

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



### INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

### TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI PROGETTO ESECUTIVO

### Galleria Naturale di Serravalle - Binario Pari da Pk 29+958.49 a Pk 36+280,64 Raccordo Tecnico Novi Ligure Pozzo di accesso Relazione tecnica e di calcolo

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio <b>Cociv</b> Ing. E.Pagani	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 3	X	C V	R O	G N 1 B B X	0 0 2	A

Progettazione :								IL PROGETTISTA
Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	
A00	Emissione	Rocksoil 	05/05/2015	Rocksoil 	07/05/2015	A. Palomba 	08/05/2015	 Consorzio Collegamenti Integrati Veloci Dott. Ing. Aldo Mancarella Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R

n. Elab.:	File: IG5103XCVROGN1BBX002A00
-----------	-------------------------------



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG5103XCVROGN1BBX002A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 3 di 41</p>

## INDICE

INDICE.....		3
1. INTRODUZIONE.....		5
2. NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI .....		6
2.1. Normativa Sismica .....		8
3. MATERIALI IMPIEGATI .....		9
3.1. Diaframmi.....		9
3.2. Strutture interne pozzo .....		10
4. INQUADRAMENTO DELL'OPERA E PROPOSTA DI INTERVENTO .....		11
4.1. Pozzo di accesso .....		11
4.2. Contesto geologico - idrogeologico .....		12
4.3. Zonazione sismica .....		13
5. DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DIAFRAMMI .....		14
5.1. Ipotesi di base.....		14
5.1.1. Modello, stratigrafia e fasi di calcolo.....		14
5.1.2. Criteri di verifica .....		16
5.2. Risultati e verifiche .....		18
6. DIMENSIONAMENTO STRUTTURE INTERNE .....		22
6.1. Codice di calcolo impiegato .....		22
6.2. Criteri di verifica .....		22
6.3. Solettone di copertura.....		24
6.3.1. Modellazione copertura .....		24
6.3.2. Risultati delle analisi .....		27
6.3.3. Verifiche sezionali.....		30
6.4. Solettone di fondo.....		30
6.4.1. Modellazione solettone di fondo .....		30
6.4.2. Risultati delle analisi .....		34
6.4.3. Verifiche sezionali.....		38
6.5. Verifica al sollevamento della struttura.....		38
7. MONITORAGGIO .....		40
7.1. Piano di monitoraggio .....		40
7.2. Definizione dei valori soglia delle grandezze monitorate .....		40
8. ALLEGATI.....		41

GENERAL CONTRACTOR



Consorzio Collegamenti Integrati Veloci

ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

IG5103XCVROGN1BBX002A00

Foglio  
4 di 41

## 1. INTRODUZIONE

Nella presente relazione è descritto il progetto relativo al pozzo di accesso circolare al Camerone afferente alla WBS GN1BB, dal quale si dirama il Raccordo Tecnico di Novi Ligure, nell'ambito dei lavori di realizzazione della linea AV/AC del Terzo Valico Ferroviario dei Giovi.

Nei capitoli che seguono, dopo una breve introduzione, vengono fornite le principali indicazioni inerenti le fasi costruttive necessarie per la realizzazione dei diaframmi e delle strutture interne del pozzo di accesso circolare posto alla PK 33+995.26 B.P, avente raggio netto all'interno dei diaframmi pari a 19.30m. Vengono quindi svolte le opportune modellazioni numeriche e si presentano le verifiche statiche relative alle opere.

Si forniscono infine indicazioni riguardanti il monitoraggio da predisporre in modo da poter indagare gli effetti tenso-deformativi delle strutture durante le varie fasi costruttive.

Nel seguito la progettazione per quanto riguarda gli aspetti sismici è conforme a quanto previsto dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20/03/2003.

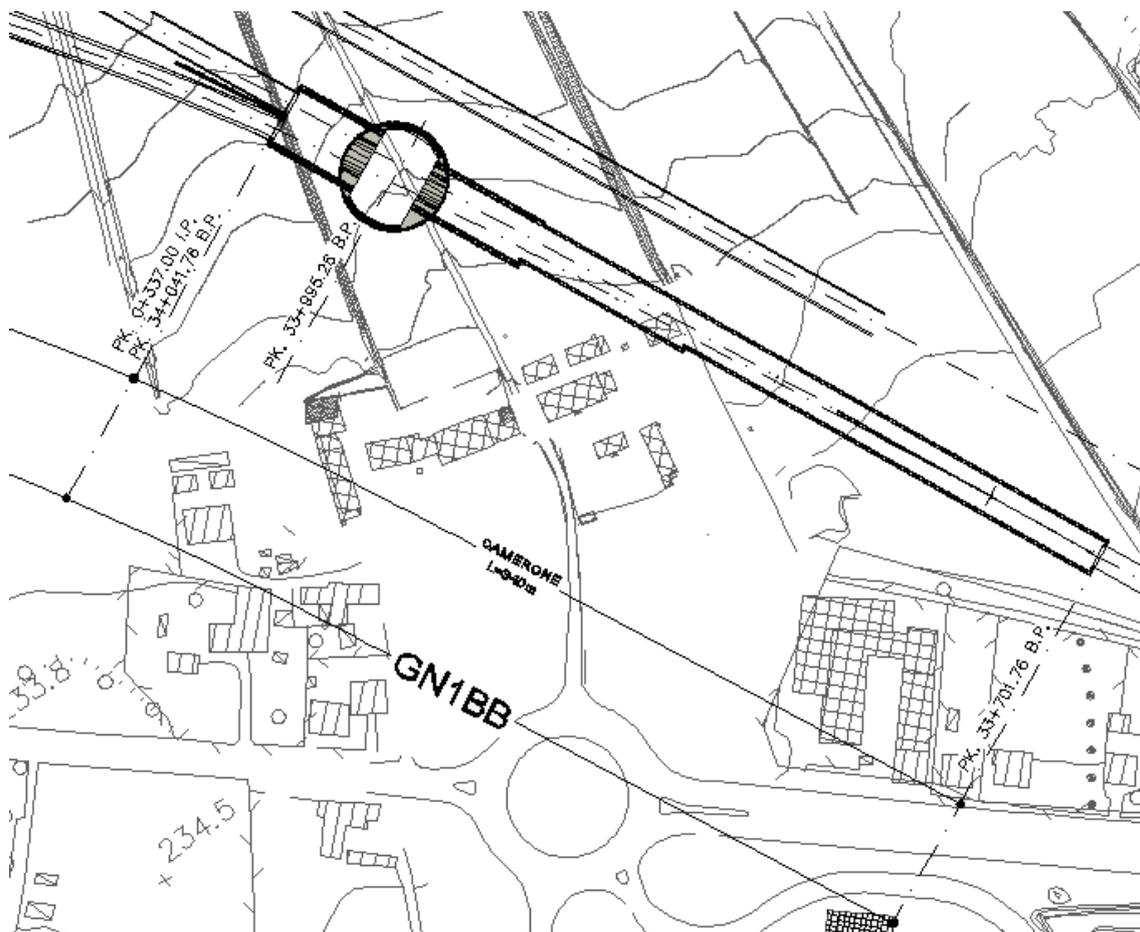


Figura 1-1. Stralcio planimetrico della zona del camerone e pozzo

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG5103XCVROGN1BBX002A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 6 di 41</p>

## 2. NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI

Per il calcolo e per le verifiche delle opere strutturali si è fatto riferimento alle seguenti norme:

**- Legge 5/11/1971 n. 1086**

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

**- Legge n° 64 del 2 febbraio 1974**

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

**- Circolare Ministero Lavori Pubblici n. 11951 del 14/2/1974**

Legge 5 novembre 1971, n. 1086. Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica. Istruzioni per l'applicazione.

**- Circolare Ministero Lavori Pubblici n. 20049 del 9/1/1980**

Legge 5 novembre 1971 n. 1086 - Istruzioni relative ai controlli sul conglomerato cementizio adoperato per le strutture in cemento armato.

**- Istruzioni C.N.R. 10012-81**

Azioni sulle costruzioni.

**- Decreto Ministero Lavori Pubblici 11/3/1988**

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

**- Circolare Ministero Lavori Pubblici n. 30483 del 24/9/1988**

Legge 2 febbraio 1974 art. 1-D.M. 11 marzo 1988. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione.

**- Nota Ministero Lavori Pubblici n. 183 del 13/4/1989**

D.M. 11.3.88. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, la progettazione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

**- Decreto Ministero Lavori Pubblici 14/02/1992**

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

**- Circolare Ministero Lavori Pubblici 24/06/1993 n. 406/STC**

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG5103XCVROGN1BBX002A00</p> <p>Foglio 7 di 41</p>

Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche di cui al D. M. 14/02/1992.

**- Decreto Ministero Lavori Pubblici 9/01/1996**

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

**- Decreto Ministero Lavori Pubblici 16/01/1996**

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

**- Decreto Ministero Lavori Pubblici 16/01/1996**

Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche

**- Circolare Ministero Lavori Pubblici 15/10/1996 n. 252**

Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche di cui al D. M. 9/01/96.

**- Circolare Ministero Lavori Pubblici 4/07/1996 n. 156AA.GG/STC**

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996.

**- Circolare Ministero Lavori Pubblici 10/04/1997 n. 65/AA./GG.**

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D. M. 16/01/96.

**- Decreto Ministero Lavori Pubblici 5/08/1999**

Modificazioni al decreto ministeriale 9 gennaio 1996 contenente norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

**- D.P.R. 6 Giugno 2001, n°380**

Testo unico delle disposizioni legislative e regolamenti in materia edilizia

**- CNR-UNI 10011**

Costruzioni di acciaio. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione.

**- CNR-DT 203/2006**

Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo di strutture di calcestruzzo armato con barre di materiale composito fibrorinforzato.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5103XCVROGN1BBX002A00 <span style="float: right;">Foglio 8 di 41</span>

## RACCOMANDAZIONI

### **- A.I.C.A.P. 1993**

Ancoraggi nei terreni e nelle rocce – Raccomandazioni

### **- Eurocodice 1 UNI-EN-1991**

Criteri generali di progettazione strutturale

### **- Eurocodice 2 UNI-EN-1992**

Progettazione delle strutture in calcestruzzo

### **- Eurocodice 3 UNI-EN-1993**

Progettazione delle strutture in acciaio

### **- Eurocodice 4 UNI-EN-1994**

Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo

### **- Eurocodice 7 UNI-EN-1997**

Progettazione Geotecnica

### **- Eurocodice 8 UNI-EN-1998**

Progettazione delle strutture per la resistenza sismica

## **2.1. Normativa Sismica**

Per quanto riguarda l'analisi delle opere in condizioni sismiche, il calcolo viene svolto con il procedimento pseudo-statico, in cui l'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali e verticali date dal prodotto delle forze di gravità per un coefficiente sismico, come previsto dall'Ordinanza Ministeriale n°3274.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5103XCVROGN1BBX002A00 <span style="float: right;">Foglio 9 di 41</span>

### 3. MATERIALI IMPIEGATI

#### 3.1. Diaframmi

Acciaio per piastre / collegamenti:	S 275 o superiore
Acciaio puntoni	S 275 o superiore
Acciaio travi di ripartizione/calastrelli	S 275 o superiore
Acciaio per armature trave di testata	B 450 C
Acciaio per rete elettrosaldata	B 450 C
Miscele di iniezione tiranti	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>R_m \geq 25 \text{ MPa}</math></li> <li>- Rapporto a/c <math>\leq 0.5</math></li> <li>- Additivi fluidificanti</li> <li>- Densità <math>\approx 1.75 \text{ g/cm}^3</math></li> </ul>
Acciaio per trefoli	Armonico da 0.6'' <ul style="list-style-type: none"> <li>- Area = <math>1.39 \text{ cm}^2</math></li> <li>- Tensione caratteristica di snervamento <math>f_{p(1)k} = 1670 \text{ MPa}</math></li> <li>- Tensione caratteristica di rottura <math>f_{ptk} = 1860 \text{ MPa}</math></li> </ul>
Calcestruzzo per la trave di testata	C25/30 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diametro max aggregato 32 mm</li> <li>- Classe S4</li> <li>- Esposizione XC2</li> </ul>
Calcestruzzo Diaframmi	C25/30 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diametro max aggregato 32 mm</li> <li>- Classe S4</li> <li>- Esposizione XC2</li> </ul>
Collegamenti in acciaio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bulloni classe 8.8</li> <li>- Saldature a cordone d'angolo a singola passata</li> </ul>

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5103XCVROGN1BBX002A00 <span style="float: right;">Foglio 10 di 41</span>

Magrone di pulizia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>R_m &gt; 15 \text{ MPa}</math></li> <li>- Contenuto min cemento 150 kg/mc</li> </ul>
--------------------	---

Le verifiche strutturali sono condotte mediante il metodo delle tensioni ammissibili; nel seguito si indicano i valori di resistenza di progetto per i vari materiali.

Acciaio per armatura B 450 C	$\sigma_{amm} = 160 \text{ MPa} (*)$
Calcestruzzo strutturale armato Rck 30 MPa	$\sigma_{amm} = 9.75 \text{ MPa}$ $\tau_{c0} = 0.6 \text{ MPa}$ $\tau_{c1} = 1.83 \text{ MPa}$

(\*) In condizioni sismiche o in condizioni di esercizio con verifica a fessurazione  $\sigma_{amm} = 255 \text{ MPa}$

### 3.2. Strutture interne pozzo

Acciaio per armature:	B450C controllato in stabilimento
Calcestruzzo strutturale copertura e contropareti	C25/30, $D_{max}$ aggregato 32 mm, XC2, S4
Calcestruzzo strutturale fondazione	C25/30, $D_{max}$ aggregato 32 mm, XC2, S4
Magrone di pulizia di sottofondo	$R_m \geq 15 \text{ MPa}$

Le verifiche strutturali sono condotte mediante il metodo delle tensioni ammissibili; nel seguito si indicano i valori di resistenza di progetto per i vari materiali.

Acciaio B450C	$\sigma_{amm} = 160 \text{ MPa} (*)$
Acciaio S275	$\sigma_{amm} = 190 \text{ MPa} (*)$
Calcestruzzo strutturale armato Rck 30 MPa	$\sigma_{amm} = 9.75 \text{ MPa}$

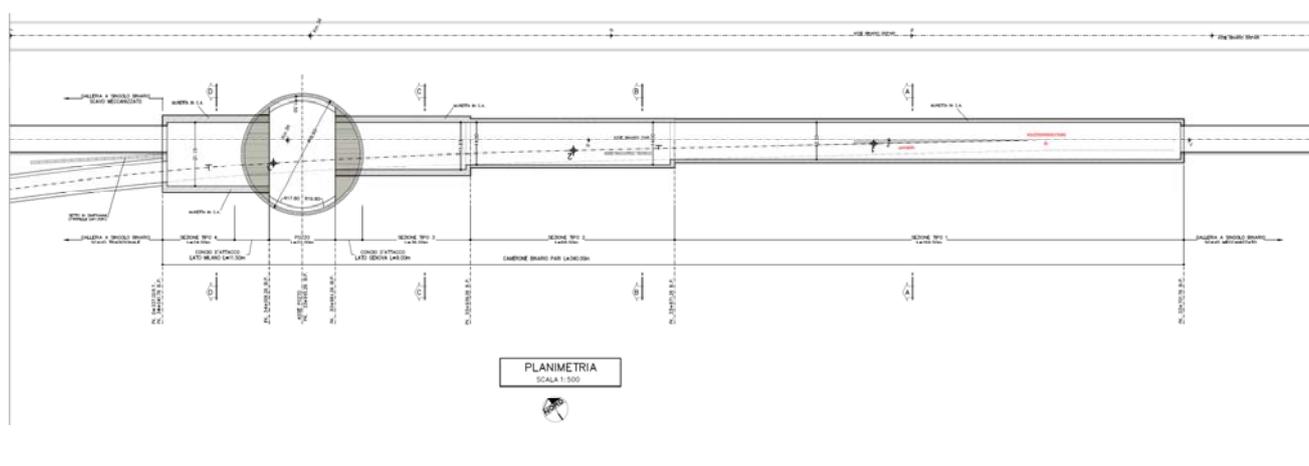
(\*) In condizioni sismiche o in condizioni di esercizio con verifica a fessurazione  $\sigma_{amm} = 255 \text{ MPa}$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5103XCVROGN1BBX002A00	Foglio 11 di 41

## 4. INQUADRAMENTO DELL'OPERA E PROPOSTA DI INTERVENTO

### 4.1. Pozzo di accesso

Nel seguito si mostra una pianta del progetto relativo al Raccordo Tecnico di Novi Ligure, con l'indicazione delle principali opere ad essa connessa.



**Figura 4-1. Planimetria Camerone per Raccordo Tecnico Novi Ligure**

Oggetto del presente elaborato risulta essere unicamente il pozzo di accesso mediante il quale sarà realizzato il Camerone da cui si dirama il Raccordo Tecnico. Tale pozzo, di forma in pianta circolare, avrà un diametro interno pari a 38.60 m, contropareti circolari di 150 cm di spessore.

I pannelli impiegati per i diaframmi, di carattere definitivo, saranno realizzati mediante idrofresa con uno spessore pari a 1.0m e presentano un'altezza totale di 46m considerando anche la trave di testa, con uno scavo di circa 35m. Si verificheranno inoltre le principali strutture interne principali del pozzo in esame.

L'analisi del manufatto viene effettuata sia in fase transitoria che in fase definitiva.

Durante le fasi di scavo i diaframmi saranno contrastati unicamente dalle travi ad anello in c.a., sfruttando inoltre la rigidità dovuta alla forma circolare della struttura.

In fase transitoria il manufatto è costituito da:

- Diaframmi in calcestruzzo armato che sostengono la spinta delle terre
- Travi ad anello in c.a.
- Trave ad anello di collegamento in testa ai diaframmi.

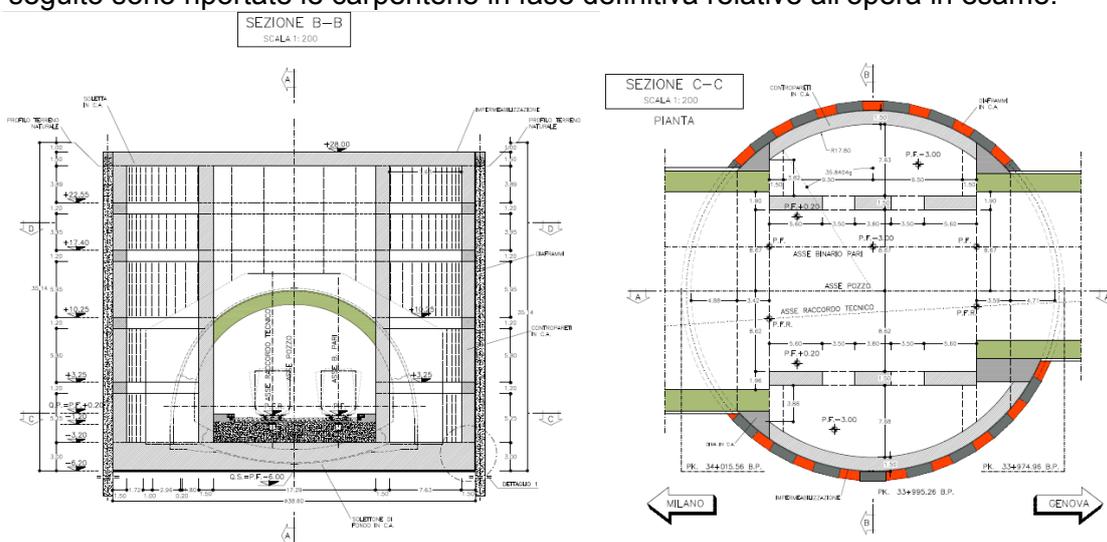
Si impiegherà durante lo scavo un opportuno sistema di abbattimento delle pressioni idrostatiche a tergo dei diaframmi, per cui i carichi dovuti alla falda non verranno tenuti in conto in tale fase.

A struttura completata (fase definitiva) il manufatto sarà costituito da:

- Diaframmi in calcestruzzo armato contrastati dagli orizzontamenti, in questa fase i diaframmi sostengono solo la spinta delle terre e l'eventuale azione sismica.
- Contropareti impermeabilizzate che sostengono la spinta dell'acqua.
- Solettone di fondo in c.a.
- Setti verticali in c.a.
- Solettone di copertura in c.a.

Si precisa che il pozzo di accesso non svolgerà in fase definitiva alcun ruolo funzionale.

Nel seguito sono riportate le carpenterie in fase definitiva relative all'opera in esame.



**Figura 4-2. Pozzo Circolare: carpenteria**

Per maggiori dettagli sulle carpenterie e le fasi esecutive si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

#### 4.2. Contesto geologico - idrogeologico

Il contesto geologico in cui si andrà a realizzare l'opera in esame è composto da uno strato superficiale pianeggiante costituito da depositi fluviali recenti (F12) di spessore plurimetrico poggiante sulle argille di Lugagnano. In taluni settori lungo lo sviluppo del tracciato dopo alcuni metri della formazione argillosa si intercettano i conglomerati di Cassano Spinola. La falda, in base alle letture piezometriche e alla ricostruzione idrogeologica, si attesta ad una profondità di pochi metri dal piano campagna, con una leggera variabilità lungo il tracciato.

Per quanto riguarda l'inquadramento di dettaglio geologico-geotecnico-idrogeologico dell'area in esame si rimanda a specifici elaborati di progetto, quali la relazione geologica-geomorfologica-idrogeologica (IG51-00-X-CV-RO-GE0000-001) e ai profili geologici.

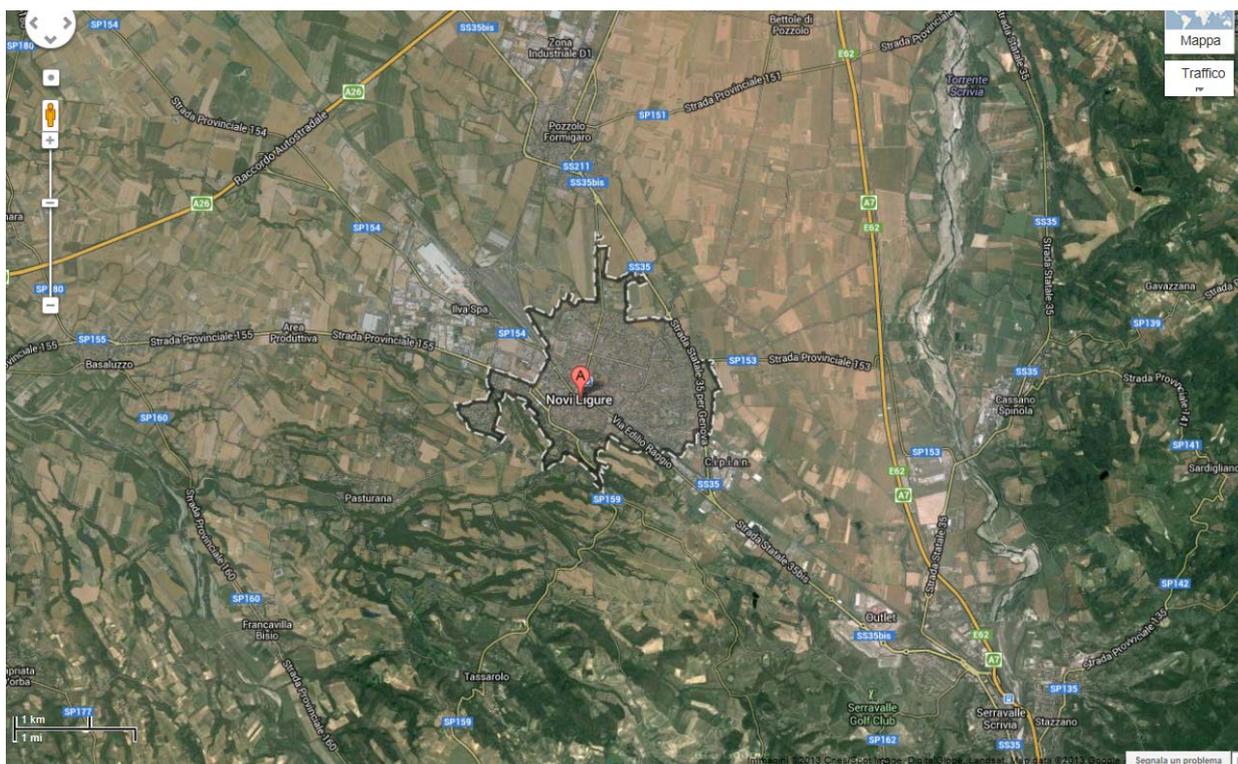
Si riporta nella seguente tabella il riepilogo dei parametri fisici e meccanici derivati dalla caratterizzazione geotecnica. Si rimanda alla relazione geotecnica (IG51-00-X-CV-RB-GN0000-001) per la descrizione delle metodologie utilizzate e per la descrizione dei risultati delle indagini analizzate.

Formazione		$\gamma$	$\phi$	c	$E_{op}$	k
		( $\text{kN/m}^3$ )	( $^\circ$ )	(kPa)	(Mpa)	(m/s)
Depositi alluvionali	fL2	18÷19	29÷35	5÷15	20÷50	$10^{-5} \div 10^{-7}$
Argille di Lugagnano	aL	19.5÷20.5	21÷30	20÷100	80÷250	$10^{-8} \div 10^{-10}$
Formazioni di Cassano Spinola	cC	20÷21	25÷30	10÷30	100÷200	$10^{-6} \div 10^{-10}$

**Tabella 4-1. Range dei parametri geomeccanici e geotecnici delle formazioni principali**

### 4.3. Zonazione sismica

Il pozzo in esame si colloca all'interno dei comuni di Novi Ligure e di Serravalle Scrivia, aventi differente zonazione sismica in base all'ordinanza n°3274 impiegata per la valutazione dell'accelerazione sismica. Ai fini del dimensionamento si è quindi considerata la zona sismica maggiormente gravosa, ovvero la "3", riferita al comune di Serravalle Scrivia; si riportano in tabella i valori riferiti ai comuni limitrofi all'area di interesse.



Località	Zona Sismica
Novi Ligure	4
Serravalle Scrivia	3
Pozzolo Formigaro	4
Basaluzzo	4

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5103XCVROGN1BBX002A00 <span style="float: right;">Foglio 14 di 41</span>

## 5. DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DIAFRAMMI

### 5.1. Ipotesi di base

#### 5.1.1. Modello, stratigrafia e fasi di calcolo

Per il dimensionamento e la verifica delle opere di sostegno del pozzo circolare di accesso è stata eseguita un'analisi numerica con un modello assialsimmetrico impiegando il codice di calcolo PLAXIS2D. Si è utilizzato un modello costituito da elementi a 15 nodi, adottando per le formazioni in esame un modello Hardening Soil. I diaframmi sono stati modellati come elementi beam da 100 cm e i contrasti offerti dalle travi, dal solettone e dagli orizzontamenti di lungo termine come molle di rigidità equivalente considerando gli spessori di progetto.

La stratigrafia di calcolo è riportata in tabella; i parametri adottati sono in conformità con quanto riportato in Relazione geotecnica (IG51-00-X-CV-RB-GN00-00-001).

Formazione		Profondità	$\gamma$	$\phi$	c	$E_{op}$	$E_{op}$
		(m)	(kN/m <sup>3</sup> )	(°)	(kPa)	(Mpa)	(Mpa)
Depositi alluvionali	fL2	0÷14.5	19	32	10	35	105
Argille di Lugagnano (strato superficiale)	aL2	14.5÷20	19.5	24	40	100	300
Argille di Lugagnano (strato profondo)	aL2	>20	20.5	28	60	200	600

**Tabella 5-1. Range dei parametri geomeccanici e geotecnici delle formazioni principali**

Il carico idraulico non verrà tenuto in conto in quanto verrà impiegato durante lo scavo un opportuno sistema di abbattimento delle pressioni idrostatiche a tergo dei diaframmi. Si considera un carico di mezzi da cantiere (20 kPa) intorno al pozzo per una distanza di 10 m dai diaframmi.

Le fasi di calcolo sono:

- FASE 1. Creazione delle condizioni geostatiche e preparazione piano di scavo
- FASE 2. Realizzazione dei diaframmi
- FASE 3. Scavi successivi ed esecuzione travi ad anello secondo le geometrie riportate nelle tavole fino alla quota di fondo scavo
- FASE 4. Realizzazione della soletta di fondazione
- FASE 5. Costruzione solai interni
- FASE 6. Sisma

Output Version 2013.2.16712.10959

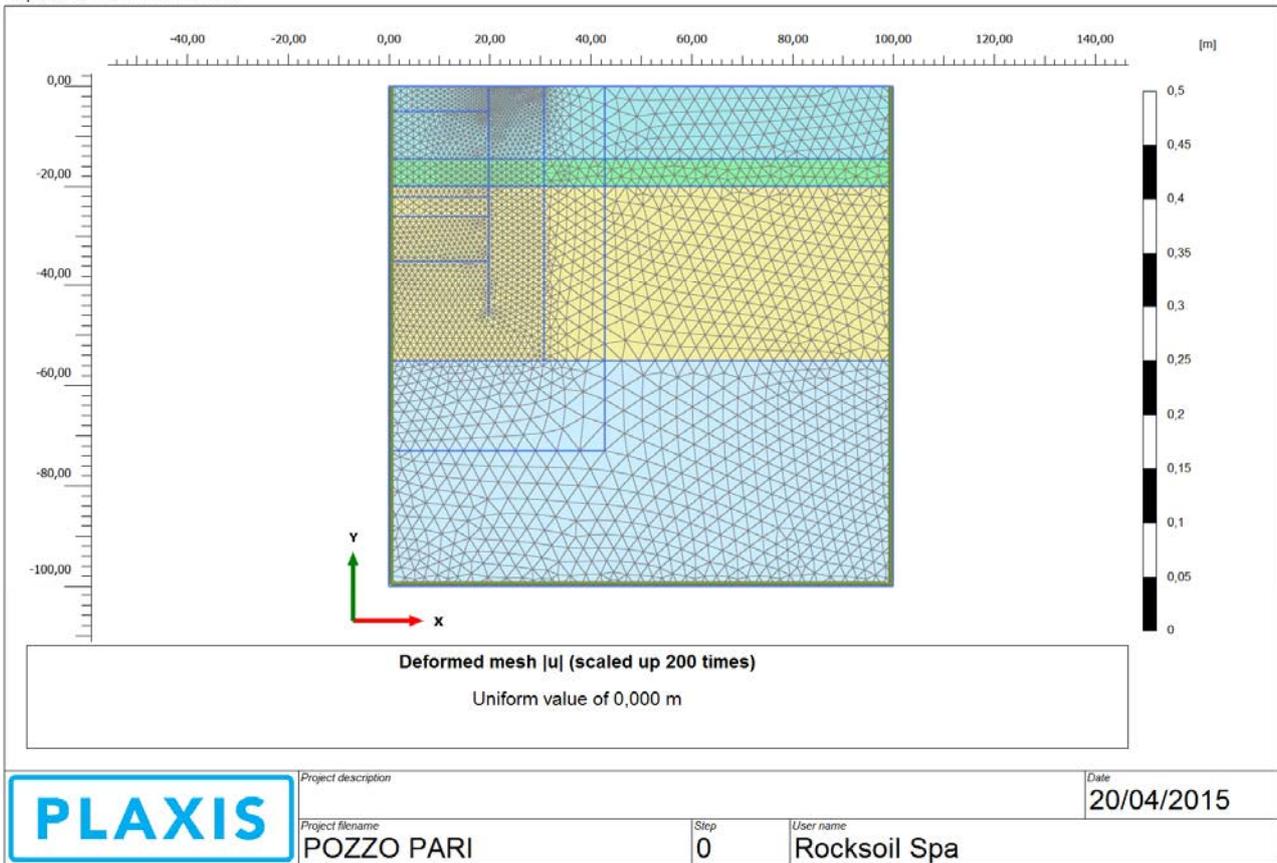


Figura 5-1. Mesh di calcolo 50658 nodi

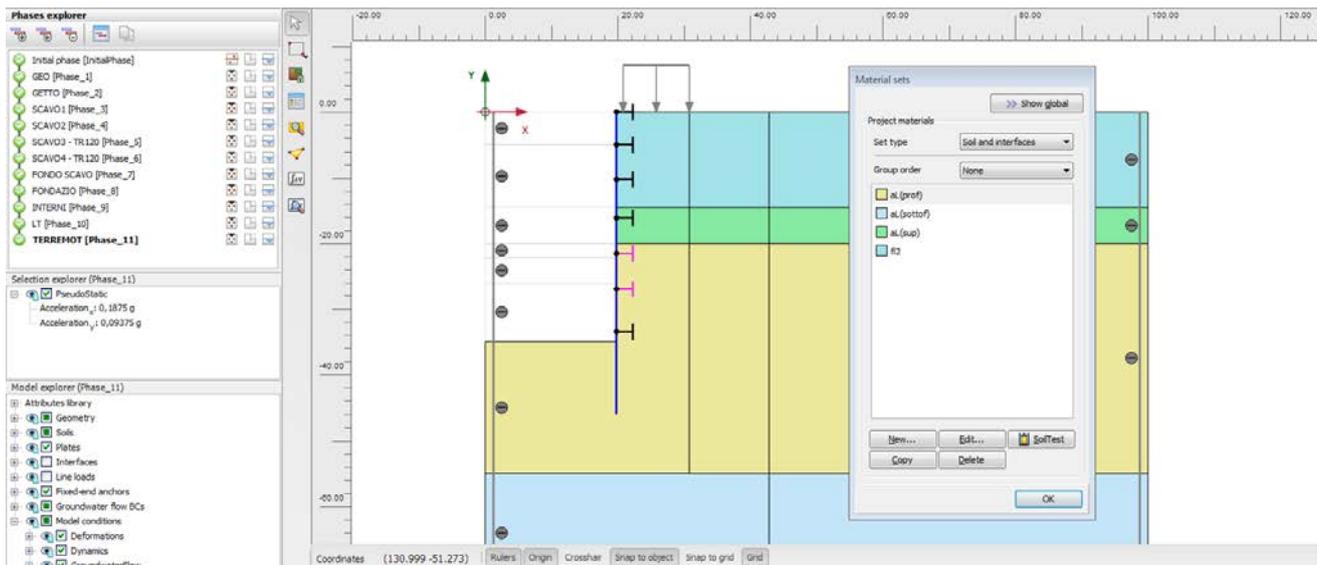


Figura 5-2. Modello di calcolo (cluster material, fasi, geometria)

Le dimensioni della mesh di elementi finiti sono fissate in maniera tale da evitare che il problema in esame risulti influenzato dalle condizioni di vincolo al contorno. Per quanto concerne le condizioni di vincolo applicate, esse sono definite come "Standard fixities" all'interno del programma PLAXIS e

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5103XCVROGN1BBX002A00 <span style="float: right;">Foglio 16 di 41</span>

constano essenzialmente in un doppio vincolo allo spostamento al contorno inferiore e spostamento orizzontale impedito alle posizioni laterali. La formulazione del vincolo laterale permette dunque lo sviluppo di tensioni normali di compressione ma non di tensioni di taglio agenti in direzione verticale. Tali tensioni sono invece generate al contorno inferiore.

Per quanto riguarda le condizioni iniziali denominate “Initial Phase” si fa riferimento alla “Procedura-K<sub>0</sub>” implementata dal codice di calcolo PLAXIS. Dato che tale procedura è utilizzata unicamente con lo scopo di creare le condizioni iniziali per l’analisi in corso, non si tratta di una reale fase di calcolo; al termine di tale procedura non è infatti generato alcun quadro deformativo.

### 5.1.2. Criteri di verifica

Le verifiche delle sezioni in calcestruzzo riportate nel seguito verranno condotte secondo il metodo delle tensioni ammissibili. I materiali utilizzati sono: conglomerato cementizio di classe  $R_{ck}=30$  MPa e barre di tipo B450 C ad aderenza migliorata, a cui corrispondono le seguenti tensioni ammissibili:

Acciaio B450 C	$\sigma_{amm}=160$ MPa (*)
Calcestruzzo strutturale armato Rck 30 MPa	$\sigma_{amm}=9.75$ MPa $\tau_{c0} = 0.60$ MPa $\tau_{c1} = 1.80$ MPa

(\*) In condizioni di esercizio con verifica a fessurazione  $\sigma_{amm}=255$  Mpa

Le verifiche vengono svolte a partire dalle sollecitazioni ricavate dal programma di calcolo per le combinazioni di carico considerate.

La verifica a fessurazione è stata svolta secondo il D.M.L.P. 09/07/96. Secondo tale normativa, in funzione della classe di esposizione (ambiente poco aggressivo), si ritengono accettabili aperture fessurative minori di 0.2 mm. In questo caso poichè il copriferro minimo è pari a 7 cm  $> 1.5 \cdot c_{min}$  (con  $c_{min} = 2.5$  cm), è ammesso un aumento del limite di apertura delle fessure. Il limite di apertura  $w_k$  sarà pari a

$$0.2 \cdot 1.5 = 0.3 \text{ mm.}$$

Si considera quindi:

$$M_f II = W_i \cdot f_{cfm}$$

dove

$$f_{cfm} = 1.2 \cdot 0.27 (R_{ck})^{2/3} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

L’apertura delle fessure vale:

$$w_k = 1.7 \cdot w_m = 1.7 \cdot s_{rm} \cdot \epsilon_{sm}$$

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG5103XCVROGN1BBX002A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 17 di 41</p>

dove:

$$s_{rm} = 2(c+s/10) + k_2 k_3 \Phi / \rho_r$$

$$\varepsilon_{sm} = \sigma_s / E_s (1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2)$$

per la sezione in esame si ha:

- c =                      copriferro netto armatura tesa
- s                         interasse tra i ferri
- $k_2 = 0.4$                 per barre ad aderenza migliorata
- $k_3 = 0.125$             per diagramma delle s triangolare, dovuto a flessione o pressoflessione
- $\Phi$                         diametro delle barre
- $\rho_r =$                      $A_s / A_{c\text{eff}}$
- $\sigma_s =$                  tensione dell'acciaio calcolata nella sezione fessurata per la  
combinazione di azioni considerata
- $\sigma_{sr} =$                 tensione dell'acciaio calcolata nella sezione fessurata per la sollecitazione  
corrispondente al raggiungimento della resistenza a trazione  $f_{ctm}$  nella fibra  
di calcestruzzo più sollecitata nella sezione interamente reagente.
- $\beta_1 = 1$                  per barre ad aderenza migliorata
- $\beta_2 = 0.5$                 nel caso di azioni di lunga durata o ripetute.

Le verifiche a taglio vengono svolte valutando le tensioni tangenziali con la seguente formulazione:

$$\tau = \frac{T}{0,9 \cdot b \cdot d}$$

con:

T = taglio agente sulla sezione;

b = larghezza della sezione (1 m)

d = altezza utile della sezione

Qualora nel calcestruzzo si verificano tensioni maggiori alla  $\tau_{c0}$  sarà necessario disporre una specifica armatura a taglio nell'elemento.

## 5.2. Risultati e verifiche

Si riportano nelle seguenti immagini i risultati dell'analisi in termini di sollecitazione e deformazione.

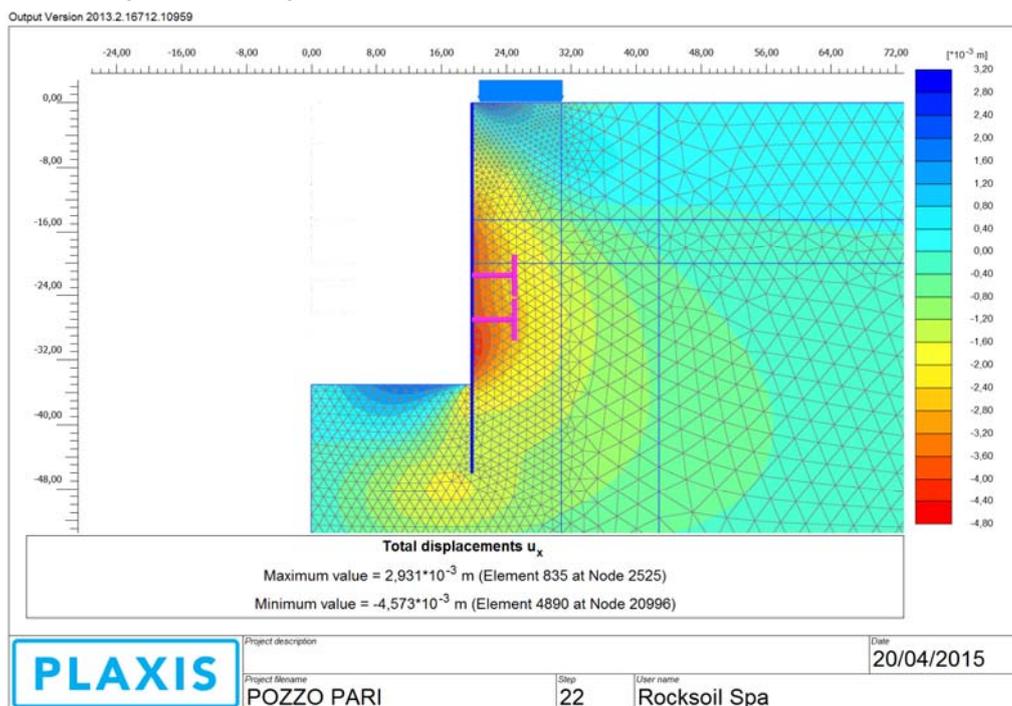


Figura 5-3. Spostamenti orizzontali in fase di fondo scavo

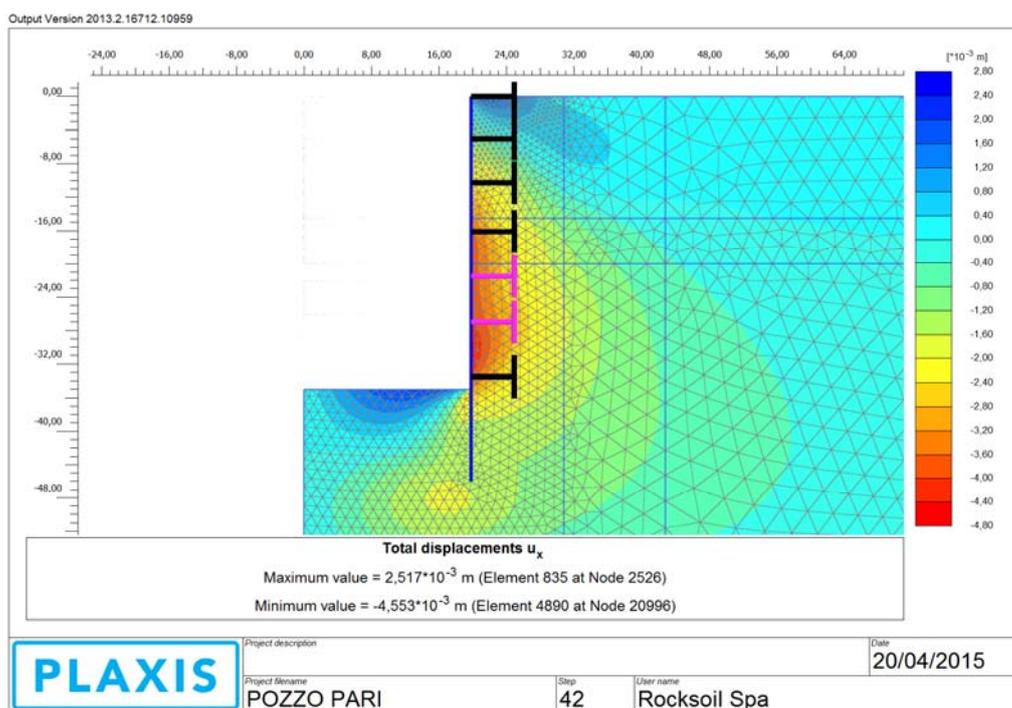


Figura 5-4. Spostamenti orizzontali in fase di LT

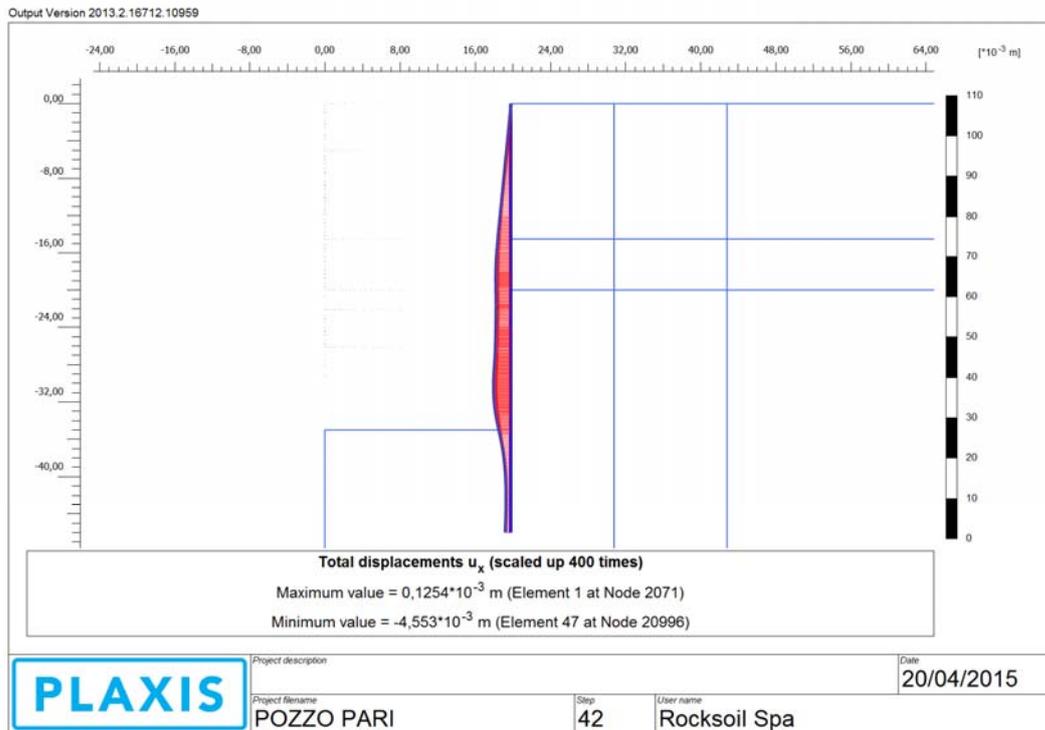


Figura 5-5. Deformata in fase di LT

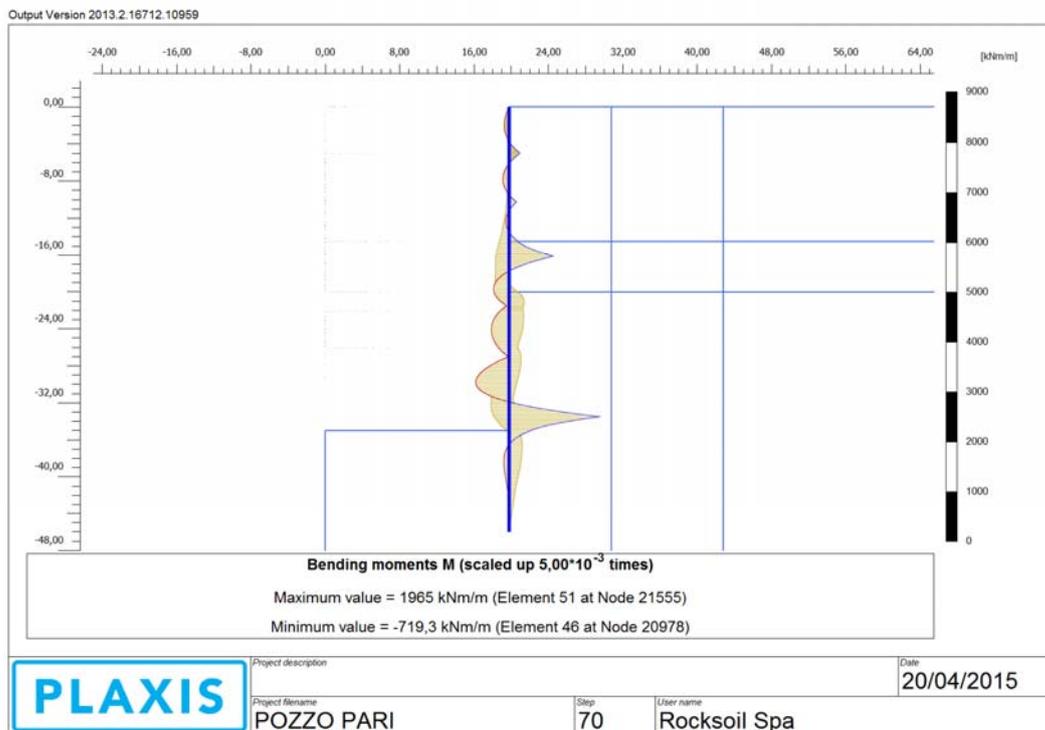


Figura 5-6. Involuppo del momento flettente in fase statica e sismica

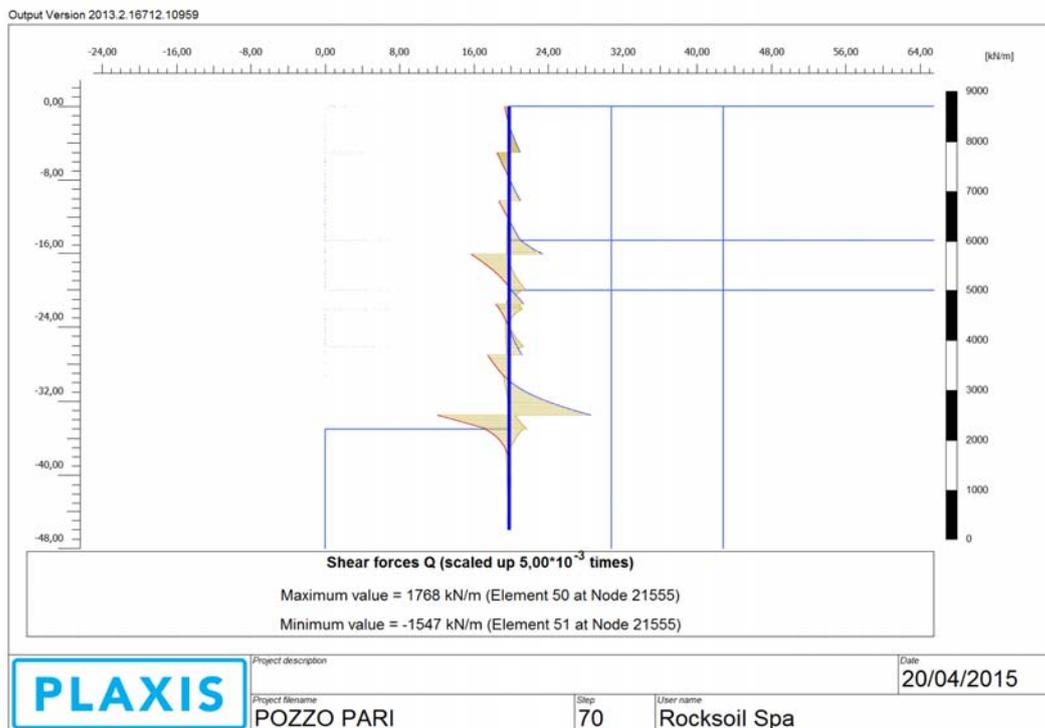


Figura 5-7. Involuppo del taglio in fase statica e sismica

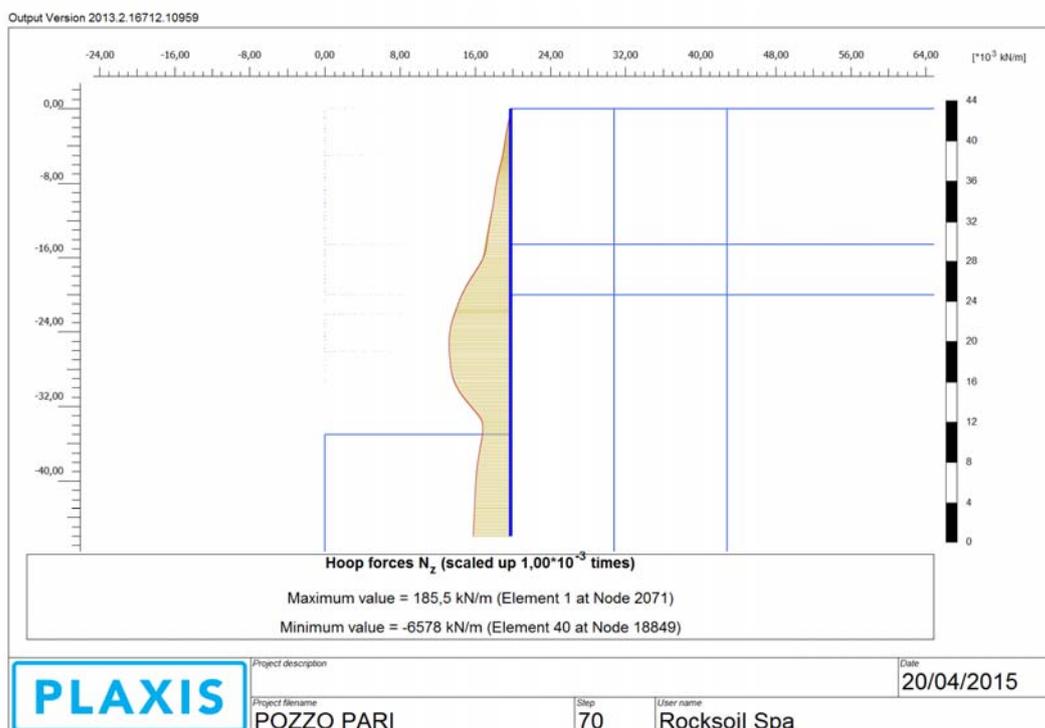


Figura 5-8. Involuppo della Hoop forces in fase statica e sismica

La sezione con cui si dimensionerà il pannello ha dimensioni 270 x 100 (pannello primario). Le sollecitazioni ricavate dal programma di calcolo verranno amplificate per 2,8 (larghezza del

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5103XCVROGN1BBX002A00 <span style="float: right;">Foglio 21 di 41</span>

pannello). Come sforzo normale agente si considera il peso del pannello alla quota considerata. Si utilizzano barre di diametro 26 mm, il copriferro netto dalla staffa è pari a 7.0 cm.

	M (kNm)	N (kN)	As	A's	$\sigma_s$ (Mpa)	$\sigma_c$ (Mpa)	w (mm)
Sezione 1 (Fase sismica)	-3400	2300	24+18 $\phi$ 26	24 $\phi$ 26	171.3	-9.0	-
Sezione 2 (Fase sismica)	-1900	1100	24 $\phi$ 26	14 $\phi$ 26	146.2	-5.9	-
Sezione 3	1540	-700	18 $\phi$ 26	14 $\phi$ 26	163.1	-5.0	0.94
Sezione arm min	875	-	14 $\phi$ 26	14 $\phi$ 26	159.9	-3.4	-

L'azione massima radiale di compressione porta a tensioni massime nel cls in fase sismica di 6.5 MPa e in fase statica di 3.6 MPa.

Il taglio massimo lontano dagli appoggi è minore di 450 kN/m, il picco è pari a 850 kN/m.

La verifica alle tensioni tangenziale conduce:

B	H	d	V	$\tau$	$\sigma_{staffe^*}$
(mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(MPa)	(MPa)
2800	1000	900	2240	0,99	229
2800	1000	900	1260	0,56	-
*staffe a 6 braccia $\phi$ 16/10 cm					

Nelle zone lontano dagli appoggi dove la tensione  $\tau$  valutata è inferiore al valore  $\tau_{c0}$  si considera l'armatura minima composta da staffe  $\phi$ 16 a 6 braccia a passo 30. Nelle zone in cui la tensione supera il valore di  $\tau_{c0}$  si adottano staffe a 6 braccia  $\phi$ 16/10 cm.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5103XCVROGN1BBX002A00 <span style="float: right;">Foglio 22 di 41</span>

## 6. DIMENSIONAMENTO STRUTTURE INTERNE

Nel presente capitolo verranno descritti quanto svolto in termini di modellazione strutturale, ipotesi di calcolo e verifiche strutturali atte al dimensionamento delle principali strutture interne del pozzo in esame.

### 6.1. Codice di calcolo impiegato

Per la determinazione delle sollecitazioni agenti negli elementi strutturali si è utilizzato il programma di calcolo SAP 2000 versione 15.1.0 - Computers and Structures, Inc. (CSI). Il software è un solutore ad elementi finiti basato sul metodo degli spostamenti. Dopo aver assemblato la matrice di rigidezza globale del sistema e note le forze presenti, la soluzione del sistema viene trovata attraverso un algoritmo di risoluzione di equazioni a blocchi. Calcolati gli spostamenti di ogni nodo della struttura (riferiti ad un sistema di coordinate globale), si risale allo spostamento locale di ogni nodo (passando per la matrice di rototraslazione locale di ogni elemento) e quindi successivamente alle azioni assiali, flessionali e taglianti nell'elemento (moltiplicando gli spostamenti all'estremità di ogni elemento per la sua matrice di rigidezza locale).

### 6.2. Criteri di verifica

Le verifiche delle sezioni in calcestruzzo riportate nel seguito verranno condotte secondo il metodo delle tensioni ammissibili. I materiali utilizzati sono: conglomerato cementizio di classe  $R_{ck}=30$  MPa e barre di tipo B450 C ad aderenza migliorata, a cui corrispondono le seguenti tensioni ammissibili:

Acciaio B450 C	$\sigma_{amm}=160$ MPa (*)
Calcestruzzo strutturale armato $R_{ck}$ 30 MPa	$\sigma_{amm}=9.75$ MPa $\tau_{c0} = 0.60$ MPa $\tau_{c1} = 1.80$ MPa

(\*) In condizioni di esercizio con verifica a fessurazione  $\sigma_{amm}=255$  Mpa

Le verifiche vengono svolte a partire dalle sollecitazioni ricavate dal programma di calcolo per le combinazioni di carico considerate.

La verifica a fessurazione è stata svolta secondo il D.M.L.P. 09/07/96. Secondo tale normativa, in funzione della classe di esposizione (ambiente poco aggressivo), si ritengono accettabili aperture fessurative minori di 0.2 mm. In questo caso poichè il copriferro minimo è pari a 4 cm  $> 1.5 \cdot c_{min}$  (con  $c_{min} = 2.5$  cm), è ammesso un aumento del limite di apertura delle fessure. Il limite di apertura  $w_k$  sarà pari a

$$0.2 \cdot 1.5 = 0.3 \text{ mm.}$$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5103XCVROGN1BBX002A00	Foglio 23 di 41

Si considera quindi:

$$M_f II = W_i \cdot f_{cfm}$$

dove

$$f_{cfm} = 1.2 \cdot 0.27 (R_{ck})^{2/3} \quad (\text{N/mm}^2)$$

L'apertura delle fessure vale:

$$w_k = 1.7 \cdot w_m = 1.7 \cdot s_{rm} \cdot \varepsilon_{sm}$$

dove:

$$s_{rm} = 2(c + s/10) + k_2 k_3 \Phi / \rho_r$$

$$\varepsilon_{sm} = \sigma_s / E_s (1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2)$$

per la sezione in esame si ha:

- c =                      copriferro netto armatura tesa
- s                        interasse tra i ferri
- $k_2 = 0.4$               per barre ad aderenza migliorata
- $k_3 = 0.125$             per diagramma delle s triangolare, dovuto a flessione o pressoflessione
- $\Phi$                         diametro delle barre
- $\rho_r =$                      $A_s / A_{c \text{ eff}}$
- $\sigma_s =$                 tensione dell'acciaio calcolata nella sezione fessurata per la  
combinazione di azioni considerata
- $\sigma_{sr} =$                 tensione dell'acciaio calcolata nella sezione fessurata per la sollecitazione  
corrispondente al raggiungimento della resistenza a trazione  $f_{ctm}$  nella fibra di  
calcestruzzo più sollecitata nella sezione interamente reagente.
- $\beta_1 = 1$                  per barre ad aderenza migliorata
- $\beta_2 = 0.5$               nel caso di azioni di lunga durata o ripetute.

Le verifiche a taglio vengono svolte valutando le tensioni tangenziali con la seguente formulazione:

$$\tau = \frac{T}{0.9 \cdot b \cdot d}$$

con:

T = taglio agente sulla sezione;

b = larghezza della sezione (1 m)

d = altezza utile della sezione

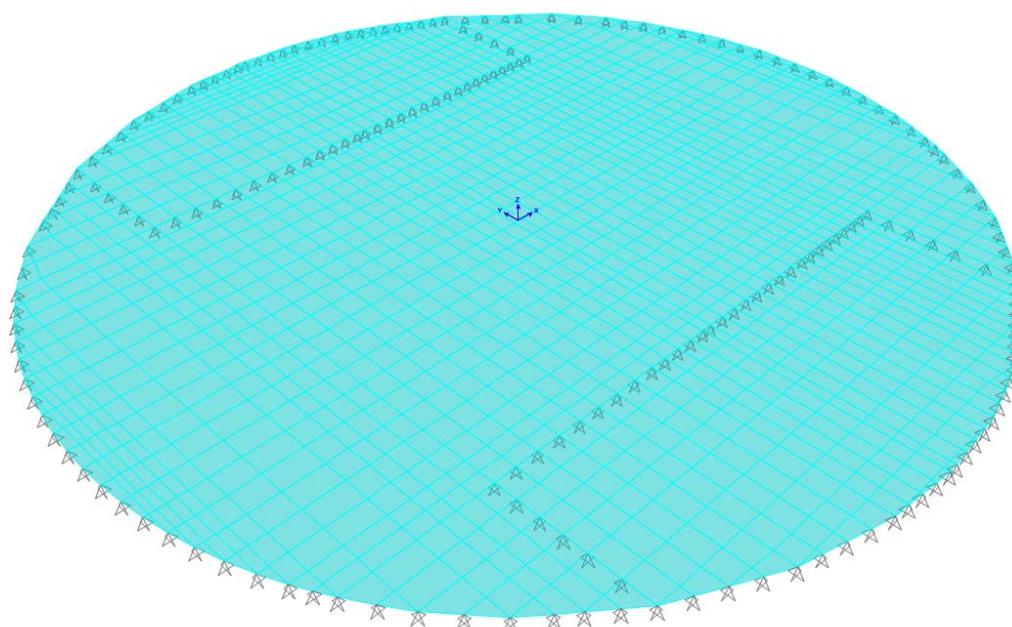
GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5103XCVROGN1BBX002A00 <span style="float: right;">Foglio 24 di 41</span>

Qualora nel calcestruzzo si verificano tensioni maggiori alla  $\tau_{c0}$  sarà necessario disporre una specifica armatura a taglio nell'elemento.

### 6.3. Solettone di copertura

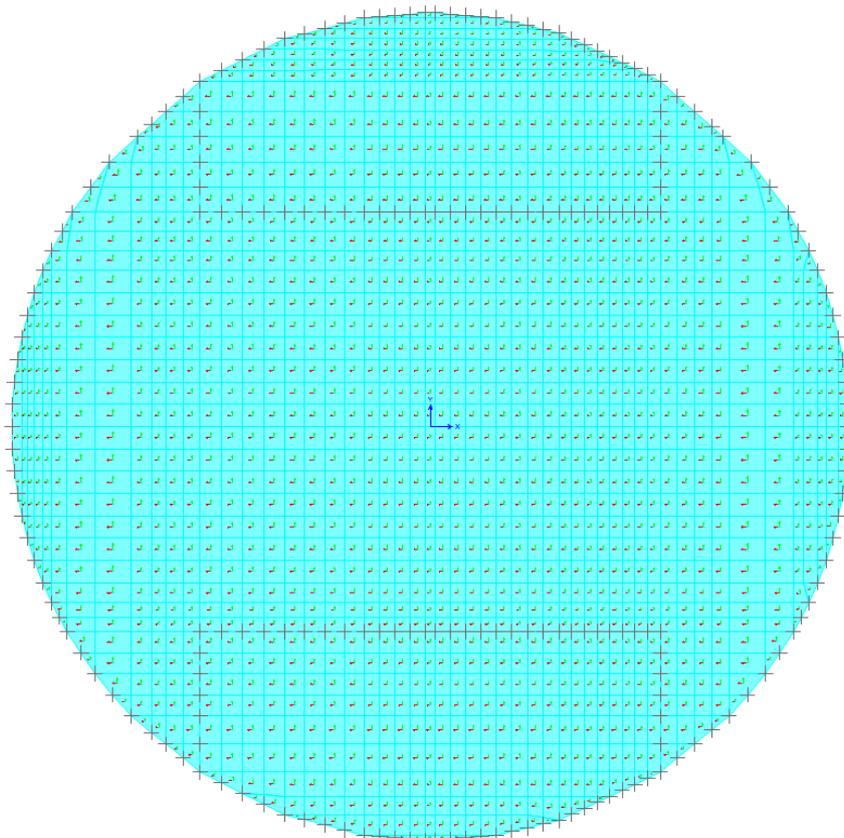
#### 6.3.1. Modellazione copertura

Per il dimensionamento della copertura è stato realizzato un modello ad elementi shell con comportamento a piastra. Si è assunto che la struttura sia appoggiata alle estremità, laddove tale vincolo è offerto dalle contropareti, ed in corrispondenza dei setti principali. Il diametro del solaio è pari a 37.1m (modellando la struttura fino all'asse delle contropareti) mentre la campata massima tra i setti risulta di circa 17.2m.



**Figura 6-1 – Modello SAP 2000 – Vista 3D**

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5103XCVROGN1BBX002A00	Foglio 25 di 41



**Figura 6-2 – Modello SAP 2000 –Pianta**

### Condizioni di carico

Si è assunto che sul solaio agissero le seguenti condizioni di carico:

- Peso proprio
- Sovraccarichi

Si precisa che il sovraccarico verticale dovuto al sisma non è stato considerato in virtù di quanto indicato al paragrafo C.1.6 del D.M. 16/1/1996. Tali azioni vanno infatti tenute in conto unicamente nel caso di

- Membrature orizzontali con luci maggiori di 20cm
- Strutture di tipo spingente
- Sbalzi

### Peso proprio

Il peso proprio è valutato direttamente dal codice di calcolo una volta definito il materiale degli elementi. Nello specifico al calcestruzzo è stato assegnato un peso  $\gamma=25\text{kN/m}^3$ .

Si rammenta che lo spessore del solaio è pari a 1.5m

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5103XCVROGN1BBX002A00 <span style="float: right;">Foglio 26 di 41</span>

- $G=s*\gamma=1.5*25=37.5 \text{ kN/m}^2$

### Sovraccarichi

Si riportano i sovraccarichi adottati come carico uniformemente distribuito sul solaio analizzato. In particolare è stato considerato un riempimento pari a 1.5m di terreno.

- $Q=30 \text{ kPa}$

### Combinazioni di carico

Sono state prese in esame le combinazioni di carico mostrate in tabella.

Modello	Combinazione	Carichi
Copertura	Combinazione statica	G+Q

### 6.3.2. Risultati delle analisi

Nel seguito verranno mostrate le sollecitazioni sul solaio intermedio. Nelle immagini i momenti sono in kNm mentre le forze in kN. L'armatura principale verrà disposta lungo l'asse 2 degli elementi (direzione y). Si noti come lo spostamento massimo risulti inferiore a 5mm.

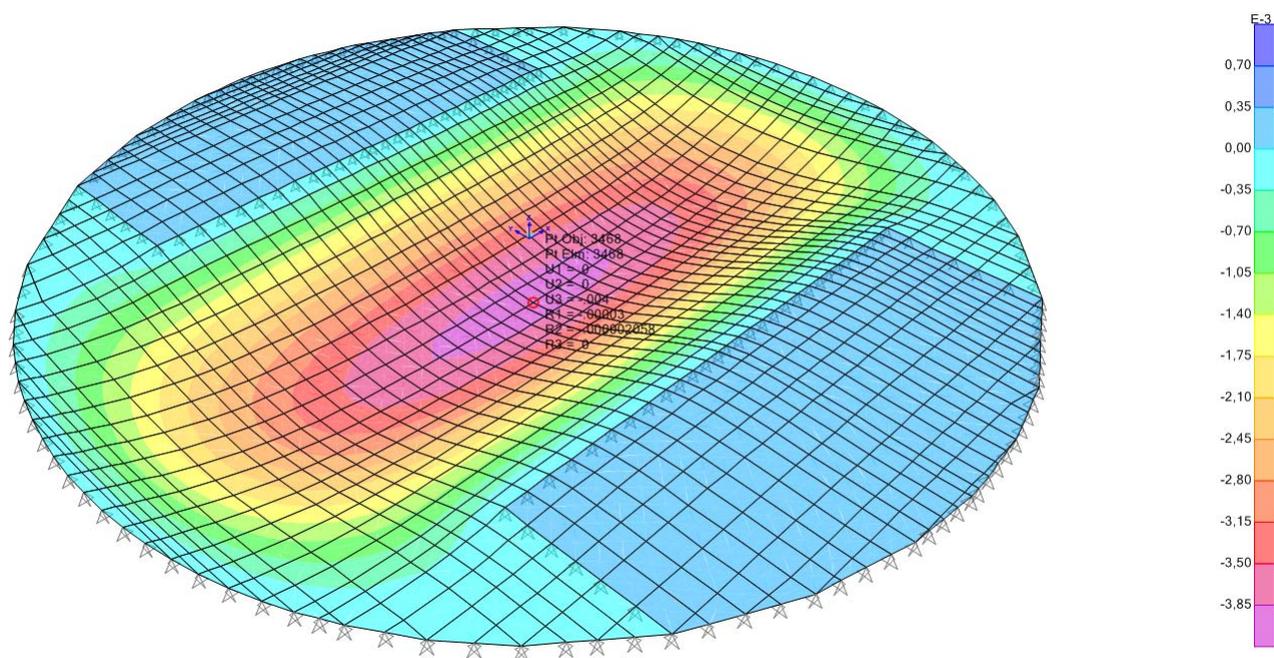


Figura 6-3. Output SAP 2000- Configurazione deformata

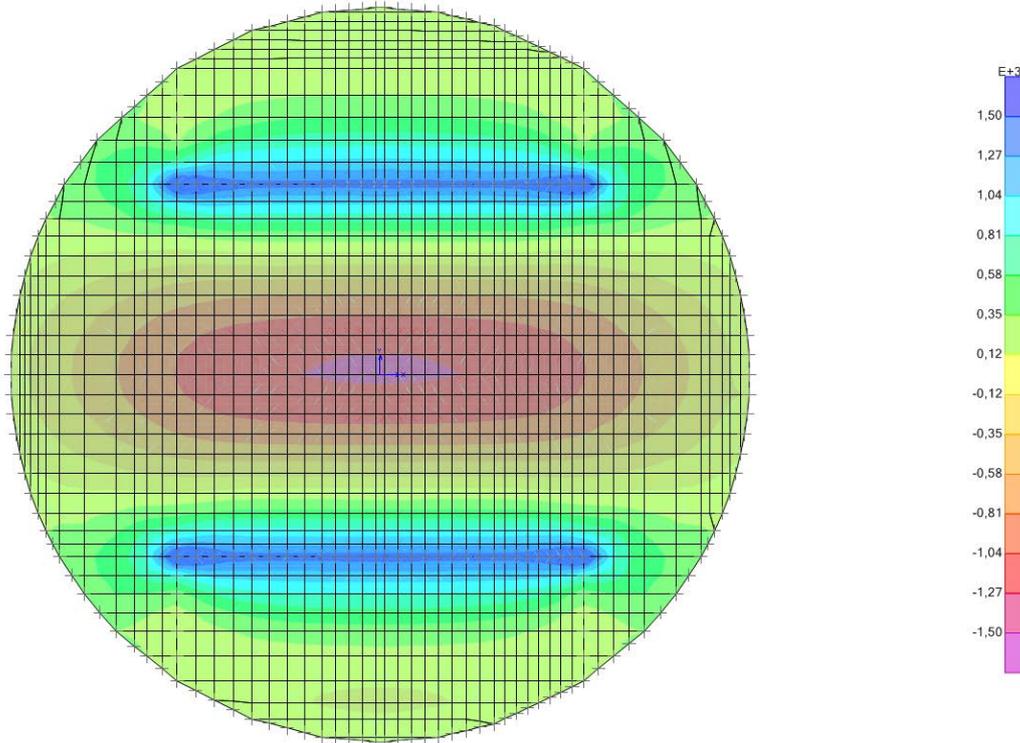


Figura 6-4. Output SAP 2000- M22Combinazione statica

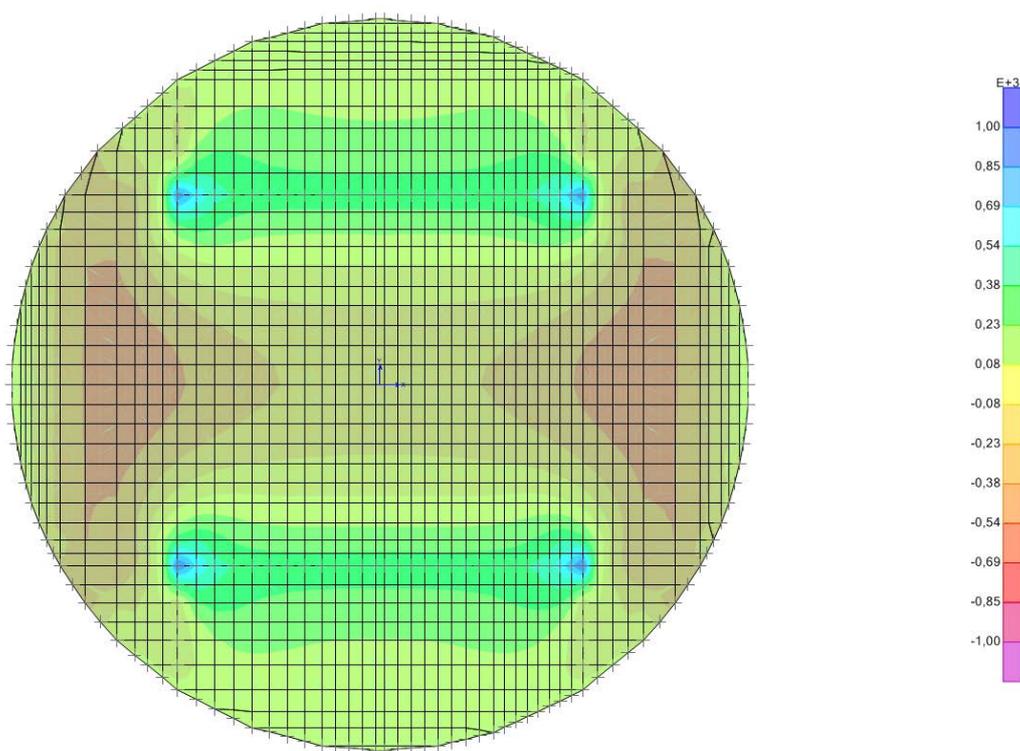


Figura 6-5. Output SAP 2000- M11\_Combinazione statica

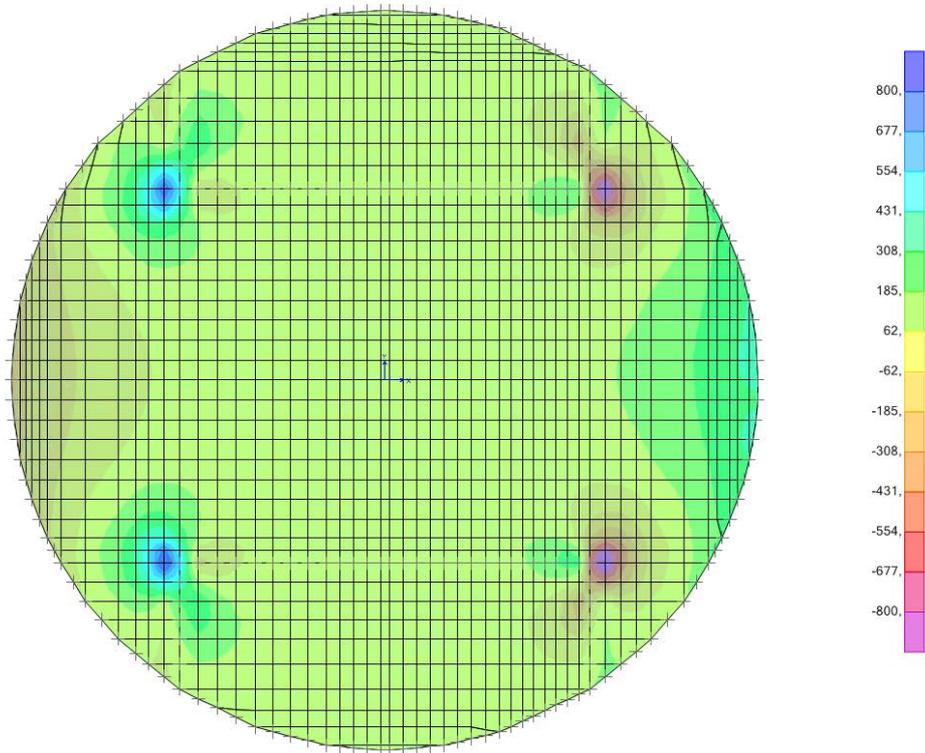


Figura 6-6. Output SAP 2000- V13\_Combinazione statica

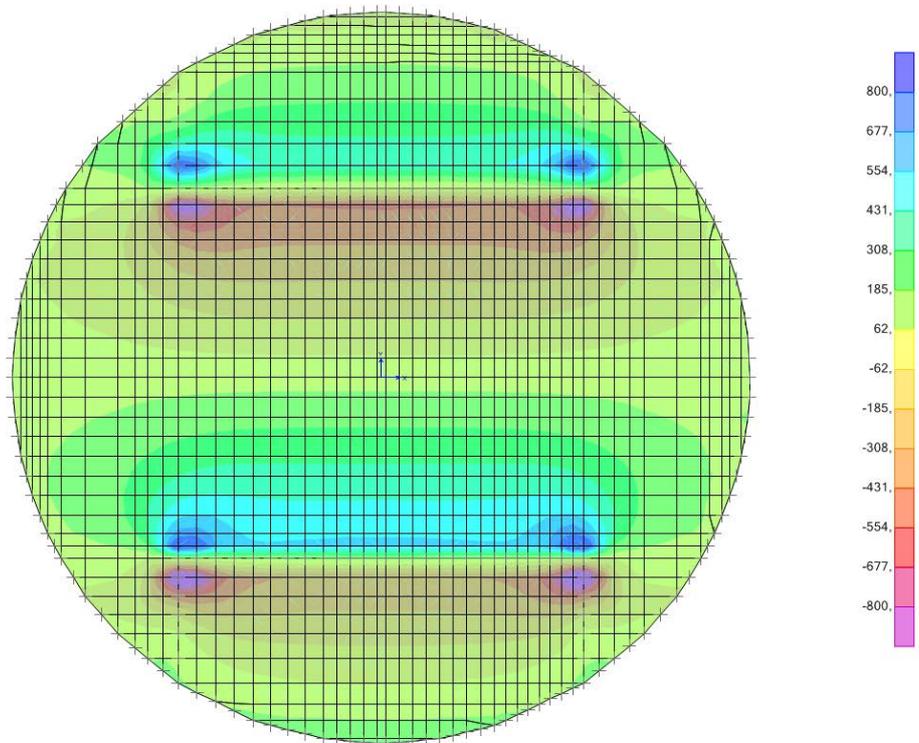


Figura 6-7. Output SAP 2000- V23\_Combinazione statica

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG5103XCVROGN1BBX002A00		Foglio 30 di 41

### 6.3.3. Verifiche sezionali

Il solaio oggetto di analisi sarà armato con barre disposte secondo due direzioni ortogonali. Si adottano ferri  $\phi 26$  per l'armatura principale,  $\phi 20$  per quella corrente e una maglia di spilli  $\phi 14/40 \times 40$  cm.

