

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA

U.O. PRODUZIONE SUD E ISOLE

PROGETTO ESECUTIVO

RADDOPPIO DELLA TRATTA CATENANUOVA–RADDUSA AGIRA

Nuova viabilità al km 13+000

RELAZIONE DI CALCOLO PARATIA DEFINITIVA

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

RS0S 00 E 78 CL IF0005 003 C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	A.INGLETTI	07.2015	D.CAPUTO	07.2015	P. Carlesimo	07. 2015	D. TIBERTI 10.2015
B	Emissione esecutiva	A.INGLETTI	09.2015	D.CAPUTO	09.2015	P. Carlesimo	09. 2015	 Produzione Sud e Isole Dott. Ing. Stefano TIBERTI Ordine Ingegneri di Napoli N° 10876
C	Emissione a seguito di validazione	A.INGLETTI	10.2015	D.CAPUTO	10.2015	P. Carlesimo	10. 2015	

INDICE

1	PREMESSA	4
2	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3	MATERIALI IMPIEGATI	6
3.1	CALCESTRUZZO	6
3.2	ACCIAIO	6
4	DESCRIZIONE DELL'OPERA	7
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	8
6	CLASSIFICAZIONE SISMICA	10
6.1	RISPOSTA SISMICA	10
7	ANALISI OPERA DI SOSTEGNO	13
7.1	METODOLOGIA DI CALCOLO, LEGAMI COSTITUTIVI E PARAMETRI	13
7.1.1	<i>Il software di calcolo</i>	13
7.1.2	<i>Parametri geotecnici e definizione dei legami costitutivi</i>	13
7.1.3	<i>Elementi strutturali</i>	14
7.1.4	<i>Carichi</i>	15
7.1.5	<i>Stabilità globale</i>	15
7.2	DISCRETIZZAZIONE DI CALCOLO	17
7.3	FASI DI CALCOLO	18
7.4	PRINCIPALI RISULTATI DI CALCOLO	20
7.4.1	<i>Spostamenti</i>	20
7.4.2	<i>Sollecitazioni strutturali</i>	21
7.5	STABILITÀ GLOBALE	32
7.6	ULTERIORI CONSIDERAZIONI SUL DIMENSIONAMENTO DELLA PARATIA	34
7.6.1	<i>Spostamenti</i>	34
7.6.2	<i>Sollecitazioni strutturali</i>	53

7.7	VERIFICHE DI RESISTENZA DELLE SEZIONI IN C.A.....	55
7.7.1	<i>Pali Ø1000, L=19.5 m.....</i>	56
7.7.2	<i>Paramento muro in elevazione.....</i>	59
7.7.3	<i>Cordolo.....</i>	61
8	ALLEGATO A: TERMINOLOGIA UTILIZZATA NELLE VERIFICHE DELLE SEZIONI IN C.A.....	65

1 PREMESSA

Nel presente documento si riporta il dimensionamento dell'opera di sostegno prevista per il contenimento del rilevato stradale di approccio alla spalla del ponte sul Vallone Petroso relativa al Progetto Esecutivo della Nuova Viabilità NI10 prevista circa al km 13+000 della Linea Ferroviaria Messina – Catania – Palermo, nella tratta Catenanuova – Raddusa Agira.

In particolare nella presente relazione sono affrontati i seguenti aspetti:

- descrizione dell'opera;
- caratterizzazione geotecnica: stratigrafia, parametri geotecnici di progetto e livello di falda;
- analisi opera di sostegno: sollecitazioni sugli elementi strutturali in condizioni statiche, sismiche ed in presenza di scalzamento e stima delle deformazioni allo SLE;
- verifiche strutturali.

	PROGETTO ESECUTIVO TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000					
RELAZIONE DI CALCOLO PARATIA DEFINITIVA	COMMESSA RS0S	LOTTO 00	CODIFICA E78 CL	DOCUMENTO IF0005003	REV. C	FOGLIO 5 di 65

2 **NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

2.1 **Normativa di riferimento**

La presente relazione è stata redatta in conformità alla seguente normativa:

- Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14-01-08 (NTC-2008);
- Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008;
- DM 6/5/2008 – Integrazione al D.M. 14-01-2008 di approvazione delle nuove Norme tecniche per le costruzioni;
- Specifica RFI del 21/12/11 per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie.

3 MATERIALI IMPIEGATI

3.1 Calcestruzzo

Calcestruzzo per i pali e per il solettone di testa:	C25/30
resistenza cubica a compressione caratteristica:	$R_{ck} = 30 \text{ MPa}$
resistenza cilindrica a compressione caratteristica:	$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
fattore di sicurezza cls:	$\gamma_c / \alpha_{cc} = 1.5 / 0.85 = 1.765$
compressione di calcolo:	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 14.17 \text{ MPa}$
modulo elastico:	$E = 31500 \text{ MPa}$
Magro di fondazione:	C12/15
resistenza cubica a compressione caratteristica:	$R_{ck} = 15 \text{ MPa}$
resistenza cilindrica a compressione caratteristica:	$f_{ck} = 12 \text{ MPa}$
fattore di sicurezza cls:	$\gamma_c / \alpha_{cc} = 1.5 / 0.85 = 1.765$
compressione di calcolo:	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 6.8 \text{ MPa}$
modulo elastico:	$E = 27100 \text{ MPa}$

3.2 Acciaio

Acciaio per c.a. controllato in stabilimento:	B450C
tensione di snervamento caratteristica:	$f_{yk} = 450 \text{ MPa}$
tensione di rottura caratteristica:	$f_{tk} = 540 \text{ MPa}$
fattore di sicurezza acciaio:	$\gamma_s = 1.15$
tensione di calcolo:	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391 \text{ MPa}$
modulo elastico:	$E = 210000 \text{ MPa}$

4 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Al fine di sostenere il rilevato stradale in vicinanza dell'alveo del Vallone Petroso, si prevede l'inserimento di una paratia di pali da realizzare da quota p.c. locale, con solettone sommitale in c.a. da cui parte il paramento in elevazione di un muro in c.a. di spessore 0.70 m.

La paratia è costituita da una doppia fila di pali D=1000 mm ad interasse longitudinale 1.1 m e trasversale 2.0 m, lunghezza 19.5 m.

In condizioni di esercizio, il fondo dell'alveo è a circa 7.0 m di profondità rispetto la testa del muro. Cautelativamente l'opera è dimensionata ipotizzando che in condizioni di esercizio (carichi accidentali + carichi da urto su barriera di sicurezza) a valle non ci sia terreno per 7 m di spessore (quindi si ipotizza scavo massimo 7 m). Inoltre viene ipotizzata anche una condizione di scalzamento massimo di 1.0 m ed in tale ipotesi lo scavo massimo da testa muro è di 8.0 m.

L'analisi sismica non viene considerata concomitante con la condizione di scalzamento massimo e quindi viene svolta con uno scavo a valle di 7 m.

	PROGETTO ESECUTIVO TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000					
RELAZIONE DI CALCOLO PARATIA DEFINITIVA	COMMESSA RS0S	LOTTO 00	CODIFICA E78 CL	DOCUMENTO IF0005003	REV. C	FOGLIO 8 di 65

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Sulla base dei risultati delle indagini e degli elaborati e studi geologici, si perviene ad una caratterizzazione geotecnica dei terreni e quindi alla definizione della stratigrafia e dei parametri geotecnici di progetto. In corrispondenza dell'opera è stato eseguito il sondaggio D35 (vedasi ubicazione planimetrica in figura seguente).

Le unità geotecniche intercettate sono le seguenti:

- **Unità ba – Depositi alluvionali attuali:** l'unità, a comportamento granulare, è costituita da ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolari ad arrotondate, con matrice sabbiosa, sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante e localmente da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi con locali ghiaie. Sono rinvenibili in corrispondenza dell'alveo del Vallone Petroso con spessore massimo stimato intorno ai 2 m circa.
- **Unità bb – Depositi alluvionali recenti:** si tratta di terreni coesivi, costituiti da argille limose e limi argillosi di colore grigie e nocciola, a struttura indistinta o laminata, con locali passaggi sabbioso-limosi, rare ghiaie poligeniche da sub-angolari ad arrotondate e rari clasti calcarei. L'unità è presente al di sotto di uno spessore di coltre vegetale di 0.45 m fino alla profondità di 16.5 m circa.
- **Unità AAC – Argille marnose grigie:** tale unità a comportamento prevalentemente coesivo, è rappresentata da argille limose e argille marnose di colore grigio e grigio-verdastro a struttura scagliosa, con talvolta livelli di sabbie limose grigie, livelli argillitici duri e locali intercalazioni di arenarie medio-fini grigie e giallastre, in strati da sottili a medi.

Si considera la seguente stratigrafia e si adottano i seguenti parametri geotecnici di progetto.

Unità bb – argilla limosa da 0.0 a 16.5 m:

$\gamma = 19.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\phi' = 25^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 5 \text{ kPa}$	coesione drenata
$E' = 15 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico

Unità AAC – argille marnose da 16.5 a 40.0 m:

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\phi' = 25^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 10 \text{ kPa}$	coesione drenata
$c_u = 300\div350 \text{ kPa}$	resistenza al taglio non drenata
$E' = 50 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico

Falda: a profondità di 7.7 m dal p.c. (+125.2 m s.l.m.).

In accordo a quanto riportato nella relazione geotecnica generale, il comportamento dei depositi alluvionali può ritenersi di natura prevalentemente coesiva. In tal caso, si adottano i seguenti parametri geotecnici di progetto.

Unità bb – argilla limosa da 0.0 a 16.5 m:

$\gamma = 19.5 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale

$\varphi' = 20^\circ$ angolo di resistenza al taglio

$c' = 20 \text{ kPa}$ coesione drenata

$c_u = 80 \text{ kPa}$ resistenza al taglio non drenata

$E' = 15 \text{ MPa}$ modulo di deformazione elastico

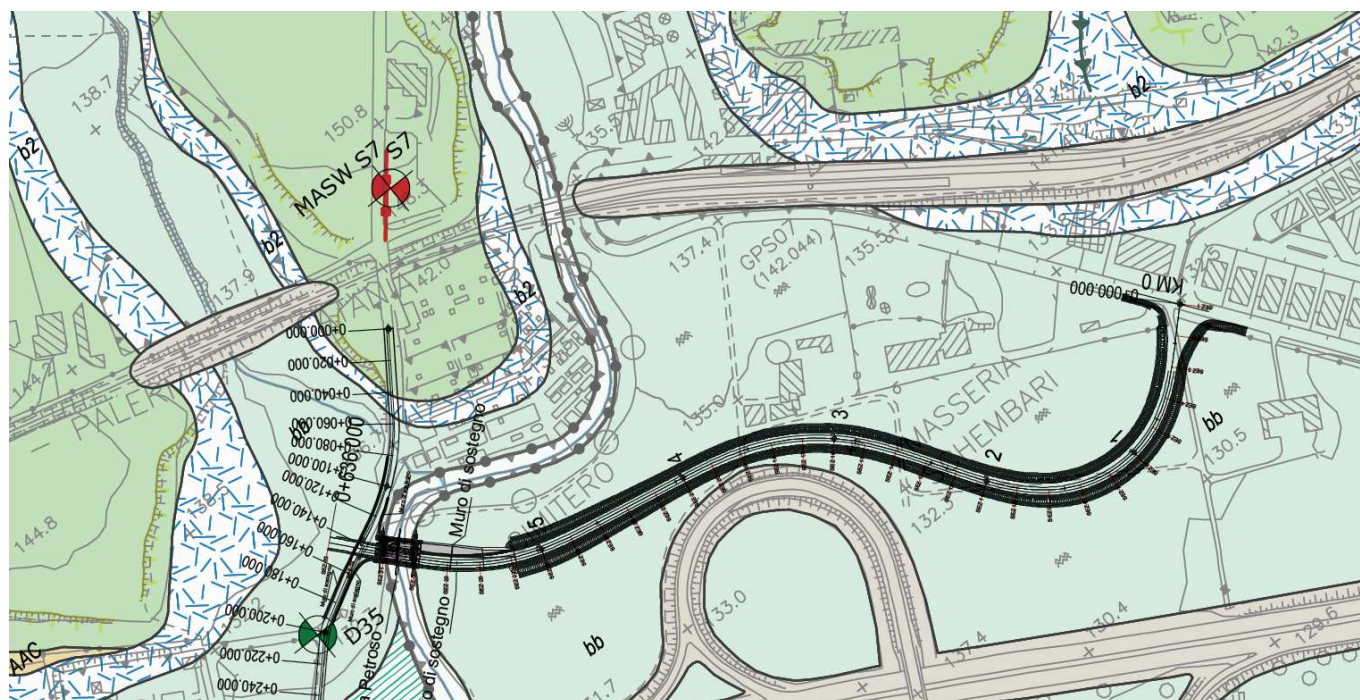


Figura 1 – Stralcio della carta geologica indicante la zona di intervento

6 CLASSIFICAZIONE SISMICA

6.1 Risposta sismica

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

I risultati dello studio di pericolosità sono forniti, in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km) e nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima (a_g), del valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (F_0), del periodo di inizio del tratto costante dello spettro in accelerazione orizzontale (T_{c*});
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno (T_r) ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

Pertanto, per individuare, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche occorre fissare:

- la vita di riferimento (V_R) della costruzione;
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento (P_{VR}) associate a ciascuno degli stati limite considerati.

Infatti, fissata la vita di riferimento (V_R), T_r è esprimibile in funzione di P_{VR} mediante l'espressione:

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

La vita di riferimento è calcolata come:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

dove:

V_N è la vita nominale dell'opera e C_U è la classe d'uso.

Si è posto $V_N=50$ anni e $C_U = 1.5$, sicché $V_R = 75$ anni.

Nota l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido (a_g), l'accelerazione di picco (a_{max}) è valutata sulla base della risposta sismica locale:

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

dove S_S è il coefficiente che comprende l'effetto della amplificazione stratigrafica, S_T è il coefficiente che comprende l'effetto della amplificazione topografica.

La classificazione della categoria di sottosuolo viene eseguita sulla base di misure dirette dei valori di velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità $V_{s,30}$.

Si può ricavare il parametro $V_{s,30}$ mediante la relazione:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

Per la viabilità NI1 in esame si considera una categoria di sottosuolo di tipo C in quanto nei depositi alluvionali recenti su substrato argilloso, le prove sismiche MASW eseguite, hanno condotto ad una categoria di sottosuolo di tipo C, (B si è rinvenuta nei depositi alluvionali terrazzati).

Nel seguito si riportano i parametri e gli spettri dell'azione sismica SLD e SLV nella zona di Catenanuova (EN), caratterizzata dalla massima accelerazione del suolo, per un sottosuolo di categoria C, in condizioni topografiche T1.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☐ Ricerca per coordinate

LONGITUDINE
14,6929

LATITUDINE
37,5709

☒ Ricerca per comune

REGIONE
Sicilia

PROVINCIA
Enna

COMUNE
Catenanuova

Elaborazioni grafiche

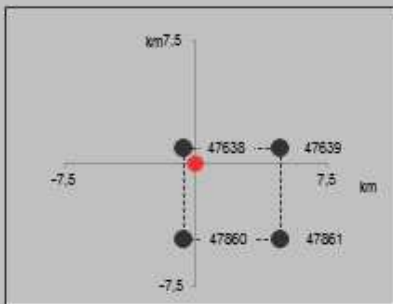
Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

☐ Sito esterno al reticolo

☐ Interpolazione su 3 nodi

☒ Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N

50

info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U

1,5

info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R

75

info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R

info

Stati limite di esercizio - SLE { SLO - $P_{VR} = 81\%$

45

SLD - $P_{VR} = 63\%$

75

Stati limite ultimi - SLU { SLV - $P_{VR} = 10\%$

712

SLC - $P_{VR} = 5\%$

1462

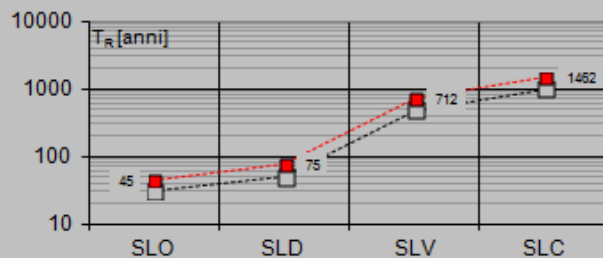
Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

---■--- Strategia scelta

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

Parametri e spettro di progetto SLV:

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_d	0.146 g
$F_{0,1}$	2.524
T_C	0.486 s
S_S	1.479
C_C	1.332
S_T	1.000
q	2.400

Parametri dipendenti

S	1.479
η	0.417
T_B	0.216 s
T_C	0.648 s
T_D	2.183 s

	PROGETTO ESECUTIVO TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000					
RELAZIONE DI CALCOLO PARATIA DEFINITIVA	COMMESSA RS0S	LOTTO 00	CODIFICA E78 CL	DOCUMENTO IF0005003	REV. C	FOGLIO 13 di 65

7 ANALISI OPERA DI SOSTEGNO

7.1 Metodologia di calcolo, legami costitutivi e parametri

7.1.1 Il software di calcolo

Le analisi sono state effettuate per mezzo del software Plaxis v2012, un codice di calcolo agli elementi finiti utilizzabile per eseguire analisi di stabilità e di deformazione nell'ambito di molteplici applicazioni geotecniche e di interazione terreno-struttura. Il programma permette di simulare situazioni reali riconducibili a condizioni di deformazione piane (plain strain) o a condizioni assialsimmetriche (axisymmetric).

Presenta una vasta libreria di legami costitutivi attribuibili ai terreni. Sono disponibili inoltre elementi strutturali di vario tipo che consentono di simulare diaframmi, pali, ancoraggi etc.

Il terreno è generalmente discretizzato tramite elementi triangolari a 15 nodi, disposti a generare una *mesh* di calcolo opportunamente infittita nelle zone di massimo gradiente tensionale.

Le paratie sono simulate tramite l'introduzione di elementi plate basati sulla teoria di Mindlin, caratterizzati da rigidità flessionale (EI) ed assiale (EA). La discontinuità (e dunque il mutuo scorrimento) tra strutture e terreno è modellata tramite opportuni elementi di interfaccia, dotati di uno spessore virtuale e di una resistenza pari ad una frazione di quella del terreno naturale. Il programma consente inoltre di modellare la presenza di tiranti e relativi bulbi di fondazione, permettendo di simulare lo stato tensionale generato nel terreno a causa dell'ancoraggio attivo.

Per le analisi si adotta un approccio in tensioni efficaci, quindi nei problemi che coinvolgono la determinazione delle pressioni neutre, le stesse possono essere generate attraverso l'analisi del moto di filtrazione in regime stazionario; quest'ultimo richiede l'introduzione delle condizioni al contorno per la quota piezometrica e per le condizioni di flusso (superfici impermeabili, punti di emungimento, sorgenti etc.).

7.1.2 Parametri geotecnici e definizione dei legami costitutivi

La legge costitutiva che è stata adottata per caratterizzare il terreno è di tipo elastico-perfettamente plastica, con criterio di rottura alla Mohr Coulomb.

Nella seguente tabella si riportano per, i litotipi di interesse progettuale, i parametri geotecnici di resistenza e di rigidità che ne caratterizzano il comportamento numerico. I parametri adottati sono in buon accordo con la caratterizzazione geotecnica esposta al capitolo 5.

Tabella 1 – Parametri geotecnici dei terreni assunti nelle analisi

Material set	Material set	Material set
Identification number 2	Identification number 3	Identification number 1
Identification bb	Identification AAC	Identification Ra
Material model Mohr-Coulomb	Material model Mohr-Coulomb	Material model Mohr-Coulomb
Drainage type Drained	Drainage type Drained	Drainage type Drained
Colour RGB 237, 119, 80	Colour RGB 237, 186, 104	Colour RGB 158, 190, 111
Stiffness	Stiffness	Stiffness
E kN/m ² 15.00E3	E' kN/m ² 50.00E3	E kN/m ² 35.00E3
v (nu) 0.3000	v' (nu) 0.3000	v (nu) 0.3000
Alternatives	Alternatives	Alternatives
G kN/m ² 5769	G kN/m ² 19.23E3	G kN/m ² 13.46E3
E _{oed} kN/m ² 20.19E3	E _{oed} kN/m ² 67.31E3	E _{oed} kN/m ² 47.12E3
Strength	Strength	Strength
c _{ref} kN/m ² 5.000	c' _{ref} kN/m ² 10.00	c _{ref} kN/m ² 0.000
φ (phi) ° 25.00	φ' (phi) ° 25.00	φ (phi) ° 35.00
ψ (psi) ° 0.000	ψ (psi) ° 0.000	ψ (psi) ° 0.000
Velocities	Velocities	Velocities
V _s m/s 53.87	V _s m/s 97.12	V _s m/s 83.37
V _p m/s 100.8	V _p m/s 181.7	V _p m/s 156.0
Advanced	Advanced	Advanced
Set to default values ☒	Set to default values ☒	Set to default values ☒
Stiffness	Stiffness	Stiffness
E _{inc} kN/m ² /m 0.000	E' _{inc} kN/m ² /m 0.000	E _{inc} kN/m ² /m 0.000
Y _{ref} m 0.000	Y _{ref} m 0.000	Y _{ref} m 0.000
Strength	Strength	Strength
c _{inc} kN/m ² /m 0.000	c' _{inc} kN/m ² /m 0.000	c _{inc} kN/m ² /m 0.000
Y _{ref} m 0.000	Y _{ref} m 0.000	Y _{ref} m 0.000
Tension cut-off ☒	Tension cut-off ☒	Tension cut-off ☒
Tensile strength kN/m ² 0.000	Tensile strength kN/m ² 0.000	Tensile strength kN/m ² 0.000

7.1.3 Elementi strutturali

La paratia di pali è modellata con elementi monodimensionali tipo trave, con legame costitutivo elastico-lineare. Ad essi è attribuita la rigidezza assiale e flessionale propria della fila di pali in c.a. Ø1000 posti ad interasse 1.10 m (modulo di Young $E = 3.15 \cdot 10^7$ KPa, coefficiente di Poisson $\nu = 0.0$, peso specifico $\gamma = 25$ kN/m³). Il valore del coefficiente di Poisson tiene conto dell'interasse dei pali, in quanto le paratie sono elementi non continui in senso longitudinale. Risulta quindi:

$$EA = E \pi D^2 / (4 \cdot i) = 2.247E^{+07} \text{ kN/m};$$

$$EJ = E \pi D^4 / (64 \cdot i) = 1.405 \text{ 247}E^{+06} \text{ kNm}^2/\text{m}$$

L'interazione della paratia con il terreno circostante è regolata da appositi elementi di interfaccia, aventi una resistenza al taglio assegnata pari a 0.75 il valore della resistenza al taglio del terreno naturale, valore sicuramente cautelativo.

Le travi di coronamento in c.a. sono implementate tramite elementi di volume (*cluster*) aventi la reale geometria in sezione e le proprietà del calcestruzzo (modulo di Young $E = 3.15 \cdot 10^7$ KPa, $\nu = 0.18$, $\gamma = 25$ kN/m³).

