2.2 VERIFICA FESSURAZIONE

*Simbologia adottata*

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

Oggetto	n° - Tipo	Y	M	M <sub>f</sub>	s	ε <sub>sm</sub>	W <sub>lim</sub>	W <sub>k</sub>
		[m]	[kNm]	[kNm]	[mm]	[%]	[mm]	[mm]
Paratia	4 - ESE	4,40	-34,68	-183,86	0,000	0,0000	0,200	0,000

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	263

**13.5.3.12 VERIFICHE DELLA TRAVE DI RIPARTIZIONE**

Il calcolo del cordolo con tiranti fa riferimento ad un metodo suggerito da Joseph E. BOWLES (Fondazioni, progetto e analisi – cap. 13 paratie a mensole e ancorate) il quale considera, per il progetto del cordolo, uno schema di trave su appoggi con carico uniformemente distribuito:

Si considera una trave continua con appoggi nel piano orizzontale con interasse dei Tiranti e appoggi nel piano verticale con interasse dei pali della paratia.

$Q_0 = N_0 \times n^\circ \text{Tiranti} / \text{Lunghezza paratia}$ , dove gli appoggi sono le posizione dei tiranti

Mentre il carico uniformemente distribuito nel piano verticale viene calcolato con la seguente formula

$Q_v = N_v \times n^\circ \text{Pali} / \text{Lunghezza paratia}$ , dove gli appoggi sono i pali

Di seguito si riporta il calcolo dei carichi equivalenti distribuiti sui cordoli in acciaio per poi essere stati modellati in un modello tridimensionale.

1° ordine di tiranti				
forza tirante	inclinazione	lunghezza paratia	n. tiranti	n. pali
[kN]	[°]	[m]	[-]	[-]
118,90	20	18.00	9	18

		N totale		
		[kN]	[kN/m]	
componente verticale		40,67	$Q_v$	40,67
componente orizzontale		111,73	$Q_o$	55,86

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	264

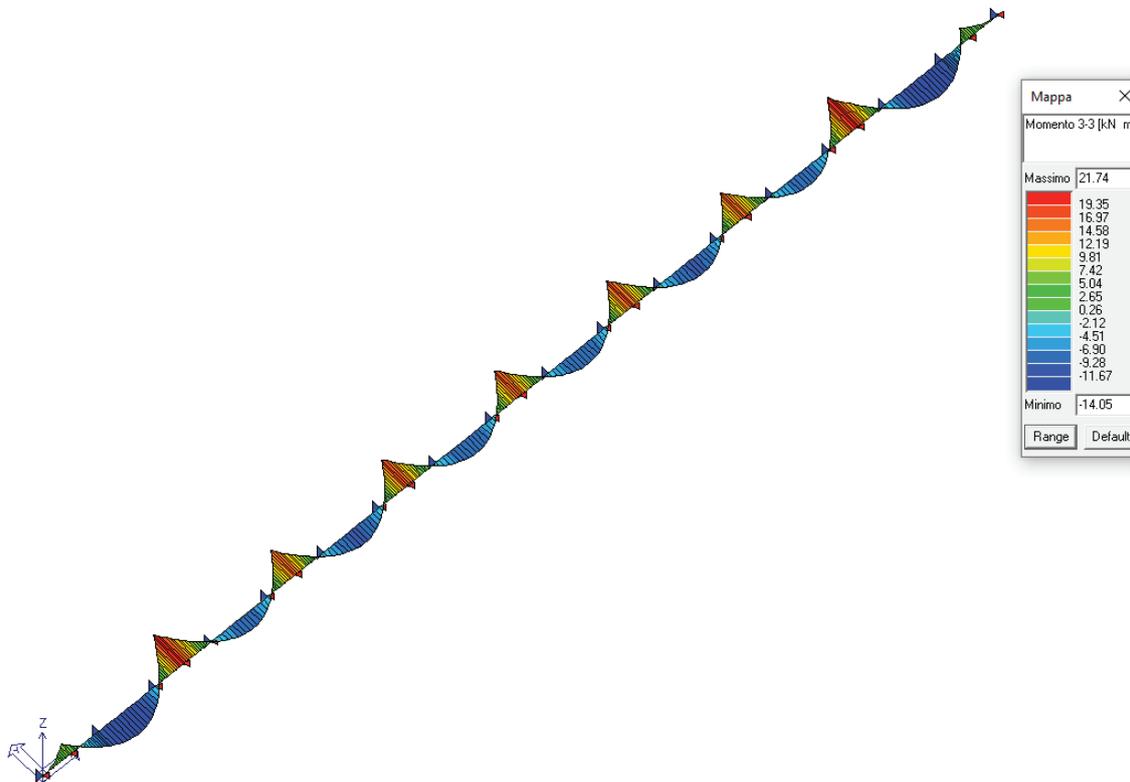


Figura 13.171 – Diagramma momento flettente sul piano orizzontale

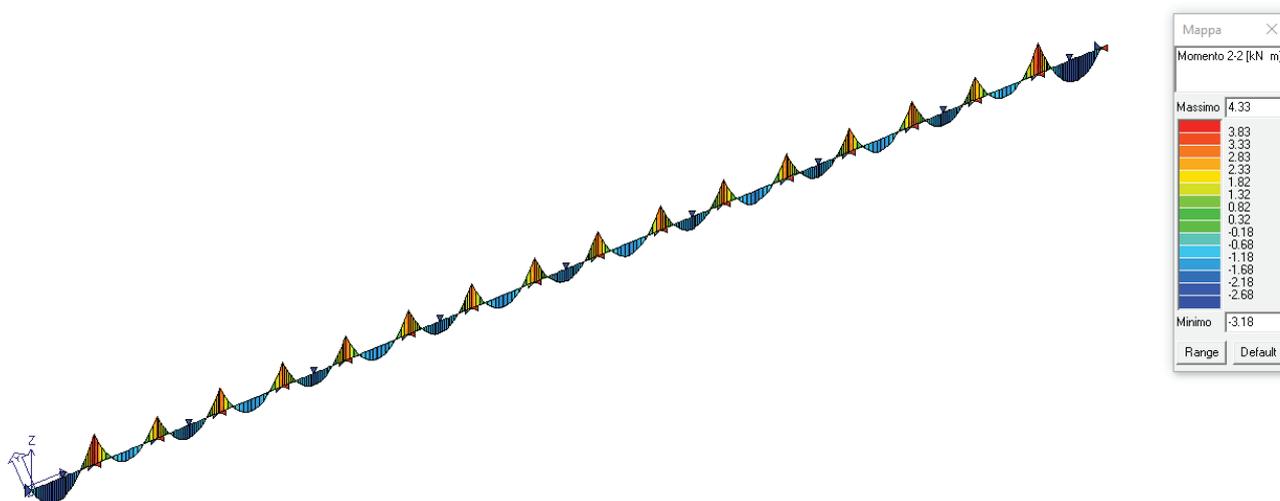


Figura 13.172 – Diagramma momento flettente sul piano verticale

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	265

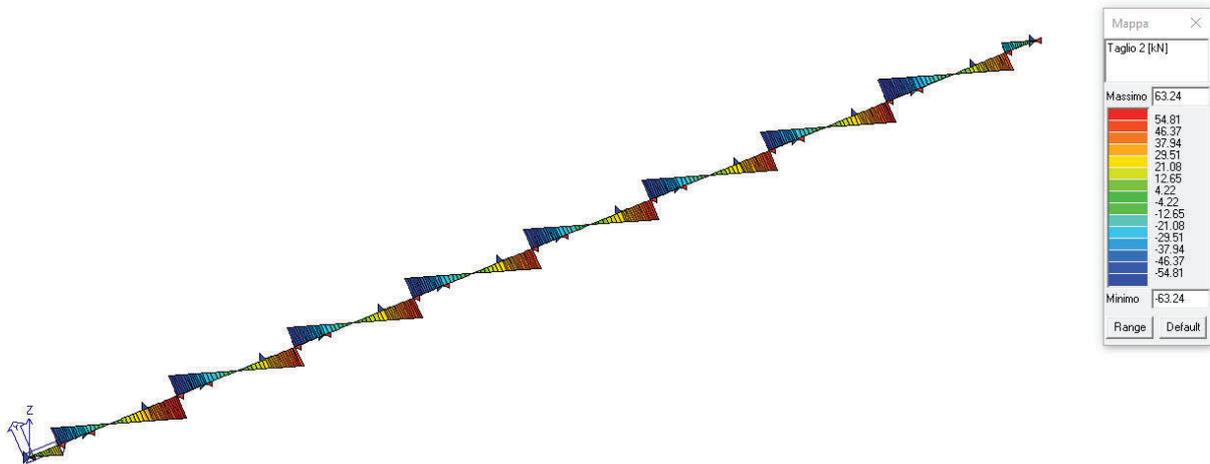


Figura 13.173 – Diagramma del taglio sul piano orizzontale

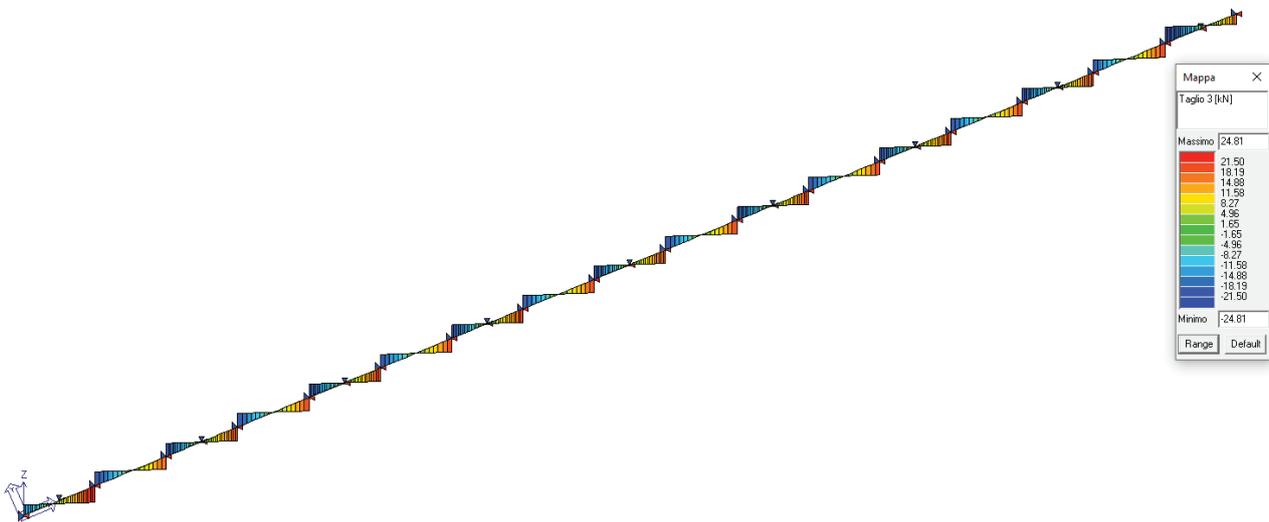


Figura 13.174 – Diagramma del taglio sul piano verticale

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	266



Figura 13.175 –Mappa cromatica dei valori di sfruttamento degli elementi strutturali espressi, in percentuale, come il maggiore dei tre rapporti tra le tensioni massime (resistenza, stabilità, svergolamento) e quelle limite di progetto

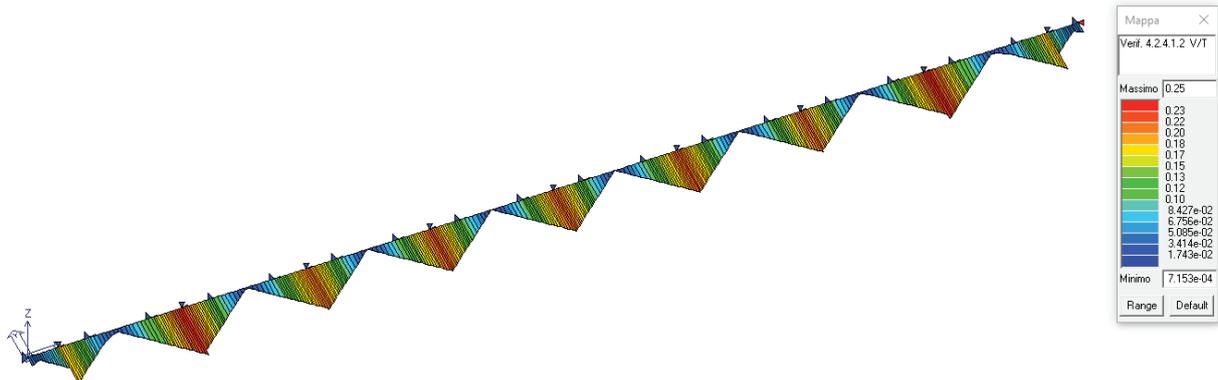


Figura 13.176 Verifica a taglio e torsione degli elementi espressi mediante i valori di  $VEd/Vc,Rd$  (oppure  $TEd/TRd$  se questa dovesse risultare più restrittiva). La verifica è da considerarsi soddisfatta se il valore è inferiore a 1.

Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	267

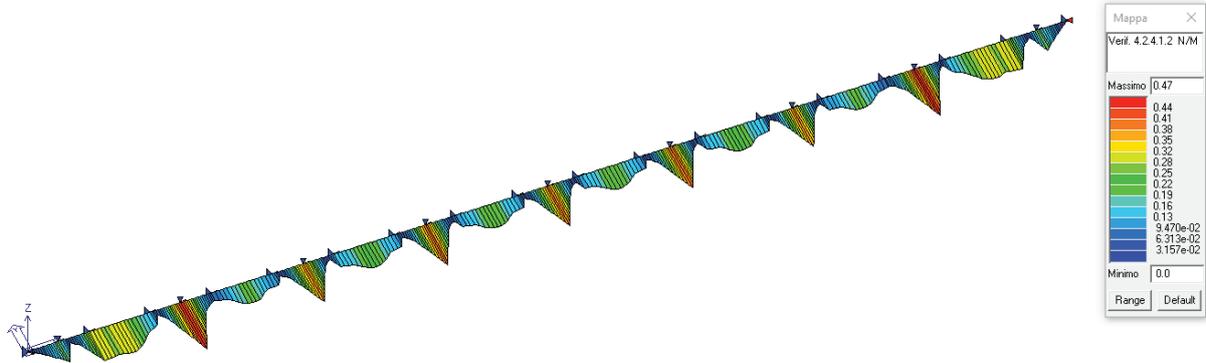


Figura 13.177 Permette la visualizzazione dei risultati ottenuti dalla verifica a presso/tenso flessione degli elementi. La verifica tiene conto del fattore di riduzione per taglio  $\rho$  (formula 4.2.41). La verifica è da considerarsi soddisfatta se il valore è inferiore a 1.