Il copriferro netto sullo strato più esterno di armatura è pari a 4.0 cm. Le verifiche verranno condotte su una sezione di larghezza pari ad 1.0m e si trascura il contributo favorevole di compressione dovuto alla spinta delle contropareti.

Zona	H (m)	M (kNm)	As	A's	$\sigma_s$ (Mpa)	$\sigma_c$ (Mpa)	w (mm)
COPERTURA - Direzione 2	150	1300	10 $\phi 26$	5 $\phi 26$	188.1	-4.5	0.27
COPERTURA - Direzione 2	150	-1650	10+5 $\phi 26$	5 $\phi 26$	160.4	-4.5	0.21
COPERTURA - Direzione 1	150	-700	10 $\phi 20$	5 $\phi 20$	166.9	-3.0	-

Tabella 6-1. Verifica flessionale

B (mm)	H (mm)	d (mm)	V (kN)	$\tau$ (MPa)	$\sigma_{staffe}$ (MPa)
1000	1500	1350	1000	0,82	214*
1000	1500	1350	600	0,49	-

\*spilli  $\phi 14/20 \times 20$  cm

Tabella 6-2. Verifica a taglio

## 6.4. Solettone di fondo

### 6.4.1. Modellazione solettone di fondo

Per il dimensionamento del solettone di fondo del pozzo è stato realizzato un modello con elementi shell con comportamento a piastra. Si è assunto che la struttura fosse appoggiata alle estremità, laddove tale vincolo è offerto dalle contropareti, e in corrispondenza dei setti intermedi. Il solettone ha uno spessore di 3.0 m. Nell'immagine sotto si riporta la vista spaziale del modello realizzato e gli assi locali 1, 2, 3 (rosso, verde, ciano) degli elementi shell.

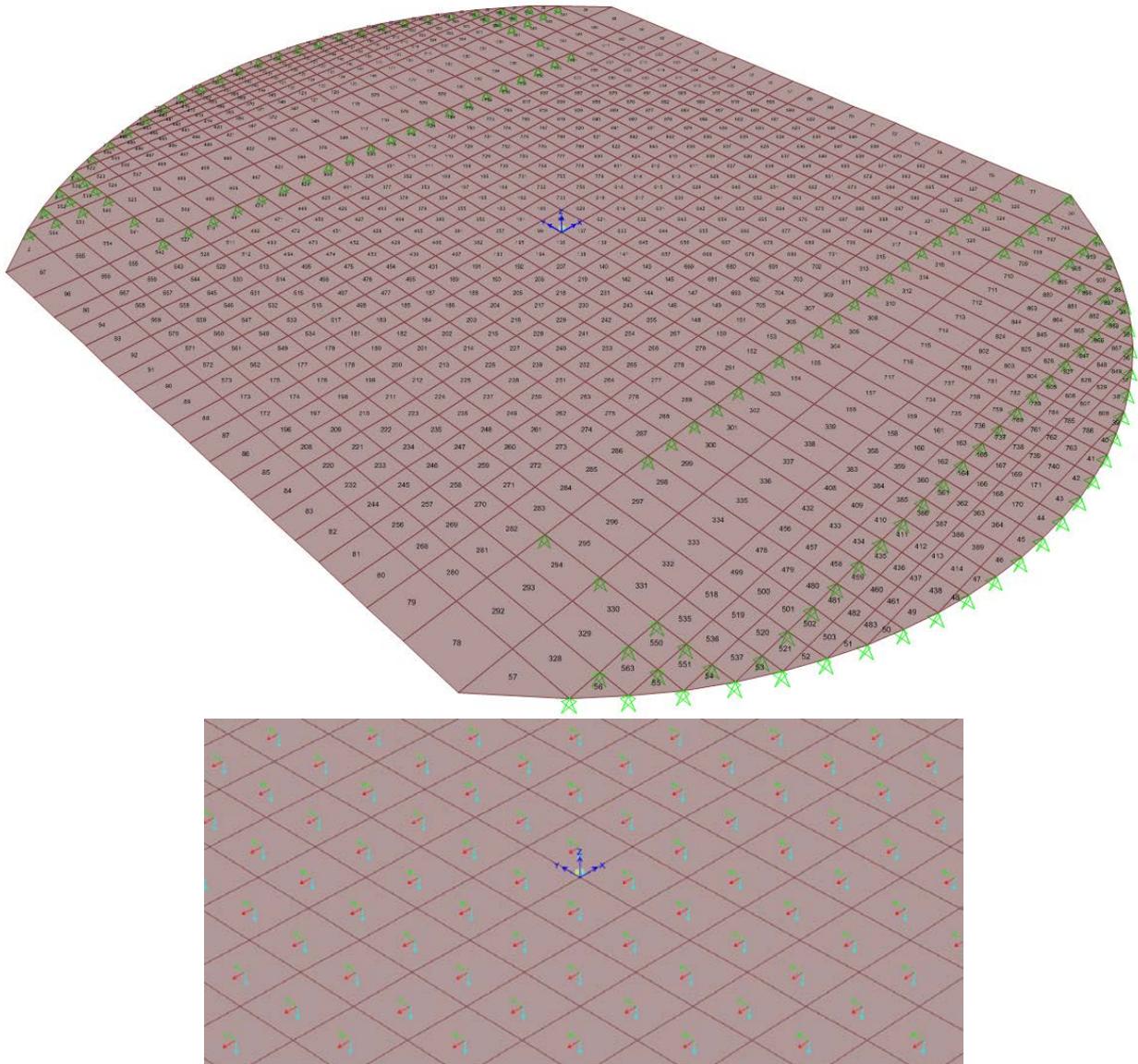


Figura 6-8 – Modello SAP 2000 – Vista 3D e assi locali

### Condizioni di carico

Si è assunto che sul solettone agissero le seguenti condizioni di carico:

- Peso proprio
- Sottospinta idraulica
- Azione sismica

### Peso proprio

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5103XCVROGN1BBX002A00 <span style="float: right;">Foglio 32 di 41</span>

Il peso proprio è valutato direttamente dal codice di calcolo una volta definito il materiale degli elementi. Nello specifico al calcestruzzo è stato assegnato un peso  $\gamma=25\text{kN/m}^3$ .

$$G=s*\gamma=3*25=75\text{kN/m}^2$$

#### Sottospinta idraulica

Si considera agente all'estradosso del solettone una sottospinta idraulica pari a  $P=300\text{ kPa}$ . Si ipotizza infatti una profondità del livello di falda di circa 3.5 m al di sotto del piano campagna.

#### Azione sismica

Ai fini della valutazione dell'azione sismica si è considerato che, a causa delle condizioni al contorno, il solettone non potesse vibrare come una vera e propria piastra appoggiata pertanto l'accelerazione verticale massima è stata presa pari al coefficiente sismico  $k_v$  determinato come indicato nel seguito.

La normativa di riferimento (DM 16/01/96) permette di valutare l'accelerazione massima attesa in sito con la seguente formulazione:

$$a_{\max} = C \times \varepsilon \times I$$

Dove:

- $C$  è il coefficiente di intensità sismica

ZONA SISMICA	S
1	12
2	9
3	6
4	4

$$C = \text{coefficiente di intensità sismica} = (S - 2) / 100$$

- Il parametro " $\varepsilon$ " definisce gli effetti di amplificazione locale e viene definito in accordo alla seguente tabella in funzione delle caratteristiche stratigrafiche del terreno.

Descrizione	$\varepsilon$
Strati superficiali alluvionali di spessore compreso tra 5 e 20m su substrato rigido	1.3
Altri casi	1.0

*Tabella – Coefficiente di fondazione  $\varepsilon$*

- Il fattore di importanza ( $I$ ) è variabile in funzione del tipo di opera come indicato in tabella di cui al seguito.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5103XCVROGN1BBX002A00

Foglio  
33 di 41

Opera	I
Edifici la cui funzionalità durante il terremoto ha importanza fondamentale per la protezione civile (ospedali, municipi, etc)	1.4
Opere che presentano particolare rischio per le caratteristiche d'uso	1.2
Altri edifici	1.0

*Tabella – Coefficiente di protezione sismica*

L'azione sismica verticale sul solettone è pari a:

$$F_v = k_v \times W$$

Con:

$$k_v = 0.5 \times I \times a_{\max}$$

Si è indicato inoltre con W il peso della massa in potenziale movimento.

Nel caso in esame quindi si valuta il coefficiente  $k_v$  con i seguenti parametri:

S	6
C	0.04
$\varepsilon$	1.3
I	1.2
<b>K<sub>v</sub></b>	<b>0.0312</b>

La massa utilizzata per la determinazione dell'azione sismica è quella derivante dai carichi permanenti (G).

Ai fini della determinazione delle sollecitazioni sull'elemento si considererà solo il verso di applicazione più sfavorevole di tale carico.

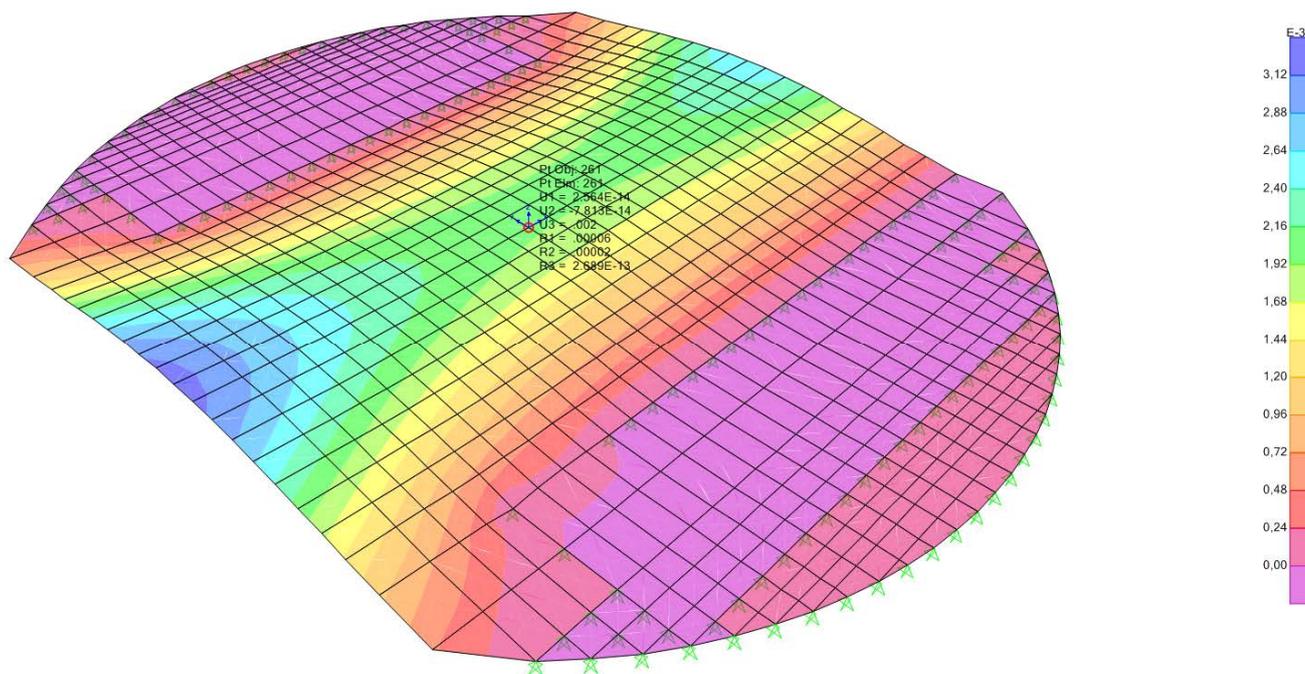
### Combinazioni di carico

Sono state prese in esame le due combinazioni di carico mostrate in tabella. Con E si è indicata l'azione sismica.

Combinazione	Carichi
Combinazione statica	G+P
Combinazione sismica	G+P+E

### 6.4.2. Risultati delle analisi

Nel seguito verranno mostrate le sollecitazioni sul solettone. Nelle immagini i momenti sono in kNm mentre le forze in kN. Gli spostamenti massimi in mezzeria raggiungono i 2 mm.



**Figura 6-9. Output SAP 2000- Deformazione**

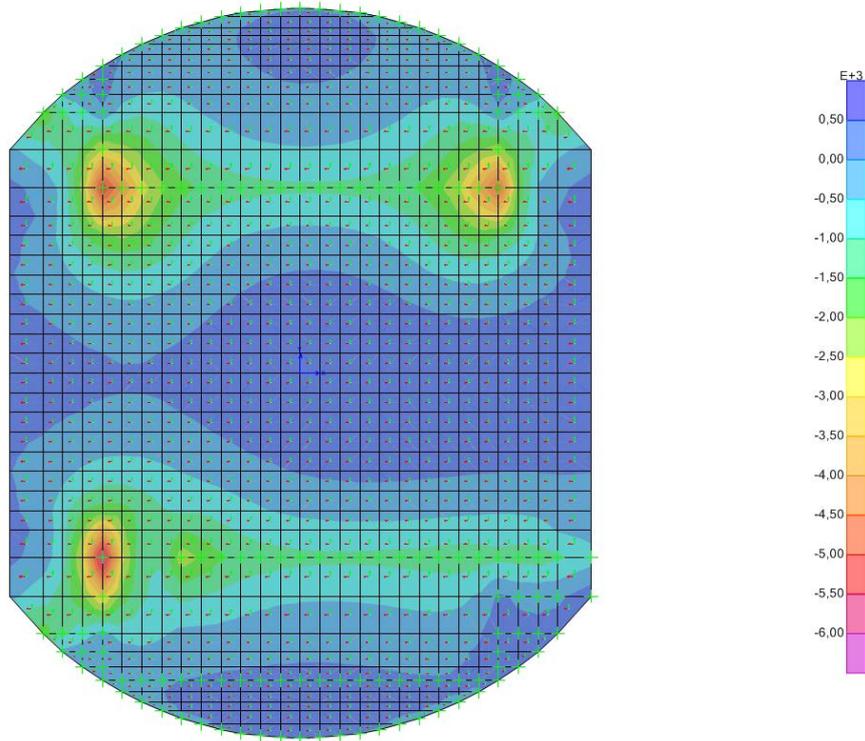


Figura 6-10. Output SAP 2000- M11\_Combinazione statica

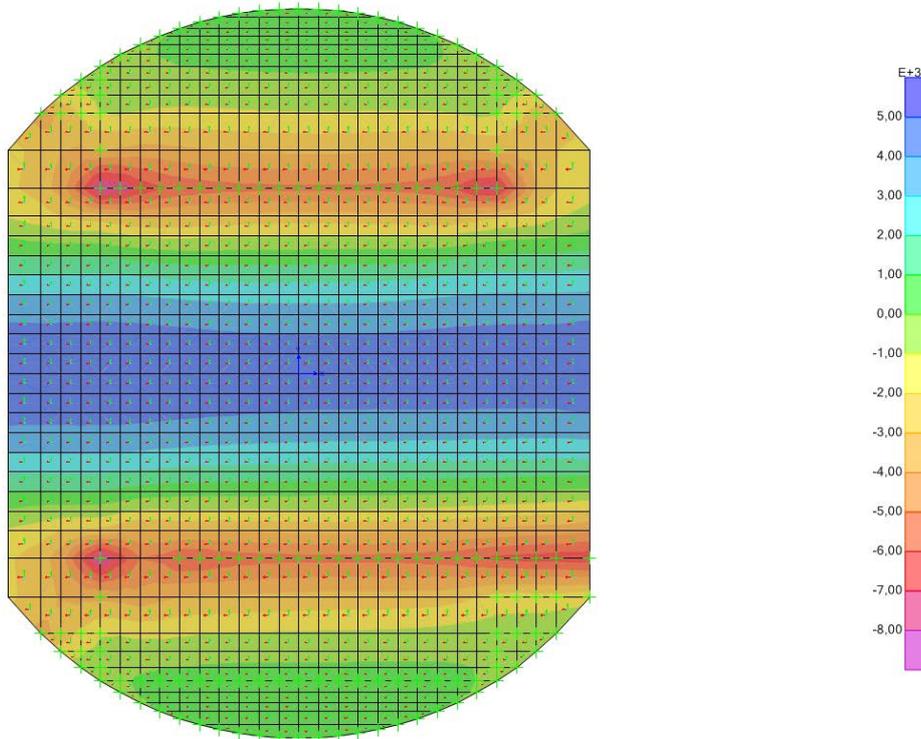


Figura 6-11. Output SAP 2000- M22\_Combinazione statica

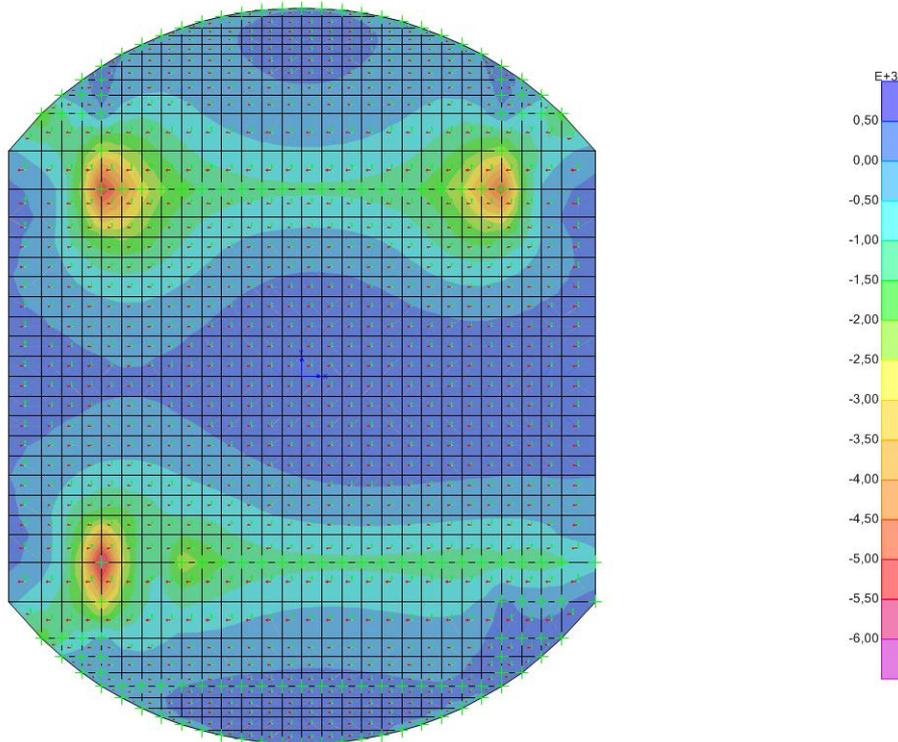


Figura 6-12 – Output SAP 2000- M11\_Combinazione sismica

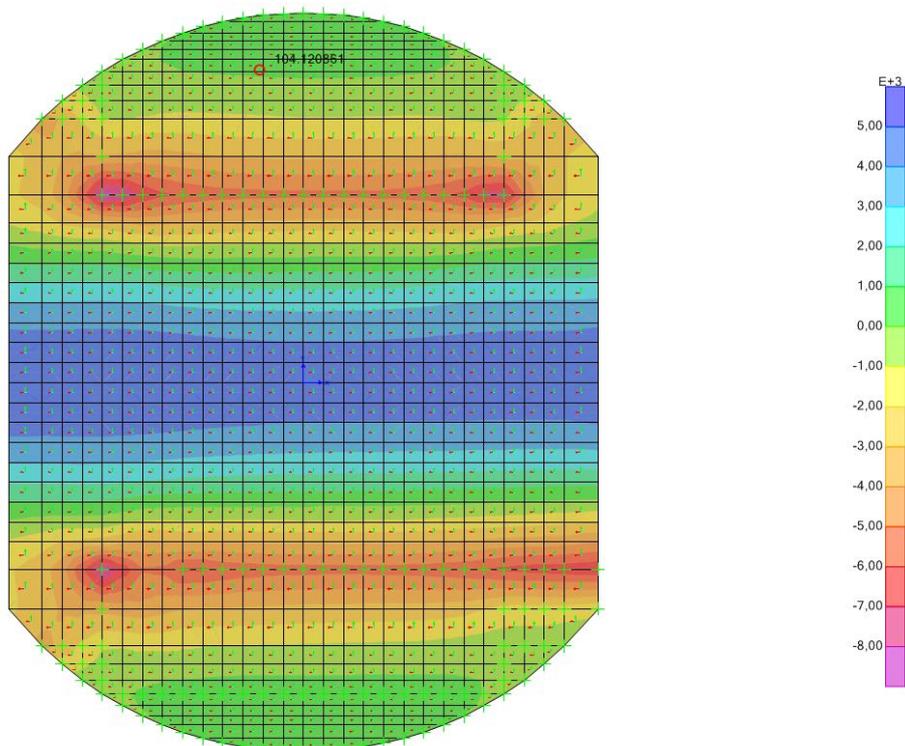


Figura 6-13. Output SAP 2000- M22\_Combinazione sismica

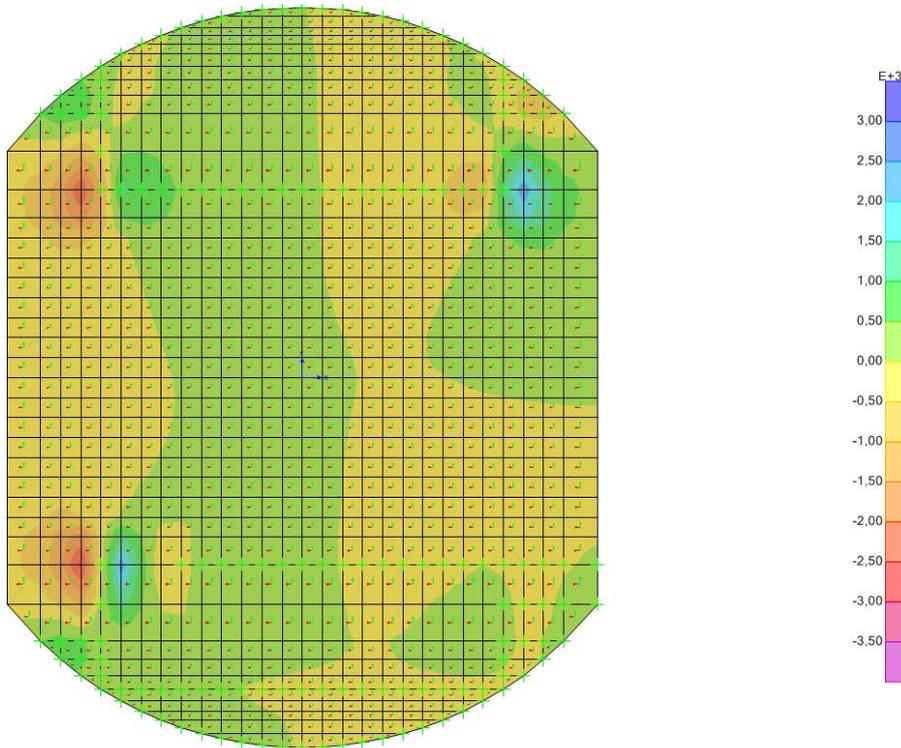


Figura 6-14. Output SAP 2000- V13\_Combinazione sismica

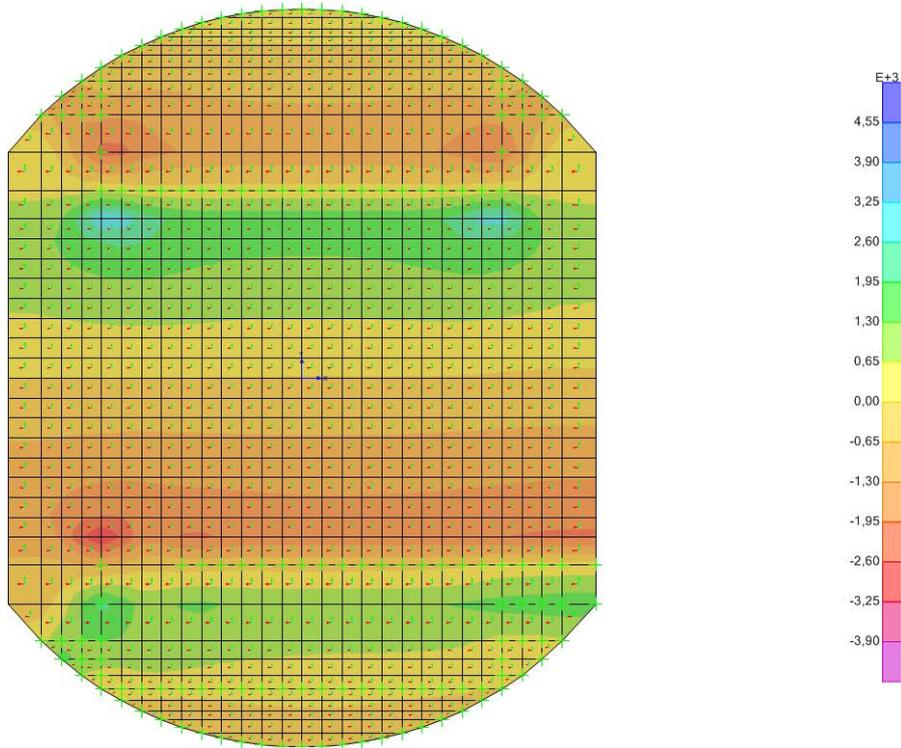


Figura 6-15. Output SAP 2000- V23\_Combinazione sismica

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5103XCVROGN1BBX002A00 <span style="float: right;">Foglio 38 di 41</span>

### 6.4.3. Verifiche sezionali

Il solettone sarà armato con barre disposte secondo due direzioni ortogonali. Il copriferro netto sullo strato più esterno di armatura è pari a 4.0 cm. Le verifiche verranno condotte su una sezione di dimensioni 1.0m x 3.0 m.

Si adottano ferri  $\phi 26$  per l'armatura principale,  $\phi 20$  per quella corrente e una maglia di spilli  $\phi 16/40 \times 40$  cm.

Zona	H (m)	M (kNm)	As	A's	$\sigma_s$ (Mpa)	$\sigma_c$ (Mpa)	w (mm)
Modello 1 – Direzione 2	100	4750	10+10 $\phi 26$	10 $\phi 26$	169.8	-4.0	0.216
Modello 1 – Direzione 2	100	-5600	10+10 $\phi 26$	10 $\phi 26$	200.2	-4.7	0.267
Modello 1 – Direzione 1	100	-4000	10+10 $\phi 20$	10 $\phi 20$	236.6	-4.2	0.289
Modello 1 – Direzione 1	100	-900	5 $\phi 20$	5 $\phi 20$	202.6	-1.7	-

Tabella 6-3. Verifica flessionale

B (mm)	H (mm)	d (mm)	V (kN)	$\tau$ (MPa)	$\sigma_{\text{staffe}}$ (MPa)
1000	3000	2700	2600	1,07	213
1000	3000	2700	1300	0,53	-

\*spilli  $\phi 16/20 \times 20$  cm

Tabella 6-4. Verifica a taglio

### 6.5. Verifica al sollevamento della struttura

Nel seguito si riportano le verifiche al sollevamento del pozzo in esame effettuate sui pesi e le spinte globali agenti. A favore di sicurezza non si sono considerati i pesi dovuti alle scale e ai pianerottoli, oltre alla struttura in elevazione, trascurando inoltre l'attrito laterale con i diaframmi agente sul solettone di fondo e infine il contributo delle dime e di alcuni solai e setti secondari. Le aree sono state considerate al netto dei vuoti, indicati come percentuale dell'area totale. I pesi propri sono stati coefficientati con un fattore pari a 0.9, mentre le sollecitazioni sono state amplificate con un fattore pari a 1.1. La verifica risulta soddisfatta se il fattore di sicurezza indicato risulta maggiore dell'unità.

**Azioni stabilizzanti**

Elementi	Area m <sup>2</sup>	% vuoti	Area netta m <sup>2</sup>	spessore m	peso kN
Solettone	995,4	9%	905,8	3	67935
Solaio1	995,4	5%	945,6	1,5	35460
solaio2	995,4	5%	945,6	1,5	35460
solaio3	995,4	5%	945,6	1	23640
copertura	995,4	5%	945,6	1,5	35460
contropareti	4079,4	17%	3385,9	1,5	126970
setti	1320,0	15%	1122,0	1,5	42075

Peso TOT= 367002 kN

TOT x 0,9= 330301 kN

**Azione instabilizzante**

	A m <sup>2</sup>	% vuoti	Anetta m <sup>2</sup>	qw kPa	Sw kN
Sottospinta	995,4	0%	995,4	300	298615

Swx1,1= 328476 kN

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5103XCVROGN1BBX002A00 <span style="float: right;">Foglio 40 di 41</span>

## 7. MONITORAGGIO

### 7.1. Piano di monitoraggio

Il piano di monitoraggio prevede il controllo deformativo dei diaframmi costituenti la scatola esterna del pozzo, attraverso misure di spostamento della trave di testata e della struttura a quote inferiori.

Si prevede l'utilizzo di 80 mire ottiche; dovrà inoltre essere messo in opera un opportuno sistema di controllo del livello di falda.

### 7.2. Definizione dei valori soglia delle grandezze monitorate

Nel seguito si riportano i valori di deformazione da assumersi quale riferimento in fase di scavo dei diaframmi per i riferimenti topografici relativi alla trave di testata. Per i riferimenti relativi alle quote inferiori le soglie di attenzione e di allarme e il relativo gradiente di deformazione dovrà essere definito durante le lavorazioni, essendo la deformazione misurata necessariamente legata alla fase di installazione della mira stessa.

Le soglie di attenzione e di allarme sono espresse con riferimento allo spostamento assoluto dei diaframmi nel corso del singolo ribasso dello scavo e a scavo ultimato ed al gradiente con cui i fenomeni deformativi si manifestano.

	Spostamento assoluto		Gradiente	
	Soglia di attenzione	Soglia di allarme	Soglia di attenzione	Soglia di allarme
Durante le fasi di ribasso	15mm	25mm	8 mm/g	10mm/g
A scavo ultimato	20mm	30mm	5 mm/g	8mm/g

Spostamenti anomali del singolo riferimento topografico dovranno essere confermati attraverso una serie di letture ripetute in un arco temporale limitato.

Inoltre, i valori di spostamento sopra indicati non saranno valutati con riferimento al singolo riferimento topografico, ma verranno comparati con il valore medio dello spostamento registrato dal gruppo di riferimenti topografici appartenenti al medesimo settore di diaframmi in esame.

Per quanto riguarda i puntoni, si considera la soglia di attenzione pari all'80% del massimo carico valutato dalle modellazioni numeriche ed il 95% come soglia di allarme.

Il raggiungimento della soglia di attenzione comporterà il proseguimento delle lavorazioni secondo le indicazioni di progetto, associato all'intensificazione delle letture di monitoraggio dell'opera; l'eventuale raggiungimento della soglia di allarme comporterà la temporanea interruzione delle lavorazioni, per consentire l'interpretazione dei fenomeni deformativi in atto e la definizione delle necessarie misure correttive.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5103XCVROGN1BBX002A00	Foglio 41 di 41

## 8. ALLEGATI

# PLAXIS Report

## 1.1.1 General information

### General information

#### Project

Filename POZZO PARI.P2DX

Directory J:\396.01-COCIV-TERZO VALICO\LOTTI\_MT\OV42\02\_PD\_04\_GNVA\_GN1B - CAMERONE E POZZI DI ACCESSO\04\_ANALISI NUMERICHE\POZZO\POZZO CIRCOLARE\GN1BB\

Title POZZO PARI

#### General

Model Axisymmetry

Elements 15-Noded

#### Acceleration

Gravity angle -90,00°

x-acceleration 0,000 G

y-acceleration 0,000 G

Earth gravity 9,810 m/s<sup>2</sup>

#### Mesh

Nr of soil elements 4752

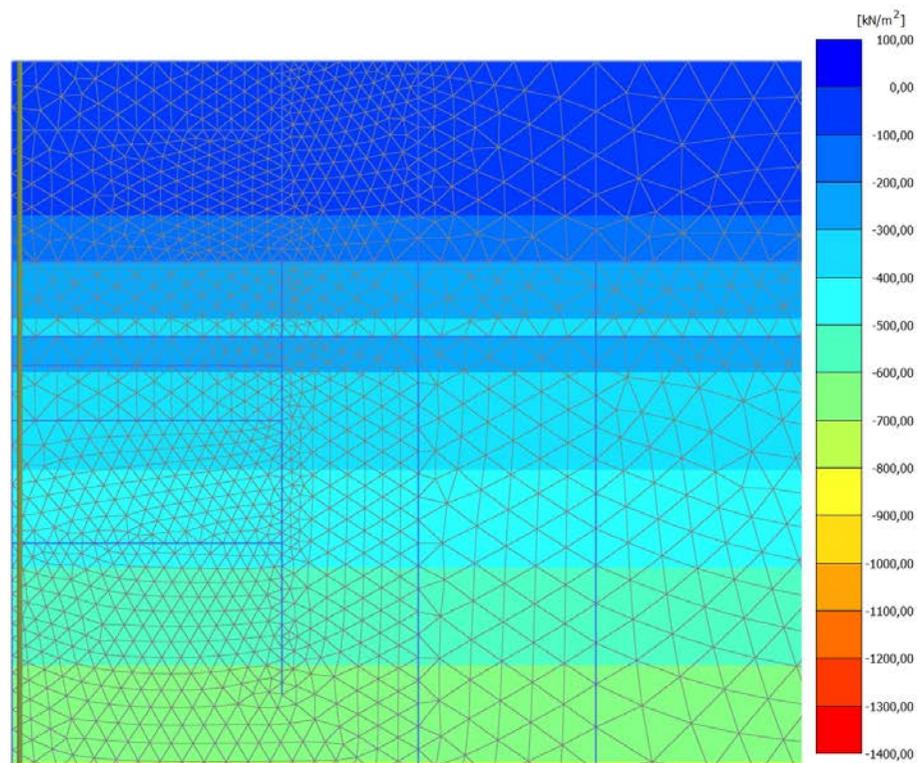
Nr of nodes 39056

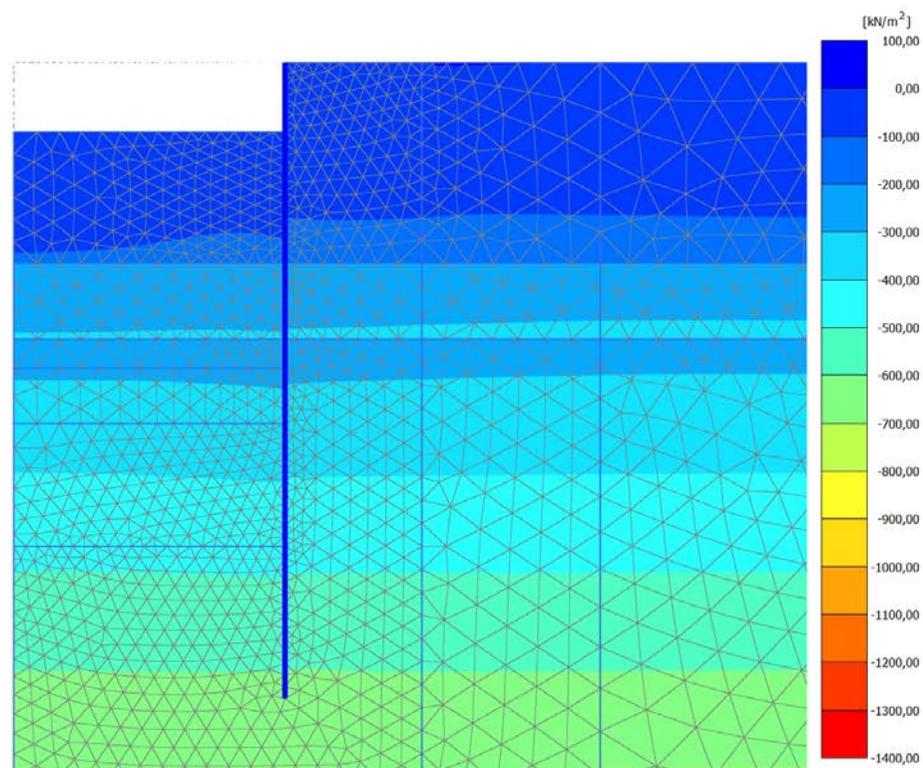
Average elem. size 1,451 m

#### Comments

## 4.1.1 Calculation results, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Cartesian total stress

xx

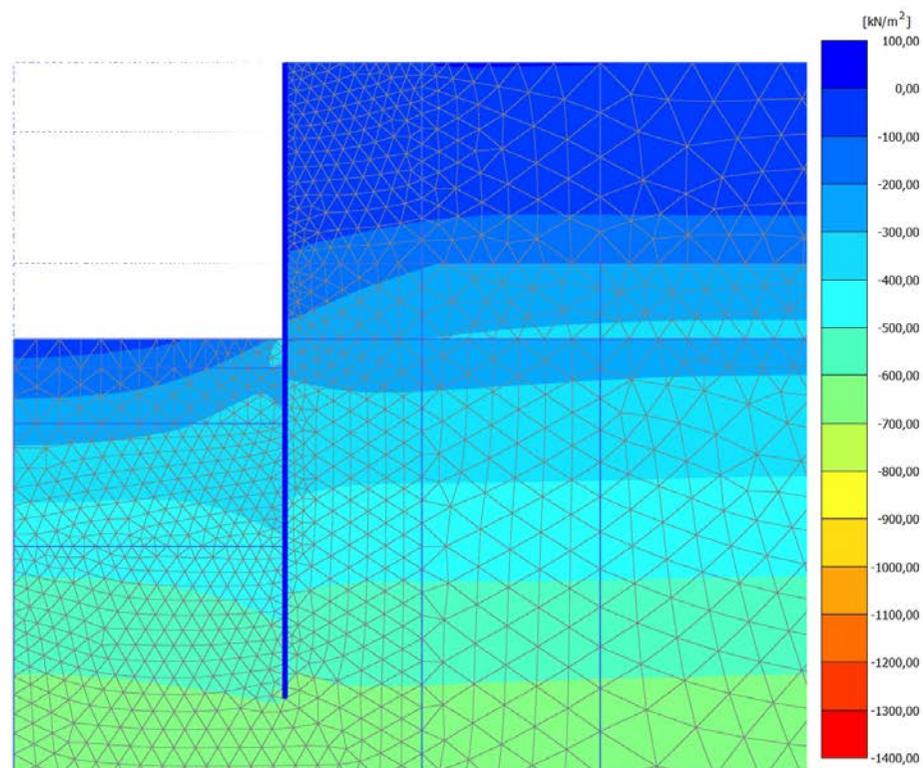
**Cartesian total stress  $\sigma_{xx}$** Maximum value =  $1,043 \cdot 10^{-3}$  kN/m<sup>2</sup> (Element 373 at Node 12601)Minimum value = -1392 kN/m<sup>2</sup> (Element 4703 at Node 38224)

4.1.2 Calculation results, SCAVO1 [Phase\_3] (3/9), Cartesian total stress  $\sigma_{xx}$ 

Cartesian total stress  $\sigma_{xx}$

Maximum value = 2,456 kN/m<sup>2</sup> (Element 472 at Node 7384)

Minimum value = -1391 kN/m<sup>2</sup> (Element 4700 at Node 38962)

4.1.3 Calculation results, SCAVO2 [Phase\_4] (4/12), Cartesian total stress  $\sigma_{xx}$ 

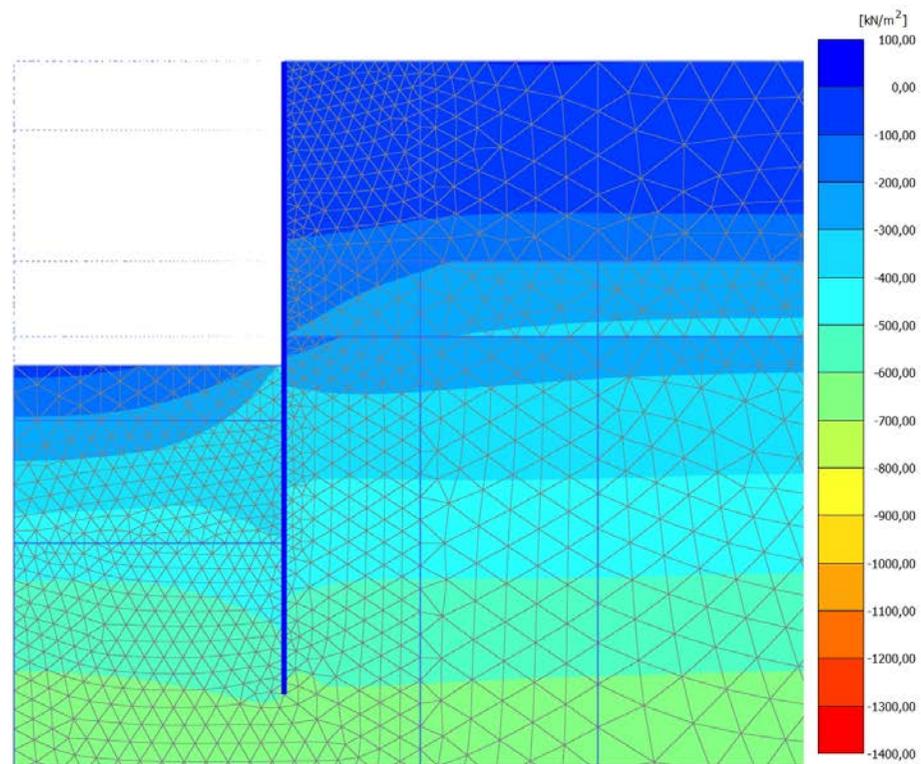
**Cartesian total stress  $\sigma_{xx}$**

Maximum value = 2,295 kN/m<sup>2</sup> (Element 374 at Node 11323)

Minimum value = -1390 kN/m<sup>2</sup> (Element 4700 at Node 38962)

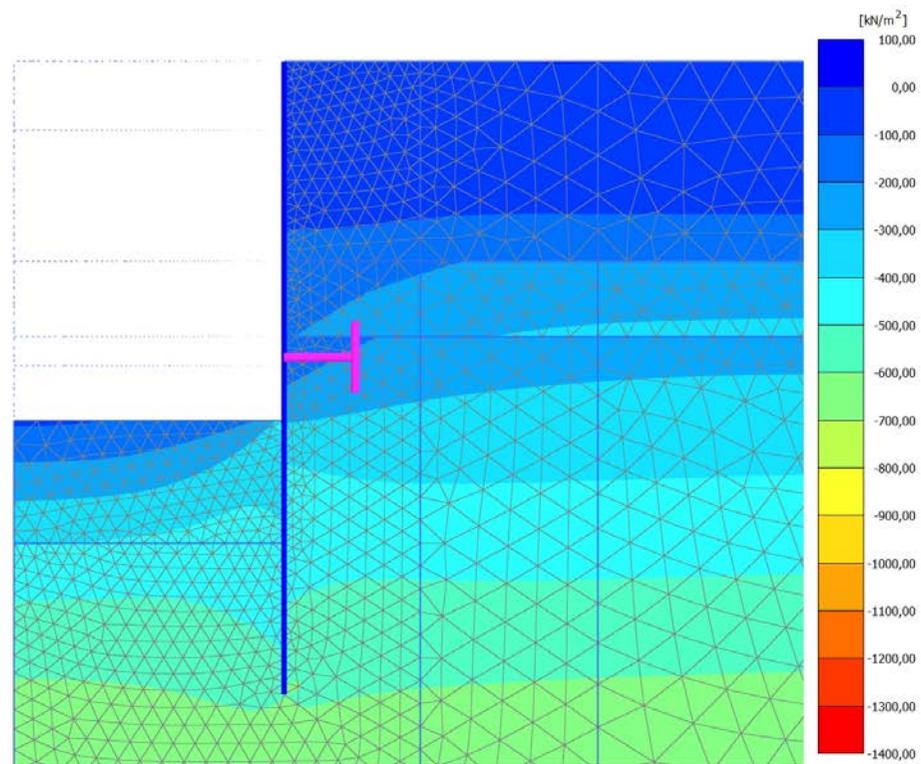
## 4.1.4 Calculation results, SCAVO3 - TR120 [Phase\_5] (5/15), Cartesian total stress

xx

**Cartesian total stress  $\sigma_{xx}$** Maximum value = 2,190 kN/m<sup>2</sup> (Element 374 at Node 11323)Minimum value = -1390 kN/m<sup>2</sup> (Element 4700 at Node 38962)

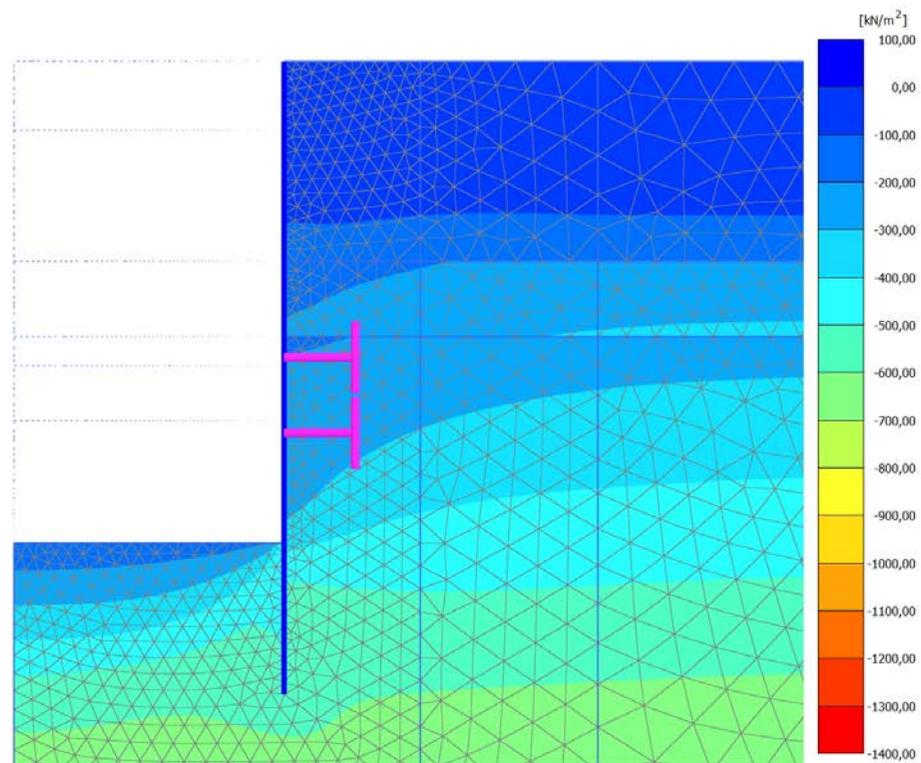
## 4.1.5 Calculation results, SCAVO4 - TR120 [Phase\_6] (6/18), Cartesian total stress

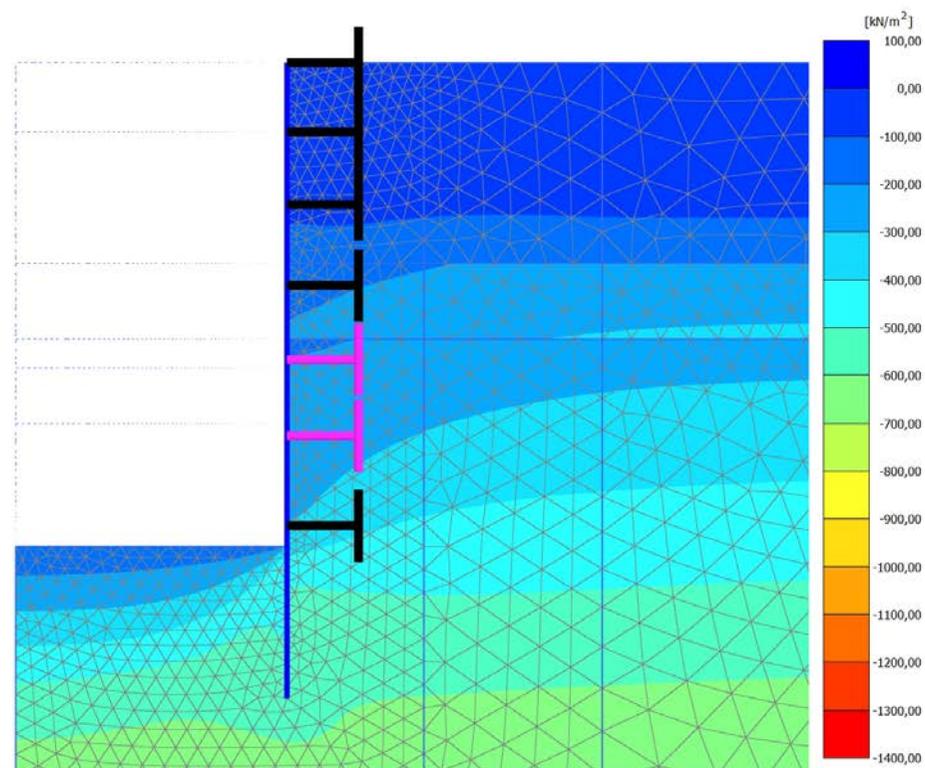
xx

**Cartesian total stress  $\sigma_{xx}$** Maximum value = 1,604 kN/m<sup>2</sup> (Element 374 at Node 11323)Minimum value = -1390 kN/m<sup>2</sup> (Element 4700 at Node 38962)

## 4.1.6 Calculation results, FONDO SCAVO [Phase\_7] (7/21), Cartesian total stress

xx

**Cartesian total stress  $\sigma_{xx}$** Maximum value = 0,4392 kN/m<sup>2</sup> (Element 374 at Node 11327)Minimum value = -1389 kN/m<sup>2</sup> (Element 4700 at Node 38962)

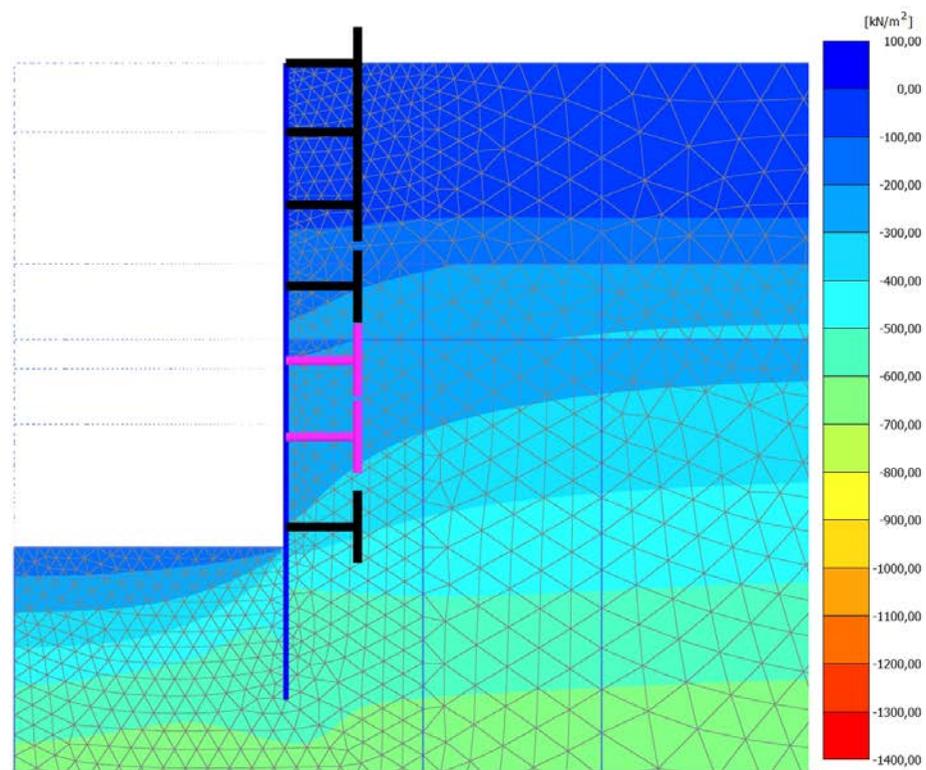
4.1.7 Calculation results, INTERNI [Phase\_9] (9/69), Cartesian total stress  $\sigma_{xx}$ 

Cartesian total stress  $\sigma_{xx}$

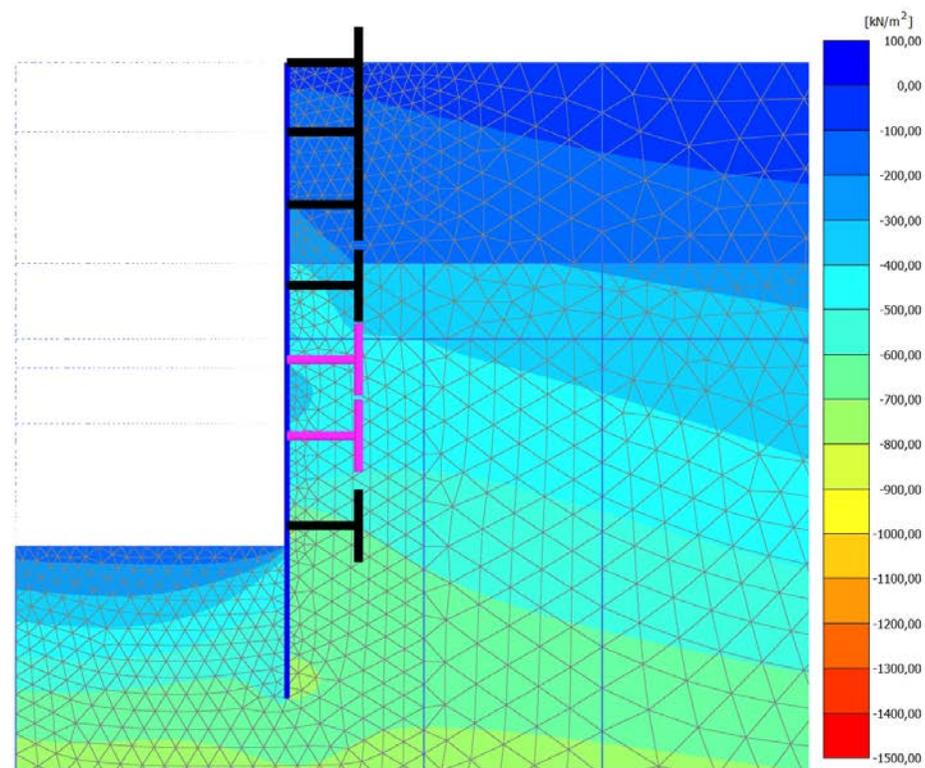
Maximum value = 0,4859 kN/m<sup>2</sup> (Element 374 at Node 11327)

Minimum value = -1390 kN/m<sup>2</sup> (Element 4700 at Node 38962)

4.1.8 Calculation results, LT [Phase\_10] (10/71), Cartesian total stress  $\sigma_{xx}$



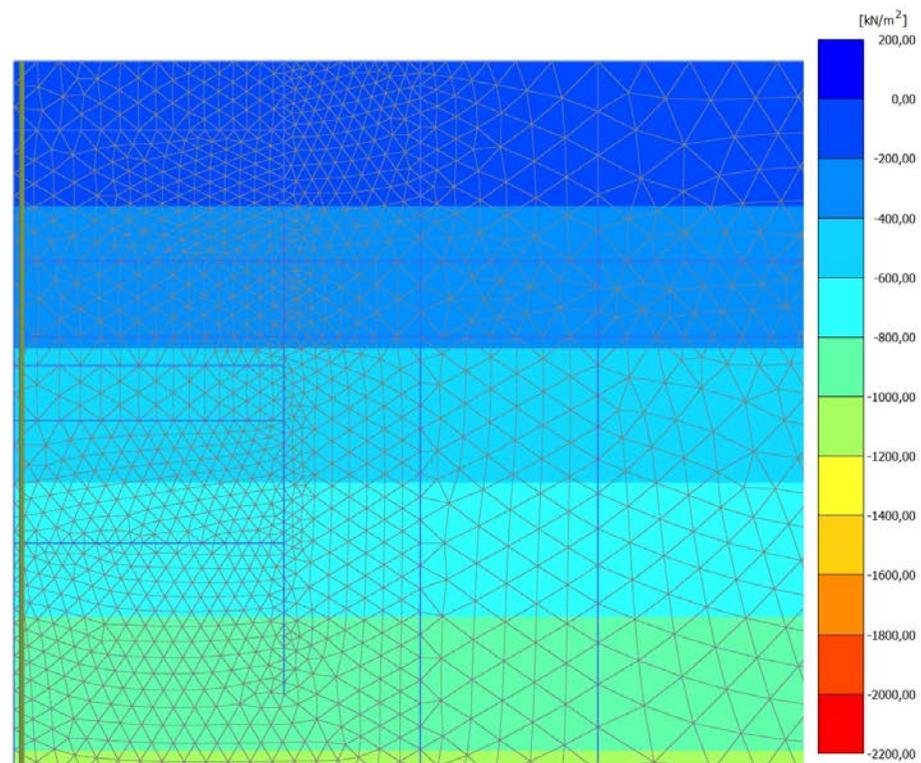
**Cartesian total stress  $\sigma_{xx}$**   
 Maximum value = 0,4938 kN/m<sup>2</sup> (Element 327 at Node 4357)  
 Minimum value = -1389 kN/m<sup>2</sup> (Element 4700 at Node 38962)

4.1.9 Calculation results, SISMA [Phase\_11] (11/76), Cartesian total stress  $\sigma_{xx}$ 

Cartesian total stress  $\sigma_{xx}$

Maximum value = 1,828 kN/m<sup>2</sup> (Element 543 at Node 14783)

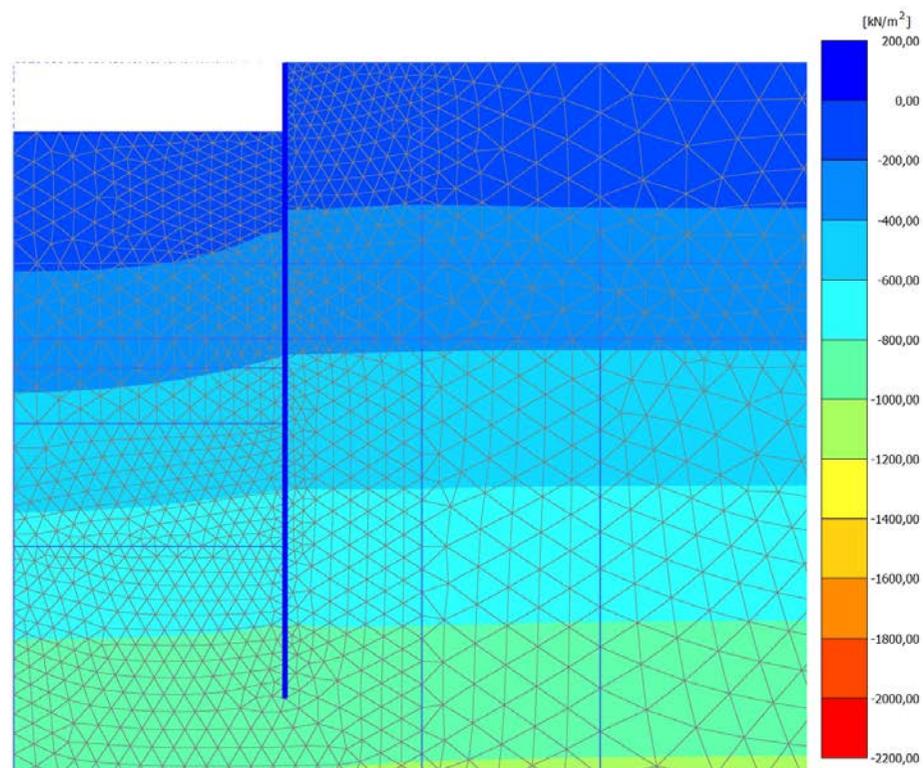
Minimum value = -1405 kN/m<sup>2</sup> (Element 4637 at Node 20860)

4.2.1 Calculation results, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Cartesian total stress  $\sigma_{yy}$ 

Cartesian total stress  $\sigma_{yy}$

Maximum value =  $2,219 \cdot 10^{-3}$  kN/m<sup>2</sup> (Element 373 at Node 12601)

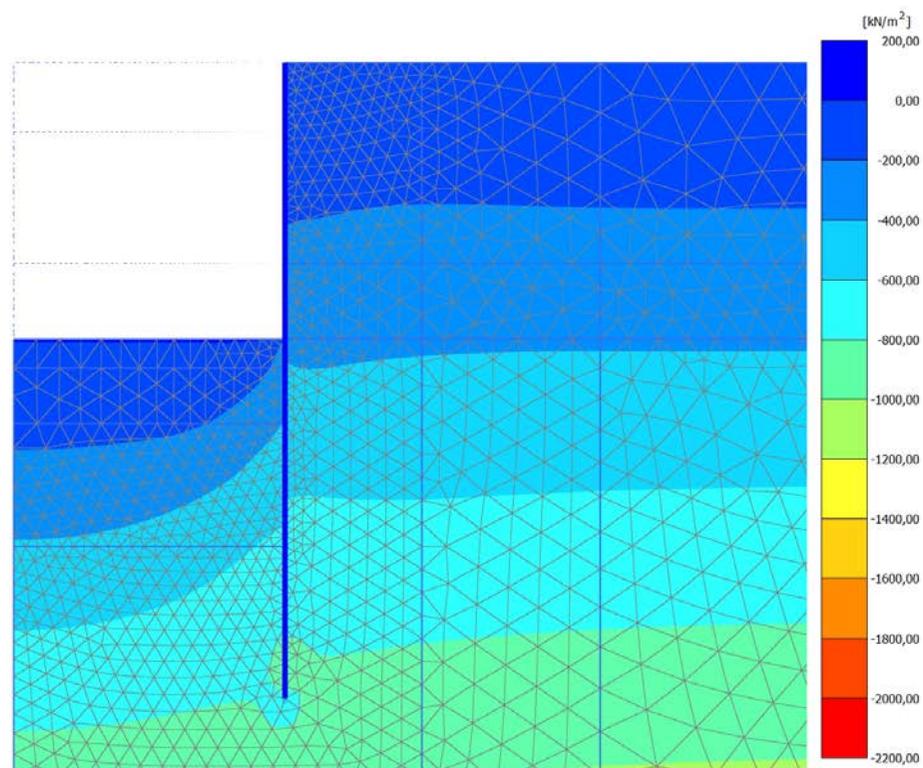
Minimum value = -2023 kN/m<sup>2</sup> (Element 4703 at Node 38224)

4.2.2 Calculation results, SCAVO1 [Phase\_3] (3/9), Cartesian total stress  $\sigma_{yy}$ 

Cartesian total stress  $\sigma_{yy}$

Maximum value = 3,855 kN/m<sup>2</sup> (Element 745 at Node 95)

Minimum value = -2022 kN/m<sup>2</sup> (Element 4709 at Node 38959)

4.2.3 Calculation results, SCAVO2 [Phase\_4] (4/12), Cartesian total stress  $\sigma_{yy}$ 

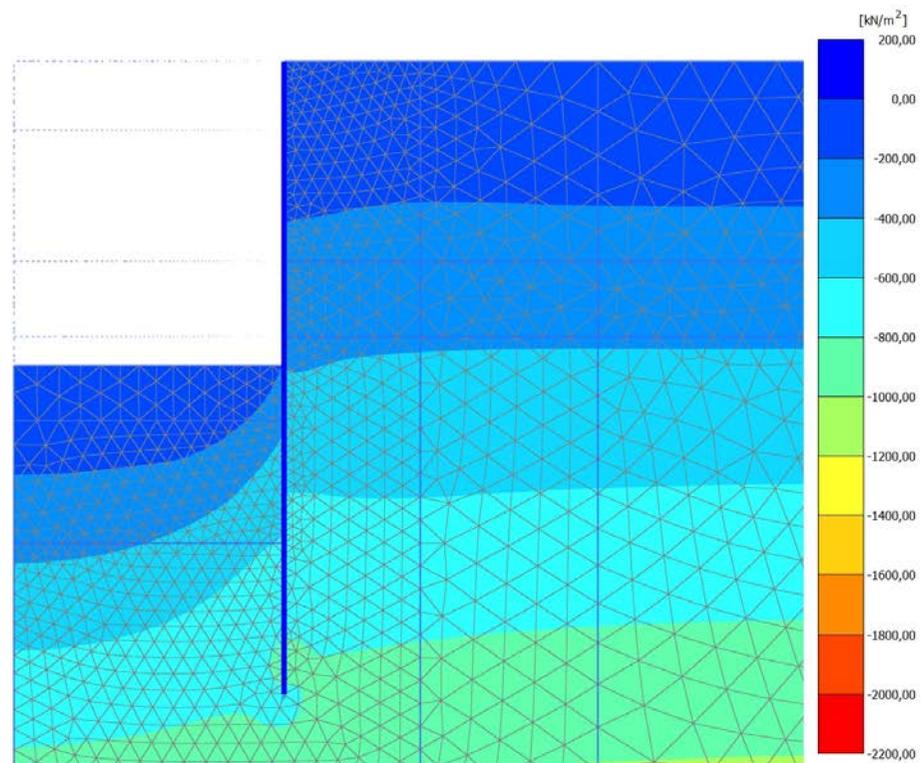
**Cartesian total stress  $\sigma_{yy}$**

Maximum value = 10,91  $\text{kN/m}^2$  (Element 1415 at Node 1905)

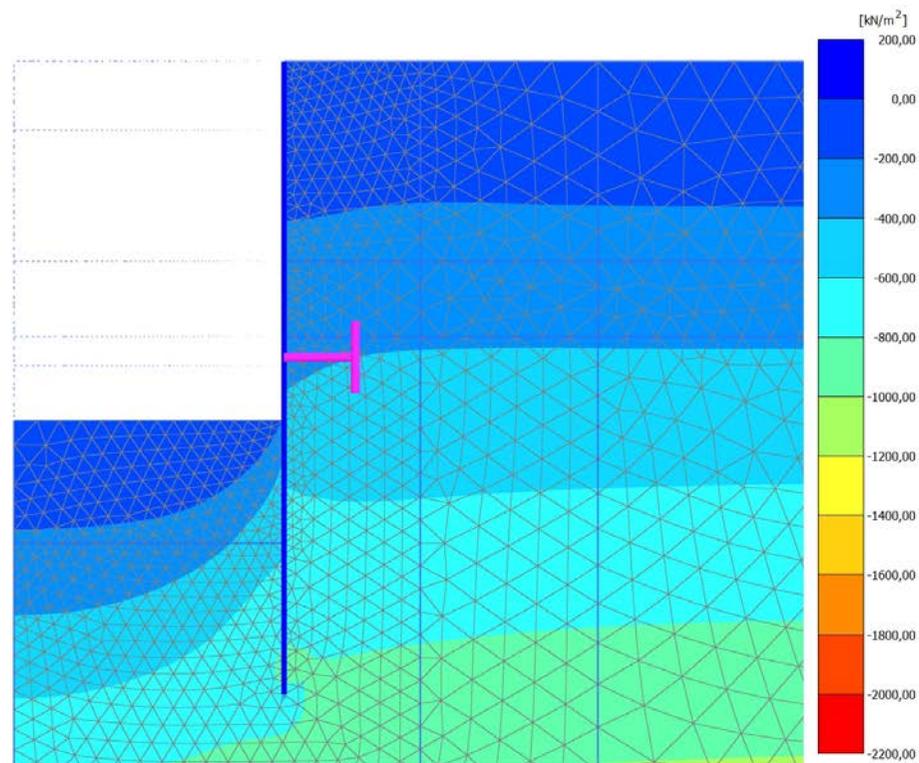
Minimum value = -2018  $\text{kN/m}^2$  (Element 4709 at Node 38959)

## 4.2.4 Calculation results, SCAVO3 - TR120 [Phase\_5] (5/15), Cartesian total stress

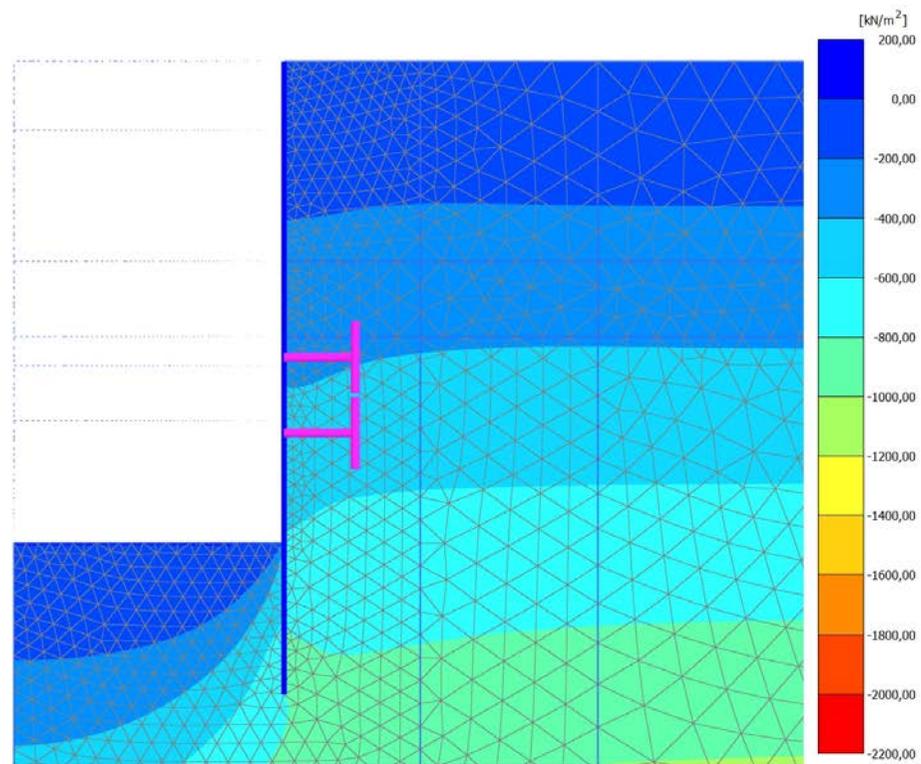
yy

**Cartesian total stress  $\sigma_{yy}$** Maximum value = 0,8798 kN/m<sup>2</sup> (Element 1518 at Node 7152)Minimum value = -2018 kN/m<sup>2</sup> (Element 4709 at Node 38959)

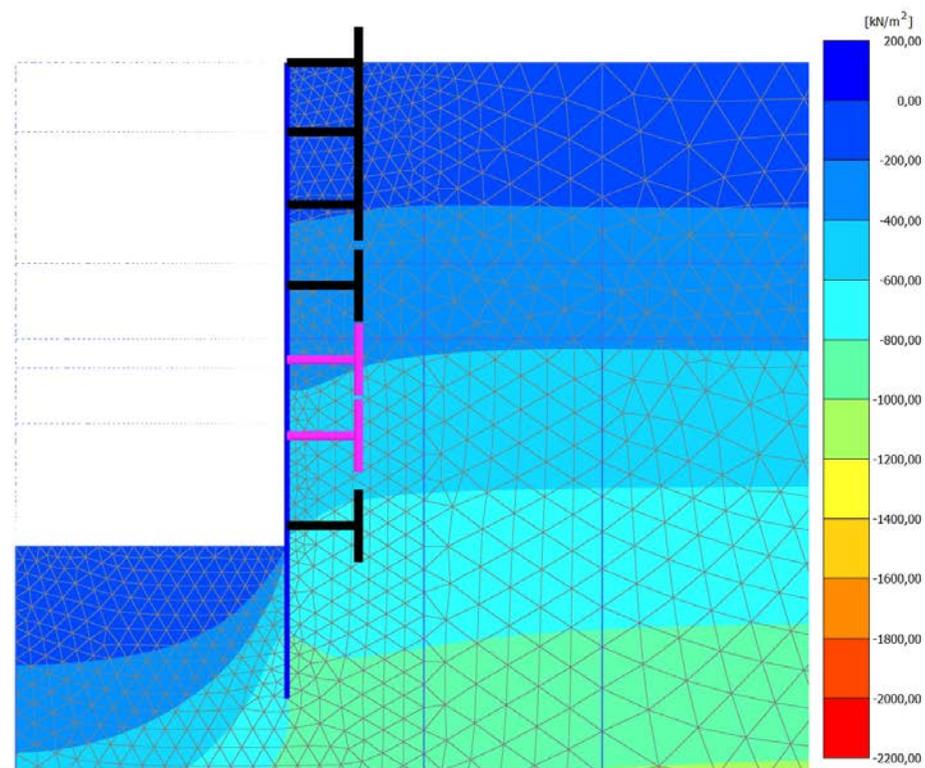
## 4.2.5 Calculation results, SCAVO4 - TR120 [Phase\_6] (6/18), Cartesian total stress

 $\sigma_{yy}$ **Cartesian total stress  $\sigma_{yy}$** Maximum value = 1,697  $\text{kN/m}^2$  (Element 1569 at Node 3667)Minimum value = -2017  $\text{kN/m}^2$  (Element 4709 at Node 38959)

4.2.6 Calculation results, FONDO SCAVO [Phase\_7] (7/21), Cartesian total stress  $\sigma_{yy}$



**Cartesian total stress  $\sigma_{yy}$**   
 Maximum value = 6,569 kN/m<sup>2</sup> (Element 3385 at Node 6557)  
 Minimum value = -2015 kN/m<sup>2</sup> (Element 4709 at Node 38959)

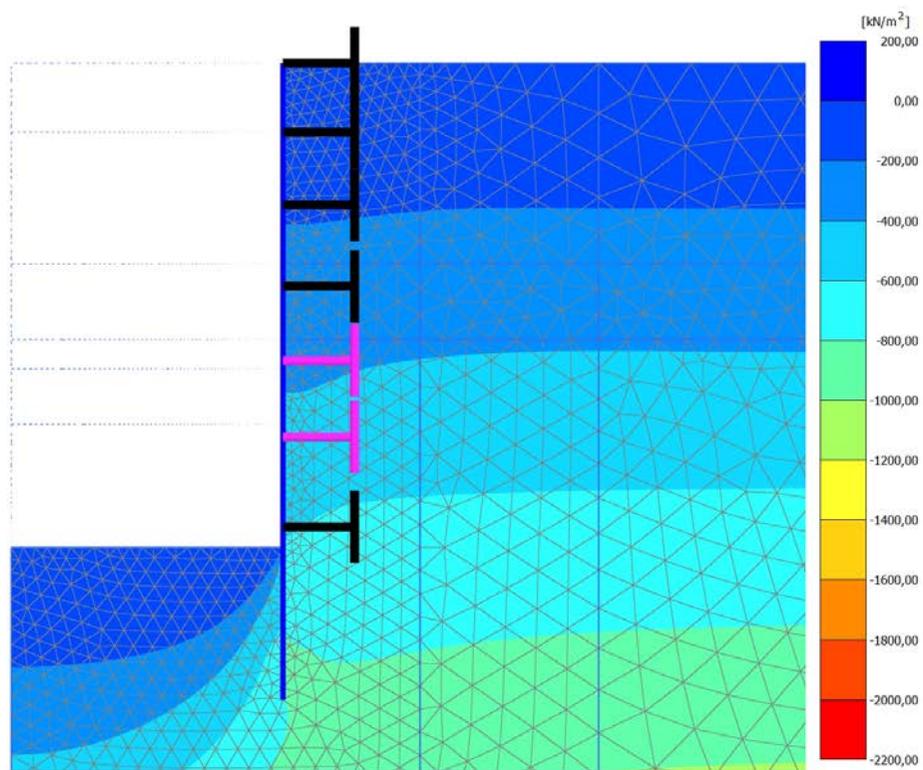
4.2.7 Calculation results, INTERNI [Phase\_9] (9/69), Cartesian total stress  $\sigma_{yy}$ 