	PROGETTO ESECUTIVO TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000					
RELAZIONE DI CALCOLO PARATIA DEFINITIVA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS0S	00	E78 CL	IF0005003	C	15 di 65

Il paramento del muro in elevazione viene modellato con elementi monodimensionali tipo trave, con legame costitutivo elastico-lineare. Al paramento è attribuita la rigidezza assiale e flessionale propria (modulo di Young $E = 3.15 \cdot 10^7$ KPa, coefficiente di Poisson $\nu = 0.18$, peso specifico $\gamma = 25$ kN/m³). Risulta quindi:

$$EA = E \cdot B \cdot H = 2.423 \cdot 10^{07} \text{ kN/m};$$

$$EI = E \cdot B \cdot H^3 / 12 = 9.896 \cdot 10^{05} \text{ kNm}^2/\text{m}$$

7.1.4 Carichi

Sul piano stradale è stato applicato il carico accidentale pari a 20 kPa e le azioni accidentali relative all'urto sulla barriera di sicurezza presente in testa al muro. Tale azione, come previsto dalla norma [NTC – 3.6.3.3.2], è pari a 100 kN applicata su una linea lunga 0.5 m, agente 1 m al di sopra del piano di marcia. Al fine di determinare la lunghezza del muro effettivamente collaborante nei confronti di tale azione, si considera una ripartizione della forza nel paramento verticale e nella fondazione secondo un angolo di 45°. Quindi nel caso in esame, avendo un paramento di altezza pari a 1.8 m si ottiene una lunghezza effettivamente collaborante di 3.6m e quindi le azioni di urto per la striscia di muro larga un metro sono a quota testa muro:

$$F = 100 / 3.6 = 27.8 \text{ kN}$$

$$M = F \cdot 1 = 27.8 \text{ kNm}$$

In condizioni sismiche il carico accidentale stradale vale $q_{acc} = 0.2 \cdot 20 = 4$ kPa.

7.1.5 Stabilità globale

La determinazione del coefficiente di sicurezza avviene mediante un algoritmo iterativo ($\phi' - c'$ reduction method, Dawson, Roth and Drescher, 1999) che, sulla base dei dati di partenza (c' e $\tan \phi'$), determina successive condizioni di equilibrio del sistema eseguendo, ad ogni ciclo, una progressiva riduzione delle resistenze fino al raggiungimento del collasso (condizione di non equilibrio del sistema):

$$c'_{prova} = c' / FS_{prova}$$

$$\phi'_{prova} = \arctan (\tan \phi' / FS_{prova})$$

In Figura 2 la progressiva riduzione delle resistenze è rappresentata nel piano di Mohr-Coulomb per il singolo elemento di terreno. Si osserva che i parametri di deformabilità non influenzano in maniera apprezzabile i risultati del calcolo e, pertanto, possono essere considerati senza particolari affinamenti.

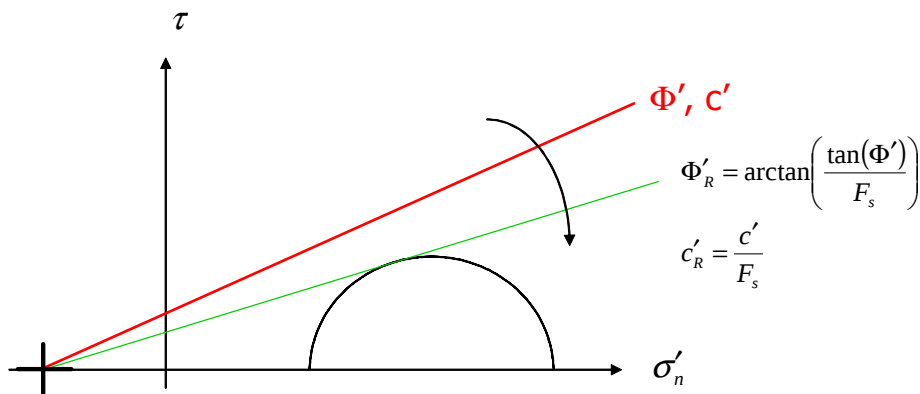


Figura 2 – Phi-c reduction method

Rispetto ai classici metodi dell'equilibrio limite presenta numerosi vantaggi (e.g. Dawson and Roth, 1999, and Cala and Flisiak, 2001):

- le superfici di rottura si propagano in maniera “naturale”; quindi non occorre specificare preventivamente i cinematismi e le potenziali superfici di rottura su cui ricercare il coefficiente di sicurezza minimo;
- non richiede la definizione di ipotesi di calcolo “artificiali” (es. ipotesi sulle forze di interfaccia);
- la metodologia non implica limitazioni sulla forma e la modalità di propagazione delle potenziali superfici di rottura (anche multiple e/o con propagazioni complesse delle zone di snervamento) in funzione delle esigenze del sistema;
- l'interazione con eventuali elementi strutturali vengono modellate in maniera realistica con una mobilitazione delle resistenze in funzione della deformazione relativa rispetto al terreno circostante e non semplicemente mediante forze equivalenti;
- la soluzione converge in un meccanismo che è cinematicamente ammissibile (si noti che i metodi classici dell'equilibrio limite prescindono dalla valutazione degli spostamenti e non richiedono pertanto la conoscenza dei legami tensioni-deformazioni ma del solo criterio di resistenza dei terreni interessati).

Tale analisi di stabilità è svolta a partire dalla configurazione di progetto maggiormente cautelativa che risulta essere la fase di raggiungimento della massima profondità di scavo (condizione di scalzamento: $H = 8.0$ m), ed è poi ripetuta in seguito all'applicazione dell'azione sismica.

Tale analisi equivalgono alla verifica SLU (GEO) prevista dalla normativa vigente, combinazione 2 (A2+M2+R2), in base alla quale la stabilità geotecnica deve essere verificata con i parametri di resistenza del terreno ridotti tramite i coefficienti parziali del gruppo M2 ($\gamma_M = 1.25$ sia per la coesione sia per la resistenza al taglio, $\gamma_R = 1.1$).

Pertanto, per verificare le verifiche di stabilità geotecnica richieste dalla normativa occorre avere $FS > 1.25 \cdot 1.1 = 1.375$.

7.2 Discretizzazione di calcolo

Di seguito si riportano le discretizzazioni relative alle sezioni di calcolo analizzate. La mesh è costituita da elementi finiti triangolari a 15 nodi, quindi con funzioni di forma del 4° grado, con 12 punti di integrazione numerica interni per ogni elemento. Le dimensioni della mesh, in relazione alle dimensioni degli scavi, sono sufficienti a garantire che i risultati delle analisi siano indipendenti dalla particolare discretizzazione adottata e sono tali da permettere di vincolare il lato inferiore della mesh bloccando gli spostamenti verticali ed orizzontali ed i lati sinistro e destro bloccando gli spostamenti orizzontali.

Nelle seguenti immagini si riporta la discretizzazione di calcolo adottata, in cui è evidenziata la successione stratigrafica.

Per la sezione di calcolo, il dominio discretizzato ha una larghezza di 80 m e un'altezza di 40 m circa, ed è costituito da circa 1500 elementi triangolari.

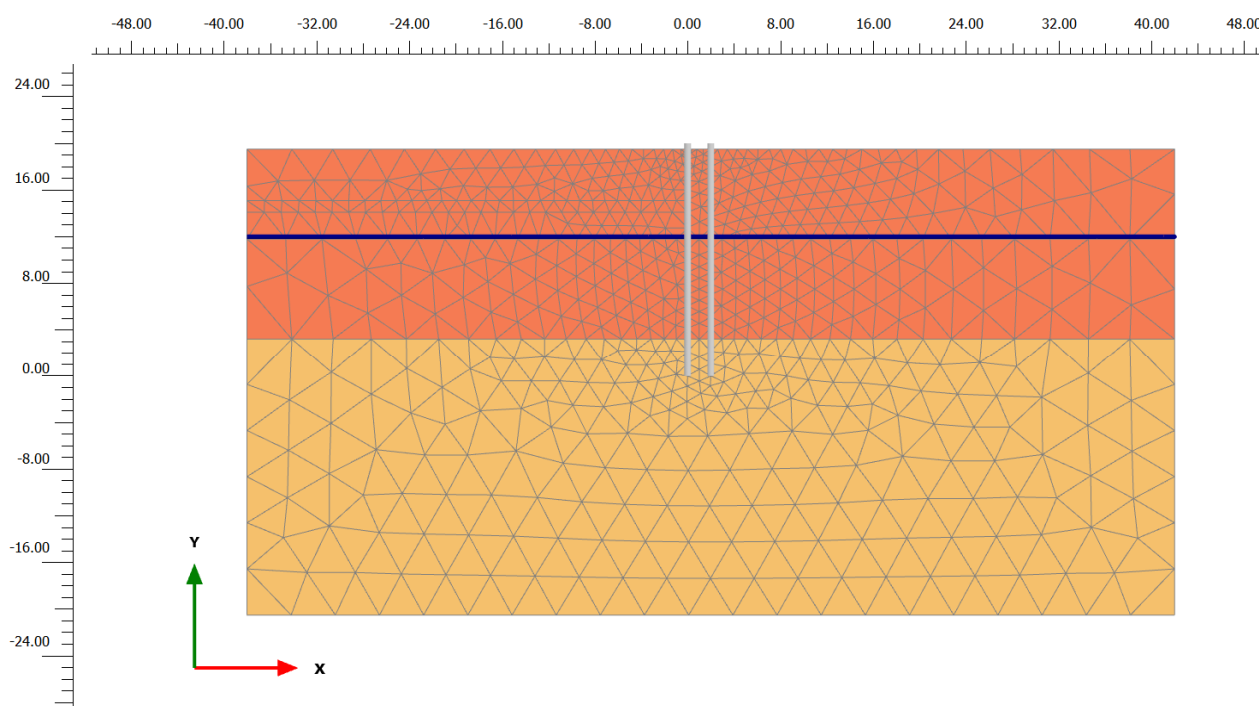


Figura 3 – Discretizzazione del modello di calcolo

	PROGETTO ESECUTIVO TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000					
RELAZIONE DI CALCOLO PARATIA DEFINITIVA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS0S	00	E78 CL	IF0005003	C	18 di 65

7.3 Fasi di calcolo

Nel seguito si illustrano le fasi di calcolo mostrando la configurazione geometrica del modello per le principali fasi dell'analisi. I risultati delle analisi saranno riportati nel capitolo successivo.

Fase 1. Inizializzazione geostatica con presenza della falda di riferimento a 7.70 m dal p.c. locale.

Fase 2. Esecuzione della paratia di pali.

Fase 3. Esecuzione della soletta in c.a., del muro in elevazione, del rilevato stradale in ampliamento e scavo a valle fino a livello alveo (altezza di scavo di 7 m da testa muro) + attivazione dei carichi accidentali e da urto.

Fase 4. Scavo lato valle fino a 8.0 m da testa muro con livello falda a fondo scavo e quindi simulazione dello scalzamento.

Fase 5. Analisi di stabilità in condizioni statiche (a partire dalla Fase 4.).

Fase 6. Applicazione dell'azione sismica pseudo-statica equivalente con configurazione senza scalzamento (quindi a partire dalla Fase 3.).

Fase 7. Analisi di stabilità in condizioni sismiche (a partire dalla Fase 6.).

La fase di scavo massimo e la configurazione finale caratteristica sono rappresentate nelle seguenti immagini.

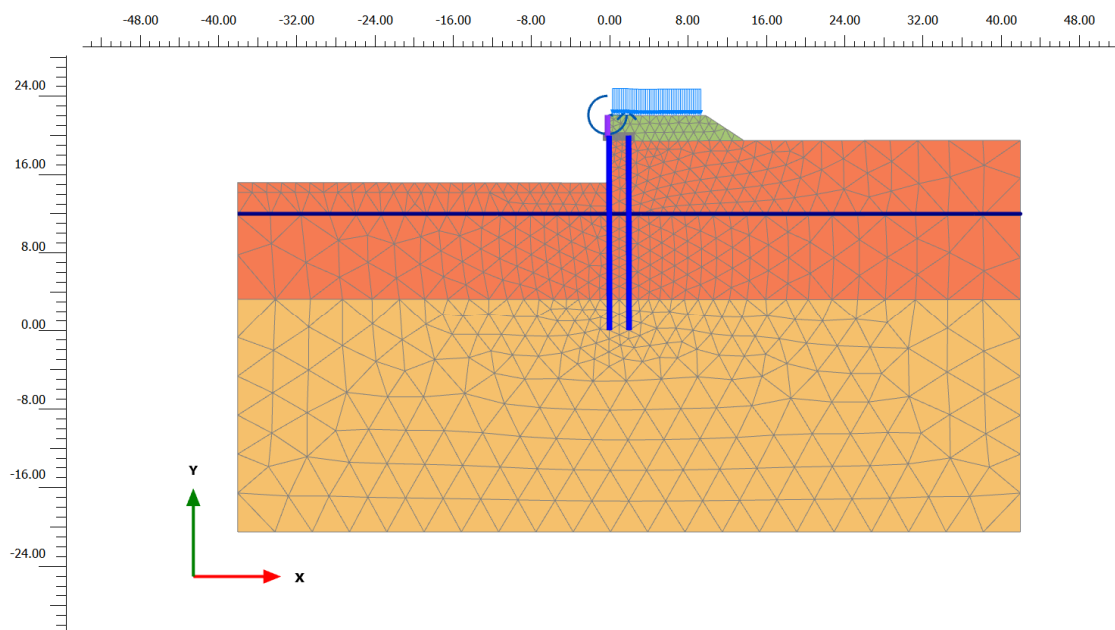


Figura 4 – Configurazione statica senza scalzamento

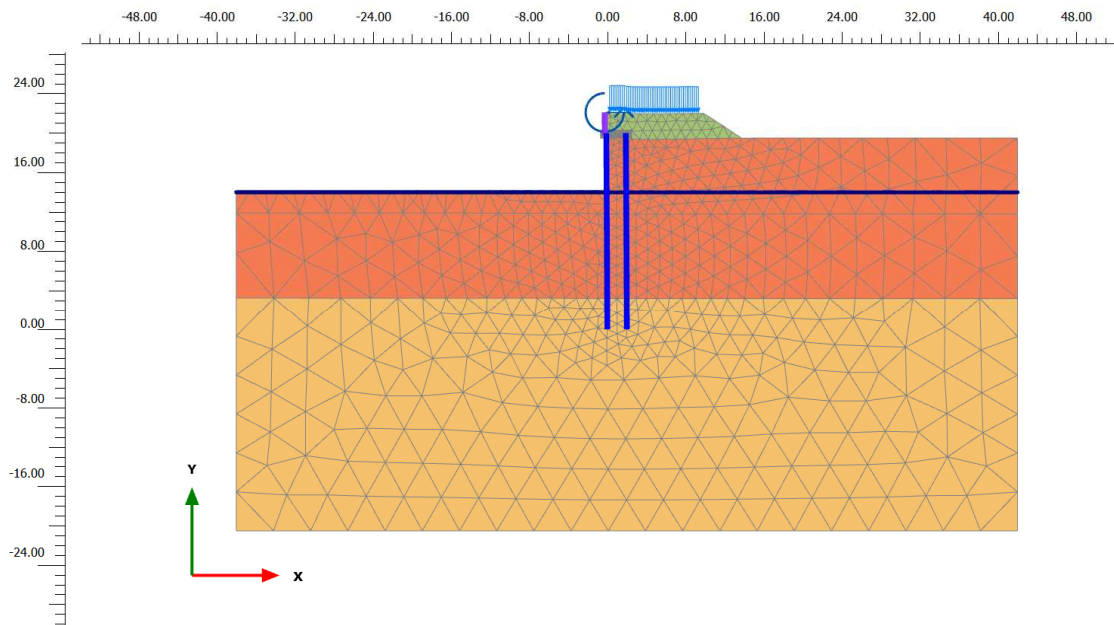


Figura 5 – Configurazione statica con scalzamento

7.4 Principali risultati di calcolo

7.4.1 Spostamenti

Gli spostamenti delle opere e del terreno circostante sono evidenziati nelle seguenti immagini. Lo spostamento massimo a testa opera di sostegno è di circa 5 cm nella configurazione statica senza scalzamento (Figura 7). Gli spostamenti massimi sono compatibili con la funzionalità delle opere.

La seguente immagine evidenzia i cunei di spinta e di resistenza passiva originati dallo scavo.

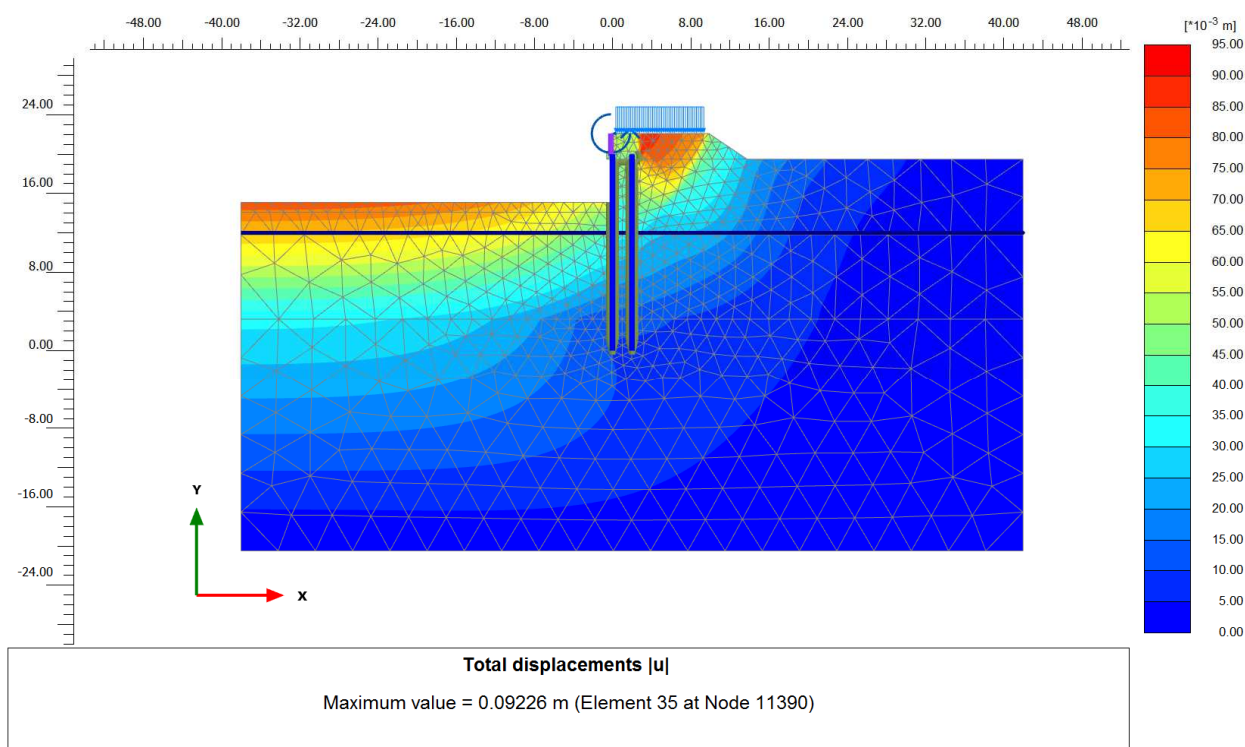


Figura 6 – Campo di spostamenti per la configurazione statica senza scalzamento

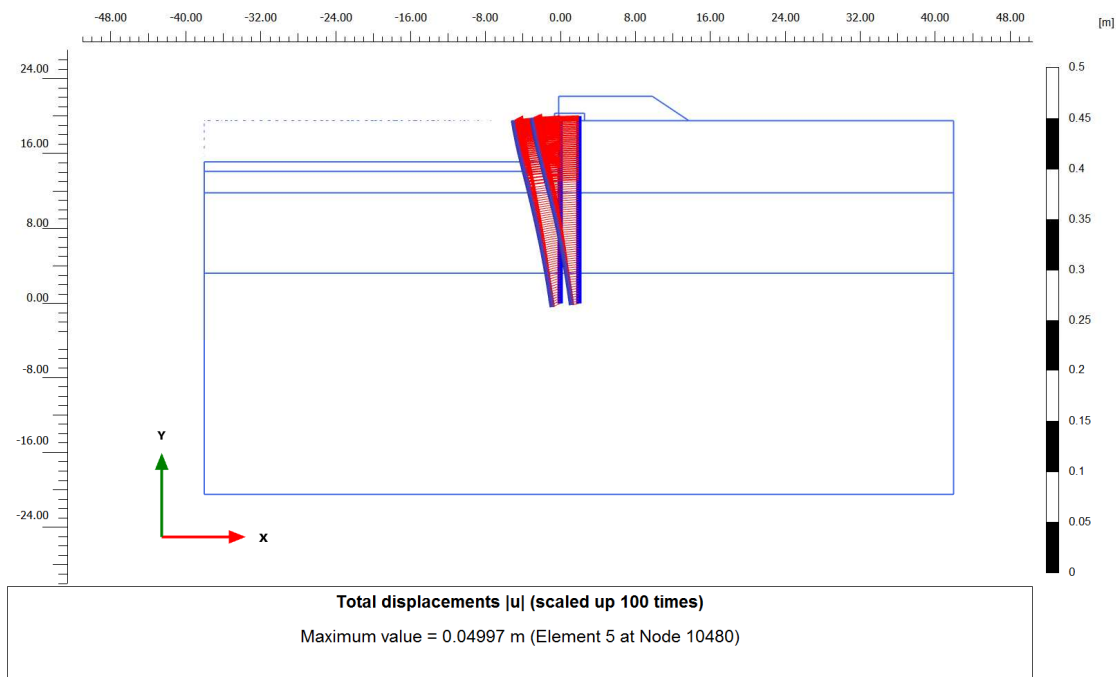


Figura 7 – Spostamenti della paratia per la configurazione statica senza scalzamento

7.4.2 Sollecitazioni strutturali

Nelle seguenti tabelle si riportano le azioni interne più rappresentative degli elementi strutturali.

Le azioni interne sono fornite già moltiplicate per i relativi interassi.

Si identificano i seguenti stati limite di progetto, utili per le verifiche delle sezioni:

- SLE QP: Stato Limite di Esercizio nella combinazione Quasi Permanente, relativa alla Fase 3. e Fase 4. di calcolo;
- SLU: Stato Limite Ultimo, dato dall'involuppo di tutte le fasi di calcolo in condizioni statiche, amplificate per 1.40;
- SLV: Stato Limite di salvaguardia della Vita, relativa alla Fase 6. di calcolo.

Le azioni interne assiali sono negative se di trazione e positive se di compressione, mentre i momenti e i tagli sono forniti in valore assoluto.