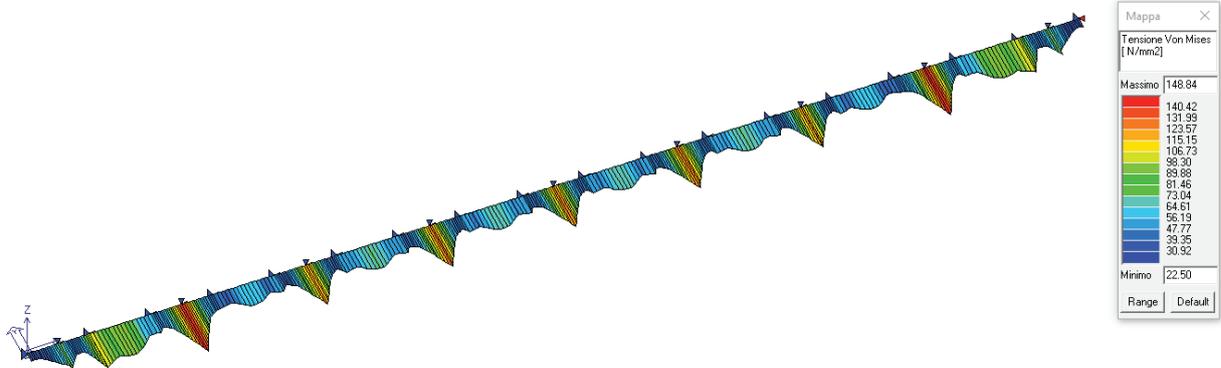


Figura 13.178 Visualizzazione della radice quadrata della somma degli sforzi di tensioni piani, espresso come dalla formula 4.2.4 da confrontare con  $f_y k / \gamma_{M0}$ :

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{x,Ed} \cdot \sigma_{z,Ed} + 3\tau_{Ed}^2}$$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	268

**13.5.3.13 VERIFICA DEL CORDOLO**

Il cordolo della sezione E è un elemento in c.a. di forma quadrangolare (100x100 cm) armato in direzione longitudinale con 4+4 $\phi$ 16 sul piano verticale e 4+4 $\phi$ 16 sul piano orizzontale, mentre le staffe  $\phi$ 10/25 a due bracci verticalmente e due bracci orizzontalmente.

La sezione trasversale del cordolo è verificata a pressoflessione deviata ( $M_{x,Ed}$ ,  $M_{y,Ed}$ ), a taglio nel piano verticale ( $V_{v,Ed}$ ) e a taglio nel piano orizzontale ( $V_{h,Ed}$ ), in riferimento alle sollecitazioni derivanti da due distinti schemi di carico.

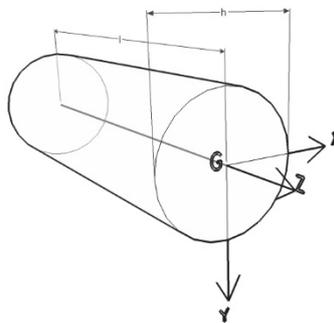


Figura 13.179 – Sistema di riferimento del solido trave

Nel primo schema di carico (SCHEMA A), ragionando nel piano verticale, si analizza il cordolo schematizzato come trave continua su più appoggi, costituiti dai pali, e caricato dal solo peso proprio. Dallo schema in questione si estrae la massima sollecitazione flettente nel piano verticale ( $M_{x,Ed}$ ) e la massima sollecitazione tagliante nel piano verticale ( $V_{v,Ed}$ ).

Nel secondo schema di carico (SCHEMA B), considerando il piano orizzontale, si assume analogamente il cordolo come trave continua su più appoggi costituiti dai pali, ma caricato, questa volta, da un carico distribuito ( $q_h$ ) rappresentato dalla sollecitazione tagliante di involucro, all'intradosso del cordolo, derivante dall'analisi geotecnica della paratia. Da questo secondo schema di carico, si estrae la massima sollecitazione flettente nel piano orizzontale ( $M_{y,Ed}$ ) e la massima sollecitazione tagliante nel piano orizzontale ( $V_{h,Ed}$ ).

Si riportano a seguire i grafici e i dati relativi alle verifiche.

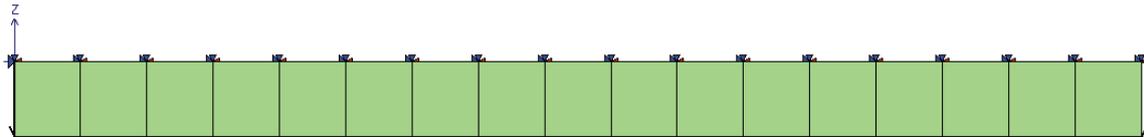
PESO PROPRIO CORDOLO		
$\gamma_{cls}$	25.00	kN/m <sup>3</sup>
<b>B</b>	1.00	m
<b>H</b>	1.00	m
$Q_{vk}$	25.00	kN/m
$Q_{vd}$	32.50	kN/m

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

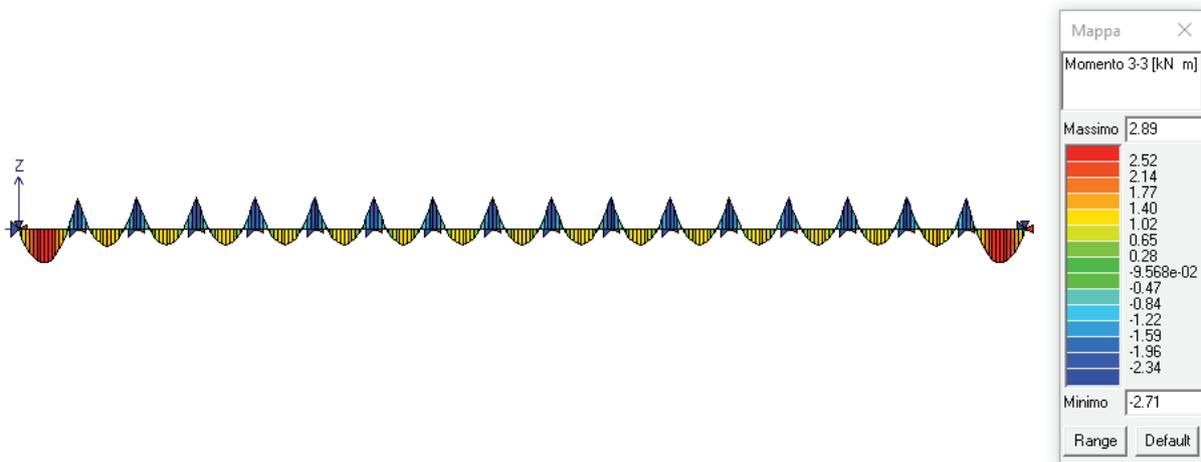
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	269

**SCHEMA A**

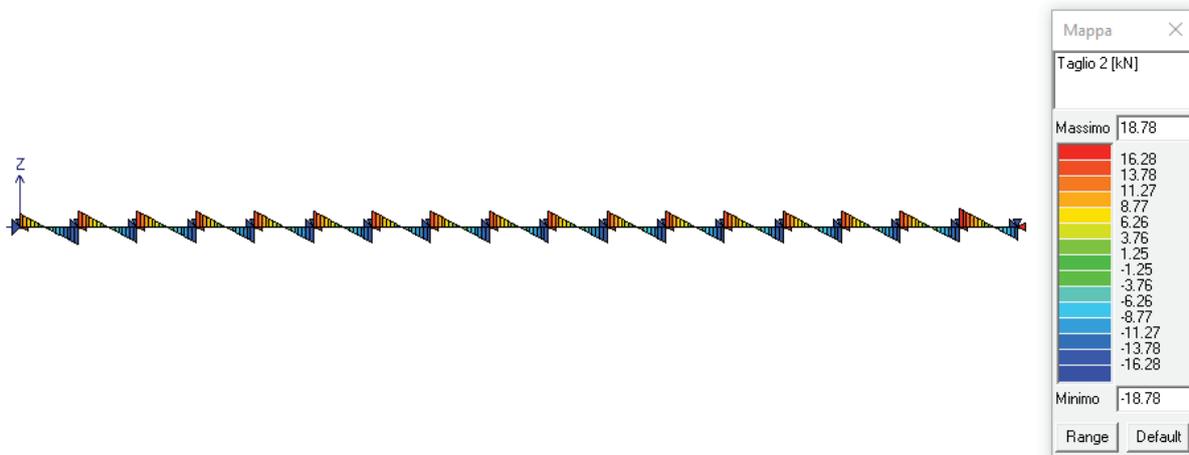
$q_v = 32.50 \text{ kN/m}$



**Momento flettente**



**Taglio**



**Sollecitazioni massime derivanti dallo schema di carico A (piano verticale)**

$M_{x,Ed} = 2.89 \text{ kNm}$

$V_{v,Ed} = 18.78 \text{ kN}$

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

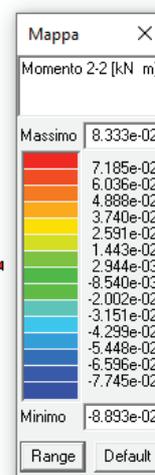
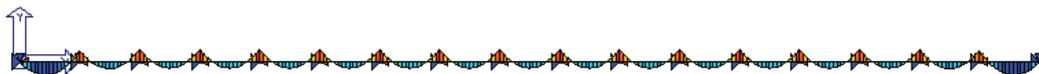
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	270

**SCHEMA B**

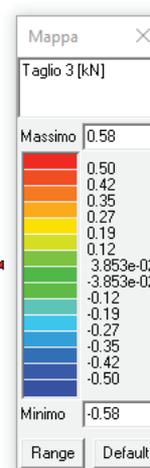
$q_h = 0.94 \text{ kN/m}$



**Momento flettente**



**Taglio**



**Sollecitazioni massime derivanti dallo schema di carico B (piano orizzontale)**

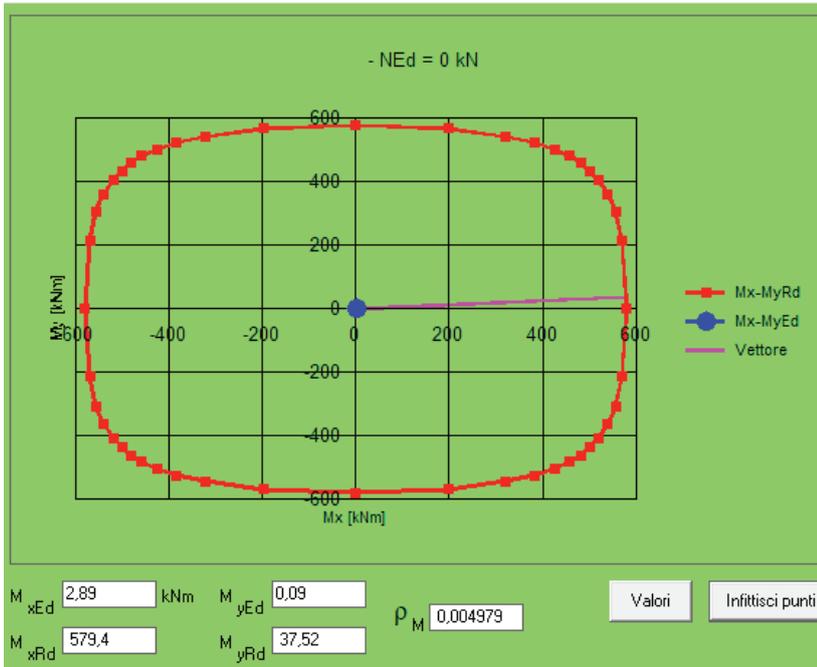
$M_{y,Ed} = 0.09 \text{ kNm}$

$V_{h,Ed} = 0.58 \text{ kN}$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	271

**Verifica a pressoflessione deviata**



**Verifica a taglio nel piano verticale**

Dati sezione e materiale				
Base [cm]	100,00	Carico assiale [kN]	0	
Altezza [cm]	100,00	diametro ferri lon.[mm]	16	
Copriferro [cm]	4,00	$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	25,00	
$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	450,00	$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	14,17	
Armatura trasversale				
diametro staffe [mm]	10,00	passo [cm]	25,00	
Area staffe [mm <sup>2</sup> ]	157	numero braccia	2	
Verifica a Taglio				
cotθ per $V_{Rsd} = V_{Rcd}$	cotgθ	$\alpha_c$	$V_{Rsd}$ [kN]	$V_{Rcd}$ [kN]
5,2735	2,5000	1,00	521,11	2070,78
<b>Taglio Resistente di Progetto <math>V_{v,Rd}</math> [kN]</b>				<b>521.11</b>
<b>Taglio di Progetto <math>V_{v,Ed}</math> [kN]</b>				<b>18.78</b>
<b>FS</b>				<b>27.75</b>

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	272

**Verifica a taglio nel piano orizzontale**

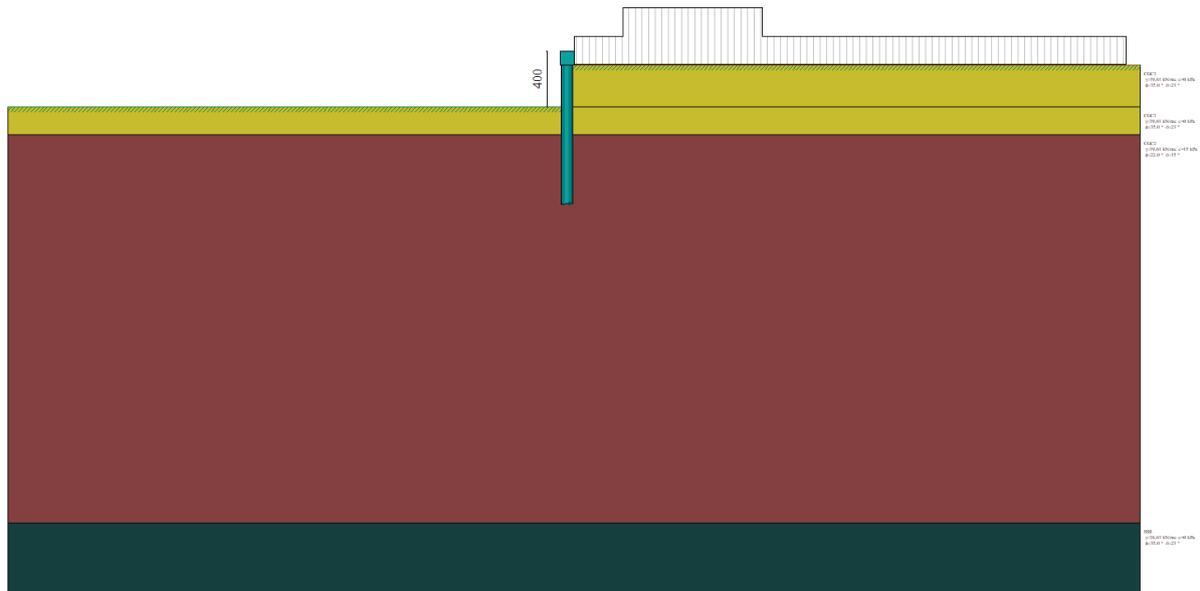
Dati sezione e materiale				
Base [cm]	100,00	Carico assiale [kN]	0	
Altezza [cm]	100,00	diametro ferri lon.[mm]	16	
Copriferro [cm]	4,00	$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	25,00	
$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	450,00	$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	14,17	
Armatura trasversale				
diametro staffe [mm]	10,00	passo [cm]	25,00	
Area staffe [mm <sup>2</sup> ]	157	numero braccia	2	
Verifica a Taglio				
$\cot\theta$ per $V_{Rsd} = V_{Rcd}$	$\cot\theta$	$\alpha_c$	$V_{Rsd}$ [kN]	$V_{Rcd}$ [kN]
5,2735	2,5000	1,00	521,11	2070,78
<b>Taglio Resistente di Progetto <math>V_{h,Rd}</math> [kN]</b>				<b>521.11</b>
<b>Taglio di Progetto <math>V_{h,Ed}</math> [kN]</b>				<b>0.58</b>
<b>VERIFICA</b>				<b>OK</b>

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	273

**13.6 MODELLO SEZIONE F pk 0+063.10**

Il modello SEZ F 0+063.10 rappresenta il tratto iniziale della sezione laterale della paratia provvisoria di protezione della galleria artificiale che dovrà essere realizzata. La paratia ha pali di lunghezza 10 m con cordolo in c.a. di altezza 1,00 m. ed è calcolata e verificata con schema di paratia libera. Per i pali si considera una lunghezza di infissione di 7 m.