Cartesian total stress  $\sigma_{yy}$

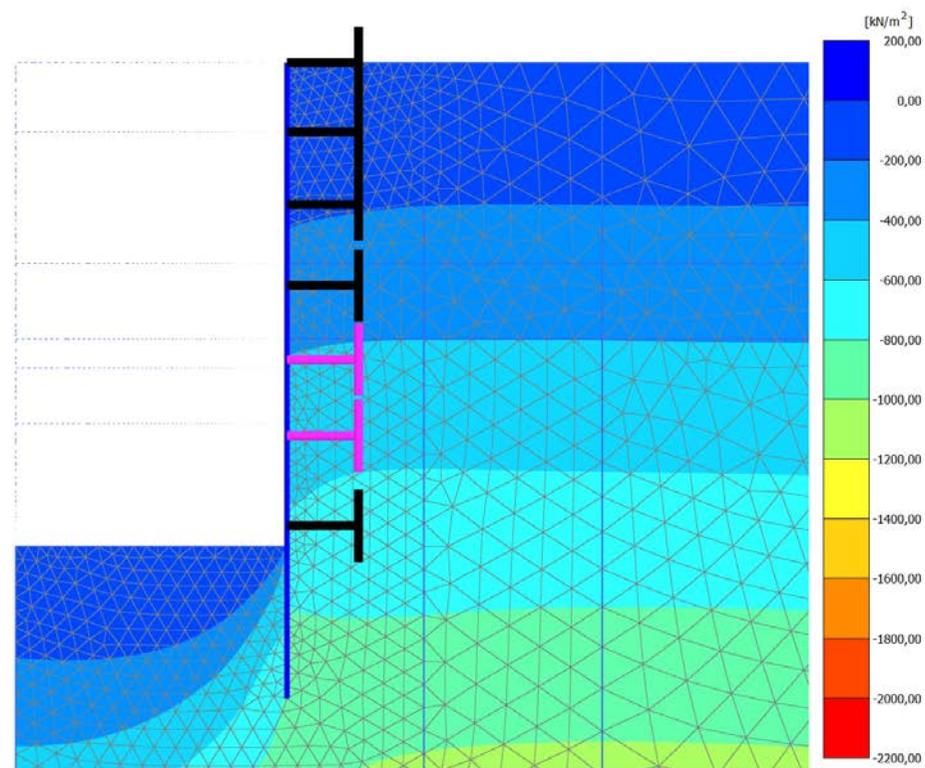
Maximum value = 16,79 kN/m<sup>2</sup> (Element 3530 at Node 14967)

Minimum value = -2015 kN/m<sup>2</sup> (Element 4709 at Node 38959)

4.2.8 Calculation results, LT [Phase\_10] (10/71), Cartesian total stress  $\sigma_{yy}$



**Cartesian total stress  $\sigma_{yy}$**   
 Maximum value = 16,44 kN/m<sup>2</sup> (Element 3530 at Node 14967)  
 Minimum value = -2014 kN/m<sup>2</sup> (Element 4709 at Node 38959)

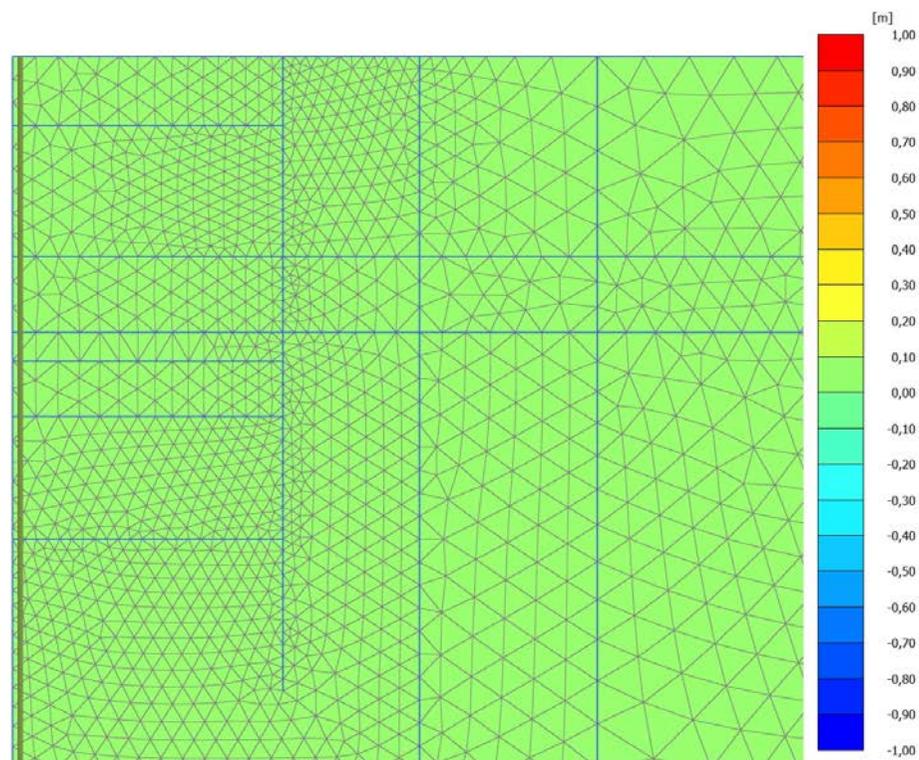
4.2.9 Calculation results, SISMA [Phase\_11] (11/76), Cartesian total stress  $\sigma_{yy}$ 

Cartesian total stress  $\sigma_{yy}$

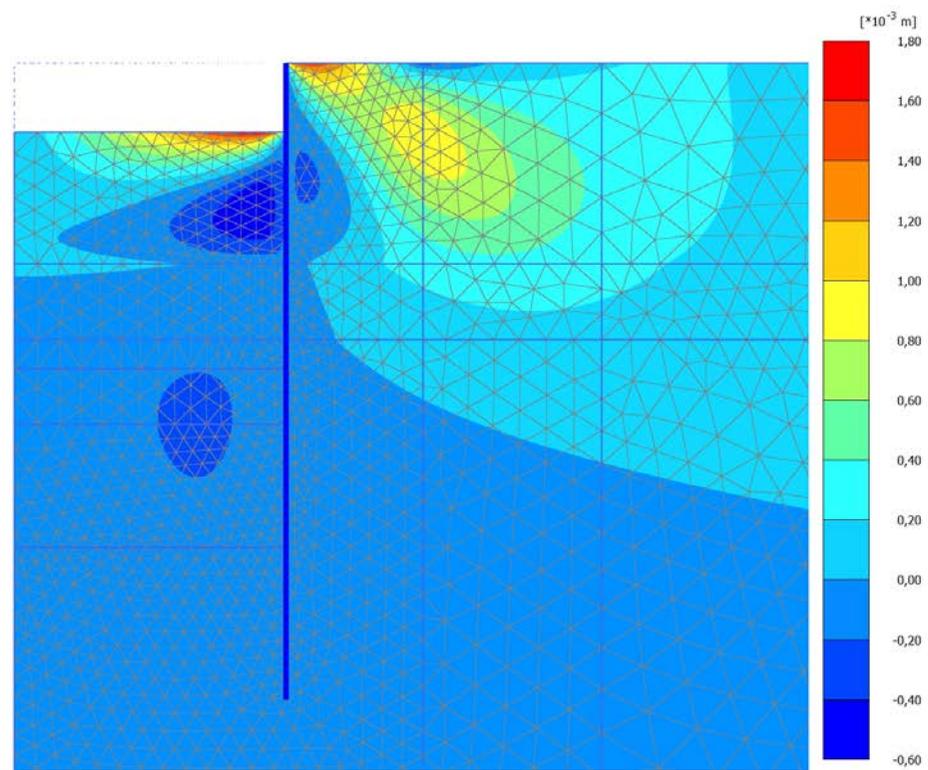
Maximum value = 16,62 kN/m<sup>2</sup> (Element 3530 at Node 14967)

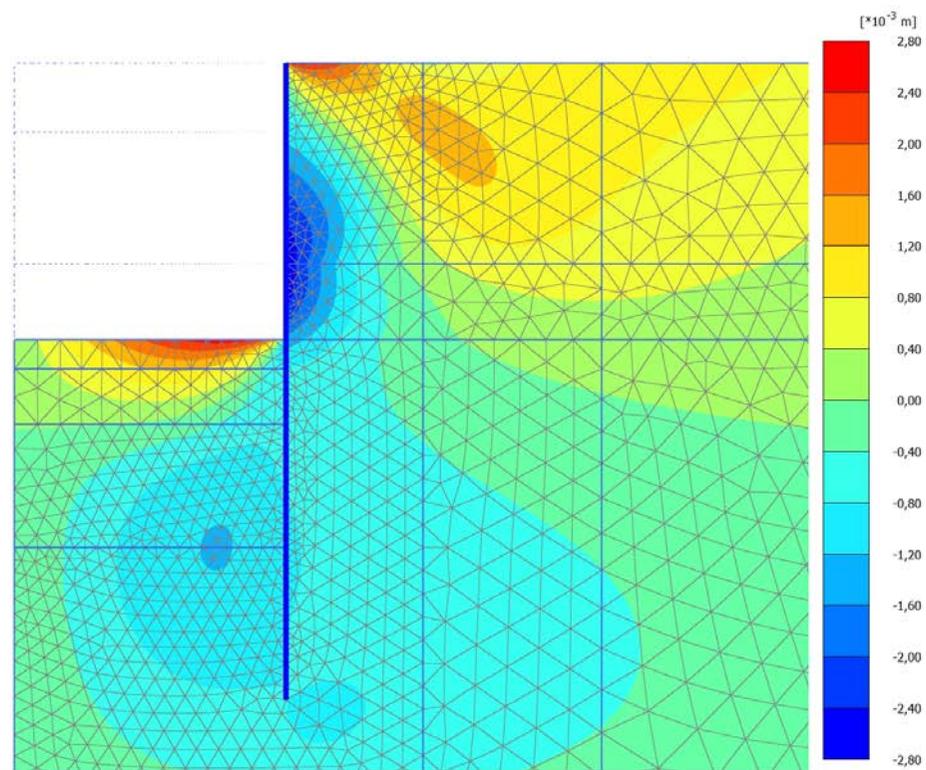
Minimum value = -2084 kN/m<sup>2</sup> (Element 4717 at Node 18418)

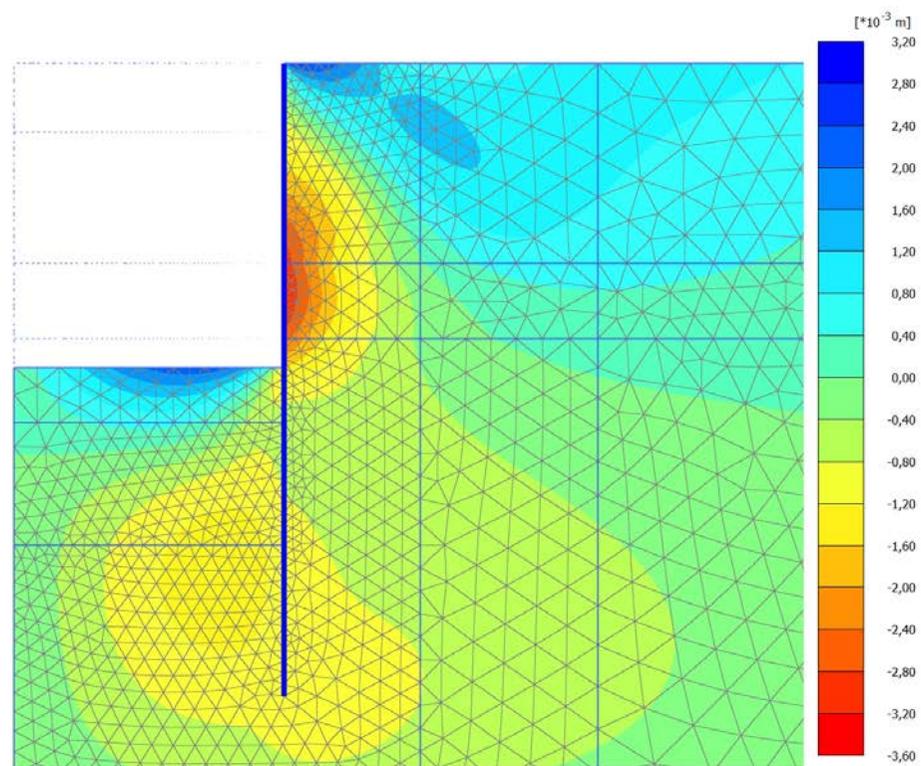
### 4.3.1 Calculation results, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Total displacements $u_x$



**Total displacements  $u_x$**   
 Uniform value of 0,000 m

4.3.2 Calculation results, SCAVO1 [Phase\_3] (3/9), Total displacements  $u_x$ **Total displacements  $u_x$** Maximum value =  $1,728 \times 10^{-3}$  m (Element 982 at Node 3050)Minimum value =  $-0,5613 \times 10^{-3}$  m (Element 964 at Node 5223)

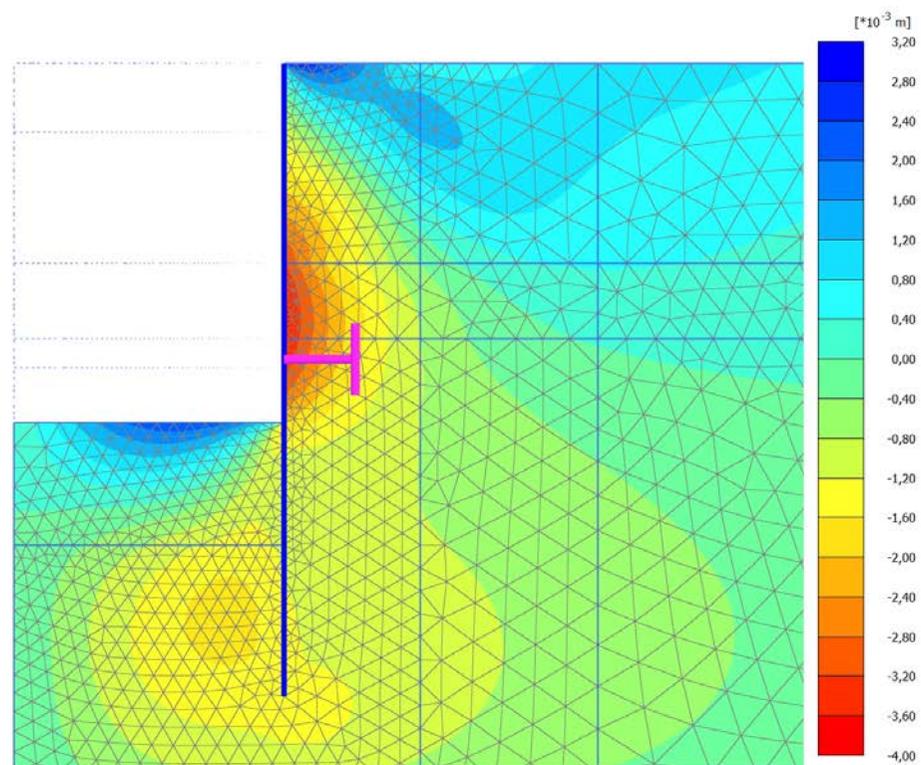
4.3.3 Calculation results, SCAVO2 [Phase\_4] (4/12), Total displacements  $u_x$ **Total displacements  $u_x$** Maximum value = 2,790  $10^{-3}$  m (Element 366 at Node 2069)Minimum value = -2,789  $10^{-3}$  m (Element 1194 at Node 8410)

4.3.4 Calculation results, SCAVO3 - TR120 [Phase\_5] (5/15), Total displacements  $u_x$ 

**Total displacements  $u_x$**

Maximum value =  $2,968 \cdot 10^{-3}$  m (Element 366 at Node 2069)

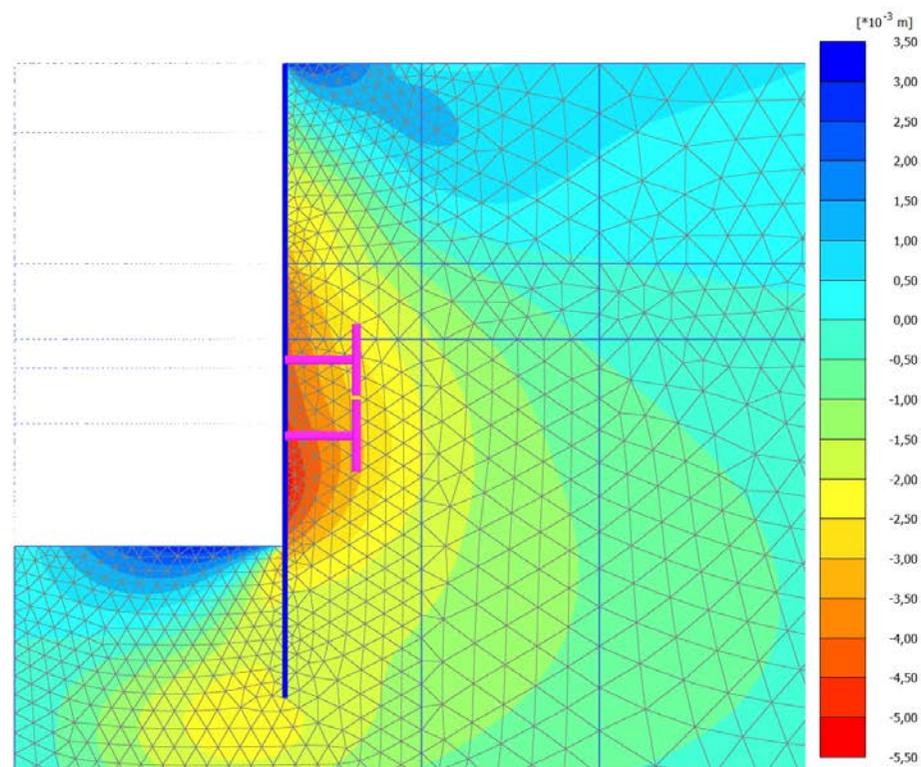
Minimum value =  $-3,264 \cdot 10^{-3}$  m (Element 1204 at Node 8146)

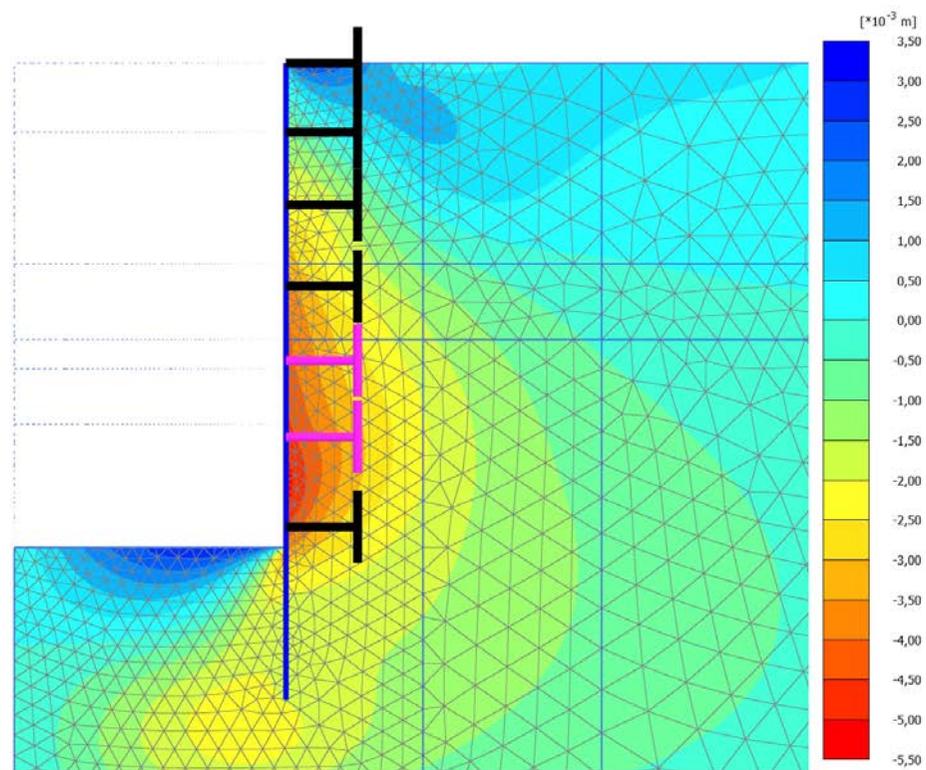
4.3.5 Calculation results, SCAVO4 - TR120 [Phase\_6] (6/18), Total displacements  $u_x$ 

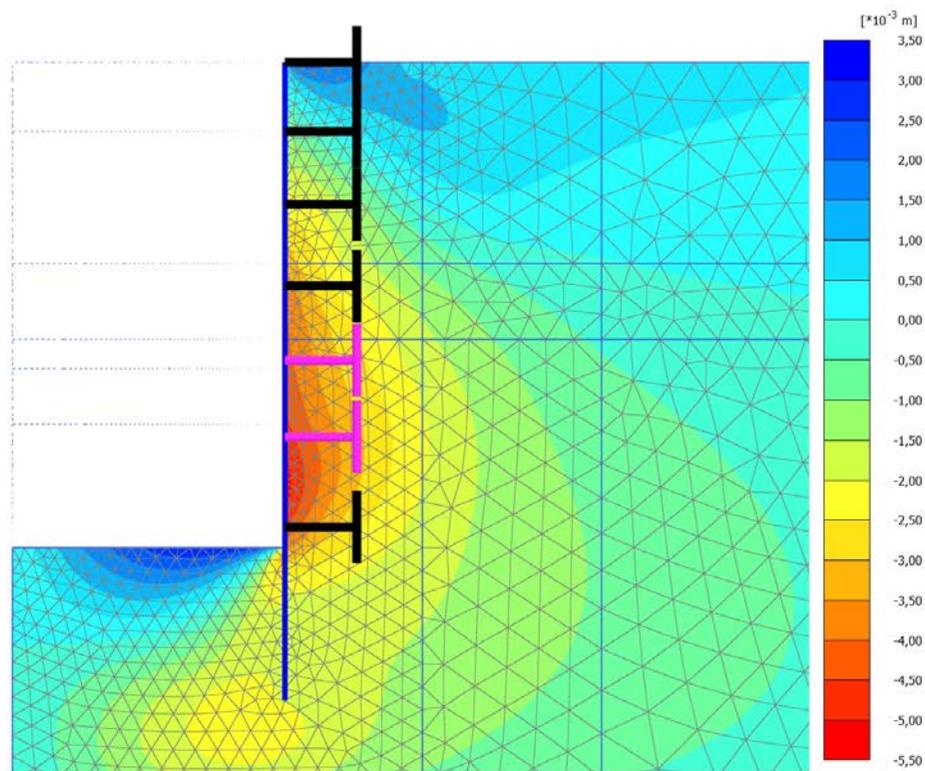
**Total displacements  $u_x$**

Maximum value =  $3,158 \cdot 10^{-3}$  m (Element 366 at Node 2069)

Minimum value =  $-3,755 \cdot 10^{-3}$  m (Element 1205 at Node 8283)

4.3.6 Calculation results, FONDO SCAVO [Phase\_7] (7/21), Total displacements  $u_x$ **Total displacements  $u_x$** Maximum value =  $3,290 \cdot 10^{-3}$  m (Element 366 at Node 2069)Minimum value =  $-5,259 \cdot 10^{-3}$  m (Element 3527 at Node 13288)

4.3.7 Calculation results, INTERNI [Phase\_9] (9/69), Total displacements  $u_x$ **Total displacements  $u_x$** Maximum value =  $3,309 \cdot 10^{-3}$  m (Element 366 at Node 2069)Minimum value =  $-5,243 \cdot 10^{-3}$  m (Element 3527 at Node 13288)

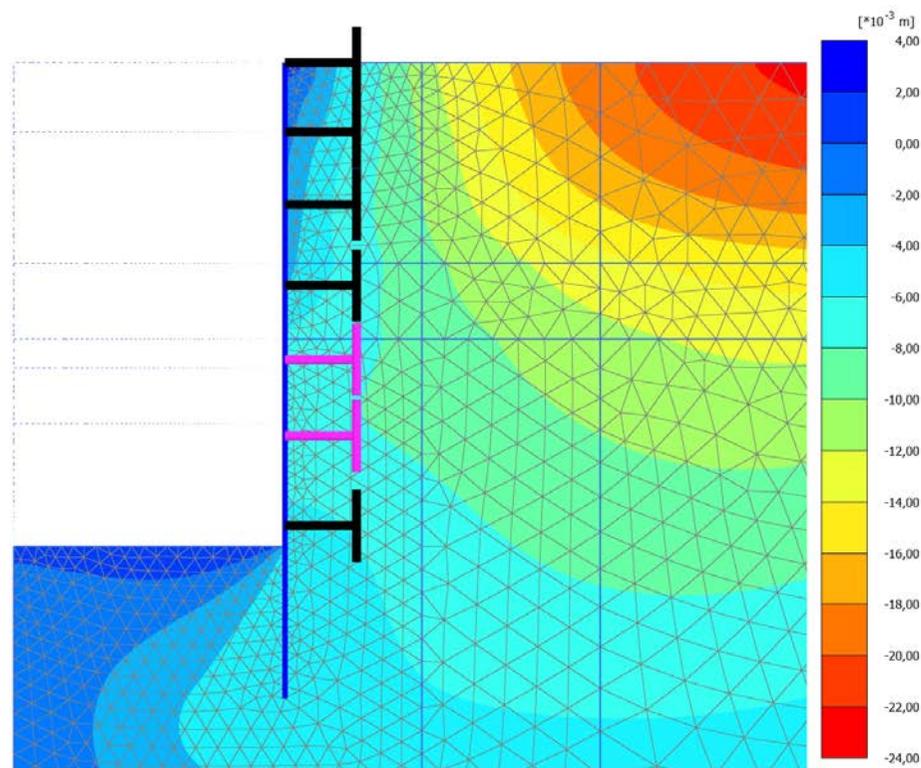
4.3.8 Calculation results, LT [Phase\_10] (10/71), Total displacements  $u_x$ 

**Total displacements  $u_x$**

Maximum value =  $3,070 \times 10^{-3}$  m (Element 366 at Node 2069)

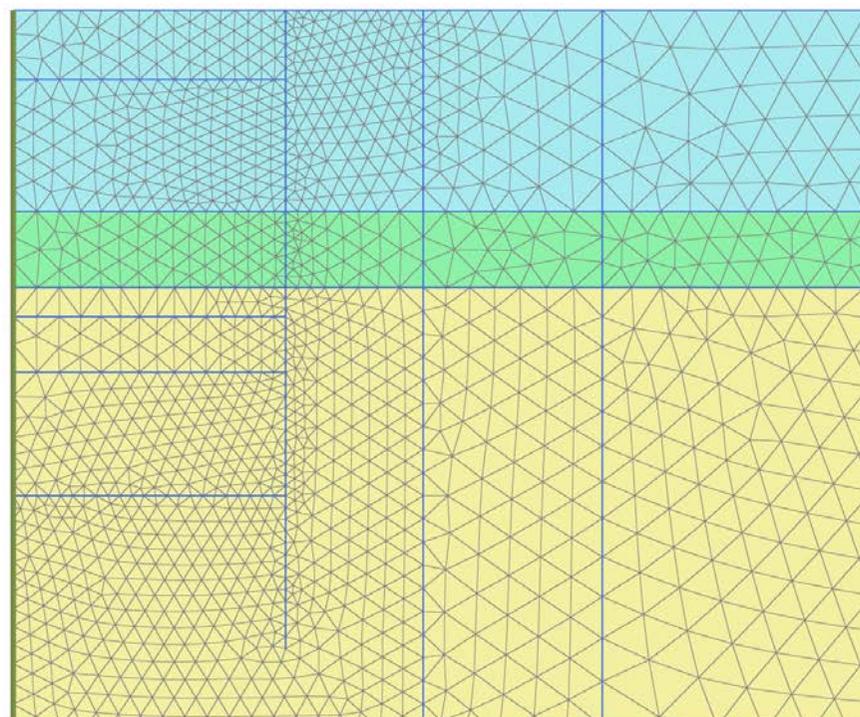
Minimum value =  $-5,237 \times 10^{-3}$  m (Element 3527 at Node 13288)

4.3.9 Calculation results, SISMA [Phase\_11] (11/76), Total displacements  $u_x$

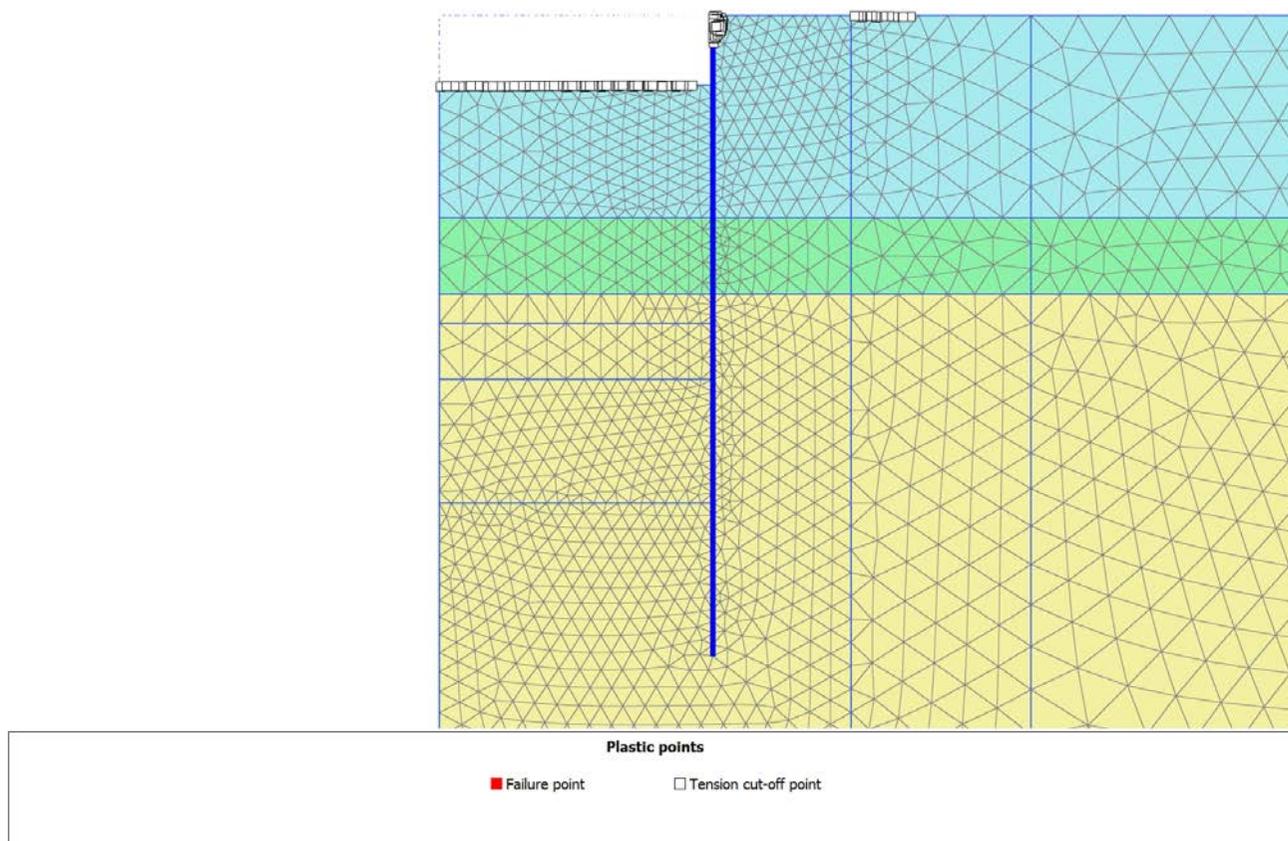


**Total displacements  $u_x$**   
 Maximum value =  $2,370 \cdot 10^{-3}$  m (Element 366 at Node 2069)  
 Minimum value =  $-0,02277$  m (Element 492 at Node 13713)

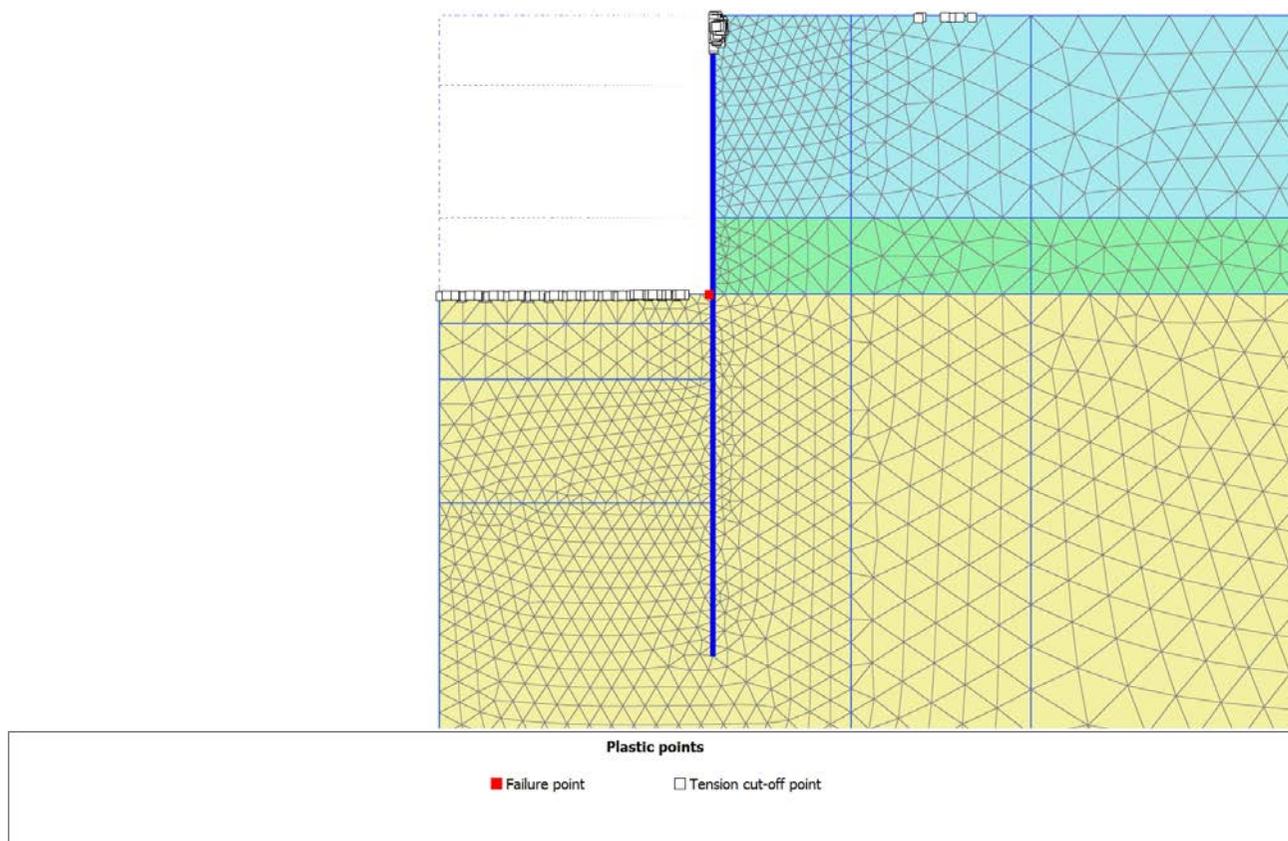
### 4.4.1 Calculation results, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Plastic points



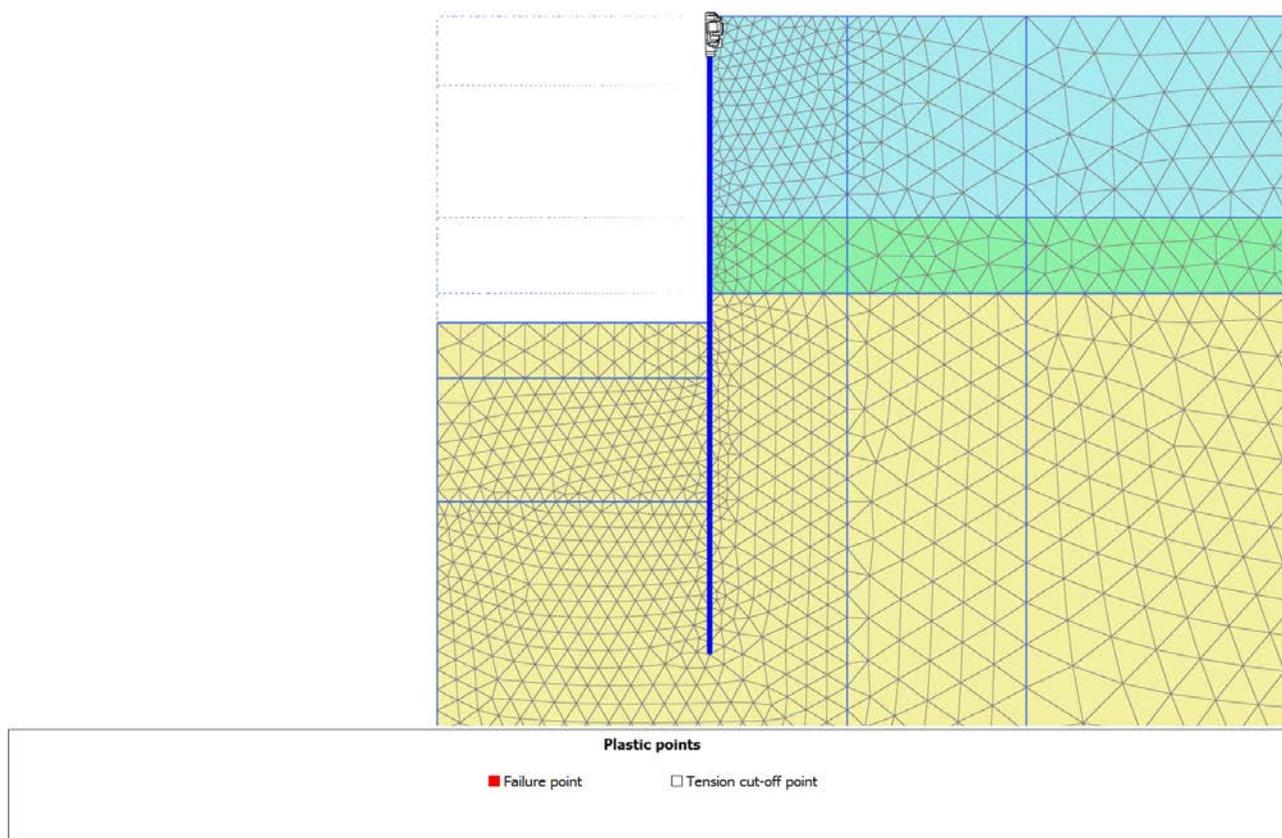
### 4.4.2 Calculation results, SCAVO1 [Phase\_3] (3/9), Plastic points



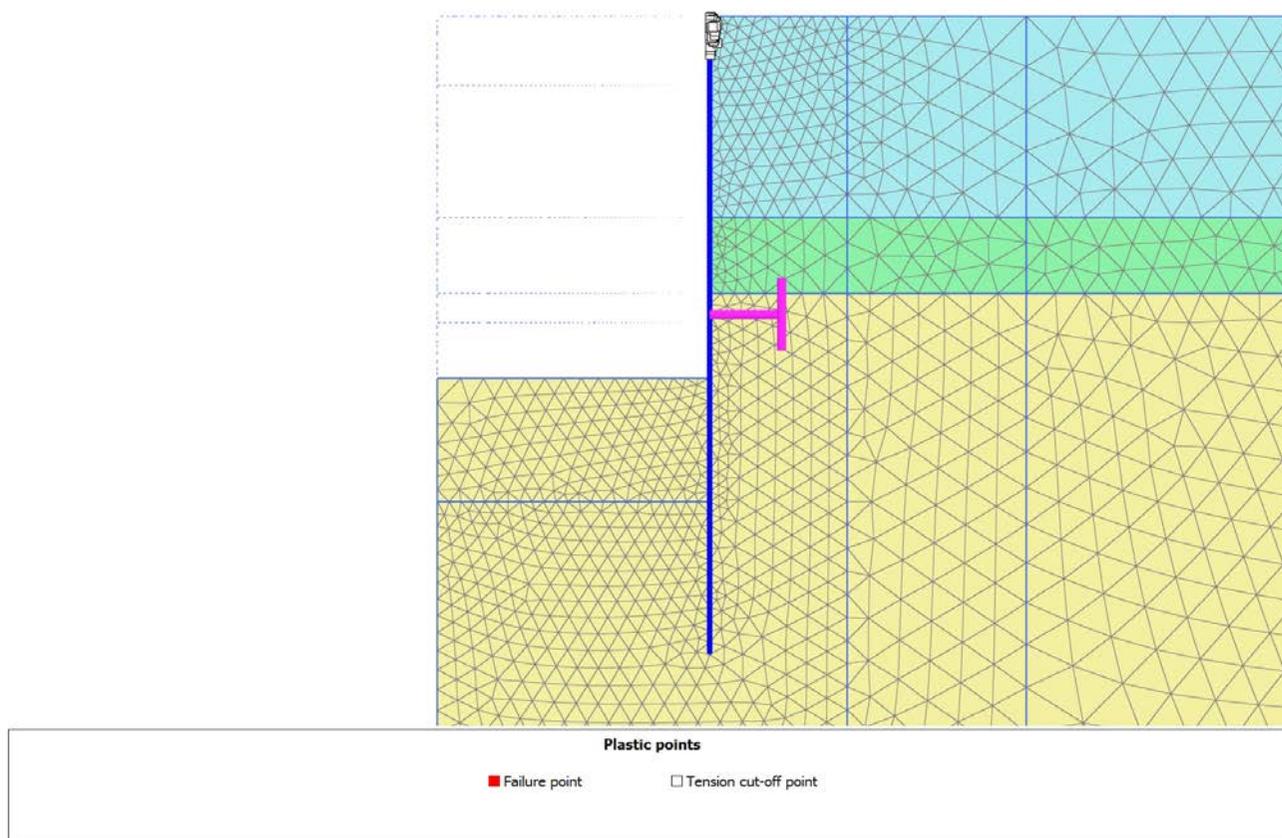
### 4.4.3 Calculation results, SCAVO2 [Phase\_4] (4/12), Plastic points



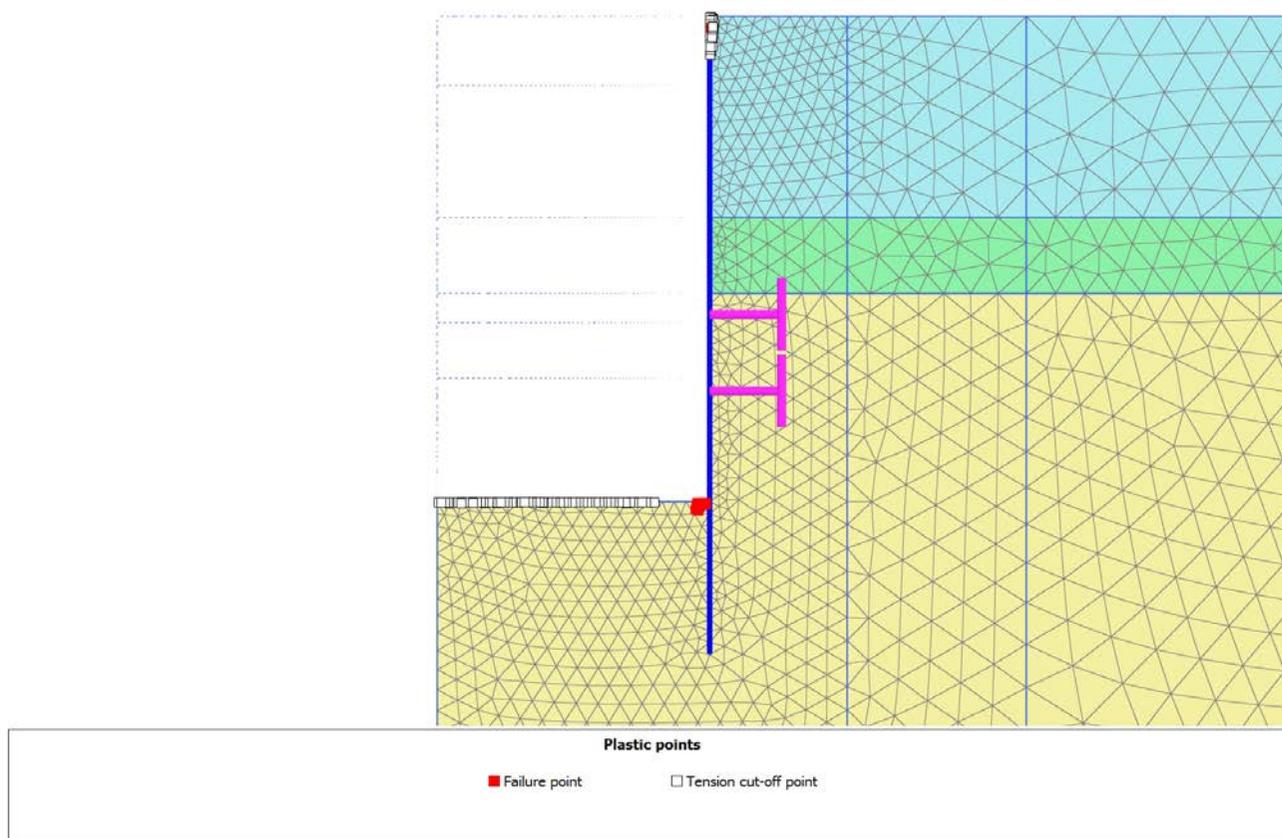
#### 4.4.4 Calculation results, SCAVO3 - TR120 [Phase\_5] (5/15), Plastic points



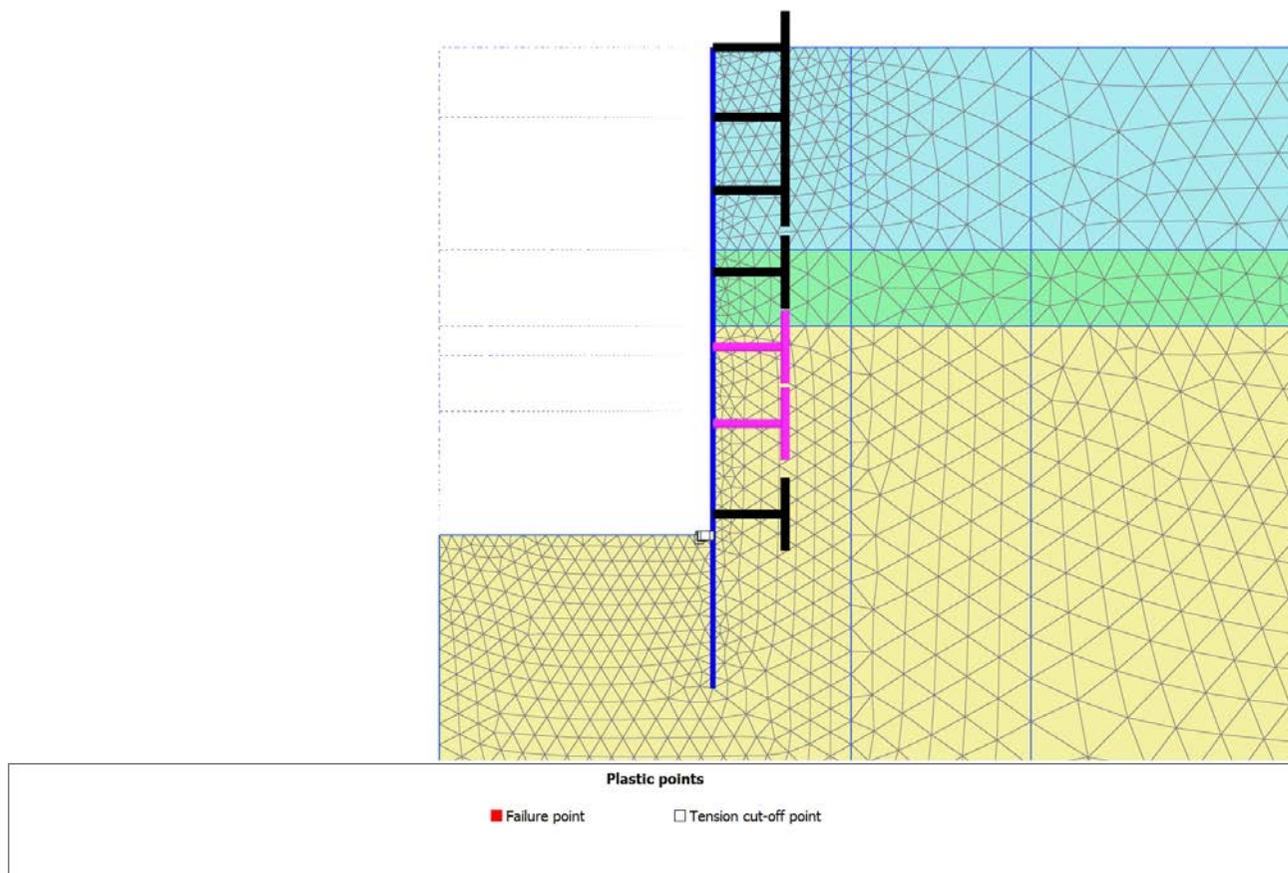
### 4.4.5 Calculation results, SCAVO4 - TR120 [Phase\_6] (6/18), Plastic points



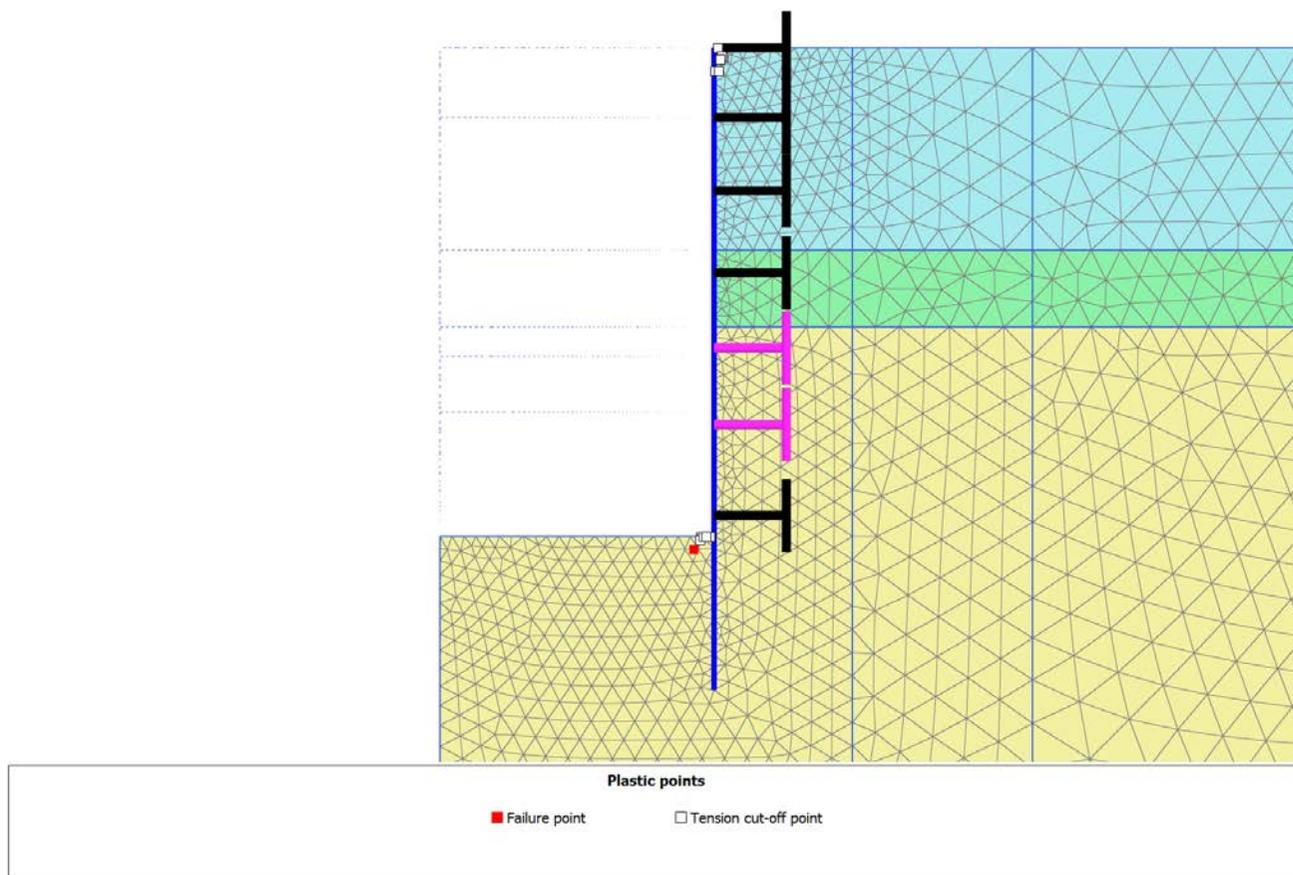
### 4.4.6 Calculation results, FONDO SCAVO [Phase\_7] (7/21), Plastic points



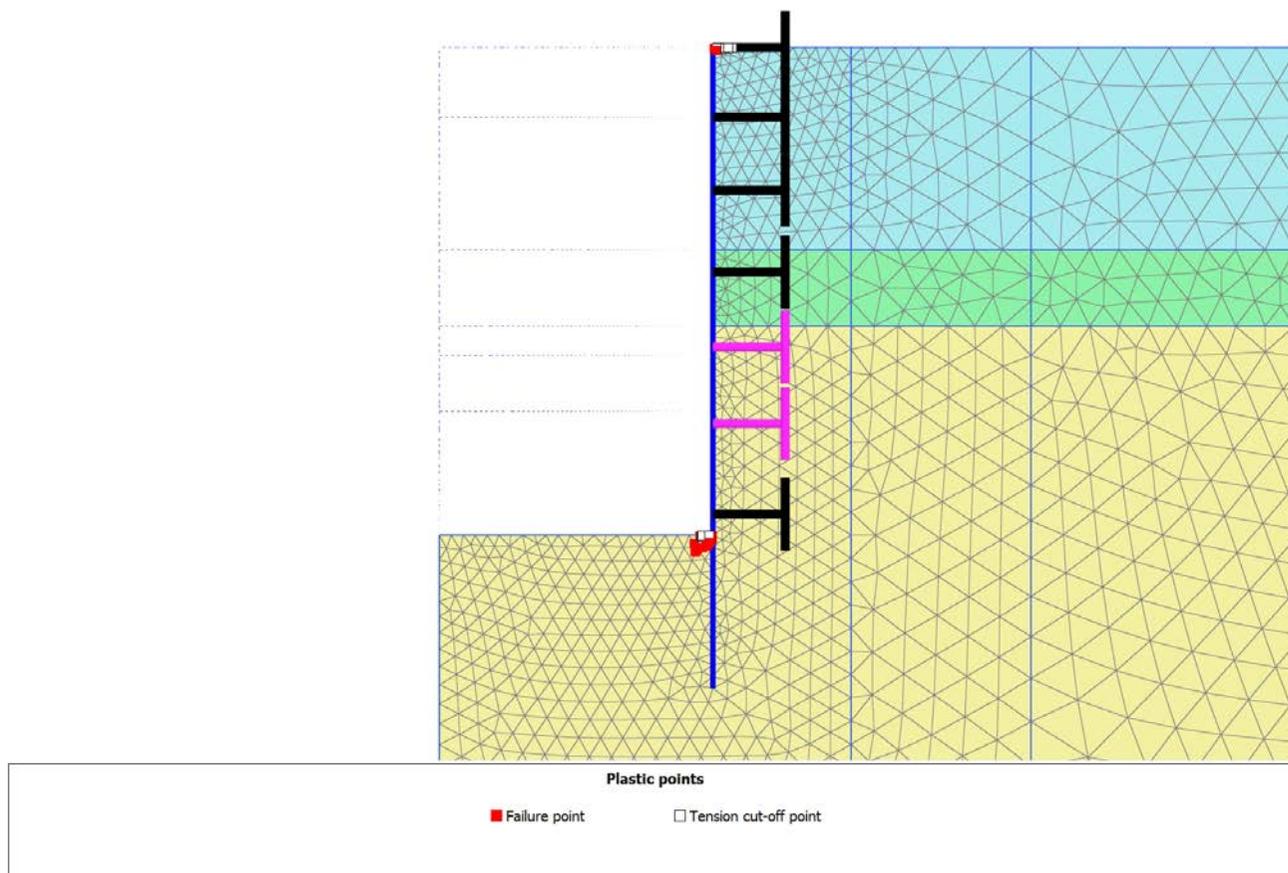
4.4.7 Calculation results, INTERNI [Phase\_9] (9/69), Plastic points

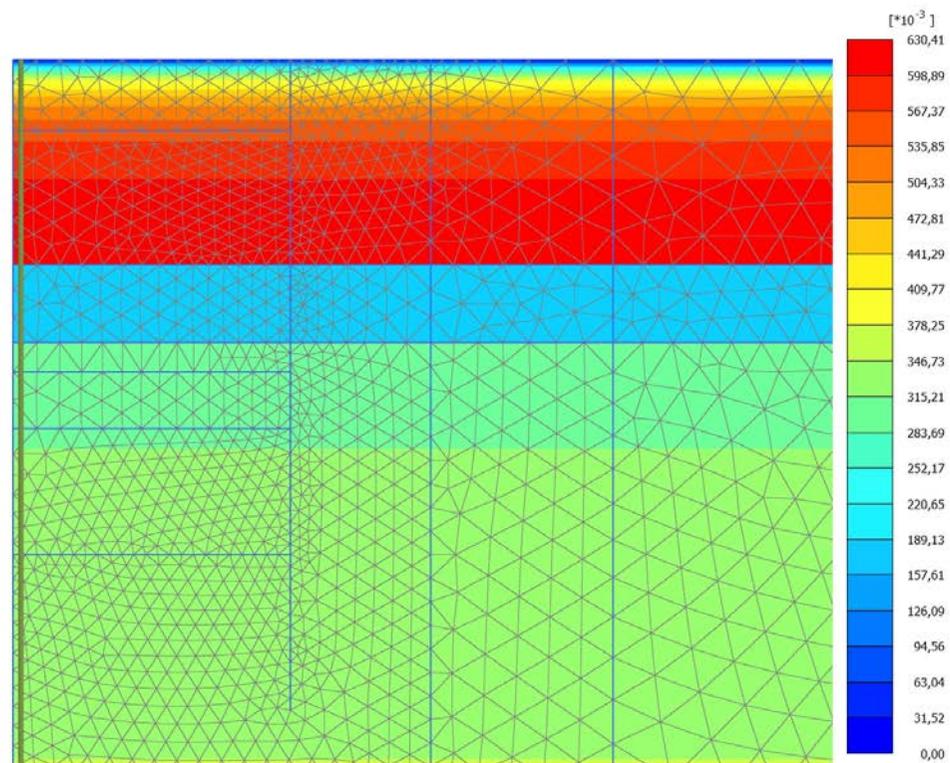


### 4.4.8 Calculation results, LT [Phase\_10] (10/71), Plastic points



### 4.4.9 Calculation results, SISMA [Phase\_11] (11/76), Plastic points

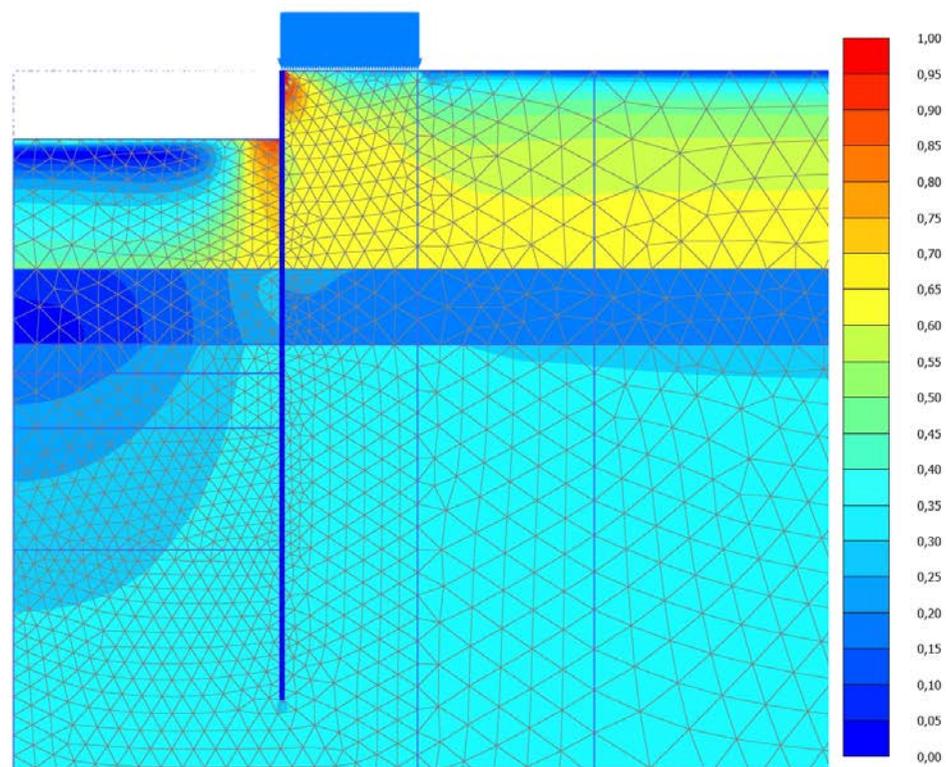


4.5.1 Calculation results, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Relative shear stress  $\tau_{rel}$ 

Relative shear stress  $\tau_{rel}$

Maximum value = 0,6304 (Element 588 at Node 17619)

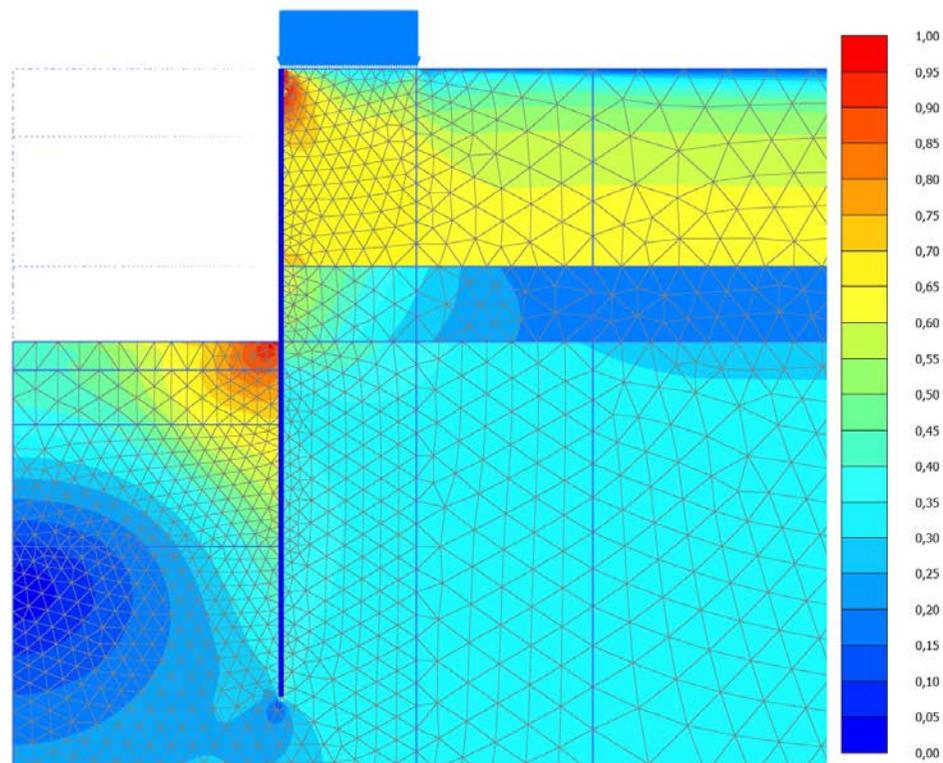
Minimum value =  $3,083 \times 10^{-6}$  (Element 372 at Node 2582)

4.5.2 Calculation results, SCAVO1 [Phase\_3] (3/9), Relative shear stress  $\tau_{rel}$ 

Relative shear stress  $\tau_{rel}$

Maximum value = 1,000 (Element 368 at Node 2561)

Minimum value =  $2,208 \cdot 10^{-3}$  (Element 1014 at Node 921)

4.5.3 Calculation results, SCAVO2 [Phase\_4] (4/12), Relative shear stress  $\tau_{rel}$ 

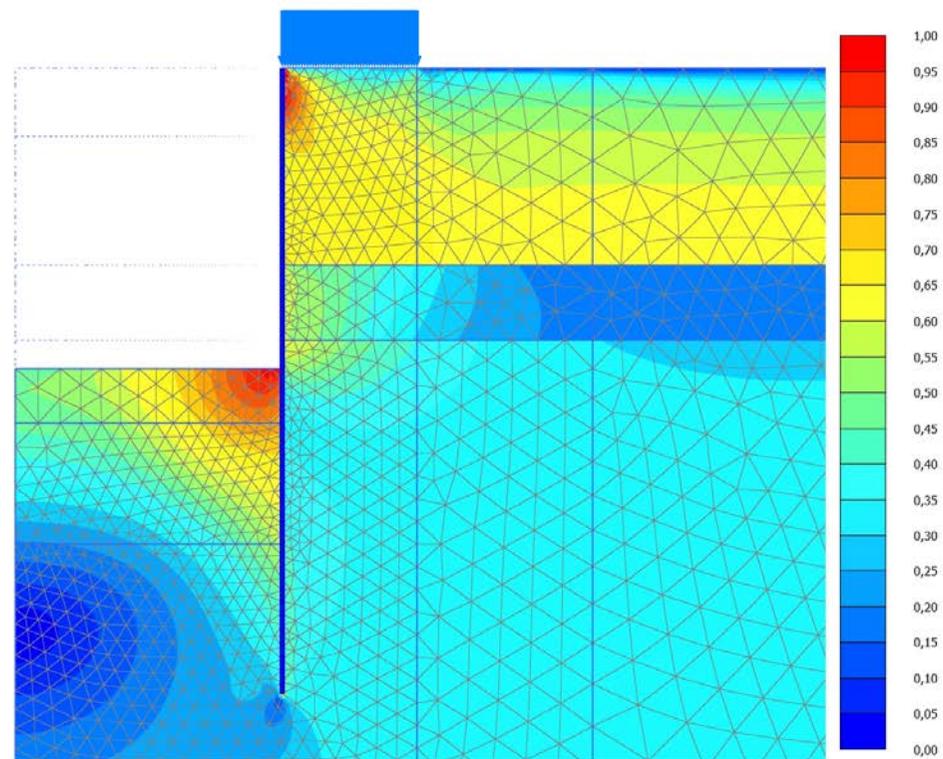
**Relative shear stress  $\tau_{rel}$**

Maximum value = 1,000 (Element 361 at Node 2964)

Minimum value =  $2,987 \cdot 10^{-3}$  (Element 3263 at Node 7402)

## 4.5.4 Calculation results, SCAVO3 - TR120 [Phase\_5] (5/15), Relative shear stress

rel

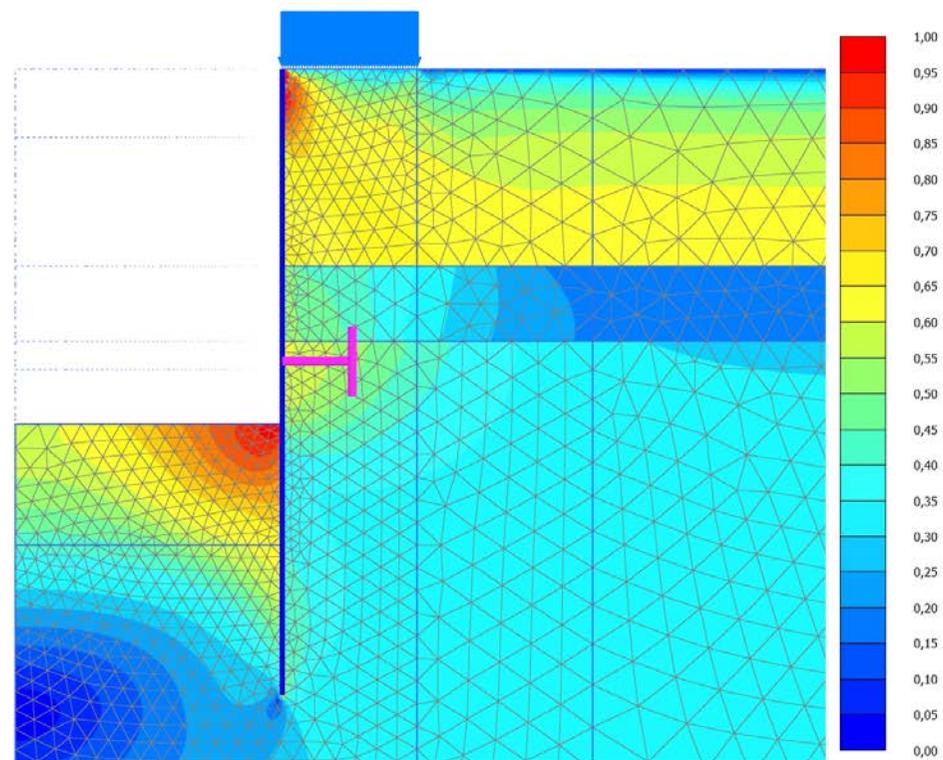
**Relative shear stress  $\tau_{rel}$** 

Maximum value = 1,000 (Element 343 at Node 3521)

Minimum value =  $3,434 \cdot 10^{-3}$  (Element 3085 at Node 9299)

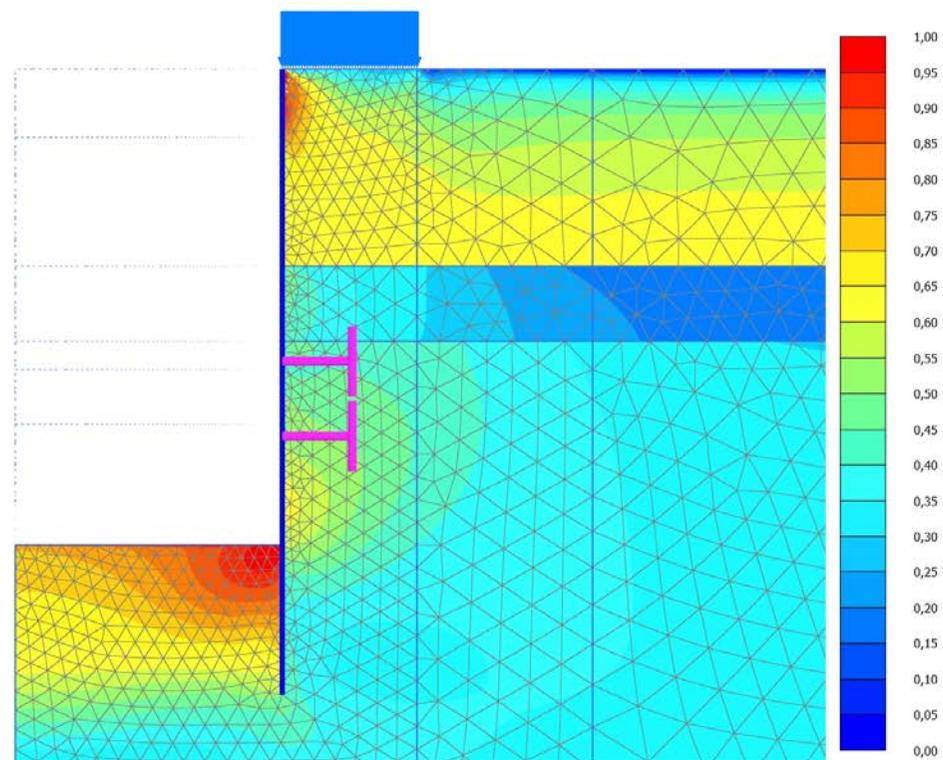
## 4.5.5 Calculation results, SCAVO4 - TR120 [Phase\_6] (6/18), Relative shear stress

rel

**Relative shear stress  $\tau_{rel}$** 

Maximum value = 1,000 (Element 343 at Node 3521)

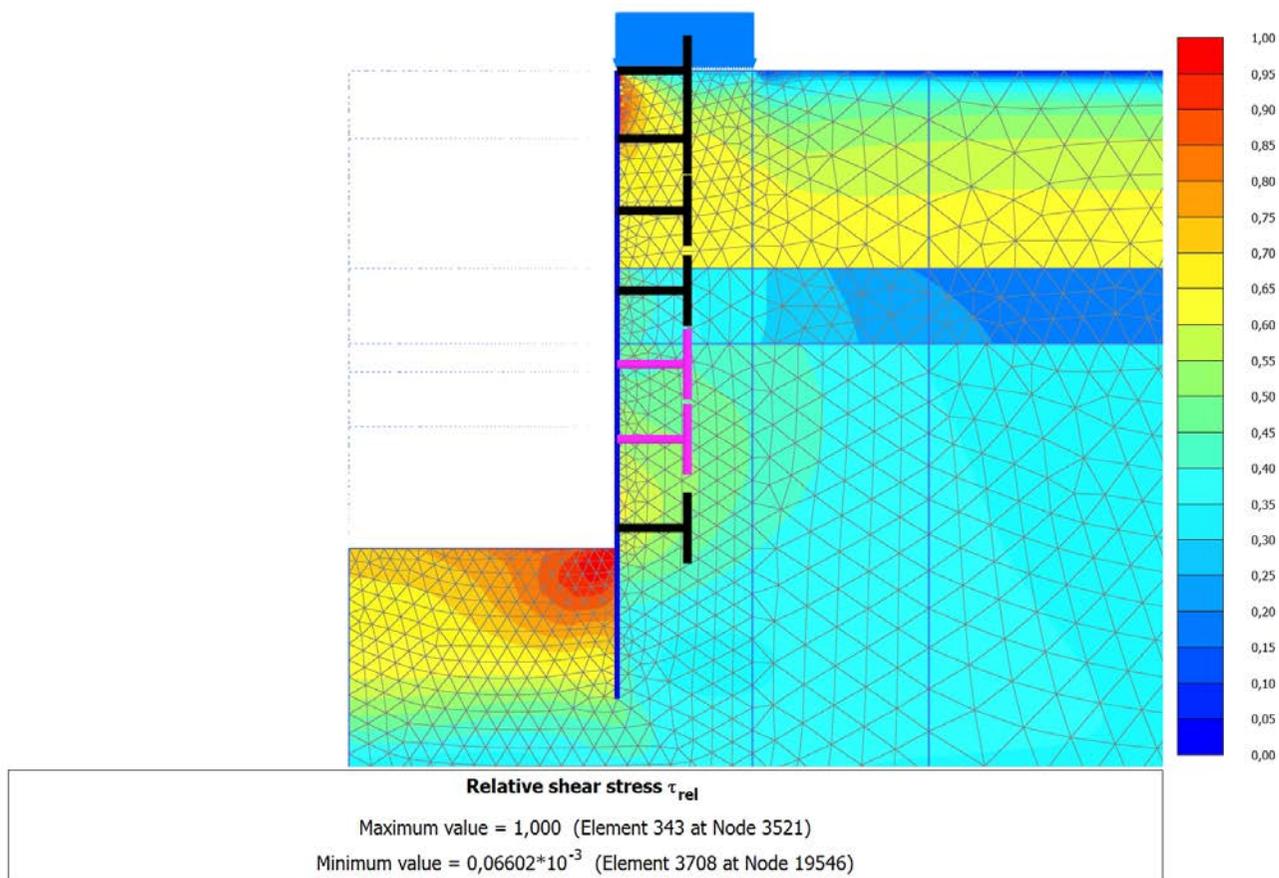
Minimum value =  $2,704 \cdot 10^{-3}$  (Element 2838 at Node 13752)