Tabella 2 – Azioni interne pali

Combinazione di verifica	Pali i=1.1 m - fila lato alveo			Pali i=1.1 m - fila lato monte		
	N [kN]	M _{max} [kNm]	T _{max} [kN]	N [kN]	M _{max} [kNm]	T _{max} [kN]
SLE QP – senza scalz.	561.2	330.1	118.9	-279.8	390.4	68.79
SLE QP – con scalz.	617.3	384.8	149.5	-327.8	478.4	94.85
SLU – senza scalz.	785.68	462.14	166.49	-391.72	546.56	96.30
SLU – con scalz.	864.22	538.72	209.3	-458.92	669.76	132.79
SLV	632.3	430.8	147	-395.2	448.4	79.6

Tabella 3 – Azioni interne muro

Combinazione di verifica	N [kN]	M _{max} [kNm]	T _{max} [kN]
SLE QP	44.10	87.43	43.21
SLU	61.74	122.4	60.49
SLV	68.48	87.84	41.34

Tabella 4 – Azioni cordolo

Combinazione di verifica	N [kN]	M _{max} cordolo [kNm]	T [kN]
SLE QP – senza scalz.	68.79	503.64	279.8
SLE QP – con scalz.	94.85	590.04	327.8
SLU – senza scalz.	96.30	705.096	391.72
SLU – con scalz.	132.79	826.056	458.92
SLV	79.6	711.36	395.2

Pali lato alveo

- SLE QP senza scalzamento

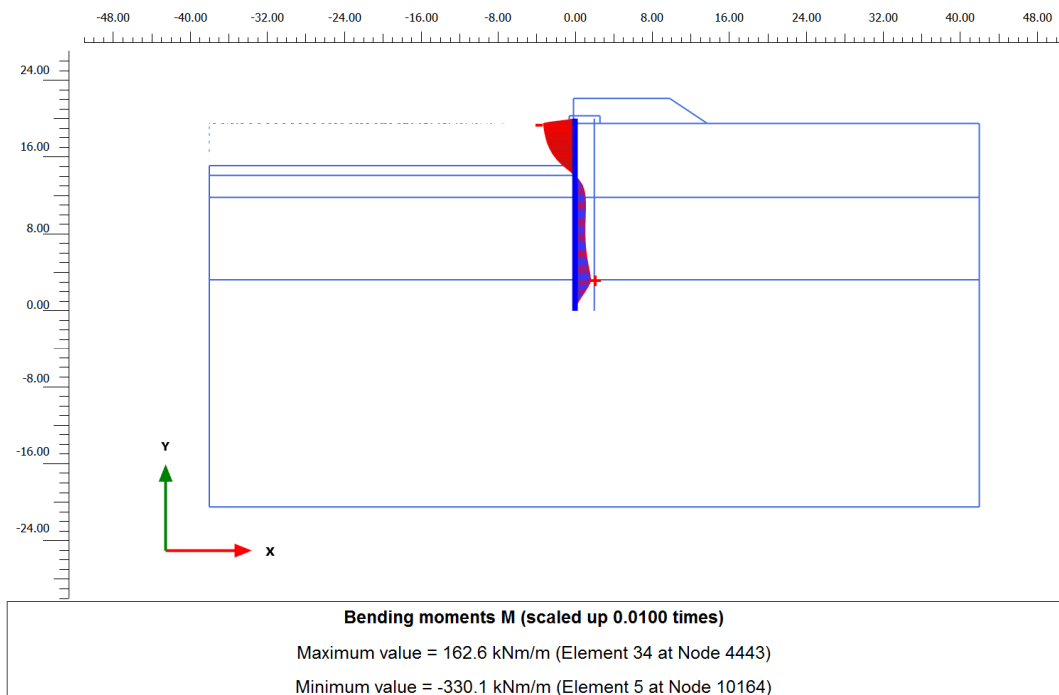


Figura 8 – Pali lato alveo – SLE QP senza scalzamento. Momento flettente)