*Figura 13.180 – Modello di calcolo*

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	274

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

Cesp = coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato

$\tau_l$  = tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [kPa]

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

N°	Descrizione	Cesp	$\tau_l$ [kPa]	
1	CGC1	1.50	150,0 150,0 150,0	CAR MIN MED
2	CGC2	1.50	180,0 180,0 180,0	CAR MIN MED
3	SSR	1.50	250,0 250,0 250,0	CAR MIN MED

**Descrizione stratigrafia**

Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia

sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]

kw costante di Winkler orizzontale espressa in [Kg/cm<sup>2</sup>/cm] calcolata col metodo a strato

$\alpha$  inclinazione dello strato espressa in [°] (M: strato di monte, V: strato di valle)

Terreno associato allo strato (M: strato di monte, V: strato di valle)

N°	sp [m]	$\alpha_M$ [°]	$\alpha_V$ [°]	K <sub>wM</sub> [kg/cm <sup>2</sup> /cm]	K <sub>wV</sub> [kg/cm <sup>2</sup> /cm]	Terreno M	Terreno V
1	4,00	0.00	0.00	0.92	0.92	CGC1	CGC1
2	2,00	0.00	0.00	2.28	2.28	CGC1	CGC1
3	28,00	0.00	0.00	5.09	5.09	CGC2	CGC2
4	5,00	0.00	0.00	16.59	16.59	SSR	SSR

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	275

Livello falda dal piano campagna 35 m

Tabella 25 – Parametri per analisi sismica

	SLV	SLE
Accelerazione al suolo $a_g$ (m/s <sup>2</sup> )	1,141	0,452
Accelerazione al suolo $a_g$ (% di g)	0,116	0,046
Fattore amplificatore $F_0$	2,581	2,431
$T_C^*$	0,362	0,302
Ss (Terreno tipo C)	1,500	1,500
Coeff. Amplifi. Topografica S (T1)	1,00	

Tabella 26 – Sintesi parametri geotecnici adottati sezione F

SEZIONE F																						
-	Combinazione	Tipo di Terreno	N° Combinazione	$\gamma_s$ [KN/m <sup>3</sup> ]	$c_k$ [Kpa]	$\phi_k$ [°]	$\delta_k$ [°]	$\gamma_d$ [KN/m <sup>3</sup> ]	$c_d$ [Kpa]	$\phi_d$ [°]	$\delta_d$ [°]	$K_0$	$k_{hVVALLE}$	$k_{hMONTE}$	$k_{pVVALLE}$	$k_{pMONTE}$	$k_{shE}$	$k_{shNE}$	$\alpha$	$\beta$	$u_s$ [m]	$k_b$ [%]
A1+M1	SLU-STR	CGC1	4-5	20	0	35	23	26	0	35	23	0,426424	0,297	0,464	2,4	2,133	X	X	0,934	0,468	0,055	7,619
		CGC2		20	15	22	15	26	15	22	15	0,625393										
		SRR		19	0	35	X	24,7	0	35	X	0,426424										
A1+M1+E	SLV-STR	CGC1	6	20	0	35	23	20	0	35	23	0,426424	X	X	X	X	0,381	2,795	0,934	0,468	0,055	7,619
		CGC2		20	15	22	15	20	15	22	15	0,625393										
		SRR		19	0	35	X	19	0	35	X	0,426424										
A2+M2	SLU-GEO	CGC1	7-8	20	0	35	23	20	0	29,3	19	0,510618	0,353	0,543	2,087	1,824	X	X	0,934	0,468	0,055	7,619
		CGC2		20	15	22	15	20	12	17,9	12	0,692643										
		SRR		19	0	35	X	19	0	29,3	X	0,510618										
A2+M2+E	SLV-GEO	CGC1	9	20	0	35	23	20	0	29,3	19	0,510618	X	X	X	X	0,458	2,293	0,934	0,468	0,055	7,619
		CGC2		20	15	22	15	20	12	17,9	12	0,692643										
		SRR		19	0	35	X	19	0	29,3	X	0,510618										

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	276

**13.6.1 FASI DI CALCOLO**

Fasi di scavo

Simbologia adottata

n° identificativo della fase nell'elenco definito

Fase Descrizione dell'i-esima fase

Tempo in cui avviene la fase di scavo

n°	Fase	Tempo	ESE	SLU-STR (A1+M1)	SLV-STR (A1+M1+E)	SLU-GEO (A2+M2)	SLV-GEO (A2+M2+E)
1	Scavo fino alla profondità di 1.00 metri	0	FASE 1	FASE 4	-	FASE 7	-
2	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=1.00]	0					
3	Inserimento condizione di carico nr 2 [Hscavo=1.00]	0					
4	Scavo fino alla profondità di 4.00 metri	1	FASE 2	FASE 5	-	FASE 8	-
5	Inserimento sisma	2	FASE 3	-	FASE 6	-	FASE 9

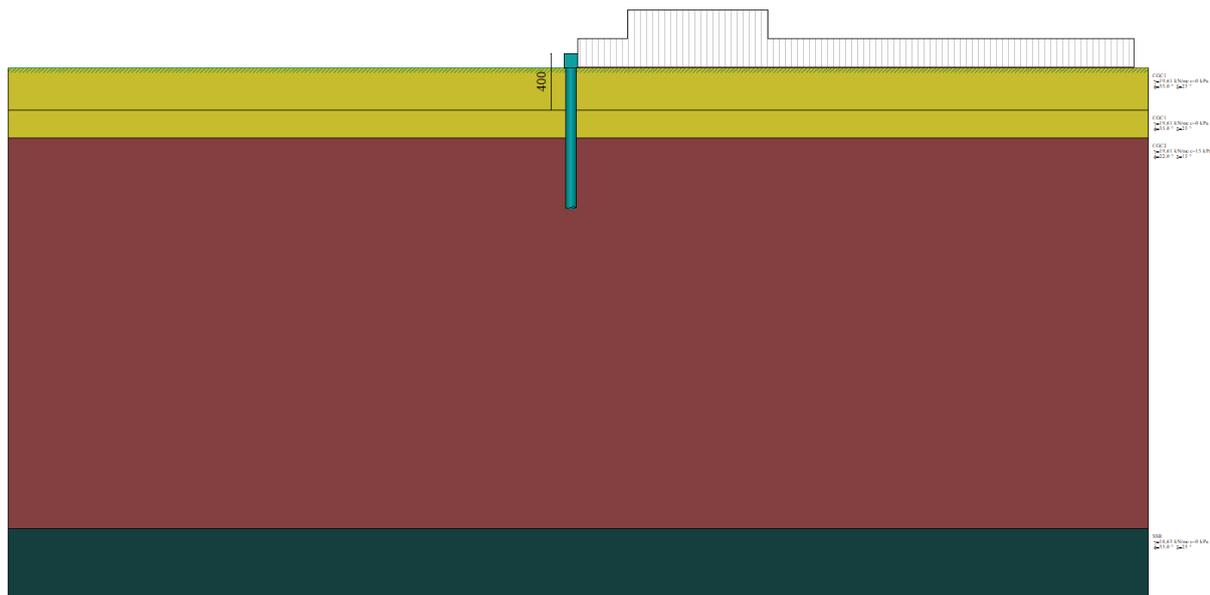


Figura 13.181 – Tempo 0 (FasE 1-4-7)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	277

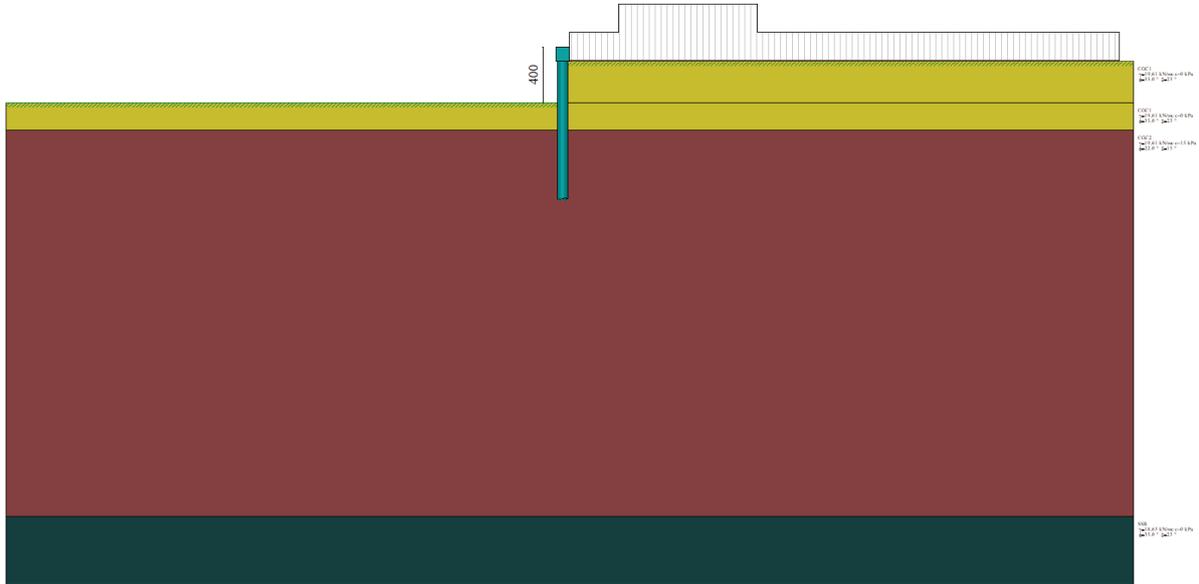


Figura 13.182 – Tempo 1 (Fase 2-5-8)

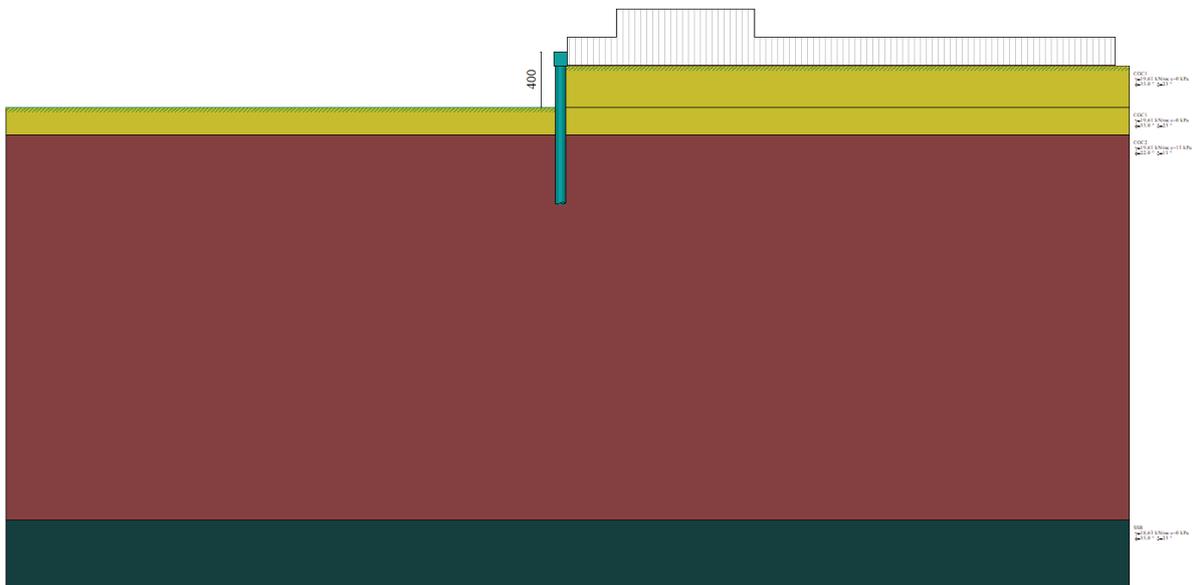


Figura 13.183 – Tempo 2 (Fase 3-6-9)

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	278

**13.6.2 RISULTATI DELLE ANALISI**

Nelle figure seguenti si riportano i diagrammi del momento flettente – taglio – sforzo normale del singolo palo della paratia nelle combinazioni A1+M1 senza e con sisma, combinazioni A2+M2 senza e con sisma e Inviluppo.

Momento Flettente [KN m]

Taglio [KN]

Sforzo Normale [KN]

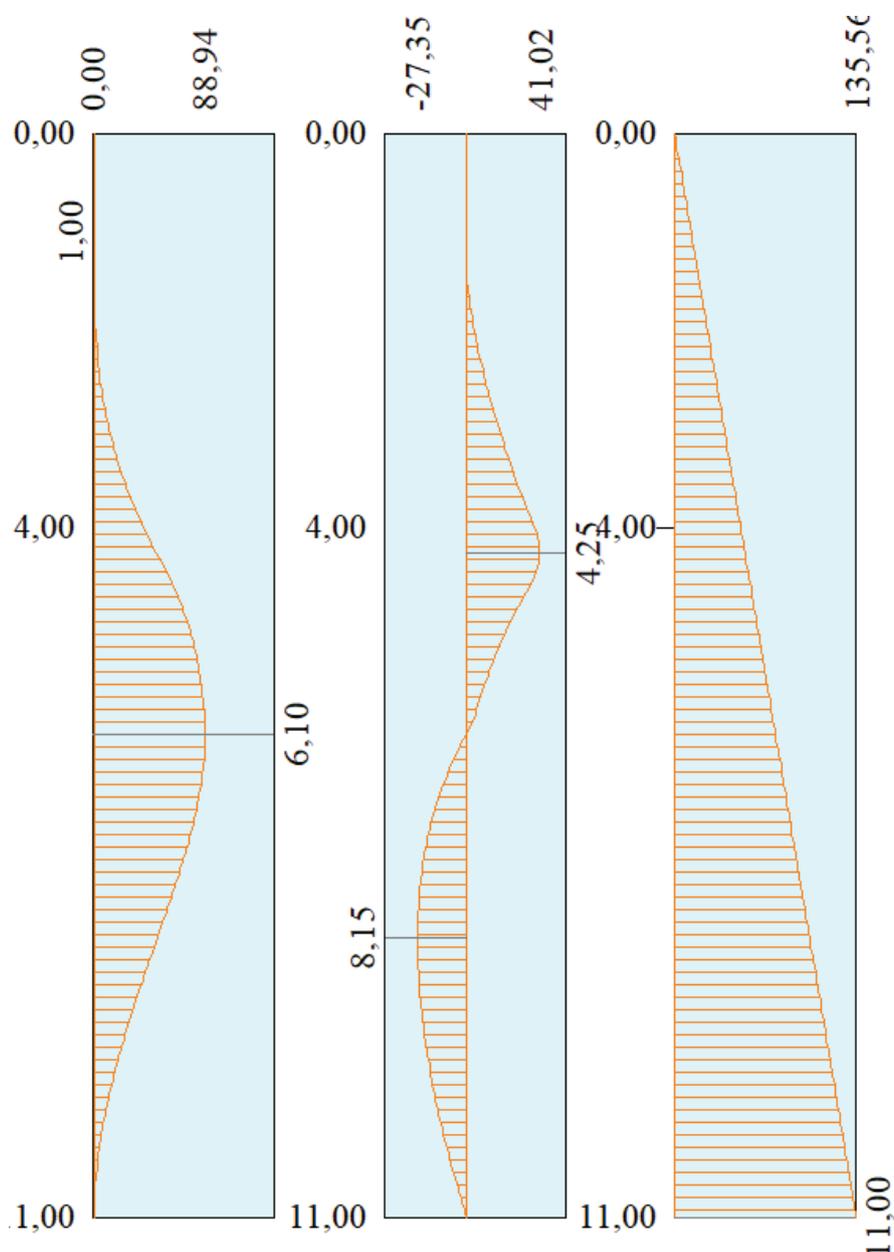


Figura 13.184 – Diagramma in combinazione SLU-STR (A1+M1 – FASE 5)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	279