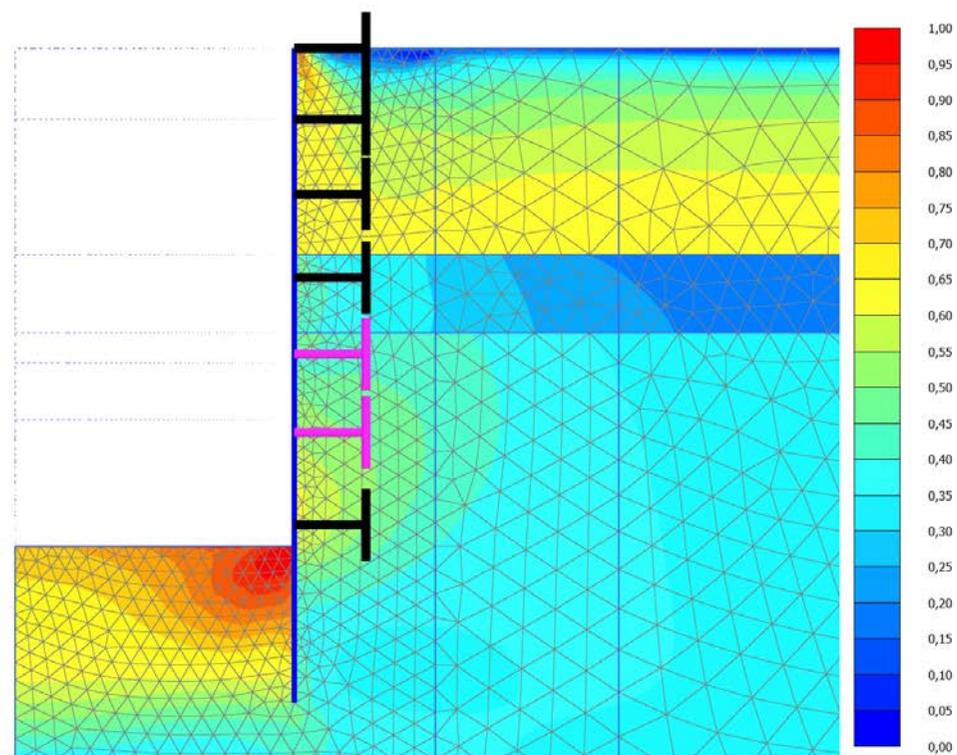
4.5.6 Calculation results, FONDO SCAVO [Phase\_7] (7/21), Relative shear stress  $\tau_{rel}$ 

Relative shear stress  $\tau_{rel}$

Maximum value = 1,000 (Element 343 at Node 3521)

Minimum value =  $4,869 \cdot 10^{-3}$  (Element 3708 at Node 19547)

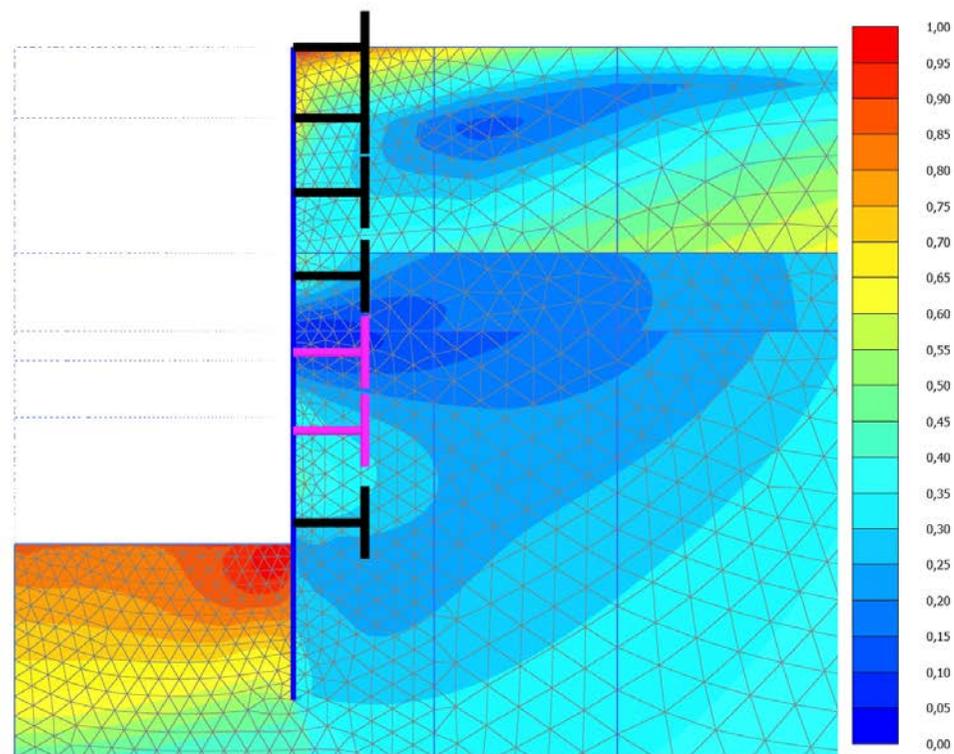
4.5.7 Calculation results, INTERNI [Phase\_9] (9/69), Relative shear stress  $\tau_{rel}$ 

4.5.8 Calculation results, LT [Phase\_10] (10/71), Relative shear stress  $\tau_{rel}$ 

Relative shear stress  $\tau_{rel}$

Maximum value = 1,000 (Element 3418 at Node 14975)

Minimum value =  $3,043 \cdot 10^{-3}$  (Element 3708 at Node 19546)

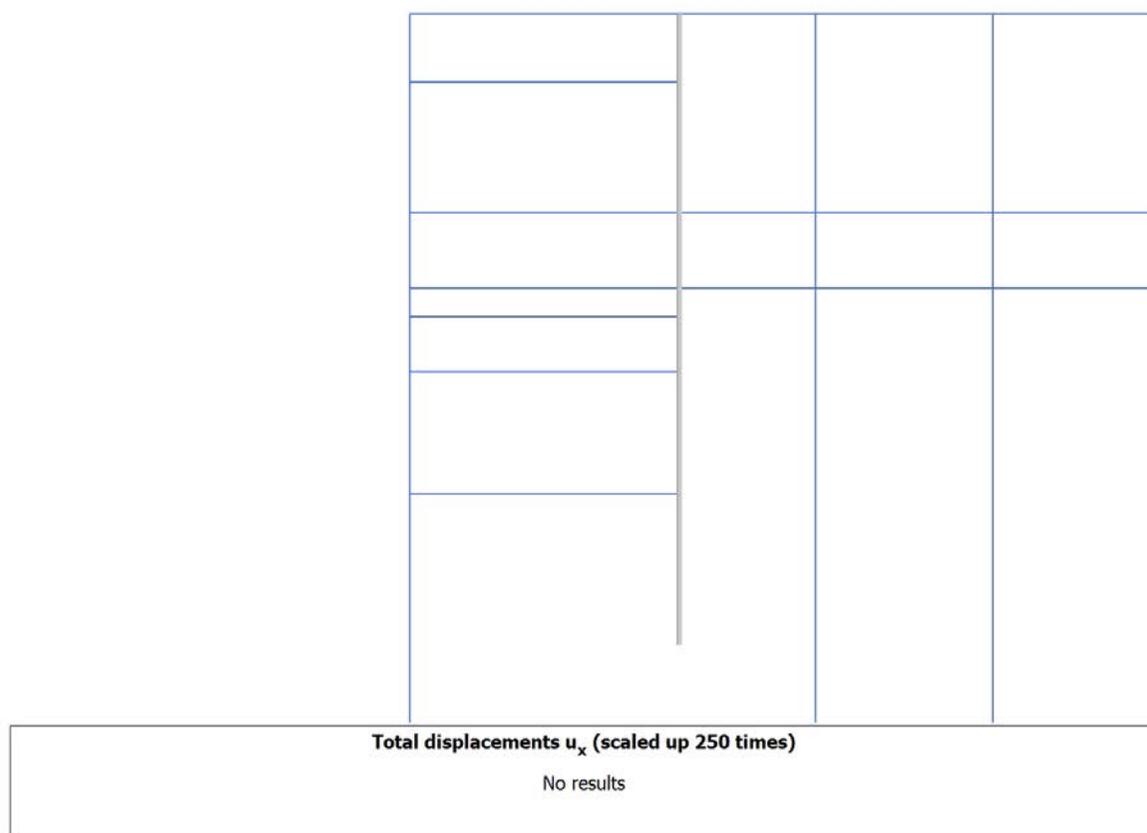
4.5.9 Calculation results, SISMA [Phase\_11] (11/76), Relative shear stress  $\tau_{rel}$ 

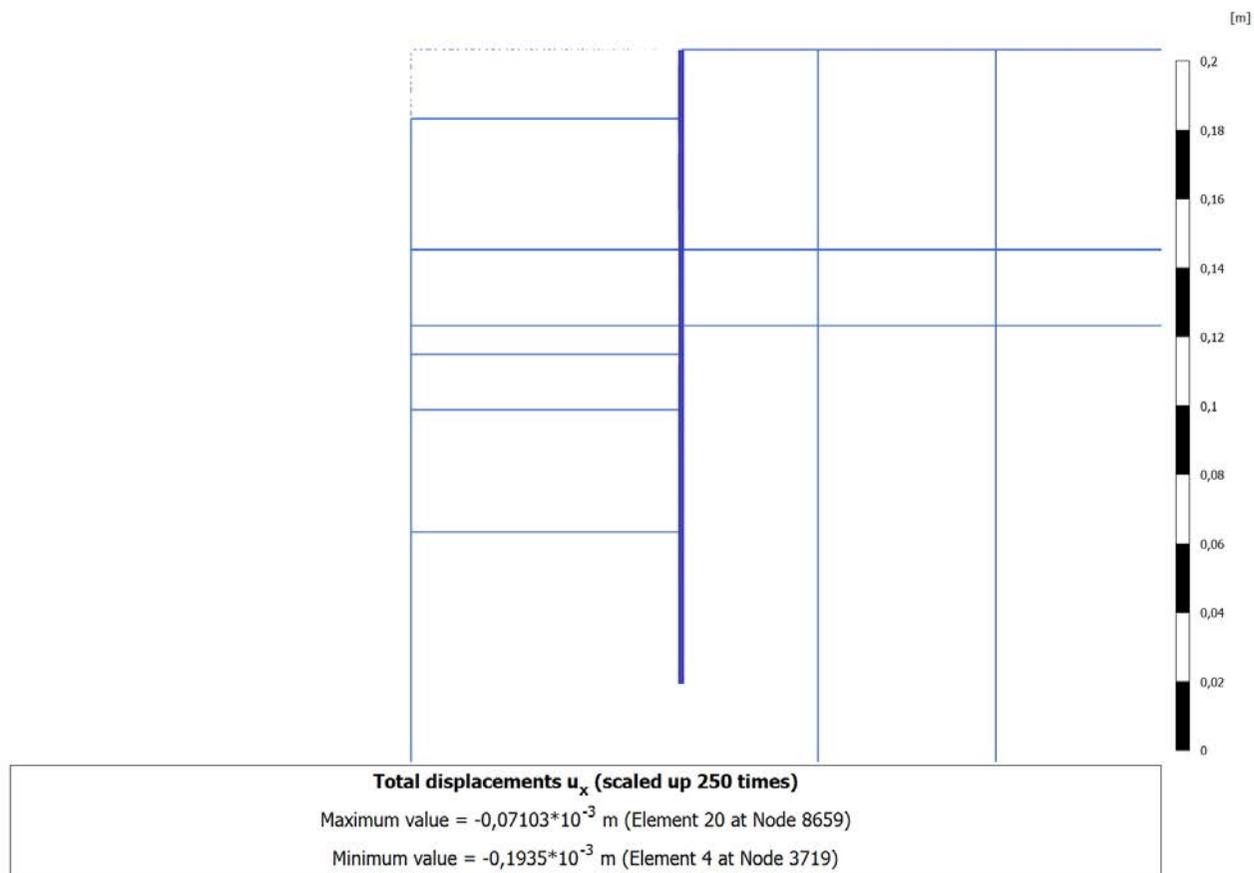
Relative shear stress  $\tau_{rel}$

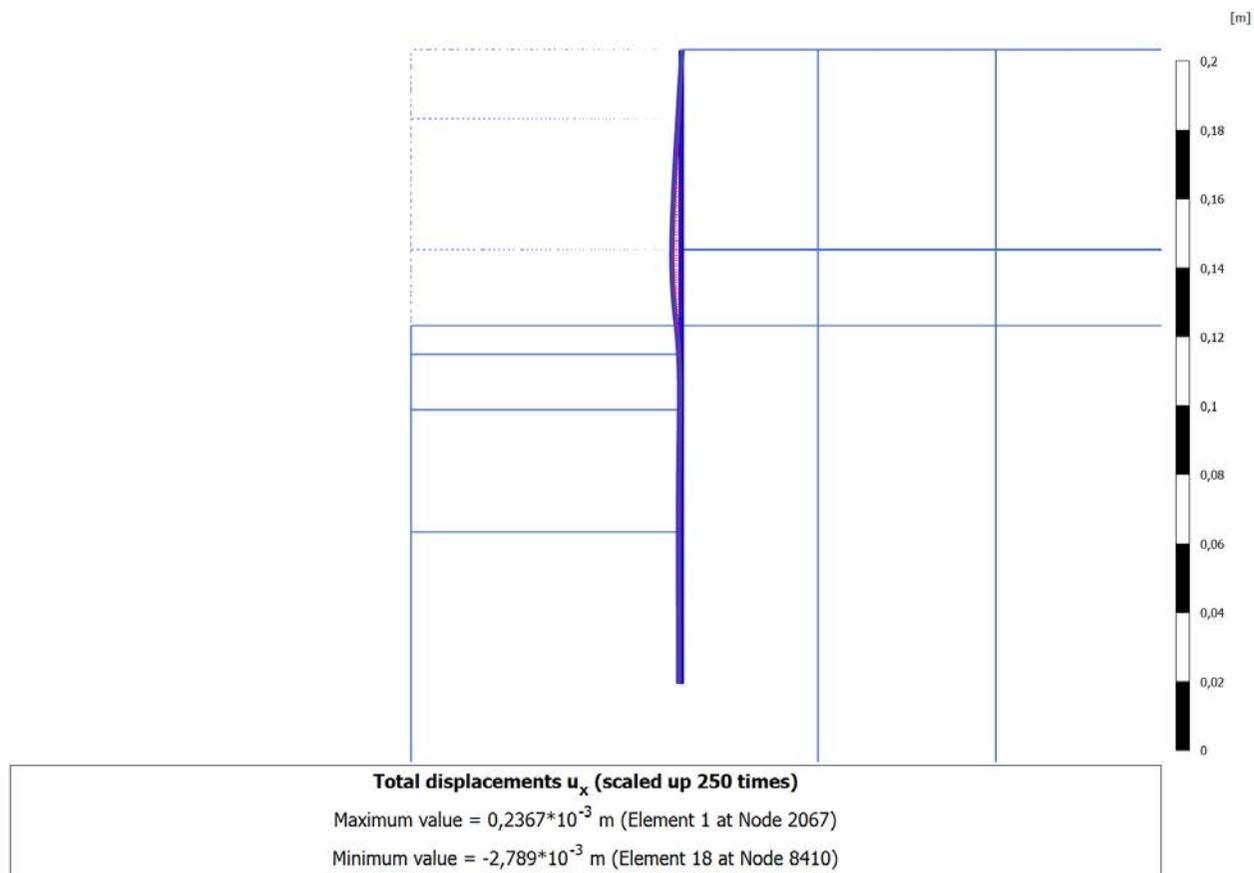
Maximum value = 1,000 (Element 366 at Node 2069)

Minimum value =  $3,036 \cdot 10^{-3}$  (Element 3679 at Node 20723)

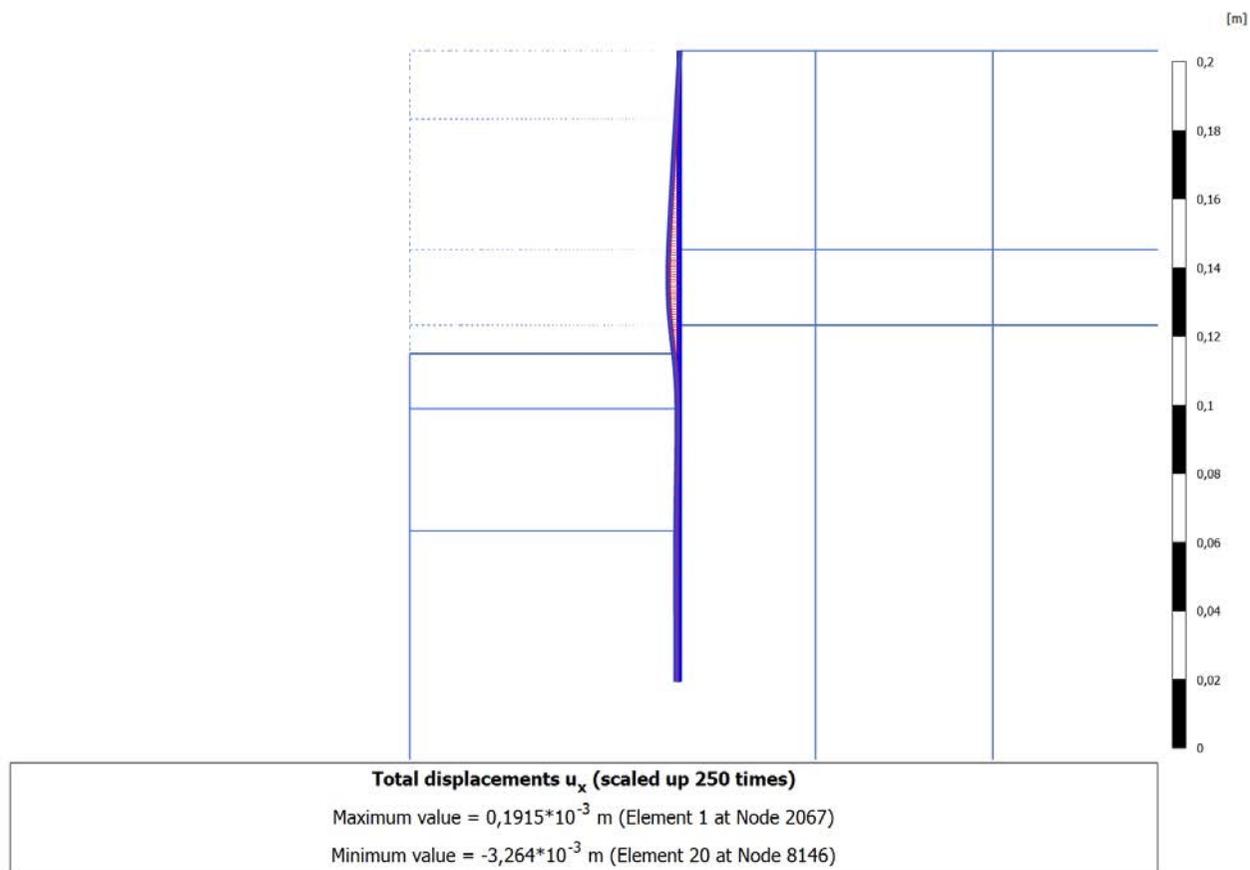
## 4.6.1 Calculation results, Plate, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Total displacements

 $u_x$ 

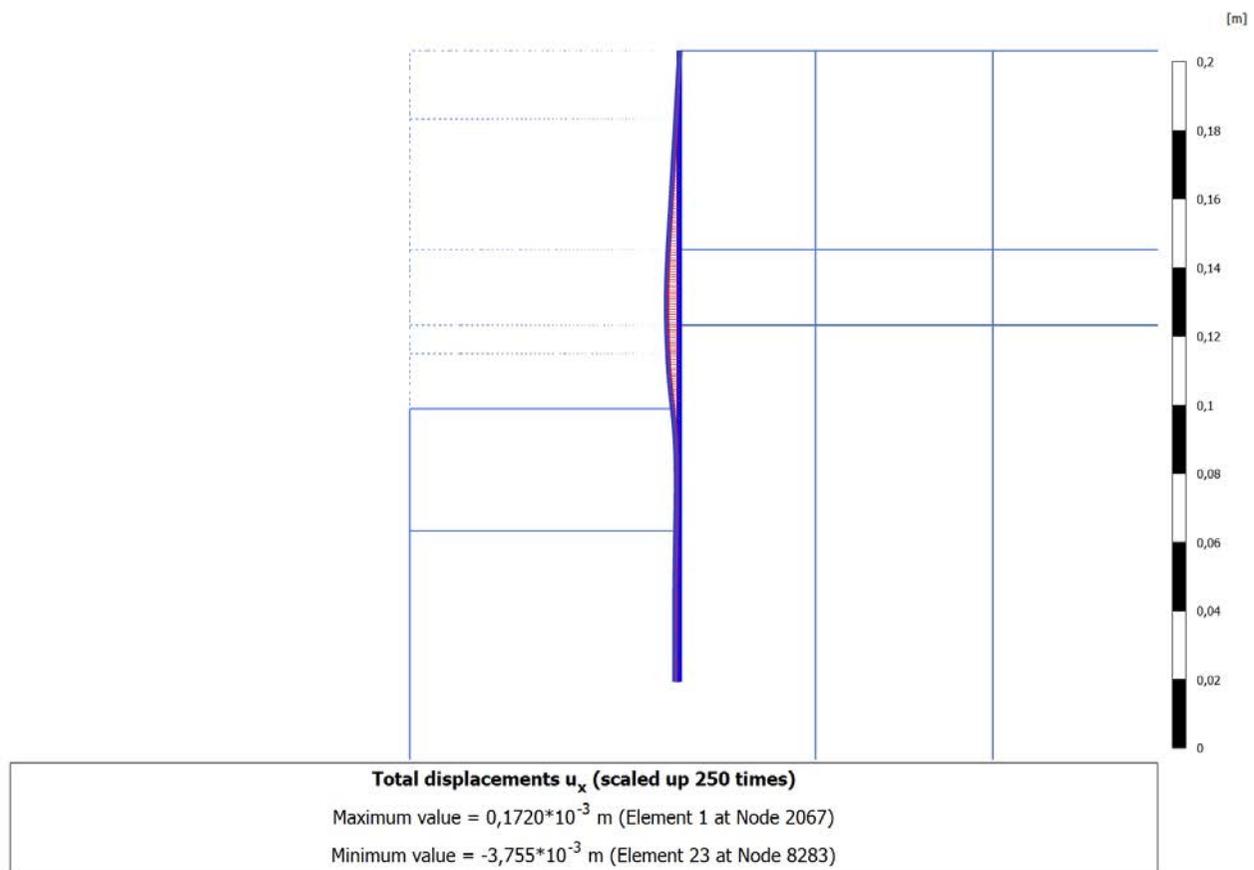
4.6.2 Calculation results, Plate, SCAVO1 [Phase\_3] (3/9), Total displacements  $u_x$ 

4.6.3 Calculation results, Plate, SCAVO2 [Phase\_4] (4/12), Total displacements  $u_x$ 

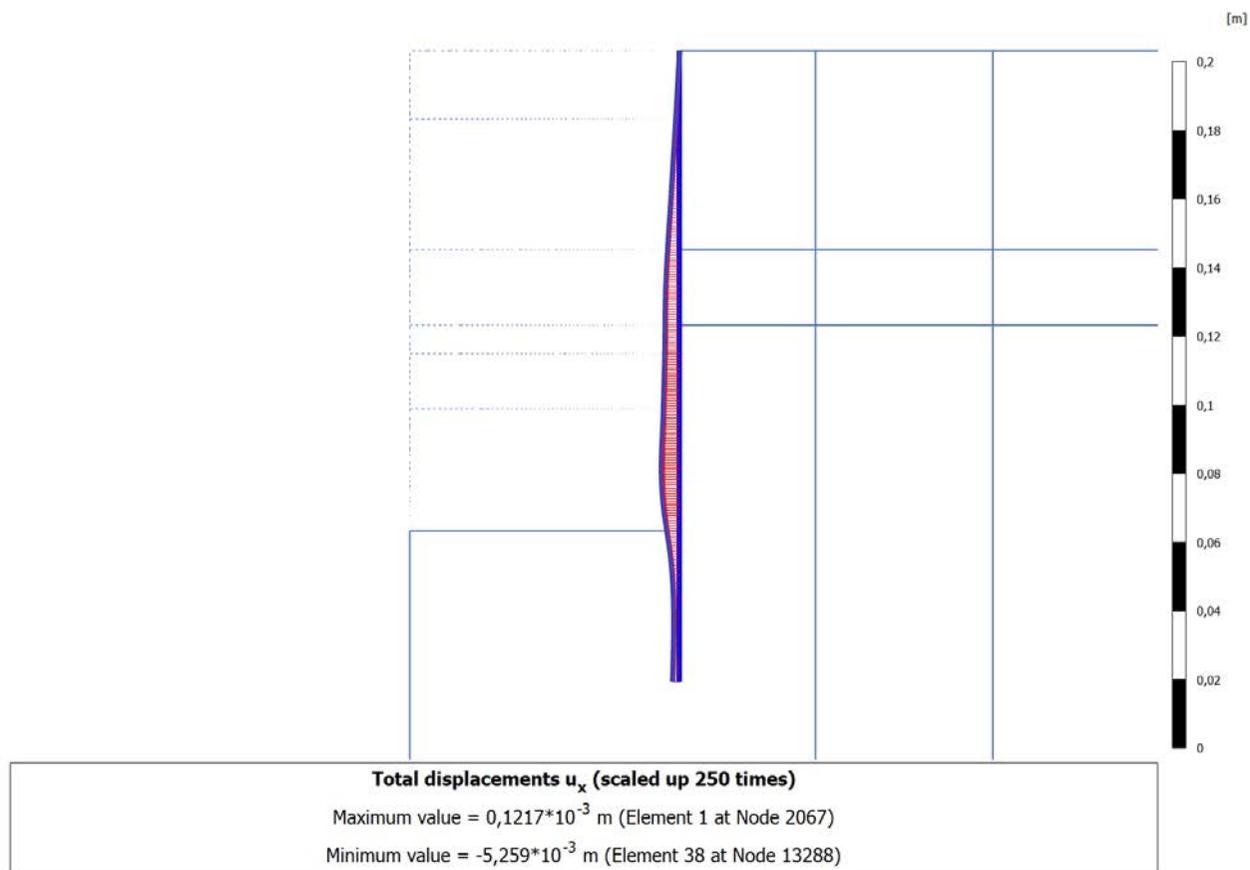
## 4.6.4 Calculation results, Plate, SCAVO3 - TR120 [Phase\_5] (5/15), Total displacements

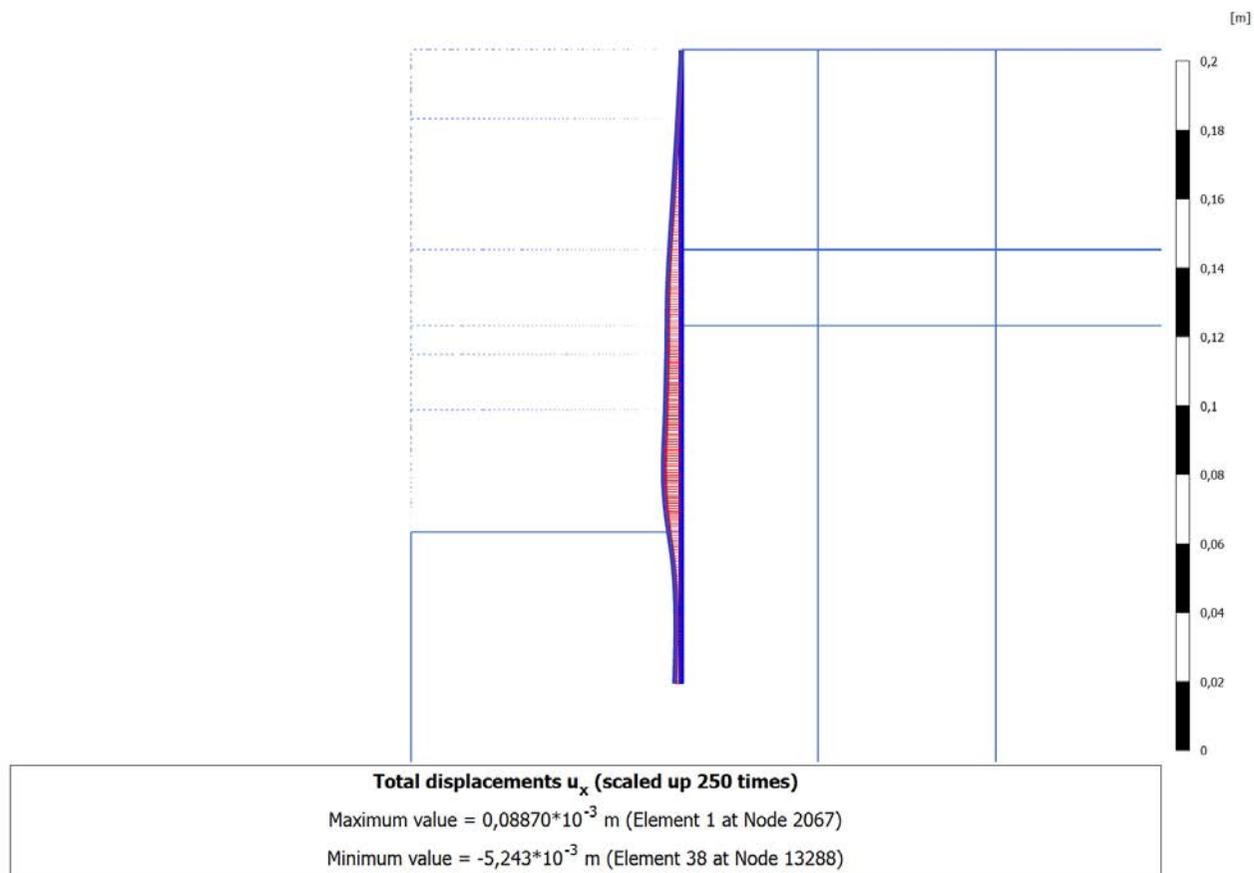
 $u_x$ 

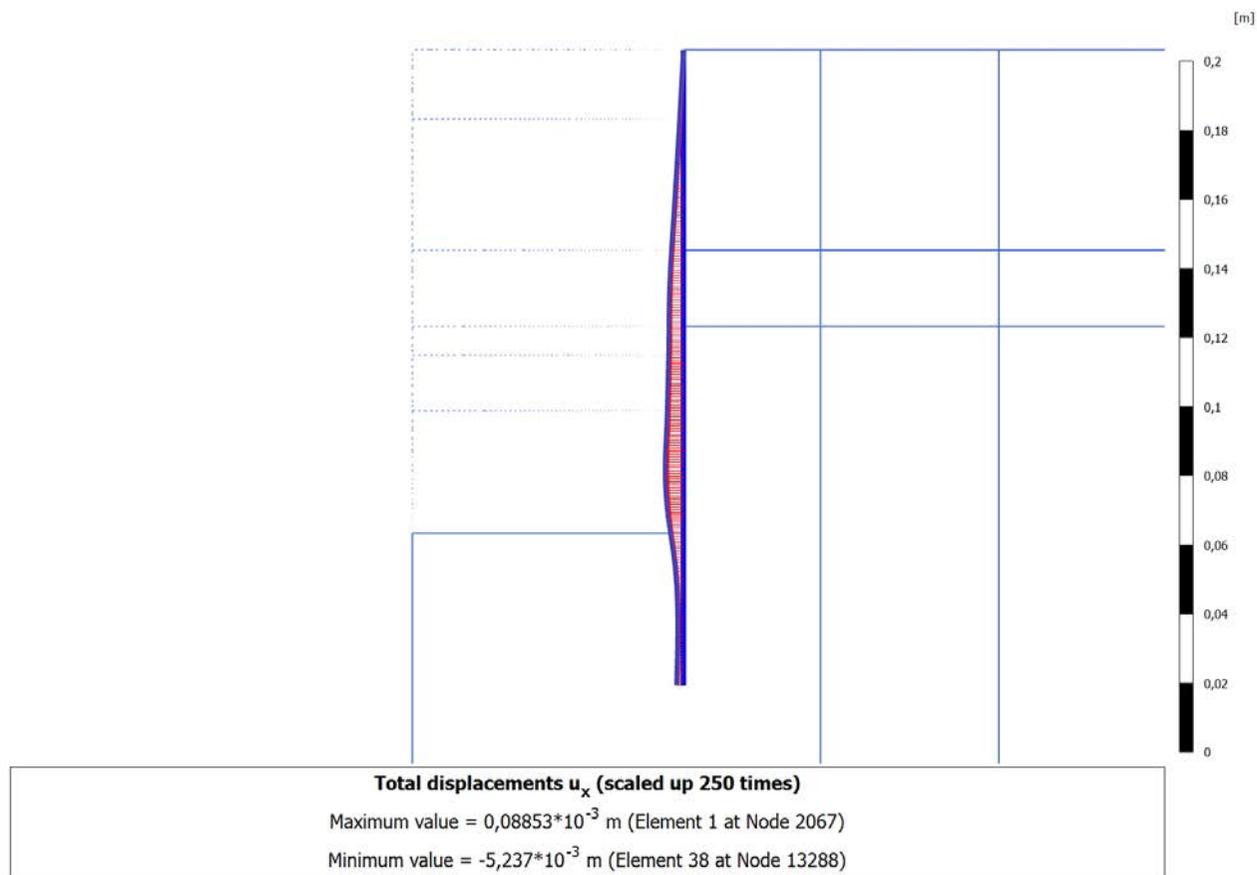
## 4.6.5 Calculation results, Plate, SCAVO4 - TR120 [Phase\_6] (6/18), Total displacements

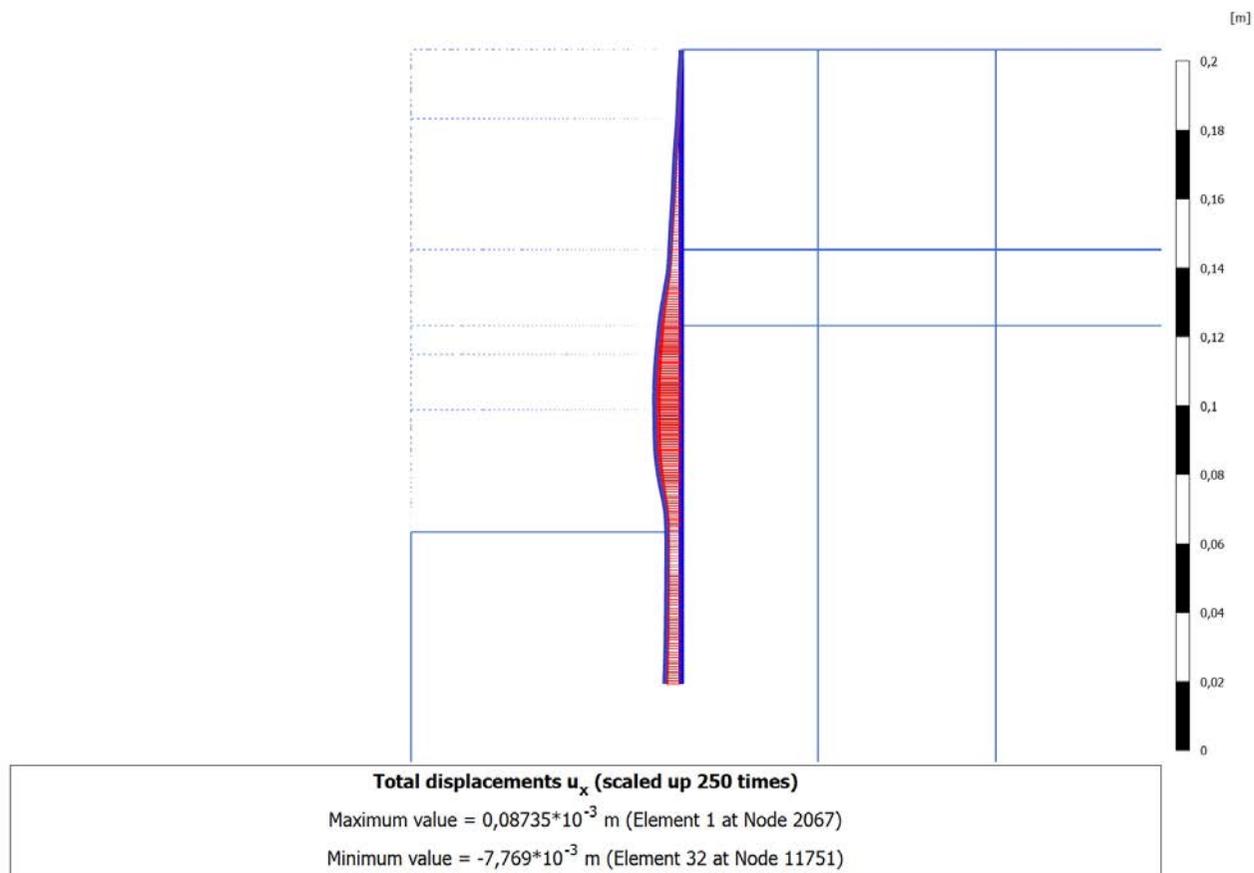
 $u_x$ 

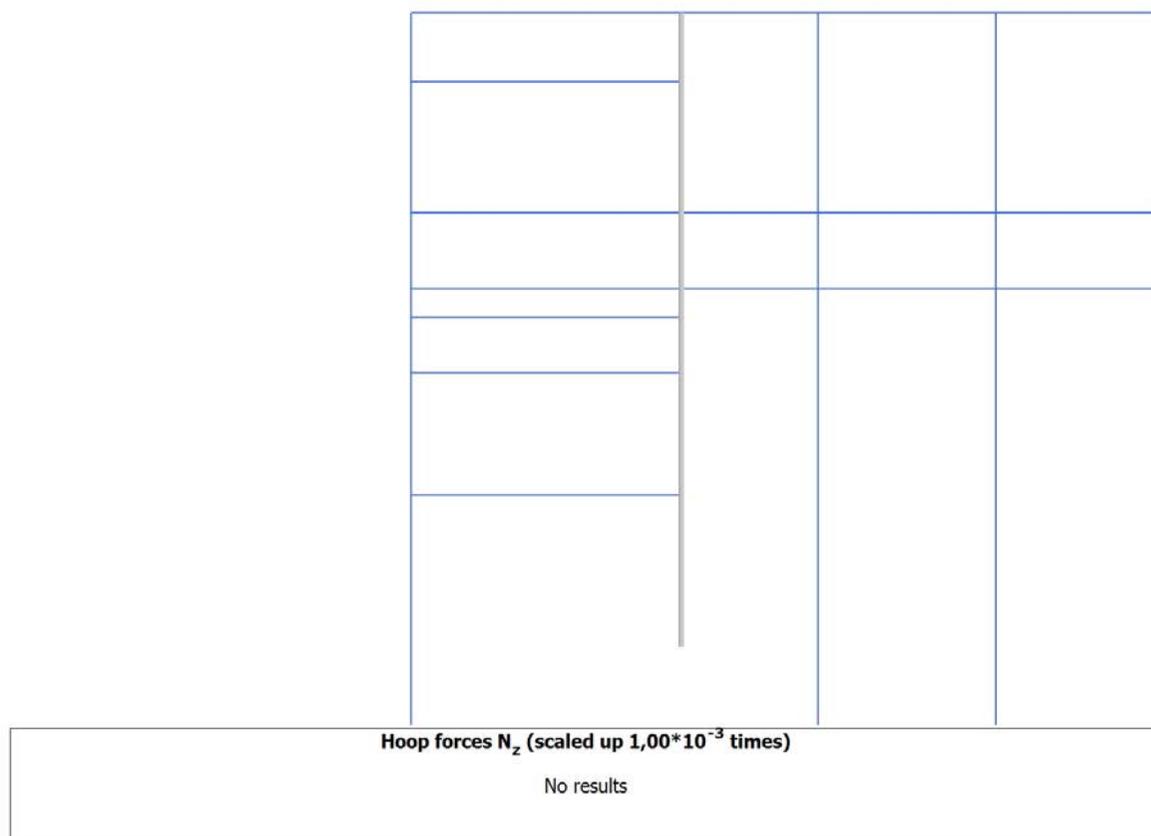
## 4.6.6 Calculation results, Plate, FONDO SCAVO [Phase\_7] (7/21), Total displacements

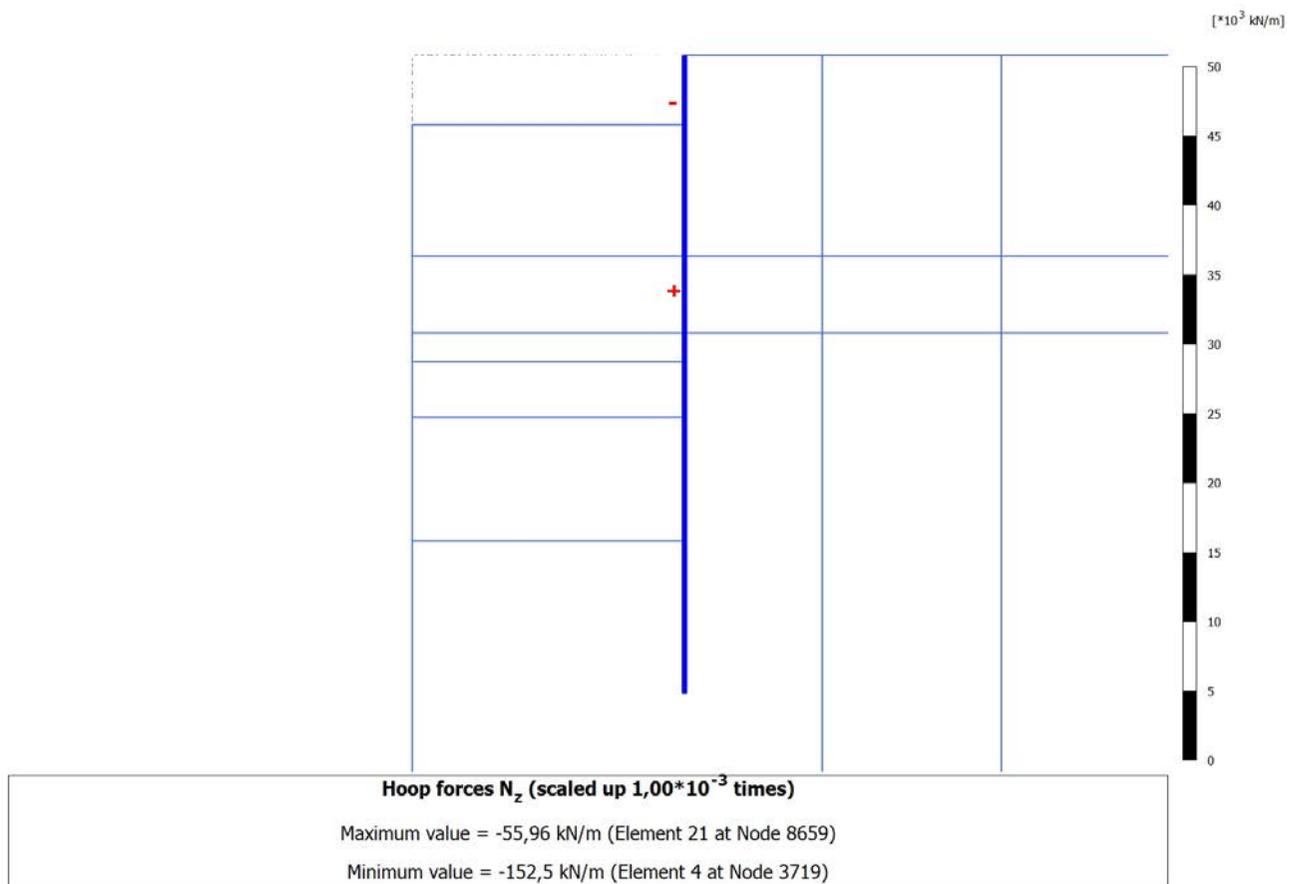
 $u_x$ 

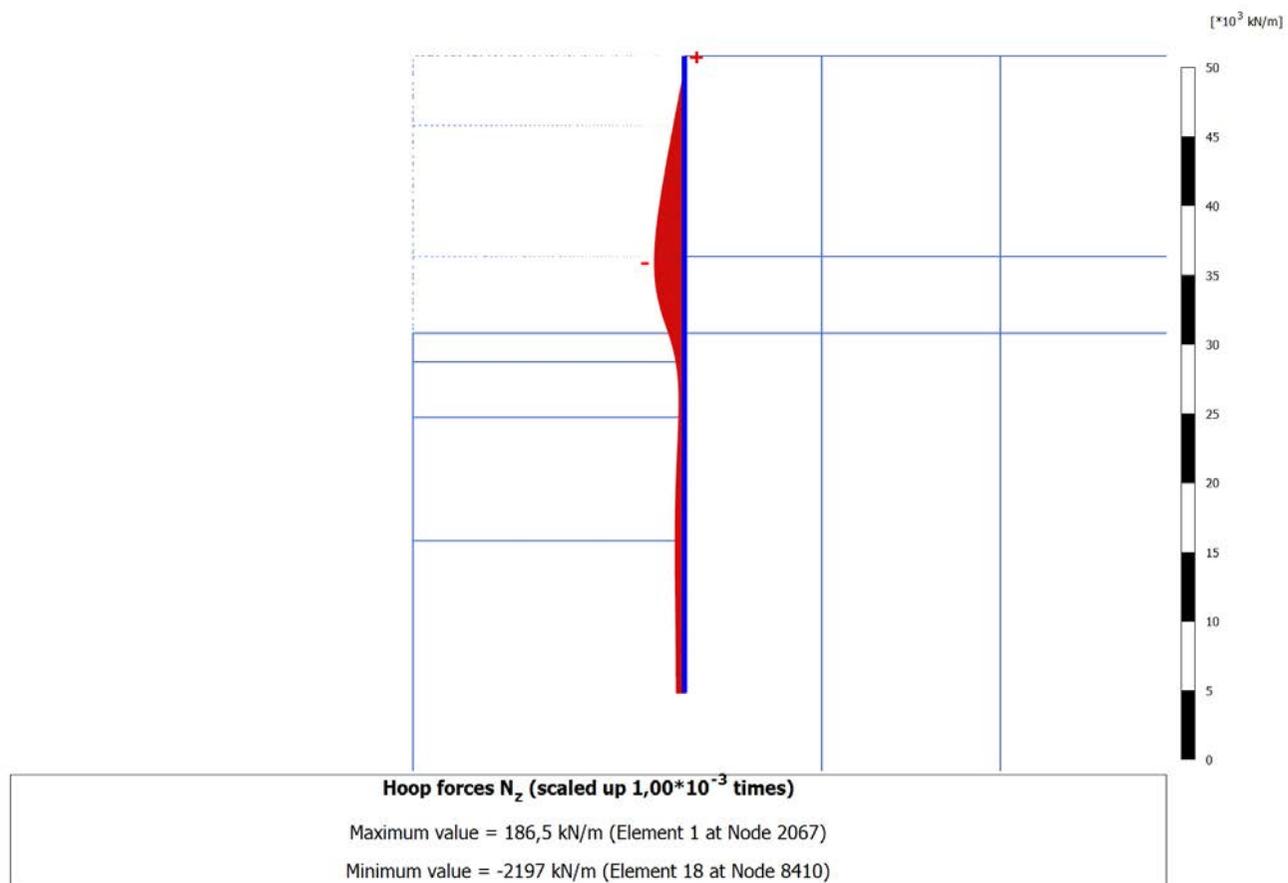
4.6.7 Calculation results, Plate, INTERNI [Phase\_9] (9/69), Total displacements  $u_x$ 

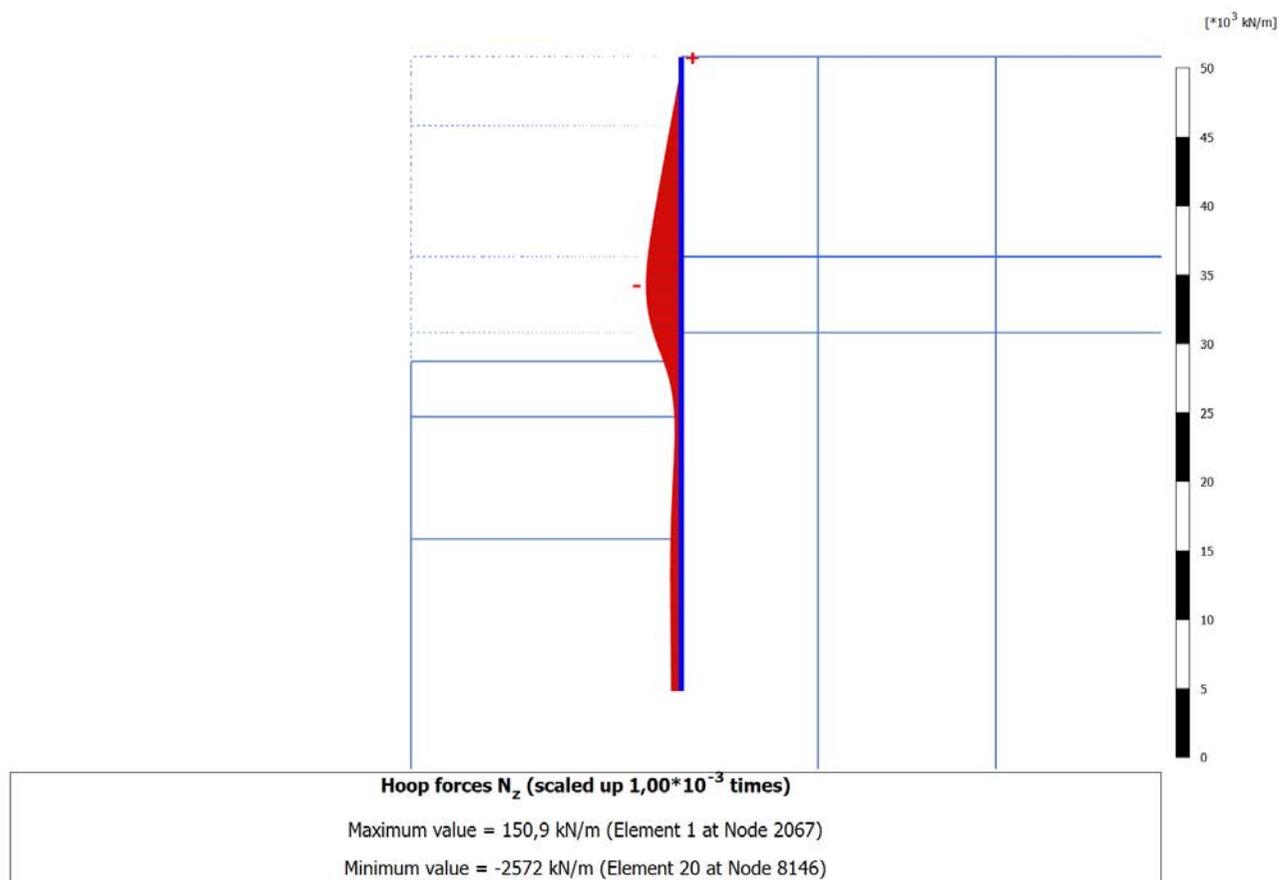
4.6.8 Calculation results, Plate, LT [Phase\_10] (10/71), Total displacements  $u_x$ 

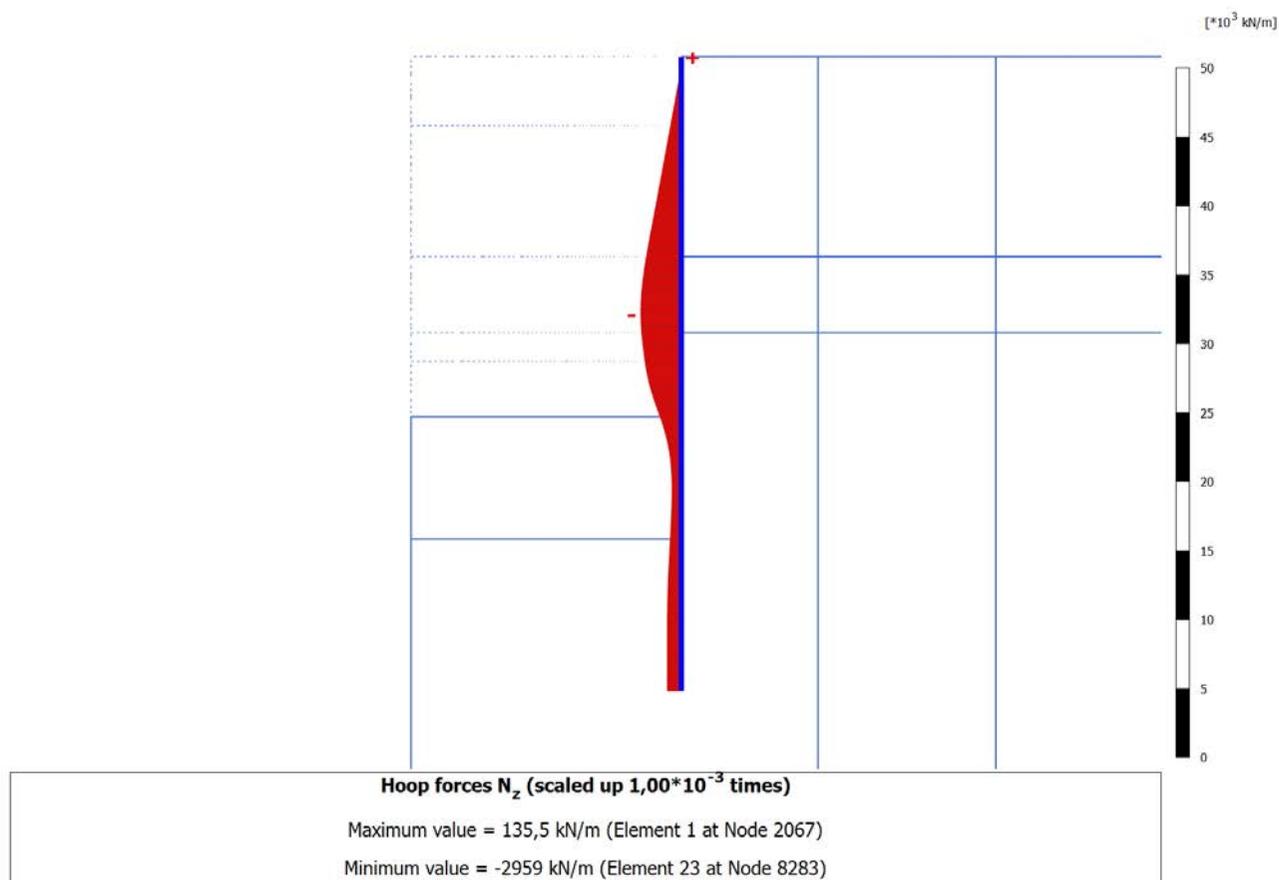
4.6.9 Calculation results, Plate, SISMA [Phase\_11] (11/76), Total displacements  $u_x$ 

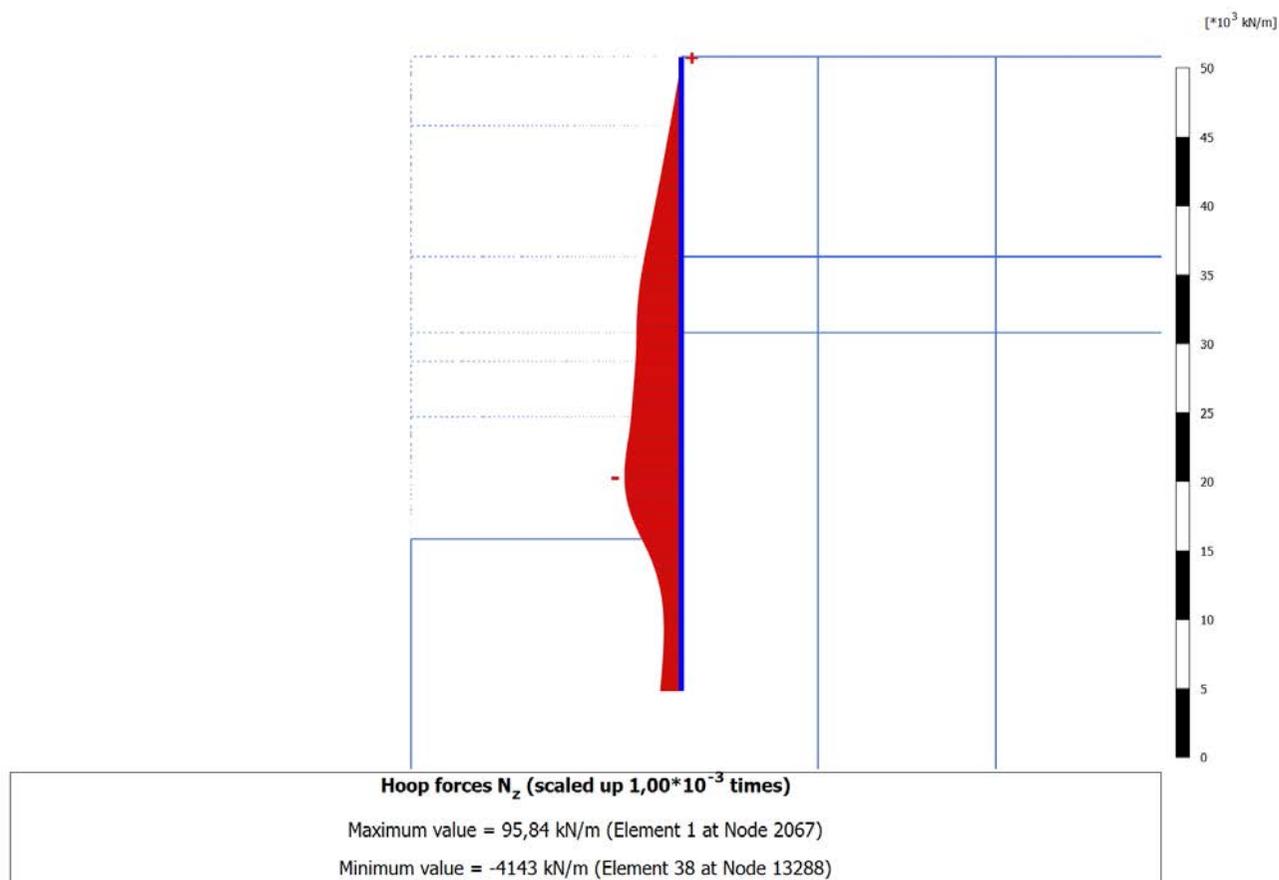
4.7.1 Calculation results, Plate, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Hoop forces  $N_z$ 

4.7.2 Calculation results, Plate, SCAVO1 [Phase\_3] (3/9), Hoop forces  $N_z$ 

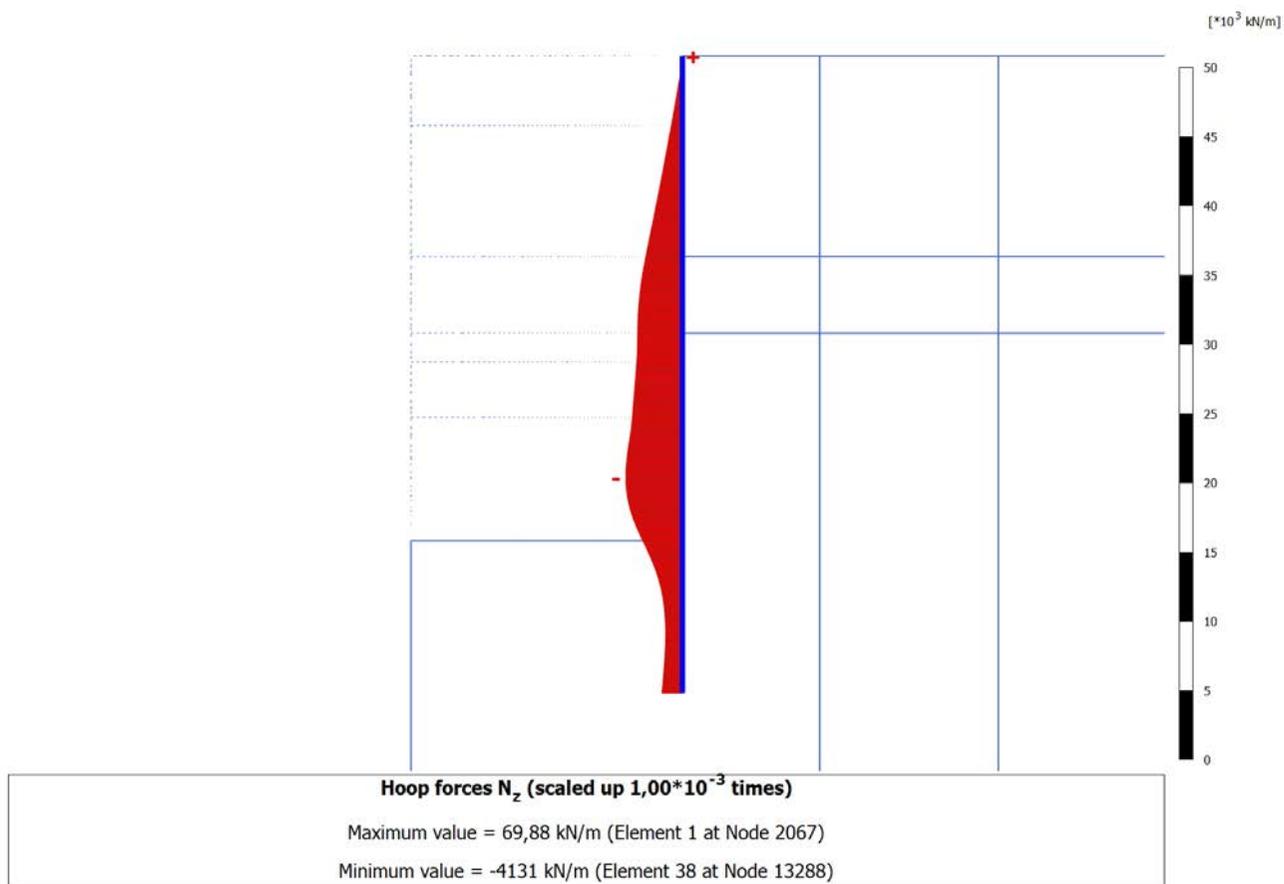
4.7.3 Calculation results, Plate, SCAVO2 [Phase\_4] (4/12), Hoop forces  $N_z$ 

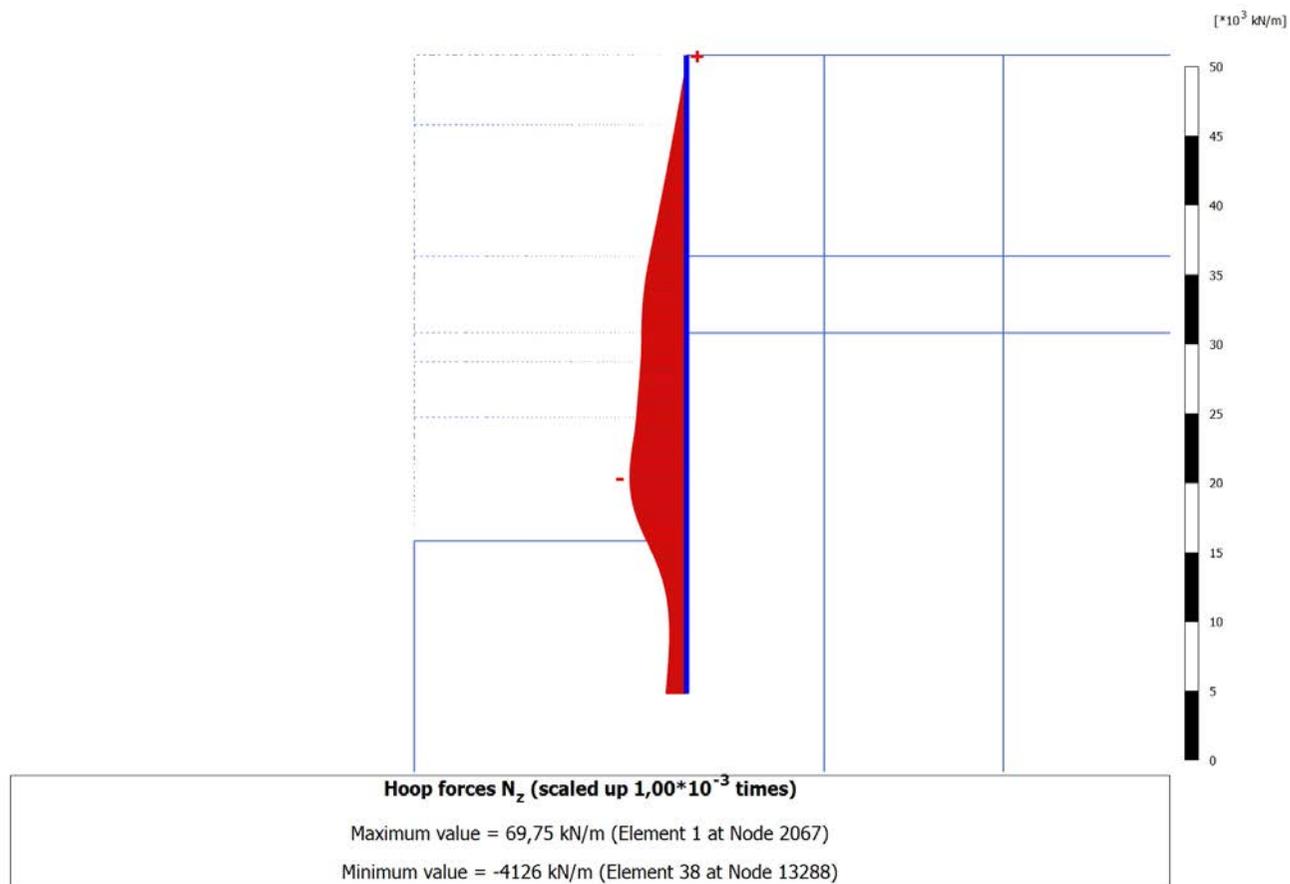
4.7.4 Calculation results, Plate, SCAVO3 - TR120 [Phase\_5] (5/15), Hoop forces  $N_z$ 

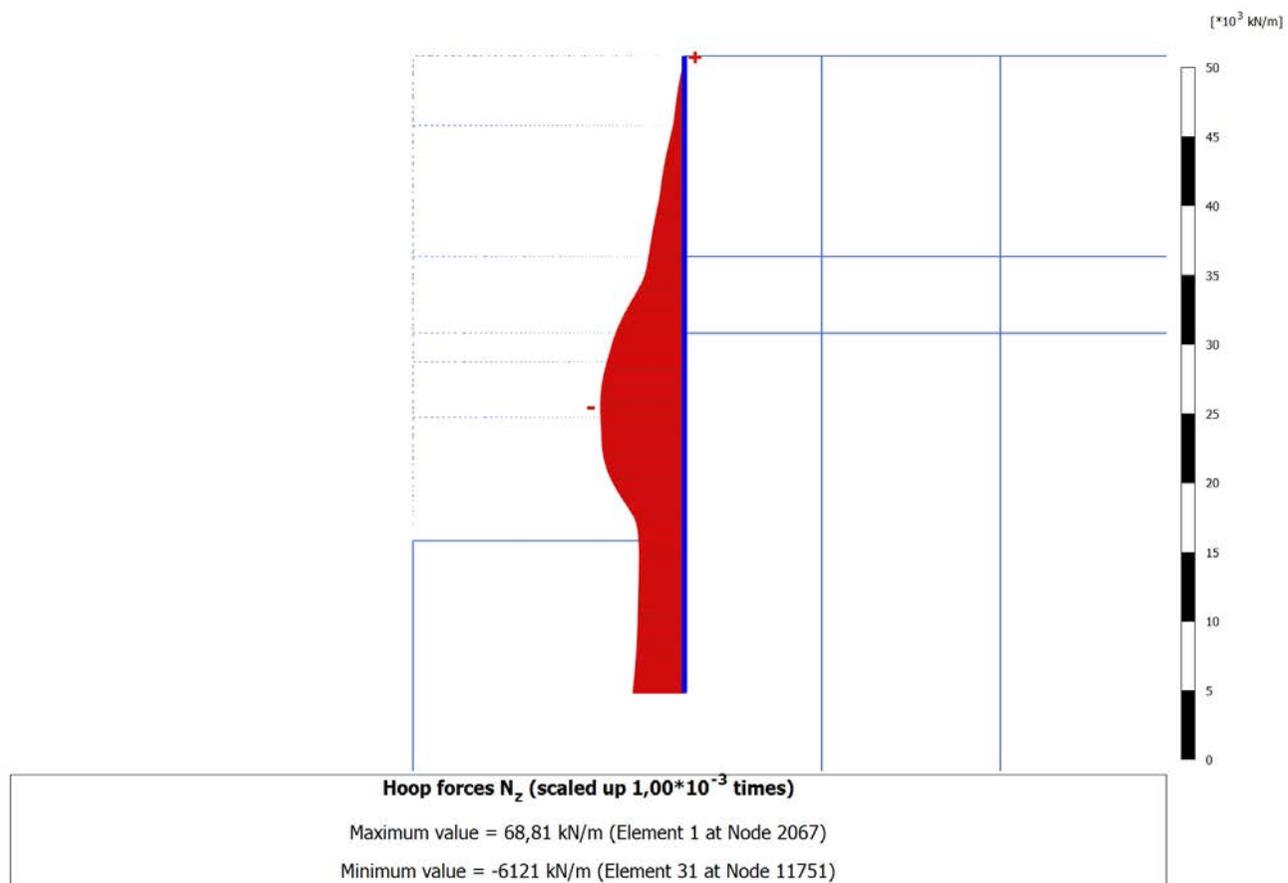
4.7.5 Calculation results, Plate, SCAVO4 - TR120 [Phase\_6] (6/18), Hoop forces  $N_z$ 

4.7.6 Calculation results, Plate, FONDO SCAVO [Phase\_7] (7/21), Hoop forces  $N_z$ 

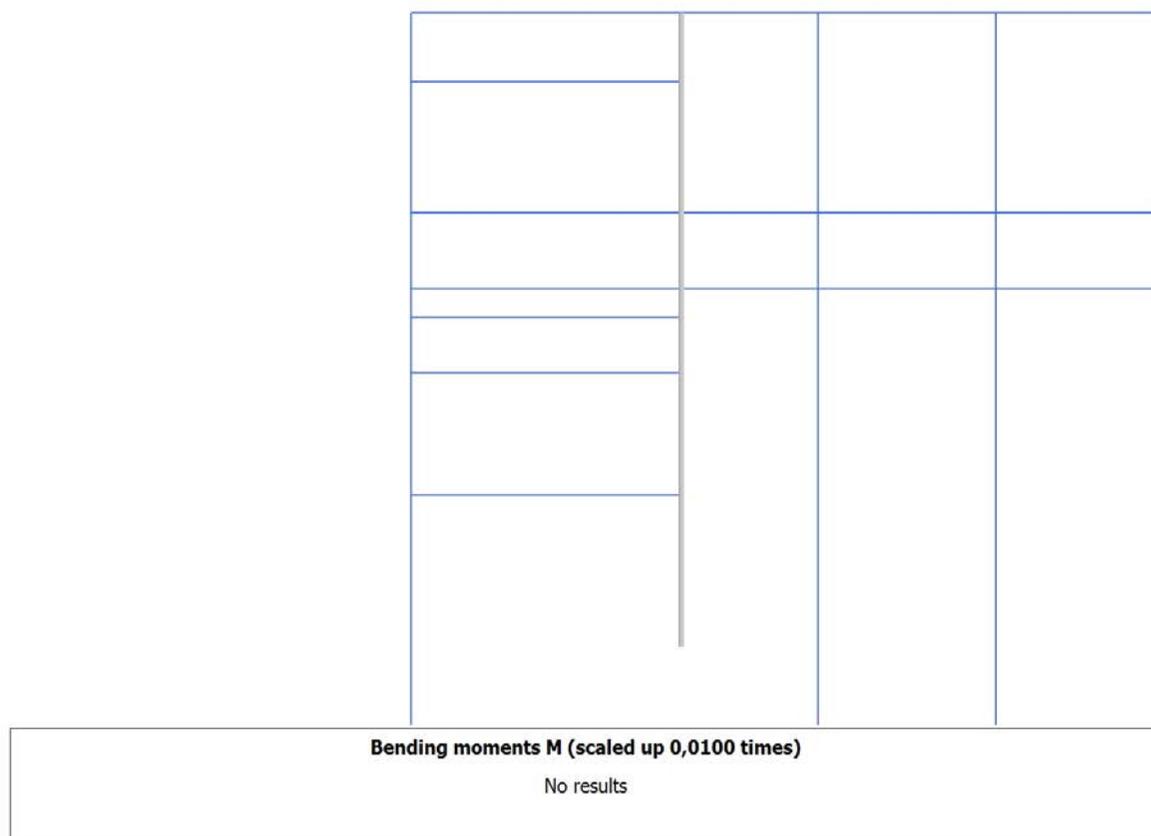
### 4.7.7 Calculation results, Plate, INTERNI [Phase\_9] (9/69), Hoop forces $N_z$



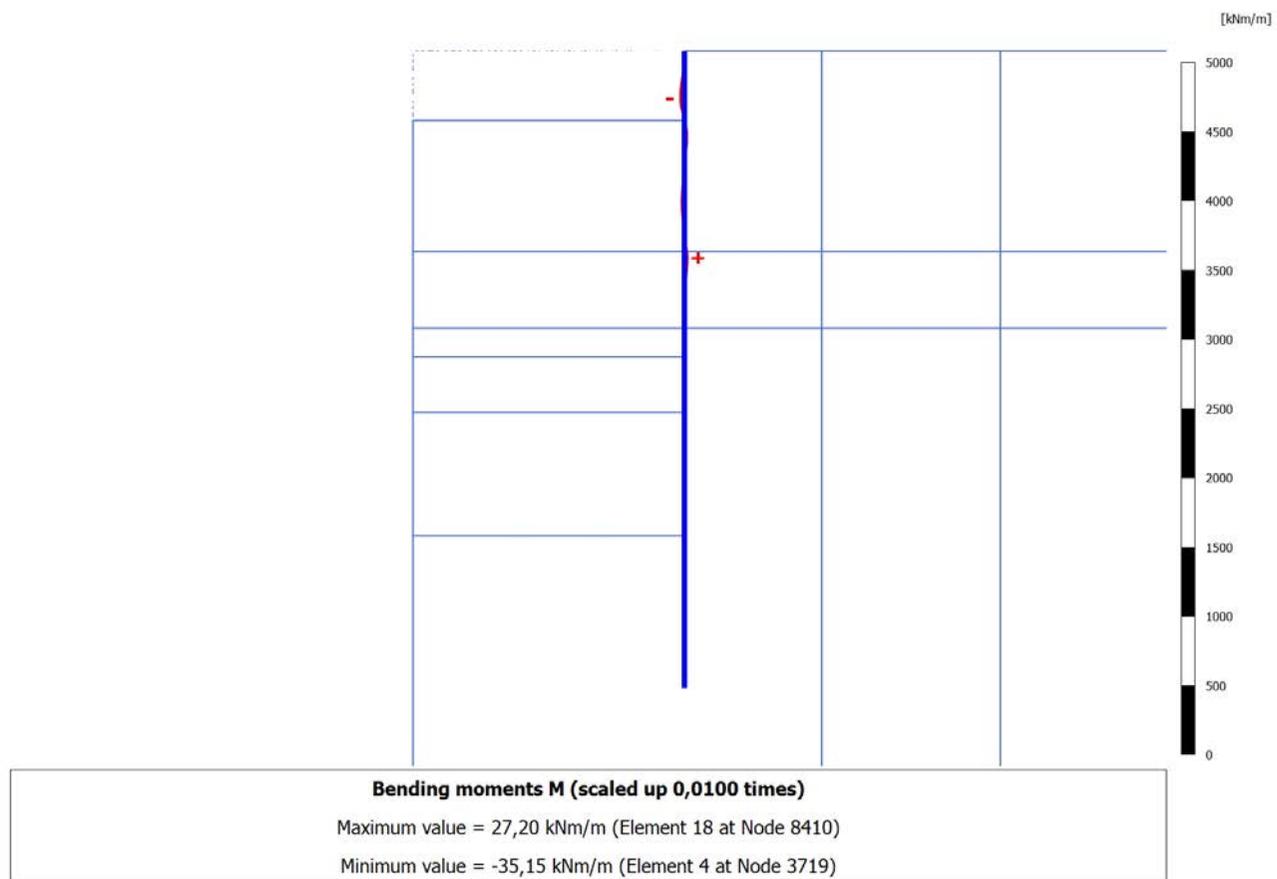
4.7.8 Calculation results, Plate, LT [Phase\_10] (10/71), Hoop forces  $N_z$ 