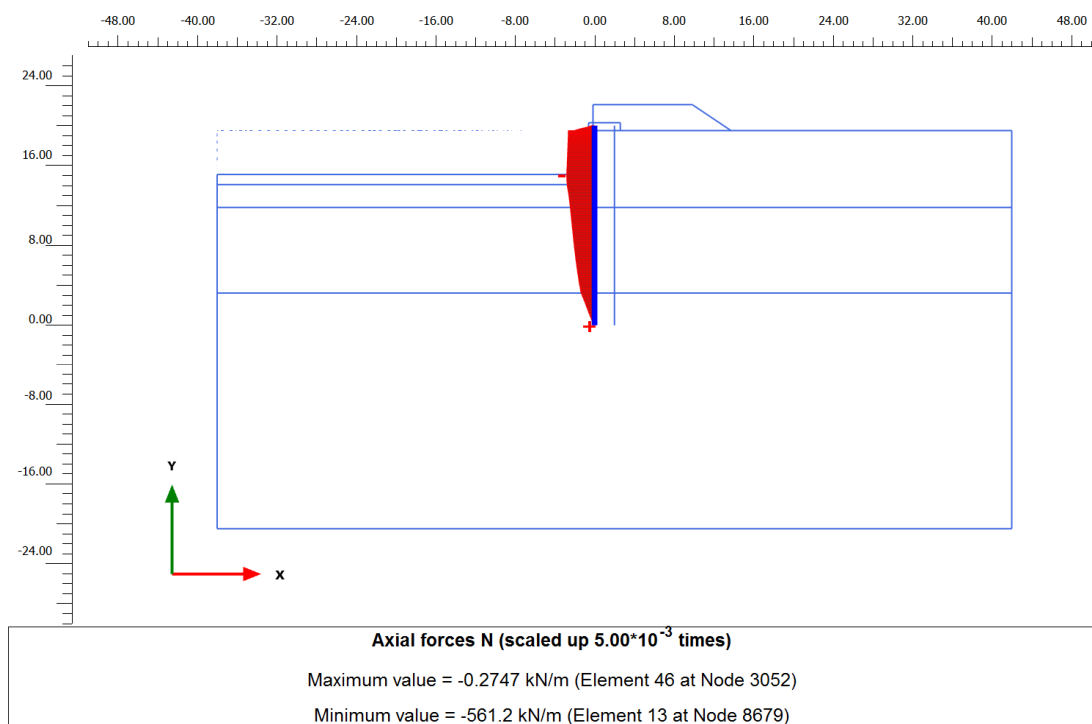


Figura 9 – Pali lato alveo – SLE QP senza scalzamento. Azione assiale

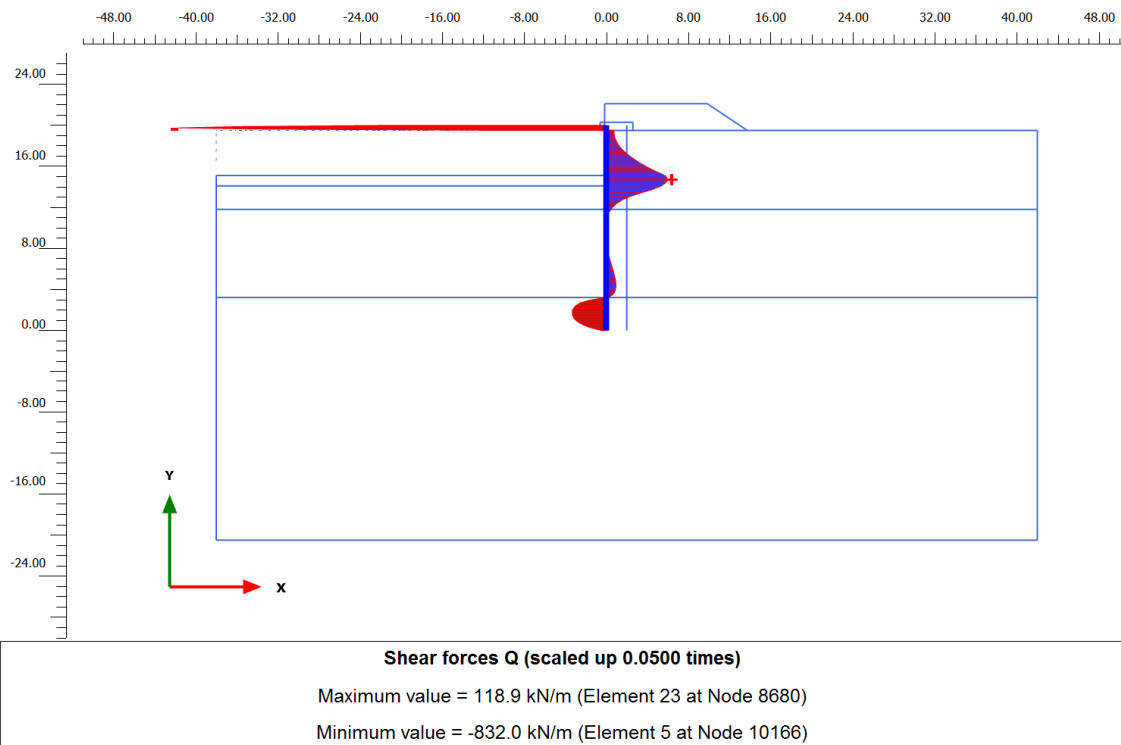


Figura 10 – Pali lato alveo – SLE QP senza scalzamento Taglio

- SLE QP con scalzamento

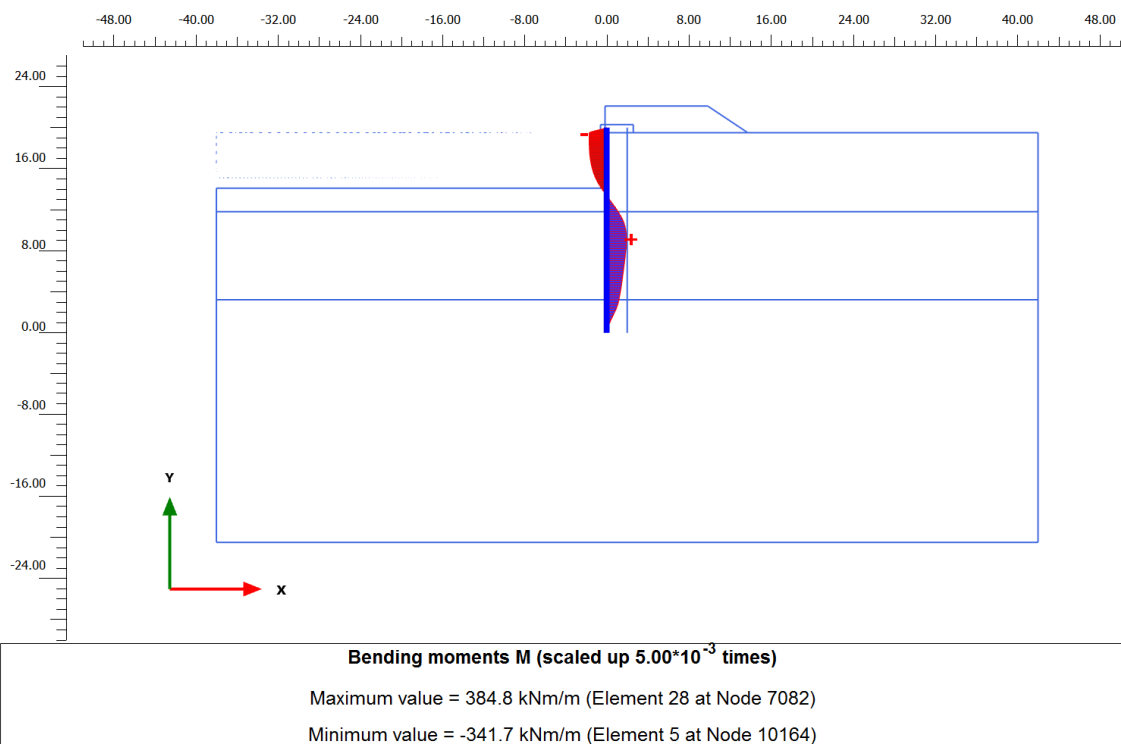


Figura 11 – Pali lato alveo – SLE QP. Momento flettente

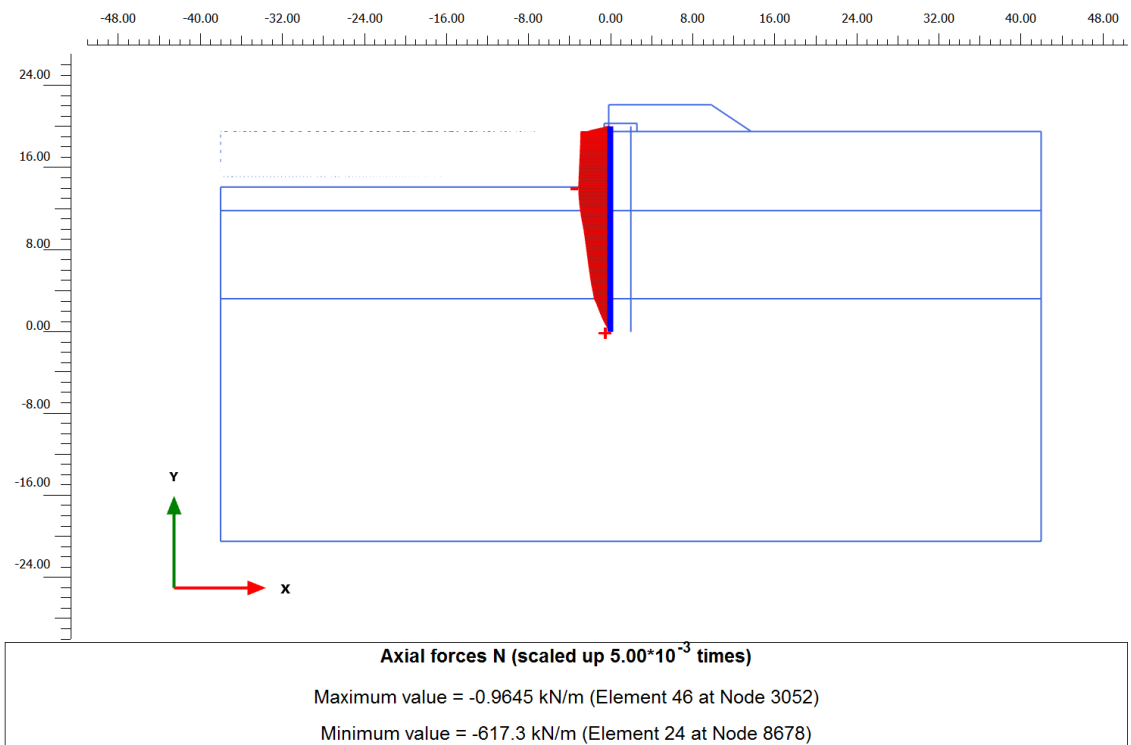


Figura 12 – Pali lato alveo – SLE QP. Azione assiale

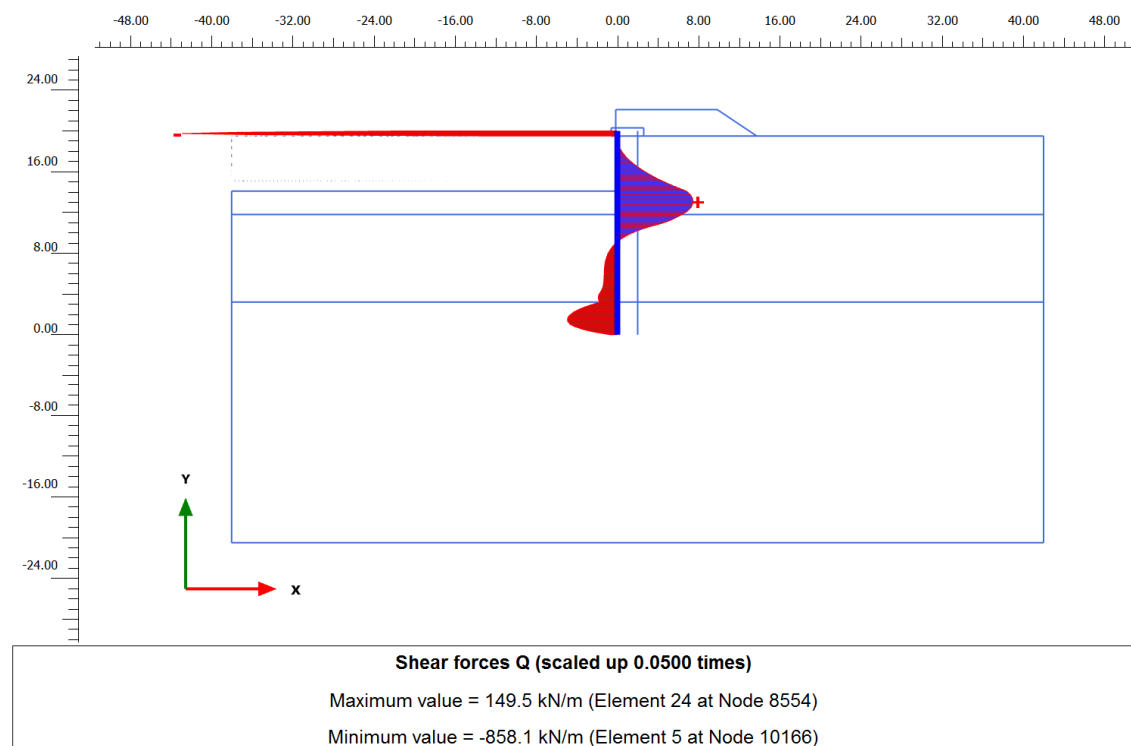


Figura 13 – Pali lato alveo – SLE QP. Taglio

- SLV senza scalzamento

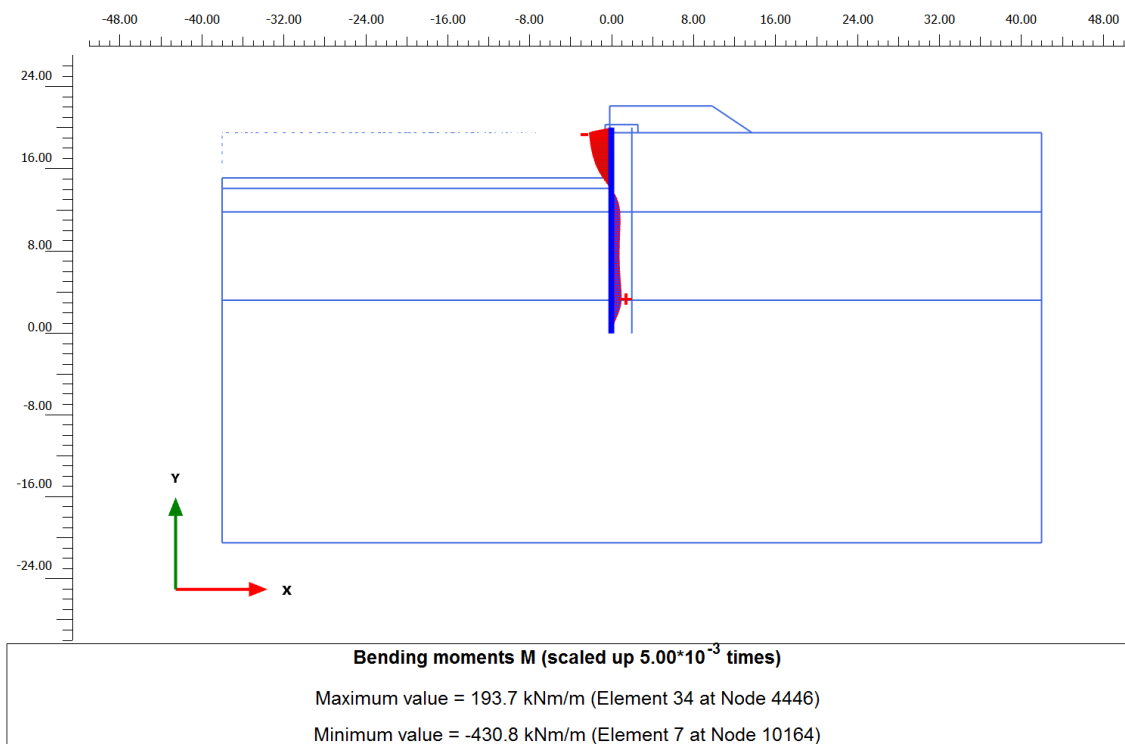


Figura 14 – Pali lato alveo – SLV senza scalzamento. Momento flettente

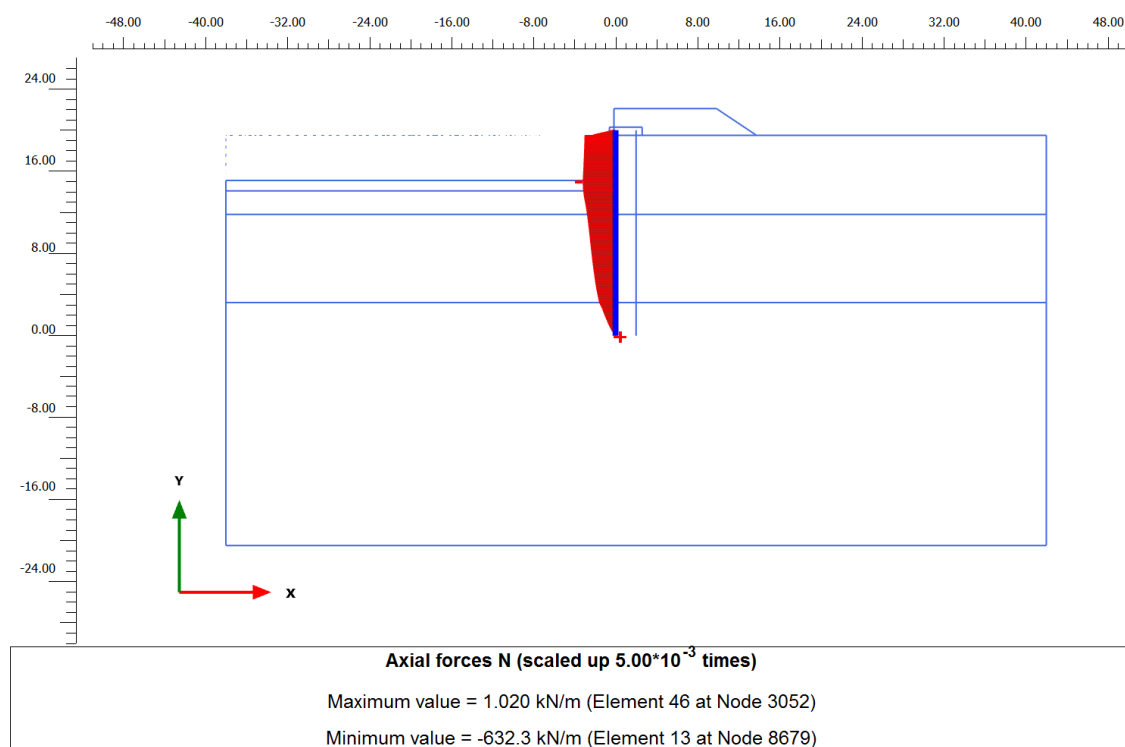


Figura 15 – Pali lato alveo – SLV senza scalzamento Azione assiale

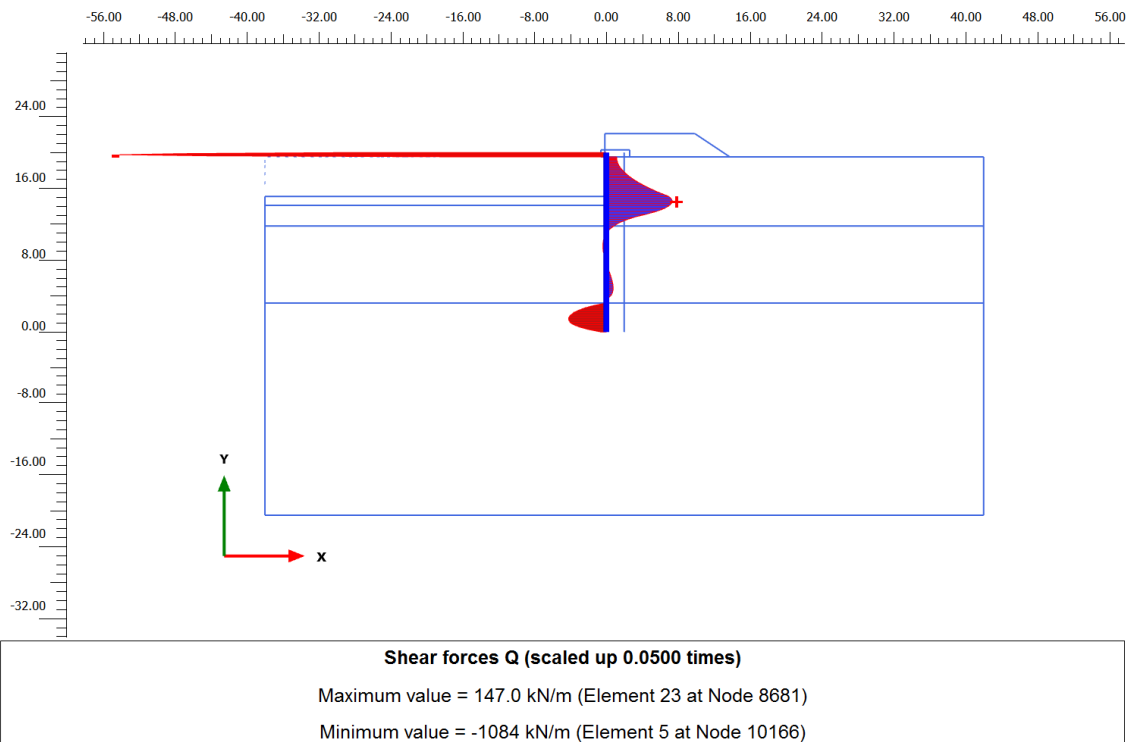


Figura 16 – Pali lato alveo – SLV senza scalzamento Taglio

Pali lato monte

- SLE QP senza scalzamento

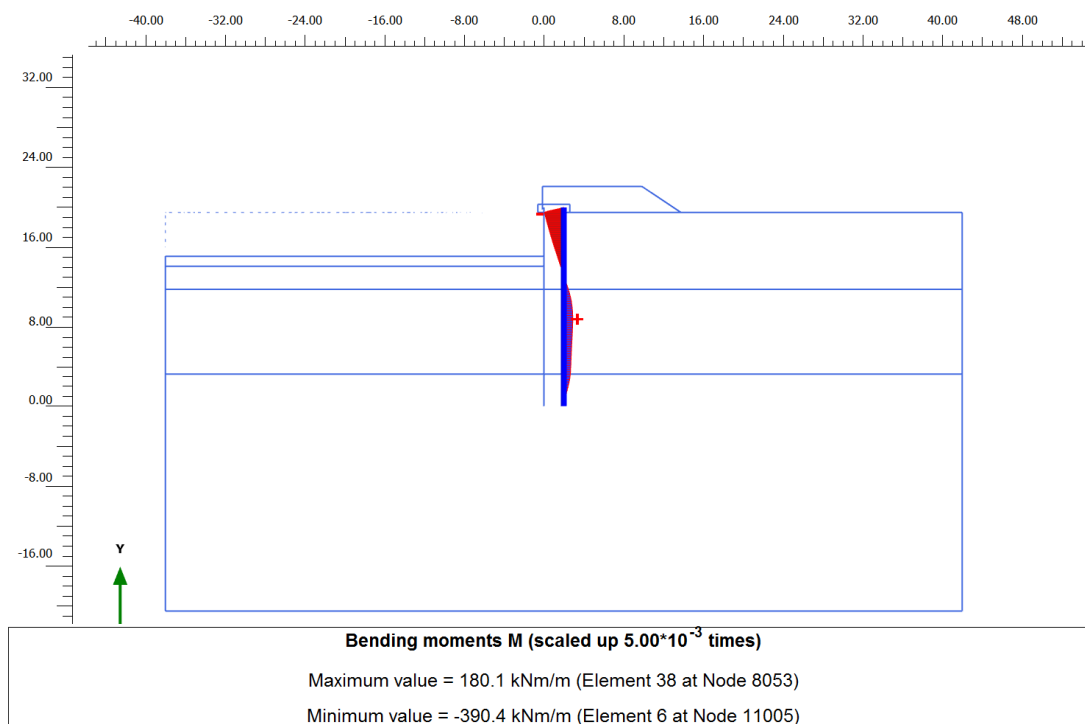


Figura 17 – Pali lato monte – SLE QP senza scalzamento. Momento flettente

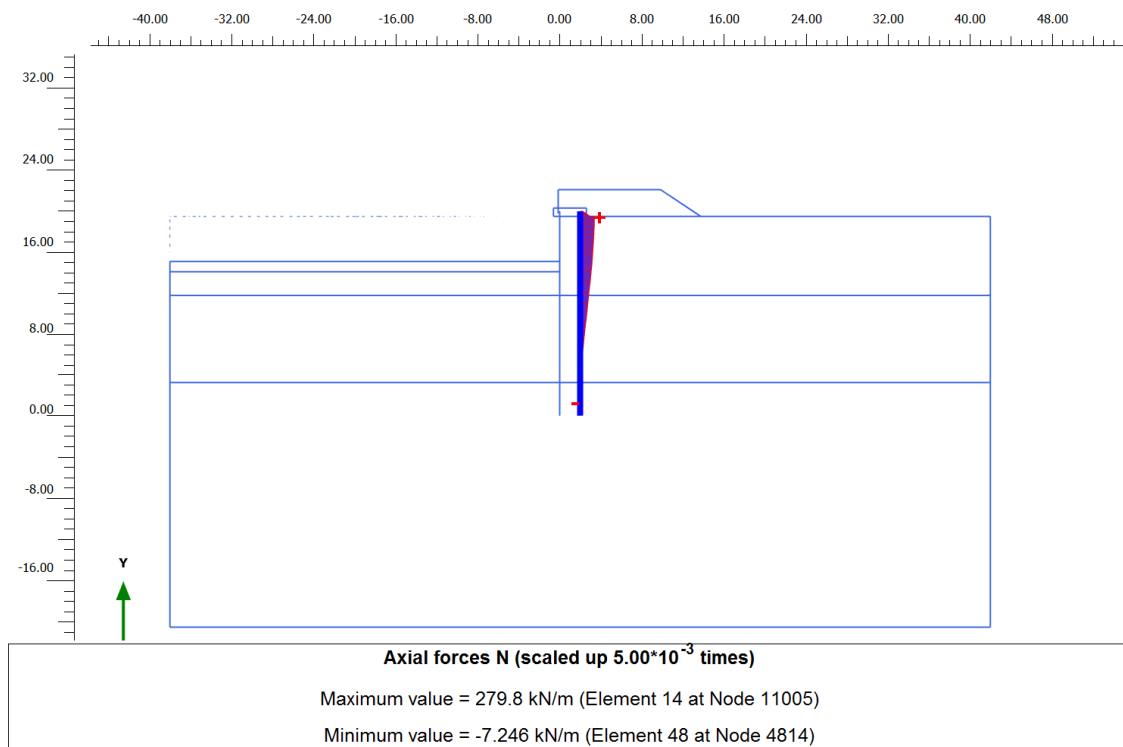


Figura 18 – Pali lato monte – SLE QP senza scalzamento. Azione assiale

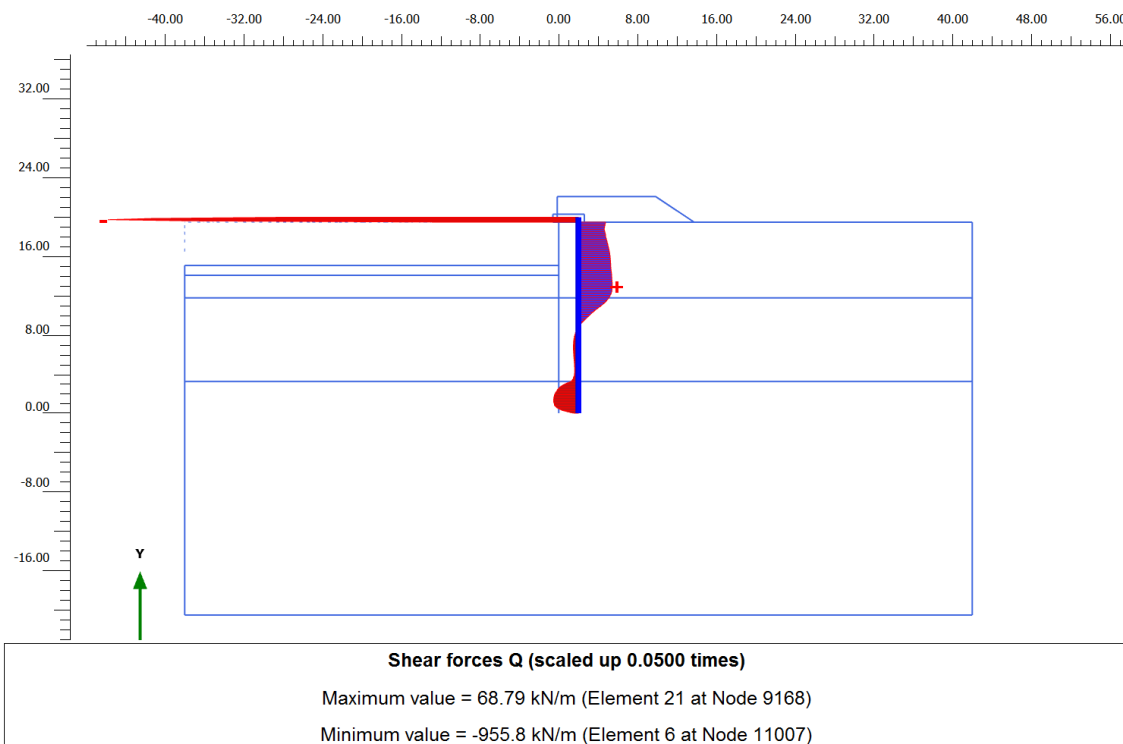


Figura 19 – Pali lato monte – SLE QP senza scalzamento Taglio

- SLE QP con scalzamento

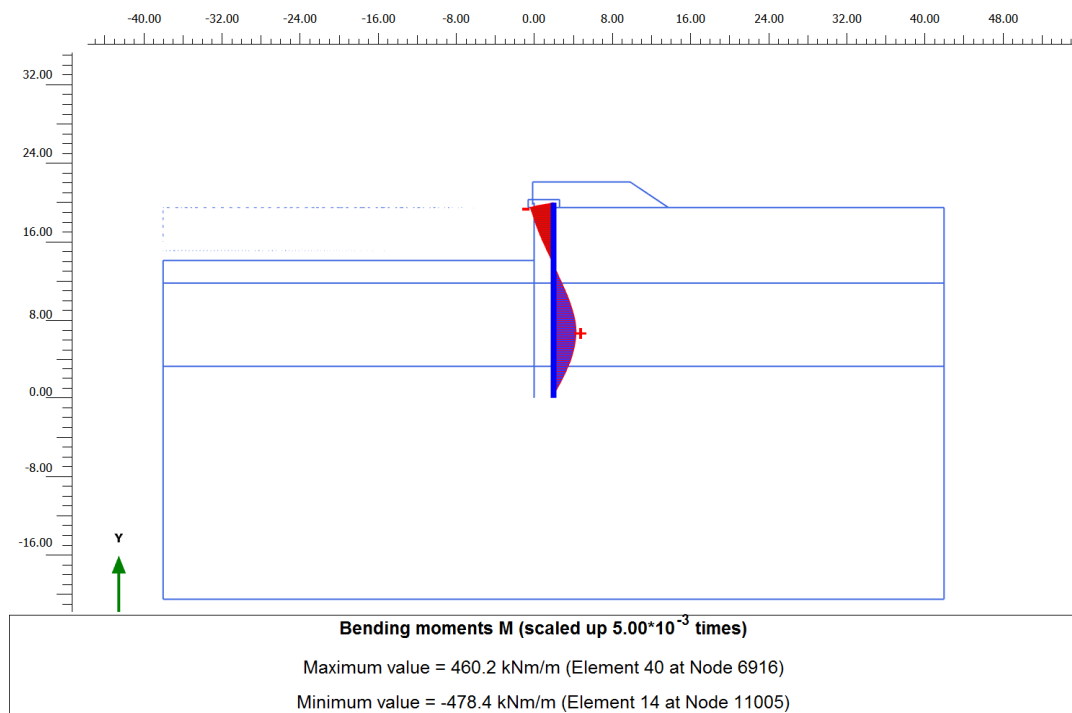


Figura 20 – Pali lato monte – SLE QP. Momento flettente

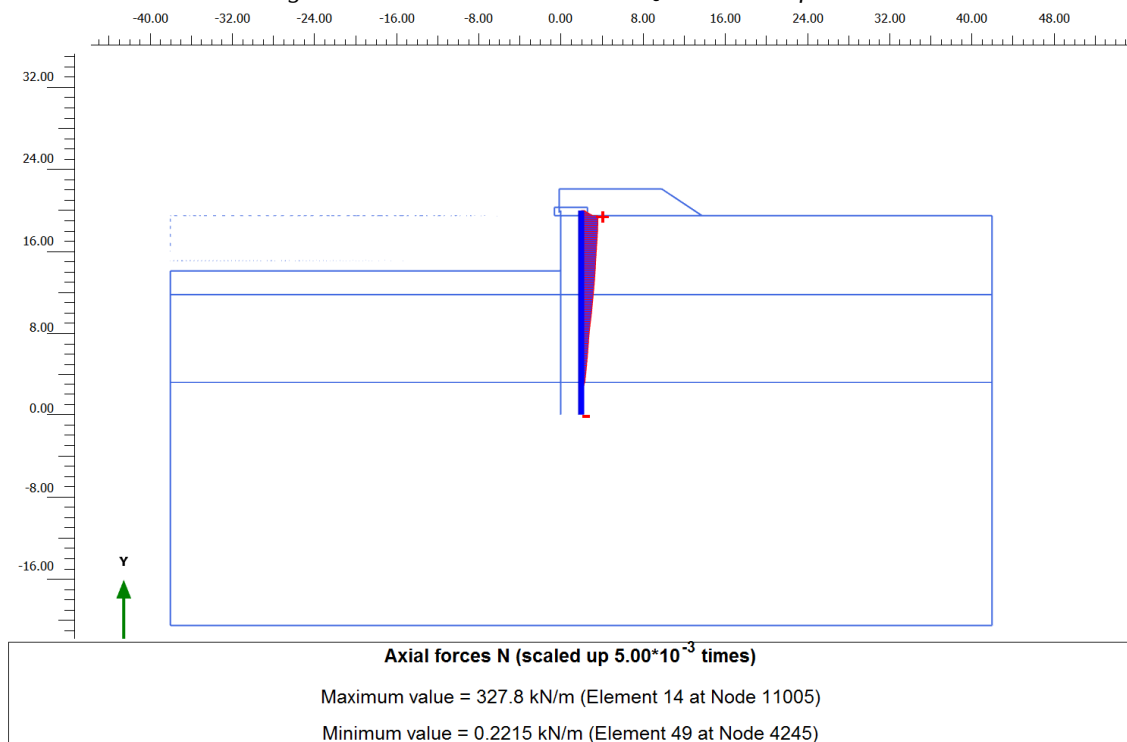


Figura 21 – Pali lato monte – SLE QP. Azione assiale

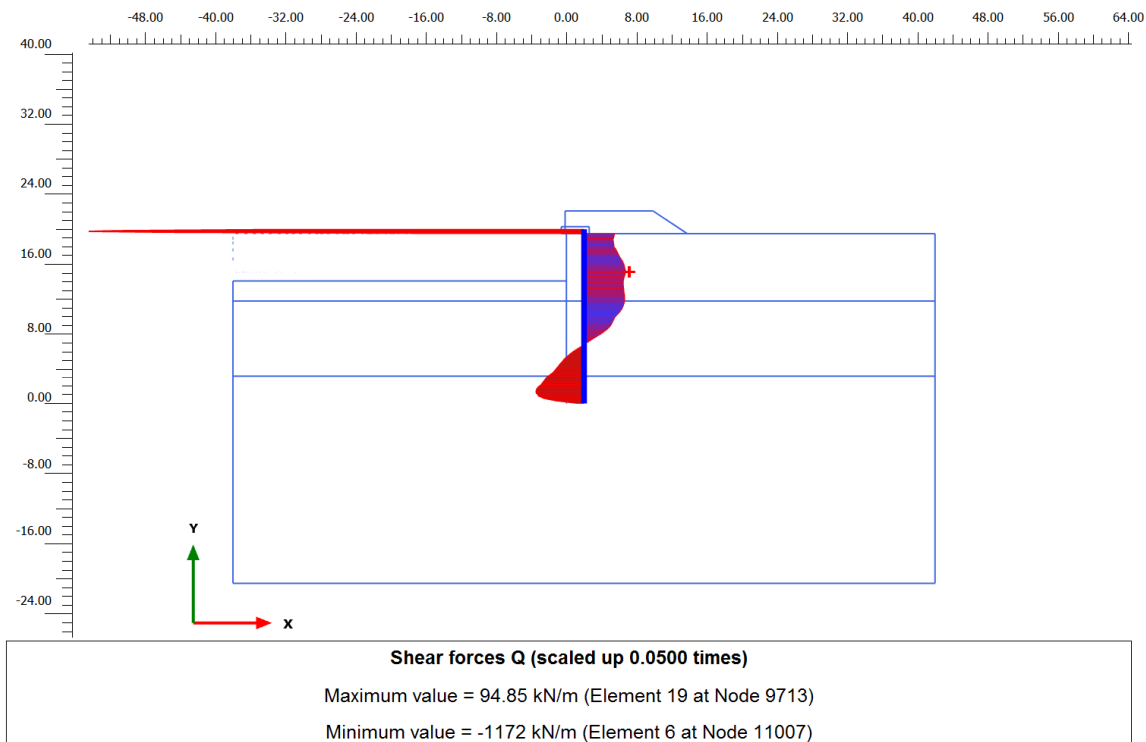


Figura 22 – Pali lato monte – SLE QP. Taglio

- SLV senza scalzamento

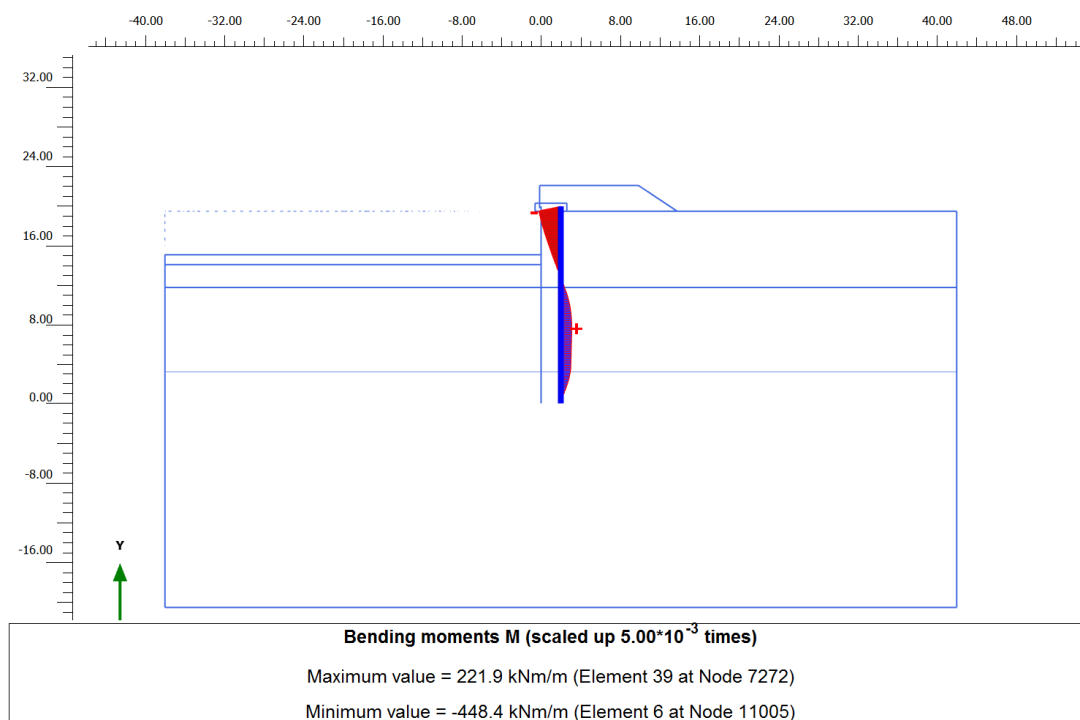


Figura 23 – Pali lato monte – SLV senza scalzamento. Momento flettente

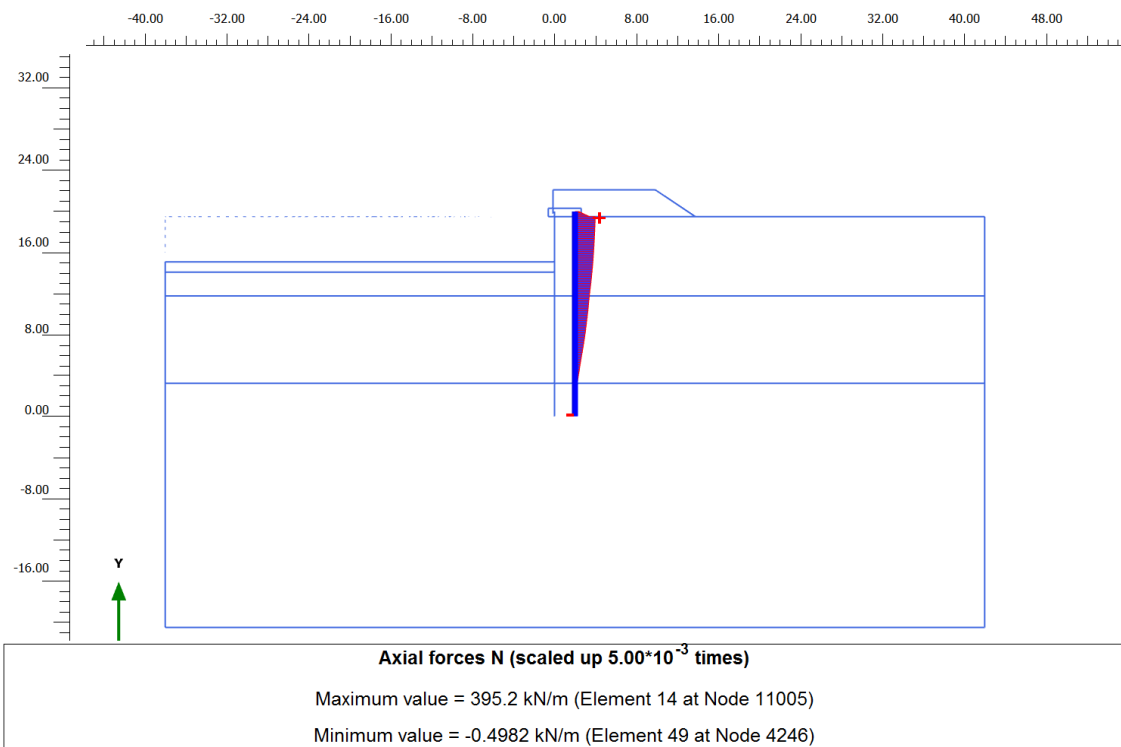


Figura 24 – Pali lato monte – SLV senza scalzamento. Azione assiale

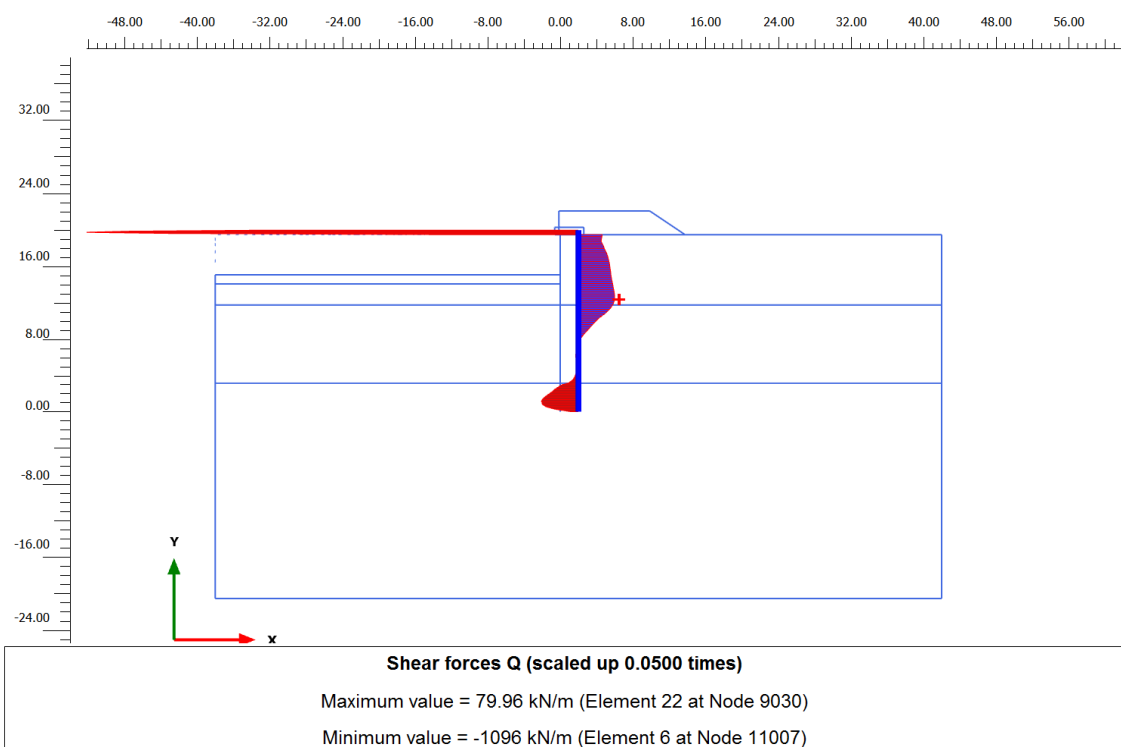


Figura 25 – Pali lato monte – SLV senza scalzamento Taglio

7.5 Stabilità globale

Nelle seguenti immagini si espongono nell'ordine, il campo di spostamenti in condizioni statiche con scalzamento (Fase 5.) e sismiche (Fase 7.), e il diagramma dell'incremento del fattore di sicurezza con lo spostamento totale di un punto di controllo. Il fattore di sicurezza alla stabilità globale imposto dalla normativa è maggiore di 1.3, per cui la verifica risulta soddisfatta.