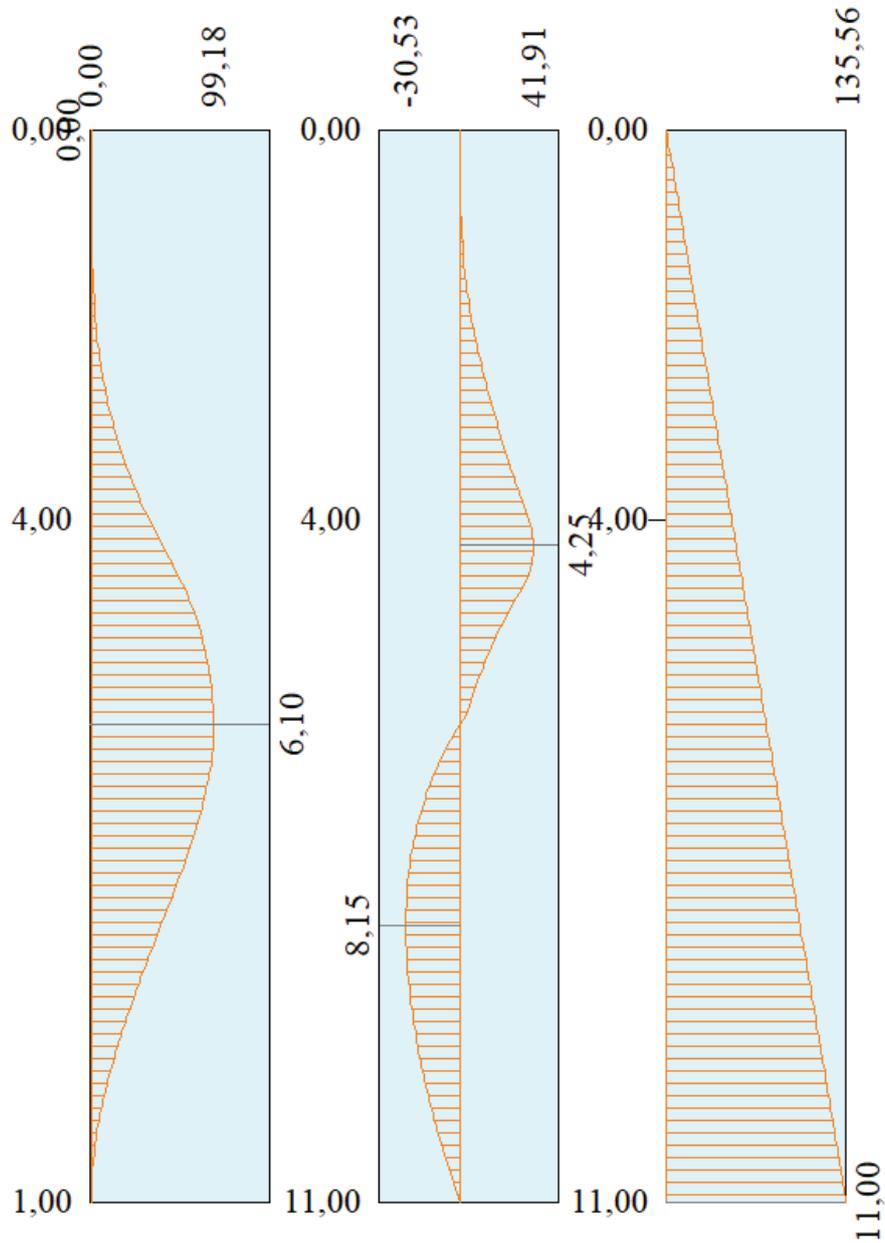


Figura 13.185 – Diagramma in combinazione SLV-STR (A1+M1+SISMA – FASE 6)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	280

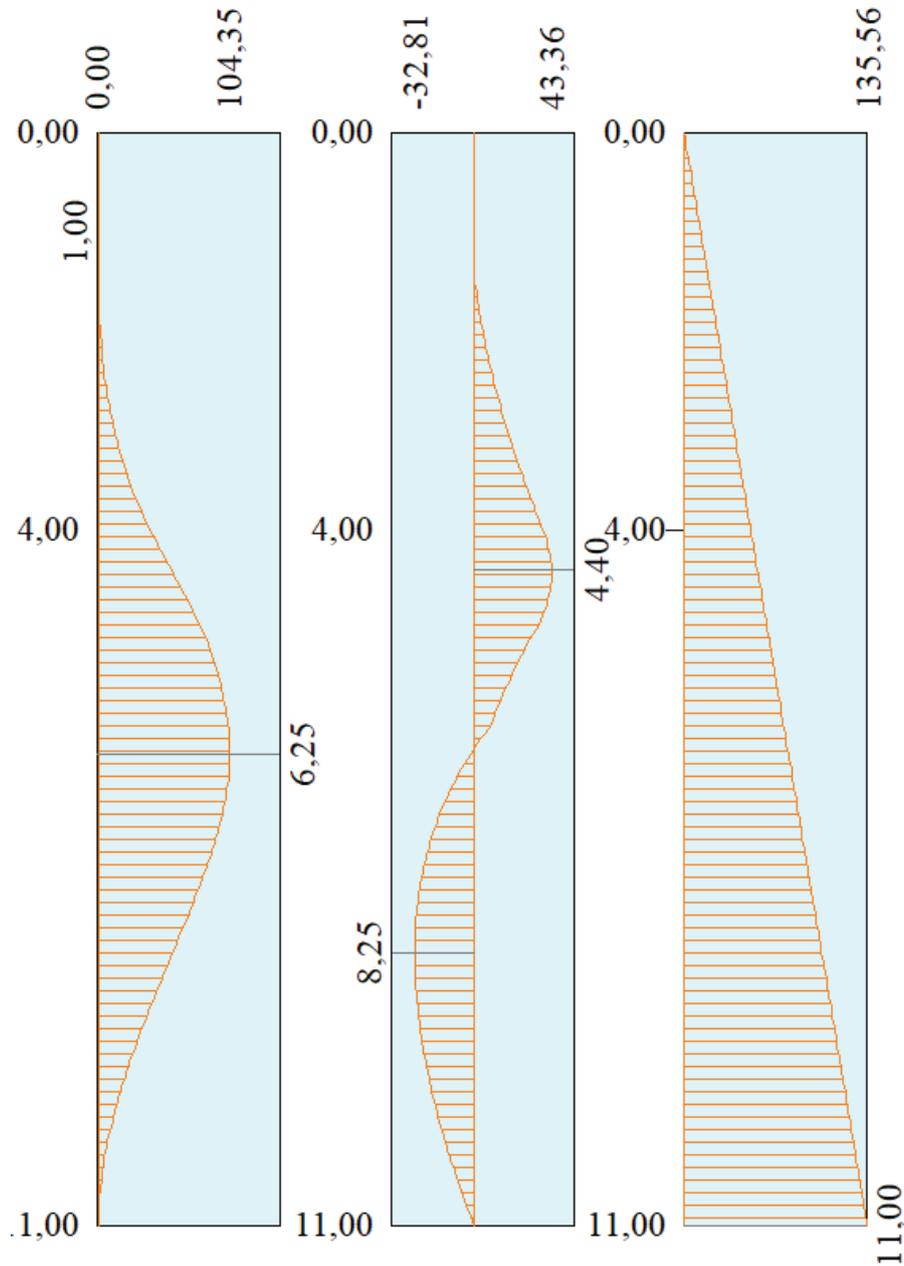


Figura 13.186 – Diagramma in combinazione SLU-GEO (A2+M2 – FASE 8)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	281

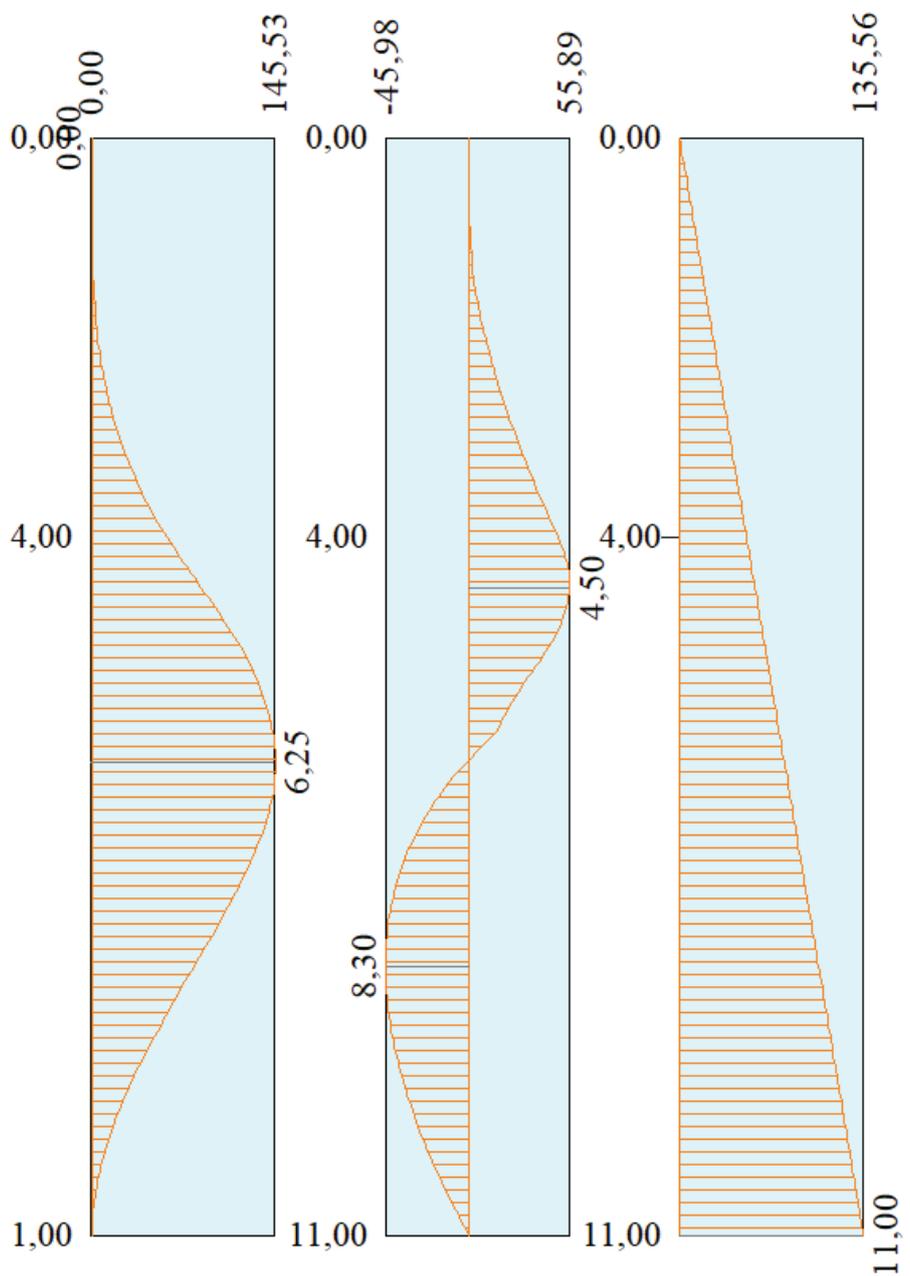


Figura 13.187 – Diagramma in combinazione SLV-GEO (A2+M2+SISMA – FASE 9)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	282