4.7.9 Calculation results, Plate, SISMA [Phase\_11] (11/76), Hoop forces  $N_z$ 

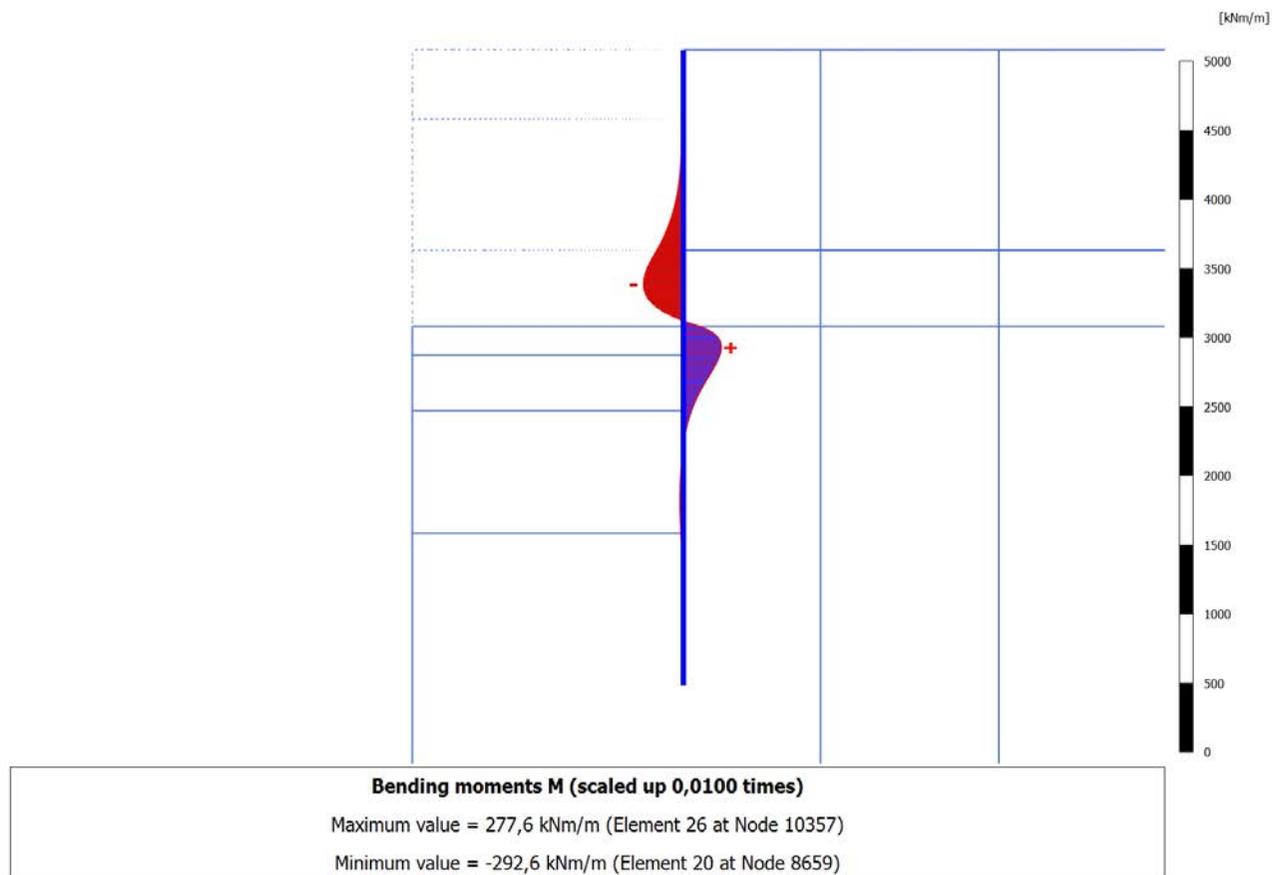
## 4.8.1 Calculation results, Plate, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Bending moments M



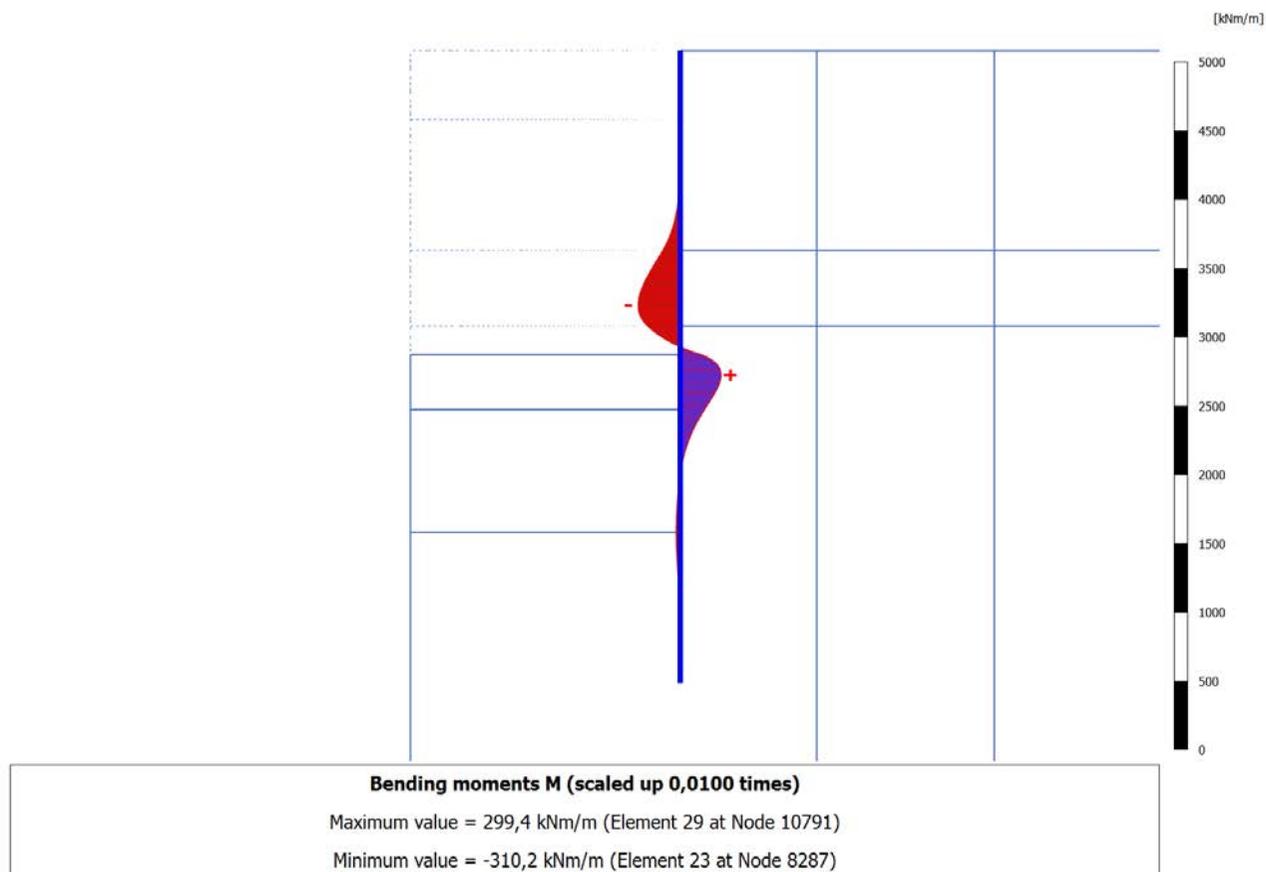
## 4.8.2 Calculation results, Plate, SCAVO1 [Phase\_3] (3/9), Bending moments M



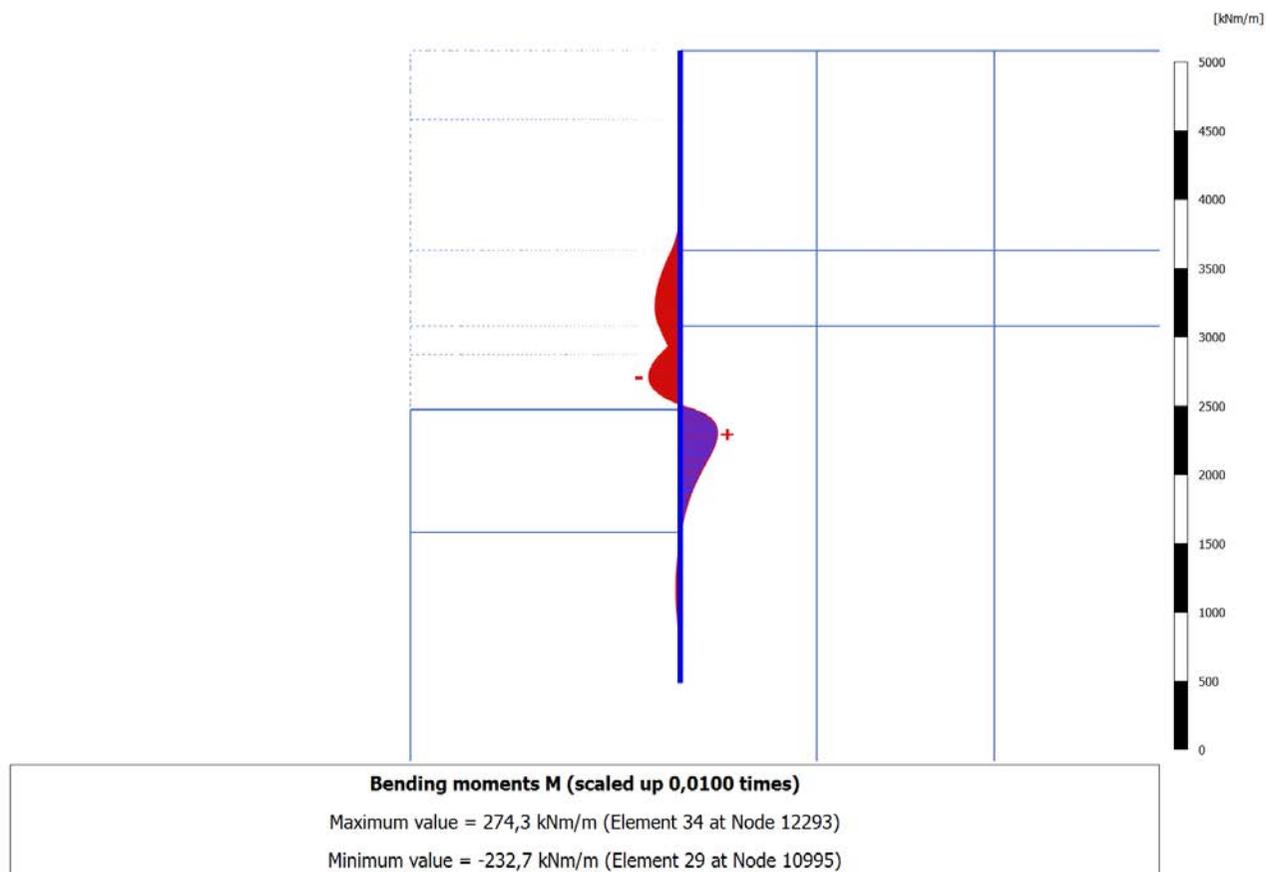
## 4.8.3 Calculation results, Plate, SCAVO2 [Phase\_4] (4/12), Bending moments M



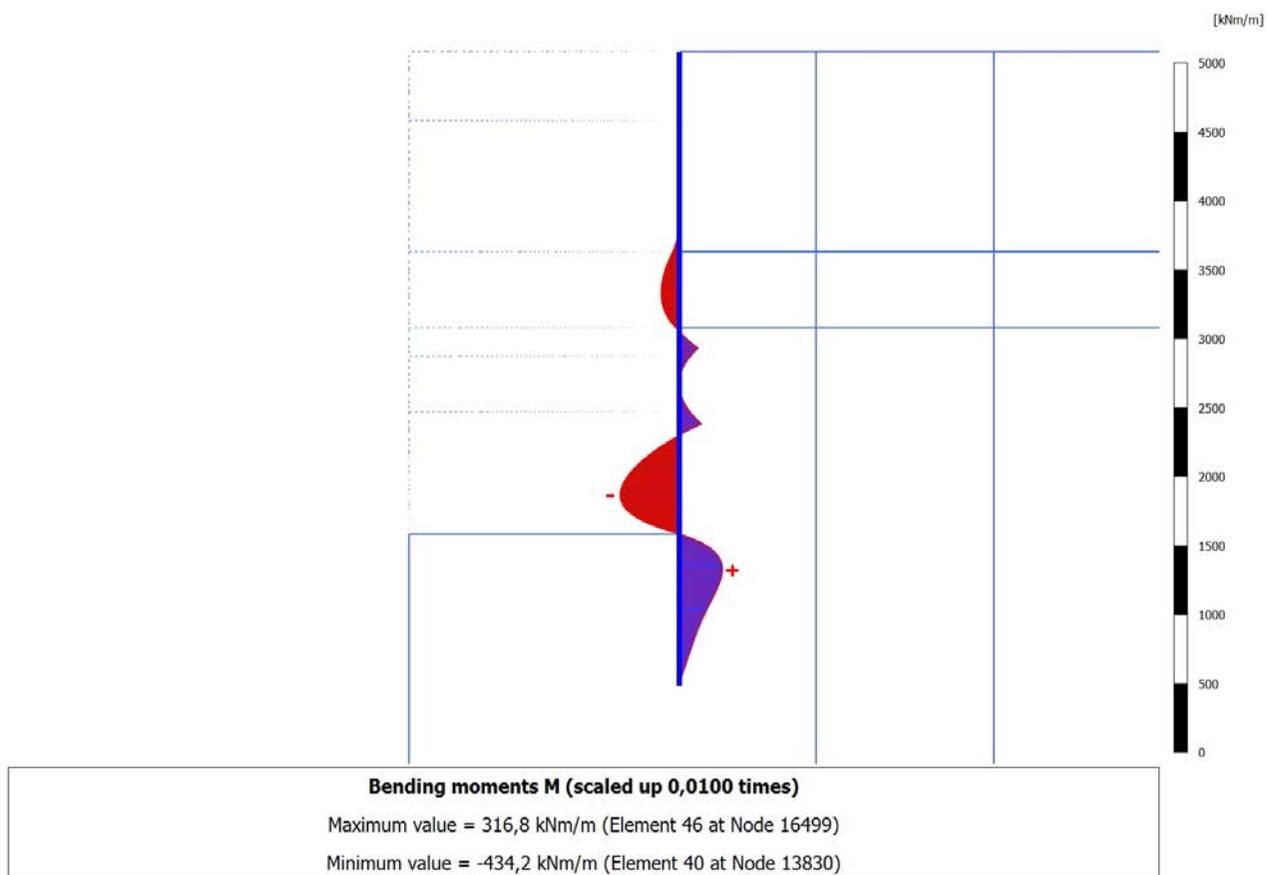
## 4.8.4 Calculation results, Plate, SCAVO3 - TR120 [Phase\_5] (5/15), Bending moments M



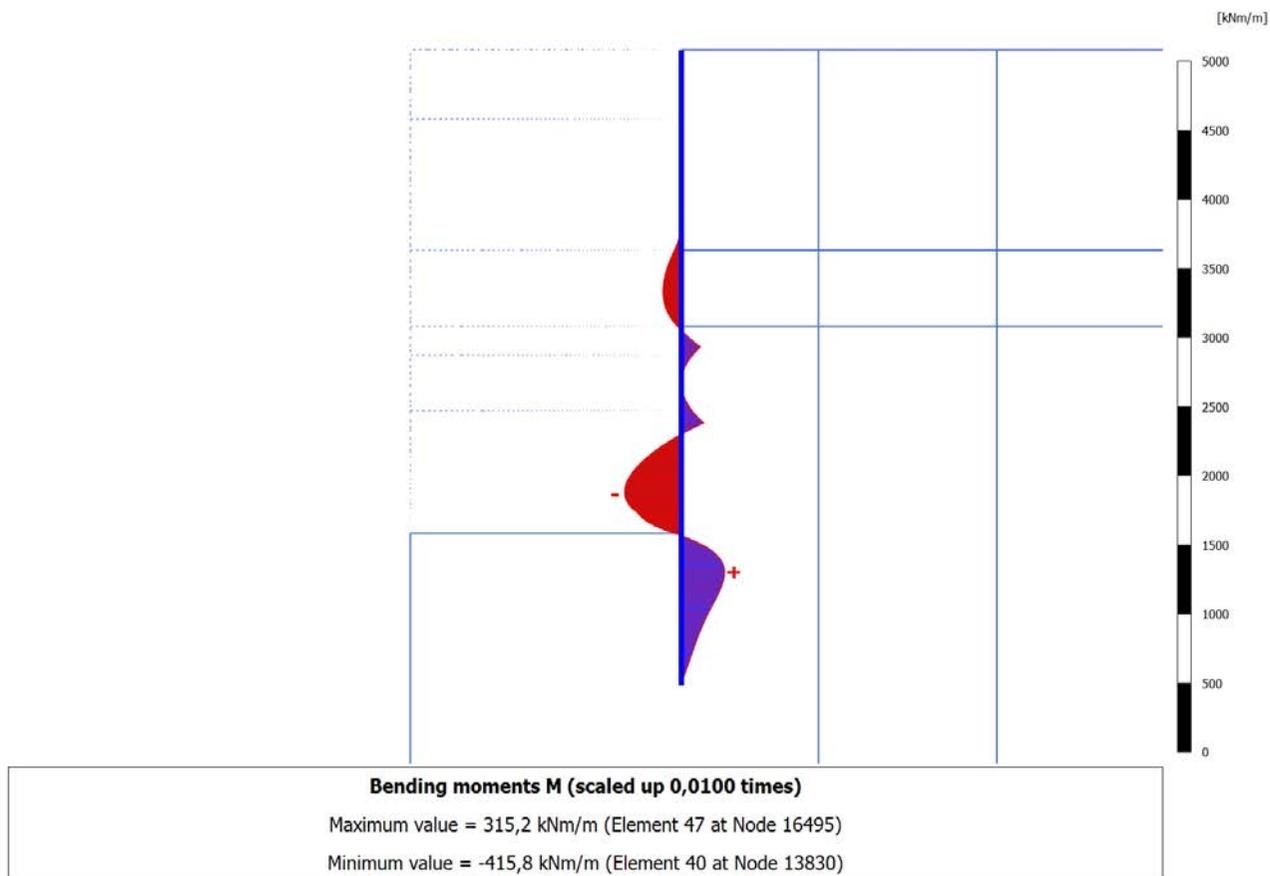
## 4.8.5 Calculation results, Plate, SCAVO4 - TR120 [Phase\_6] (6/18), Bending moments M



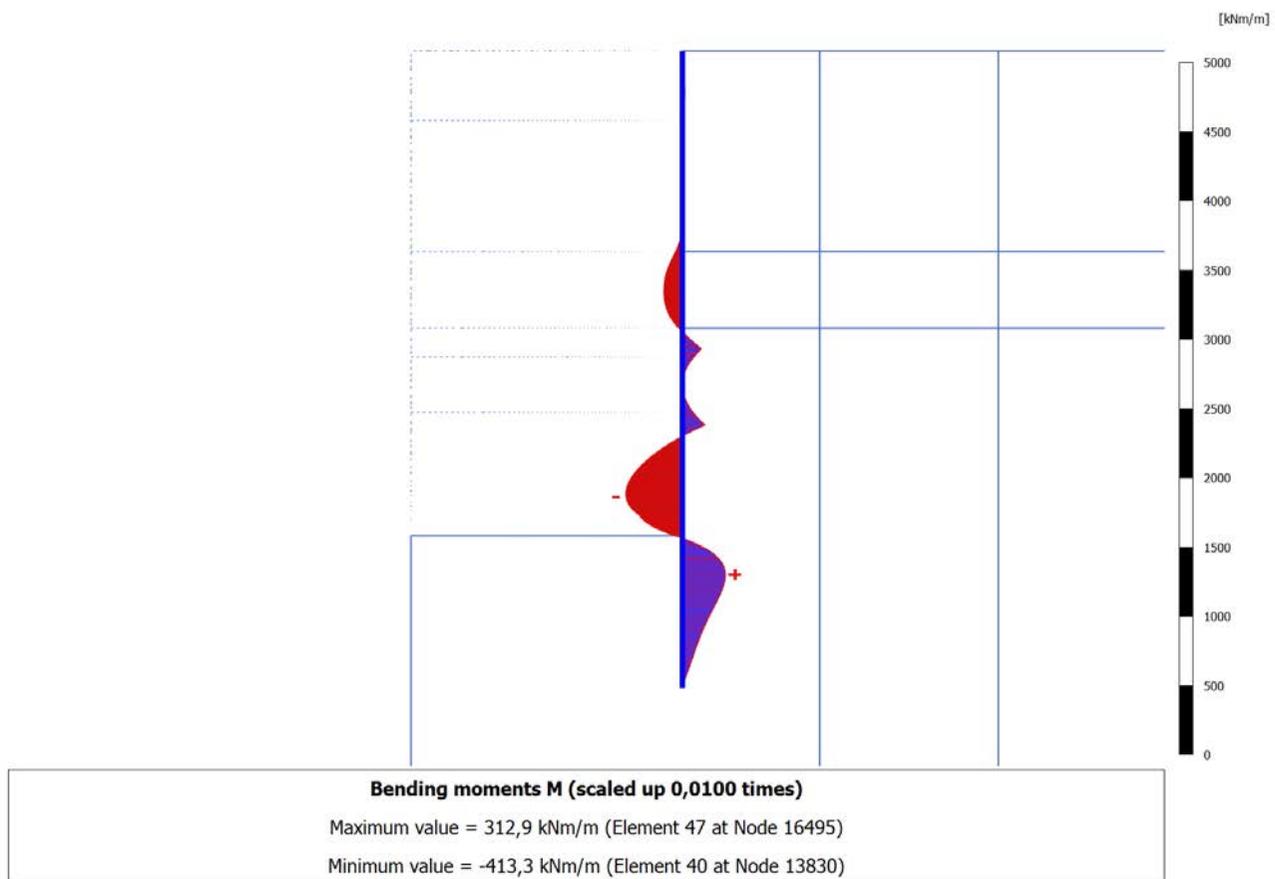
## 4.8.6 Calculation results, Plate, FONDO SCAVO [Phase\_7] (7/21), Bending moments M



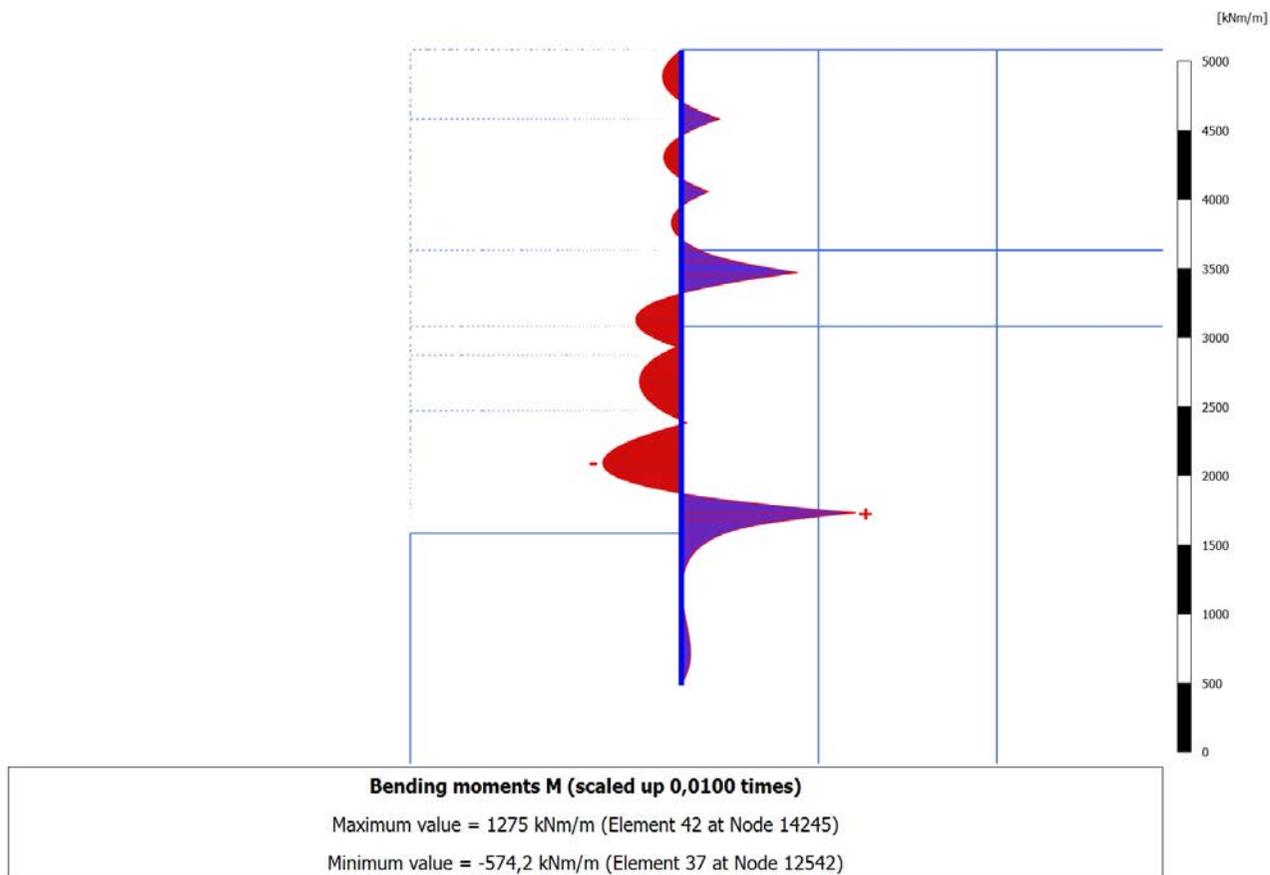
## 4.8.7 Calculation results, Plate, INTERNI [Phase\_9] (9/69), Bending moments M



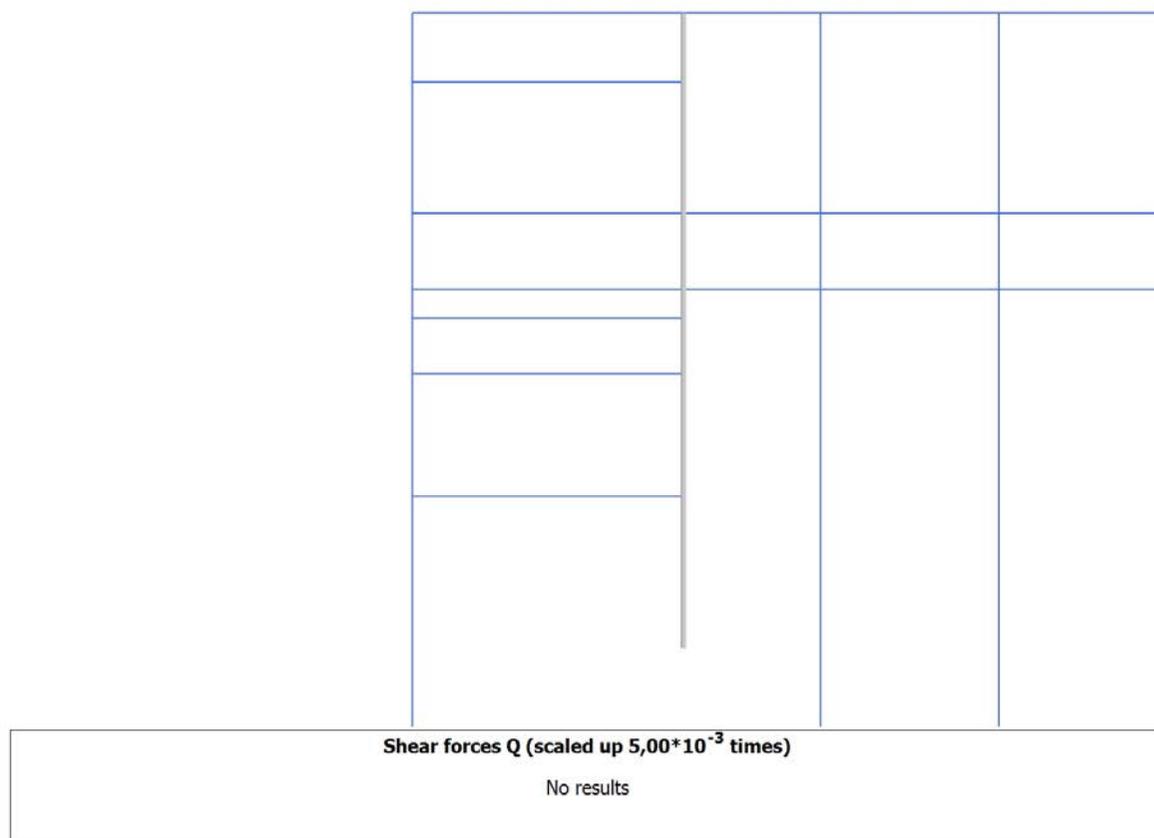
## 4.8.8 Calculation results, Plate, LT [Phase\_10] (10/71), Bending moments M



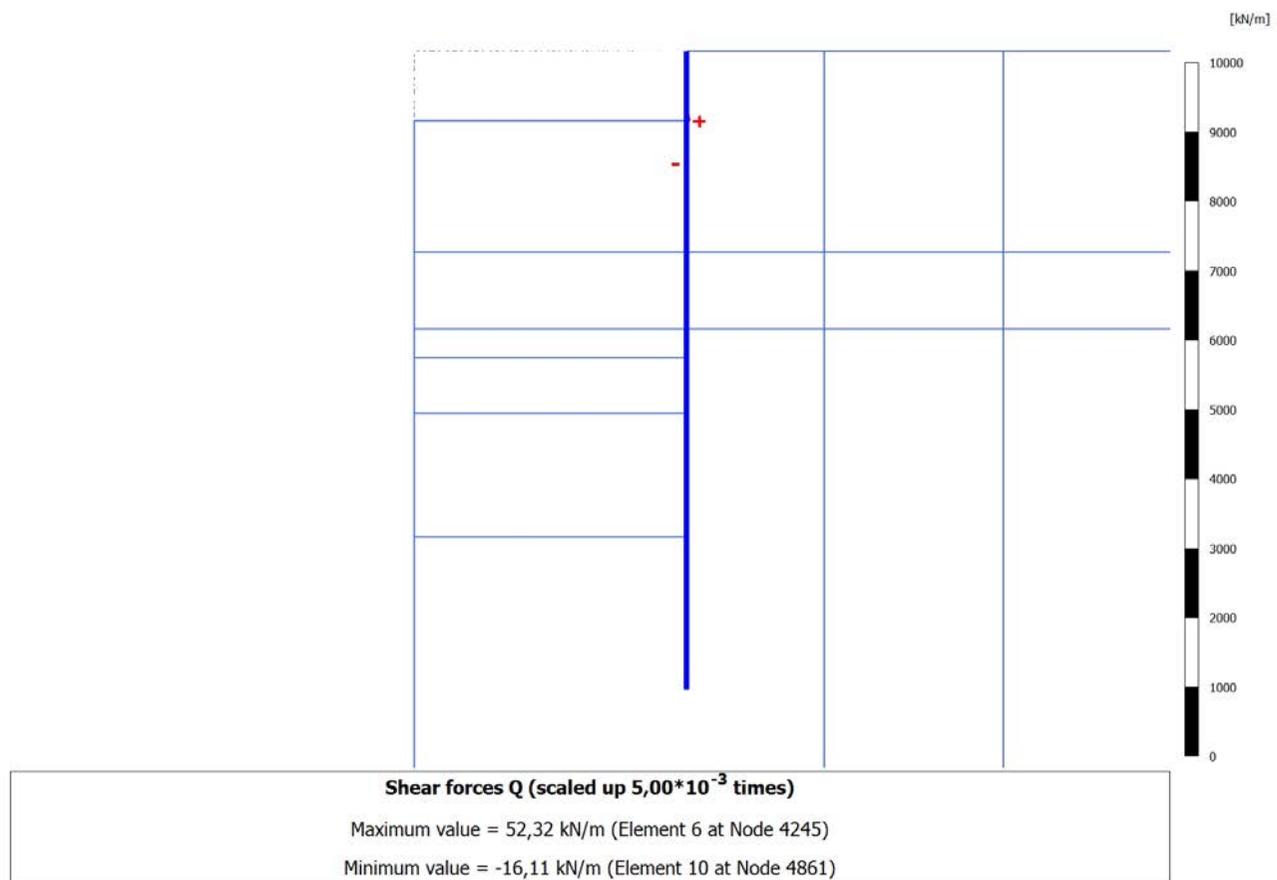
## 4.8.9 Calculation results, Plate, SISMA [Phase\_11] (11/76), Bending moments M



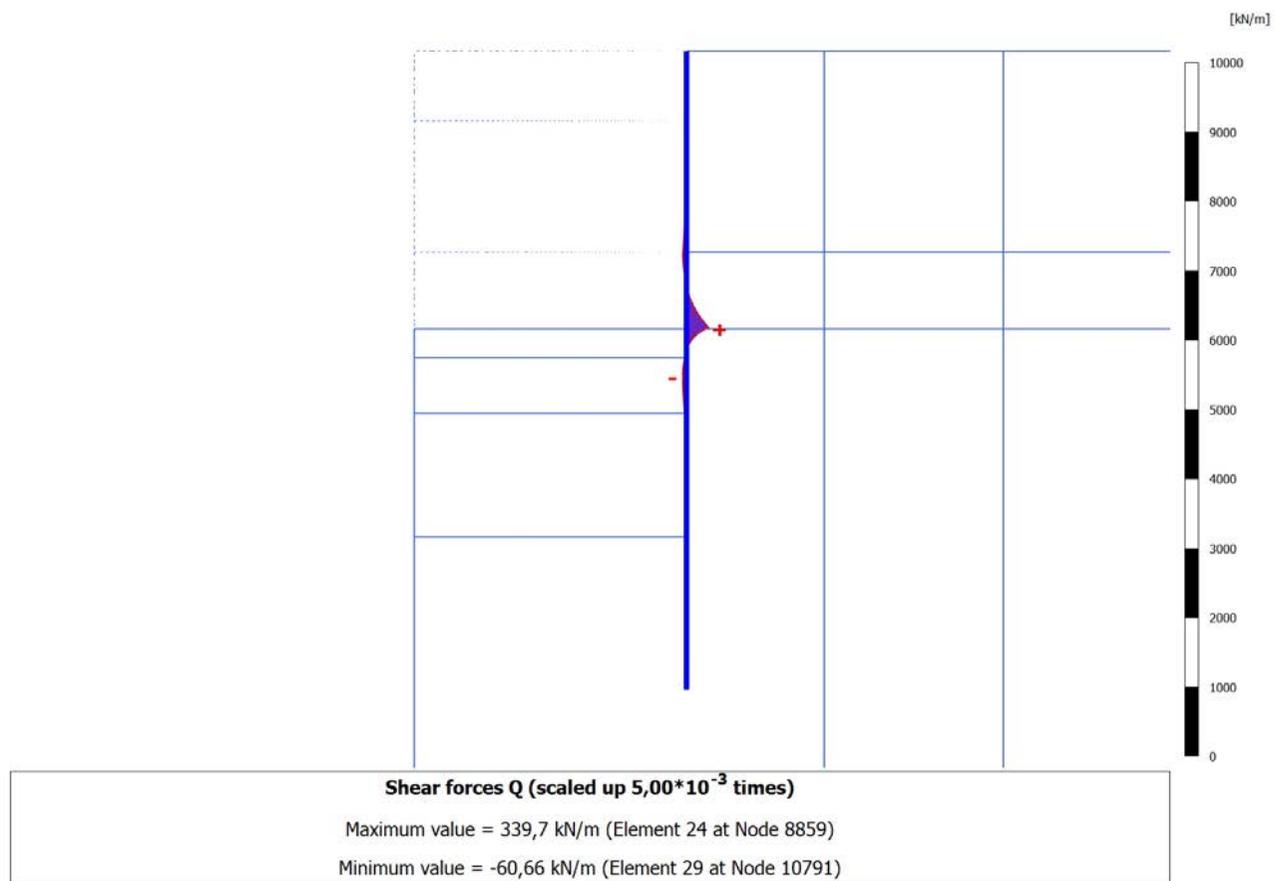
## 4.9.1 Calculation results, Plate, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Shear forces Q



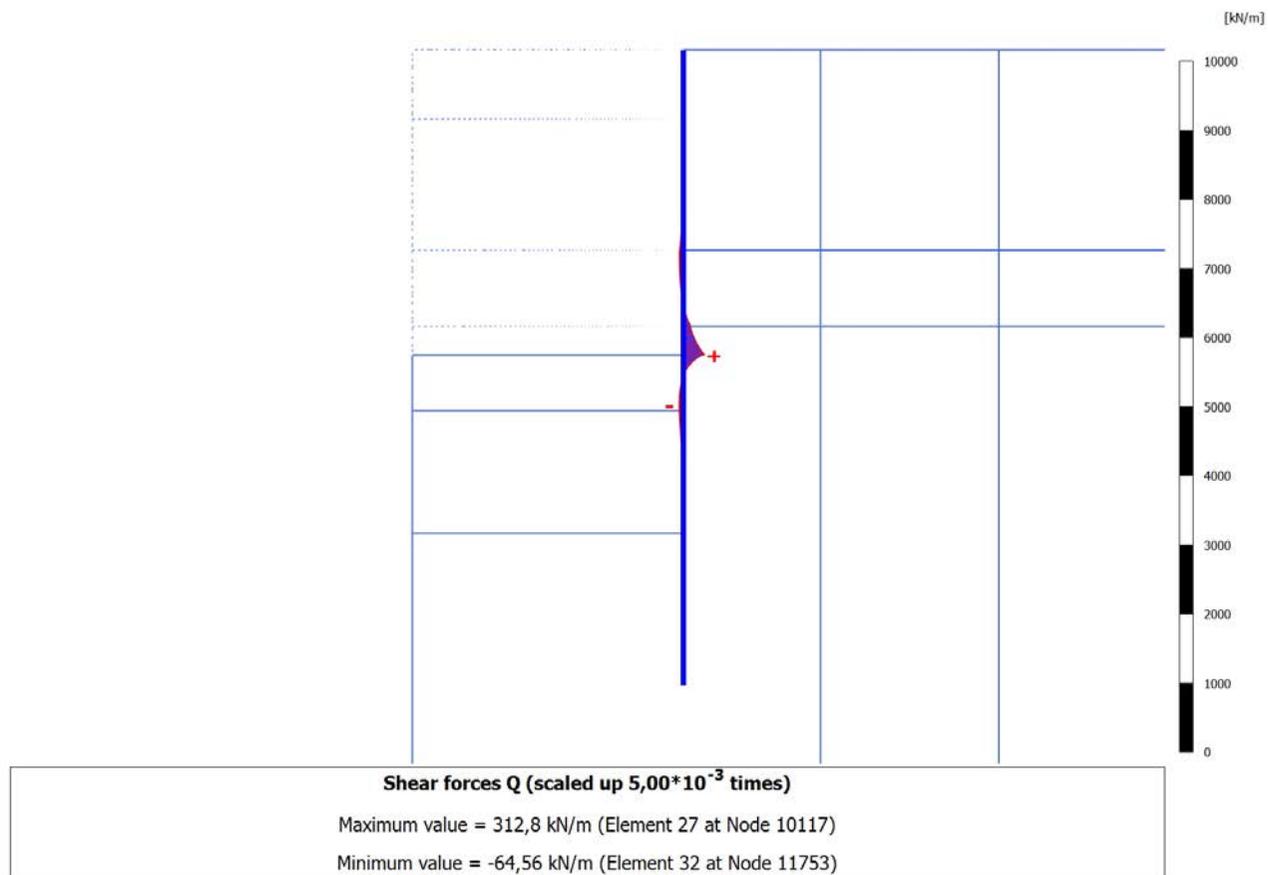
## 4.9.2 Calculation results, Plate, SCAVO1 [Phase\_3] (3/9), Shear forces Q



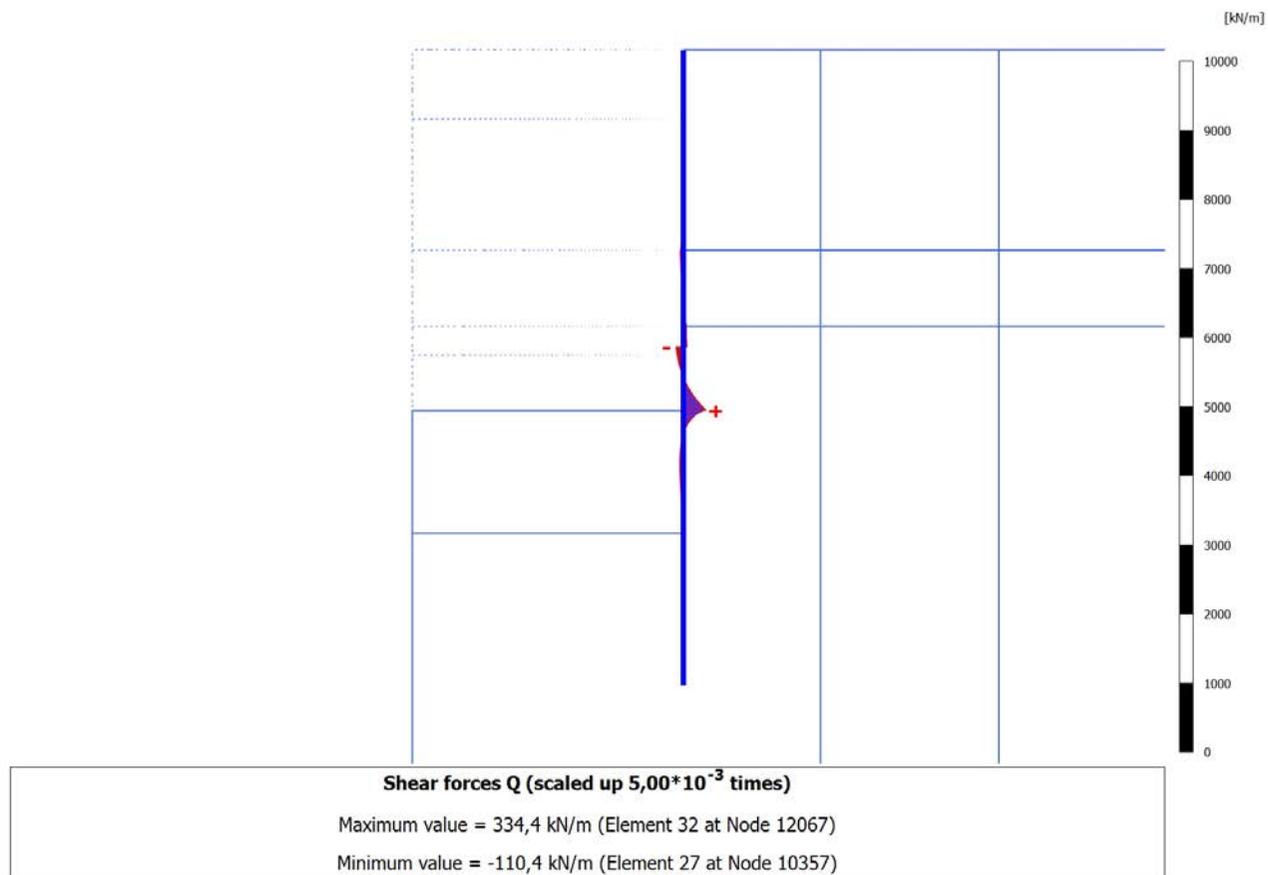
## 4.9.3 Calculation results, Plate, SCAVO2 [Phase\_4] (4/12), Shear forces Q



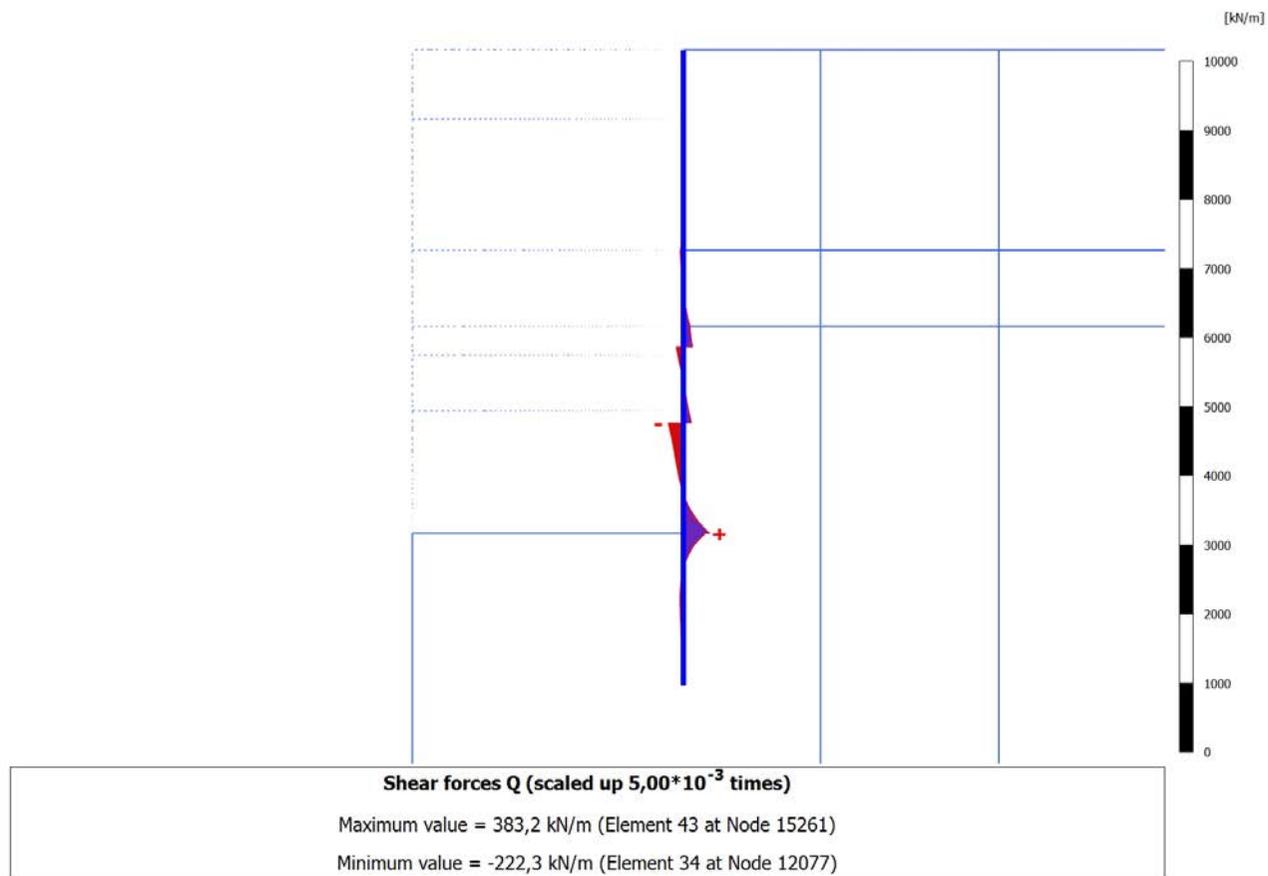
## 4.9.4 Calculation results, Plate, SCAVO3 - TR120 [Phase\_5] (5/15), Shear forces Q



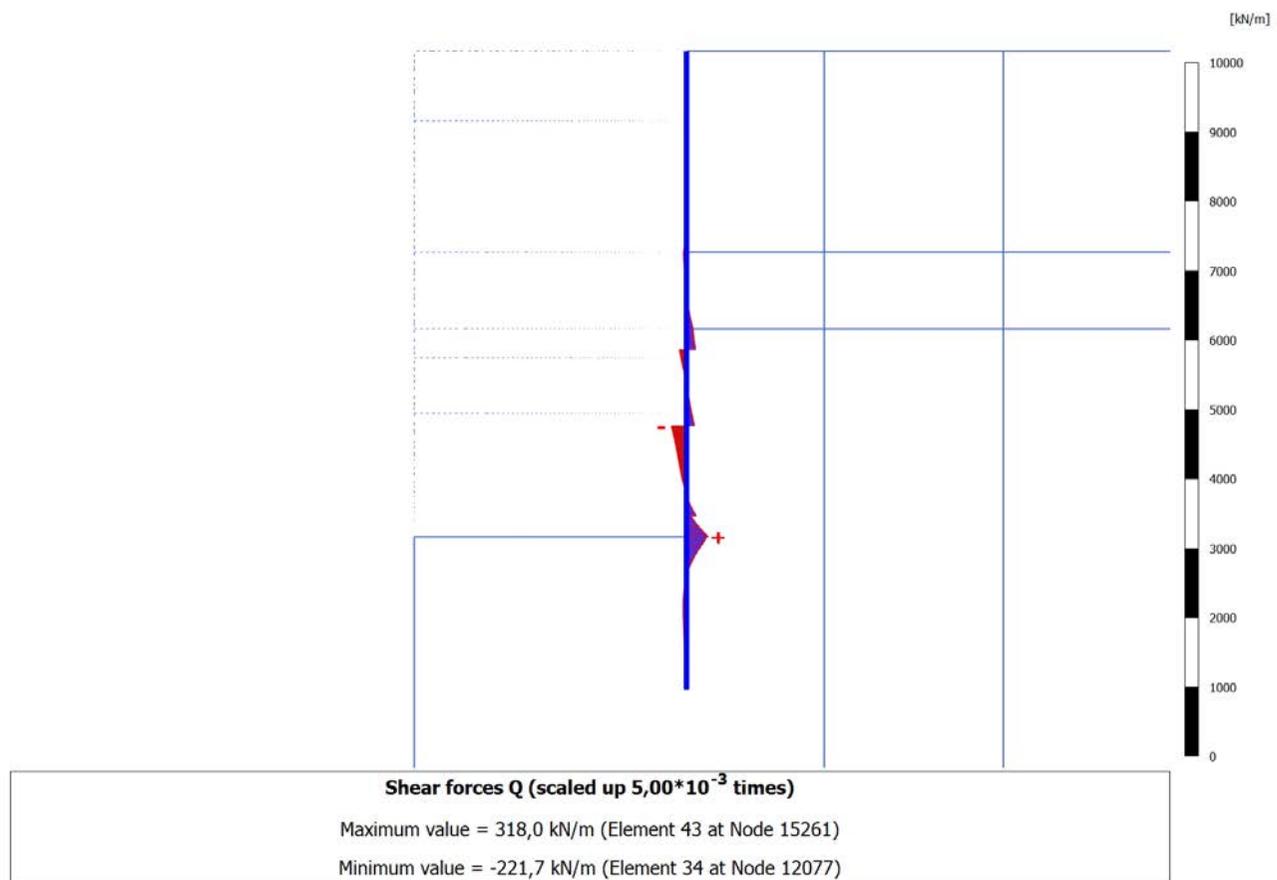
## 4.9.5 Calculation results, Plate, SCAVO4 - TR120 [Phase\_6] (6/18), Shear forces Q



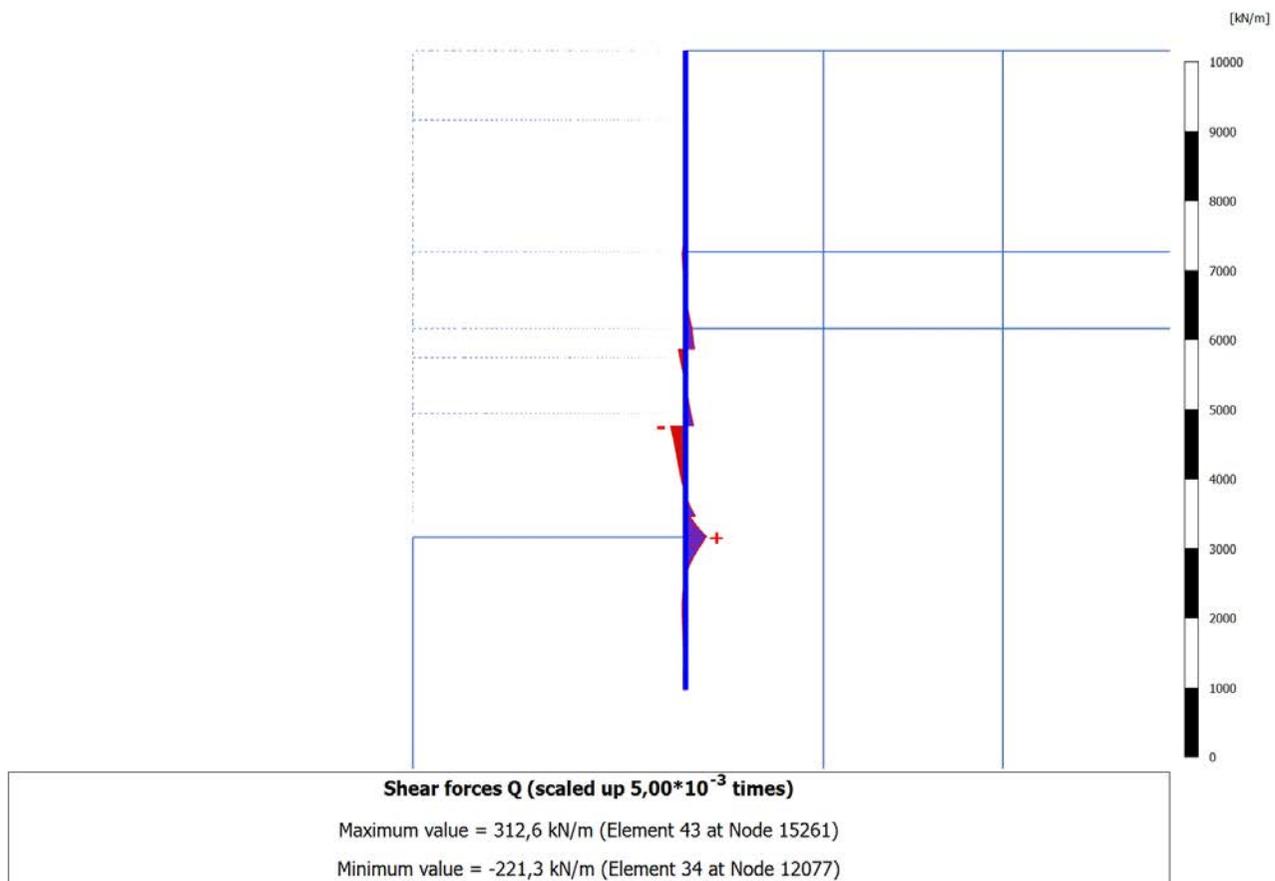
## 4.9.6 Calculation results, Plate, FONDO SCAVO [Phase\_7] (7/21), Shear forces Q



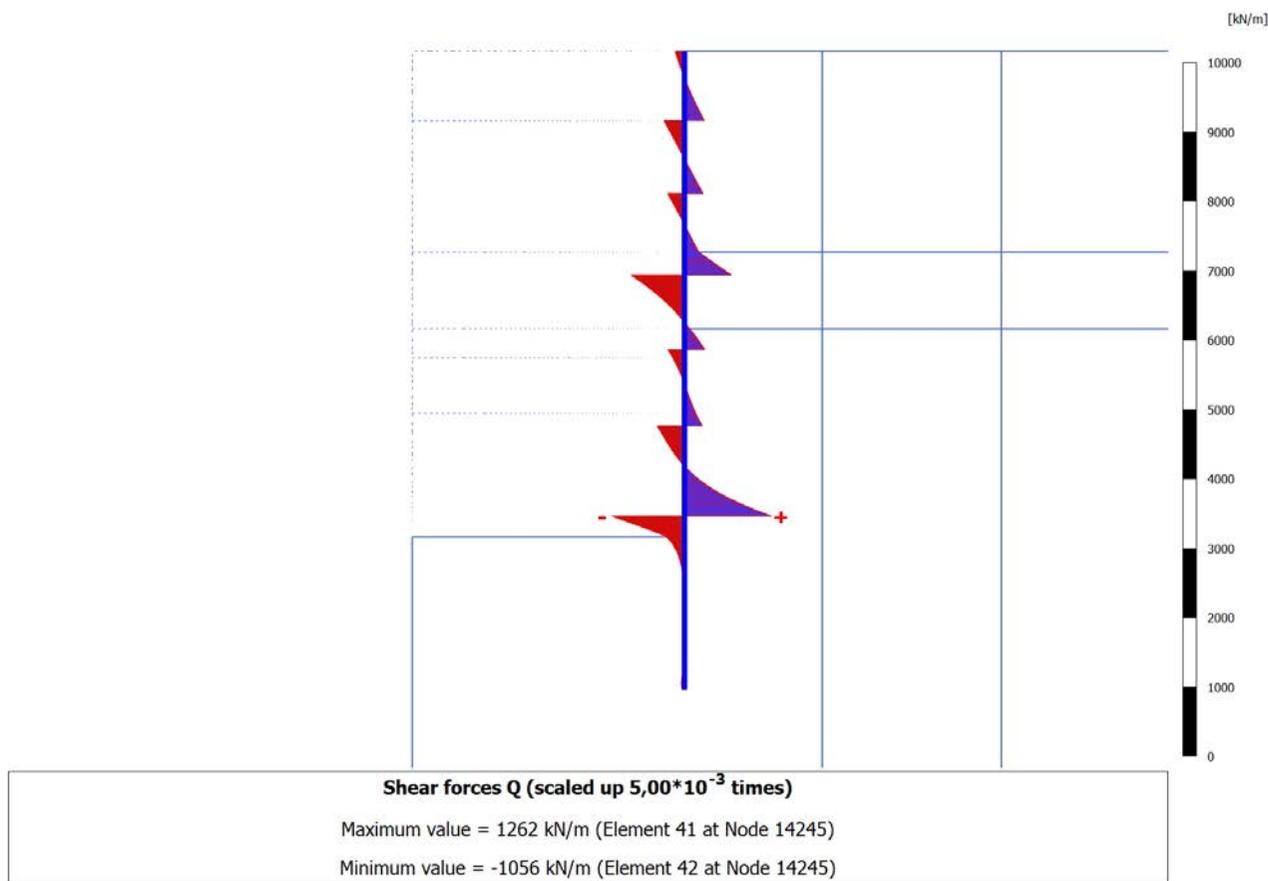
## 4.9.7 Calculation results, Plate, INTERNI [Phase\_9] (9/69), Shear forces Q



## 4.9.8 Calculation results, Plate, LT [Phase\_10] (10/71), Shear forces Q



### 4.9.9 Calculation results, Plate, SISMA [Phase\_11] (11/76), Shear forces Q



# PLAXIS Report

## 1.1.1 General information

### General information

#### Project

Filename POZZO PARI.P2DX

Directory J:\396.01-COCIV-TERZO VALICO\LOTTI\_MT\OV42\02\_PD\_04\_GNVA\_GN1B - CAMERONE E POZZI DI ACCESSO\04\_ANALISI NUMERICHE\POZZO\POZZO CIRCOLARE\GN1BB\

Title POZZO PARI

#### General

Model Axisymmetry

Elements 15-Noded

#### Acceleration

Gravity angle -90,00°

x-acceleration 0,000 G

y-acceleration 0,000 G

Earth gravity 9,810 m/s<sup>2</sup>

#### Mesh

Nr of soil elements 4752

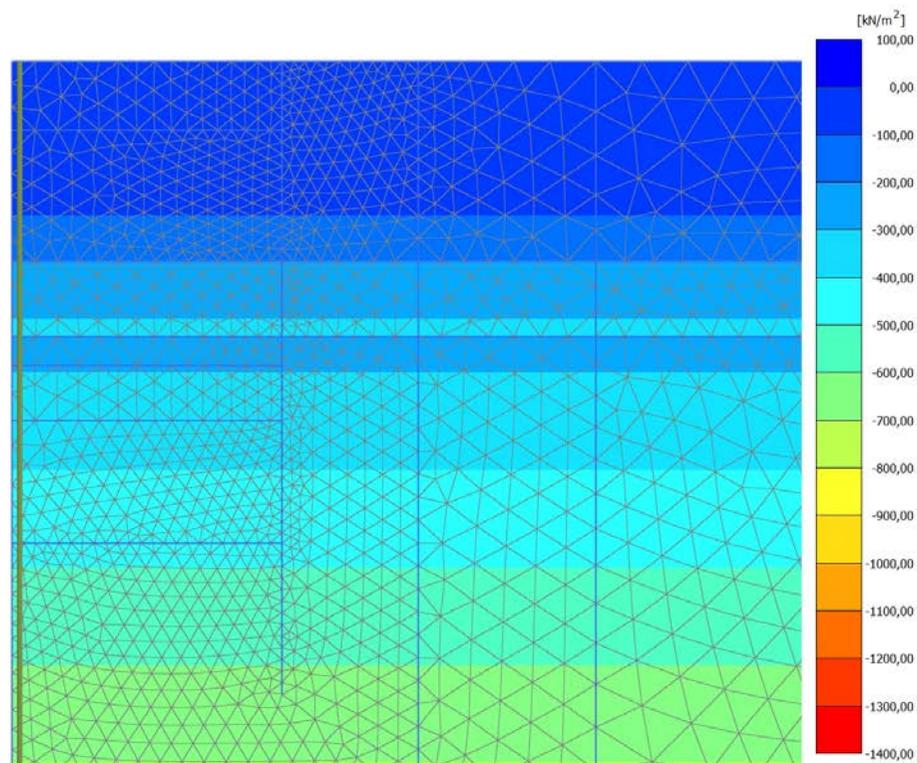
Nr of nodes 39056

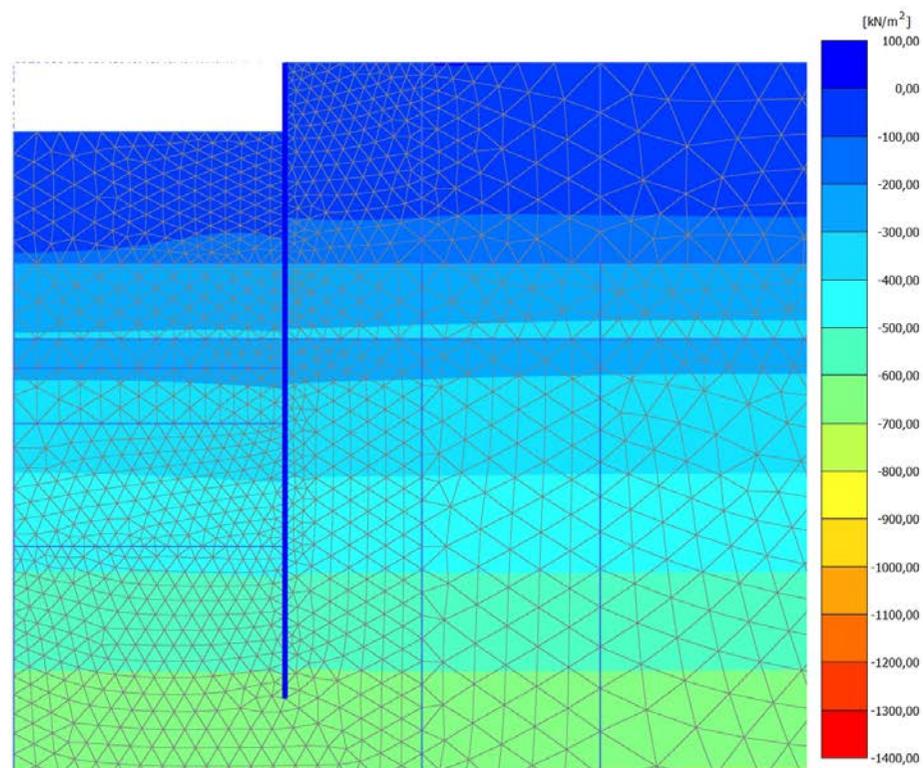
Average elem. size 1,451 m

#### Comments

## 4.1.1 Calculation results, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Cartesian total stress

xx

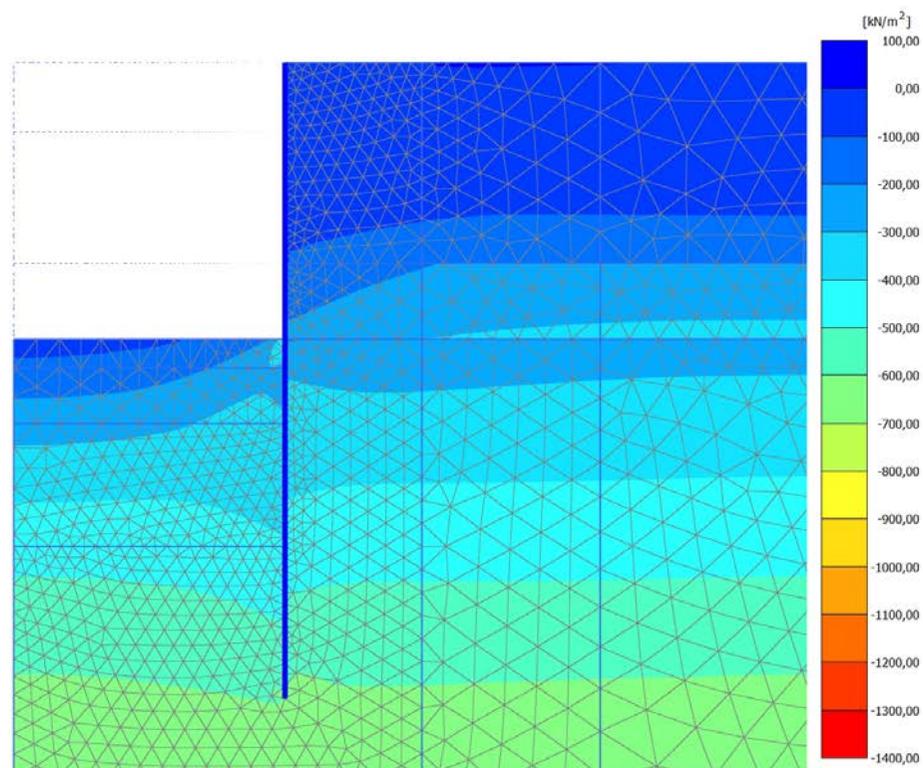
**Cartesian total stress  $\sigma_{xx}$** Maximum value =  $1,043 \cdot 10^{-3}$  kN/m<sup>2</sup> (Element 373 at Node 12601)Minimum value = -1392 kN/m<sup>2</sup> (Element 4703 at Node 38224)

4.1.2 Calculation results, SCAVO1 [Phase\_3] (3/9), Cartesian total stress  $\sigma_{xx}$ 

Cartesian total stress  $\sigma_{xx}$

Maximum value = 2,456 kN/m<sup>2</sup> (Element 472 at Node 7384)

Minimum value = -1391 kN/m<sup>2</sup> (Element 4700 at Node 38962)

4.1.3 Calculation results, SCAVO2 [Phase\_4] (4/12), Cartesian total stress  $\sigma_{xx}$ 

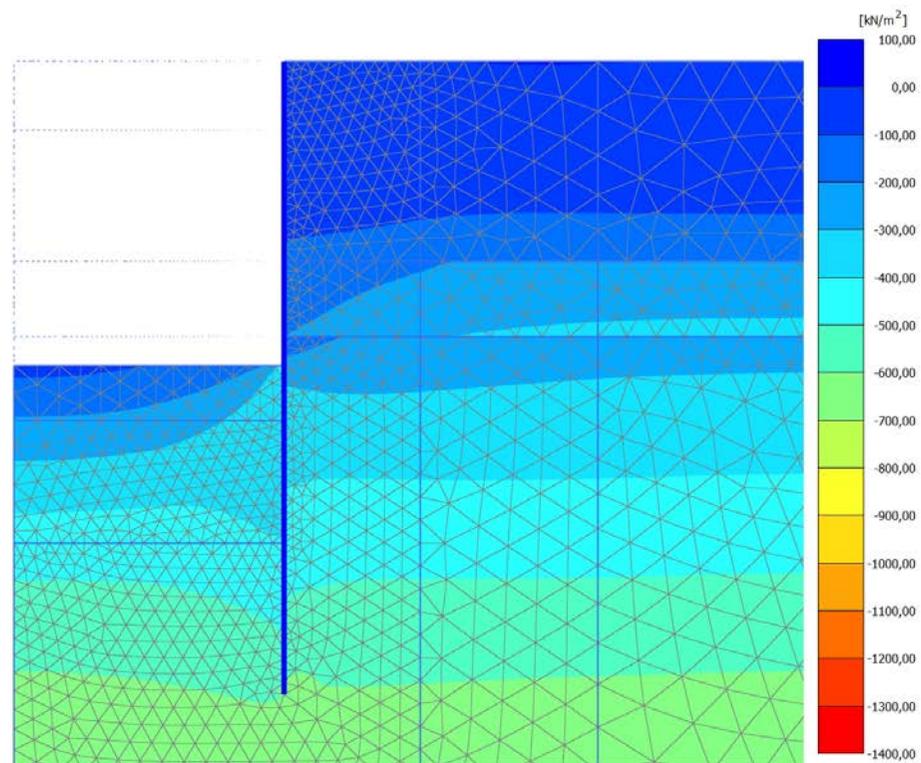
**Cartesian total stress  $\sigma_{xx}$**

Maximum value = 2,295 kN/m<sup>2</sup> (Element 374 at Node 11323)

Minimum value = -1390 kN/m<sup>2</sup> (Element 4700 at Node 38962)

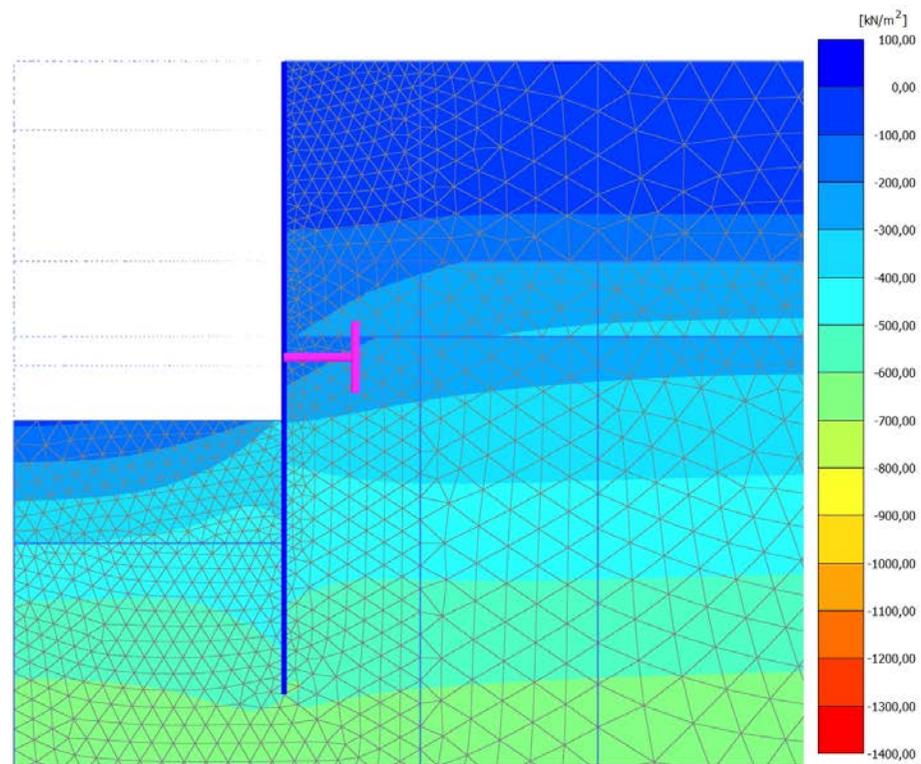
## 4.1.4 Calculation results, SCAVO3 - TR120 [Phase\_5] (5/15), Cartesian total stress

xx

**Cartesian total stress  $\sigma_{xx}$** Maximum value = 2,190 kN/m<sup>2</sup> (Element 374 at Node 11323)Minimum value = -1390 kN/m<sup>2</sup> (Element 4700 at Node 38962)

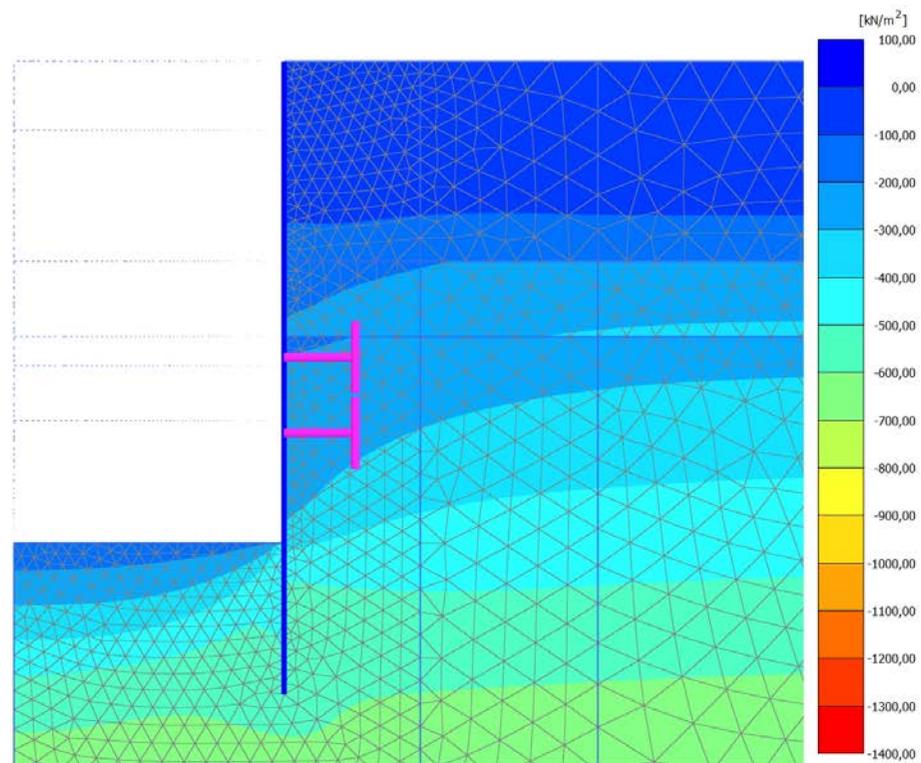
## 4.1.5 Calculation results, SCAVO4 - TR120 [Phase\_6] (6/18), Cartesian total stress

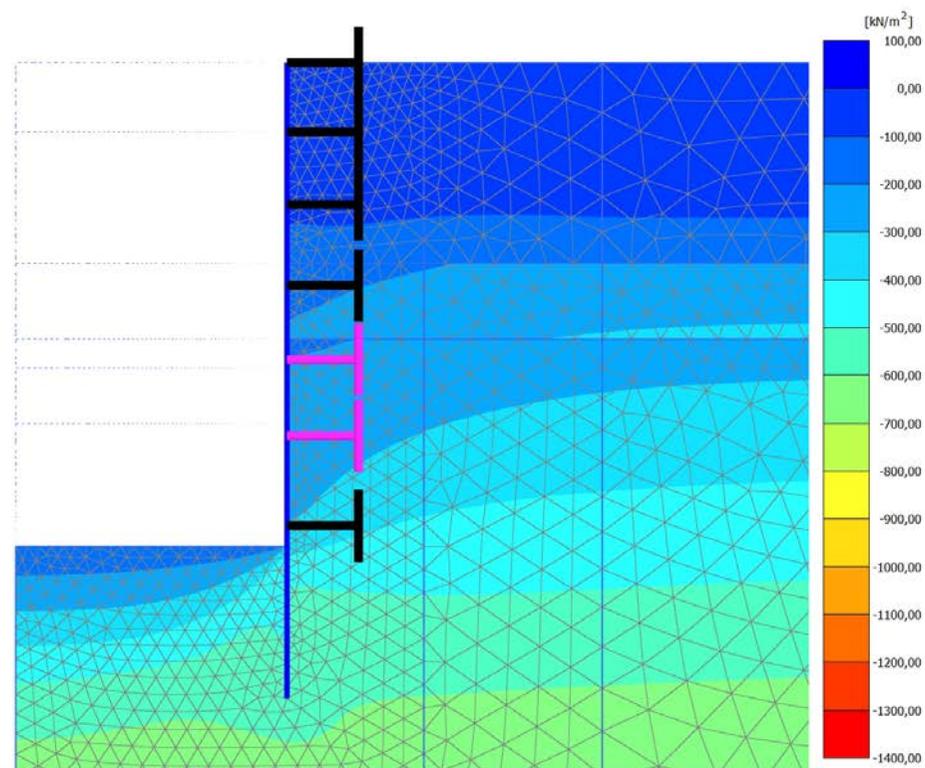
xx

**Cartesian total stress  $\sigma_{xx}$** Maximum value = 1,604 kN/m<sup>2</sup> (Element 374 at Node 11323)Minimum value = -1390 kN/m<sup>2</sup> (Element 4700 at Node 38962)

## 4.1.6 Calculation results, FONDO SCAVO [Phase\_7] (7/21), Cartesian total stress

xx

**Cartesian total stress  $\sigma_{xx}$** Maximum value = 0,4392 kN/m<sup>2</sup> (Element 374 at Node 11327)Minimum value = -1389 kN/m<sup>2</sup> (Element 4700 at Node 38962)

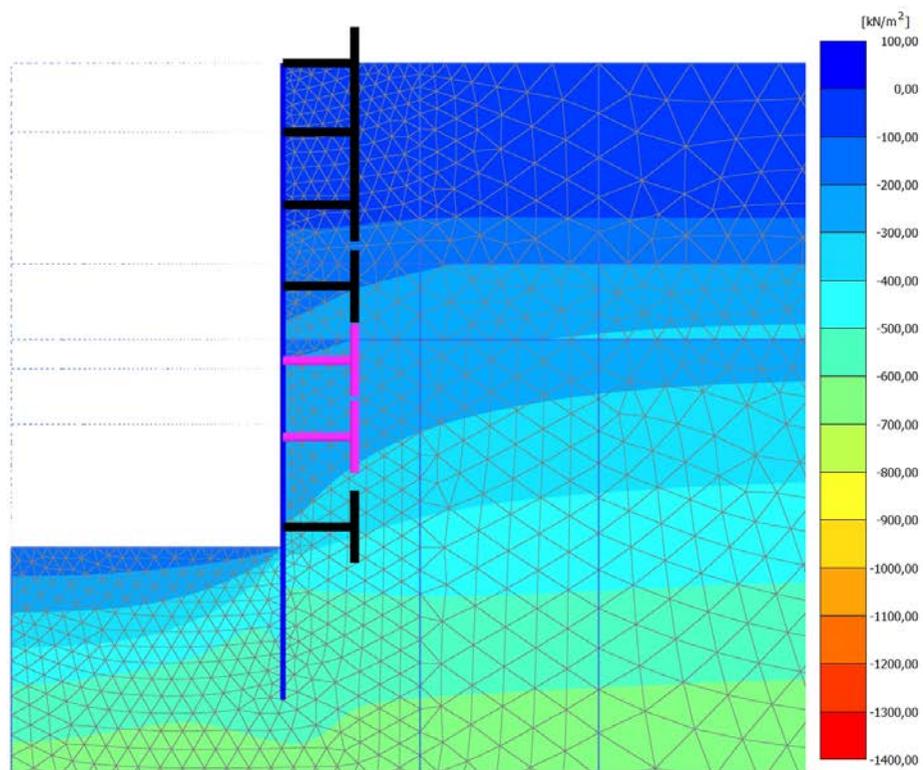
4.1.7 Calculation results, INTERNI [Phase\_9] (9/69), Cartesian total stress  $\sigma_{xx}$ 