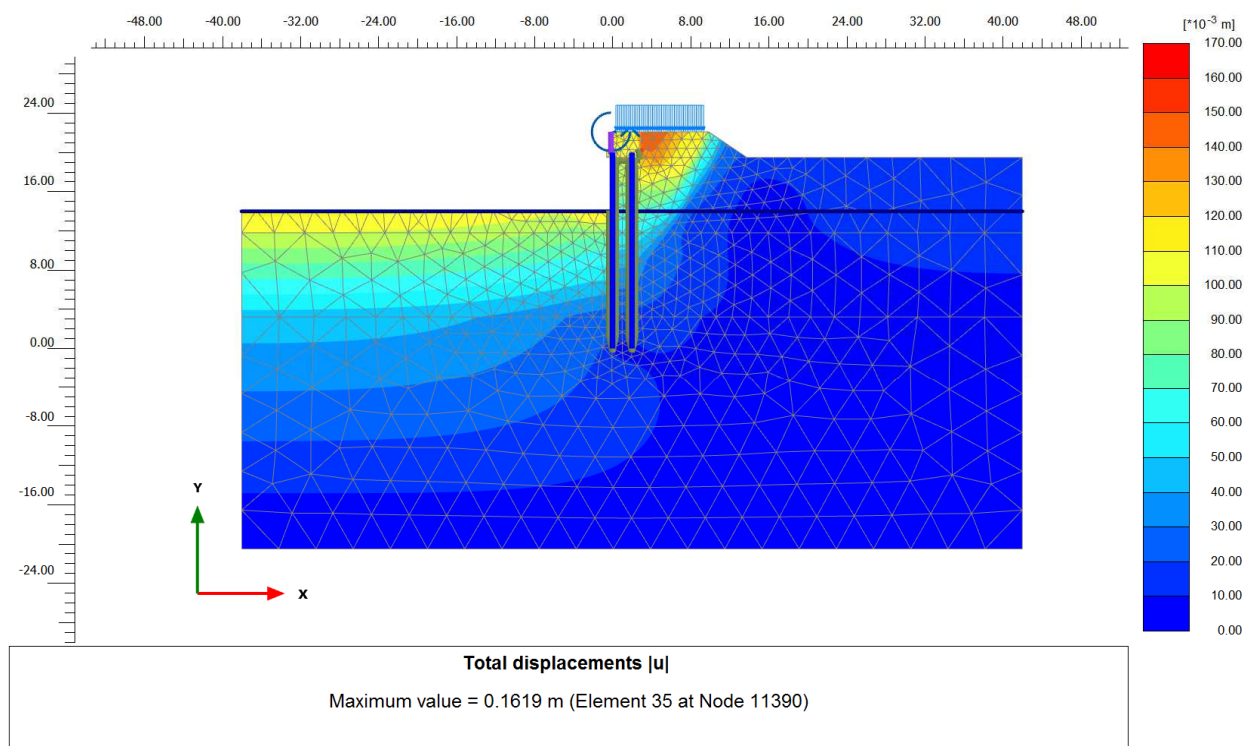


Figura 26 – Analisi in condizioni statiche con scalzamento. Spostamenti totali

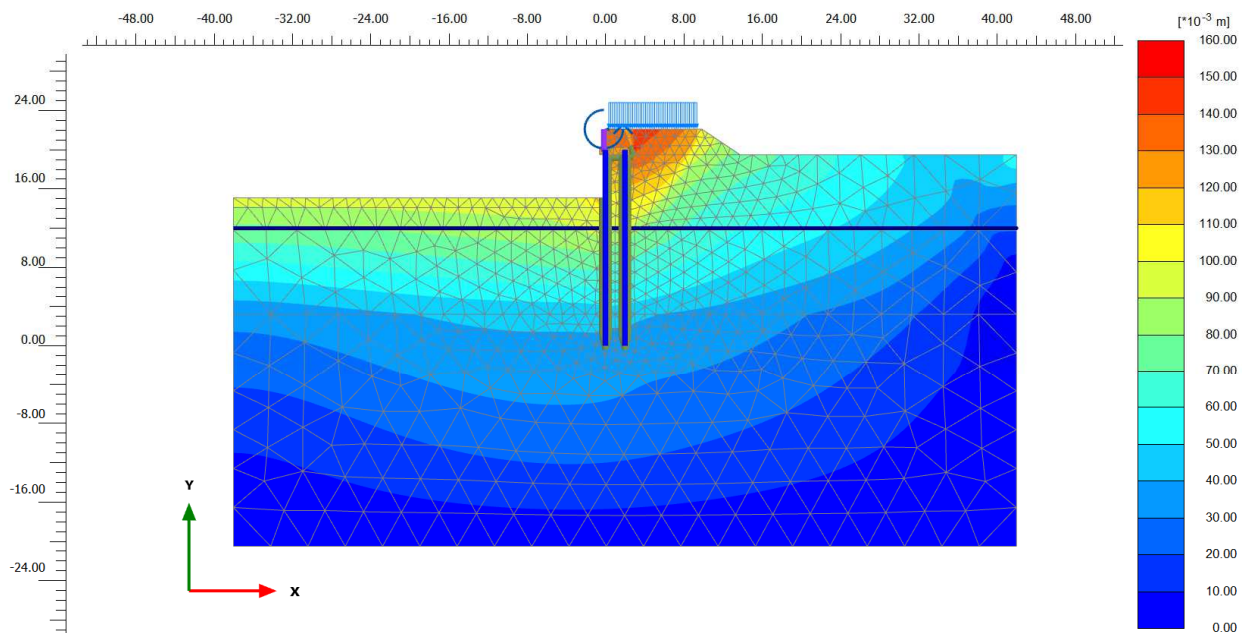


Figura 27 – Analisi in condizioni sismiche senza scalzamento. Spostamenti totali

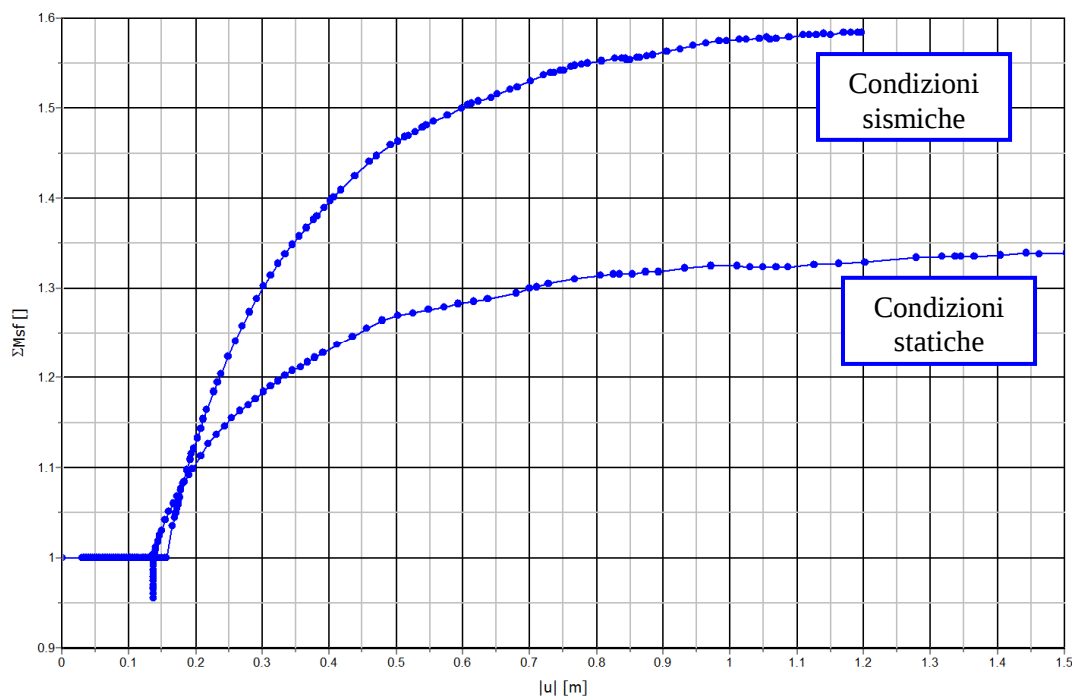


Figura 28 – Sicurezza alla stabilità globale Vs spostamento totale del punto di controllo

7.6 Ulteriori considerazioni sul dimensionamento della paratia.

Vista l'eterogeneità dei depositi alluvionali (bb), la paratia è stata analizzata anche con riferimento ai seguenti parametri:

Unità bb – argilla limosa da 0.0 a 16.5 m:

$\gamma = 19.5 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale

$\varphi' = 20^\circ$ angolo di resistenza al taglio

$c' = 20 \text{ kPa}$ coesione drenata

$c_u = 80 \text{ kPa}$ resistenza al taglio non drenata

$E' = 15 \text{ MPa}$ modulo di deformazione elastico

Si confermano i valori assunti per i terreni AAC e tutto quanto già descritto circa i carichi e le fasi di calcolo.

7.6.1 Spostamenti

Gli spostamenti delle opere e del terreno circostante sono evidenziati nelle seguenti immagini. Lo spostamento massimo a testa opera di sostegno è di circa 3 cm nella configurazione statica senza scalzamento (figura 30).

La seguente immagine evidenzia i cunei di spinta e di resistenza passiva originati dallo scavo.

Output Version 2013.2.16712.10959

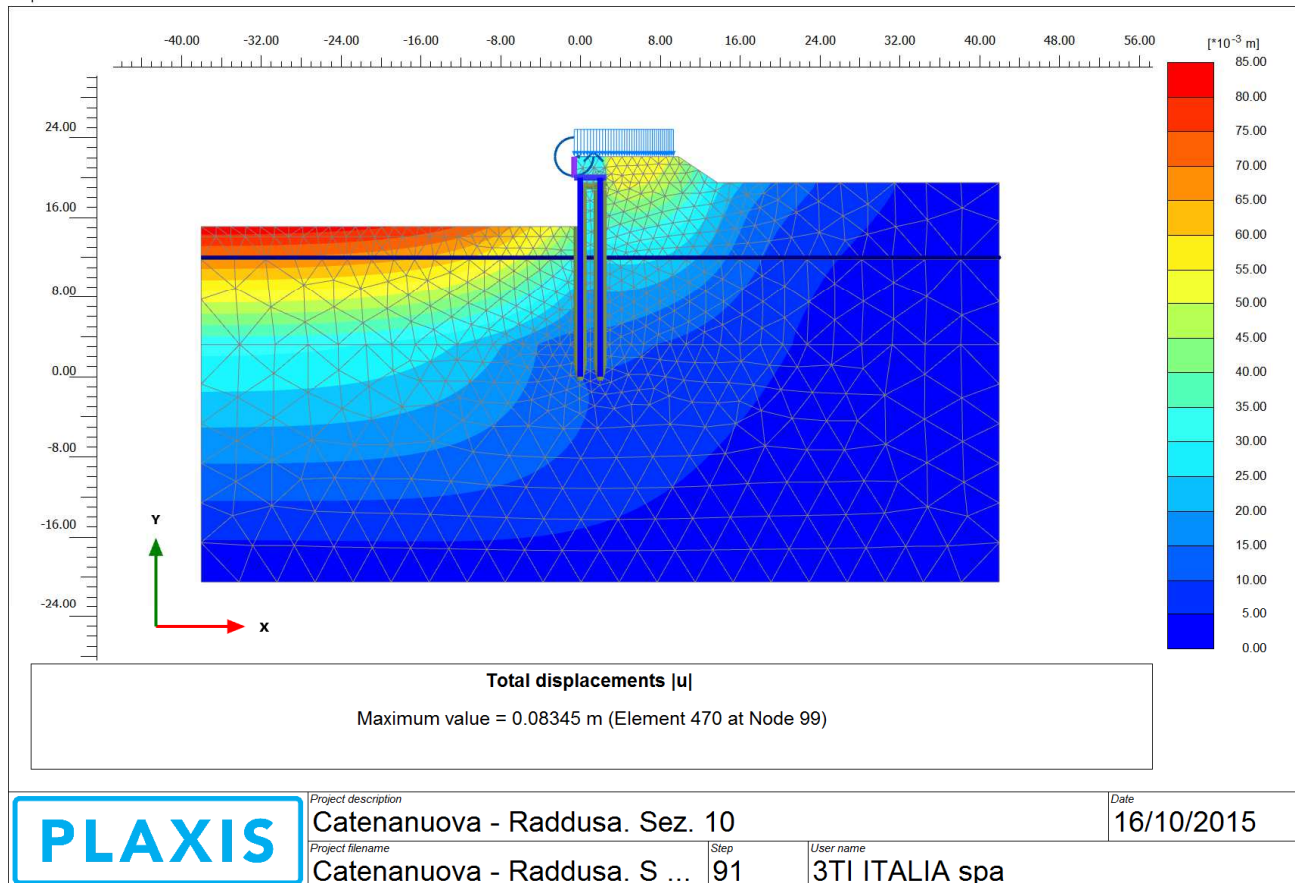


Figura 29 – Campo di spostamenti per la configurazione statica senza scalzamento

Output Version 2013.2.16712.10959

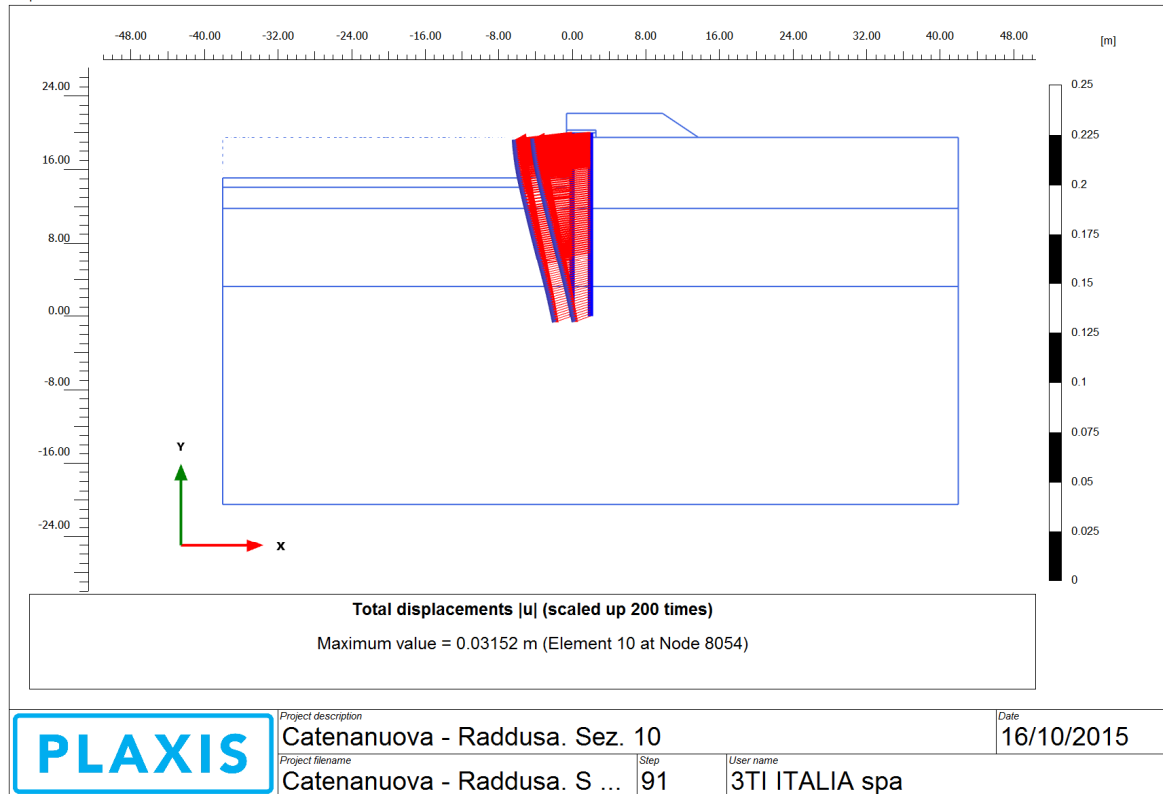


Figura 30 – Spostamenti della paratia per la configurazione statica senza scalzamento