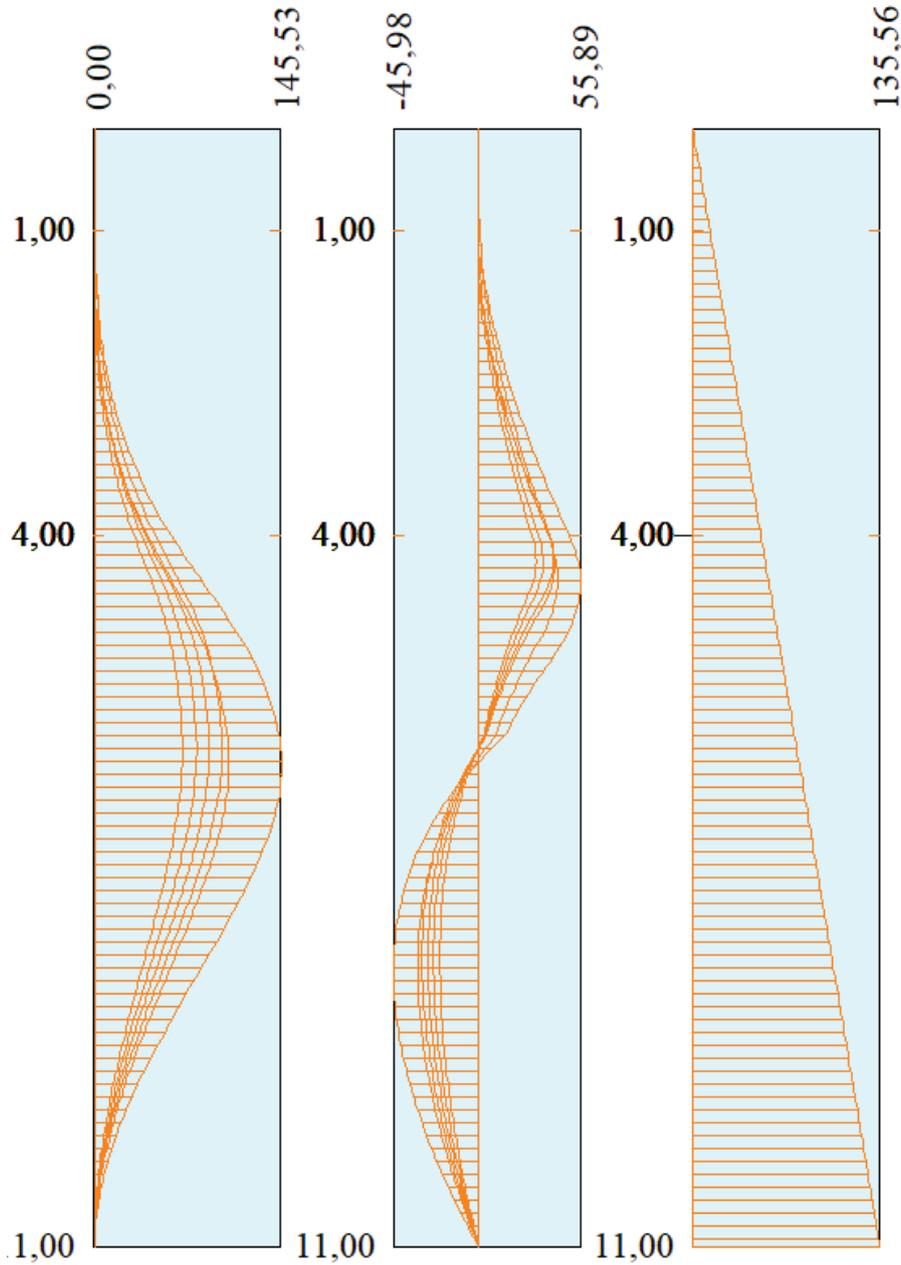


Figura 13.188 – Diagramma involucro sollecitazioni

Incremento dovuto al sisma Fase 3 ESE  $\Delta S = 2.36$  kN

Incremento dovuto al sisma Fase 6 A1+M1+SISMA  $\Delta S = 7.14$  kN

Incremento dovuto al sisma Fase 9 A2+M2+SISMA  $\Delta S = 8.93$  kN

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	283

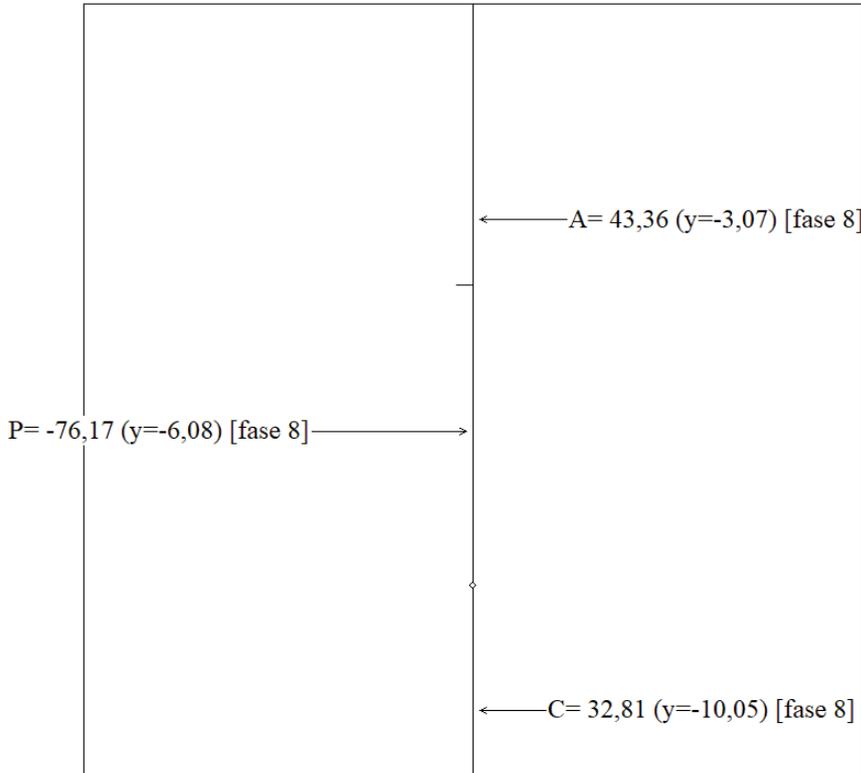


Figura 13.189 – Risultanti della spinta attiva e passiva in assenza di sisma (combinazione A2+M2 – FASE 8)

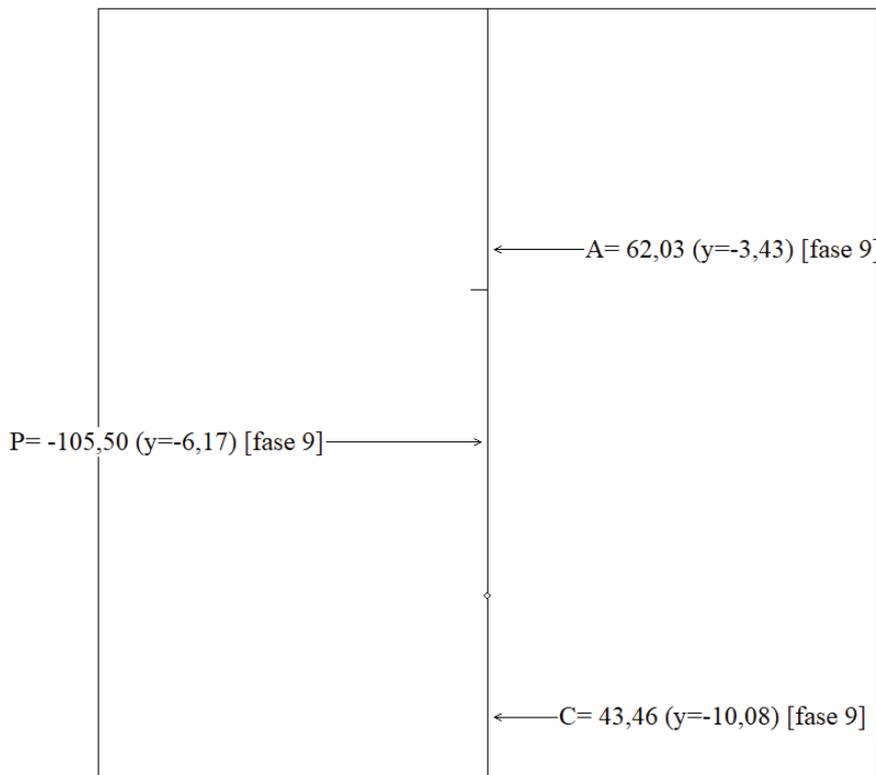
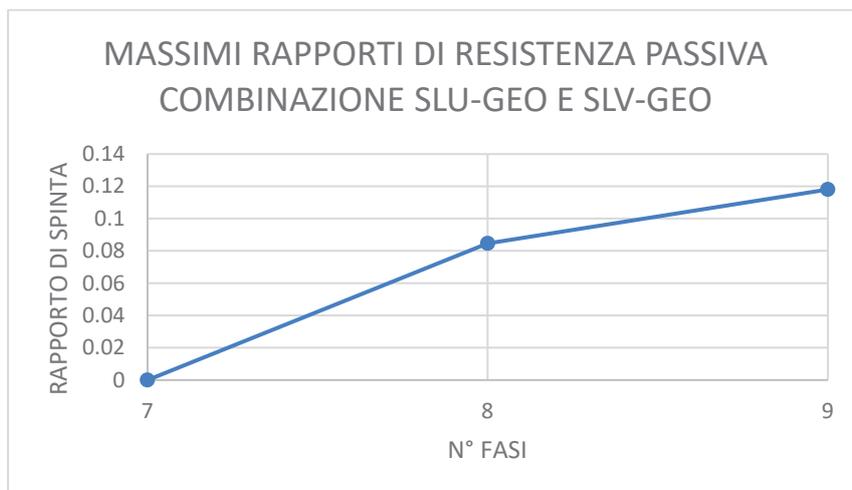
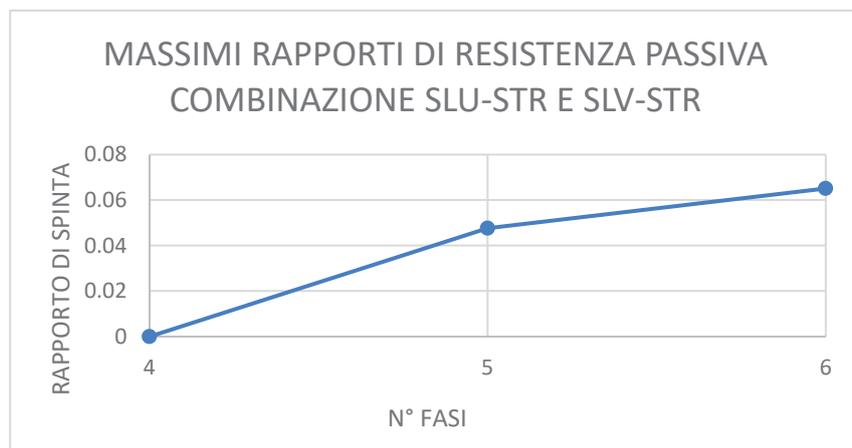
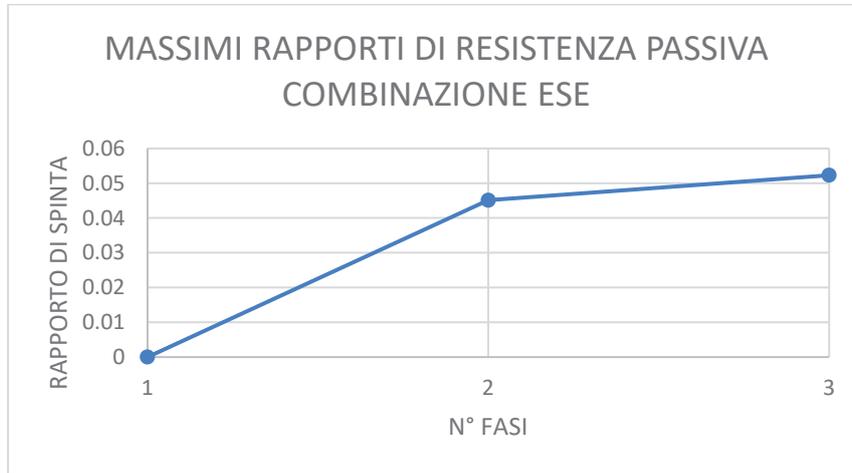


Figura 13.190 – Risultanti della spinta attiva e passiva in presenza di sisma (combinazione A2+M2+SISMA – FASE 9)

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E ZZ	CL	GI	02	00	001	C	284	



n°	Fase	Tempo	ESE	SLU-STR (A1+M1)	SLV-STR (A1+M1+E)	SLU-GEO (A2+M2)	SLV-GEO (A2+M2+E)
1	Scavo fino alla profondità di 1.00 metri	0					
2	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=1.00]	0	FASE 1	FASE 4	-	FASE 7	-
3	Inserimento condizione di carico nr 2 [Hscavo=1.00]	0					
4	Scavo fino alla profondità di 4.00 metri	1	FASE 2	FASE 5	-	FASE 8	-
5	Inserimento sisma	2	FASE 3	-	FASE 6	-	FASE 9

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	285

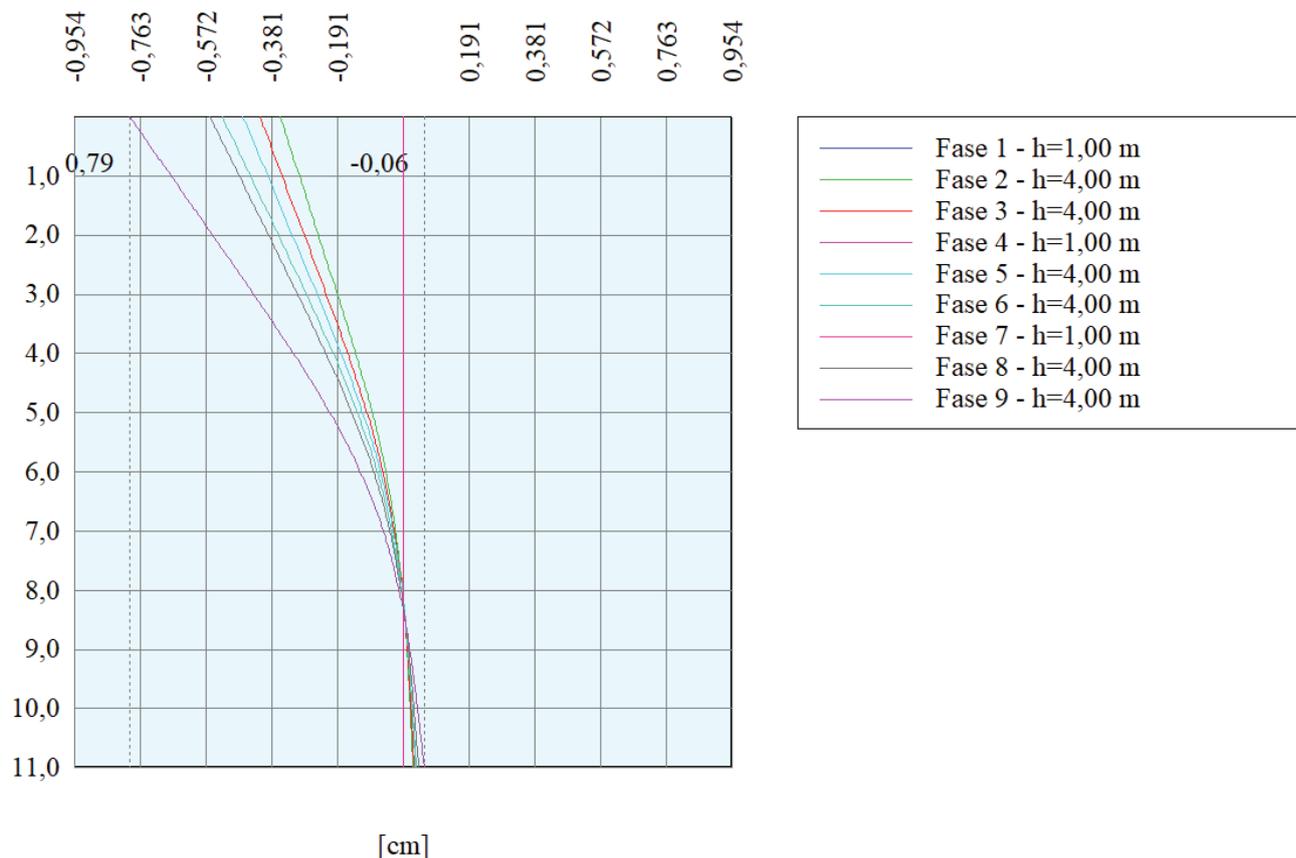


Figura 13.191 – Involuppo spostamenti

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	286

**13.6.3 VERIFICHE**

**13.6.3.9 VERIFICHE GEOTECNICHE**

**13.6.3.9.1 VERIFICA PORTANZA PALO**

*Simbologia adottata*

n° Indice della Combinazione/Fase

Tipo Tipo della Combinazione/Fase

P<sub>P,med</sub>, P<sub>P,min</sub> Portanza di punta media e minima, espressa in [kN]

P<sub>L,med</sub>, P<sub>L,min</sub> Portanza laterale media e minima, espressa in [kN]

P<sub>d</sub> Portanza di progetto, espressa in [kN]

N Sforzo normale alla base del palo, espressa in [kN]

FS Fattore di sicurezza (rapporto P<sub>d</sub>/N)

n°	Tipo	P <sub>P,med</sub> [kN]	P <sub>L,med</sub> [kN]	P <sub>P,min</sub> [kN]	P <sub>L,min</sub> [kN]	P <sub>d</sub> [kN]	N [kN]	FS
1	SLU - STR	1626,35	0,00	1626,35	0,00	956,68	135,56	7.057
2	SLU - STR	1221,74	0,00	1221,74	0,00	718,67	135,56	5.302
3	SLV - STR	1221,74	0,00	1221,74	0,00	718,67	135,56	5.302
1	SLU - GEO	1626,35	0,00	1626,35	0,00	562,75	135,56	4.151
2	SLU - GEO	1221,74	0,00	1221,74	0,00	422,75	135,56	3.119
3	SLV - GEO	1221,74	0,00	1221,74	0,00	532,35	135,56	3.927

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	287

13.6.3.9.2 VERIFICA STABILITA' GLOBALE (METODO DI FELLENIUS)

*Simbologia adottata*

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

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X <sub>c</sub> , Y <sub>c</sub> [m]	R [m]	X <sub>v</sub> , Y <sub>v</sub> [m]	X <sub>m</sub> , Y <sub>m</sub> [m]	FS	R
1	SLU - GEO	0,00; 1,10	12,10	-11,92; -0,95	11,92; -1,00	5.533	1.100
2	SLU - GEO	0,00; 0,00	11,00	-10,25; -3,98	10,96; -1,00	2.101	1.100
3	SLV - GEO	-1,10; 2,20	13,25	-12,82; -3,98	11,76; -1,00	1.751	1.200

*Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo*

*Simbologia adottata*

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

**Fase n° 3 - SLV - GEO**

Numero di strisce 51  
Sisma verticale verso il basso.