Cartesian total stress  $\sigma_{xx}$

Maximum value = 0,4859 kN/m<sup>2</sup> (Element 374 at Node 11327)

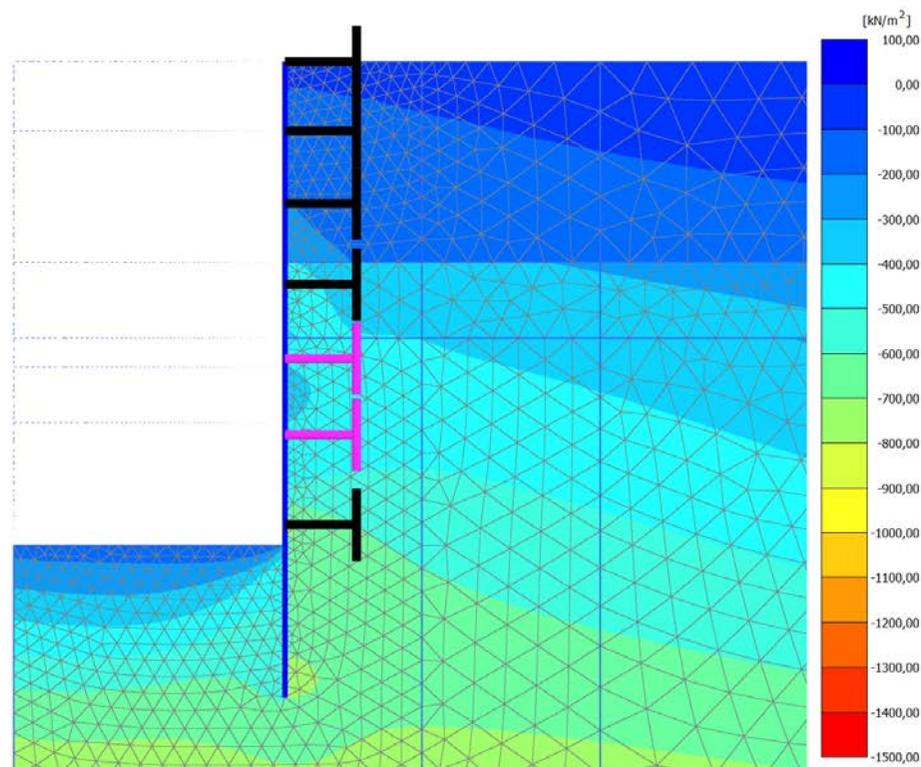
Minimum value = -1390 kN/m<sup>2</sup> (Element 4700 at Node 38962)

4.1.8 Calculation results, LT [Phase\_10] (10/71), Cartesian total stress  $\sigma_{xx}$

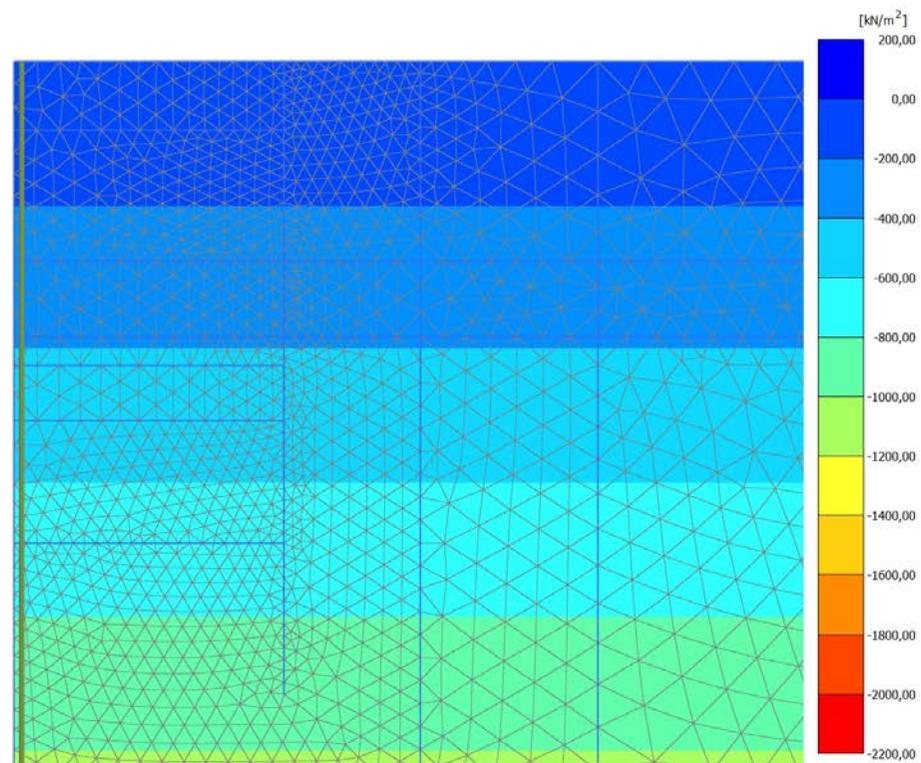


**Cartesian total stress  $\sigma_{xx}$**   
 Maximum value = 0,4938 kN/m<sup>2</sup> (Element 327 at Node 4357)  
 Minimum value = -1389 kN/m<sup>2</sup> (Element 4700 at Node 38962)

4.1.9 Calculation results, SISMA [Phase\_11] (11/76), Cartesian total stress  $\sigma_{xx}$



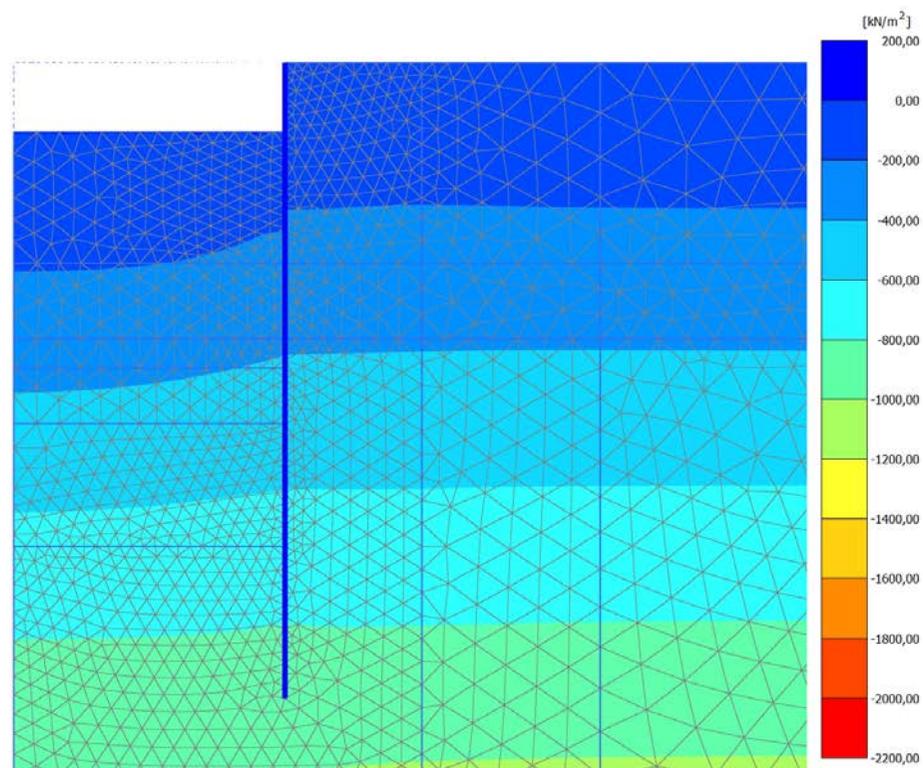
**Cartesian total stress  $\sigma_{xx}$**   
 Maximum value = 1,828 kN/m<sup>2</sup> (Element 543 at Node 14783)  
 Minimum value = -1405 kN/m<sup>2</sup> (Element 4637 at Node 20860)

4.2.1 Calculation results, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Cartesian total stress  $\sigma_{yy}$ 

Cartesian total stress  $\sigma_{yy}$

Maximum value =  $2,219 \cdot 10^{-3}$  kN/m<sup>2</sup> (Element 373 at Node 12601)

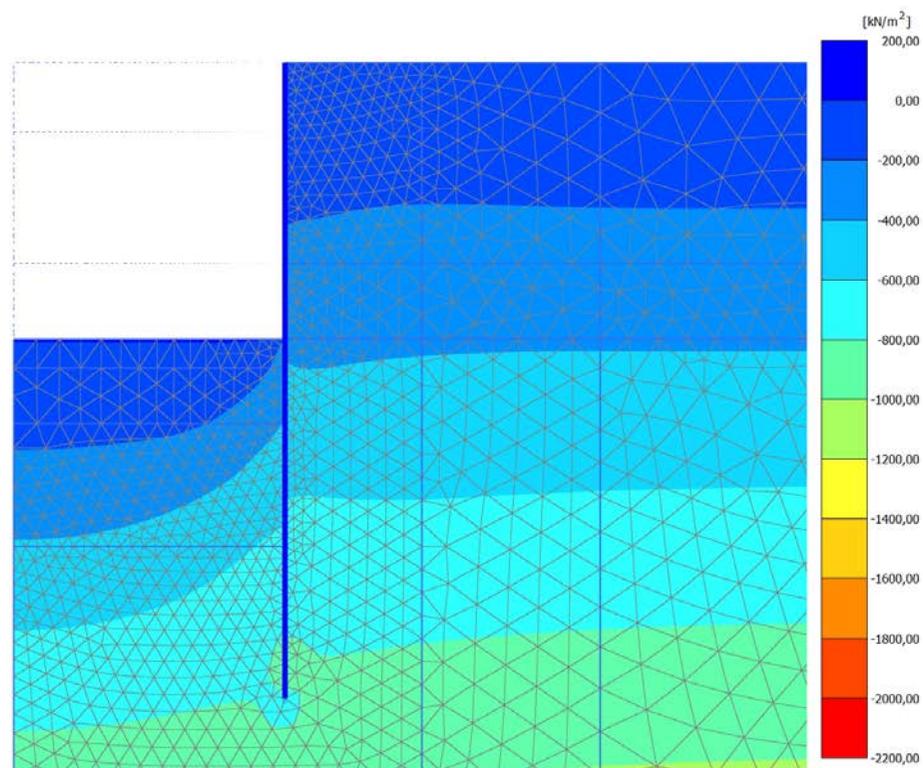
Minimum value = -2023 kN/m<sup>2</sup> (Element 4703 at Node 38224)

4.2.2 Calculation results, SCAVO1 [Phase\_3] (3/9), Cartesian total stress  $\sigma_{yy}$ 

**Cartesian total stress  $\sigma_{yy}$**

Maximum value = 3,855 kN/m<sup>2</sup> (Element 745 at Node 95)

Minimum value = -2022 kN/m<sup>2</sup> (Element 4709 at Node 38959)

4.2.3 Calculation results, SCAVO2 [Phase\_4] (4/12), Cartesian total stress  $\sigma_{yy}$ 

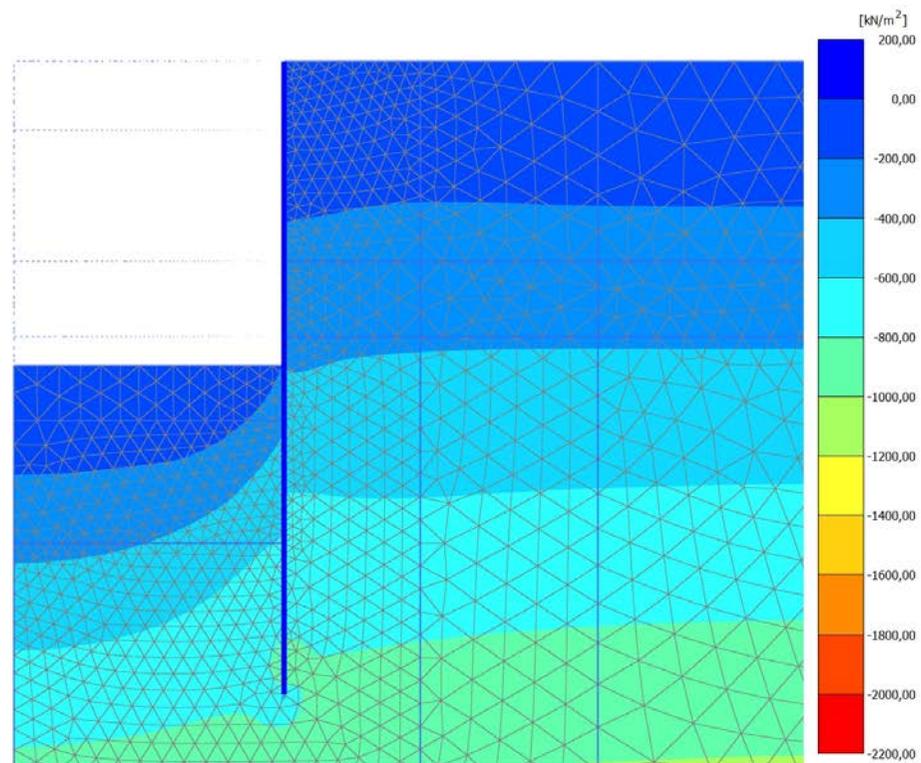
Cartesian total stress  $\sigma_{yy}$

Maximum value = 10,91 kN/m<sup>2</sup> (Element 1415 at Node 1905)

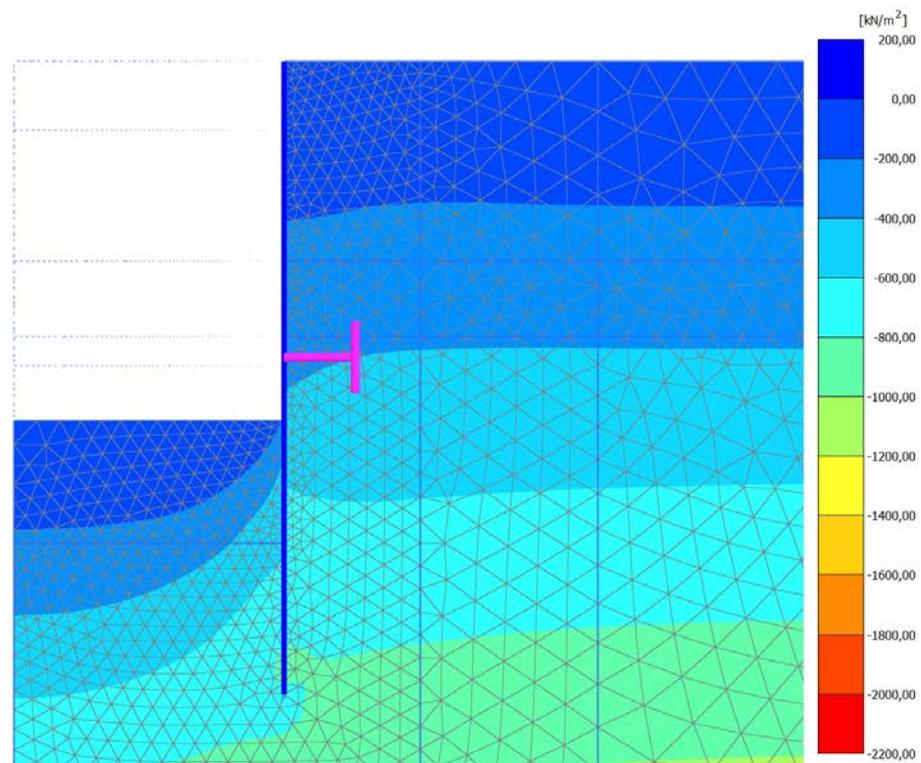
Minimum value = -2018 kN/m<sup>2</sup> (Element 4709 at Node 38959)

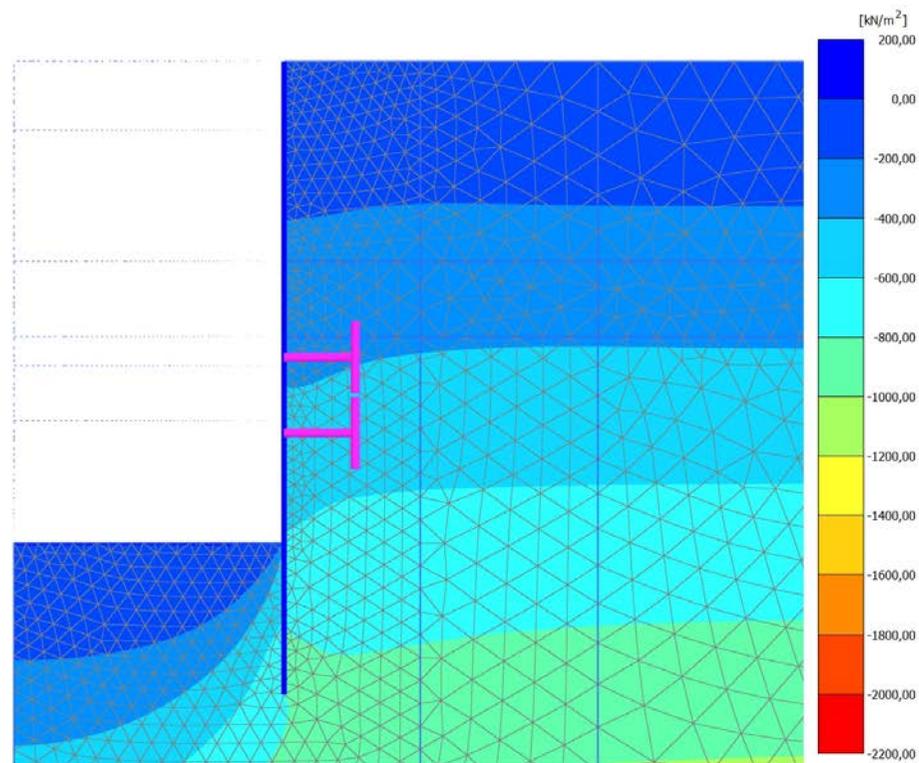
## 4.2.4 Calculation results, SCAVO3 - TR120 [Phase\_5] (5/15), Cartesian total stress

yy

**Cartesian total stress  $\sigma_{yy}$** Maximum value = 0,8798 kN/m<sup>2</sup> (Element 1518 at Node 7152)Minimum value = -2018 kN/m<sup>2</sup> (Element 4709 at Node 38959)

## 4.2.5 Calculation results, SCAVO4 - TR120 [Phase\_6] (6/18), Cartesian total stress

 $\sigma_{yy}$ **Cartesian total stress  $\sigma_{yy}$** Maximum value = 1,697 kN/m<sup>2</sup> (Element 1569 at Node 3667)Minimum value = -2017 kN/m<sup>2</sup> (Element 4709 at Node 38959)

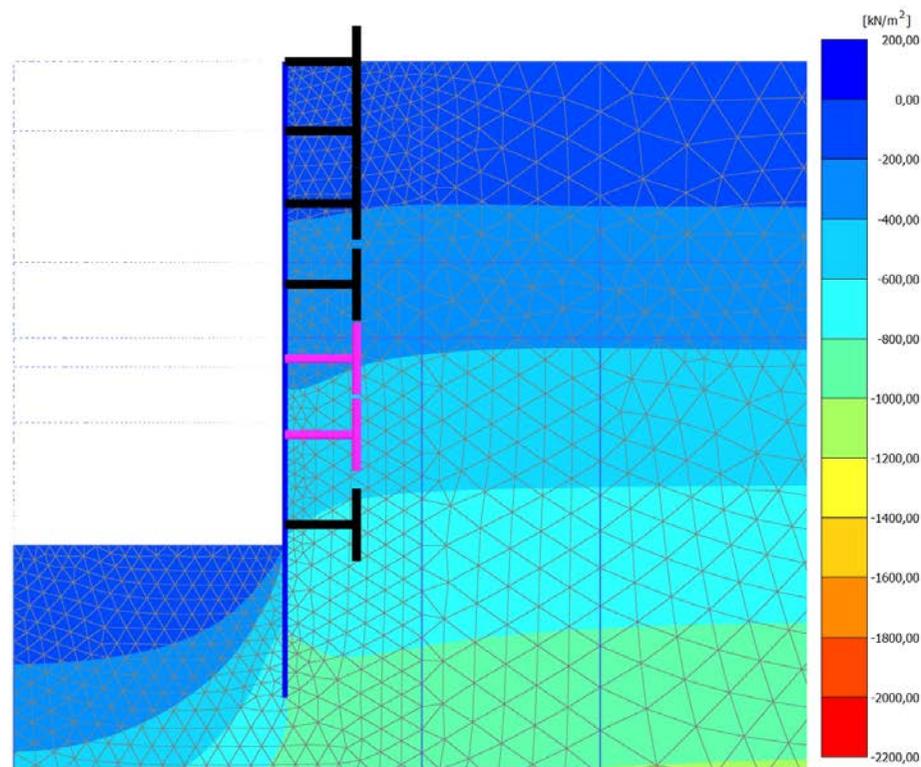
4.2.6 Calculation results, FONDO SCAVO [Phase\_7] (7/21), Cartesian total stress  $\sigma_{yy}$ 

**Cartesian total stress  $\sigma_{yy}$**

Maximum value = 6,569  $\text{kN/m}^2$  (Element 3385 at Node 6557)

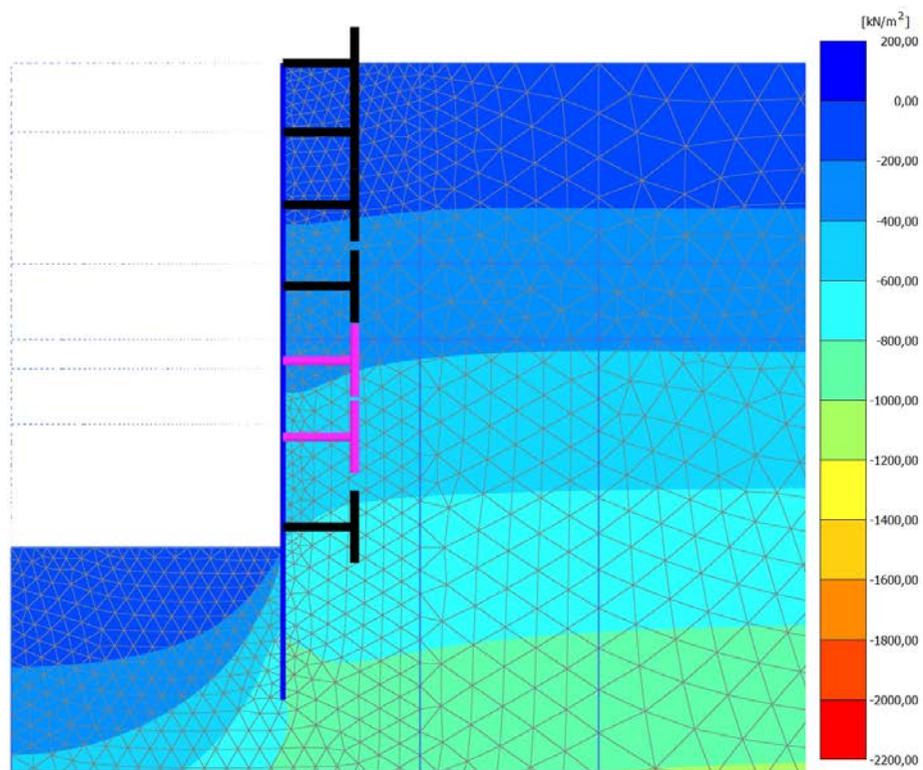
Minimum value = -2015  $\text{kN/m}^2$  (Element 4709 at Node 38959)

4.2.7 Calculation results, INTERNI [Phase\_9] (9/69), Cartesian total stress  $\sigma_{yy}$



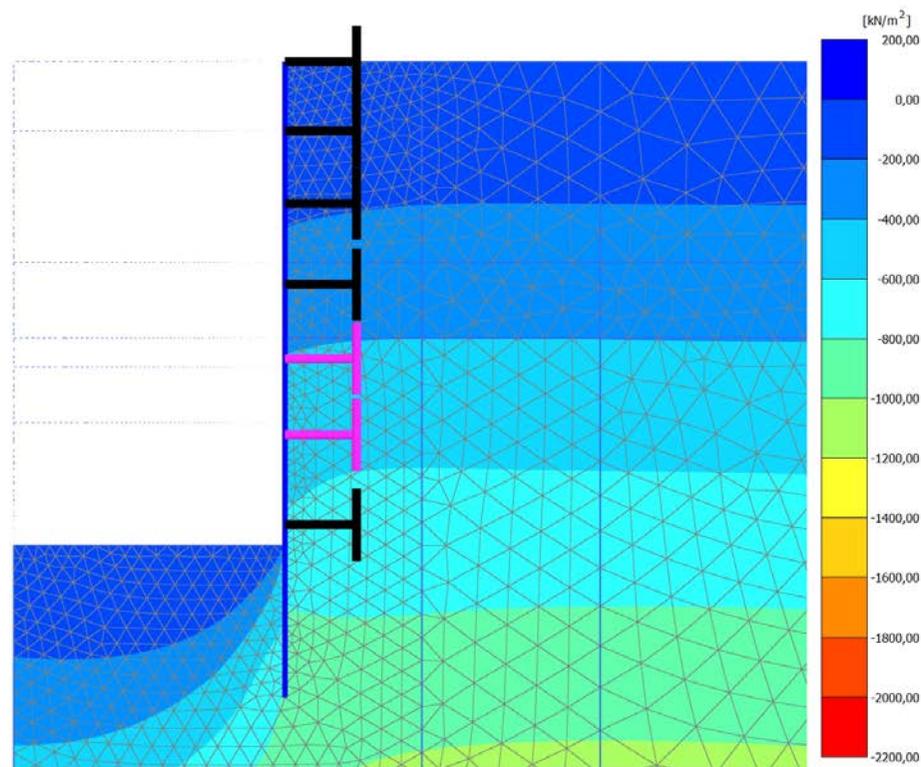
**Cartesian total stress  $\sigma_{yy}$**   
 Maximum value = 16,79 kN/m<sup>2</sup> (Element 3530 at Node 14967)  
 Minimum value = -2015 kN/m<sup>2</sup> (Element 4709 at Node 38959)

4.2.8 Calculation results, LT [Phase\_10] (10/71), Cartesian total stress  $\sigma_{yy}$

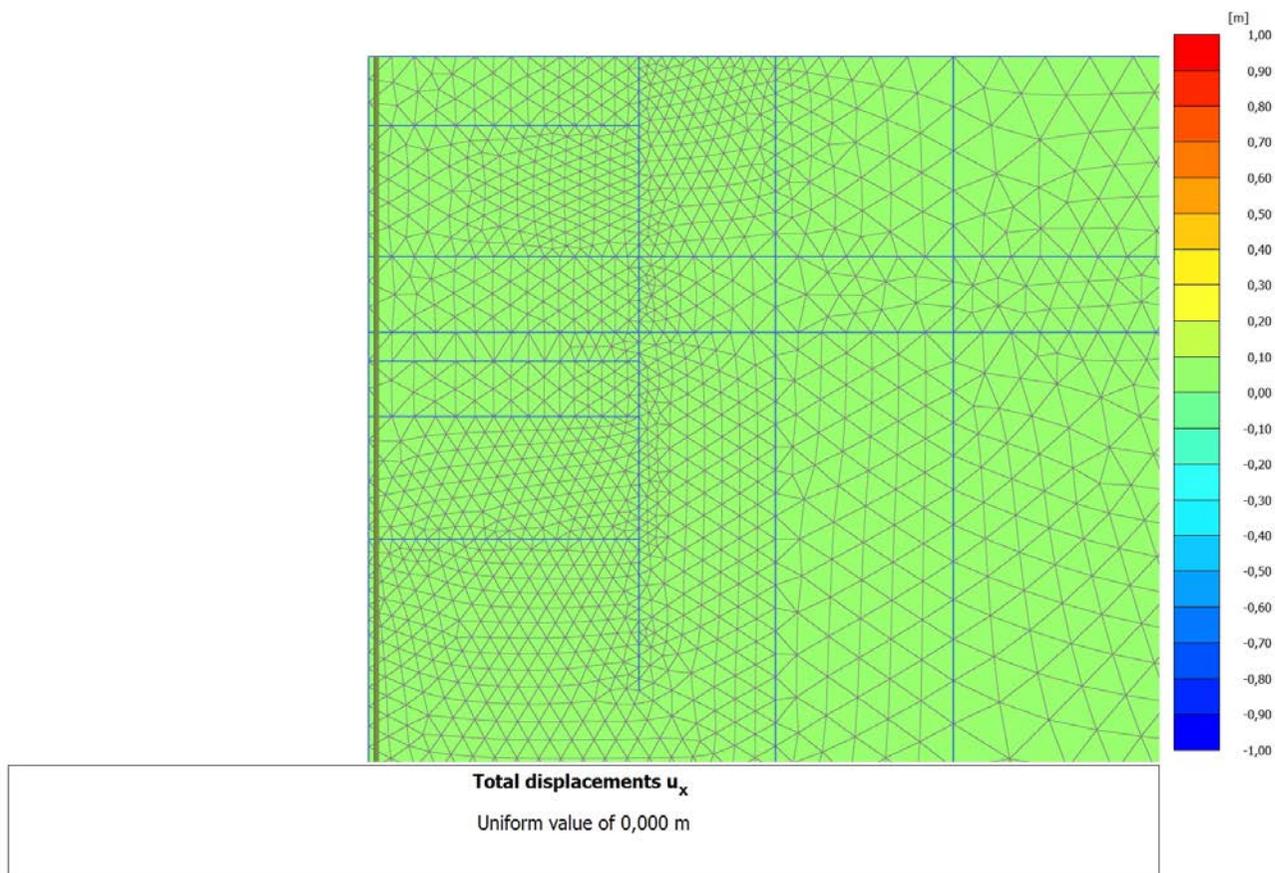


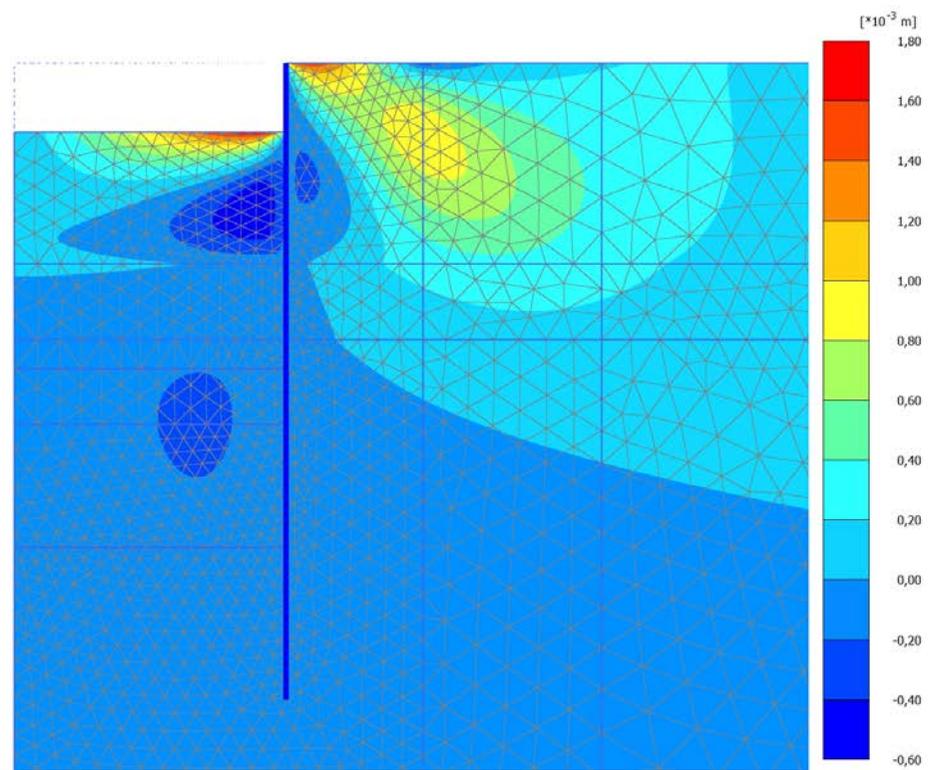
**Cartesian total stress  $\sigma_{yy}$**   
 Maximum value = 16,44 kN/m<sup>2</sup> (Element 3530 at Node 14967)  
 Minimum value = -2014 kN/m<sup>2</sup> (Element 4709 at Node 38959)

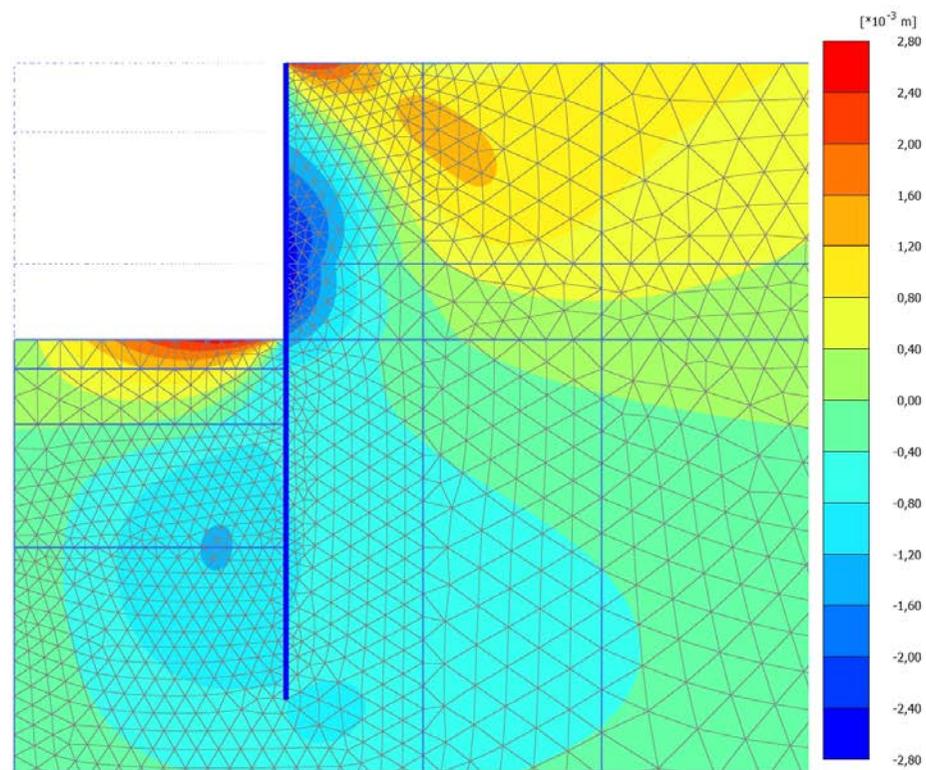
4.2.9 Calculation results, SISMA [Phase\_11] (11/76), Cartesian total stress  $\sigma_{yy}$



**Cartesian total stress  $\sigma_{yy}$**   
 Maximum value = 16,62 kN/m<sup>2</sup> (Element 3530 at Node 14967)  
 Minimum value = -2084 kN/m<sup>2</sup> (Element 4717 at Node 18418)

4.3.1 Calculation results, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Total displacements  $u_x$ 

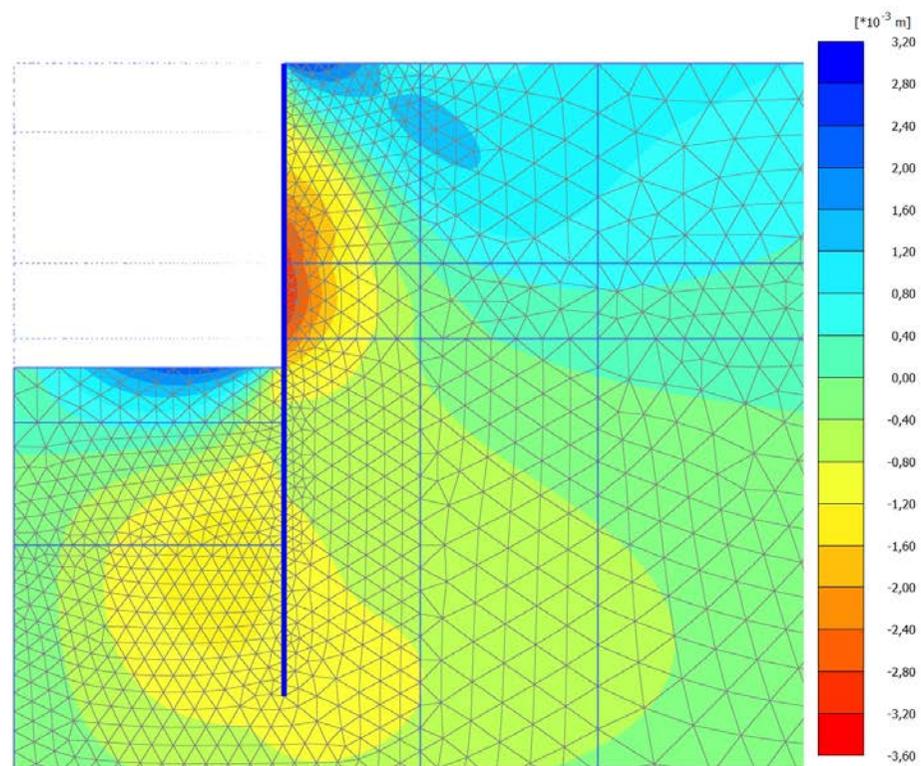
4.3.2 Calculation results, SCAVO1 [Phase\_3] (3/9), Total displacements  $u_x$ **Total displacements  $u_x$** Maximum value = 1,728\* $10^{-3}$  m (Element 982 at Node 3050)Minimum value = -0,5613\* $10^{-3}$  m (Element 964 at Node 5223)

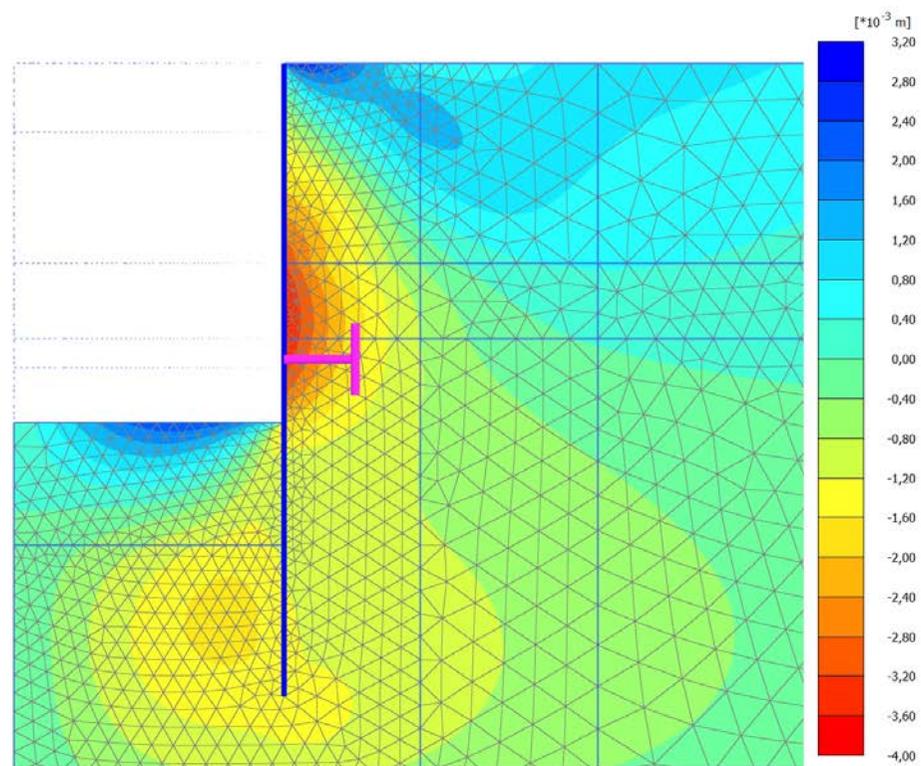
4.3.3 Calculation results, SCAVO2 [Phase\_4] (4/12), Total displacements  $u_x$ 

**Total displacements  $u_x$**

Maximum value = 2,790\* $10^{-3}$  m (Element 366 at Node 2069)

Minimum value = -2,789\* $10^{-3}$  m (Element 1194 at Node 8410)

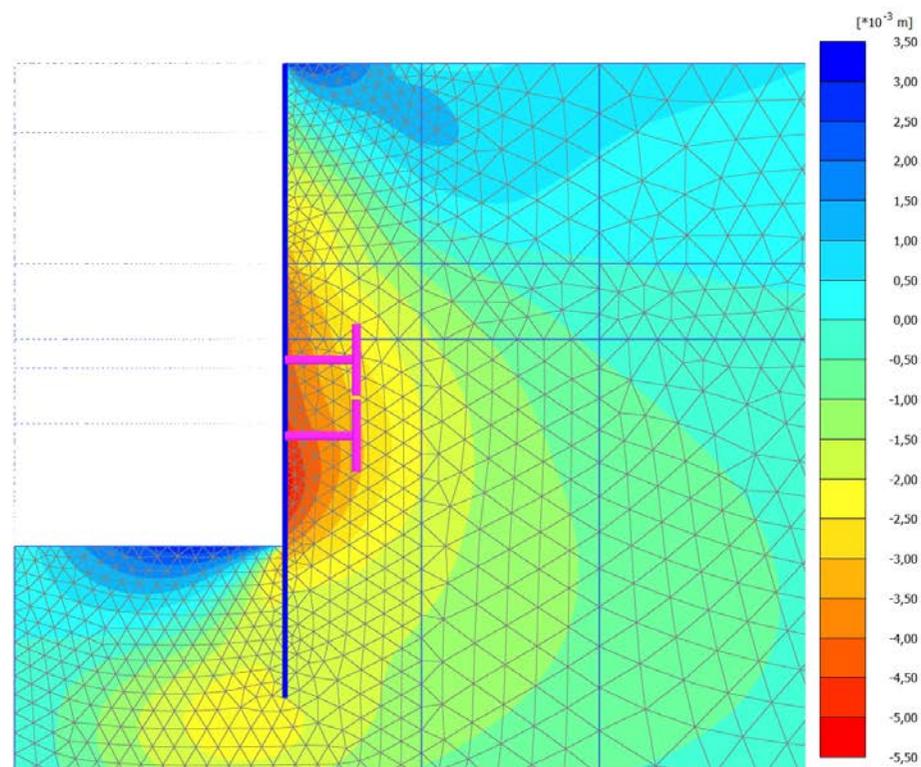
4.3.4 Calculation results, SCAVO3 - TR120 [Phase\_5] (5/15), Total displacements  $u_x$ **Total displacements  $u_x$** Maximum value =  $2,968 \cdot 10^{-3}$  m (Element 366 at Node 2069)Minimum value =  $-3,264 \cdot 10^{-3}$  m (Element 1204 at Node 8146)

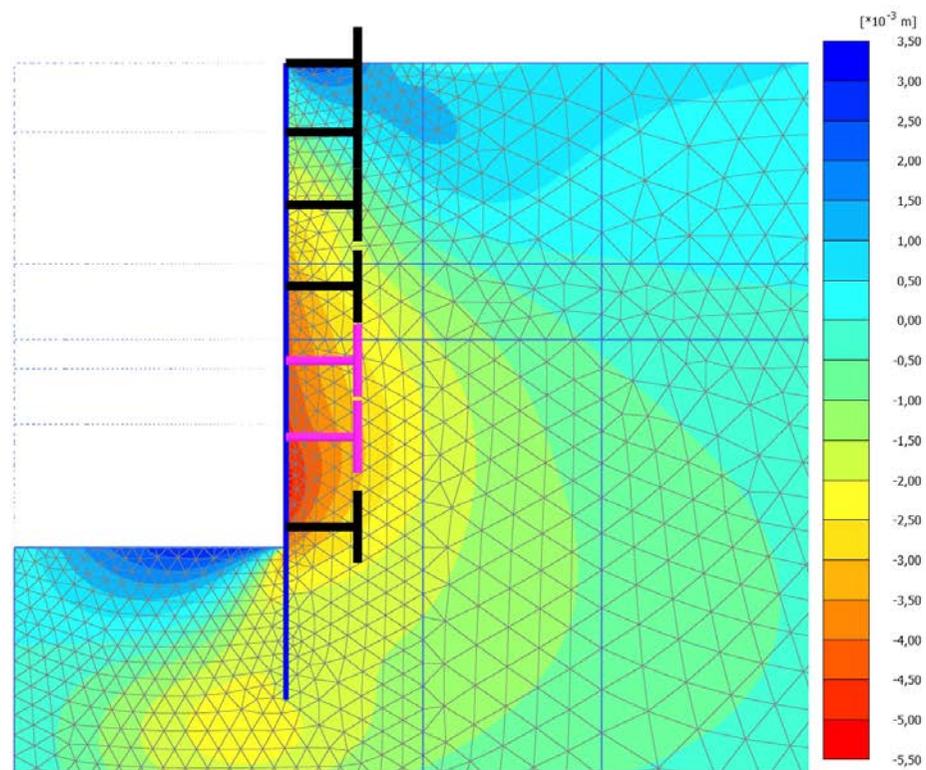
4.3.5 Calculation results, SCAVO4 - TR120 [Phase\_6] (6/18), Total displacements  $u_x$ 

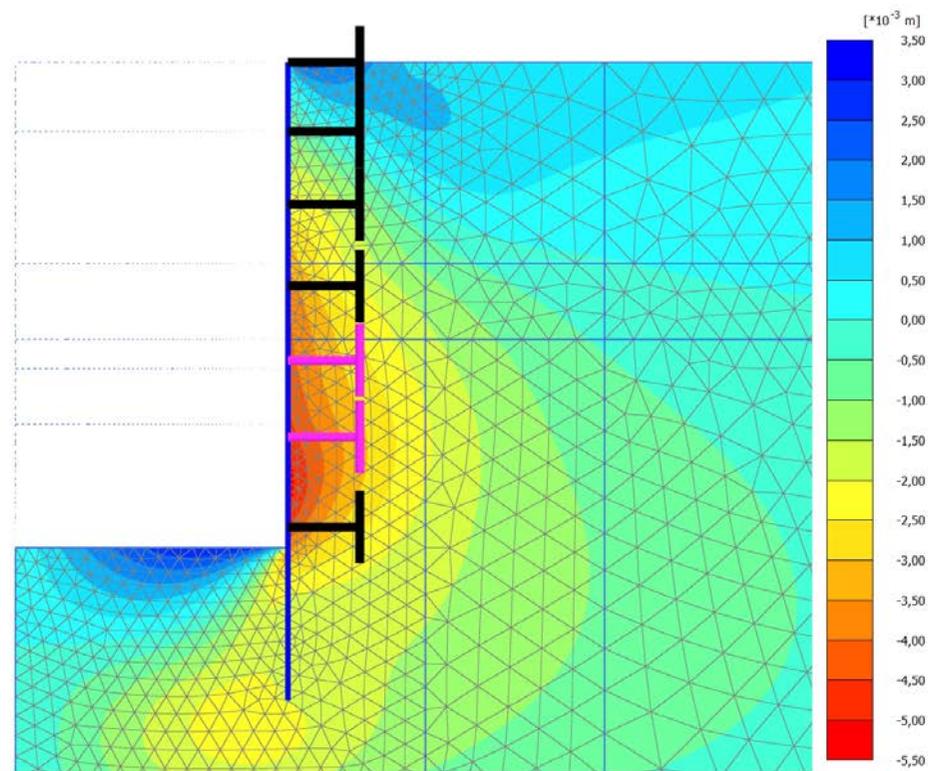
**Total displacements  $u_x$**

Maximum value = 3,158  $\times 10^{-3}$  m (Element 366 at Node 2069)

Minimum value = -3,755  $\times 10^{-3}$  m (Element 1205 at Node 8283)

4.3.6 Calculation results, FONDO SCAVO [Phase\_7] (7/21), Total displacements  $u_x$ **Total displacements  $u_x$** Maximum value =  $3,290 \cdot 10^{-3}$  m (Element 366 at Node 2069)Minimum value =  $-5,259 \cdot 10^{-3}$  m (Element 3527 at Node 13288)

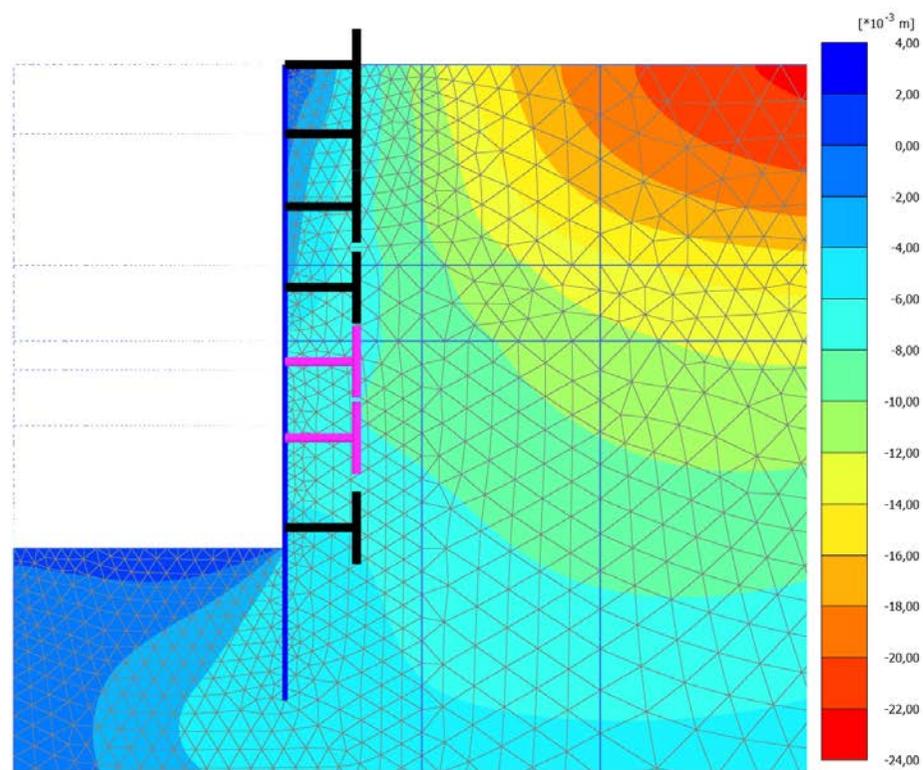
4.3.7 Calculation results, INTERNI [Phase\_9] (9/69), Total displacements  $u_x$ **Total displacements  $u_x$** Maximum value =  $3,309 \cdot 10^{-3}$  m (Element 366 at Node 2069)Minimum value =  $-5,243 \cdot 10^{-3}$  m (Element 3527 at Node 13288)

4.3.8 Calculation results, LT [Phase\_10] (10/71), Total displacements  $u_x$ 

**Total displacements  $u_x$**

Maximum value =  $3,070 \cdot 10^{-3}$  m (Element 366 at Node 2069)

Minimum value =  $-5,237 \cdot 10^{-3}$  m (Element 3527 at Node 13288)

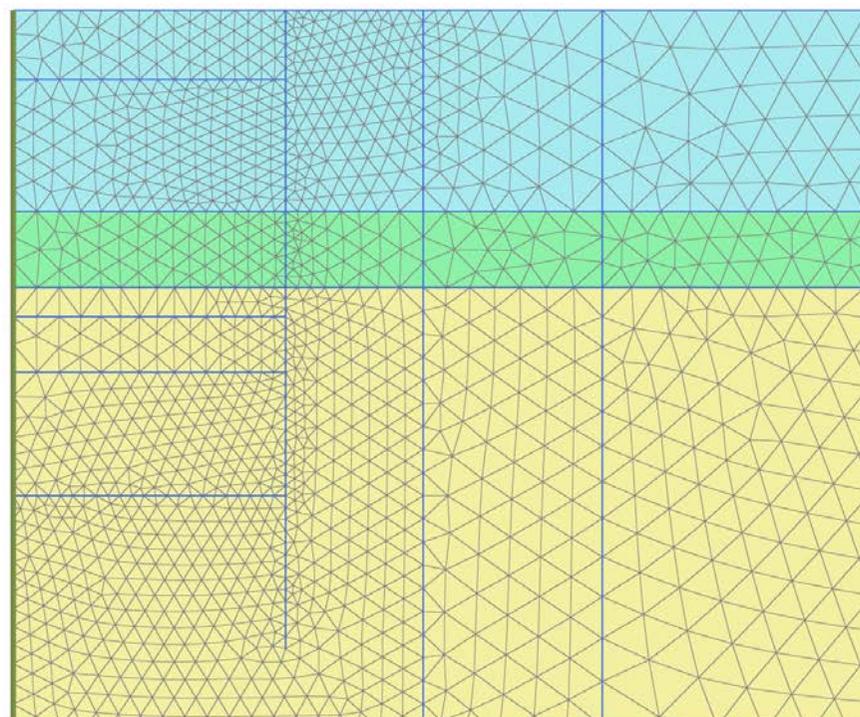
4.3.9 Calculation results, SISMA [Phase\_11] (11/76), Total displacements  $u_x$ 

**Total displacements  $u_x$**

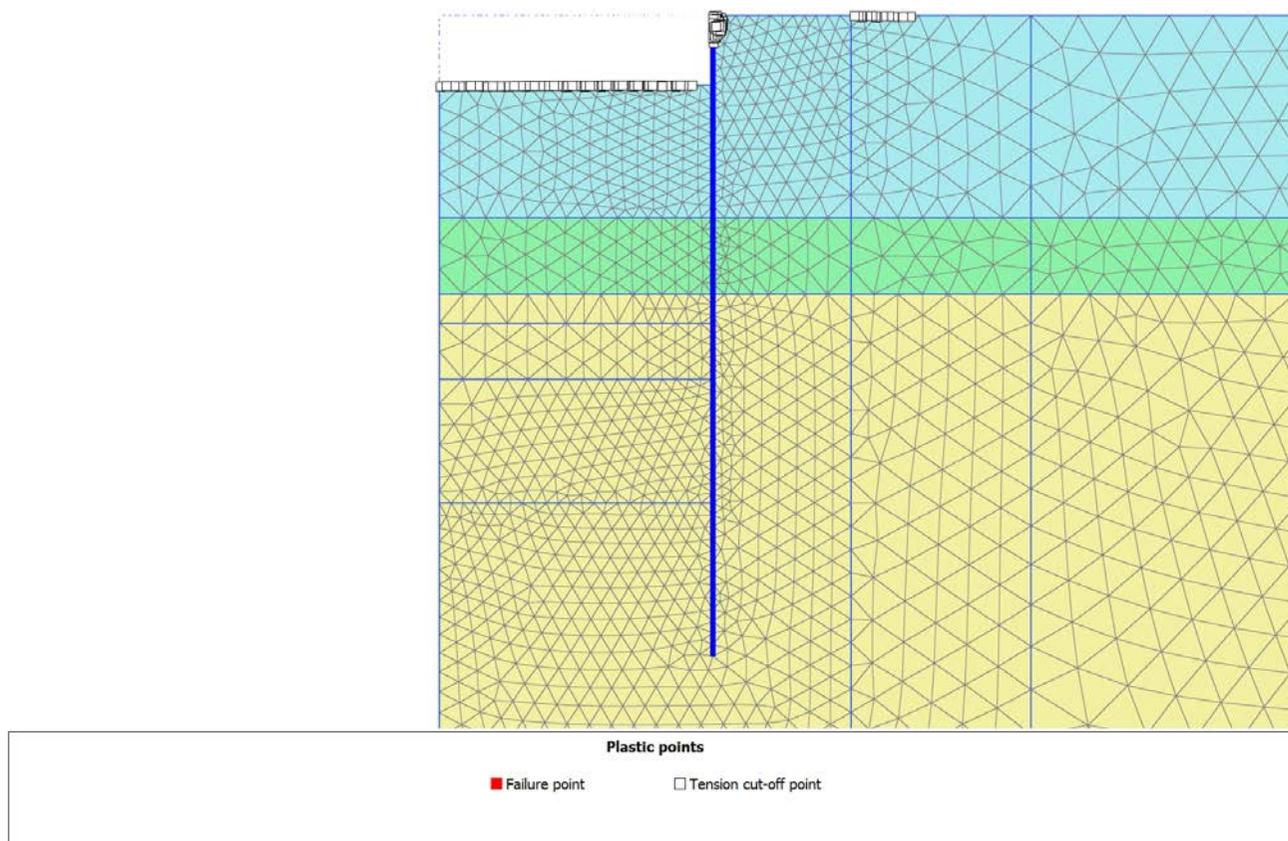
Maximum value = 2,370\*10<sup>-3</sup> m (Element 366 at Node 2069)

Minimum value = -0,02277 m (Element 492 at Node 13713)

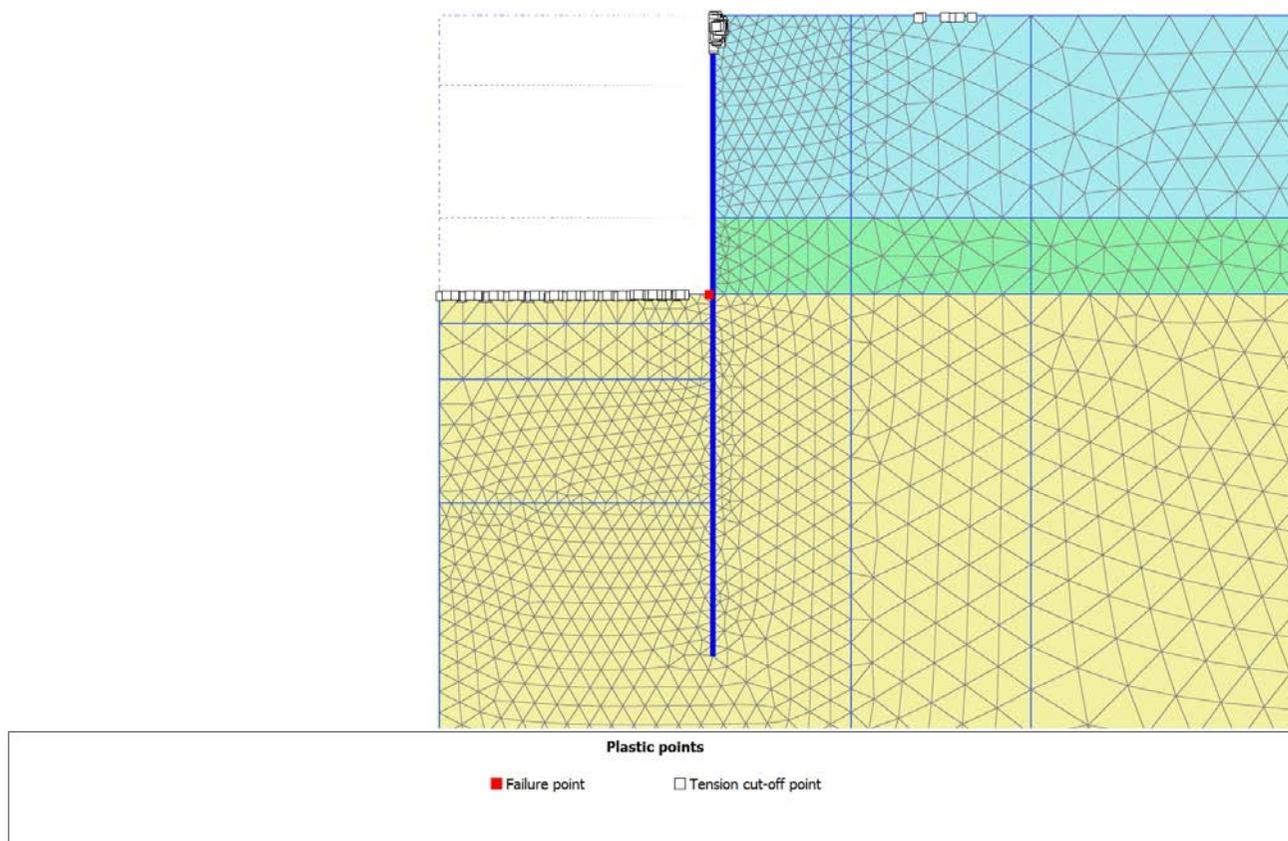
### 4.4.1 Calculation results, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Plastic points



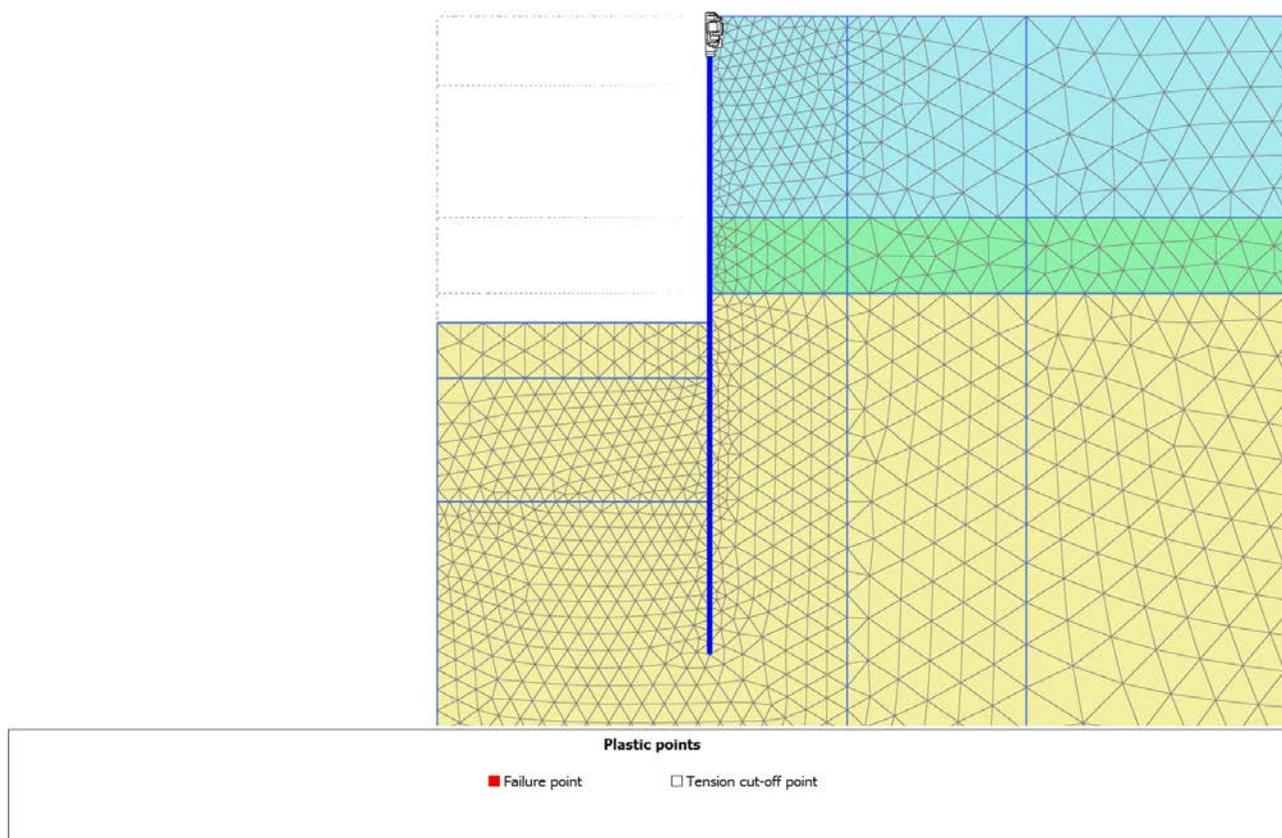
### 4.4.2 Calculation results, SCAVO1 [Phase\_3] (3/9), Plastic points



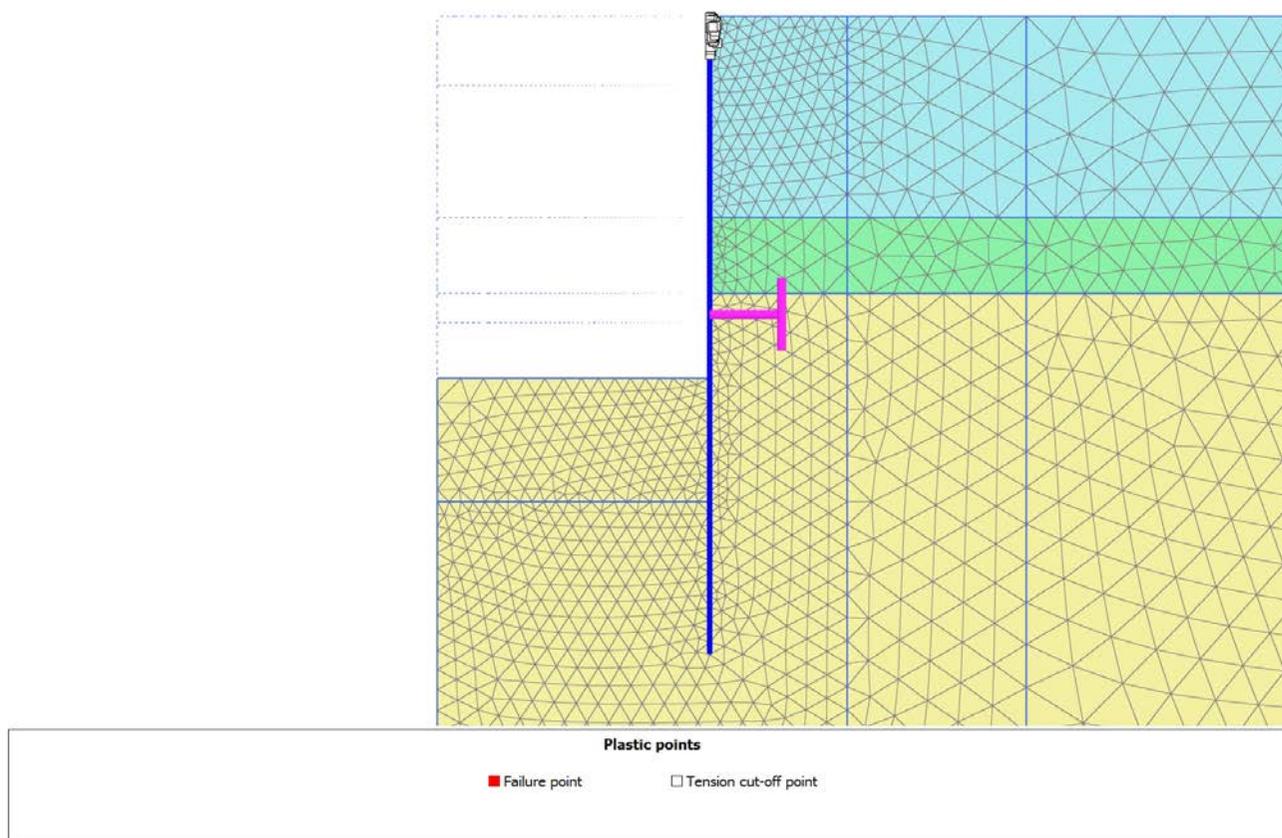
### 4.4.3 Calculation results, SCAVO2 [Phase\_4] (4/12), Plastic points



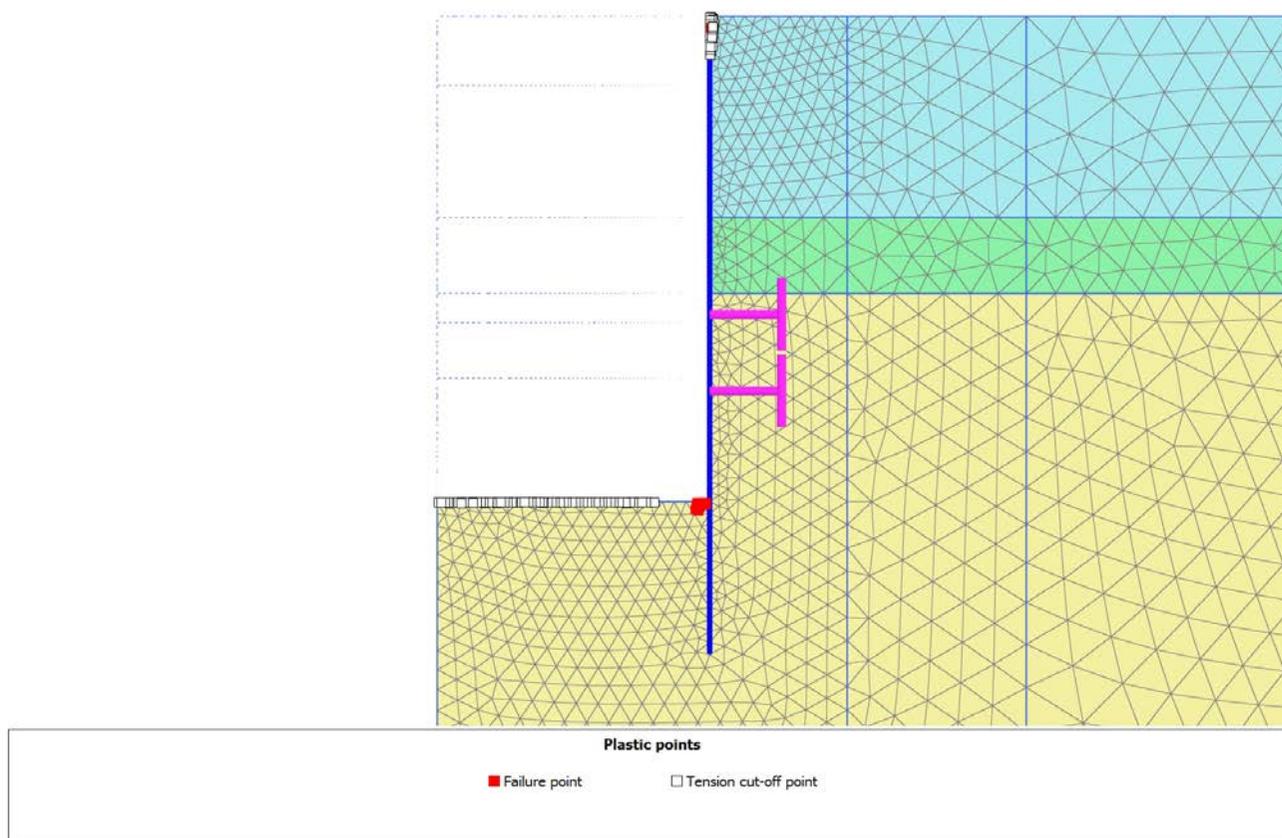
#### 4.4.4 Calculation results, SCAVO3 - TR120 [Phase\_5] (5/15), Plastic points



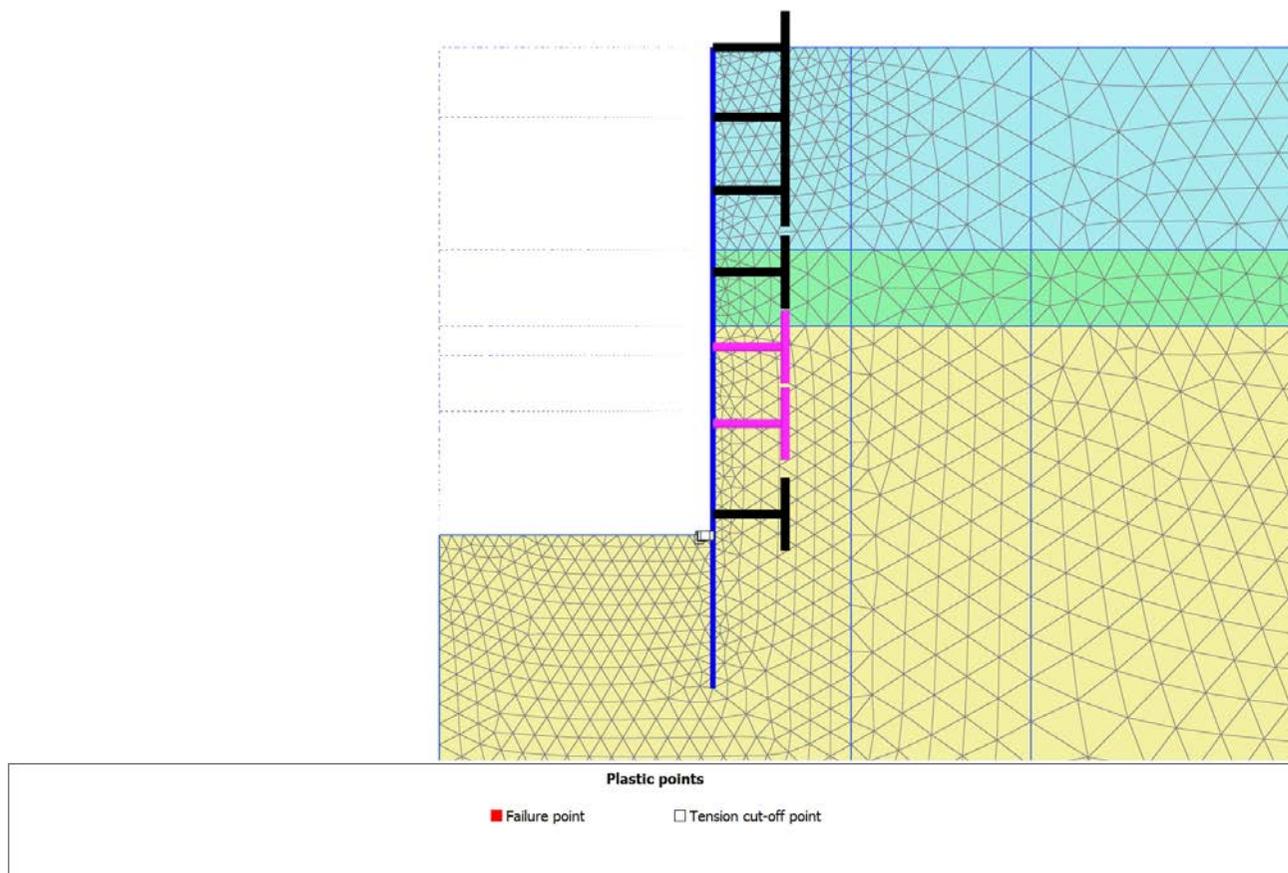
### 4.4.5 Calculation results, SCAVO4 - TR120 [Phase\_6] (6/18), Plastic points



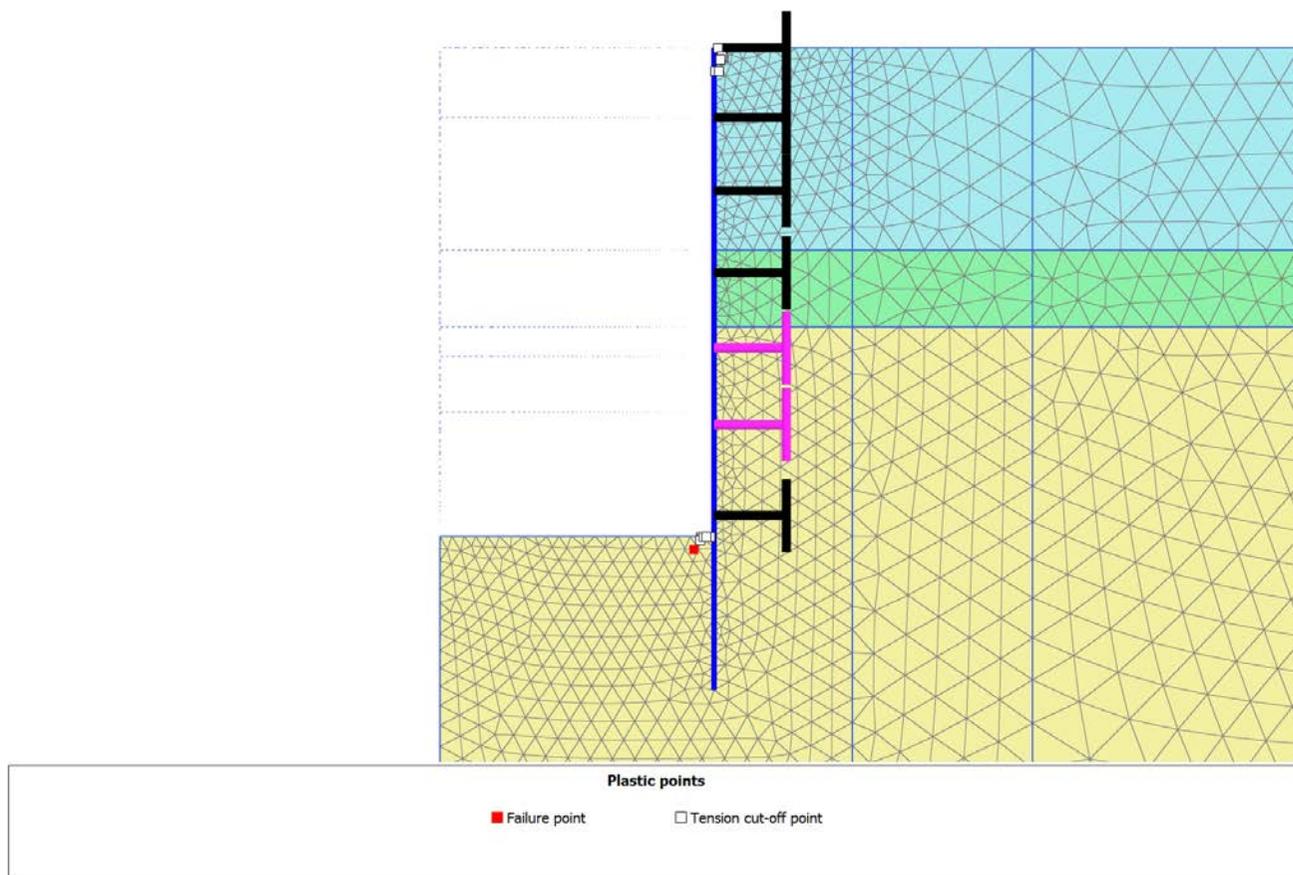
#### 4.4.6 Calculation results, FONDO SCAVO [Phase\_7] (7/21), Plastic points