Pali lato alveo

- SLE QP senza scalzamento

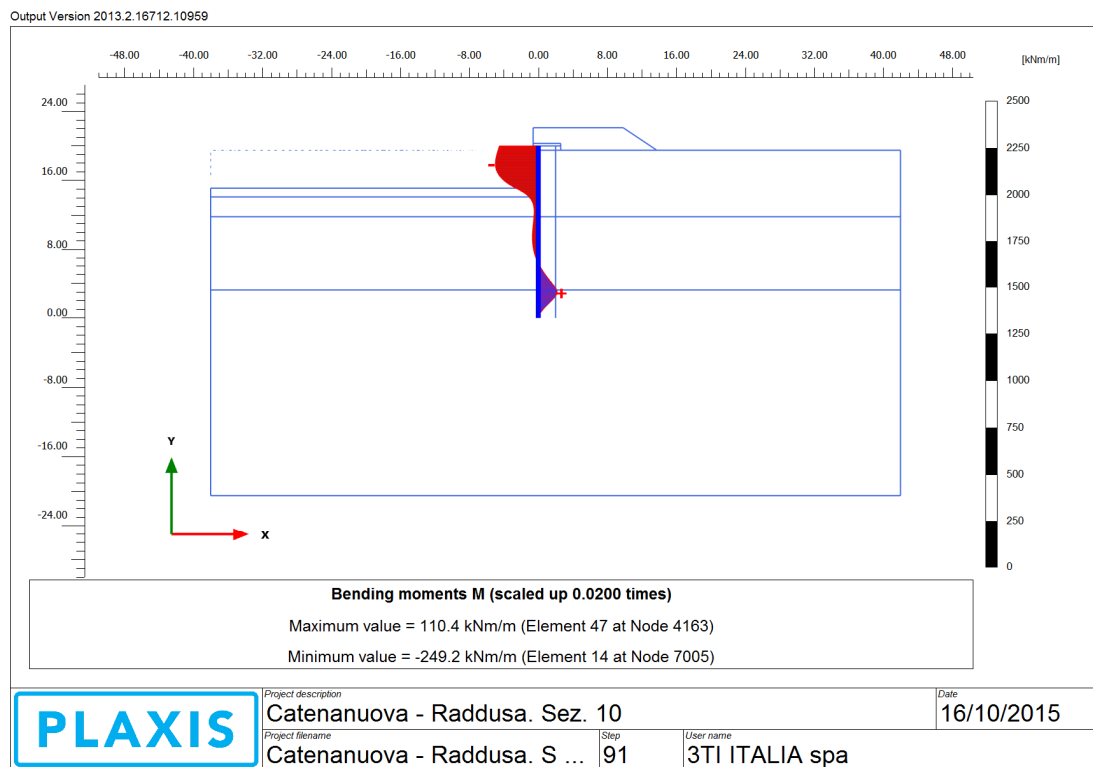


Figura 31 – Pali lato alveo – SLE QP senza scalzamento. Momento flettente

Output Version 2013.2.16712.10959

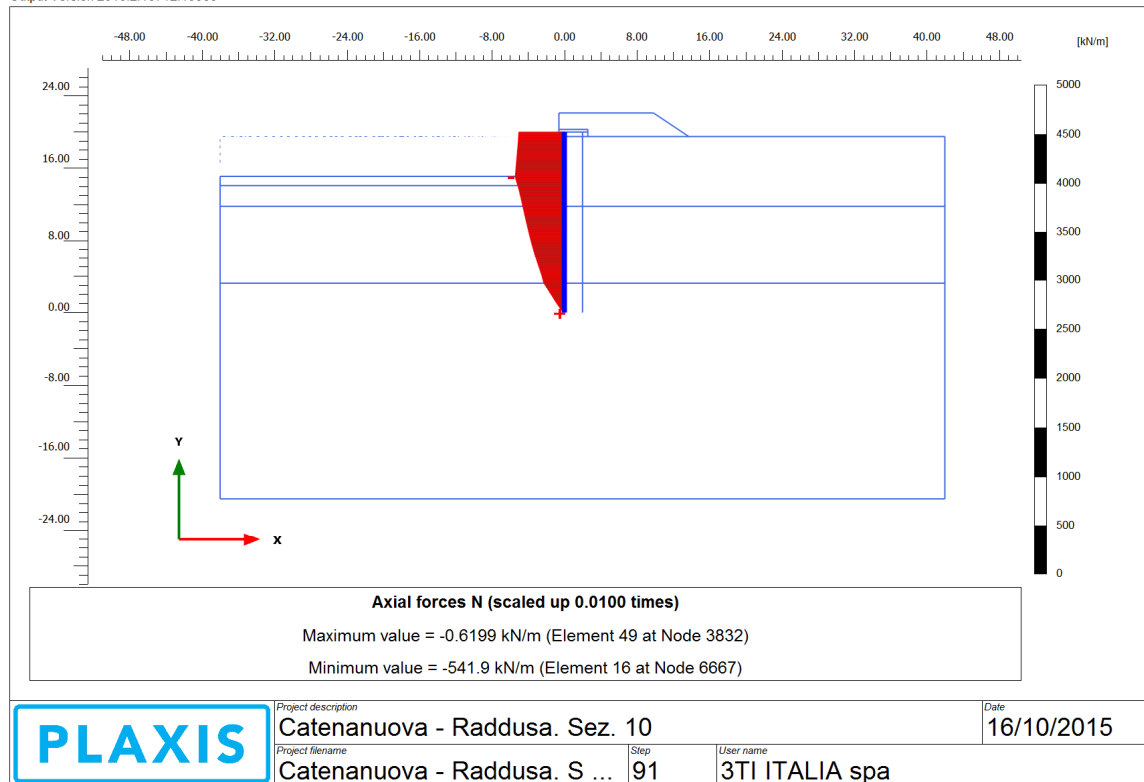


Figura 32 – Pali lato alveo – SLE QP senza scalzamento. Azione assiale

Output Version 2013.2.16712.10959

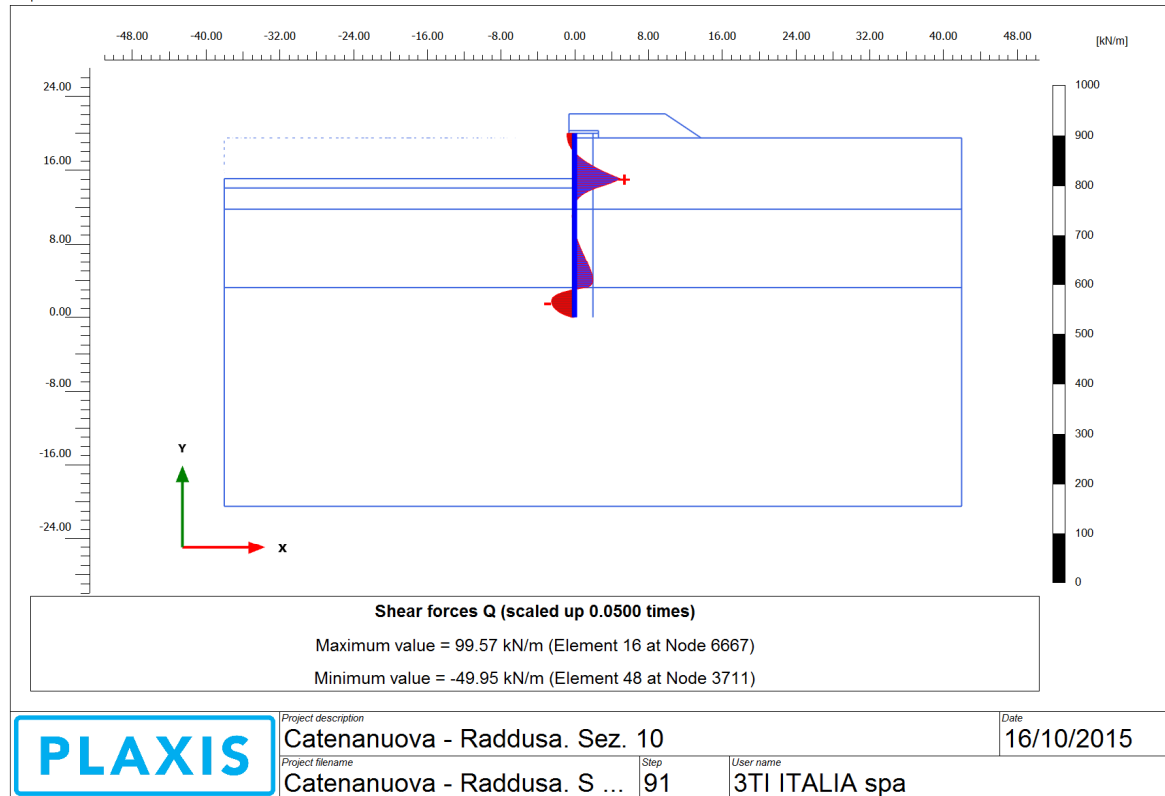


Figura 33 – Pali lato alveo – SLE QP senza scalzamento Taglio

- SLE QP con scalzamento

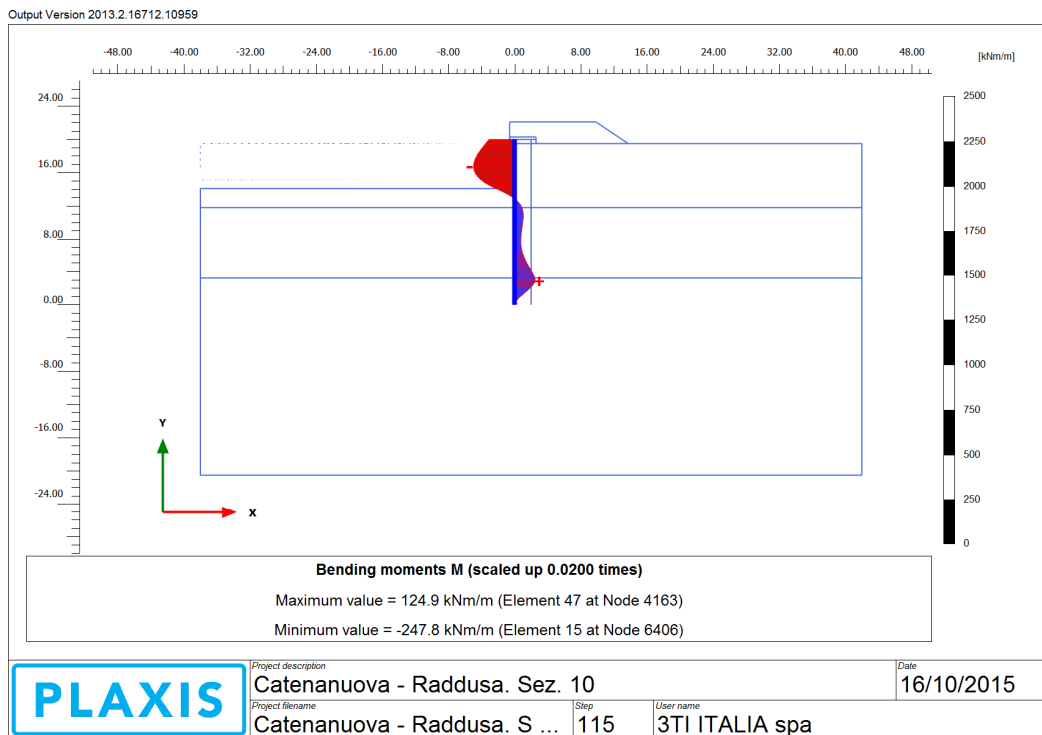


Figura 34 – Pali lato alveo – SLE QP. Momento flettente

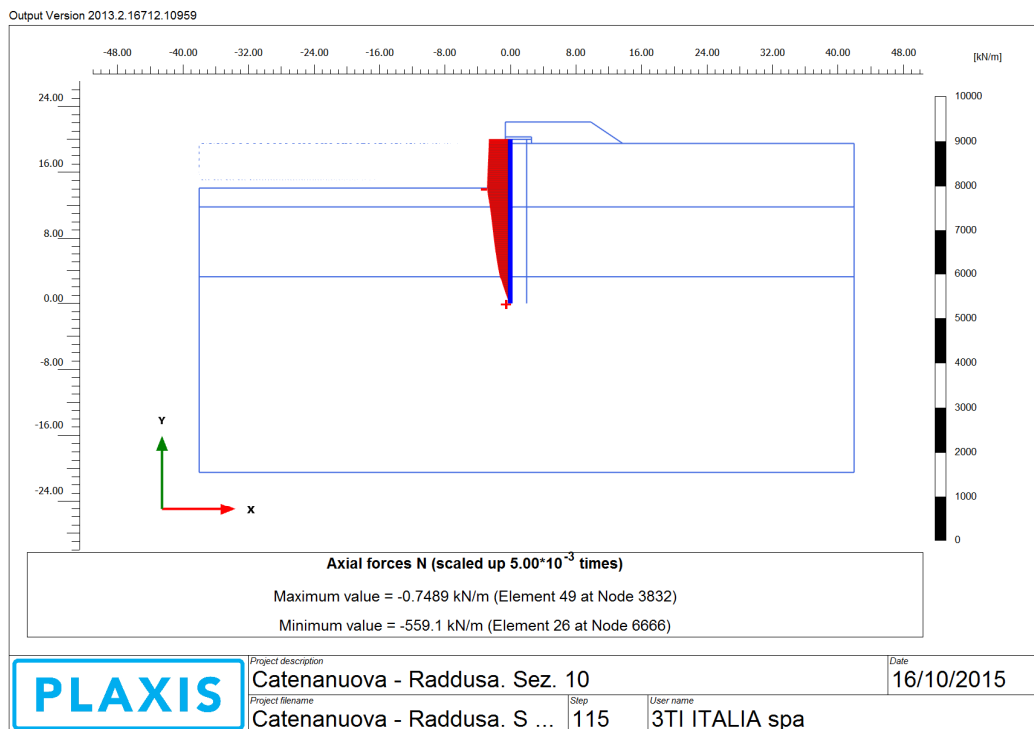


Figura 35 – Pali lato alveo – SLE QP. Azione assiale

Output Version 2013.2.16712.10959

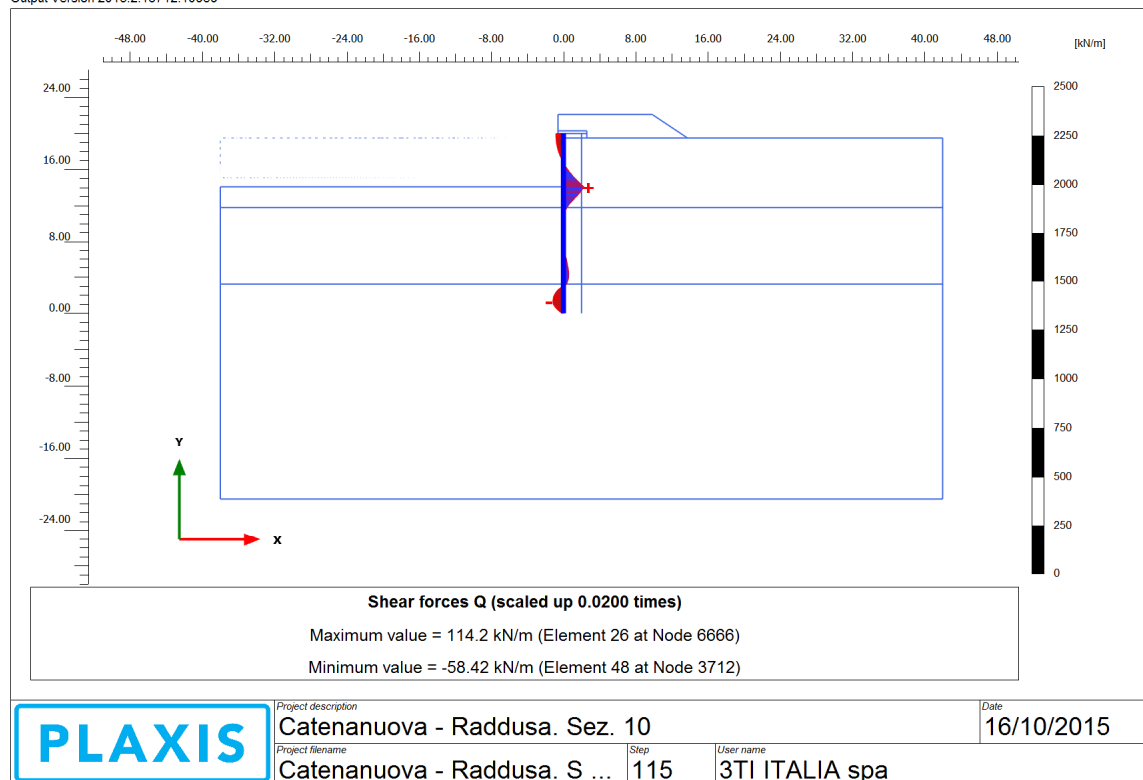


Figura 36 – Pali lato alveo – SLE QP. Taglio

- SLV senza scalzamento

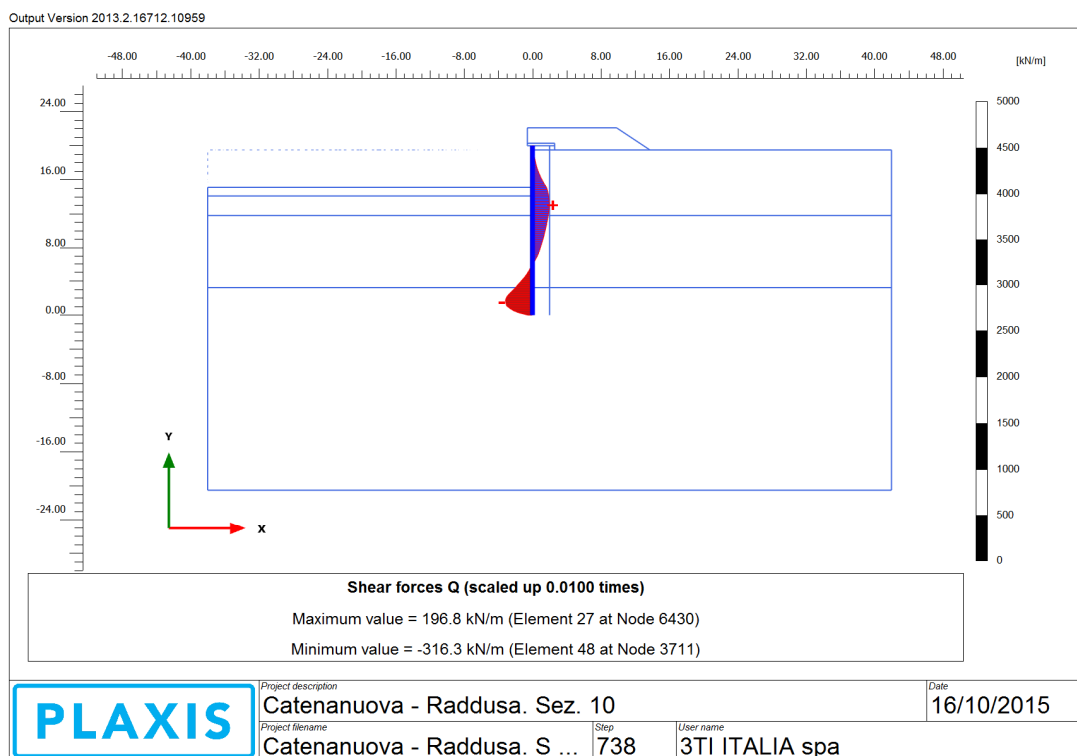


Figura 37 – Pali lato alveo – SLV senza scalzamento. Momento flettente

Output Version 2013.2.16712.10959

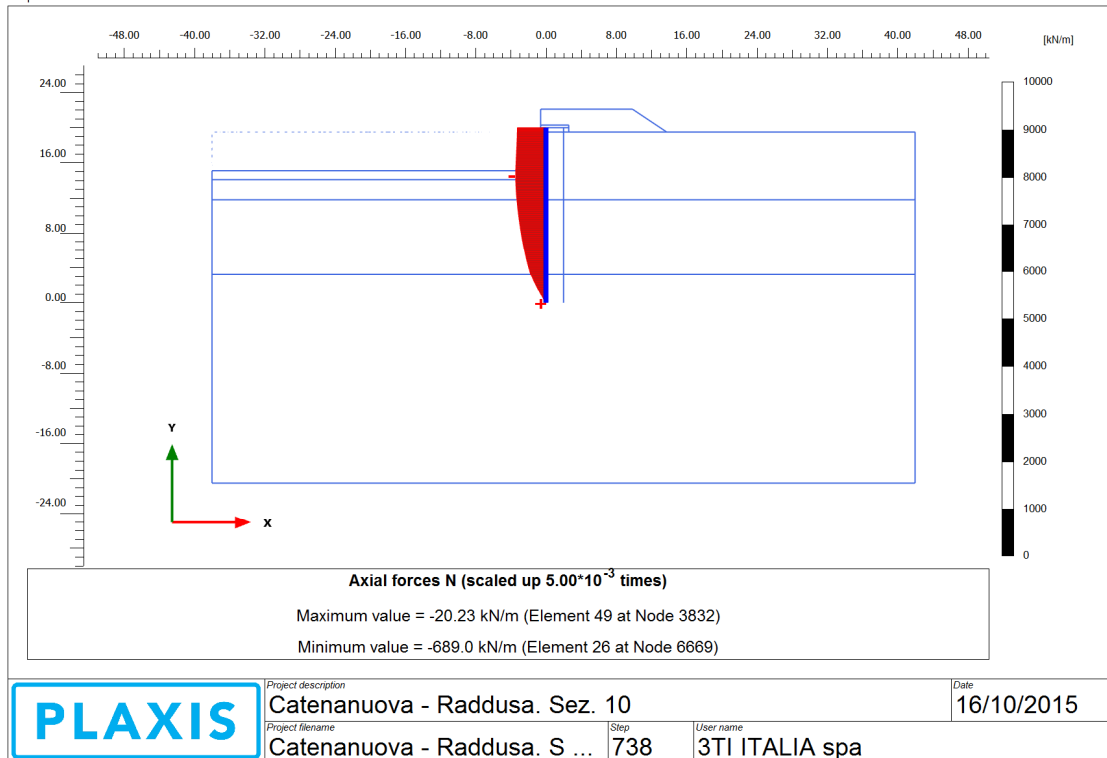


Figura 38 – Pali lato alveo – SLV senza scalzamento Azione assiale

Output Version 2013.2.16712.10959

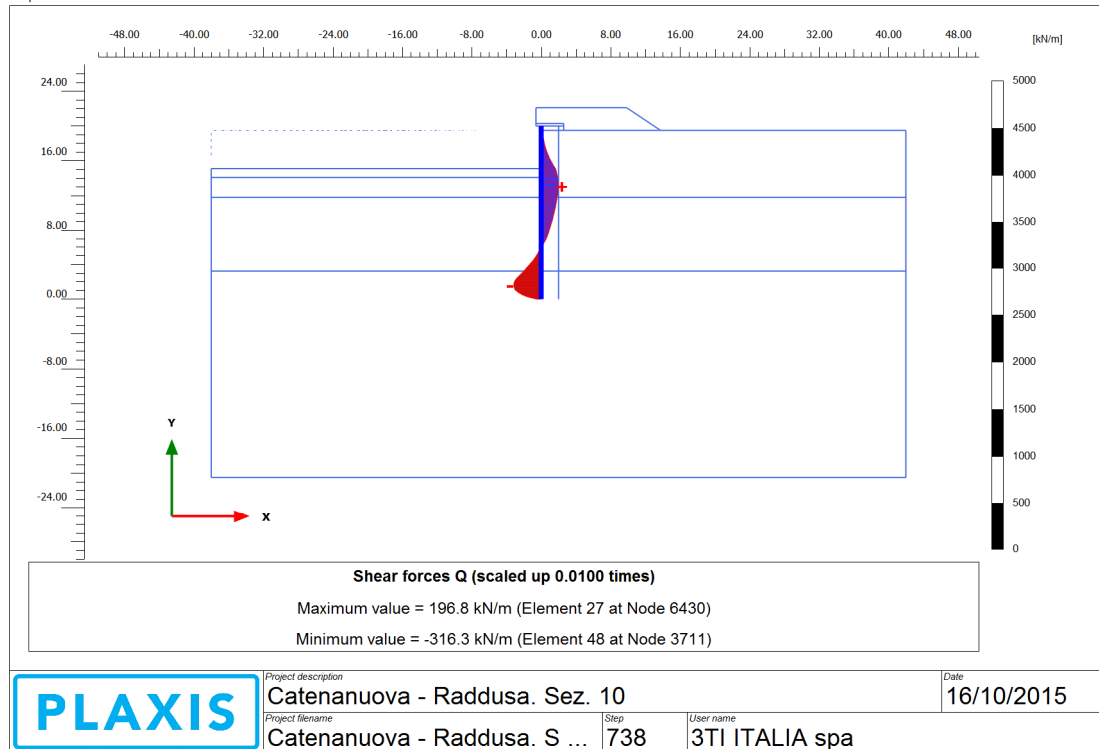


Figura 39 – Pali lato alveo – SLV senza scalzamento Taglio

Pali lato monte

- SLE QP senza scalzamento

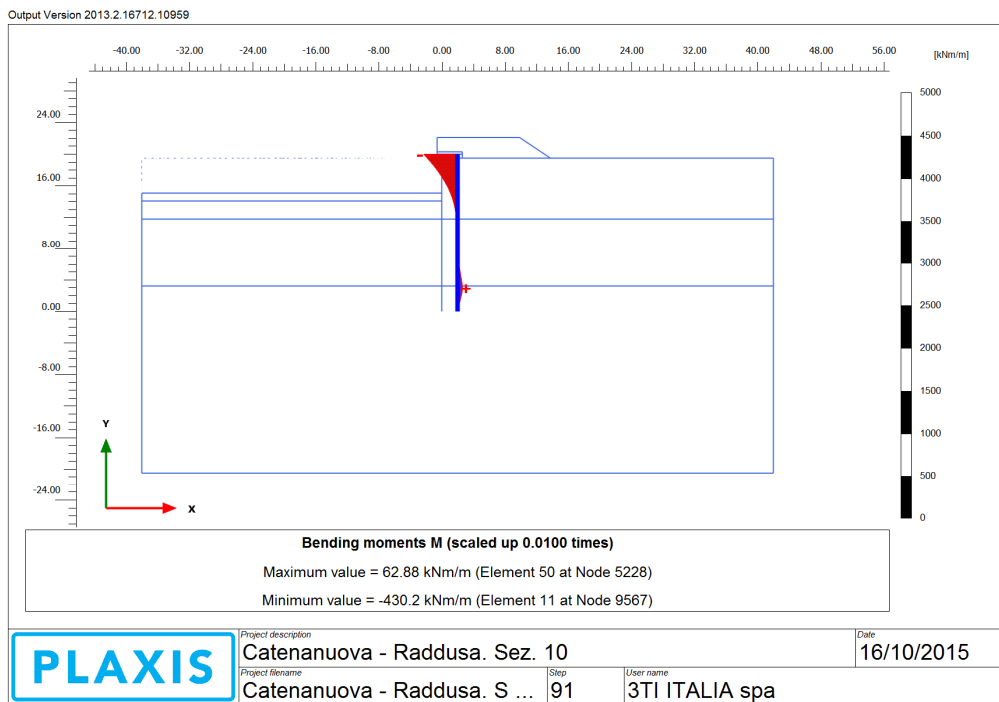


Figura 40 – Pali lato monte – SLE QP senza scalzamento. Momento flettente

Output Version 2013.2.16712.10959

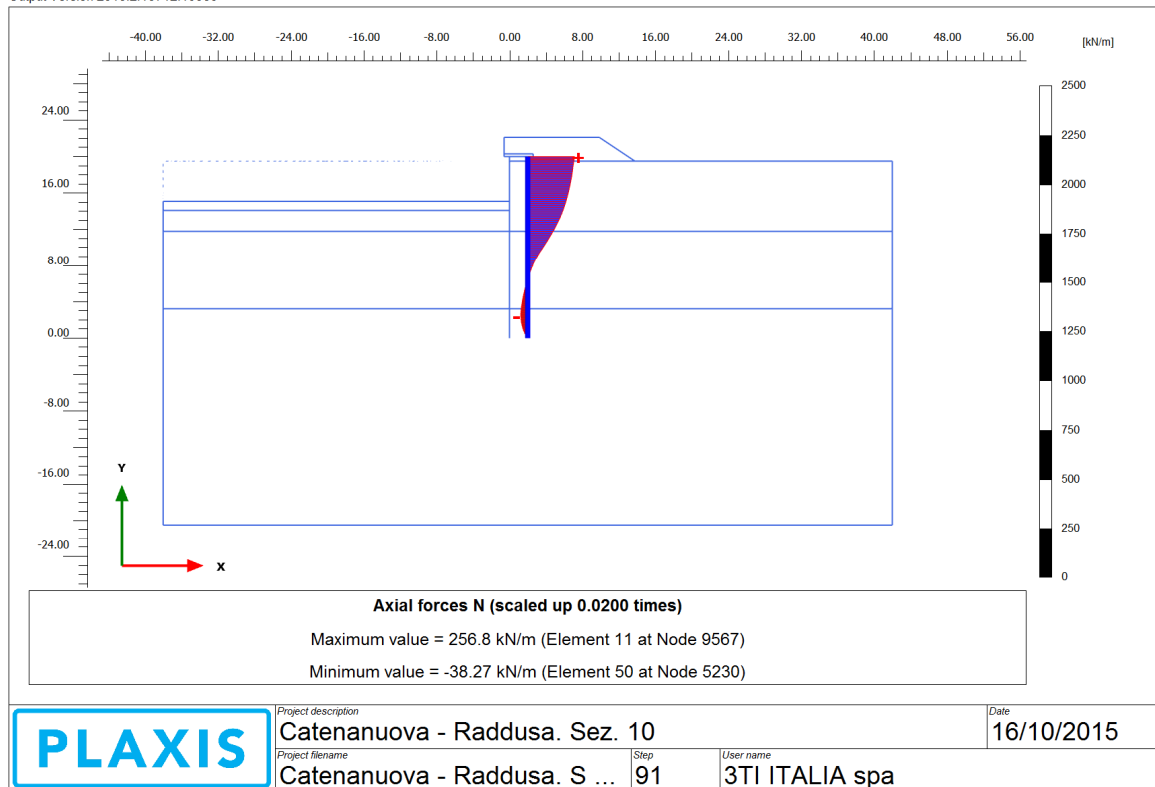


Figura 41 – Pali lato monte – SLE QP senza scalzamento. Azione assiale

Output Version 2013.2.16712.10959

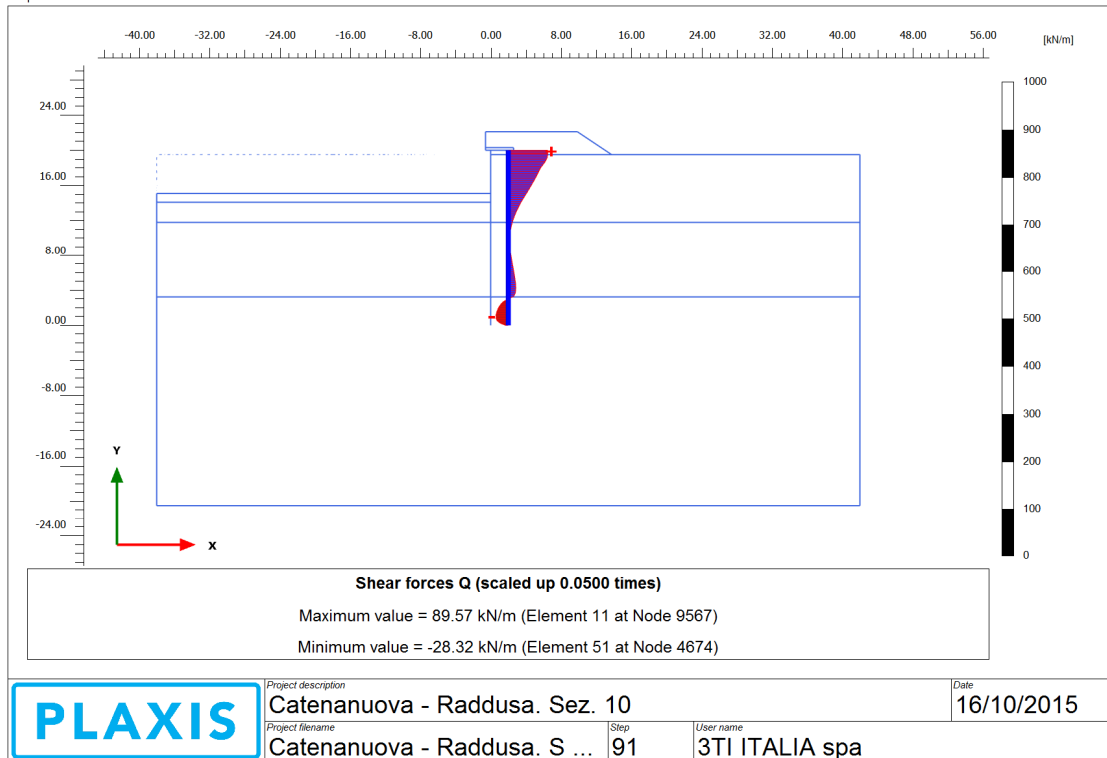


Figura 42 – Pali lato monte – SLE QP senza scalzamento Taglio

- SLE QP con scalzamento



Figura 43 – Pali lato monte – SLE QP. Momento flettente

Output Version 2013.2.16712.10959

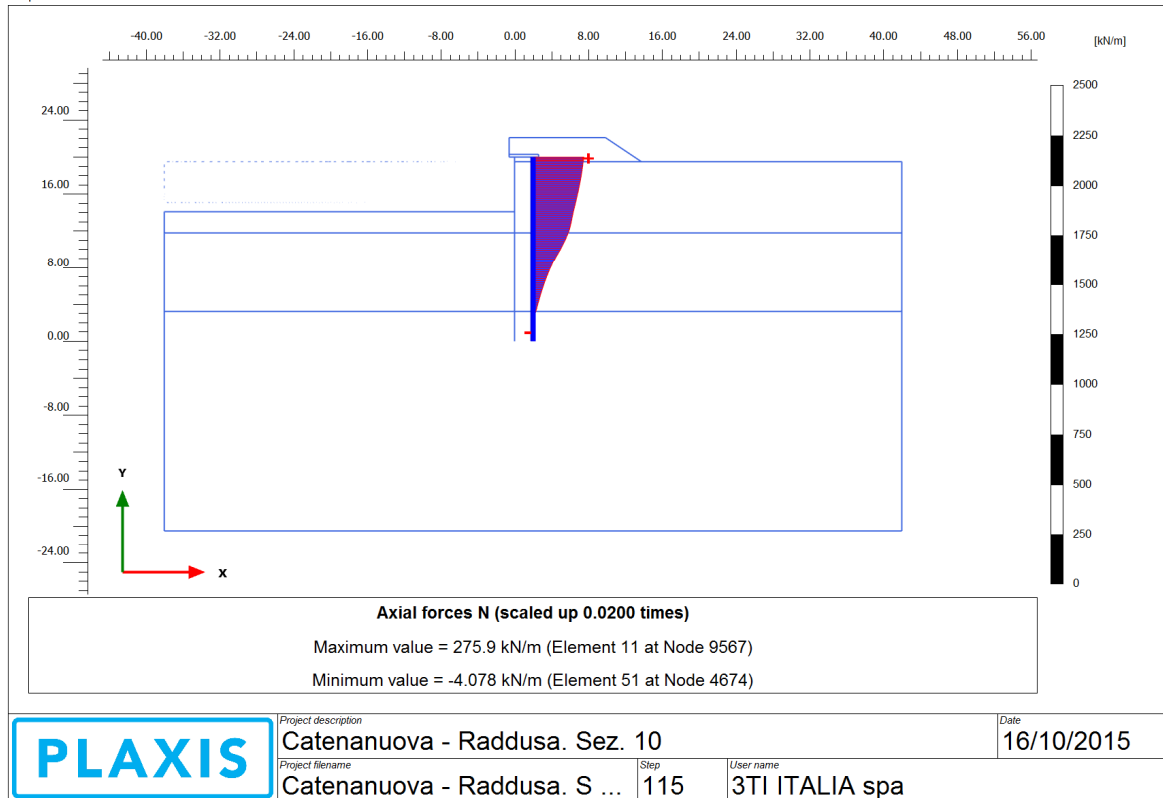


Figura 44 – Pali lato monte – SLE QP. Azione assiale

Output Version 2013.2.16712.10959

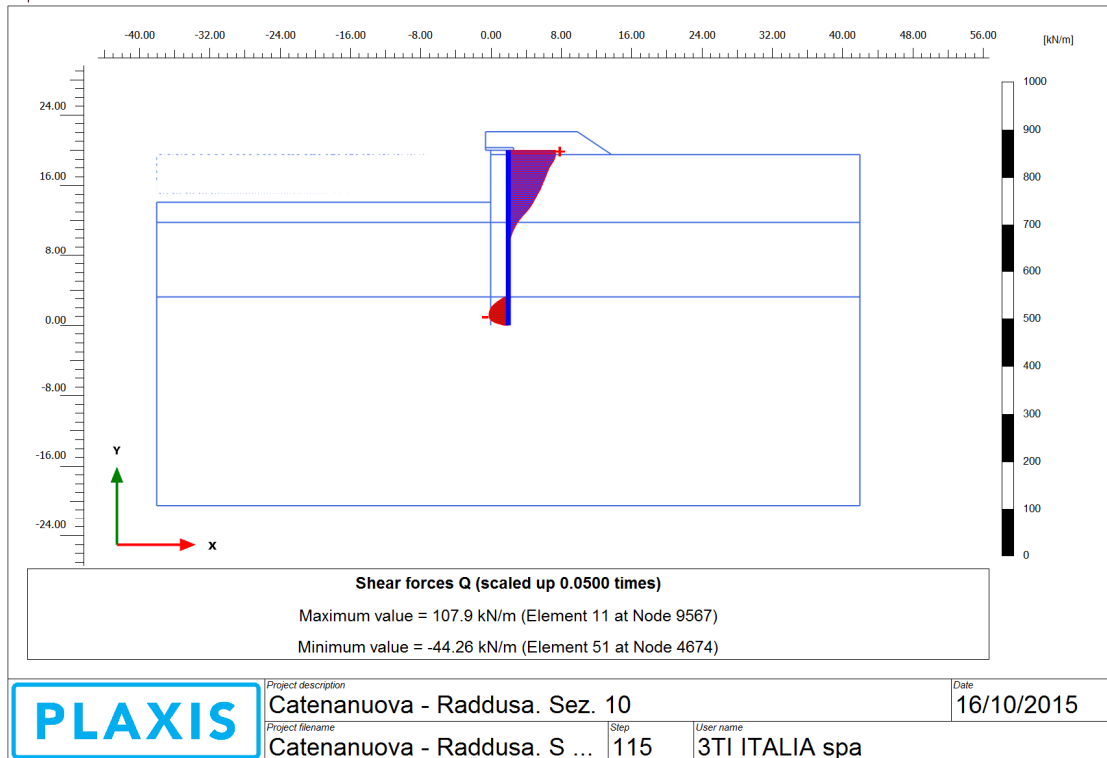


Figura 45 – Pali lato monte – SLE QP. Taglio

- SLV senza scalzamento

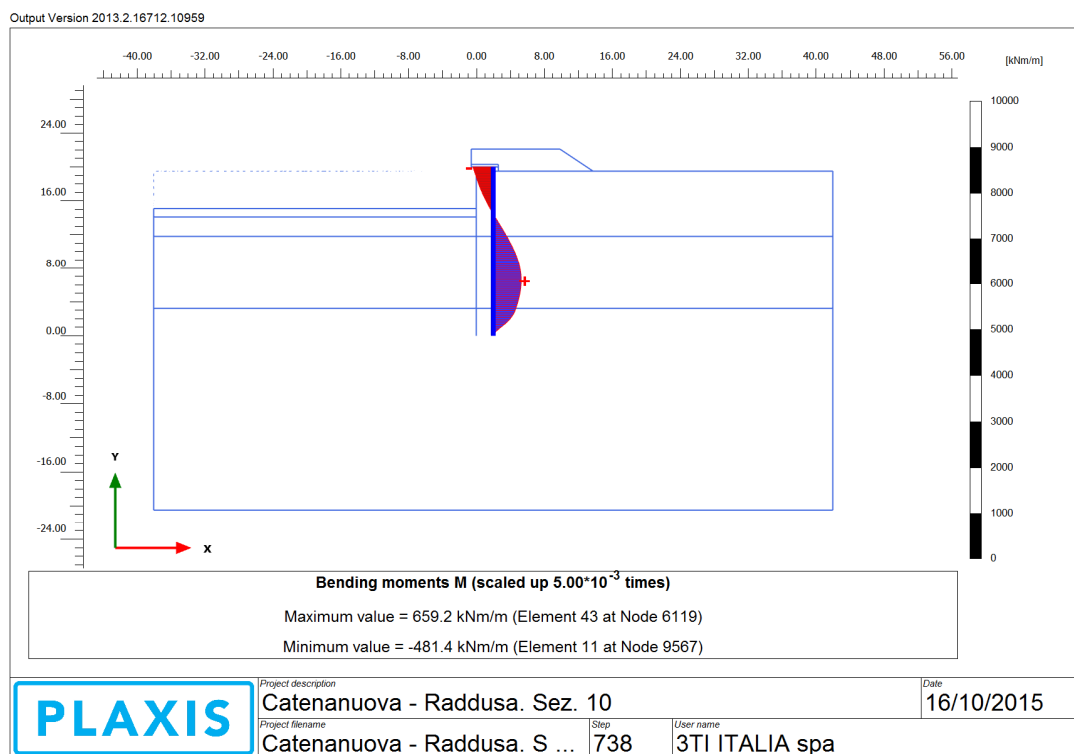


Figura 46 – Pali lato monte – SLV senza scalzamento. Momento flettente

Output Version 2013.2.16712.10959

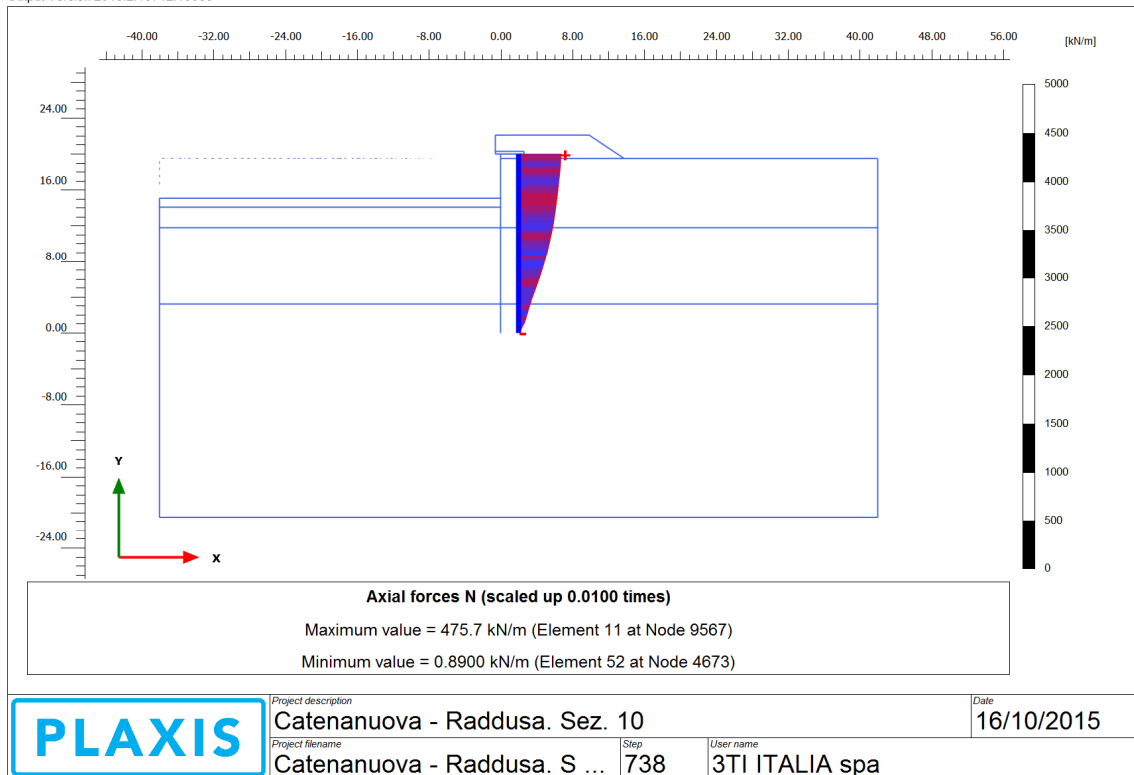


Figura 47 – Pali lato monte – SLV senza scalzamento. Azione assiale

	PROGETTO ESECUTIVO TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000					
RELAZIONE DI CALCOLO PARATIA DEFINITIVA	COMMESSA RS0S	LOTTO 00	CODIFICA E78 CL	DOCUMENTO IF0005003	REV. C	FOGLIO 53 di 65

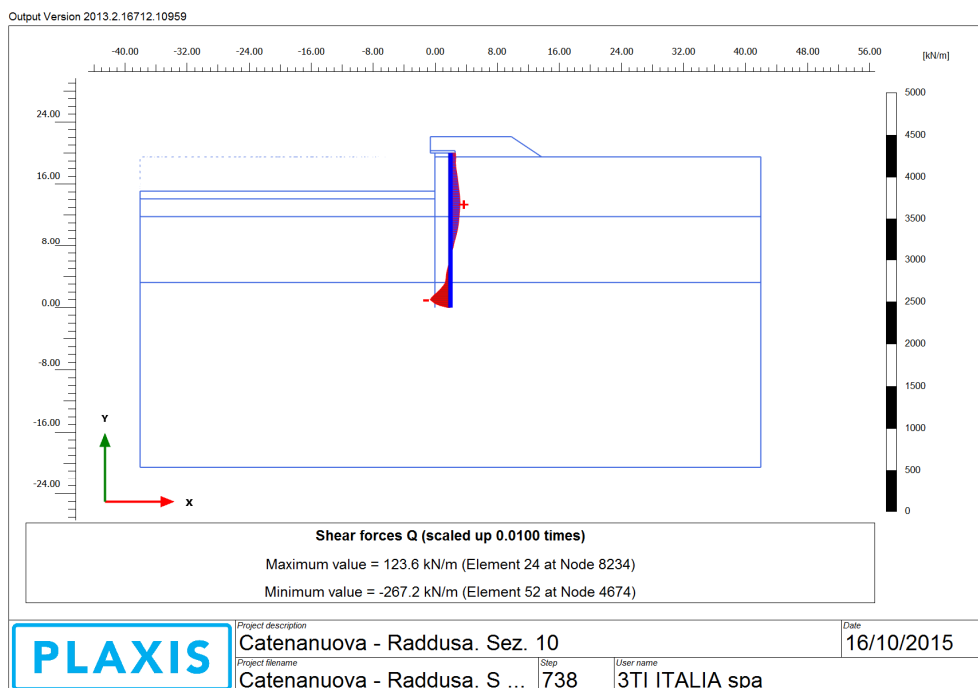


Figura 48 – Pali lato monte – SLV senza scalzamento Taglio

7.6.2 Sollecitazioni strutturali

Nelle seguenti tabelle si riportano le azioni interne più rappresentative degli elementi strutturali.

Le azioni interne sono fornite già moltiplicate per i relativi interassi.

Si identificano i seguenti stati limite di progetto, utili per le verifiche delle sezioni:

- SLE QP: Stato Limite di Esercizio nella combinazione Quasi Permanente, relativa alla Fase 3. e Fase 4. di calcolo;
- SLU: Stato Limite Ultimo, dato dall'involuppo di tutte le fasi di calcolo in condizioni statiche, amplificate per 1.40;
- SLV: Stato Limite di salvaguardia della Vita, relativa alla Fase 6. di calcolo.

Le azioni interne assiali sono negative se di trazione e positive se di compressione, mentre i momenti e i tagli sono forniti in valore assoluto.

Tabella 5 – Azioni interne pali

Combinazione di verifica	Pali i=1.1 m - fila lato alveo			Pali i=1.1 m - fila lato monte		
	N [kN]	M _{max} [kNm]	T _{max} [kN]	N [kN]	M _{max} [kNm]	T _{max} [kN]
SLE QP – senza scalz.	541.9	249.2	99.57	-256.8	430.2	89.57
SLE QP – con scalz.	559.1	247.8	114.2	-275.9	523.7	107.9