**Caratteristiche delle strisce**

n°	W [kN]	α [°]	L [m]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	(Ctn; Ctt) [kN]
1	3,6595	-60,13	0,95	29,26	0,1	0,0	0,00; 0,00
2	10,8090	-56,22	0,85	29,26	0,1	0,0	0,00; 0,00
3	17,0100	-52,68	0,78	29,26	0,1	0,0	0,00; 0,00
4	22,4867	-49,41	0,73	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
5	27,3807	-46,34	0,69	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
6	31,7886	-43,44	0,65	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
7	35,7797	-40,67	0,63	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
8	39,4056	-38,02	0,60	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
9	42,7062	-35,45	0,58	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
10	45,7126	-32,97	0,57	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
11	48,4500	-30,55	0,55	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
12	50,9387	-28,20	0,54	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
13	53,1956	-25,89	0,53	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
14	55,2346	-23,63	0,52	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
15	57,0673	-21,40	0,51	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
16	58,7035	-19,21	0,50	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
17	60,1513	-17,05	0,50	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
18	61,4177	-14,92	0,49	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
19	62,5084	-12,80	0,49	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
20	63,4281	-10,70	0,48	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
21	64,1808	-8,62	0,48	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
22	64,7695	-6,55	0,48	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
23	65,1965	-4,49	0,48	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
24	65,4636	-2,43	0,48	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
25	65,5718	-0,37	0,47	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
26	65,5215	1,68	0,47	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
27	65,3125	3,73	0,48	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
28	95,8725	5,83	0,49	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
29	104,9038	7,96	0,49	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
30	104,3537	10,11	0,50	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
31	103,4215	12,27	0,50	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
32	102,3023	14,45	0,51	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
33	100,9910	16,65	0,51	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	288

n°	W [kN]	$\alpha$ [°]	L [m]	$\phi$ [°]	c [kPa]	u [kPa]	(Ctn; Ctt) [kN]
34	99,4812	18,88	0,52	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
35	97,7655	21,14	0,53	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
36	104,0404	23,43	0,53	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
37	103,4786	25,76	0,54	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
38	101,0828	28,14	0,56	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
39	98,4323	30,57	0,57	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
40	95,5080	33,07	0,58	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
41	92,2866	35,64	0,60	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
42	88,7392	38,29	0,62	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
43	84,8296	41,05	0,65	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
44	80,5111	43,92	0,68	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
45	75,7223	46,95	0,72	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
46	70,3796	50,15	0,76	17,91	12,0	0,0	0,00; 0,00
47	64,3641	53,60	0,83	29,26	0,1	0,0	0,00; 0,00
48	57,4958	57,35	0,91	29,26	0,1	0,0	0,00; 0,00
49	49,4776	61,53	1,03	29,26	0,1	0,0	0,00; 0,00
50	39,7418	66,41	1,22	29,26	0,1	0,0	0,00; 0,00
51	26,9754	72,29	1,61	29,26	0,1	0,0	0,00; 0,00

Resistenza a taglio paratia = 0,0000 [kN]

$\Sigma W_i = 3346,0067$  [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 564,0846$  [kN]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 969,7957$  [kN]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 285,8048$  [kN]

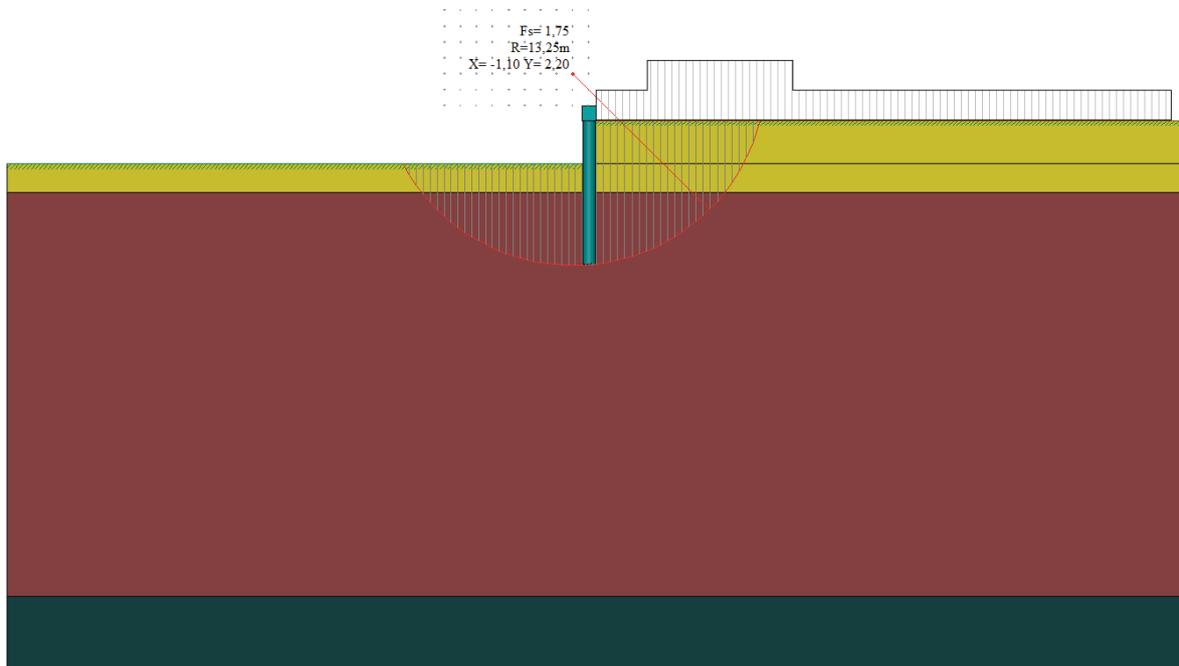


Figura 13.192 – Verifica stabilità globale FS minimo

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	289

13.6.3.9.3 VERIFICHE DI CORPO RIGIDO

*Simbologia adottata*

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

I punti di applicazione delle azioni sono riferiti alla testa della paratia.  
La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S Y	R Y	W Y	T Y	P Y	V Y	C Y	Mr	Ms	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>SCO</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]		
1	ESE	342,9379 7,92	2793,2951 7,35	0,000 0,00	0,000 0,00	0,000 0,00	0,000 0,00	0,000 0,00	1056,9268	10191,7671	9.643	8.145
2	ESE	342,9379 7,92	1372,6868 8,56	0,000 0,00	0,000 0,00	0,000 0,00	0,000 0,00	0,000 0,00	1056,9268	3355,4942	3.175	4.003
3	ESE	345,1341 7,88	1372,6868 8,56	0,000 0,00	0,000 0,00	0,000 0,00	0,000 0,00	0,000 0,00	1075,2107	3355,4942	3.121	3.977
4	SLU - STR	478,8168 7,96	3562,6579 7,33	0,000 0,00	0,000 0,00	0,000 0,00	0,000 0,00	0,000 0,00	1453,8523	13078,2539	8.996	7.441
5	SLU - STR	478,8168 7,96	1716,2130 8,56	0,000 0,00	0,000 0,00	0,000 0,00	0,000 0,00	0,000 0,00	1453,8523	4194,0384	2.885	3.584
6	SLV - STR	349,5920 7,82	1372,6868 8,56	0,000 0,00	0,000 0,00	0,000 0,00	0,000 0,00	0,000 0,00	1112,3227	3355,4942	3.017	3.927
7	SLU - GEO	460,9910 7,89	2309,4025 7,42	0,000 0,00	0,000 0,00	0,000 0,00	0,000 0,00	0,000 0,00	1431,4769	8265,7808	5.774	5.010
8	SLU - GEO	460,9910 7,89	1142,3563 8,58	0,000 0,00	0,000 0,00	0,000 0,00	0,000 0,00	0,000 0,00	1431,4769	2759,2094	1.928	2.478
9	SLV - GEO	458,2165 7,78	1142,3563 8,58	0,000 0,00	0,000 0,00	0,000 0,00	0,000 0,00	0,000 0,00	1475,0032	2759,2094	1.871	2.493

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	290

**13.6.3.10 VERIFICHE STRUTTURALI DELLA SEZIONE IN C.A.**

**13.6.3.10.1 VERIFICHE SLU**

Si riportano di seguito la verifica a presso-flessione e la verifica a taglio della sezione in c.a. per le sollecitazioni massime riportate in figura.

I pali hanno un'armatura corrente di 16φ18. L'armatura trasversale è invece costituita da una spirale φ10/20. Il cordolo in c.a. risulta armato in direzione longitudinale con 4+4φ16 sul piano verticale e 4+4φ16 sul piano orizzontale, mentre le staffe φ10/25 a due bracci verticalmente e due bracci orizzontalmente.

**13.6.3.10.1.1 DOMINI M-N**

Di seguito sono riportati per ogni tratto di armatura i diagrammi di interazione  $M_u-N_u$  della sezione; sono stati calcolati 16 punti per ogni sezione analizzata.

Per la costruzione dei diagrammi limiti si sono assunti i seguenti valori:

Tensione caratteristica cubica del cls	$R_{bk} = 30000$ [kPa]
Tensione caratteristica cilindrica del cls ( $0.83 \times R_{bk}$ )	$R_{ck} = 254$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Fattore di riduzione per carico di lunga permanenza	$\psi = 0.85$
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	$f_{yk} = 450000$ [kPa]
Coefficiente di sicurezza cls	$\gamma_c = 1.50$
Coefficiente di sicurezza acciaio	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo del cls ( $\psi R_{ck} / \gamma_c$ )	$R_c^* = 144$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Resistenza di calcolo dell'acciaio ( $f_{yk} / \gamma_s$ )	$R_s^* = 3990$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s = 2100000$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Deformazione ultima del calcestruzzo	$\epsilon_{cu} = 0.0035$ (0.35%)
Deformazione del calcestruzzo al limite elastoplastico	$\epsilon_{ck} = 0.0020$ (0.20%)
Deformazione ultima dell'acciaio	$\epsilon_{yu} = 0.0100$ (1.00%)
Deformazione dell'acciaio al limite elastico ( $R_s^* / E_s$ )	$\epsilon_{yk} = 0.0015$ (0.19%)

*Legame costitutivo del calcestruzzo*

Per il legame costitutivo del calcestruzzo si assume il diagramma parabola-rettangolo espresso dalle seguenti relazioni:

*Tratto parabolico:*  $0 < \epsilon_c < \epsilon_{ck}$

$$\sigma_c = \frac{R_c^* (2\epsilon_c \epsilon_{ck} - \epsilon_c^2)}{\epsilon_{ck}^2}$$

*Tratto rettangolare:*  $\epsilon_{ck} < \epsilon_c < \epsilon_{cu}$

$$\sigma_c = R_c^*$$

*Legame costitutivo dell'acciaio*

Per l'acciaio si assume un comportamento elastico-perfettamente plastico espresso dalle seguenti relazioni:

$$\sigma_s = E_s \epsilon_s \quad \text{per } 0 < \epsilon_s < \epsilon_{sy}$$

$$\sigma_s = R_s^* \quad \text{per } \epsilon_{sy} < \epsilon_s < \epsilon_{su}$$

Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	291

Valori del dominio M-N del palo

N°	N <sub>u</sub> [kN]	M <sub>u</sub> [kNm]
1	-1593,1972	0,0000
2	0,0000	475,6076
3	968,9553	678,0047
4	1453,4330	746,8777
5	1937,9106	805,6064
6	2422,3883	840,4538
7	2906,8660	859,1678
8	3391,3436	857,6519
9	3875,8213	833,0126
10	4360,2989	799,2089
11	4844,7766	756,7915
12	5329,2543	704,2476
13	5813,7319	637,4027
14	6298,2096	557,7372
15	6782,6872	464,4339
16	7267,1649	0,0000
17	7267,1649	0,0000
18	6782,6872	-464,4339
19	6298,2096	-557,7372
20	5813,7319	-637,4027
21	5329,2543	-704,2476
22	4844,7766	-756,7915
23	4360,2989	-799,2089
24	3875,8213	-833,0126
25	3391,3436	-857,6519
26	2906,8660	-859,1678
27	2422,3883	-840,4538
28	1937,9106	-805,6064
29	1453,4330	-746,8777
30	968,9553	-678,0047
31	0,0000	-475,6076
32	-1593,1972	0,0000

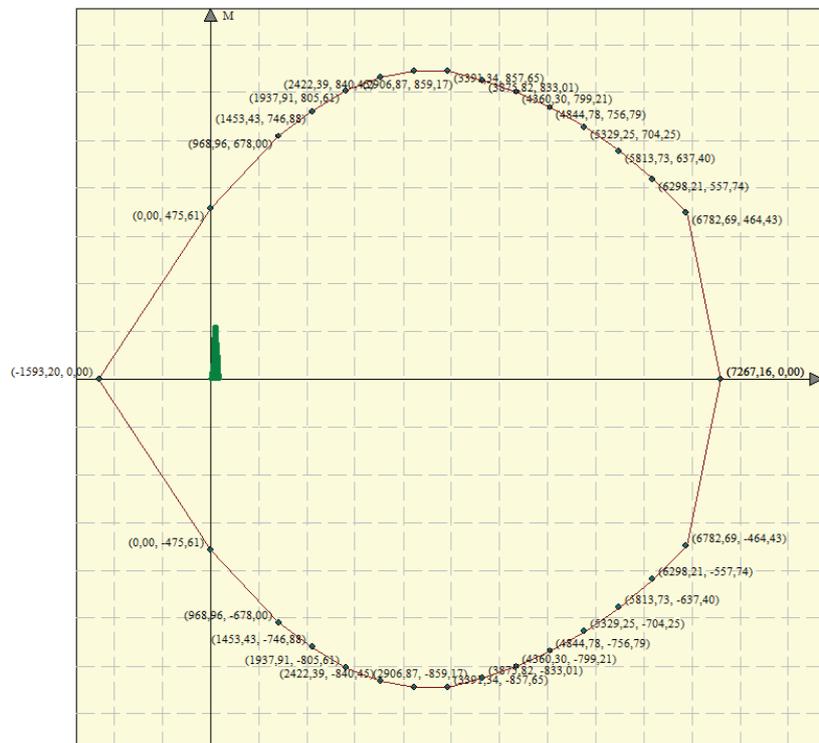


Figura 13.193 – Dominio M-N, sezione palo, armatura in c.a.