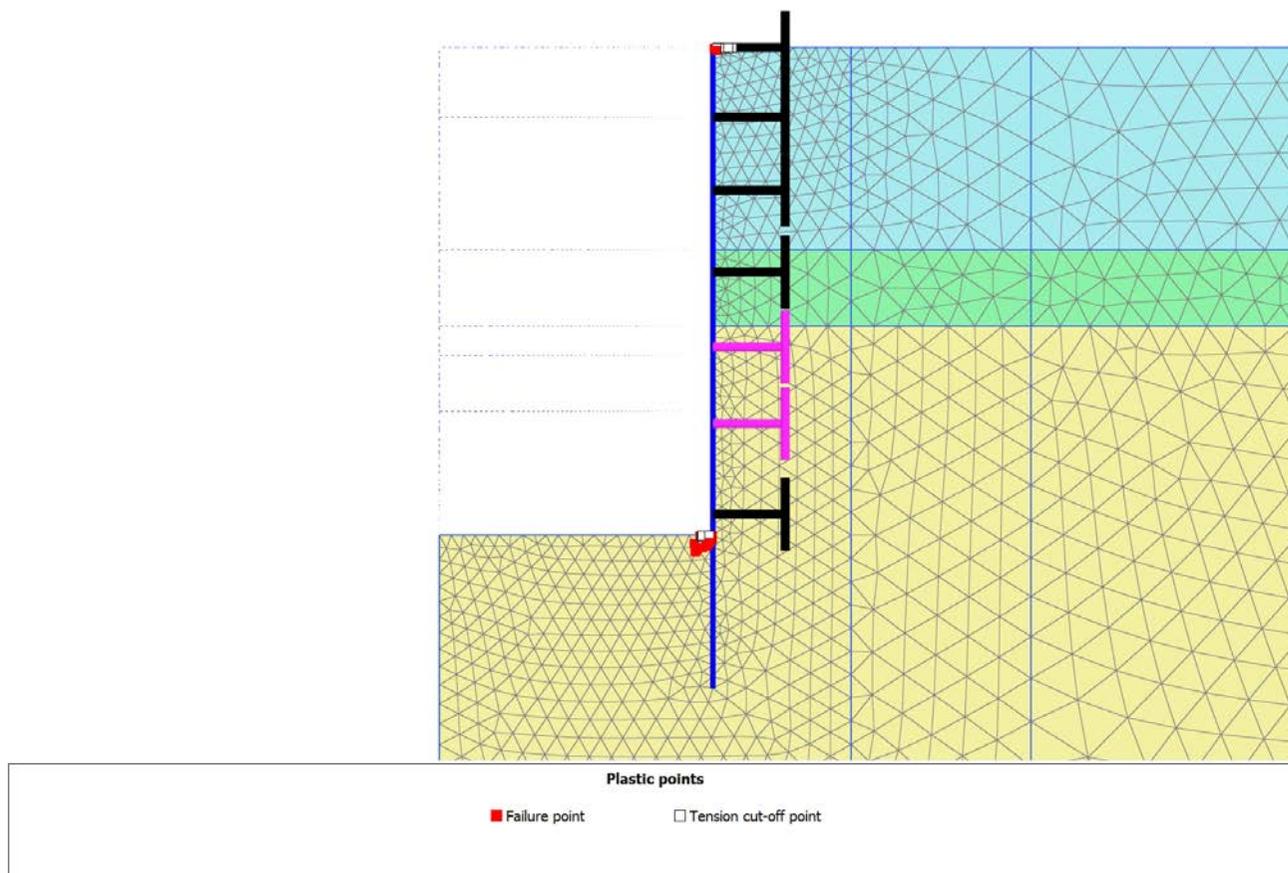
4.4.7 Calculation results, INTERNI [Phase\_9] (9/69), Plastic points

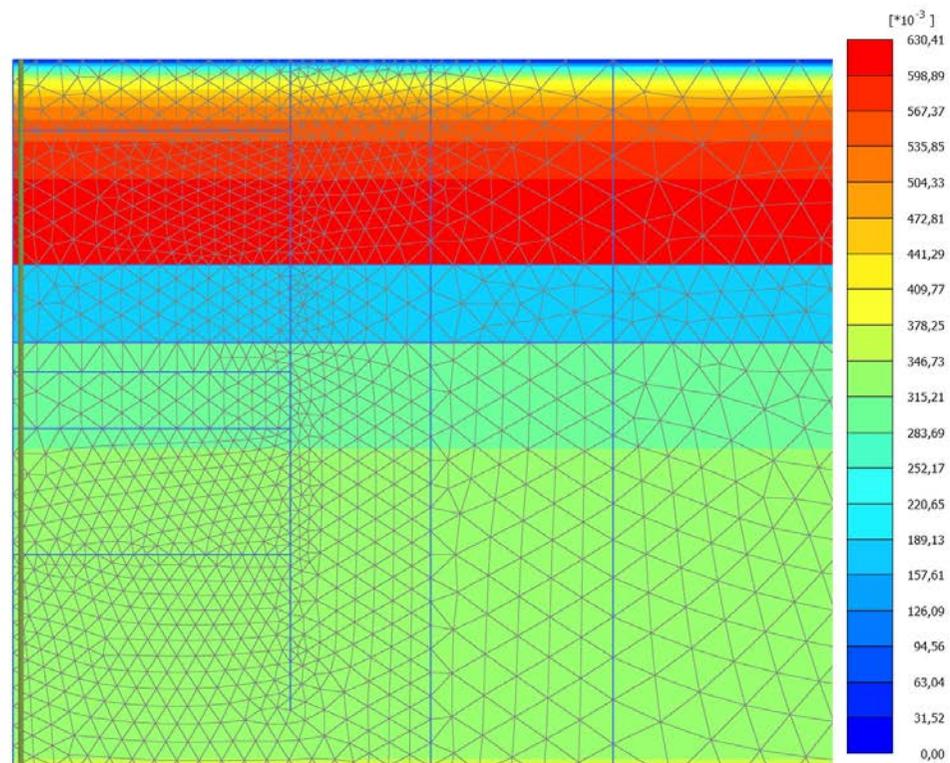


### 4.4.8 Calculation results, LT [Phase\_10] (10/71), Plastic points



### 4.4.9 Calculation results, SISMA [Phase\_11] (11/76), Plastic points

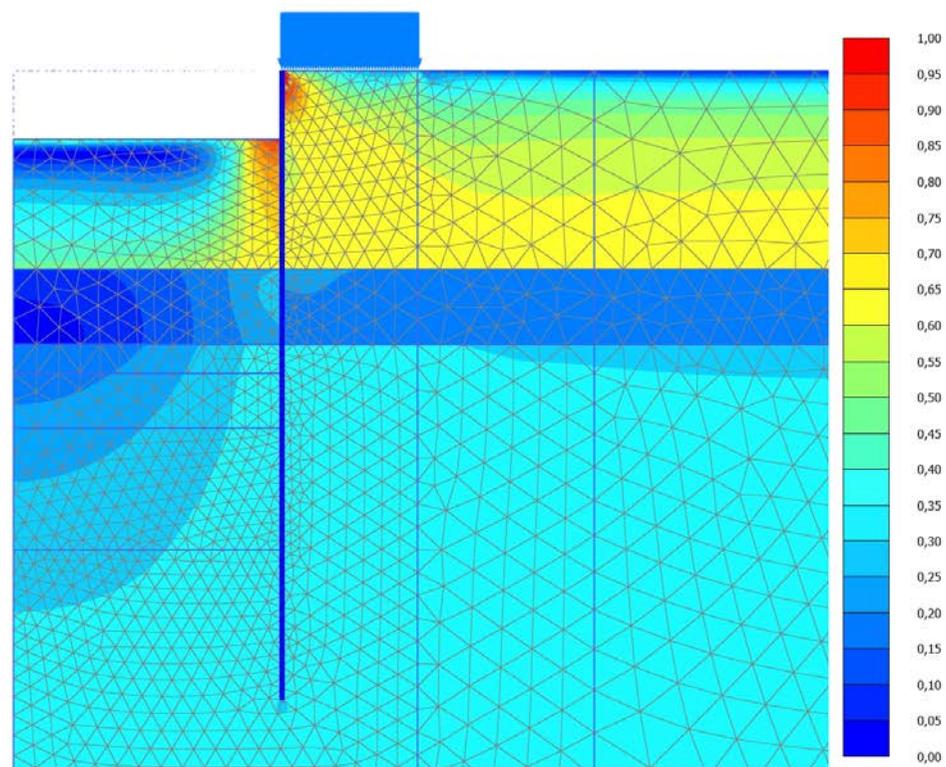


4.5.1 Calculation results, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Relative shear stress  $\tau_{rel}$ 

Relative shear stress  $\tau_{rel}$

Maximum value = 0,6304 (Element 588 at Node 17619)

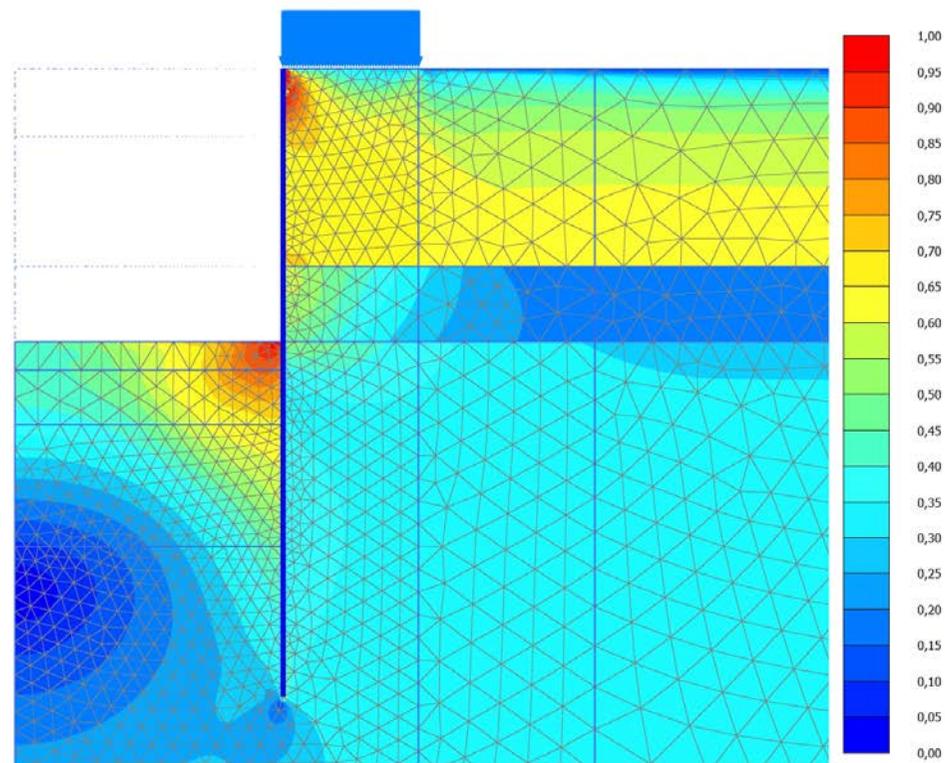
Minimum value =  $3,083 \times 10^{-6}$  (Element 372 at Node 2582)

4.5.2 Calculation results, SCAVO1 [Phase\_3] (3/9), Relative shear stress  $\tau_{rel}$ 

Relative shear stress  $\tau_{rel}$

Maximum value = 1,000 (Element 368 at Node 2561)

Minimum value =  $2,208 \cdot 10^{-3}$  (Element 1014 at Node 921)

4.5.3 Calculation results, SCAVO2 [Phase\_4] (4/12), Relative shear stress  $\tau_{rel}$ 

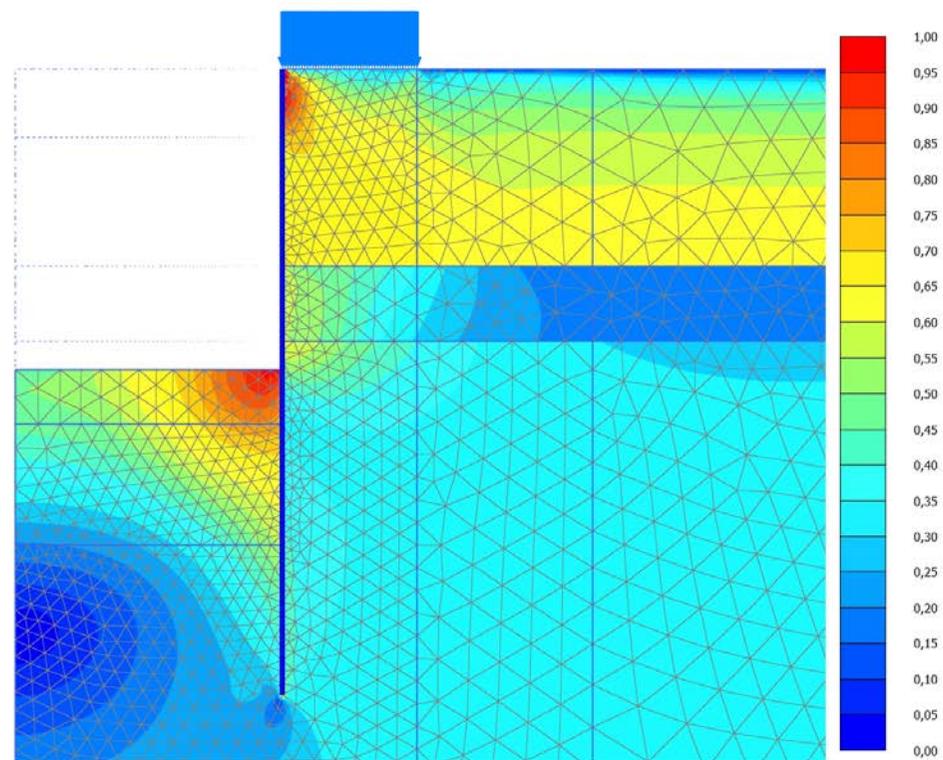
**Relative shear stress  $\tau_{rel}$**

Maximum value = 1,000 (Element 361 at Node 2964)

Minimum value =  $2,987 \cdot 10^{-3}$  (Element 3263 at Node 7402)

## 4.5.4 Calculation results, SCAVO3 - TR120 [Phase\_5] (5/15), Relative shear stress

rel

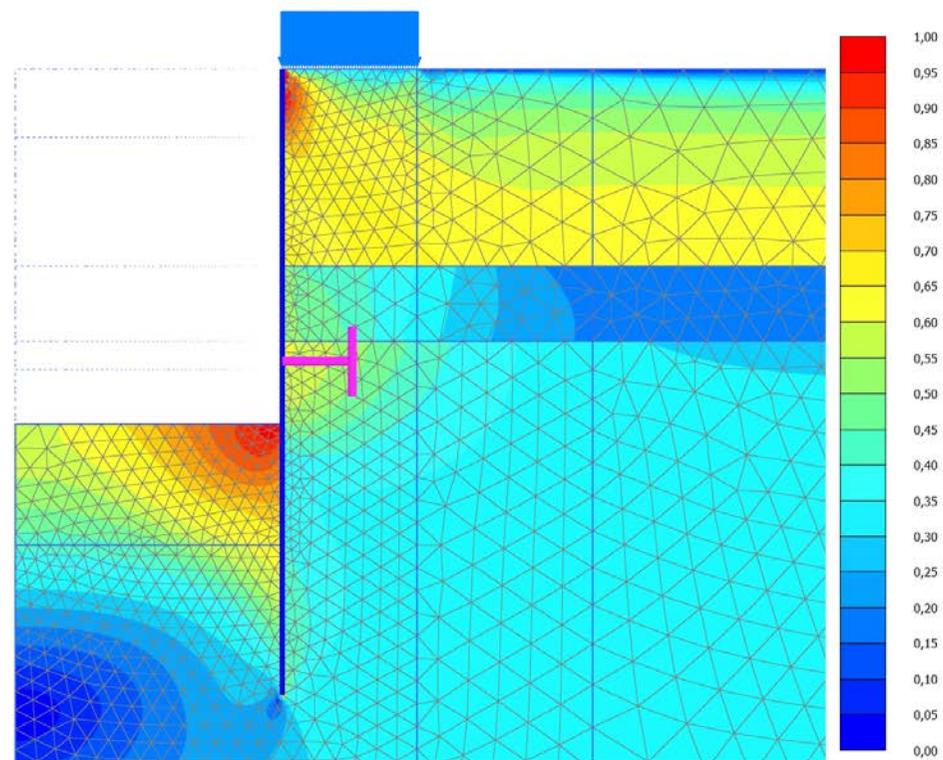
**Relative shear stress  $\tau_{rel}$** 

Maximum value = 1,000 (Element 343 at Node 3521)

Minimum value =  $3,434 \cdot 10^{-3}$  (Element 3085 at Node 9299)

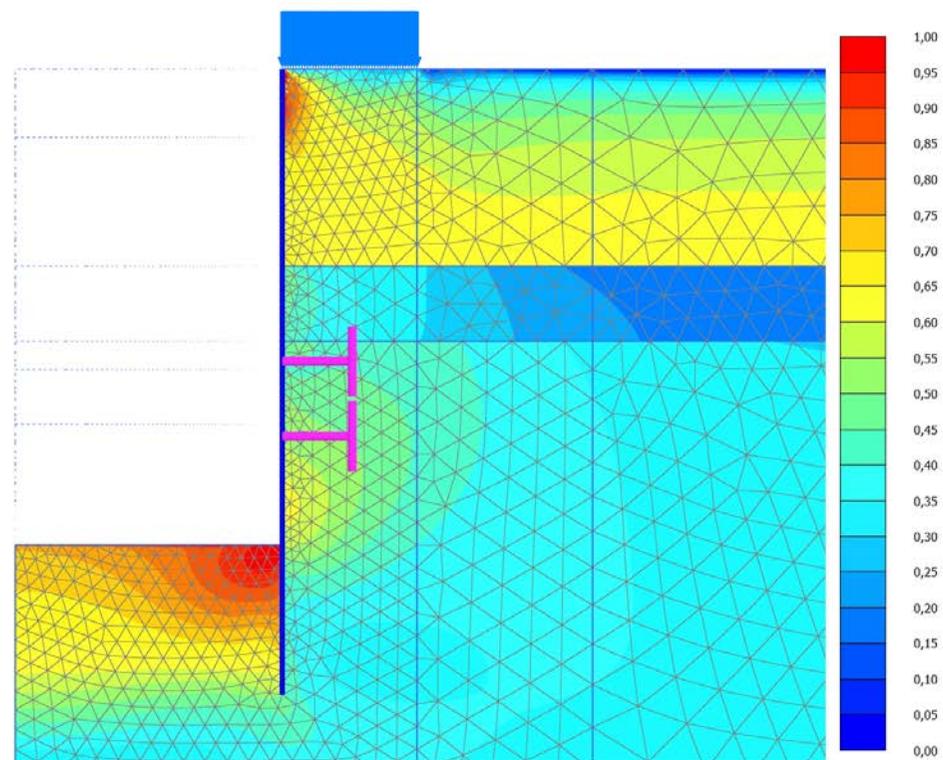
## 4.5.5 Calculation results, SCAVO4 - TR120 [Phase\_6] (6/18), Relative shear stress

rel

**Relative shear stress  $\tau_{rel}$** 

Maximum value = 1,000 (Element 343 at Node 3521)

Minimum value =  $2,704 \cdot 10^{-3}$  (Element 2838 at Node 13752)

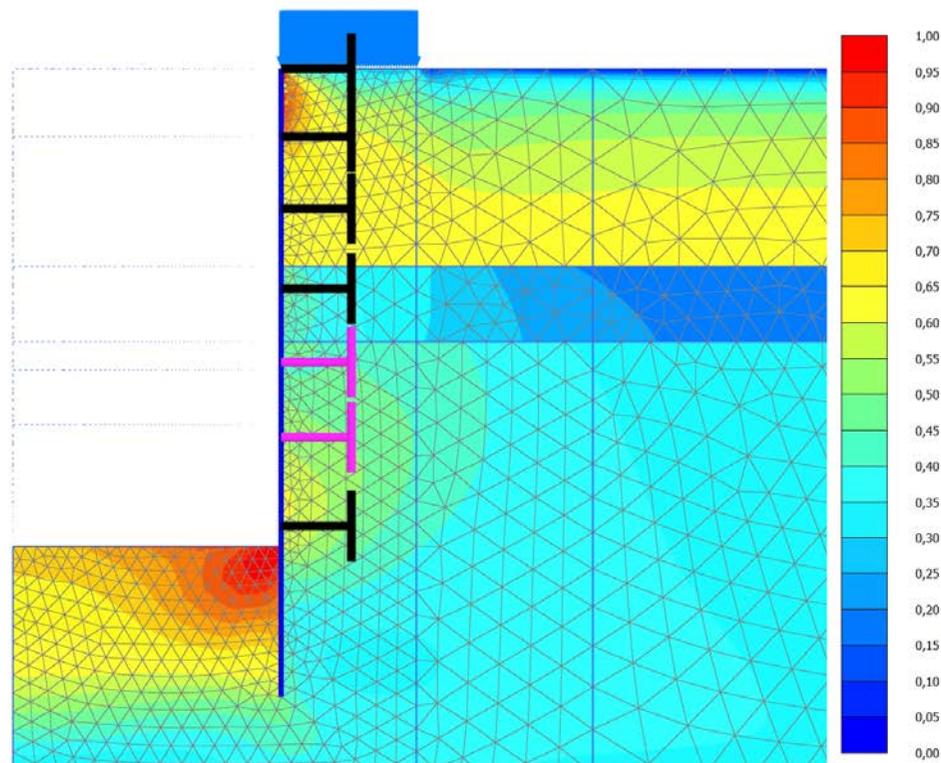
4.5.6 Calculation results, FONDO SCAVO [Phase\_7] (7/21), Relative shear stress  $\tau_{rel}$ 

Relative shear stress  $\tau_{rel}$

Maximum value = 1,000 (Element 343 at Node 3521)

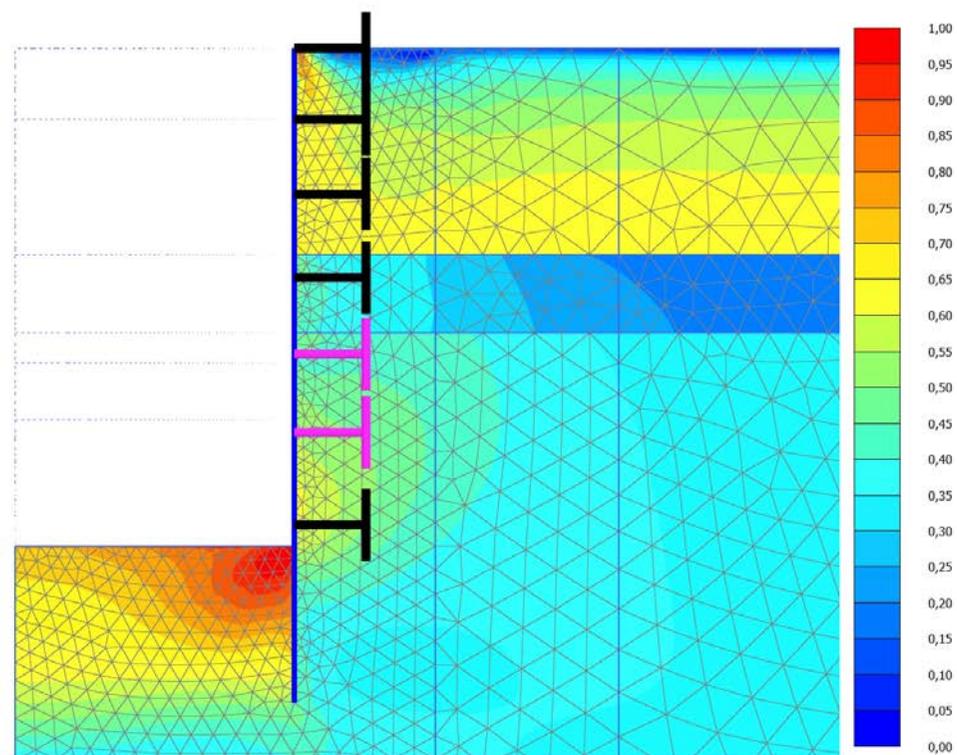
Minimum value =  $4,869 \cdot 10^{-3}$  (Element 3708 at Node 19547)

4.5.7 Calculation results, INTERNI [Phase\_9] (9/69), Relative shear stress  $\tau_{rel}$

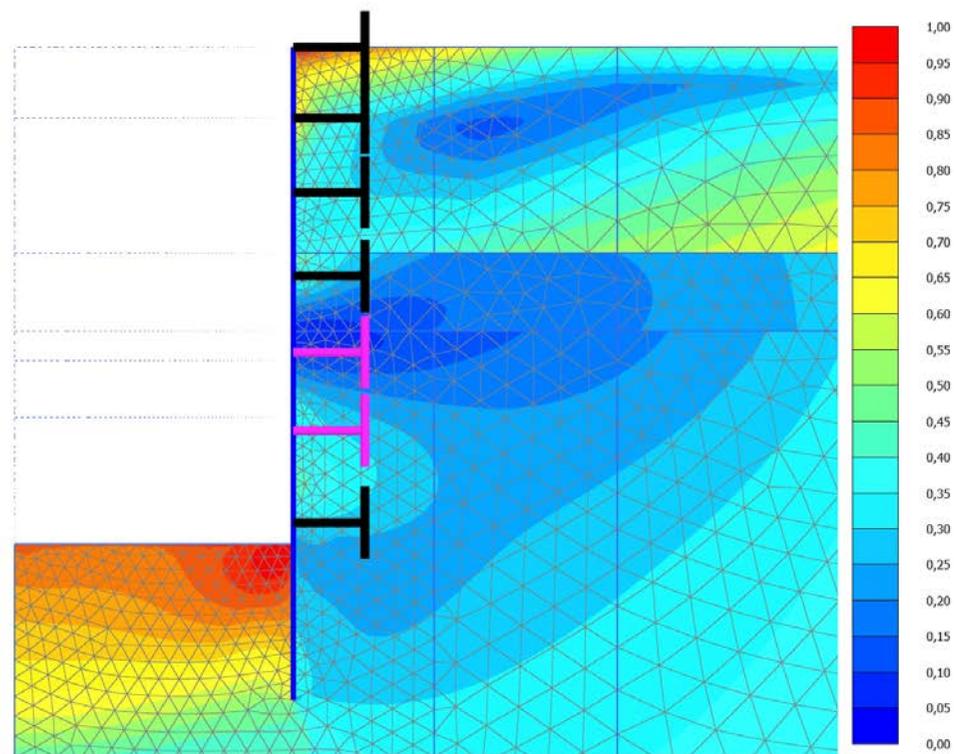


**Relative shear stress  $\tau_{rel}$**   
 Maximum value = 1,000 (Element 343 at Node 3521)  
 Minimum value = 0,06602\*10<sup>-3</sup> (Element 3708 at Node 19546)

4.5.8 Calculation results, LT [Phase\_10] (10/71), Relative shear stress  $\tau_{rel}$



**Relative shear stress  $\tau_{rel}$**   
 Maximum value = 1,000 (Element 3418 at Node 14975)  
 Minimum value =  $3,043 \cdot 10^{-3}$  (Element 3708 at Node 19546)

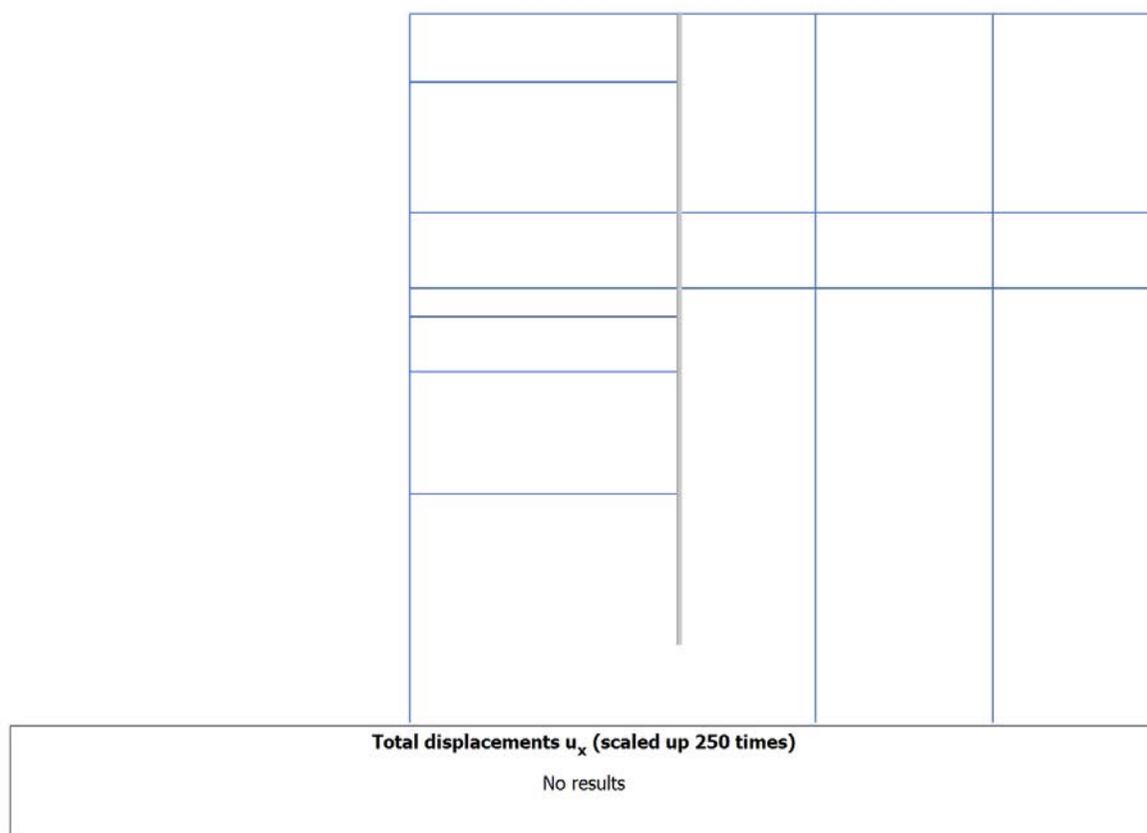
4.5.9 Calculation results, SISMA [Phase\_11] (11/76), Relative shear stress  $\tau_{rel}$ 

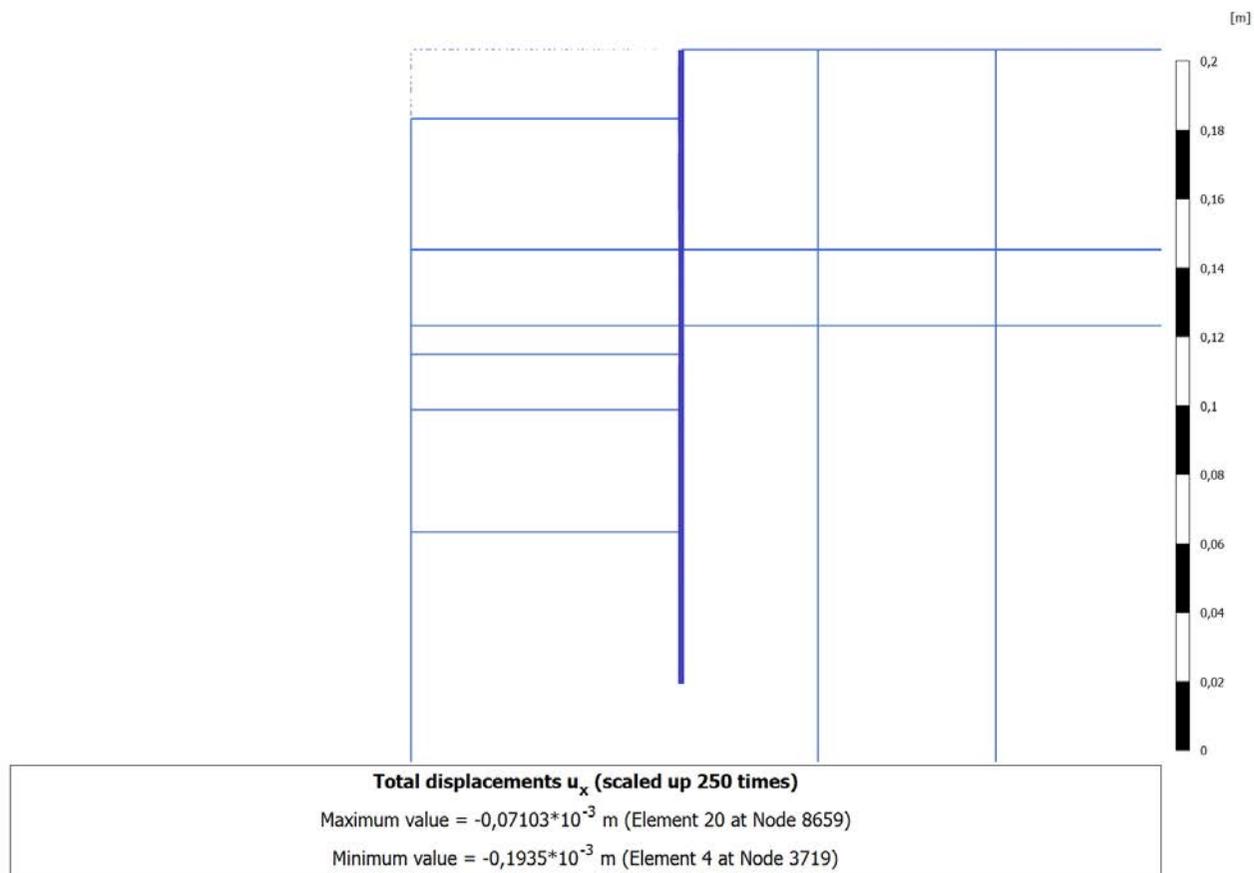
Relative shear stress  $\tau_{rel}$

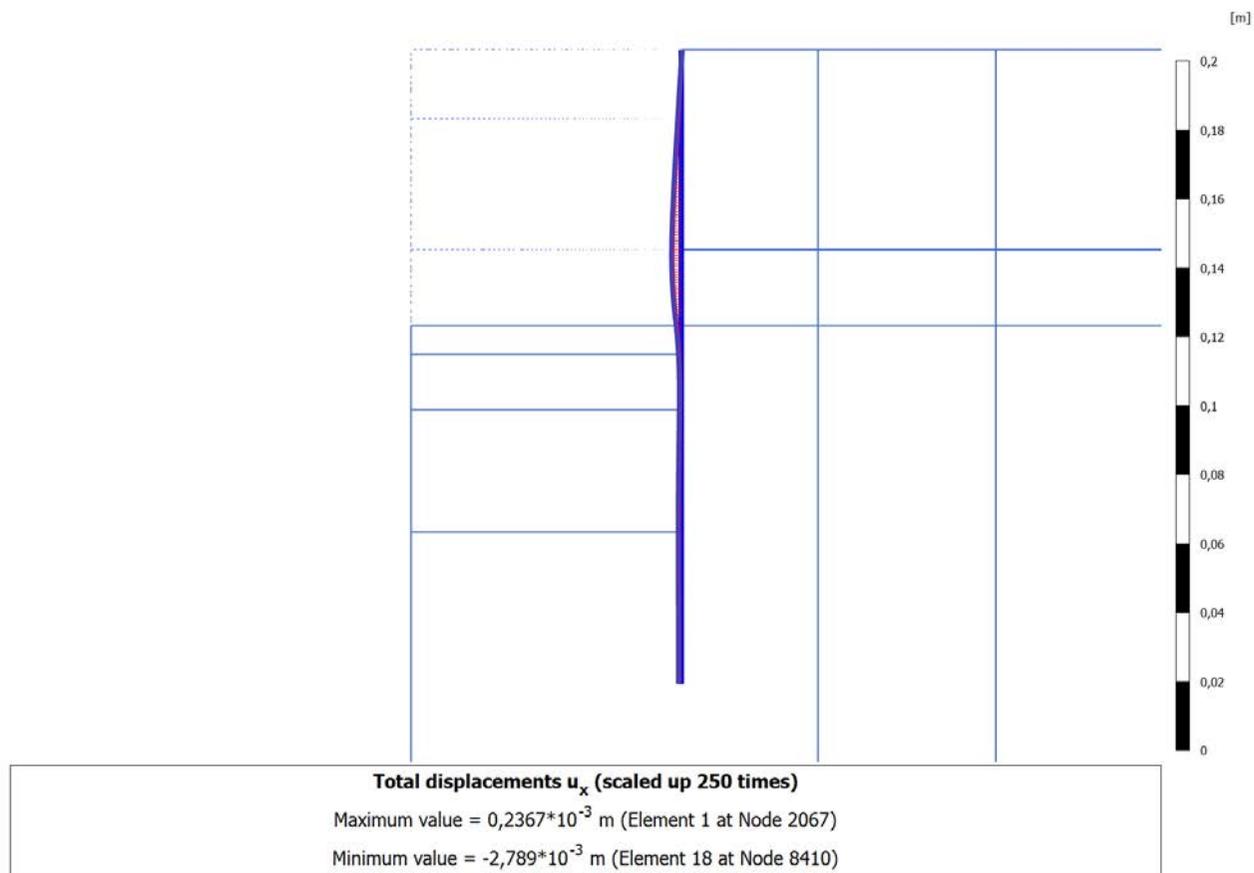
Maximum value = 1,000 (Element 366 at Node 2069)

Minimum value =  $3,036 \cdot 10^{-3}$  (Element 3679 at Node 20723)

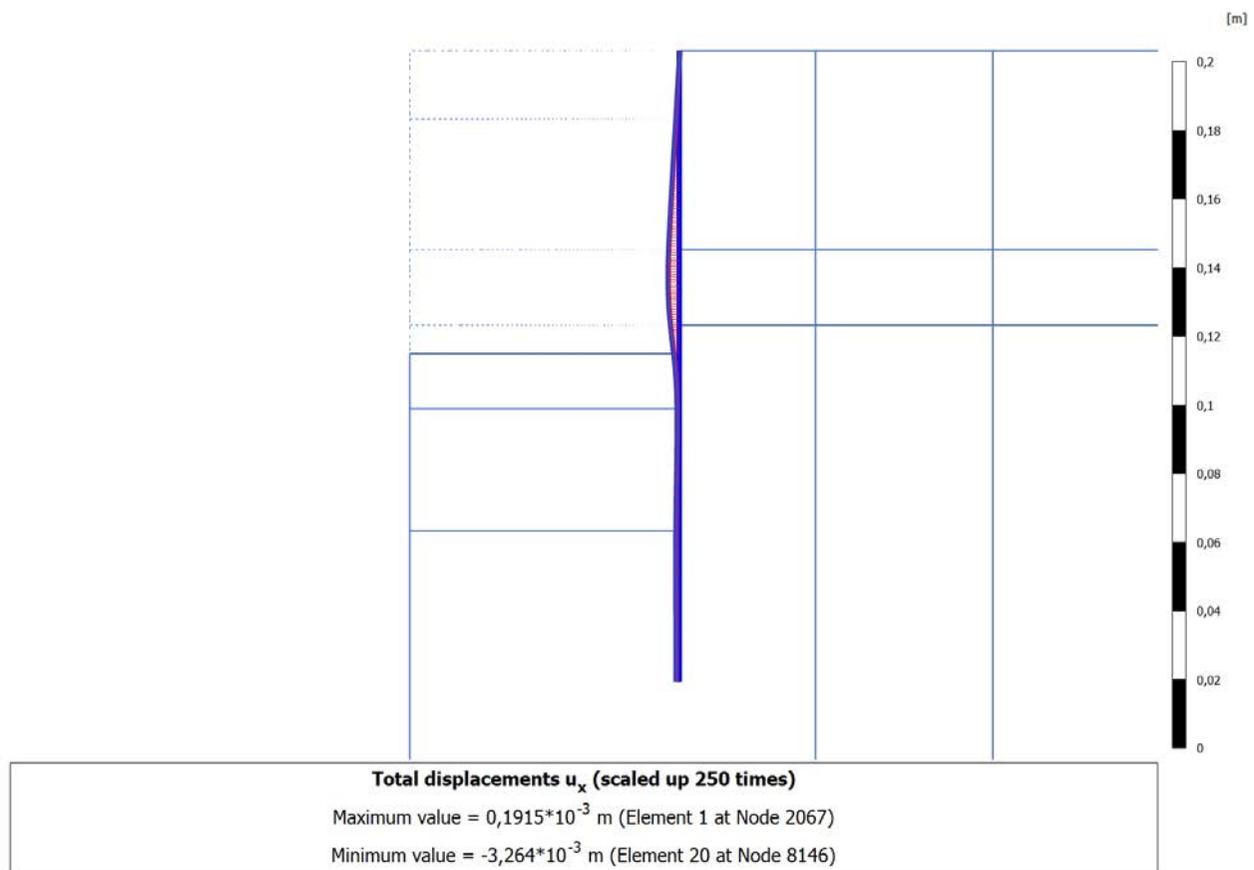
## 4.6.1 Calculation results, Plate, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Total displacements

 $u_x$ 

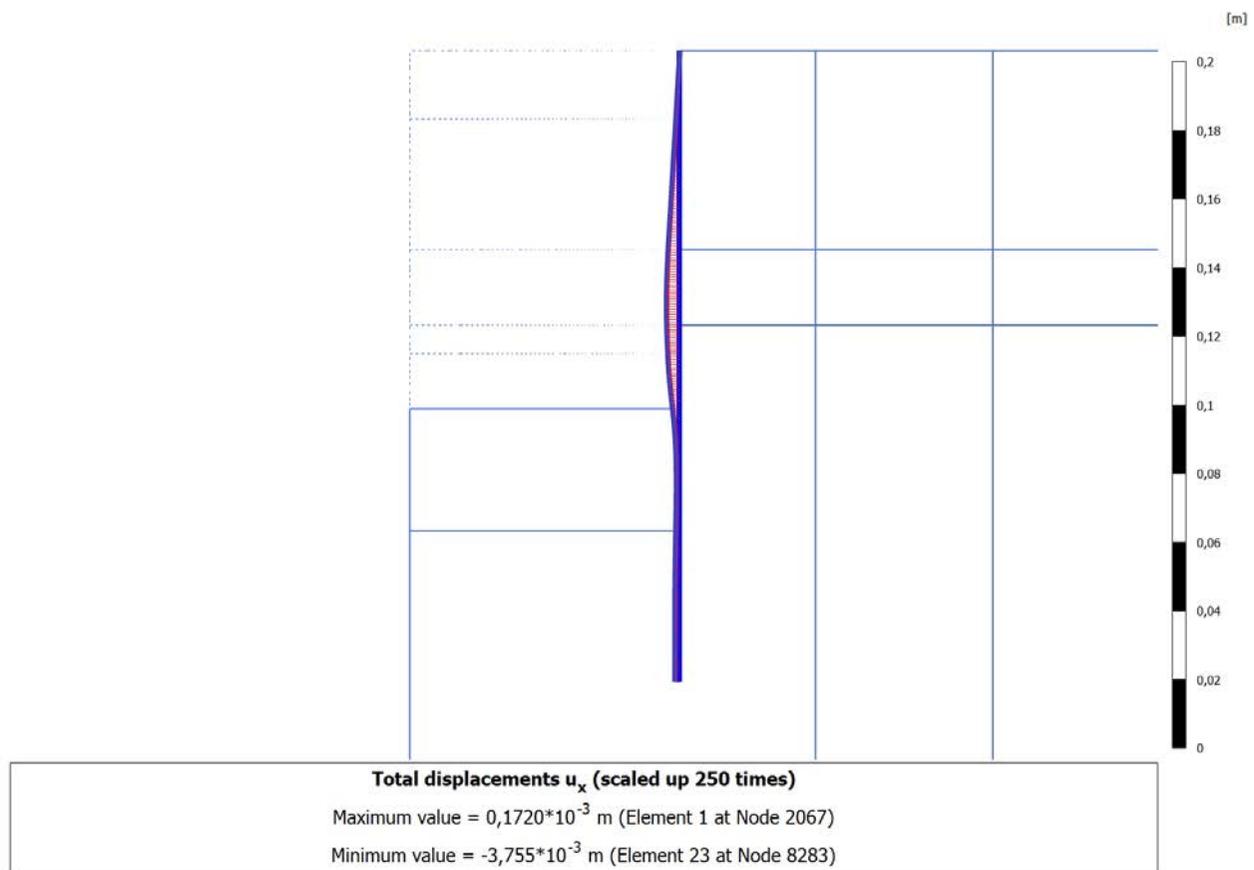
4.6.2 Calculation results, Plate, SCAVO1 [Phase\_3] (3/9), Total displacements  $u_x$ 

4.6.3 Calculation results, Plate, SCAVO2 [Phase\_4] (4/12), Total displacements  $u_x$ 

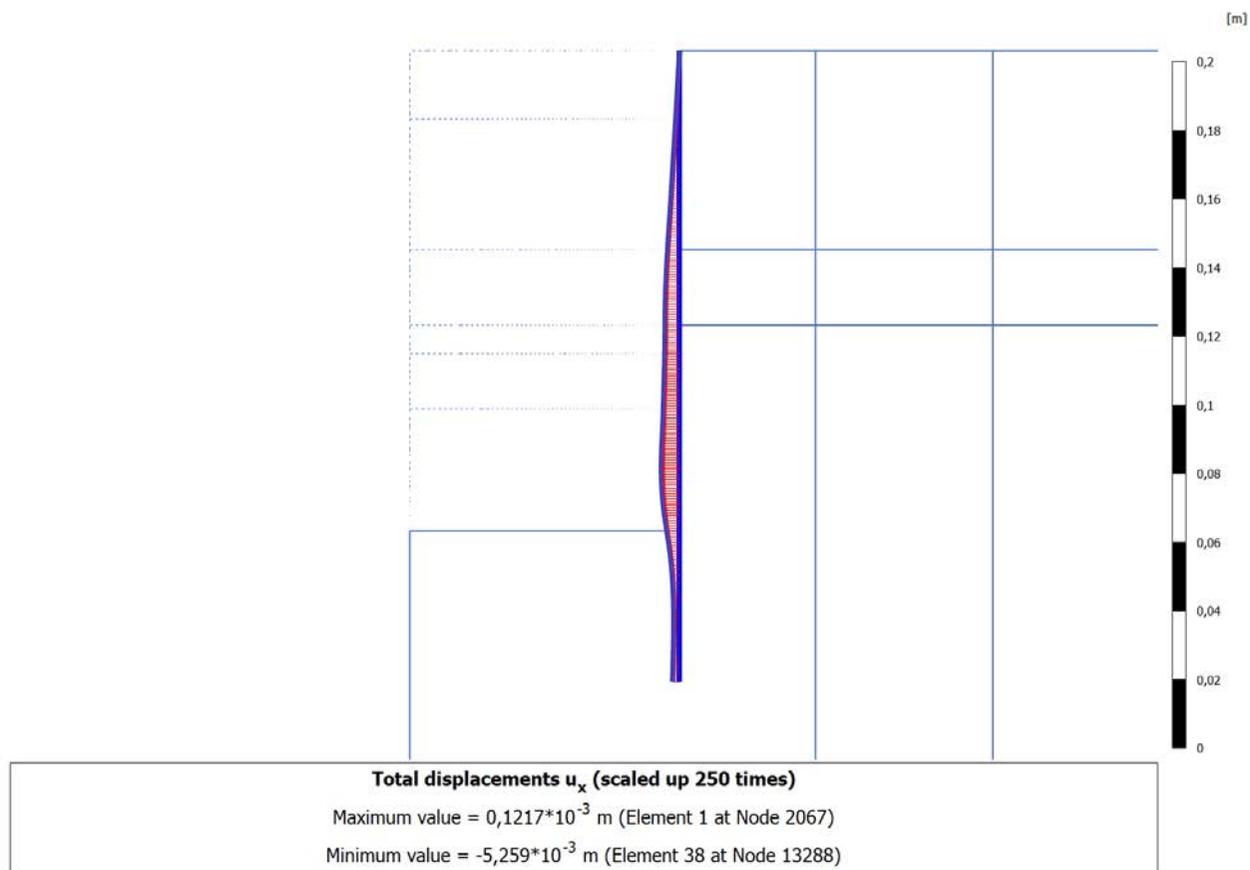
## 4.6.4 Calculation results, Plate, SCAVO3 - TR120 [Phase\_5] (5/15), Total displacements

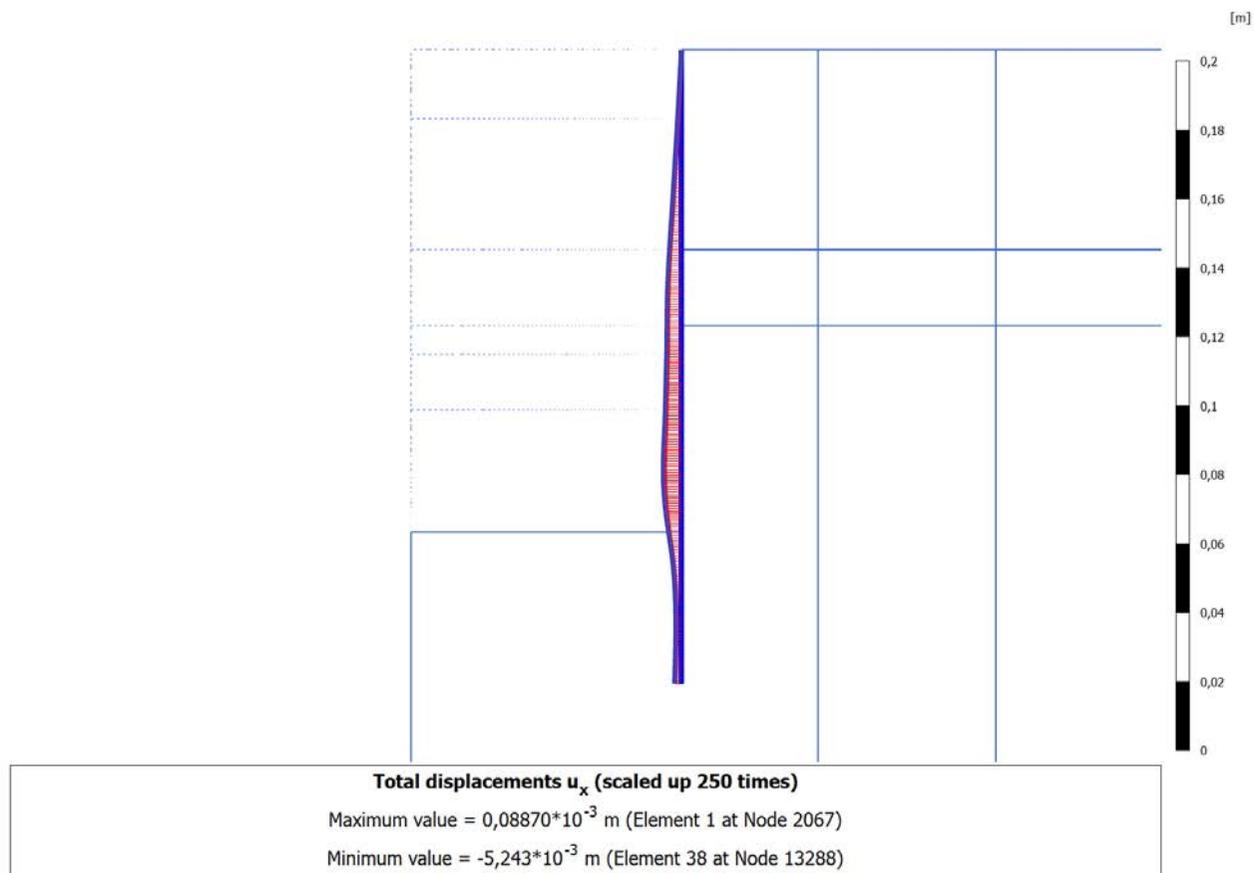
 $u_x$ 

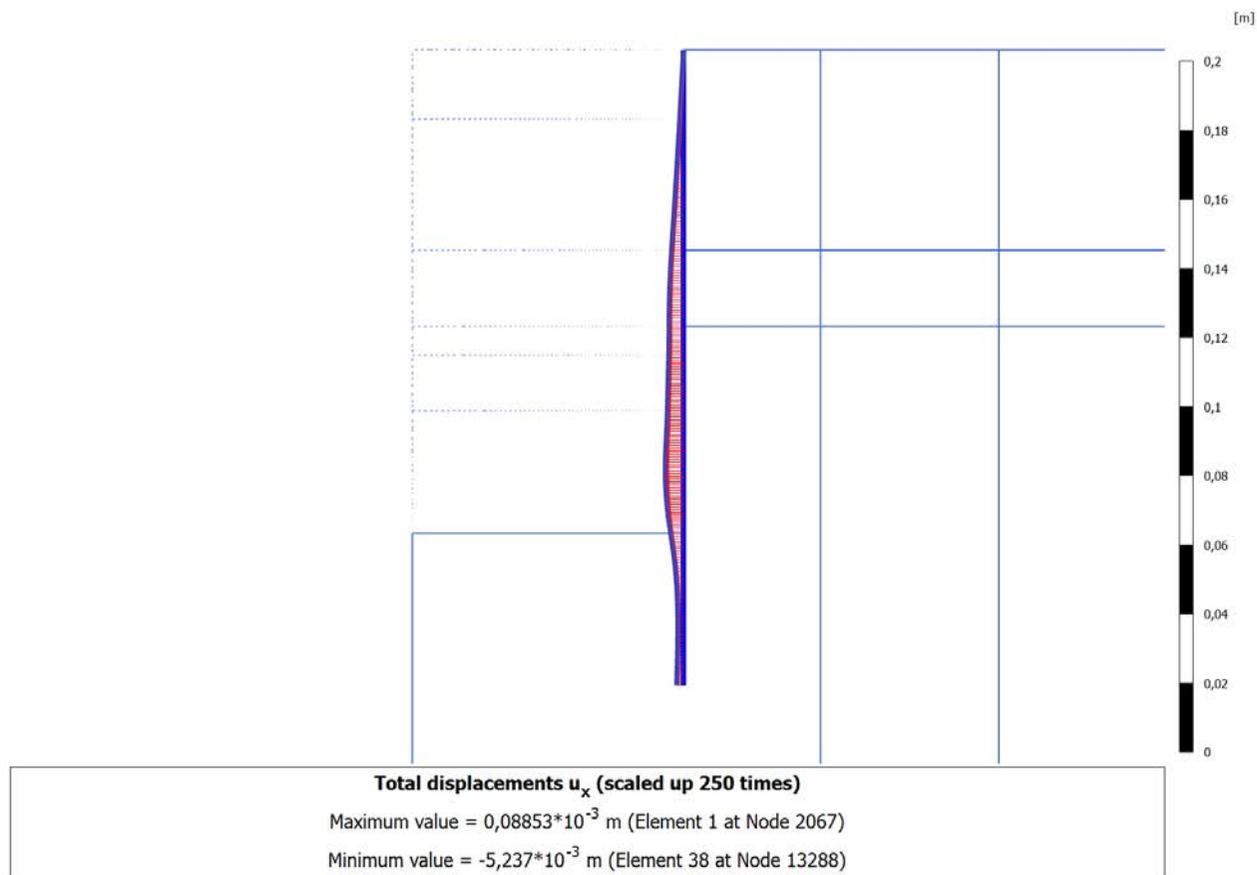
## 4.6.5 Calculation results, Plate, SCAVO4 - TR120 [Phase\_6] (6/18), Total displacements

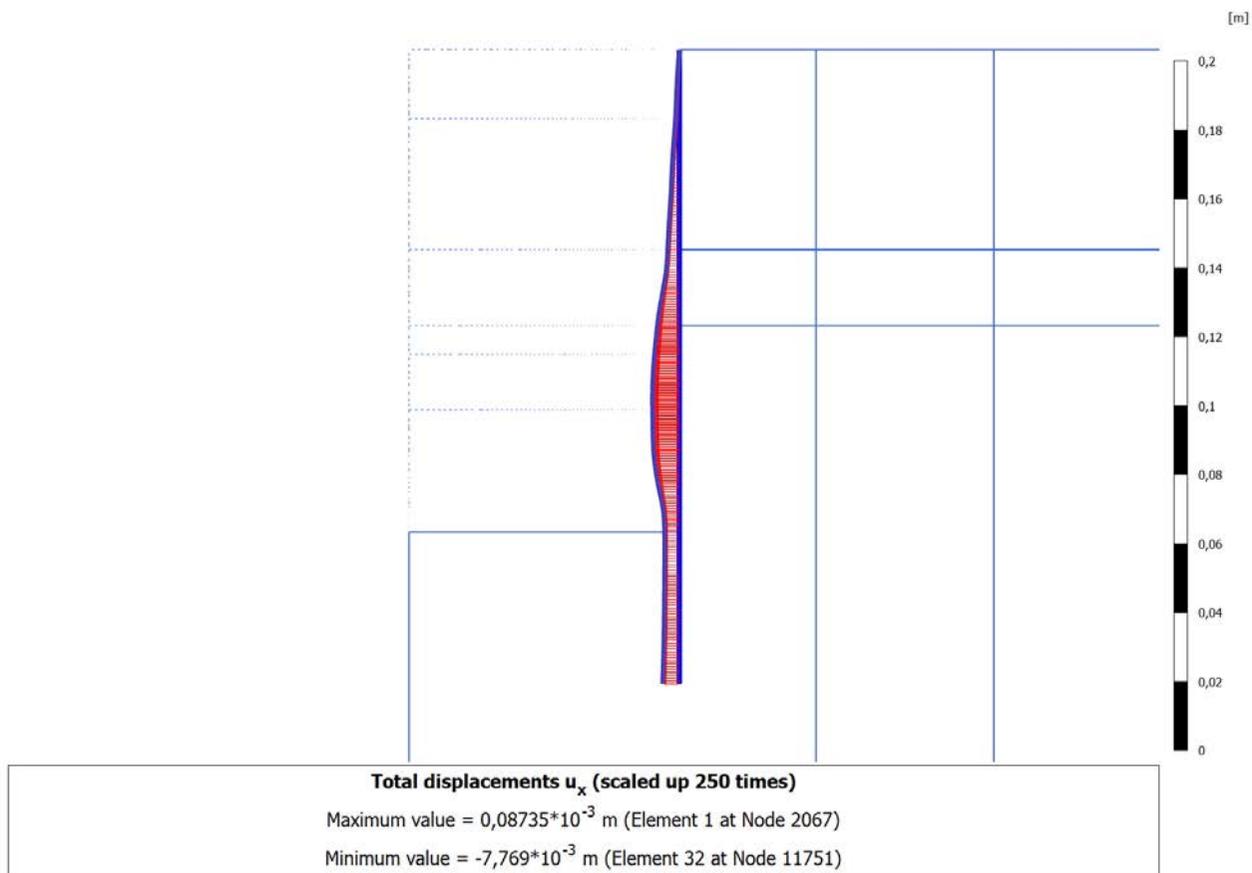
 $u_x$ 

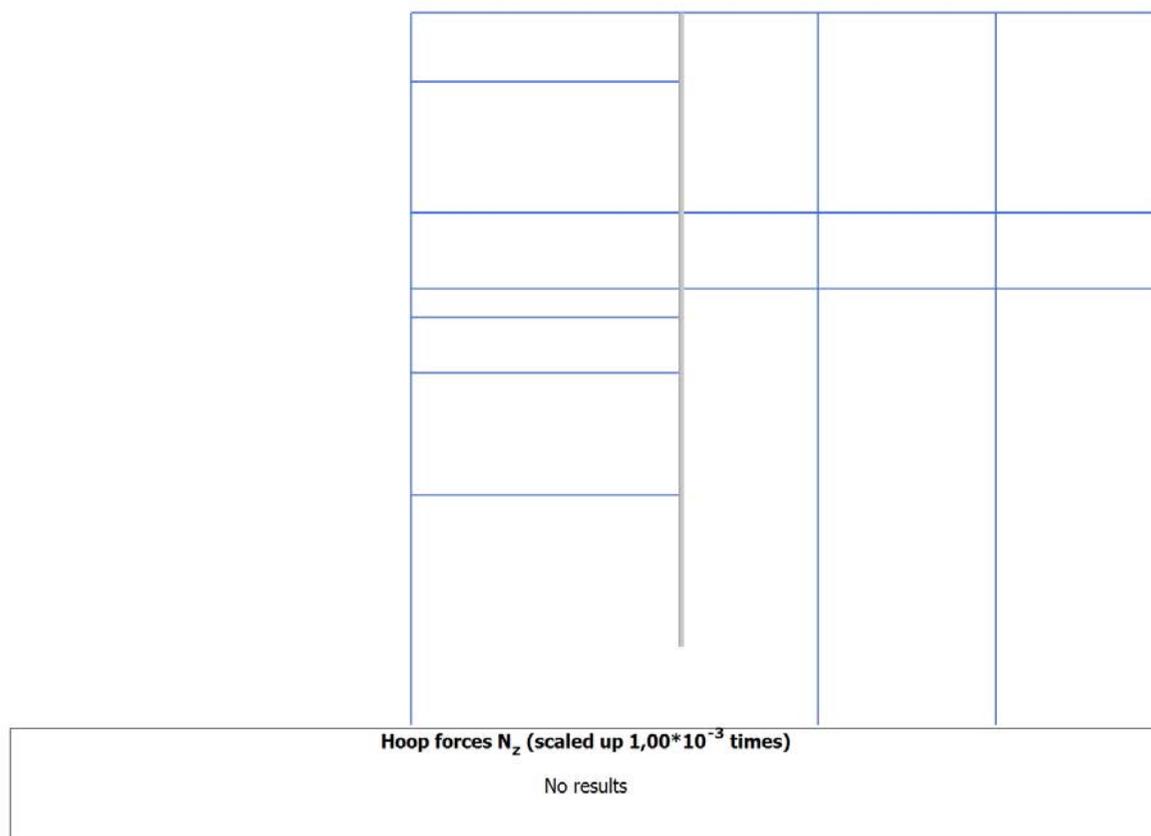
## 4.6.6 Calculation results, Plate, FONDO SCAVO [Phase\_7] (7/21), Total displacements

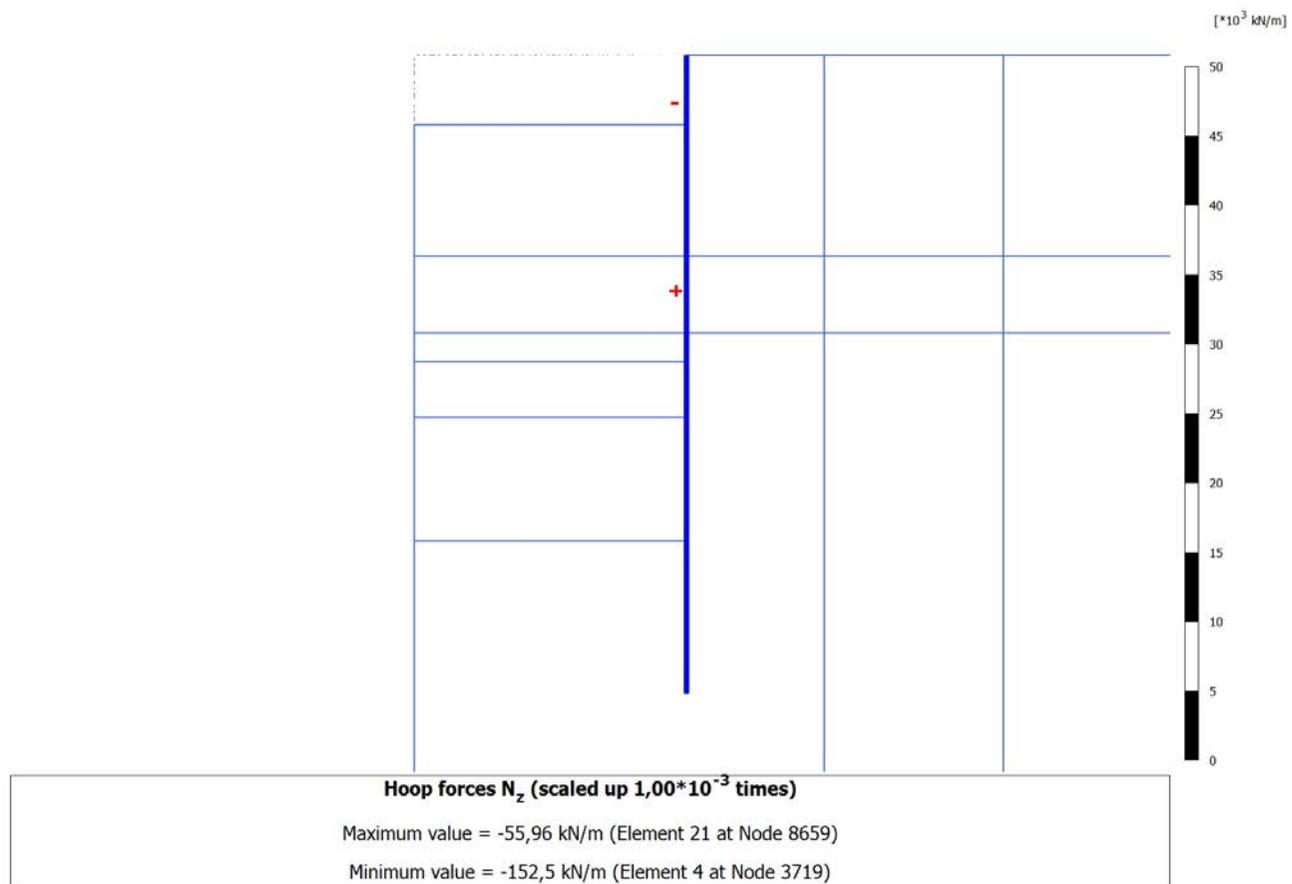
 $u_x$ 

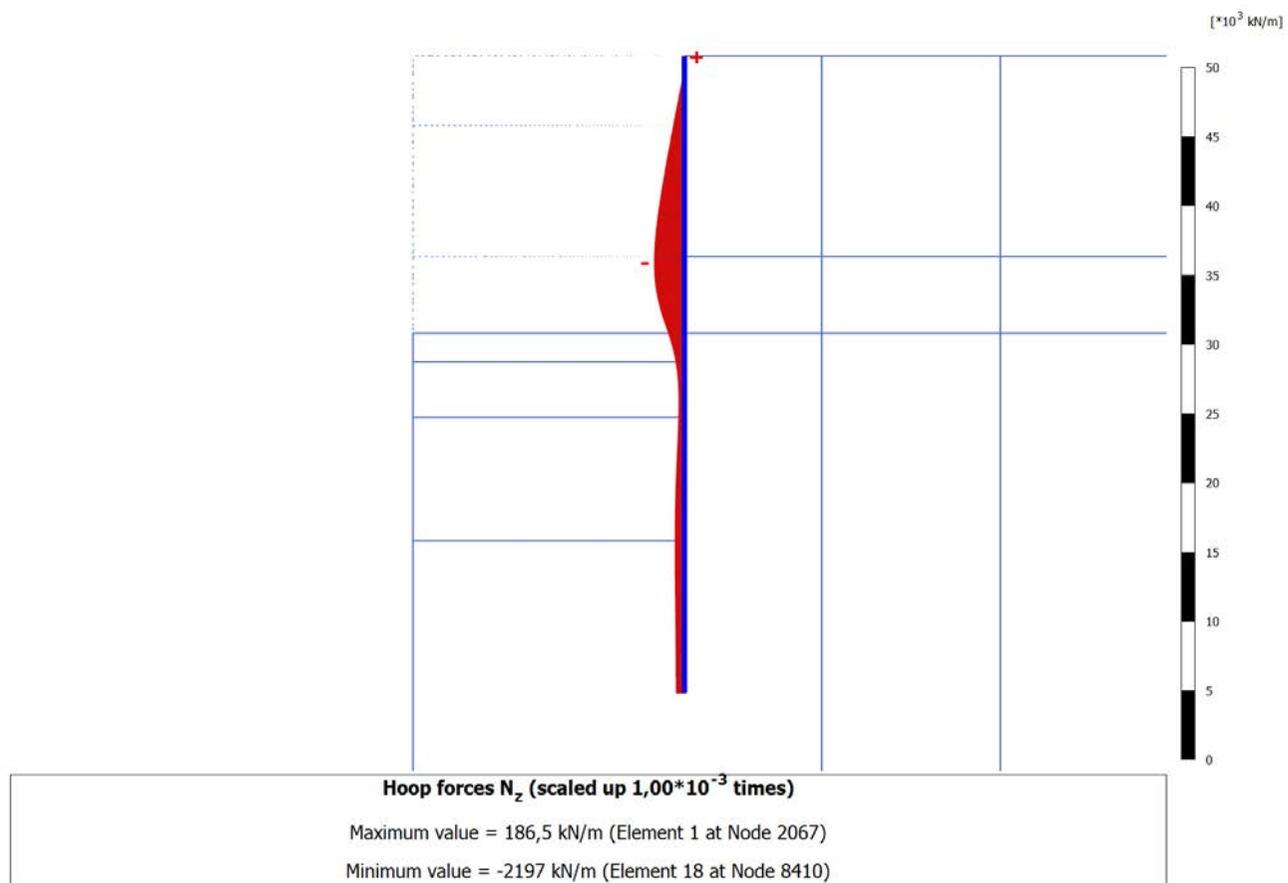
4.6.7 Calculation results, Plate, INTERNI [Phase\_9] (9/69), Total displacements  $u_x$ 

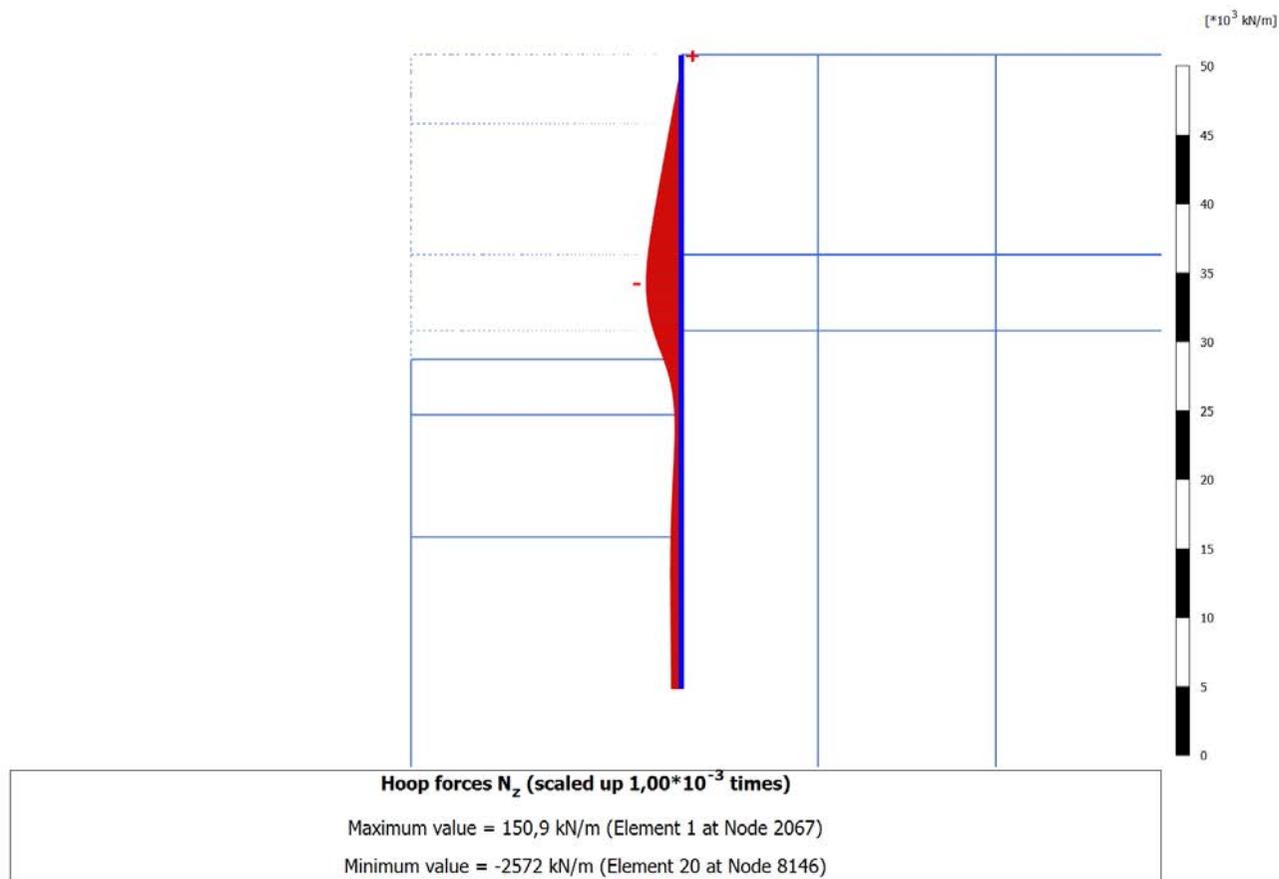
4.6.8 Calculation results, Plate, LT [Phase\_10] (10/71), Total displacements  $u_x$ 

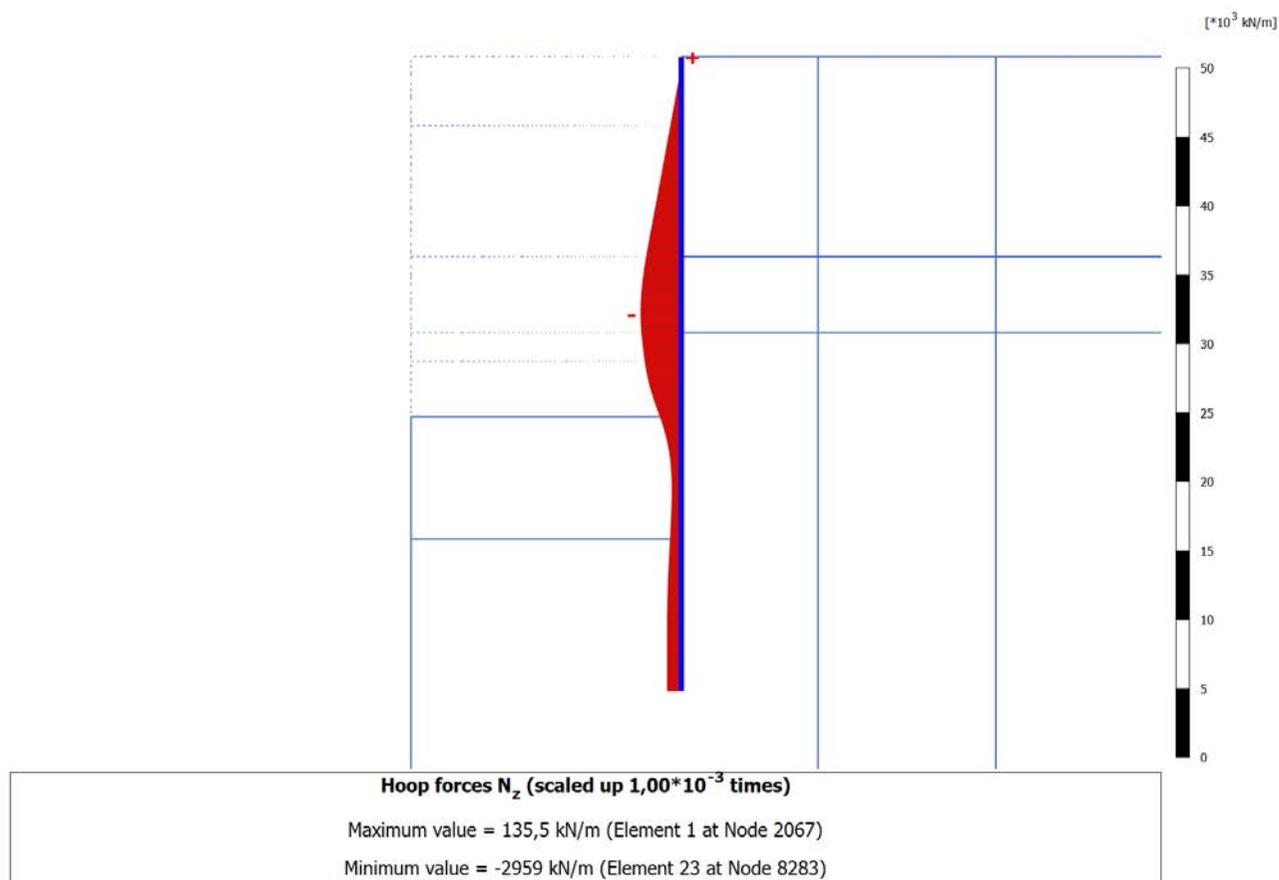
4.6.9 Calculation results, Plate, SISMA [Phase\_11] (11/76), Total displacements  $u_x$ 