SLV	689	316.3	316	-475.7	659.2	267.2

	PROGETTO ESECUTIVO TRATTA CATENANUOVA – RADDUSA AGIRA NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000					
RELAZIONE DI CALCOLO PARATIA DEFINITIVA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS0S	00	E78 CL	IF0005003	C	55 di 65

7.7 Verifiche di resistenza delle sezioni in c.a.

Allo Stato Limite Ultimo, al fine di verificare la sezione, il momento resistente è confrontato con il momento di calcolo. Il momento ultimo della sezione, fissate le caratteristiche geometriche, le proprietà dei materiali e l'armatura longitudinale, dipende dall'azione assiale, determinata dal valore di progetto e mantenuta costante nella ricerca delle condizioni ultime di resistenza della sezione, effettuata discretizzando il dominio della sezione di cls, cui si attribuisce il legame costitutivo convenzionale parabola-rettangolo di normativa, e implementando puntualmente le armature in acciaio (con legame costitutivo elastico-perfettamente plastico).

Allo Stato Limite di Esercizio, il calcolo delle tensioni di esercizio e dell'apertura delle fessure è sempre condotto in campo elastico-lineare imponendo un coefficiente di omogeneizzazione pari a 15. Le tensioni in esercizio così trovate sono confrontate con i massimi previsti per le combinazioni Quasi Permanenti, ossia con il valore massimo di compressione nel calcestruzzo pari a $0.45 \cdot f_{ck}$ e il valore massimo di trazione nell'acciaio pari a $0.80 \cdot f_{yk}$. Per il calcolo dell'apertura delle fessure, il codice utilizzato applica sempre il metodo proposto dal DM'96, confrontando il valore ottenuto con il massimo di normativa di 0.30 mm.

Per la verifica a taglio, effettuata allo Stato Limite Ultimo, si procede sempre confrontando la resistenza della sezione con l'azione tagliante di calcolo. Nel caso generico di sezione in c.a. con apposita armatura a taglio, la resistenza della sezione è il minimo tra la resistenza della biella compressa di calcestruzzo, ipotizzata a 45° , e la resistenza offerta dalla sola armatura trasversale.

Per gli elementi strutturali che presentano porzioni senza apposita armatura a taglio, la resistenza della sezione è valutata per mezzo della formula 4.1.14 della NTC'08, che prevede la sua valutazione tenendo conto dell'effetto pettine (coefficiente k), dell'effetto ingranamento (funzione della tensione media di compressione della sezione σ_{cp}) e dell'effetto bietta (funzione del rapporto geometrico di armatura longitudinale ρ_l).

Le verifiche sono condotte per mezzo del codice RC-Sec (Geostru – 2011.4.0.217). Nel seguito si riporta evidenza delle verifiche svolte, sia in forma grafica con rappresentazione della distribuzione delle tensioni in condizioni ultime, sia in forma numerica con un estratto dell'output di verifica.

7.7.1 Pali Ø1000, L=19.5 m

Le verifiche sono condotte per le terne di sollecitazioni più gravose tra quelle esposte in Tabella 2 e tabella 5 che, nel caso della pressoflessione, risultano essere quelle relative al modellazione del terreno incoerente.

L'armatura dei pali è la seguente:

- Ferri longitudinali: 14Ø26 (pali lato alveo)
- Ferri longitudinali: 20+16Ø26 in testa (6 m) e 20Ø26 altrove; (pali lato monte)
- Spirale: Ø12/20

Le seguenti immagini mostrano la schermata del codice di verifica per la combinazione SLU/SLV maggiormente critica per i pali lato alveo e i pali lato monte, evidenziando la geometria della sezione, le armature longitudinali di calcolo e la distribuzione delle tensioni in condizioni ultime. Le successive tabelle mostrano i risultati di dettaglio della verifica agli SLU/SLV e agli SLE (il significato della terminologia utilizzata è riportato nell'Allegato A).