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	292

Tabella 27 – Sollecitazioni massime del singolo palo

COMBINAZIONE		PROFONDITA'[m]	M <sub>palo</sub> [kNm]	N <sub>palo</sub> [kN]	PROFONDITA'[m]	T <sub>palo</sub> [kN]
SLU-STR (A1+M1)	FASE 5	6.10	88.94	75.17	4.25	41.02
SLU-GEO (A2+M2)	FASE 8	6.25	104.35	72.22	4.40	43.36
SLV-STR (A1+M1+SISMA)	FASE 6	6.10	99.18	75.17	4.25	41.91
SLV-GEO (A2+M2+SISMA)	FASE 9	6.25	145.53	77.78	4.50	55.89

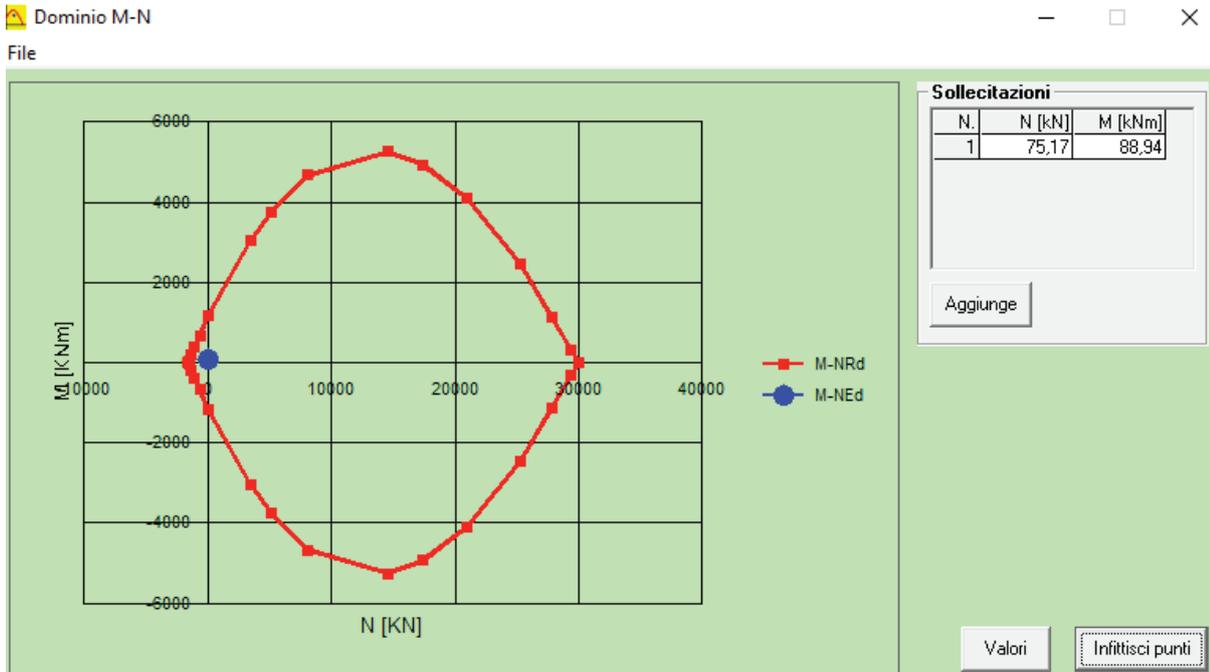


Figura 13.194 – SLU-STR (A1+M1), FASE 5

$M_{Ed} = 88.94 \text{ kNm}$   
 $N (M_{Ed}) = 75.17 \text{ kN}$   
 $M_U = 1190 \text{ kNm}$   
 $FS = 13.38$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	293

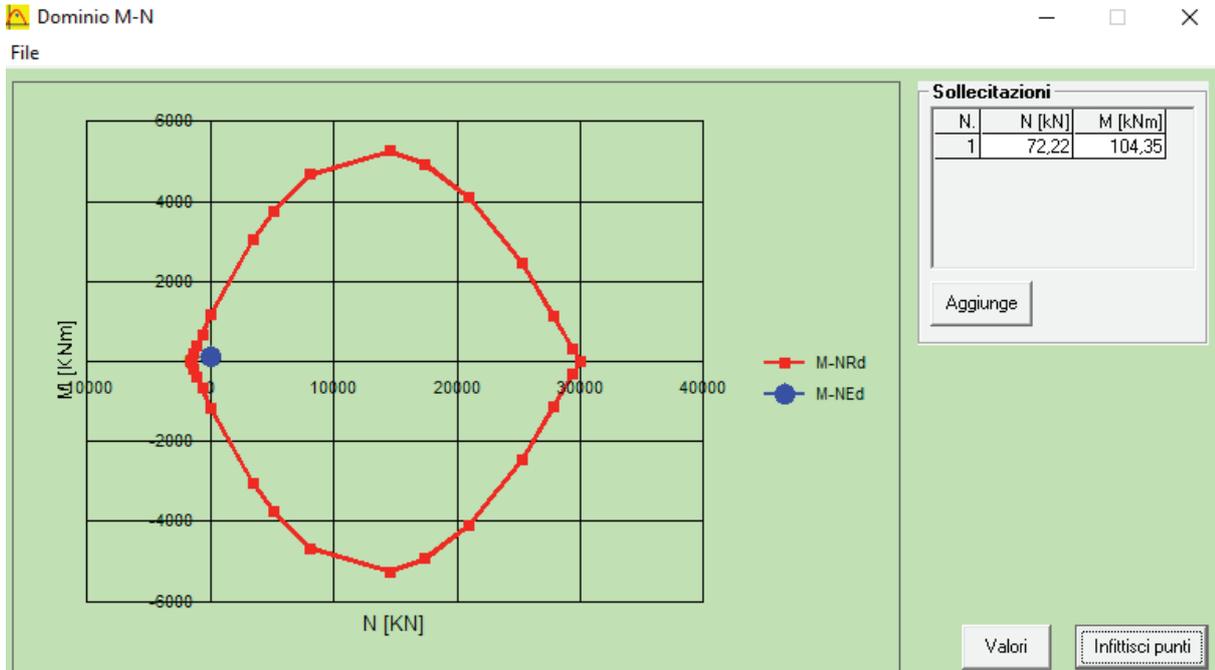


Figura 13.195 – SLU-GEO (A2+M2), FASE 8

$M_{Ed} = 104.35 \text{ kNm}$   
 $N (M_{Ed}) = 72.22 \text{ kN}$   
 $M_U = 1188 \text{ kNm}$   
 $FS = 11.38$

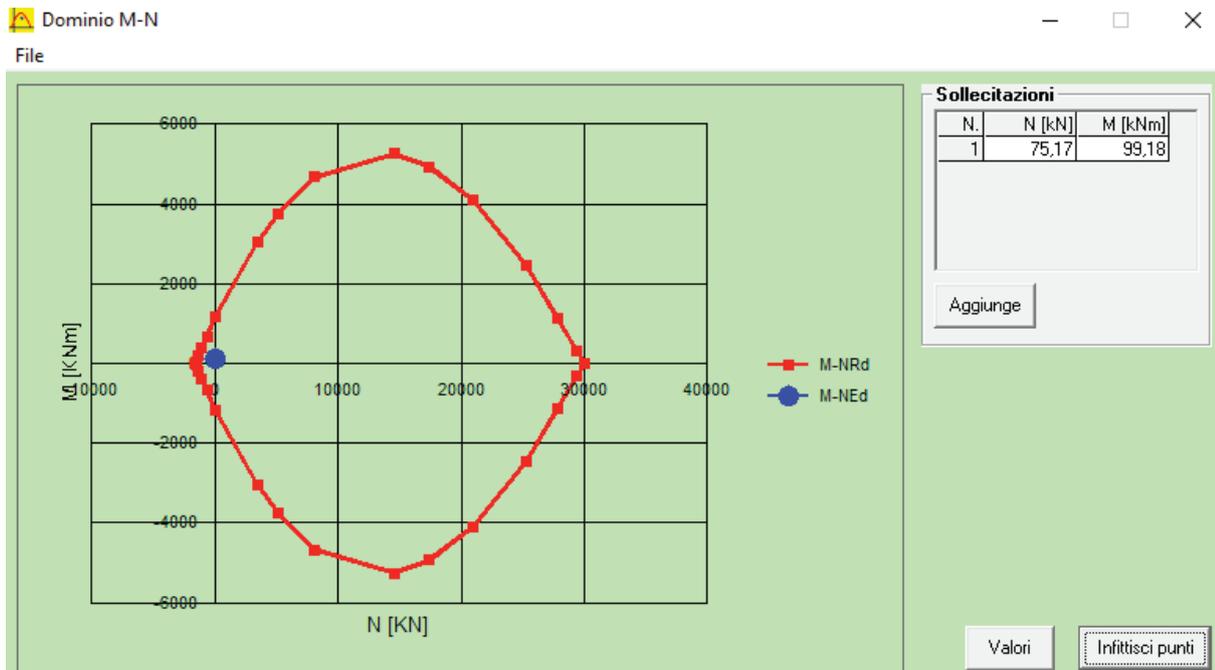


Figura 13.196 – SLV-STR (A1+M1+SISMA), FASE 6

$M_{Ed} = 99.18 \text{ kNm}$   
 $N (M_{Ed}) = 75.17 \text{ kN}$   
 $M_U = 1190 \text{ kNm}$   
 $FS = 12.00$

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	294

Dominio M-N

File

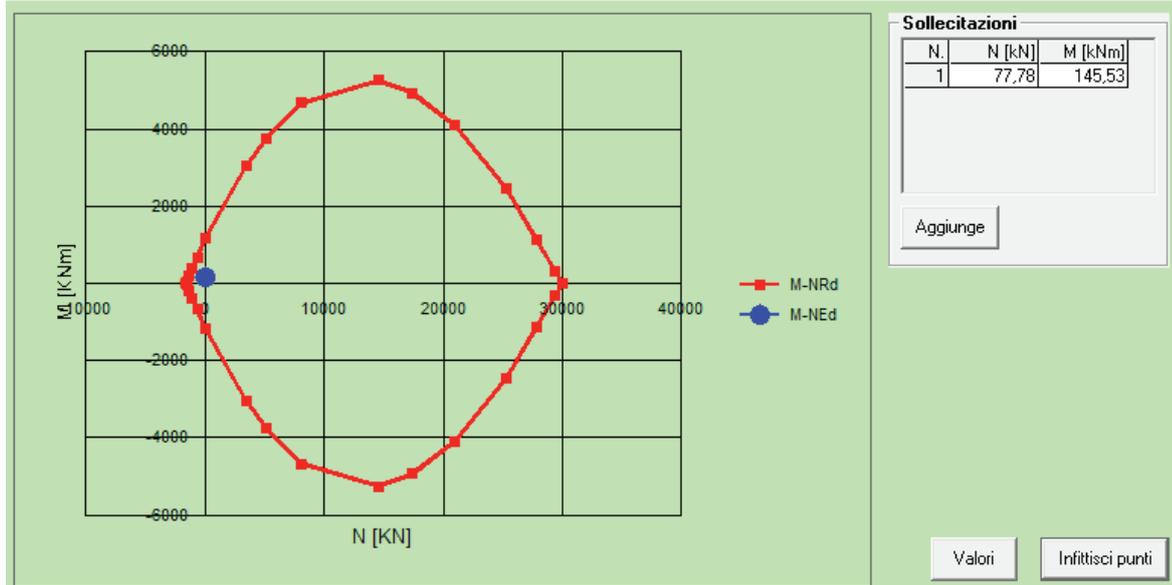


Figura 13.197 – SLV-GEO (A2+M2+SISMA), FASE 9

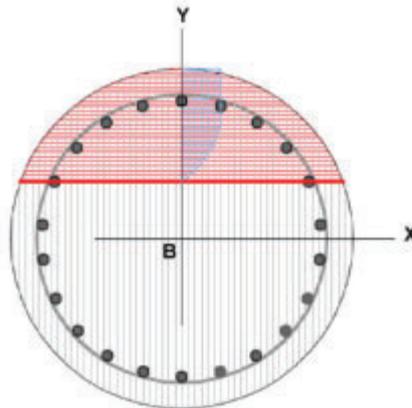
$M_{Ed} = 145.53 \text{ kNm}$   
 $N (M_{Ed}) = 77.78 \text{ kN}$   
 $M_U = 1191 \text{ kNm}$   
 $FS = 8.18$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	295

13.6.3.10.1.2 VERIFICA A TAGLIO DEL SINGOLO PALO SEZIONE CIRCOLARE

Si prende in considerazione il valore massimo dell'involuppo della sollecitazione tagliante  
Tmax= 55.89 kN



Diametro palo[cm]	80	Carico assiale [kN]	0	
Diametro staffe [cm]	68	diametro ferri lon.[mm]	18	
Copriferro staffe [cm]	6,00	$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	25,00	
$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	450,00	$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	14,17	
<b>Armatura trasversale</b>				
diametro staffe [mm]	10,00	passo [cm]	20,00	
Area staffe [mm <sup>2</sup> ]	157	numero braccia elicoidali	2	
<b>Verifica a Taglio</b>				
$\cot\theta$ per $V_{Rsd} = V_{Rcd}$	$\cot\theta$	$\alpha_c$	$V_{Rsd}$ [kN]	$V_{Rcd}$ [kN]
4,1759	2,5000	1,00	415,59	1056,93
<b>Taglio Resistente di Progetto <math>V_{Rd}</math> [kN]</b>				<b>415,59</b>
<b>Taglio di Progetto <math>V_d</math> [kN]</b>				<b>55,89</b>
<b>FS</b>				<b>7,43</b>

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	296

13.6.3.10.2 VERIFICHE SLE

13.6.3.10.2.1 VERIFICA TENSIONI

*Simbologia adottata*

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

A <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	cmb	σ <sub>f</sub>	cmb
[cmq]	[kPa]		[kPa]	
40,72	2706	3	70785	3

13.6.3.10.2.2 VERIFICA FESSURAZIONE

*Simbologia adottata*

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

Oggetto	n° - Tipo	Y	M	M <sub>f</sub>	s	ε <sub>sm</sub>	W <sub>lim</sub>	W <sub>k</sub>
		[m]	[kNm]	[kNm]	[mm]	[%]	[mm]	[mm]
Paratia	3 - ESE	6,10	79,12	184,18	0,000	0.0000	0,200	0,000

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	297

**13.6.3.11 VERIFICA DEL CORDOLO**

Il cordolo della sezione E è un elemento in c.a. di forma quadrangolare (100x100 cm) armato in direzione longitudinale con 60φ16 e in direzione trasversale con staffe φ10/20 a due bracci verticalmente e due bracci orizzontalmente.