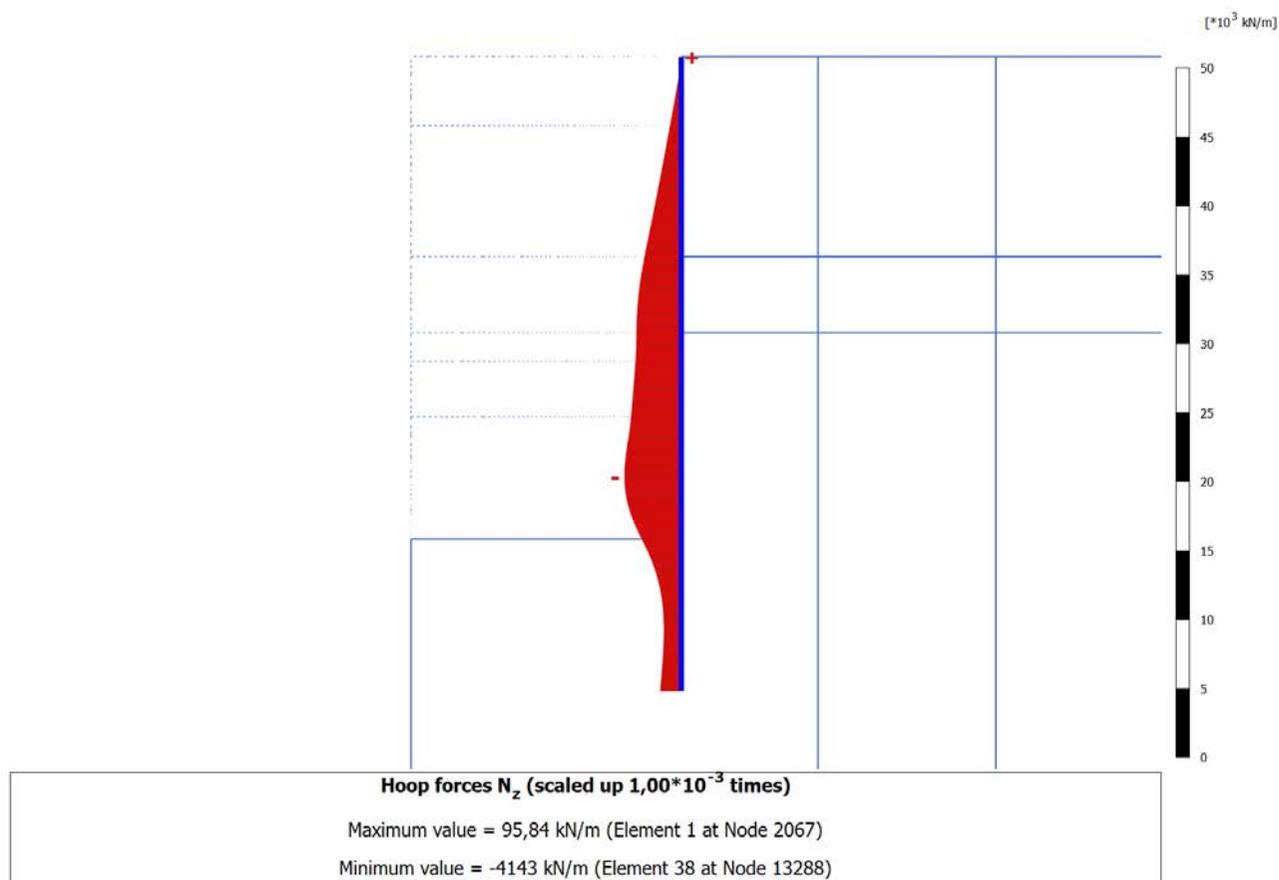
4.7.1 Calculation results, Plate, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Hoop forces  $N_z$ 

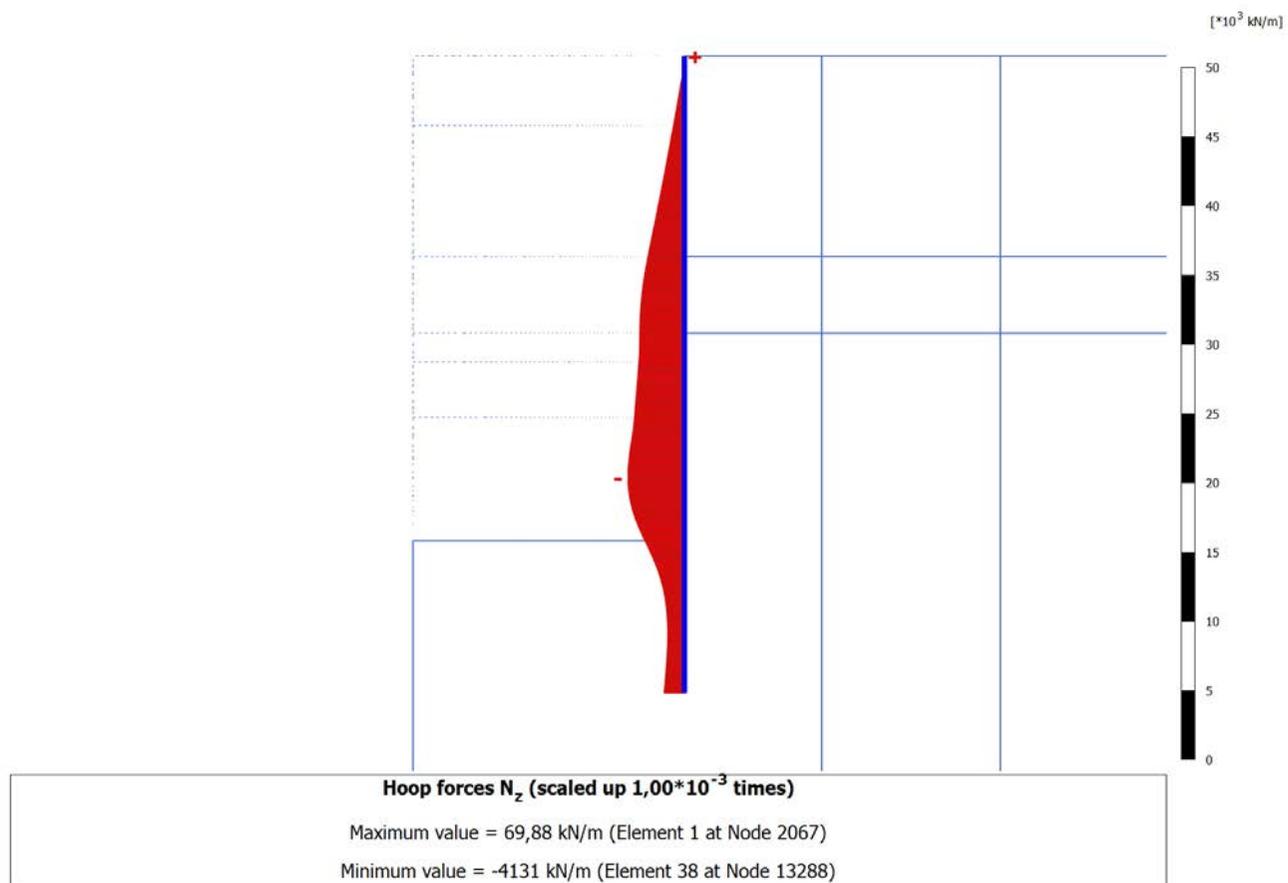
4.7.2 Calculation results, Plate, SCAVO1 [Phase\_3] (3/9), Hoop forces  $N_z$ 

4.7.3 Calculation results, Plate, SCAVO2 [Phase\_4] (4/12), Hoop forces  $N_z$ 

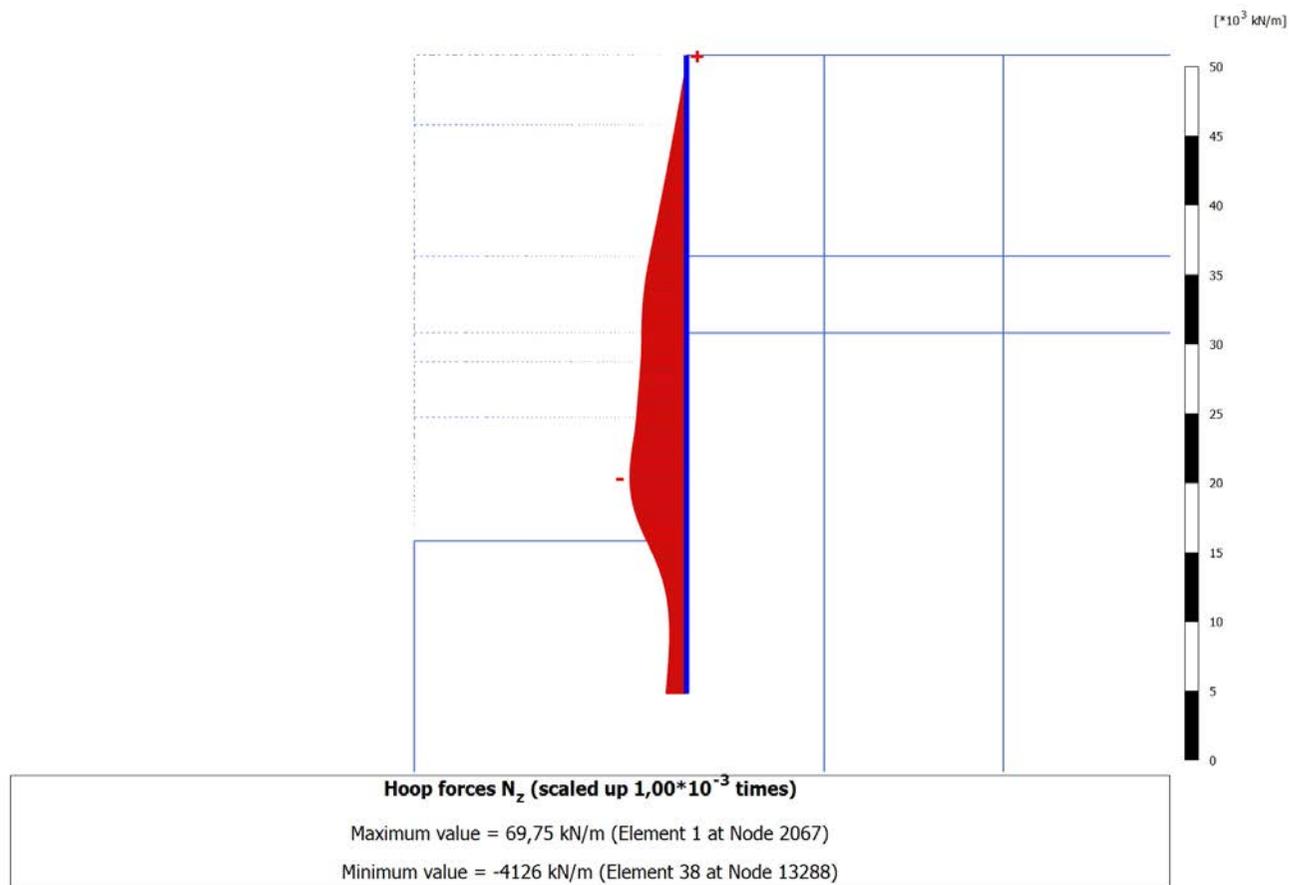
4.7.4 Calculation results, Plate, SCAVO3 - TR120 [Phase\_5] (5/15), Hoop forces  $N_z$ 

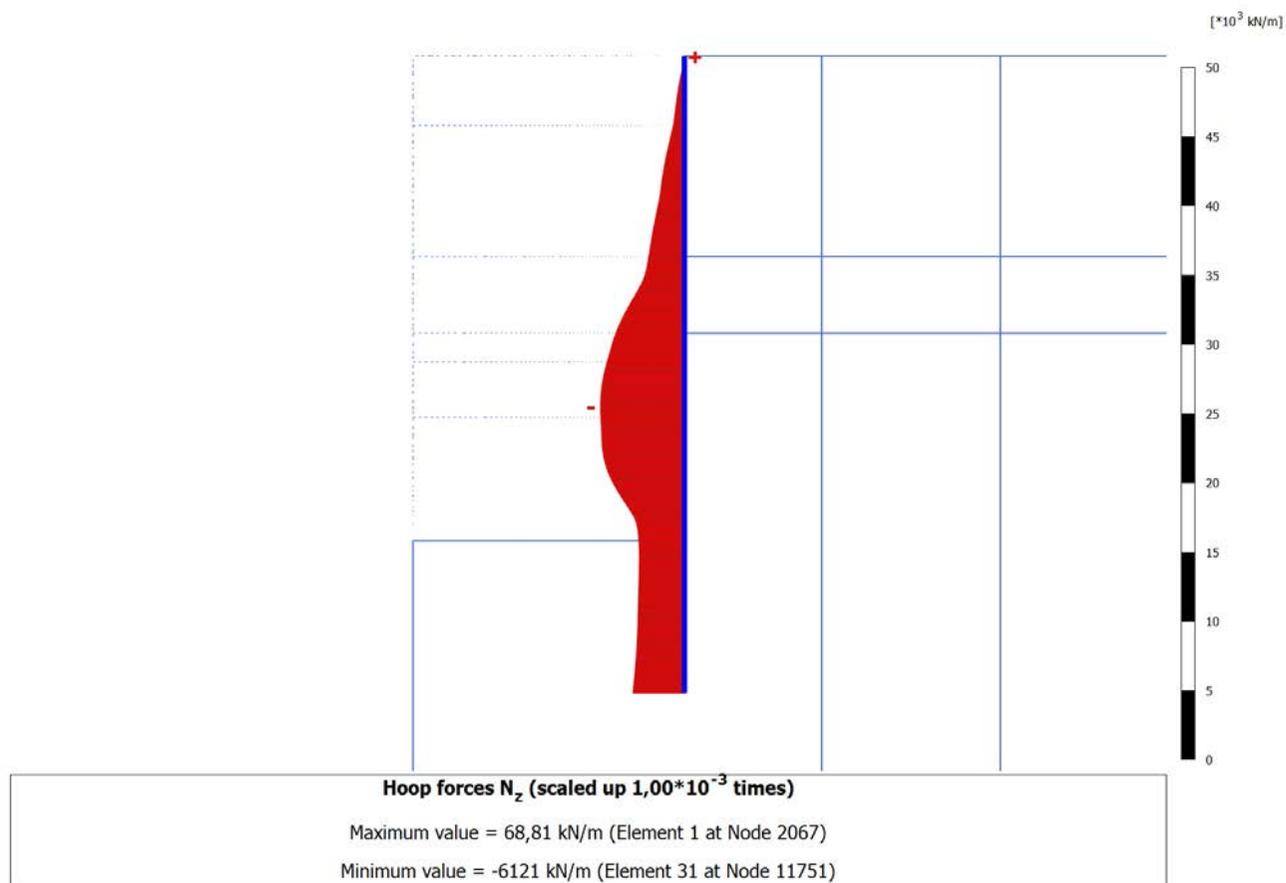
4.7.5 Calculation results, Plate, SCAVO4 - TR120 [Phase\_6] (6/18), Hoop forces  $N_z$ 

4.7.6 Calculation results, Plate, FONDO SCAVO [Phase\_7] (7/21), Hoop forces  $N_z$ 

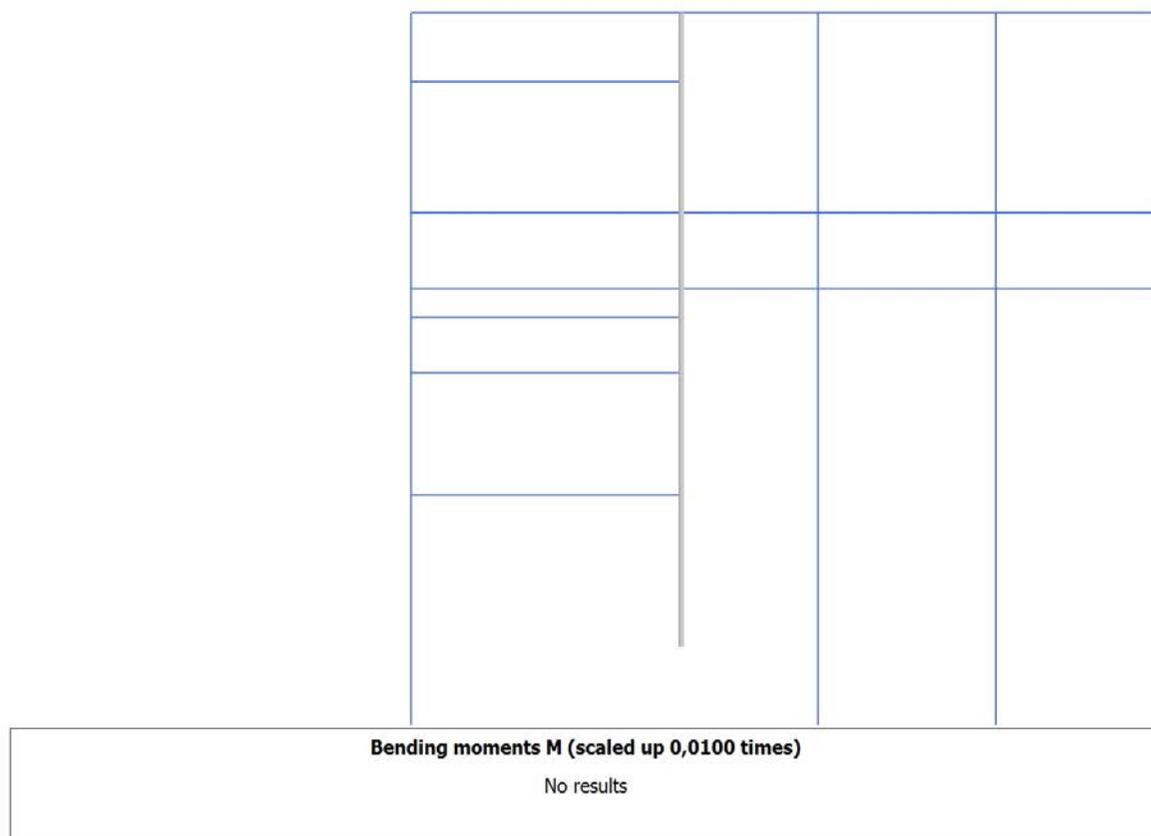
4.7.7 Calculation results, Plate, INTERNI [Phase\_9] (9/69), Hoop forces  $N_z$ 

### 4.7.8 Calculation results, Plate, LT [Phase\_10] (10/71), Hoop forces $N_z$

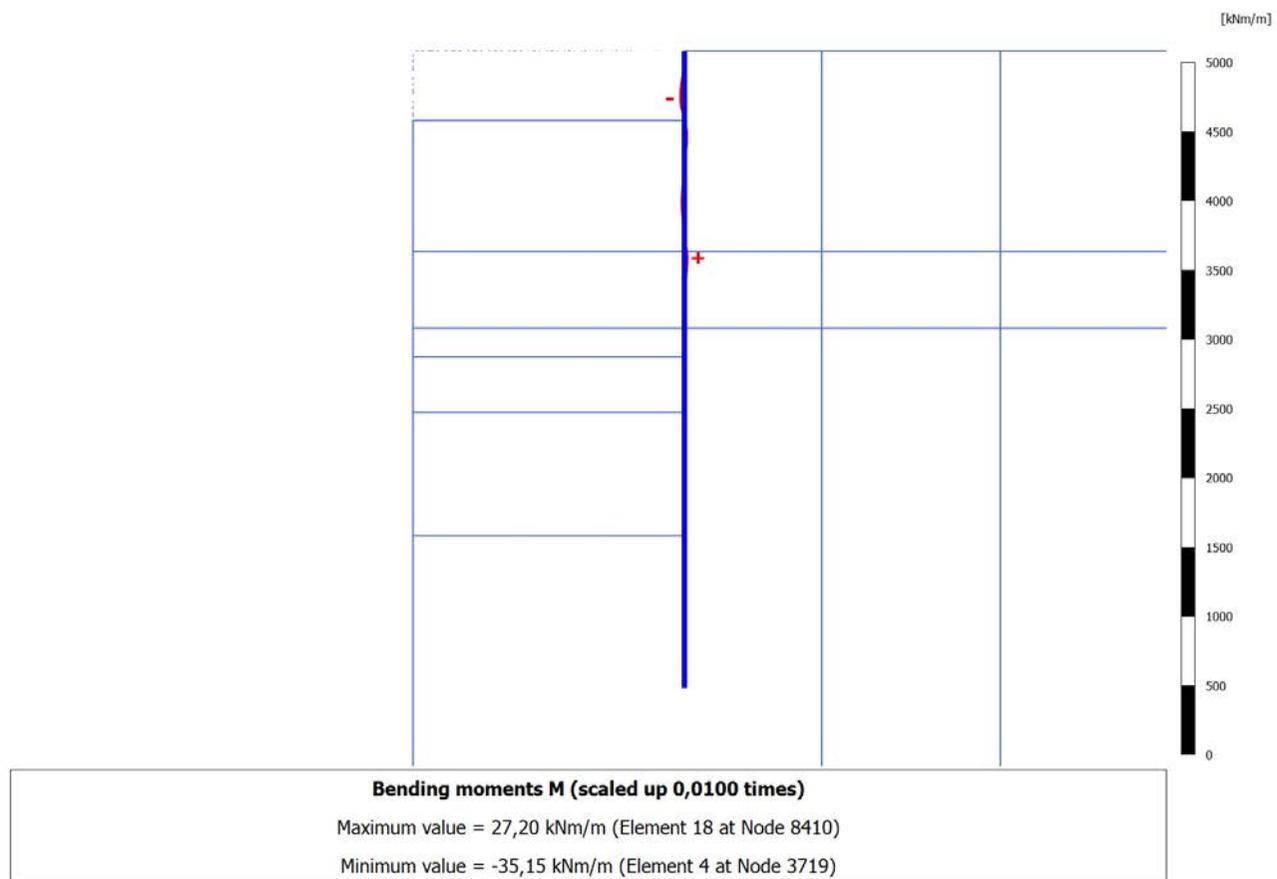


4.7.9 Calculation results, Plate, SISMA [Phase\_11] (11/76), Hoop forces  $N_z$ 

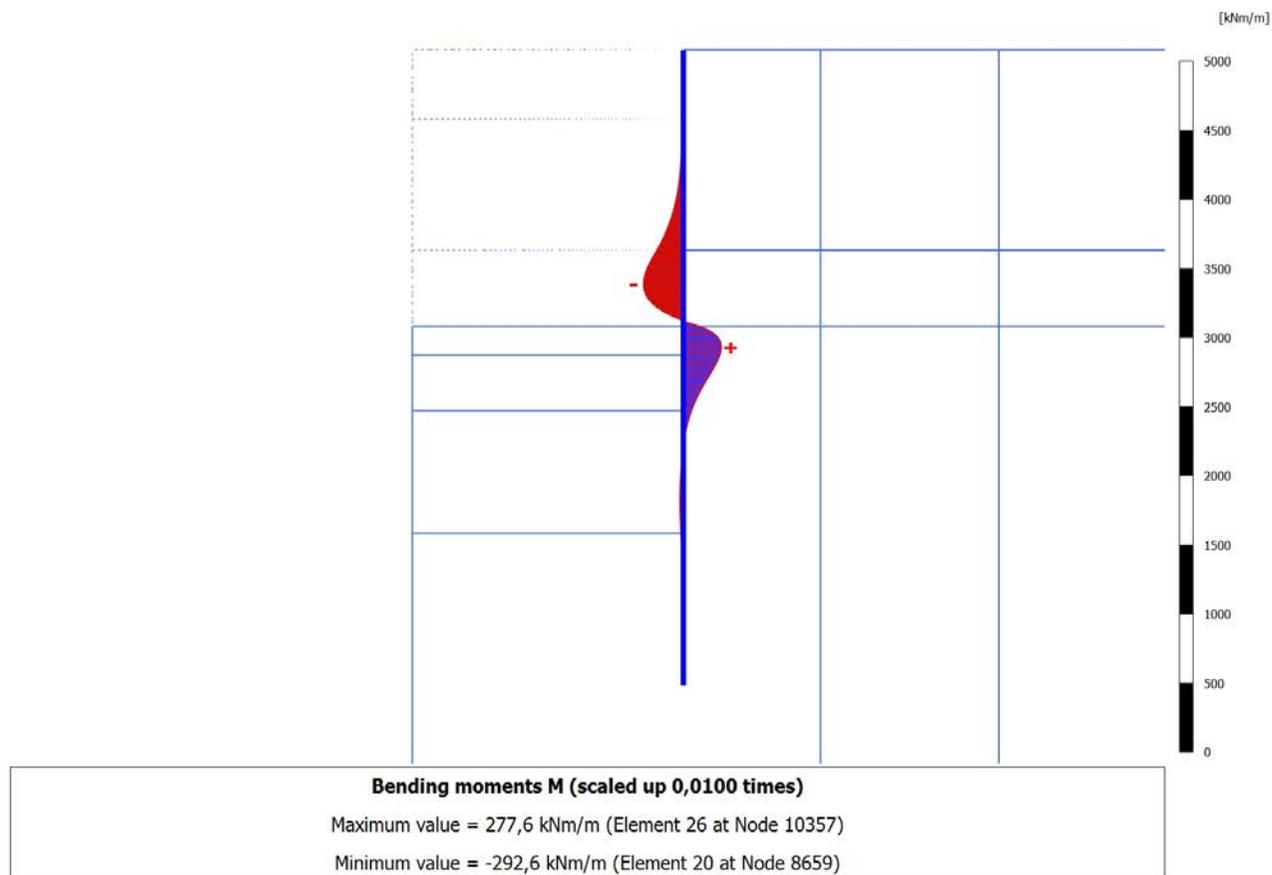
## 4.8.1 Calculation results, Plate, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Bending moments M



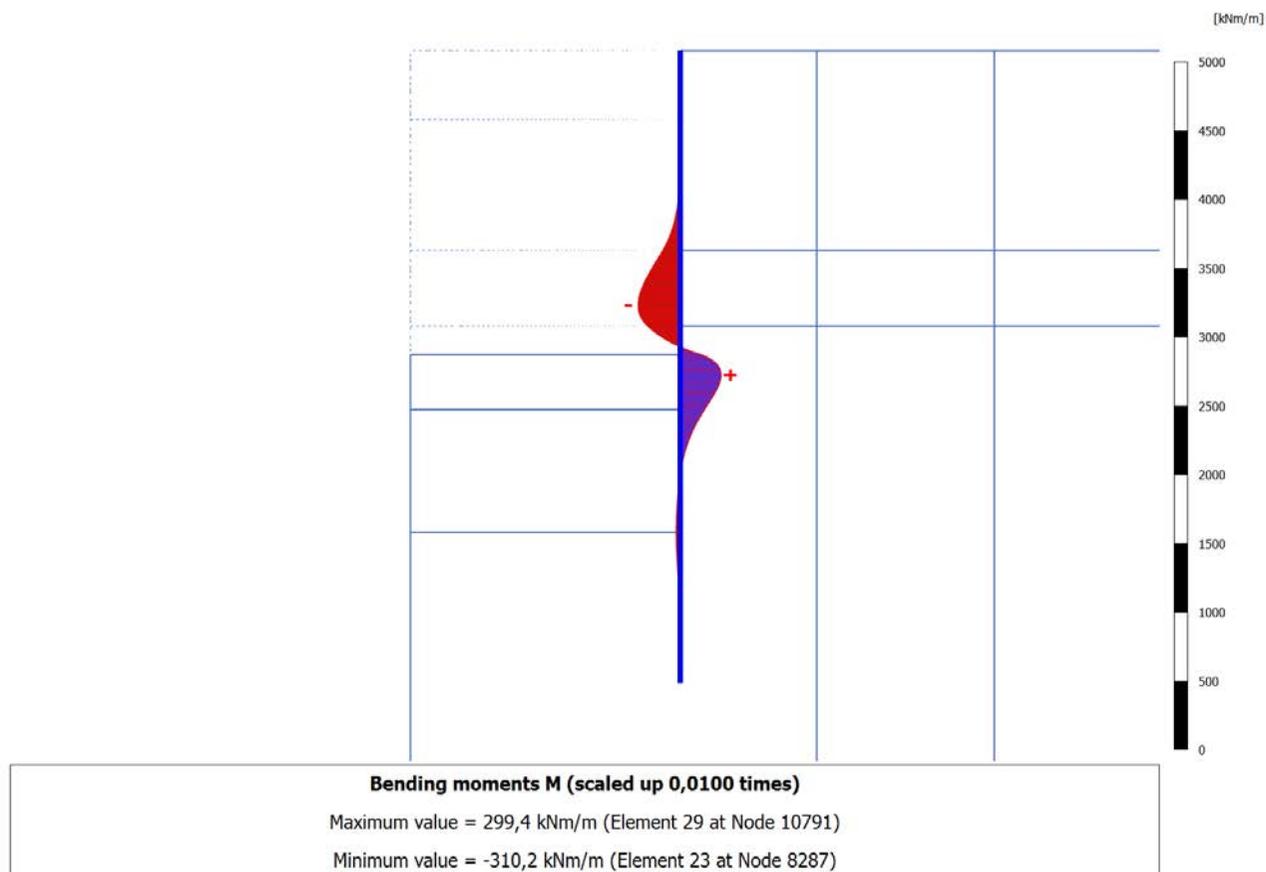
## 4.8.2 Calculation results, Plate, SCAVO1 [Phase\_3] (3/9), Bending moments M



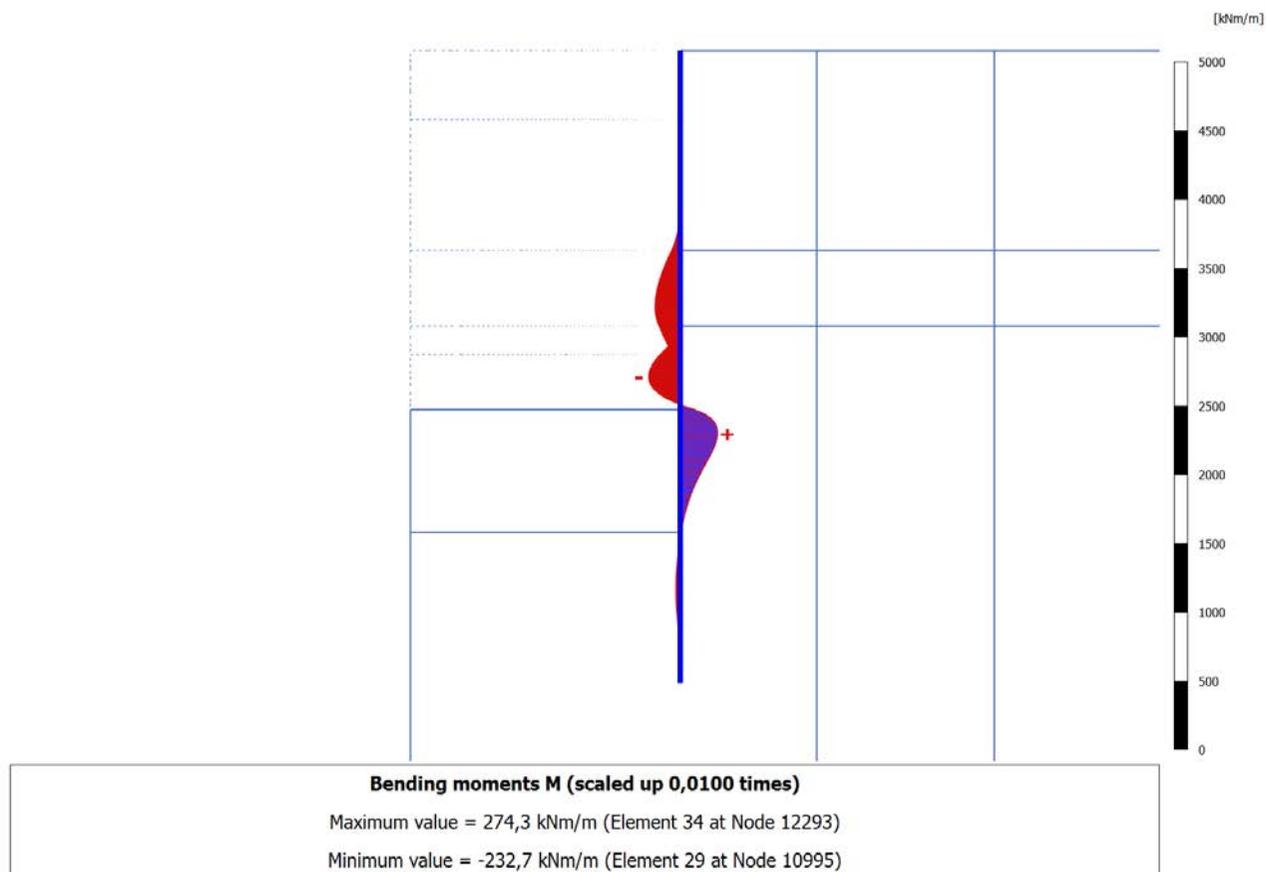
## 4.8.3 Calculation results, Plate, SCAVO2 [Phase\_4] (4/12), Bending moments M



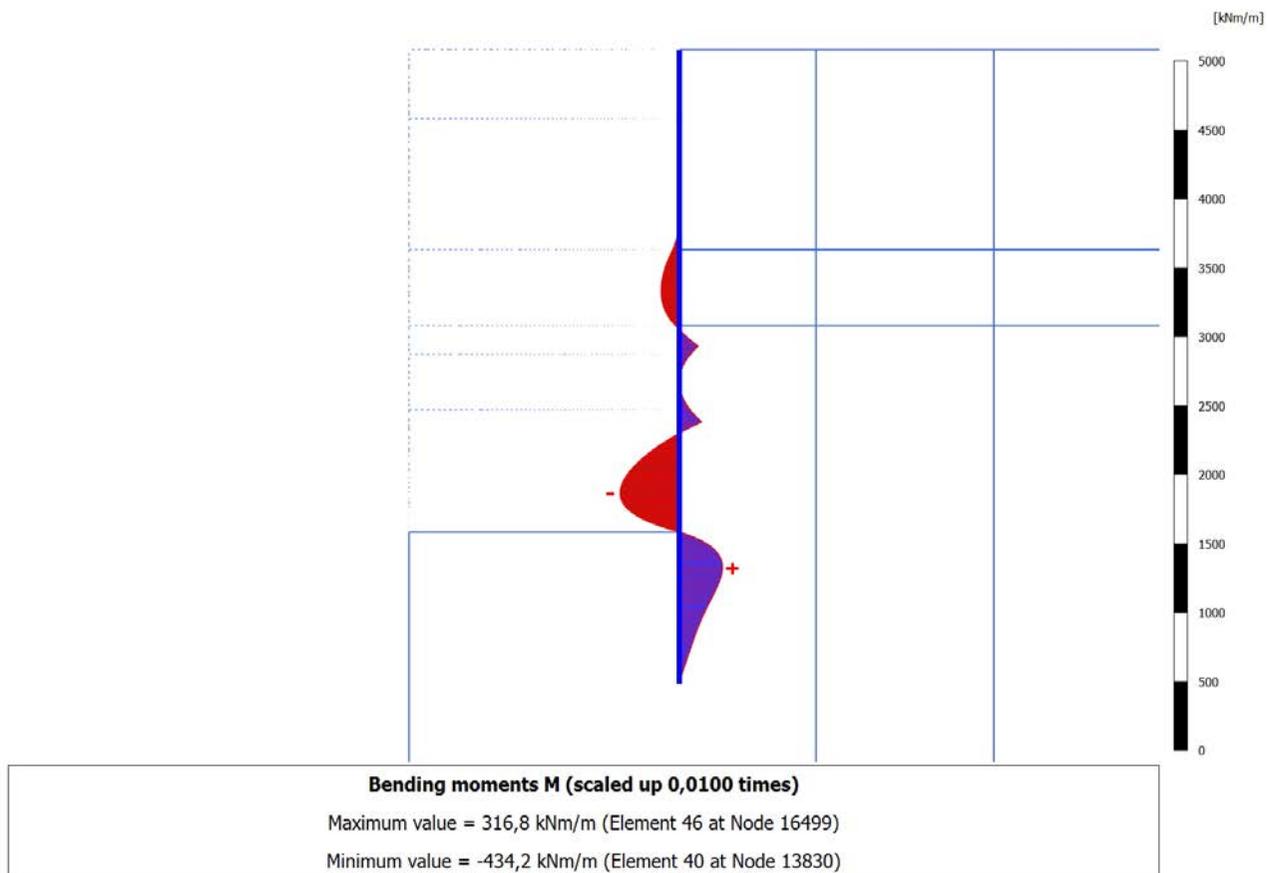
## 4.8.4 Calculation results, Plate, SCAVO3 - TR120 [Phase\_5] (5/15), Bending moments M



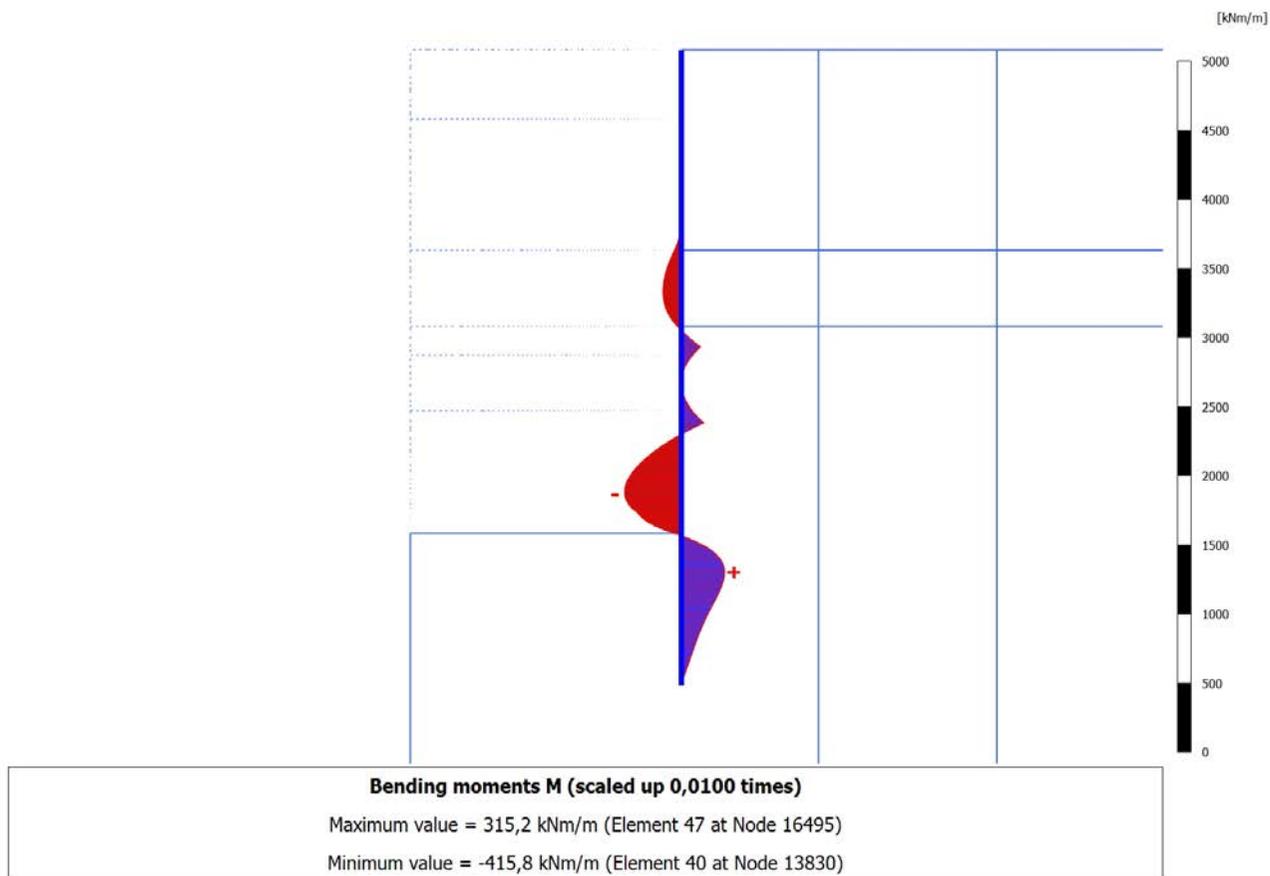
## 4.8.5 Calculation results, Plate, SCAVO4 - TR120 [Phase\_6] (6/18), Bending moments M



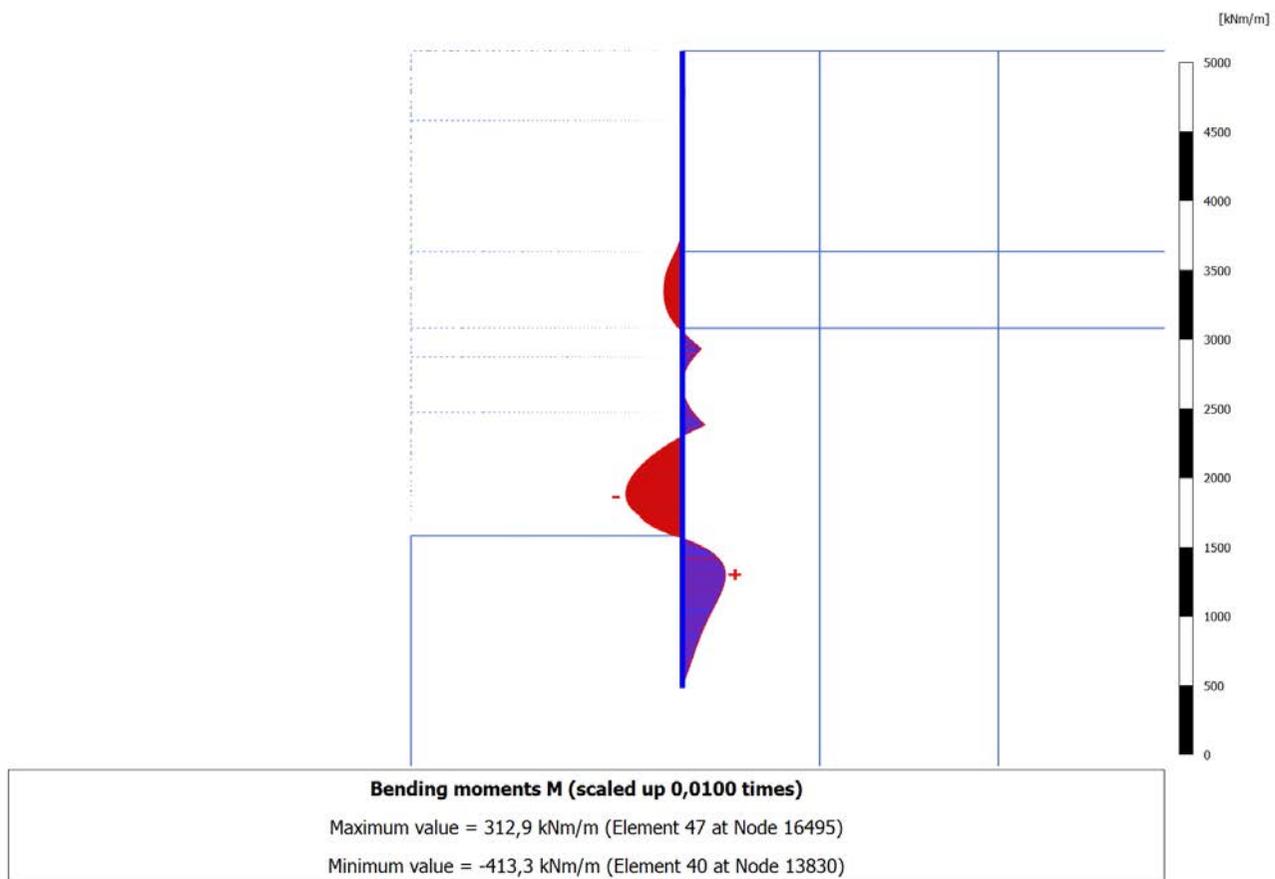
## 4.8.6 Calculation results, Plate, FONDO SCAVO [Phase\_7] (7/21), Bending moments M



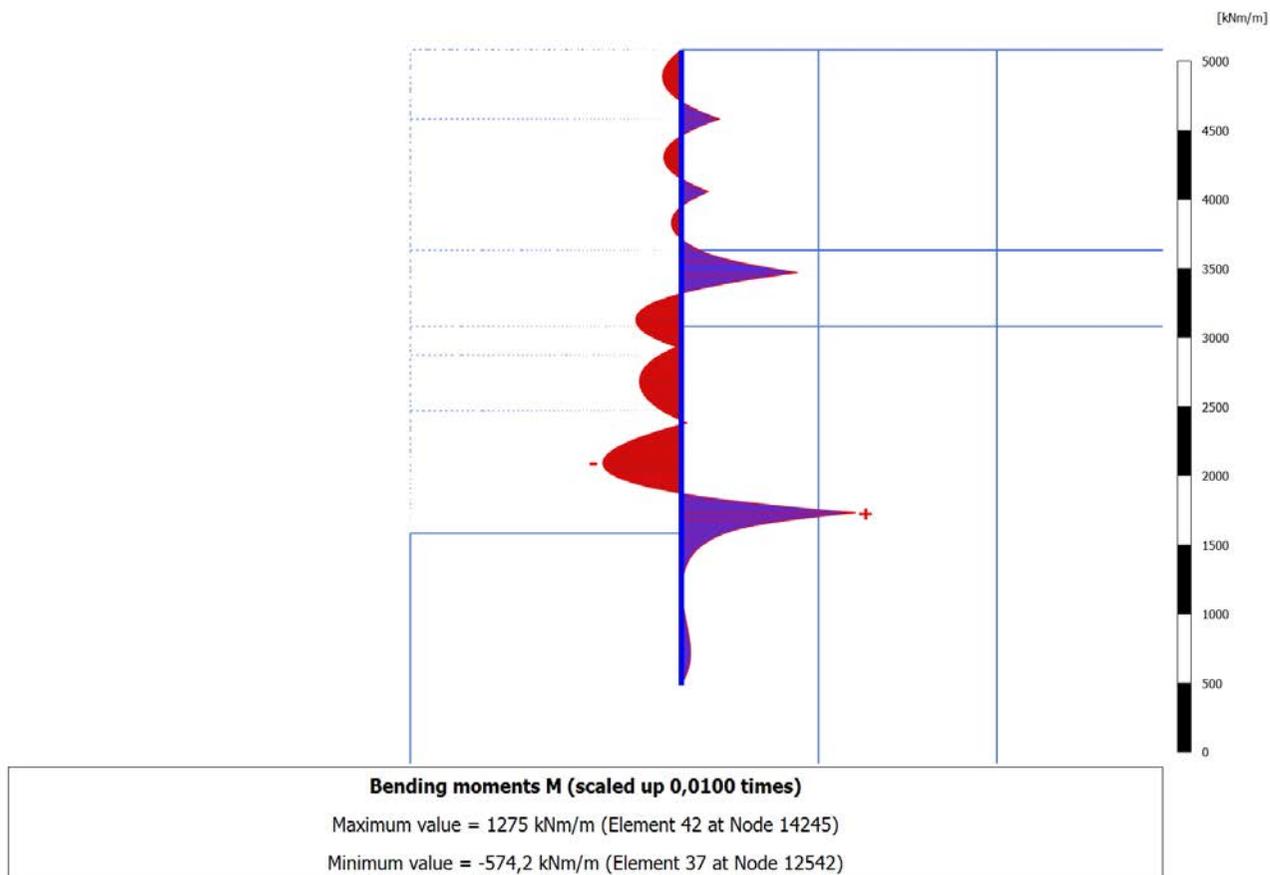
## 4.8.7 Calculation results, Plate, INTERNI [Phase\_9] (9/69), Bending moments M



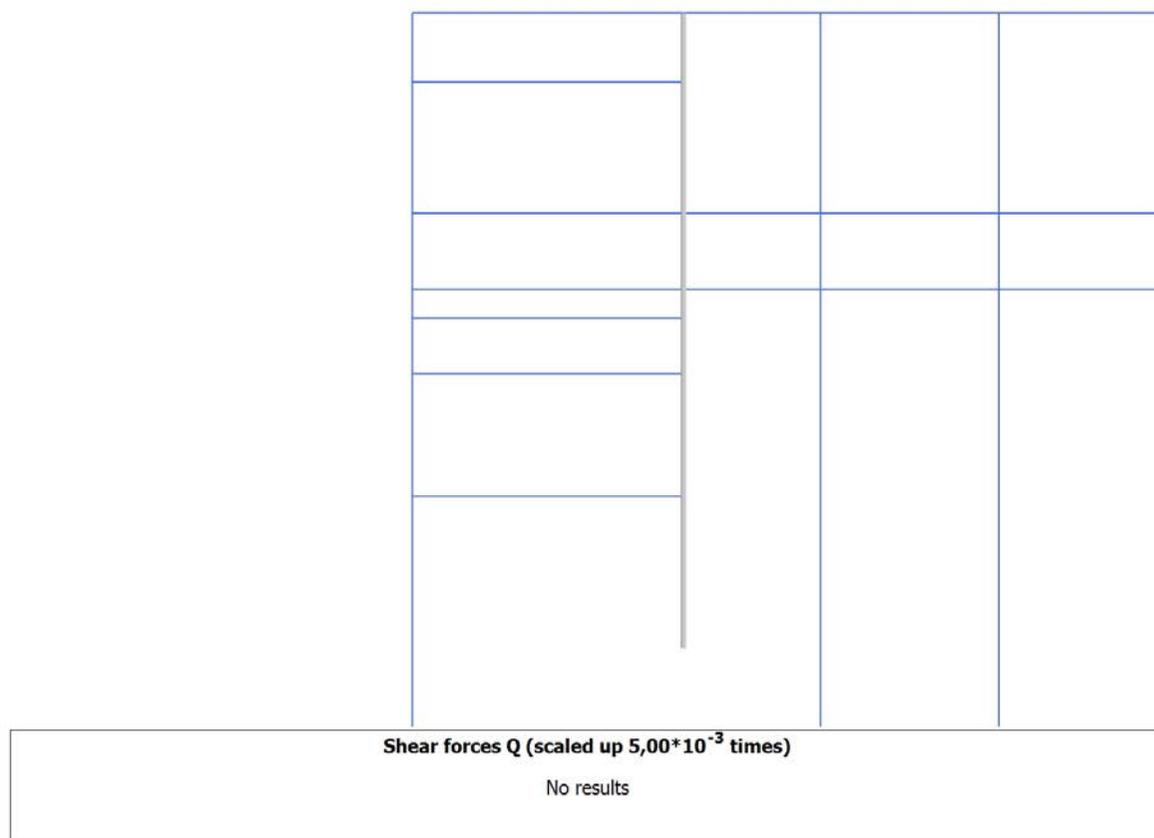
## 4.8.8 Calculation results, Plate, LT [Phase\_10] (10/71), Bending moments M



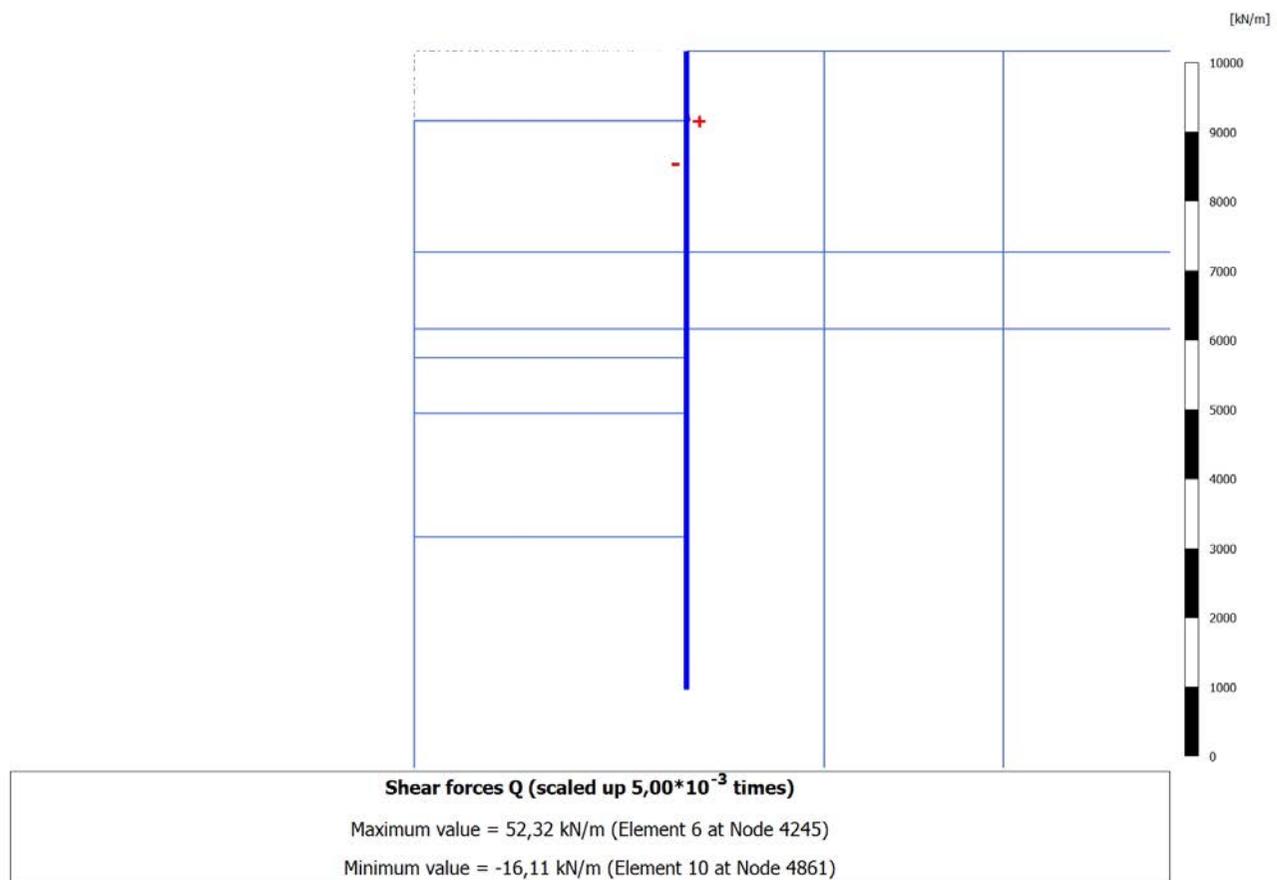
## 4.8.9 Calculation results, Plate, SISMA [Phase\_11] (11/76), Bending moments M



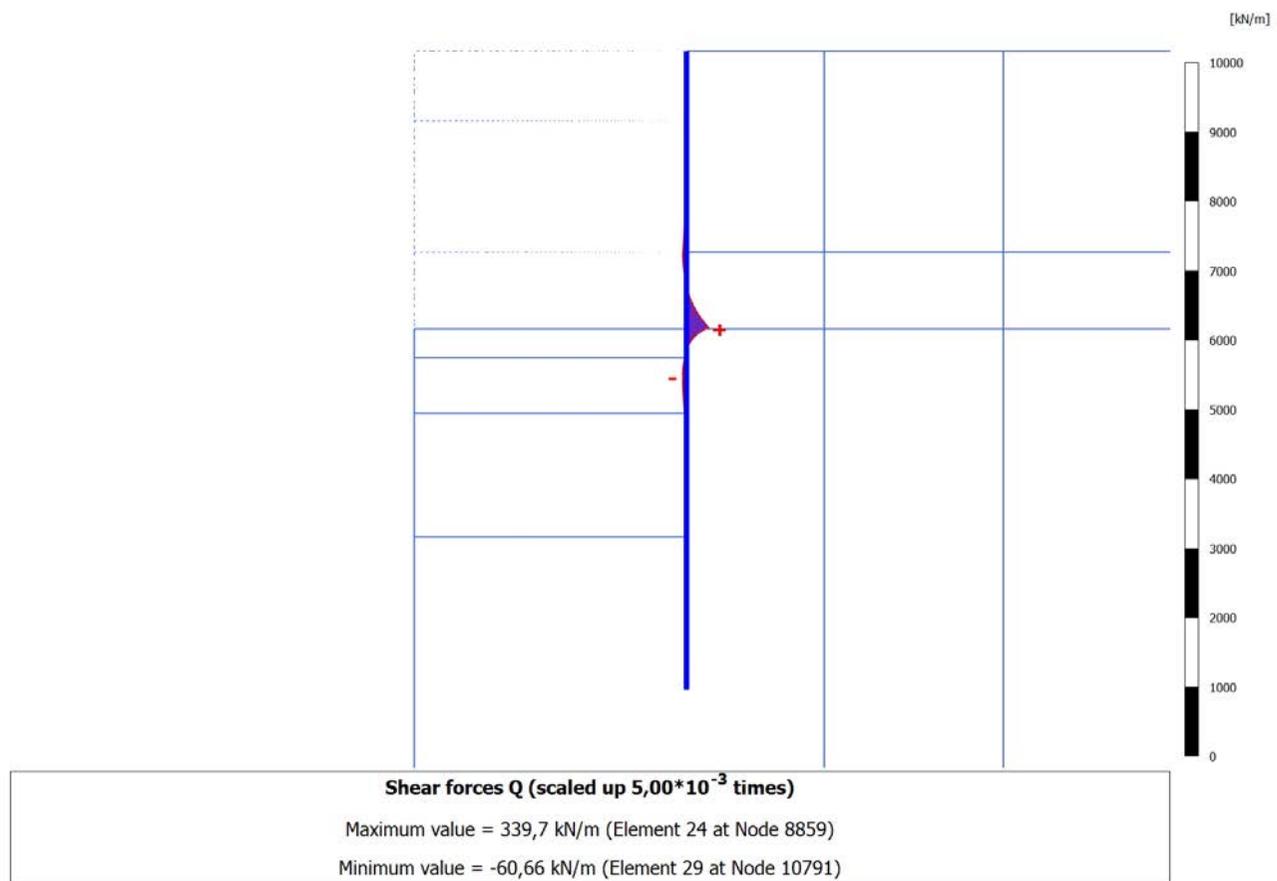
## 4.9.1 Calculation results, Plate, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Shear forces Q



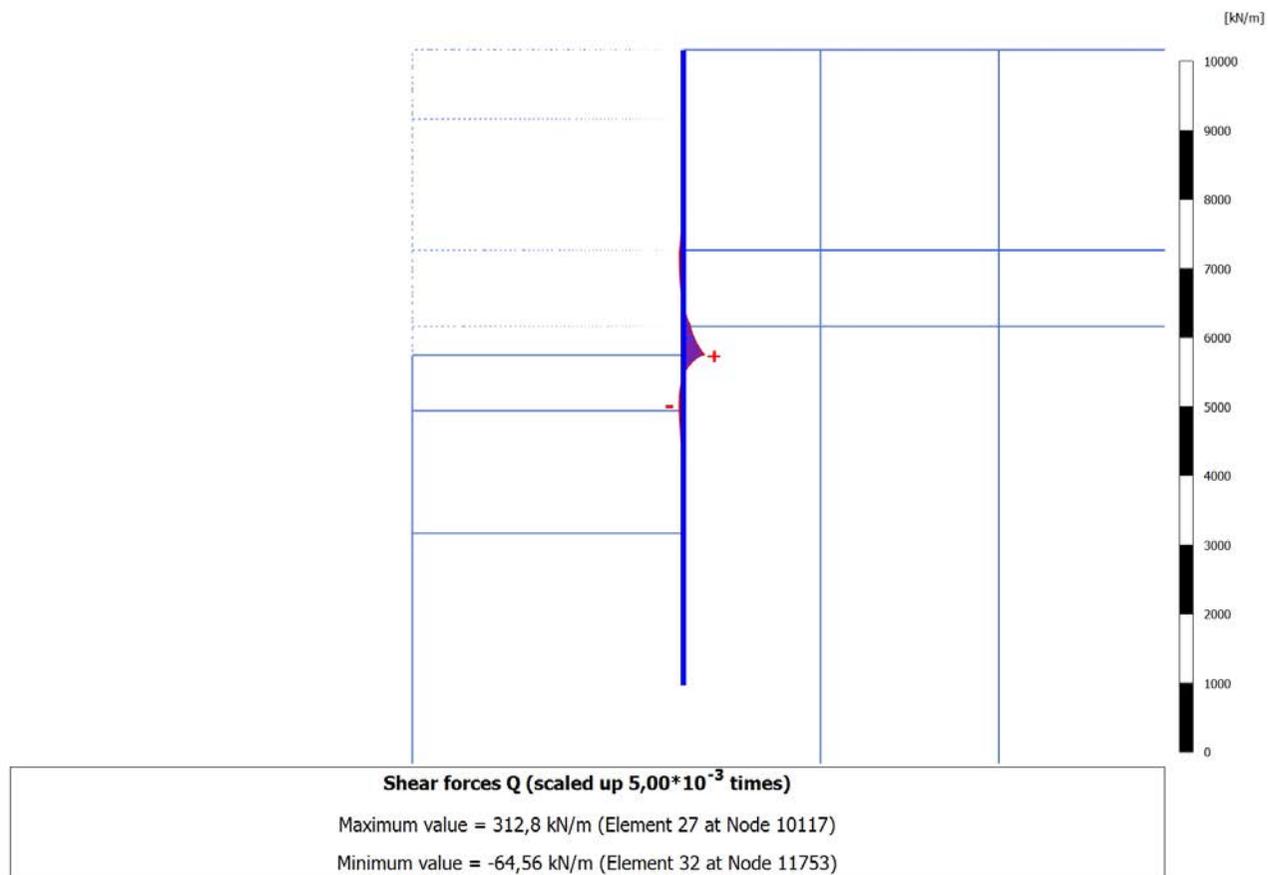
## 4.9.2 Calculation results, Plate, SCAVO1 [Phase\_3] (3/9), Shear forces Q



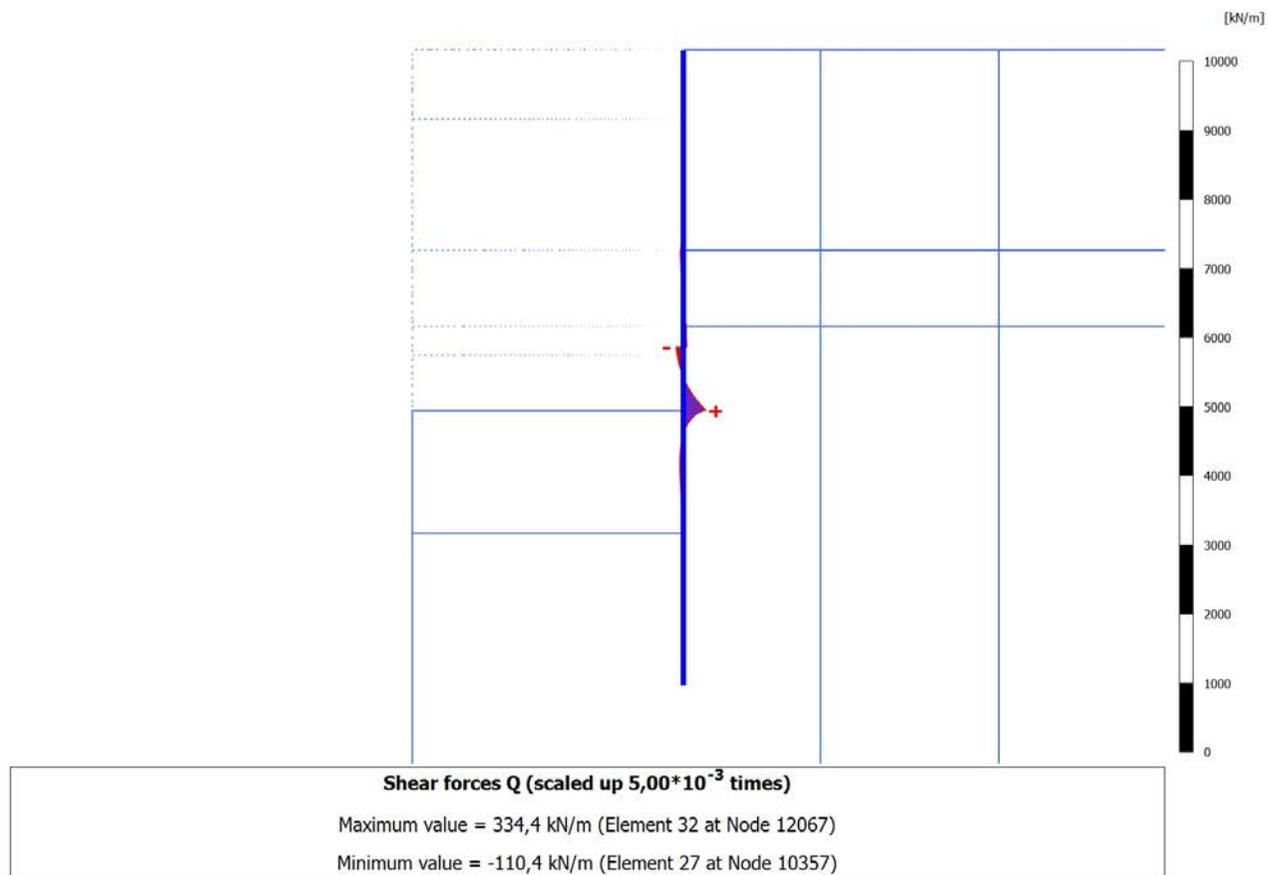
## 4.9.3 Calculation results, Plate, SCAVO2 [Phase\_4] (4/12), Shear forces Q



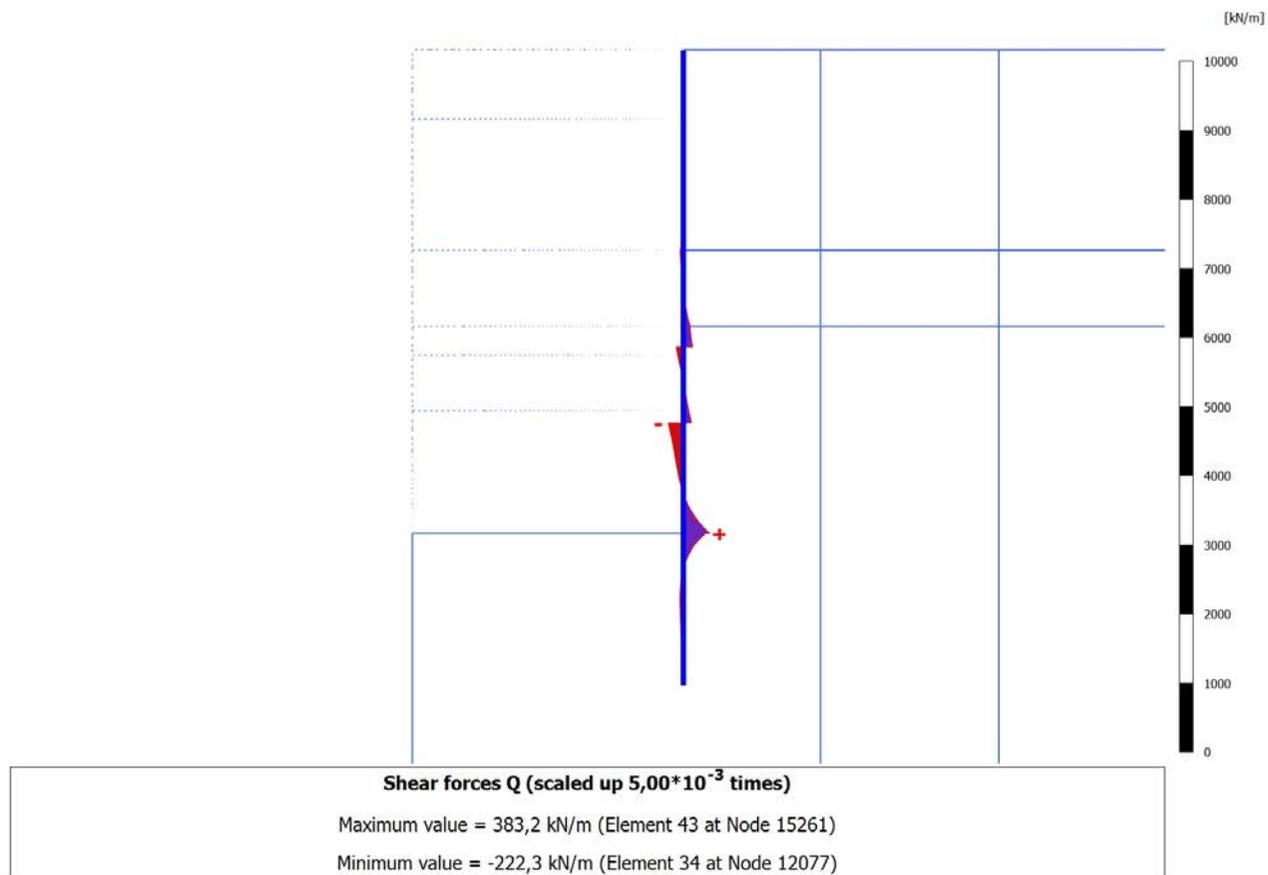
## 4.9.4 Calculation results, Plate, SCAVO3 - TR120 [Phase\_5] (5/15), Shear forces Q



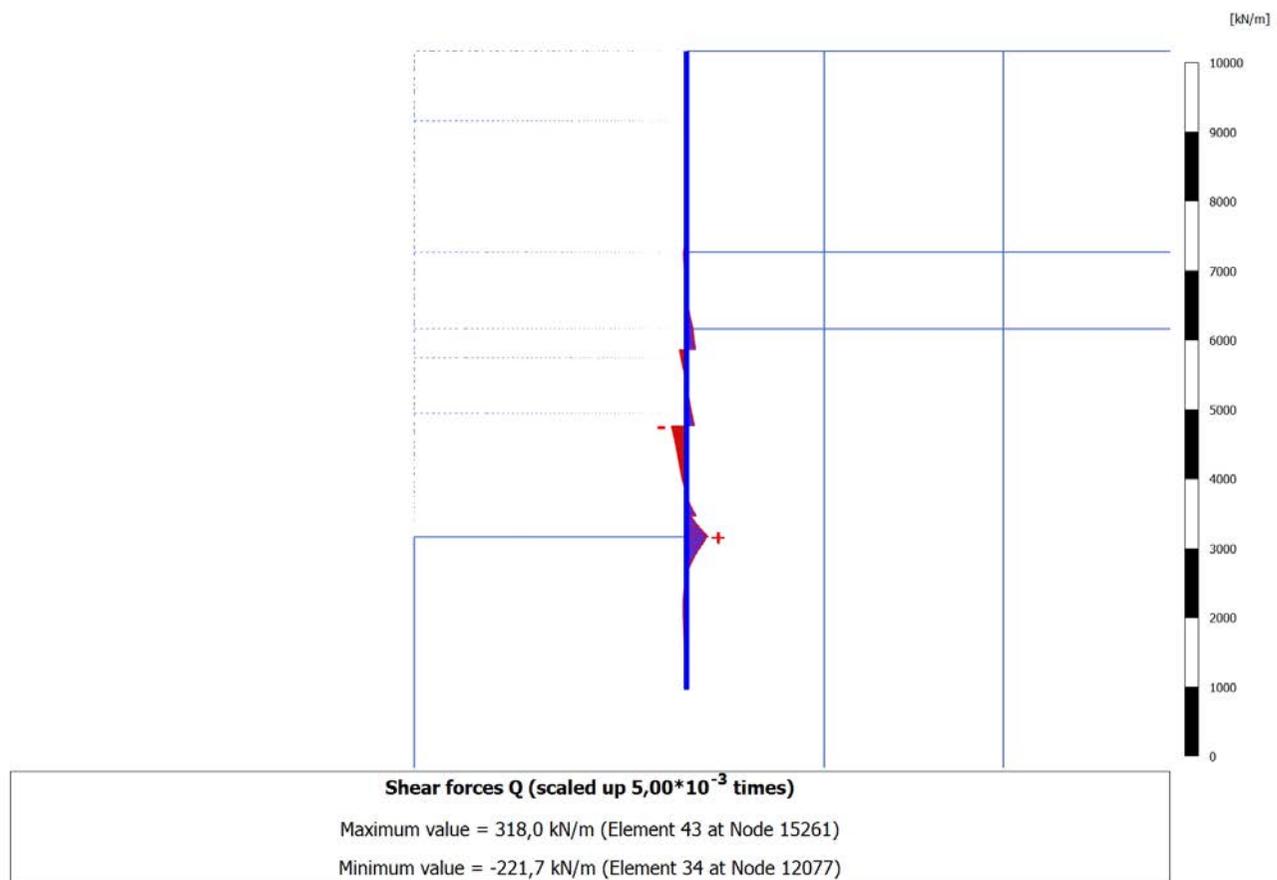
## 4.9.5 Calculation results, Plate, SCAVO4 - TR120 [Phase\_6] (6/18), Shear forces Q



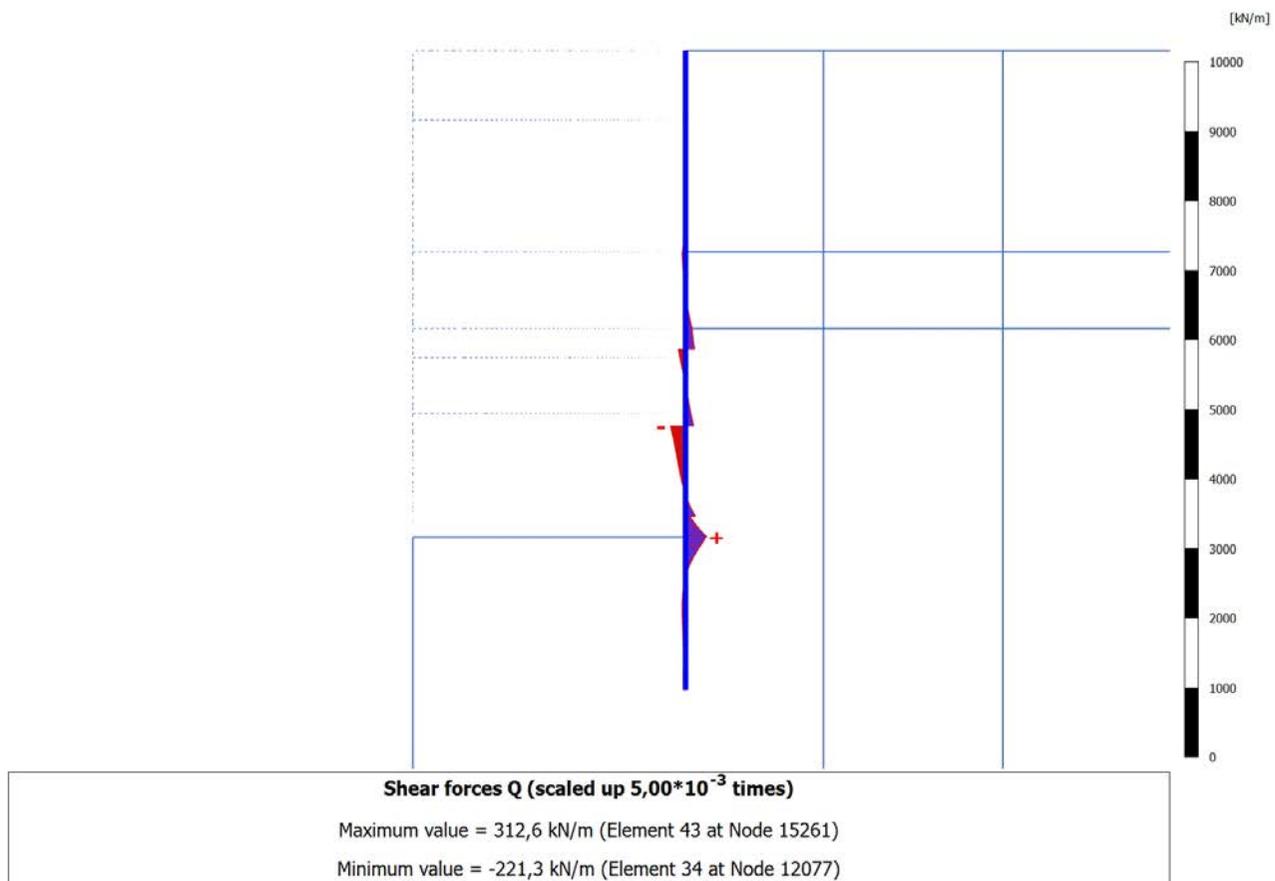
## 4.9.6 Calculation results, Plate, FONDO SCAVO [Phase\_7] (7/21), Shear forces Q



## 4.9.7 Calculation results, Plate, INTERNI [Phase\_9] (9/69), Shear forces Q



## 4.9.8 Calculation results, Plate, LT [Phase\_10] (10/71), Shear forces Q



## 4.9.9 Calculation results, Plate, SISMA [Phase\_11] (11/76), Shear forces Q