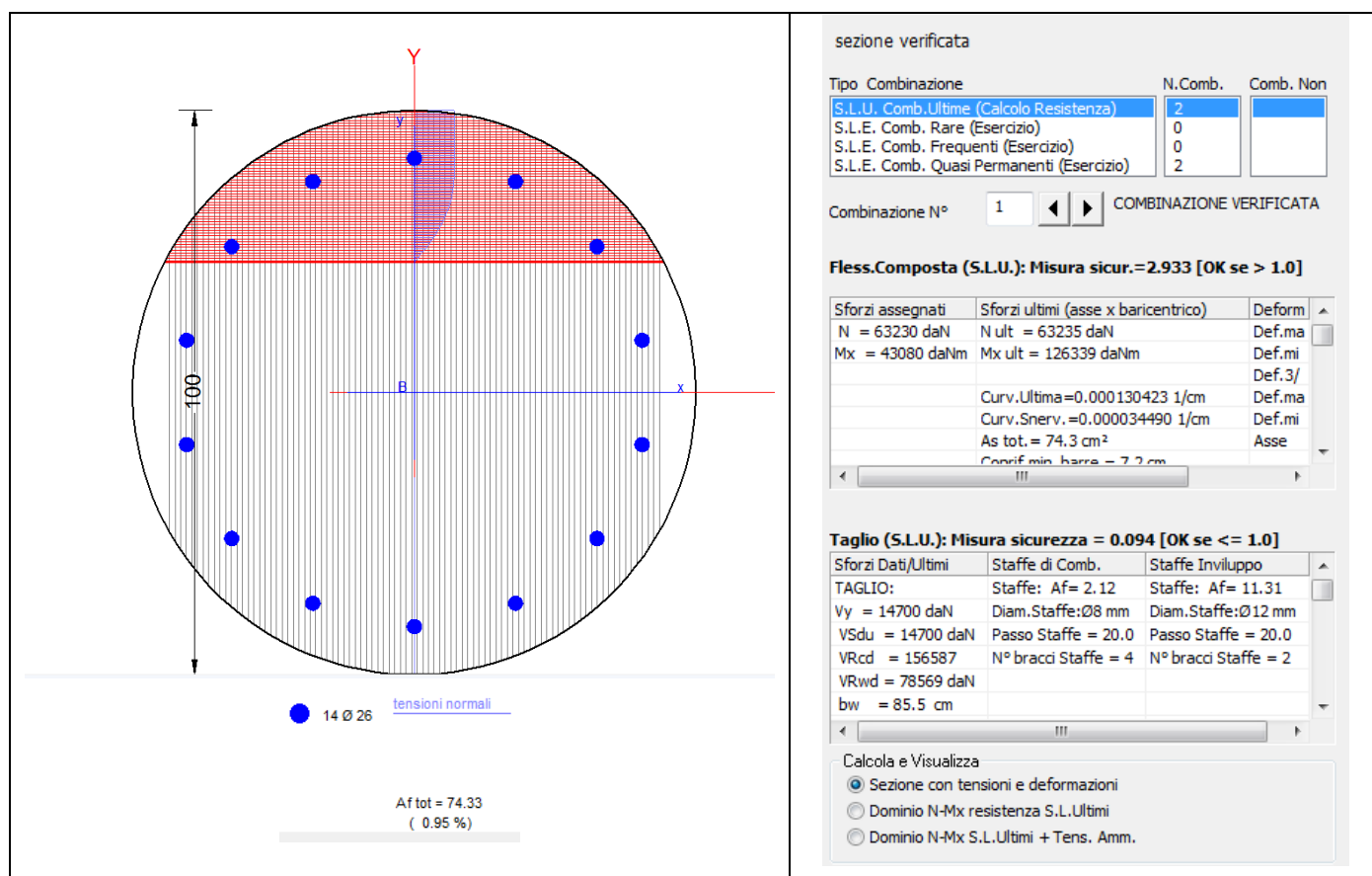


Figura 49 – Pali lato alveo. Verifica combinazione SLU/SLV.

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 15.9 cm

RELAZIONE DI CALCOLO PARATIA DEFINITIVA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E78 CL	IF0005003	C	57 di 65

Copriferro netto minimo staffe: 6.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

N°Comb	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yn	M sn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	63230	43080	63235	126339	2.933	23.2	93343	---	---	---
2	S	86422	53872	86424	131766	2.446	21.8	99464	---	---	---

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

N°Comb	ec max	ec 3/7	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	-0.00209	50.0	0.00239	41.5	-0.00843	-41.5
2	0.00350	-0.00182	50.0	0.00244	41.5	-0.00786	-41.5

ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER TUTTE LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe: 12 mm
 Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
 N.Bracci staffe: 2
 Area staffe/m : 11.3 cm²/m [Area Staffe Minima NTC = 2.3 cm²/m]

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

N°Comb	Ver	Vsdu	Vrd	Vcd	Vwd	bw	Teta	Acw	ASt
1	S	14700	34214	156587	78569	85.5	21.80	1.057	2.1
2	S	20930	37559	161525	78067	87.0	21.80	1.078	3.0

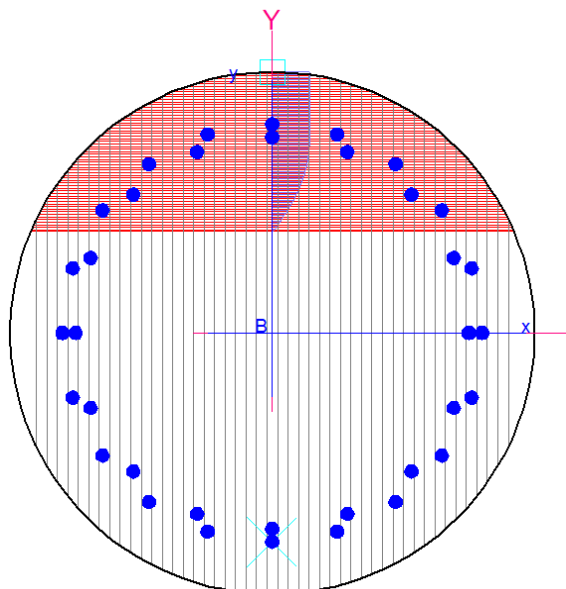
COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	58.8	-50.0	0.0	50.0	-1072	41.5	26.7	2466	26.5	----
2	S	50.2	-50.0	0.0	50.0	-879	41.5	26.7	2466	26.5	----

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sclmax	Sclmin	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	39.7	-25.9	---	0.125	0.50	0.512	0.000274 (0.000214)	302	0.141 (0.30)	38033
2	S	34.4	-21.9	---	0.125	0.50	0.400	0.000176 (0.000176)	302	0.090 (0.30)	38647

La verifica a taglio risulta soddisfatta anche per il valore Vsdu=316 kN corrispondente alla combinazione SLV con modellazione del terreno coesivo (tabella 5).


Legenda

36 Ø 26

tensioni normali

 Af tot = 191.13
(2.43 %)

sezione verificata

Tipo Combinazione

N.Comb.

Comb. Non

S.L.U. Comb.Ultima (Calcolo Resistenza)

2

S.L.E. Comb. Rare (Esercizio)

0

S.L.E. Comb. Frequenti (Esercizio)

0

S.L.E. Comb. Quasi Permanenti (Esercizio)

2

Combinazione N°

1

COMBINAZIONE VERIFICATA

Fless.Composta (S.L.U.): Misura sicur.=5.312 [OK se > 1.0]

Sforzi assegnati	Sforzi ultimi (asse x baricentrico)	Deform.
N = -39520 daN	N ult = -39512 daN	Def.ma
Mx = 44840 daNm	Mx ult = 238203 daNm	Def.mi
		Def.3/
	Curv.Ultima=0.000116653 1/cm	Def.ma
	Curv.Snerv.=0.000035080 1/cm	Def.mi
	As tot. = 191.1 cm²	Asse
	Conrif.min. barre = 7.2 cm	

Taglio (S.L.U.): Misura sicurezza = 0.053 [OK se <= 1.0]

Sforzi Dati/Ultimi	Staffe di Comb.	Staffe Involuppo
TAGLIO:	Staffe: Af= 1.17	Staffe: Af= 11.31
Vy = 7996 daN		Diam.Staffe:Ø12 mm
VSdu = 7996 daN		Passo Staffe = 20.0
VRcd = 151428		N° bracci Staffe = 2
VRwd = 77576 daN		
bw = 88.5 cm		

Calcola e Visualizza

☒ Sezione con tensioni e deformazioni

☐ Dominio N-Mx resistenza S.L.Ultimi

☐ Dominio N-Mx S.L.Ultimi + Tens. Amm.

Figura 50 – Pali lato monte. Verifica combinazione SLU/SLV.

RISULTATI DEL CALCOLO
Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	4.6 cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

N°Comb	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yn	M sn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	-39520	44840	-39512	238203	5.312	20.0	167686	---	---	---
2	S	-45892	66976	-45911	236822	3.536	20.3	166103	---	---	---

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

N°Comb	ec max	ec 3/7	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	-0.00150	50.0	0.00251	41.5	-0.00717	-41.5
2	0.00350	-0.00154	50.0	0.00250	41.5	-0.00727	-41.5

RELAZIONE DI CALCOLO PARATIA DEFINITIVA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E78 CL	IF0005003	C	59 di 65

ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER TUTTE LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe:	12	mm	
Passo staffe:	20.0	cm	[Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
N.Bracci staffe:	2		
Area staffe/m :	11.3	cm ² /m	[Area Staffe Minima NTC = 2.3 cm ² /m]

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

N°Comb	Ver	Vsdu	Vrd	Vcd	Vwd	bw	Teta	Acw	ASt
1	S	7996	0	151428	77576	88.5	21.80	1.000	1.2
2	S	13279	0	151428	77576	88.5	21.80	1.000	1.9

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	35.3	-50.0	0.0	50.0	-1005	41.5	26.7	2511	69.0	---
2	S	43.4	-50.0	0.0	50.0	-1223	41.5	26.7	2511	69.0	---

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	ScImax	ScImin	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	23.8	-29.1	---	0.125	0.50	0.612	0.000308 (0.000201)	206	0.108 (0.30)	34382
2	S	29.4	-35.5	---	0.125	0.50	0.740	0.000452 (0.000245)	206	0.158 (0.30)	34518

La verifica a taglio risulta soddisfatta anche per il valore Vsdu=267 kN corrispondente alla combinazione SLV con modellazione del terreno coesivo (tabella 5).

7.7.2 Paramento muro in elevazione

Le verifiche sono condotte per tutte le terne di sollecitazioni esposte in Tabella 3. L'armatura di calcolo è la seguente:

- Ferri longitudinali: Ø16/20

La seguente immagine mostra la schermata del codice di verifica per la combinazione SLU/SLV maggiormente critica, evidenziando la geometria della sezione, le armature longitudinali di calcolo e la distribuzione delle tensioni in condizioni ultime. La successiva tabella mostra i risultati di dettaglio della verifica agli SLU/SLV e agli SLE (il significato della terminologia utilizzata è riportato nell'Allegato A).

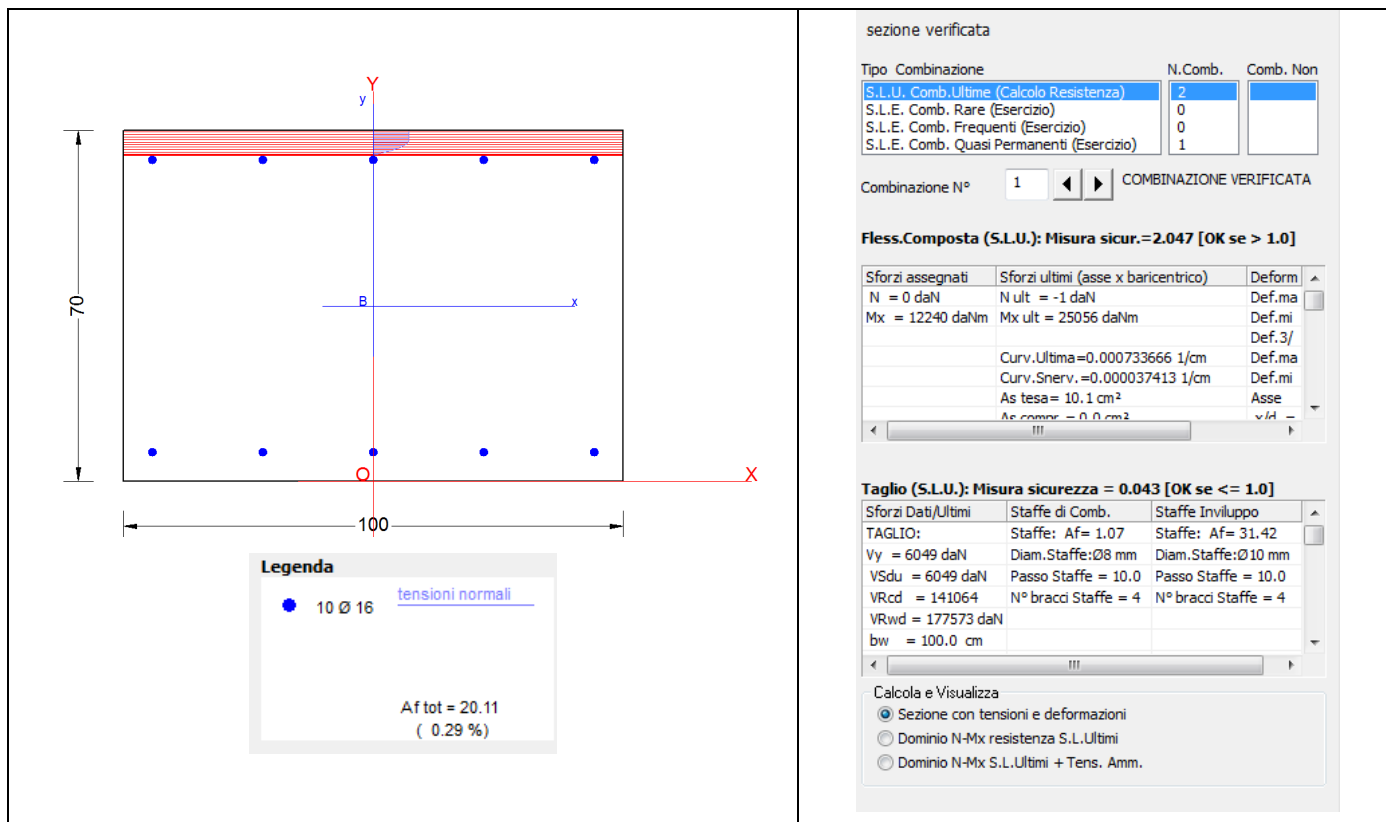


Figura 51. Paramento muro in elevazione. Verifica combinazione SLU/SLV.

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	20.5	cm
Copriferro netto minimo staffe:	4.0	cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

N°Comb	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yn	M sn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	0	12240	-1	25056	2.047	65.2	23585	0.07	0.70	10.1 (9.5)
2	S	0	8784	-1	25056	2.852	65.2	23585	0.07	0.70	10.1 (9.5)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

N°Comb	ec max	ec 3/7	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	-0.01851	70.0	-0.00076	64.2	-0.04360	5.8
2	0.00350	-0.01851	70.0	-0.00076	64.2	-0.04360	5.8

ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER TUTTE LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe:	10	mm
Passo staffe:	10.0	cm
N.Bracci staffe:	4	
Area staffe/m :	31.4	cm²/m

[Passo massimo di normativa = 20.9 cm]

[Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm²/m]

RELAZIONE DI CALCOLO PARATIA DEFINITIVA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E78 CL	IF0005003	C	61 di 65

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

N°Comb	Ver	Vsdu	Vrd	Vcd	Vwd	bw	Teta	Acw	ASt
1	S	6049	21852	141064	177573	100.0	21.80	1.000	1.1
2	S	4134	21852	141064	177573	100.0	21.80	1.000	0.7

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	22.1	70.0	0.0	56.4	-1237	64.2	17.0	1700	10.1	22.1

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	ScImax	ScImin	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	10.4	-9.2	---	0.125	0.50	0.400	0.000247 (0.000247)	279	0.118 (0.30)	24281

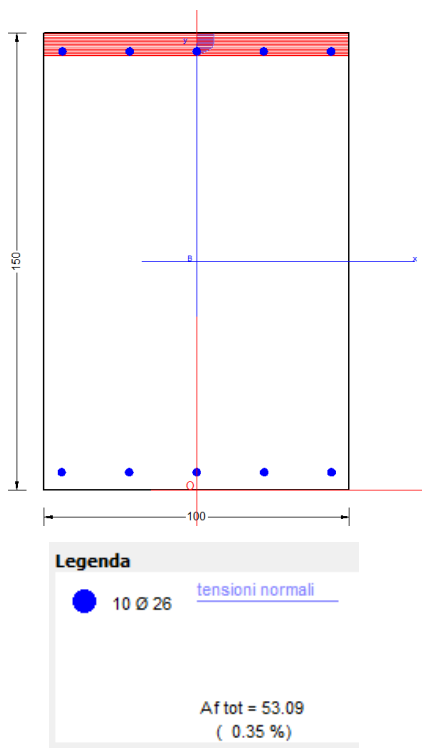
7.7.3 Cordolo

Le verifiche sono condotte per le sollecitazioni riportate nella Tabella 4.

L'armatura di calcolo è la seguente:

- Ferri longitudinali superiori: Ø26/20
- Ferri longitudinali inferiori: Ø26/20

La seguente immagine mostra la schermata del codice di verifica per la combinazione SLU/SLV maggiormente critica, evidenziando la geometria della sezione, le armature longitudinali di calcolo e la distribuzione delle tensioni in condizioni ultime. La successiva tabella mostra i risultati di dettaglio della verifica agli SLU/SLV e agli SLE (il significato della terminologia utilizzata è riportato nell'Allegato A).



Dati generali / Dati sezione / Sforzi / **Risultati** / Staffe-Duttilità

sezione verificata

Tipo Combinazione	N.Comb.	Comb. Non
S.L.U. Comb. Ultime (Calcolo Resistenza)	3	
S.L.E. Comb. Rare (Esercizio)	0	
S.L.E. Comb. Frequenti (Esercizio)	0	
S.L.E. Comb. Quasi Permanenti (Esercizio)	2	

Combinazione N° 1 COMBINAZIONE VERIFICATA

Fless.Composta (S.L.U.): Misura sicur.=2.064 [OK se > 1.0]

Sforzi assegnati	Sforzi ultimi (asse x baricentrico)	Deform.
N = 0 daN	N ult = 22 daN	Def.ma
Mx = 70509 daNm	Mx ult = 145553 daNm	Def.mi
		Def.3/
	Curv.Ultima=0.000471187 1/cm	Def.ma
	Curv.Snerv.=0.000017180 1/cm	Def.mi
	As tesa= 26.5 cm²	Asse
	As compr.= 26.5 cm²	v.H

Taglio (S.L.U.): Misura sicurezza = 0.155 [OK se <= 1.0]

Sforzi Dati/Ultimi	Staffe di Comb.	Staffe Involuppo
TAGLIO:	Staffe: Af= 3.09	Staffe: Af= 15.12
Vy = 39172 daN	Diam.Staffe:Ø8 mm	Diam.Staffe:Ø8 mm
VSdu = 39172 daN	Passo Staffe = 13.3	Passo Staffe = 13.3
VRcd = 253520	N° bracci Staffe = 4	N° bracci Staffe = 4
VRwd = 191927 daN		
bw = 100.0 cm		

Calcola e Visualizza

☒ Sezione con tensioni e deformazioni

☐ Dominio N-Mx resistenza S.L.Ultimi

☐ Dominio N-Mx S.L.Ultimi + Tens. Amm.

Figura 52. Cordolo. Verifica sezione.

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	19.3 cm
Copriferro netto minimo staffe:	4.2 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata										
N	Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)										
Mx	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico										
N ult	Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)										
Mx ult	Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico										
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult) e (N,Mx)										
	Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000										
Yneutro	Ordinata [cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,O sez.										
Mx sn.	Momento flettente allo snervamento [daNm]										
x/d	Rapp. di duttilità a rottura per sole travi (N = 0)										
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]										
As Tesa	Area armature long. [cm²] in zona tesa per sole travi (l'area minima ex (4.1.43)NTC è indicata tra parentesi)										

N°Comb	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yn	M sn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	0	70509	-8	144907	2.055	142.3	139406	0.05	0.70	26.5 (18.7)
2	S	0	82605	-8	144907	1.754	142.3	139406	0.05	0.70	26.5 (18.7)
3	S	0	71136	-8	144907	2.037	142.3	139406	0.05	0.70	26.5 (18.7)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	-0.02579	150.0	0.00063	143.7	-0.06197	6.3
2	0.00350	-0.02579	150.0	0.00063	143.7	-0.06197	6.3
3	0.00350	-0.02579	150.0	0.00063	143.7	-0.06197	6.3

ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER TUTTE LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe:	8	mm	
Passo staffe:	13.3	cm	[Passo massimo di normativa = 13.4 cm]
N.Bracci staffe:	4		
Area staffe/m :	15.1	cm²/m	[Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm²/m]

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
Vsdu	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb.
Vrd	Taglio resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.14)NTC]
Vcd	Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.19)NTC]
Vwd	Taglio trazione resistente [daN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.18)NTC]
bw	Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro
Teta	Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm²/m]

N°Comb	Ver	Vsdu	Vrd	Vcd	Vwd	bw	Teta	Acw	ASt
1	S	39172	36604	252640	191261	100.0	21.80	1.000	3.1
2	S	45892	36604	252640	191261	100.0	21.80	1.000	3.6
3	S	39520	36604	252640	191261	100.0	21.80	1.000	3.1

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([daN/cm²])
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([daN/cm²])
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm²]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza media in cm tra le barre tese efficaci utilizzata nel calcolo di fessurazione (se Dbarre > 14Ø viene posto Dbarre=14Ø nel calcolo di fess. [B.6.6.3 Circ. 252/96])

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	22.6	150.0	0.0	120.0	-1286	143.7	24.5	2450	26.5	21.9
2	S	26.6	150.0	0.0	119.5	-1482	143.7	24.5	2450	26.5	21.9

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

RELAZIONE DI CALCOLO PARATIA DEFINITIVA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E78 CL	IF0005003	C	64 di 65

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 Sclmax Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm²]
 Sclmin Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [daN/cm²]
 K3 = 0,125 per flessione; = 0,25 (Sclmin + Sclmax)/(2 Sclmin) per trazione eccentrica
 Beta12 Prodotto dei Coeff. di aderenza Beta1*Beta2
 Psi = $1 - \text{Beta}12 \cdot (\text{Ssr}/\text{Ss})^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (\text{fctm}/\text{Sclmin})^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (\text{Mfess}/\text{M})^2$ [B.6.6 DM96]
 e sm Deformazione unitaria media tra le fessure . Tra parentesi il valore minimo = 0.4 Ss/Es
 srm Distanza media in mm tra le fessure
 wk Apertura delle fessure in mm = $1,7 \cdot \text{Eps} \cdot \text{Srm}$. Tra parentesi è indicato il valore limite.
 M fess. Momento di prima fessurazione [daNm]

N°Comb	Ver	Sclmax	Sclmin	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	12.3	-11.4	---	0.125	0.50	0.400	0.000257 (0.000257)	264	0.115 (0.30)	97536
2	S	14.5	-13.3	---	0.125	0.50	0.400	0.000296 (0.000296)	264	0.133 (0.30)	98199

8 ALLEGATO A: TERMINOLOGIA UTILIZZATA NELLE VERIFICHE DELLE SEZIONI IN C.A.

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

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

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [daN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult	Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult	Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Vsdu	Taglio di progetto [daN] = proiezz. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso
Vwd	Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Teta	Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm ² /m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm ² /m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta- ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm ²]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm ²]
Xf min, Yf min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
Af eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
Srm	Distanza media tra le fessure espressa in mm (§ B.6.6.3 Istruzioni DM96)
K3	Coeff.(§ B.6.6.3 Istruz. DM96) dipendente dalla forma del diagramma tensioni
Ap.fess.	Apertura fessure in mm. (Ap.Limite =0.300 mm) Calcolo secondo § 4.1.2.2.4.6 NTC.