La sezione trasversale del cordolo è verificata a pressoflessione deviata ( $M_{x,Ed}$ ,  $M_{y,Ed}$ ), a taglio nel piano verticale ( $V_{v,Ed}$ ) e a taglio nel piano orizzontale ( $V_{h,Ed}$ ), in riferimento alle sollecitazioni derivanti da due distinti schemi di carico.

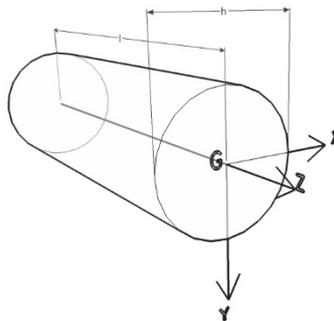


Figura 13.198 – Sistema di riferimento del solido trave

Nel primo schema di carico (SCHEMA A), ragionando nel piano verticale, si analizza il cordolo schematizzato come trave continua su più appoggi, costituiti dai pali, e caricato dal solo peso proprio. Dallo schema in questione si estrae la massima sollecitazione flettente nel piano verticale ( $M_{x,Ed}$ ) e la massima sollecitazione tagliante nel piano verticale ( $V_{v,Ed}$ ).

Nel secondo schema di carico (SCHEMA B), considerando il piano orizzontale, si assume analogamente il cordolo come trave continua su più appoggi costituiti dai pali, ma caricato, questa volta, da un carico distribuito ( $q_h$ ) rappresentato dalla sollecitazione tagliante di involucro, all'intradosso del cordolo, derivante dall'analisi geotecnica della paratia. Da questo secondo schema di carico, si estrae la massima sollecitazione flettente nel piano orizzontale ( $M_{y,Ed}$ ) e la massima sollecitazione tagliante nel piano orizzontale ( $V_{h,Ed}$ ).

Si riportano a seguire i grafici e i dati relativi alle verifiche.

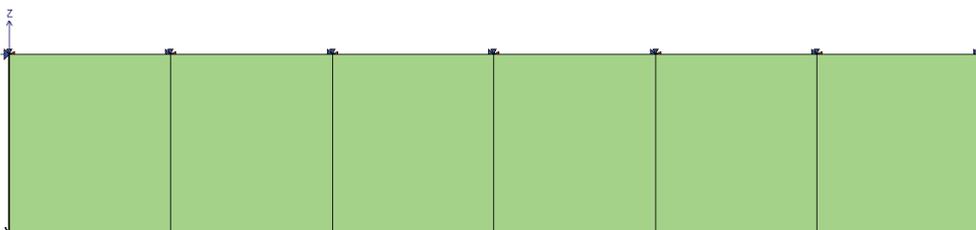
PESO PROPRIO CORDOLO		
$\gamma_{dis}$	25.00	kN/m <sup>3</sup>
B	1.00	m
H	1.00	m
$Q_{vk}$	25.00	kN/m
$Q_{vd}$	32.50	kN/m

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

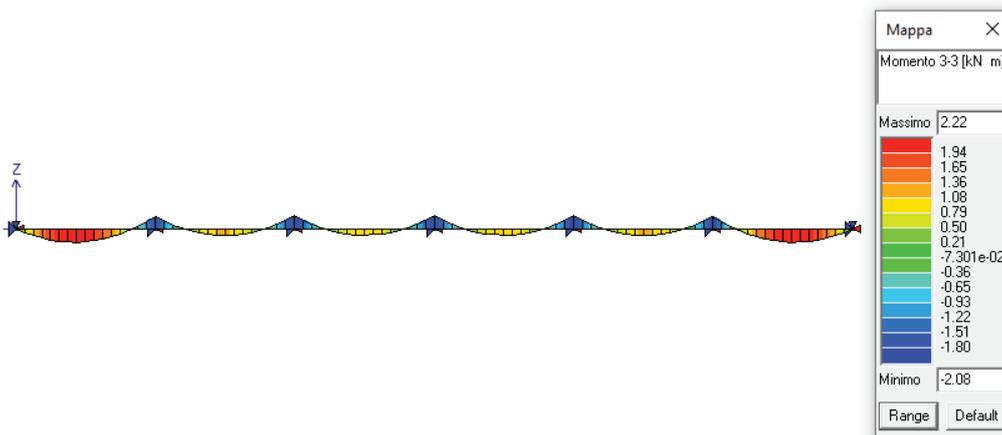
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	298

**SCHEMA A**

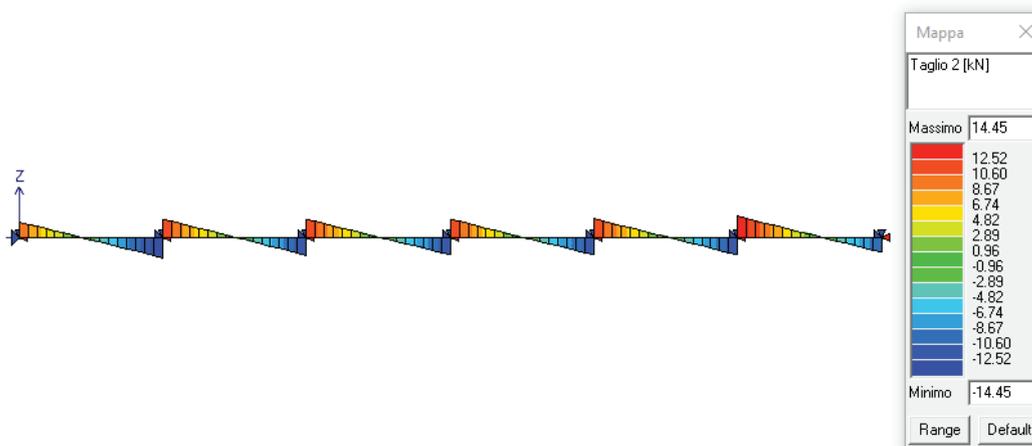
$q_v = 32.50 \text{ kN/m}$



**Momento flettente**



**Taglio**



**Sollecitazioni massime derivanti dallo schema di carico A (piano verticale)**

$M_{x,Ed} = 2.22 \text{ kNm}$

$V_{v,Ed} = 14.45 \text{ kN}$

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

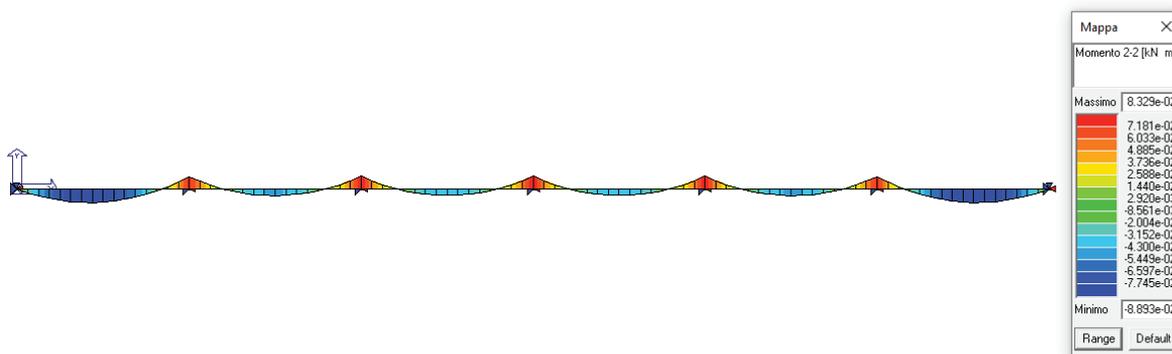
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	299

**SCHEMA B**

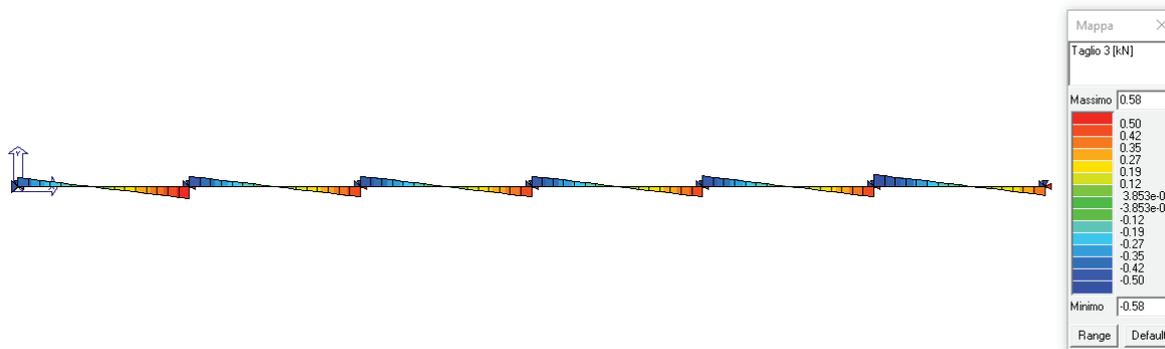
$q_h = 0.94 \text{ kN/m}$



Momento flettente



Taglio



**Sollecitazioni massime derivanti dallo schema di carico B (piano orizzontale)**

$M_{y,Ed} = 0.09 \text{ kNm}$

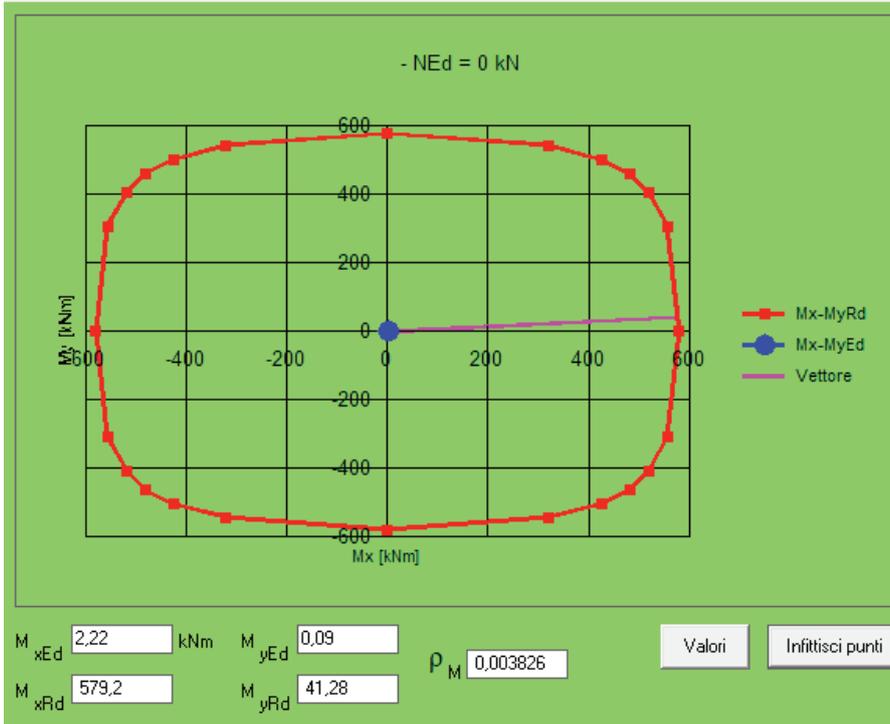
$V_{h,Ed} = 0.58 \text{ kN}$

**Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	300

**Verifica a pressoflessione deviata**

File



**Verifica a taglio nel piano verticale**

Dati sezione e materiale				
Base [cm]	100,00	Carico assiale [kN]	0	
Altezza [cm]	100,00	diametro ferri lon.[mm]	16	
Copriferro [cm]	4,00	$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	25,00	
$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	450,00	$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	14,17	
Armatura trasversale				
diametro staffe [mm]	10,00	passo [cm]	25,00	
Area staffe [mm <sup>2</sup> ]	157	numero braccia	2	
Verifica a Taglio				
cotθ per $V_{Rsd} = V_{Rcd}$	cotgθ	$\alpha_c$	$V_{Rsd}$ [kN]	$V_{Rcd}$ [kN]
5,2735	2,5000	1,00	521,11	2070,78
<b>Taglio Resistente di Progetto <math>V_{v,Rd}</math> [kN]</b>				<b>521.11</b>
<b>Taglio di Progetto <math>V_{v,Ed}</math> [kN]</b>				<b>14.45</b>
<b>FS</b>				<b>36.06</b>

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	301

**Verifica a taglio nel piano orizzontale**

Dati sezione e materiale				
Base [cm]	100,00	Carico assiale [kN]		0
Altezza [cm]	100,00	diametro ferri lon.[mm]		16
Copriferro [cm]	4,00	$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		25,00
$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	450,00	$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		14,17
Armatura trasversale				
diametro staffe [mm]	10,00	passo [cm]		25,00
Area staffe [mm <sup>2</sup> ]		157	numero braccia	2
Verifica a Taglio				
$\cot\theta$ per $V_{Rsd}=V_{Rcd}$	$\cotg\theta$	$\alpha_c$	$V_{Rsd}$ [kN]	$V_{Rcd}$ [kN]
5,2735	2,5000	1,00	521,11	2070,78
<b>Taglio Resistente di Progetto <math>V_{h,Rd}</math> [kN]</b>				<b>521.11</b>
<b>Taglio di Progetto <math>V_{h,Ed}</math> [kN]</b>				<b>0.58</b>
<b>VERIFICA</b>				<b>OK</b>

**Relazione geotecnica e di  
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	302

## 14. INCIDENZE

Si riepilogano a seguire le incidenze considerate:

*Tabella 28 – Incidenza dei pali e cordoli in c.a.*

<b>INCIDENZA PALI</b>	<b>120 kg/mc</b>
<b>INCIDENZA CORDOLO SEZIONE A</b>	<b>80 kg/mc</b>
<b>INCIDENZA CORDOLO SEZIONE B-C-D-E-F</b>	<b>50 kg/mc</b>

Il valore di incidenza relativi alle sezioni dei pali è maggiorato del 30% rispetto a quanto deriva dal calcolo per tener conto della presenza di staffe fuori calcolo inserite per ragioni costruttive (staffe di irrigidimento e staffe di sollevamento).

## 15. CONCLUSIONI

Nella presente presente relazione, parte integrante degli elaborati tecnici di progetto esecutivo delle opere relative al raddoppio ferroviario della Linea Bari - Pescara nella tratta Termoli - Ripalta, sono verificate le opere provvisorie necessarie all'esecuzione dell'imbocco della finestra di emergenza della galleria Campomarino. In questo documento vengono descritte e verificate le opere provvisorie e vengono definite le fasi di realizzazione delle stesse. Nello specifico vengono illustrate le soluzioni progettuali adottate, le verifiche di dimensionamento geotecnico e strutturale delle opere di sostegno provvisorie.

Il soddisfacimento di tutte le verifiche previste dalla Normativa dimostra l'adeguatezza e l'efficacia delle soluzioni progettuali.

## 16. ALLEGATO 1

Tabulato di calcolo paratia sezione A pk 0+102.50

## 17. ALLEGATO 2

Tabulato di calcolo paratia sezione B pk 0+101.90

## 18. ALLEGATO 3

Tabulato di calcolo paratia sezione C pk 0+094.93

## 19. ALLEGATO 4

Tabulato di calcolo paratia sezione D pk 0+088.00

## 20. ALLEGATO 5

Tabulato di calcolo paratia sezione E pk 0+081.00

## 21. ALLEGATO 6

Tabulato di calcolo paratia sezione F pk 0+063.10